


# รายงานฉบับสมบูรณ์

# โครงการ “การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์”
# (การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเชิงกลยุทธ์ภายใต้ความเสี่ยงใหม่และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงกลยุทธ์)

## รายงานภาคผนวก

โดย

**รศ.ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ**

ตุลาคม 2559

# สารบัญ

## ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก** เทคนิคการจัดทำแผนที่และข้อมูลประกอบที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้ในช่วงปี 2530-2556

**ภาคผนวก ข** การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้โดยอาศัยข้อมูลดาวเทียม

**ภาคผนวก ค** บทความทางวิชาการ

ค-1 The Role of Groundwater to Mitigate the Drought and as an Adaptation to Climate Change in the Phitsanulok Irrigation Project, in the Nan Basin, Thailand. In Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), Vol76:1No.15, 89–95.

ค-2 Effect of Sirikit Dam Operation Improvement on water shortage situations due to the land use and climate changes from the Nan Basin" ในการประชุมThe 2015 Korea Water Resources Association (KWRA) Annual Conference, 28 - 29 May 2015, Korea.

ค-3 นำเสนอบทความทางวิชาการเรื่อง "THE ROLE OF GROUNDWATER TO MITIGATE THE DROUGHT AND AS AN ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN THE PHITSANULOK IRRIGATION PROJECT, IN THE NAN BASIN, THAILAND" ในการประชุมนานาชาติPAWEES-INWEPF Joint International Conference 2015, 19-21 August, 2015, Kuala Lumpur, Malaysia

ค-4 Flow budget of groundwater system and conjunctive use pattern under climate change in Upper Central Plain, Thailand.THA 2017 International Conference on"Water Management and Climate Change Towards Asia's Water-Energy-Food Nexus" 25 - 27 January 2017, Bangkok, Thailand.

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


ค-5 The impact of climate change on groundwater resourcessystem under conjunctive use in the Upper Central Plain,Thailand. International Symposium of the 11th SSMS and the 5th RCND 2017, 20th- 21st September, 2017 in Bangkok, Thailand

**ภาคผนวก ง** การประชุมร่วมกับทางคณะกรรมการลุ่มน้ำน่าน

ง-1 การประชุมร่วมกับทางคณะกรรมการลุ่มน้ำน่าน ครั้งที่ 1
วันพุธที่ 20 มกราคม 2558 ห้องประชุม 741 ศาลากลางจังหวัดพิษณุโลก

ง-2 การประชุมร่วมกับทางคณะกรรมการลุ่มน้ำน่าน ครั้งที่ 2
วันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ 2559 ห้องประชุมโรงแรมเรือนแพ รอยัล ปาร์ค จังหวัดพิษณุโลก

**ภาคผนวก จ** การจัดประชุมนำเสนอผลงาน

จ-1 การประชุมเครือข่ายวิจัยเรื่องเครื่องมือในการวางแผนพัฒนาโครงการด้านทรัพยากรน้ำและการปรับตัวระดับจังหวัดวันอังคารที่ 22 มีนาคม 2559 ณ ห้องประชุมชั้น 2 ตึก 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ-2 เวทีสาธารณะนโยบายน้ำสกว. ครั้งที่7
เรื่องการเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ

**ภาคผนวก ฉ** รายงานภาคสนาม

ฉ-1 รายงานสำรวจภาคสนาม 18-24 มกราคม 2558

ฉ-2 รายงานสำรวจภาคสนาม 23-29 พฤศจิกายน 2557

**ภาคผนวก ช** รายงานการอบรม Assessing Flood Damages and Risks on Field Crops in the Basinsof Chao Phraya River and Nan River โดย KOTERA, Akihiko, Ph.D. and NAGANO, Takanori, Ph.D.

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**

**ภาคผนวก ซ** เอกสารนำเสนอทางวิชาการเรื่อง “ Impact of climate change on groundwater system in Upper Central Plain, Thailand” ในการประชุมนานาชาติ INTERNATIONAL CONFERENCE on “RESILIENCE of GROUNDWATER SYSTEMS to CLIMATE CHANGE and HUMAN DEVELOPMENT” BANGKOK, THAILAND 8-11 FEBRUARY 2016

**ภาคผนวก ฌ** โปสเตอร์นำเสนองานประชุมชลประทานโลกครั้งที่ 2 ที่จัดขึ้นในระหว่างวันที่ 6-12 พฤศจิกายน 2559 (Technical Poster presentations at 2nd World Irrigation Forum in Chieng Mai, Thailand)

**ภาคผนวก ญ** การใช้ข้อมูล Remote Sensor ร่วมกับ Ground Sensor

**ภาคผนวก ฏ** ข้อเสนอการศึกษาการวางแผนและประเมินผลกระทบเบื้องต้นด้านเศรษฐกิจและสังคม

**ภาคผนวก ฏ** คู่มือการวางแผนบริหารลุ่มน้ำ จังหวัด และชุมชน

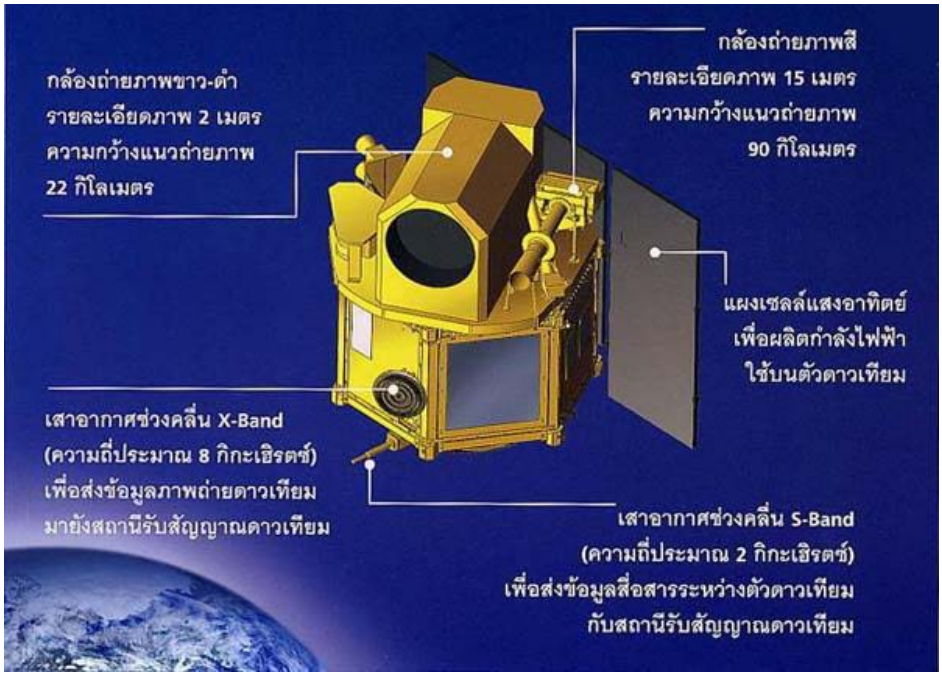
**ภาคผนวก ฐ** การบริหารจัดการน้ำในต่างประเทศ

# ภาคผนวก ก
# เทคนิคการจัดทำแผนที่และข้อมูลประกอบที่แสดงถึง การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากพื้นที่ป่าไม้ในช่วงปี 2530-2556

การศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ประเด็น คือ 1) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดน่านปี พ.ศ.2556 และ 2) การจำแนกพื้นที่ป่าไม้จังหวัดน่านปี พ.ศ.2530, 2533 2536, 2539, 2542, 2545, 2548, 2551 และ 2554

<u>รายการข้อมูลดาวเทียมที่ใช้</u>

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดน่าน ปี พ.ศ.2556 จากข้อมูลภาพดาวเทียม Thaichote ขนาดรายละเอียด (resolution) 2 เมตร และจำแนกพื้นที่ป่าไม้และไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ จากข้อมูลภาพดาวเทียม Lansat 5 ระบบ TM (Thematic Mapper) ขนาดรายละเอียด 25 เมตร ตั้งแต่ปี พ.ศ.2530, 2533, 2536, 2539, 2542, 2545, 2548, 2551, และ 2554 ดังรายละเอียดในตารางที่ ก-1 และตารางที่ ก-2

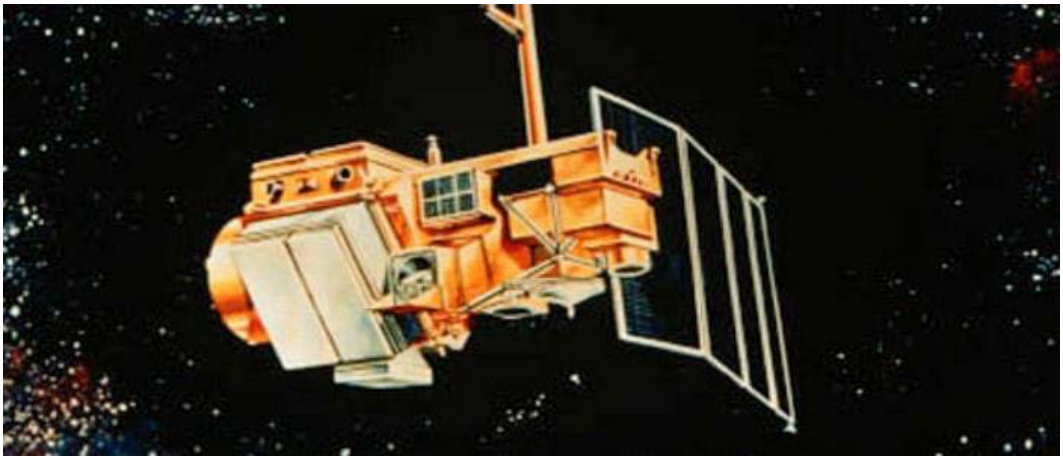



ที่มา: สานักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

**รูปที่ ก-1** ภาพจำลองดาวเทียม Thaichote

**ตารางที่ ก-1** รายละเอียดข้อมูลภาพดาวเทียม Thaichote แบบ Pan-Sharpened ที่นำมาใช้ในโครงการ

| No. | Scene ID | MS | วัน/เดือน/ปี |
|---|---|---|---|
| 1 | 489616 | 111021767 | 13/11/2555 |
| 2 | 489617 | 111021767 | 13/11/2555 |
| 3 | 489618 | 111021767 | 13/11/2555 |
| 4 | 489619 | 111021767 | 13/11/2555 |
| 5 | 489620 | 111021767 | 13/11/2555 |
| 6 | 524470 | 111022207 | 14/12/2555 |
| 7 | 524471 | 111022207 | 14/12/2555 |
| 8 | 524472 | 111022207 | 14/12/2555 |
| 9 | 524473 | 111022207 | 14/12/2555 |
| 10 | 524474 | 111022207 | 14/12/2555 |
| 11 | 524475 | 111022207 | 14/12/2555 |
| 12 | 524476 | 111022207 | 14/12/2555 |
| 13 | 524477 | 111022207 | 14/12/2555 |
| 14 | 524478 | 111022207 | 14/12/2555 |
| 15 | 532422 | 111022576 | 09/01/2556 |
| 16 | 532423 | 111022576 | 09/01/2556 |
| 17 | 532424 | 111022576 | 09/01/2556 |
| 18 | 532425 | 111022576 | 09/01/2556 |
| 19 | 532426 | 111022576 | 09/01/2556 |



ที่มา: สานักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

**รูปที่ ก-2** ภาพดาวเทียม LANDSAT-5

**ตารางที่ ก-2** รายละเอียดข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat-5 ที่นำมาใช้ในโครงการ

| ลำดับ | ปี | Path | Row | วัน/เดือน/ปี |
|---|---|---|---|---|
| 1 | พ.ศ. 2530 | 129 | 47 | 25/12/2530 |
| 2 | | 130 | 46 | 02/02/2531 |
| 3 | | 130 | 47 | 02/02/2531 |
| 4 | พ.ศ. 2533 | 129 | 47 | 31/01/2533 |
| 5 | | 130 | 46 | 27/03/2533 |
| 6 | | 130 | 47 | 27/03/2533 |
| 7 | พ.ศ. 2536 | 129 | 47 | 28/03/2536 |
| 8 | | 130 | 46 | 19/03/1993 |
| 9 | | 130 | 47 | 19/03/1993 |
| 10 | พ.ศ. 2539 | 129 | 47 | 16/01/1996 |
| 11 | | 130 | 46 | 23/01/1996 |
| 12 | | 130 | 47 | 23/01/1996 |
| 13 | พ.ศ. 2542 | 129 | 47 | 13/03/1999 |
| 14 | | 130 | 46 | 20/03/1999 |
| 15 | พ.ศ. 2545 | 129 | 47 | 09/02/2002 |
| 16 | | 130 | 46 | 16/02/2002 |
| 17 | | 130 | 47 | 16/02/2002 |

| ลำดับ | ปี | Path | Row | วัน/เดือน/ปี |
|---|---|---|---|---|
| 18 | พ.ศ. 2548 | 129 | 47 | 09/02/2548 |
| 19 | | 130 | 46 | 16/02/2548 |
| 20 | | 130 | 47 | 16/02/2548 |
| 21 | พ.ศ. 2551 | 129 | 47 | 05/03/2551 |
| 22 | | 130 | 46 | 25/02/2551 |
| 23 | | 130 | 47 | 25/02/2551 |
| 24 | พ.ศ. 2554 | 129 | 47 | 10/02/2554 |
| 25 | | 130 | 46 | 21/03/2554 |
| 26 | | 130 | 47 | 21/03/2554 |

ขั้นตอนและวิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1) การปรับแก้ข้อมูลภาพเชิงตำแหน่ง (geometric correction) เป็นการปรับแก้ข้อมูลภาพดาวเทียมให้มีค่าพิกัดตรงกับพื้นที่จริง
2) การปรับปรุงคุณภาพข้อมูล (image enhancement) การทำให้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีคุณภาพพร้อมที่จะเข้าสู่กระบวนการจำแนกรายละเอียดให้มีความชัดเจน
3) การจำแนกรายละเอียดข้อมูล (image classification) เป็นขั้นตอนการประมวลผลในทางสถิติเพื่อแยกค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของจุดภาพทั้งหมด ซึ่งแสดงถึงสิ่งปกคลุมแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษาที่มีความสัมพันธ์กัน และมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มให้แยกออกตามลักษณะเฉพาะทางสถิติของแต่ละกลุ่ม (class)

การเลือกพื้นที่ข้อมูลในการจำแนกแบบควบคุมของข้อมูลภาพดาวเทียม Thaichote นั้นได้อาศัยตัวอย่างการเลือกพื้นที่จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินช่วย แทนการเก็บข้อมูลจากภาคสนาม

ส่วนการจำแนกพื้นที่ป่าไม้ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ (Normalize Difference Vegetation Index : NDVI) ควบคู่ไปด้วย ซึ่งดัชนีพืชพรรณเป็นตัวชี้ถึงพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม พื้นที่ที่พืชปกคลุมหนาแน่นจะมีความแตกต่างจากพื้นที่ที่พืชปกคลุมอยู่น้อย และมีความแตกต่างจากพื้นที่ที่ไม่มีพืชปกคลุม

ส่วนในการจำแนกจากข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 5 (ปี พ.ศ.2530, 2533, 2536, 2539, 2542, 2545, 2548, 2551 และ 2554) จำแนกออกเป็น 2 ประเภท (ภาพที่ 12 และ13) ได้แก่ (1) พื้นที่ป่าไม้ (2) ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้

**ชุดข้อมูลที่ได้จากการศึกษา**

ชุดข้อมูลที่ได้ 2 ส่วนคือ คือ 1) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดน่านปี พ.ศ.2556 และ 2) ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้จังหวัดน่านปี พ.ศ.2530, 2533, 2536, 2539, 2542, 2545, 2548, 2551 และ 2554 โดยทางทีมงานศึกษาได้ส่งเสริม "การสร้างกระบวนการเรียนรู้จากข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อจัดทำแผนการจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการสร้างกลไกการจัดการแบบมีส่วนร่วมระดับตำบล" ในพื้นที่นำร่อง 15 ตำบล

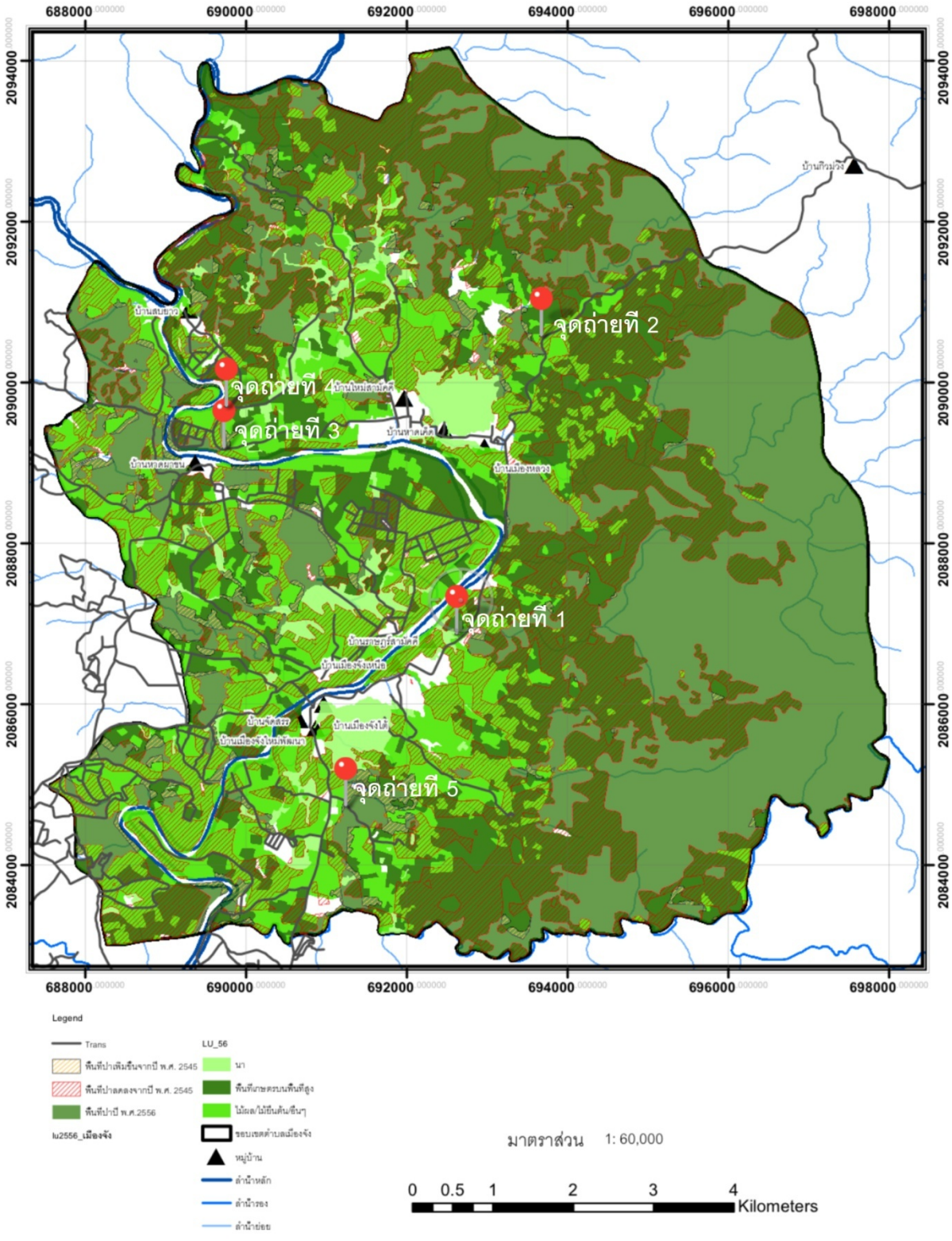
**ตารางที่ ก-3** พื้นที่เป้าหมาย 15 ตำบล

| **ลำดับ** | **ตำบล** | **อำเภอ** |
|---|---|---|
| 1 | งอบ | ทุ่งช้าง |
| 2 | ปอน | ทุ่งช้าง |
| 3 | ผาทอง | ท่าวังผา |
| 4 | เมืองลี | นาหมื่น |
| 5 | บ้านพี้ | บ้านหลวง |
| 6 | บัวใหญ่ | นาน้อย |
| 7 | ดู่พงษ์ | สันติสุข |
| 8 | ป่าแลวหลวง | สันติสุข |
| 9 | น้ำพาง | แม่จริม |
| 10 | ฝายแก้ว | ภูเพียง |
| 11 | เมืองจัง | ภูเพียง |
| 12 | ส้าน | เวียงสา |
| 13 | เรือง | เมืองน่าน |
| 14 | บ่อ | เมืองน่าน |
| 15 | เปือ | เชียงกลาง |

**การเปรียบเทียบแผนที่สภาพพื้นที่ป่ากับพื้นที่ศึกษา**

เนื่องจากโครงการของทางมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีการศึกษาการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาของโครงการในจังหวัดน่าน ทางทีมงานจึงเห็นประโยชน์และควรนำมาเปรียบเทียบกับสภาพของพื้นที่จริงเพื่อให้สามารถนำข้อมูลที่แปลได้มาใช้อ้างอิงผลในงานวิจัย และเป็นประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินข้อมูลเบื้องต้นระดับพื้นที่แทนการลงสนามสำรวจพื้นที่จริงทั้งหมด ซึ่งจะใช้ระยะเวลาและงบประมาณเป็นจำนวนมาก

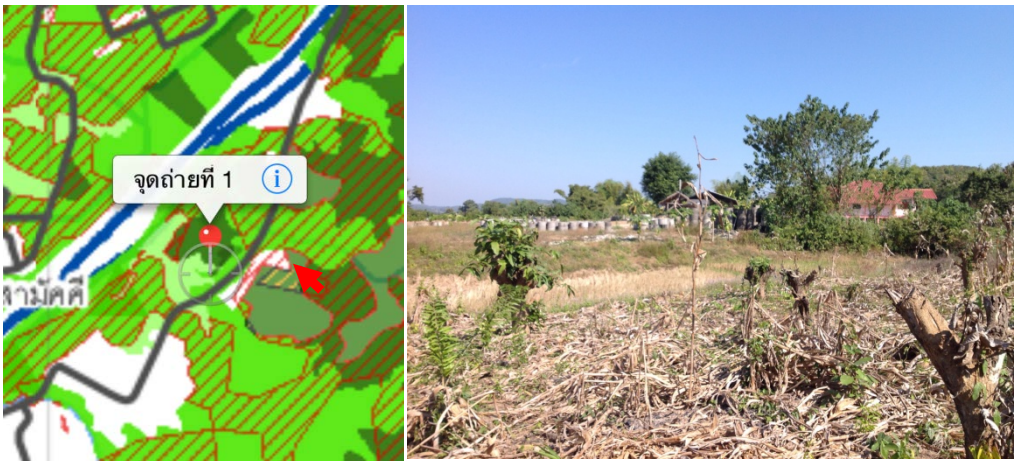
ในการศึกษาเปรียบเทียบได้อาศัยพื้นที่ ต.เมืองจัง อ.ภูเพียง จังหวัดน่าน ในการศึกษาเปรียบเทียบ โดยกระจายจุดสำรวจตามแนวถนน 1169 และถนน หาดผาขน-สบยาว เป็นแนวสำรวจ และมีจุดสำรวจพิจารณาจากพื้นที่ที่มีการเพิ่มหรือลดของพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ.2545 กับ พ.ศ.2556 เป็นฐาน โดยคัดเลือกมาจำนวน 5 จุด ดังรูปที่ ก-4




**รูปที่ ก-4** แสดงจุดสำรวจพื้นที่ป่า ในเขต ต.เมืองจัง อ.ภูเพียง จังหวัดน่าน

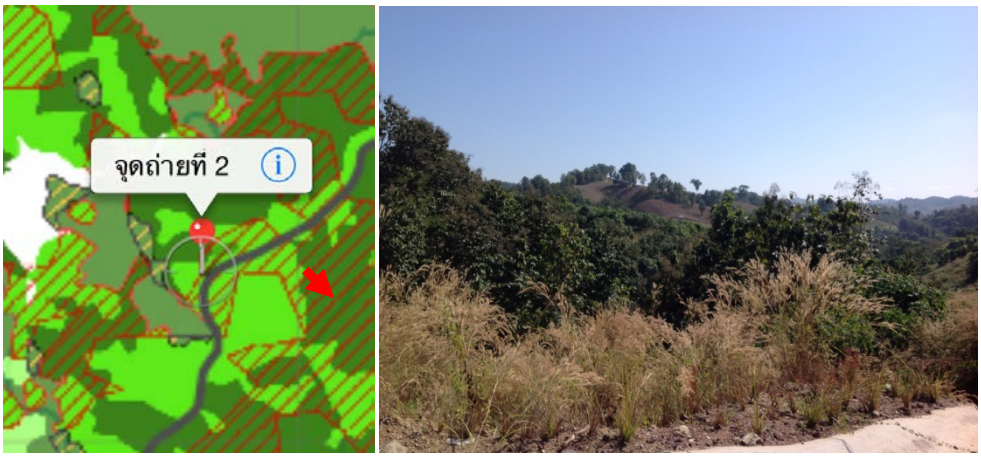
**ภาพแสดงจุดสำรวจเทียบกับพื้นที่จริง**

จุดถ่ายที่ 1 บริเวณที่ตั้ง อบต.เมืองจัง




**รูปที่ ก**-20 แสดงจุดถ่ายที่ 1 เป็นสภาพพื้นที่การเกษตร และป่าไม้ทางด้านขวามือ

จุดถ่ายที่ 2 บริเวณด้านเหนือของ ตำบลเมืองจัง บริเวณหมู่บ้านหาดเค็ด




**รูปที่ ก**-5 แสดงจุดถ่ายที่ 2 เป็นสภาพพื้นที่ภูเขาที่ใช้ทำการเกษตรกรรม

จุดถ่ายที่ 3 บริเวณด้านตะวันตกของ ตำบลเมืองจัง บริเวณรอยต่อหมู่บ้านหาดเค็ดกับสบยาว




**รูปที่ ก-6** แสดงจุดถ่ายที่ 3 เป็นสภาพป่าที่เปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม

จุดถ่ายที่ 4 บริเวณด้านตะวันตกเฉียงเหนือของ ตำบลเมืองจัง บริเวณบ้านสบยาว




**รูปที่ ก-7** แสดงจุดถ่ายที่ 4 เป็นพื้นที่ป่าไม้

จุดถ่ายที่ 5 บริเวณด้านใต้ของ ตำบลเมืองจัง บริเวณบ้านเมืองจังเหนือ




**รูปที่ ก-8** แสดงจุดถ่ายที่ 5 เป็นพื้นที่ป่าปลูก

**สรุปผลการเปรียบเทียบกับพื้นที่**

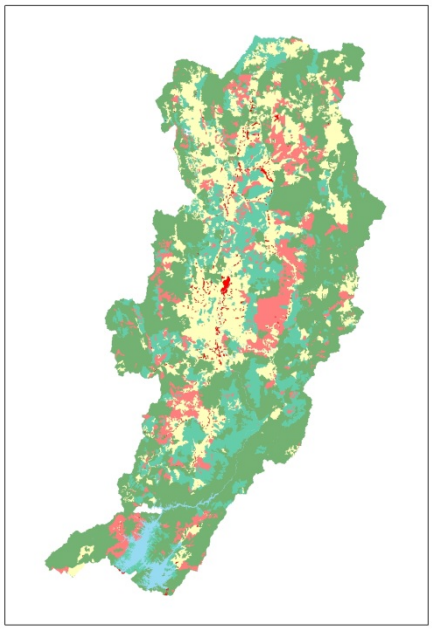
จากภาพเปรียบเทียบของผลการวิเคราะห์การใช้ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่ามีความถูกต้องและใกล้เคียกับสภาพพื้นที่มาก ทำให้ข้อมูลที่ได้น่าจะมีประโยชน์กับการศึกษาระดับพื้นที่ ด้านการใช้ที่ดิน ช่วยให้ลดเวลาในการสำรวจในภูมิประเทศที่ยากจะเข้าถึง และใช้ศึกษา การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในลักษณะช่วงเวลาได้อย่างดีในอนาคต

# ภาคผนวก ข
# การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้โดยอาศัยข้อมูลดาวเทียม

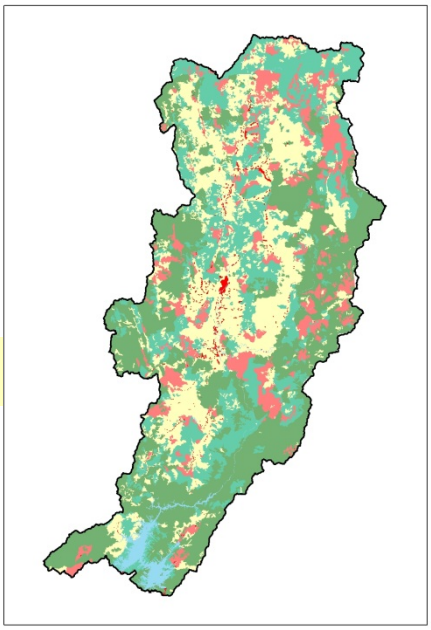
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ถือเป็นตัวแปรหนึ่งที่ทางโครงการสนใจนำมาศึกษา ซึ่งในโครงการสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ

1) การศึกษาข้อมูลการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ในช่วงปี 2543, 2549 และ 2552 มาศึกษาหาอัตราการเปลี่ยนแปลงโดยรวมของพื้นที่จังหวัดน่าน
2) การนำผลการศึกษาพื้นที่ป่าของทางมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รศ.ดร.ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา ในพื้นที่ศึกษา 15 ตำบลในจังหวัดเชียงใหม่มาเปรียบเทียบกับการสำรวจภาคสนามพื้นที่ตำบลเมืองจัง
3) นำเสนอการแปลข้อมูลการเปลี่ยนแปลงดัชนีพืชพันธุ์ โดยอาศัยข้อมูลดาวเทียม MODIS

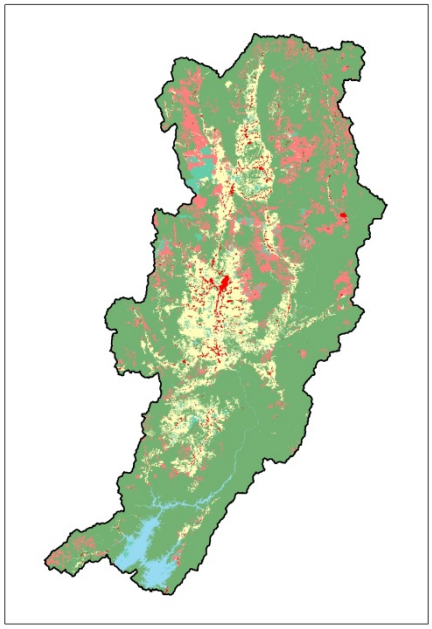
1) <u>การศึกษาข้อมูลการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน</u> เป็นข้อมูลที่ได้ปรับปรุงแล้วของปี 2552 (K.Sucharit et. al., 2013)ดังรูปที่ ข-1 ซึ่งแบ่งลักษณะการใช้ที่ดินออกเป็น 5 ลักษณะคือ เกษตร, ป่า, อื่นๆ (ที่โล่ง), ชุมชน และน้ำ โดยได้การปรับแก้ข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินของปี 2552 จากปี 2543 ถึง 2549 ผนวกกับข้อมูลปัจจุบัน(2552) ได้ดังรูปที่ ข-1ง ซึ่งมีความแตกต่างกับรูปที่ ข-1ค ที่เป็นข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน ทั้งนี้ที่มีความแตกต่างกันเนื่องมาจากกรเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดในการพิจารณาพื้นที่การใช้ที่ดิน



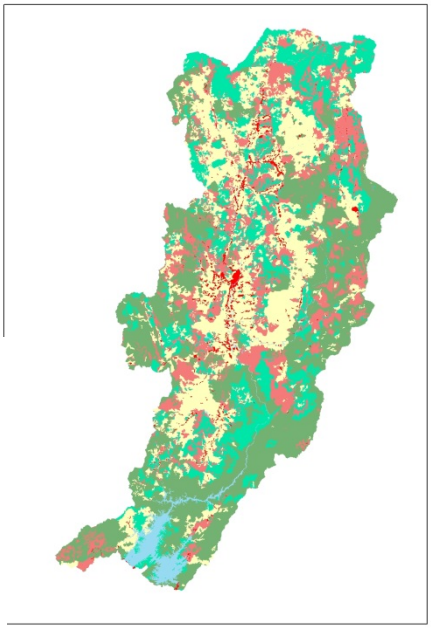
ก) Landuse 2543



ข) Landuse 2549



ค) Landuse 2552



ง) Landuse 2552*

หมายเหตุ : landuse 2552* ได้จากการประมาณการจากปี 2543 - 2549

**รูปที่ ข-1** สภาพการใช้ที่ดินที่ทำการปรับปรุงของปี 2552

ผลการศึกษาจากการศึกษาในปีที่ 1 ซึ่งมีข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินเพียง 2 ปี คือปี 2543 และ 2549 แต่ในส่วนของการศึกษาปีที่ 2 มีข้อมูลเพิ่มในปี 2552 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ที่ดินแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ดังนี้

1.1) พื้นที่ส่วนบนของลุ่มน้ำน่าน

จากการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของพื้นที่ส่วนบนของลุ่มน้ำน่านพบว่าระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2549 สัดส่วนการใช้พื้นที่เกษตรกรรมมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 8 ของการใช้ที่ดินเดิม ที่อยู่อาศัยมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 43.5 ของการใช้พื้นที่เดิม และแหล่งน้ำมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 18 ของการใช้ที่ดินเดิม รวมถึงพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมหรือพื้นที่ป่าปลูกมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 64 ของการใช้พื้นที่เดิม ในทางกลับกันสัดส่วนของการใช้พื้นที่ในส่วนของพื้นที่ทุ่งหญ้าหรืออื่นๆ มีจำนวนลดลงร้อยละ 52.5 ของการใช้ที่ดินเดิม และป่าสมบูรณ์จำนวนลดลงร้อยละ 28.5 ของการใช้ที่ดินเดิม สำหรับในส่วนระหว่างปี 2549 และ ปี 2552 สัดส่วนพื้นที่อยู่อาศัยมีจำนวนเพิ่มขึ้น 2 เท่าของการใช้พื้นที่เดิม แหล่งน้ำมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 24 ของการใช้ที่ดินเดิม และพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมหรือพื้นที่ป่าปลูกมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 22 ของการใช้พื้นที่เดิม ในทางกลับกันสัดส่วนของการใช้พื้นที่ในส่วนของพื้นที่ทุ่งหญ้าหรืออื่นๆ มีจำนวนลดลงร้อยละ 66 ของการใช้ที่ดินเดิม และป่าสมบูรณ์จำนวนลดลงร้อยละ 2.5 ของการใช้ที่ดินเดิม รวมถึงพื้นที่เกษตรกรรมมีจำนวนลดลงร้อยละ 20.5 ของการใช้ที่ดินเดิม

1.2) พื้นที่ส่วนกลางของลุ่มน้ำน่าน

จากการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของพื้นที่ส่วนบนของลุ่มน้ำน่านพบว่าระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2549 สัดส่วนพื้นที่อยู่อาศัยมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 ของการใช้พื้นที่เดิม พื้นที่ทุ่งหญ้าหรืออื่นๆ มีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.5 ของการใช้ที่ดินเดิม และแหล่งน้ำมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 59 ของการใช้ที่ดินเดิม ในทางกลับกันพื้นที่ป่าสมบูรณ์จำนวนลดลงร้อยละ 0.6 ของการใช้ที่ดินเดิม พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมหรือพื้นที่ป่าปลูกมีจำนวนลดลงร้อยละ 5.5 ของการใช้พื้นที่เดิม การใช้พื้นที่เกษตรกรรมลดลงร้อยละ 1.3 ของการใช้ที่ดินเดิม สำหรับในส่วนระหว่างปี 2549 และปี 2552 สัดส่วนพื้นที่อยู่อาศัยมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 22 ของการใช้พื้นที่เดิม พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมหรือพื้นที่ป่าปลูกมีจำนวนเพิ่มขึ้น 2เท่าของการใช้พื้นที่เดิม และพื้นที่ทุ่งหญ้าหรืออื่นๆ มีจำนวนเพิ่มขึ้น 3 เท่าของการใช้ที่ดินเดิม ในทางกลับกันพื้นที่ป่าสมบูรณ์จำนวนลดลงร้อยละ 5.8 ของการใช้ที่ดินเดิม

แหล่งน้ำมีจำนวนลดลงร้อยละ 8.6 ของการใช้ที่ดินเดิม และพื้นที่เกษตรกรรมมีจำนวนลดลงร้อยละ 35 ของการใช้ที่ดินเดิม

1.3) พื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำน่าน

จากการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรของพื้นที่ส่วนบนของลุ่มน้ำน่านพบว่าระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2549 สัดส่วนพื้นที่อยู่อาศัยมีจำนวนเพิ่มขึ้น 4 เท่าการใช้พื้นที่เดิม พื้นที่ทุ่งหญ้าหรืออื่นๆมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 ของการใช้ที่ดินเดิม พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมหรือพื้นที่ป่าปลูกมีจำนวนเพิ่มขึ้น 2 เท่าของการใช้พื้นที่เดิม และแหล่งน้ำมีจำนวนเพิ่มขึ้น 1 เท่าของการใช้ที่ดินเดิม ในทางกลับกันพื้นที่ป่าสมบูรณ์จำนวนลดลงร้อยละ 22 ของการใช้ที่ดินเดิม และการใช้พื้นที่เกษตรกรรมลดลงร้อยละ 14 ของการใช้ที่ดินเดิม สำหรับในส่วนระหว่างปี 2549 และ ปี 2552 สัดส่วนพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมหรือพื้นที่ป่าปลูกมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 97 ของการใช้พื้นที่เดิม และพื้นที่ทุ่งหญ้าหรืออื่นๆมีจำนวนเพิ่มขึ้น 1 เท่าของการใช้ที่ดินเดิม และแหล่งน้ำมีจำนวนเพิ่มขึ้น 1 เท่าของการใช้ที่ดินเดิม ในทางกลับกันพื้นที่ป่าสมบูรณ์จำนวนลดลงร้อยละ 4 ของการใช้ที่ดินเดิม พื้นที่อยู่อาศัยมีจำนวนลดลงร้อยละ 60 ของการใช้พื้นที่เดิม และพื้นที่เกษตรกรรมมีจำนวนลดลงร้อยละ 4 ของการใช้ที่ดินเดิม

สำหรับการใช้ที่ดินในส่วนของพื้นที่ส่วนบนหรือพื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำสิริกิติ์นั้น ที่เป็นพื้นที่ที่ต้องการเจาะลึกในรายละเอียดของการใช้ที่ดิน จากการนำข้อมูลของกราพัฒนาที่ดินในปี 2543, 2549 และ 2552 มาทำการพิจารณาประเภทของการใช้ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ดังตารางที่ ข-1 แล้วทำการหาการเพิ่ม-ลดของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ซึ่งพบว่าในปี 2552 มีปริมาณป่าไม้ เพิ่มขึ้นร้อยละ 95.7 จากปี 2549 ทั้งนี้เนื่องจากการพิจารณาของกรมดังกล่าวมีการเปลี่ยนเกณฑ์ในการพิจารณาพื้นที่ป่า ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการประมาณค่าการใช้ที่ดินโดนการประมาณการใช้ที่ดินในปี 2552 จากข้อมูลในปี 2543 ถึง ปี 2549 ร่วมกับการพิจาณากับการใช้ที่ดินของปี 2552 เดิม โดยการนำเอาการใช้ที่ดินในปี 2549 มาซ้อนทับกับการใช้ที่ดินในปี 2552 แล้วพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ ข-2 และความแตกต่างที่เกิดขึ้น ดังตารางที่ ข-1 โดยพื้นที่ป่าในปี 2552 ลดลงจากปี 2549 ประมาณร้อยละ 9.86

**ตารางที่ ข-1** การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านส่วนบน(เหนือเขื่อนสิริกิติ์)

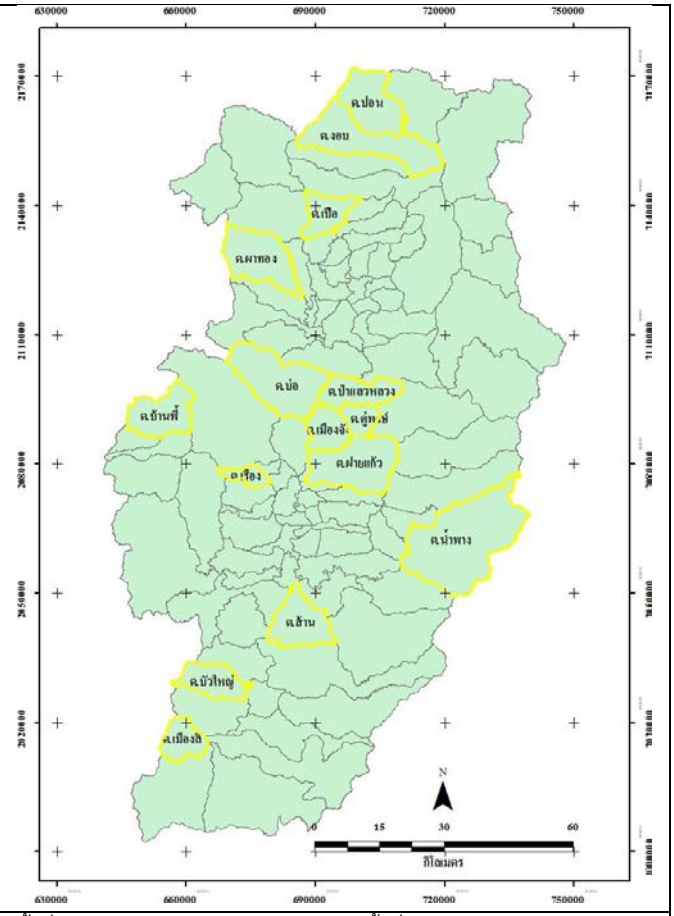
| Land use types | Area, sq.km | | | | Differential,% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2000 | 2006 | 2009 | 2009* | 2000 - 2006 | 2006 - 2009 | 2006- 2009* |
| Agriculture | 2,815.81 | 3,410.33 | 1,905.68 | 3,287.42 | 21.10% | -44.10% | -3.60% |
| Swidden cultivation | 1,397.61 | 1,481.83 | 1,392.57 | 2,459.53 | 6.00% | -6.00% | 65.98% |
| Deforestation | 2,299.70 | 3,253.08 | 274.47 | 2,619.40 | 41.50% | -91.60% | -19.48% |
| Forest | 6,235.90 | 4,606.03 | 9,016.11 | 4,151.85 | -26.10% | 95.70% | -9.86% |
| Residential | 109.86 | 107.77 | 206.27 | 244.10 | -1.90% | 91.40% | 126.50% |
| Water | 267.32 | 267.16 | 331.09 | 363.91 | -0.10% | 23.90% | 36.22% |
| Total | 13,126.20 | 13,126.20 | 13,126.20 | 13,126.20 | | | |

ที่มาข้อมูล *:* กรมพัฒนาที่ดิน

2) <u>การนำผลการศึกษาพื้นที่ป่าของทางมหาวิทยาลัยเชียงใหม่</u> การจัดทำแผนที่และข้อมูลประกอบที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้ในช่วงปี 2530-2556 การศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ประเด็น คือ 1) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดน่านปี พ.ศ. 2556 และ 2) การจำแนกพื้นที่ป่าไม้จังหวัดน่านปี พ.ศ. 2530 ปี พ.ศ. 2533 ปี พ.ศ. 2536 ปี พ.ศ. 2539 ปี พ.ศ. 2542 ปี พ.ศ. 2545 ปี พ.ศ. 2548 ปี พ.ศ. 2551 และปี พ.ศ. 2554 โดยศึกษาใน 15 ตำบลนำร่อง ในจังหวัดน่าน

**ตารางที่ ข**-2 พื้นที่เป้าหมาย 15 ตำบล

| ลำดับ | ตำบล | อำเภอ |
|---|---|---|
| 1 | งอบ | ทุ่งช้าง |
| 2 | ปอน | ทุ่งช้าง |
| 3 | ผาทอง | ท่าวังผา |
| 4 | เมืองลี | นาหมื่น |
| 5 | บ้านพี้ | บ้านหลวง |
| 6 | บัวใหญ่ | นาน้อย |
| 7 | ดู่พงษ์ | สันติสุข |
| 8 | ป่าแลวหลวง | สันติสุข |
| 9 | น้าพาง | แม่จริม |
| 10 | ฝายแก้ว | ภูเพียง |
| 11 | เมืองจัง | ภูเพียง |
| 12 | ส้าน | เวียงสา |
| 13 | เรือง | เมืองน่าน |
| 14 | บ่อ | เมืองน่าน |
| 15 | เปือ | เชียงกลาง |




พื้นที่จังหวัดน่านแสดงขอบเขตตาบลและพื้นที่ตาบลเป้าหมาย 15 ตาบล

โดยอาศัยข้อมูลดาวเทียม Thaichote และ Landsat 5 โดยเทคนิคการสอบเทียบกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินในการกำหนดประเภทการใช้ที่ดิน และแปลข้อมูลด้วยหลักการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ เป็นการเข้าสัดส่วนระหว่างสองช่วงคลื่น คือ นำช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้มาลบด้วยช่วงคลื่นแสงสีแดง แล้วหารด้วยผลบวก ของช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้และช่วงคลื่นแสงสีแดง ดังนี้

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

โดย NDVI = ดัชนีพืชพรรณ

NIR = ช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้

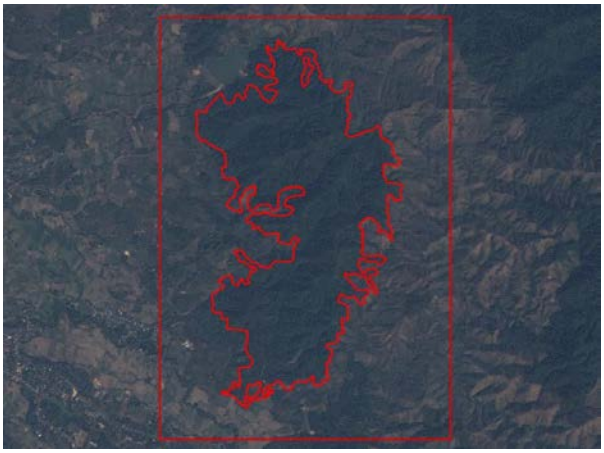
RED = ช่วงคลื่นแสงสีแดง

การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ โดยปกติจะให้ค่าอยู่ระหว่าง -1 และ 1 โดยเซลล์ภาพ ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึงบริเวณที่มีพืชหนาแน่นและมวลชีวภาพสูงในการวิจัยครั้งนี้จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพดาวเทียม Thaichote (ปี พ.ศ.2556) โดยจำแนกออกเป็นประเภทต่างๆ (รูปที่ ข-2) ได้แก่

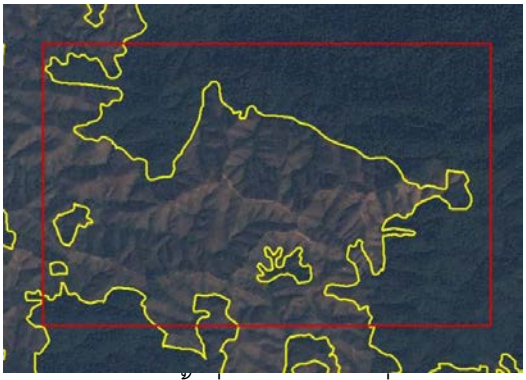
1. พื้นที่ปลูกข้าวนาลุ่ม
2. ป่าไม้
3. พื้นที่ปลูกพืชไร่บนที่สูง
4. เมืองและชุมชน
5. พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นเศรษฐกิจ
6. แหล่งน้ำ



(1) พื้นที่ปลูกข้าวนาลุ่ม



(2) ป่าไม้



(3) พื้นที่ปลูกพืชไร่บนที่สูง



(4) เมืองและชุมชน



(5) พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นเศรษฐกิจ

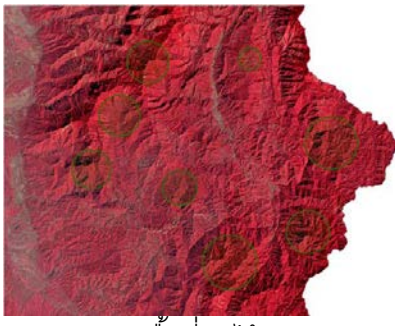


(6) แหล่งน้ำ

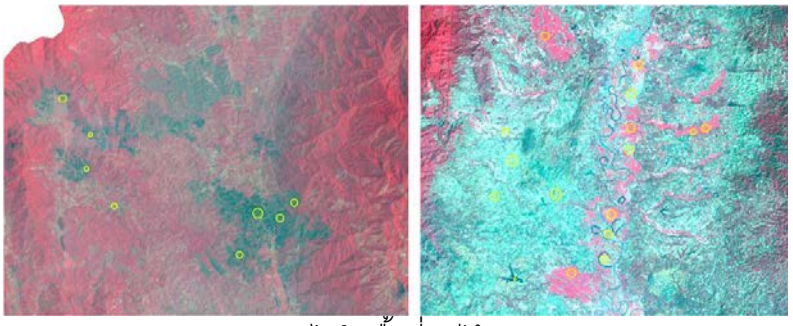
**รูปที่ ข**- 2 ตัวอย่างการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน 6 ประเภทจาก Thaichote

ส่วนในการจำแนกจากข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 5 (ปี พ.ศ.2530 พ.ศ.2533 พ.ศ.2536 พ.ศ.2539 พ.ศ.2542 พ.ศ.2545 พ.ศ.2548 พ.ศ.2551 และปี พ.ศ.2554) จำแนกออกเป็น 2 ประเภท (รูปที่ ข-3) ได้แก่

1. พื้นที่ป่าไม้
2. ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้



(1) พื้นที่ป่าไม้



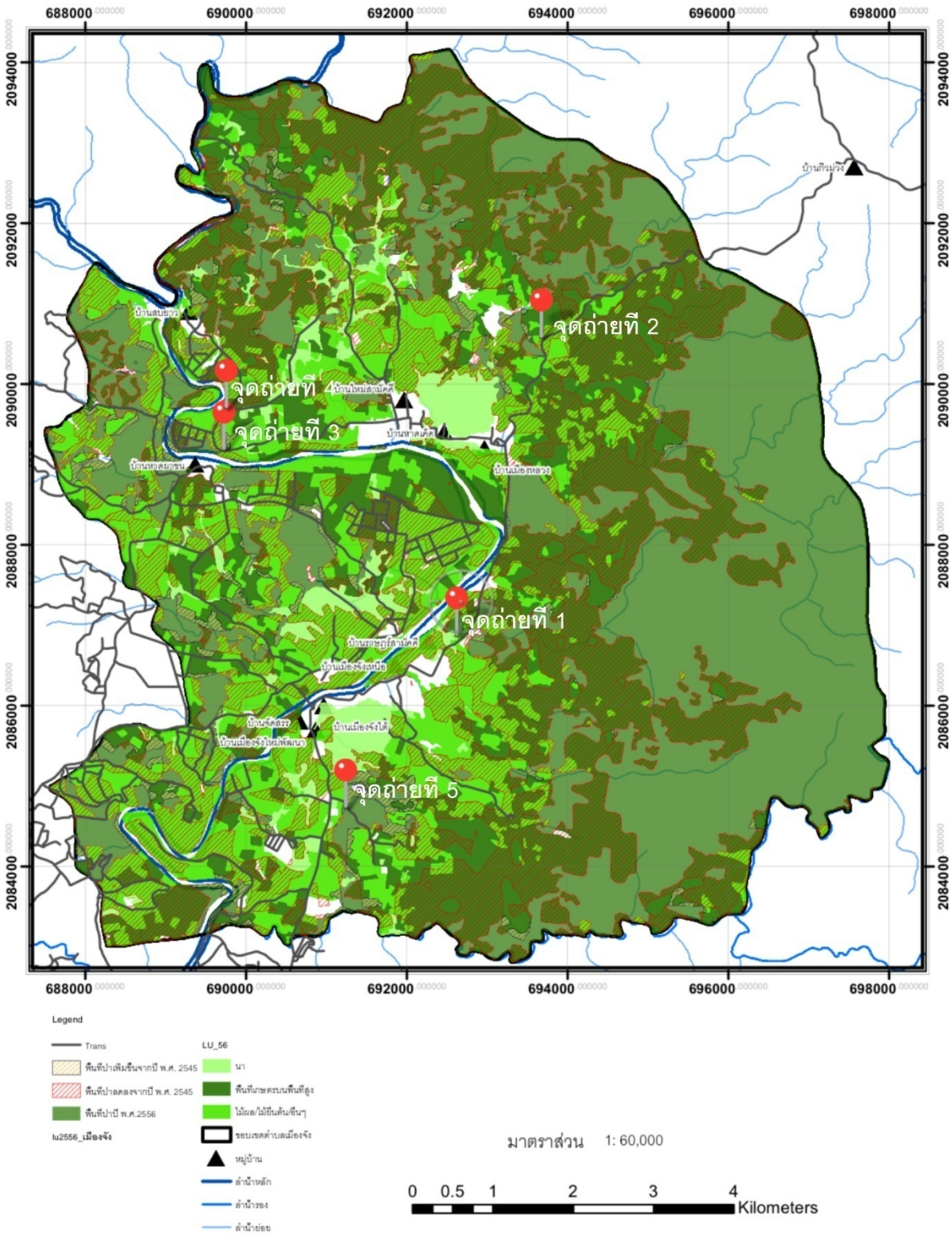
(2) ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้

**รูปที่ ข**-3 ตัวอย่างการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน 2 ประเภทจาก Landsat 5

การเปรียบเทียบแผนที่สภาพพื้นที่ป่ากับพื้นที่ศึกษาเนื่องจากโครงการของทางมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีการศึกษาการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาของโครงการในจังหวัดน่าน ทางทีมงานจึงเห็นประโยชน์และควรนำมาเปรียบเทียบกับสภาพของพื้นที่จริง เพื่อให้สามารถนำข้อมูลที่แปลได้มาใช้อ้างอิงผลในงานวิจัย และเป็นประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินข้อมูลเบื้องต้นระดับพื้นที่แทนการลงสนามสำรวจพื้นที่จริงทั้งหมด ซึ่งจะใช้ระยะเวลาและงบประมาณเป็นจำนวนมาก

ในการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่ป่าของทางมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้อาศัยพื้นที่ ต.เมืองจัง อ.ภูเพียง จังหวัดน่าน ในการศึกษาเปรียบเทียบ โดยกระจายจุดสำรวจตามแนวถนน 1169

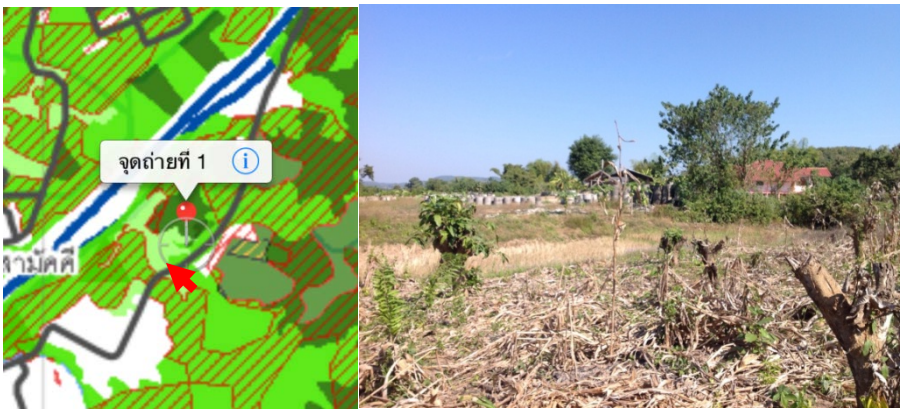
และถนน หาดผาขน-สบยาว เป็นแนวสำรวจ และมีจุดสำรวจพิจารณาจากพื้นที่ที่มีการเพิ่มหรือลดของพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ.2545 กับ พ.ศ.2556 เป็นฐาน โดยคัดเลือกมาจำนวน 5 จุด (ตามรูปที่ ข-4)




**รูปที่ ข-4** แสดงจุดสำรวจพื้นที่ป่า ในเขต ต.เมืองจัง อ.ภูเพียง จังหวัดน่าน

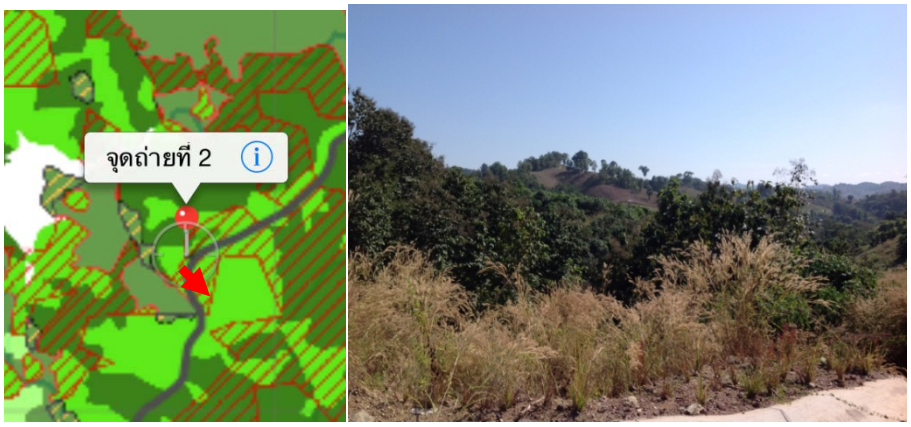
**ภาพแสดงจุดสำรวจเทียบกับพื้นที่จริง**

จุดถ่ายที่ 1 บริเวณที่ตั้ง อบต.เมืองจัง




ภาพที่ 4 แสดงจุดถ่ายที่ 1 เป็นสภาพพื้นที่การเกษตร และป่าไม้ทางด้านขวามือ

จุดถ่ายที่ 2 บริเวณด้านเหนือของ ตำบลเมืองจัง บริเวณหมู่บ้านหาดเค็ด




ภาพที่ 5 แสดงจุดถ่ายที่ 2 เป็นสภาพพื้นที่ภูเขาที่ใช้ทำการเกษตรกรรม

จุดถ่ายที่ 3 บริเวณด้านตะวันตกของ ตำบลเมืองจัง บริเวณรอยต่อหมู่บ้านหาดเค็ดกับสบยาว




ภาพที่ 6 แสดงจุดถ่ายที่ 3 เป็นสภาพป่าที่เปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม

จุดถ่ายที่ 4 บริเวณด้านตะวันตกเฉียงเหนือของ ตำบลเมืองจัง บริเวณบ้านสบยาว




ภาพที่ 7 แสดงจุดถ่ายที่ 4 เป็นพื้นที่ป่าไม้

จุดถ่ายที่ 5 บริเวณด้านใต้ของ ตำบลเมืองจัง บริเวณบ้านเมืองจังเหนือ




ภาพที่ 8 แสดงจุดถ่ายที่ 5 เป็นพื้นที่ป่าปลูก

สรุปผลการเปรียบเทียบกับพื้นที่จากภาพเปรียบเทียบของผลการวิเคราะห์การใช้ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่ามีความถูกต้องและใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่มาก ทำให้ข้อมูลที่ได้น่าจะมีประโยชน์กับการศึกษาระดับพื้นที่ ด้านการใช้ที่ดิน ช่วยให้ลดเวลาในการสำรวจในภูมิประเทศที่ยากจะเข้าถึง และใช้ศึกษา การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลักษณะช่วงเวลาได้อย่างดีในอนาคต

3) นำเสนอการแปลข้อมูลการเปลี่ยนแปลงดัชนีพืชพันธุ์ โดยอาศัยข้อมูลดาวเทียม MODIS การศึกษาถูกนำมาพิจารณาเนื่องจากข้อมูลดาวเทียมจากแหล่งอื่นๆ มีข้อจำกัดที่ช่วงเวลาการถ่ายภาพที่เป็นเพียงคาบเวลาเดียวเป็นตัวแทนข้อมูลทั้งปี ดังนั้นหากช่วงเวลาของภาพถ่ายเป็นคนละช่วงเวลา หรือช่วงเวลาเดียวกันแต่มีการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลผลที่ได้อาจจะมีความคาดเคลื่อนจากวัตถุประสงค์ในการสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

การนำข้อมูลดาวเทียม MODIS มาใช้ในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่า เนื่องจากลักษณะข้อมูลที่เป็น Time Series จึงทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้ตลอดทั้งปี โดยในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านได้ทำการศึกษาในช่วงปี 2544-2557 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ โดยใช้ข้อมูล MODIS ชุด MOD44B ที่มีชุดข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ไม้ปกคลุมรายปีที่ขนาดจุดภาพ 250x250 เมตรที่ได้รับจากดาวเทียม MODIS/Terra band (Hassen et al, 2005)

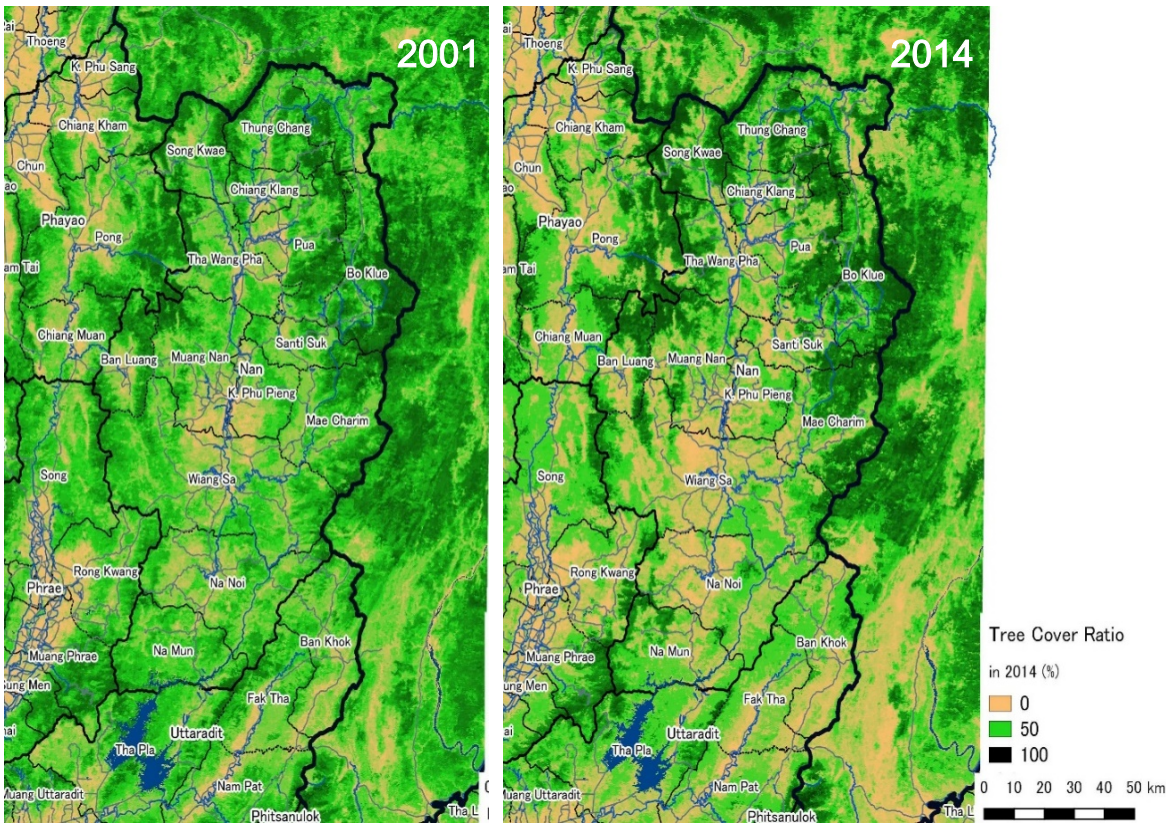
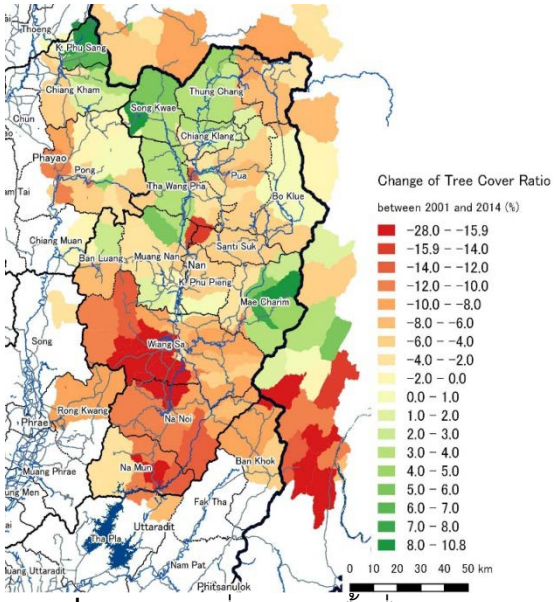



**Fig. 4-1.** Tree cover ratio in Nan Province in 2001(left) and 2014(right)

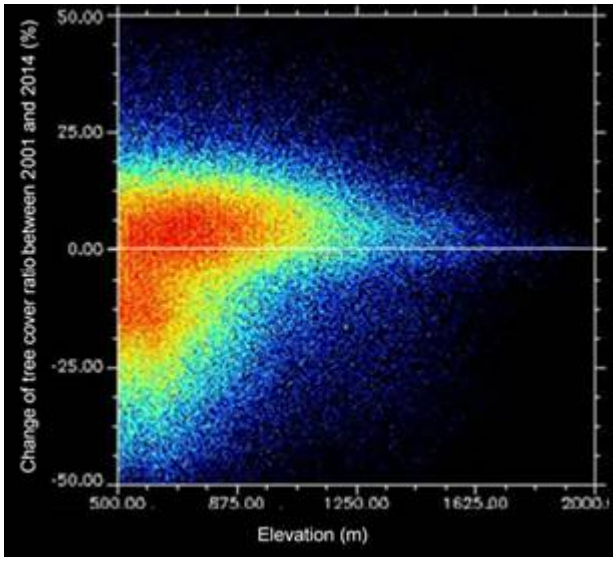
**รูปที่ ข**-5 อัตราพื้นที่ไม้ปกคลุมในจังหวัดน่านในปี 2544 (ซ้าย) และ ปี 2557 (ขวา)

ผลการศึกษาอัตราพื้นที่ไม้ปกคลุมในทั้งจังหวัดน่านในปี 2544 และ 2557 นั้นเป็น 44.6% และ 40.2% ตามลำดับ (ตามรูปที่ ข-3 (ด้านบน)) ซึ่งประมาณการเป็นพื้นที่ที่ลดลงประมาณ 516 ตารางกิโลเมตร ของพื้นที่ป่าไม้ในช่วงเวลาดังกล่าว โดยการลดลงดังกล่าวเกิดขึ้นที่ตอนใต้ของจังหวัด รวมถึงบริเวณชายแดนติดกับประเทศลาว ในขณะที่พื้นที่ตอนกลางและตอนเหนือปริมาณพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นหรือคงที่

รูปที่ ข-6 (รูปด้านล่าง)แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงของพื้นที่ (เมตร) และการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ไม้ปกคลุมระหว่างปี 2544 ถึง 2557 ในตอนบนของลุ่มน้ำน่านการลดลงของพื้นที่ป่านั้นกระจายตัวในพื้นที่ระดับความสูงของพื้นที่ต่ำ (ต่ำกว่า 700 เมตร) ส่วนในพื้นที่ระดับความสูงกลาง (700-1,200 เมตร) เป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่า และในพื้นที่ระดับสูง (สูงกว่า 1,200 เมตร) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือคงที่ของพื้นที่ป่าไม้




**รูปที่ ข**-6 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ไม้ปกคลุมระหว่าง ปี 2544-2557 ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย




**รูปที่ ข**-7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงและอัตราการเปลี่ยนแปลงไม้ปกคลุมระหว่าง ปี 2544-2557 ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยตอนบนของลุ่มน้ำน่าน

สรุปการเปรียบเทียบการศึกษาทั้ง 3 ส่วนเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาโครงการเลือกใช้ ข้อมูลการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินในการศึกษาเพราะมีขั้นตอนการศึกษาที่เป็นที่ยอมรับ และการกำหนดประเภทการใช้ที่ดินที่เป็นมาตรฐานต่างจากการศึกษาจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีข้อมูลเพียง 15 ตำบลในจังหวัดน่านรวมถึงมีการกำหนดประเภทการใช้ที่ไว้อย่างกว้างๆ และในส่วนการใช้ข้อมูล MODIS มีข้อจำกัดที่ขนาดจุดภาพที่ 250x250 เมตร ซึ่งทำให้การศึกษาในพื้นที่สูงที่มีที่ราบน้อยและมีพื้นที่ขนาดเล็กทำให้ยากต่อการตรวจจับพร้อมยังต้องมีความจำเป็นในการพัฒนาการสำรวจภาคสนามเพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษา

# ภาคผนวก ค

# บทความทางวิชาการ

Full Paper

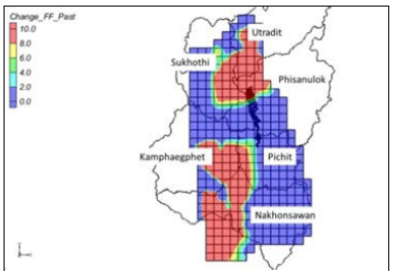
# THE ROLE OF GROUNDWATER TO MITIGATE THE DROUGHT AND AS AN ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN THE PHITSANULOK IRRIGATION PROJECT, IN THE NAN BASIN, THAILAND.

Sucharit Koontanakulvong, Chokchai Suthidhummajit*,

*Corresponding author
chokchai.s@gmail.com

Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

**Graphical abstract**




**Abstract**

The Phitsanulok Irrigation Project is located in the Nan Basin of the Upper Central Plain of Thailand where farmers depended on both surface water and groundwater. Land use and climate changes are the important factors to determine the runoff from the watershed. The changes also affected to runoff volume/pattern to the dam operation and may cause flood and drought situations in the downstream area. Sirikit Dam is one of the biggest dams in Thailand which cover about 25 % of the runoff into the Central Plain where the Bangkok Capital is located. Though there is the Sirikit Dams storing water to be used during dry period but water allocation is limited and still caused water shortage during dry season. The study aims to determine the role of groundwater to mitigate the drought situation from the past and to study the groundwater use for adaptation to climate change in The Phitsanulok Irrigation Development Project. In this study, the relationship of recharge rate with climate data was developed in terms of precipitation, evapotranspiration, temperature and soil type under monthly time series data and the study found that there were in good relationship. Groundwater will take an important role to alleviate from the water shortage situations in climate change conditions when compared with the situations based on the existing water use pattern. The limit of ground water to alleviate water shortage will be 80 and 77 MCM/year in average, in near future and far future periods to keep water table drawn down in the safe manner even when the Sirikit's reservoir operation rule is improved.

*Keywords*: Climate Change, Groundwater, MODFLOW, The Phitsanulok Irrigation, reservoir operation, Sirikit Dam, water shortage.

© 2015

## 1.0 INTRODUCTION

The climate change induced direct affects to irrigation area, e.g., Yom, Nan Basin or Chao Phraya Basin in the dry year when the storage amount is not adequate for summer rice and caused water deficit in many irrigation projects. Though in the central plain, two large reservoirs, i.e., Bhumiphol and Sirikit Dams store water to be used during dry period but most of agricultural area is in the rainfed area and water allocation is limited and caused water shortage during dry season and in the dry year. Most farmers turned to use groundwater to supplement irrigation water. This also caused groundwater drawdown and make farmers to dig deeper wells which made more cost for agriculture [7].

In The Phitsanulok Irrigation Project, the average water demand are 2,898, 2,968 and 3,110 MCM in present, near future and far future periods respectively, and the water shortage under existing condition impacted from the climate change considered only from surface water source is expected to be as in Table 1[8-9] based on cultivated area as in present period. The water demand increase in near future and far future periods is due to higher of evapotranspiration. An mitigation measure for surface water operation is to

improve Sirikit Reservoir Operation to comply with future climate and the results are shown in Table 1.

**Table 1** Average Water Shortage in The Phitsanulok Irrigation Project in the future

| Conditions | Water Shortage(MCM) | |
|---|---|---|
| | Near Future | Far Future |
| **Existing ROC** | -170 | -170 |
| **improved ROC** | -80 | -77 |

*ROC is Reservoir Operation Curve of Sirikit Dam

The focus of the paper is to investigate the relationship of recharge rate with climate condition, to assess the impact on groundwater recharge in the Upper Central Plain and to determine the role of groundwater to mitigate the drought situation as an adaptation to climate change in additional to surface water source in The Phitsanulok Irrigation Project, which located in Nan River basin by applying MODFLOW and using the bias corrected MRI-GCM data.

## Study area

In this study, the study area, to investigate the relationship of recharge rate with climate condition, is in the Upper Central Plain, and focused in The Phitsanulok Irrigation Project, Nan River basin.

Upper Central Plain is in the Northern part of Chao Phraya Plain covering the areas of Uttaradit, Sukhothai, Pitsanulok, Kampangphet, Pichit, and Nakornsawan Provinces (Figure 1). Total area is 47,986 km² or 29,991,699 rais. Average height is approximately 40-60 meters above mean sea level. The areas consist of sediments which were transformed from erosion and decay of rock, then accumulated and generated as plain, terrace, and swamp.

The climate of Upper Central Plain is under the influences of monsoon winds i.e. southwest and northeast monsoon. From the meteorological point of view, the climate of Upper Central Plain can be divided into three seasons that are summer (mid-February to mid-May), rainy season (mid-May to October), and winter (November begin to mid-February). The study area is composed of 5 basins that are Lower Ping basin, Lower Yom basin, Lower Nan basin, Upper Sa-Grae-Grang basin, and Upper Chao Phraya basin, as shown in Figure. 1.

The Nan River Basin is the main water resource of the central region of Thailand. The SIRIKIT Dam is important because the release of the SIRIKIT dam, has supplied to the central plain including Bangkok area.

The Phitsanulok Irrigation Project, located in the Nan river basin, that receives water from Sirikit Dam with coverage area of 659,876 rais. This project includes Naraesuan Dam Operation and Maintenance Project 94,000 rais, Plaichumpol Operation and Maintenance Project 211,476 rais, Dongsatti Operation and Maintenance Project 186,000 rais and Thabua Operation and Maintenance Project 168,400 rais. The medium-scale reservoir projects are about 16 projects with a total combined active storage of 90.5 million m³ and a total irrigated area of 229,650 rais. The small-scale reservoir projects are about 375 projects that have a total combined storage of 90.52 million m³ and a total irrigated area of 329,646 rais. In addition, the pumping irrigation projects are about 299 projects with the irrigated area of 389,010 rais




**Figure 1** Upper Central Plain Basin

## 2.0 Methodology

There are two parts in this study. First part is to find the relationship of groundwater recharge rate from climate data. Seven groups of soil data series and groundwater model [12,20] results and to simulate the impact from climate change using the recharge relationship derived and the bias corrected the MRI GCM's climate data [13] in two future time frames, i.e., near future (2015-2039) and far future (2075-2099) periods. A linear regression method was applied to develop relationship between recharge flux and value of monthly precipitation minus evapotranspiration via groundwater model recalibration. The improved groundwater model (MODFLOW) was applied to assess the impact of climate change on groundwater recharge and ground water table in the study area. Second part is to simulate the cases using two types of dam rule curve (existing and improved) to relieve the water shortage situations in the Phitsanulok Irrigation Project and to quantify the role and the limits of groundwater to alleviate from the water shortage situations.

## Groundwater model

Groundwater model used in this study is MODFLOW (the USGS's three-dimensional (3D) finite-difference

groundwater model). MODFLOW is considered an international standard for simulating and predicting groundwater conditions and groundwater/surface-water interactions. The three-dimensional movement of groundwater of constant density through porous earth material may be described by the partial-differential equation

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}\right]+W=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

where

$K_{xx}$, $K_{yy}$ and $K_{zz}$ are the values of hydraulic conductivity along the x, y, and z coordinate axes (space function).

h is the potentiometric head (hydraulic head).

W is a volumetric flux per unit volume representing sources and/or sinks of water, where negative values are water extractions, and positive values are injections. It may be a function of space and time (i.e. W = W(x, y, z, t)).

$S_s$ is the specific storage of the porous material (space function).

t is time.

### Recharge equation

From the water budget analysis in the soil layer, the simple water budget is

$$P = ET+\Delta S+R_{off}+D \quad (3)$$

where

P is precipitation:

ET is evapotranspiration:

$\Delta S$ is change in water storage in soil column:

$R_{off}$ is direct surface runoff: and

D is drainage out of the bottom soil which is equivalent to recharge(R)

From the above relation, The recharge can be approximated simpler by using following equation[16]:

$$R = P-ET-Q_0 \quad (4)$$

Equation (4) can be written again as follow:

$$R/P=a_i*(P-ET)/P+b_i \quad (5)$$

where

$a_i$ and $b_i$ are constant and can be found by using goodness fit test for each soil group.

P is precipitation, and ET is evapotranspiration and can be calculated by equation of temperature (T) [18]:

$$ET = c*T+d \quad (6)$$

where c and d are constants and can be found by using goodness fit test for each month.

## 3.0 RESULTS AND DISCUSSION

## Impact of climate change towards GW

### Precipitation

The average precipitation (Figure 2) in present period was 1,392 mm./year[7]. The precipitation in near future and far future were collected from bias corrected GCM-MRI data[7] , the average of precipitation in near future will more decreased than in far future (1,255 mm/year and 1,354 mm/year, respectively).

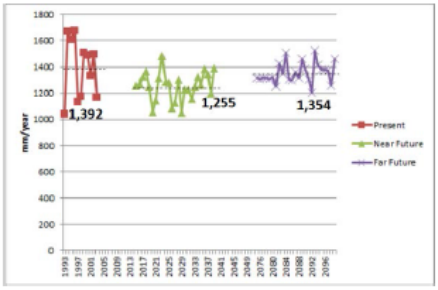



**Figure 2** The average precipitation in present, near future and far future periods in the study area

### Evapotranspiration

Evapotranspiration during the period 1979-2003 were collected from the report GCM Data Comparison and its application to water disaster adaptation measures in Thailand and the project on "The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures" [7]. A comparison of evapotranspiration and mean temperature show that two variables have linear relationship as shown in Table 2 and shows good relation in rainy season where recharge occurs.

**Table 2**: Coefficients of linear function expressed relationship between evapotranspiration and mean temperature of each month.

| Month | c | d | $R^2$ |
|---|---|---|---|
| **Jan** | 8.428 | -107.57 | 0.43 |
| **Feb** | 8.428 | -107.57 | 0.43 |
| **Mar** | 8.428 | -107.57 | 0.43 |
| **Apr** | 2.9665 | 70.568 | 0.97 |
| **May** | 4.0509 | 27.342 | 0.99 |
| **June** | 2.9895 | 22.826 | 0.99 |
| **July** | 3.0688 | 23.886 | 0.99 |
| **Aug** | 2.9941 | 23.959 | 0.99 |
| **Sep** | 3.129 | 23.413 | 0.99 |
| **Oct** | 3.4886 | 23.991 | 0.86 |
| **Nov** | 5.0792 | -20.275 | 0.99 |
| **Dec** | 3.9656 | -0.8793 | 0.87 |

### Groundwater model recalibration

Groundwater flow model (MODFLOW) was used to simulate groundwater flow conditions in the area during the period 1993-2003. This model was developed by [2,12]. Input data included river water level, observation groundwater level, and well abstraction used from the former study [17]. In former

study, recharge rates were defined by percent of rainfall in each soil group zone. In this study, soil zone was grouped in 7 zones by the similarity of soil series property as shown in Figure 3. The model was recalibrated compared with observation data using recharge equation derived. Results of recalibration model show that simulation values were closer with observation data compared with the former model calibration results as shown in Table 3.

**Table 3:** Comparison error and recharge rate of the former model and this study model.

| Error(m) | Former model | This study | %Difference |
|---|---|---|---|
| **Mean Error** | 2.85 | 2.11 | 26.16 |
| **Abs mean error** | 3.13 | 2.3 | 26.44 |
| **RMS error** | 4.59 | 3.9 | 15 |
| **Recharge rate(cu.m/day)** | 1,157,597 | 995,113 | -14.04 |

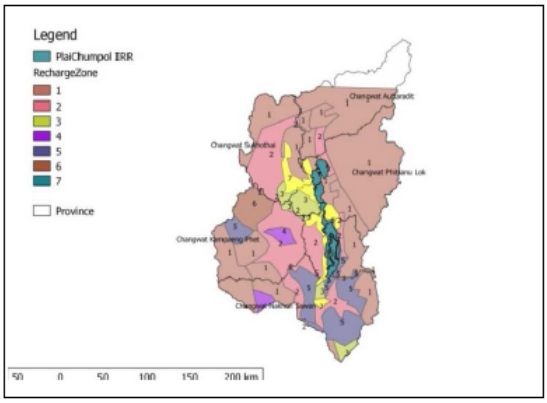



**Figure 3** The soil group represent the recharge zone

## Recharge function

The rates of groundwater recharge in each soil group zone from the above step were used to develop relationship between recharge and amount of monthly precipitation minus monthly evapotranspiration per precipitation (Equation 5). Results demonstrated good relationship between groundwater recharge fluxes with amount of monthly precipitation minus monthly evapotranspiration as shown in Table 4

From the permeability class [1, 20] and classification properties of each soil series [19], Table 5 shows the classification of each soil series group of this study and Figure 4 shows the relationship of the hydraulic conductivity/permeability and the coefficient of recharge per precipitation which shows good correlation. Figure 4 could be used to estimate the coefficient of recharge for other soil series from hydraulic conductivity value.

**Table 4:** Coefficients of linear function expressed relation between (P-ET)/P and R/P.

| Soil series group | a | b | $R^2$ |
|---|---|---|---|
| **1** | 0.0034 | 0.0009 | 0.93 |
| **2** | 0.0045 | 0.0012 | 0.93 |
| **3** | 0.0057 | 0.0015 | 0.94 |
| **4** | 0.0068 | 0.0018 | 0.94 |
| **5** | 0.008 | 0.0022 | 0.94 |
| **6** | 0.0091 | 0.0025 | 0.93 |
| **7** | 0.0113 | 0.0031 | 0.93 |

**Table 5** Classification of hydraulic conductivity of each soil series group of this study

| Permeability Class(O'Neal 1952) | hydraulic conductivity(cm/hour) | Soil series Group(This Study) |
|---|---|---|
| **Very Slow** | <0.125 | 1 |
| **Slow** | 0.125-0.5 | 2 |
| **Moderately Slow** | 0.5-2.0 | 3 |
| **Moderate** | 2.0-6.25 | 4 |
| **Moderately Rapid** | 6.25-12.5 | 5 |
| **Rapid** | 12.5-25.0 | 6 |
| **Very Rapid** | >25.0 | 7 |

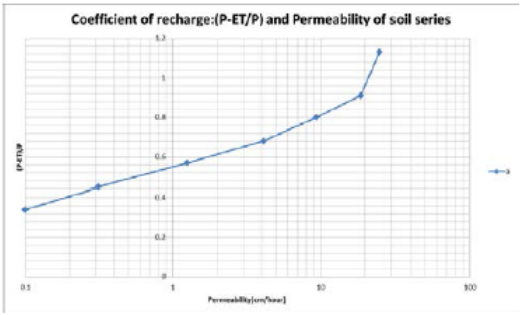



**Figure 4** The relationship of coefficient of recharge and permeability of soil

The impact of climate change is considered from the change of recharge and groundwater table compared with present period. The groundwater recharge rate from the above relationship for each soil series group, were calculated and input to groundwater model to simulate the impact of climate change with future climate data. Figure 5 and Table 6 show that recharge tend to decrease in the periods of both near future and far future and will be lower than in the past due to the increase of the temperature and evapotranspiration. The ratio of

average recharge rate in near future and far future compared with present is 0.42, and 0.50 respectively. The heads of groundwater in the selected stations in the study area are shown in Figure 6. It can be seen that climate change will induce lower water table in the north due to higher temperature (including the area of Plaichumpol Operation and Maintenance Project), i.e. , water table will decrease approximately 0.23, 0.16 m/year in near future and far future periods respectively.

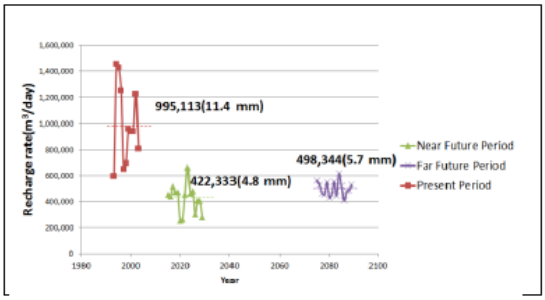



**Figure 5** Average groundwater recharge rate from projected future climate data

**Table 6** The % Difference of Rain, ET, P-ET and Recharge Rate in Near Future, Far Future compare with Present Period

| %Difference compared with Present Period | Rain(P) | ET | P-ET | Recharge Rate |
|---|---|---|---|---|
| **Near Future** | -9.87 | 2.74 | -48.71 | 0.42 |
| **Far Future** | -2.73 | 8.78 | -39.9 | 0.5 |

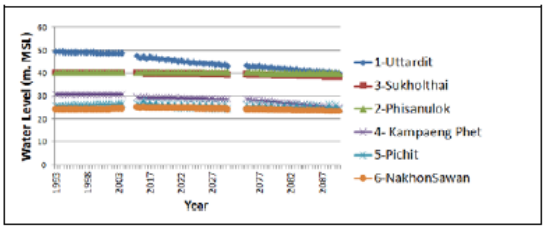



**Figure 6** The groundwater level change at selected locations in each Province

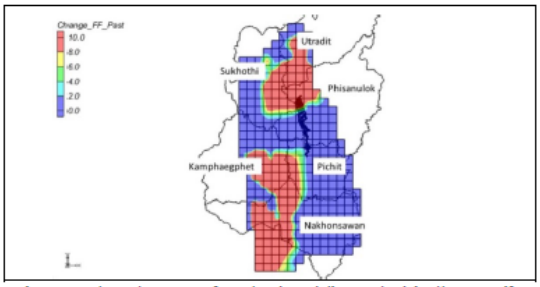



**Figure 7** The change of water level (in meter) in the aquifer by the end of far future period

From Figure 7, the hot spot in lower water level will occur in some part of Uttraradit, Sukholthai, Phitsanulok, Kampaengphet, Pichit and Nakhonsawan Provinces, especially in upper part of Plaichumpol Operation and Maintenance Project and the decrease of water level is up to 10 m

## The role of groundwater to mitigate the drought situation concerned with CC and its impacts

The groundwater model is applied to quantify the role and limits of groundwater to mitigate the drought (conjunctively with surface water and caused from the impact from climate change) in The Phitsanulok Irrigation. There are 3 cases of groundwater simulation. Case a is for existing pumping condition. Case b is to increase pumping to cover all water shortage under existing ROC and Case c is to increase pumping to cover all water shortage under improved ROC.

The results show that the change of groundwater storage in cases of a, b and c in near future and far future periods are 1,247,679, 544,280, 1,170,543, 516,800.20 cum./day respectively. When compared with the future condition in case a, the water storage decreased in the ground water aquifer in case b and c in near future and far future periods are 34%, 26%, and 25% and 19% respectively. Figure 8 shows the groundwater head in each case and the Table 7 shows the maximum different head that will occur in The Phitsanulok Irrigation Project. The results show that if we use the groundwater to cover water shortage, in some area will have groundwater head below the safe limit that the farmers can pump the water from the ground surface (set to be 10 m from ground surface), and when we applied case C, the farmers can use groundwater to alleviate their water shortage as an adaptation measures and the limited volume of ground water pumping to alleviate water shortage will be 80 and 77 MCM in near future and far future period respectively.

**Table 7** The maximum different heads compared with present period

| Case | Max.Different head from present period(m) | |
|---|---|---|
| | *near future* | *far future* |
| **Case a** | -3.82 | -3.84 |
| **Case b** | -19.68 | -28.08 |
| **Case c** | -9.89 | -10.9 |

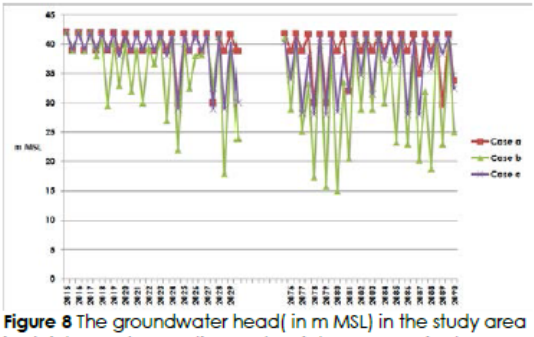



**Figure 8** The groundwater head( in m MSL) in the study area in Plaichumpol Operation and Maintenance Project area

## 4.0 CONCLUSIONS

In this study, the relationship of recharge rate with climate data was developed in terms of precipitation, evaporation and temperature and soil type under monthly time series data and the study found that there were in good relationship and can be used to study the impact of climate change on groundwater recharge and water table based on future climate data.

The future recharge, compared with the present, will decrease 58% in near future and 50% in the far future periods due to climate change. The water storage decreased in the ground water aquifer in case of existing ROC(case b) and improved ROC (case c) in near future and far future periods are 34%, 26% and 25% and 19% respectively in order to alleviate from the water shortage situations. Climate change will also induce impact on groundwater level, i.e., water table will decrease approximately 0.23 m/year in near future and 0.16 m/year in far future periods, especially in upper part of Plaichumpol Operation and Maintenance Project, the decrease of the water level will be up to 10 m.

The limit of ground water to alleviate water shortage will be 80 and 77 MCM/year in average, in near future and far future periods to keep the water table in the safe manner even when the Sirikit's reservoir operation rule is improved.

## Acknowledgement

The article could not be concluded without raw precipitation scenarios provided from various government agencies, e.g., Meteorological Research Institute (MRI), Japan We are also grateful to staffs of Thai Royal Irrigation Department (RID) and Thai Meteorological Department (TMD) for observed historical rainfall data as well. This research has been partially support by Office of Thailand Research Fund (TRF). The research was also done under the Water Resources System Research Unit (CU-WRSRU) of Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

## References

[1] Bejranonda W., Koontanakulvong S., Koch M. (2007) Groundwater modeling for conjunctive use patterns investigation in the upper Central Plain of Thailand, International Association of Hydrogeologists selected papers, Aquifer Systems Management: Darcy's Legacy in a World of Impending Water Shortage, Taylor & Francis Group, London, UK

[2] Bejranonda W., Koontanakulvong S., Suthidhummajit C. (2008) Study of the Interaction between Streamflow and Groundwater toward the Conjunctive use Management: a Case Study in an Irrigation Project. 1st NPRU Academic Conference, Oct. Annals... p. 59-67

[3] Bejranonda W., Koch M., Koontanakulvong S. (2011) Surface water and groundwater dynamic interaction models as guiding tools for optimal conjunctive water use policies in the central plain of Thailand. Environ Earth Sci, 8p

[4] Chulalongkorn, Groundwater Use and Potential Study in the Lower Central Plain (2005) submitted to the Thailand Research Fund.

[5] Chulalongkorn, Potential Groundwater Study of Phaichumphol Irrigation Project (2008), Technical Report.

[6] Phaichumphol Irrigation Project, Phitsanulok (2009) (http://irrigation.rid.go.th/rid3/chumpol/ staff.html).

[7] Chulalongkorn (2010) The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Case Study: Plaichumphol Irrigation Project, Thailand), presented at JIID Seminar on Impact of Climate Change on Irrigation Systems, Bangkok, Jan 26.

[8] Chulalongkorn, (2011). The Water Resources Study for Strategic Water Management in Nan River Basin, Final Report, submitted to Thailand Research Fund,.

[9] Chulalongkorn, (2014). The Water Resources Study for Strategic Water Management in Nan River Basin-Water Management Simulation for Strategic Recommendations-, Draft Final Report, submitted to Thailand Research Fund,.

[10] Döll, P. (2009). Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: a global-scale assessment. Environmental Research Letters, 4(3), 035006.

[11] Healy, R. W. (2010). Estimating groundwater recharge: Cambridge University Press.

[12] Koontanakulvong S., et. al. (2006) The study of Conjunctive use of Groundwater and Surface Water in Northern Chao Phraya Basin, Final Report. Department of Groundwater Resources. Chulalongkorn University

[13] Koontanakulvong S., Chaowiwat W. (2011) GCM Data Comparison and its application to water disaster adaptation measures in Thailand. Technical Report, Chulalongkorn University, March.

[14] Koontanakulvong S., Chaowiwat W., Mizayato T. (2013) Climate change's impact on irrigation system and farmers' response: a case study of the Plaichumpol Irrigation Project, Phitsanulok Province, Thailand. Paddy and Water Environ. doi: 10.1007/s10333-013-0389-8

[15] Koontanakulvong, S., & Suthidhummajit, C. (2000). Groundwater Recharge Study and Simulation—Kamphaeng Phet Case Study— Groundwater Updates (pp. 301-306): Springer.

[16] Krüger, A., Ulbrich, U., & Speth, P. (2001) Groundwater recharge in Northrhine-Westfalia predicted by a statistical model for greenhouse gas scenarios. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, 26(11), 853-861.

[17] Land Development Department (2009a) Thailand Land Use Map of 2009. Thailand Government

[18] Singh, V. P. (1992) Elementary hydrology: Pearson College Division.

[19] Suwanee Sridhavat Na Ayudhya (1995) The analysis of the soil mechanic properties in each soil series of Thailand.

[20] Vitor Vieira Vasconcelos, Sucharit Koontanakulvong, Chokchai Suthidhummajit, Paulo Pereira Martins Junior, Renato Moreira Hadad (2014) Analysis of Spatial-temporal Patterns of Water Table Change as a tool for Conjunctive Water Management in the Upper Central Plain of the Chao Phraya River Basin, Thailand, Appl Water Sci, DOI 10.1007/s13201-014-0240-4

# ภาคผนวก ค-2

**The 2015 Korea Water Resources Association (KWRA) Annual Conference**
**28 – 29 May 2015, Korea**

## Effect of Sirikit Dam Operation Improvement on water shortage situations due to the land use and climate changes from the Nan Basin

Dr. SUCAHRIT KOONTANAKULVONG
Associate Professor, Department of Water Resources Engineering,
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Email: sucharit.k@chula.ac.th

CHOKCHAI SUTHIDUMMAJIT
Researcher, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering,
Chulalongkorn University, Email: chokchai.s@chula.ac.th

**Abstract:** Land use and climate changes are the important factors to determine the runoff from the watershed. The changes also affected to runoff volume/pattern to the dam operation and may cause flood and drought situations in the downstream area. Sirikit Dam is one of the biggest dams in Thailand which cover about 25 % of the runoff into the Central Plain where the Bangkok Capital is located.

The study aims to determine the effect of land use change to the runoff volume pattern and the rainfall-runoff relationship in the different land use type. Field measurements of the actual rainfall, runoff in the selected 4 sub-basins with different type of land use in the Upper Nan Basin were conducted and the runoff ratio coefficients were estimated for each sub-basin. The effect of the land use change (deforestation) towards runoff will be investigated.

The study of the climate change impact on the runoff in the future scenarios was conducted to project the change of runoff volume/pattern into the Sirikit Dam. The improvement of the Sirikit Dam operation rule was conducted to reduce the weakness of the existing operation rules after Floods 2011. The newly proposed dam operation rule improvement will then be evaluated from the water shortage situations in the downstream of Sirikit Dam under various conditions of changes of both land use and climate when compared with the situations based on the existing reservoir operation rules.

Keywords: runoff, land use change, climate change, reservoir operation, Sirikit Dam, water shortage.

## 1. Introduction

The Nan river basin is the main river basin of Thailand. It is located in the northern region of Thailand in a total catchment area of 34,330 $km^2$. The boundary of Nan River Basin covers the area of 6 provinces divided into 16 sub-river basin as shown in Figure 1. Nan river Basin is the main water resource of the central region of Thailand, the Sirikit dam. The upper of SIRIKIT dam is the important area because the release of the SIRIKIT dam, shown in Figure 2, has been provided to the central plain including Bangkok area. The upper part of Nan river basin is located in the northern region of Thailand with the total catchment area of 13,000 sq.km The basin originated from Bor Klua District, Nan Province and is situated between latitude $17^o$ 42' 12" to latitude $19^o$ 37' 48" N and longitude $100^o$ 06' 30" to longitude $101^o$ 21' 48" E.

Land use in the upper watershed of Nan Basin had changed dramatically due to the increasing population and agricultural growth in the past decade. This change affected the runoff/sediment and the use of natural resources which created the impact to the hydrologic and environmental conditions [1].

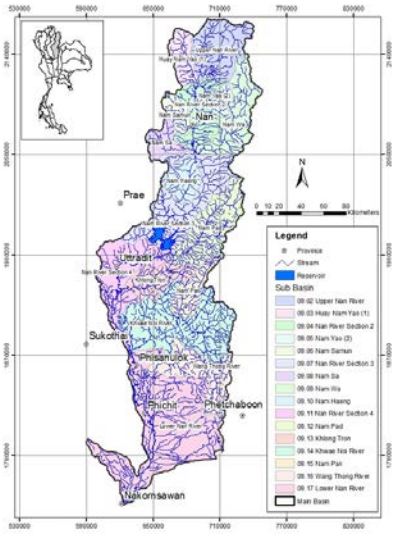



Figure 1 The Study area

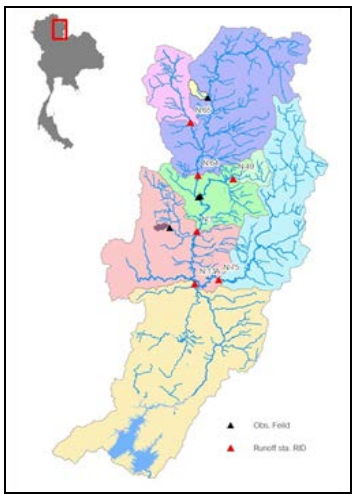



Figure 2. The watershed area of SIRIKIT reservoir in the upper NAN basin area and runoff station.

## 2. Objectives and methods

The objective of this study was to determine the effect of land use change to runoff volume pattern with the field measurements of the actual rainfall and runoff in the selected four sub-basins with different type of land use compared with the observed runoff data in the main stream.

The study started with data collection (land use map, rainfall, runoff, climate data and topographic), and the land use type in the basin is classified into 6 types as urban or residential, agriculture, swidden cultivation, forest, deforestation, water body. The rainfall-runoff ratios were determined by the relationship of rainfall-runoff in both the main stream and sub basin from both observed and field measurement data to determine the relationship between the rainfall-runoff ratio and the percentage of forest area in both main stream watershed and sub basin at runoff stations and field observation stations respectively. The comparison of runoff flow pattern from main stream and sub basin in the form of unit hydrograph in the main stream with different land use were then discussed and to investigate the effect of the land use change (deforestation) towards runoff.

For the newly proposed dam operation rule of Sirikit Dam analysis, the release patterns of the reservoir. In the past was analysed using the ratio of the monthly release and the effective storage corresponding to water year. The release ratio was classified, by the effective storage based on the water year and

by probability. However the improvement of release ratio cannot reduce the water deficit, so the reduction of water deficit should be considered together with the monthly water allocation rule. The water management will then be more effective and sufficient to the water demand. From the simulated storage data of the reservoir by water balance model can be used to formulate the new reservoir operation rule by using the lower rule curve at the probability of 0.2 and upper rule curve at the probability of 0.8 in each month. The new reservoir rule is recommended for future dam release rule.

## 3. Land use change estimation from GIS

The land use in study area can be classified in 6 major group, i.e., agriculture, swidden cultivation, deforestation, forest, residential and water. The overall land use distributions in the area were estimated by GIS for the year 2000, 2006 and 2009. From the land use map of 2000 and 2006, it was found that the agriculture, swidden cultivation and deforestation increased, whereas the forest, residential and water decreased. From the land use map in 2006 to 2009*, it was found that the agriculture, deforestation and forest decreased and in the other hand the swidden cultivation, residential and water increased. The area of each land use type in each watershed at runoff stations were shown in Table 1 for the year 2000, 2006 and 2009* respectively. The area and percentage of forest area in each sub basin were shown in Table 2

Table 1. Land use change estimation in the study area

| Land use type | Area in sq.km | | | | Difference in % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2000 | 2006 | 2009 | 2009* | 2000 - 2006 | 2006 - 2009 | 2006 - 2009* |
| Agriculture | 2,815.81 | 3,410.33 | 1,905.68 | 3,287.42 | 21.10% | -44.10% | -3.60% |
| Swidden cultivation | 1,397.61 | 1,481.83 | 1,392.57 | 2,459.53 | 6.00% | -6.00% | 65.98% |
| Deforestation | 2,299.70 | 3,253.08 | 274.47 | 2,619.40 | 41.50% | -91.60% | -19.48% |
| Forest | 6,235.90 | 4,606.03 | 9,016.11 | 4,151.85 | -26.10% | 95.70% | -9.86% |
| Residential | 109.86 | 107.77 | 206.27 | 244.10 | -1.90% | 91.40% | 126.50% |
| Water | 267.32 | 267.16 | 331.09 | 363.91 | -0.10% | 23.90% | 36.22% |
| Total | 13,126.20 | 13,126.20 | 13,126.20 | 13,126.20 | | | |

Table 2. The percentage of forest area in 4 sub-basins

| Sub basin | area( $km^2$) | %Forest |
|---|---|---|
| Huai Loung | 16.42 | 87.84 |
| Huai Pong Kew | 1.35 | 35.16 |
| Huai Pha Man | 1.31 | 48.05 |
| Huai Nam Med | 40.04 | 91.54 |

## 4.Runoff pattern change

In the main basin, the rainfall-runoff ratio in each runoff station was analyzed by ratio between runoff volume and rainfall (in rainy season). The relationship between the forest areas in each watershed area of runoff station in percentage with rainfall-runoff ratio was analyzed and compared with the sub basin ratios [5].

In the sub basin, the data from field observations in 4 sites were collected during July 2012 to Feb 2014. This data were analyzed during this period for both the rainfall and runoff were shown in Figure 3. The runoff coefficient from field observation data (in 2012, 2013) were shown in Figure 4 for each percentage of forest area and they show the same trend. The difference of the rainfall-runoff ratios from sub basin (field measurements) and from main stream (observed data) was compared and shown in Figure 5. It is noticed the the effect of land use change in the sub basin (ratio from 0.1- 0.8) had more impact than in the large basin (ratio of 0.3-0.4), though the decrease of forest area induced higher ratio of rainfall-runoff ratio in both sub basin and main basin. [6]

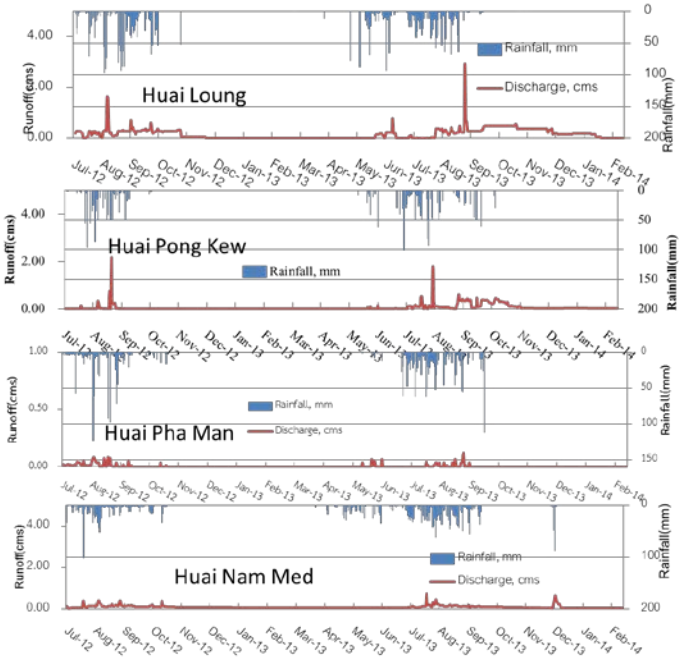



Figure 3. The rainfall and runoff data from field observations in 4 sites

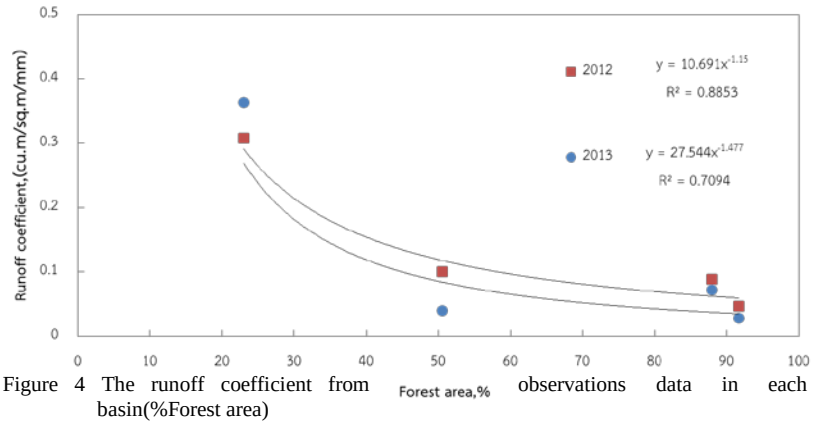



Figure 4 The runoff coefficient from observations data in each sub basin(%Forest area)

The change in flow pattern from each period of land use change were computed (from the field observed flow discharge) and compared in Figures 4 and 5. It can be seen that less forest area have more runoff coefficient and the impact in the main basin is larger than in the sub basin and the deforestation created a quicker and higher flow peak.[5,6]

To investigate the impact of land use change to the hydrograph in the main stream, the unit hydrographs (per unit area and unit rainfall) at N. 13 A (upstream of Sirikit Dam) derived in the year 2000-2005 ,2006-2008 & 2009-2012 were compared in Figure 6. It can be seen that the hydrograph in 2006&2009 had higher peak than the hydrograph in 2000 which reflected the impact from the land use change.[2, 6]

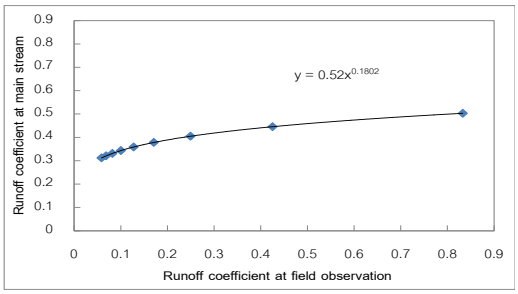



Figure 5 Difference of the runoff coefficients at main stream and field observations in the sub basin

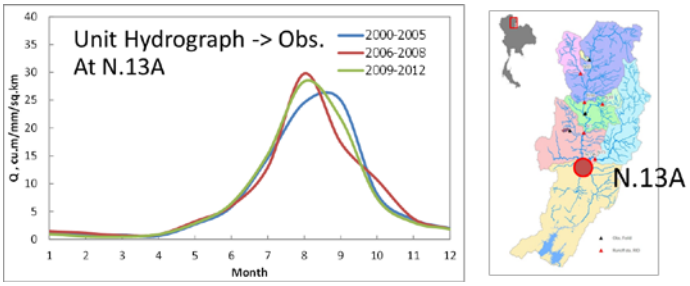



Figure 6 The unit hydrographs (per unit area and unit rainfall) at N. 13 A (upstream of Sirikit Dam)

## 5. The climate change impact on the runoff in the future scenarios

By using the Bias corrected the MRI GCMs climate data, the projection of inflow to Sirikit Dam in near future and far future have been calculated and shown in Figure 7[2,4]. The pattern of inflow to Sirikit Dam will has a little change, there will peak inflow in August and in the near future and far future, the annual inflow will increase especially in far future.

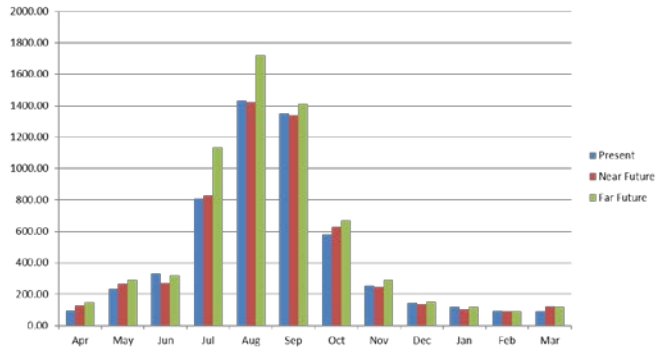



Figure 7 The inflow to Sirikit Dam in Present, Near Future and Far Future Periods

To apply the newly proposed dam operation rule improvement for simulating the water balance in study area(Figure 8), the schematic of water management as shown in Figure 9, were used and have simulated from the water shortage situations in the downstream of Sirikit Dam[2]. The Comparison of Dam Release from the newly dam operation rule and the existing rules in Present, Near Future and Far Future was shown in Figure 10, the annual released water from the newly dam operation rule are less than the released water from using the existing operation rule equal 10%, 13% and 21% in Present, Near Future and

Far Future period, respectively. The water balance of water resources system can expose the severity and frequency of the water shortage in the irrigation project and water spillage at the dam. The percentage of shortage was estimated from the water shortage and the water demand. The amount of water shortage can be accounted at the water shortage values over than 20% of the water shortage in each month. The analysis of water shortage can be summarized .Considering in Pitsanulok Irrigation Project, comparison of the newly propose dam operation rule and the existing rule in water shortage was shown in Figure 11. The number of annual water shortage by using the newly propose dam operation rule are less than using the existing one, the value are 12, 6 and 8 years in Present, Near Future and Far Future period, respectively. And in wet season and dry season are the same in annual.

The result of the improvement of the newly propose dam operation under various conditions of changes of both land use and climate when compared with the situations based on the existing reservoir operation rules was shown in Table 3.

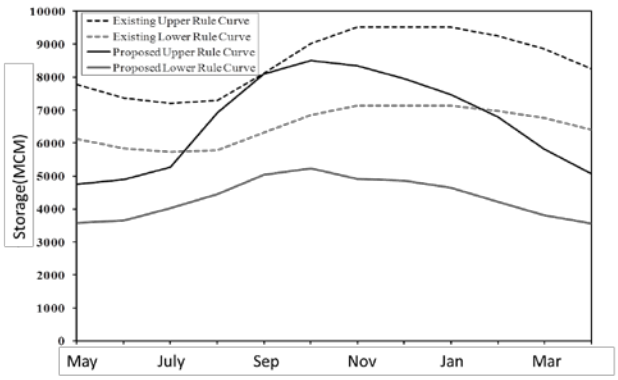



Figure 8 The newly proposed dam operation rule and the existing rules

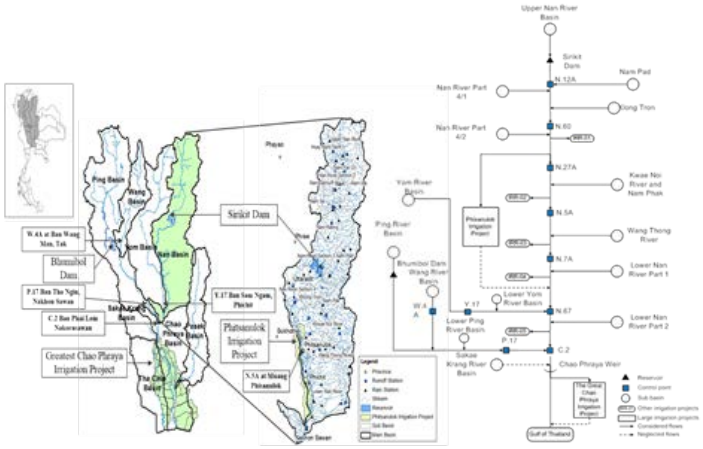



Figure 9 Schematic of Water management in Nan Basin

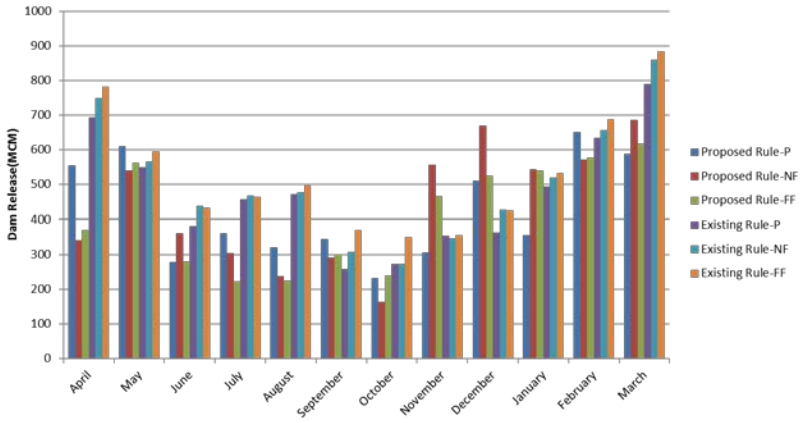



Figure 10 Comparison of Dam Release between the newly proposed dam operation rule and the existing rules in Present, Near Future and Far Future Period

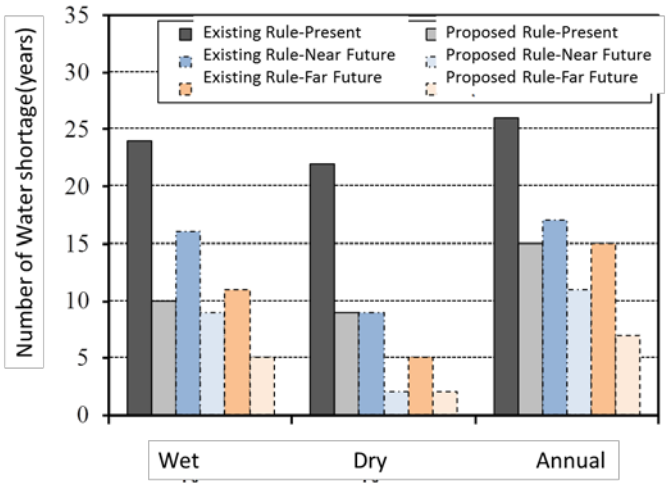



Figure 11 Comparison of the newly propose dam operation rule and the existing rule in water shortage in Pitsanulok Irrigation Project

Table 3 The water shortage in Nan Basin under various conditions of changes of both land use and climate when compared with the situations based on the existing reservoir operation rules :unit in MCM

| SRK Release | | Release General | | | Release Improve | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Climate | | P | N | F | P | N | F |
| LandUse | | | | | | | |
| Forest | Existing | -102.9 | -169.8 | -170.2 | -102.0 | -95.8 | -94.0 |
| Forest | Decrease | - | -259.4 | -246.0 | - | -124.9 | -125.1 |
| Forest | Increase | - | -124.5 | -128.4 | - | -79.8 | -77.2 |

From the table, it is found that the affect from both newly proposed dam operation and forest increase, will decrease water shortage in near and far future periods. The water demand in this area was 3,190.84 MCM and the water shortage was 102.748 MCM in Present period, and the water demand will be 3,217.95 MCM and 3,367.62 MCM in Near Future and Far Future, respectively. By increasing forest area, water shortage will decrease 42 MCM(27%) and by newly proposed dam operation, the water shortage will decrease 76 MCM(44%). When considered both, water shortage will decrease 93 MCM(54 %).

## 6.Conclusions

The study concluded that the effect of land use change to the runoff volume pattern and the rainfall-runoff relationship in the different land use type. Field measurements of the actual rainfall, runoff in the selected four sub-basins with different type of land use in the Upper Nan Basin were conducted and the runoff ratio coefficients were estimated for each sub-basin. The calculated Runoff Coefficient vary from nearly 0.1 to 0.4 and in high percentage of forest area the Runoff Coefficient form 2012 and 2013 were nearly the same value. The effect of the land use change towards runoff will be investigated for the inflow to Sirikit Dam, they will highly increase in wet season in Far Future Period.

The study of the climate change impact on the runoff in the future scenarios was conducted to project the change of runoff volume/pattern into the Sirikit Dam. The newly proposed dam operation rule improvement will then be evaluated from the water shortage situations in the downstream of Sirikit Dam under various conditions of changes of both land use and climate when compared with the situations based on the existing reservoir operation rules.

## 7. Acknowledgement

The article could not be concluded without data from various government agencies, e.g., Meteorological Research Institute (MRI, Japan We also grateful to staffs of Thai Royal Irrigation Department (RID) and Thai Meteorological Department (TMD) for observed historical rainfall data as well. This research has been partially support by Office of Thailand Research Fund (TRF). The research also done under the Water Resources System Research Unit (CU_WRSRU) of Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

## References

1. Chulalongkorn, (2011). The Water Resources Study for Strategic Water Management in Nan River Basin, Final Report, submitted to Thailand Research Fund,.
2. Chulalongkorn, (2014). The Water Resources Study for Strategic Water Management in Nan River Basin-Water Management Simulation for Strategic Recommendations-, Draft Final Report, submitted to Thailand Research Fund,.

3. D.B. Phan1, C.C. Wu2 and S.C. Hsieh (2011). Land Use Change Effects on Discharge and Sediment Yield of Song Cau Catchment in Northern Vietnam. Journal of Environmental Science and Engineering, 5, 92-101.
4. JIID,(2010). The Climate Change Impact Study on Irrigation System and Adaptation Measures –Plaichumphol Irrigation Project case study.
5. Sucharit K., Kwanchai P. (2013). The Effect of Land Use Change on Runoff Volume in the Upper Nan Basin, Proc. EIT-WR 2013, Chiengrai, Thailand, Sep 5-6.
6. Sucharit K., Kwanchai P. (2013). Impact of Land Use Change to Sediment Flow Pattern in Nan Basin, Thailand, the 2nd International Symposium on Advanced Technology for River Management November 7– 9, 2013, Seoul, Korea
7. Satoshi Kameyama, H. Shimazaki, S. Nohara, T. Sato, Y. Fujii and K. Kudo (2013). Hydrological and Sediment Transport Simulation to assess the Impact of Dam Construction in the Mekong River Main Channel. American Journal of Environmental Science 9 (3): 247-258.
8. Zheng, J., Yu, X., Deng, W., Wang, H., and Wang, Y. (2013). ”Sensitivity of Land-Use Change to Stream flow in Chaobai River Basin.” Technical Papers, J. Hydrol. Eng., 18(4), 457–464.

# THE ROLE OF GROUNDWATER TO MITIGATE THE DROUGHT AND AS AN ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN THE PHITSANULOK IRRIGATION PROJECT, IN THE NAN BASIN, THAILAND

**Sucharit Koontanakulvong, Chokchai Suthidhummajit**
Department of Water Resources Engineering
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand

PAWEES-INWEPF Joint International Conference 2015
19-21 August, 2015, Kuala Lumpur, Malaysia

## Outlines

1. Introduction
2. Methodology
3. Results and Discussions
4. Conclusions
5. Acknowledgement
6. References



## 1.Introduction

- The climate change induced direct affects to irrigation area, e.g., Yom, Nan Basin or Chao Phraya Basin in the dry year when the storage amount is not adequate for summer rice and caused water deficit in many irrigation projects
- Though in the Central Plain, two large reservoirs, i.e., Bhumiphol and Sirikit Dams store water to be used during dry period but most of agricultural area is in the rainfed area and water allocation is limited and caused water shortage during dry season and in the dry year.

www.eng.chula.ac.th
CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

## 1.Introduction(con't)

- In The Phitsanulok Irrigation Project, the average water demand are 2,898, 2,968 and 3,110 MCM in present, near future and far future periods respectively, and the water shortage under existing condition impacted from the climate change considered only from surface water source is expected to be as in Table based on cultivated area as in present period.
- The water demand increase in near future and far future periods is due to higher of evapotranspiration. An mitigation measure for surface water operation is to improve Sirikit reservoir operation to comply with future climate.
- GW is another option to be explored to cover water shortage.

**Average Water Shortage in The Phitsanulok Irrigation Project in the future**

| Conditions | Water Shortage(MCM) | |
|---|---|---|
| | Near Future | Far Future |
| Existing ROC | -170 | -170 |
| improved ROC | -80 | -77 |

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

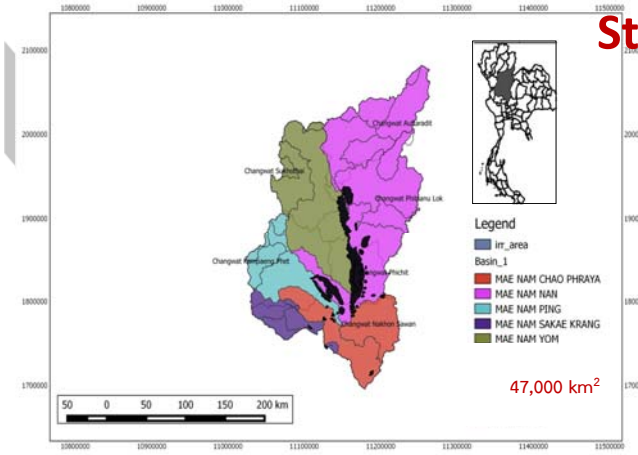
# Objectives

- To investigate the relationship of recharge rate with climate condition,
- To assess the impact on groundwater recharge in the Upper Central Plain and
- To determine the role of groundwater to mitigate the drought situation as an adaptation to climate change in additional to surface water source in The Phitsanulok Irrigation Project, which located in Nan River basin by applying MODFLOW and using the bias corrected MRI-GCM data.



CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

# Study Area



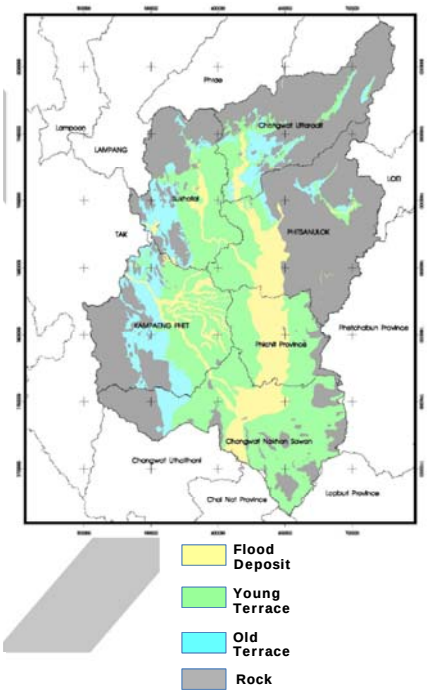

Covers the areas of Uttaradit, Sukhothai, Pitsanilok, Kampangphet, Pichit, and Nakornsawan Provinces.

Composed of 5 basins

1) Lower Ping basin
2) Lower Yom basin,
3) Lower Nan basin,
4) Upper Sa-Gae-Grang basin,
5) Upper Chao Praya basin

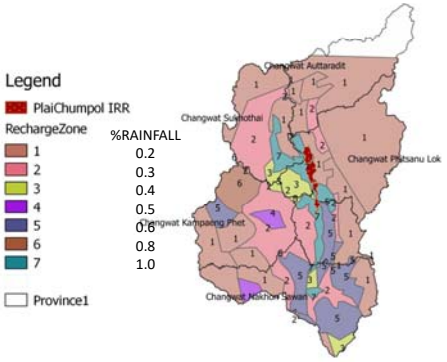
The Phitsanulok Irrigation Project, located in the Nan river basin, that receives water from Sirikit Dam with coverage area of 659,876 rais(1,055 km$^2$).

- Naraesuan Dam Operation and Maintenance Project 94,000 rais(150 km$^2$),
- Plaichumpol Operation and Maintenance Project 211,476 rais(338 km$^2$), (as hot spot area)
- Dongsatti Operation and Maintenance Project 186,000 rais (298 km$^2$). and
- Thabua Operation and Maintenance Project 168,400 rais(269 km$^2$).




# Hydrogeology Characteristics

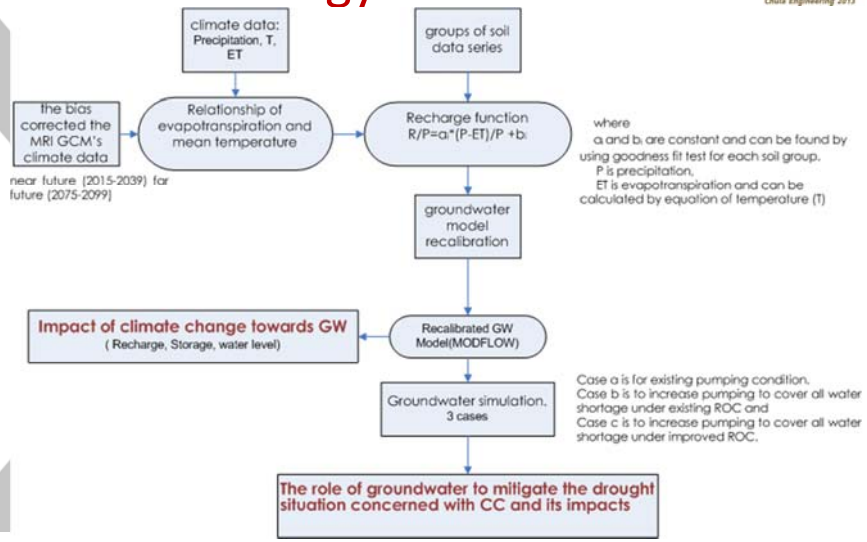
## Soil Series Group Map






CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

# 2. Methodology

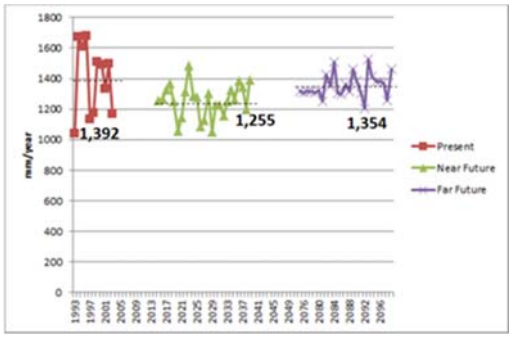


# 3. Results and Discussions

## Impact of climate change towards GW

*Precipitation*

- The average precipitation in present period was 1,392 mm./year. The precipitation in near future and far future were collected from bias corrected GCM-MRI data , the average of precipitation in near future will more decreased than in far future (1,255 mm/year and 1,354 mm/year, respectively).






# Evapotranspiration

- A comparison of evapotranspiration and mean temperature show that two variables have linear relationship as shown in Table 2 and shows good relation in rainy season where recharge occurs.

| Month | c | d | $R^2$ |
|---|---|---|---|
| Jan | 8.428 | -107.57 | 0.43 |
| Feb | 8.428 | -107.57 | 0.43 |
| Mar | 8.428 | -107.57 | 0.43 |
| Apr | 2.9665 | 70.568 | 0.97 |
| May | 4.0509 | 27.342 | 0.99 |
| June | 2.9895 | 22.826 | 0.99 |
| July | 3.0688 | 23.886 | 0.99 |
| Aug | 2.9941 | 23.959 | 0.99 |
| Sep | 3.129 | 23.413 | 0.99 |
| Oct | 3.4886 | 23.991 | 0.86 |
| Nov | 5.0792 | -20.275 | 0.99 |
| Dec | 3.9656 | -0.8793 | 0.87 |

ET = c*T+d

Where
ET is evapotranspiration
T is temperature
c and d are constants and can be found by using goodness fit test for each month.

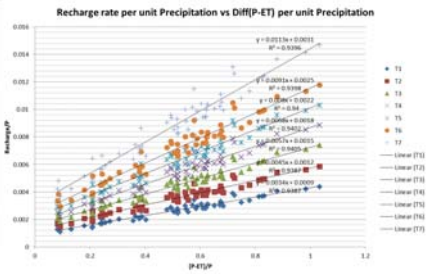


# *Recharge function*

- Coefficients of linear function expressed relation between (P-ET)/P and R/P.

| Soil series group | a | b | $R^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.0034 | 0.0009 | 0.93 |
| 2 | 0.0045 | 0.0012 | 0.93 |
| 3 | 0.0057 | 0.0015 | 0.94 |
| 4 | 0.0068 | 0.0018 | 0.94 |
| 5 | 0.008 | 0.0022 | 0.94 |
| 6 | 0.0091 | 0.0025 | 0.93 |
| 7 | 0.0113 | 0.0031 | 0.93 |

Recharge Formula in each soil series group
Recharge rate/P= a*(P-ET)/P + b





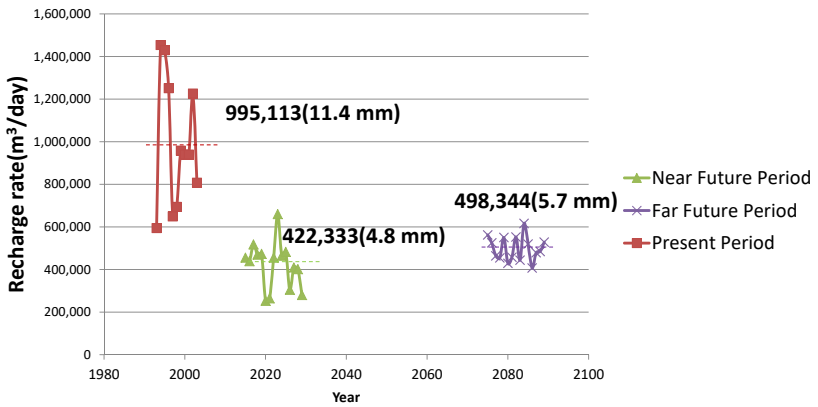

# *Groundwater model recalibration*

- Groundwater flow model (MODFLOW) was used to simulate groundwater flow conditions in the area during the period 1993-2003. This model was developed by the former study, recharge rates were defined by percent of rainfall in each soil group zone.
- In this study, soil zone was grouped in 7 zones by the similarity of soil series property. The model was recalibrated compared with observation data using recharge equation derived. Results of recalibration model show that simulation values were closer with observation data compared with the former model calibration results .

Comparison error and recharge rate of the former model and this study model.

| Error(m) | Former model | This study | %Difference |
|---|---|---|---|
| Mean Error | 2.85 | 2.11 | 26.16 |
| Abs mean error | 3.13 | 2.3 | 26.44 |
| RMS error | 4.59 | 3.9 | 15 |
| Recharge rate(cu.m/day) | 1,157,597 | 995,113 | -14.04 |

# Recharge rate in Present, Near Future and Far Future Periods.

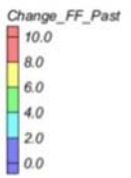


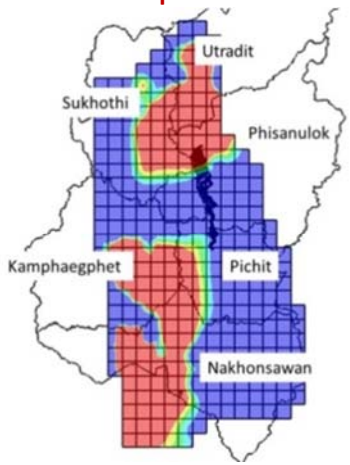

| Time period | % Difference of recharge rate compared with Present period |
|---|---|
| Near future | -57.56 |
| Far Future | -49.92 |

| % Difference compared with present period | Rain(P) | ET | P-ET |
|---|---|---|---|
| Near Future | -9.87 | 2.74 | -48.71 |
| Far Future | -2.73 | 8.78 | -39.90 |



# The change of water level (in meter) in the aquifer by the end of far future period

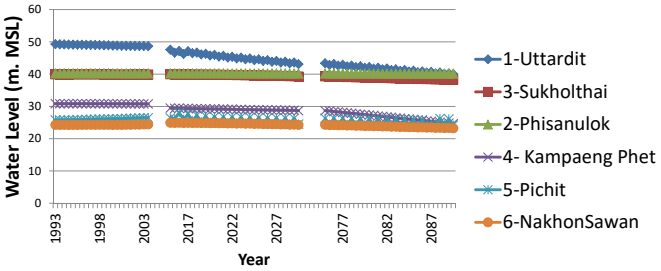


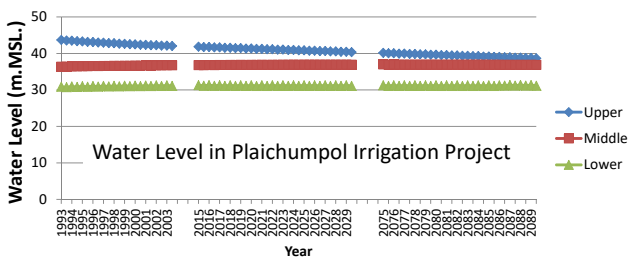




The hot spot in lower water level will occur in some part of Uttraradit, Sukholthai, Phitsanulok, Kampaengphet, Pichit and Nakhonsawan Provinces, especially in upper part of Plaichumpol Operation and Maintenance Project and the decrease of water level is up to 10 m



# Water level in Study area



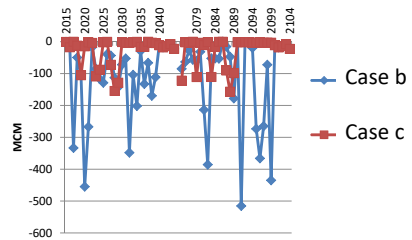






# The role of groundwater to mitigate the drought situation concerned with CC and its impacts

There are 3 cases of groundwater simulation.

- Case a is for existing pumping condition.
- Case b is to increase pumping to cover all water shortage under existing ROC and
- Case c is to increase pumping to cover all water shortage under improved ROC.



## Storage change

| Time Period | Case a | Case b | | Case c | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Storage Change ($m^3$/day) | Storage Change ($m^3$/day) | %compare Existing Cond. | Storage Change ($m^3$/day) | %compare Existing Cond. |
| Near Future | -929,836 | -1,247,679 | -34.18 | -1,170,544 | -25.89 |
| Far Future | -431,183 | -544,281 | -26.23 | -516,800 | -19.86 |

The change of groundwater storage in cases of a, b and c in near future and far future periods are 929,836 cum./day, 431,183 cum./day , 1,247,679 cum./day, 544,280 cum./day , 1,170,543 cum./day and 516,800.20 cum./day respectively. When compared with the future condition in case a, the water storage decreased in the ground water aquifer in case b and c in near future and far future periods are 34%, 26%, and 25% and 19% respectively.

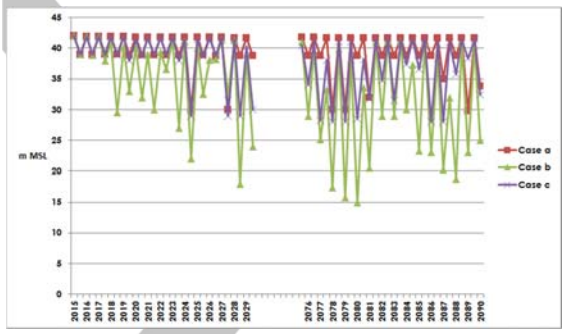
## The maximum different heads compared with present period

| Case | Max.Different head from present period(m) | |
|---|---|---|
| | near future | far future |
| Case a | -3.82 | -3.84 |
| Case b | -19.68 | -28.08 |
| Case c | -9.89 | -10.9 |

www.eng.chula.ac.th

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

## The groundwater head( in m MSL) in the hot spot area in Plaichumpol Operation and Maintenance Project area




The results show that if we use the groundwater to cover water shortage, groundwater head in some area will be below the safe limit (that the farmers can pump the water from the ground surface), and when we applied case C, the farmers can use groundwater to alleviate their water shortage as an adaptation measures and the limited volume of ground water pumping to alleviate water shortage will be 80 and 77 MCM in near future and far future period respectively.

www.eng.chula.ac.th

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

# 4.Conclusions

- In this study, the relationship of recharge rate with climate data was developed in terms of precipitation, evaporation and temperature and soil type under monthly time series data and the study found that there were in good relationships and can be used to study the impact of climate change on groundwater recharge and water table based on future climate data.
- The future recharge, compared with the present, will decrease 58% in near future and 50% in the far future periods due to climate change. The water storage decreased in the ground water aquifer in case of existing ROC(case b) and improved ROC (case c) in near future and far future periods are 34%, 26% and 25% and 19% respectively in order to alleviate from the water shortage situations.

www.eng.chula.ac.th

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

# 4.Conclusions (con't)

- Climate change will also induce impact on groundwater level, i.e., water table will decrease approximately 0.23 m/year in near future and 0.16 m/year in far future periods, especially in upper part of Plaichumpol Operation and Maintenance Project, the decrease of the water level will be up to 10 m.
- The limit of ground water to alleviate water shortage will be 80 and 77 MCM/year in average, in near future and far future periods to keep the water table in the safe manner even when the Sirikit's reservoir operation rule is improved.

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

# Acknowledgement

The article could not be concluded without raw precipitation scenarios provided from various government agencies, e.g., Meteorological Research Institute (MRI), Japan We are also grateful to staffs of Thai Royal Irrigation Department (RID) and Thai Meteorological Department (TMD) for observed historical rainfall data as well. This research has been partially support by Office of Thailand Research Fund (TRF). The research was also done under the Water Resources System Research Unit (CU-WRSRU) of Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

www.eng.chula.ac.th

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

# References


- Bejranonda W., Koontanakulvong S., Koch M. (2007) Groundwater modeling for conjunctive use patterns investigation in the upper Central Plain of Thailand, International Association of Hydrogeologists selected papers, Aquifer Systems Management: Darcy's Legacy in a World of Impending Water Shortage, Taylor & Francis Group, London, UK
- Bejranonda W., Koontanakulvong S., Suthidhummajit C. (2008) Study of the Interaction between Streamflow and Groundwater toward the Conjunctive use Management: a Case Study in an Irrigation Project. 1st NPRU Academic Conference, Oct. Annals… p. 59-67
- Bejranonda W., Koch M., Koontanakulvong S. (2011) Surface water and groundwater dynamic interaction models as guiding tools for optimal conjunctive water use policies in the central plain of Thailand. Environ Earth Sci, 8p
- Chulalongkorn, Groundwater Use and Potential Study in the Lower Central Plain (2005) submitted to the Thailand Research Fund.
- Chulalongkorn, Potential Groundwater Study of Phaichumphol Irrigation Project (2008), Technical Report.
- Phaichumphol Irrigation Project, Phitsanulok (2009) (http://irrigation.rid.go.th/rid3/chumpol/ staff.html).
- Chulalongkorn (2010) The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Case Study: Plaichumphol Irrigation Project, Thailand), presented at JIID Seminar on Impact of Climate Change on Irrigation Systems, Bangkok, Jan 26.
- Chulalongkorn, (2011). The Water Resources Study for Strategic Water Management in Nan River Basin, Final Report, submitted to Thailand Research Fund,.
- Chulalongkorn, (2014). The Water Resources Study for Strategic Water Management in Nan River Basin-Water Management Simulation for Strategic Recommendations-, Draft Final Report, submitted to Thailand Research Fund,.


www.eng.chula.ac.th

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

# References (con't)


- Döll, P. (2009). Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: a global-scale assessment. Environmental Research Letters, 4(3), 035006.
- Healy, R. W. (2010). Estimating groundwater recharge: Cambridge University Press.
- Koontanakulvong S., et. al. (2006) The study of Conjunctive use of Groundwater and Surface Water in Northern Chao Phraya Basin, Final Report. Department of Groundwater Resources. Chulalongkorn University
- Koontanakulvong S., Chaowiwat W. (2011) GCM Data Comparison and its application to water disaster adaptation measures in Thailand. Technical Report, Chulalongkorn University, March.
- Koontanakulvong S., Chaowiwat W., Mizayato T. (2013) Climate change's impact on irrigation system and farmers' response: a case study of the Plaichumpol Irrigation Project, Phitsanulok Province, Thailand. Paddy and Water Environ. doi: 10.1007/s10333-013-0389-8
- Koontanakulvong, S., & Suthidhummajit, C. (2000). Groundwater Recharge Study and Simulation—Kamphaeng Phet Case Study— Groundwater Updates (pp. 301-306): Springer.
- Krüger, A., Ulbrich, U., & Speth, P. (2001) Groundwater recharge in Northrhine-Westfalia predicted by a statistical model for greenhouse gas scenarios. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, 26(11), 853-861.
- Land Development Department (2009a) Thailand Land Use Map of 2009. Thailand Government
- Singh, V. P. (1992) Elementary hydrology: Pearson College Division.
- Suwanee Sridhavat Na Ayudhya (1995) The analysis of the soil mechanic properties in each soil series of Thailand.
- Vitor Vieira Vasconcelos, Sucharit Koontanakulvong, Chokchai Suthidhummajit, Paulo Pereira Martins Junior, Renato Moreira Hadad (2014) Analysis of Spatial-temporal Patterns of Water Table Change as a tool for Conjunctive Water Management in the Upper Central Plain of the Chao Phraya River Basin, Thailand, Appl Water Sci, DOI 10.1007/s13201-014-0240-4


www.eng.chula.ac.th

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

# Thank you for your attention

***For more information, contact:***

***Chokchai Suthidhummajit***

***Department of Water Resources Engineering***

***Faculty of Engineering,***

***Chulalongkorn University***

***Bangkok, Thailand***

**Email :** chokchai.s@gmail.com

**Web: www.watercu.eng.chula.ac.th**

**THA 2017 International Conference on**
"Water Management and Climate Change Towards Asia's Water-Energy-Food Nexus"
25 - 27 January 2017, Bangkok, Thailand.

ภาคผนวก ค-4

# Flow budget of groundwater system and conjunctive use pattern under climate change in Upper Central Plain, Thailand

**Chokchai Suthidhummajit[1, a*], Sucharit Koontanakulvong[2, b]**

**Abstract:** In the Upper Central Plain of Thailand, the farmers rely on both surface water and groundwater. Because the allocated water from the Bhumibol and Sirikit Dams is limited which caused water shortage in the dry years. Most farmers turn to use groundwater to supplement irrigation water in the dry years. This study aims to understand flow budget of surface water and groundwater system and the conjunctive use pattern under climate change scenarios. The conjunctive use pattern of surface water as well as groundwater were investigated by field surveys and groundwater flow modeling. This study used the MODFLOW model for applying groundwater flow model to simulate the groundwater movement over the 10 years, and also used the bias-corrected MRI-GCM data to project the future climate condition (during 2015 -2039 and 2075-2099) and to assess the impact on groundwater system. The conjunctive use pattern of surface water use and groundwater system and the flow budget, in this study, were analyzed in term of water demand, rainfall, reservoir storage, groundwater recharge, groundwater storage and groundwater pumping in each water year pattern. The study shows the flow budget, conjunctive use pattern of each season and water year in the past and in the future under climate change scenarios.

**Keywords** *flow budget, conjunctive use, pattern, climate change, Upper Central Plain, Thailand*

Chokchai Suthidhummajit
Department of Water Resources Engineering
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand
Email: chokchai.s@chula.ac.th

Sucharit Koontanakulvong
Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.
Bangkok, Thailand
Email: sucharit.k@chula.ac.th

## Introduction

The Upper Central Plain of Thailand covers the areas of Uttaradit, Sukhothai, Pitsanilok, Kampangphet, Pichit, and Nakornsawan Provinces, where farmers depended on both surface water and groundwater. Because the allocated water from the Bhumibol and Sirikit Dams is limited which caused water shortage in the dry years. Most farmers turn to use groundwater to supplement irrigation water in the dry years. This also caused groundwater drawdown and make farmers to dig deeper (shallow) wells which made more cost for agriculture (Chulalongkorn, 2010). It is difficult for the downstream area to receive irrigation water through canal, thus farmers dig their own groundwater wells in their paddy fields and pumped groundwater individually to compensate surface water shortages. The focus of the paper is to understand the flow budget and conjunctive use pattern of surface water and groundwater at present and climate change impacts on flow budget and conjunctive use pattern of groundwater system in the study area.

## Study area

The Upper Central Plain is in the Northern part of Chao Phraya Plain covering the areas of Uttaradit, Sukhothai, Pitsanulok, Kampangphet, Pichit, and Nakornsawan Provinces. Total area is 47,986 square kilometers or 29,991,699 rais. Average height is approximately 40-60 meters above mean sea level. The areas consist of sediments. These sediments were generated from erosion and decay of rock, then accumulated and generated as plain, terrace, and swamp. The climate of the study area is under the influences of monsoon winds i.e. southwest and northeast monsoon. From the meteorological point of view, the climate can be divided into three seasons, i.e., summer season (mid-February to mid-May), rainy season (mid-May to October), and winter season (November begin to mid-February). The study area is composed of 5 basins that are Lower Ping basin, Lower Yom basin, Lower Nan basin, Upper Sa-Grae-Grang basin, and Upper Chao Phraya basin, as shown in Fig. 1.



**Fig. 1** Upper Central Plain Basin

The main rivers in the study areas are the Yom and the Nan River which flow parallel from North to South and join at Chumsang District, Nakornsawan Province. In addition, there is the Ping River which flows from west side and joins with the Yom and the Nan River at Paknampho District, Nakornsawan Province. They become the Chao Phraya River, which continuously flow to the Central Plain. From daily and monthly rainfall data of rainfall stations (68 stations) that collected during 1974 to 2003, the amount of rainfall in the Upper Central Plain is between 900 to 1,450 mm/year. From 52 station runoff data of Royal Irrigation Department that collected during 1994 to 2003, the total runoff 15,481.9 million cubic meters per year, divided into rainy season 13,625 million cubic meters, 88% of total runoff, and dry season 1,856.9 million cubic meters, 12% of total runoff.

## Methodology

To understand flow budget and the conjunctive use pattern, there are two steps in this study, i.e., first step is to simulate the impact towards flow budget and conjunctive use pattern by using the projected bias corrected the MRI GCMs climate data (Koontanakulvong S., et.al., 2011) in two future time frames, i.e., near future (2015-2039) and far future (2075-2099) periods. The improved groundwater model (MODFLOW) was applied to assess the impact of climate change on flow budget (groundwater recharge and ground water table) in the study area and to find the impact on flow budget and conjunctive use pattern. The second step is to analyze conjunctive use pattern. The conjunctive use pattern is described in term of the ratio between each water supply sources and water demand. The water supply sources are surface water, groundwater and the other. The surface water used data from the previous study (Koontanakulvong S., et. al. 2006). The groundwater data used the groundwater model given from the first step. The other means water from other sources included water deficit which was calculated by water demand minus surface water and groundwater.

*Groundwater model*

The three-dimensional movement of ground water of constant density through porous earth material may be described by the partial-differential equation in the MODFLOW model.

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}\right]+W=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

where

$K_{xx}$, $K_{yy}$ and $K_{zz}$ are the values of hydraulic conductivity along the x, y, and z coordinate axes (space function).

h is the potentiometric head (hydraulic head).

W is a volumetric flux per unit volume representing sources and/or sinks of water, where negative values are water extractions, and positive values are injections. It may be a function of space and time (i.e. W = W(x, y, z, t)).

$S_s$ is the specific storage of the porous material (space function).

t is time.

*Recharge equation*

From the water budget analysis in the soil layer, The recharge can be approximated simpler by using the following equation

$$R/P=a_i*(P-ET)/P+b_i \quad (2)$$

where

R is recharge,

P is precipitation,

ET is evapotranspiration,

$a_i$ and $b_i$ are constant and can be found by using goodness fit test for each soil group. (Suthidhummajit, C., Koontanakulvong, S. 2015)

*Groundwater use*

The total number of shallow wells in the study area in 2003 has been 78,114 with a ratio of agricultural to domestic consumption wells of 1:3 (Koontanakulvong S., et. al. 2006) and an average daily domestic consumption of 0.71$m^3$/well, amounting to a total domestic-consumption from wells of 15 million $m^3$/year in 2003. The major groundwater use in this area is for agriculture. Agricultural wells' records often do not exist and the pumping behavior is unknown, for this reason, the investigation results of the actual water use pattern, farmers' behavior and constraints, has been used to estimate the groundwater use for agriculture. The major pumping statistics retrieved from the survey which can conclude that the average pumping capacity per well is 41 $m^3$/hour, whereas the average pumping rate per well is 79 $m^3$/day inside the irrigation project,

and 76 $m^3$/day outside (Bejranonda, W., Koontanakulvong, S., Koch, M., Suthidhummajit, C., 2007). The historical yearly record of the wells in each province during 1993-2003 has been converted to a growth rate of the wells for the future. As mentioned, besides the seasonally agricultural water use, the latter depends on the surface water supply available during the time which is related to the actual storage of two main upstream reservoirs (Koontanakulvong S., et. al. 2006), the Bhumibol and Sirikit reservoirs.

## Results and discussion

### Groundwater model calibration

Groundwater flow model (MODFLOW) was used to simulate groundwater flow conditions in the area during the period 1993-2003. Input data included river water level, observation groundwater level, and well abstraction used from the former project (Koontanakulvong S., et. al., 2006). The layer aquifer conceptual model and model grid design as show in Fig. 2. In this study, the model was calibrated compared with observation data using recharge equation derived. Model calibration and verification/prediction was performed in steady state as well as in transient state. Following the seasonal crop pattern, the seasonal stress period was used in the calibration of two years of recorded historical groundwater levels. Calibration in transient state has been carried out, using the 1993-2003 historical water levels, whereby groups of specific storage have been calibrated. Results of calibration model (Fig.3) show that simulation values were closer with observation data the root mean square calibration error is 3.70 m in steady-state mode and 3.9 m in transient model.

### Flow Budget

Fig. 4 is the groundwater flow budget in dry season, it show that in the 1st layer, the average land recharge was 0.003 MCM/day, which lower than the discharge to the river, the average river recharge was -2.543 MCM/day. The average groundwater pump age was 2.584 MCM/day. For the 2nd layer, the average land recharge was 0.032 MCM/day, which lower than the discharge to the river, the average river recharge was -0.12 MCM/day. The average groundwater pump age was 0.125 MCM/day. The flow in boundary and flow out boundary were 0.16 MCM/day, 0.003 MCM/day and -0.241 MCM/day, 0.156 MCM/day in 1st layer and 2nd layer, respectively, and the interaction between 2 layer, there was 0.102 MCM/day flow from 2nd layer to 1st layer.

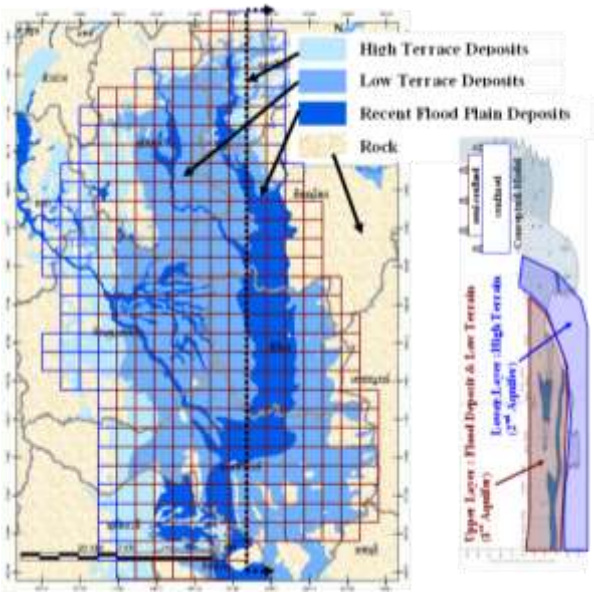
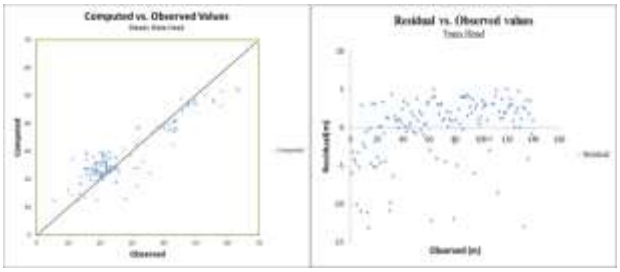



**Fig.2** Layer aquifer's conceptual model and grid design



a)steady state b)transient state

**Fig.3** Computed vs. Observed values in steady state and transient state

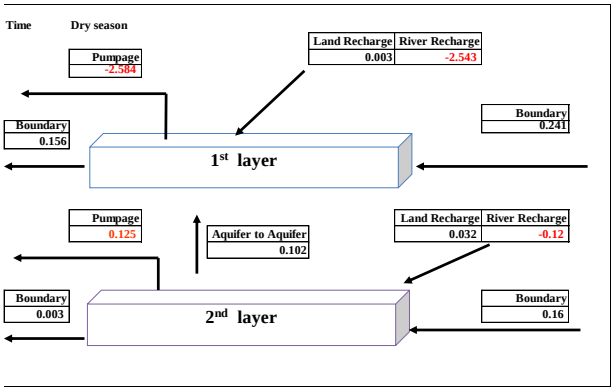



**Fig.4** The flow budget in the groundwater system in dry season

From the model results of the 1st layer, which is the important layer that the farmers pumped water for their paddy field, the seasonal and annual groundwater system situations are shown as Table 1 and Fig.5. The average land recharge was 0.901, 0.011 and 0.456 MCM/day in wet season, dry season and annual respectively. But the river recharge was different from land recharge. It recharged to aquifer in wet season (0.778 MCM/day) but it received water from aquifer in dry season (-1.594 MCM/day). The average recharged

rate were 0.778, -1.594 and -0.408 MCM/day in wet season, dry season and annually respectively. The average groundwater pumpage was very high, nearly 2.0 MCM/day in dry season. For these reasons, the average groundwater storage change decreased to 1.064 MCM/day annually. This was the reason that the average groundwater level in this area decreased.

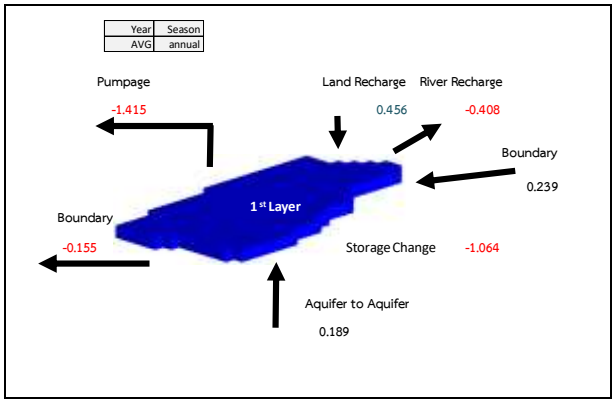



**Fig. 5** The annual flow budget of groundwater system (the 1st layer) in the Present period

**Table 1** The seasonal flow budget of groundwater system in the Present period (the 1st layer)

| Time Period | Present Period(MCM/day) | | |
|---|---|---|---|
| Season | wet | dry | annual |
| River recharge | 0.778 | -1.594 | -0.408 |
| GW_Storage change | 1.143 | -3.271 | -1.064 |
| Land recharge | 0.901 | 0.011 | 0.456 |
| GW_Pumpage | -0.838 | -1.991 | -1.415 |
| Flow in (Boundary) | 0.240 | 0.239 | 0.239 |
| Flow out (Boundary) | -0.153 | -0.156 | -0.155 |
| From the 2nd layer | 0.177 | 0.201 | 0.189 |

### Impact of climate change on flow budget of groundwater system and conjunctive use pattern

Fig. 6 shows that recharge tend to decrease in the periods of both near future and far future and will be lower than in the past because of the increase of the evapotranspiration (due to higher temperature). The ratio of average recharge rate in near future and far future compare with present is 0.42, and 0.50, respectively. The heads of groundwater in the selected stations in the study area are shown in Fig. 7. It can be seen that climate change will induce lower water table in the north due to higher temperature, the water table will decrease approximately 0.23, 0.16 m/year in near future and far future periods, respectively.

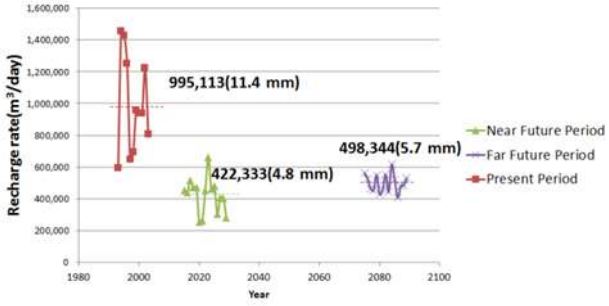



**Fig.6** The average groundwater recharge rate from projected future climate data

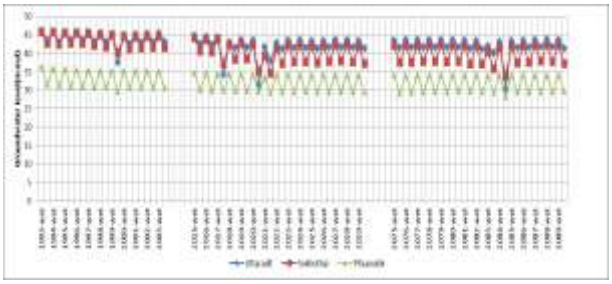


**Fig.7** The groundwater levels at selected locations

From Fig. 8, the hot spot of lower water level will occur in some part of Uttraradit, Sukholthai, Phisanulok, Kampaengphet, Pichit and Nakhonsawan Provinces, especially in upper part of Plaichumpol Irrigation Project, the decrease of water level is up to 10 m

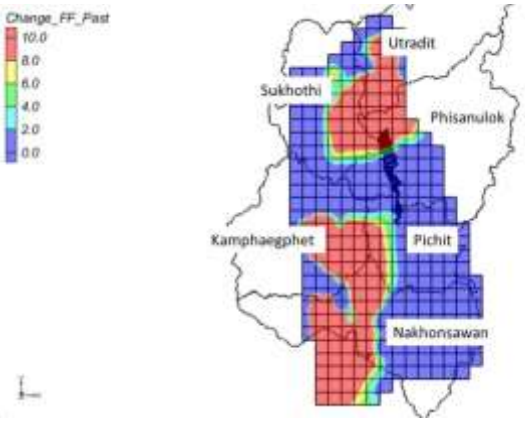



**Fig 8** The change of water level (in meter) in the aquifer by the end of far future period

The seasonal flow budget of groundwater system in the near future and far future (shown in Table 2 and Fig.9) will be impacted from the climate change and the average groundwater pumpage will be 1.855 MCM/day in near future and it will be 1.767 MCM/day in far future, it will slightly decrease in the near future. The annual river recharge will be 0.464 MCM/day and -0.086 MCM/day in near future and far future, respectively. From these results, the groundwater storage change will be -1.128MCM/day and -0.648 MCM/day in near future and far future period, respectively. When focused in dry season, the river recharge will be -2.923 MCM/day and -2.364 MCM/day

which means that the groundwater will recharge to the river in dry season which will gain to surface water in dry season.

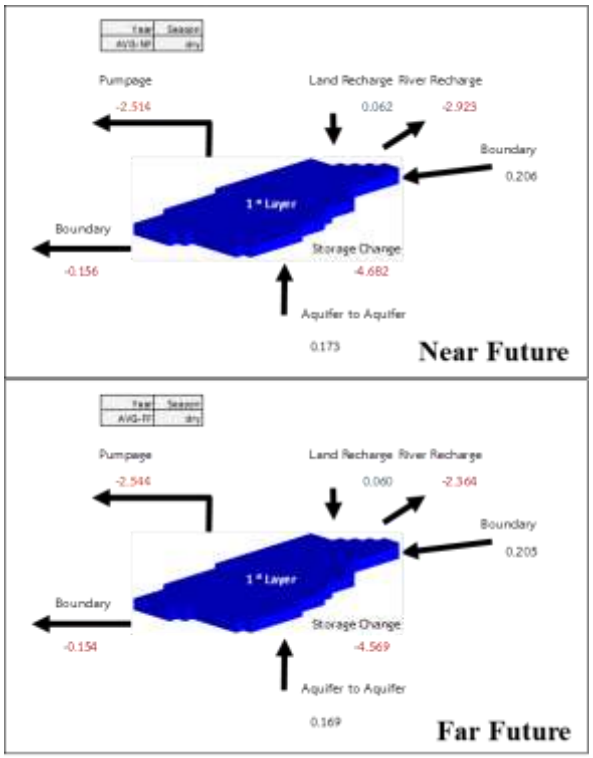



**Fig.9** The flow budget of groundwater system (dry season) in near future and far future period

**Table 2** The seasonal flow budget of groundwater system in the near future and far future periods

| Time Period | Near Future | | | Far Future | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Season | wet | dry | annual | wet | dry | annual |
| River recharge | 2.750 | -2.923 | -0.086 | 3.293 | -2.364 | 0.464 |
| GW_Storage change | 2.427 | -4.682 | -1.128 | 3.274 | -4.569 | -0.648 |
| Land recharge | 0.538 | 0.062 | 0.300 | 0.635 | 0.060 | 0.348 |
| GW_Pumpage | -1.197 | -2.514 | -1.855 | -0.990 | -2.544 | -1.767 |
| Flow in (Boundary) | 0.197 | 0.206 | 0.201 | 0.197 | 0.205 | 0.201 |
| Flow out (Boundary) | -0.153 | -0.156 | -0.154 | -0.154 | -0.154 | -0.154 |
| FromAquifer 2 | 0.159 | 0.173 | 0.166 | 0.154 | 0.169 | 0.162 |

The conjunctive use pattern of the present period is showed in Table 3 and Fig.10. The table described the water demand, groundwater ratio, surface water ratio, other ratio and water situation from 1993-2003. In average, the ratio of groundwater use and surface water use were 0.12 and 0.63 respectively. In drought year, the ratio of groundwater use was highest (0.13-0.17) and the lowest was in wet year (0.06-0.09)

**Table 3** The water demand, the conjunctive use pattern and water situation in 1993-2003

| year | Water Demand (MCM) | GW-ratio | SW-ratio | Other | water situation |
|---|---|---|---|---|---|
| **1993** | 3,885 | 0.12 | 0.63 | 0.25 | Dry |
| **1994** | 4,617 | 0.13 | 0.53 | 0.34 | Drought |
| **1995** | 3,775 | 0.09 | 0.68 | 0.23 | Wet |
| **1996** | 4,757 | 0.08 | 0.74 | 0.18 | Wet |
| **1997** | 4,873 | 0.12 | 0.66 | 0.22 | Normal |
| **1998** | 4,701 | 0.13 | 0.52 | 0.35 | Normal |
| **1999** | 4,535 | 0.17 | 0.64 | 0.19 | Drought |
| **2000** | 4,588 | 0.14 | 0.67 | 0.19 | Normal |
| **2001** | 4,804 | 0.08 | 0.64 | 0.28 | Wet |
| **2002** | 5,445 | 0.07 | 0.63 | 0.30 | Wet |
| **2003** | 6,159 | 0.06 | 0.63 | 0.31 | Wet |
| **Average** | 4,740 | 0.12 | 0.63 | 0.25 | |

The conjunctive use patterns in the future are demonstrated in Fig.10 and Table 4. The ratio of groundwater use tends to increase in the future. The groundwater ratio will increase to 0.20 and 0.27 in near future and far future period respectively. These are attributed to the increase in water demand in the near future and far future. It means that the groundwater will have more role to mitigate the drought and as an adaptation option to climate change.

**Table 4** The average water demand, the conjunctive use pattern in present, near future and far future periods

| Time Period | Water Demand (MCM) | GW-ratio | SW-ratio | Other-ratio |
|---|---|---|---|---|
| **Present** | 4,740 | 0.12 | 0.62 | 0.26 |
| **Near Future** | 5,111 | 0.20 | 0.65 | 0.15 |
| **Far Future** | 5,353 | 0.27 | 0.57 | 0.16 |

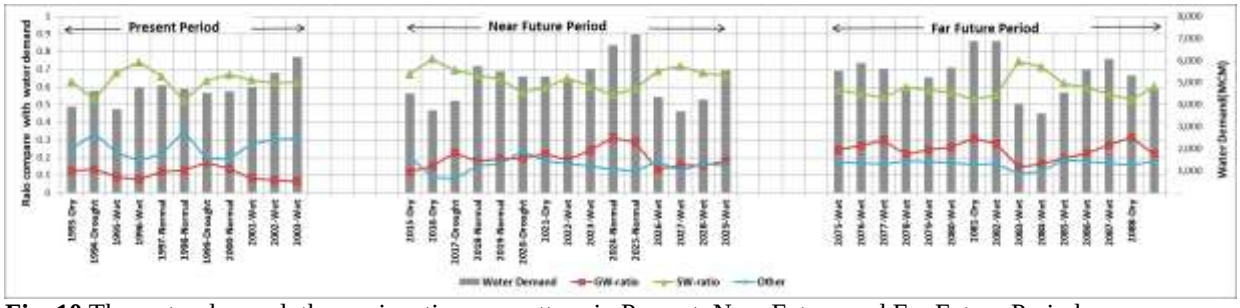



**Fig. 10** The water demand, the conjunctive use pattern in Present, Near Future and Far Future Periods

## Conclusions

For the flow budget of the groundwater system situation in present period, the average land recharge were 0.901, 0.011 and 0.456 MCM/day in wet season, dry season and annual respectively. But the river recharge were different from land recharge. It recharged to aquifer in wet season(0.778 MCM/day) but it received water from aquifer in dry season(-1.594 MCM/day). The 0.778, -1.594 and -0.408 MCM/day in wet season, dry season and annual, respectively. The average groundwater pump age was very high, nearly 2MCM/day in dry season. For these reasons, the average groundwater storage change will decrease to 1.064 MCM/day in annual. This was a reason that the average groundwater level in this area decreased.

The flow budget of groundwater system in the near future and far future, which was impacted from the climate change condition, show that the average groundwater pumpage will be 1.855 MCM/day in near future and it will be 1.767 MCM/day in far future. It will slightly decrease from near future. The annual river recharge will be 0.464 MCM/day and -0.086 MCM/day in near future and far future. For these results, the groundwater storage change will be -1.128 MCM/day and -0.648 MCM/day in near future and far future period respectively. When focused in dry season, the river recharge will be -2.923MCM/day and -2.364MCM/day which means that the groundwater will recharge to the river in dry season and this will gain to the surface water in dry season.

In the study, the conjunctive use pattern of surface water and groundwater at present was described in term of the ratio compared with the water demand. The ratio of groundwater use was highest in drought year(0.13-0.17) and the lowest was in wet year (0.06-0.09). The conjunctive use pattern in the future shows the increase in the ratio of groundwater use. Thus water use in the future will depend more on groundwater and may need more demand side management measures.

## Acknowledgement

The article could not be concluded without data from various government agencies, e.g., Meteorological Research Institute (MRI, Japan), Thai Royal Irrigation Department (RID) and Thai Meteorological Department (TMD). This research has been partially support by Office of Thailand Research Fund (TRF). The research was also done under the Water Resources System Research Unit (CU_WRSRU) of Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

## References

Bejranonda W., Koontanakulvong S., Koch M., Suthidhummajit, C. (2007) Groundwater modeling for conjunctive use patterns investigation in the upper Central Plain of Thailand, International Association of Hydrogeologists selected papers, Aquifer Systems Management: Darcy's Legacy in a World of Impending Water Shortage, Taylor & Francis Group, London, UK

Bejranonda W., Koontanakulvong S., Suthidhummajit C. (2008) Study of the Interaction between Streamflow and Groundwater toward the Conjunctive use Management: a Case Study in an Irrigation Project. 1st NPRU Academic Conference, Oct. Annals, pp. 59-67.

Bejranonda W., Koch M., Koontanakulvong S. (2011) Surface water and groundwater dynamic interaction models as guiding tools for optimal conjunctive water use policies in the central plain of Thailand. Environ Earth Sci, 8pp.

Chulalongkorn, Groundwater Use and Potential Study in the Lower Central Plain (2005) submitted to the Thailand Research Fund.

Phaichumphol Irrigation Project, Phitsanulok (2009) (http://irrigation.rid.go.th/rid3/chumpol/staff.html).

Chulalongkorn (2010) The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Case Study: Plaichumphol Irrigation Project, Thailand), presented at JIID Seminar on Impact of Climate Change on Irrigation Systems, Bangkok, Jan 26.

Koontanakulvong S., et. al. (2006) The study of Conjunctive use of Groundwater and Surface Water in Northern Chao Phraya Basin, Final Report. Department of Groundwater Resources. Chulalongkorn University

Koontanakulvong S., Chaowiwat W. (2011) GCM Data Comparison and its application to water disaster adaptation measures in Thailand. Technical Report, Chulalongkorn University, March.

Koontanakulvong S., Chaowiwat W., Mizayato T. (2013) Climate change's impact on irrigation system and farmers' response: a case study of the Plaichumpol Irrigation Project, Phitsanulok Province, Thailand. Paddy and Water Environ. doi: 10.1007/s10333-013-0389-8

Koontanakulvong, S., & Suthidhummajit, C. (2015). The Role of Groundwater to mitigate the drought and as an Adaptation to Climate Change in the Phitsanulok Irrigation Project, in the Nan Basin, Thailand, In Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), Vol76:1No.15, 89–95

Suthidhummajit, C., Koontanakulvong, S.(2015). Climate Change impact on groundwater recharge in Upper Central Plain and Plaichumpol Irrigation Project, Thailand, THA 2015 International Conference, 28-30 January 2015, Bangkok, Thailand

Internet Journal of Society for Social Management Systems
ISSN:
**ORIGINAL ARTICLE**



# The impact of climate change on groundwater resources system under conjunctive use in the Upper Central Plain, Thailand

**Chokchai Suthidhummajit[1*], Sucharit Koontanakulvong[2]**

[1] Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. Bangkok, Thailand

[2] Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. Bangkok, Thailand

[*]E-mail: chokchai.s@gmail.com

***Abstract*:** The Upper Central Plain Basin of Thailand has high potential for social and economic development. However, in the drought year, water storage in the dams is inadequate to allocate for agriculture and caused water deficit in many irrigation projects. Farmers need to find extra source of water by pumping the groundwater. Besides, this area will probably be affected from climate change phenomena, which may cause significant decrease of the water storage in the dam and will cause further shortage in the future. The objective of this study is to characterize of groundwater system under conjunctive use and to analyze the impact of climate change by using the MODFLOW model to simulate the groundwater flow over 10 years. The study used the bias-corrected MRI-GCM data and groundwater model to project the future climate condition and to assess the impact on groundwater system, i.e., groundwater level, storage change. The study investigated the climate change impact towards the groundwater system and sw-gw conjunctive use ratio compared with the past in the drought years.

***Keywords***: climate change, impact, groundwater system, conjunctive use, the upper central plain

## 1. Introduction

The Upper Central Plain Basin of Thailand has high potential for social and economic development. It is also high-volume source of agricultural products, especially rice. However, in the drought year, water storage in the dams is inadequate to allocate for agriculture, and caused water deficit in many irrigation projects. Farmers need to find extra source of water by pumping the groundwater. This area will probably be affected from climate change phenomena, which will cause significant decrease of the water storage in the dam and may cause further shortage in the future.

The objectives of this study are to characterize the groundwater system pattern under conjunctive use and to analyze the impact of climate change.

Received: / Accepted:
Internet Journal of Society for Social Management Systems Published Date:

## 2. Study area

Upper Central Plain is in the Northern part of Chao Phraya Plain covering the areas of Uttaradit, Sukhothai, Pitsanulok, Kampangphet, Pichit, and Nakornsawan Provinces. Total area is 47,986 square kilometers or 29,991,699 rais. Average height is approximately 40-60 meters above mean sea level. The areas consist of sediments which were changed from erosion and decay of rock, then accumulate and generate as plain, terrace, and swamp. Fig. 1 shows topography and boundary of the study area.

The climate of the Upper Central Plain is under the influences of monsoon winds i.e. southwest and northeast monsoon. From the meteorological point of view the climate of Upper Central Plain can be divided into three seasons that are summer (mid-February to mid-May), rainy season (mid-May to October), and winter (November begin to mid-February). The study area is composed of 5 basins that are Lower Ping basin, Lower Yom basin, Lower Nan basin, Upper Sa-Grae-Grang basin, and Upper Chao Phraya basin, as shown in Figure. 1.




Figure. 1 Upper Central Plain Basin

## 3. Methodology

To characterize of groundwater system under conjunctive use and to analyze the impact of climate change, there are two steps in this study, i.e., first step is to modify the groundwater model (Koontanakulvong S., et. al, 2006) by including the effect of the future climate in term of groundwater recharge rate from climate data and seven groups of soil data series, and to investigate the groundwater system pattern in the present period (1993-2003), second step is to simulate the climate change impact towards groundwater system by using the recharge relationship derived from the part 1 and the projected bias corrected the MRI GCMs climate data (Koontanakulvong S., et al., 2011) in two future time frames, i.e., near future (2015-2029) and far future (2075-2089) periods. The revised groundwater model (MODFLOW) was applied to assess the impact of climate change on the groundwater system (groundwater recharge and ground water level) in the study area and to find the impact on groundwater system and sw-gw conjunctive use ratio in average of three periods and in the drought years (1999, 2020 and 2082).

### 3.1 Groundwater model

Groundwater model using in this study is MODFLOW (the USGS's three-dimensional (3D) finite-difference groundwater model). MODFLOW is considered an international standard for simulating and predicting groundwater conditions and groundwater/surface-water interactions. The three-dimensional movement of ground water of constant density through porous earth material may be described by the partial-differential equation.

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}\right]+W=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

where

$K_{xx}$, $K_{yy}$ and $K_{zz}$ are the values of hydraulic conductivity along the x, y, and z coordinate

axes (space function).

h is the potentiometric head (hydraulic head).

W is a volumetric flux per unit volume representing sources and/or sinks of water, where negative values are water extractions, and positive values are injections. It may be a function of space and time (i.e. W = W(x, y, z, t)).

$S_s$ is the specific storage of the porous material (space function).

t is time.

### 3.2 Recharge equation

From the water budget analysis in the soil layer, the simple water budget is

$$P = ET+\Delta S+R_{off}+D \quad (2)$$

where

P is precipitation:

ET is evapotranspiration:

$\Delta S$ is change in water storage in soil column:

$R_{off}$ is direct surface runoff: and

D is drainage out of the bottom soil which is equivalent to recharge (R)

From the above relation, The recharge can be approximated simpler by using following equation (Krüger, Ulbrich and Speth, 2001):

$$R = P-ET-Q_0 \quad (3)$$

Equation (4) can be written again as follow:

$$R/P=a_i*(P-ET)/P+b_i \quad (4)$$

where

$a_i$ and $b_i$ are constant and can be found by using goodness fit test for each soil group.

$Q_o = R_{off}$ = runoff outflow (assumed zero in monthly scale).

P is precipitation, and ET is evapotranspiration and can be calculated by equation of temperature (T) (Singh, 1992):

$$ET = c*T+d \quad (5)$$

where $c$ and $d$ are constants and can be found by using goodness fit test for each month (Suthidhummajit, C., Koontanakulvong, S. 2015).

*Recharge function*

The rates of groundwater recharge in each soil group zone from the step above were calculated by the developed relationship (Suthidhummajit C. and Koontanakulvong S., 2015) between recharge and amount of monthly precipitation minus monthly evapotranspiration per precipitation (Equation 4),

### 3.3 Groundwater use

The total number of shallow wells in the study area in 2003 has been 78,114 with a ratio of agricultural to domestic consumption-well of 1:3 (Koontanakulvong S., et. al, 2006) and an average daily domestic consumption of 0.71 $m^3$/well, amounting to a total domestic-consumption from wells of 15 million $m^3$/year in 2003. The major groundwater use in this area is for agriculture. Since the crop pattern is seasonally planned, the agricultural stress-period used in the model is also based on the climatic conditions. Agricultural well records often do not exist and the pumping behavior is unknown, for this reason, the investigation results about the actual water use pattern, farmer's behaviors and constraints, i.e. harvest terms, groundwater pumping hours, pumping rates, maximum water drawdown, etc., in the Plychumpol irrigation project area in Phitsanulok Province has been used to estimate the groundwater use for agriculture. The major pumping statistics retrieved from the survey which concluded that the average pumping capacity per well is 41 $m^3$/hour, whereas the average pumping rate per well is 79 $m^3$/day inside the irrigation project, and 76 $m^3$/day outside (Bejranonda, W., Koontanakulvong, S., Koch, M., Suthidhummajit, C., 2007). The historical yearly record of the wells in each province during

1993-2003 was converted to a growth rate of the well concentration for the future. As mentioned, besides the seasonally agricultural water use, the latter depends also on the surface water supply available during the time which is linked to the actual storage of two main upstream reservoirs (Koontanakulvong S., et. al, 2006), i.e., the Bhumibol and Sirikit reservoirs which provide surface-water and irrigation water to this area. The water demand, the conjunctive use ratio (described by the ratio of groundwater use and surface water use) compared with the water demand and water situation from 1993-2003 as shown in Table 1. In average, the conjunctive use ratio was 9% to 25%. In drought year, the conjunctive use ratio was highest (23-25%) and the lowest was in wet year (9-11%).

**Table 1** The water demand and the sw-gw conjunctive use ratio in water year during 1993-2003

| Year | Water demand (MCM) | SW Supply (MCM) | GW Supply (MCM) | CJ-ratio (%) | Water year |
|---|---|---|---|---|---|
| 1993 | 3,108 | 2,445 | 421 | 17 | Dry |
| 1994 | 3,217 | 2,443 | 551 | 23 | Drought |
| 1995 | 3,020 | 2,575 | 287 | 11 | Wet |
| 1996 | 4,043 | 3,517 | 302 | 9 | Wet |
| 1997 | 3,898 | 3,222 | 524 | 16 | Normal |
| 1998 | 3,290 | 2,457 | 540 | 22 | Normal |
| 1999 | 3,628 | 2,882 | 715 | 25 | Drought |
| 2000 | 3,670 | 3,072 | 560 | 18 | Normal |
| 2001 | 3,843 | 3,074 | 333 | 11 | Wet |
| 2002 | 3,811 | 3,404 | 336 | 10 | Wet |
| 2003 | 4,311 | 3,858 | 336 | 9 | Wet |

## 4 Results and discussion

### 4.1 Groundwater model calibration

Groundwater flow model (MODFLOW) was used to simulate groundwater flow conditions in the area during the period 1993-2003. Input data included river water level, observation groundwater level, and well abstraction used from the former project (Koontanakulvong S., et. al., 2006). The layer aquifer conceptual model and model grid design were shown in Figure 2. In this study, the model was calibrated compared with observation data using recharge equation derived (Koontanakulvong S. and Suthidhummajit C., 2015). Model calibration and verification were performed in steady state as well as in transient state. Following the seasonal crop pattern, the seasonal stress period was used in the calibration of two years of recorded historical groundwater levels. Calibration in transient state has been carried out, using the 1993-2003 historical water levels, whereby groups of specific storage have been calibrated. Results of calibrated model (in Figure.3) show that simulated values were closed with observed data and the root mean square calibration error is 3.70 m in steady-state mode and 3.9 m in transient model.

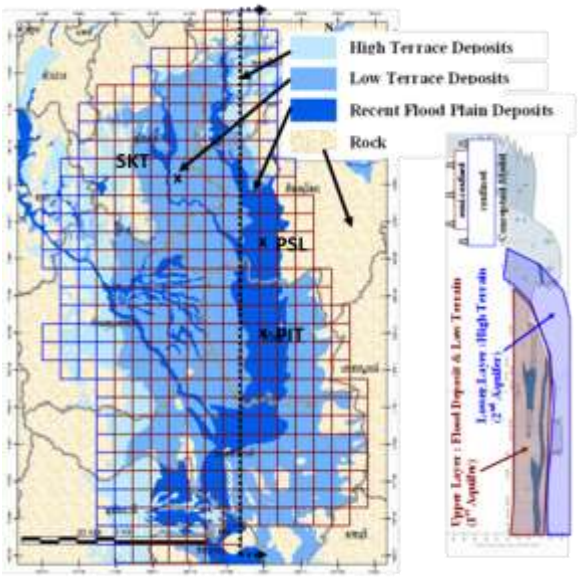
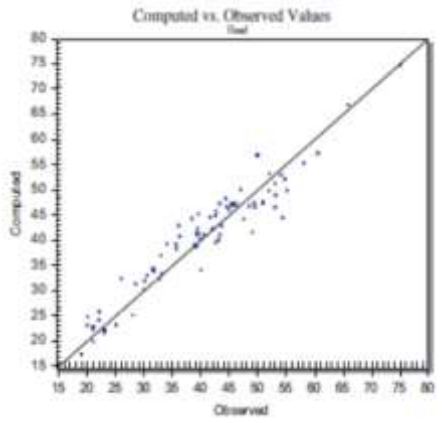
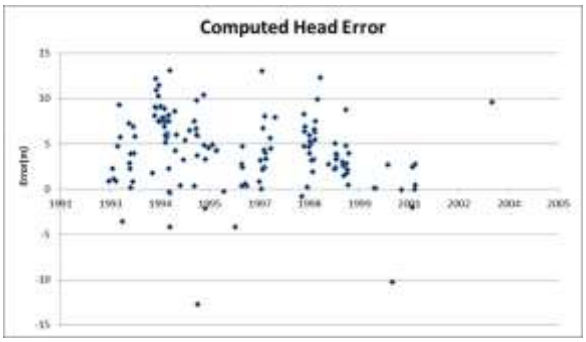



Figure.2 Layer aquifer's conceptual model and model grid design




a) steady state




b) transient state

Figure.3 Computed vs. observed values in steady state and transient state

### 4.2 Groundwater system

From the result of groundwater flow budget in dry season when farmers used groundwater, the main out flow are pumping and river discharge (see Figure 4). Storage change in 1st layer is minus and needs supply from 2nd layer. In the 1st layer, the average land recharge was small (25 MCM) and was lower than the discharge to the river (-102 MCM). The average groundwater pumpage was 325 MCM which is high and needs to receive water from 2nd layer. For the 2nd layer, the average land recharge was nearly 0 MCM. The average groundwater pumpage was 38 MCM. The flow in boundary and flow out boundary were 37 MCM, 27 MCM and 30 MCM, 1 MCM in 1st layer and 2nd layer, respectively, and the interaction flow between 2 layers was 64 MCM from 2nd layer to 1st layer.

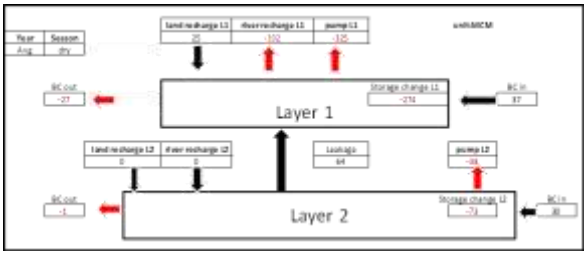



Figure.4 The flow budget of the groundwater system in dry season in 1993

The 1st aquifer is the main aquifer where farmers pumped water for their paddy field. From the model, the flow of groundwater system of 1st layer in seasonal and annual basis are shown in Table 2. It can be seen that the main input is from land recharge while the main outputs are pumping and river recharge. The average land recharge was 1.1, 0.137 and 1.237 MCM/season/day in wet season, dry season and annual respectively. The river recharge worked differently from land recharge. It recharged to aquifer in wet season (0.35 MCM/season/day) but it received water from aquifer in dry season (-0.56 MCM/season/day). The amounts of 0.35, -0.56 and -0.21 MCM/season/day were in wet season, dry season and annual respectively. The average groundwater pumpage was high, nearly 1.8 MCM/season/day in dry season, hence, the average groundwater storage change decreased to 1.5 MCM/season/day in dry season and this was the reason that the average groundwater level in dry season in this area decreased too.

Figure 5 shows the flow of groundwater system and groundwater level in dry season at represented locations in present period and each water year. It can conclude that in dry season and drought year, the groundwater storage decreased from normal year 126 and 366 MCM, respectively. The representative gw-level points in this study are in Sukholthai (SKT), Pisanulok (PSL) and Pichit (PIT), which selected from the high change in gw-level as shown in Figure 1. The gw-level in dry season of SKT, PSL and PIT in drought year was 43.7, 40.8 and 28.8 m MSL, respectively.

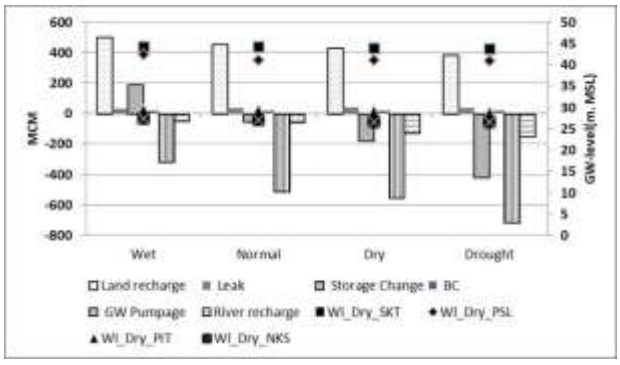



Figure 5 The annual flow of groundwater system (aquifer 1) and gw-level at represented points in the present period and each water year

Table 2 The seasonal flow budget of groundwater system in the 1999 (drought year in present period)

| Time Period | 1999(Drought year):MCM | | |
|---|---|---|---|
| season | wet | dry | annual |
| River recharge | 20 | -170 | -150 |
| GW_Storage change | 235.05 | -654.82 | -420 |
| Land recharge | 343 | 45 | 388 |
| GW_Pumpage | -154 | -561 | -715 |
| Flow in BC | 37 | 37 | 73 |
| Flow out BC | -27 | -27 | -55 |
| From Layer 2 | 17 | 22 | 39 |

Remark: "-" represents a decreasing value

**4.3 Impact of climate change on groundwater system and sw-gw conjunctive use**

The impact from climate change was shown in Figure 6 where the land recharge will decrease in the periods of both the near future and far future periods compared with the past due to the increase of evapotranspiration (temperature). The ratio of average recharge rate in near future and far future periods compared with the present is 0.42, and 0.50 respectively.

The seasonal flow budget change of groundwater system in the near future and far future (in Table 3), impacted from the climate change condition, shows that the average groundwater pumpage will increase to 503 MCM in near future and it will reduce to 500 MCM in far future which will slightly decrease from the near future. The annual river recharge will reduce to -21 MCM and -4 MCM in the near future and far future. For all of these results, the groundwater storage change will be -217 MCM and -215 MCM in near future and far future periods respectively. When focused in dry season, the river recharge will reduce to -58 MCM and -44 MCM which means that the groundwater recharged to the river will reduce in dry season and this will effect on the surface water storage in dry season.

Figure 7 shows the flow of groundwater system and groundwater level in dry season at SKT and PSL in drought year in present, near future and far future periods. In this area, the critical of gw-level is not lower than 15 m from ground surface. It can conclude that the groundwater storage in 2020 and 2082 will decrease from 1999 at 209 and 319 MCM, respectively. The gw-level in dry season at SKT and PSL point in 2020 dry season will be lower than in 1999 at 5.8 and 1.49 m, respectively. The gw-level in dry season at SKT, PSL and PIT point in 2082 dry will lower than in 1999 at 9.3, 2.53 and 2.95 m, respectively. The gw-level in dry season of 2020 and 2082 will be lower than in 1999 as a result of higher pumping. When considered among the representative points, SKT is the lowest gw-level as a result of the hydro-geological setting. SKT is in the high terrace deposit area which has lower potential yield than PSL and PIT, and they are in the flood deposit area as shown in Figure 2. In near future, the gw-level in drought year of SKT is critical because it will be lower than 15 m. below ground surface so pumping should be stopped in this area in the future.

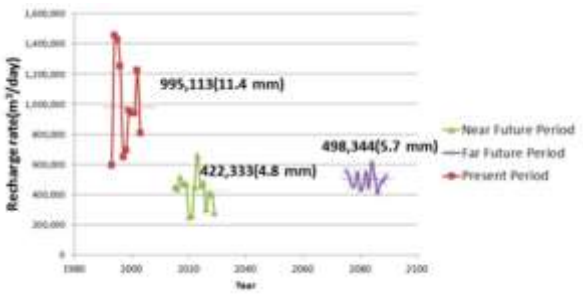



Figure 6 The average groundwater recharge rate from projected future climate data

Table 3 The seasonal and annual flow budget change of groundwater system in 2020 (drought year in the near future)

| Time Period | 2020(drought year):MCM | | |
|---|---|---|---|
| season | wet | dry | annual |
| River recharge | 11 | -106 | -94 |
| GW_storage change | 90 | -719 | -629 |
| Land recharge | 175 | 66 | 241 |
| GW_pumpage | -247 | -578 | -825 |
| Flow in BC | 37 | 37 | 73 |
| Flow out BC | -27 | -27 | -55 |
| From Layer 2 | 21 | 11 | 31 |

Remark: "-" represents a decreasing value

Table 4 The seasonal and annual flow budget change of groundwater system in 2082 (drought year in the far future )

| Time Period | 2082(drought year):MCM | | |
|---|---|---|---|
| season | wet | dry | annual |
| River recharge | 15 | -119 | -104 |
| GW_storage change | 68 | -808 | -739 |
| Land recharge | 209 | 51 | 261 |
| GW_pumpage | -176 | -765 | -941 |
| Flow in BC | 37 | 37 | 73 |
| Flow out BC | -27 | -27 | -55 |
| From Layer 2 | 11 | 15 | 26 |

Remark: "-" represents a decreasing value

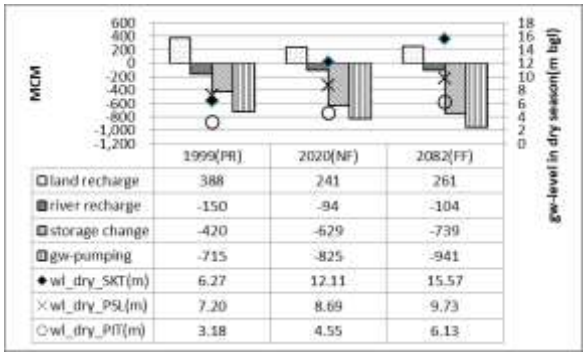



Figure 7 The annual flow of groundwater system (aquifer 1) and gw-level in dry season of SKT and PSL in the 1999, 2020 and 2082

The conjunctive use ratios in the future are demonstrated in Figure 8, and the mean conjunctive use ratio in annual basis will increase in near future and far future to 18.5% and 16.3% respectively, which means that there will have more groundwater use due to more water shortage situations in the near future and far future. Table 5 shows the water demand, surface water supply, groundwater pumping, water deficit and CJ ratio at the represented drought year in present (1999), near future (2020) and far future (2082). The water demand in 2020 and 2082 are higher than in 1999 at 1,112 and 2,572 MCM, respectively. The surface water supply in 2020 is lower than in 1999 at 107 MCM, and in 2082 is higher than in 1999 at 1,037 MCM. The groundwater pumping in 2020 and 2082 are higher than in 1999 at 110 and 226 MCM, respectively. Although, the pumping in 2020 and 2082 are higher than 1999, but the water demand in 2020 and 2082 are much higher than in 1999 that why the water deficit in 2020 and 2082 will be higher than in 1999.

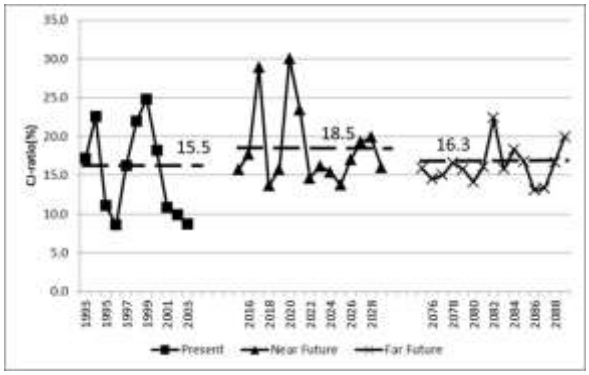



Figure 8 The conjunctive use ratios in the present, near future and far future periods

Table 5 The water demand, sw-supply, gw-supply, water deficit and CJ ratio in 1999, 2020 and 2082

| | Drought year (MCM) | | |
|---|---|---|---|
| | 1999(PR) | 2020(NF) | 2082(FF) |
| water demand | 3,628 | 4,740 | 6,199 |
| sw-supply | 2,882 | 2,775 | 3,919 |
| gw-supply | 715 | 825 | 941 |
| deficit | 31 | 1,140 | 1,340 |
| CJ-ratio | 0.25 | 0.30 | 0.24 |

## 5. Conclusions and recommendations

For the groundwater system in present period, the main input is from land recharge and the main outputs are river recharge and pumping. The average land recharges were 1.1, 0.137 and 1.237 MCM/season/day in wet season, dry season and annual basis respectively. The river recharge works differently from land recharge, i.e., it recharged to aquifer in wet season(0.35 MCM/season/day) but it received water from aquifer in dry season(-0.56 MCM/season/day). The amounts of 0.35, -0.56 and -0.21 MCM/season/day were in wet season, dry season and annual basis respectively. The average groundwater pumpage was high nearly 1.8 MCM/season/day in dry season, thus, the average groundwater storage change decreases to 1.5 MCM/season/day in dry season. This was a reason that the average groundwater level in dry season in this area decreased. Groundwater is used in the dry year more than in the wet year. The sw-gw conjunctive use ratio was highest (23-25%) in drought year and the lowest was in wet year (9-11%).

The impact from climate change can be seen from the flow budget change of groundwater system in the near future and far future. The land recharge will be less due to higher temperature and more groundwater pumping needed due to higher irrigation demand which will induce more use of groundwater and lower the groundwater level. The average groundwater pumpage will be 503 MCM in near future and it will be 500 MCM in far future (or slightly decrease from the near future). The river annual recharge in annual basis will decrease to -21MCM and -4 MCM in near future and far future. The groundwater storage change will decrease to -217 MCM and -215 MCM in near future and far future period, respectively. When focused in dry season, the river recharge will be -58 MCM and -44 MCM which means that less groundwater will be recharged to the river in dry season and this will have minus effect to surface water storage in dry season. When focused in drought year, the groundwater storage change and the gw-level of dry season in represented point in 2020 and 2082 will more decrease than in 1999. The conjunctive use ratio in the future will increase in both near future and far future due to the increase in groundwater use. As a result of the higher water demand in 2020 and 2082, there will be more water deficit than in 1999 with higher groundwater pumping.

With the restrictions on this area that it is difficult to construct a new large dam, hence the demand side management should be considered and applied to this area such as increasing water productivity (better water control, cultivation area control, improved production processes) to reduce water deficit to zero. It is recommended that potential groundwater in this area should be studied in more

detailed for future groundwater management.

**Acknowledgement**

The article could not be concluded without data from various government agencies, e.g., Meteorological Research Institute (MRI, Japan), Thai Royal Irrigation Department (RID) and Thai Meteorological Department (TMD). This research has been partially support by Office of Thailand Research Fund (TRF). The research was also done under the Water Resources System Research Unit (CU_WRSRU) of Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

**References**

1) Chulalongkorn (2010) The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Case Study: Plaichumphol Irrigation Project, Thailand), presented at JIID Seminar on Impact of Climate Change on Irrigation Systems, Bangkok, Jan 26.
2) Koontanakulvong S., et. al. (2006) The study of Conjunctive use of Groundwater and Surface Water in Northern Chao Phraya Basin, Final Report. Department of Groundwater Resources. Chulalongkorn University
3) Koontanakulvong S., Chaowiwat W. (2011) GCM Data Comparison and its application to water disaster adaptation measures in Thailand. Technical Report, Chulalongkorn University, March.
4) Krüger, A., Ulbrich, U., & Speth, P. (2001) Groundwater recharge in Northrhine-Westfalia predicted by a statistical model for greenhouse gas scenarios. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, 26(11), 853-861.
5) Singh, V. P. (1992) *Elementary hydrology*: Pearson College Division.
6) Suthidhummajit, C., Koontanakulvong, S.(2015). Climate change impact on groundwater recharge in Upper Central Plain and Plaichumpol Irrigation Project, Thailand, THA 2015 International Conference, 28-30 January 2015, Bangkok, Thailand
7) Bejranonda W., Koontanakulvong S., Koch M., Suthidhummajit, C. (2007) Groundwater modeling for conjunctive use patterns investigation in the upper Central Plain of Thailand, International Association of Hydrogeologists selected papers, Aquifer Systems Management: Darcy's Legacy in a World of Impending Water Shortage, Taylor & Francis Group, London, UK
8) Koontanakulvong, S., & Suthidhummajit, C. (2015). The Role of Groundwater to mitigate the drought and as an Adaptation to Climate Change in the Phitsanulok Irrigation Project, in the Nan Basin, Thailand, In Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), Vol76:1No.15, 89–95
9) Suthidhummajit, C., Koontanakulvong, S. (2017). Flow budget of groundwater system and conjunctive use pattern under climate change in Upper Central Plain, Thailand. THA 2017 International Conference "Water Management and Climate Change Towards Asia's Water-Energy-Food Nexus", 25 - 27 January 2017, Bangkok, Thailand.

# ภาคผนวก ง-1

## สรุปผลการประชุมวิชาการงานวิจัยโครงการเรื่อง -การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์ - การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเชิงกลยุทธ์ภายใต้ความเสี่ยงใหม่ และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงกลยุทธ์ ครั้งที่ 1 วันพุธที่ 20 มกราคม 2558 ห้องประชุม 741 ศาลากลางจังหวัดพิษณุโลก

**1. หลักการและเหตุผล**

การจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์มีเป้าหมายของการศึกษา 3 ปี (พ.ศ. 2556-2558) เพื่อให้ได้แผนการจัดการอุปสงค์และอุปทานน้ำในอนาคตเพื่อเป้าหมายการเจริญเติบโตอย่างยั่งยืนภายใต้การเปลี่ยนแปลงปัจจุบันและเงื่อนไขใหม่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก และสอดคล้องกับเป้าหมายการรักษาป่าต้นน้ำ การแบ่งปันน้ำเพื่อกิจกรรมการใช้ในลุ่มน้ำและเพื่อกิจกรรมนอกลุ่มน้ำ และรองรับการเติบโตทางเศรษฐกิจในอนาคต โดยผลการศึกษาด้านทรัพยากรแหล่งน้ำใน**ปีที่ 1 (พ.ศ. 2556)** มีข้อสรุป 3 ประเด็นคือ 1) ปริมาณการไหลของน้ำท่าและปริมาณน้ำในเขื่อนสิริกิติ์ที่เปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกและผลกระทบต่อสภาพการขาดแคลนน้ำ การเกิดอุทกภัย และการใช้น้ำใต้ดิน 2) บทบาทของน้ำในลุ่มน้ำน่านต่อการใช้น้ำในภาคกลาง และ 3) ประเด็นเชิงกลยุทธ์ของลุ่มน้ำน่านตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง ดังนี้

ลุ่มน้ำน่านตอนบน (จังหวัดน่าน) ได้แก่ การลดลงของปริมาณน้ำท่า เนื่องจากพื้นที่ป่าลดลงในลุ่มน้ำน่านตอนบน ลุ่มน้ำว้า ลุ่มน้ำยาว 2 และลุ่มน้ำน่านส่วนที่ 3, การเกิดน้ำท่วมฉับพลัน, การขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งโดยเฉพาะลุ่มน้ำสมุนและลุ่มน้ำแหง

ลุ่มน้ำน่านตอนกลาง (จังหวัดอุตรดิตถ์) ได้แก่ การเกิดน้ำท่วมและน้ำท่วมฉับพลัน ในลุ่มน้ำปาดและลุ่มน้ำน่านส่วนที่ 4 และสภาพการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งโดยเฉพาะลุ่มน้ำคลองตรอนและลุ่มน้ำปาด

ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง (จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลก) ได้แก่ การปรับการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ให้เหมาะสมกับความต้องการน้ำในพื้นที่โครงการชลประทาน, รูปแบบของการจัดการน้ำในฤดูฝน (ปัญหาน้ำท่วม), พื้นที่แก้มลิง, และระบบการเตือนภัย เป็นต้น

**การศึกษาในปีที่** 2 (**พ.ศ.** 2557) มุ่งตอบโจทย์ประเด็นเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญของลุ่มน้ำน่าน ได้แก่ น้ำท่วมฉับพลัน การลดลงของปริมาณน้ำท่า การขาดแคลนน้ำ ควบคู่กับการวิเคราะห์ความมั่นคงด้านน้ำในลุ่มน้ำน่าน โดยการจำลองทางเลือกการบริหารจัดการน้ำด้วยข้อมูลปริมาณฝนล่วงหน้าระยะสั้นและรายฤดูกาล ข้อมูลความสัมพันธ์ของน้ำท่ากับการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำย่อย การเตรียมแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า แบบจำลองน้ำท่วม แบบจำลองสมดุลน้ำ และแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ และการจำลองเงื่อนไขทั้งสภาพปัจจุบันและสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และทางเลือกหลายรูปแบบ โดยมีข้อเสนอที่เป็นเชิงกลยุทธ์หลักใหญ่ของโครงการนี้ได้แก่ การเพิ่มพื้นที่ป่าบริเวณลุ่มน้ำน่านส่วนบน และการปรับเกณฑ์การบริหารอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์สภาพการขาดแคลนน้ำรวมทั้งลุ่มน้ำปรากฏว่า ในข้อเสนอทั้งสองนั้นมีผลการบรรเทาปัญหาต่อสภาพการขาดน้ำลดลงในอนาคตอันใกล้และไกลได้ สำหรับการเพิ่มพื้นที่ป่ามีค่าลดภาวะการขาดแคลนน้ำลงเท่ากับร้อยละ 27 ส่วนข้อเสนอการปรับเกณฑ์การบริหารอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์มีค่าลดภาวะการขาดแคลนน้ำลงเท่ากับร้อยละ 44 เมื่อคิดรวมผลจากการใช้ทั้งสองมาตรการทำให้ค่าลดภาวะการขาดแคลนน้ำลงเท่ากับร้อยละ 54 นอกจากนี้ในส่วนที่ต้องเร่งจัดการคือ การจัดหาน้ำอุปโภคบริโภค (น้ำประปา) ให้เข้าถึงในทุกหมู่บ้าน ข้อเสนอเชิงกลยุทธ์ของลุ่มน้ำน่านตอนบน ตอนกลาง และตอนล่างนั้น แยกตามพื้นที่เป็นดังนี้

ลุ่มน้ำน่านตอนบน (จังหวัดน่าน) ในเรื่อง การลดลงของปริมาณน้ำท่า เนื่องจากพื้นที่ป่าลดลงในลุ่มน้ำน่านตอนบน ลุ่มน้ำว้า ลุ่มน้ำยาว 2 และลุ่มน้ำน่านส่วนที่ 3 เมื่อมีการเพิ่มพื้นที่ป่าขึ้นจะทำให้น้ำท่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นซึ่งสามารถลดภาวะการขาดแคลนน้ำได้ถึงร้อยละ 27(ทำให้การขาดแคลนน้ำรวมทั้งลุ่มในอนาคตอันใกล้ 169.8 ล้าน ลบ.ม เหลือเพียง 124.5 ล้าน ลบ.ม) ในส่วนของการเตือนภัยการเกิดน้ำท่วมฉับพลันนั้นก็สามารถใช้การคาดการณ์น้ำท่าจากข้อมูลฝนจากดาวเทียมมาช่วยได้ นอกจากนี้ยังมีโครงการของหน่วยงานต่างๆ ที่ได้อยู่ในแผนงานที่จะเข้ามาจัดการปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งโดยเฉพาะลุ่มน้ำสมุนและลุ่มน้ำแหง

ลุ่มน้ำน่านตอนกลาง (จังหวัดอุตรดิตถ์)ในส่วนพื้นที่นี้มีการนำเสนอผลการบริหารจัดการน้ำโดยใช้เกณฑ์การบริหารอ่างเก็บน้ำใหม่ตามที่ได้เสนอจะทำให้การขาดแคลนน้ำในพื้นที่บริเวณนี้ลดลงร้อยละ 17 (จากขาดแคลนน้ำ 56.81 ล้านลบ.ม. เหลือเพียง 47.0 ล้านลบ.ม. ในอนาคตอันใกล้) ช่วยบรรเทาปัญหาในส่วนการเกิดน้ำท่วมและน้ำท่วมฉับพลันในลุ่มน้ำปาดและลุ่มน้ำน่านส่วนที่ 4 และสภาพการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งโดยเฉพาะลุ่มน้ำคลองตรอนและลุ่มน้ำปาด

สำหรับ**การศึกษาในปีที่** 3 **(พ.ศ**. 2558) นี้ เป็นปีสุดท้ายของชุดโครงการ มีเป้าหมายที่จะพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำเชิงกลยุทธ์ภายใต้ภาวะความเสี่ยงใหม่ เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะการจัดการน้ำเชิงกลยุทธ์ระดับลุ่มน้ำ (การจัดการอุปสงค์และอุปทานน้ำในอนาคต) เพื่อเป้าหมายการเจริญเติบโตอย่างยั่งยืน โดยมีกรอบคิดจากการมองภาพการเติบโตของประเทศสู่ในระดับลุ่มน้ำจังหวัด เช่น *แผนจัดการน้ำในลุ่มน้ำ และในระดับจังหวัด* โดยมีการรวบรวมเครื่องมือและความรู้ที่ได้จากโครงการในปีที่ 1-2 มาพัฒนาเป็นระบบการบริหารจัดการน้ำเชิงกลยุทธ์ขึ้น นอกจากนี้ยังพัฒนาเครื่องมือการบริหารอ่างเก็บน้ำแบบหลายอ่างที่ต่อยอดจากการศึกษาในปีที่ 2 รวมถึงการศึกษาผลกระทบเบื้องต้นในด้านสังคมและเศรษฐกิจ และวิเคราะห์ดัชนีความมั่นคงด้านน้ำประกอบการวัดผลกระทบต่อสังคมจากโครงการพัฒนาด้านน้ำ และจัดทำข้อเสนอแนะการจัดการน้ำเชิงกลยุทธ์ในระดับลุ่มน้ำ ระดับจังหวัดและระดับชุมชน (ตำบลตัวอย่าง) ที่มีการเชื่อมโยงกัน

## 2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเสนอรายละเอียดของโครงการวิจัย
2. เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการวิจัยของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านในมุมมองต่างๆ
3. เพื่อแลกเปลี่ยนความเห็นและข้อเสนอแนะต่อแนวทางการสนับสนุนงานวิจัยเพื่อพัฒนาพื้นที่นี้กับภาคีที่เกี่ยวข้อง
4. เพื่อเชื่อมโยงและสร้างเครือข่ายร่วมกับหน่วยงานรัฐ เอกชน สถาบันวิชาการและภาคประชาสังคม เพื่อการสนับสนุนการขับเคลื่อนการพัฒนาพื้นที่

## 3. กำหนดการ

08.30-09.00 น. **ลงทะเบียน**

09.00- 09.30 น. **กล่าวเปิดการประชุมและนำเสนอความเป็นมาของโครงการ**
นำเสนอโดย รศ. ดร. ทวนทัน กิจไพศาลกุล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

09.30-10.00 น. **ผลการประชุมคณะกรรมการลุ่มน้ำน่าน**
นายอนันต์ เพ็ชร์หนู
ผู้อำนวยการส่วนประสานและบริหารจัดการลุ่มน้ำน่าน
สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 9 พิษณุโลก

10.00-10.30 น. **การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำภายใต้ภาวะความเสี่ยงใหม่**
นำเสนอโดย ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10.30- 10.45 น. รับประทานอาหารว่าง

10.45- 11.00 น. **แนวทางการจัดประชุมสัมมนาโครงการ โดยเรียนเชิญคณะกรรมการลุ่มน้ำน่านในเดือน ก.พ** 2559
นำเสนอโดย ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11.00-12.00 **ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นต่องานวิจัย**
คณะกรรมการลุ่มน้ำน่าน จังหวัดพิษณุโลก

12.00-13.00 น. รับประทานอาหารกลางวัน

**4. ผลการประชุม**

**ช่วงที่ 1 กล่าวเปิดการประชุม โดยหัวหน้าสำนักงานจังหวัดพิษณุโลก**

ภัยแล้งที่ผ่านมา ไม่ใช่ประเทศไทยประเทศเดียวที่ประสบปัญหาภัยแล้ง ในทุกวันนี้ภัยแล้งได้คืบคลานเข้ามาในทุกระยะ โดยที่ทุกวันนี้เรายังแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ ซึ่งภัยที่ประสบมักจะเป็นภัยทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นนอกเหนือการควบคุม แต่เราสามารถที่จะป้องกันหรือตั้งรับได้ เช่น เกษตรกรที่ขาดแคลนน้ำ ทางรัฐบาลจึงมีนโยบายให้เกษตรกรลดพื้นที่การปลูกข้าว หรือให้หันมาปลูกพืชใช้น้ำน้อย ซึ่งเป็นแนวคิดที่ดีแต่ในทางปฏิบัตินั้นทำได้ยาก เนื่องจากจะให้เปลี่ยนอาชีพจากอาชีพเดิมนั้นเป็นไปได้ยาก

เพราะทุกวันนี้น้ำเป็นปัญหาชาติแล้วจะขยายวงกว้างขึ้นไปในทุกๆวัน ก่อนหน้านี้เห็นแค่เกษตรกรแย่งชิงน้ำเพื่อทำการเกษตร แต่ในวันข้างหน้าอาจจะเกิดปัญหาการแย่งชิงน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคก็เป็นได้ เพราะมีโอกาสที่จะขาดแคลนน้ำมากขึ้นเรื่อยๆ

เขื่อนภูมิพลเป็นเขื่อนขนาดใหญ่มีความสามารถในการเก็บกักน้ำได้ปริมาณมหาศาล แต่น้ำในเขื่อนนั้นมีปริมาณเพียงแค่สามารถหล่อเลี้ยงพื้นดินของก้นเขื่อนเท่านั้น น้ำ 30% ที่มีอยู่ทุกวันนี้สามารถใช้ได้จริงแค่ 10% ที่เหลือคือต้องประครองพื้นที่ในมีน้ำหล่อเลี้ยง ซึ่งปัญหาคือปลายทางจะทำอย่างไรเมื่อต้นน้ำไม่มีน้ำ ซึ่งกรมชลประทานต้องเก็บน้ำที่มีอยู่ทั่วประเทศ ต้องเก็บกักน้ำให้ได้ตามปริมาณที่ตั้งไว้

นโยบายการบริหารจัดการน้ำของกรมชลประทาน มีอยู่ด้วยกัน 4 เรื่องหลัก คือ

1. กักเก็บน้ำไว้เพื่ออุปโภคบริโภค
2. กักเก็บน้ำเพื่อระบบนิเวศ
3. กักเก็บน้ำเพื่อการเกษตร ซึ่งกลายเป็นปัญหาหลัก
4. กักเก็บน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม

นโยบายทั้ง 4 ด้านของกรมชลประทาน เป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตประจำวัน แต่ปัญหาคือปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ในหลายพื้นที่มีปริมาณน้ำที่เหลือใช้ในฤดูน้ำหลาก โดยพยายามคิดโครงการดึงน้ำที่เหลือกินเหลือใช้ในมาอยู่ในพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำ เพื่อทำการระบายน้ำและเติมเต็มน้ำในส่วนที่ต้องการ

ลุ่มน้ำน่าน เป็นหนึ่งในลุ่มน้ำที่ประสบปัญหาภัยแล้งเช่นเดียวกัน โดยหวังว่าโมเดลของลุ่มน้ำน่านจะเป็นจุดหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาน้ำของชาติได้ และคิดว่าผลการศึกษาและรับฟังข้อเสนอของคนในพื้นที่ เพื่อนำไปปรับใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็จะเป็นโมเดลนำร่องสำหรับล่องน้ำอื่นๆ

พื้นที่ที่ประสบภัยแล้งในขณะนี้ มีอยู่ด้วยกัน 9 จังหวัด โดยแบ่งเป็น ภาคเหนือ 4 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย อุตรดิตถ์ พะเยา และเชียงใหม่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 จังหวัด ได้แก่ มหาสารคาม นครราชสีมา และนครพนม ภาคตะวันออก 1 จังหวัด ได้แก่ สระแก้ว และภาคกลาง 1 จังหวัด ได้แก่ พิษณุโลก

**ช่วงที่ 2 นำเสนอผลการวิจัย ของโครงการ โดย รศ. ดร. ทวนทัน กิจไพศาลกุล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

เนื่องจากมีการศึกษาวิจัย เรื่องการจัดการลุ่มน้ำน่าน เนื้อเรื่องหลักคือการพัฒนาระบบของการจัดการลุ่มน้ำในเชิงลึก ภายใต้ความเสี่ยงใหม่ และจัดทำข้อเสนอแนะในเชิงลึกว่าควรจัดการอย่างไร เพื่อบรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้น

โดยมุ่งเน้นไปที่การจัดการน้ำในด้านอุปสงค์และอุปทานเพื่อให้สมดุลกัน วางเป้าหมายของการเจริญเติบโตในทุกภาคส่วนอย่างยั่งยืน ภายใต้ความเสี่ยงต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พื้นที่ป่าต้นน้ำลดลง นอกจากนี้ยังคำนึงถึงการแบ่งปันน้ำหรือจัดสรรน้ำให้กับทุกภาคส่วน รวมทั้งดูกิจกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำและนอกพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีผลข้างเคียง เพื่อรองรับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในอนาคต

จากการศึกษาใน 3 ปีที่ผ่านมา พบว่า ปัญหาปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำนั้นพบว่าเกิดจากการลดลงของพื้นที่ป่า และผลที่มาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาขาดแคลนน้ำ รวมถึงการเกิดน้ำท่วมด้วย ซึ่งการใช้น้ำในทุกวันนี้ไม่ใช่เพียงแต่การใช้น้ำผิวดิน แต่มีการใช้น้ำใต้ผิวดินมาร่วมด้วย การใช้น้ำในลุ่มน้ำน่าน เป็นแหล่งน้ำที่สำคัญ โดยที่ปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำน่านต่อปีตกอยู่ที่ 10,000 ล้านลูกบาศก์เมตร

น้ำที่ส่งออกจากลุ่มน้ำน่านสู่พื้นที่ลุ่มภาคกลางนั้นมีค่าประมาณ 25% ขึ้นไป โดยแสดงให้เห็นว่ามีความสำคัญต่อลุ่มน้ำภาคกลาง จากการศึกษาจะพบปัญหาว่า ลุ่มน้ำน่านตอนบนซึ่งหมายถึงในตัว จ.น่าน มีการลดลงของพื้นที่ป่า ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำ เกิดภาวะน้ำท่วมฉับพลัน ลุ่มน้ำน่านตอนกลางซึ่งหมายถึง จ.อุตรดิตถ์ ที่เป็นที่ตั้งของเขื่อนสิริกิติ์ ลุ่มน้ำน่านตอนล่างหมายถึง จ.พิษณุโลก โดยเป็นแหล่งพื้นที่เพาะปลูกที่สำคัญ และยังมีโครงการต่างๆ ที่สำคัญหลายโครงการโดยได้รับผลโดยตรงจากน้ำฝนน้ำท่า จากการควบคุมน้ำของเขื่อนสิริกิติ์เองด้วย

โดยที่หน่วยวิจัยศึกษาในหลายด้าน และมุ่งเน้นเพื่อตอบโจทย์ของปัญหาต่างๆ เช่น ปัญหาการขาดแคลนน้ำ ศึกษาดัชนีตัวชี้วัดความมั่นคงทางด้านน้ำ ว่าในปัจจุบัน มีความมั่นคงของน้ำในด้านต่างๆ มากน้อยเพียงใด แล้วยังพัฒนาเครื่องมือในการคำนวณหลายๆ แบบ ทั้งแบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า แบบจำลองน้ำท่วม ซึ่งสามารถนำแบบจำลองเหล่านี้มาเป็นเครื่องมือในการคำนวณสถานการณ์ต่างๆ ได้ และสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ของน้ำได้อีกด้วย

แนวทางแก้ไขปัญหาสำคัญซึ่งจะช่วยบรรเทาการขาดแคลนน้ำได้อย่างเห็นได้ชัดเลยก็คือ 1. การเพิ่มพื้นที่ป่า โดยเฉพาะพื้นที่ป่าต้นน้ำของลุ่มน้ำน่านตอนบน ซึ่งจะช่วยลดปริมาณการขาดแคลนน้ำได้ถึงปริมาณ 27% 2. การผลิตและจัดการน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ 44%

องค์ความรู้ เครื่องมือ ชุดข้อมูล ทั้ง 3 อย่าง ถือว่าเป็นระบบที่ตอบโจทย์ว่าความสามารถเป็นอย่างไร และสามารถตอบโจทย์ได้หรือไม่ โดยต้องครอบคลุมในทุกด้าน และสามารถมองในประเทศแล้วเชื่อมโยงลงมาสู่ลุ่มน้ำ จังหวัด และชุมชมย่อยได้

การนำเสนอผลการศึกษาเรื่องการจัดการน้ำในลุ่มน้ำน่าน การศึกษาภาพฉายการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจจะมีความสัมพันธ์ของน้ำอย่างไร แหล่งน้ำต้นทุน การพัฒนาระบบการจัดน้ำ การวางแผนและการจัดการน้ำ และขยายขอบเขตลุ่มน้ำทั้งภาคเหนือ ทั้ง ปิง วัง ยม น่าน อีกทั้งยังศึกษา 3 เขื่อน เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนภูมิพล และเขื่อนแควน้อย โดยที่ 3 เขื่อน ต้องร่วมมือกัน

ดูการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าโดยดูจากข้อมูลดาวเทียม ศึกษาแหล่งน้ำสำคัญ เช่น อ่างเก็บน้ำ ของเขื่อนสิริกิติ์

สภาพของน้ำ แหล่งน้ำต้นทุน โดยศึกษา 3 ช่วงเวลา โดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน มีความผันแปรของฝนมาก โดยบางปีมีฝนมากและฝนน้อย โดยที่น้ำฝนและน้ำท่ามีความสัมพันธ์กัน

เกิดการขาดแคลนน้ำของพื้นที่ส่วนกลาง ก็คือ เขื่อนสิริกิติ์ จ.อุตรดิตถ์ พื้นที่ส่วนล่าง จ.พิษณุโลก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีโครงการของชลประทานเป็นจำนวนมาก ก็ประสบปัญหาขาดแคลนน้ำเช่นกัน และที่ผ่านมาตั้งแต่ปี 2543 พบว่าพื้นที่ป่าลดลง 10-20% เมื่อพื้นที่ป่าลดลงนั้นส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า

หนทางการช่วยลดปัญหาการขาดแคลนน้ำ โดยเสนอเป็น 3 ข้อ 1. ควบคุมและจัดการน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ 2. เพิ่มพื้นที่ป่า 3. การใช้น้ำท่าร่วมกับน้ำบาดาล บริเวณพื้นที่สีแดงก็คือ จ.พิษณุโลก ถึง จ.พิจิตร ซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกและทำการเกษตร ที่ขาดแคลนน้ำอย่างชัดเจน

**ช่วงที่ 4 ถาม-ตอบ**

การขาดแคลนน้ำส่วนหนึ่งมาจากพฤติกรรมการใช้น้ำ เช่น เมื่อก่อนเกษตรกรปลูกข้าวแค่ปีละครั้ง แต่ต่อมารัฐบาลมีนโยบายให้เกษตรกรปลูกข้าวนาปรัง เพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจให้มีรายได้เพิ่มขึ้น โดยที่นาปรังใช้น้ำจากเขื่อนล้วนๆ ไม่ได้ใช้น้ำจากธรรมชาติ นั้นก็คือการใช้น้ำแบบไม่บันยะบันยัง ประเทศไทยใช้น้ำในการปลูกข้าวมากที่สุดในโลกต่อหนึ่งไร่และพบว่าน้ำที่หายไปพบว่ามาจากการเจริญเติบโตของชุมชนที่เชียงใหม่ เชียงราย

พูดถึงเรื่องนโยบายการห้ามทำนาปรัง

แนวทางการลดการใช้น้ำในการปลูกข้าวก็คือ ลดจำนวนครั้งในการปลูกข้าวให้น้อยลง หันมาปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อย

การสร้างฝายด้านหนึ่งมองว่าเป็นตัวที่กักน้ำไม่ให้ไหลลงมา และอีกด้านหนึ่งก็คือก็ถือว่าเป็นการช่วยเหลือการใช้น้ำในชุมชนท้องถิ่น

ปัจจัยใหญ่ไม่ใช่ที่การตัดไม้ทำลายป่า แต่ปัจจัยใหญ่ที่แท้จริงอยู่ที่ผู้ใช้น้ำและพฤติกรรมการใช้น้ำจากด้านบน

ปัญหาภัยแล้งและปริมาณน้ำน้อย มีอยู่ด้วยกันหลายปัจจัยมาร่วมด้วย

1. กายภาพ : การสร้างเขื่อน การใช้ที่ดิน การที่ Zoning เปลี่ยนจะส่งผลไปยังการใช้น้ำที่เปลี่ยนไป เช่น มีพื้นที่เพาะปลูกมากขึ้น การใช้น้ำก็จะมากขึ้นตามไปด้วย
2. การจัดการ
3. คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์
4. คุณภาพชีวิต

การใช้น้ำในปัจจุบันประสบปัญหาขาดแคลน เพราะว่าไม่ดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ เนื่องจากขาดวินัยการใช้น้ำ ไม่ลักลอบการใช้น้ำ ไม่ลักลอบสูบน้ำ

น้ำที่ใช้เยอะที่พบก็คือน้ำที่ใช้ในการทำนาปรัง ที่มีนาเพิ่มมากขึ้น และไม่มีการปลูกพืชชนิดอื่นผสม แต่เน้นไปที่การทำนาข้าวเพียงอย่างเดียว

ทุกวันนี้ในพื้นที่เขตชลประทานก็ยังประสบปัญหาการใช้น้ำ เพราะว่าเกษตรกรปลูกข้าวตลอดปี ก็จะเป็นวัฏจักรวนเวียนอยู่แบบนี้ไปเรื่อยๆ

ถกกันเรื่องการใช้น้ำของเกษตรกร โดยเสนอให้ปลูกพืชใช้น้ำน้อยแทนการปลูกข้าว แต่ชาวนาไม่มีความถนัดและขาดทักษะในการปลูกพืชไร่ เมื่อทำไปแล้วก็ได้ผลไม่ดี แล้วผลผลิตที่ได้ออกมาก็ไม่เพียงพอ

แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญที่จะช่วยเขื่อนต่างๆ ได้ โดยเฉพาะเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน จ.พิษณุโลก ที่มีลุ่มน้ำสาขา และมีแหล่งน้ำธรรมชาติ ถ้าสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ ก็จะช่วยบรรเทาปัญหาของเกษตรกรได้

การชี้แจงให้เกษตรกรได้รับทราบ เรื่องการขุดลอกแม่น้ำลำคลอง โดยดูที่สภาพพื้นที่ เมื่อมีการขุดลอกมาแล้ว ก็จะเกิดผลกระทบในหลายเรื่อง ได้แก่ แม่น้ำ ลุ่มน้ำ เป็นดินทราย เมื่อมีการขุดลอกขึ้นมา ก็จะเกิดการ Slide ขึ้น หรือเกิดการพังทลาย แต่ผลดีก็คือสามารถกักเก็บไว้ใช้ได้มากขึ้น

นาลุ่ม เป็นแหล่งกักเก็บน้ำและใช้เป็นแก้มลิงด้วย ส่วนนาดอนนั้นก็จะดึงน้ำจากนาลุ่มขึ้นไปใช้ และยังใช้น้ำจากระบบชลประทานควบคู่กันด้วย ในปัจจุบันที่ประสบปัญหาขาดแคลนน้ำ ก็ได้มี พรบ. การใช้น้ำ มาควบคุมการใช้น้ำ

**ช่วงที่ 5 นำเสนอ การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำภายใต้ภาวะความเสี่ยงใหม่**
**นำเสนอโดย ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**
นำเสนอร่างพรบ. หน้าที่ของคณะกรรมการลุ่มน้ำน่าน

การใช้น้ำแบ่งออกเป็น

1. ภาคการเกษตร
2. ภาคการบริการ
3. ภาคอุตสาหกรรม

ถ้าหากพิษณุโลกมีภาวะโลกร้อนก็จะขาดแคลนน้ำในส่วนของชุมนุม และพื้นที่เกษตรกรรม และรัฐบาลยังมีโครงการช่วยเหลือผู้ประสบภัยแล้ง และมีเงินชดใช้ให้เกษตรกรที่ประสบปัญหานี้ การปลูกข้าวหลังเดือนพฤศจิกายน ถ้าเกิดความเสียหาย รัฐบาลจะไม่รับผิดชอบ โดยพื้นที่เสี่ยงหลักๆ ในการปลูกข้าว ก็คือ นครสวรรค์ อยุธยา ที่จะเกิดความเสียหาย

จะแก้ปัญหาอะไรนั้นจำเป็นต้องแก้ปัญหาให้ตอบโจทย์ของคนในพื้นที่ และต้องตอบให้ตรงโจทย์ แล้วเวลาลงโครงการต้องดูที่งบประมาณ พื้นที่ที่เป็นปัญหา เพื่อสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร ให้กับภาคอุตสาหกรรม

พิษณุโลกไม่ได้อยากได้โรงงานอุตสาหกรรมแบบระยอง ส่วนด้านการคมนาคมมองว่าสามารถเชื่อมโยงกับภาคเหนือตอนล่าง ตัวจังหวัดของตัวเอง และภาคอื่นๆ ได้ดี และในด้านของสังคมก็มีโครงการที่จะเกิดขึ้นตามมาด้วย

โดยรวมแล้ว จ.พิษณุโลก มีศักยภาพในการพัฒนาที่ดี โดยเฉพาะการเกษตรที่โตขึ้นพอสมควร และตามมาด้วยภาคอุตสาหกรรม ภาคบริการ ตามลำดับ

การใช้น้ำในภาคเกษตรยังมีความต้องการอยู่มาก ส่วนภาคอุตสาหกรรมนั้นยังเจริญเติบโตแบบกระจุกตัวเป็นก้อนๆ แต่ถ้าไม่มีน้ำมาคอยสนับสนุน หรือหล่อเลี้ยงโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ก็จะทำให้เกิดความเสียหายได้เช่นกัน

5. ภาพบรรยายกาศของการประชุม



| | |
|---|---|
| 1. นายไพโรจน์ แก้วแดง | หัวหน้าสำนักงานจังหวัดพิษณุโลก |
| 2. นายประทีป ตระกูลสา | หัวหน้ากลุ่มยุทธศาสตร์จังหวัดพิษณุโลก |
| 3.นายทวีป เกิดทอง | สำนักชลประทานที่ 3 |
| 4.คุณวรวรรณชัย สหวชิร | ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต 9 พิษณุโลก |
| 5.นายสุเทพ เลิศศรีมงคล | เขื่อนสิริกิติ์ - ปฏิบัติการ จ. อุตรดิตถ์ |
| 6.นายวิโรจน์ บุญส่งแท้ | ผู้แทนองค์กรผู้ใช้น้ำภาคเกษตรกรรม |
| 7.นายอนันต์ เพ็ชร์หนู | สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 9 พิษณุโลก |
| 8.นายเฉลิม พันธุ์ศรี | ผู้แทนองค์กรหรือกลุ่มผู้ใช้น้ำภาคเกษตรกรรม |
| 9.นายสิงห์ พงษ์สุทธิ์ | หจก. พิษณุโลกออกซิเจน |
| 10.จ.อ.วีระ คำแป้น | สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 9 |
| 11.น.ส.สุภานันท์ เทพภักดี | วิศวกรโยธาปฏิบัติการ |
| 12.Dr. Su Ming Daw | Taiwan |
| 13.รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลกุล | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 14.ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 15.คุณศักย์ สกุลไทย | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 16.คุณมาดา บัวทอง | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 17.คุณธรณินทร์ เป่าสง่า | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 18.คุณตุลยวัต มหาวงศ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 19.คุณชานนท์ รัศมีประเสริฐ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

# ภาคนวก ง-2

## สรุปผลการประชุมวิชาการงานวิจัยโครงการเรื่อง
## -การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์ -
## การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเชิงกลยุทธ์ภายใต้ความเสี่ยงใหม่
## และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงกลยุทธ์
## วันพฤหัสบดีที่ 11 กุมภาพันธ์ 2559
## ห้องประชุมโรงแรมเรือนแพ รอยัล ปาร์ค จังหวัดพิษณุโลก

**1. หลักการและเหตุผล**

การจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์มีเป้าหมายของการศึกษา 3 ปี (พ.ศ. 2556-2558) เพื่อให้ได้แผนการจัดการอุปสงค์และอุปทานน้ำในอนาคต เพื่อเป้าหมายการเจริญเติบโตอย่างยั่งยืนภายใต้การเปลี่ยนแปลงปัจจุบันและเงื่อนไขใหม่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก และสอดคล้องกับเป้าหมายการรักษาป่าต้นน้ำ การแบ่งปันน้ำเพื่อกิจกรรมการใช้ในลุ่มน้ำและเพื่อกิจกรรมนอกลุ่มน้ำ และรองรับการเติบโตทางเศรษฐกิจในอนาคต โดยผลการศึกษาด้านทรัพยากรแหล่งน้ำใน**ปีที่ 1 (พ.ศ. 2556)** มีข้อสรุป 3 ประเด็นคือ 1) ปริมาณการไหลของน้ำท่าและปริมาณน้ำในเขื่อนสิริกิติ์ที่เปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกและผลกระทบต่อสภาพการขาดแคลนน้ำ การเกิดอุทกภัย และการใช้น้ำใต้ดิน 2) บทบาทของน้ำในลุ่มน้ำน่านต่อการใช้น้ำในภาคกลาง และ 3) ประเด็นเชิงกลยุทธ์ของลุ่มน้ำน่านตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง ดังนี้

ลุ่มน้ำน่านตอนบน (จังหวัดน่าน) ได้แก่ การลดลงของปริมาณน้ำท่า เนื่องจากพื้นที่ป่าลดลงในลุ่มน้ำน่านตอนบน ลุ่มน้ำว้า ลุ่มน้ำยาว 2 และลุ่มน้ำน่านส่วนที่ 3, การเกิดน้ำท่วมฉับพลัน, การขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งโดยเฉพาะลุ่มน้ำสมุนและลุ่มน้ำแหง

ลุ่มน้ำน่านตอนกลาง (จังหวัดอุตรดิตถ์) ได้แก่ การเกิดน้ำท่วมและน้ำท่วมฉับพลัน ในลุ่มน้ำปาดและลุ่มน้ำน่านส่วนที่ 4 และสภาพการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งโดยเฉพาะลุ่มน้ำคลองตรอนและลุ่มน้ำปาด

ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง (จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลก) ได้แก่ การปรับการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ให้เหมาะสมกับความต้องการน้ำในพื้นที่โครงการชลประทาน, รูปแบบของการจัดการน้ำในฤดูฝน (ปัญหาน้ำท่วม), พื้นที่แก็มลิง, และระบบการเตือนภัย เป็นต้น

**การศึกษาในปีที่** 2 (**พ.ศ**. 2557) มุ่งตอบโจทย์ประเด็นเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญของลุ่มน้ำน่าน ได้แก่ น้ำท่วมฉับพลัน การลดลงของปริมาณน้ำท่า การขาดแคลนน้ำ ควบคู่กับการวิเคราะห์ความมั่นคงด้านน้ำในลุ่มน้ำน่าน โดยการจำลองทางเลือกการบริหารจัดการน้ำด้วยข้อมูลปริมาณฝนล่วงหน้าระยะสั้นและรายฤดูกาล ข้อมูลความสัมพันธ์ของน้ำท่ากับการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำย่อย การเตรียมแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า แบบจำลองน้ำท่วม แบบจำลองสมดุลน้ำ และแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ และการจำลองเงื่อนไขทั้งสภาพปัจจุบันและสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และทางเลือกหลายรูปแบบ โดยมีข้อเสนอที่เป็นเชิงกลยุทธ์หลักใหญ่ของโครงการนี้ได้แก่ การเพิ่มพื้นที่ป่าบริเวณลุ่มน้ำน่านส่วนบน และการปรับเกณฑ์การบริหารอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์สภาพการขาดแคลนน้ำรวมทั้งลุ่มน้ำปรากฏว่า ในข้อเสนอทั้งสองนั้นมีผลการบรรเทาปัญหาต่อสภาพการขาดน้ำลดลงในอนาคตอันใกล้และไกลได้ สำหรับการเพิ่มพื้นที่ป่ามีค่าลดภาวะการขาดแคลนน้ำลงเท่ากับร้อยละ 27 ส่วนข้อเสนอการปรับเกณฑ์การบริหารอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์มีค่าลดภาวะการขาดแคลนน้ำลงเท่ากับร้อยละ 44 เมื่อคิดรวมผลจากการใช้ทั้งสองมาตรการทำให้ค่าลดภาวะการขาดแคลนน้ำลงเท่ากับร้อยละ 54 นอกจากนี้ในส่วนที่ต้องเร่งจัดการคือ การจัดหาน้ำอุปโภคบริโภค (น้ำประปา) ให้เข้าถึงในทุกหมู่บ้าน ข้อเสนอเชิงกลยุทธ์ของลุ่มน้ำน่านตอนบน ตอนกลาง และตอนล่างนั้น แยกตามพื้นที่เป็นดังนี้

ลุ่มน้ำน่านตอนบน (จังหวัดน่าน) ในเรื่อง การลดลงของปริมาณน้ำท่า เนื่องจากพื้นที่ป่าลดลงในลุ่มน้ำน่านตอนบน ลุ่มน้ำว้า ลุ่มน้ำยาว 2 และลุ่มน้ำน่านส่วนที่ 3 เมื่อมีการเพิ่มพื้นที่ป่าขึ้นจะทำให้น้ำท่ามีปริมาณมเพิ่มขึ้นซึ่งสามารถลดภาวะการขาดแคลนน้ำได้ถึงร้อยละ 27(ทำให้การขาดแคลนน้ำรวมทั้งลุ่มในอนาคตอันใกล้ 169.8 ล้าน ลบ.ม เหลือเพียง 124.5 ล้าน ลบ.ม) ในส่วนของการเตือนภัยการเกิดน้ำท่วมฉับพลันนั้นก็สามารถใช้การคาดการณ์น้ำท่าจากข้อมูลฝนจากดาวเทียมมาช่วยได้ นอกจากนี้ยังมีโครงการของหน่วยงานต่างๆ ที่ได้อยู่ในแผนงานที่จะเข้ามาจัดการปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งโดยเฉพาะลุ่มน้ำสมุนและลุ่มน้ำแหง

ลุ่มน้ำน่านตอนกลาง (จังหวัดอุตรดิตถ์)ในส่วนพื้นที่นี้มีการนำเสนอผลการบริหารจัดการน้ำโดยใช้เกณฑ์การบริหารอ่างเก็บน้ำใหม่ตามที่ได้เสนอจะทำให้การขาดแคลนน้ำในพื้นที่บริเวณนี้ลดลงร้อยละ 17 (จากขาดแคลนน้ำ 56.81 ล้านลบ.ม. เหลือเพียง 47.0 ล้านลบ.ม. ในอนาคตอันใกล้) ช่วยบรรเทาปัญหาในส่วนการเกิดน้ำท่วมและน้ำท่วมฉับพลันในลุ่มน้ำปาดและลุ่มน้ำน่านส่วนที่ 4 และสภาพการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งโดยเฉพาะลุ่มน้ำคลองตรอนและลุ่มน้ำปาด

สำหรับ**การศึกษาในปีที่** 3 (**พ.ศ**. 2558-2559) นี้ เป็นปีสุดท้ายของชุดโครงการ มีเป้าหมายที่จะพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำเชิงกลยุทธ์ภายใต้ภาวะความเสี่ยงใหม่ เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะการจัดการน้ำเชิงกลยุทธ์ระดับลุ่มน้ำ (การจัดการอุปสงค์และอุปทานน้ำในอนาคต) เพื่อเป้าหมายการเจริญเติบโตอย่างยั่งยืน โดยมีกรอบคิดจากการมองภาพการเติบโตของประเทศสู่ในระดับลุ่มน้ำ จังหวัด เช่น แผนจัดการน้ำในลุ่มน้ำ และในระดับจังหวัด โดยมีการรวบรวมเครื่องมือและความรู้ที่ได้จากโครงการในปีที่ 1-2 มาพัฒนาเป็นระบบการบริหารจัดการน้ำเชิงกลยุทธ์ขึ้น นอกจากนี้ยังพัฒนาเครื่องมือการบริหารอ่างเก็บน้ำแบบหลายอ่างที่ต่อยอดจากการศึกษาในปีที่ 2 รวมถึงการศึกษาผลกระทบเบื้องต้นในด้านสังคมและเศรษฐกิจ และวิเคราะห์ดัชนีความมั่นคงด้านน้ำประกอบการวัดผลกระทบต่อสังคมจากโครงการพัฒนาด้านน้ำ และจัดทำข้อเสนอแนะการจัดการน้ำเชิงกลยุทธ์ในระดับลุ่มน้ำ ระดับจังหวัดและระดับชุมชน (ตำบลตัวอย่าง) ที่มีการเชื่อมโยงกัน

## 2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเสนอรายละเอียดของโครงการวิจัย
2. เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการวิจัยของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านในมุมมองต่างๆ
3. เพื่อแลกเปลี่ยนความเห็นและข้อเสนอแนะต่อแนวทางการสนับสนุนงานวิจัยเพื่อพัฒนาพื้นที่นี้ กับภาคีที่เกี่ยวข้อง
4. เพื่อเชื่อมโยงและสร้างเครือข่ายร่วมกับหน่วยงานรัฐ เอกชน สถาบันวิชาการและภาคประชาสังคม เพื่อการสนับสนุนการขับเคลื่อนการพัฒนาพื้นที่

**3. กำหนดการ**

| | |
|---|---|
| 08.30-09.00 น. | **ลงทะเบียน** |
| 09.00- 09.15 น. | **กล่าวเปิดงาน**<br>โดย ผู้ว่าราชการจังหวัดพิษณุโลก |
| 09.15- 09.30 น. | **นำเสนอความเป็นมาของโครงการ**<br>นำเสนอโดย รศ. ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 09.30-10.00 น. | **การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำภายใต้ภาวะความเสี่ยงใหม่**<br>นำเสนอโดย ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 10.00- 10.15 น. | รับประทานอาหารว่าง |
| 10.15-11.30 น. | **แบ่งกลุ่มจังหวัดเพื่อนำเสนอข้อมูลและแนวโน้มการพัฒนาต่าง ๆ ในพื้นที่เพื่อดูความต้องการใช้น้ำในอนาคตต่องานวิจัย**<br>กลุ่มที่ 1 จังหวัดพิษณุโลก<br>กลุ่มที่ 2 จังหวัดพิจิตร<br>กลุ่มที่ 3 จังหวัดอุตรดิตถ์<br>กลุ่มที่ 4 จังหวัดน่าน |
| 11.30-12.00 น. | สรุปผลการแบ่งกลุ่ม |
| 12.00-13.00 น. | รับประทานอาหารกลางวัน |
| 13.00-13.30 น. | **สภาพน้ำและแผนการดำเนินงานโครงการพัฒนาทรัพยากรน้ำที่มีในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน**<br>นำเสนอโดย นักวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 13.30-14.30 น. | **แบ่งกลุ่มจังหวัดเพื่อนำเสนอข้อมูลและร่วมจัดทำข้อเสนอแนะโครงการพัฒนาทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำน่านที่พึงมีต่องานวิจัย**<br>กลุ่มที่ 1 จังหวัดพิษณุโลก<br>กลุ่มที่ 2 จังหวัดพิจิตร<br>กลุ่มที่ 3 จังหวัดอุตรดิตถ์<br>กลุ่มที่ 4 จังหวัดน่าน |
| 14.30-15.00 น. | สรุปผลการประชุม |

## 4. สรุปประเด็นแต่ละจังหวัด

สรุปผลช่วงแบ่งกลุ่มจังหวัดเพื่อนำเสนอข้อมูลและแนวโน้มการพัฒนาต่างๆ ในพื้นที่เพื่อดูความต้องการใช้น้ำในอนาคต

### สรุปประเด็นจังหวัดน่าน

สถานะและปัญหาของจังหวัดน่าน

- จังหวัดน่านไม่มีโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากผังเมืองกำหนดให้เป็นพื้นที่สีเขียว - ปัจจุบันกำลังดำเนินการขอแก้ไขผังเมือง เพื่อตั้งโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตร
- มีการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร
- จังหวัดน่านมีการนำเข้าอาหารปริมาณมาก จึงมีการส่งเสริมให้ปลูกผัก เลี้ยงสัตว์เพื่อลดปริมาณการนำเข้า และเพิ่มความมั่นคงทางด้านอาหาร
- จังหวัดน่านเน้นใช้การบริหารจัดการน้ำแทนการสร้างสิ่งก่อสร้างหรืออาคารจัดการน้ำ
- พื้นที่ป่า มีการขอใช้(เช่า)พื้นที่เขาหัวโล้น(เขตป่าสงวน) เพื่อทำการเกษตร
- ปัจจุบันเศรษฐกิจในจังหวัดน่านแบ่งออกเป็น เกษตร 40% เงินรัฐบาล 40% อื่นๆ 20%
- ด้านใต้ของจังหวัด(อ.นาน้อย อ.นาหมื่น) มีน้ำมากแต่ไม่สามารถนำมาบริโภค-อุปโภคได้ เนื่องจากน้ำมีสารเคมีตกค้างจากการทำการเกษตร
- บ่อบาดาลแห้ง เนื่องจากฝนไม่ตกไม่มีน้ำมาเติม
- มีการส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาปลูกกาแฟแทนการปลูกข้าวโพด
- ภาคเอกชนรายใหญ่ เช่น CP SCG เข้ามามีบทบาทในพัฒนา อนุรักษ์ป่า และแหล่งน้ำ รวมถึงไม่รับซื้อผลผลิตจากเกษตรกรที่บุกรุกที่ป่า

ด้านความต้องการ

- ต้องการให้ภาครัฐจัดการสร้างตัวเลือกการพัฒนาที่ผสมผสานกับการใช้ชีวิตของท้องถิ่น เพราะแต่ละชุมชนมีวิถีชีวิตที่แตกต่างกัน
- ต้องการแหล่งน้ำต้นทุนเพื่อสร้างตัวเลือกในการทำการเกษตร
- ต้องการให้ภาครัฐเป็นตัวขับเคลื่อนชุมชน เนื่องจากมีความรู้และมีเทคโนโลยี
- ต้องการให้มีการตั้งอุตสาหกรรมทางเกษตร
- ต้องการให้คนด้านปลายน้ำมาช่วยพัฒนาที่ต้นน้ำ

การบริหารจัดการ

- น้ำอุปโภค-บริโภค ขาดแคลนบ้างในหน้าแล้ง แก้ไขโดยการทำประปาภูเขา ขุดบ่อน้ำตื้น ขุดบ่อบาดาล ใช้ถังเก็บน้ำ
- มีการผันน้ำข้ามลุ่มซึ่งคนน่านไม่ได้ใช้ประโยชน์
- ภาครัฐและเอกชนเข้าไปสร้างความเข้าใจ

**สรุปประเด็นจังหวัดอุตรดิตถ์**

หมู่ 2 อบต.คอรุม อำภอพิชัย คุณรุ่งทิพย์ สีหาราช (กลุ่มวิสาหกิจชุมชน) สภาพพื้นที่ ปรกติทำนาปีละ 2 รอบ (มิถุคุณน-ตุลาคม และ ตุลาคม-กุมภาพันธ์) โดยอาศัยระบบสูบน้ำด้วยไฟฟ้า ในปี 2558-2559 เกิดภัยแล้ง ภาครัฐขอให้งดการปลูกนาปรัง โดยปลูกข้าวในช่วงเดือน สิงหาคม-พฤศจิกายน แทน

การปรับตัว

- การปลูกข้าวโพด/ถัวเหลือง (ใช้แรงงานมาก)
- ปรับการเพราะปลูกเป็นเกษตร GAP และเกษตรอินทรีย์ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต
- การตั้งวิสาหกิจชุมชน

อุปสรรคในการปรับตัว

- การเพาะปลูกพืชอื่น ขาดองค์ความรู้และมีการใช้แรงงานมากขึ้น
- การปรับเปลี่ยนเป็นเกษตร GAP เป็นการลดการใช้สารเคมี แต่เกษตรอินทรีย์มีข้อกำหนดทางกายภาพ เช่น แหล่งน้ำที่ลดการปนเปื้อน และต้องมีแนวกันชนกับพื้นที่เพาะปลูกอื่น เช่น คูโดยรอบหรือแนวต้นไม้กันลม
- ผลผลิตที่ได้ในตอนแรกจะต่ำจาก 1,000 กิโลกรัม/ไร่ เหลือแค่ 500 กิโลกรัม/ไร่ ต้องใช้เวลาถึง 2-3 ปีเพื่อให้ดินปรับตัวจึงจะได้เป็น 700 กิโลกรัมไร่
- นโยบายรัฐการประกันหรือจำนำผลผลิต (เช่นข้าวเปลือก 15,000 บาท/ตัน เป็นต้น) มีผลต่อการเกษตรคุณภาพที่ต้องควบคุมการผลิตและมีผลผลิตที่ต่ำกว่า และมีผลต่อการตัดสินใจของเกษตรอินทรีย์ในการขายข้าวให้กับวิสาหกิจชุมชน

กระบวนการการปรับตัวของพื้นที่

- เริ่มต้นปี 2543 ราคาข้าวเปลือกตกต่ำและโครงการศูนย์ข้าวชุมชน ของกรมส่งเสริมการเกษตร ประสบปัญหาในการบริหารจัดการ เพราะโครงสร้างพัฒนาเน้นที่เมล็ดพันธุ์และข้าวเปลือก ไม่มีโครงสร้างเชิงธุรกิจ จึงพัฒนาเป็น กลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่สามารถจัดการทุนและตลาดได้
- ในการปรับเปลี่ยนเป็นวิสาหกิจชุมชน เน้นการผลิตข้าวอินทรีย์ ตั้งแต่ เมล็ดพันธุ์ จนถึงการจัดจำหน่าย
- การผลิตข้าวอินทรีย์ในช่วงแรกผลผลิตจะน้อยผู้เข้าร่วมจำเป็นต้องค่อยๆ ปรับพื้นที่ที่ละน้อยเพื่อรักษาโครงสร้างรายได้เดิมไว้ จากปัญหาการต้องชำระหนี้ ธกส. และเมื่อได้กำไรจากการขายผลผลิตก็นำมารวมกันเป็นสัจจะ (ซื้อเรียกเงินทุนที่เป็นหุ้น) เพื่อใช้ซื้อปัจจัยการผลิต เช่น เมล็ดพันธุ์/เครื่องสีข้าว/เครื่องคัดแยกเมล็ดพันธุ์/ค่าจ้างคนจัดการ
- ลักษณะสมาชิกมีหุ้นหลักที่เป็นแกนลงทุนสัจจะ และสมาชิกสมทบที่ขายข้าวเปลือกให้กลุ่ม
- การให้ผลประโยชน์มี 2 ช่วงคือ 1. รับซื้อผลผลิตในราคาประกัน และ 2. ปันผลหลักหักค่าใช้จ่ายและทุนสะสมจากการขายข้าวสาร
- โดยราคาข้าวเปลือกรับซื้อเท่ากับราคาตลาดคือประมาณ 6,000 บาท/ตัน (ราคาปี 2558) โดยต้นทุนการผลิตประมาณ 3,000 บาท/ไร่ (น้อยกว่าแบบเคมีที่ไร่ละ 5,000 บาท) และรายได้จากข้าวสาร 30,000-40,000 บาท/ตัน ขึ้นกับคุณภาพผลผลิต ซึ่งหลังหักค่าใช้จ่ายจะจ่ายคืนให้สมาชิกหลัก และสมทบ
- แกลบที่เหลือจากการสีข้าวสารสามารถจำหน่ายได้ 5-10 บาท/กิโลกรัม เพื่อนำไปทำถ่าน ส่วนข้าวหักจำหน่าย 10 บาท/กิโลกรัม

**สรุปประเด็นพิษณุโลก**

- การเกษตรปลูกแบบนาลุ่ม-นาดอนพื้นที่นาทำพื้นที่ไร่พืชไร่ทำในพื้นที่ป่า
- 70% ของพื้นที่ทำเกษตรทำโซนนิ่งไม่ได้โดยเดิมเกษตรกรตะทำนาแต่รัฐบาลจะให้เกษตรกรทำพืชที่ใช้น้ำน้อยแต่รัฐบาลก็สนับสนุนไม่ตรงช่วงเวลา(ถั่วเหลือง-ข้าวโพด) หากซื้อเมล็ดมาทำเองราคาก็แพงกิโลกรัมละ 1000 บาท ปลูกได้แค่ไร่เดียวโดยสุดท้ายแล้วทำไปก็ใช้หนี้ให้ธกส. หมด

แหล่งน้ำวังทองบึงราชนกมีพื้นที่ 4,000 ไร่มน.ขอใช้ 1,000 ไร่เพื่อก่อสร้างอาคารและชาวบ้านอยากขุดลอกแต่ก็ทำไม่ได้เนื่องจากติดอาคารของมน. อยากให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวและเป็นปอดของเมืองพิษณุโลก เกษตรในอนาคตอาจจะเปลี่ยนบริเวณพื้นที่ตาม buypass ซึ่งส่วนใหญ่คุณทุนได้ซื้อไว้แล้วโดยอาจจะปล่อยให้เช่าไร่ละ1,000 บาท และอาจจะโดนบังคับให้ต้องทำ 3 ครอป/ปี

- ขาดการส่งเสริมการเกษตรแบบเป็นรูปธรรม

  สภาพัฒน์ฯวางแผนให้รัฐบาลแต่ชาวบ้านไม่ได้รับผลประโยชน์จากแผนนั้นมีแต่จนลงๆ รัฐบาลควรส่งเสริมข้าวหอมมะลิให้เป็นสากลมากกว่านี้ เพื่อให้ชาวบ้านหรือเกษตรกรมีรายได้ที่ดีมากกว่านี้ พัฒนาอุตสาหกรรมมากพอแล้วควรเริ่มกลับมาส่งเสริมพัฒนาการเกษตร ในอีก 20 ปีป่าคงไม่น่าจะมีเหลือที่ภาคเหนือ(น่าน) มีนโยบายให้ปลูกป่าเยอะแต่ป่าจริงๆ แล้วหายไปไหนหมดส่วนใหญ่ต้นไม้ตายก่อนได้เป็นป่า เขื่อนแควน้อยไม่มีน้ำคนข้างบนรักษาน้ำคนข้างล่างทำลายน้ำแต่ต้องการได้ประโยชน์จากน้ำ
- สี่แยกอินโดจีนในอนาคตอาจจะมีอีกหลายที่ที่ความเจริญจะมาที่อำเภอวังทองกับอำเภอวัดโบสถ์(ฝั่งตะวันตก) ราคาที่ดินขึ้นสูงมากและไม่มีที่จะขายแล้วสามแยกวังทองจะกลายเป็นสี่แยกในอนาคตเพื่อรองรับความเจริญที่จะเข้ามา
- ประชาชนอาจจะเกิดการแก็แค้นกับราชการในกรณีที่เคยโดนไล่ที่หาว่าบุกรุกพื้นที่ป่าในพื้นที่พิพาทบึงราชนก หากราชการจะเข้าไปตั้งสถานที่ราชการชาวบ้านจะหาว่าในเมื่อพื้นนี้เป็นพื้นที่สาธารณะทำไมราชการถึงจะมาสร้างสถานที่ราชการได้แต่ไม่ให้ชาวบ้านอยู่
- พรบ.น้ำชาวบ้านตายเพราะเสียค่าน้ำทำนา การเก็บกองทุนทรัพยากรน้ำทำไมต้องเก็บเพิ่มทำไมไม่ทำเหมือนการเก็บทางอ้อมแบบภาษีสรรพสามิตน้ำมันหรือรถยนต์ เพื่อเข้ากองทุนทรัพยากรน้ำ
- น้ำมีอยู่แล้วทำอย่างไรก็ได้ให้ไม่เสียหายท่วม/แล้งแล้วได้ประโยชน์ ? ในหน้าฝนผันพื้นที่นานั้นๆ เป็นแก็มลิงได้หรือไม่ให้เจ้าของพื้นที่เสียสละ แต่ในเวลาที่ชาวบ้านจะใช้ต้องให้ได้ประโยชน์ให้ชาวบ้านได้รับผลประโยชน์เต็มที่
- เครือข่ายสร้างโลกเย็นเวลาน้ำท่วมปล่อยน้ำท่วมเพียงแต่ปรับตัวเวลาน้ำท่วมก็ไม่ทำนาก็สามารถทำนาได้สองครอปปลูกข้าว 70 วันเพียงแต่ปรับตัวให้เข้ากับธรรมชาติถ้าน้ำท่วมก็หาปลาเป็นรายได้เสริมแต่หากน้ำไม่ท่วมก็ปลูกสามครอปลดการหาปลาไป

บางระกำอยากได้น้ำอยากให้ท่วม

- คณะกรรมการลุ่มน้ำคัดค้านพรบ.น้ำประชาชนเข้าไม่ถึงสิทธิ์ปกปิดข้อมูลน้ำลึกลงไปเรื่อย ชาวบ้านไม่มีปัญญาเจาะคนจนเข้าไม่ถึงชาวบ้านไม่ได้ประโยชน์

**สรุปประเด็นพิจิตร**

1) สถานะและปัญหาของทรัพยากรน้ำ

- ปริมาณฝนและการกระจาย

- ปริมาณน้ำท่าและการกระจาย

แม่น้ำน่าน –> พื้นที่ฝั่งแม่น้ำน่านด้านตะวันออก ->เขื่อนสิริกิติ์

แม่น้ำยม -> ภูมิพล (ท่อทองแดง, เขื่อนวังยาง)/กำแพงเพชร

แม่น้ำพิจิตรเก่า

บ่อบาดาล –> ช่วยภัยแล้ง

- ความต้องการด้านต่างๆ

ด้านการเกษตร โดยเฉพาะนาข้าว (นาปี/นาปรัง) ฝั่งยมที่ไม่มีระบบชลประทาน และฝั่งน่านนอกพื้นที่ชลประทาน

- การใช้น้ำด้านต่างๆ

น้ำอุปโภค ปัญหาปนเปื้อนเหมืองทองแดง

- ประวัติ อุทกภัย น้ำแล้ง น้ำเสีย

มีปัญหาน้ำท่วมเป็นประจำทุกปี และแล้งในพื้นที่สูงนอกเขตชลประทาน

- แนวโน้ม อุณหภูมิ ฝน น้ำท่า อนาคต

สภาพน้ำท่าน่านไม่แน่นอนตามการระบายเขื่อนสิริกิติ

- ข้อสังเกต

2) ด้านความต้องการ

- การเติบโต และแนวโน้มของเมือง ธุรกิจ

มีการปรับเปลี่ยนตัวเมืองน้อย ติดปัญหาผังเมือง มีการบุกรุกผิดกฎหมาย

- แนวโน้มการเติบโต

มีการปรับเปลี่ยนเป็นมาปลูกอ้อยตามนโยบายรัฐและมีโรงงานน้ำตาลมาตั้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากย้ายจากภาคกลาง

- ความต้องการอนาคต

ด้านการเกษตรโดยเฉพาะพื้นที่นอกเขต และอุตสาหกรรมแปรรูปด้านการเกษตร

- ความสามารถการปรับตัว

จากนโยบายรัฐ -> ส่งเสริมอ้อย -> มีโรงงาน (และกำลังเพิ่มขึ้น) ปัญหา ราคาตก

แก็มลิง นโยบายรัฐ ติดปัญหาพื้นที่มีขนาดใหญ่ไม่มีเอกสารสิทธิ

- มูลค่าผลผลิต

มีแนวโน้มราคาลดลง

- อุปสรรคในการปรับตัว

ที่นามีลักษณะเหมาะสมในการปรับตัวเป็นที่ลุ่ม

ที่นาเช่า

พื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ

นโยบายรัฐไม่เหมาะสมกับพื้นที่การเพาะปลูก

3) ด้านการจัดหา

- โครงการพัฒนา

แม่น้ำพิจิตรสายเก่า และบึงสีไฟ (5,000 ไร่)

- อาคาร หรือโครงการช่วงวิกฤติ

ประตูระบายน้ำคลอง dr 2.8 ยมไปน่าน

ขุดเจาะบ่อบาดาล

- ปัญหาและอุปสรรค

การบุกรุกพื้นที่และ กฎหมายพื้นที่ชุ่มน้ำกรมเจ้าท่าในการเข้าขุดลอกบึงสีไฟ

4) ด้านการบริหาร

- ผู้ดูแลพื้นที่

โครงการชลประทานพิจิตร/ทรัพยากรน้ำภาค 9/อบจ.พิจิตร (โครงการบริหารน้ำจังหวัด)/ป้องกันภัย/ทหารจังหวัด

- เกณฑ์การจัดสรรน้ำ

อุปโภค/เกษตร

- การปล่อยน้ำหรือกักเก็บ
- กลไกที่ใช้ควบคุม
- งบประมาณ
- การแก็ไขปัญหา
- ปัญหาอุปสรรค
- กลไกการมีส่วนร่วม
- แผนยุทธศาสตร์ พัฒนา และแผนปฏิบัติการ
- แนวทางการบริหาร
- เครือข่ายบริหารจัดการ

อบจ.เป็นหลัก

5) อื่นๆ

- ข้อมูลและสารสนเทศ

โครงการศูนย์บริหารจัดการน้ำจังหวัด (เครือข่ายมูลนิธิอุทกพัฒน์) -> โครงสร้างระบบน้ำ

- กลไกการสื่อสาร

คณะกรรมการภัยแล้ง/ป้องกันภัย,เกษตร,โยธา,ชลประทาน

- ระบบฉุกเฉิน สำรอง

5. ภาพบรรยากาศการประชุม














**6. รายชื่อผู้เข้าร่วมการประชุม**

| | |
|---|---|
| 1.คุณเทพพงษ์ ตรีเนตร | สำนักชลประทานที่ 3 |
| 2.คุณสุภานันท์ เทพภักดี | ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต 9 พิษณุโลก |
| 3.คุณวิโรจน์ บุญส่งแท้ | ผู้แทนองค์กรผู้ใช้น้ำภาคเกษตรกรรม |
| 4.คุณพงษ์ศักดิ์ ทองกู่ | สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 9 พิษณุโลก |
| 5.คุณเฉลิม พันธุ์ศรี | ผู้แทนองค์กรหรือกลุ่มผู้ใช้น้ำภาคเกษตรกรรม |
| 6.คุณนิติพงศ์ ยอดแก็ว | สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาพิษณุโลก |
| 7.คุณมะลิ ทองคำปลิว | ผู้ทรงคุณวุฒิ |
| 8.คุณพันธุ์พัฒน์ พิชา | หอการค้าจังหวัดน่าน |
| 9.คุณธนพล อินมงคล | สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จ. น่าน |
| 10.คุณวุฒิไกร กุลกัลชัย | ผู้แทนกลุ่มผู้ใช้น้ำภาคเกษตรกรรม จ. น่าน |
| 11.คุณนฤมล คุ้มเกตุ | อบจ. พิจิตร |
| 12.คุณณิชานันท์ ดีมั่น | อบจ. พิจิตร (ติดตาม) |
| 13.คุณรัชชานนท์ เม่นสุข | อบจ. พิจิตร (ติดตาม) |
| 14.คุณพันธุ์ณต สุวรรณโชติ | อบจ. พิจิตร (ติดตาม) |
| 15.คุณนำพล เสมาทอง | อบต. ท่าหลวง จังหวัดพิจิตร |
| 16.คุณมานะ วุฑฒยากร | อบต. วังกรด จังหวัดพิจิตร |
| 17.คุณธีระ เงินวิลัย | สนง. ทสจ. อุตรดิถ์ |
| 18.คุณมรกต อารียะ | ผู้ทรงคุณวุฒิ จ. อุตรดิตถ์ |
| 19.คุณพงษ์ศักดิ์ ทองอยู่ | ผู้ทรงคุณวุฒิ จ. อุตรดิตถ์ |
| 20.คุณจิณณ์เกษม เชื้ออินทร์ | จ. อุตรดิตถ์ |
| 21.คุณนเรศ กัลปนาไพร | ภาคอุตสาหกรรม จ. อุตรดิตถ์ |
| 22.คุณบรรจง ศรีสะอาด | เขื่อนสิริกิติ์ - ปฏิบัติการ จ. อุตรดิตถ์ |
| 23.คุณพีรนาฏ พลนรัตน์ | สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล จ. กำแพงเพชร |
| 24.คุณวีรศักดิ์ กาวิน | สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล จ. กำแพงเพชร (ติดตาม) |
| 25.รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงษ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 26.รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลกุล | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

| | |
|---|---|
| 27.ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 28.คุณโชยชัย สุทธิธรรมจิต | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 29.คุณศักย์ สกุลไทย | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 30.คุณมาดา บัวทอง | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 31.คุณธรณินทร์ เป่าสง่า | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 32.คุณตุลยวัต มหาวงศ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 33.คุณชานนท์ รัศมีประเสริฐ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

**ภาคผนวก จ-1**

**สรุปผลการประชุมเครือข่ายวิจัย เรื่อง**

**เครื่องมือในการวางแผนพัฒนาโครงการด้านทรัพยากรน้ำและการปรับตัวระดับจังหวัด**

**ในวันอังคารที่ 22 มีนาคม 2559**

**เวลา 13.30-16.30 น.**

**ห้องประชุมชั้น 2 ตึก 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

**1. กำหนดการ**

13.30-16.30 น. นำเสนอชุดความรู้ที่เกี่ยวกับการวางแผนและการปรับตัว 5 เรื่อง ดังนี้

(เวลาของการนำเสนอ 20 นาที)

**ส่วนที่ 1** การวางแผนน้ำ (ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ดำเนินรายการ)

ชุดที่ 1 การวางแผนน้ำแบบหลายอนาคตภาพและหาความต้องการใช้น้ำในอนาคต (กรณีน่าน)

นำเสนอโดย ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดที่ 2 โปรแกรมการคัดเลือกโครงการ

นำเสนอโดย ผศ.ดร. ปกรณ์ ดิษฐกิจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์)

ชุดที่ 3 การจัดทำโครงสร้างข้อมูลและแผนที่เพื่อวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำระดับจังหวัด

นำเสนอโดยนายศักย์ สกุลไทย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ส่วนที่ 2** การปรับตัว (คุณศุภกรชินวรรโณดำเนินรายการ)

ชุดที่ 4 แผนการดำเนินงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (NAP)

ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุดที่ 5 แนวคิดการวางแผนปรับตัวระดับจังหวัด

นำเสนอโดยคุณศุภกร ชินวรรโณ

ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก

**ส่วนที่** 3 พูดคุยแนวทางการทำวิจัยต่อไป

นำเสนอโดย รศ.ดร.ชนาธิป ผาริโน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

**2. ผลการประชุม**

**ช่วงที่ 1 การนำเสนอชุดความรู้เกี่ยวกับการวางแผนและการปรับตัว**

1. การพัฒนาบริหารระบบจัดการน้ำ ภายใต้ความไม่แน่นอนในอนาคต

ปัจจุบันเรามีทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในที่เราต้องดูแล ในส่วนของปัจจัยภายนอกเรามีเป้าหมายการพัฒนาระดับโลก ในเรื่องของ millennium development goal ปีที่แล้วทาง UN ได้กำหนดเรื่องของ climate change ลงไปในแผน ซึ่งจริงๆ แล้ว แผนนี้เป็นอย่างไรต่อ index ต่างๆ สภาพัฒน์จะรับเรื่องของ UN ในภาคใหญ่ระดับโลกมาเชื่อมโยงกับการพัฒนาในเชิงของประเทศไทย ซึ่งจริงๆ แล้วเราอาจจะต้องมองว่าในแต่ละ sector บางตัวมีความเกี่ยวข้องเยอะบางตัวเกี่ยวข้องน้อย

ส่วนที่1 คือ เราต้องมาดูว่าประเทศไทยจะต้องตอบโจทย์ของตัวเองให้ได้ก่อน ว่าเราจะพัฒนาด้านไหนและตัวอะไรที่เราไม่สามารถที่จะละเว้นได้

ส่วนเรื่องที่ 2 คือ เราจะไปเชื่อมโยงกับระดับโลกอย่างไร เพราะสุดท้ายแล้วเราต้อง link กับต่างประเทศ แม้กระทั่งในเชิงเศรษฐกิจเราก็ส่งออก ถ้าส่งออกโต GDP ก็โตในส่วนนี้ค่อนข้างชัดเจน

เมื่อปลายปีที่แล้วมีเรื่องของ UN Climate Change conference (COP 21) ท่านนายกฯได้ไป commit ไว้ว่าเราจะลดให้เหลือ 20% ถ้า 25% ก็ได้ ถ้าหากได้รับในเรื่องของการสนับสนุนในเชิงของเทคนิค หรือในเชิงของ budget นั้น ในส่วนนี้จะไปพูดอีกทีในช่วงที่ 2 เรื่องของการปรับตัวของประเทศไทย

ถัดมา เรามาดูภายในประเทศไทย เรื่องของเป้าหมายการพัฒนาประเทศไทย ปีที่แล้วเรามีอะไรใหญ่ๆ มาหลายตัว เช่น แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำ มีการวางแผนล่วงหน้า 12 ปี มีเรื่องของ climate change เข้ามามีส่วนร่วมด้วย ทางสภาพัฒน์เองปีที่แล้วก็มีการรับฟังความคิดเห็นเพื่อที่จะจัดทำแผนพัฒนาเศราฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับใหม่ ปัจจุบันเราอยู่ที่ฉบับที่ 11 ซึ่งปีหน้าก็จะเริ่มแผนใหม่ ซึ่งทางสภาพัฒน์ได้มีการวางแผนไว้ 2 แบบ คือ แบบแรกคือ แบบระยะยาวประมาณ 20 ปี เป็น future Thailand ในอีก 20 ปีข้างหน้า อีกตัวจะเป็นแผน 5 ปี ซึ่งทำทุกๆ 5 ปีอยู่แล้ว

ซึ่งแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติจะไปเชื่อมกับจังหวัด โดยที่จังหวัดก็จะมีแผนยุทธศาสตร์จังหวัดเหมือนกัน 5 ปี ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นแผนของ UN ที่เป็นกรอบใหญ่ของโลกแล้วก็มีแผนของ

ประเทศไทย ก็คือแผนของสภาพัฒน์ที่คลุม 5 ปี และแผนจังหวัด ซึ่งควรจะต้องสอดคล้องกันในบางประเด็น ส่วนประเด็นที่มีความยูนีคกัน ก็เป็นเรื่องของจังหวัดที่จะต้อง reissue นั้นขึ้นมาให้ได้ ถ้าดูในส่วนของแผน 12 แต่ตอนนี้ยังเป็นร่างอยู่ ส่วนตัวคิดว่ากรอบหลักๆที่คุยกับสภาพัฒน์คือไม่น่าจะเป็นแปลงเยอะ มีการพูดถึงเรื่องของการลงทุนด้านน้ำ การบริหารจัดการให้ยั่งยืน มีการปรับตัวภายใต้ความเสี่ยง climate change เนื่องจากโลกพูดถึงเรื่อง climate change ประเทศไทยเราหลบไม่ได้ก็ต้องพูด จริงๆมีอยู่ประเด็นหนึ่งในเรื่องของ ปัจจุบันถ้ากู้เงินจาก ADB จะต้องทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงเรื่อง climate change ด้วย นะไม่อย่างนั้นเขาไม่ให้กู้ ไจก้าก็เป็นอีกองค์กรนึงที่มีเคสในการลงทุนสร้างเขื่อน infrastructure ให้ที่แอฟริกา แต่จริงๆ แล้วสิ่งที่เขา concernมากก็คือไปสร้างจะมีน้ำ inflow เข้ามาในอ่างรึเปล่า เพราะฉะนั้นก่อนที่เขาจะไปสร้างเขาจะส่งผู้เชี่ยวชาญไปดูก่อนว่า ในด้านของ climate change อนาคตมันมีผลกระทบเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำและเกษตรอย่างไร นี่เป็นประเด็นที่ทำให้หลายๆส่วนเริ่มพูดถึงเรื่องเหล่านี้มากยิ่งขึ้น และถ้าพูดเรื่องน้ำจะมีอยู่ 2 ตัว คือ น้ำเพื่อการพัฒนา และ ภัยพิบัติด้านน้ำ

น้ำเพื่อการพัฒนา คือน้ำที่เราใส่เข้าไปเพื่อให้เกษตร อุตสาหกรรม บริการ มันเติบโตขึ้นได้ ส่วนภัยพิบัติด้านน้ำ คือ (ไฟล์เสียงมันถูกเลื่อนไปพูดถึงเรื่องของเหตุการณ์น้ำท่วมปี 54) หลังจากปี 54 จนถึงปีปัจจุบัน ปัญหาที่พบจะเป็นเรื่องของน้ำแล้ง scale ความเสียหายก็จะอยู่ที่ประมาณ หมื่นล้าน เป็นประเด็นที่ โดยปกติสำนักงบประมาณจะเตรียมเงินฉุกเฉินไว้ปีละประมาณ 3-4 หมื่นล้าน ช่วงหลังจะเริ่ม concern ว่าที่เตรียมไว้ในอดีตไม่พอ เพราะเริ่มมีเหตุการณ์ความไม่แน่นอน ทั้งเรื่องของการพัฒนาที่มีมูลค่าสูงขึ้นรวมถึงเรื่องความเสียหายในเรื่องของ climate change มากขึ้นที่ยังปนๆ กันอยู่ สิ่งที่เราเจอก็คือ เรื่องมาตรการที่เตรียมไว้ในอดีตเริ่มจะไม่พอ แสดงว่ามีความไม่แน่นอนในอนาคตที่มากขึ้น ยกตัวอย่างปีนี้ ปี 58 ที่มีน้ำต้นทุนจะสังเกตว่า(ข้อมูลจากกรมอุตุฯ) สีแดงยิ่งเข้มแสดงว่าเป็นปริมาณน้ำฝนที่น้อยกว่าปกติค่าเฉลี่ย 30 ปี ถ้าสีเขียวคือมากสังเกตจากปีที่แล้วน้อยโดยทั่วไปประมาณ 10 % คำถามง่ายๆ คือถ้าทุกคนเริ่มกลัวแล้วอนาคตมันจะเป็นอย่างไร

เรื่องของการบริหารจัดการน้ำโดยมนุษย์ ปริมาณน้ำในอ่างเส้นสีฟ้า คือเส้นที่ปี 54 ที่ท่วมหนักๆ ประมาณกันยายนน้ำเต็มเขื่อนแล้ว ขณะที่หลังจากนั้นสังเกตดูว่ากราฟมันจะวิ่งตกมาตลอด โดยเฉพาะสีส้ม ส่วนสีแดงคือ ปี 59 นี่คือปัจจุบัน หลังจากปี 54 และปี 59 ต่ำสุด เพราะฉะนั้นปีนี้เรามีน้ำใช้การน้อยกว่าปี 58 ประมาณครึ่งนึง ที่เราต้องใช้จนถึงต้นหน้าฝน ถ้าเกิดว่ามีเรื่องของฝนทิ้งช่วงแบบปีที่แล้วสัก 2 เดือน แบบนี้จะลำบาก ทั้งในเรื่องของน้ำ เรื่องของการพัฒนา เรื่องของภัยพิบัติด้วย สิ่งที่สำคัญคือมันมีเรื่องของความไม่แน่นอนในอนาคต ทั้งในเรื่องของ demand การพัฒนาเศรษฐกิจสังคม กับเรื่อง supply

คือเรื่องของปริมาณน้ำที่เรามี ถ้าเมื่อก่อนเราฟังเรื่องของ climate change เราจะได้ยินเรื่องของ AR4 เวลาที่เขาพูดจะพูดว่า A1B ซึ่งจะเป็นเส้นแบบกลางๆ เพราะฉะนั้นเวลาเรามองจะได้ยินเรื่องของ A1B เยอะหน่อย ซึ่งปัจจุบันข้อด้อยของ A1B ก็คือเราไปเน้นเรื่องของการพัฒนาในอนาคต แต่สิ่งที่เจอคือมันไม่จริง เพราะว่าในอนาคตมันปรับเปลี่ยนได้ ยกตัวอย่าง เช่น เราบอกว่า ประชาชน concern มากขึ้นหรือทางภาครัฐ concern เขาก็นำไปใส่ในส่วนของ adaptation or mitigation ปรากฏว่า A1B มันดิ้นไม่ได้ เพราะฉะนั้นหลังจากภาคนั้นมาก็มีการปรับ ในตัวรายงานใหม่จะมองว่าทุกอย่างเป็น scenario หมดเลย

scenario มาจากแนวความคิดที่ว่าไม่มีความแน่นอนในอนาคต พอไม่มีความแน่นอนเราก็ไม่สามารถบอกได้ว่าในอนาคตมันจะเป็นอย่างไร แต่ว่าเราสามารถบอก trend ได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้น เพราะฉะนั้นการพัฒนาแนวใหม่จะเป็นการมองในเชิง scenario ทั้งหมด สังเกตว่าแนวตั้งจะเป็นเรื่องของ climate change ซึ่งจะวัดจากปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศว่าเป็นกี่ส่วนต่อ 1 ล้าน ปัจจุบันอยู่ที่ 500 ซึ่งพยายามไม่ให้เกิน 550

ในปัจจุบัน climate change เรามองเป็น RCP (Representative Concentration Pathways)เป็นตัวที่บอกถึงความเข้มข้น หรือก็คือว่าในอนาคตข้อจำกัดทางด้าน climate change จะเป็นอย่างไร สิ่งที่สำคัญคือมองในเชิงของการพัฒนาเศรษฐกิจสังคมต้องมองควบคู่กันไป ยกตัวอย่างเช่น สมมติเรามองว่า การพัฒนาแบบ root ที่1 มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน สีแดง สีเขียว สามารถบอกว่าเราสามารถลดผลกระทบที่เกิดจาก climate change ได้จากการใช้เรื่องของ mitigation & adaptation เข้ามาช่วยลุ่มน้ำ กรณีน่าน เราต้องมองว่าในอนาคตลุ่มน้ำน่าจะพัฒนาอย่างไร มี 2 เรื่องคือ

1.ลุ่มน้ำน่านจะโตไปแบบไหน

2.ลุ่มน้ำน่านในเชิงของ climate change ผลกระทบคืออะไร ในเรื่องน้ำ ในเรื่องของเศรษฐกิจสังคม หรือเรื่องของเงินเป็นส่วนสำคัญ

สิ่งที่ทางภาครัฐเขาอยากรู้อันดับแรกก็คือ ผลกระทบคืออะไร 2.มันมีความเสียหายเท่าไหร่ 3.แล้วจะให้ทำอะไร ซึ่งทางเราควรที่จะหาคำตอบให้ได้

คราวนี้พอเรามองอนาคตเรื่องความต้องการใช้น้ำกับน้ำต้นทุน เหมือนกับเรื่องของ demand & supply ในส่วนของ demand พยายามจะมองภาพฉายอนาคตว่าน่าน อนาคตจะโตไปแบบไหน ยกตัวอย่างเช่น ลุ่มน้ำน่านเมืองน่าอยู่ ลุ่มน้ำน่านภูมิภาคที่โดดเด่น หรือว่าลุ่มน้ำน่านคนและป่าอยู่ร่วมกัน แต่จริงๆแล้วสิ่งที่เจอในแต่ละจังหวัดคิดไม่เหมือนกัน ในทีนี้เราพยายามจะมองในภาพฉายหลายๆแล้วมา

เชื่อมเข้าหากัน เพื่อจะหาว่า linkage แต่ละตัวเป็นยังไง แผนพัฒนาเศรษฐกิจเป็นยังไง เอกชนมองภาพอนาคตแบบไหน และตัวประชาชนเขาอยากให้จังหวัดโตไปอย่างไร ซึ่งพอเรานำมาประกอบกันจะเห็นภาพชัดเจนขึ้น

ในส่วนของภาพฉายแรก คือ ลุ่มน้ำน่านเมืองน่าอยู่ ลุ่มน้ำน่านมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากอดีต แต่คนยังมีวิถีชีวิตแบบเดิมมีคนย้ายมาทำให้เมืองใหญ่ขึ้น ยังคงปลูกพืชหลักในระบบพาณิชย์เชิงเดี่ยว ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวล้อม อุตสาหกรรม บริการ และการท่องเที่ยวยังเชื่อมโยงกับภาคเกษตร เรามองลุ่มน้ำน่าน 25 ลุ่มน้ำ ก็ไม่เหมือนกัน ในสมัยก่อนชอบอิงจากเศรษฐกิจ แต่สิ่งที่เจอจริงๆก็คือ เวลาจะมองต้องมองทั้งมิติเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไปเพื่อให้ทุกๆอย่างๆตอบสนองกับ save holder ทุกตัว

ภาพฉายที่ 2 จะเป็นลุ่มน้ำน่านแบบภูมิภาคที่โดดเด่น ซึ่งพิษณุโลกกับอุตรดิตถ์เขาอยากเป็นแบบนี้ เนื่องจากมีเส้นทางรถไฟที่วิ่งผ่านทั้ง 2 จังหวัด แต่อุตรดิตถ์มี 2 สถานีที่รับคนและรับขนส่งสินค้า ในทีนี้จะมองว่าลุ่มน้ำน่านจะโตแบบก้าวกระโดด โดยเน้นในเรื่องของภาคบริการเป็นหลัก เพราะศักยภาพของเขาเป็นภาคบริการ

ภาพฉายที่ 3 จังหวัดน่านกับพิจิตรจะคล้ายกัน คือ อุตสาหกรรมไม่โดดเด่น หลักๆจะเป็นเรื่องของเกษตรเป็นตัวหลักและภาคบริการที่เชื่อมโยงกับเกษตร

โดยสรุปก็คือ น้ำเป็นปัจจัยในการผลิตเพื่อการพัฒนา เช่น เรามี GDP มีเรื่องของการใช้น้ำ เพราะฉะนั้นถ้าน้ำไปลงถูกที่ถูกจุดมันสามารถที่จะผลิตเงินออกมาได้ในเชิงของเศรษฐกิจ ถัดมาคือเรื่องของ demand site เราต้องการใช้น้ำเท่าไหร่เพื่อการพัฒนา ถัดมาในเรื่องของ supply อยากรู้อนาคตความไม่แน่นอนของน้ำต้นทุนเป็นอย่างไร ซึ่งมาจากเรื่องของธรรมชาติ + climate change และการจัดการของมนุษย์ ซึ่งถือว่าเป็น adaptation อย่างหนึ่ง ถัดมาทำเรื่องของบัญชีน้ำทั้งในเรื่องของน้ำเกิน น้ำท่วม ความเสียหายทางเศรษฐกิจและสังคมเท่าไหร่ สามารถที่จะหาได้เลยว่า ผลกระทบรายพื้นที่เป็นอย่างไร และจบที่งบประมาณลงไปให้ถูกจุด ซึ่งจะต้องสนับสนุนเป้าการพัฒนา และลดข้อจำกัดในเรื่องของน้ำ เพราะฉะนั้นนี่เป็นเรื่องของแผนพัฒนาที่อยากจะให้ทำ

สรุปสุดท้ายคือ ในการวางแผนน้ำควรวางแผนให้ถูกที่ ถูกเวลา ถูก content และก็ถูก issue เพราะฉะนั้นลุ่มน้ำน่านอยากจะโตแบบนี้ เราจะบริหารจัดการน้ำอย่างไรที่จะไม่ให้เกิดภาวะการสูญเสียน้ำ และให้ลุ่มน้ำน่านโตไปในแบบคนในลุ่มน้ำน่านอยากให้เป็น

**2. โปรแกรมการคัดเลือกโครงการ (ผศ.ดร.ปกรณ์)**

คล้ายๆ กับระบบตัดสินใจเรื่องของการจัดการงบประมาณด้านแหล่งน้ำของจังหวัด ซึ่งเป็นแค่ขั้นตอนแรกของการเข้าไปทำงานร่วมกับจังหวัด เราอยากจะมีแผนน้ำจังหวัดซึ่งมีการบูรณาการทุกส่วนเข้าด้วยกัน ขณะเดียวกันเราจะพูดถึงเรื่องของสารสนเทศในระดับชุมชนที่ต้องการ ซึ่งเราอาจจะมีแผนน้ำในระดับชุมชน อำเภอ หรือผ่าน อบจ. แต่ในขณะเดียวกันในภาพของจังหวัดควรจะมีเรื่องของแผนน้ำจังหวัดแบบบูรณาการ

การจะทำแผนน้ำแบบบูรณาการจะต้องรวบรวมแผนงานโครงการเบื้องต้น โดยจะทำอย่างไรที่จะรวบรวมแผนได้ตามที่ต้องการ เฉพาะฉะนั้นต้องนำระบบพิกัดและสารสนเทศเข้ามาช่วย ที่น่าสนใจก็คือแผนงานโครงการของหน่วยงานฟังก์ชั่น เกิดจากภาคประชาชนเป็นส่วนใหญ่ แต่ปัญหาคือ มีความซ้ำซ้อนกันของข้อมูล เช่น โครงการเดียวกันแต่ส่งไปคนละที่กัน มีความต้องการเหมือนกัน แต่ไม่เคยคลี่ออกมาดูว่ามันคือโครงการเดียวกัน เพราะฉะนั้นอาจจะต้องมีตัวที่จะมาช่วยดูความซ้ำซ้อนต่างๆ ของโครงการ สุดท้ายก็นำมาจัดลำดับความสำคัญของโครงการและดูในเรื่องของงบประมาณในแต่ละปีที่มีอยู่

ขั้นตอนหลักๆ จะมีอยู่ 4 ขั้น ก็คือ 1. รวบรวมแผนงานโครงการ : รวบรวมแผนงานเก็บเป็น excel file หลังจากนั้นจะมีเกณฑ์ที่ใช้ในการให้คะแนน และใช้หลักในการวิเคราะห์หลายเกณฑ์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล มีผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ให้ค่าคะแนนโครงการต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะให้ตัวสารสนเทศสามารถช่วยสนับสนุนในเรื่องของการตัดสินใจก็คือ ในส่วนของตัวรายงานจะทำเป็น dashboard หมายความว่าสามารถที่จะแสดงเจาะลึกว่าเป็นลุ่มน้ำ และจากลุ่มน้ำแตกเป็นอำเภอได้ไหม จากอำเภอเป็นตำบลได้ไหม และตำบลเป็นหมู่บ้านได้ไหม ดูจากจำนวนโครงการและงบประมาณที่ได้รับ เกณฑ์หลักๆ ก็จะมี เกณฑ์ทางด้านวิศวกรรม เศรษฐกิจสังคม เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และเกณฑ์ย่อยๆ ต่างๆ ตัว AHP จะเป็นตัวให้ค่าคะแนนว่าแต่ละตัวมีความสำคัญอย่างไร

ซึ่งตัวโปรแกรมนี้เป็นชุดการตัดสินใจ เกณฑ์แต่ละตัวที่กล่าวมาอาจจะเป็นแค่ตัวตั้งต้น เพราะในโปรแกรมสามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม อย่างไรก็ตามก็จะมีตัวเช็คเกณฑ์ต่างๆ ว่ามีความ

สมเหตุสมผลหรือไม่ในซอฟต์แวร์ ในส่วนของตัวโปรแกรมผู้ใช้งานจะแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ในส่วนของเจ้าหน้าที่ เป็นคนกรอกข้อมูลต่างๆ เข้ามา ส่วนผู้เชี่ยวชาญจะเป็นผู้ให้คะแนนโครงการ สุดท้ายคือผู้บริหารจะดูในส่วนของงบประมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง การเช็คความสมเหตุสมผลของเกณฑ์ต่างๆ จะทำการเช็คเป็นคู่ๆตามลำดับความสำคัญ ถ้าเกณฑ์ที่เช็คไม่มีความขัดแย้งกัน สุดท้ายก็จะออกมาในรูปของค่าน้ำหนักว่าของแต่ละเกณฑ์นั้นมีเท่าไหร่

การตั้งระบบ หรือการกำหนดผู้เชี่ยวชาญ สามารถจะใส่ไปได้เลย หรือมีฐานข้อมูลที่ทำไว้ของหน่วยงานต่างๆ ซึ่งตัวผู้เชี่ยวชาญจะแค่ 1 คน หรือ 2 คน หรืออาจจะมากกว่านั้นแล้วแต่ตัวโครงการ และสามารถให้ค่าคะแนนที่ไหนก็ได้หรืออาจจะมาอยู่รวมกันแล้วพิจารณาไปพร้อมๆ กันก็ได้ จากโครงการที่ผู้เชี่ยวชาญรับผิดชอบ โปรแกรมจะเช็คให้ว่าได้ประเมินครบแล้วหรือยัง มีส่วนไหนที่ยังไม่ได้ทำรึเปล่า ผู้เชี่ยวชาญจะเป็นคนเลือกโครงการเอง และให้ค่าคะแนนตามความเหมาะสม ตัวสำคัญคือแบบสอบถามที่ทำจะต้องสะท้อนกับเกณฑ์ที่ทำอยู่ด้วย ในบางส่วนอาจจะต้องทำการปรับเกณฑ์ในแต่ละพื้นที่ เพราะฉะนั้นผู้บริหารก็จะเห็นตัวคะแนน โครงการ งบประมาณ พิกัด อะไรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

สุดท้ายก็คือไฟล์ที่กำหนดออกมาและรีพอร์ตออกมา อาจจะเป็นลุ่มน้ำต่างๆ กราฟแท่งเป็นจำนวนโครงการ กราฟเส้นก็จะเป็นงบประมาณในแต่ละลุ่มน้ำในตอนนี้โปรแกรมสามารถตัดสินใจได้แค่นี้ หากทำให้ดีจะไปผูกกับ water balance ในการวิเคราะห์ระบบสมดุลน้ำต่างๆ ในโครงการนี้สามารถแบ่ง type ออกเป็น 3 แบบคือ น้ำแล้ง น้ำท่วม และน้ำเสีย โครงการนี้เสนอแบบคร่าวๆ ซึ่งในส่วนต่างก็สามารถปรับได้เรื่อยๆ

3. **การทำโครงสร้างข้อมูล แผนที่เพื่อการวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำระดับจังหวัด (นายศักดิ์ สกุลไทย)**

ในส่วนนี้จะพูดถึงโครงการที่ทำร่วมกับ สกว. เน้นการแปลข้อมูลที่ได้มาให้พื้นที่ได้เข้าใจว่าสถานกาณ์ในพื้นที่เป็นอย่างไร พูดถึงขอบเขตลุ่มน้ำตามบริบททางอุทกวิทยาว่าสภาพภายนอกติดกับพื้นที่อะไรบ้าง เขตปกครอง อาณาเขตที่เกี่ยวข้อง รวมถึงลุ่มน้ำในกรณีตัวอย่างจังหวัดนครปฐม ที่มีลุ่มน้ำท่าจีนและลุ่มน้ำแม่กลอง รวมทั้งเจ้าพระยาบางส่วนและมีลุ่มน้ำประกอบอื่นๆ นำเสนอข้อมูลน้ำท่าและสัดส่วนน้ำท่าที่ผ่านจังหวัดในแต่ละส่วนว่ามีอาคารพลศาสตร์และพื้นที่รับน้ำอย่างไรบ้าง

ขอบเขตพื้นที่ ลักษณะพื้นที่ทางกายภาพ ได้แก่ เป็นพื้นที่ลักษณะราบ ไม่มีป่าไม้ มีความสูงเฉลี่ย 2-10 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ก็จะเป็นข้อมูลทางกายภาพส่วนนึง สิ่งที่จะต้องเติมเข้าไปคือ ข้อมูลทางด้านภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้น และการระเหย เพื่อเป็นข้อมูลที่นำไปปฏิสัมพันธ์กับข้อมูลอื่นๆ แสดงถึงเส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ยของในพื้นที่ประมาณ 900-1100 มิลลิเมตรต่อปี โดยมีปริมาณน้ำที่อยู่ในพื้นที่ประมาณ 4193 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี

สภาพน้ำท่า เราพยายามกระจายสภาพน้ำท่าในรายตำบลนำไปใช้ประโยชน์ในการพิจารณาโครงการระดับอำเภอและตำบล สิ่งสำคัญอีกอย่างคือ เรื่องแหล่งน้ำ การให้ข้อมูลแหล่งน้ำและทางน้ำจะช่วยให้การตัดสินใจทางด้านทรัพยากรดีขึ้น ซึ่งจะมีจุดวัดปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ

สภาพการใช้จะแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก คือ อุปโภค อุตสาหกรรม และเกษตร โดยแสดงให้เห็นสัดส่วนการใช้ของทรัพยากรรายอำเภอ (รูปภาพ)

ทำไมต้องทำรายตำบล เพราะว่า เวลาทำโครงการในระดับพื้นที่ของจังหวัดต้องคุยกับ อบต. ต่างๆ ว่าสภาพน้ำเป็นแบบนี้จริงหรือเปล่า มาเปรียบเทียบกับความเป็นจริงในพื้นที่ เพื่อพัฒนาโครงการลุ่มน้ำ นอกจากจะทำการประเมินข้อมูลในอดีตยังได้ทำการคาดการณ์ข้มูลอนาคต เพื่อให้เห็นว่าโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงใหม่ในอนาคตของพื้นที่เป็นอย่างไรบ้าง ด้านเกษตรและอุตสาหกรรม ทำในลักษณะเป็นรายตำบลเช่นเดียวกันและทำการคาดการณ์

หลังจากการคาดการณ์ทางด้านอุปสงค์แล้ว จะดูในเรื่องของสภาพการจัดหาพื้นที่ โดยด้านอุปโภคมีแหล่งน้ำอะไรบ้าง เพื่อมาทำให้เห็นว่าสภาพการจัดการน้ำแต่ละด้านเป็นอย่างไรบ้าง แล้วกระจายข้อมูลลงมาในระดับรายตำบลหลังจากที่เราได้ข้อมูลทั้ง demand & supply มาแล้วทำการ source ดูว่าเมื่อกระจายลงรายตำบลแล้วเกิดสภาพการคาดแคลนอย่างไร

**ช่วงที่ 2** : การปรับตัว ยกตัวอย่างเช่น เรื่องของ climate change ในภาพใหญ่เป็นอย่างไร ภาพเล็กเป็นอย่างไร

ประเด็นเรื่องการปรับตัวที่จะพูดถึงคือการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ซึ่งมีการคุยกันใน 2 ประเด็น คือ อ.พงษ์ศักดิ์พูดถึงการวางแผนการปรับตัวในระดับประเทศ อีกประเด็นหนึ่งพูดถึงกรอบแนวคิดในเรื่องของการปรับตัวในระดับจังหวัด เน้นในเรื่องของการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำ

Global warming : ภาวะโลกร้อนกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เป็น 2 คำที่คนละความหมาย

โลกร้อน คือ การที่มี GHG มากขึ้น ก็กักเก็บความร้อนในชั้นบรรยากาศมากขึ้น อุณหภูมิบนผิวโลกก็สูงขึ้น ซึ่งก็คือสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านของการปรับตัว จะเป็น pattern ของฤดูกาล การกระจายตัวของฝน การเปลี่ยนแปลงความถี่ความรุนแรงของสภาพอากาศรุนแรง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ไม่ได้อยู่ในฟอร์ม

การปรับตัว คืออะไร : การสร้างความมั่นคง ความทนทานให้กับสังคมต่อภาวะอากาศในอนาคต ไม่ว่าสภาพอากาศในอนาคตจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร สังคมเรายังคงอยู่ได้ เพราะฉะนั้นนี่จะเป็นกรอบให้กับการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

กล่าวโดยสรุปคือ มันคือเรื่องของการจัดตั้งยุทธศาสตร์และแผน ให้มีความมั่นคง ทนทาน ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในอีกเรื่องนึงคือ sustainable development จะแน่ใจได้อย่างไรว่านโยบายและแผนที่มีอยู่และกำลังจะจัดตั้งนี้จะนำสังคมไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้จริง ไม่ได้นำสังคมไปสู่ความเสี่ยงใหม่ในอนาคต และให้แน่ใจว่า development plan หรือว่าแผนพัฒนาเศรษฐกิจสังคมยังคงบรรลุเป้าหมายภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การวางแผนการปรับตัวในระดับประเทศ

แผนยุทธศาสตร์ชาติจะดูใน 3 ยุทธศาสตร์หลัก คือ mitigation, adaptation and cope embassy ในส่วนของ mitigation ชัดเจนแล้ว แต่ในอีก 2 ส่วนยังไม่ชัด แต่ว่ามี สผ.ดูแลทุกภาคส่วนและต้องตอบโจทย์ประเทศและต่างชาติว่าเราจะไปสู่เป้าหมาย ในที่นี้เป็นเรื่องของกฎเกณฑ์ของโลก ปีที่แล้วทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ได้ทำกรอบเรื่องของ national adaptation framework กรอบการปรับตัวของประเทศให้กับ สผ. ปัจจุบันที่เราเจอปัญหากันคือ ประเทศใหญ่ๆที่ปล่อยก๊าซเยอะๆ ยังไม่ได้ให้ความร่วมมืออย่างเต็มที่

ประเทศไทยเรามี climate change master plan เรามองเป้าถึงปี 2050 ซึ่งมี 3 sector หลักๆ คือ mitigation, adaptation and cope embassy โดย mitigation จะเน้นเรื่องของการลด เช่น ผู้ที่ใช้รถยนต์ก็ให้เปลี่ยนมาใช้ขนส่งสาธารณะแทน

ส่วนของ adaptation มีอยู่ 6 sector ประกอบด้วย น้ำ, เกษตร, human supplement, public health, ทรัพยากรธรรมชาติ, การท่องเที่ยว และใน 6 ตัวนี้มีความเชื่อมโยงกัน แต่ประเทศไทยขาดอยู่ 3 อย่าง คือ ข้อมูล คน และเงิน

Adaptation Paris Agreement เป้าหมายหลัก 3 ประการ คือ เพิ่มศักยภาพในการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และส่งเสริมการพัฒนาคาร์บอนต่ำที่มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยที่ไม่กระทบต่อการผลิตอาหาร

Natural adaptation plan มีสเต็ปมาตรฐานคือ มี data, identify priority, identify target, natural adaptation framework ปัจจัยเหล่านี้สามารถปรับให้เข้ากับบริบทของแต่ละประเทศ

สรุปว่า ทรัพยากรน้ำประเด็นหลักคือ disaster การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง ส่วนประเด็นรองก็คือ การบริหารอย่างบูรณาการ ด้านเกษตรจะเป็นเรื่องความมั่นคงของพืชอาหารและพืชพลังงาน ประเทศไทยเรายังไม่มีแผนเรื่อง natural adaptation plan แต่เรามี framework ที่จะพยายามไล่ตามความพร้อมของแต่ละ sector

การปรับตัว (อ.ศุภกรณ์)

การศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีประเด็นพื้นฐานที่จะต้องทำความเข้าใจก่อน 4 - 5 เรื่อง คือ

1. อนาคตโดยเฉพาะอย่างยิ่งอนาคตระยะไกลไม่สามารถพยากรณ์ได้โดยตรงเพียงแต่เป็นแนวทางที่จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดขึ้น ว่ามีความเสี่ยงอะไรบ้างที่จะเกิดขึ้น

2. ในอนาคตภูมิอากาศไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่เปลี่ยน แต่ในเชิงเศรษฐกิจสังคมมันเร็วและส่งผลต่อความเสี่ยงที่ภาพส่วนในพื้นที่นั้นอาจจะเผชิญได้เร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเยอะมาก

3. การพูดถึงเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการปรับตัวจะต้องถูกอ้างถึงในบริบทเฉพาะว่าใครปรับตัวต่ออะไร อย่างไร ทำไม มันต้องหาความเชื่อมโยงกับภาคส่วนหรือพื้นที่นั้นกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศให้ได้

4. มีความเฉพาะในแง่ของพื้นที่และเวลา จะต้องนำมาซึ่งการวางแผนและคิดเฉพาะ เพราะเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไปภาคส่วนก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย

การศึกษาการปรับตัวเป็น conventional framework กรอบแนวคิดที่พัฒนามาในยุคแรก เพื่อจะดูว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตมันคืออะไร มีการคาดการณ์ ทำโมเดล สิ่งเหล่านี้นำมาทำการวิเคราะห์ในเชิงของกายภาพ แล้วคิดถึงความล่อแหลมและความเปราะบางโดยคิดเป็นรายภาคส่วนหรือรายชุมชน สุดท้ายก็มาหาการปรับตัว แนวทางการปรับตัวจะเน้นไปที่การแก้ปัญหาผลกระทบในระยะ 30, 50 ปี ซึ่งจะเกิดหรือไม่ก็ไม่ทราบแน่ชัด

**ช่วงที่** 3 : แนวทางการทำวิจัย จากต้นทุนที่มีอยู่ เราจะสามารถไปต่อในทิศทางไหน

อยากให้นักวิจัยไม่ว่าจะหน้าเก่าหรือใหม่ ให้มาช่วยกัย reissue เรื่องเครื่องมือการจัดการน้ำ ไม่ใช่แค่เฉพาะมิติของวิศวกรรมอย่างเดียว เพราะสิ่งที่เราต้องการเพียงวิศวะอย่างเดียวไม่สามารถให้คำตอบได้ในพื้นที่จริงเราต้องการความร่วมมือระหว่าง วิศวะ เศรษฐศาสตร์ บัญชี รัฐศาสตร์ และเรื่องสุดท้ายคือคนหรือ communication สุดท้ายจะติดปัญหาเรื่องการสื่อสารคือ จะสื่อสารอย่างไรให้คนในพื้นที่เข้าใจ

**3. ภาพบรรยากาศการประชุม**








**4. รายชื่อผู้เข้าร่วมการประชุม**

| | |
|---|---|
| 1.รศ.ดร.ชนาธิป ผาริโน | สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย |
| 2.คุณสุรีรัตน์ ชะนะมา | สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย |
| 3.คุณณพ สัยละมัย | สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย |
| 4.คุณศุภกร ชินวรรโณ | ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงฯ |
| 5.ศ.ดร. อรรถชัย จินตะเวช | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 6.รศ.ไพรัช ตระการศิรินนท์ | คณบดีคณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 7.รศ.ดร. สมบัติ ชื่นชูกลิ่น | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 8.รศ. ดร.มาฆะสิริ เชาวกุล | คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์ และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 9.ดร.วิเชียร เกิดสุข | สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 10.ดร.สกฤติ อิสริยานนท์ | คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 11.คุณอรรถวุฒิ นารถกุลพัฒน์ | คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 12.ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์ | คณะวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 13.ดร.โพยม สราภิรมย์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 14.คุณศรัญญา ทองทบ | |
| 15.รศ.ดร.เฉลิมชัย พาวัฒนา | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 16.ผศ.ดร.ปกรณ์ ดิษฐกิจ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 17.รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 18.คุณอัจฉราพรรณ ยอดรัก | ผังเมือง สถาปัตย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

| | |
|---|---|
| 19.คุณเยาวลักษณ์ จันทมาศ | ผังเมือง สถาปัตย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 20.คุณศิริพร หมอกใส | ผังเมือง สถาปัตย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 21.คุณรัตนาภรณ์ | สถาบันธรรมรัฐ |
| 22.ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 23.ดร.สุภัทรา วิเศษศรี | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 24.ดร.ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 25.นายโชคชัย สุทธิธรรมจิต | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 26.คุณศักย์ สกุลไทย | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 27.นางสาวมาดา บัวทอง | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 28.นายธรณินทร์ เป่าสง่า | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 29.นายตุลยวัต มหาวงศ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 30.นายชานนท์ รัศมีประเสริฐ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

# รายงานเวทีสาธารณะนโยบายน้ำ สกว. ครั้งที่ 7

## เรื่อง การเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ



ณ โรงแรมเอทัส ลุมพินี กรุงเทพฯ

23 มีนาคม 2559

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# คำนำ

รายงานฉบับนี้ได้สรุปผลการจัดงานเวทีสาธารณะนโยบายน้ำ สกว. ครั้งที่ 7 เรื่อง การเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ เนื่องในสัปดาห์อนุรักษ์ทรัพยากรน้ำแห่งชาติและวันน้ำโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ และกรณีตัวอย่างจากงานวิจัยและกรณีศึกษา การปรับตัวการบริหารน้ำในระดับต่างๆ (ลุ่มน้ำ จังหวัด ชุมชน) เพื่อเชื่อมโยงกับการจัดการในระดับต่างๆ ในลักษณะโครงข่ายการจัดการทรัพยากรน้ำ จากพื้นที่สู่นโยบาย

ทางคณะผู้จัด ภายใต้การสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย รวมถึงได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจาก สภาขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมควบคุมมลพิษ สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สถาบันการศึกษา องค์กร/เครือข่ายชุมชนน้ำ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการประชุม จึงขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

รศ.ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์
หัวหน้าโครงการ
23 มีนาคม 2559

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| 1. | หลักการและเหตุผล | 1 |
| 2. | วัตถุประสงค์ของเวทีสาธารณะนโยบายน้ำ ครั้งที่ 7 | 2 |
| 3. | การดำเนินการจัดสัมมนา | 2 |
| | 3.1 เนื้อหาการสัมมนา | 4 |
| | 3.2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ | 14 |
| 4. | สรุปภาพรวมของการจัดเวทีสาธารณะนโยบายน้ำสกว. ครั้งที่ 7 | 17 |
| 5. | บทส่งท้าย | 18 |

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารนำเสนอ

ภาคผนวก ข กำหนดการ

ภาคผนวก ค รายนามหน่วยงานเข้าร่วมสัมมนา

ภาคผนวก ง ประมวลภาพงานสัมมนา

ภาคผนวก จ ข่าวเวทีน้ำ สกว. จากวารสาร Engineering Today ฉบับที่ 153 พฤษภาคม-มิถุนายน 2559

ภาคผนวก ฉ สรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการขับเคลื่อนแผนของภาคีการพัฒนาต่างๆ ในเอกสารประกอบการประชุม 2559 ของ สศช.

**การจัดเวทีสาธารณะนโยบายน้ำสกว. ครั้งที่ 7**

**เรื่อง การเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ**

**วันพุธที่ 23 มีนาคม 2559**

**ณ โรงแรมเอทัส ลุมพินี กรุงเทพฯ**

---

**1) หลักการและเหตุผล**

จากที่คณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบตามแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (ปี พ.ศ. 2558-2569) เพื่อให้หน่วยงานที่รับผิดชอบใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศต่อไป ซึ่งประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์หลัก ได้แก่ (1) ยุทธศาสตร์การจัดการน้ำอุปโภคบริโภค (2) ยุทธศาสตร์การสร้างความมั่นคงของน้ำภาคการผลิต (เกษตรและอุตสาหกรรม) (3) ยุทธศาสตร์การจัดการน้ำท่วมและอุทกภัย (4) ยุทธศาสตร์การจัดการคุณภาพน้ำ (5) ยุทธศาสตร์การอนุรักษ์ฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมและป้องกันการพังทลายของดิน และ (6) ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการ รวมทั้งแนวทางการดำเนินงานในระยะเร่งด่วน/สั้น (ปี 2558-2559) ระยะกลาง (ปี 2560-2564) และระยะยาว (ปี 2565 ขึ้นไป)

ซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนเชื่อมต่อที่สำคัญที่เป็นปัจจัยในการทำให้แผนยุทธศาสตร์ฯ ที่กำหนดขึ้นนั้นประสบความสำเร็จก็คือหน่วยงานในพื้นที่จังหวัด และชุมชน ดังนั้นจึงควรนำการบริหารจัดการน้ำระดับจังหวัดและชุมชนมาเชื่อมต่อแผนงานยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำ โดยการบริหารจัดการหรือแผนการที่เหมาะสมและทันต่อเหตุการณ์จะช่วยลดและบรรเทาความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น การเรียนรู้ประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาของพื้นที่ จะช่วยให้เห็นองค์ประกอบระดับผู้ใช้เพื่อเชื่อมโยงกับหน่วยงานที่รับผิดชอบในการขยายศักยภาพเป็นโครงข่ายการจัดการทรัพยากรน้ำ (Water Linkage Management) ที่เข้มแข็งและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การจัดเวทีสาธารณะนโยบายน้ำ สกว. มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นเวทีของการสร้างเครือข่ายความรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์การจัดการทรัพยากรน้ำร่วมกัน ในระหว่างหน่วยงานนโยบาย หน่วยงานปฏิบัติ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ชุมชน และสถาบันการศึกษา เพื่อยกระดับความสามารถในการจัดการน้ำของชุมชน ท้องถิ่น จังหวัด และลุ่มน้ำ และเป็น "พื้นที่" ให้หน่วยงานรัฐได้หาทางเลือกและตัดสินใจร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการตัดสินใจการใช้ทรัพยากรน้ำที่มีจำกัดให้เป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมอย่างเป็นธรรม และให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการรับมือกับสถานการณ์ความเสี่ยงใหม่ในอนาคต โดยเวทีสาธารณะนโยบายน้ำจัดขึ้นในสัปดาห์อนุรักษ์ทรัพยากรน้ำแห่งชาติและวันน้ำโลกต่อเนื่องเป็น

ประจำทุกปีนับตั้งแต่ปี 2553 โดยนำเสนอแนวคิดการวางแผนการจัดการน้ำระดับจังหวัด การเชื่อมโยงการวางแผนน้ำกับการจัดทำแผนพัฒนาจังหวัด และกระบวนการเชื่อมโยงแผนระดับพื้นที่กับระดับนโยบาย และตัวอย่างรูปธรรมที่เกิดขึ้นจริง การจัดเวทีนโยบายสาธารณะน้ำ สกว. ในปี 2559 นี้นำเสนอเรื่อง การเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ

**2) วัตถุประสงค์ของเวทีสาธารณะนโยบายน้ำครั้งที่ 7**

นำเสนอการเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติและผลกรณีตัวอย่างจากงานวิจัยและกรณีศึกษา การปรับตัวการบริหารน้ำในระดับต่างๆ (ลุ่มน้ำ จังหวัด ชุมชน) เพื่อเชื่อมโยงกับการจัดการในระดับต่างๆ ในลักษณะโครงข่ายการจัดการทรัพยากรน้ำ จากพื้นที่สู่นโยบาย

**3) การดำเนินการจัดสัมมนา**

*ดร.ศิริพงศ์ หังสพฤกษ์ ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาประเด็นวิจัยเชิงยุทธศาสตร์เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อม สกว.* กล่าวเปิดงาน มีเนื้อหา ดังนี้

ปัจจุบันองค์การสหประชาชาติ ได้ประกาศให้วันที่ 22 มีนาคม ของทุกปี เป็นวันน้ำโลก เพื่อให้ตระหนักถึงความสำคัญของการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด ใช้น้ำอย่างมีคุณค่า ทั้งยังเป็นการกระตุ้นให้เกิดการตื่นตัวต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำด้วย ซึ่งในปีนี้ World Water Day 2016 อยู่ภายใต้หัวข้อ “Water and Jobs” ได้ให้ความสำคัญกับปริมาณและคุณภาพน้ำ เพื่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจและสังคม

สำหรับบทบาทของประเทศไทยต่อวาระ “น้ำกับงาน” รัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมากเนื่องจากน้ำมีความจำเป็นต่อคุณภาพชีวิตของคนในสังคมและการพัฒนาประเทศ ในช่วงปี พ.ศ. 2558-ปัจจุบัน ที่ประเทศไทยประสบภัยแล้ง รัฐบาลได้เตรียมรับมือตั้งแต่ปลายฤดูฝนปี 2558 โดยมีมาตรการต่างๆ ส่งเสริมให้เกษตรกรมีงานทำเพื่อชดเชยรายได้และเสนอแนวทางการจัดการน้ำที่มีน้อยให้มีรายได้ไม่น้อยกว่าเดิม อาทิ การปลูกพืชใช้น้ำน้อย การส่งเสริมอาชีพแก่เกษตรกร การพัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำ ระบบส่งน้ำ และระบายน้ำ และการสนับสนุนงบประมาณเพื่อพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เป็นต้น และมีการเตรียมการระยะยาว โดยกำหนดเป้าหมายของวิสัยทัศน์ในยุทธศาสตร์ชาติไว้ว่า ประเทศไทยจะต้องบรรลุ “มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” ซึ่งทรัพยากรน้ำและงานจะมีบทบาทสำคัญในการบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้โดยให้ความสำคัญต่อสิทธิของคนที่จะเข้าถึงน้ำ การสร้างงาน และการคุ้มครองแรงงาน และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ และทรัพยากรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในปี 2558 รัฐบาลได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (ปี พ.ศ. 2558-2569) เพื่อให้หน่วยงานที่รับผิดชอบใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ ซึ่งประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์หลัก ได้แก่ (1) ยุทธศาสตร์การจัดการน้ำอุปโภคบริโภค (2) ยุทธศาสตร์การสร้างความมั่นคงของน้ำภาคการผลิต (เกษตรและอุตสาหกรรม) (3) ยุทธศาสตร์การจัดการน้ำท่วมและอุทกภัย (4) ยุทธศาสตร์การจัดการคุณภาพน้ำ (5) ยุทธศาสตร์การอนุรักษ์ฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมและป้องกันการพังทลายของดิน และ (6) ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการ รวมทั้งแนวทางการดำเนินงานในระยะเร่งด่วน/สั้น (ปี 2558-2559) ระยะกลาง (ปี 2560-2564) และระยะยาว (ปี 2565 ขึ้นไป)

สกว. มีบทบาทในการสนับสนุนงานวิจัยด้านทรัพยากรน้ำมาอย่างต่อเนื่อง โดยสนับสนุนทั้งในลักษณะของงานวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ ภายใต้หัวข้อ “การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อม” และงานวิจัยเชิงพื้นที่และงานวิจัยท้องถิ่น โดยงานวิจัยของสกว.จะให้ความสำคัญกับการสร้างความมั่นคงของทรัพยากรน้ำในประเทศ ภายใต้เงื่อนไขความเสี่ยงใหม่ อันได้แก่ ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีจำกัดในขณะที่มีการเพิ่มขึ้นของประชากร การเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นเมืองมากขึ้น การเกิดวิกฤตพืชอาหารและพืชพลังงาน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงวิกฤตการณ์ต่างๆ เกี่ยวกับน้ำ โดยเน้นการสร้างความรู้เพื่อสร้างทางเลือกในการจัดการทรัพยากรน้ำให้เกิดประสิทธิภาพสูง กระจายประโยชน์แก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และแบ่งปันทรัพยากรที่เป็นธรรม ภายใต้เงื่อนไขจริงเฉพาะพื้นที่ตั้งแต่ระดับชุมชน จังหวัด และลุ่มน้ำ

ข้อค้นพบจากงานวิจัยของสกว.ที่ผ่านมา คือ ส่วนเชื่อมต่อที่สำคัญที่เป็นปัจจัยในการทำให้แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ที่กำหนดขึ้นนั้นประสบความสำเร็จก็คือหน่วยงานในพื้นที่ จังหวัด และชุมชน ดังนั้นจึงควรนำการบริหารจัดการน้ำระดับจังหวัดและชุมชนมาเชื่อมต่อแผนงานยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำ โดยการบริหารจัดการหรือแผนการที่เหมาะสมและทันต่อเหตุการณ์จะช่วยลดและบรรเทาความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น การเรียนรู้ประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาของพื้นที่ จะช่วยให้เห็นองค์ประกอบระดับผู้ใช้เพื่อเชื่อมโยงกับหน่วยงานที่รับผิดชอบในการขยายศักยภาพเป็นโครงข่ายการจัดการทรัพยากรน้ำ (Water Linkage Management) ที่เข้มแข็งและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การจัดเวทีสาธารณะนโยบายน้ำในวันนี้ นำเสนอ เรื่อง “การเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ” มีจุดมุ่งหมายเป็นเวทีของการสร้างเครือข่ายความรู้และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การจัดการทรัพยากรน้ำร่วมกันระหว่างหน่วยนโยบาย หน่วยปฏิบัติ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ชุมชน และสถาบันการศึกษา เพื่อยกระดับความสามารถในการจัดการน้ำของชุมชน ท้องถิ่น

จังหวัด และลุ่มน้ำ และเป็น “พื้นที่” ให้หน่วยงานรัฐได้หาทางเลือกและตัดสินใจร่วมกันกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการตัดสินใจการใช้ทรัพยากรน้ำที่มีจำกัดให้เป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมอย่างเป็นธรรม และให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการรับมือกับสถานการณ์ความเสี่ยงใหม่ในอนาคต

**3.1 เนื้อหาการสัมมนา**

เนื้อหาในการสัมมนาครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักซึ่งได้แบ่งการสัมมนาออกเป็นช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยมีเนื้อหาในช่วงเช้าเกี่ยวกับยุทธศาสตร์ประเทศกับน้ำ (มองจากบนลงล่าง) และช่วงบ่ายเกี่ยวกับการปรับการบริหารน้ำในระดับต่างๆ และประเด็นต่างๆ (ลุ่มน้ำ จังหวัด ชุมชน) เนื้อหาการสัมมนาทั้งสองช่วงสรุปได้ดังนี้

**ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี SDGs (Sustainable Development Goals) และแผนฯ 12 ของประเทศ**

*นางสาวลดาวัลย์ คำภา รองเลขาธิการคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ* กล่าวถึง ผลการพัฒนาประเทศในภาพรวมจะต้องมีปัจจัยสนับสนุน ปัจจัยเสี่ยงและข้อจำกัด โดยสถานะของประเทศจะมีทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีบริบทการเปลี่ยนแปลงทั้งภายในและภายนอก ซึ่งบริบทภายในนั้นจะมีการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ความเป็นเมืองและความเหลื่อมล้ำ ส่วนบริบทภายนอกนั้นจะมีเงื่อนไขเศรษฐกิจโลก การเข้าสู่สังคมสูงวัยของโลก เทคโนโลยี/นวัตกรรมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และวาระการพัฒนาของโลกภายหลัง ค.ศ. 2015 ด้านความสำคัญของร่างกรอบยุทธศาสตร์ชาติ วิสัยทัศน์ ประเทศมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งยุทธศาสตร์ชาติในกรอบการพัฒนาระยะยาวเพื่อให้บรรลุวิสัยทัศน์ประเทศมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงนำไปสู่การพัฒนาให้คนไทยมีความสุขและตอบสนองตอบต่อการบรรลุ ซึ่งผลประโยชน์แห่งชาติในการที่จะพัฒนาคุณภาพชีวิต สร้างรายได้ระดับสูงเป็นประเทศพัฒนาแล้ว และสร้างความสุขของคนไทย สังคมมีความมั่นคง เสมอภาคและเป็นธรรม ประเทศสามารถแข่งขันได้ในระบบเศรษฐกิจ

อนาคตประเทศไทยในปี 2579 ควรมีความร่วมมือกันขับเคลื่อนประเทศให้ก้าวไปสู่เศรษฐกิจและสังคมไทยมีการพัฒนาอย่างมั่นคงและยั่งยืน ระบบเศรษฐกิจมีความเป็นชาติการค้าบนฐานการขยายตัวของการค้าส่งปลีกและเศรษฐกิจดิจิทัลที่เข้มข้นขึ้น คนไทยในอนาคตมีศักยภาพในการร่วมกันพัฒนาประเทศ สังคมไทยเป็นสังคมที่เป็นธรรม มีความเหลื่อมล้ำน้อย เศรษฐกิจและสังคมพัฒนาอย่างเป็นมิตร

กับสิ่งแวดล้อม และระบบการบริหารภาครัฐมีประสิทธิภาพ ทันสมัย รับผิดชอบ โปร่งใส ตรวจสอบได้และประชาชนมีส่วนร่วม ตัวอย่างเป้าหมายในระยะ 5ปีของ (ร่าง)กรอบยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี มียุทธศาสตร์ดังนี้ 1) ยุทธศาสตร์ด้านความมั่นคง 2) ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน 3) ยุทธศาสตร์การพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคน 4) ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างโอกาสความเสมอภาคและเท่าเทียมกันทางสังคม 5) ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และ 6) ยุทธศาสตร์ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 12 มีแนวโน้มเศรษฐกิจและเป้าหมายดังนี้ เศรษฐกิจไทยในกรณีฐานในช่วง 10 ปีข้างหน้า มีแนวโน้มที่จะขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 3.3 - 4.3 ทำให้เศรษฐกิจไทยมีความเสี่ยงที่จะอยู่ในฐานะประเทศรายได้ปานกลางอย่างถาวร เนื่องจากโครงสร้างประชากรปรับตัวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ เป้าหมายการพัฒนาเศรษฐกิจในช่วงแผนฯ 12 จะต้องเร่งรัดให้เศรษฐกิจสามารถขยายตัวเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5.0 ต่อปี เพื่อให้ก้าวสู่การเป็นประเทศรายได้สูงได้ในปี 2569 ณ สิ้นแผนฯ 13 โดยการเร่งรัดการลงทุน การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเศรษฐกิจ และการสร้างฐานการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่สอดคล้องกับศักยภาพของเศรษฐกิจไทย รวมทั้งการเพิ่มขีดความสามารถทางด้านเทคโนโลยี การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม กฎระเบียบและการบริหารจัดการ โดยมีเป้าหมาย คือ 1) การพัฒนาเศรษฐกิจมหภาค 2) การพัฒนาเศรษฐกิจรายสาขา 3) การพัฒนาการเกษตรสู่ความเป็นเลิศด้านอาหาร 4) การเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพคน 5) การลดความเหลื่อมล้ำในสังคม 6) การเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน 7) การพัฒนาพื้นที่ ภาค และการเชื่อมโยงภูมิภาค และ 8) การบริหารภาครัฐโดยประชาชนเพื่อประชาชน

เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนในบริบทไทย คือ การพัฒนาที่ยั่งยืน จะต้องเป็นการพัฒนาที่ก่อให้เกิดความสมดุลหรือมีปฏิสัมพันธ์ที่เกื้อกูลกันในระหว่างมิติอันเป็นองค์ประกอบที่จะทำให้ชีวิตมนุษย์อยู่ดีมีสุขคือ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง วัฒนธรรม จิตใจ รวมทั้งทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทั้งต่อคนในรุ่นปัจจุบันและคนรุ่นอนาคตเอง เรื่องของน้ำภายใต้เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนนั้นควรสร้างหลักประกันให้มีน้ำใช้ และมีการบริหารจัดการน้ำและการสุขาภิบาลอย่างยั่งยืนสำหรับทุกคน โดยรายละเอียดสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก-2

**แนวคิดของการจัดทำยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ**

*นายสราวุธ ชีวะประเสริฐ ผู้อำนวยการสำนักงานเลขานุการคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ* กล่าวถึง แนวคิดของการจัดทำยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (2558-2569) มีดังนี้ คือ 1) การวางแผนด้านทรัพยากรน้ำต้องสนับสนุนทิศทางและเป้าหมายการพัฒนาประเทศ ตามแผนพัฒนาในระยะยาว (20ปี) ด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม 2) เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน กำหนดหลักการพัฒนาในเชิงสมดุล มีความเหมาะสมระหว่างศักยภาพ ความต้องการใช้น้ำ และการบรรเทาอุทกภัยขนาดใหญ่ โดยเพิ่มมาตรการบริหารจัดการ 3) การสร้างความมั่นคงในการจัดการทรัพยากรน้ำให้ครอบคลุมทุกประเด็นที่เกี่ยวกับน้ำ 4) กลไกการขับเคลื่อนให้สอดคล้องกับสถานการณ์ เป้าหมายการพัฒนา และความต้องการของพื้นที่ มีการบูรณาการในมิติพื้นที่ (ลุ่มน้ำ/จังหวัด) และมิติตามภารกิจ (หน่วยงาน) และ 5) โครงการต้องมีผลสัมฤทธิ์แก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นรูปธรรม ประเด็น ความมั่นคงด้านน้ำในประเทศไทย น้ำเพื่อการดำรงชีวิต (น้ำกิน น้ำใช้) น้ำเพื่อการประกอบอาชีพ การเปลี่ยนแปลงความเป็นเมืองมากขึ้น น้ำเพื่อการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ และน้ำเพื่อระบบนิเวศและการควบคุมน้ำเสีย

ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2558 - 2569 สู่จุดหมาย.....มั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ดังนี้ 1) การจัดการน้ำอุปโภคบริโภค 2) การสร้างความมั่นคงของน้ำภาคการผลิต (เกษตร/อุตสาหกรรม) 3) การจัดการน้ำท่วมและอุทกภัย 4) การจัดการคุณภาพน้ำ 5) การอนุรักษ์ฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมและป้องกันการพังทลายของดิน และ 6) การบริหารจัดการ แนวทางการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ มีกลไกการขับเคลื่อน การสร้างความรู้ความเข้าใจ จัดทำแผนยุทธศาสตร์ลุ่มน้ำ จัดทำยุทธศาสตร์งบประมาณ การเตรียมความพร้อม และการติดตามประเมินผล โดยรายละเอียดสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก-3

**ประเด็น SDGs ยุทธศาสตร์ประเทศ Cop21 กับการบริหารจัดการน้ำ**

*ดร.บัณฑูร เศรษฐศิโรตม์ สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม* กล่าวถึง ความตกลงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เกี่ยวกับพัฒนาการของระบบความตกลงโลกร้อน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของความตกลงปารีส เพื่อเสริมสร้างการดำเนินงานของอนุสัญญา รวมถึงวัตถุประสงค์ โดยมีเป้าหมายในการเสริมสร้างความร่วมมือในการตอบสนองต่อคุกคามจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในบริบทของการพัฒนาที่ยั่งยืนและความพยายามในการขจัดความยากจน ซึ่งได้มีการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส และควบคุมไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียส ควรมีการเพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งเสริมความต้านทาน

ต่อสภาพภูมิอากาศ และทำให้การไหลเวียนของเงินทุนสอดคล้องกับการดำเนินการเพื่อนำไปสู่การพัฒนาที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับต่ำและมีความต้านทานต่อสภาพภูมิอากาศ

โครงสร้างความตกลงปารีส มีลดก๊าซเรือนกระจก การดูดกลับและกักเก็บก๊าซเรือนกระจก และ REED+ cooperative approaches การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความสูญเสียและความเสียหาย การเงิน เทคโนโลยี การเสริมสร้างศักยภาพ และการสร้างความตระหนักและการศึกษา การลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) จะบรรลุตามเป้าหมายระยะยาวในการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ โดยตระหนักว่าประเทศกำลังพัฒนาจะ peak หลังประเทศพัฒนาแล้ว และจากนั้นจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างรวดเร็วในบริบทของตามผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่ดีที่สุด ด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Adaptation) นั้นเป้าหมายระดับโลกในด้านการปรับตัวเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการปรับตัว สร้างความต้านทานและลดความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการบรรลุสู่แนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน

นัยสำคัญต่อการดำเนินงานของประเทศไทย ซึ่งสิ่งที่ประเทศไทยจะต้องดำเนินการในการเตรียมความพร้อม คือ นโยบาย การเตรียมการด้านระบบฐานข้อมูล จัดทำแผนและมาตรการภายในประเทศอย่างบูรณาการ เสริมสร้างขีดความสามารถ และจัดทำข้อมูลกลไกการดำเนินงาน เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของโลกมี 17 ประเด็น โดยประเด็นที่ 6 เรื่องน้ำและการสุขาภิบาล ซึ่งในหัวข้อที่ 6.5 เรื่องการดำเนินการให้เกิดการจัดการบูรณาการ น้ำ ป่า การจัดการที่ดิน การวางแผนพัฒนาเมือง อุตสาหกรรม และหัวข้อที่ 6.6 การมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นนั้นเป็นประเด็นที่สำคัญ และประเด็นที่ 13 การต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้น ความเป็นจริงในปัจจุบันนั้นจะทำอย่างไรให้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นอยู่ในการวางแผนกำหนดโจทย์ ไม่ว่าจะเป็นการคมนาคม การพัฒนาเมือง การวางแผนอุตสาหกรรม หรือเรียกว่า Climate Smart Policy คือ ความท้าทายของประเทศไทยที่มีอยู่ โดยรายละเอียดสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก-4

**การเชื่อมโยงนโยบาย SDGs การบริหารจัดการน้ำ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**

*รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย* กล่าวถึง ประเทศไทยนั้นมี SDGs ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เรื่องน้ำ และความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น ซึ่งมิติในการวางแผนจากนี้ไปจะมี 2 เรื่อง คือ scenario base และ risk ในการวางแผน โดยบริบทการเปลี่ยนแปลงของโลกนั้นจะมีเงื่อนไขเศรษฐกิจโลก การเข้าสู่สังคมสูงวัยของโลก เทคโนโลยี/นวัตกรรมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และวาระการพัฒนาของโลกภายหลัง ค.ศ. 2015 ทั้งนี้ประเทศไทย

จะต้องหา risk & parity ว่าอยู่ในส่วนใดบ้าง ซึ่งจะมีความเปราะบางที่เกิดจาก 1) ปัจจัยจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2) ปัจจัยในเชิงการจัดการ และ 3) Black list ได้มีการให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำความรู้ไปประกอบการวางแผน และนำแผนไปใส่ให้กับคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติในลักษณะที่มี scenario & risk และเป็นภาพปกติ

ยุทธศาสตร์น้ำหัวข้อที่ควรเพิ่ม เช่น การรองรับความเสี่ยงใหม่ บนฐานของหลายภาพอนาคตของการพัฒนา ตอบสนองต่อปัญหาและมีสมดุลย์ เหมาะสม(ยั่งยืน) รายพื้นที่ จัดลำดับความสำคัญจากมุมความเสี่ยง และความเปราะบาง มีระบบจัดการฉุกเฉิน เป็นต้น กระบวนการวางแผนที่มีมิติความเสี่ยงพื้นที่ รูปแบบในปัจจุบันนั้นไม่มี โดยช่วงเช้าประเด็นต่างๆ ที่ได้นั้นจะทำอย่างไรให้เกิดการบูรณาการ ซึ่งจะต้องมี integrated planning ที่ต้องใช้เครื่องมือ และการเปลี่ยนแปลงจะต้องจับต้องได้ โดยรายละเอียดสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก-5

**ตัวอย่างการบริหารลุ่มน้ำน่าน-จังหวัด-ชุมชน**

*ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ และคุณโชคชัย สุทธิธรรมจิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย* ได้ร่วมกันนำเสนอ เนื้อหาตัวอย่างการบริหารลุ่มน้ำน่านที่เชื่อมโยงกับจังหวัดและชุมชน โดยมีการนำข้อมูลการศึกษาถึงสภาพน้ำต้นทุน การใช้น้ำ ทิศทางการพัฒนาของพื้นที่ที่ส่งผลต่อความต้องการใช้น้ำเพื่อให้การวางแผนมีภาพที่ชัดเจนในทุกระดับการวางแผน สำหรับการนำเสนอผลการศึกษาสภาพน้ำในลุ่มน้ำน่าน ได้นำผลจากการวิจัยโครงการศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์ ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ซึ่งการศึกษาวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ซึ่งในขณะนี้เป็นระยะสุดท้าย โดยผลการศึกษาที่ผ่านมานั้นลุ่มน้ำน่านเป็นลุ่มน้ำหลักในภาคเหนือของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนใน 6 จังหวัด ประกอบด้วย 16 ลุ่มน้ำย่อย ผลการวิเคราะห์ปัญหาเชิงกลยุทธ์ในลุ่มน้ำน่านเมื่อมองภาพรวมลุ่มน้ำ ซึ่งได้แบ่งเป็นพื้นที่ส่วนบน พื้นที่ส่วนกลาง และพื้นที่ส่วนล่าง สภาพปริมาณฝนในกรณีอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลนั้นจะเห็นได้ว่าที่ผ่านมาโดยเฉลี่ยฝนตกในพื้นที่ 1,261 มิลลิเมตร อนาคตอันใกล้ลดลง 1.4% อนาคตอันไกล 1,292 มิลลิเมตร สภาพน้ำท่าค่าเฉลี่ยในปีปัจจุบัน 27,490 ล้าน ลบ.ม./ปี ในช่วงอนาคตอันใกล้ 24,978 ล้าน ลบ.ม./ปี อนาคตอันไกล 28,767 ล้าน ลบ.ม./ปี สภาพของน้ำบาดาลนั้นจากข้อมูลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลมีศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่นี้ประมาณ 5,000 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งทางโครงการได้มีการศึกษาการคำนวณศักยภาพน้ำบาดาลด้วยแบบจำลองน้ำบาดาล (MODFLOW) ซึ่งได้คำนึงถึงสภาพของข้อจำกัดการพัฒนาพบว่ามีศักยภาพน้ำบาดาลอยู่ประมาณ 1,900 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี และ

แสดงปริมาณการใช้น้ำบาดาลและศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยต่างๆ ซึ่งสามารถนำเอาข้อมูลนี้มาใช้ในการประเมินน้ำต้นทุนในพื้นที่ได้ และได้แสดงภาพงบดุลน้ำรายลุ่มน้ำและรายจังหวัดเพื่อใช้ประกอบการวางแผนในระดับพื้นที่ได้

การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำภายใต้ความไม่แน่นอนในอนาคต น้ำเพื่อการพัฒนาและภัยพิบัติด้านน้ำ ความมั่นคงด้านน้ำ ความมั่นคงด้านอาหาร (เกษตร) การจัดการภายใต้ความเสี่ยงในอนาคต ปัจจุบันได้มีการกำหนดภาพฉาย scenario แบบใหม่ โดยจะดูว่าอนาคตจะเติบโตไปทางใดได้บ้าง ในส่วนแนวทางการพัฒนาจังหวัดในลุ่มน้ำน่านได้มีผลการประชุมสัมมนาของตัวแทนแต่ละจังหวัดในลุ่มน้ำน่าน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2559 ที่ผ่านมา ทางจังหวัดน่านเน้นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรและธรรมชาติที่มี และในการดำเนินการดังกล่าวจะต้องมีการปรับแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่ใกล้เขตเมือง ด้านทรัพยากรน้ำเนื่องจากสภาพฝนโดยรวมยังดี แต่มีปัญหาในช่วงหน้าแล้ง ต้องพัฒนาพื้นที่เก็บกักน้ำ จังหวัดอุตรดิตถ์มีการขยายตัวของเมืองเพิ่มมากขึ้นเป็นผลมาจากการเปิดประชาคมอาเซียน การใช้น้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค เพิ่มขึ้น ส่วนในภาคเกษตรบางพื้นที่มีแนวโน้มลดลงเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นที่พักอาศัยเพื่อรองรับการท่องเที่ยว จังหวัดพิจิตรเน้นกิจการด้านเกษตร (นา) เป็นหลักตามสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ และเป็นที่รวมของน้ำสามสาย ในการบริหารจัดการที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดควรเน้นการหาศักยภาพและการใช้ประโยชน์จากสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศให้มากที่สุด ต้องให้ชุมชนผนึกกำลัง ปรับแนวคิดในการพัฒนา ต้องเชื่อมโยงกับตลาดภายนอกอย่างเหมาะสม และต้องวางระบบกายภาพที่เหมาะสมกับการพัฒนาทั้งด้านเกษตร อุตสาหกรรมเกษตร และตลาดท่องเที่ยว โดยรายละเอียดสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก-6

**อนาคตของยุทธศาสตร์น้ำและยุทธศาสตร์จังหวัดภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: แนวคิดและประเด็นที่พึงพิจารณา**

*นายศุภกร ชินวรรโณ ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย* กล่าวถึง โครงการวิจัยการจัดการความเสี่ยงเชิงพื้นที่จังหวัดอุดรต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอนาคต โดยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยงานวิจัยอยู่ระหว่างดำเนินการ และได้พยายามมองงานวิจัยในเรื่องการวางยุทธศาสตร์ระยะยาวในเชิงพื้นที่ โดยพิจารณาถึงประเด็นที่เชื่อมโยงจากภาคส่วนต่างๆ ทั้งในเรื่องของน้ำ สิ่งแวดล้อม เกษตร และการตั้งถิ่นฐาน เพื่อที่จะเชื่อมโยงประเด็นเหล่านี้เข้าด้วยกัน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นตัวแปรใหม่ในการวางแผน จึงต้องมองถึงปริมาณและการกระจายตัวของฝน รูปแบบของฤดูกาล

จำนวนปีที่มีฝนน้อยในรอบทศวรรษ และจำนวนปีที่มีฝนมากในรอบทศวรรษ เมื่อกล่าวถึงการวางยุทธศาสตร์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศปัจจุบันจะคุ้นเคยกับสเกลสัปดาห์ เดือน ฤดู ปี ซึ่งแต่ละสเกลมีความเชื่อมโยงกันแต่จะมีการขยับกรอบเวลาที่ไม่คุ้นเคย และจะต้องเชื่อมโยงกับหลายๆ ทศวรรษ ดังนั้นจึงควรปรับวิธีคิดในกระบวนการวางแผนในรูปแบบใหม่

ในอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจังหวัดอุดรธานีจะเกิดอากาศที่ร้อนมากร้อนนาน และแนวโน้มของฝนก็มีเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจและสังคมในจังหวัดอุดรธานีจะมีการเติบโตทางเศรษฐกิจกับความต้องการน้ำในอนาคต และการขยายตัวของเมืองกับความเสี่ยงอุทกภัยในอนาคต การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อความเสี่ยงของการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ด้านภัยแล้ง และจะมีปัจจัยด้านภูมิอากาศ ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ-สังคมเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งผลสืบเนื่องภัยแล้งรุนแรงและกินเวลายาวนานขึ้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อความเสี่ยงของชุมชนเมืองกับน้ำท่วมในอนาคต น้ำท่วมในจังหวัดอุดรธานี จะมีปัจจัยด้านภูมิอากาศ ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ-สังคมเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งผลสืบเนื่องคือความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคต (ความถี่และความรุนแรง) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อความเสี่ยงของภาคเกษตร : ความเสี่ยงการสูญเสียผลผลิตและความเหมาะสมการใช้ที่ดิน การสูญเสียผลผลิตจากสภาพอากาศแปรปรวนเกิดขึ้นบ่อยมีปัจจัยด้านภูมิอากาศ ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ-สังคมเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งมีผลสืบเนื่องคือความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความเสี่ยงต่อเหตุการณ์น้ำท่วม/ภาวะแล้งและเสี่ยงที่จะสูญเสียผลผลิต การระบาดของแมลงศัตรูพืช

โดยในอนาคตของยุทธศาสตร์น้ำและยุทธศาสตร์จังหวัดภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะต้องมีการวางยุทธศาสตร์และแผนระยะยาวต้องคิดแบบองค์รวมมากขึ้น การปรับแนวคิดในการวางแผนต่ออนาคตระยะไกล เช่น การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า VS การก้าวสู่อนาคตอย่างมั่นคง การวางแผนต่ออนาคตระยะไกล ความไม่แน่นอนของอนาคต และปัจจัยใหม่ในการวางแผน โดยรายละเอียดสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก-7

**ตัวอย่างการปรับตัวของชุมชน จังหวัดสมุทรสงคราม**

*นายชิษนุวัฒน์ มณีศรีขำ ศูนย์ประสานงานวิจัยเพื่อท้องถิ่นจังหวัดสมุทรสงคราม* กล่าวถึงการวางแผนการจัดการแบบมีส่วนร่วมเพื่อความมั่นคงด้านน้ำจังหวัดสมุทรสงคราม โดยจังหวัดสมุทรสงครามอยู่ภายใต้เขื่อนใหญ่คือ เขื่อนศรีนครินทร์, เขื่อนจุฬาลงกรณ์ และเมืองแม่กลอง โดยมีอิทธิพลมาจากทะเล ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และภัยแล้งได้ จ.สมุทรสงคราม มีการประกอบอาชีพหลากหลาย ความอุดมสมบูรณ์มาพร้อมกับการจัดการน้ำ ซึ่งการจัดการน้ำสอดคล้อง

กับอาชีพ ความมั่นคงของน้ำจะต้องอยู่คู่กับการประกอบอาชีพของคนในท้องถิ่น ในระบบทั้งหมดไม่ได้มองน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคอย่างเดียวแต่จะมองถึงมิติวัฒนธรรม คุณภาพน้ำ ซึ่งทุกมิตินั้นเกี่ยวข้องกันทั้งหมด

บทบาทของการทำวิจัยเพื่อฟื้นฟูลำปะโดง เพื่อกระตุ้นและสร้างการเรียนรู้ ให้ชุมชนสำรวจเก็บข้อมูลต่างๆ เมื่อชุมชนมีความรู้ความเข้าใจจะเชื่อมโยงภูมิปัญญากับความรู้วิชาการ ส่งผลให้ชุมชนลุกขึ้นมาจัดการน้ำและเชื่อมโยงกับการทำแผนขุดลอกและบำรุงรักษาดูแลลำปะโดง ในการมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหานั้นจะต้องร่วมคิด ร่วมวางแผน ร่วมลงมือทำ ร่วมติดตามผล และร่วมรับผลของกิจกรรม ซึ่งผลจากงานวิจัยนั้นมีพื้นที่เก็บสะสมน้ำไว้ใช้ในช่วงแล้ง และรองรับน้ำในช่วงน้ำท่วม โดยรายละเอียดสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก-8

**นำเสนอเรื่อง การปฏิรูปการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน**

*นางมิ่งขวัญ วิชยารังสฤษดิ์ สภาขับเคลื่อนการปฏิรูประเทศ* กล่าวถึง ประเด็นเรื่องน้ำ คือ สถานการณ์น้ำ ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำภายใน 12 ปี ตั้งแต่ปี 2558-2569 ยังแตกต่างจากยุทธศาสตร์ชาติ ซึ่งยุทธศาสตร์ชาตินั้นเป็นบทบัญญัติที่กำหนดไว้ในรัฐธรรมนูญ อยู่ในหมวดแนวนโยบายรัฐ ความสำคัญของยุทธศาสตร์น้ำคือการกำหนดตำแหน่งของประเทศในอนาคต จนถึงปี พ.ศ. 2579 (แผนฯ 14 และแผนฯ 15) การปฏิรูปการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน วัฏจักรของประเทศไทยน้ำท่าประมาณ 285,000 ล้าน ม.$^3$ ถ้าเปรียบเทียบกับประเทศอาเซียนประเทศไทยมีปริมาณน้ำน้อย แต่มีความต้องการในการใช้น้ำต่างๆ 1,000,000 ลบ.ม$^3$/ปี เกษตร 75% น้ำระบบนิเวศ 18% น้ำอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม 7% (อุปโภคบริโภค 3% อุตสาหกรรม 4%) น้ำท่าทั้งหมดคุมได้ 80% อีก 20% น้ำไหลทิ้ง ลุ่มน้ำทั้งหมดมี 25 ลุ่มน้ำ และได้มีการแบ่งเป็น 9 กลุ่มลุ่มน้ำ ซึ่งทิศทางบริหารจัดการในอนาคตจะต้องมองถึงกลุ่มลุ่มน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของภาคเกษตรต่ำมากคือใช้น้ำมากแต่ผลผลิตได้น้อย ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมด 321 ล้านไร่ พื้นที่เกษตร 149 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 46 เป็นพื้นที่ชลประทาน 149 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 20 ศักยภาพพื้นที่ชลประทาน 60 ล้านไร่ พื้นที่โซนอีสาน (ภาคอีสาน ร้อยละ 13 ชลประทานไปไม่ถึง) ซึ่งที่ผ่านมาไม่เคยจัดปริมาณให้ตรงกับความต้องการของพื้นที่ และในช่วงแล้งซ้ำซากจะมีความเสี่ยงสูง ใน 10 ปี จะแล้ง 6 ครั้ง ซึ่งบางพื้นที่จะไม่มีน้ำ พื้นที่เสี่ยงสูงจะอยู่ทางอีสานเช่นกัน น้ำท่วมซ้ำซาก คุณภาพน้ำทางการบริหารจัดการควรมีการวิเคราะห์ในส่วนนี้ด้วย

พื้นที่ป่า ปี 2551 มี 108 ล้านไร่ ปัจจุบันเหลือร้อยละ 2 ล้านไร่ คิดเป็น 321 ล้านไร่ มีพื้นที่ป่า 32 ล้านไร่ (ป่าเสื่อมโทรม) ซึ่งประเทศไทยควรจะมีป่าร้อยละ 40 ล้านไร่ จะต้องมีพื้นที่ป่า 128 ล้านไร่ ดังนั้นจะต้องหาพื้นที่ป่า 26 ล้านไร่ ปัญหาจากภาคประชาชนน้ำแล้งมีทั้งประเทศ น้ำท่วมบางส่วนเท่านั้น ยุทธศาสตร์ชาติได้กำหนด แผนฯ 12-13 ยังขาดแผนฯ 14-15 ในอนาคตควรมีการมองเรื่องของยุทธศาสตร์ในทุกแง่ทุกมุม โดยยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำ ปี 2558-2569 มีดังนี้ 1) การจัดการน้ำอุปโภคบริโภค 2) การสร้างความมั่นคงของน้ำภาคการผลิต (เกษตร/อุตสาหกรรม) 3) การจัดการน้ำท่วมและอุทกภัย 4) การจัดการคุณภาพน้ำ 5) การอนุรักษ์ฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมและป้องกันการพังทลายของดิน และ 6) การบริหารจัดการ พรบ.น้ำมีอยู่ 9 หมวด คือ 1) การบูรณาการ 2) สิทธิ์พื้นฐานในการเข้าถึงน้ำ 3) องค์กรบริหารจัดการทรัพยากรน้ำระดับชาติ 4) การจัดสรรน้ำ 5) ภาวะวิกฤตน้ำ 6) การอนุรักษ์ ข้อ 7- 8) บทลงโทษ (ร่างฉบับนี้ไม่เกินเมษายน 2559)

กรอบแนวคิดการปฏิรูปทั้งในเรื่องน้ำท่วม น้ำแล้ง น้ำเสีย และการบริหารจัดการ ซึ่งความมั่นคงด้านน้ำกับการพัฒนาที่ยั่งยืน คือ ทุกคนจะต้องมีน้ำบริโภค อยู่รอดปลอดภัยในเรื่องวิกฤต มีความสุข และอยู่กับสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลกัน แนวทางการขับเคลื่อนการปฏิรูป ประเด็นการปฏิรูป ดังนี้ 1) การพัฒนากฎหมายและนโยบาย 2) เชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในยุทธศาสตร์ชาติและแผนพัฒนาฯ ทุกฉบับ 3) การพัฒนากลไกการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และ 4) ขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน และในปี 2579 ประเทศมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้วด้วยการพัฒนาตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยรายละเอียดสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก-9

**การ “เชื่อมโยงและบริหารจัดการน้ำ” ระดับชุมชน**

*นายสำรวย ผัดผล มูลนิธิฮักเมืองน่าน* กล่าวถึง ลุ่มน้ำน่านได้ให้น้ำดิบกับเจ้าพระยาใหญ่ โดยตำบลในจังหวัดน่านมี 99 ตำบล ซึ่งมีลักษณะเป็นเขาสูง ลาดชัน และยังพบว่าในแต่ละชุมชนและท้องถิ่นมีระบบชลประทานเหมืองฝายที่เป็นภูมิปัญญา มีระบบทดระดับน้ำทำงานในฤดูฝนขับเคลื่อนด้วยกลไกชุมชน แนวคิดการจัดการสิ่งที่พบจะเป็นข้าว ข้าวโพด ซึ่งเกิดปัญหาคือพื้นที่ปลูกลุกล้ำในเขตป่าต้นน้ำ มีป่าไม้มีน้ำปัญหาที่พบคือพื้นที่ป่าลดลงแหล่งน้ำตื้นเขิน และทางเลือกในการจัดการคือ 1) แพสูบน้ำด้วยไฟฟ้าดี ใช้ได้ทุกฤดู แต่แพง 2) อ่างเก็บน้ำ ขนาดกลาง/ใหญ่ดีเก็บกักน้ำยามแล้งได้แต่อ่างเก็บน้ำขนาดกลาง/ใหญ่ ทุนในการก่อสร้างสูง 3) ระบบกาลักน้ำ 4) ระบบตะบันน้ำ 5) ระบบเหมืองฝาย และ 6) ระบบแก้มลิง การเชื่อมโยงและบริหารจัดการน้ำระดับชุมชนพื้นที่ตำบลเมืองจัง ชาวบ้านได้ช่วยกัน

ซ่อม สร้าง เชื่อม สิ่งที่มีอยู่ และได้มีการจัดเก็บระบบกักเก็บน้ำ โดยใช้ตั้งแต่ระบบกาลักน้ำ เชื่อมคลองขุดสระแก้มลิงเพิ่ม และโซลาเซล พื้นที่ตั้งอ่างห้วยน้ำจำ อ่างห้วยวะ และสระป่าตึง สภาพปัญหาในอดีตมีการจัดการระบบน้ำแบบแยกส่วนออกจากกันของแต่ละอ่างเก็บน้ำ และตัวอ่างเก็บน้ำเองก็ไม่สามารถกักเก็บน้ำในฤดูแล้งได้ จึงต้องทำการขุดลอกอ่าง ขุดระบบลำเหมืองเพื่อเชื่อมน้ำ สร้างประตูจ่ายน้ำที่สระป่าตึง เพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายน้ำ และกลไกขับเคลื่อนเหมืองฝาย

ดังนั้นควรจะต้องมีการผสมผสานทางสังคมโดยอาศัยกลไกภูมิปัญญาระบบชลประทานราษฎร์มาผสมผสานวิธีการแบบทางการที่เพิ่มความรู้ เทคโนโลยี การบริหารจัดการ การพยากรณ์ และจะต้องมีด้านกายภาพจะต้องมีการฟื้นฟูสภาพนิเวศน์ต้นน้ำ และเปิดโอกาสให้ชุมชนท้องถิ่น องค์กรท้องถิ่น สามารถตัดสินใจได้ในแง่ของการบริหารจัดการ โดยรายละเอียดสามารถดูได้ที่ภาคผนวก ก-10

**อภิปรายเรื่อง “ทำอย่างไรให้มีการเชื่อมโยงการบริหารน้ำในระดับต่างๆ”**

ในการอภิปรายได้มีการตั้งประเด็นให้กับผู้เข้าร่วมอภิปรายที่เป็นตัวแทนจากภาคส่วนระดับนโยบาย ระดับผู้ปฏิบัติงานจากส่วนกลาง ตัวแทนชุมชนและสถาบันการศึกษาในหัวข้อจะทำการเชื่อมโยงกับการบริหารน้ำ ในระดับประเทศ ลุ่มน้ำ จังหวัดและชุมชน ภายใต้กรอบการบริหารจัดการและการประสานงานกันได้อย่างไร มีเนื้อหาสรุปได้ดังนี้

1) นายสราวุธ ชีวะประเสริฐ ผู้อำนวยการสำนักงานเลขานุการคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ กล่าวถึง แนวคิดการบริหารของคณะกรรมการของกลุ่มลุ่มน้ำ คือการเชื่อมโยงของหน่วยงานในเชิงฟังก์ชัน เมื่อลงไปในระดับพื้นที่จะนำเข้าสู่กลุ่มผู้ใช้น้ำคือ อปท. ในคณะกรรมการลุ่มน้ำนั้นเป็นเลขาคณะกรรมการลุ่มน้ำจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้จัดการ หรือเป็นเลขาด้านน้ำให้กับผู้ว่าฯ เพื่อจัดการประเด็นในเชิงพื้นที่ เช่น กรณีพื้นที่น่านเขาหัวโล้น จะต้องมีกรมพัฒนาที่ดินเข้ามาช่วย เลขาคณะกรรมการลุ่มน้ำจะต้องทำการประสานงาน (แต่ไม่มีอำนาจในการบังคับใช้) เรื่ององค์กรกฎหมาย ซึ่งกฎหมายต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกฎหมายลุ่มน้ำ มิติการวางแผนในการแก้ปัญหาเชิงพื้นที่ ซึ่งเลขาคณะกรรมการลุ่มน้ำจะต้องเป็นผู้เชื่อมในเรื่องนี้ กรรมการลุ่มน้ำควรเข้าใจบริบทของพื้นที่ให้มากพอสมควร เพื่อจะสามารถดึงผู้ที่เกี่ยวข้องมาดำเนินการในพื้นที่ให้เหมาะสม ดังนั้นกรมทรัพยากรน้ำมีบทบาทในการเชื่อมโยงส่วนงานราชการที่เกี่ยวข้องเข้ามาช่วยการทำงานในพื้นที่

2) รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กล่าวถึงในส่วนด้านน้ำจังหวัดน่านดูแลทั้งหมด 4 จังหวัด ทาง ทสจ. หรือหน่วยงานใดจะเป็นผู้ดูแล ซึ่งจะต้องมีองค์กรที่จะมาเชื่อมในส่วนนี้ไม่อย่างนั้นจะทำให้เกิดช่องว่างได้

3) นายสำรวย ผัดผล มูลนิธิฮักเมืองน่าน กล่าวถึง การจัดทำแผนของท้องถิ่นนั้น ทั้งในระดับ อบต. เทศบาล อบจ. และกบจ. โดยสภาพปัญหาในเชิงการจัดการนั้นจังหวัดน่านได้ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มจังหวัดเชียงราย พะเยา น่าน และแพร่ ถ้าจัดกลุ่มตามกลุ่มลุ่มน้ำนั้นจังหวัดน่านจะอยู่กลุ่มเดียวกับ จ.อุตรดิตถ์ จ.พิจิตร และจ.พิษณุโลก ซึ่งจะเห็นว่าการจัดกลุ่มที่แบ่งตามสภาพทางกายภาพของลุ่มน้ำและกลุ่มจังหวัดไม่สอดคล้องกัน จึงทำให้ตัวการวางแผนและจัดงบประมาณก็ไม่สอดคล้องและไม่ได้ตอบรับในเชิงการแก้ปัญหาในภาพรวมเช่นกัน

4) นางมิ่งขวัญ วิชยารังสฤษดิ์ สภาขับเคลื่อนการปฏิรูประเทศ กล่าวถึง ปัญหาที่การจัดการวางแผนที่ผ่านมาที่กลุ่มลุ่มน้ำ/จังหวัด ไม่มีความเชื่อมโยงกันควรจะต้องมีการแก้ไขและจะนำเสนอปัญหานี้สู่ในระดับนโยบาย ส่วนในการแก้ไขปัญหาด้านน้ำทั้งในระดับหมู่บ้าน/ตำบล ควรมีการจัดแหล่งน้ำโดยหากพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ให้ภาครัฐหรือส่วนกลางเข้ามาช่วยเหลือ และจะทำอย่างไรให้ภาคประชาชนเข้ามามีบทบาทส่วนร่วมเพิ่มมากขึ้น

**3.2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ**

*อ.ดร.สุภัทรา วิเศษศรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย* สอบถาม ดังนี้

- การเชื่อมโยงยุทธศาสตร์น้ำของชาติระยะสั้น กลาง ยาว ในกรณีที่แผนฯ ไม่สามารถทำได้ ได้มีการเตรียมกระบวนการ และการรองรับ เช่น แผนฉุกเฉิน ด้วยหรือไม่

*นายสราวุธ ชีวประเสริฐ สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ* ชี้แจง ดังนี้

- ประเด็นเรื่องการวางแผนในเชิงยุทธศาสตร์ของประเทศยังไม่มีการกล่าวถึงผู้ที่จะ change ว่าคือใคร โดยผู้ที่จะ change คือ หน่วยงานจาก สศช. และได้มีตัวอย่างเช่น economy จัดวางที่ จ.เชียงใหม่ พอยังหาแหล่งน้ำเสริมได้ แต่ทาง จ.ภูเก็ต นั้นยังมีความเสี่ยงอยู่ โดยสิ่งที่วางไปแล้วแต่ยังไม่ได้ดำเนินการจะต้องทำอย่างไร

*ศ.ดร.ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย* สอบถาม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ ดังนี้

- การ Implement อย่างไรให้หน่วยงานของรัฐเดินตามแนวคิดให้มีการนำแผนต่างๆ ที่มีอยู่ให้เกิดและดูถึงความเป็นจริง โดยให้ความเสี่ยงเป็นตัวตั้ง และวางแผนต่อไป และจะทำอย่างไรให้หน่วยงานต่างๆ เข้ามาบูรณาการและทำให้ได้จริง

- เรื่องของพิบัติภัยโดยเฉพาะเรื่องน้ำท่วมที่ทำไม่ได้นั้น หน่วยงานวิชาการโดยเฉพาะ กนช. หรือหน่วยงานของรัฐที่ดูแลเรื่องน้ำนั้นในเชิงวิชาการยังน้อยเกินไปในการที่จะลดเรื่องความเสียหายของพิบัติภัย ซึ่งพิบัติภัยเปลี่ยนเพราะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศประมาณ 30-40% แต่ 60-70% จะเป็นเรื่องของการบริหารจัดการพิบัติภัยในช่วงหลัง 20 ปีนั้นเกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำ กลไกการเปลี่ยนแปลของสภาพภูมิอากาศเกิดความชัดเจน แต่กลไกของรัฐโดยเฉพาะการบริหารจัดการน้ำยังล้าหลัง และจะทำอย่างไรให้ประชาชนทั่วไปมีความหวัง

*นายสราวุธ ชีวประเสิรฐ สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ* ชี้แจง ดังนี้

- การวางแผนในเชิงแผนยุทธศาสตร์ยังไม่เคยเห็นซึ่งเป็นจุดอ่อนของประเทศไทย ทำให้หน่วยงานภาครัฐปฏิบัติงานในลักษณะนี้ไม่สะดวก ส่วนเรื่องน้ำได้มีการปรับตัวและหาทิศทางทั้งทางเศรษฐกิจสังคม สิ่งแวดล้อมต้องการอะไรและจะต้องทำอย่างไรต่อไป สิ่งที่จะต้องทำใหม่คือ ให้มีการสนับสนุนให้หน่วยงานวางแผนยุทธศาสตร์ และหาแนวทางใหม่ ด้านการวางแผนต้องสร้างเป้าหมาย และกรอบให้ได้ ส่วนทาง สศช. ควรทำการ change ในเรื่องการวางแผน และกำหนดทิศทางของประเทศให้ได้
- ยังไม่สามารถล่าวได้ว่าปัจจุบันสถานการณ์สิ่งที่ทำได้ภายใต้ยุทธศาสตร์เป็นอย่างไร แต่การบริหารจัดการน้ำควรจะต้องใช้เทคโนโลยีค่อนข้างมาก เช่น ภาคเหนือมีชลประทานราษฎร์อยู่มาก น้ำสม่ำเสมอการจัดการน้ำได้ค่อนข้างดี แต่ปัจจุบันชลประทานราษฎร์ต้องอาศัยเทคโนโลยีเข้ามาช่วย ซึ่งระยะต่อไปถ้าการวิจัยมีองค์ความรู้ในเรื่องการจัดการภัยที่ดีขึ้นก็จะต้องถูกนำเข้ามาใส่ในแผนการบริหารจัดการ เรื่องการพัฒนาในอนาคต เช่น การผันน้ำยังทำได้แต่ไม่คุ้มกับการลงทุน เป็นต้น อุทกภัยก็ควรใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาโดยเฉพาะการพยากรณ์เตือนภัย ภูมิอากาศ และฝน
- การดำเนินงานของกรมทรัพยากรน้ำเรื่องของการวางแผนได้มีการแบ่งเขตการปกครองปัจจุบันได้มีคำสั่งให้มีการแบ่งกลุ่มจังหวัด ตามกลุ่มตรวจราชการของสำนักนายกรัฐมนตรี การวางแผนยังเป็นลุ่มน้ำอยู่แต่ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติในงานก่อสร้าง แนวทางฝ่ายเลขาคณะกรรมการลุ่มน้ำจะถูกแยกออกมาโดยไม่รวมกับหน่วยงานปฏิบัติ ในการวางแผนท้องถิ่น/จังหวัดให้เป็นภาพต่อเนื่องกัน และควรมีการสร้างผู้ที่มีความรู้ความชำนาญสร้างโครงการนำร่อง และมีงบประมาณสนับสนุนให้ดำเนินการต่อไป

*รศ.ดร. เจษฎา แก้วกัลยา นักวิชาการอิสระ และกรรมการกำกับทิศทางโครงการวิจัยยุทธศาสตร์ เรื่อง การจัดการทรัพยากรน้ำ สกว.* เสนอประเด็น ดังนี้

- ถ้าทุกตำบลของจังหวัดน่านสามารถทำได้ให้เหมือนตำบลมองจังนั้นจะทำได้หรือไม่
- ควรมีการมีส่วนร่วมคิด ร่วมทำ และร่วมสมทบทุน เช่น สามารถระดมกำลังคนเข้ามาช่วย เป็นต้น
- คาดหวังผลงานวิจัยให้สามารถนำไปใช้ในระดับชาติ/ประเทศให้ไปสู่การเชื่อมโยงได้
- ควรมีกระบวนการขอบข่ายในระดับชุมชน ตำบล จังหวัด

*รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย* ชี้แจง ดังนี้

- ทางตำบลเมืองจังเป็น Bottom up ซึ่งกระบวนการนี้จะต้องมีการเรียนรู้ ถ้าไม่มี master plan จะทำได้ค่อนข้างยาก
- Demand side management ในเชิงปฏิรูปนั้นถ้ามีสร้างเขื่อนจะต้องทำอย่างไร
- ควรจะต้องมีการทำวิจัยเพิ่มขึ้นโดยได้เสนอกับทาง สกว.ให้ทำการวิจัย
- Clearing House, Trainer, Change and Agent

*นางมิ่งขวัญ วิชยารังสฤษดิ์ สภาขับเคลื่อนการปฏิรูประเทศ* ชี้แจง ดังนี้

- การปฏิรูปมองทั้งระดับ macro และเชื่อม micro ซึ่งเป็นมิติใหม่ ณ ปี 2579 ต้องการ demand เท่าไร ใช้ทั้งระบบขนาดใหญ่ กลาง ผันน้ำข้ามลุ่ม ซึ่งถ้าสร้างเขื่อนไม่ได้ควรจะต้องใช้แหล่งน้ำขนาดเล็ก (สร้างเขื่อนได้แต่ติดในเรื่องความชดเชยว่าจะคุ้มหรือไม่) ซึ่งแหล่งน้ำขนาดใหญ่มีความจำเป็นแต่ long-term การลงทุนในส่วนใหญ่ต้องใช้ SEA ผังลุ่มน้ำควรเข้ามาช่วยเช่นกัน
- การกระจายอำนาจ ศักยภาพของท้องถิ่นจะเป็นการขับเคลื่อนที่ไปได้อย่างเร็ว และประเด็นต่างๆ จะนำไปผลักดันเพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมต่อไป

*ดร.ศิริพงศ์ หังสพฤกษ์ สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง* เสนอแนะ ดังนี้

- บทบาทของมวลชน ต.เมืองจัง สอดคล้องกับ จ.สมุทรสงคราม เกษตรกรมีส่วนร่วม “ทฤษฎีหลุมขนมครก” ใช้พื้นที่ของตนเองในการเก็บกักน้ำฝน โดยทำการอนุรักษ์น้ำในพื้นที่ของ

ตนเอง ซึ่งเป็นลักษณะของหุ้นส่วนของเกษตรกรในหน่วยงานภาครัฐ แต่ควรใช้เทคโนโลยีเข้าเสริม

- การจัดการด้านความต้องการ ควรมีมาตรการทางเศรษฐศาสตร์ที่ทาง สปท. จะช่วยในเรื่องของการชดเชย/คืนประโยชน์ให้กับเกษตรกรที่คืนป่ากลับมา และเป็นการเพิ่มพื้นที่ป่า 8 ล้านไร่กลับมาด้วยเช่นกัน
- ควรให้ความเห็นกับตัวชี้วัด เป้าหมายต่างๆ ในระยะยาว ถ้ามีรูปแบบให้ อบต. นำเสนอมาประกอบและพิจารณาร่วมกัน ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้แผนระยะยาวมีความชัดเจนมากกว่านี้

*คุณสำรวย ผัดผล มูลนิธิฮักเมืองน่าน* ชี้แจง ดังนี้

- ทางท้องถิ่นต้องการตัดสินใจในระดับที่สามารถใส่งบประมาณได้ และควรมีการเสนอให้ท้องถิ่นเป็นตัวแทนในการวางแผน

**4) สรุปภาพรวมของการจัดเวทีสาธารณะนโยบายน้ำสกว. ครั้งที่ 7**

การจัดเวทีสาธารณะนโยบายน้ำ สกว. ครั้งที่ 7 นี้ เรื่อง การเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ มีผู้เข้าร่วมนำเสนอ อภิปรายและร่วมประชุมจากทั้งหน่วยงานระดับนโยบาย ระดับปฏิบัติงาน จากส่วนกลางและส่วนท้องถิ่น องค์กรชุมชน ชุมชนรวมถึงสถาบันการศึกษา โดยภาพรวมของช่วงเช้าเป็นการนำเสนอถึงการเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ ผลกรณีตัวอย่างจากงานวิจัยและกรณีศึกษา การปรับตัวการบริหารน้ำในระดับต่างๆ (ลุ่มน้ำ จังหวัด ชุมชน) และช่วงบ่ายการอภิปรายในหัวข้อ ทำอย่างไรให้มีการเชื่อมโยงการบริหารน้ำในระดับต่างๆ ซึ่งสิ่งที่ได้คือ ความคืบหน้าในการปฏิรูปที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อให้เกิดความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาให้คนไทยมีความสุข

**5) บทส่งท้าย**

การจัดสัมมนา เรื่อง การเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ เพื่อให้เกิดความเชื่อมโยงกับการจัดการในระดับต่างๆ ในลักษณะโครงข่ายการจัดการทรัพยากรน้ำจากพื้นที่สู่นโยบาย โดยทาง สกว.ได้ให้ความสำคัญต่อการวิจัยด้านทรัพยากรน้ำมาอย่างต่อเนื่อง จึงได้มีการวิจัยเชิงพื้นที่และงานวิจัยท้องถิ่น ซึ่งทาง สกว. จะให้ความสำคัญกับการสร้างความมั่นคงของทรัพยากรน้ำในประเทศภายใต้ความเสี่ยงใหม่ โดยจะเน้นการสร้างความรู้เพื่อสร้างทางเลือกในการจัดการทรัพยากรน้ำให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผล และเป็นข้อมูลให้สภาขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศ รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศในอนาคตต่อไป

## ภาคผนวก ก

## เอกสารนำเสนอ

ภาคผนวก ก-1 วันน้ำโลก 2559 น้ำ และ งาน

โดย ดร.ศิริพงศ์ หังสพฤกษ์

ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาประเด็นวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ เรื่อง

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อม สกว.

ภาคผนวก ก-2 ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี SDGs (Sustainable Development Goals)

และแผนฯ 12 ของประเทศ

โดย นางสาวลดาวัลย์ คำภา

รองเลขาธิการคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ภาคผนวก ก-3 แนวคิดของการจัดทำยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

โดย นายสราวุธ ชีวะประเสริฐ

ผู้อำนวยการสำนักงานเลขานุการคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ

ภาคผนวก ก-4 ประเด็น SDGs ยุทธศาสตร์ประเทศ Cop21 กับการบริหารจัดการน้ำ

โดย ดร.บัณฑูร เศรษฐศิโรตม์

สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

ภาคผนวก ก-5 การเชื่อมโยงนโยบาย SDGs การบริหารจัดการน้ำ และการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ภูมิอากาศ

โดย รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-6 ตัวอย่างการบริหารลุ่มน้ำน่าน-จังหวัด-ชุมชน

โดย ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ และคุณโชคชัย สุทธิธรรมจิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก (ต่อ)

## เอกสารนำเสนอ

ภาคผนวก ก-7 อนาคตของยุทธศาสตร์น้ำและยุทธศาสตร์จังหวัดภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: แนวคิดและประเด็นที่พึงพิจารณา

โดย นายศุภกร ชินวรรโณ

ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-8 ตัวอย่างการปรับตัวของชุมชน จังหวัดสมุทรสงคราม

โดย นายชิษนุวัฒน์ มณีศรีขำ

ศูนย์ประสานงานวิจัยเพื่อท้องถิ่นจังหวัดสมุทรสงคราม

ภาคผนวก ก-9 นำเสนอเรื่อง การปฏิรูปการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน

โดย คุณมิ่งขวัญ วิชยารังสฤษดิ์

สภาขับเคลื่อนการปฏิรูประเทศ

ภาคผนวก ก-10 การ “เชื่อมโยงและบริหารจัดการน้ำ” ระดับชุมชน

โดย คุณสำรวย ผัดผล

มูลนิธิฮักเมืองน่าน

หมายเหตุ : สามารถดูรายละเอียดของเอกสารได้ทาง project-wre.eng.chula.ac.th/watercu_eng/

## ภาคผนวก ข

## กำหนดการ

08.30 - 09.00 น. ลงทะเบียน

09.00 - 09.15 น. พิธีเปิด โดย ดร.ศิริพงศ์ หังสพฤกษ์
ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาประเด็นวิจัยเชิงยุทธศาสตร์
เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อม สกว.

<u>ช่วงเช้า</u> ยุทธศาสตร์ประเทศกับน้ำ (มองจากบนลงล่าง)

09.15 - 10.00 น. ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี SDGs (Sustainable Development Goals)
และแผนฯ 12 ของประเทศ
โดย นางสาวลดาวัลย์ คำภา
รองเลขาธิการคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

10.00 - 10.45 น. ยุทธศาสตร์น้ำของชาติ 12 ปี
โดย นายสราวุธ ชีวะประเสริฐ
ผู้อำนวยการสำนักงานเลขานุการคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ

10.45 - 11.15 น. ประเด็น SDGs ยุทธศาสตร์ประเทศ Cop21 กับการบริหารจัดการน้ำ
โดย ดร.บัณฑูร เศรษฐศิโรตม์
สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

11.15 - 11.45 น. การเชื่อมโยงนโยบาย SDGs การบริหารจัดการน้ำ และการเปลี่ยนแปลง
สภาพภูมิอากาศ
โดย รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11.45 - 12.00 น. ถาม - ตอบ

12.00 - 13.00 น. พักรับประทานอาหารกลางวัน

<u>ช่วงบ่าย</u> การปรับตัวการบริหารน้ำในระดับต่างๆ และประเด็นต่างๆ (ลุ่มน้ำ จังหวัด ชุมชน)

13.00 - 13.30 น. ตัวอย่างการบริหารลุ่มน้ำน่าน-จังหวัด-ชุมชน
โดย ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ และคุณโชคชัย สุทธิธรรมจิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

13.30 - 14.00 น. อนาคตของยุทธศาสตร์น้ำและยุทธศาสตร์จังหวัดภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: แนวคิดและประเด็นที่พึงพิจารณา
โดย นายศุภกร ชินวรรโณ
ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกฯ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

14.00 - 14.30 น. ตัวอย่างการปรับตัวของชุมชน จังหวัดสมุทรสงคราม
โดย นายชิษนุวัฒน์ มณีศรีขำ
ศูนย์ประสานงานวิจัยเพื่อท้องถิ่นจังหวัดสมุทรสงคราม

14.30 - 14.45 น. รับประทานอาหารว่าง

14.45 – 15.15 น. นำเสนอเรื่อง การปฏิรูปการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน
โดย คุณมิ่งขวัญ วิชยารังสฤษดิ์ สภาขับเคลื่อนการปฏิรูประเทศ

15.15 – 16.30 อภิปรายเรื่อง “ทำอย่างไรให้มีการเชื่อมโยงการบริหารน้ำในระดับต่างๆ”
โดย คุณมิ่งขวัญ วิชยารังสฤษดิ์ สภาขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศ
คุณสราวุธ ชีวะประเสริฐ ผู้อำนวยการสำนักงานเลขานุการ คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ
คุณสำรวย ผัดผล มูลนิธิฮักเมืองน่าน
รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ผู้ดำเนินการอภิปราย)
(นำเสนอคนละ 15 นาที อภิปรายคนละ 10 นาที)

16.30 - 16.45 น. สรุปงานเวทีสาธารณะนโยบายน้ำครั้งที่ 7

## ภาคผนวก ค

## รายนามหน่วยงานเข้าร่วมสัมมนา

การจัดเวทีสาธารณะนโยบายน้ำสกว. ครั้งที่ 7 เรื่อง การเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ วันพุธที่ 23 มีนาคม 2559 ณ โรงแรมเอทัส ลุมพินี กรุงเทพฯ มีผู้เข้าร่วมสัมมนารวมทั้งหมด 125 คน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

| ลำดับ | หน่วยงาน | จำนวน (คน) |
|---|---|---|
| 1 | กรมควบคุมมลพิษ | 2 คน |
| 2 | กรมชลประทาน | 7 คน |
| 3 | กรมทรัพยากรน้ำ | 7 คน |
| 4 | กรมป่าไม้ | 1 คน |
| 5 | กรมพัฒนาที่ดิน | 1 คน |
| 6 | กระทรวงมหาดไทย | 1 คน |
| 7 | การประปาส่วนภูมิภาค | 9 คน |
| 8 | การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย | 1 คน |
| 9 | เครือข่ายทีมวิจัย | 1 คน |
| 10 | โครงการชลประทานระยอง | 1 คน |
| 11 | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย | 14 คน |
| 12 | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน | 2 คน |
| 13 | มหาวิทยาลัยขอนแก่น | 2 คน |
| 14 | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร | 1 คน |
| 15 | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ | 5 คน |
| 16 | มหาวิทยาลัยบูรพา | 3 คน |
| 17 | มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ | 1 คน |
| 18 | มหาวิทยาลัยสยาม | 1 คน |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 19 | มูลนิธิฮักเมืองน่าน | 1 | คน |
| 20 | ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย | 1 | คน |
| 21 | ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ | 1 | คน |
| 22 | ศูนย์ประสานงานวิจัยเพื่อท้องถิ่นจังหวัดสมุทรสงคราม | 1 | คน |
| 23 | สถาบันคลังสมองของชาติ | 1 | คน |
| 24 | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 2 | คน |
| 25 | สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม (ธ.พ.ส.ส.) | 1 | คน |
| 26 | สถาบันน้ำภาคอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย | 1 | คน |
| 27 | สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย | 2 | คน |
| 28 | สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) | 1 | คน |
| 29 | สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย | 2 | คน |
| 30 | สภาขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศ | 2 | คน |
| 31 | สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย | 6 | คน |
| 32 | สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ | 3 | คน |
| 33 | สำนักงานคณะกรรมการการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น | 2 | คน |
| 34 | สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ | 1 | คน |
| 35 | สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | 1 | คน |
| 36 | สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | 2 | คน |
| 37 | สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุดรธานี | 1 | คน |
| 38 | สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จ.นครศรีธรรมราช | 1 | คน |
| 39 | สำนักงานปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี | 3 | คน |
| 40 | สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ | 3 | คน |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 41 | สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช | 1 | คน |
| 42 | สำนักนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | 1 | คน |
| 43 | สื่อมวชน | 12 | คน |
| 44 | อื่นๆ | 12 | คน |
| | **รวมทั้งสิ้น** | **125** | **คน** |

# ภาคผนวก ง

## ประมวลภาพงานสัมมนา




**กล่าวเปิด และนำเสนอวันน้ำโลก 2559 น้ำ และ งาน**

โดย ดร.ศิริพงศ์ หังสพฤกษ์

ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาประเด็นวิจัย

เชิงยุทธศาสตร์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดินฯ



**ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี SDGs (Sustainable Development Goals) และแผนฯ 12 ของประเทศ**

โดย นางสาวลดาวัลย์ คำภา

รองเลขาธิการ สศช.




**ยุทธศาสตร์น้ำของชาติ 12 ปี**

โดย นายสราวุธ ชีวะประเสริฐ

ผู้อำนวยการสำนักงานเลขานุการ กนช.



**ประเด็น SDGs ยุทธศาสตร์ประเทศ Cop21 กับการบริหารจัดการน้ำ**

โดย ดร.บัณฑูร เศรษฐศิโรตม์

สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม



**การเชื่อมโยงนโยบาย SDGs การบริหารจัดการน้ำฯ**

โดย รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**ตัวอย่างการบริหารลุ่มน้ำน่าน-จังหวัด-ชุมชน**

โดย ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ และ คุณโชคชัย สุทธิธรรมจิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**อนาคตของยุทธศาสตร์น้ำและยุทธศาสตร์จังหวัด ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: แนวคิดและประเด็นที่พึงพิจารณา**

โดย นายศุภกร ชินวรรโณ

ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมฯ




**ตัวอย่างการปรับตัวของชุมชน จังหวัดสมุทรสงคราม**

โดย นายชิษนุวัฒน์ มณีศรีขำ

ศูนย์ประสานงานวิจัยเพื่อท้องถิ่นจังหวัดสมุทรสงคราม




**การปฏิรูปการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน**

โดย คุณมิ่งขวัญ วิชยารังสฤษดิ์

สภาขับเคลื่อนการปฏิรูประเทศ



**การ "เชื่อมโยงและบริหารจัดการน้ำ" ระดับชุมชน**

โดย คุณสำรวย ผัดผล

มูลนิธิฮักเมืองน่าน





**อภิปรายเรื่อง "ทำอย่างไรให้มีการเชื่อมโยงการบริหารน้ำในระดับต่างๆ"**

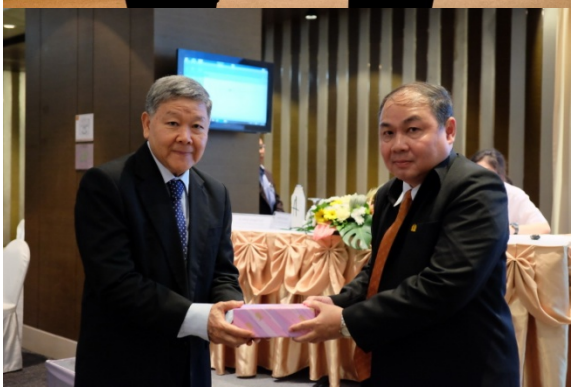





ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ










มอบของที่ระลึก



ภาพบรรยากาศงานสัมมนา

**ภาคผนวก จ**

**ข่าวเวทีน้ำ สกว. จากวารสาร Engineering Today**

**ฉบับที่ 153 พฤษภาคม-มิถุนายน 2559**



In Trend
• กองบรรณาธิการ

# เชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน



▲ รศ. ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ นักวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

> ❝ หนึ่งในเป้าหมายของอนาคตประเทศไทย ในปี 2579 ได้แก่ เศรษฐกิจและสังคมพัฒนาอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นั่นคือ เป็นประเทศที่มีระบบเศรษฐกิจสีเขียว ประชาชนมีพฤติกรรมการผลิตและการบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีน้ำเป็นหัวใจสำคัญ จึงต้องมีการบริหารจัดการน้ำให้มีความสมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทาน ❞

ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญและตระหนักถึงปัญหาด้านทรัพยากรน้ำที่นับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น สำหรับบทบาทของประเทศไทยต่อวาระ **"น้ำกับงาน"** รัฐบาลให้ความสำคัญกับการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมาก เนื่องจากน้ำมีความจำเป็นต่อคุณภาพชีวิตของคนในสังคมและการพัฒนาประเทศ ในส่วนของปัญหาภัยแล้งนั้น รัฐบาลได้เตรียมรับมือตั้งแต่ปลายฤดูฝนปี 2558 และเตรียมการระยะยาวโดยให้ความสำคัญต่อสิทธิ์ของคนที่จะเข้าถึงน้ำ การสร้างงานและการคุ้มครองแรงงาน การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและทรัพยากรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

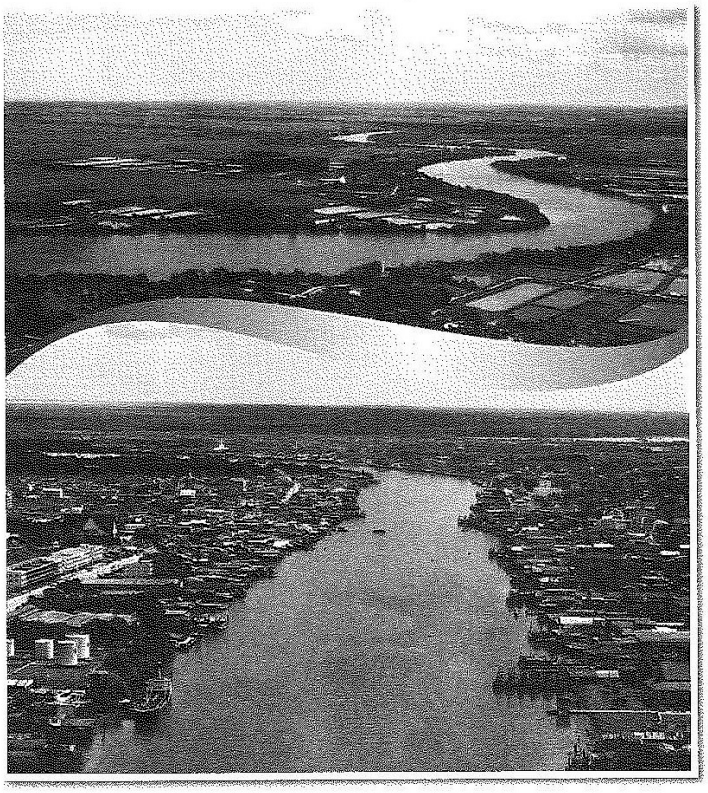
**สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)** ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าวจึงได้จัดเวทีสาธารณะนโยบายน้ำ สกว. ครั้งที่ 7 เรื่อง **"การเชื่อมโยงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำกับยุทธศาสตร์ชาติ"** เพื่อสร้างเครือข่ายความรู้ และแลกเปลี่ยนประสบการณ์การจัดการทรัพยากรน้ำร่วมกัน ระหว่างหน่วยงานนโยบาย หน่วยงานปฏิบัติ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ชุมชน และสถาบันการศึกษา เพื่อยกระดับความสามารถในการจัดการน้ำ และเป็น "พื้นที่" ให้หน่วยงานรัฐได้หาทางเลือก และตัดสินใจร่วมกันกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการตัดสินใจใช้ทรัพยากรน้ำที่มีจำกัดให้เป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมอย่างเป็นธรรม และมีประสิทธิภาพในการรับมือกับสถานการณ์ความเสี่ยงในอนาคต

## "น้ำ" หัวใจสำคัญและเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาที่ยั่งยืน

**ดร.ศิริพงศ์ หังสพฤกษ์ ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาประเด็นวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ เรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)** ประธานในพิธีเปิดงาน กล่าวว่า ประเทศไทยมีบทบาทสำคัญในการดำเนินงานหลายเรื่องที่จะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน เช่น การกำหนดแผนยุทธศาสตร์น้ำของประเทศในเชิงรุกมากขึ้น และให้ความสำคัญกับการแต่งตั้งคณะกรรมการน้ำแห่งชาติ ขณะที่เวทีระดับโลกต่างก็ยกให้ **"น้ำ"** เป็นหัวใจสำคัญและเป็นเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาที่ยั่งยืน ดังนั้นประเทศไทย

จึงต้องให้ความสำคัญโดยการออกมาตรการรองรับต่างๆ ที่จะช่วยเหลือเกษตรกร รวมถึงภาคอุตสาหกรรม ทั้งการสร้างงานเพื่อให้มีรายได้ทดแทน การเตรียมรองรับการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ การสร้างความเป็นเจ้าของให้เกิดขึ้นในชุมชนและเกษตรกร เพื่อให้ชุมชนร่วมมือและลดการอพยพหางานทำในเมือง ส่งผลให้ชุมชนได้รับน้ำที่ดี ทั้งนี้จะต้องช่วยกันคิดและคุ้มครองแรงงานสวัสดิการต่างๆ ด้วย

ในส่วนของ สกว. ได้มีบทบาทในการสนับสนุนงานวิจัยด้านทรัพยากรน้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่จะขับเคลื่อนสู่การปฏิบัติในระดับพื้นที่ จังหวัด และท้องถิ่น ร่วมกับภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยมีเป้าหมายให้เกิดการมีส่วนร่วมของประชาชน



## เป้าหมายอนาคตประเทศไทยในปี 2579 ก้าวสู่ประเทศที่มีระบบเศรษฐกิจสีเขียว

**ลดาวัลย์ คำภา รองเลขาธิการคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สภาพัฒน์)** กล่าวว่า ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาคุณภาพน้ำและภัยพิบัติธรรมชาติ ทำให้มีความเสี่ยงเพิ่มมากขึ้น ทั้งอุทกภัยและภัยแล้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเป็นเมืองเศรษฐกิจ จึงจำเป็นต้องปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงในบริบทของโลก และเป็นความท้าทายของรัฐบาลในการกำหนดทิศทางการบริหารประเทศในอีก 20 ปีข้างหน้า ทั้งนี้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ได้บรรจุเรื่องนี้ไว้ โดยเฉพาะเรื่องทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ อาหาร พลังงาน และน้ำ ตลอดจนมีการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

*"หนึ่งในเป้าหมายของอนาคตประเทศไทยในปี 2579 ได้แก่ เศรษฐกิจและสังคมพัฒนาอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นั่นคือ เป็นประเทศที่มีระบบเศรษฐกิจสีเขียว ระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ มีพื้นที่สีเขียวมากขึ้น ประชาชนมีพฤติกรรมการผลิตและการบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีน้ำเป็นหัวใจสำคัญ จึงต้องมีการบริหารจัดการน้ำให้มีความสมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทาน เน้นการจัดหาน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคและบริโภคให้เพียงพอเป็นลำดับแรก"* **ลดาวัลย์** กล่าว

## ประเด็นท้าทายของไทยในการบริหารจัดการน้ำภายใต้สถานการณ์และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง

**สราวุธ ชีวะประเสริฐ ผู้อำนวยการสำนักงานเลขานุการคณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ** กล่าวว่า ประเด็นท้าทายของไทยในการบริหารจัดการน้ำภายใต้สถานการณ์และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ทั้งการขยายตัวของเมืองและเมืองชายแดนที่มีความต้องการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น ภาคบริการ การท่องเที่ยวเศรษฐกิจพิเศษ เมืองเศรษฐกิจดิจิทัล รวมถึงภาคเกษตรที่ยังมีโอกาสขยายตัว ยังมีข้อจำกัดการผลิตเพื่อเศรษฐกิจที่จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้น และการแข่งขันกับต่างประเทศที่จะต้องพิจารณาเรื่องการลงทุนระบบชลประทานและสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ผันแปร การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก แต่ประเทศไทยยังเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ และไม่มั่นใจเรื่องน้ำท่วม จึงยังกระจุกตัวอยู่ที่เดิม คือ ภาคตะวันออกและภาคกลาง จึงต้องจัดหาน้ำในพื้นที่เดิมให้เต็มศักยภาพ ขณะเดียวกันก็มีการขยายตัวไปยังเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดนมากขึ้น

> ประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญมาก ได้แก่ การดำเนินการให้เกิดการจัดการอย่างบูรณาการระหว่างน้ำกับป่าและที่ดิน การวางแผนพัฒนาเมือง เขตอุตสาหกรรม และเขตเศรษฐกิจพิเศษ รวมถึงการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น ส่วนเป้าหมายและทิศทางที่จะเปลี่ยนแปลงในทางปฏิบัติยังเป็นโจทย์ใหญ่ที่จะต้องทำให้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเข้าไปอยู่ในแผนการกำหนดนโยบาย ซึ่งนับเป็นความท้าทายของไทยอย่างมาก

การเชื่อมโยงแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำไปสู่การปฏิบัตินั้น จะต้องมาจากความต้องการของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบเป็นสำคัญ ร่วมกับการพูดคุยกับหน่วยงาน ภายใต้ยุทธศาสตร์ลุ่มน้ำและนโยบายของรัฐบาล เพื่อนำไปสู่กระบวนการของบประมาณในแต่ละปี ซึ่ง ครม. ได้เห็นชอบแล้ว

## ไทยต้องบูรณาการระหว่างน้ำกับป่าและที่ดิน รวมถึงการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น

ด้าน **ดร.บัณฑูร เศรษฐศิโรตม์ ผู้อำนวยการสถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม** กล่าวถึง COP21 & SDGs กับการบริหารจัดการน้ำว่า ความท้าทายในอนาคตของไทย คือ ระบบสากลที่จะเข้ามาตรวจสอบอย่างเข้มข้นว่าสามารถทำตามข้อตกลงได้จริงหรือไม่ การส่งรายงานประเมินความก้าวหน้าทุก 2 ปี ว่าสามารถดำเนินการตามแผนหรือไม่ โดย COP21 มีผลต่อการบริหารจัดการน้ำทั้งในด้านการแลกเปลี่ยนข้อมูล บทเรียนของการจัดการ การปรับตัวและการรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รวมถึงการสร้างความเข้มแข็งเชิงสถาบัน ซึ่งถือเป็นโจทย์ใหญ่ของไทย

*"ประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญมาก ได้แก่ การดำเนินการให้เกิดการจัดการอย่างบูรณาการระหว่างน้ำกับป่าและที่ดิน การวางแผนพัฒนาเมือง เขตอุตสาหกรรม และเขตเศรษฐกิจพิเศษ รวมถึงการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นในด้านการจัดการ ซึ่งเป็นโจทย์ในทางปฏิบัติ ส่วนเป้าหมายและทิศทางที่จะเปลี่ยนแปลงในทางปฏิบัติยังเป็นโจทย์ใหญ่ที่จะต้องทำให้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเข้าไปอยู่ในแผนการกำหนดนโยบาย ซึ่งนับเป็นความท้าทายของไทยอย่างมาก"* **ดร.บัณฑูร** กล่าว

## แนะไทยทำแผนที่ความเปราะบางที่เป็นตัวการให้ธรรมชาติเปลี่ยนแปลง

**รศ. ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ นักวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย** กล่าวถึงการเชื่อมโยงนโยบายเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน การบริหารจัดการน้ำ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศว่าประเทศไทยยังเป็นประเทศส่งออก จึงต้องให้ความสำคัญกับนโยบายระดับโลก ในความเปราะบางที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ ซึ่งจำเป็นต้องจัดทำแผนที่ความเปราะบางกรณีน้ำท่วมทุกภาคส่วนการผลิตและภาคเกษตร รวมถึงต้องพัฒนาตนเอง

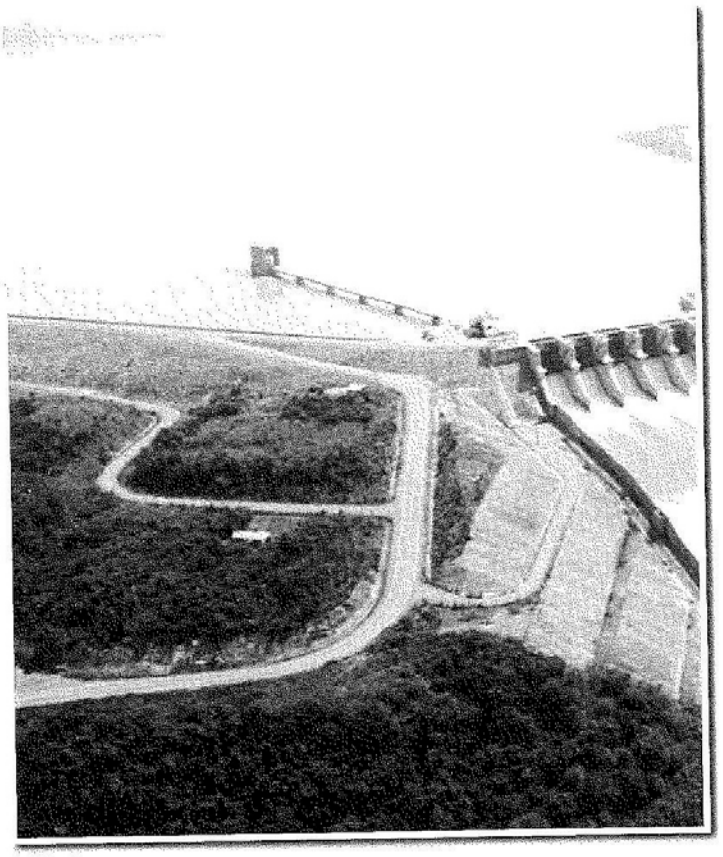
## แนะวางแผนปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ พุ่งเป้าแก้ผลกระทบที่เกิดในอนาคต

**ดร.ศุภกร ชินวรรโณ ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย** กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นตัวแปรใหม่ที่ต้องพิจารณา ซึ่งเราไม่คุ้นเคยกับการวางแผนที่เชื่อมโยงกับหลายทศวรรษข้างหน้า ในอนาคตของยุทธศาสตร์น้ำและยุทธศาสตร์จังหวัดไม่ใช่เพียงแค่การศึกษาข้อมูลเพื่อประกอบการวางแผน หากยังต้องปรับวิธีคิด กระบวนการ คิดใหม่ทำใหม่ในรูปแบบใหม่-มิติใหม่ มิฉะนั้นจะไปไม่ได้ไกล ซึ่งกรอบแนวคิดด้านการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ต้องคาดการณ์อนาคต วิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอนาคตรายภาคส่วน/ชุมชน วิเคราะห์ภาวะล่อแหลมเปราะบางรายภาคส่วน/ชุมชน และจัดทำแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยมุ่งเป้าไปที่การแก้ปัญหาผลกระทบในอนาคต

## ชี้ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำ "ความรู้" มาวางแผนแก่คณะกรรมการน้ำแห่งชาติ

สำหรับประเด็นสำคัญที่ได้จากการประชุมกลุ่มย่อยด้านทรัพยากรน้ำ เพื่อกำหนดแนวทางการบริหารจัดการน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย รวมถึงประเด็นหลักเพื่อการประชุมและการกำหนดท่าทีฝ่ายไทยในการประชุม COP21 คือ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องนำ **"ความรู้"** มาประกอบการวางแผนแก่คณะกรรมการน้ำแห่งชาติ และออกแบบ หาทางออกที่จะเป็นทางเลือกได้ แต่ปัญหาคือ ในแต่ละจังหวัดก็ยังมีความแตกต่างของพื้นที่ จึงต้องให้ชุมชนหาความรู้และร่วมหาทางออก ให้ประชาชนมีอาชีพและรายได้ เติบโตได้อย่างยั่งยืน

การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมที่เกิดขึ้นนับเป็นความท้าทายอย่างมากในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ เพราะมีผลต่อการต้องการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นในอนาคต เช่น การขยายตัวของเมืองกับความเสี่ยงอุทกภัยในอนาคต ภัยแล้งรุนแรงมากขึ้นและกินเวลานานขึ้น ทำให้มีโจทย์ท้าทายเรื่องการแบ่งสรรน้ำระหว่างภาคส่วน และในแต่ละฤดูกาล การกระจายตัวของพื้นที่น้ำใต้ดินชั้งและน้ำใต้ดินเค็ม สอดคล้องกับทิศทางในอนาคตหรือไม่ ความเสี่ยงของชุมชนเมืองกับน้ำท่วมในอนาคต การเปลี่ยนแปลงของประชากรในอนาคตกับปริมาณน้ำต้นทุน การวางแผนในอนาคตจึงต้องอยู่ในบริบทของการพัฒนาที่ยั่งยืน ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ มีการบูรณาการแต่ละภาคส่วน คิดให้เป็นองค์รวมมากขึ้น เช่น การสำรองน้ำข้ามฤดูกาล การเก็บน้ำในชั้นน้ำใต้บาดาล การผันน้ำจากพื้นที่อื่น



อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของอนาคตอาจจะต้องปรับแนวคิดในการวางแผนต่ออนาคตระยะไกล ทั้งเรื่องปัจจัยใหม่ในการวางแผน ความไม่แน่นอนของอนาคต และการแก้ปัญหาเฉพาะหน้ากับการก้าวสู่อนาคตอย่างมั่นคง และควรมีการศึกษาวิจัยต่อในการวิเคราะห์ความเสี่ยงและมาตรการรับความเสี่ยงใหม่ แผนพัฒนาจังหวัด/ประเทศ แบบหลายอนาคตภาพ เพื่อปรับปรุงยุทธศาสตร์การบริหารจัดการน้ำตามแผนหลักของชาติเพิ่มเติม ซึ่งจะช่วยเพิ่มความมั่นคงด้านน้ำในอนาคตให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

ทิศทางการพัฒนาในระยะยาวตามสถานการณ์ของไทยและของโลกจะต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงรัฐบาลและการเมืองโดยไม่กระทบกับเป้าหมายหลัก ประเด็นความมั่นคงด้านอาหาร น้ำ และพลังงาน เป็นโจทย์ที่เผชิญมาระยะหนึ่งและยังคงต้องเผชิญต่อไป เนื่องจากกระจายอยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานรัฐต่าง ๆ ซึ่งแต่ละหน่วยงานก็มีแผนของตัวเอง จึงอาจกระทบต่อเป้าหมายและการดำเนินงาน ฉากทัศน์ในปี ค.ศ. 2030 คาดว่าจะมีความต้องการด้านน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 40 ในภาพรวมจึงมี 2 โจทย์ใหญ่ คือ ต้องมีการพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นตัวตั้ง มีแผนยุทธศาสตร์รองรับไปสู่การปฏิบัติ และจะเชื่อมโยงกันอย่างไรให้น้ำเป็นแผนเสริมกับการจัดการด้านอื่น ๆ ให้อยู่ในทิศทางเดียวกัน ให้งบประมาณกระจายสู่พื้นที่อย่างแท้จริง และเกิดความมั่นคงด้านอาหารและพลังงาน

## แนะเพิ่มเติม 7 เรื่องในยุทธศาสตร์น้ำ

ทั้งนี้หัวข้อที่ควรเพิ่มในยุทธศาสตร์น้ำ ได้แก่ 1) การรองรับความเสี่ยงใหม่บนฐานของหลายภาพอนาคตของการพัฒนา 2) ตอบสนองต่อปัญหาและมีสมดุลที่เหมาะสมในรายพื้นที่ 3) จัดลำดับความสำคัญจากมุมความเสี่ยงและความเปราะบาง โดยพิจารณาผลกระทบและโอกาสเกิดทั้งในอดีตและอนาคต 4) มีระบบจัดการฉุกเฉินและระบบสำรองน้ำ 5) การใช้ข้อมูลความรู้และเทคโนโลยีช่วยแก้ปัญหา 6) สร้างเครือข่ายแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ความรู้ เทคนิคในกรอบการพัฒนาอย่างยั่งยืน ลดความเสี่ยงและการปรับตัวที่เหมาะสม และ 7) เพิ่มประเด็นความเสี่ยง ผลกระทบใหม่ และระบบฉุกเฉินสำรอง ในการให้ความรู้และสื่อสารต่อชุมชนและสาธารณะ

**ภาคผนวก ฉ**

**สรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการขับเคลื่อนแผนของภาคีการพัฒนาต่างๆ ในเอกสารประกอบการประชุม 2559 ของ สศช.**



3.3 **การสร้างสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการขับเคลื่อนแผนของภาคีการพัฒนาต่าง ๆ** โดยกำหนดให้มีการผลักดันปัจจัยหลักให้สามารถปรับเปลี่ยนเพื่อเป็นเครื่องมือที่สำคัญ ดังนี้

3.3.1 **นำการศึกษาวิจัยมาเป็นเครื่องมือสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาในทุกมิติและทุกระดับ** บูรณาการการทำงานของหน่วยงานระดับนโยบายและใช้ทรัพยากรในการวิจัยให้รองรับการพัฒนาทั้งส่วนกลางและพื้นที่ รวมถึงการวิจัยเป็นเครื่องมือพัฒนา ส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือระหว่างหน่วยงานส่งเสริมการวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการร่วมมือกันอย่างเป็นเครือข่ายระหว่างสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.) และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) รวมถึงสถาบันการศึกษาและหน่วยงานที่มีภารกิจชัดเจนในพื้นที่ อาทิ อุทยานวิทยาศาสตร์ระดับภูมิภาค เป็นแกนหลักในการเชื่อมโยงเครือข่ายการวิจัยกับจังหวัด/กลุ่มจังหวัด องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ชุมชน เพื่อนำกระบวนการวิจัยและพัฒนามาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม โดยเฉพาะการพัฒนาที่มีความสำคัญสูงของแต่ละพื้นที่

# *รายงานสำรวจภาคสนาม*

*Field Report*



## *โครงการ "การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่าน เชิงกลยุทธ์"*


*หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ*

*คณะวิศวกรรมศาสตร์*

*จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*


*18-24 มกราคม 2558*

## 1. วัตถุประสงค์

เพื่ออบรมการใช้โปรแกรมสารสนภูมิศาสตร์เพื่อการจัดการทรัพยากร

## 2. สถานที่

ศูนย์การเรียนรู้และบริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์ ถ.น่าน-ทุ่งช้าง ต.ผาสิงห์ อ.เมือง จ.น่าน

## 3. รายชื่อคณะผู้ออกสนาม

1) รศ.ดร.สุจริต คูณธนะกูลวงศ์
2) ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์
3) นายศักย์ สกุลไทย
4) นายชานนท์ รัศมีประเสริฐ
5) นายตุลยวัต มหาวงศ์
6) นายธรณินทร์ เป่าสง่า

## 4. กำหนดการออกสำรวจภาคสนาม

| วันที่ | เวลา | กำหนดการ |
|---|---|---|
| 18 ม.ค 58 | 08.00 - 18.00 น. | ออกเดินทางจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไปจังหวัดน่าน |
| 19 ม.ค. 58 | 08.00 - 18.00 น. | จัดเตรียมข้อมูลและจัดเตรียมสถานที่ |
| 20 ม.ค. 58 | 08.00 - 18.00 น. | จัดเตรียมข้อมูลและจัดเตรียมสถานที่ |
| 21 ม.ค 58 | 09.00 - 09.30 น. | ลงทะเบียน |
| | 09.30 - 10.30 น. | อบรมการใช้ Quantum GIS (QGIS) เบื้องต้น |
| | 10.30 - 10.45 น. | อาหารว่าง |
| | 10.45 - 12.30 น. | อบรมการใช้ Quantum GIS (QGIS) เบื้องต้น |
| | 12.30 - 13.30 น. | อาหารกลางวัน |
| | 13.30 - 14.30 น. | การสร้างและแปลง ไฟล์ KML และการสร้าง ไฟล์ GEO PDF |
| | 14.30 - 14.45 น. | อาหารว่าง |
| | 14.45 - 16.00 น. | การสร้างและแปลง ไฟล์ KML และการสร้าง ไฟล์ GEO PDF |
| 22 ม.ค. 58 | 09.00 - 09.30 น. | ลงทะเบียน |
| | 09.30 - 10.30 น. | อบรมการใช้และนำเสนอผ่านโปรแกรม Google Earth |
| | 10.30 - 10.45 น. | อาหารว่าง |

| วันที่ | เวลา | กำหนดการ |
|---|---|---|
| | 10.45 - 12.30 น. | อบรมการใช้และนำเสนอผ่านโปรแกรม Google Earth |
| | 12.30 - 13.30 น. | อาหารกลางวัน |
| | 13.30 - 14.30 น. | อบรมการใช้ PDF Maps และการบันทึกข้อมูลด้วย PDF Maps |
| | 14.30 - 14.45 น. | อาหารว่าง |
| | 14.45 - 16.00 น. | อบรมการใช้ PDF Maps และการบันทึกข้อมูลด้วย PDF Maps |
| 23 ม.ค. 58 | 08.00 - 17.00 น. | ติดตามงาน ณ อบต.เมืองจัง |
| 24 ม.ค. 58 | 10.00 - 20.00 น. | เดินทางกลับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

## 5. ผลการสำรวจภาคสนาม

18 มกราคม 2558

ออกเดินทางจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในตอนเช้าและเดินทางถึงจังหวัดน่านในช่วงค่ำ

19 มกราคม 2558

จัดเตรียมข้อมูลและจัดเตรียมสถานที่ ที่จะใช้ในการอบรมโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

20 มกราคม 2558

ช่วงเช้า จัดเตรียมข้อมูลและจัดเตรียมสถานที่ ที่จะใช้ในการอบรมโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ช่วงบ่าย เข้าไปดูโครงการต้นแบบป่าแลกนา ที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำมีด ต.เปือ อ.เชียงกลาง จ.น่าน

21 มกราคม 2558

ช่วงเช้า อบรมการใช้ Quantum GIS (QGIS) เบื้องต้น

ช่วงบ่าย อบรมการสร้างและแปลง ไฟล์ KML และการสร้าง ไฟล์ GEO PDF

22 มกราคม 2558

ช่วงเช้า อบรมการใช้ PDF Maps และการบันทึกข้อมูลด้วย PDF Maps

ช่วงบ่าย อบรมการใช้และนำเสนอผ่านโปรแกรม Google Earth

23 มกราคม 2558

ติดตามโครงการพัฒนาทรัพยากร ที่ อบต.บ้านพี้ อ.บ้านหลวง จ.น่าน

24 มกราคม 2558

ออกเดินทางจากจังหวัดน่านในตอนเช้าและเดินทางถึงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในช่วงค่ำ

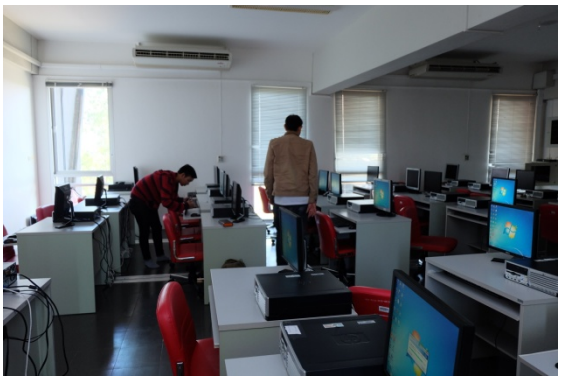
## 6. ประเด็นที่ต้องตามงานต่อ

เตรียมเสนองานพื้นที่ ติดตามงานโครงการความร่วมมือกับ อบต.เมืองจัง (ส่วนของหมู่บ้านสบยาวและบ้านหาดผาขน) และอบต.บ้านพี้ เกี่ยวกับการจัดการที่ดิน (ส่งเสริมแนวทางเลือกในการใช้ที่ดิน)

# ภาคผนวก

**ภาพประกอบการออกภาคสนาม**

**วันที่ 19-20 มกราคม 2558**



ภาพที่ 1 : จัดเตรียมข้อมูลและ Set คอมพิวเตอร์



ภาพที่ 2 : ศึกษาพื้นที่น้ำมีดกับ คุณบันฑิต ฉิมชาติ



ภาพที่ 3 : ฝายกักเก็บน้ำห้วยน้ำมีด



ภาพที่ 4 : สภาพป่าบริเวณห้วยน้ำมีด

**วันที่ 21 มกราคม 2558**



ภาพที่ 5 : อบรมการใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

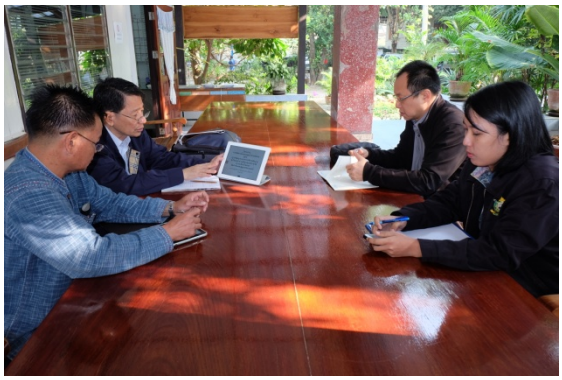
วันที่ 1



ภาพที่ 6 : อบรมการใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

วันที่ 1

**วันที่ 22 มกราคม 2558**



ภาพที่ 7 : หารือกับรอง ผอ.ฝ่ายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 8 : อบรมการใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ วันที่ 2



ภาพที่ 9 : อบรมการใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ วันที่ 2 (ลงสนามปฏิบัติจริง)



ภาพที่ 10 : อบรมการใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ วันที่ 2 (ลงสนามปฏิบัติจริง)

**วันที่ 23 มกราคม 2558**



ภาพที่ 11 : ติดตามโครงการพัฒนาทรัพยากร ที่ อบต.บ้านพี้



ภาพที่ 12 : อ่างเก็บน้ำ บ้านพี้

# *รายงานสำรวจภาคสนาม*

*Field Report*



## *โครงการ "การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์"*


*หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ*

*คณะวิศวกรรมศาสตร์*

*จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*


*23-29 พฤศจิกายน 2557*

1. **วัตถุประสงค์**

    1) สำรวจข้อมูลและหารูปแบบโครงการแหล่งน้ำในพื้นที่เพื่อพัฒนาข้อมูลโครงการ

    2) สำรวจข้อมูลพื้นที่ป่าโดยการทำแบบสอบถามจากชาวบ้านในพื้นที่

2. **สถานที่**

    อบต. เมืองจัง อำเภอ ภูเพียง จังหวัดน่าน

3. **รายชื่อคณะผู้ออกสนาม**

    1) นายศักย์ สกุลไทย

    2) นายชานนท์ รัศมีประเสริฐ

    3) นายตุลยวัต มหาวงศ์

    4) นายธรณินทร์ เป่าสง่า

    5) นายนริศ สุดใจดี

4. **กำหนดการออกสำรวจภาคสนาม**

| **วันที่** | **เวลา** | **กำหนดการ** |
|---|---|---|
| 23 พ.ย. 57 | 08.00 - 12.00 น. | ออกเดินทางจาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไป จังหวัดพิษณุโลก |
| | 12.00 - 13.00 น. | พักรับประทานอาหาร |
| | 13.00 - 17.00 น. | เดินทางจาก พิษณุโลก ไป จังหวัดน่าน |
| | 17.00 - 18.00 น. | เดินทางเข้าที่พัก |
| 24 พ.ย. 57 | 08.00 - 08.30 น. | เดินทางเข้าหารือที่อบต.เมืองจัง จังหวัดน่าน |
| | 10.00 - 11.00 น. | หารือเรื่อง โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ |
| | 12.00 - 13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน |
| | 13.00 - 16.00 น. | สำรวจแหล่งน้ำ |
| 25 พ.ย. 57 | 08.00 - 16.00 น. | สำรวจแหล่งน้ำ (ต่อ) |
| 26 พ.ย. 57 | 08.00 - 16.00 น. | ทำแบบสอบถามพื้นที่ป่าในหมู่บ้านตัวอย่าง |
| 27 พ.ย. 57 | 08.00 - 16.00 น. | ทำแบบสอบถามพื้นที่ป่าในหมู่บ้านตัวอย่าง |
| 28 พ.ย. 57 | 08.00 - 16.00 น. | เข้าร่วมการเสวนา "คนน่านจัดการตนเอง" |
| 29 พ.ย. 57 | 08.00 - 16.00 น. | ออกเดินทางจาก จังหวัดน่าน กลับ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

5. **ผลการสำรวจภาคสนาม**

23 พฤศจิกายน 2557

ออกเดินทางจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยตอนเช้าและเดินทางถึงจังหวัดน่านในช่วงค่ำ

24 พฤศจิกายน 2557

วันแรกของการออกสำรวจแหล่งน้ำ ในช่วงเช้าได้เดินทางเข้าไปหารือกับนายกอบต.เมืองจังและเลขาฯ ที่สำนักงาน อบต.เมืองจัง ในช่วงเช้า เพื่อหารือเรื่อง โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ โครงการป่าแลกน้ำ และพื้นที่ตัวอย่างที่มีการนำป่ามาแลกน้ำแล้วเป็นต้น ในช่วงบ่ายได้ออกไปสำรวจพื้นที่ตัวอย่างในพื้นที่โครงการแหล่งน้ำเดิม ว่ามีสภาพและลักษณะเป็นเช่นไร สามารถแก้ไขได้หรือเพิ่มเติมได้อย่างไรบ้างเป็นต้น และได้ทำการเก็บจุดพิกัดในพื้นที่โครงการต่างๆ ในพื้นที่ด้วย และในช่วงเย็นได้ออกลงพื้นที่ทำแบบสอบถามในพื้นที่หมู่บ้านสบยาว เพื่อสอบถามข้อมูลทั่วไปและสอบถามเรื่องความต้องการป่าและน้ำ

25 พฤศจิกายน 2557

วันที่สองของการออกสำรวจ วันนี้ได้ออกเดินทางไปดูโครงการแหล่งน้ำในแผนที่จะพัฒนา ในช่วงเช้าและบ่าย โดยในช่วงเช้าได้นัดกับท่านเลขาฯที่สำนักงานอบต.เมืองจัง เพื่อให้ท่านเลขาฯเป็นผู้นำพาให้ทางคณะสำรวจออกดูพื้นที่ โครงการแหล่งน้ำในแผนที่จะพัฒนา โดยโครงการแหล่งน้ำในแผนที่จะพัฒนา จะเป็นแผนที่จะพัฒนาพื้นที่กักเก็บน้ำในอนาคต โดยยกตัวอย่างเช่น โครงการสร้างพื้นที่แก้มลิงและฝาย เพื่อใช้ในการกักเก็บน้ำ โครงการขุดลอกคันคลอง เพื่อให้สามารถส่งน้ำได้ถึงพื้นที่เป้าหมาย ส่วนในช่วงเย็นได้ลงพื้นที่ลงเก็บแบบสอบถามในพื้นที่หมู่บ้านหาดเค็ด เพื่อสอบถามข้อมูลทั่วไปและสอบถามเรื่องความต้องการป่าและน้ำ

26 พฤศจิกายน 2557

วันที่สามของการออกสำรวจ ในช่วงเช้าได้เดินทางเข้าไปที่สำนักงาน อบต.เมืองจัง เพื่อไปรับข้อมูลโครงการตามแผนเพิ่มเติม และในช่วงบ่ายทางคณะสำรวจได้ออกสนามลง

พื้นที่กับทีมงานป่าไม้และคณะสำรวจจากหน่วยวิจัยแหล่งน้ำจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มาลงพื้นที่สำรวจทำงานในพื้นที่อบต.เมืองจัง และพื้นที่อบต.บ้านแลวหลวง ภายใต้งบประมาณของทาง สกว.(อ.ศิลาพร) และในช่วงหัวค่ำได้ออกเดินทำทำแบบสอบถามในพื้นที่หมู่บ้านหาดผาขน เพื่อสอบถามข้อมูลทั่วไปและสอบถามเรื่องความต้องการป่าและน้ำ

27 พฤศจิกายน 2557

วันที่สี่ของการออกสำรวจ ในช่วงเช้าได้เดินทางเข้าไปที่สำนักงานป่าไม้เพื่อเข้าไปขอรับข้อมูลโครงการแหล่งน้ำ ปีพ.ศ. 2558 - 2560 ของกรมทรัพยากรน้ำ และสำรวจเก็บภาพพื้นที่ภายในพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีน่าน เพื่อสำรวจพื้นที่ต้นน้ำ

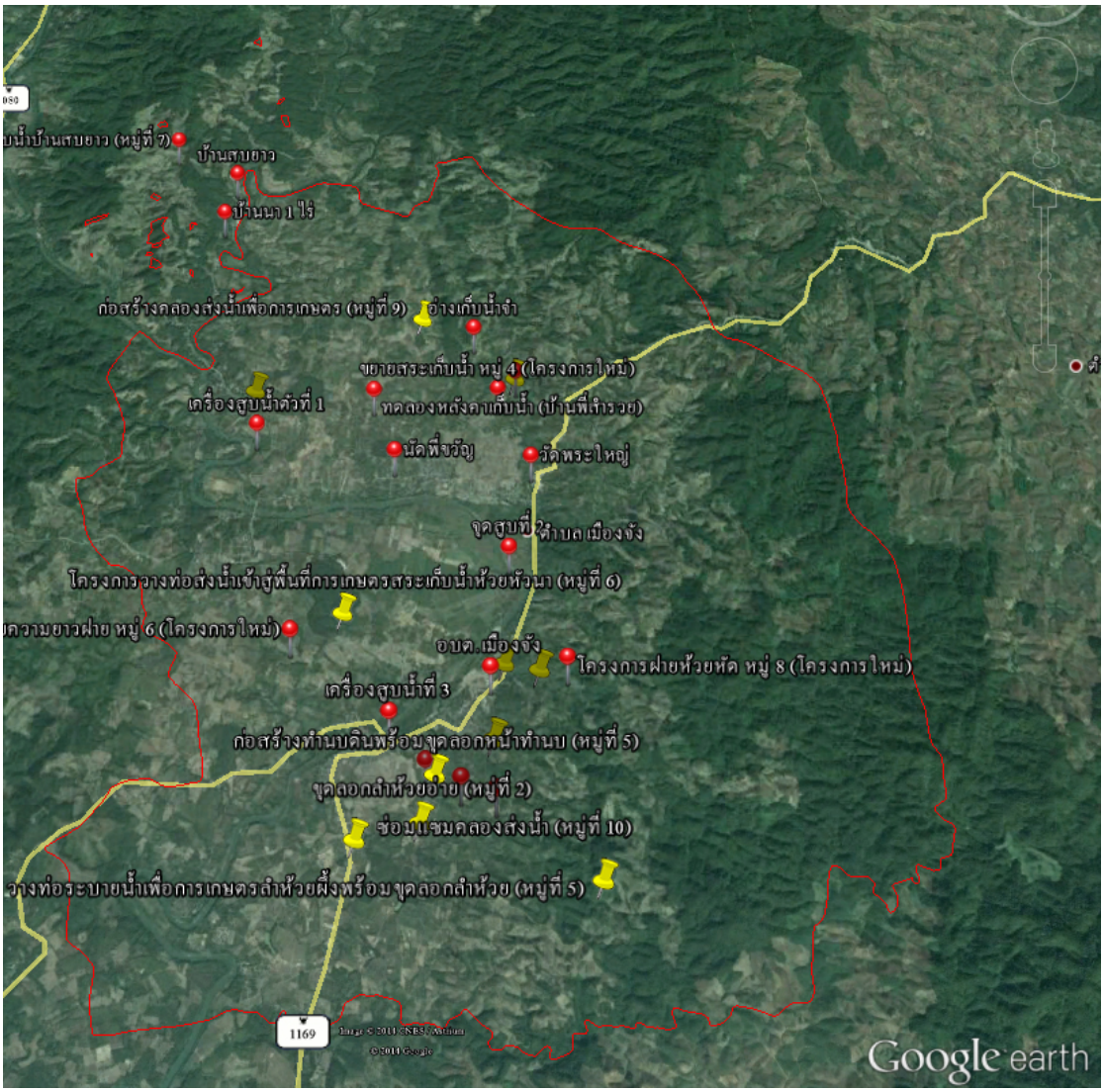
28 พฤศจิกายน 2557

วันที่ห้าของการออกสำรวจ เดินทางเข้าร่วมงานสัมนา "คนน่านจัดการตนเอง" ที่วัดอรัญญาวาส อำเภอเมือง จังหวัดน่าน

29 พฤศจิกายน 2557

วันที่หกของการออกสำรวจ เดินทางกลับจากจังหวัดน่านในช่วงเช้า และเดินทางถึงจังหวัดกรุงเทพมหานครในช่วงหัวค่ำ

6. **ตัวอย่างที่ได้จากการลงพิกัดตำแหน่งในแผนที่จากการออกสำรวจ**




**จุดสำรวจภาคสนาม**

7. **ประเด็นที่ต้องตามงานต่อ**

พัฒนาคู่มือกลไก การจัดการทรัพยากรระดับพื้นที่ (น้ำ - ป่า)

## 8. สรุปแบบสอบถาม

**บ้านสบยาว**

ตอนที่ 1 : ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ของผู้ตอบแบบสอบถาม

   1.1) ชาย จำนวน 10 คน 1.2) หญิง จำนวน 5 คน

2) อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม

   2.1) อายุน้อยกว่า 20 ปี จำนวน - คน 2.2) อายุระหว่าง 20 - 30 ปี จำนวน 1 คน

   2.3) อายุระหว่าง 31 - 40 ปี จำนวน 1 คน 2.4) อายุระหว่าง 41 - 50 ปี จำนวน 9 คน

   2.5) อายุระหว่าง 51 - 60 ปี จำนวน 1 คน 2.6) อายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 3 คน

3) ศาสนาของผู้ตอบแบบสอบถาม

   3.1) ศาสนาพุทธ จำนวน 15 คน 3.2) ศาสนาคริสต์ จำนวน - คน

   3.3) ศาสนาอิสลาม จำนวน - คน 3.4) อื่นๆ จำนวน - คน

4) การศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม

   4.1) ประถมศึกษา จำนวน 7 คน 4.2) มัธยมต้น จำนวน 3 คน

   4.3) มัธยมปลาย/ปวช. จำนวน 2 คน 4.4) ปริญญาตรี/ปวส. จำนวน 1 คน

   4.5) สูงกว่าปริญญาตรี จำนวน - คน 4.6) อื่นๆ (ไม่ได้เรียน) จำนวน 2 คน

5) อาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม

   5.1) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ จำนวน - คน 5.2) บริษัทเอกชน จำนวน - คน

   5.3) เกษตรกร จำนวน 9 คน 5.4) ค้าขาย/เจ้าของกิจการ จำนวน 2 คน

   5.5) รับจ้างทั่วไป จำนวน 4 คน 5.6) นักเรียน/นักศึกษา จำนวน - คน

6) รายได้/เดือน ของผู้ตอบแบบสอบถาม

   6.1) น้อยกว่า 10,000 บาท จำนวน 9 คน 6.2) 10,000 - 20,000 บาท จำนวน 6 คน

   6.3) 20,000 - 30,000 บาท จำนวน - คน 6.4) มากกว่า 30,000 บาท จำนวน - คน

7) สถานะของผู้ตอบแบบสอบถาม

   7.1) โสด จำนวน 1 คน 7.2) สมรส จำนวน 12 คน

   7.3) หย่าร้าง จำนวน 2 คน 7.4) อื่นๆ จำนวน - คน

8) จำนวนสมาชิกในครอบครัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

   8.1) 1 - 2 คน จำนวน 3 ครอบครัว 8.2) 3 - 4 คน จำนวน 10 ครอบครัว

   8.3) 5 - 6 คน จำนวน 2 ครอบครัว 8.4) 6 คนขึ้นไป จำนวน - ครอบครัว

9) ลักษณะครอบครัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

9.1) ครอบครัวเดี่ยว จำนวน 14 ครอบครัว 9.2) ครอบครัวขยาย จำนวน 1 ครอบครัว

10) โครงสร้างครอบครัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

10.1) วัยเด็ก (น้อยกว่า 3 ปี) จำนวน 2 ครอบครัว 10.2) วัยเรียน (3 - 18 ปี) จำนวน 8 ครอบครัว

10.3) วัยแรงงาน (18 - 60 ปี)จำนวน 15 ครอบครัว 10.4) วัยชรา (60 ปีขึ้นไป) จำนวน 6 ครอบครัว

11) จำนวนปีที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ของผู้ตอบแบบสอบถาม

11.1) น้อยกว่า 5 ปี จำนวน - คน 11.2) 5 - 10 ปี จำนวน - คน

11.3) 10 ปีขึ้นไป จำนวน 15 คน

ตอนที่ 2 : ชุมชน

1) ความพอใจต่อสภาพความเป็นอยู่ในชุมชน ของผู้ตอบแบบสอบถาม

- ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดพอใจต่อสภาพความเป็นอยู่ในชุมชน

2) ความเหนียวแน่นของชุมชน ของผู้ตอบแบบสอบถาม

- ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ คิดว่าความเหนียวแน่นของชุมชนอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

3) ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าทำให้คนในชุมชนสามัคคีและร่วมมือกัน

1. มีผู้นำดี
2. มีจุดประสงค์เดียวกัน
3. ส่วนใหญ่คนในชุมชนจะเป็นญาติพี่น้องกัน
4. อาชีพ ศาสนา การอยู่อาศัย

4) ความพอใจในระดับรายได้ปัจจุบันของผู้ตอบแบบสอบถาม

4.1) ขัดสน จำนวน 3 คน 4.2) พอดี จำนวน 12 คน

4.3) เหลือเก็บออม จำนวน - คน

5) แนวทางการแสวงหารายได้ในอนาคตของผู้ตอบแบบสอบถาม

5.1) ทำอาชีพเดิม จำนวน 9 คน 5.2) เปลี่ยนอาชีพใหม่ จำนวน 1 คน

5.3) หาอาชีพเสริม จำนวน 5 คน

- ค้าขาย จำนวน 1 คน
- ปลูกข้าวโพด คน 1 จำนวน
- หม่อน - ไหม จำนวน 2 คน
- จักสาน จำนวน 1 คน

6) ระดับรายได้โดยรวมในชุมชนของผู้ตอบแบบสอบถาม

6.1) ขัดสน จำนวน 5 คน 6.2) พอดี จำนวน 10 คน

6.3) เหลือเก็บออม จำนวน - คน

7) กลุ่มอาชีพในชุมชนของผู้ตอบแบบสอบถาม

- ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร

8) การเปลี่ยนแปลงอาชีพเศรษฐกิจของผู้ตอบแบบสอบถาม

- เปลี่ยนเป็นมันสำปะหลัง จำนวน 2 คน
- หม่อน - ไหม จำนวน 4 คน
- ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จำนวน 9 คน

ตอนที่ 3 : การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม

1) ป่าไม้เปลี่ยนแปลงอย่างไร และปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคืออะไร

1.1) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีป่าไม้เพิ่มขึ้น จำนวน 8 คน

ปัจจัยที่ทำให้ป่าไม้เพิ่มขึ้น

1. มีการอนุรักษ์ป่า/ป่าชุมชน
2. ปลูกป่าทดแทน
3. มีกฎหมายเรื่องการตัดไม้

1.2) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีป่าไม้ลดลง จำนวน 2 คน

ปัจจัยที่ทำให้ป่าไม้ลดลง

1. ชาวบ้านบางคนไม่มีที่ทำกินจึงต้องบุกรุกป่า

1.3) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีป่าไม้คงที่ จำนวน 5 คน

ปัจจัยที่ทำให้ป่าไม้คงที่

1. ไม่มีใครรุกป่า
2. ชาวบ้านถือคติที่ว่า มีป่าก็มีกิน

2) ฝนเปลี่ยนแปลงอย่างไร และปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคืออะไร

2.1) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนเพิ่มขึ้น จำนวน 8 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนเพิ่มขึ้น

1. ป่าไม้เพิ่มขึ้น
2. ตามธรรมชาติ

2.2) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนลดลง จำนวน 4 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนลดลง

1. ป่าไม้ลดลง/ตัดไม้ทำลายป่า
2. ธรรมชาติเปลี่ยนแปลง

2.3) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนคงที่ จำนวน 1 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนคงที่

1. มีป่าไม้เท่าเดิม

2.4) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนแปรปรวน จำนวน 2 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนแปรปรวน

1. ป่าไม้ลดลง
2. ตามธรรมชาติ

3) น้ำท่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร และปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคืออะไร

3.1) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าน้ำท่าเพียงพอ จำนวน 7 คน

ปัจจัยที่ทำให้น้ำท่าเพียงพอ

1. มีป่าต้นน้ำ/รักษาสภาพแวดล้อม
2. ฝนตกมากขึ้น
3. มีแน่น้ำ 2 สาย คือแม่น้ำน่าน และแม่น้ำยาว
4. มีการสร้างฝาย/อ่างเก็บน้ำ

3.2) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าขาดแคลน จำนวน 8 คน

ปัจจัยที่ทำให้น้ำท่าขาดแคลน

1. ฝนตกน้อย
2. มีน้ำแต่นำมาใช้ไม่ได้
3. ไม่มีแหล่งน้ำในชุมชน
4. คนใช้เยอะ
5. ไม่มีป่าต้นน้ำ/ตัดไม้ทำลายป่า

<u>ตอนที่ 4</u> : ท่านต้องการให้ภาครัฐสนับสนุนด้านใด และอย่างไร

1) ด้านการประกอบอาชีพ

1.1) ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความต้องการ จำนวน 15 คน

1. หาตลาดรองรับผลผลิต และการประกันราคา
2. ต้นทุนการผลิต เช่น ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง เมล็ดพันธ์พืช
3. เงินทุนปลอดดอกเบี้ย
4. พัฒนาความรู้ และฝีมือด้านการเกษตร
5. อาชีพทดแทนการปลูกข้าวโพด
6. ที่ดินในการทำมาหากิน

7. อาชีพเสริมในยามว่างจากการทำเกษตร

1.2) ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ต้องการ จำนวน - คน

2) ด้านสังคม

2.1) ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความต้องการ จำนวน 12 คน

1. ต้องการสถานีอนามัย
2. ต้องการ กศน.
3. ปรับปรุงที่มีอยู่ให้ดีขึ้น
4. สหกรณ์ผู้สูงอายุ สนับสนุนผลิตภัณฑ์ชุมชน

2.2) ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ต้องการ จำนวน 3 คน

เพราะ ที่มีอยู่ก็พออยู่แล้ว

3) ด้านสาธารณูปโภค

3.1) ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความต้องการ จำนวน 13 คน

1. ปรับปรุงถนน
2. ปรับปรุงระบบไฟฟ้า
3. ปรับปรุงระบบประปาให้ดีขึ้น
4. ไฟส่องสว่างตามถนน

3.2) ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ต้องการ จำนวน 2 คน

เพราะ ที่มีอยู่ก็พออยู่แล้ว

4) ด้านอื่นๆ

1. สร้างอ่างเก็บน้ำ
2. เอกสารสิทธิ์ที่ดิน

**บ้านหาดผาขน**

ตอนที่ 1 : ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1) เพศ ของผู้ตอบแบบสอบถาม

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1.1) ชาย | จำนวน 10 คน | 1.2) หญิง | จำนวน 5 คน |

2) อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2.1) อายุน้อยกว่า 20 ปี | จำนวน - คน | 2.2) อายุระหว่าง 20 - 30 ปี | จำนวน - คน |
| 2.3) อายุระหว่าง 31 - 40 ปี | จำนวน 1 คน | 2.4) อายุระหว่าง 41 - 50 ปี | จำนวน 2 คน |
| 2.5) อายุระหว่าง 51 - 60 ปี | จำนวน 5 คน | 2.6) อายุ 60 ปีขึ้นไป | จำนวน 7 คน |

3) ศาสนาของผู้ตอบแบบสอบถาม

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3.1) ศาสนาพุทธ | จำนวน 15 คน | 3.2) ศาสนาคริสต์ | จำนวน - คน |
| 3.3) ศาสนาอิสลาม | จำนวน - คน | 3.4) อื่นๆ | จำนวน - คน |

4) การศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4.1) ประถมศึกษา | จำนวน 11 คน | 4.2) มัธยมต้น | จำนวน 2 คน |
| 4.3) มัธยมปลาย/ปวช. | จำนวน 1 คน | 4.4) ปริญญาตรี/ปวส. | จำนวน 1 คน |
| 4.5) สูงกว่าปริญญาตรี | จำนวน - คน | 4.6) อื่นๆ | จำนวน - คน |

5) อาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5.1) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ | จำนวน - คน | 5.2) บริษัทเอกชน | จำนวน - คน |
| 5.3) เกษตรกร | จำนวน 12 คน | 5.4) ค้าขาย/เจ้าของกิจการ | จำนวน 1 คน |
| 5.5) รับจ้างทั่วไป | จำนวน 2 คน | 5.6) นักเรียน/นักศึกษา | จำนวน - คน |

6) รายได้/เดือน ของผู้ตอบแบบสอบถาม

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6.1) น้อยกว่า 10,000 บาท | จำนวน 12 คน | 6.2) 10,000 - 20,000 บาท | จำนวน 3 คน |
| 6.3) 20,000 - 30,000 บาท | จำนวน - คน | 6.4) มากกว่า 30,000 บาท | จำนวน - คน |

7) สถานะของผู้ตอบแบบสอบถาม

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7.1) โสด | จำนวน - คน | 7.2) สมรส | จำนวน 14 คน |
| 7.3) หย่าร้าง | จำนวน 1 คน | 7.4) อื่นๆ | จำนวน - คน |

8) จำนวนสมาชิกในครอบครัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8.1) 1 - 2 คน | จำนวน 1 ครอบครัว | 8.2) 3 - 4 คน | จำนวน 9 ครอบครัว |
| 8.3) 5 - 6 คน | จำนวน 4 ครอบครัว | 8.4) 6 คนขึ้นไป | จำนวน 1 ครอบครัว |

9) ลักษณะครอบครัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9.1) ครอบครัวเดี่ยว | จำนวน 12 ครอบครัว | 9.2) ครอบครัวขยาย | จำนวน 3 ครอบครัว |

10) โครงสร้างครอบครัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

10.1) วัยเด็ก (น้อยกว่า 3 ปี) จำนวน 2 ครอบครัว 10.2) วัยเรียน (3 - 18 ปี) จำนวน 6 ครอบครัว

10.3) วัยแรงงาน (18 - 60 ปี)จำนวน 14 ครอบครัว 10.4) วัยชรา (60 ปีขึ้นไป) จำนวน 4 ครอบครัว

11) จำนวนปีที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ของผู้ตอบแบบสอบถาม

11.1) น้อยกว่า 5 ปี จำนวน - คน 11.2) 5 - 10 ปี จำนวน - คน

11.3) 10 ปีขึ้นไป จำนวน 15 คน

ตอนที่ 2 : ชุมชน

1) ความพอใจต่อสภาพความเป็นอยู่ในชุมชน ของผู้ตอบแบบสอบถาม

- ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดพอใจต่อสภาพความเป็นอยู่ในชุมชน

2) ความเหนียวแน่นของชุมชน ของผู้ตอบแบบสอบถาม

- ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ คิดว่าความเหนียวแน่นของชุมชนอยู่ในเกณฑ์ดี

3) ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าทำให้คนในชุมชนสามัคคีและร่วมมือกัน

5. มีกิจกรรมในชุมชนให้ทำร่วมกัน
6. มีจุดประสงค์ร่วมกัน
7. ส่วนใหญ่คนในชุมชนจะเป็นญาติพี่น้องกัน
8. มีผู้นำดี ประชาสัมพันธ์ดี
9. เป็นเหมือนประเพณีท้องถิ่น
10. มีกฎเกณฑ์ และกติการ่วมกัน

4) ความพอใจในระดับรายได้ปัจจุบันของผู้ตอบแบบสอบถาม

4.1) ขัดสน จำนวน 1 คน 4.2) พอดี จำนวน 14 คน

4.3) เหลือเก็บออม จำนวน - คน

5) แนวทางการแสวงหารายได้ในอนาคตของผู้ตอบแบบสอบถาม

5.1) ทำอาชีพเดิม จำนวน 11 คน 5.2) เปลี่ยนอาชีพใหม่ จำนวน - คน

5.3) หาอาชีพเสริม จำนวน 4 คน

- ค้าขาย จำนวน 1 คน
-ทำสวน จำนวน คน 1
- เลี้ยงสัตว์ จำนวน 4 คน

6) ระดับรายได้โดยรวมในชุมชนของผู้ตอบแบบสอบถาม

6.1) ขัดสน จำนวน 4 คน 6.2) พอดี จำนวน 14 คน

6.3) เหลือเก็บออม จำนวน - คน

7) กลุ่มอาชีพในชุมชนของผู้ตอบแบบสอบถาม

- ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร

8) การเปลี่ยนแปลงอาชีพเศรษฐกิจของผู้ตอบแบบสอบถาม

- เปลี่ยนจากการปลูกพืชไร่ เป็นไม้ยืนต้น จำนวน 3 คน
- เปลี่ยนเป็นยางพารา จำนวน 3 คน
- เปลี่ยนเป็นเลี้ยงสัตว์ จำนวน 4 คน
- ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จำนวน 5 คน

<u>ตอนที่ 3</u> : การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม

1) ป่าไม้เปลี่ยนแปลงอย่างไร และปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคืออะไร

1.1) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีป่าไม้เพิ่มขึ้น จำนวน 5 คน

ปัจจัยที่ทำให้ป่าไม้เพิ่มขึ้น

1. มีการอนุรักษ์ป่า/ป่าชุมชน
2. ปลูกป่าทดแทน
3. เปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวโพดเป็นป่า

1.2) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีป่าไม้ลดลง จำนวน 2 คน

ปัจจัยที่ทำให้ป่าไม้ลดลง

1. ชาวบ้านรุกพื้นที่ป่า ปลูกข้าวโพด
2. ชาวบ้านบางคนไม่มีที่ทำกินจึงต้องบุกรุกป่า

1.3) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีป่าไม้คงที่ จำนวน 7 คน

ปัจจัยที่ทำให้ป่าไม้คงที่

1. ไม่มีใครรุกป่า
2. มีการอนุรักษ์ป่า

2) ฝนเปลี่ยนแปลงอย่างไร และปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคืออะไร

2.1) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนเพิ่มขึ้น จำนวน 2 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนเพิ่มขึ้น

1. ป่าไม้เพิ่มขึ้น
2. อากาศแปรปรวน

2.2) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนลดลง จำนวน 6 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนลดลง

1. ป่าไม้ลดลง

2. ธรรมชาติเปลี่ยนแปลง

2.3) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนคงที่ จำนวน 3 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนคงที่

1. มีป่าไม้เท่าเดิม

2.4) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนแปรปรวน จำนวน 4 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนแปรปรวน

1. ป่าไม้ลดลง
2. ตามธรรมชาติ

3) น้ำท่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร และปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคืออะไร

3.1) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าน้ำท่าเพียงพอ จำนวน 8 คน

ปัจจัยที่ทำให้น้ำท่าเพียงพอ

1. ติดแม่น้ำน่าน
2. ฝนตกมากขึ้น

3.2) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าขาดแคลน จำนวน 7 คน

ปัจจัยที่ทำให้น้ำท่าขาดแคลน

1. ฝนตกน้อย
2. ขุดลอกลำน้ำ ทำให้น้ำไหลเร็ว
3. ไม่มีที่กักเก็บน้ำ

<u>ตอนที่ 4</u> : ท่านต้องการให้ภาครัฐสนับสนุนด้านใด และอย่างไร

1) ด้านการประกอบอาชีพ

1.1) ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความต้องการ จำนวน 14 คน

1. หาตลาดรองรับผลผลิต และการประกันราคา
2. ต้นทุนการผลิต เช่น ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง เมล็ดพันธ์พืช
3. เงินทุนปลอดดอกเบี้ย
4. การแปรรูปผลผลิตการเกษตร
5. พัฒนาความรู้ และฝีมือด้านการเกษตร
6. ส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์

1.2) ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ต้องการ จำนวน 1 คน

เพราะ มีอยู่แล้ว

2) ด้านสังคม

2.1) ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความต้องการ จำนวน 9 คน

1. ต้องการสถานีอนามัย
2. ต้องการโรงเรียนในชุมชน

2.2) ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ต้องการ จำนวน 6 คน

เพราะ ที่มีอยู่ก็พออยู่แล้ว

3) ด้านสาธารณูปโภค

3.1) ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความต้องการ จำนวน 15 คน

5. ปรับปรุงถนน
6. ปรับปรุงระบบไฟฟ้า เปลี่ยนจากไฟ 2 เฟส เป็น 3 เฟส
7. ปรับปรุงระบบประปาให้ดีขึ้น

3.2) ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ต้องการ จำนวน - คน

4) ด้านอื่นๆ

3. สร้างอ่างเก็บน้ำ
4. ส่งเสริมการท่องเที่ยว

**บ้านหาดเค็ด**

<u>ตอนที่ 1</u> : ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.1) ชาย จำนวน 11 คน 1.2) หญิง จำนวน 4 คน

2) อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม

2.1) อายุน้อยกว่า 20 ปี จำนวน - คน 2.2) อายุระหว่าง 20 - 30 ปี จำนวน - คน

2.3) อายุระหว่าง 31 - 40 ปีจำนวน 1 คน 2.4) อายุระหว่าง 41 - 50 ปี จำนวน 5 คน

2.5) อายุระหว่าง 51 - 60 ปีจำนวน 8 คน 2.6) อายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 1 คน

3) ศาสนาของผู้ตอบแบบสอบถาม

3.1) ศาสนาพุทธ จำนวน 15 คน 3.2) ศาสนาคริสต์ จำนวน - คน

3.3) ศาสนาอิสลาม จำนวน - คน 3.4) อื่นๆ จำนวน - คน

4) การศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม

4.1) ประถมศึกษา จำนวน 9 คน 4.2) มัธยมต้น จำนวน 2 คน

4.3) มัธยมปลาย/ปวช. จำนวน 3 คน 4.4) ปริญญาตรี/ปวส. จำนวน 1 คน

4.5) สูงกว่าปริญญาตรี จำนวน - คน 4.6) อื่นๆ(ไม่ได้เรียน) จำนวน - คน

5) อาชีพของผู้ตอบแบบสอบถาม

5.1) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ จำนวน - คน 5.2) บริษัทเอกชน จำนวน - คน

5.3) เกษตรกร จำนวน 15 คน 5.4) ค้าขาย/เจ้าของกิจการ จำนวน - คน

5.5) รับจ้างทั่วไป จำนวน - คน 5.6) นักเรียน/นักศึกษา จำนวน - คน

6) รายได้/เดือน ของผู้ตอบแบบสอบถาม

6.1) น้อยกว่า 10,000 บาท จำนวน 8 คน 6.2) 10,000 - 20,000 บาท จำนวน 6 คน

6.3) 20,000 - 30,000 บาท จำนวน 1 คน 6.4) มากกว่า 30,000 บาท จำนวน - คน

7) สถานะของผู้ตอบแบบสอบถาม

7.1) โสด จำนวน - คน 7.2) สมรส จำนวน 15 คน

7.3) หย่าร้าง จำนวน - คน 7.4) อื่นๆ จำนวน - คน

8) จำนวนสมาชิกในครอบครัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

8.1) 1 - 2 คน จำนวน 3 ครอบครัว 8.2) 3 - 4 คน จำนวน 7 ครอบครัว

8.3) 5 - 6 คน จำนวน 5 ครอบครัว 8.4) 6 คนขึ้นไป จำนวน - ครอบครัว

9) ลักษณะครอบครัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

9.1) ครอบครัวเดี่ยว จำนวน 13 ครอบครัว 9.2) ครอบครัวขยาย จำนวน 2 ครอบครัว

10) โครงสร้างครอบครัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

10.1) วัยเด็ก (น้อยกว่า 3 ปี) จำนวน 1 ครอบครัว 10.2) วัยเรียน (3 - 18 ปี) จำนวน 8 ครอบครัว

10.3) วัยแรงงาน (18 - 60 ปี) จำนวน 14 ครอบครัว 10.4) วัยชรา (60 ปีขึ้นไป) จำนวน 2 ครอบครัว

11) จำนวนปีที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ของผู้ตอบแบบสอบถาม

11.1) น้อยกว่า 5 ปี จำนวน - คน 11.2) 5 - 10 ปี จำนวน - คน

11.3) 10 ปีขึ้นไป จำนวน 15 คน

ตอนที่ 2 : ชุมชน

1) ความพอใจต่อสภาพความเป็นอยู่ในชุมชน ของผู้ตอบแบบสอบถาม

- ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดพอใจต่อสภาพความเป็นอยู่ในชุมชน

2) ความเหนียวแน่นของชุมชน ของผู้ตอบแบบสอบถาม

- ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ คิดว่าความเหนียวแน่นของชุมชนอยู่ในเกณฑ์ดี

3) ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าทำให้คนในชุมชนสามัคคีและร่วมมือกัน

11. ความเข้าอกเข้าใจกัน
12. มีจุดประสงค์ร่วมกัน
13. พึ่งพาอาศัยกัน
14. ความสามัคคีของชุมชน
15. ศาสนา - วัด
16. มีกิจกรรมร่วมกัน

4) ความพอใจในระดับรายได้ปัจจุบันของผู้ตอบแบบสอบถาม

4.1) ขัดสน จำนวน 8 คน 4.2) พอดี จำนวน 7 คน

4.3) เหลือเก็บออม จำนวน - คน

5) แนวทางการแสวงหารายได้ในอนาคตของผู้ตอบแบบสอบถาม

5.1) ทำอาชีพเดิม จำนวน 10 คน 5.2) เปลี่ยนอาชีพใหม่ จำนวน 2 คน

5.3) หาอาชีพเสริม จำนวน 3 คน

- ค้าขาย จำนวน 3 คน

6) ระดับรายได้โดยรวมในชุมชนของผู้ตอบแบบสอบถาม

6.1) ขัดสน จำนวน 10 คน 6.2) พอดี จำนวน 5 คน

6.3) เหลือเก็บออม จำนวน - คน

7) กลุ่มอาชีพในชุมชนของผู้ตอบแบบสอบถาม

- ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร

8) การเปลี่ยนแปลงอาชีพเศรษฐกิจของผู้ตอบแบบสอบถาม

- เปลี่ยนเป็นมันสำปะหลัง จำนวน 1 คน
- เปลี่ยนข้าวโพด เป็นสวนผลไม้ จำนวน 2 คน
- ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จำนวน 12 คน

<u>ตอนที่ 3</u> : การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม

1) ป่าไม้เปลี่ยนแปลงอย่างไร และปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคืออะไร

1.1) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีป่าไม้เพิ่มขึ้น จำนวน 4 คน

ปัจจัยที่ทำให้ป่าไม้เพิ่มขึ้น

1. มีการอนุรักษ์ป่า/ป่าชุมชน
2. มีกฎ และกติกา
3. มีการปลูกต้นสัก

1.2) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีป่าไม้ลดลง จำนวน 7 คน

ปัจจัยที่ทำให้ป่าไม้ลดลง

1. ทำไร่เลื่อนลอย
2. ตัดไม้ทำลายป่า

1.3) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีป่าไม้คงที่ จำนวน 4 คน

ปัจจัยที่ทำให้ป่าไม้คงที่

1. ไม่มีใครรุกป่า
2. มีการอนุรักษ์ป่า

2) ฝนเปลี่ยนแปลงอย่างไร และปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคืออะไร

2.1) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนเพิ่มขึ้น จำนวน 3 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนเพิ่มขึ้น

1. ป่าไม้เพิ่มขึ้น

2.2) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนลดลง จำนวน 3 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนลดลง

1. ป่าไม้ลดลง/ตัดไม้ทำลายป่า
2. ธรรมชาติเปลี่ยนแปลง

2.3) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนคงที่ จำนวน 5 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนคงที่

1. มีป่าไม้เท่าเดิม
2. ตามธรรมชาติ

2.4) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีฝนแปรปรวน จำนวน 4 คน

ปัจจัยที่ทำให้ฝนแปรปรวน

1. ป่าไม้ลดลง
2. ตามธรรมชาติ

3) น้ำท่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร และปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคืออะไร

3.1) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าน้ำท่าเพียงพอ จำนวน 7 คน

ปัจจัยที่ทำให้น้ำท่าเพียงพอ

1. มีอ่างเก็บน้ำ
2. ฝนตกดี
3. ตามธรรมชาติ

3.2) ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าขาดแคลน จำนวน 8 คน

ปัจจัยที่ทำให้น้ำท่าขาดแคลน

1. ไม่มีป่าต้นน้ำ/ตัดไม้ทำลายป่า
2. แม่น้ำตื้นเขิน มีตะกอน

ตอนที่ 4 : ท่านต้องการให้ภาครัฐสนับสนุนด้านใด และอย่างไร

1) ด้านการประกอบอาชีพ

1.1) ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความต้องการ จำนวน 15 คน

1. หาตลาดรองรับผลผลิต และการประกันราคา
2. ต้นทุนการผลิต เช่น ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง เมล็ดพันธุ์พืช
3. เงินทุนปลอดดอกเบี้ย - ดอกเบี้ยต่ำ
4. พัฒนาความรู้ และฝีมือด้านการเกษตร
5. ที่ดินในการทำมาหากิน
6. อาชีพเสริมในยามว่างจากการทำเกษตร
7. ส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์

1.2) ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ต้องการ จำนวน - คน

2) ด้านสังคม

2.1) ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความต้องการ จำนวน 8 คน

1. ต้องการสถานีอนามัย

2.2) ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ต้องการ จำนวน 7 คน

เพราะ ที่มีอยู่ก็พออยู่แล้ว

3) ด้านสาธารณูปโภค

3.1) ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีความต้องการ จำนวน 10 คน

1. ปรับปรุงถนน
2. ปรับปรุงระบบไฟฟ้า
3. ปรับปรุงคุณภาพประปาให้ดีขึ้น
4. ไฟฟ้าในที่ดินทำกิน

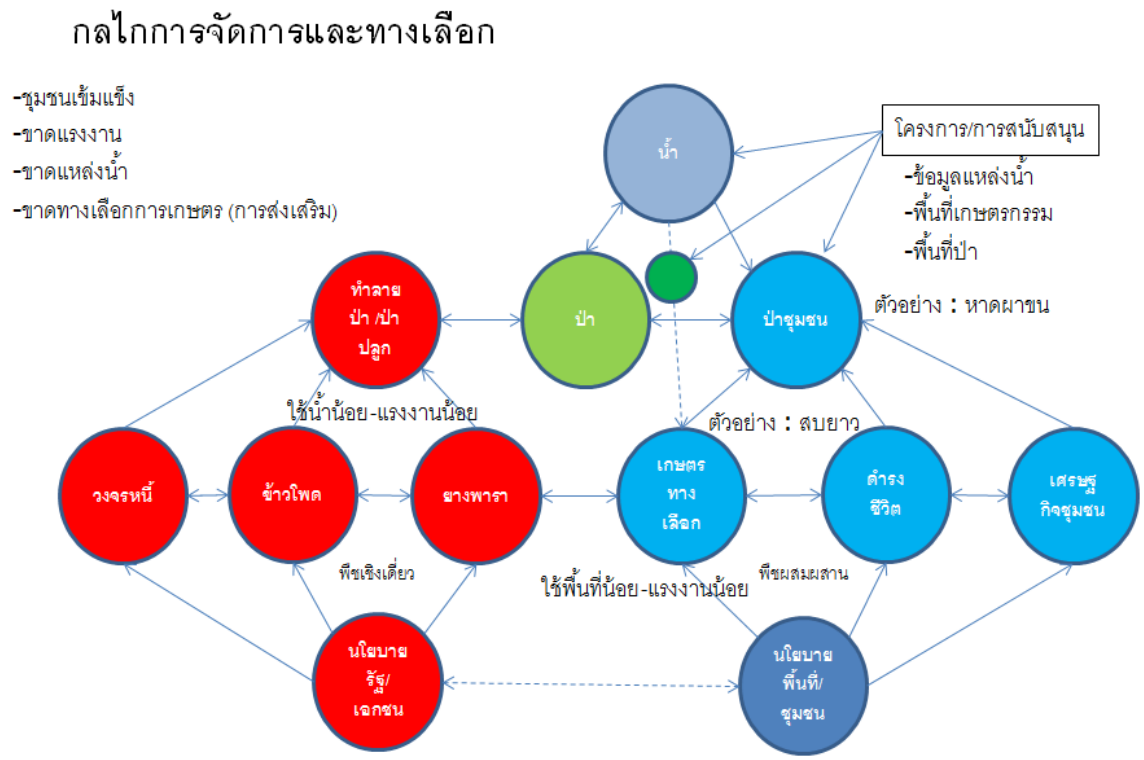
3.2) ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ต้องการ จำนวน 5 คน

เพราะ ที่มีอยู่ก็พออยู่แล้ว

4) ด้านอื่นๆ

1. ปรับปรุงอ่างเก็บน้ำ
2. ขุดลองคลองส่งน้ำ

## 9. กลไกการจัดการทรัพยากร (สรุปจากการประชุมกลุ่มออกสนาม)



# ภาคผนวก

**ภาพประกอบการสำรวจภาคสนาม**

**วันที่ 24 พฤศจิกายน 2557**



**ภาพที่ 1 : อบต.เมืองจัง อธิบายโครงการด้านแหล่งน้ำในพื้นที่**



**ภาพที่ 2 : เยี่ยมดูโครงการพัฒนาแหล่งน้ำอุปโภค ที่ หมู่บ้านสบยาว (หมู่ที่ 7)**



**ภาพที่ 3 : เยี่ยมดูโครงการฝายที่ หมู่บ้านสบยาว (หมู่ที่ 7)**



**ภาพที่ 4 : ท่อเหล็กท้ายฝาย ท่อระบายลงลำน้ำ และต่อไปที่หมู่บ้านเพื่อการอุปโภค**



**ภาพที่ 5 : แวะเยี่ยมบ้าน ท่านนายกสำรวย (ตัวอย่างด้านเกษตรทางเลือก)**



**ภาพที่ 6 : ดูตำแหน่งเครื่องสูบน้ำด้วยไฟฟ้า จุดสูบที่ 1**



ภาพที่ 7 : โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยฝาย




ภาพที่ 8 : โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยฝาย



ภาพที่ 9 : สัมภาษณ์ผู้ใหญ่บ้าน บ้านสบยาว (หมู่ที่ 7)



ภาพที่ 10 : สัมภาษณ์ผู้ใหญ่บ้าน บ้านสบยาว (หมู่ที่ 7)

**วันที่ 25 พฤศจิกายน 2557**



**ภาพที่** 11 : **ดูตำแหน่งเครื่องสูบน้ำด้วยไฟฟ้า จุดสูบที่** 2



**ภาพที่** 12 : **โครงการฝาย บ้านเมืองจังเหนือ (หมู่ที่** 5)



**ภาพที่** 13 :**โครงการฝาย บ้านจัดสรร (หมู่ที่** 6)



**ภาพที่** 14 : **สัมภาษณ์ผู้ใหญ่บ้านหาดเค็ด (หมู่ที่** 1)

## วันที่ 26 พฤศจิกายน 2557



ภาพที่ 15 : ติดตามโครงการแหล่งน้ำ อบต.ป่าแลวหลวง



ภาพที่ 16 : หมู่บ้านหาดผาขน (หมู่ที่ 3)

## วันที่ 27 พฤศจิกายน 2557




ภาพที่ 17 : อุทยานแห่งชาติ ศรีน่าน



ภาพที่ 18 : ไร่ข้าวโพดรอบอุทยาน ศรีน่าน



ภาพที่ 19 : ป่าต้นน้ำอุทยานศรีน่าน



ภาพที่ 20 : นาในพื้นราบแถวอุทยานศรีน่าน

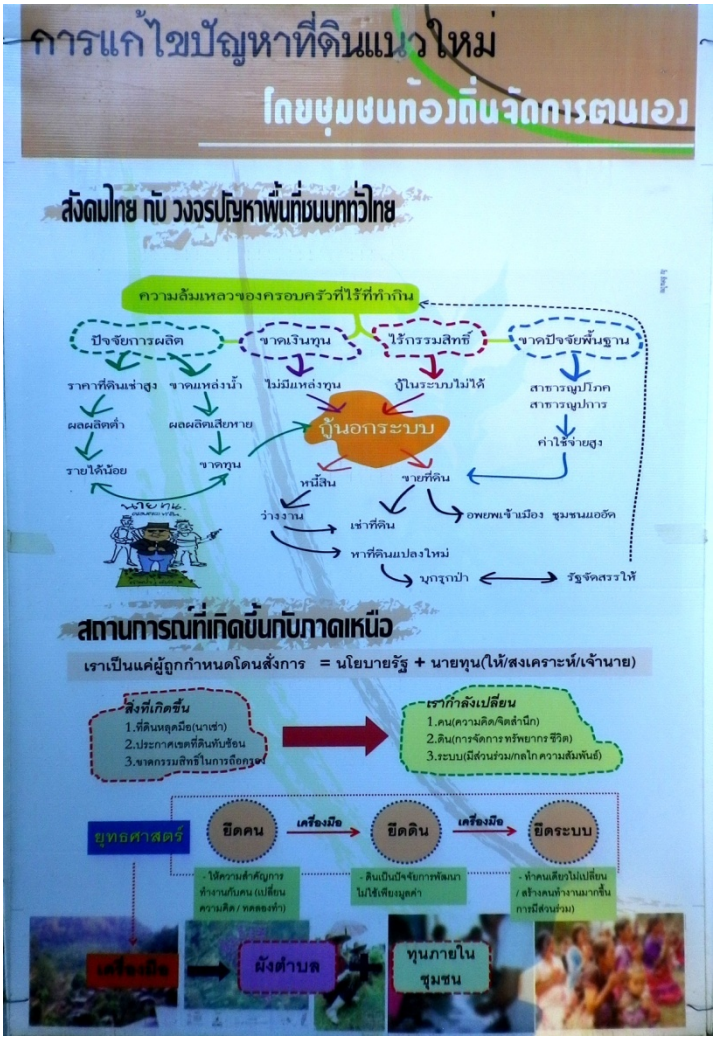
**วันที่ 28 พฤศจิกายน 2557**



ภาพที่ 21 : งานสัมมนา "คนน่านจัดการตนเอง"



ภาพที่ 22 : งานสัมมนา "คนน่านจัดการตนเอง"




ภาพที่ 23 : งานสัมมนา "คนน่านจัดการตนเอง"

# ตัวอย่างแบบสอบถาม

**แบบสอบถามภาคสนาม**

**ตำบลเมืองจัง อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน**

ตอนที่ 1 : ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1) เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2) อายุ

( ) น้อยกว่า 20 ปี ( ) 20 - 30 ปี ( ) 31 - 40 ปี

( ) 41 - 50 ปี ( ) 51 - 60 ปี ( ) 60 ปีขึ้นไป

3) ศาสนา

( ) พุทธ ( ) คริสต์ ( ) อิสลาม ( ) อื่นๆ .....

4) ระดับการศึกษา

( ) ประถมศึกษา ( ) มัธยมต้น ( ) มัธยมปลาย/ปวช.

( ) ปริญญาตรี/ปวส. ( ) สูงกว่าปริญญาตรี ( ) อื่นๆ .....

5) อาชีพ

( ) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ( ) บริษัทเอกชน ( ) เกษตรกร

( ) ค้าขาย/เจ้าของกิจการ ( ) รับจ้างทั่วไป ( ) นักเรียน/นักศึกษา

6) รายได้/เดือน

( ) น้อยกว่า 10,000 บาท ( ) 10,000 - 20,000 บาท ( ) 20,000 - 30,000 บาท

( ) 30,000 - 40,000 บาท ( ) 40,000 - 50,000 บาท ( ) มากกว่า 50,000 บาท

7) สถานะ

( ) โสด ( ) สมรส ( ) หย่าร้าง ( ) อื่นๆ .....

8) ครอบครัวของท่านมีสมาชิกกี่คน

( ) 1 - 2 คน ( ) 3 - 4 คน ( ) 5 - 6 คน ( ) 6 คน ขึ้นไป

9) ลักษณะครอบครัวของท่าน

( ) โสด ( ) ครอบครัวเดี่ยว ( ) ครอบครัวขยาย

10) โครงสร้างครอบครัวของท่าน มีสมาชิกวัยใดบ้าง และจำนวนเท่าใด

( ) วัยเด็ก (น้อยกว่า 3 ปี) จำนวน ..... คน ( ) วัยเรียน (3 - 18 ปี) จำนวน ..... คน

( ) วัยแรงงาน (18 - 60 ปี) จำนวน ..... คน ( ) วัยชรา (60 ปี ขึ้นไป) จำนวน ..... คน

11) ท่านอยู่ในพื้นที่นี้มาแล้วกี่ปี

( ) น้อยกว่า 5 ปี ( ) 5 - 10 ปี ( ) 10 ปี ขึ้นไป

ตอนที่ 2 : ชุมชน

1) ท่านพอใจต่อสภาพความเป็นอยู่ของชุมชนของท่าน หรือไม่ อย่างไร

.....

2) ความเหนียวแน่นในชุมชน เช่น การทำกิจกรรมร่วมกันในชุมชน ช่วยเหลือกันในชุมชน เป็นต้น

.....

3) ปัจจัยใดที่ทำให้คนในชุมชนของท่านสามัคคีและร่วมมือกัน

.....

4) ความพอใจระดับรายได้ในปัจจุบัน

( ) ขัดสน ( ) พอดี ( ) เหลือเก็บออม

5) แนวทางการแสวงหารายได้ในอนาคต

( ) ทำอาชีพเดิม ( ) เปลี่ยนอาชีพใหม่ ( ) หาอาชีพเสริม คือ .....

6) ระดับรายได้โดยรวมในชุมชนของท่าน

( ) ขัดสน ( ) พอดี ( ) เหลือเก็บออม

7) กลุ่มอาชีพในชุมชนของท่าน

.....

8) การเปลี่ยนแปลงอาชีพเศรษฐกิจ

.....

ตอนที่ 3 : การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม

1) ป่าไม้เปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

(1) .....

(2) .....

(3) .....

2) ฝนเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

(1) .....

(2) .....

(3) .....

3) น้ำท่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

(1) .....

(2) .....

(3) .....

<u>ตอนที่ 4</u> : ท่านต้องการให้ภาครัฐสนับสนุนด้านใด และอย่างไร

1) ด้านการประกอบอาชีพ

( ) ต้องการ อย่างไร

.....

( ) ไม่ต้องการ เพราะ

.....

2) ด้านสังคม

( ) ต้องการ อย่างไร

.....

( ) ไม่ต้องการ เพราะ

.....

3) ด้านสาธารณูปโภค

( ) ต้องการ อย่างไร

.....

( ) ไม่ต้องการ เพราะ

.....

4) ด้านอื่นๆ คือ

.....

** ขอบคุณครับ **

ภาคผนวก ช

# Assessing Flood Damages and Risks on Field Crops in the Basins of Chao Phraya River and Nan River

KOTERA, Akihiko, Ph.D.
and
NAGANO, Takanori, Ph.D.

Graduate School of Agricultural Science
Kobe University, Japan




神戸大学

August 2016

# Content

**CHAPTER 1** ..... **3**

Monitoring the Agronomic Flood Damage Using MODIS Satellite Images

**CHAPTER 2** ..... **10**

Assessing the Submergence Damages to Rice Crops

**CHAPTER 3** ..... **17**

Visualizing Submergence Risk of Field Crops

**CHAPTER 4** ..... **24**

Forest Degradation in the Upper Part of the Nan River Basin

**APPENDIX** ..... **26**

The MODIS Global Products:"MCD19Q2" and "MCD16Q2" Noise-free Vegetation and Water Indices and True Color Images

**REFERENCES** ..... **31**

# Acknowledgements

This study was partly supported by JST-CREST, JSPS KAKENHI (26450365) and JSPS KAKENHI (15H04047). Assessing the Flood Damage and Risk on Field crops

Chapter 1

# Monitoring the Agronomic Flood Damage Using MODIS Satellite Images

## Introduction

Flood damage on rice is a major issue affecting stability of production, income of farmer, and food security in the South East Asia region. Currently, most assessment of flood damage have depended on information from field surveys or reports from local organizations. However, implementation of field survey always involves difficulty and danger because of the bad field condition, particularly at the filed just after disaster.

Delay of the assessment also results a lot of negative effects on disaster response performed by policymaker. As time goes on from flood event, reliability of assessment implemented by filed observation, interview or the questionnaire investigation lose gradually, which may cause inequity in the context of damage rehabilitation and compensation issues. Another difficulty is that it must be required large cost, a lot of manpower and research technique to conduct reliable damage assessment in large scale. Therefore it is a pressing issue to develop a novel technique contributing prompt, reliable, low cost, and safety survey for agronomic flood damage assessment.

It is well known that the satellite-based remote-sensing technique is a promising tool for monitoring land surface conditions in large scale area promptly. Methods to analyze flood events using remote-sensing techniques have also been developed over the last decade (Brakenridge et al. 2003; Sanyal et al. 2004; Sakamoto et al. 2007) and have become operational (Dartmouth 2012; GISTDA 2012). The inundation area is generally detected by two different types of methodology either employing Synthetic Aperture Radar (SAR) images such as RADARSAT-1/2 and Phased Array type L-band Synthetic Aperture Rader (PALSAR) or optical sensor images such as Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus and Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS).

For SAR image analysis, temporal variations in the radar backscatter can be used to detect the spatial extent of the flood (Auynirundronkool et al. 2012). Using SAR enables the generation of cloud-free flood image with high accuracy, but it is difficult for use in tracking the seasonal changes of an inundated area because of the limitations of the recurrence period and acquisition cost. On the other hand, the MODIS has an advantage in a high frequency of daily image acquisition. For image analysis using MODIS, spectroscopic characterization of shortwave infrared (SWIR), which is sensitive to moisture content in soil and vegetation, and the normalized difference vegetation index (NDVI) or the enhanced vegetation index (EVI) can be used (Gao 1996). Although the disadvantage of MODIS is a coarse spatial resolution (approximately 250 m) compared with RADARSAT and Landsat images, using MODIS time-series flood image makes it possible to appropriately track floods.

However, these flood detection technologies did not show us the images in terms of an agronomic damaged area, just providing the images of inundated area. Damage may not always occur even though it was flooded in the paddy field. For example, the agronomic damage on rice never occur in the harvested paddy field. Although rice adapts well to being submerged in water, tolerance of rice varies depending on flood conditions such as duration of submergence and water temperature as well as growth conditions of the rice itself, such as growth stage, rice variety, and cultivation management (Kotera et al. 2005). If a small part of a plant is present above water, rice can survive even during long-term submergence. However,

submergence during the heading stage would seriously hinder pollination and the maturing process of rice. Thus, submergence during this maturing stage would damage grain production and quality (Kotera et al. 2005). This is referred to as agronomic damage.

In this chapter, we introduce a monitoring system to realize prompt, reliable, and safety survey for agronomic flood-damage assessment, performed by a quasi-real-time satellite image analysis using MODIS images. For damage detection, we focused on crop failure due to submergence of rice in the field before harvest. To detect the spatial distribution of crop failure, we examined the temporal relationship between the harvest time, estimated from the time-series enhanced-vegetation index (EVI), and the onset of inundation, estimated from the time-series land surface-water index (LSWI) and EVI. System tests and validations were performed at Mekong delta in Cambodia and Chao Phraya delta in Thailand as case study areas.

# Methodology

## MODIS dataset (MCD19Q2)

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) is a key instrument aboard the Terra (formally called EOS AM) and Aqua (EOS PM) satellites. The Terra crosses the equator at 10:30 AM local time (descending node), and the Aqua crosses at 1:30 PM local time (ascending node) thereby potentially providing two views of a given area each day.

The optical remote-sensing images, however, often contain problematic pixels, such as those affected by thick clouds and its shadows, resulting a noisy time-series data which is inadequate to use for farmland analysis. MODIS 8-days composite vegetation indices product (such the MOD13A1 provided by United States Geological Survey; USGS) consists of the best possible observation data available during the 8-day period selected on the basis of high observation coverage, low view angle, absence of clouds or cloud shadow, and aerosol loading. However, the 8-days composite data observed still contained the problematic pixels, particularly in the area where have a long cloudy period such the monsoon climate regions. Lack of the high quality noiseless time-series data products have been a bottleneck for this study.

Hence, in this study, we used a new MODIS product "MCD19Q2" developed by (Kotera et al. 2015) which includes noise-free vegetation index (EVI) and land surface-water index (LSWI) with 250-m resolution and 8-days interval. The detail of MODIS noise-free product MCD19Q2 is shown in the section Appendix in the end of this report.

The EVI (Equation 1) (Huete et al. 2002), LSWI (Equation 2) (Xiao et al. 2005), and the difference between EVI and LSWI (DVEL) (Equation 3) (Xiao et al. 2005; Sakamoto et al. 2007) were used as indices for the analysis, and are defined in equations 1–3, respectively.

$$EVI = G \times (NIR-RED)/(NIR+C1 \cdot RED-C2 \cdot BLUE+L) \quad (1)$$

$$LSWI = (NIR-SWIR)/(NIR+SWIR) \quad (2)$$

$$DVEL=EVI-LSWI \quad (3)$$

where NIR, RED, BLUE, and SWIR are surface reflectance in the near-infrared band (band 2), red band (band 1), blue band (band 3), and short-wave infrared band (band 6), respectively. G is the gain factor (G = 2.5). C1 and C2 are the coefficients of the aerosol-resistance term, which uses the blue band of MODIS to correct aerosol influences on the red band (C1 = 6.0 and C2 = 7.5). L is the canopy background adjustment (L = 1) (Huete et al. 2002).

## Detection of flood area

To detect the spatial distributions and temporal changes of inundation, we employ a methodology termed "Wavelet-based Filter for detecting spatio-temporal changes in Flood Inundation (WFFI)," developed by Sakamoto et al. (2007). We refer the reader to this original paper for a full description. Briefly, WFFI detects inundation by two different classes of pixels referred to as mixture and flood (Sakamoto et al. 2007), and has demonstrated a high degree of accuracy in predicting spatial and temporal trends in inundation following flooding of the Mekong River delta region in Vietnam (Sakamoto et al. 2007; Sakamoto et al. 2009) and Chao Phraya River delta region in Thailand (Kotera et al. 2012).

A mixture pixel represents an area comprised of vegetation, soil, and other materials, partly covered by water. In the case of paddy fields, it may appear at around the sowing time of the paddy. The pixel is identified when the following conditions are satisfied:

$$DVEL \leq 0.05 \text{ and } 0.1 < EVI \leq 0.3 \qquad (4)$$

A flood pixel represents an area covered mostly by water. It may appear during the flood season if rice plants are completely submerged. The pixel satisfies either of the following conditions described by equations (5) or (6):

$$DVEL \leq 0.05 \text{ and } EVI \leq 0.1 \qquad (5)$$

$$LSWI \leq 0 \text{ and } EVI \leq 0.05 \qquad (6)$$

The areas in which a flood pixel appears for more than 250 successive days are considered as "long water bodies." Permanent water bodies such as rivers and canals were masked using MODIS 250-m land-water mask dataset (MOD44W).

An example time series which show the variability in EVI, LSWI, and DVEL over three years in a double rice-cropping field (with noise removed) is presented in Fig. 1-2. In this case flood pixels are present from August 8 to August 29, 2010 and from September 30 to November 25, 2011.

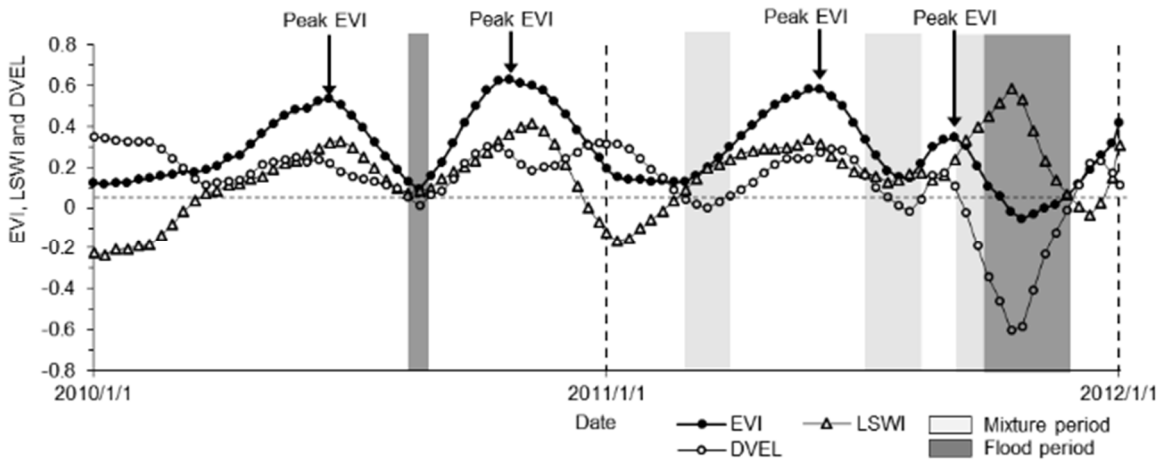



**Fig. 1-1** Time-series of enhanced vegetation index (EVI) and the land surface-water index for a three-year period in the double-rice-cropping field (noise removed). Arrows indicate peaks of EVI and lightly and darkly shaded area show periods where inundation occurred (mixture and flood, respectively, as defined in the manuscript).

## Detection of flood damage

Damage to rice due to submergence can be avoided significantly if the rice is harvested before inundation (Kotera et al. 2005, 2007). To do this, we detected the spatial distribution of the submerged rice, by examining the temporal relationship between the harvest time, estimated from time-series EVI and the evaluated onset of inundation. We categorized the flood damage to rice in the inundated field into three levels: no-loss, total-loss, and partial-loss.

A no-loss pixel represents an area where rice was harvested before the onset of inundation. The completion date of the harvest was estimated to be 40 days after the peak value of EVI, considering a ripening period of rice and heterogeneity of harvest time within the area of large-pixel size in the MODIS image. The peak value of EVI in the rice-cultivation field may indicate the time of the heading stage of rice (Sakamoto et al. 2005). The onset of inundation was obtained using WFFI, as described in the previous section.

A total-loss pixel represents an area where rice was completely submerged before harvesting. In this case, rice would be seriously damaged, and consequently, harvests would be lost. Even if it was harvested after the water had receded, the yield would be significantly reduced because of low grain quality. The total-loss pixel was observed in conditions when the flood pixel was identified within 40 days after the peak value of EVI.

A partial-loss pixel represents the area where the mixture pixel emerged within 40 days after the peak value of EVI. The mixture pixel derived from MODIS in this study may include a variety of submergence conditions, e.g., shallow submergence and mixture of full, shallow, and no submergence in the pixel. Therefore, the degree of flood damage in the partial-loss pixel may cover a broad range between no-loss to total-loss.

As presented in Fig. 1-2, rice cropping in the 2011 monsoons (major rice crop season) may be recognized as total-loss due to complete submergence before harvesting from September 30, 2011. Conversely, flooding from August 8 to August 29, 2010 might have not damaged the rice because it was submerged for a relatively short period of time during sowing.

## Validation data

In order to validate the flood area derived from the MODIS time-series data, we used the flood-map obtained from RADARSAT-1 images acquired on September 21 and October 15, 2011, produced by the "Geo-Informatics and Space Technology Development Agency, Thailand (GISTDA, 2011)" (hereafter termed as RADARSAT product) and distributed by the "Thailand Flood-Monitoring System." RADARSAT-1 images are observed using a C-band synthetic-aperture radar sensor with 50-m resolution and it is a widely accepted method in identifying flood areas where the persistent cloud cover makes operation of optical-sensing difficult (Hoque et al. 2011; Wilson and Rashid 2005). Detected flooded areas were aggregated to a provincial scale in order to validate the results derived from MODIS.

To validate the damaged area, we chose the Mekong delta region in Cambodia in 2011 and the Chao Phraya delta region in Thailand in 2006 and 2011 as case study (Fig. 1-3). For the validation of the flood damage area derived from the MODIS image, the flood damage assessment reports (7 states in the Mekong delta issued by National Committee on Disaster Management, Cambodia on November 3, 2011 and 9 provinces in Chao Phraya delta issued by the Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives in Thailand on November 8, 2011) were compared. We also conducted field inspections on the both study site in 2012.

# Results and discussions

## Processing time

Total processing time measured from preprocessing to damage detection, except for image acquisition and distribution modules, were less than 30 minutes for each study areas. This delay time would be sufficient for practical use as quasi-real-time monitoring. However, there were delay of 10-14 days to be available for the latest 8-days composite MODIS image distributed by USGS. Although the composited image facilitated the image noise reduction, use of daily image could be examined for the next step to improve the total processing time.

## Comparison of inundation areas highlighted by MODIS and RADARSAT products

Figure 1-4 shows a comparison of inundated areas derived from MODIS and RADARSAT products on 21 September (i.e., prior to the peak of flood) and 15 October (i.e., during the peak of the flood) in 2011. The area estimated from MODIS data was calculated as the sum of the flood and mixture area. Across all provinces, flood pixels amounted to 23% and 51% of all pixels for September 21 and October 15, respectively. The inundation area detected by MODIS tended to be about 30% larger than that identified by RADARSAT products. This overestimation was mainly attributed to the difference in spatial resolution of the sensors. Where a MODIS pixel (250 × 250 m) is counted as inundated, RADARSAT's fine pixel size (30 × 30 m) can discriminate non-inundated features such as roads and towns which accounts for the overestimation in mixture pixels in the MODIS data. This fundamental overestimation problem in coarse resolution images have been recognized in previous studies. Sakamoto et al. (2007) compared inundated areas detected by using MODIS (500 × 500 m) and Landsat (30 × 30 m) images, but their results tended to be overestimations in MODIS; this is consistent with our results. Meanwhile, the root-mean-square error (RMSE) and decision coefficient (R2) were 212 km2 and 0.94, respectively, and the predicted spatial distribution of inundated areas was in good agreement in both. Although there is a tendency of overestimation resulting from the effect of mixture pixels, MODIS product would still have useful advantages for determining inundations where time-series analysis is required.

The total inundated area detected by MODIS on September 21 and October 15 was 3,758 km2 and 6,137 km2, respectively. In comparison, RADARSAT predicted smaller coverage, 2,709 km2 and 4,209 km2 on September 21 and October 15, respectively.

## Comparison between the flood-damaged areas derived from MODIS with provincial reports

The total estimated damage area across all 7 states in the Mekong delta, Cambodia in 2011 was 94,266 ha (Fig. 1-5). Validations compared with local flood damage reports in 7 states showed high consistency (R2 = 0.95) (Fig. 1-6). In this comparison, the damaged area estimated from MODIS was calculated as the sum of total- and partial-loss areas. Spatial distribution of the damage extent (Fig. 1-5) also corresponded well with our field inspections and interviews with local farmers.

Whereas damaged area estimated 9 provinces in Thailand was much less than that stated in the provincial report (Fig. 1-8). Although the total estimated damage area across all 9 provinces in 2006 and 2011 were 56,302 ha and 79,189 ha, respectively, provincial report showed 149,348 ha (excluding the Saraburi province) and 143,700 ha, respectively. However, in individual provinces, the damaged area estimated by MODIS was sometimes greater than that stated in the provincial report (Fig. 1-8). For example, this was the case in the Nonthanburi province in 2006 and in the Ayutthaya, Pathum Thani, and Bangkok provinces, in 2011. From field inspections and interviews with local farmers in the Ayutthaya province in

2012, we confirmed that both the spatial extent of floodwater and the subsequent flood damage in 2011 were likely to have been much more severe than that in 2006, qualitatively supporting the MODIS estimation (Fig. 1-7). This difference might be a result of the definition of the damage area used in each case. Our method specifically detected agronomic damage due to inundation, while the provincial reports are likely to have included a wider classification of damage, such as destruction of equipment, and delay in sowing induced by delayed recession of floodwaters.

## Conclusions

In this chapter, we proposed the prototype quasi-real-time satellite monitoring system to realize prompt, reliable, and safety survey for agronomic flood damage assessment.

Once the system acquires MODIS surface reflectance image, the spatial extent of flood damages on rice was detected within 0.5 hour for each region by computing the temporal relationship between harvest time and the onset of inundation. The latency in current system is, therefore, limited by delay of MODIS data acquisition. This would be improved by incorporating with a new alternative data distribution such LANCE system (The Land and Atmospheres Near-Real Time Capability for EOS: http://lance-modis.eosdis.nasa.gov) that provides daily MODIS image within 0.5-3.5 hours after the shooting time. Using LANCE, we will able to produce the damage assessment at 2 PM to 4 PM in the day.

Reliability of the output from our system was positive in the case study in Cambodia, but still not clarified in Thailand case. Error in latter result could be caused by a discrepancy in definitions of the flood damages. We need to have more case validation study and need to consider "flood damage" from both of definitions, the agronomic definition and a local specific definition.

Although the system is still halfway to be put to practical use, the new methodology and system proposed in this study proved to be promising for agronomic flood-damage survey and assessment. We are also developing a distribution module to deliver flood and damage information with multi data format; image file, shp file, kmz file, and movie, through a convenient web interface.

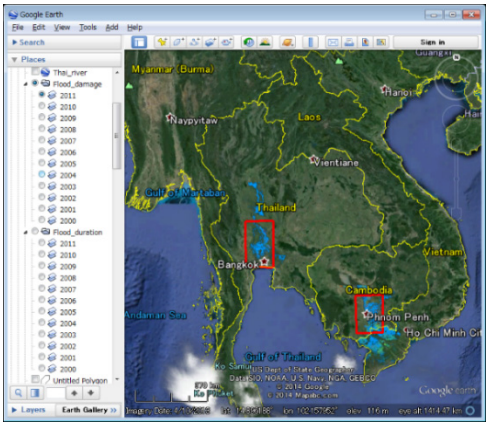



**Fig. 1-3** Areas for validation (red squares)

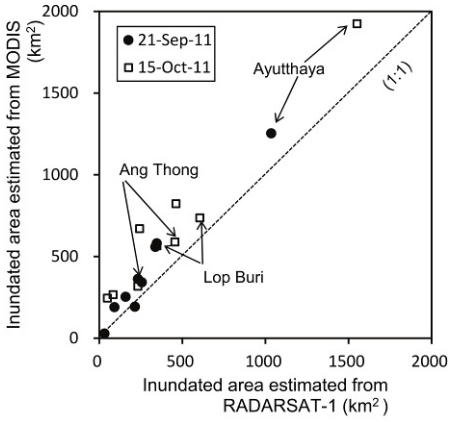



**Fig. 1-4** Comparison of inundated areas derived from MODIS and RADARSAT products on 21 September (i.e., prior to the peak of flood) and 15 October (i.e., during the peak of the flood) in 2011

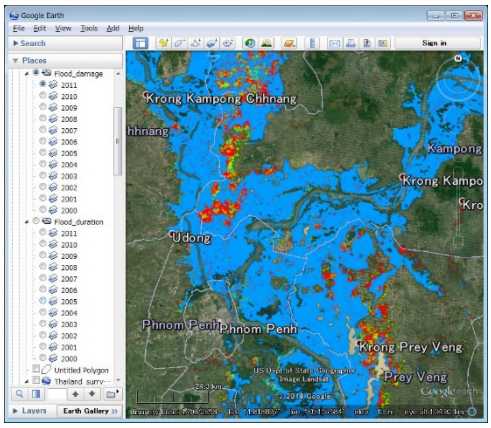



**Fig. 1-5** Flood area (blue) and damaged area (red or green) in the Mekong delta, Cambodia in 2011.

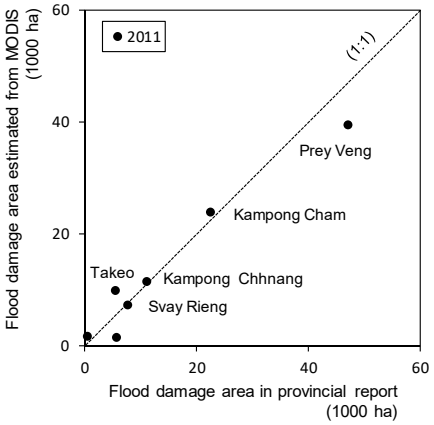



**Fig. 1-6** Comparison between flood-damage area derived from MODIS and provincial reports in 2011.

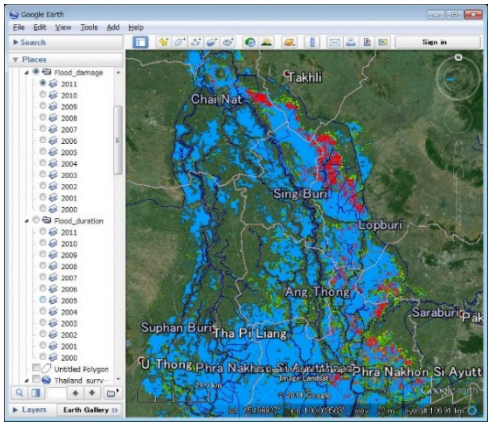



**Fig. 1-7** Flood area (blue) and damaged area (red or green) in the Chao Phraya delta, Thailand in 2011.

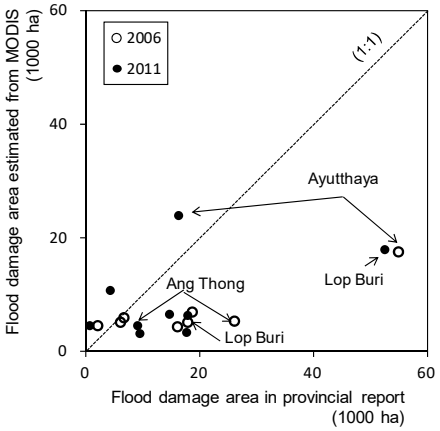



**Fig. 1-8** Comparison between flood-damage area derived from MODIS and provincial reports in 2006 and 2011.

Chapter 2

# Assessing the Submergence Damages to Rice Crops

## Introduction

Rice cultivation in irrigated and rain-fed lowlands is often affected by inundation caused by floods. Damage caused by submergence in floodwaters is a major factor limiting rice production in such areas. In the context of climate change, the occurrence of extreme floods is likely to increase both in spatial extent and frequency in the existing flood-prone regions (Milly et al. 2002; Hirabayashi et al. 2008).

In a recent case, the Chao Phraya delta, Thailand—a major rice exporting area in the world—suffered an unprecedented scale of flood in 2011. Crop productions were affected, with 7.3 million rai (1.2 million ha) of crop area and THB 36 billion (US$ 1.1 billion) of crop damage and losses in the whole country (The World Bank 2012). Therefore, it is increasingly important to develop mitigation and adaptation strategies against present and future floods, and this is made possible only through precise and accurate analysis of past flood damage.

To assess the degree of flood damage, we aim to address this by applying a new methodology focusing on the timing of the flood relative to the harvesting time, using MODIS time-series satellite-based remote sensing data.

The aims of studies in this chapter are to:

1) Identify the inundation damage to the rice in the Chao Phraya Delta, Thailand. We aim to detect areas where actual agronomic damage has occurred to rice during submergence by floodwaters.

2) Identify area and quantify the frequency of agronomic damage caused by floods in nine provinces.

## Materials and Methods

### Study area

The Chao Phraya delta is located in the central region of Thailand, facing the Gulf of Thailand. In this study, nine provinces (Chai Nat, Lop Buri, Sing Buri, Ang Thong, Saraburi, Ayutthaya, Pathum Thani, Nonthaburi, and Bangkok) in the coverage area (99°00'E–101°30'E, 13°15'N–17°00'N) are chosen as the study area, as shown in Fig. 2-1.

This region has a tropical monsoon climate, consisting of a monsoon (from May to October) and dry season (from November to April) (Fig. 2-2). The river discharge of the Chao Phraya River increases during the rainy season and it peaks in September and October (Fig. 2-2). The inundation in the Chao Phraya River delta region occurs between July and November because of the annual river flooding.

Rice paddies occupy most of the land in the Chao Phraya delta region, with harvests occurring two or three times a year (Fig. 2-2). Most of the rice currently grown in the Chao Phraya delta is the improved, high-yielding variety, which is short-culmed and non-photosensitive with a short growth period, and most of the farmers use the direct sowing method (Pandey et al. 2002). The main environmental factors limiting the rice-cultivation practice are the seasonal changes in water resources, and as such, irrigation systems are necessary to maintain cultivation during the dry seasons (Ueda et al. 2005).

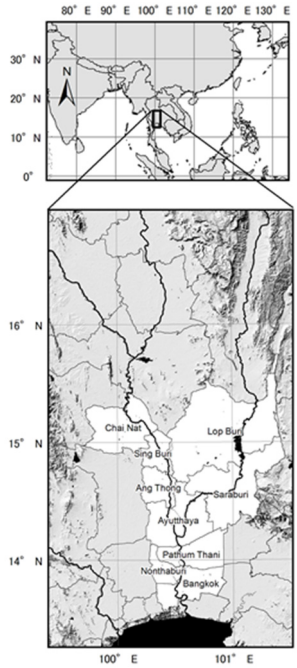



**Fig. 2-1** Location of the nine provinces in lower Chao Phraya delta, Thailand study area.

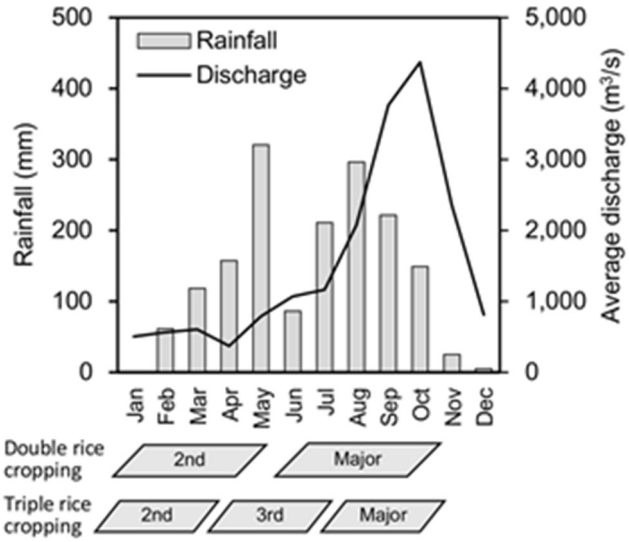



**Fig. 2-2** Monthly rainfall and river discharge observed at Nakhon Sawan, Chao Phraya delta in 2011 and recent rice cropping patterns

## Detection of flood and damage area

To detect inundated area and damaged area in 8-days interval from MODIS time-series images, we used methodologies shown in Chapter 1 with examining the period between 2000 and 2015. The study area (Fig. 2-1) formed a subset of the larger MODIS scene (h27v07).

## Comparison data

The flood damage assessment reports of nine provinces as issued by The Department of Agricultural Extension (DOAE), Ministry of Agriculture and Cooperatives in Thailand on November 8, 2011 were compared. We also conducted field inspections on the study site in January and July, 2012.

# Results and discussion

## Comparison between the flood-damaged areas estimated from MODIS products with provincial reports

Table 2-1 compares flood-damaged areas estimated from MODIS with provincial reports from 2006 and 2011. The total area that was inundated by floods was estimated by MODIS as the sum of the area, which was inundated (flood or mixture) at least once during this time. The damaged area estimated from MODIS was calculated as the sum of total- and partial-loss areas. The total estimated damage area across all 9 provinces in 2006 and 2011 were 56,302 ha and 79,189 ha, respectively. Using a linear square fitting approach, the damaged area accounted for 8.3% and 9.7% of the inundated area in 2006 and 2011, respectively ($R2 > 0.75$). The total damaged area estimated here, was much less than that stated in the provincial report (149,348 ha (excluding the Saraburi province) in 2006, and 143,700 ha in 2011). However, in individual provinces, the damaged area estimated by MODIS was sometimes greater than that stated in the provincial report. For example, this was the case in the Nonthanburi province in 2006 and in the Ayutthaya, Pathum Thani, and Bangkok provinces, in 2011. From field inspections and interviews with local farmers in the Ayutthaya province in 2012, we confirmed that both the spatial extent of floodwater and the subsequent flood damage in 2011 were likely to have been much more severe than that in 2006, qualitatively supporting the MODIS estimation (Fig. 2-5).

Although the reported damage in 2006 was highly correlated to the inundated area ($R2=0.72$), the area where the damage was reported in 2011 had no correlation with the area of inundation ($R2=0.08$), as shown in Table 1. In the reports, the rate at which the damage occurred in the inundated area in 2011 was much more in Lop Buri and Nonthanburi provinces than that observed in the 2006 flood.

Whilst MODIS overestimated the total inundated area in both floods, the subsequent damage identified by MODIS happened to be much less than that stated in the provincial reports. This difference might be a result of the definition of the damage area used in each case. Our method specifically detected agronomic damage due to inundation, while the provincial reports are likely to have included a wider classification of damage, such as destruction of equipment, and delay in sowing induced by delayed recession of floodwaters.

The sowing and harvest time of rice in this region can be roughly classified by cropping patterns such as double and triple cropping, as shown in Fig. 2-2. The differences of sowing time do not affect the detecting flood damage in the case where the size of the paddy filed is larger than MODIS pixel size (250 m × 250m), because sowing and harvest in single filed is usually performed at the same time. However, in the case of a small field with different sowing time, it may result in errors because of the effect of spectral mixture in MODIS pixels, as mentioned in the previous section.

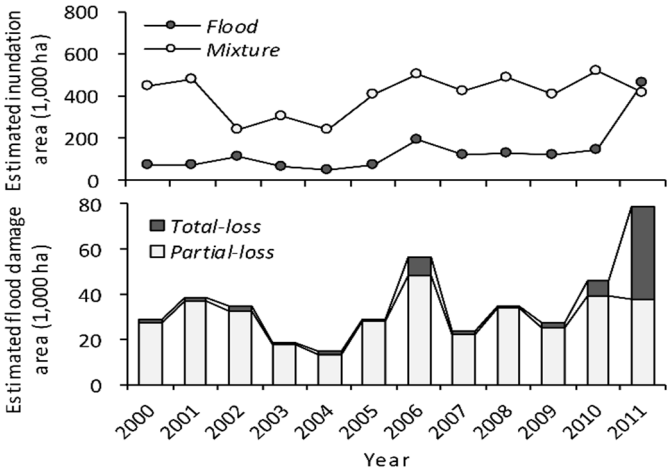



**Fig. 2-3.** Change of the total area of inundation and flood damage in nine provinces from 2000 to 2011.

## Annual Change of Flood damage

Figure 2-3 shows the estimated inundated area and the area of damage on rice calculated here, for each year from 2000 to 2011. The average and the coefficient of variance of damaged areas over those 12 years were 35,818 ha and 47%, respectively (of which those involving total-loss were 5,593 ha and 197%).

In 2011, the most extensive flood damage occurred over an area of 79,189 ha, of which 41,400 ha were identified as being a total-loss. The damaged area in 2011 was considered approximately twice that of the average damaged area in those 12 years. In particular, the total-loss area considerably increased during the 2011 flood, approximately four times larger than the 12-year average. The second largest amount of damage recorded after 2011 occurred in 2006 (56,302 ha), and the least damage was caused in 2004 (14,449 ha). Thus, the flood damage in 2011 can be considered to be exceptional during the past 12 years.

Throughout this time, the total extent of the estimated damaged areas has linearly fluctuated with the estimated inundated area ($R2 = 0.78$), each year representing 6.6% of the total inundated area. The estimation of the partial-loss area had a larger uncertainty than estimations of total-loss, due to the use of mixture pixels, as discussed in the previous section. Figure 2-4 plots average river discharge at Nakhon Sawan gauging station (C.2) in August and September and the extent of total-loss that occurred each year from 2000 to 2011. It shows a linear correlation ($R2 = 0.84$) between these two datasets. This suggests that the extent of agronomic damage can be empirically related to the spatial extent of flood, although the exact spatial distribution of the damaged area has changed each year.

Figure 2-5 shows the distribution of estimated partial-loss and total-loss that occurred in the region in 2006 and 2011. The area shown in blue indicates where severe inundation (flood) occurred with no corresponding agricultural damage. For instance, in the Sing Buri province, flood damage in 2006 was extensive on the west bank of the Chao Phraya River (Fig. 2-5). In 2011, flood damage in these areas was avoided, even though they were inundated (Fig. 2-5). The difference in the location of flood damage between 2006 and 2011 in Sing Buri may be explained by comparing the time-series data. The onset of inundation conditions occurred at essentially the same time in both years, although the inundation period was shorter in 2006. The sowing time of the major rice crop in 2006, detected from the minimal peak in time-series EVI data, began approximately two months later than in 2011. Consequently, in 2006 the rice crop was submerged before harvesting, whereas in 2011, loss due to inundation was avoided. Thus, the extent of crop damage could be changed by not only the flood extent but also the cropping schedule. The change of cropping schedule was an adaptation of farmers to avoid flood damage after the experience in 2006.

The map shown in Fig. 2-6(A) shows the frequency of estimated severe inundation (flood) for the 12-year period from 2000 to 2011. Across the 9 provinces, 5248 km2 experienced severe inundation in the past 12 years. Of this, 2504 km2 was inundated only once, mainly because of the 2011 flood. Fig. 2-6(B) shows the frequency of the total-loss damage on rice for the past 12 years. It shows that 88% of the total area was damaged by inundation only once during this time. This suggests that farmers' countermeasures to avoid damage the following year are largely successful. Such measures may include construction of higher dykes around cultivated areas or changes to the cropping calendar to avoid harvest time coinciding with the flood season.

**Table 2-1.** Inundation and damaged areas estimated from MODIS and provincial reports in 2006 and 2011. Damaged areas estimated from MODIS are the sum of the *total-loss* and *partial-loss*.

| | 2006 | | | | 2011 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inundated area (ha) | | Damaged area (ha) | | Inundated area (ha) | | Damaged area (ha) | |
| **Province** | **Flood** | **Mixture** | **MODIS** | **Report** | **Flood** | **Mixture** | **MODIS** | **Report** |
| Chai Nat | 16,323 | 57,928 | 4,233 | 16,136 | 53,956 | 57,839 | 6,183 | 17,926 |
| Sing Buri | 25,734 | 26,237 | 6,701 | 18,799 | 40,542 | 24,272 | 3,114 | 17,876 |
| Ang Thong | 28,762 | 36,428 | 5,230 | 26,173 | 38,556 | 31,655 | 4,267 | 9,234 |
| Ayutthaya | 69,970 | 11,0947 | 17,289 | 55,088 | 169,268 | 52,285 | 23,700 | 16,506 |
| Pathum Thani | 6,440 | 54,491 | 4,957 | 6,233 | 45,174 | 57,776 | 10,550 | 4,315 |
| Nonthaburi | 7,236 | 28,579 | 4,395 | 2,216 | 17,832 | 21,756 | 3,058 | 9,636 |
| Bangkok | 5,942 | 62,974 | 5,854 | 6,732 | 11,465 | 57,970 | 4,289 | 839 |
| Lop Buri | 24,701 | 81,865 | 4,913 | 17,971 | 66,553 | 62,906 | 17,729 | 52,565 |
| Saraburi | 7,357 | 46,437 | 2,729 | no data | 23,769 | 47,228 | 6,300 | 14,804 |
| **Total** | 192,465 | 505,885 | 56,302 | 149,348 | 467,115 | 413,688 | 79,189 | 143,700 |

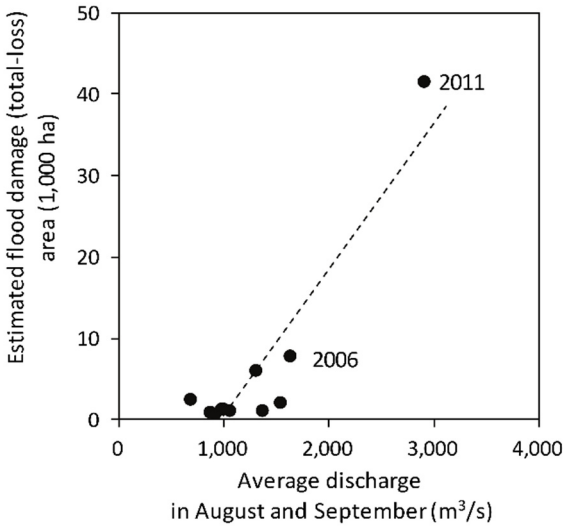



**Fig. 2-4.** Relationship between damaged (total-loss) areas and average discharges observed at Nakhon Sawan gauging station (C.2) in August and September from 2000 to 2011. Dashed lines represent the regression line between discharge (x) and damage (y): y = 17.8x + 17167, (R2 = 0.84).

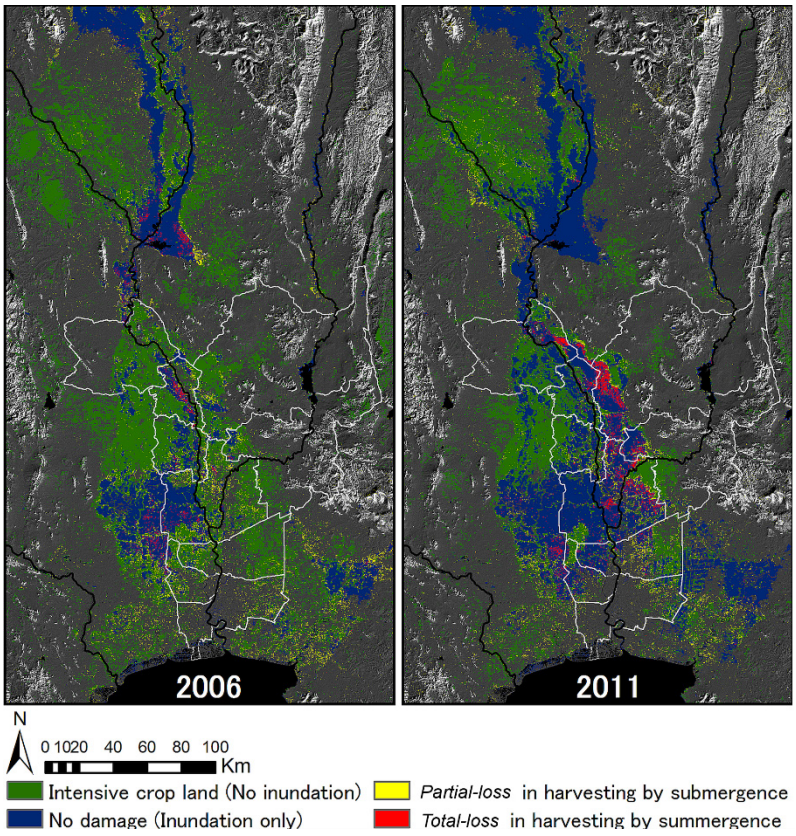



**Fig. 2-5** Spatial distribution of inundation (flood) and damaged areas in 2006 and 2011

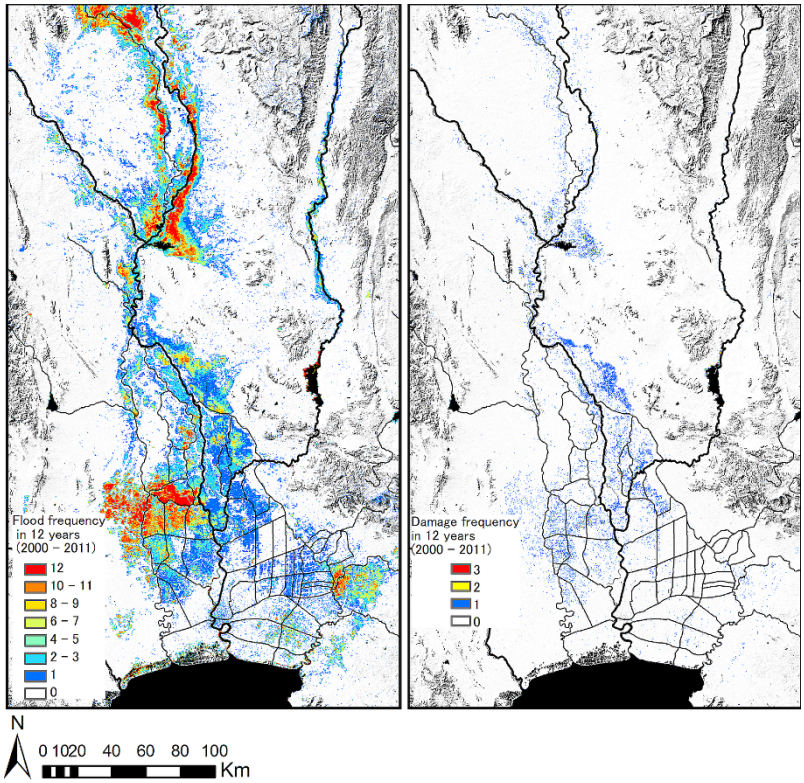



**Fig. 2-6** Frequencies of inundation (flood, left) and damage (total-loss, right) in 12-year period from 2000 to 2011.

# Conclusions

The aim of this study was to assess the degree of agronomic damage caused by the flood in the Chao Phraya delta, Thailand over the period between 2000 and 2011. To estimate the spatial extent of flood-induced damage, we proposed a new methodology considering the temporal relationship between harvest time and the onset of inundation, estimated from EVI and LSWI data derived from MODIS 250-m time-series data with an 8-day interval.

We conclude that:

The total damaged area in the severe floods of 2011 across the nine provinces was estimated to be 79,189 ha, of which 41,400 ha was identified as being a total-loss. Our estimates were much smaller than the estimates recorded in provincial reports. This was likely to be due to the difference in the criteria of flood damage between the two assessments, but further investigation on this issue is needed.

Our MODIS based damage estimations were confirmed by field inspections and eyewitness accounts from affected farmers.

The 2011 flood resulted in the most extensive damage for the entire 12-year period, particularly severe on the eastern side of the Chao Phraya River. The total-loss area increased approximately four times than the 12-year average. Much of the damage in 2011 occurred in areas that had no prior inundation recorded in the preceding eleven years.

Changes in the extent of damaged areas throughout the entire delta were found to be about 7% of the total inundation area each year. We also found that the area of severe damage was linearly correlated to observed river discharge during the flood season.

Our analysis over this 12-year period revealed that the area of agricultural damage typically occurred only once, even in areas that were repeatedly inundated by floodwaters. This is likely to be the direct result of the countermeasure strategies implemented by the government and local farmers, whereby re-constructing the dyke or changing the cropping calendar has successfully avoided having to harvest during the flood season. Such strategies would be useful for further development of damage-mitigation measures elsewhere.

This new methodology, using high temporal resolution MODIS imagery has proved to be a promising technique for assessing the damage caused by floods of rice growing areas. Future improvements may be achieved with images of higher resolution, as optical sensors become available in the near future.

Chapter 3

# Visualizing Submergence Risk of Field Crops

## Introduction

The great flood of Chao Phraya, Thailand in 2011 exemplified the difficulty of flood risk management under the changing climate. Together with the uncertainty of the scale of extreme weather events, there is increasing uncertainty in predicting where dikes might break. Rather than preventing the risk, "living with the risk" (Wilby and Keenan, 2012) seems less costly and effective in adapting to the risk in future. In this context, detention of water in the middle reach to protect Bangkok and other industrial zones downstream needs serious consideration for adaptations. If flood is to be proactively controlled by detention, cropping pattern should be controlled to avoid loss by submergence. Before implementing such measures, the actual cropping pattern in association with the risk of flood need to be visualized.

In this study we combined a simple inundation model, high-resolution DEM and time-series satellite image analysis to visualize probability, exposure and vulnerability independently and to evaluate total risk.

## Materials and methods

### Study area

The northern part of Nakhon Sawan Province in Thailand (N15.7-16.0°, E100.1-100.4°, Fig. 3-1) was chosen as a case study area. This area is situated in the middle reach of Chao Phraya where three tributaries, Nan, Ping and Yom join together. It is a flood plain characterized by very flat topography with gradient of 0.01%. The area is inundated each year during the monsoon period typically from late June to early October. The main land use is agricultural, cropped twice or three times a year in areas with irrigation facility. Main crops grown during monsoon period are rice and maize. The area belongs to the command area of Regional Office 3 of Royal Irrigation Department.

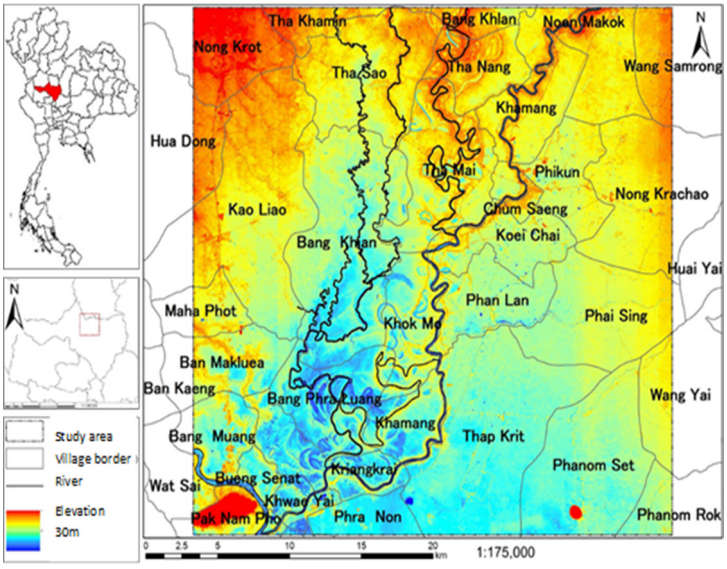



**Fig. 3-1.** Study area, Province of Nakhon Sawan, Thailand

## Simple flood routing model

In a very flat plain like Chao Phraya Delta, once the dike breaks the flood runs downstream outside river routes. In 2011 dikes broke at 8 different locations in the upstream of Chao Phraya Dam and finally affected Bangkok, more than 150 km downstream. To simulate such movement, a simple flood routing model (hereafter referred to as SFRM) was developed. The model is grid-based and it routes the inundation area in relation to elevation with the course of time (surface roughness is not considered). The flow rate at the point of dike break is assumed constant and evaporation and infiltration are both assumed zero. The model calculates exposure determinants such as i) the inundated area after a defined time, ii) maximum depth of inundation in the worst case and iii) time of flood arrival. 95 floods were randomly simulated from different locations along three tributaries (with the interval of 5 km) as shown in Fig. 3-3. For each flood, flow rate was set constant to 1000 m3 s-1 and the total flood volume to 50 million m3. These values are not based on historical records but rather arbitrarily set for fully inundating the area. The objective of this modeling is not to predict the flood route but to show relative risk of the area being affected by unexperienced large flood events.

## High precision DEM

The precision of the above simulation largely depends of the quality of the digital elevation model used. For this study we used LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) data over Chao Phraya obtained by an aerial survey with a horizontal resolution of 2 m and a vertical resolution of 0.1 m. The survey was conducted in 2012 with the support of Japan International Cooperation Agency (JICA, 2012) and the data were handed to the Thai government. Fig. 3-2 shows the topographic representation by the LIDAR data and the latest AW3D30 with a horizontal resolution of 30 m (JAXA, 2016). Lidar data precisely detect elevated dikes along the river while AW3D30 is less precise and contains a lot of noise. To save calculation time resampling was made with the spatial resolution of 30 m by 30 m.

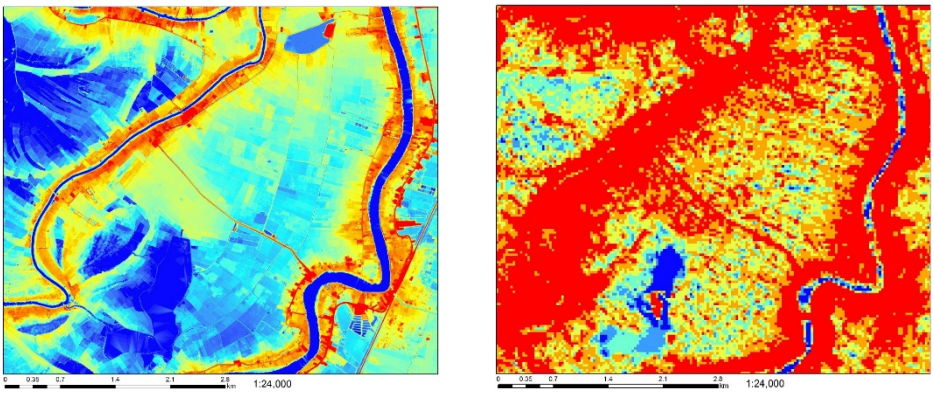


**Fig. 3-2.** Comparison of topographic representation of the same location by Lidar data (JICA, 2012, left ) and AW3D30 (JAXA, 2016, right)

## Detecting cropping pattern

For detecting cropping pattern we used a new MODIS product "MCD19Q2" developed by (Kotera et al. 2015) which includes noise-free Enhanced Vegetation Index (EVI) and Land Surface-Water index (LSWI) with 250-m resolution and 8-days interval. The detail of the MODIS noise-free product MCD19Q2 is shown in the section Appendix in the end of this report.

Rice and non-rice cultivation during the monsoon period was detected by applying the following two conditions to EVI.

Peak EVI appears less than 80 days
after the monsoon season (between May 01 and 31 October) (1)

Peak EVI > 0.35 (2)

Rice and non-rice distinction was made with the following equation.

EVI < LSWI+0.20 24-120 days before the peak EVI (3)

Equation (2) and (3) are modification of the rice detection method by Xiao et al. (2006). Equation (3) detects the early stage of rice cultivation when EVI of transplanted rice generally becomes close to or smaller than LSWI in inundated fields. This methodology was also applied to the paddy detection in the Chao Phraya basin by Kotera et al., (2016). The threshold value (0.20) in equation (3) was chosen with trial and error to raise distinction accuracy, using PALSAR data as validation data.

## Calculation of risk factors and the total risk

Probability was calculated as the number of a certain DEM grid (30 x 30 m) being inundated out of 95 simulation runs (Equation 4). With this method, the area which has higher risk of being inundated regardless of uncertainty of where floods may occur can be highlighted. Therefore low-lying areas in the confluent zone tend to have higher probability and upstream area with larger gradient tends to have lower probability.

Exposure in this study was defined as the crop damage caused by maximum depth (d (m)) of inundation which occurs at a certain grid as the worst case of the 95 simulation runs because the inundation depth has a large influence on the failure of the crop. Because of different degree of damage depending on the maximum depth, Equation (5) was used to give the damage curve.

Vulnerability was calculated as the number of rice or non-rice crops grown during the monsoon in 15 years from 2000 to 2014 (Equation 6). This period was also divided into 2000-2011 and 2012-2014 to see the change in cropping behavior after 2011.

Ultimately the total risk was calculated as the multiplication of probability, maximum depth and vulnerability (Equation 7).

Probability = Number of inundation / 95 simulations (4)

Exposure determinant = min (d,0.24d + 0.4, 0.07d + 0.75,1) (5)

Vulnerability = Number of cropping / 15 years (6)

Total risk = Probability × Exposure determinant × Vulnerability (7)

# RESULTS AND DISCUSSION

## Probability

Figure 3-3 shows the probability of the occurrence of inundation. Areas shown in red are low in altitude and they inundate more than 60 times out of 95 floods from different points. Therefore it is considered as high-risk area where cultivation during the monsoon period should be avoided. Areas shown

in green inundate very rarely, only when a flood happened in the vicinity. The area can be considered relatively safe.

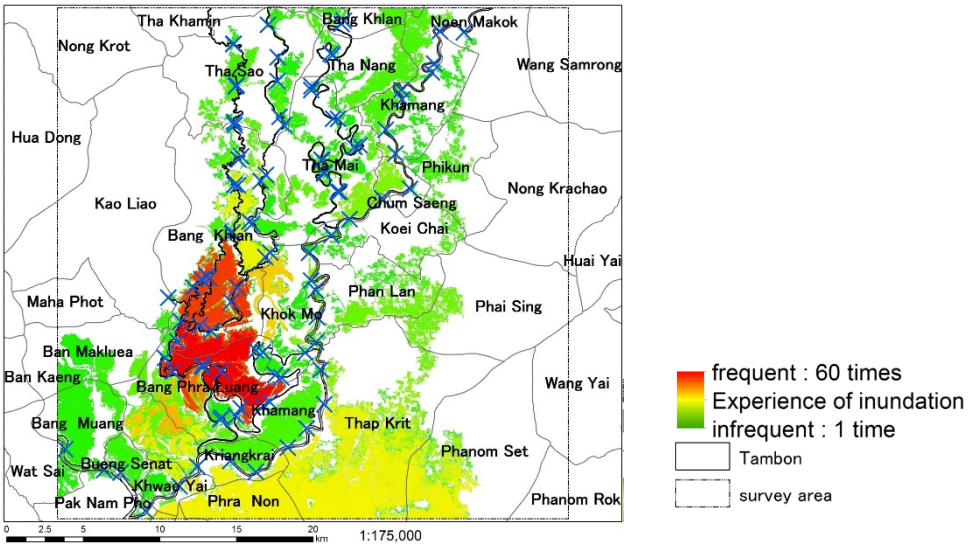



**Fig. 3-3.** Mapped probability of inundation (number of inundation out of 95 flood simulations by SISM).

## Maximum inundation depth

Figure 3-4 shows the maximum depth of inundation in the worst case of 95 simulation runs. The figure looks quite different from Figure 4 because areas in the southwestern corner of the figure are colored more in red. This area is surrounded by natural and manmade dikes and probability of inundation is low. However if the flood occurs in that area, it will be deeply inundated.

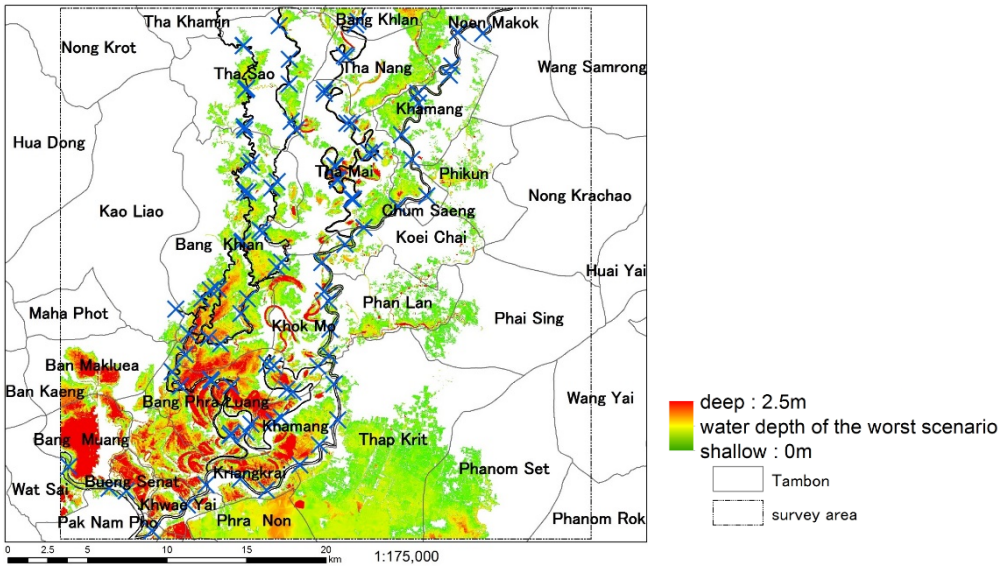



**Fig. 3-4.** Maximum depth of inundation in the worst case of 95 simulation runs

## Vulnerability

Figure 3-5 and 3-6 show frequency of non-rice and rice cropping between 2000 and 2014. Non-rice crops were basically not cultivated in the area of high inundation probability. They were cultivated in dike-protected areas or in upstream areas with low probability of inundation. For rice, cultivation was found both in low-lying area near rivers and also in the surrounding high areas. Most areas were cultivated very frequently.

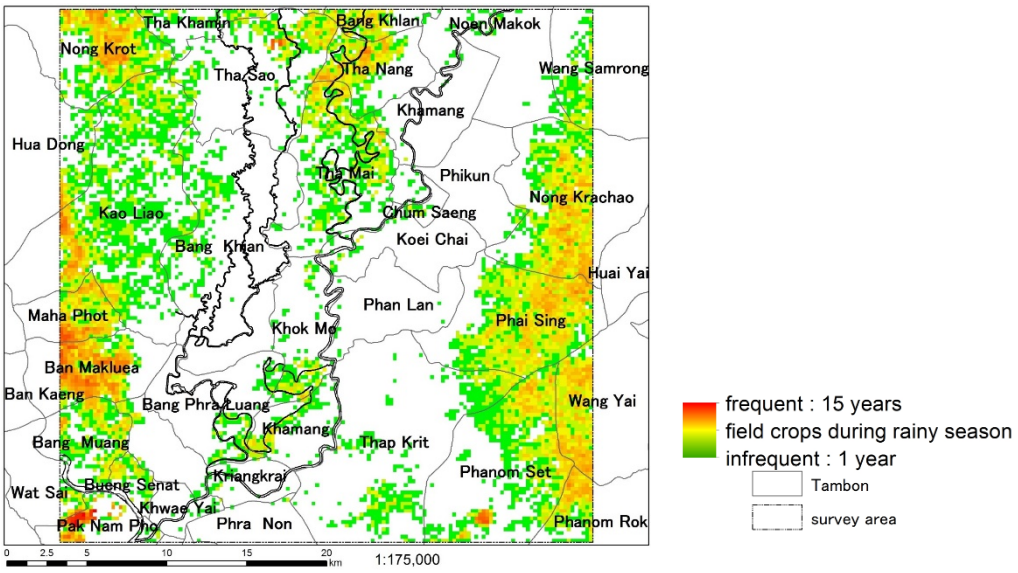



**Fig. 3-5.** Number of non-rice cropping during rainy season between 2000 and 2014

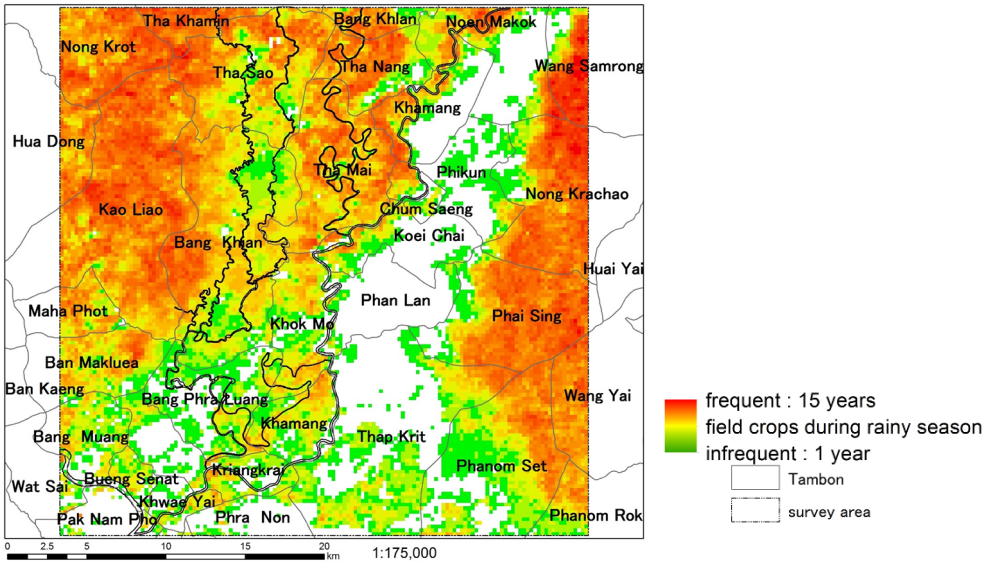



**Fig. 3-6.** Frequency of non-rice cropping during rainy season between 2000 and 2014

## Total risk

Figure 3-7 and 3-8 show calculated total risk of crop submergence for rice and non-rice crops. Risks for non-rice crops was low in general. Non-rice crops were mainly cultivated in upstream non-flooding region, micro high topography in the flood plain or in the dike-protected area. This shows that farmers have successfully avoided risk of non-rice crops being submerged. For rice risk areas were much broader because the flood plain was frequently rice-cultivated except for the low-lying confluence zone.

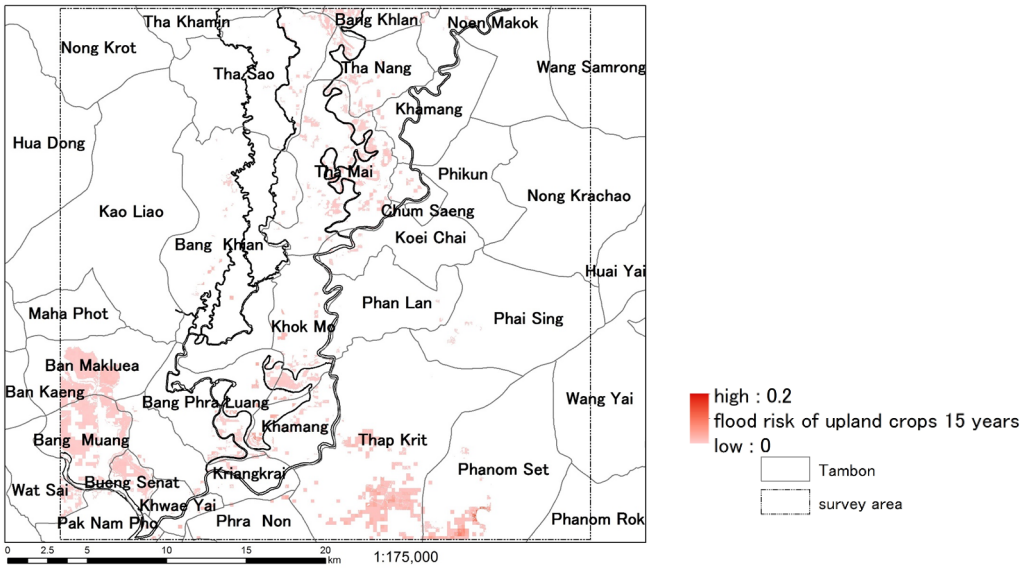



**Fig. 3-7.** Calculated total risk for submergence of non-rice crops

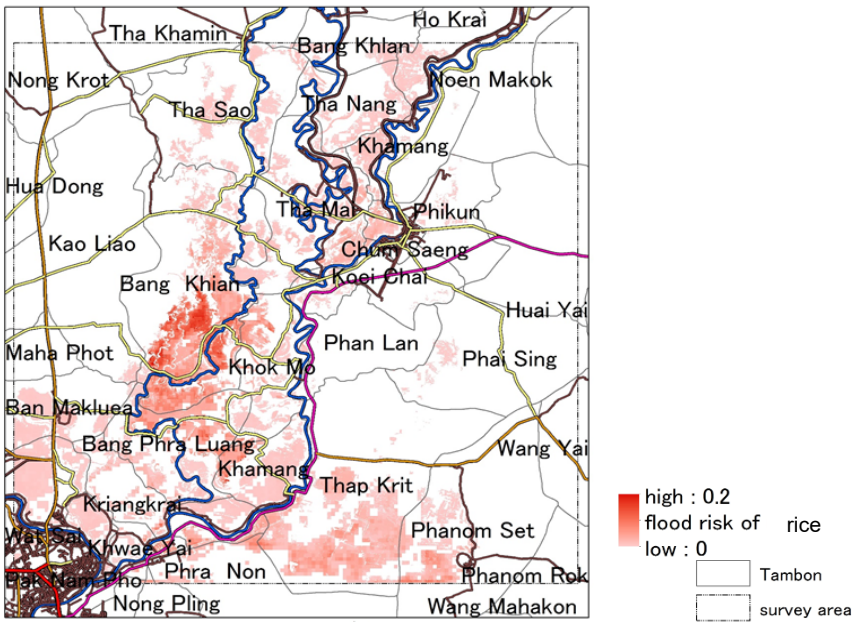



**Fig. 3-8.** Calculated total risk for submergence of rice

# CONCLUSIONS

A simple DEM based flood routing approach together with use of remote sensing techniques proved effective in visualizing submergence risk of crops in the flood plain. Compared to precise hydrological approaches which use historical weather data or climate change projection, this approach can quickly assess potential hazards. It is capable of showing the probability, the exposure determinants and the vulnerability independently following the concept of adaptive flood risk management.

The study revealed that farmers in this area adapt well to the inundation risk. Non-rice crops which are vulnerable to submergence were only grown in relatively safe areas. Rice on the other hand were cultivated more in risk areas.

Cropping pattern can be re-monitored every year to update the vulnerability assessment. Monitoring and control of cropping patterns will make a new path for adaptive flood risk management in this area.

Chapter 4

# Forest Degradation in the Upper Part of the Nan River Basin

## Introduction

Deforestation may affect to result in regional decreases of precipitation and evaporation, potentially leading to changes of hydrological conditions. This study aimed to evaluate the characterization of the dynamics of deforestation and forest regeneration existent in the North part of Thailand, focusing on Nan river water shed, from 2001 to 2014. To evaluate the forest area, we used MODIS vegetation continuous fields data MOD44B which includes the percentage of annual tree cover with a 250 m x 250 m resolution derived from MODIS/Terra bands (Hassen et al, 2005).

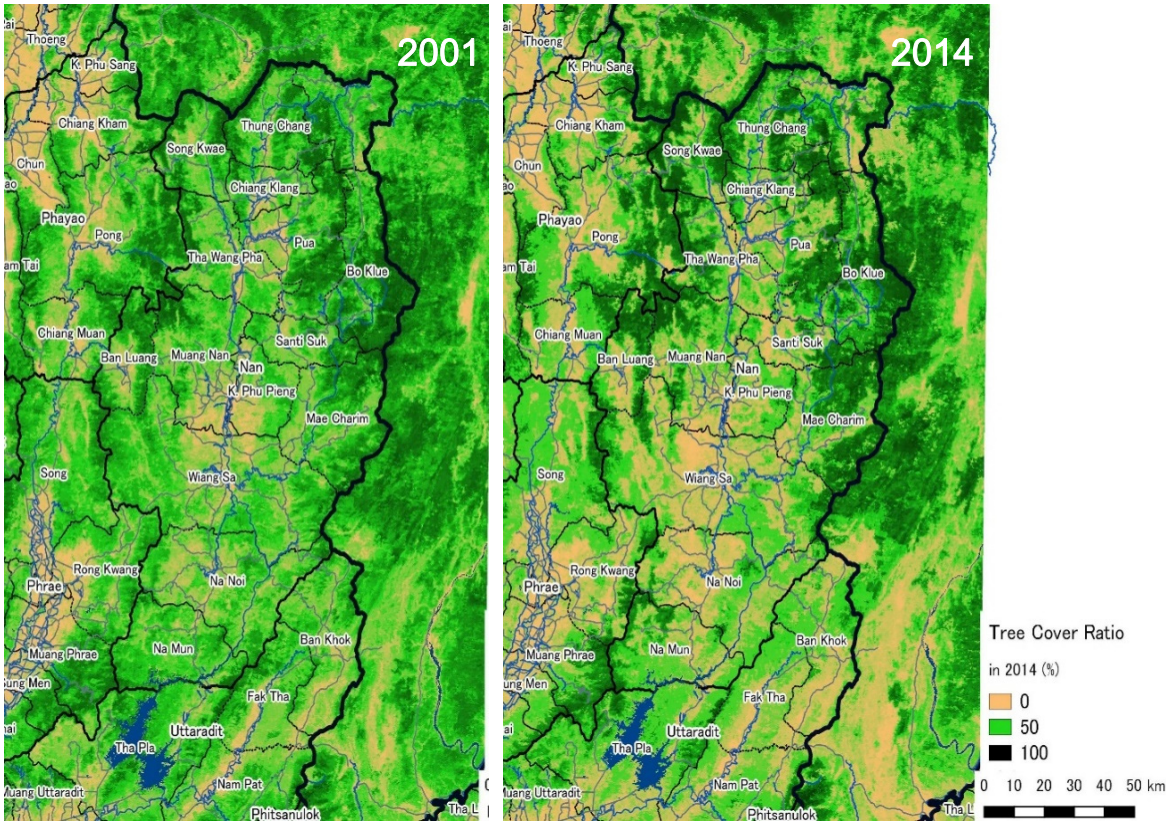



**Fig. 4-1.** Tree cover ratio in Nan Province in 2001(left) and 2014(right)

# Results

Tree cover ratios in whole Nan province in 2001 and 2014 were 44.6% and 40.2%, respectively (Fig. 4-1). It is estimated approximately 516 km2 of forest area was decreased in this area during 2001 and 2014. Sever forest degradations were advanced in south part area including Laos border. Meanwhile, in the north to middle part of area, the tree cover ratios tend to increase or stabile (Fig. 4-2).

Fig. 4-3 examined relationships between elevation (m) and the change of tree cover ratio between 2001 and 2014 in the upper part of Nan river basin. Sever forest degradations were distributed in low elevation (lower than 700 m) area. Middle elevation (700 – 1200 m) area dominate increading tendenccy and high elevation (higher than 1200 m) area shows stable or slightly increasing tendency.

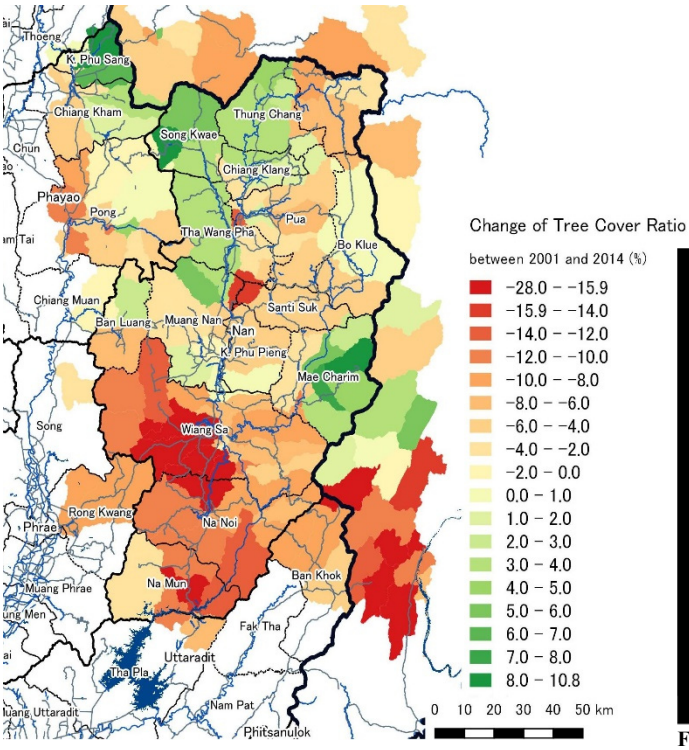



**Fig. 4-2.** Change of tree cover ratio between 2001 and 2014 in each small water-shed in the

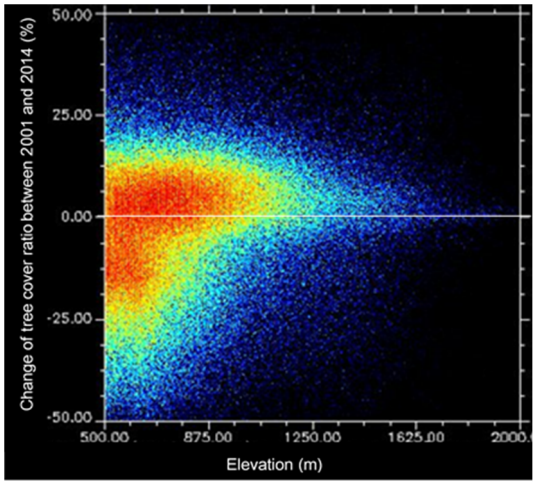



**Fig. 4-3.** Relationship between elevation and change of tree cover ratio between 2001 and 2014 in each small water-shed in the upper part of the Nan river basin.

# Appendix

# The MODIS Global Products: "MCD19Q2" and "MCD16Q2" Noise-free Vegetation and Water Indices and True Color Images

## Introduction

Time-series vegetation and water indices derived from remote sensing images are crucial materials for farmland analysis based on crop phenology and monitoring such as classification of cropping patterns and monitoring of crop growth and productivities.

The optical remote-sensing images, however, often contain problematic pixels, such as those affected by thick clouds and its shadows, resulting a noisy time-series data which is inadequate to use for farmland analysis. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) 8-days composite vegetation indices product (such the MOD13A1 provided by United States Geological Survey; USGS) consists of the best possible observation data available during the 8-day period selected on the basis of high observation coverage, low view angle, absence of clouds or cloud shadow, and aerosol loading [1]. However, the 8-days composite data observed still contained the problematic pixels, particularly in the area where have a long cloudy period such the monsoon climate regions. Lack of the high quality noiseless time-series data products have been a bottleneck for many studies on farmland analysis using remote-sensing data in both of global and local scales.

Hence we aims in this study to produce remote-sensing data archives containing noiseless smoothed time-series Normalized Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), Land Surface Water Index (LSWI), and reflectance data to derive RGB composite (true color) image, covering global wide with the adequately downscaled 250-m resolution in 8-days interval from the period of 2000 to 2014 and up-to-date, derived from based on the MODIS sensor images.

## Overview of the MODIS noiseless products

### Datasets

The MODIS noiseless data products (here after NL data products) introduced in this paper includes two vegetation index (NDVI and EVI), water related index (LSWI), and reflectance data (Red, Blue, Green) with 8-days composite at resampled 250-m spatial resolutions.

The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is a standard vegetation index, which is referred to as the continuity index to the existing NOAA-AVHRR derived NDVI. There is a +27-year NDVI global

data set (1981 - 2009) from the NOAA-AVHRR series, which could be extended by MODIS data (Vermote et al. 2008).

The Enhanced Vegetation Index (EVI) is an improved vegetation index improved sensitivity over high biomass regions and improved vegetation monitoring capability through a de-coupling of the canopy background signal and a reduction in atmosphere influences (Vermote et al. 2008, Huete et al.2002).

Land Surface Water Index (LSWI) uses the shortwave infrared (SWIR) and the NIR regions. There is strong light absorption by liquid water in the SWIR, and the LSWI is known to be sensitive to the total amount of liquid water in vegetation and its soil background (Chandrasekar et al. 2010, Gao et al. 1996).

The NDVI, EVI, and LSWI are expressed as in equations (1), (2), and (3), respectively.

$$NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED), \quad (1)$$

$$EVI = G \times (NIR-RED) / (NIR+C1 \cdot RED-C2 \cdot BLUE+L), \quad (2)$$

$$LSWI = (NIR-SWIR) / (NIR+SWIR), \quad (3)$$

where G is the gain factor (G = 2.5). C1 and C2 are the coefficients of the aerosol-resistance term, which uses the 500-m blue band of MODIS to correct aerosol influences on the red band (C1 = 6.0 and C2 = 7.5). L is the canopy background adjustment (L = 1) (Huete et al.2002).

## File format and data structure

Due to that users can use existing favorite tools such the MODIS Reprojection Tool (MRT) for handling the datasets, file format and data structure of the NL data products are compliant with the standard archive format for MODIS Land products distributed by USGS (Vermote et al. 2008). The NL data products are produced with 8-days composite at 250 m spatial resolutions in tile units that are approximately 1200-by-1200 km, 4800 x 4800 pixels, and mapped in the Sinusoidal (SIN) grid projection (Fig. A-1). The NL data products are archived with Hierarchical Data Format-Earth Observing System (HDF-EOS) format containing the meta-information. The product MCD19Q2 is included the indices data (NDVI, EVI, and LSWI) and MCD16Q2 is included the reflectance data (Red, Green, and Blue) as shown in the Table A-1.

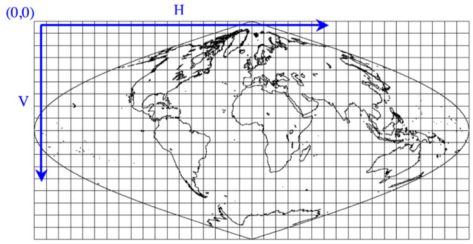



**Fig. A-1.** MODIS tiling schme. Modified from the (Vermote et al. 2008)

**Table A-1.** MODIS noiseless data product

| Product name | Layer | Data | Multiply by Scale factor | Data type |
|---|---|---|---|---|
| MCD19Q2 | 1 | 250m-8days EVI | 0.0001 | int 16 |
| | 2 | 250m-8days LSWI | 0.0001 | int 16 |
| MCD16Q2 | 1 | 250m-8days Red reflectance (Band 1) | 0.0001 | int 16 |
| | 2 | 250m-8days Green reflectance (Band 4) | 0.0001 | int 16 |
| | 3 | 250m-8days Blue reflectance (Band 3) | 0.0001 | int 16 |

# Methodology

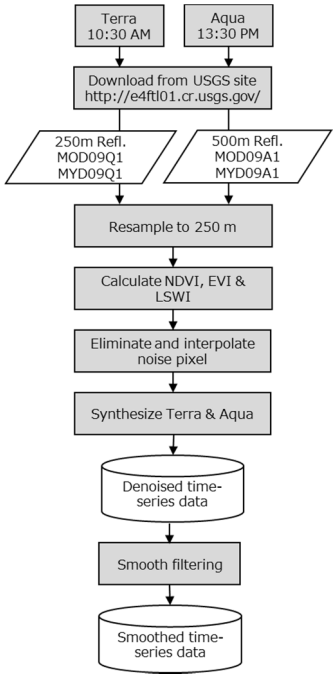



**Fig. A-2.** Processing scheme

The NL products processing system is consist of four modules; image acquisition, preprocessing, smoothing and distribution, implemented in Interactive Data Language (IDL) 8.2 (Exelis VIS 2014) with PDP (Parallel Distributed Processing) (Fig. A-2).

## MODIS image acquisition

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) is a key instrument aboard the Terra (formally called EOS AM) and Aqua (EOS PM) satellites. The Terra crosses the equator at 10:30 AM local time (descending node), and the Aqua crosses at 1:30 PM local time (ascending node) thereby potentially providing two views of a given area each day.

In this study, four sets of Terra Aqua/MODIS surface-reflectance 8-day composite data (MOD09Q1, MYD09Q1, MOD09A1 and MYD09A1) were acquired from LP DAAC (Land Processes Distributed Active Archive Center, USGS) file server (http://e4ftl01.cr.usgs.gov) on a regular basis automatically.

## Pre-processing

To produce a 250-m resolution map, we resampled 500-m MOD09A1 and MYD09A1 data to 250-m resolution by applying ratio (R) of red band (band 1) in MOD09Q1and MYD09Q1 to it in MOD09A1 and MYD09A1.

$$R = RED^*/RED, \quad (4)$$

$$NIR = NIR^*/R, \quad (5)$$

$$BLUE = BLUE^*/R, \quad (6)$$

$$GREEN = GREEN^*/R, \quad (7)$$

$$SWIR = SWIR^*/R, \quad (8)$$

where RED* and RED are red bands at 500 m and 250 m resolution, respectively. NIR*, BLUE*, and SWIR* are the surface reflectance at 500 resolution in the near-infrared band (band 2), blue band (band 3), and short-wave infrared band (band 6), respectively. NIR, BLUE, and SWIR are the surface reflectance resampled at 250 m resolution.

## De-nosie processing

To produce noise-free and smooth time-series, we applied following procedure to EVI, LSWI, and RGB time-series data;

1. Eliminate cloud and sensor noise pixels by referring the image quality information.
2. Reconstruct daily time-series data by referring the actual date of observation for each pixels.
3. Synthesize daily time-series Terra and Aqua. (The Aqua data is available after the year of 2002)
4. Interpolate eliminated pixel value on time-series axis by liner interpolation method.
5. Apply the Savitzky–Golay (SG) filter (summarized in (Gu et al. 2009 and Chen et al. 2004) to time-series data to produce smoothed time-series data.

# Sample images

Figure A-3 shows the temporal profiles of EVI data observed at the paddy field implementing triple rice cropping per year. Denoised EVI could remove outlier EVI value adequately and it draws smoothed curve with clear line that would help to find out the periodicity of crop pattern easily.

Figure A-5 shows the comparison of the spatial EVI patterns between the NL product and original 8-days composite image derived from MOD09A1. The NL product image shows larger area of high vegetation area than original image, and it describes edges of ground objects such the lake and river more clearly. Comparing the true color image derived from R-G-B reflectance, it could be recognized that cloud or noise pixels in original image were adequately removed in the NL product. Thus, denoised R-G-B reflectance product can be used for visually checking the quality of noise reduction.

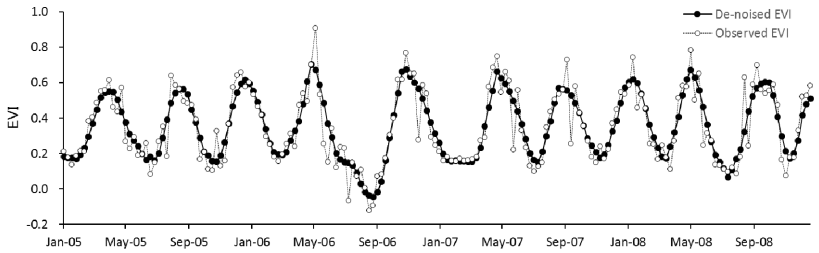



**Fig. A-3** Comparoson of EVI time-series data between original MODIS 8-days composite data (MOD09A1, Ovserved EVI) and the noiseless data product (MCD19Q2, De-noised EVI) observed at the triple rice croping field in the Mekong delta, Vietnam.dashed lines show the 10-day composites of the MOD13Q1 product, the solid lines indicate the smoothed time series using the iterative Savitzky-Golay technique

# Conclusions and remarks

The aim of this study was to produce the global dataset of noiseless time-series vegetation and water indices with the adequately downscaled 250-m resolution in 8-days interval from the period of 2000 to 2014 and up-to-date, derived from based on the MODIS/Terra+Aqua images, which contributes to advanced analysis and monitoring of the crop production.

Our products, MCD19Q2 (NDVI, EVI and LSWI) and MCD16Q2 (R-G-B reflectance) have advantages in less noise and finer spatial resolution compared with the original MODIS composite data. Data products are mapped by MODIS Sinusoidal Tiling System, and archived with Hierarchical Data Format-Earth Observing System (HDF-EOS) format containing various meta-information, which are the standard archive format for MODIS Land products distributed by USGS, so that users can use existing avorite tools such the MODIS Reprojection Tool (MRT) for handling the archives.

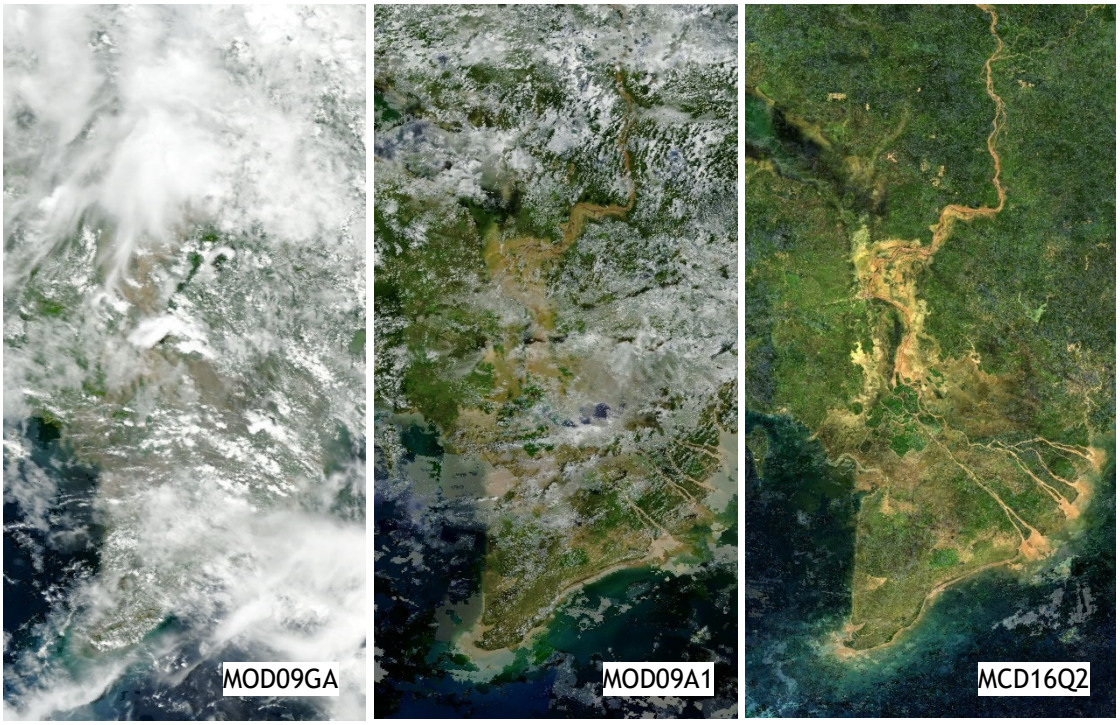



**Fig. A-4** Comparison of true-color images in MODIS dalily (MOD09GA), 8-days composite (MOD09A1) and the noiseless product (MCD16Q2) in the Mekon Delta, in 8 October 2011.

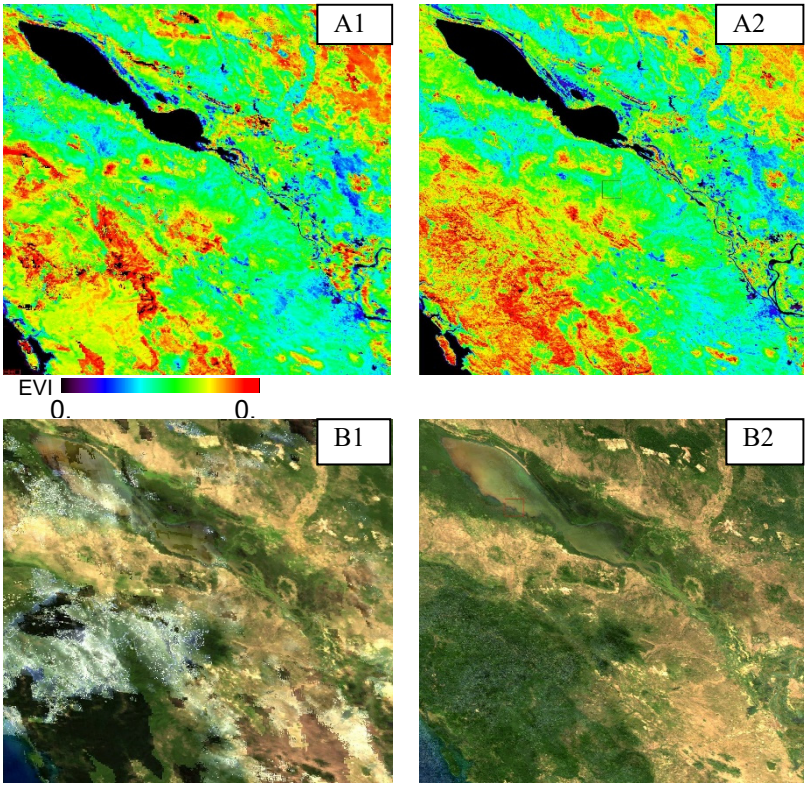



**Fig. A-5** Comparison of images between original MODIS 8-days composite data (MOD09A1) and the noiseless data product (MCD19Q2 and MCD16Q2) in the Mekon Delta, Cambodia in 1 January 2013.
A1 and A2 are EVI image derived from MOD09A1 and MCD19Q2, respectively.
B1 and B2 are true color image derived from MOD09A1 and MCD16Q2, respectively.

# References


Brakenridge GR, Anderson E, Nghiem SV, Caquard S, Shabaneh TB (2003) Flood warnings, flood disaster assessments, and flood hazard reduction: the roles of orbital remote sensing. 30th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Honolulu, HI, November 10–14, 2003.

Chen J, Jönsson P, Tamura M, Gu Z, Matsushita, B, Eklundh L (2004) A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky–Golay filter. Remote Sens of Environ. 91:332–344.

Dartmouth Flood Observatory (2012) Space-based Measurement of Surface Water For Research, Educational, and Humanitarian Applications. Available at

http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html.

DOAE (2011) Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. Flood damage assessment reports issued on November 8.

EOSDIS (2012) NASA's Earth Observing System Data and Information System. Available at. http://earthdata.nasa.gov/

Exelis VIS (2015) IDL software, Boulder, CO, USA, http://www.exelisvis.com/ProductsServices/IDL.aspx (accessed 10 Aug, 2016).

GISTDA (2011) Geo-Informatics and Space Technology Development Agency. Thailand Flood Monitoring System. Available at. http://flood.gistda.or.th/

Gu J, Li X, Huang C, Okin GS (2009) A simplified data assimilation method for reconstructing time-series MODIS NDVI data. Advances in Space Research 44:501–509.

Gumley L, Descloitre J, Shmaltz J (2010) Creating Reprojected True Color MODIS Images: A Tutorial. Version 1.0.2. pp. 10. Available at https://earthdata.nasa.gov/sites/default/files/field/document/MODIS_True_Color.pdf

Hansen, M., Townshend, J., DeFries, R., and Carroll, M. (2005). Estimation of tree cover using MODIS data at global. continental and regional/local scales. International Journal of

Remote Sensing, 26(19):4359-4380.

Hirabayashi Y, Kanae S, Emori S, Oki T, Kimoto M (2008) Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate. Hydrological Sciences Journal. 53(4):754–772.

Hoque R, Nakayama D, Matsuyama H, Matsumoto J (2011) Flood monitoring, mapping and assessing capabilities using RADARSAT remote sensing, GIS and ground data for Bangladesh. Natural Hazards. 57:525–548.

Huete A, Didan K, Miura T, Rodriguez EP, Gao X, Ferreira LG (2002) Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sens Environ. 83:195–213.

Ito O, Ella E, Kawano N (1999) Physiological basis of submergence tolerance in rainfed lowland rice ecosystem. Field Crops Res. 64: 75–90.

Japan International Cooperation Agency 2012. Project for comprehensive flood management plan for the Chao Phraya River Basin (sub-component 1-1 aerial survey by LIDAR) http://libopac.jica.go.jp/images/report/12081568.pdf. Last access June 13, 2016.

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency). 2016. ALOS global digital surface model "ALOS World 3D - 30m" (AW3D30), http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm. Last access June 14, 2016.

K. CHANDRASEKAR, M. V. R. SESHA SAI, P. S. ROY and R. S. DWEVEDI "Land Surface Water Index (LSWI) response to rainfall and NDVI using the MODIS Vegetation Index product" International Journal of Remote Sensing Vol. 31, No. 15, 10 August 2010, pp. 3987–4005

Kotera A, Hanittinan P, Sucharit K and Nagano T (2012) Assessing flood damages of rice in the Chao Phraya Delta, using MODIS satellite imageries. Full paper of PAWEES2012. International conference on “Challenges of Water & Environmental Management in Monsoon Asia”, Thailand, 27-29 November.

Kotera A, Nawata E, Thao LV, Vuong NV, Sakuratani T (2005) Effect of Submergence on Rice Yield in the Red River Delta, Vietnam. Japanese Journal of Tropical Agriculture. 49:197–206.

Kotera A, Nawata E (2007) Role of plant height in the submergence tolerance of rice: a simulation analysis using an empirical model. Agricultural and Water Management. 89:48–58.

Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). USGS. http://e4ftl01.cr.usgs.gov. Last access June 12 2016.

Matsushima S (1968) Water physiology of Indica rice. Jpn. J. Crop. Sci. (Special Issue), 102–109. (in Japanese).

Milly PCD, Wetherald RT, Dunne KA, Delworth TL (2002) Increasing risk of great floods in a changing climate. Nature 415: 514–517.

Pandey S, Mortimer M, Wade L, Tuong TP, Lopez K, Hardy B, editors (2002) Direct seeding: research issues and opportunities. Proceedings of the International Workshop on Direct Seeding in Asian Rice Systems: Strategic Research Issues and Opportunities, 25–28 January 2000, Bangkok, Thailand, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, pp.1–383.

Sakamoto T, Nhan NV, Kotera A, Ohno H, Ishitsuka N, Yokozawa M (2007) Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery. Remote Sensing of Environment. 109:295–313.

Sanyal J, Lu XX (2004) Application of remote sensing in flood management with special reference to monsoon Asia: a review. Natural Hazards. 33:283–301.

Ueda T, Ogawa S, Shioda K, Arulvijitskul P, Klinkhachorn P (2005) Recent irrigation practices in the Upper East Bank of the Chao Phraya Delta. Paddy and Water Environment. 3:63–71.

UNDP, 2004. Reducing Disaster Ri Vermote EF, Kotchenova SY (2008) MOD09 (Surface Reflectance) User’s Guide. Available at

http://modis-sr.ltdri.org/products/MOD09_UserGuide_v1_2.pdf

Vermote E.F., Kotchenova S.Y. “MOD09 (Surface Reflectance) User’s Guide”, 2008, Available at;

http://modis-sr.ltdri.org/products/MOD09_UserGuide_v1_2.pdf

Visser EJW, Voesenek LACJ, Vartapetian BB, Jackson MB (2003) Flooding and plant growth. Ann. Bot. 91:107–109.

The World Bank (2012) Thai flood 2011—Rapid assessment for resilient recovery and reconstruction planning. The Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR), pp. 1–256.

Wilby RL, Keenan R. 2012 Adapting to flood risk under climate change. Progress in Physical Geography 36(3), 348-378. DOI: 10.1177/0309133312438908.

Wilson BA, Rashid H (2005) Monitoring the 1997 flood in the Red River Valley using hydrologic regimes and RADARSAT imagery. Can Geogr. 49:100–109.

Xiao X, Boles S, Liu JY, Zhuang DF, Frolking S, Li CS (2005) Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images. Remote Sens. Environ. 95 (4): 480–492.

# ภาคผนวก ซ

เอกสารนำเสนอทางวิชาการเรื่อง "Impact of climate change on groundwater system in Upper Central Plain, Thailand" ในการประชุมนานาชาติ INTERNATIONAL CONFERENCE on “RESILIENCE of GROUNDWATER SYSTEMS to CLIMATE CHANGE and HUMAN DEVELOPMENT” BANGKOK, THAILAND 8-11 FEBRUARY 2016



CHULA ENGINEERING

UCL

## Impact of climate change on groundwater system in Upper Central Plain, Thailand

**Chokchai Suthidhummajit[1], Sucharit Koontanakulvong[2]**
Department of Water Resources Engineering
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand
Email: chokchai.s@chula.ac.th[1], sucharit.k@chula.ac.th[2]

INTERNATIONAL CONFERENCE on
“RESILIENCE of GROUNDWATER SYSTEMS to CLIMATE CHANGE and HUMAN DEVELOPMENT”
BANGKOK, THAILAND
8-11 FEBRUARY 2016



CHULA ENGINEERING

## Outlines

1. Introduction
2. Methodology
3. Results and Discussions
4. Conclusions
5. Recommendations
6. Acknowledgement
7. References





CHULA ENGINEERING

## 1.Introduction

- The climate change induced direct affects to irrigation area, e.g., Yom, Nan Basin or Chao Phraya Basin in the dry year when the storage amount is not adequate for summer rice and caused water deficit in many irrigation projects
- Though in the Central Plain, two large reservoirs, i.e., Bhumiphol and Sirikit Dams store water to be used during dry period but most of agricultural area is in the rainfed area and water allocation is limited and caused water shortage during dry season and in the dry year.





CHULA ENGINEERING

## 1.Introduction(con’t)

- Groundwater is a supplementary water source for farmers to ensure the cultivation. The groundwater resources are limited and groundwater flows with complicated manner, hence the study of groundwater and its use were studied to find sustainable use and yield of the aquifer (JIID, 2010).
- Furthermore, the climate change may affect the recharge and irrigation demand. The recharge is likely to have increased in the northern latitudes, but greatly decreased in some currently semi-arid zones (Döll, 2009)..





CHULA ENGINEERING

## Objectives

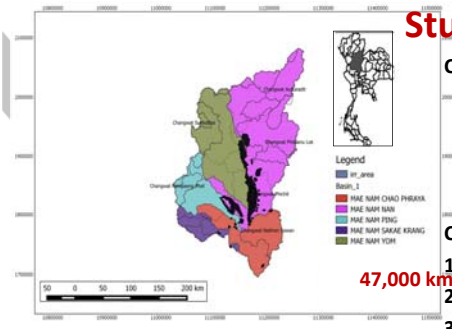
- To study the impact of groundwater recharge towards groundwater system (water table and water storage) under climate change condition in the Upper Central Plain, Thailand





CHULA ENGINEERING

## Study Area

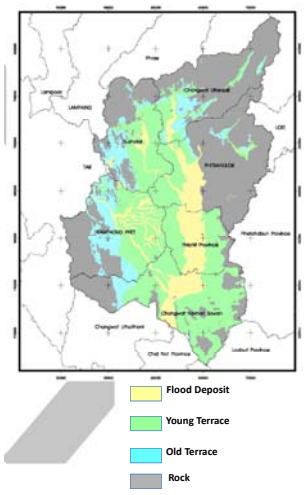



Covers the areas of Uttaradit, Sukhothai, Pitsanilok, Kampangphet, Pichit and Nakornsawan Provinces.

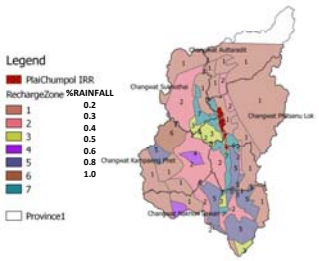
Composed of 5 basins

1) Lower Ping basin
2) Lower Yom basin,
3) Lower Nan basin,
4) Upper Sa-Gae-Grang basin,
5) Upper Chao Phraya basin

# Hydrogeology Characteristics

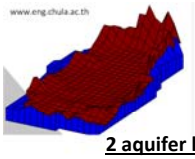



Soil Series Group Map





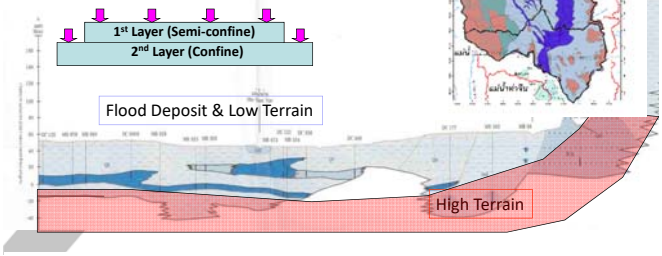

# Layer Classification



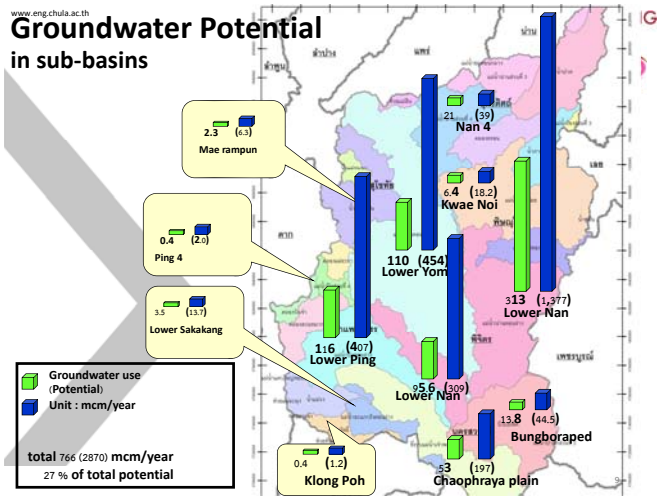
**2 aquifer layers**

**1st Layer** 40-100 **m**

**2nd Layer** 100-300 **m**

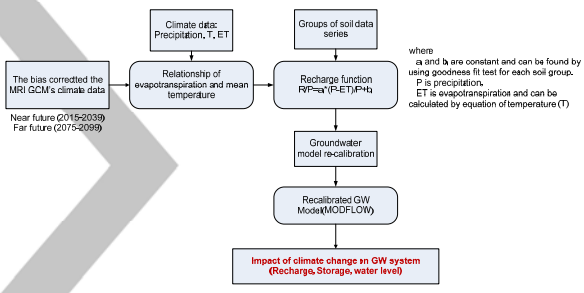



# Groundwater Potential in sub-basins






# 2. Methodology



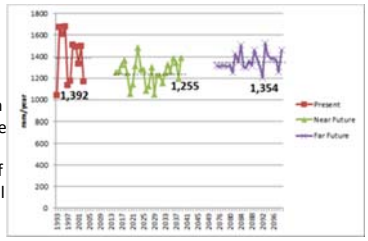



# 3. Results and Discussions

## Impact of climate change to GW system

***Precipitation***

- The average precipitation in present period was 1,392 mm./year. The precipitation in near future and far future were collected from bias corrected GCM-MRI data , the average of precipitation in near future will more decreased than in far future (1,255 mm/year and 1,354 mm/year, respectively).






# Evapotranspiration

- A comparison of evapotranspiration and mean temperature show that two variables have linear relationship as shown in Table 2 and shows good relation in rainy season where recharge occurs.

| Month | c | d | $R^2$ |
|---|---|---|---|
| Jan | 8.428 | -107.57 | 0.43 |
| Feb | 8.428 | -107.57 | 0.43 |
| Mar | 8.428 | -107.57 | 0.43 |
| Apr | 2.9665 | 70.568 | 0.97 |
| May | 4.0509 | 27.342 | 0.99 |
| June | 2.9895 | 22.826 | 0.99 |
| July | 3.0688 | 23.886 | 0.99 |
| Aug | 2.9941 | 23.959 | 0.99 |
| Sep | 3.129 | 23.413 | 0.99 |
| Oct | 3.4886 | 23.991 | 0.86 |
| Nov | 5.0792 | -20.275 | 0.99 |
| Dec | 3.9656 | -0.8793 | 0.87 |

ET = c*T+d

Where
ET is evapotranspiration
T is temperature
c and d are constants and can be found by using goodness fit test for each month.

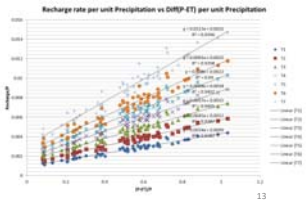
## Recharge function

- Coefficients of linear function expressed relation between (P-ET)/P and R/P.

| Soil series group | a | b | $R^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.0034 | 0.0009 | 0.93 |
| 2 | 0.0045 | 0.0012 | 0.93 |
| 3 | 0.0057 | 0.0015 | 0.94 |
| 4 | 0.0068 | 0.0018 | 0.94 |
| 5 | 0.008 | 0.0022 | 0.94 |
| 6 | 0.0091 | 0.0025 | 0.93 |
| 7 | 0.0113 | 0.0031 | 0.93 |

Recharge Formula in each soil series group

Recharge rate/P= { 0 :if P≤ET ; a*(P-ET)/P + b: if P>ET







## Groundwater model recalibration

- Groundwater flow model (MODFLOW) was used to simulate groundwater flow conditions in the area during the period 1993-2003. This model was developed by the former study, recharge rates were defined by percent of rainfall in each soil group zone.
- In this study, soil zone was grouped in 7 zones by the similarity of soil series property. The model was recalibrated compared with observation data using recharge equation derived. Results of recalibration model show that simulation values were closer with observation data compared with the former model calibration results .

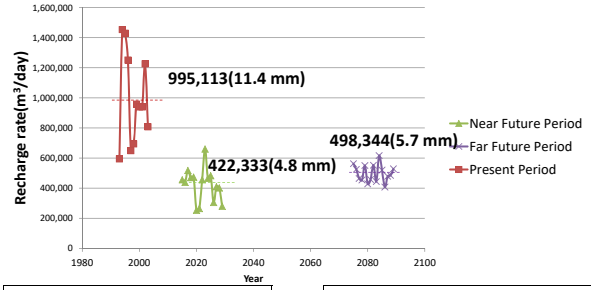
Comparison error and recharge rate of the former model and this study model.

| Error(m) | Former model | This study | %Difference |
|---|---|---|---|
| Mean Error | 2.85 | 2.11 | 26.16 |
| Abs mean error | 3.13 | 2.3 | 26.44 |
| RMS error | 4.59 | 3.9 | 15 |
| Recharge rate(cu.m/day) | 1,157,597 | 995,113 | -14.04 |





## Recharge rate in Present, Near Future and Far Future Periods.




| Time period | % Difference of recharge rate compared with Present period |
|---|---|

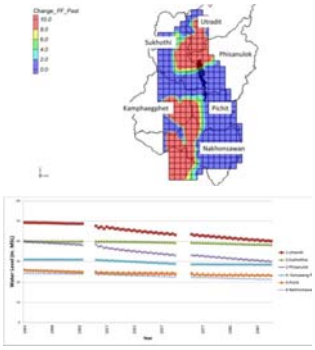
| % Difference compared with present period | Rain (P) | ET | P-ET |
|---|---|---|---|





## The change of water level (in meter) in the aquifer by the end of far future period

**The hot spot in lower water level will occur in some part of Uttaradit, Sukholthai, Phitsanulok, Kampaengphet, Pichit and Nakhonsawan Provinces, and the decrease of water level is up to 10 m**



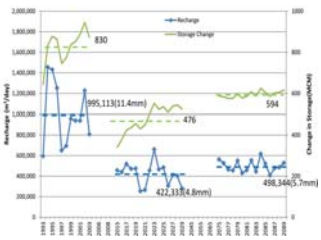
Water level in Study area





## The average groundwater recharge rate and the change of groundwater storage in wet season in the aquifer from projected future climate data

- Recharge tend to decrease in the periods of both near future and far future and will be lower than in the past due to the increase of future evapotranspiration .
- The ratio of average recharge rate in near future and far future compared with present is 0.42, and 0.50 respectively.
- The average change of groundwater storage in present, near future and far future are 830, 476 and 594 MCM respectively, and the ratio of the groundwater storage change in near future and far future periods compared with present period will decrease to 0.57, and 0.71 respectively.








## 4.Conclusions

- The future recharge, compared with the present, will decrease 58% in near future and 50% in the far future.
- Climate change will also induce impact on groundwater level, i.e., water table will decrease approximately 0.23 m/year in near future and 0.16 m/year in far future period, the decrease of the water level will be up to 10 m
- The change ratio of the groundwater storage in near future and far future periods compared with the present period will decrease to 0.57, and 0.71 respectively.

## 5. Recommendations

- Use this groundwater recharge formula(from rainfall), the impact of CC on the groundwater potential in this area should be considered.
- The further study issue is to investigate more on the relationship of river and groundwater interaction because CC will induce more extreme events in the near future.





## Acknowledgement

We would like to thank the Meteorological Research Institute (MRI, Japan), Thai Royal Irrigation Department (RID) and Thai Meteorological Department (TMD) for future climate data and observed data. This research has been partially support by Office of Thailand Research Fund (TRF) and Water Resources System Research Unit (CU_WRSRU), Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.





## References


- Chulalongkorn, 2005. Groundwater Use and Potential Study in the Lower Central Plain. Research report submitted to the Thailand Research Fund.
- Chulalongkorn. 2010. The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Case Study: Plaichumphol Irrigation Project, Thailand), presented at JIID Seminar on Impact of Climate Change on Irrigation Systems, Bangkok..
- Döll, P. 2009. Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: A global scale assessment. Environmental Research Letters,Vol. 4.
- JIID. 2010, Impact Study on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Phichumpol Irrigation Project-case study), Final Report, February 2010.
- Koontanakulvong S., et. al. 2006. The study of Conjunctive use of Groundwater and Surface Water in Northern Chao Phraya Basin, Final Report. Department of Groundwater Resources. Chulalongkorn University
- Koontanakulvong S., Chaowiwat W. 2011. GCM Data Comparison and its application to water disaster adaptation measures in Thailand. Technical Report, Chulalongkorn University, March.
- Koontanakulvong, S., Suthidhummajit, C. 2015. The role of Groundwater to mitigate the Drought and as an adaptation to Climate Change in the Phitsanulok Irrigation Proejct in the Nan Basin, Thailand, Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering),Vol.76:15, 89–95.
- Suthidhummajit C., Koontanakulvong S. 2015. Climate change impact on groundwater recharge in Upper Central Plain and Plaichumpol Irrigation Project, Thailand, Proc. THA 2015 International Conference on Climate Change and Water & Environmental Management in Monsoon Asia, 28-30 January 2015, Bangkok, Thailand.






## Thank you for your attention

*For more information, contact:*

***Chokchai Suthidhummajit***

***Department of Water Resources Engineering***

***Faculty of Engineering,***

***Chulalongkorn University***

***Bangkok, Thailand***

**Email :** chokchai.s@chula.ac.th

**Web: www.watercu.eng.chula.ac.th**

# ภาคผนวก ฌ

## โปสเตอร์นำเสนองานประชุมชลประทานโลก ครั้งที่ 2

## ที่จัดขึ้นในระหว่างวันที่ 6-12 พฤศจิกายน 2559

(Technical Poster presentations at 2nd World Irrigation Forum in Chieng Mai, Thailand)

# Water Resources Study for Strategic Water Management in Nan River Basin

Assoc. Prof. Dr. Sucharit Koontanakulvong and Team
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Thailand

## 1. Introduction

- The Nan River Basin is one of the basins that has experienced water shortage and flooding problems. Water shortage has occurred in many irrigation projects even though there is a large reservoir, the SIRIKIT dam, to store water for use during a dry season. The upper of SIRIKIT dam is the critical area to study the impact of land use change and deforestation affect towards runoff.
- Land use in the upper watershed of Nan Basin had changed dramatically due to the increasing population and agricultural growth in the past decade.
- Forest area changed to agriculture and after that the agricultural area was transformed residential areas.

## 2. Study area

The Nan river basin is located in the northern region of Thailand with the total catchment area of 34,331sq.km The basin originated from Nan Province.

**Rainfall**

Rainfall data from 76 rainfall gagging stations were used to analyze the average annual rainfall in Nan river basin and its vicinity area varies between 759.6 – 2,200.6 mm/year, the maximum average annual rainfall depth is 2,200 mm/year at the station code 28164 (Doi Phuka station, Amphoe Pua) and minimum average annual depth is 759.6 mm/year at the station code 090901(Ban Chai Daen Station). Overall average annual rainfall for the project and vicinity areas is 1,260.0 mm/year.

**Streamflow**

The mean annual streamflow in Nan river basin is 12,199.60 MCM/year with average annual specific yield is 11.33 lps/sq.km. The Nam Pad sub-river basin has a low figure of 5.08 lps/sq.km, and the Nam Wa sub-river basin has a highest figure of 27.68 lps/sq.km.

## 3. Strategic issues in Nan River basin

From the review and meeting with communities in the basin, the strategic issues in the Nan River basin are summarized as follows.

**The upper part of the basin:**

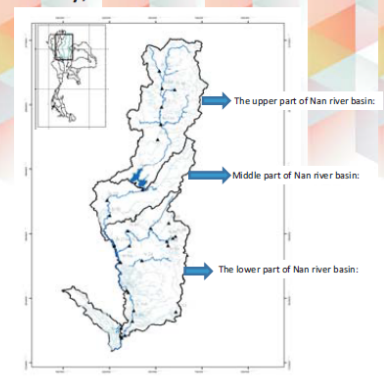
- Decrease in runoff cause by decreasing forest area in upper section of upper Nan river basin, War sub river basin, Yao 2nd sub river basin and 3rd section of Nan sub basin
- Flash flood
- The water deficit for agricultural use especially in Nam Samun and Nam Haeng sub river basin

**Middle part of Nan river basin:**

- Flash flood in Pad and 4th section of Nan sub basin
- Water deficit in dry season in Khlong Tron and Nam Pad sub river basin.

**Lower part of Nan river basin:**

- The appropriated releasing rule of Sirikit Dam for irrigation water demand
- Model for water management in the rainy season
- Warning system, retention area




## 4. Objective

The purposes of the research are to assess the risk due to the future change and to provide solutions for the key strategic issues of the Nan River basin which in this poster the water deficit issue is focused.

## 5.Approach and methods used

The analysis was performed by simulating options of water management using the following data and tools:

- short and seasonal rainfall forecast,
- the relationship between forested area and runoff in the sub-basin,
- rainfall-runoff model,
- water balance model,
- reservoir operation rule via water balance model,
- groundwater flow model,
- the simulation and analysis of water management for water situation under existing and climate change conditions,
- options for water management strategies in the basin such as dam operation rule curve, conjunctive use of surface water and groundwater under climate change and deforestation scenarios.

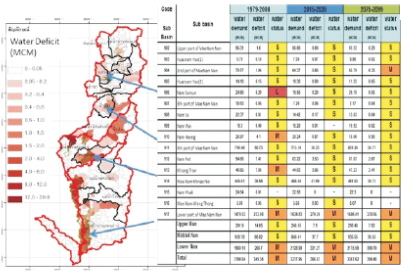
## 6. Analysis results

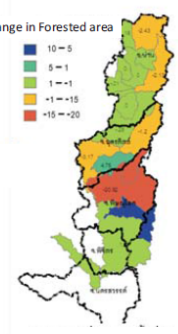
**6.1 Deforestation effect**

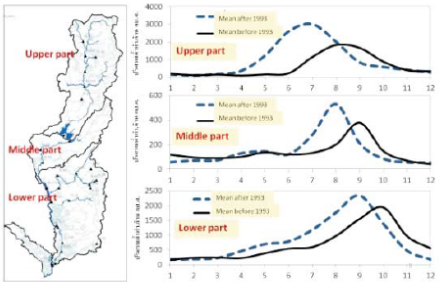
The study of rainfall and runoff in the upper Nan river basin is to analyse the relationship of rainfall, runoff and the percentage of forested area. Four sub-basin with different percentage of forest area were selected to investigate the runoff difference via field measurements. The forest area change was analysed from the satellite map and change in forest area in percentage can be drawn in the map.

The runoff hydrograph affected from the deforestation was investigated and it was found that the peak and timing of the hydrograph (before 1993 with much forest) is lower and slower than the hydrograph (after 1993 with less forest)

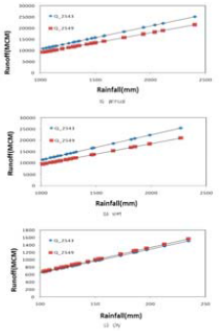
The runoff yield can be seen from the ratio of rainfall-runoff. The study of the changes in the ratio of rainfall- runoff which consider the change in forest area by using the land use map between the year 2000 and 2006 .By calculating the ratio of runoff-rainfall and comparing the difference in this ratio, the change of the ratio in the upper part, the middle part and lower part of Nan river basin are 10%-20%, 10%-15% and more than20%, respectively. The change of this ratio relate to the change in forested area, inversely. By using this ratio to construct the curve of rainfall-runoff between in 2000 and in 2006 for all parts of Nan river basin It was found that in the upper part of Nan river basin, in annual and wet season, the rainfall and runoff decreased 20% and in dry season decreased 5%. It concludes that the volume of runoff which generate by the same rainfall, is decreasing 15% when the forested area decreased.



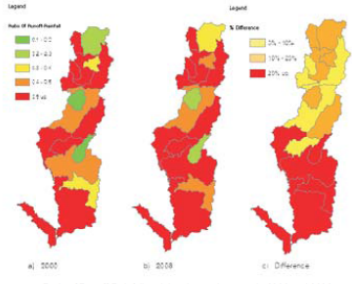




Hydrograph pattern before and after 1993



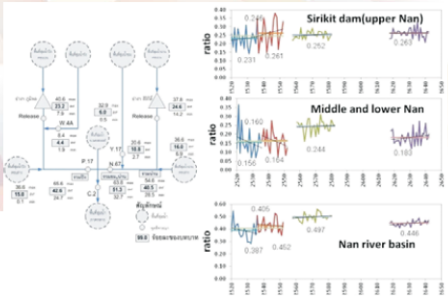

Rainfall- runoff in 2000 and 2006, upper part of Nan river basin



Ratio of Runoff-Rainfall and the change between in 2000 and 2006

### 6.2 Role of water from Nan Basin to the Central Plain

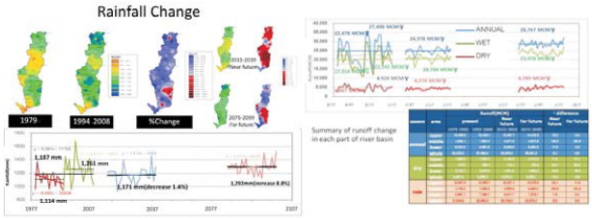
From the study of 30 years of runoff from the sub basins north of Nakhonsawan province shows that the Nan Basin accounts for 40.5% of flow in the Central Plain and both Nan and Yom basins account for 51.3%. The Sirikit Dam accounts for 24.6% of flow in the Central Plain and 16% of flow in the sub basins in the lower reach of the reservoir. This means the importance of Nan River Basin to the central plain water security.




### 6.3 Climate Change

Precipitation change: the study shows that there was a decreasing trend in precipitation between year 1979 and 1993 at a rate of 9.68 mm/year. In year 1994, precipitation increased and between year 1994 and 2008 there was a decreasing trend at a rate of 2.61 mm/year. In the near future (year 2015-2039) and the far future (year 2075-2099), it has been found that precipitation will increase at rates of 1.82 mm/year and 2.22 mm/year respectively. In conclusion, precipitation in the near future will decrease compare to the present and will increase to the amount close to that of the present in the far future.

Impacts on runoff: land use and precipitation are important factors in runoff change. It has been found that the land use and precipitation changes in the Nan Basin result in increase in the runoff coefficients and decrease in a time period for rain to become runoff. As a result, the increase in runoff in a rainy season intensified floods, and the decrease in runoff in a dry season intensified water shortage. When precipitation was included in the consideration, annual precipitation had a decreasing trend and precipitation increased in a rainy season but decreased in a dry season intensifying flood and more water shortage problems.

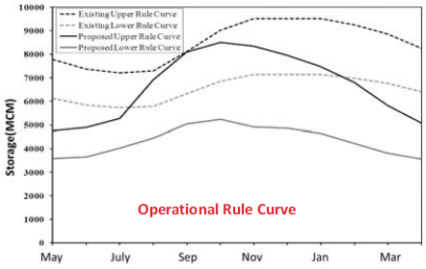



## 7. Mitigation results

### 7.1 Rule curve adjustment

For the analysis of water release rules from Sirikit Dam, it can be considered from the patterns of reservoir release. The improvement is to analyse the pattern in more detail and set release ratio on each patterns. The release rules can be determined from the proportion between the monthly release and effective storage corresponding to water year. The release ratio can be classified based on the effective storage of the water year and probability which is classified into five levels i.e. higher (Probability >= 0.9) high (0.9 > Probability >=0.7) medium (0.7 > Probability > 0.3) low (0.3 >= Probability > 0.1) and lower (Probability <= 0.1), respectively. The simulated storage obtained from the reservoir water balance model can be used to formulate new reservoir operation by setting the lower rule curve at the probability of 0.2 and upper rule curve at the probability of 0.8 in each month.

The improvement of release ratio can reduce the flood water better but can not reduce water deficit totally. The further reduction of water deficit should be considered with irrigation water allocation rules to match demand (cultivation area) and supply (dam storage).



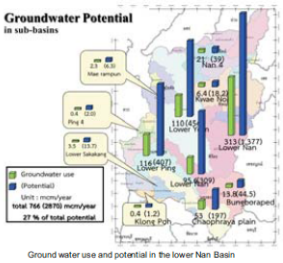

### 7.2 Reforestation

Thai Government had a policy to increase forest area in the Nan Basin about 20 %. The question arise that if the reforestation scheme success, what will be the impact to water deficit. By increasing forest area approximately 20% (to have forested area as in 2000), we can use the previous rainfall-runoff ratio to estimate the runoff. With the estimated runoff, water deficit will decrease to 27 percentage compared with present water deficit volume and by adjusting rule curve of Sirikit Dam, the water deficit will decrease to 44 percentage.

### 7.3 Conjunctive use

From the field survey and data collection, the ratio of groundwater and surface water use for agriculture sector was 19:50 in Nan river basin, the farmer pumped the groundwater 3 time, 19 hrs. per time and 6 times, 21 hrs. per time in wet season and dry season, respectively.

When applied MODFLOW model(Koontanakulvong S., et,al.2013) and used the above ratio to simulate the groundwater flow, it was found that in the past, the groundwater usage in the upper central plain (Lower Part of Nan Basin) was 766 MCM/year and in the irrigation area, the groundwater use was 30-90 MCM/year. Using the groundwater model to estimate the groundwater potential in the upper central plain with the condition of groundwater level not lower than 15 m, the groundwater potential will be 2,873 MCNM/year, and in the Lower Nan river basin, the groundwater potential will be 180 MCM/year in the irrigation area.




Ground water use and potential in the lower Nan Basin

### 7.4 Overall assessment

In summary, the key strategic solutions are to increase forest area in the upper Nan basin and adjusting the release rules from Sirikit Dam. These two measures will help to alleviate the problem of water deficit for the entire Nan basin in both near and far futures. If the forest area increases, the water deficit will decrease 27%. And if the release rule from Sirikit Dam is adjusted , the water deficit will decrease 44%. When combining both measures, the irrigation water deficit will decrease 54%. And when apply the conjunctive use approach, it will decrease deficit to nearly 0. In the risk curves for near future and far future conditions, they show that the risk of irrigation water deficit will decrease and the deficit will remain at the probability less than 0.1.

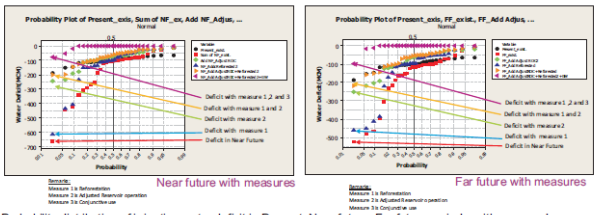
The results of strategic water resources management

| Rule Curve | | Existing | | | Purpose | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Present (MCM) | Near future (%) | Far future (%) | Present (MCM) | Near future (%) | Far future (%) |
| Land use | Climate | | | | | | |
| Forest area | existing | -102.9 | -65.01 | -65.40 | 0.87 | 6.90 | 8.65 |
| | decrease | - | -152.09 | -139.07 | - | -21.38 | -21.57 |
| | increase | - | -20.99 | -24.78 | - | 22.45 | 24.98 |

Released Pattern of Rule Curve

| Dry Season | Probability | Effective Storage (MCM) |
|---|---|---|
| High | | x > 5767 |
| Normal | | 3826 < x >= 5767 |
| Less | | 2033 < x >= 3826 |
| Very less | | x <= 2033 |

| Wet Season | Probability | Effective Storage (MCM) |
|---|---|---|
| High | | x > 2991 |
| Normal | | 1381 < x >= 2991 |
| Less | | 648 < x >= 1381 |
| Very less | | x < 648 |




Probability distribution of irrigation water deficit in Present, Near future, Far future periods with proposed measures

## Acknowledgement

Thanks to the Nan Basin committee, DWR, RID for kind data and valuable comments provision and with the research fund support from TRF and research facilities from Chulalongkorn University. The research was also done under the Water Resources System Research Unit (CU_WRSRU) of Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

## References

Chulalongkorn. 2010. The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Case Study: Plaichumphol Irrigation Project, Thailand), presented at JIID Seminar on Impact of Climate Change on Irrigation Systems, Bangkok.

JIID. 2010, Impact Study on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Phichumpol Irrigation Project-case study), Final Report, February 2010.

Koontanakulvong S., et. al. 2013. Water Resources Study for Strategic Water Management in Nan Basin-Year2. Final Report. Thai Research Fund, August 2013

Koontanakulvong, S., Suthidhummajit, C. 2015. The role of Groundwater to mitigate the Drought and as an adaptation to Climate Change in the Phitsanulok Irrigation Project in the Nan Basin, Thailand, Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering),Vol.76:15, 89–95.

Suthidhummajit C., Koontanakulvong S. 2015. Climate change impact on groundwater recharge in Upper Central Plain and Plaichumpol Irrigation Project, Thailand, Proc. THA 2015 International Conference on Climate Change and Water & Environmental Management in Monsoon Asia, 28-30 January 2015, Bangkok, Thailand.

# ภาคผนวก ญ

## ภาคผนวก ญ-1
## การใช้ข้อมูล Remote Sensor ร่วมกับ Ground Sensor

**บทคัดย่อ**

ด้วยความก้าวหน้าในงานด้านดาวเทียม, อากาศยานไร้คนขับ (UAV), และการใช้เครื่องวัดติดตั้งในพื้นที่ สะท้อนให้เห็นข้อมูลที่เพิ่มขึ้นที่จะนำมาใช้ในงานด้านเกษตรกรรม งานวิจัยร่วมเหล่านี้เกี่ยวกับกระบวนการใช้การตรวจวัดระยะไกล (remote sensing methods) ที่ถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพสำหรับการตรวจวัดการเพาะปลูกผลผลิตทางการเกษตร และป้องกันสภาพแวดล้อมในการผลิต ชุดงานศึกษาย่อยนี้นำเสนอตัวอย่างการใช้ข้อมูลการตรวจวัดระยะไกลในแปลงผลผลิตเพื่อศึกษาการใช้ข้อมูลดาวเทียม, การพัฒนาข้อมูลจาก UAVs แบบใบพัด และการพัฒนาเครื่องตรวจจับในแปลงเกษตรกรรม

**คำสำคัญ**: การตรวจวัดระยะไกล, ค่าดัชนีพืชพันธุ์, เกษตรศาสตร์, พื้นที่การเกษตร

**บทนำ**

การตรวจวัดระยะไกลเป็นกระบวนการของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุโดยไม่ต้องเข้าถึงโดยตรงกับวัตถุนั้น โดยสื่อของข้อมูลในการตรวจวัดระยะไกลนั้นคือหน่วยวัดการแผ่รังสีทางอิเล็คทรอนิคที่เดินทางด้วยความเร็วแสงในลักษณะของคลื่นที่มีความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน ซึ่งช่วยคลื่นแสงที่ใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดในการตรวจวัดระยะไกลครอบคลุมไปถึง visible light (VIS), และรวมไปถึง near infrared (NIR) และ short wave infrared (SWIR), thermal infrared (TIR) และ microwave bands เครื่อง passive ตรวจวัดระยะไกลบันทึกดัชนีการสะท้อนรังสีหรือแผ่จากวัตถุในขณะที่เครื่อง active ตรวจวัดการแผ่รังสีของตัวมันเองเพื่อปฏิสัมพันธ์กับเป้าหมายที่กำลังตรวจสอบและส่งค่าการตรวจวัดคืนค่าตรวจวัดมาบันทึกในอุปกรณ์

**ค่าดัชนีพืชพันธุ์**

ลักษณะทางชีวภาพของพืชสามารถแยกแยะได้โดยการอาศัยลักษณะเฉพาะทางคลื่นแสงโดยอาศัยค่าดัชนีพืชพันธุ์ (vegetation indices) ในการจำแนกเป็นหน่วยวัดทางรังสี มีการคำนวนค่า

อัตราส่วนออกเป็นความแตกต่างของสองช่วงคลื่นหรือมากกว่านั้นในหน่วยวัด VIS, NIR และ SWIR ตามความยาวช่วงคลื่น ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับค่าดัชนีพืชพันธุ์ในการประเมินโดยความสัมพันธ์เกี่ยวข้องอย่างยิ่งกับตัวแปรชีวกายภาพของพืชและมีความเกี่ยวพันธ์ต่ำมากกับความอ่อนไหวขอตัวแปรที่ขัดขวางการแปลข้อมูลตรวจวัดระยะไกล เป็นต้น พื้นดิน, พืชพันธุ์, องค์ประกอบที่ถ่ายภาพไม่ติดของพืช, สภาพบรรยากาศ, มุมมอง และรูปร่างที่มองเห็น (Huete and Justice 1999) โดยทั่วไปนั้นใช้งานโดยดัชนีที่ใช้ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ที่นำเสนอโดย Rouse et al. (1974) และถูกคำนวนมาเป็นค่าเบี่ยงเบนของความแตกต่างและผลรวมของค่าการสะท้อน NIR และ red ในส่วนสีเขียวของพืชจะถูกสะท้อนในรูปแบบ NIR ที่เกี่ยวเนื่องที่เกิดขึ้นจากใบ และจะดูดซับสีแดงและน้ำเงินผ่านทาง chlorophyll (Ayala-Silva and Beyl 2005)

ดัชนี NDVI ถูกใช้บ่อยครั้งเพื่อประเมินสถานะการเติบโตขั้นต่างๆ ของพืช, ความหนาแน่นของพืชพันธุ์และคาดการณ์ผลผลิต NDVI นั้นกลายมาเป็นดัชนีพืชพันธุ์ที่ถูกใช้อย่างกว้างขวาง (Wallace et al.2004, Calvao and Palmeirim 2004) และถูกนำไปใช้ในวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาดัชนีที่ลดผลกระทบจากพื้นดินและบรรยากาศในผลลัพธ์การประมาณการด้านแสง

ตัวอย่างของดัชนีพืชพันธุ์ที่ช่วยลดทอนการแทรกแซงของพื้นดินในงานตรวจวัดระยะไกลเพื่อตรวจวันข้อมูลพืชพันธุ์คือ SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) นำเสนอโดย Huete (1998) อีกอันหนึ่งคือ ดัชนี VARI (Visible Atmospheric Resistant Index) (Gitelson et al. 2002), สามารถการแทรกซึมของบรรยากาศได้เป็นอย่างมาก จนกระทั้งมีการพัฒนาการพิจารณาที่แตกต่างของการสะท้อนของช่วงดัชนี NIR และ SWIR ซึ่งวัดเหตุการณ์การขาดน้ำสำหรับพืช MSI (Moisture Stress Index) (Rock et al. 1986), LWCI (Leaf Water Content Index) (Hunt et al. 1987), WI (Water Index) (Panuelas et al. 1993), GVMI ZGlobal Vegetation Moisture Index) (Fensholt and Sandholt 2003) ในส่วนของดัชนีพืชพันธุ์ก็มี CWSI (Crop Water Stress Index) (Jackson et al. 1981), ST (Stress Index) (Vidal et al. 1994) ซึ่งแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะน้ำและลักษณะอุณหภูมิของพืช ดังตัวอย่างดัชนีพืชพันธุ์ถูกใช้ในการกำหนดรายงานสำหรับการเกษตรในงานนำเสนอที่แสดงใน ตารางที่ 1

**ตารางที่** 1 ดัชนีพืชพันธุ์ในงานวิจัยด้านต่างๆ

| Index | Formula | Spectral bands or wavelengths [nm] | Level/Sensor | Application | References |
|---|---|---|---|---|---|
| Advanced Normalised Vegetation Index | $ANVI = \frac{NIR - BLUE}{NIR + BLUE}$ | BLUE:400-500<br>NIR: 700-900 | Airborne (RMK TOP 15 camera) | Mapping Ridolfia segetum patches in sunflower crop | Pen-Barragan et al. (2006) |
| Aphid Index | $AI = \frac{NIR1 - NIR2}{RED1 + RED2}$ | RED1: 712<br>RED2: 719<br>NIR1: 761<br>NIR2: 908 | Ground-based (ASD FieldSpec3 spectrometer) | Identification of aphid infestation in mustard | Kumar et al. (2010) |
| Chorophyll Index | $CI = \frac{NIR}{GREEN} - 1$ | GREEN: 520-600<br>NIR: 760-900 | Ground-based (Exotech radiometr)<br>Satellite (QuickBird) | Plant nitrogen status estimates | Bausch and Khosla (2010) |
| Continuum Removed (CR) Spectral Index | $A_{CR(1200)} = \int_{\lambda_{1116}}^{\lambda_{1284}} (1 - \frac{NIR}{NIR_{CR}})$<br>$A_{CR(1200)} = \frac{(NIR1 - NIR2)(1 - \frac{NIR3}{NIR3_{CR}})}{2}$ | NIR:1116-1284<br>NIR1:1267<br>NIR2: 1156<br>NIR3: 1210 | Laboratory (ASD FieldSpec Spectroradiometer ) Airborne (MIVIS) | Estimation of the water content at leaf and landscape level | Colombi et al. (2008) |
| Damage Sensitive Spectral Index | $DSSI = \frac{RED - NIR - BLUE - GREEN}{(RED - NIR) + (BLUE - GREEN)}$ | BLUE: 509<br>GREEN: 537<br>RED: 719<br>NIR: 873 | Ground based (ASD FieldSpec Handheld Spectroradio meter) | Determine the sunn pest damage on wheat | Genc et al. (2008) |
| Effective Leaf Area Index | $ELAI = -0.441 + 0.285\frac{NIR}{RED}$ | RED: 610-680<br>NIR: 780-890 | Ground-based (CIMEL 313 radiometer) | Winter oilseed rape yield prediction | Wojtowicz et al. (2005) |
| Green Normalized Difference Vegetation Index | $GNDVI = \frac{NIR - GREEN}{NIR + GREEN}$ | GREEN: 557-582<br>NIR: 720-920<br>And/or<br>GREEN: 520-600<br>NIR: 760-900 | Airborne (Multispectral Digital Camera)<br>Setellite (IKONOC) | Corn yield predictions | Chang et al. (2003) |
| Green Red Vegetation | $GRVI = \frac{GREEN - RED}{GREEN + RED}$ | GREEN: 520-590<br>RED: 620-680 | Ground-based (GER 1500 | Estimation of damage | Ranjitha et al. |

| Index | Formula | Spectral bands or wavelengths [nm] | Level/Sensor | Application | References |
|---|---|---|---|---|---|
| Index | | | Spectroradiometer) | caused by thrips | (2014) |
| Healthy-Index | $HI = \frac{GREEN + RED1}{GREEN + RED1} 0.5RED2$ | GREEN: 534<br>RED1: 698<br>RED2: 704 | Airborne (MCA-6 and Micro-Hyperspec Tetracam) | Early detection of Verticillium wilt of olive | Calderon et al. (2013) |
| Leaf Rust Disease Severity Index 1 Leaf Rust Disease Severruty Index 2 | $LRDSI_1 = 6.9\frac{RED1}{BLUE} - 1.2$<br>$LRDSI_2 = 4.2\frac{RED2}{BLUE} - 0.38$ | BLUE: 455<br>RED: 605<br>RED: 695 | Ground-based (ASD FieldSpec spectrometer) | Detection of Wheat Leaf Rust | Ashourloo et al.(2014) |
| Modified Soil-adjusted Vegetation Index | $MSAVI2 = 0.5[2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2} - 8(NIR - RED)$ | RED: 630-690<br>NIR: 760-860 | Satellite (Terra ASTER) | Predicton of corn canopy nitrogen content | Bagheri et al. (2012) |
| Normalized Difference Infrared Index | $NDII = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$ | NIR1: 845-885<br>NIR2: 1650-1700 | Airborne (MASTER) | Detection of diurnal orchard canopy water | Cheng et al. (2013) |
| Normalized Difference Water Indwx | $NDWI = \frac{NIR1 - NIR2}{NIR1 + NIR2}$ | NIR1: 841-876<br>NIR2: 1230-1250 | Satellite (MODIS) | Estimation of plant water content | Zarco-Tejada et al. (2003) |
| Normalized Pigment Chlorophyll Ratio Index | $NPCI = \frac{RED1 - BLUE1}{RED2 + BLUE2}$ | BLUE: 460<br>RED: 660 | Ground-based (Exotech and CropScan radio-meters) | Estimation of leaf chlorophtll content | Hatfield and Prueger (2010) |
| Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index Ratio | $OSAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + 0.16}$ | RED: 630-690<br>NIR: 760-900 | Ground-based (ASD FieldSpec Handheld Spectroradiometer) | Estimating nitrogen status of winter wheat | Li et al. (2008a) |

| Index | Formula | Spectral bands or wavelengths [nm] | Level/Sensor | Application | References |
|---|---|---|---|---|---|
| Vegetation Index | | | | | |
| Relative Reflectance Index | $RRI = \frac{NIR_a \mid VIS_a}{NIR_r \mid VIS_r}$ | VIS: 400-700<br>NIR: 740-820 | Ground-based (quantum sensor LI-190s and LI-220s) | Indication drought of field grown oilseed rape | Mogensen et al. (1996) |
| Shortwave Infrared Water Stress Index | $SIWSI(6,2) = \frac{SWIR - NIR1}{SWIR + NIR1}$<br>$SIWSI(6,2) = \frac{SWIR - NIR2}{SWIR + NIR2}$ | NIR1: 841-876<br>NIR2: 1230-1250<br>SWIR: 1628-1652 | Satellite (MODIS) | Indication of canopy water content | Fensholt and Sandholt (2003) |
| Simple Ratio | $SR = \frac{RED}{NIR}$ | RED: 648<br>NIR: 747 | Airborne (Hyperspectral camera) | Detection of pest infestation in regional scale | Glaser et al. (2009) |
| Structure Insensitive Pigment Index | $SIPI = \frac{NIR - BLUE}{NIR - RED}$ | BLUE: 445<br>RED: 680<br>NIR: 800 | Ground-based (ASD FieldSpec Handheld Spectroradiometer | Determine the sunn pest damge on wheat | Genc et al. (2008) |
| Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index | $TSAVI = \frac{a(NIR - aRED - b)}{aNIR + RED - ab + X(1 + a^2)}$ | RED: 610-720<br>NIR: 760-950 | Airborne (Pushbroom camera) | Assimilation of remote sensing data into sugar beet yield prediction | Launay and Guerif (2005) |
| Triangular greenness index | $TGI = -0.5[(RED - BLUE)(RED - GREEN) - (RED - GREEN)(RED - BLUE)$ | BLUE: 40-520<br>GREEN: 520-600<br>RED: 630-690 | Ground-based (ASD FieldSpec spectrometer), Airborne (AVIRIS), Satellite (Landsat TM) | Crop nitrogen requirements detection | Hunt et al. (2013) |

**การตรวจวัดระยะใกล้ที่มีฐานในที่ดิน**

เกี่ยวข้องกับ Jackson (1986) ได้พัฒนาอุปกรณ์มือถือตรวจวัดระยะไกลที่มีประโยชน์ สำหรับการติดตาม และจัดการในพื้นที่แปลงขนาดเล็กเพื่อตรวจวัดสภาพสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ด้วยเทคโนโลยีนี้ทำให้ได้ค่าช่วงเวลา, ความเข้มแสง, และข้อมูลพื้นที่เปรียบเทียบกับข้อมูลตัวจวัดระยะไกลทางอากาศและดาวเทียม ข้อจำกัดของอุปกรณ์มือถือตรวจวัดระยะไกลคือประสิทธิภาพข้อหนึ่งที่บ่อยครั้งถูกพูดถึงบ่อยครั้งคือการใช้ในพื้นที่ขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์การตรวจวัดทางอากาศและดาวเทียม, ที่ถูกใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่มากในเวลาเดียวกัน การประเมินผลผลิต, ความต้องการธาตุอาหารของพืช, ตรวจสอบการทำลายของแมลงศัตรูพืช, ความต้องการน้ำ และการควบคุมวัชพืชนั้นคือปัญหาที่เกิดขึ้นในการศึกษาทำให้ใช้อย่างเหมาะสมในการวัดรังสีในการเกษตรกรรม

**การตรวจวัดระยะไกลทางอากาศ**

ในปัจจุบันการตรวจวัดระยะไกลทางอากาศนั้นโดยหลักมีการใช้อากาศยานที่มีคนบังคับ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อไม่กี่ปีมานี้ได้มีการใช้อาศกาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)) ที่เป็นอากาศยามมีคนบังคับระยะไกลจกาสถานีภาคพื้น UAVs นั้นเป็นประเภท ต้นทุนต่ำ, น้ำหนักเบา และเป็นอากาศยานบินด้วยความเร็วต่ำที่เหมาะกับการรับข้อมูลตรวจจับระยะไกล ในปัจจุบันได้มีสองประเภทใหญ่ๆ ของ UAVs ที่เรียกว่า “แบบมีปีก (Fix Wing)” และแบบ “ใบพัด (Rotary Wing)” โดย UAVs แบบมีปีกมีความได้เปรียบเรื่องการบินด้วยความเร็วสูงสำหรับระยะทางไกลต่อรอบกับความลู่ลม โดยส่วนใหญ่ต้องการลานบินหรือการส่งสำหรับนำเครื่องขึ้นและลง UAVs แบบปีกหมุนมีข้อได้เปรียบที่สามารถขึ้นลงได้ในแนวตั้งและสามารถลอยตัวเหนือเป้าหมาย แต่บินได้ในระยะทางสั้นกว่า

UAVs มีความได้เปรียบในหลายๆ ด้าน โดยสามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็วและทำงานซ้ำได้ สามารถกำหนดเงื่อนไขในการบินเช่น ความสูงและระยะเวลาทำการบินต่อการปฏิบัติงาน และสามารถได้รับภาพที่มีความละเอียดสูง ภาพที่ได้ทำให้สำรวจลักษณะประเภทพืช, ระยะห่าง และรูปแบบบนพื้นที่ ที่ไม่สามารถมีได้ก่อนหน้านี้ (Franklin etal. 2006, Laliberte et al. 2006) จากงานวิจัยของ Nebiker et al. (2008) UAVs ให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ความละเอียด 1-20 เซนติเมตร เทียบความคาดเคลื่อนกับจุดอ้างอิงฐาน (<1 เซนติเมตร) โดยให้การซ้อนทับภาพที่ 50-500 เมตร และความละเอียดจุดภาพ 1-20 เซนติเมตร UAVs สามารถให้ภาพรายละเอียดสูงเป็นข้อมูลนำเข้าที่จำเป็นสำหรับการจัดการจำแนกพื้นที่เพาะปลูก UAVs ที่ให้ข้อมูลความ

ละเอียดสูง อาจนำไปใช้ในการวิจัยทางการเกษตร, การกจัดการการเพาะปลูกโดยเฉพาะและการวิจัยภายในแปลงที่หลากหลาย ระบบประมวลภาพน้ำหนักเบาต่างๆ มีน้ำหนักเพียง 100 กรัม ถูกพัฒนาสำหรับใช้กับ UAVs ในช่วงไม่กี่ปีมานี้ หนึ่งในระบบภาพน้ำหนักเบาที่มีคือกล้องตรวจจับหลายช่วงคลื่น (multispectral camera) ที่ชื่อว่า ADC (Tetracam, Chatsworth, CA, USA), ที่มีน้ำหนักเพียง 90 กรับและสามารถสร้างภาพในสามช่วงคลื่นคือ เขียว (520-600nm), แดง (630-690 nm) และ NIR (760-920 nm)

**ภาพถ่ายดาวเทียม**

ในประวัติศาสตร์ภาพถ่ายดาวเทียมได้ถูกใช้เพื่อทำแผนที่การเพาะปลูก, สภาพการเพาะปลูก, และประเมินพื้นที่การเพาะปลูก โดยทั่วไปการประยุกต์ใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่ด้วยข้อจำกัดของความละเอียดภาพของเครื่องตรวจจับ ความละเอียดภาพที่ละเอียดที่สุดเพิ่งมีเมื่อไม่นานมานี้จากเครื่องตรวจจับดาวเทียม อย่างไรก็ตามได้ถูกนำมาใช้ในแปลงที่มีปัญหาน้ำแล้ง, น้ำท่วม และภัยพิบัติอื่นๆ

การเพิ่มขึ้นของการประยุกต์ใช้ดาวเทียมตรวจวัดระยะไกลไม่ได้หมายความว่าเทคโนโลยีนี้ไม่มีข้อจำกัด Stafford (2000) ซึ่งข้อจำกัดของภาพถ่ายดาวเทียมเกิดขึ้นจากสภาพอากาศในภาวะต่างๆ Lamb and Brown (2001) ได้ให้ความสำคัญของภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดต่ำสำหรับพื้นที่ศึกษาขนาดใหญ่และอาจไม่เหมาะสมกับพื้นที่แปลงขนาดเล็ก นอกจากนี้ภาพถ่ายดาวเทียมที่ให้ความละเอียดสูง ตัวอย่างเช่น QuickBird (2.4 เมตร ใน VNIR) และ ASTER (15 เมตร) มีช่วงการบันทึก (1-3.5 และ 16 วันในการบันทึกซ้ำ) ทำให้นับเป็นข้อจำกัดของเครื่องมือที่จะประยุกต์ใช้กับการที่ต้องการภาพถ่ายอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดการช่วงเวลาในการบันทึกซ้ำดาวเทียมจำเป็นต้องถูกปล่อยบ่อยขึ้นเพื่อเชื่อมรวมกับการทำงานของดาวเทียมอื่น ซึ่งอาจมีพิกัดเดียวกันหรือทับซ้อนบนพื้นที่ผิวครอบคลุมเดียวกัน

**กระบวนการศึกษา**

ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษากระบวนการและความเป็นไปได้ในการใช้ข้อมูลตรวจจับระยะไกลจาก 3 การศึกษาย่อย คือ ข้อมูลดาวเทียม, UAVs แบบใบพัด, และการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับข้อมูลภาคสนาม เพื่อศึกษาศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต โดย

1) <u>ข้อมูลดาวเทียม</u> ที่ศึกษาเป็นข้อมูลดาวเทียม Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer หรือ MODIS ซึ่งเป็นข้อมูลที่จัดเก็บแบบ หลายช่วงคลื่น (Multi Spectral) มีความละเอียดจุดภาพ

ขนาด 250-500 เมตร มีช่วงการบันทึกภาพทุก 8 วัน โดยในการศึกษาย่อยได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ในการแปลข้อมูลเป็นดัชนี และศึกษาการลดความเสียหายของข้อมูลดาวเทียม (Denoise Process) เพื่อให้ได้ข้อมูลตั้งต้นที่สมบูรณ์ในการศึกษามากยิ่งขึ้น

2) การใช้ UAVs แบบใบพัด ในการศึกษาพื้นที่ในการศึกษาย่อยครั้งนี้ได้ใช้ เครื่องบันทึกภาพในพื้นที่ที่กำหนด และมาทำการต่อภาพ (Merge) ด้วยโปรแกรมพร้อมการตริงภาพ (Rectify) เข้าสู่ระบบพิกัด (Coordination) เพื่อเตรียมนำมาใช้ในการศึกษาเชิงพื้นที่ โดยมุ่งเน้นศึกษาความสามารถของอุปกรณ์ความจำเป็นด้าน Hardware และ Software ในการจัดการรวมถึงความเป็นไปได้ที่จะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดหลาย ช่วงคลื่น (Multi Spectral) ในอนาคตเพื่อใช้ข้อมูลร่วมกับข้อมูลดาวเทียมในอนาคต

3) การใช้อุปกรณ์ตรวจจับในระดับพื้นที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แน่นอนระดับพื้นที่มาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลแหล่งอื่น เช่น ข้อมูลดาวเทียม และข้อมูล UAVs แบบใบพัด นอกจากนี้รอบการติดตามจากอุปกรณ์ตรวจจับระดับพื้นที่ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้แบบ Real time และต่อเนื่อง ซึ่งต่างจากอุปกรณ์ตรวจจับระยะไกลชนิดอื่นที่มีรอบการทำงาน เมื่อพิจารณาในฐานะแหล่งข้อมูลสามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลอ้างอิงและนำมาปรับเทียบกับข้อมูลแหล่งอื่นๆ เพื่อสร้างความถูกต้องให้กับข้อมูลแหล่งอื่นๆ ได้อีกด้วย

**ผลการศึกษา**

**ตัวอย่างการประยุกต์ใช้**

1) การใช้ดาวเทียมเพื่อประเมินน้ำท่วม ร่วมกับความเสียหายในการเพาะปลูกข้าว

ในการใช้ข้อมูลการกระจายเชิงพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำตามช่วงเวลา เราได้พัฒนากรรมวิธี (methodology) ที่เรียกว่า “Wavelet-based Filter for detecting satio-temporal change in Flood Indundation (WFFI)” ที่ถูกพัฒนาโดย Sakamoto etal. (2007) โดยได้อ้างอิงการศึกษาจากเอกสารต้นฉบับเพื่อใช้นิยามดังกล่าว กล่าวโดยย่อ WFFI เป็นการตรวจจับภาวะน้ำท่วมจากการจำแนก 2 ระดับของจุดภาพเพื่ออ้างถึงการผสมปนเปกับน้ำท่วม (Sakamoto et al. 2007) และแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องอย่างแม่นยำในการแปลข้อมูลเชิงพื้นที่และตามช่วงเวลาในการจำแนกสภาวะน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มปากใม่น้ำโขงในประเทศเวียดนาม (Sakamoto et al. 2007; Sakamoto et al. 2009) และที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเจ้าพระยาประเทศไทย (Kotera et al. 2012)

ในการผสมผสานจุดภาพเพื่อนำเสนอแต่ละพื้นที่เทียบกับพืชพันธุ์, ดิน, และองค์ประกอบอื่นๆ ในส่วนที่ถูกปกคลุมด้วยน้ำ ในกรณีศึกษานาข้าว จะพบว่าช่วงเวลาจมน้ำของนาข้าว จุดภาพนั้นได้จำแนกเมื่อดำเนินการตามเงื่อนไขที่กำหนด:

DVEL ≤ 0.05 and 0.1< EVI ≤ 0.3 (1)

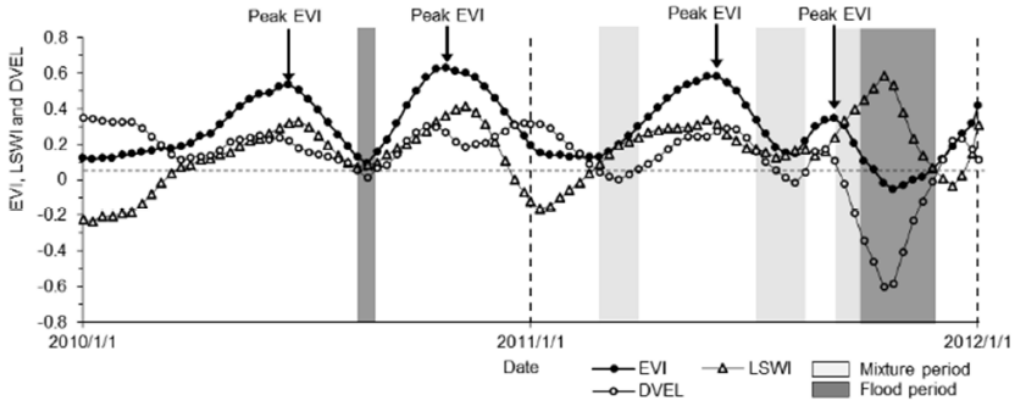
จุดภาพน้ำท่วมถูกนำเสนอเป็นพื้นที่ปกคลุมด้วยน้ำทั้งหมด อาจปรากฏในช่วงฤดูน้ำท่วมหากการปลูกข้าวนั้นจมลงโดยสมบูรณ์ จุดภาพจะถูกกำหนดให้เป็นไปตามเงื่อนไขตามสูตรที่ (2) และ (3)

DVEL ≤ 0.05 and EVI ≤ 0.1 (2)

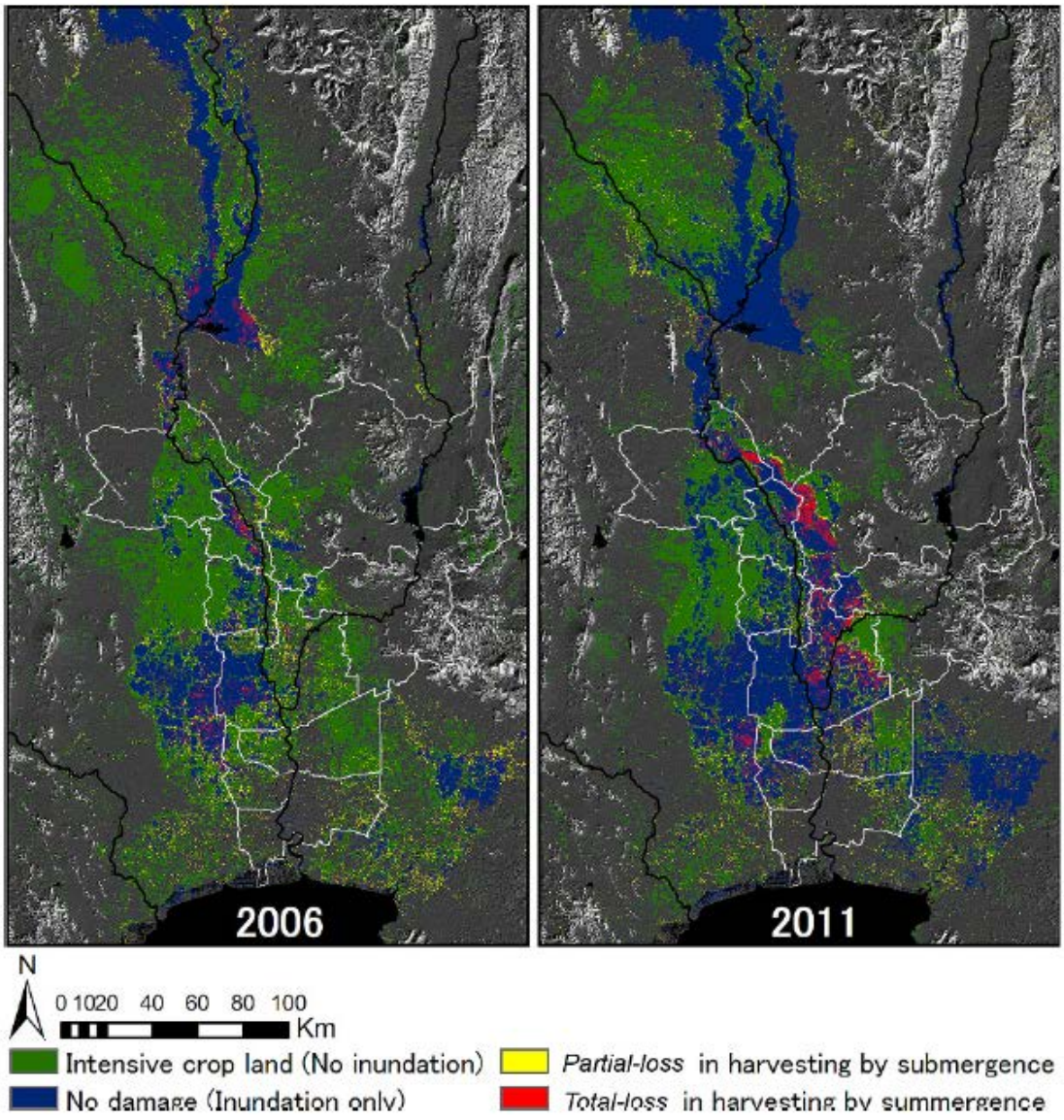
LSWI ≤ 0 and EVI ≤ 0.05 (3)

พื้นที่ใดคือจุดน้ำท่วมที่ปรากฏมากกว่า 250 วันที่ผ่านมาจะนิยามว่าเป็น “แหล่งน้ำ” แหล่งน้ำถาวรดังเช่นแม่น้ำลำคลองจะถูกทำเครื่องหมายโดยใช้ MODIS 250 เมตร land-water mask dataset (MOD44W)

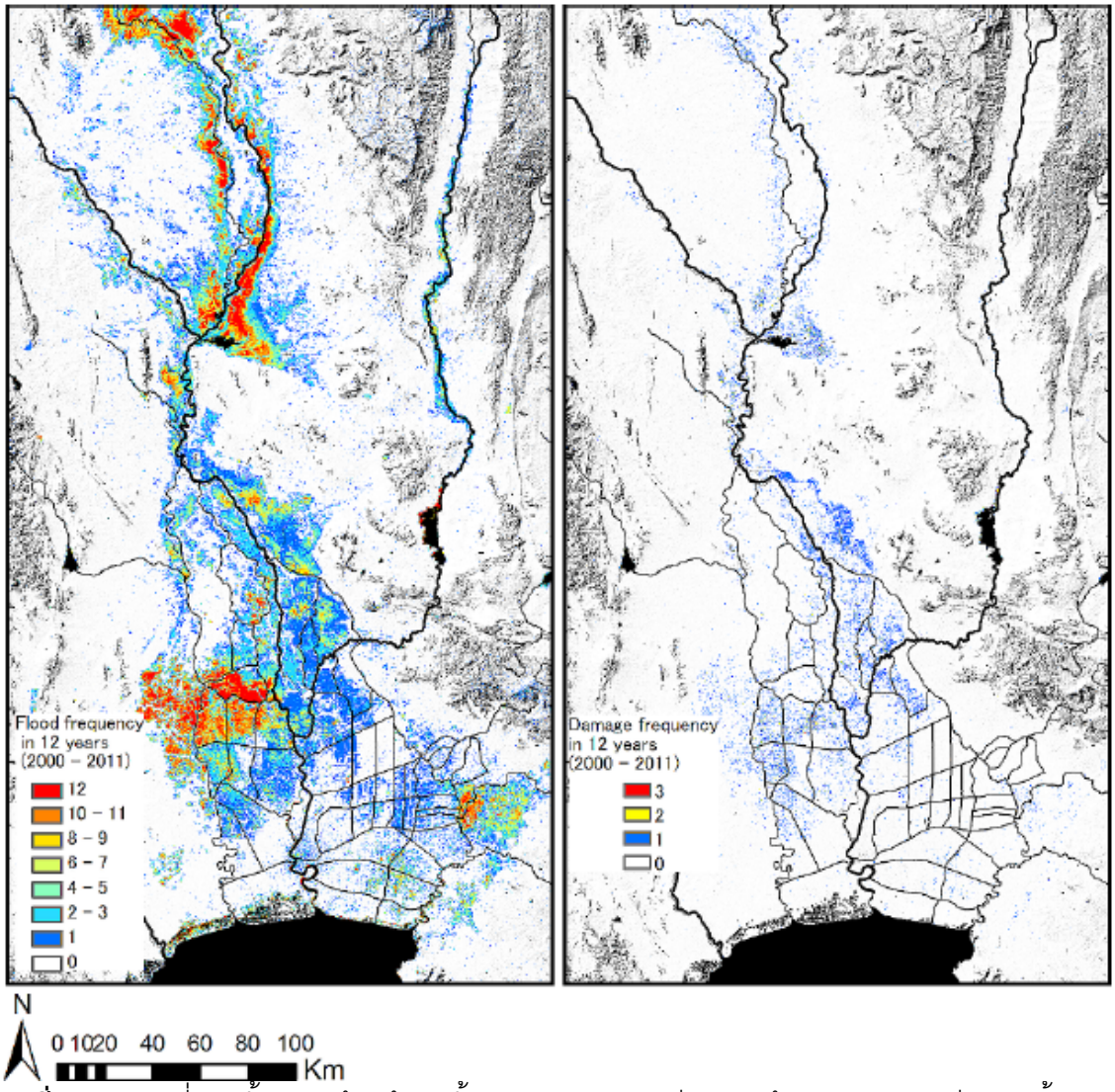
ในตัวอย่างคาบเวลาที่ซึ่งแสดงตัวแปรใน EVI, LSWI, และ DVEL ช่วงเวลาสามปีในสองรอบการเพาะปลูก (โดยมีการกำจัดความผิดพลาดของจุดภาพ) ที่นำเสนอในรูปที่ 1-1 ในกรณีที่จุดน้ำท่วมนั้นนำเสนอจาก 8 สิงหาคม ถึง 29 สิงหาคม 2010 และจาก 30 กันยายน ถึง 25 พฤศจิกายน 2011




**รูปที่ 1-1** คาบเวลาของ enhanced vegetable index (EVI) และ land surface-water index (LSWI) ในช่วงสามปีในสองรอบการเพาะปลูก (โดยมีการกำจัดความผิดพลาดของจุดภาพ) ลูกศรแสดงช่วงสูงสุดของ EVI และเงาอ่อนและเข้มแสดงช่วงเวลาที่เกิดน้ำท่วม (แบบผสมผสานและน้ำท่วม โดยอาศัยนิยามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น)




**รูปที่** 1-2 การกระจายเชิงพื้นที่ของพื้นที่น้ำท่วม และความเสียหายในช่วงปี 2006 และ 2011




**รูปที่** 1-3 ความถี่ของน้ำท่วม (ด้านซ้าย-น้ำท่วม) และความเสียหาย (ด้านขวา-ความเสียหายทั้งหมด) ในช่วง 12 ปี ระหว่าง 2000 ถึง 2011

2) การใช้ดาวเทียมร่วมกับเครื่องมืออื่น (drone and ground observations)

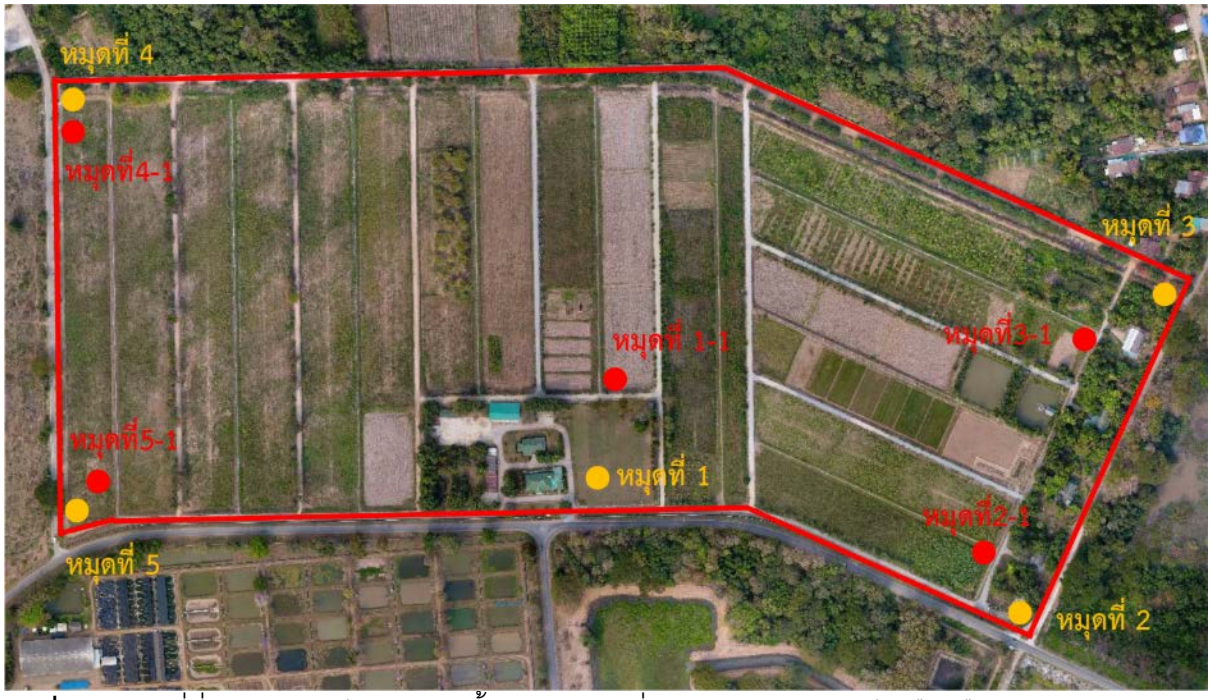
นอกจากการใช้ข้อมูลดาวเทียมแล้วการใช้เครื่องอื่นเพื่อสนับสนุนข้อมูลระดับพื้นที่เพื่อเพิ่มความถูกต้องและสอบทานข้อมูลระหว่างข้อมูลดาวเทียมและข้อมูลแหล่งอื่นๆ โดยเครื่องมือที่นิยมใช้งานในการสำรวจระดับพื้นที่ที่จะนำเสนอมีดังต่อไปนี้

2.1) <u>การสำรวจเพื่อทำแผนที่ด้วย UAV แบบใบพัด</u>

ในการบินสำรวจโดยใช้อุปกรณ์ ดำเนินการสำรวจระดับความสูงของภูมิประเทศด้วยอากาศยานไร้คนขับ หรือ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) รุ่น DJI Phantom 4 ดังรูปที่ 1 เพื่อหาระดับความสูงเชิงตัวเลขของพื้นที่และถ่ายสีของต้นข้าวในระยะต่างๆ บริเวณที่ทำการสถานีทดลองใช้น้ำชลประทานที่ 2 จ.พิษณุโลก ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยทำการสำรวจทั้งสิ้น 4 ครั้งคือในวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2560, 23 มีนาคม 2560, 20 เมษายน 2560 และ 15 พฤษภาคม 2560



**รูปที่ 1-3** UAV (Unmanned Aerial Vehicle) แบบใบพัด รุ่น DJI Phantom 4




**รูปที่ 1-4** แผนที่ที่ทำการสถานีทดลองใช้น้ำชลประทานที่ 2 จ.พิษณุโลก (จุดสีเหลืองคือหมุดหลักฐาน และจุดสีแดงคือหมุดอ้างอิง)

เนื่องจากยังเป็นการศึกษาเบื้องต้นอุปกรณ์ที่ใช้จึงเป็นอุปกรณ์มาตรฐานติดตั้งใน UAV แบบใบพัด ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นภาพสีจริง ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากสภาพแสงในสิ่งแวดล้อม ทำให้การวิเคราะห์เบื้องต้นทำได้จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ นอกจากนี้อุปกรณ์ยังต้องอาศัยทักษะของผู้บังคับอุปกรณ์และระบบซอฟต์แวร์สนับสนุนเพื่อให้ตัว UAV รักษาระดับทั้งแนวระนาบและระยะความสูงที่คงที่ในการบันทึกภาพในขอบเขตพื้นที่กว้าง เพื่อลดความคาดเคลื่อนของรอยต่อภาพ และความผิดพลาดเบี่ยงเบนเชิงมุมและเชิงระดับ

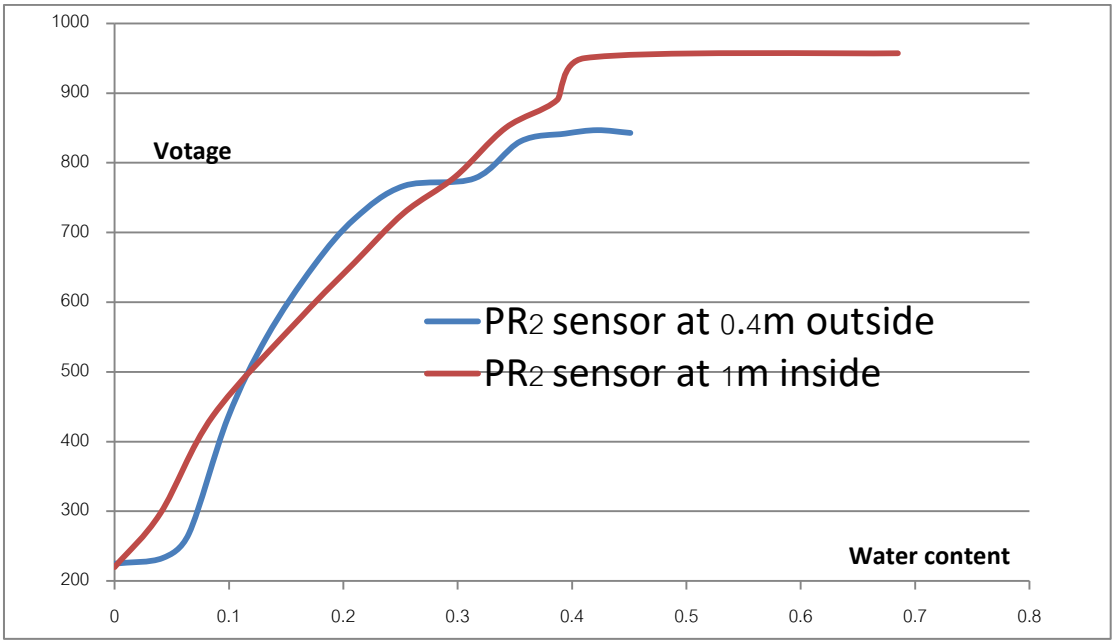
2.2) <u>การตรวจวัดการคืนตัวของระดับน้ำใต้ดิน</u>

การใช้การตรวจจับในระดับแปลงนา สำหรับการตรวจวัดการคืนตัวของระดับน้ำใต้ดิน ถึงระดับการคืนระดับน้ำของชั้นน้ำบาดาล การใช้ระบบตรวจวัดจะทำให้ทราบข้อมูลที่มีความแม่นยำ เพื่อนำไปใช้ประกอบการทำแบบจำลองของระบบน้ำใต้ดิน นอกจากนี้การได้ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้หาความสัมพันธ์กับความชื้นในดินในกรณีการติดตามความต้องการน้ำของพืชได้ในอนาคต ทั้งนี้เมื่อนำข้อมูลนี้ไปใช้ประกอบกับข้อมูลความชื้นในดิน ที่ได้จากดาวเทียมเพื่อหาความสัมพันธ์เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้นำมาใช้ประโยชน์จากข้อมูลตรวจวัดระยะไกลผ่านดาวเทียมมีความเป็นไปได้ที่จะได้สูตรความสัมพันธ์ที่นำไปปรับใช้เพิ่มความถูกต้องแม่นยำให้กับข้อมูลได้

ในอนาคตหากมีการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดให้สามารถรายงานผลผ่านระบบเครือข่ายหรือการเพิ่มตัวตรวจวัดอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ, ปริมาณฝน หรือ ความกดอากาศอาจช่วยพัฒนาการคาดการณ์ความสัมพันธ์อื่นๆ ทั้งจากข้อมูลดาวเทียม และจาก UAVs แบบใบพัด ทำให้การใช้งานอุปกรณ์จะก่อให้เกิดประโยชน์ในการ พัฒนาแบบจำลองทางอุทกวิทยา และทางชลศาสตร์ที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น



**รูปที่** 1-5 การติดตั้งอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคของอุปกรณ์วัดในระดับแปลงนา




**รูปที่** 1-6 การปรับเทียบค่าแรงดันไฟฟ้ากับค่าความชื้น

**บทสรุป**

ในงานศึกษาย่อยครั้งนี้เป็นการพยายามเรียนรู้การใช้แหล่งสารสนเทศดาวเทียม อุปกรณ์ตรวจจับระยะไกล และอุปกรณ์ตรวจจับระดับแปลงนาเพื่อเป็นแหล่งข้อมูลเสริมในการจัดการทรัพยากรน้ำในภาพระดับลุ่มน้ำ และระดับแปลงนา โดยปัจจุบันข้อมูลดาวเทียม MODIS มีความละเอียดใช้งานระดับ 250-500 เมตร มีข้อมูลหลายช่วงคลื่น ซึ่งมีประโยชน์ในการศึกษาและพัฒนาค่าดัชนีต่างๆ และมีรอบการทำงานซ้ำที่เดิมทุก 8 วัน นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งข้อมูลที่เผยแพร่โดยไม่มีค่าใช้จ่าย ซึ่งในการศึกษาได้พยายามพัฒนากระบวนการในการกำจัดความผิดพลาดในจุดภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและต่อเนื่องเชิงพื้นที่มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากข้อมูลหลายช่วงคลื่นที่มีคาบเวลาต่อเนื่อง โดยเน้นศึกษาดัชนีการเปลี่ยนแปลงของพืชพันธุ์ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) และ Enhanced Vegetable Index (EVI) และ Land Surface-Water Index (LSWI) สามารถประเมินเป็นดัชนีความเสียหาย Difference between EVI and LSWI (DVEL) โดยอาศัยงานศึกษาของ Sakamoto et al. (2007) และ Kotera et al. (2012) จากผลการศึกษาที่ได้ทำให้สามารถนำไปใช้ประเมินพื้นที่น้ำท่วมระดับจังหวัดและลุ่มน้ำ พร้อมกันนี้ยังช่วยในการประเมินความเสียหายของนาข้าวในระดับพื้นที่

ในส่วนของการใช้ UAVs แบบใบพัด เป็นเครื่องมือช่วยการติดตามระยะไกล ปัจจุบันได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์โดยการใช้อุปกรณ์มาตรฐานกล้องดิจิตอลความละเอียดสูง ร่วมกับอุปกรณ์ GPS ที่ติดตั้งในเครื่องเพื่อนำภาพที่ได้มาเชื่อมต่อเป็นภาพเชิงพื้นที่ความละเอียดสูง ผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจอุปกรณ์สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพ และสามารถนำข้อมูลมาใช้ประเมินเบื้องต้นด้วยสายตาถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ ซึ่งในระยะต่อไปอาจพัฒนาการใช้อุปกรณ์ตรวจจับหลายช่วงคลื่น และการนำภาพที่ได้มาประมวลด้วยซอฟต์แวร์สำหรับการตรวจจับระยะไกลโดยเฉพาะซึ่งจะทำให้ใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ได้กว้างขึ้น

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับในระดับแปลงนาทำให้ได้ข้อมูลที่มีความต่อเนื่องในลักษณะ Real-time แต่อุปกรณ์ดังกล่าวยังเป็นการจัดเก็บลงในอุปกรณ์บันทึกเนื่องจากเป็นขั้นเริ่มต้น จึงเน้นศึกษาความเป็นไปได้ของอุปกรณ์ ความถูกต้อง, ระยะเวลาใช้งาน และการติดตั้งและบำรุงรักษาเป็นหลัก ซึ่งในขั้นต่อไปอาจพัฒนาการเชื่อมโยงผ่านเครือข่ายและการตรวจวัดในหลายอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อให้หาการใช้ประโยชน์ของอุปกรณ์และเพื่อเกิดประโยชน์สูงสุด

**ข้อเสนอแนะ**

เนื่องจากเป็นการศึกษาในระยะเริ่มต้นของแต่ละโครงการย่อย จึงเน้นที่ความเข้าใจเทคโนโลยีมากกว่าการพัฒนาต่อยอด เมื่อทำการศึกษาและเข้าใจศักยภาพของอุปกรณ์แล้วแนวคิดการประยุกต์ใช้ที่จะนำเสนอในข้อเสนอแนะมีดังนี้

**แนวโน้มการพัฒนาและเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการจัดการน้ำ**

จากความสามารถของเทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่ได้ทำการศึกษาสามารถนำมาวางแผนพัฒนาการใช้อุปกรณ์โดยสามารถนำข้อดีของอุปกรณ์มาเสริมข้อด้อยของข้อมูลดาวเทียม โดยเลือกนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการน้ำ เริ่มตั้งแต่การประเมินความต้องการ การคาดการณ์หรือวางแผนจัดสรรน้ำ รวมถึงการจัดการอุทกภัย

โดยการประเมินความต้องการน้ำพืช การใช้ข้อมูลดาวเทียมเพื่อศึกษาระยะการเติบโตของพืช โดยเฉพาะต้นข้าวจะทำให้ทราบถึงพื้นที่ที่ต้องการการจัดการจากค่าดัชนี NDVI และ EVI ทั้งนี้การใช้ข้อมูลจาก UAVs แบบใบพัด จะช่วยเสริมในช่วงเวลาที่ข้อมูลดาวเทียมมีความเสียหาย หรือ ต้องการความละเอียดของข้อมูล มากยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้การมีระบบตรวจสอบระดับแปลงนาจะทำให้ประเมินความต้องการน้ำของพืชเทียบกับสถานะของข้อมูลดาวเทียม และ UAVs แบบใบพัด ช่วยเสริมความถูกต้องแม่นยำให้กับการประเมินความต้องการน้ำของพืช

เมื่อทราบข้อมูลความต้องการน้ำของพืชเบื้องต้น เราสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเทียบกับข้อมูลดาวเทียม Land Surface-Water Index (LSWI) เพื่อเทียบสถานการณ์น้ำในพื้นที่กับความจำเป็นในการจัดสรรน้ำเข้าไปในพื้นที่ โดยพิจารณาจากแหล่งน้ำในพื้นที่และแหล่งน้ำที่สามารถจัดสรรเข้าสู่พื้นที่ ทั้งนี้ระหว่างการจัดสรรอาจใช้ข้อมูล UAVs แบบใบพัดศึกษาสภาพการจัดการ เช่น ระบบลำน้ำคูคลอง และคลองส่งน้ำ ว่ามีปัญหาหรือไม่รวมกับการใช้อุปกรณ์ตรวจจับระดับแปลงนาเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการจัดสรรได้ในอนาคต

นอกจากผลลัพธ์ทางตรงของการศึกษาแล้วผลลัพธ์ทางอ้อมของการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการอุทกภัย เช่น จากการศึกษาการเติบโตของพืชเราอาจเลือกจัดสรรน้ำเข้าสู่พื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตรหรือเลือกพื้นที่ที่มีผลกระทบน้อยที่สุดเพื่อบรรเทาสถานการณ์น้ำท่วมที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ที่เป็นวงกว้างได้ทั้งนี้ระหว่างสถานการณ์ที่ต้องการข้อมูลแบบ Real-time อาจใช้ UAVs แบบปีกหมุนช่วยสนับสนุนในการติดตามสถานการณ์ในพื้นที่ที่ยากจะเข้าถึง เป็นต้น

# กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาของ “การใช้ข้อมูล Remote Sensor ร่วมกับ Ground Sensor” สามารถดำเนินการมาได้ด้วยความร่วมมือจากมหาวิทยาลัยทั้งในไทยและต่างประเทศ ทางโครงการฯ ขอขอบคุณบุคลากร อันประกอบด้วย Dr.Kotera Akihiko from Japan, Mr.Tran Thanh Lo. From Vietnam, ผศ.ดร.อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และท่านอื่นๆ ที่ช่วยให้การทำงานของการศึกษาเป็นไปอย่างราบรื่น และมีเนื้อหาครบถ้วนสำหรับการนำไปต่อยอดการทำงานด้าน Remote Sensor กับการทำงานพื้นที่

การศึกษาครั้งนี้ ยังได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีตั้งแต่เริ่มการศึกษา จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ทางคณะผู้ศึกษาขอแสดงความขอบคุณหน่วยงานและเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ประกอบการวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

กรกฎาคม 2560

## บทบรรณานุกรม


Brakenridge GR, Anderson E, Nghiem SV, Caquard S, Shabaneh TB (2003) Flood warnings, flood disaster assessments, and flood hazard reduction: the roles of orbital remote sensing. 30th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Honolulu, HI, November 10–14, 2003.

Chen J, Jönsson P, Tamura M, Gu Z, Matsushita, B, Eklundh L (2004) A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky–Golay filter. Remote Sens of Environ. 91:332–344.

Dartmouth Flood Observatory (2012) Space-based Measurement of Surface Water For Research, Educational, and Humanitarian Applications. Available at http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html.

DOAE (2011) Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. Flood damage assessment reports issued on November 8.

EOSDIS (2012) NASA's Earth Observing System Data and Information System. Available at. http://earthdata.nasa.gov/Exelis VIS (2015) IDL software, Boulder, CO, USA, http://www.exelisvis.com/ProductsServices/IDL.aspx (accessed 10 Aug, 2016).

GISTDA (2011) Geo-Informatics and Space Technology Development Agency. Thailand Flood Monitoring System. Available at. http://flood.gistda.or.th/

Gu J, Li X, Huang C, Okin GS (2009) A simplified data assimilation method for reconstructing time series MODIS NDVI data. Advances in Space Research 44:501–509.

Gumley L, Descloitre J, Shmaltz J (2010) Creating Reprojected True Color MODIS Images: A Tutorial. Version 1.0.2. pp. 10. Available at https://earthdata.nasa.gov/sites/default/files/field/document/MODIS_True_Color.pdf

Hansen, M., Townshend, J., DeFries, R., and Carroll, M. (2005). Estimation of tree cover using MODIS data at global. continental and regional/local scales. International Journal of Remote Sensing, 26(19):4359-4380.

Hirabayashi Y, Kanae S, Emori S, Oki T, Kimoto M (2008) Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate. Hydrological Sciences Journal. 53(4):754–772.

Hoque R, Nakayama D, Matsuyama H, Matsumoto J (2011) Flood monitoring, mapping and assessing capabilities using RADARSAT remote sensing, GIS and ground data for Bangladesh. Natural Hazards. 57:525–548.

Huete A, Didan K, Miura T, Rodriguez EP, Gao X, Ferreira LG (2002) Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sens Environ. 83:195–213.

Ito O, Ella E, Kawano N (1999) Physiological basis of submergence tolerance in rainfed lowland rice ecosystem. Field Crops Res. 64: 75–90.

Japan International Cooperation Agency 2012. Project for comprehensive flood management plan for the Chao Phraya River Basin (sub-component 1-1 aerial survey by LIDAR) http://libopac.jica.go.jp/images/report/12081568.pdf. Last access June 13, 2016.

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency). 2016. ALOS global digital surface model "ALOS World 3D - 30m" (AW3D30), http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm. Last access June 14, 2016.

K. CHANDRASEKAR, M. V. R. SESHA SAI, P. S. ROY and R. S. DWEVEDI “Land Surface Water Index (LSWI) response to rainfall and NDVI using the MODIS Vegetation Index product” International Journal of Remote Sensing Vol. 31, No. 15, 10 August 2010, pp. 3987–4005

Kotera A, Hanittinan P, Sucharit K and Nagano T (2012) Assessing flood damages of rice in the Chao

Phraya Delta, using MODIS satellite imageries. Full paper of PAWEES2012. International conference on “Challenges of Water & Environmental Management in Monsoon Asia”, Thailand, 27-29 November.

Kotera A, Nawata E, Thao LV, Vuong NV, Sakuratani T (2005) Effect of Submergence on Rice Yield in the Red River Delta, Vietnam. Japanese Journal of Tropical Agriculture. 49:197–206.

Kotera A, Nawata E (2007) Role of plant height in the submergence tolerance of rice: a simulation analysis using an empirical model. Agricultural and Water Management. 89:48–58.

Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). USGS. http://e4ftl01.cr.usgs.gov. Last access June 12 2016.

Matsushima S (1968) Water physiology of Indica rice. Jpn. J. Crop. Sci. (Special Issue), 102–109. (in Japanese).

Milly PCD, Wetherald RT, Dunne KA, Delworth TL (2002) Increasing risk of great floods in a changing climate. Nature 415: 514–517.

Pandey S, Mortimer M, Wade L, Tuong TP, Lopez K, Hardy B, editors (2002) Direct seeding: research issues and opportunities. Proceedings of the International Workshop on Direct Seeding in Asian

Rice Systems: Strategic Research Issues and Opportunities, 25–28 January 2000, Bangkok, Thailand, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, pp.1–383.

Sakamoto T, Nhan NV, Kotera A, Ohno H, Ishitsuka N, Yokozawa M (2007) Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery. Remote Sensing of Environment. 109:295–313.

Sanyal J, Lu XX (2004) Application of remote sensing in flood management with special reference to monsoon Asia: a review. Natural Hazards. 33:283–301.

Ueda T, Ogawa S, Shioda K, Arulvijitskul P, Klinkhachorn P (2005) Recent irrigation practices in the Upper East Bank of the Chao Phraya Delta. Paddy and Water Environment. 3:63–71.

UNDP, 2004. Reducing Disaster Ri Vermote EF, Kotchenova SY (2008) MOD09 (Surface Reflectance) User's Guide. Available at http://modis-sr.ltdri.org/products/MOD09_UserGuide_v1_2.pdf

Vermote E.F., Kotchenova S.Y. "MOD09 (Surface Reflectance) User's Guide", 2008, Available at; http://modis-sr.ltdri.org/products/MOD09_UserGuide_v1_2.pdf

Visser EJW, Voesenek LACJ, Vartapetian BB, Jackson MB (2003) Flooding and plant growth. Ann. Bot. 91:107–109.

The World Bank (2012) Thai flood 2011—Rapid assessment for resilient recovery and reconstruction planning. The Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR), pp. 1–256.

Wilby RL, Keenan R. 2012 Adapting to flood risk under climate change. Progress in Physical Geography 36(3), 348-378. DOI: 10.1177/0309133312438908.

Wilson BA, Rashid H (2005) Monitoring the 1997 flood in the Red River Valley using hydrologic regimes and RADARSAT imagery. Can Geogr. 49:100–109.

Xiao X, Boles S, Liu JY, Zhuang DF, Frolking S, Li CS (2005) Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images. Remote Sens. Environ. 95 (4): 480–492.

**ภาคผนวกย่อยที่ 1**

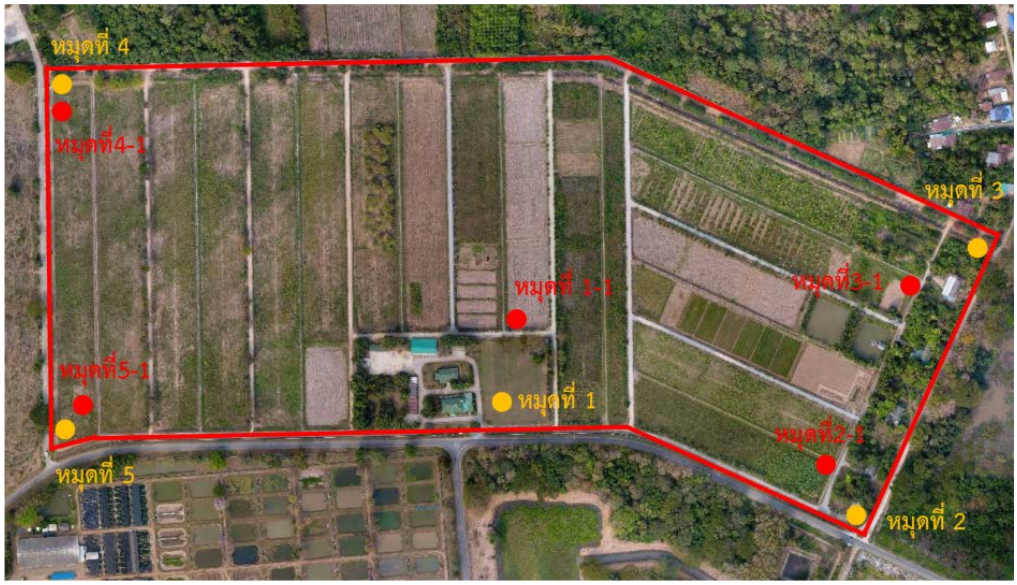
**การสำรวจเพื่อทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ**

## การสำรวจเพื่อทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ

ดำเนินการสำรวจระดับความสูงของภูมิประเทศด้วยอากาศยานไร้คนขับ หรือ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) รุ่น DJI Phantom 4 ดังรูปที่ 1 เพื่อหาระดับความสูงเชิงตัวเลขของพื้นที่และถ่ายสีของต้นข้าวในระยะต่างๆ บริเวณที่ทำการสถานีทดลองใช้น้ำชลประทานที่ 2 จ.พิษณุโลก ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยทำการสำรวจทั้งสิ้น 4 ครั้งคือในวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2560, 23 มีนาคม 2560, 20 เมษายน 2560 และ 15 พฤษภาคม 2560



**รูปที่ 1** อากาศยานไร้คนขับ หรือ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) รุ่น DJI Phantom 4




**รูปที่ 2** แผนที่ที่ทำการสถานีทดลองใช้น้ำชลประทานที่ 2 จ.พิษณุโลก (จุดสีเหลืองคือหมุดหลักฐาน และจุดสีแดงคือหมุดอ้างอิง)

**การตรวจสอบความถูกต้องของระบบพิกัด**

ติดตั้งเป้าสีขนาด 60 x 60 ซม. ดังรูปที่ 3 จำนวน 10 เป้าในบริเวณเขตที่ทำการสถานีทดลองใช้น้ำชลประทานที่ 2 จ.พิษณุโลก โดยแบ่งเป็นตามหมุดหลักฐานเพื่อใช้ในการตรวจสอบ (Calibration) จำนวน 5 หมุดและหมุดอ้างอิงเพื่อใช้ในการสอบเทียบ (Validation) อีกจำนวน 5 หมุดดังรูปที่ 2 โดยหมุดต่างๆ ได้ทำสำรวจเพื่อรังวัดพิกัดและค่าระดับดังตารางที่ 1 และ 2



**รูปที่** 3 เป้าสีที่ติดตั้งตามหมุดหลักฐานและหมุดอ้างอิง

**ตารางที่** 1 พิกัดของหมุดหลักฐานตามพิกัด UTM WGS 84 Zone 47

| **หมุดที่** | **ละติจูด**(N) | **ลองติจูด** (E) | **ค่าระดับ** (m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1885157.295 | 624583.326 | 49.378 |
| 2 | 1885518.744 | 624704.295 | 50.339 |
| 3 | 1885662.631 | 624406.398 | 49.805 |
| 4 | 1884689.136 | 624236.183 | 49.023 |
| 5 | 1884699.584 | 624637.528 | 49.691 |

**ตารางที่ 2** พิกัดของหมุดอ้างอิงตามพิกัด UTM WGS 84 Zone 47

| หมุดที่ | ละติจูด(N) | ลองติจูด (E) | ค่าระดับ (m) |
|---|---|---|---|
| 1-1 | 1885169.274 | 624500.296 | 47.664 |
| 2-1 | 1885492.771 | 624643.838 | 48.343 |
| 3-1 | 1885578.272 | 624455.665 | 47.998 |
| 4-1 | 1884701.805 | 624255.303 | 47.738 |
| 5-1 | 1884703.982 | 624625.277 | 47.629 |

**ประมวลผลและจัดทำแบบแผนที่**

นำรูปภาพที่ถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับมาทำการต่อภาพด้วยโปรแกรม AgisoftPhotoScan ปรับเทียบค่าพิกัดและค่าระดับกับข้อมูลหมุดหลักฐาน ประมวลผลและจัดทำแผนที่ และตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง (Horizontal error) และความคลาดเคลื่อนของระดับ (Vertical error) ของภาพถ่ายทางอากาศกับหมุดหลักฐาน

จากการคำนวณพบว่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง (Horizontal error) ประมาณ 10 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3 ส่วนความคลาดเคลื่อนของระดับ (Vertical error) พบว่ามีความคลาดเคลื่อนมาก โดยความความเคลื่อนในแต่ละหมุดหลักฐานไม่ใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 4 และพบว่าค่าระดับที่หมุดหลักที่ 1 ค่าที่ได้แตกต่างจากหมุดอื่นๆ โดยสิ้นเชิง

**ตารางที่ 3** ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง (Horizontal error)

| หมุดที่ | ครั้งที่ 1 (cm) | ครั้งที่ 2 (cm) | ครั้งที่ 3 (cm) | ครั้งที่ 4 (cm) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.26 | 2.73 | 5.92 | 11.04 |
| 2 | 15.23 | 13.12 | 13.04 | 8.18 |
| 3 | 13.51 | 11.48 | 21.52 | 10.46 |
| 4 | 13.16 | 12.92 | 14.07 | 15.27 |
| 5 | 9.67 | 5.01 | 8.24 | 12.56 |
| **เฉลี่ย** | 11.17 | 9.05 | 12.56 | 11.50 |

**ตารางที่ 4** ความคลาดเคลื่อนของระดับ (Vertical error)

| หมุดที่ | ครั้งที่ 1 (cm) | ครั้งที่ 2 (cm) | ครั้งที่ 3 (cm) | ครั้งที่ 4 (cm) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | -103.60 | -35.35 | 79.97 | -148.89 |
| 2 | 35.97 | 9.54 | -25.12 | 42.16 |
| 3 | 27.24 | 12.33 | -29.52 | 41.15 |
| 4 | 10.30 | 3.88 | -4.38 | 11.89 |
| 5 | 50.53 | 20.57 | -39.34 | 72.67 |
| **เฉลี่ย** | 45.53 | 16.33 | 35.66 | 63.35 |

ทำการสอบเทียบ (Validation) ค่าพิกัดและค่าระดับของภาพถ่ายทางอากาศกับหมุดอ้างอิง ดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่า ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของตำแหน่งอยู่ประมาณ 0.11 เมตร และความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของระดับอยู่ประมาณ 0.67เมตร ดังตารางที่ 5

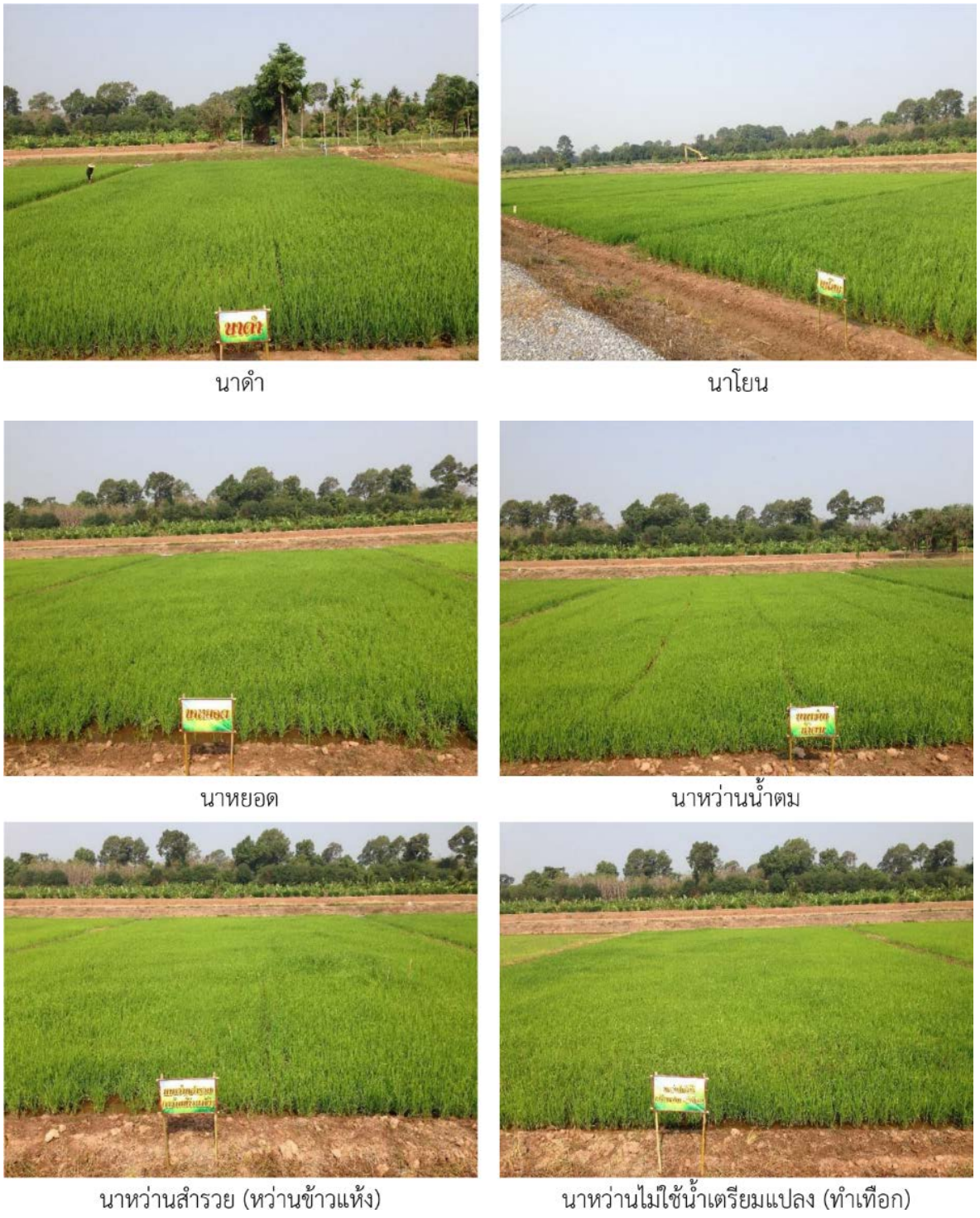
**ตารางที่ 5** ผลการสอบเทียบของภาพถ่ายทางอากาศกับหมุดอ้างอิง

| หมุดที่ | Horizontal error (cm) | Vertical error (m) |
|---|---|---|
| 1-1 | 0.11 | 1.24 |
| 2-1 | 0.10 | -0.56 |
| 3-1 | 0.03 | 0.04 |
| 4-1 | 0.14 | -0.09 |
| 5-1 | 0.17 | -1.41 |
| **เฉลี่ย** | 0.11 | 0.67 |

**การศึกษาอายุของข้าวจากสีต้นข้าว**

ทำการถ่ายแบบด้วยอากาศยานไร้คนขับ บริเวณแปลงปลูกข้าวทั้งหมด 6 แปลงโดยแบ่งเป็นนาดำ, นาโยน, นาหยอด, นาหว่านน้ำตม, นาหว่านสำรวย (หว่านข้าวแห้ง), นาหว่านไม่ใช้น้ำเตรียมแปลง (ทำเทือก)

ดังรูปที่ 4 และ 5 ทำการบันทึกข้อมูลอายุต้นข้าวจากสำรวจในแต่ละครั้ง ดังตารางที่ 6 เพื่อใช้ในการประเมินอายุต้นข้าวจากสีของต้นข้าวต่อไป




**รูปที่** 4 การปลูกข้าวแบบต่างๆ




**รูปที่** 5 ตำแหน่งของแปลงปลูกข้าวแบบต่างๆ

**ตารางที่** 6 อายุต้นข้าวในการสำรวจแต่ละครั้ง

| ครั้งที่ | วันที่ | อายุต้นข้าว (วัน) |
|---|---|---|
| 1 | 27 ก.พ. 2560 | 40 |
| 2 | 23 มี.ค. 2560 | 60 |
| 3 | 20 เม.ย. 2560 | 90 |
| 4 | 15 พ.ค. 2560 | 115 |

ทำการวิเคราะห์สีของต้นข้าวกับอายุต้นข้าว จากภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากการสำรวจทั้ง 4 ครั้ง ดังรูปที่ 6 – 9 เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการประเมินอายุต้นข้าวต่อไป โดยที่ในระยะแรก (ประมาณ 40 วัน) ต้นข้าวจะไม่แตกกอมากนัก จะสังเกตได้จากภาพถ่ายที่ยังเห็นสีของพื้นดินอยู่ ดังรูปที่ 6 ต่อมาในระยะที่สอง (ประมาณ 60 วัน) จะเห็นสีเขียวของต้นข้าวต้นข้าวเต็มพื้นที่ ดังรูปที่ 7 แต่ความเข้มของสีจะน้อยกว่าต้นข้าวในระยะที่ 3 (ประมาณ 90 วัน) โดยในระยะนี้นอกจากสีต้นข้าวจะเขียวเข้มแล้วจะพบว่าต้นข้าวกระจุกกันแน่น ดังรูปที่ 8 และในระยะสุดท้ายซึ่งเป็นระยะออกรวงของต้นข้าว (ประมาณ 120 วัน) ต้นข้าวจะเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง ดังรูปที่ 9 ทั้งนี้ในรูปที่ 8 จะเริ่มสังเกตเห็นว่าแปลงนาโยนและนาดำ (2 แปลงด้านขวาสุด) ต้นข้าวเริ่มที่

จะเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองก่อนแปลงอื่นๆ เนื่องจากการทำนำแบบนำดำและนำโยนจะต้องเตรียมเพาะต้นกล้าให้โตก่อนจึงจะนำมาปลูกในแปลงทำให้ 2 แปลงนี้ต้นข้าวมีอายุมากกว่าแปลงอื่นๆ ประมาณ 7-10 วัน



**รูปที่** 6 ภาพถ่ายต้นข้าวเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2560 (อายุ 40 วัน)



**รูปที่** 7 ภาพถ่ายต้นข้าวเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2560(อายุ 60 วัน)



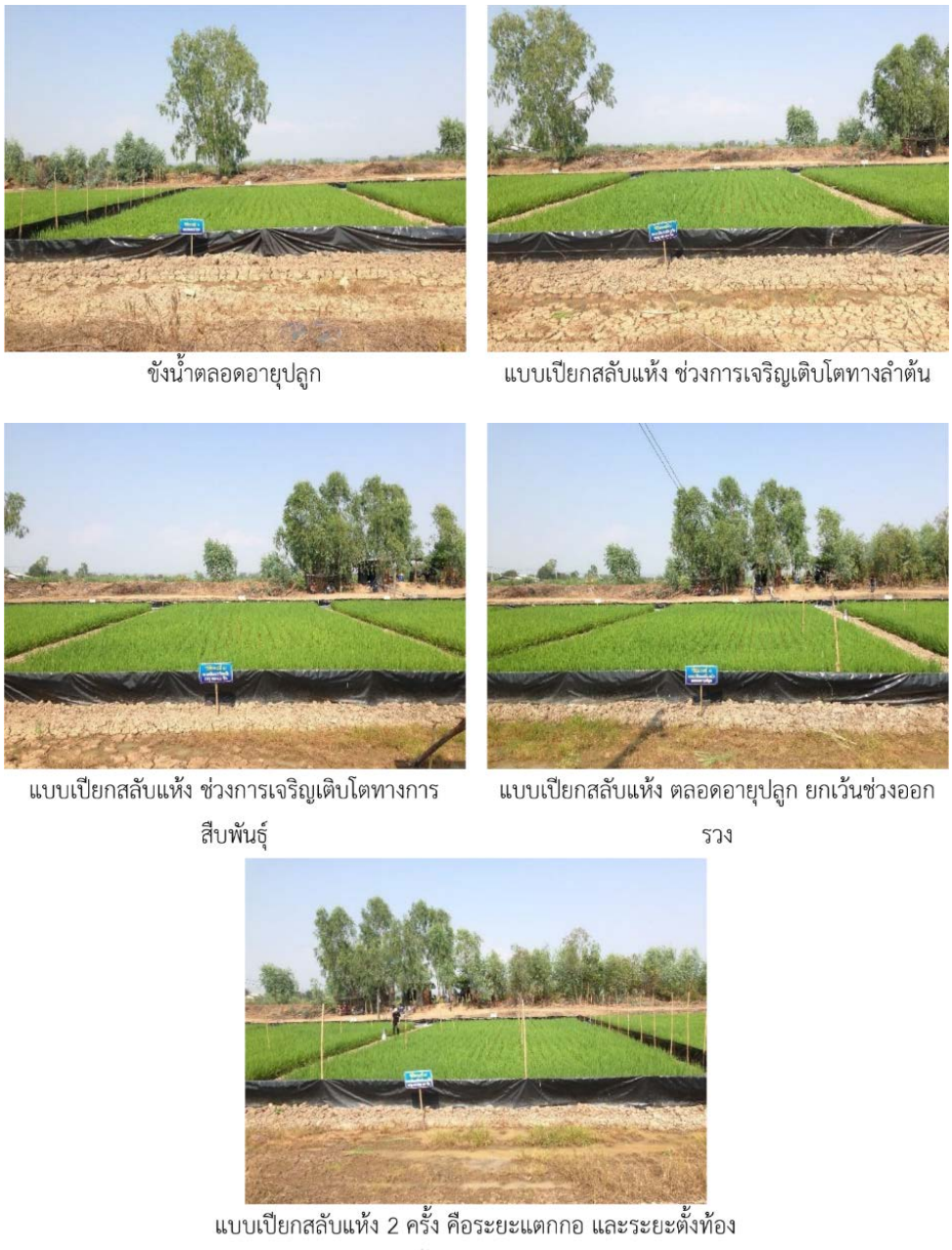
**รูปที่** 8 ภาพถ่ายต้นข้าวเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2560 (อายุ 90 วัน)



**รูปที่** 9 ภาพถ่ายต้นข้าวเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2560 (อายุ 115 วัน)

**เปรียบเทียบอายุสีต้นข้าวในพื้นที่ตัวอย่าง**

ทำการสำรวจแปลงปลูกข้าวของโครงการวิจัยการจัดการน้ำในแปลงนาแบบเปียกสลับแห้งตามช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในฤดูนาปรัง (ปีที่ 2) ซึ่งแบ่งเป็น 5 แปลงตามวิธีปลูกต่าง คือ ขังน้ำตลอดอายุปลูก, แบบเปียกสลับแห้ง ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น, แบบเปียกสลับแห้ง ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์, แบบเปียกสลับแห้ง ตลอดอายุปลูก ยกเว้นช่วงออกรวง และแบบเปียกสลับแห้ง 2 ครั้ง คือระยะแตกกอ และระยะตั้งท้อง ดังรูปที่ 10




**รูปที่** 10 แปลงข้าวของโครงการวิจัยการจัดการน้ำในแปลงนาแบบเปียกสลับแห้งข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในฤดูนาปรัง (ปีที่ 2)

การจากสำรวจในครั้งแรกเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2560 ดังรูปที่ 11 เมื่อพิจารณาจากสีของต้นข้าว พบว่าต้นข้าวกระจายอย่างหนาแน่นเต็มแปลงและมีสีเขียวเข้ม โดยต้นข้าวบางบริเวณเริ่มมีสีเหลืองบ้างแล้ว จึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าอายุข้าวช่วงนี้อยู่ระหว่าง 70-80 วันและในการสำรวจครั้งต่อมาเมื่อวันที่ 23 มีนาคม

2560 ดังรูปที่ 12 เมื่อพิจารณาจากสีของต้นข้าวพบว่าต้นข้าวออกรวงเป็นสีเหลืองอ่อนทั่วทั้งแปลงแล้ว จึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าอายุข้าวช่วงนี้ประมาณ 100 วันแต่ทั้งนี้เนื่องจากขาดข้อมูลอายุของต้นข้าวในแปลงตัวอย่าง จึงไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้



**รูปที่ 11** ภาพถ่ายแปลงข้าวตัวอย่าง เมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2560



**รูปที่ 12** ภาพถ่ายแปลงข้าวตัวอย่าง เมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2560

การสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวของจังหวัดพิษณุโลกเพื่อใช้ทดสอบการประมาณอายุต้นข้าวจากสีต้นข้าวที่ได้จากภาพถ่ายทางอากาศของอากาศยานไร้คนขับ โดยการสำรวจครั้งที่สามเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2560 ดังรูปที่ 13 และครั้งที่ 4 เมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2560 ดังแสดงในรูปที่ 14 สามารถประมาณอายุต้นข้าวได้ดังแสดงในตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลอายุต้นข้าวจริง จึงยังไม่สามารถยืนยันความถูกต้องของการประมาณอายุต้นข้าวได้




**รูปที่** 13 ภาพถ่ายพื้นที่ปลูกข้าวตัวอย่าง เมื่อวันที่ 20 เมษายน 2560

**ตารางที่** 7 การประมาณอายุต้นข้าวจากสีของต้นข้าว ในการสำรวจเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2560

| หมายเลขแปลงนา | การประมาณอายุต้นข้าว (วัน) | อายุต้นข้าวจริง (วัน) |
|---|---|---|
| 1 | 100 | |
| 2 | 60 | |
| 3 | 80 | |
| 4 | 60 | |
| 5 | 110 | |
| 6 | 100 | |

| หมายเลขแปลงนา | การประมาณอายุต้นข้าว (วัน) | อายุต้นข้าวจริง (วัน) |
|---|---|---|
| 7 | 90 | |
| 8 | 90 | |
| 9 | 80 | |
| 10 | 60 | |
| 11 | 60 | |
| 12 | 60 | |
| 13 | 110 | |
| 14 | 60 | |
| 15 | 110 | |




**รูปที่ 14** ภาพถ่ายพื้นที่ปลูกข้าวตัวอย่าง เมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2560

**ตารางที่** 8 การประมาณอายุต้นข้าวจากสีของต้นข้าว ในการสำรวจเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2560

| หมายเลขแปลงนา | การประมาณอายุต้นข้าว (วัน) | อายุต้นข้าวจริง (วัน) |
|---|---|---|
| 1 | 90 | |
| 2 | 30 | |
| 3 | 40 | |
| 4 | 40 | |
| 5 | 40 | |
| 6 | 90 | |

**ข้อเสนอแนะ**

1. การปรับเทียบพิกัดของภาพถ่าย

เนื่องจากการเส้นทางบินถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนขับถ่ายภาพมุมกว้างหลายมุม ดังนั้นในการติดตั้งเป้าสีจึงควรมีขนาดที่ใหญ่พอสมควรจึงจะทำให้เวลาปรับเทียบภาพได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และควรติดตั้งไว้ในที่โล่งแจ้งเนื่องจากอาจโดนกำแพง หรือต้นไม้สูงบดบังเป้าสีเวลาถ่ายภาพจากมุมต่างๆ

2. ความสดของสีของภาพถ่าย

การถ่ายภาพควรถ่ายในเวลาที่มีแสงสว่างเพราะจะทำให้ภาพที่ถ่ายได้มีความสด ถ้าถ่ายในเวลาที่มีเมฆครึ้มอาจทำให้ภาพออกมามืด การอ่านค่าสีอาจจะคลาดเคลื่อนได้

3. ขนาดของพื้นที่

เนื่องด้วยข้อจำกัดของแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับทำให้ถ่ายภาพในพื้นที่ที่ไม่กว้างมากนัก (ไม่เกิน 0.5 ตารางกิโลเมตร ต่อการบิน 1 ครั้ง) ดังนั้นในการถ่ายภาพในพื้นที่ที่กว้างกว่านี้อาจทำให้ต้องถ่ายหลายรอบ ซึ่งควรจะมีเป้าที่ให้ในการปรับเทียบให้ครอบคลุมในทุกรอบของการถ่ายภาพ เนื่องจากในแต่ละรอบเพดานบินของอากาศยานไร้คนขับไม่เท่าเดิมทุกรอบ ซึ่งอาจทำให้รอยต่อของภาพถ่ายมีความคลาดเคลื่อนสูง

ภาคผนวกย่อยที่ 2

# DIGITAL EQUIPMENT DEVELOPMENT TO MONITOR SOIL MOISTURE

## I. INTRODUCTION

Knowing recharge rate is important for determining sustainable yields a groundwater system (Devlin and Sophocleous 2005). However, recharge rate, nowadays, are sometimes incorrectly equated with the sustainable yield of an aquifer (Alley and Leake 2004). Traditionally, groundwater recharge in Vietnam, Thailand was estimated based on groundwater fluctuation or parameter optimization from groundwater modeling. In order to develop better groundwater recharge function for numerical model, the coupling physical methods are important to avoid overestimate groundwater recharge. Hence, this report will describe method to measure soil moisture which could be insight the groundwater recharge more distinctly. The results of soil moisture will be discussed in further topic.

## II. LITERATURE REVIEW

The gravimetric method involves collecting a soil sample, weighing the sample before and after drying it, and calculating its original moisture content. The gravimetric method is the oldest (other than the ancient method of feeling the soil) but still continues to be the most widely used method for obtaining data on soil moisture. Because it is the only direct way of measuring soil moisture, it is normally applied to calibrate the other methods. However, the disadvantage of this method is replying on the methods to collect sample data (Johnson 1962).

The primary method for measuring matric potential(capillary tension) in soil involves the use of a tensiometer, which directly measures matric potential (Ridley and Burland 1993, Leong and Rahardjo 1997). As Figure 1, tensiometer consists of a porous ceramic cup which is filled with moisture and buried in the soil at any desired depth. The ceramic cup is connected with amoisture filled air tight tube having a vacuum gauge connected with a tube. When the tensiometer is buried in the soil, moisture inside the porous cup comes in contact with the soil and tends to equilibrate with the soil moisture through the pores in the ceramic cup. This loss inmoisture from the air tight tensiometer causes a drop in its hydrostatic pressure, which is indicated by the vacuumgauge. The main disadvantage of the tensiometer is that it functions only from zero to about 1 atm, which representsa small part of the entire range of available moisture. Hence, theequipment is well suited in sandy soil where a large part of the available moisture is held at a tension of less than 1 atm, but less suited to fine textured soil where only as mall part of available soil is held at 1 atm. Though the tensiometer is inexpensive and easy to install, it requires regular maintenance and disturbs the soil above the point of soil moisture measurement(Balasubramaniyan and Palaniappan 2001).

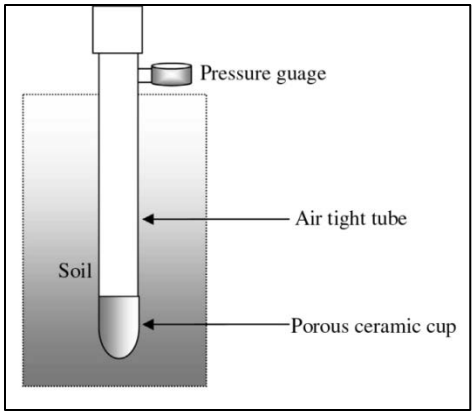



Figure 1: Schematic diagram depicting soil moisture measurement using Tensiometer.

The principle of electrical measurement of soil moisture was first reported by Whitney, Gardner and Briggs (1897). The electrical-resistance “blocks” operate on the principle that resistance to the passage of an electrical current between two electro desburied in the soil will depend upon the moisture content of the soil. The value of soil resistivity can be done by measuring either the resistivity between electrodes in as oil or the resistivity of a material which is in equilibrium with the soil (SU, Singh and Baghini 2014). The resistance read on the meter is converted to moisture-content values by means of a calibration chart. The function relationship between soil resistivity and water content is calibrated from gravimetric method.(Sreedeep, Reshma and Singh 2004).The major disadvantages of this technique are requirement of individual calibration and failure in saline soil(Zazueta and Xin 1994). Moreover, some of the apparent inaccuracies at the higher moisture contents may be due also to the loss of free water in sampling during the calibration.

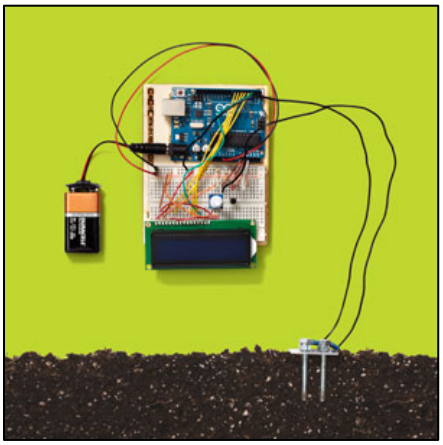


Figure 2: Schematic diagram depicting soil moisture measurement using electrical resistance.

Time Domain Reflec to metry (TDR) principal are based on the empirically relationship between the apparent dielectric constant and the volumetric water content.(Topp, Davis and Annan 1980). TDR determinesdielectric permittivity of the soil mass by measuring the delay in time between the incident and reflected electromagnetic pulses, which propagate along a parallel waveguide, in the form of probes or conductors, inserted in it (Topp, Davis and Annan 1982, SU et al. 2014). The These wave guides are a pair of stainlesssteel rods, installed from the surface

to a maximum depth of 0.3–0.6 m in the soil mass, as depicted in Figure 3. The huge difference between the apparent dielectric constant of the water and that of other soil constituents (viz., soil particles ,air and water) makes the travel time of the pulse dependent on the volumetric moisture content, h, of the soil mass(Topp et al. 1980). However, the major advantages of TDR are high temporal resolution, the rapidity of acquisition (approximate 28s) and the repeatability of measurements. It can be operated up to 1 GHz frequency. This technique is independent of the soil texture, temperature, and salt content, helpful in performing long-term in situ measurements and can be automated (Noborio 2001). The major disadvantages of this instrument are high initial cost, loss of reflection in highly saline soil and increase in conductivity with wetting of the soil mass.

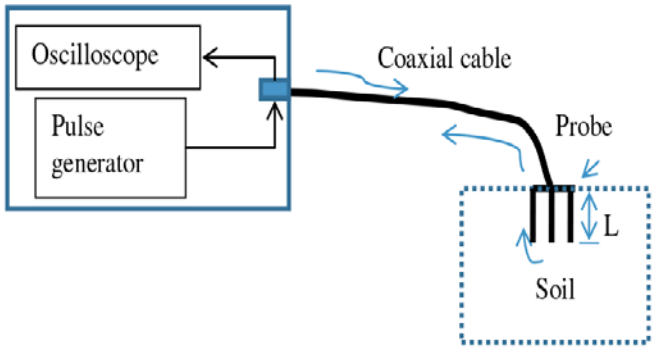



Figure 3: Schematic diagram depicting soil moisture measurement using the TDR.

## III. SOIL MOISTURE SENSOR DESIGN

The resistance, soil moisture sensor includes Arduino board, soil moisture module, and soil moisture sensor. The circuit of resistance soil moisture sensor is shown in Figure 4.

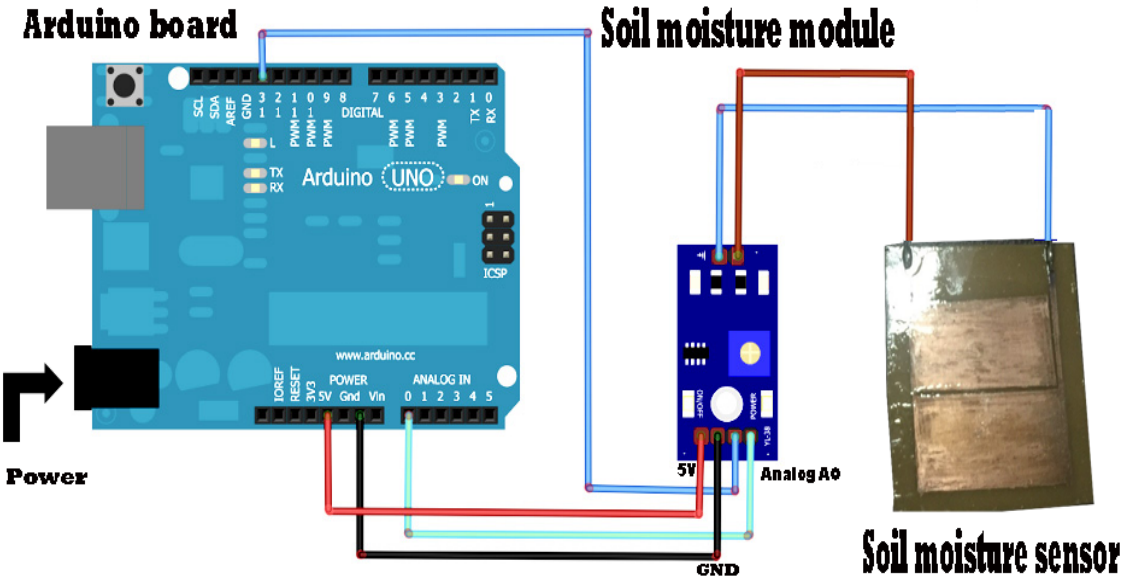



Figure 4: The schematics of digital measurement soil moisture

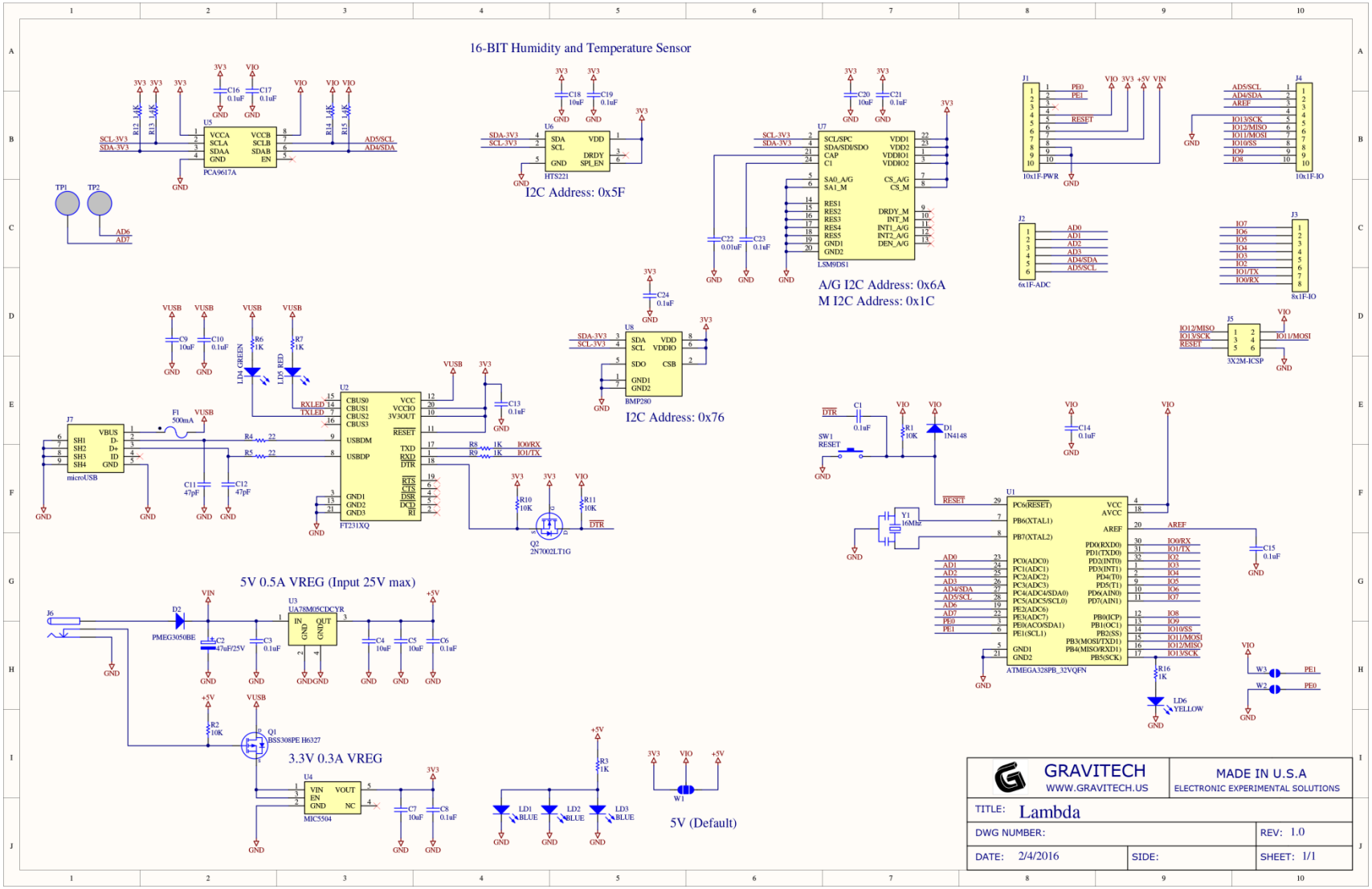



Figure 5: Schematic of Arduino Lamda Basic

Arduino is an open-source electronics platform based on easy-to-use hardware and software. Arduino boards are able to read inputs - light on a sensor, a finger on a button, or a Twitter message - and turn it into an output - activating a motor, turning on an LED, publishing something online. The operation of board are based on Arduino programming language (based on Wiring), and the Arduino Software (IDE). Over the years Arduino has been the brain of thousands of projects, from everyday objects to complex scientific instruments. A worldwide community of makers - students, hobbyists, artists, programmers, and professionals - has gathered around this open-source platform, their contributions have added up to an incredible amount of accessible knowledge that can be of great help to novices and experts alike. Specially, there are numerous applications to automatic monitor humility, soil moisture, temperature. Therefore, the technologies from Arduino board are employed to develop digital monitor soil moisture.

The Arduino board are used in this design is Lambda compatible development board. It uses new chip, Atmel ATMEGA328PB with 16 Digital I/O, 8 Analog Inputs, 2 SPI, 2 I2C and 2 UART. Moreover, it also accommodates with some basic sensors (Temperature & Humidity, 3-axis Acceleromter, 3-axis Gyroscope, 3-axis Magnetometer and Barometer). Besides, the board works well with Arduino IDE, library and all UNO shield. There is voltage regulator included. You can supply power 5V 500 mA snd 3.3V 300mA through microUSB, power jack, VIN-PIN and 5V-PIN up to 25V. Figure 26 showed the schematic of Arduino lamda basic board.

The program to run the monitor soil moisture is descried as follows:

```
 /*
 SD card read/write
 This example shows how to read and write data to and from an SD card file
 The circuit:
 * SD card attached to SPI bus as follows:
 ** MOSI - pin 11
 ** MISO - pin 12
 ** CLK - pin 13
 ** CS - pin 8
 This example code is in the public domain.
 */
#include "LowPower.h"
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
File myFile;
float count;
String stringdata;
void setup() {
 // Open serial communications and wait for port to open:
 Serial.begin(9600);
 while (!Serial) {
  ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
 }
 stringdata=String();
 Serial.print("Initializing SD card...");
```

```
 if (!SD.begin(8)) {
 Serial.println("initialization failed!");
 return;
 }
 Serial.println("initialization done.");
 pinMode(A0,INPUT);
 pinMode(A1,INPUT);
 pinMode(A2,INPUT);
 pinMode(A3,INPUT);
 pinMode(A4,INPUT);
 pinMode(A5,INPUT);
 pinMode(A6,INPUT);
 pinMode(A7,INPUT);
}
void loop() {
 // nothing happens after setup
 int Sensor0 = analogRead(A0);
 int Sensor1 = analogRead(A1);
 int Sensor2 = analogRead(A2);
 int Sensor3 = analogRead(A3);
 int Sensor4 = analogRead(A4);
 int Sensor5 = analogRead(A5);
 int Sensor6 = analogRead(A6);
 int Sensor7 = analogRead(A7);
 stringdata = String(Sensor0) + String(" , ")+ String(Sensor1) + String(" , ")+ String(Sensor2) + String(" ,
")+ String(Sensor3)+String(" , ")+ String(Sensor4)
 +String(" , ")+ String(Sensor5)  +String(" , ")+ String(Sensor6)+String(" , ")+ String(Sensor7);
 Serial.println(stringdata);
 // so you have to close this one before opening another.
 myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
 // if the file opened okay, write to it:
 if (myFile) {
  Serial.print("Writing to datalog.txt...");
  myFile.print("count: ,");
  myFile.print(count);
  myFile.print(" , data: ,");
  myFile.println(stringdata);
  // close the file:
  myFile.close();
  Serial.println("done.");
 } else {
  // if the file didn't open, print an error:
  Serial.println("error opening test.txt");
 }
 delay(50);
```

```
 count++;
 sleepForTwoMinutes();
}
void sleepForTwoMinutes()
{
 for(int i=0;i<30;i++)
   LowPower.powerDown(SLEEP_8S, ADC_OFF, BOD_OFF);
}
```

The soil moisture sensor module can be used to detect the moisture of soil or judge if there is water around the sensor. Insert this module into the soil and then adjust the on-board potentiometer to adjust the sensitivity. The sensor would outputs resistance of soil which could convert to soil moisture.

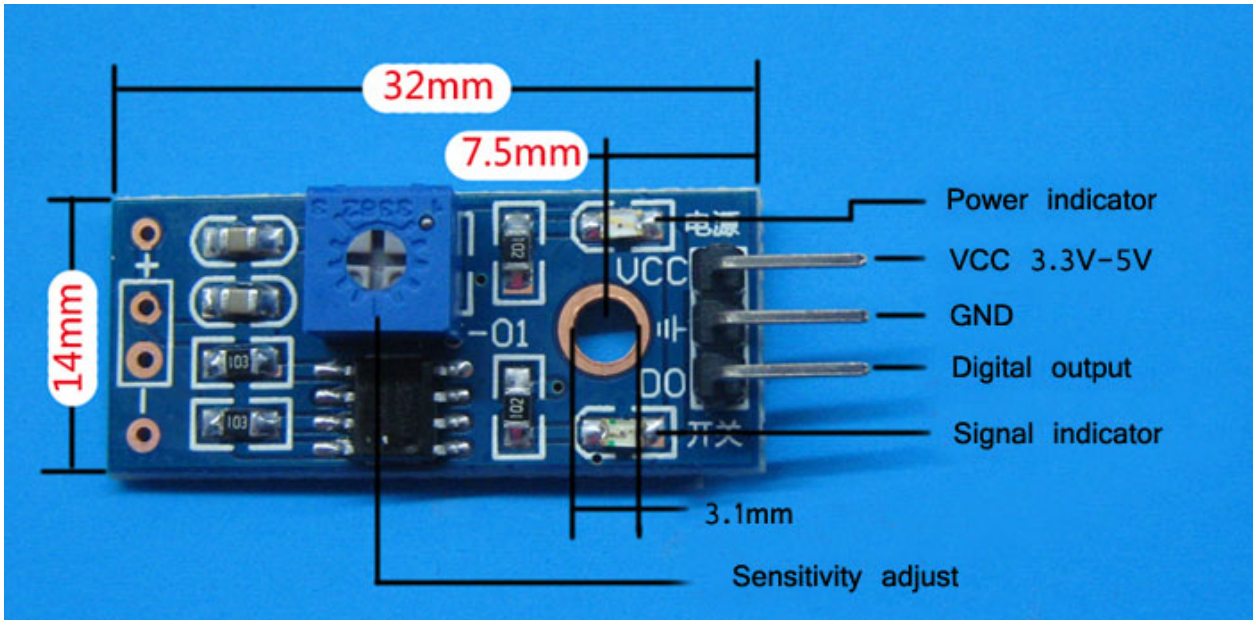



Figure 6: Soil moisture module

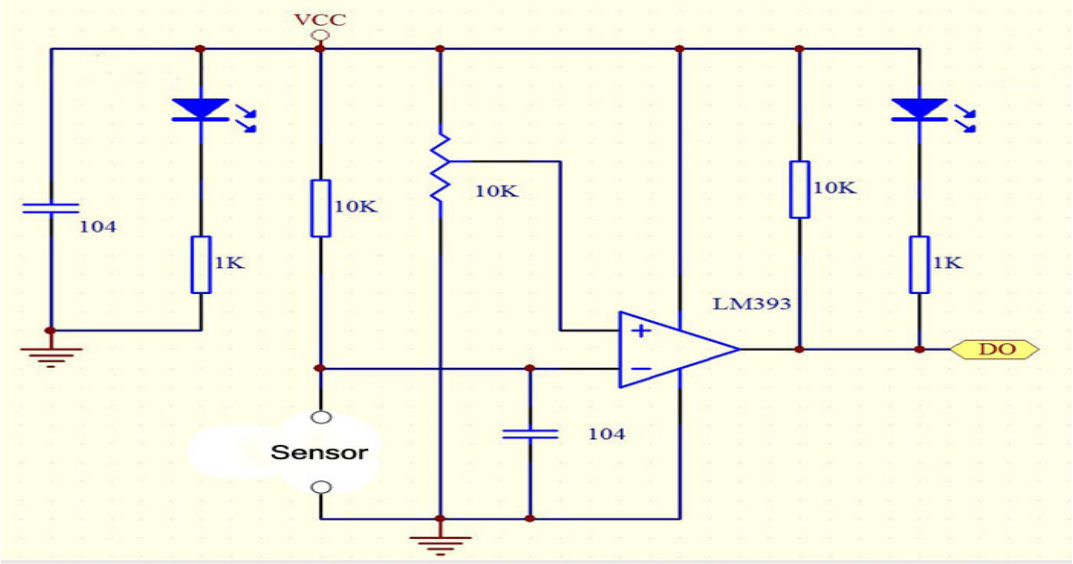



Figure 7: The schematics of soil moisture module

As contact point to measure the resistance in soil, the soil moisture sensor is adapted the size of the copper film substrate from Kojima et al. (2016). Each sensing part consisted of two wide bars, with width and length of 25 and 55 mm, respectively. There was a 1 mm gap between the two bars. These two bars work as a capacitor. Therefore, the sensing area was25 mm × 55 mm

× 2 (two bars) = 2750 mm2 (=27.5 $cm^2$). The performance of sensing part was evaluated through soil moisture of fine sand (Figure 8).

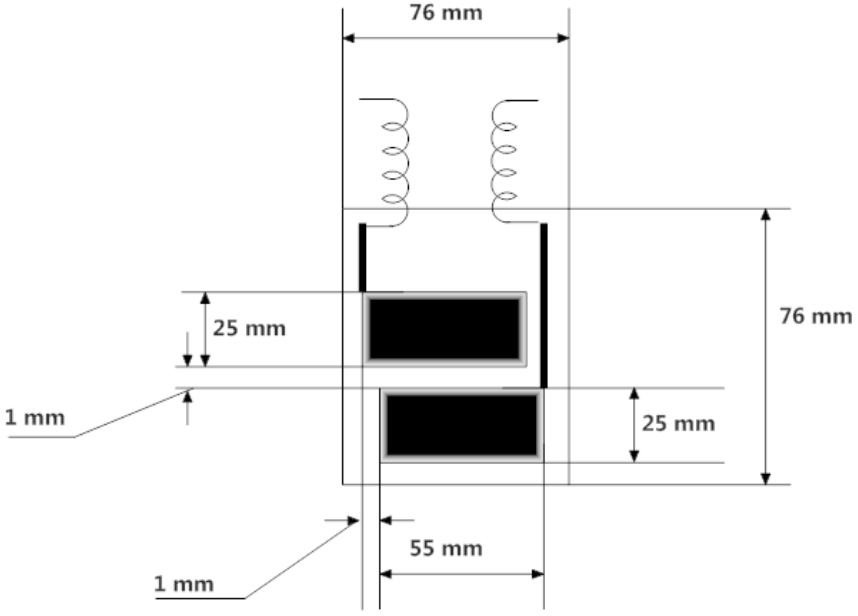



Figure 8: Schematic of copper circuit sensing part

## III. Installing instruments

To figure out the groundwater recharge, the soil moisture in unsaturated is monitored in experiment paddy field during dry season and wet season. The variable soil moisture and fluctuation groundwater will be analyzed to build the groundwater recharge function to aquifer. In order to validate soil moisture from Arduino soil moisture, two tensiometers and two TDR are also set up near paddy field. Then, the schematic of instruments in the field are showed as Figure 9

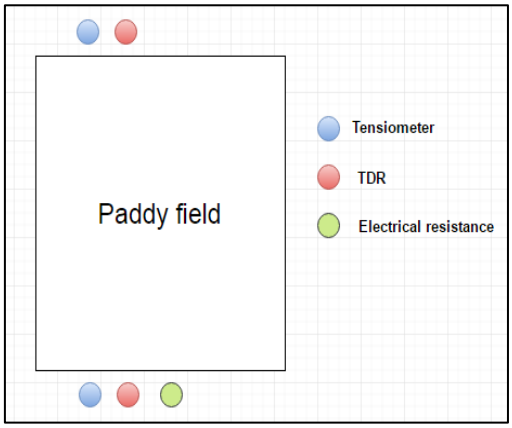



Figure 9: Schematic install instrument soil moisture

The procedure of installing tensiometer is described as follows:

- Suspend the empty tensiometer in a holder or stand so that the ceramic tip is in free air and not touching anything.
- Fill the tensiometer with freshly boiled and cooled, deionised water. Fill gently, lowering the green tube from the tensiometer to-up kit down into the ceramic, do not squirt water quickly into the tensiometer as this can add air to the water. Do not seal (either with the screw in the case of electronic tensiometers, or with the rubber stopper for septum tensiometers, or with the rubber stopper and transducer for mini tensiometers), but let the water drip through for about one hour (this will force the trapped air out from the ceramic pores).
- Connect closely cylinder to tensiometer as air can not get inside.
- Refill water to the tensiometer to the top and pull water back until pressure gauge working and small bubbles moving out the tube.
- If this pressure reading is not reached, empty the tensiometer and repeat the test, making sure the top seal is good (i.e. make sure the rubber 'O' ring is clean and in place and that the screw is tightened firmly - but not too hard, or the rubber stopper (and transducer if a mini tensiometer) is firmly home). It often happens that a better seal is made the second time.
- If, after the second attempt, the pressure reading is still very low, place a piece of plain paper behind the ceramic and lower portion of the tensiometer. Look carefully at the water just above the ceramic line. A stream of very fine bubbles may indicate an air leak. Contact provider to change the tensiometer.
- If the pressure gauge is working, dig the hole to insert the tensiometer.
- Insert tensiometer into the hole
- Refill borehole by the same sample depth soil.
- Leave the tensiometer one day and record the pressure everyday.

*The pressure from tensiometer will be coverted to soil moisture (vol/vol) through calibration curve which is processed in the lab.

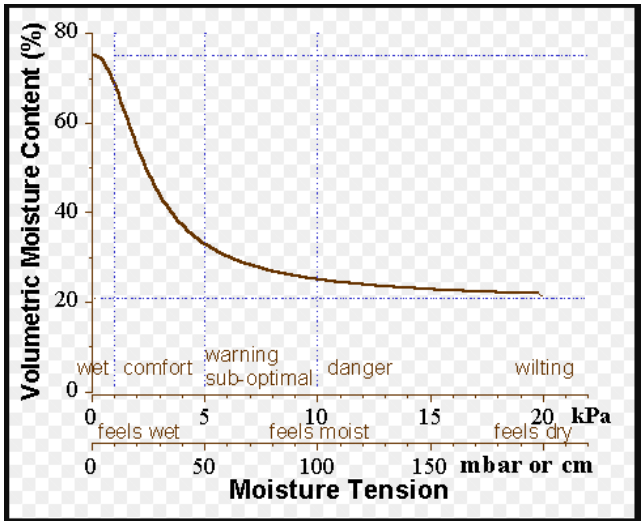



Figure 10: Tensiometer calibration curve (soil moisture vs moisture Tension)



Figure 11: Install tensisometer

TDR probe

- Dig borehole for the tube
- Insert TDR tube into borehole
- Refill the borehole with the same soil depth
- Connect TDR probe with HH2 moisture meter
- Select Set> Device>PR2
- Select Set> Display>mV
- Read data by choose Read and click ▲or ▼ to change the sensor depth (0.1m ;0.2; 0.3m; 0.4m)
- Record mV daily, the data will be converted to soil moisture due to calibration curve.




Figure 12: Install TDR probe

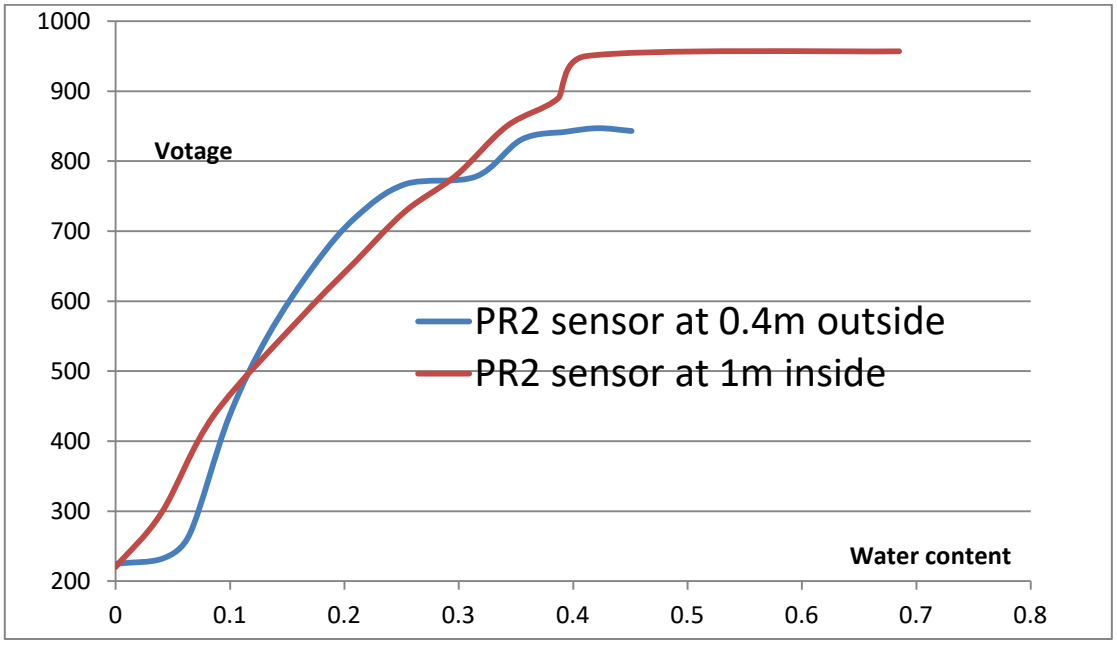



Figure 13: The calibration for TDR probe

The electrical-resistance sensor installment

- The soil moisture sensor (copper plate) with wire are attached in aluminium bar. The soil moisture sensor are attached at 1m, 2m, 3m, 4m, 5m. Then after insert the bar to the soil, the wire will be connect with soil moisture module and Arduino board.





- Drill first bore hole to identify the first aquifer depth ( 6m)



- Drill second bore hole until the depth higher 1 m than the top of first aquifer (5m)
- Collect the soil sample



- Insert PVC pipe into borehole to protect borehole collapsed



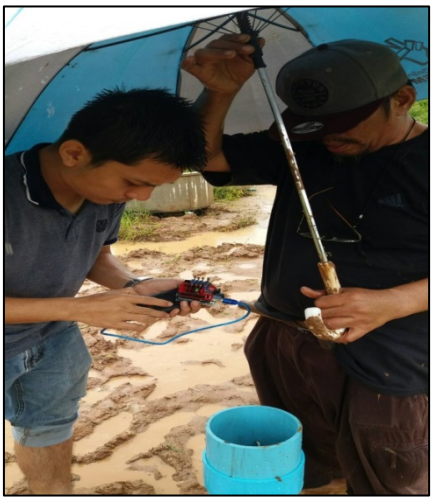
- Insert aluminium bar attached copper plate into borehole.



- Put the soil back to borehole in respectively soil depth



- Connect wire with soil moisture module



- Connect Arduino board with power supply (power bank)



Figure 14: Install electricacl-resitance method

- The resistance data is memorized in SD card. Then, the soil moisture will be convert from calibration curve between resistance and soil moisture.

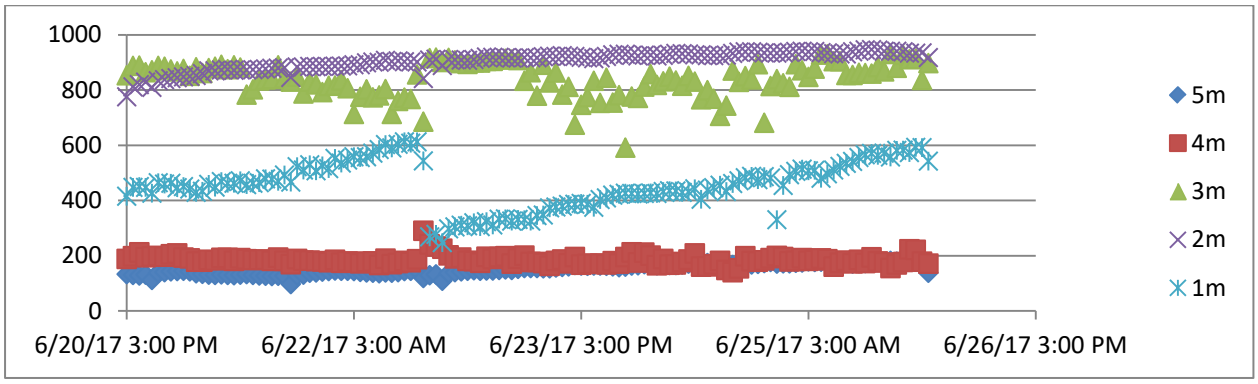



Figure 15: Monitoring resistance change in soil

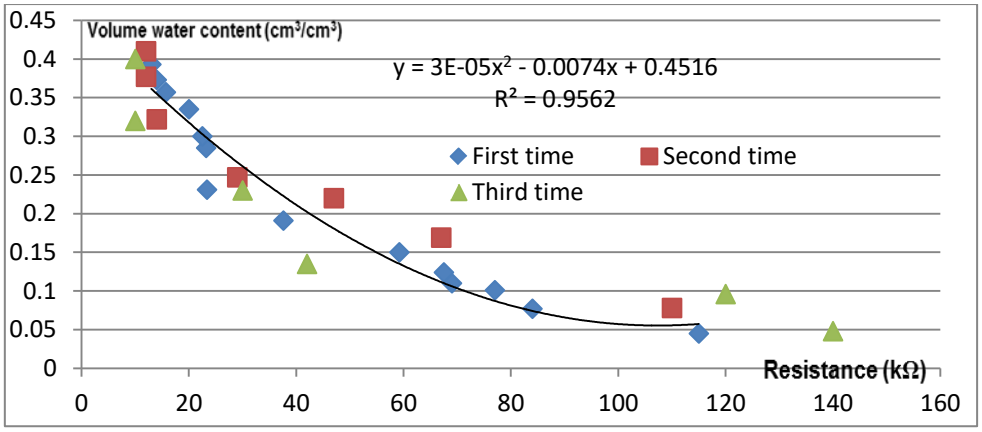


Figure 16: Evaluate performance of sensing part

## III. Theory of estimation land recharge by soil moisture

The land recharge is estimated by HELP model. The theory is described as follows:

The rate at which water moves through a porous medium as a saturated flow governed by gravity forces is given by Darcy's law:

$$q = K * i = K\frac{dh}{dl} (1)$$

where

*q* = rate of flow (discharge per unit time per unit area normal to the direction of flow),inches/day

*K* = hydraulic conductivity, inches/day

*i* = hydraulic head gradient, dimensionless

*h* = piezometric head (elevation plus pressure head), inches

*l* = length in the direction of flow, inches

This equation is also applicable to unsaturated conditions provided that the hydraulic conductivity is considered a function of soil moisture and that the piezometric head includes suction head.

The HELP program assumes pressure head (including suction) to be constant within each segment of vertical percolation and lateral drainage layers. This assumption is reasonable at moisture contents above field capacity (moisture contents where drainage principally occurs). In circumstances where a layer restricts vertical drainage and head builds up on top of the surface of the layer, as with barrier soil liners and some low permeability vertical percolation layers, the program assumes the pressure head is uniformly dissipated in the low permeability segment. For a given time step these assumptions yield a constant head gradient throughout the thickness of the segment. For

vertical percolation layers with constant pressure, the piezometric head gradient in the direction of flow is unity, and the rate of flow equals the hydraulic conductivity:

$$i = \frac{dh}{dl} = 1 \qquad (2)$$

$$q=K \qquad (3)$$

For low permeability vertical percolation layers and soil liners, the hydraulic head gradient is

$$\mathrm{i} = \frac{\mathrm{dh}}{\mathrm{dl}} = \frac{\mathrm{h_w}+\mathrm{l}}{\mathrm{l}} \qquad (4)$$

where

$h_w$= pressure head on top of layer, inches

The unsaturated hydraulic conductivity is estimated by Campbell's equation. Multiplying the water content terms (θ, θr and ϕ) in Equation below by the segment thickness yields an equivalent equation with the water content terms expressed in terms of length:

$$K = K_s\left(\frac{SM-RS}{UL-RS}\right)^{3+\frac{2}{\lambda}} \qquad (5)$$

Here, SM, RS, and UL represent the soil water content (θ), residual soil water content (θr),and saturated soil water content (ϕ) of the segment, each expressed as a depth of water in inches. The HELP program uses Equation 5 to compute unsaturated hydraulic conductivity

Based on Equations (3) and (5), the drainage from segment j during the time stepi, $DR_i(j+1)$, is as follows:

$$DR_i(j+1) = K_s(J) * i * DT\left[\frac{SM_i(j)-RS(j)}{UL(j)-RS(j)}\right]^{3+\frac{2}{\lambda}} \qquad (6)$$

$K_s(j)$ = saturated hydraulic conductivity of segment j, inches/day

$DT$ = the time step size, days

= $1 / N$

Mid-point routing is based on the following equation of continuity for a segment:

ΔStorage = Drainage in – Drainage out-Evaporation+ leachate Recirculation+ Subsurface flow

$$\Delta SM_i(j) = 0.5\{[DR_i(j)+DR_{i-1}(j)] - [DR_i(j+1)+DR_{i-1}(j+1)] - [ET_i(j) + ET_{i-1}(j)] + [RC_i(j) - RC_{i-1}(j)] + [SI_i(j) + SI_{i-1}(j)] \qquad (7)$$

$$\Delta SM_i(j) = SM_i(j) - SM_{i-1}(j) \qquad (8)$$

where

$\Delta SM(j)$ = change in storage in segment j, inches

$DR_i(j)$ = drainage into segment j from above during time step i, inches

$SM_i(j)$ = soil water storage of segment j at the mid-point of time step i, inches

$ET_i(j)$ = evapotranspiration from segment j during time step i, inches

$RC_i(j)$ = lateral drainage recirculated into segment j during time step i, inches

$SI_i(j)$ = subsurface inflow into segment j during time step i, inches

Hence, the $DR_i(j+1)$ can be solve as equation below

$$DR_i(j+1) = -2[UL(J) - RS(j)\left[\frac{DR_i(j+1)}{K_s(j)\ i\ DT}\right]^{\frac{\lambda_j}{3\lambda j+2}} + 2[SM_{i-1}(j) - RS(j)] + DR_{i-1}(j) + DR_i(j) - DR_{i-1}(j+1) - ET_{i-1}(j) - ET_i(j) + RC_{i-1}(j) + RC_i(j) + SI_i(j) + SI_{i-1}(j) \quad (9)$$

The HELP program solves this equation for $DR_i(j+1)$ iteratively using $DR_{i-1}(j+1)$ as its (9) initial guess in the right hand side of Equation (9). If the computed value of $DR_i(j+1)$is within 0.3 percent of the guess or 0.1 percent of the storage capacity of segment j, the computed value is accepted; else, a new guess is made and the process is repeated until the convergence criteria are satisfied. After $DR_i(j+1)$ is computed, the program computes $SMi(j)$ using Equation 8. Constraints are placed on the solution of $DRi(j+1)$ and $SMi(j)$so as to maintain these parameters within their physical ranges; 0 to $Ks\ DT$ for $DRi(j+1)$,and $WP(j)$ to $UL(j)$ for $SM_i(j)$. The $SM_i(j)$ will be validated with monitor soil moisture in field.

**PAWEES 2012 International Conference**
Challenges of Water & Environmental Management in Monsoon Asia
27-29 November 2012, Thailand

# Assessing flood damages of rice in the Chao Phraya Delta, using MODIS satellite imageries

**Akihiko Kotera • Takanori Nagano •**
**Patinya Hanittinan • Sucharit Koontanakulvong**

**Abstract** This study was conducted to clarify spatial and temporal changes of flood damage in rice production in the Chao Phraya delta, Thailand at regional scale using satellite remote sensing technique from 2000 to 2012. For this assessment, we focused on a fatal crop failure caused by complete submergence of rice in the field. Naturally, the damage could be reduced significantly if rice had been harvested before inundation, even in the year of severe flood. In existing flood damage assessments for regional scale however, it had been difficult to detect differences in damage caused by small differences in the timing of inundation and rice cultivation. To detect spatial distribution of submerged rice, we examined temporal relationship between the harvest time estimated from time-series Enhanced Vegetation Index (EVI) and the onset of inundation estimated from time-series Land Surface Water Index and EVI. These time-series indices were derived from MODIS satellite data with 250 m resolution at 8 days interval. By our assessment, total area of submerged rice by the historical severe flood in 2011 at 9 provinces was approximately 79,200 ha in which 41,400 ha was submerged severely. According to official report however, 143,700 ha of paddy fell in critical condition by flooding. Concerning spatial distribution, it was agreed with result of our field survey in most part, the damage in 2011 was severe on the eastern side of the Chao Phraya River. Many of paddy fields that had experienced damage by the severe flood in 2006 have avoided the damage in 2011 despite of longer inundation period. Further attention to this case would be useful for the development of damage mitigation measures.

**Keywords** Crop failure • Damage assessment • Thailand floods 2011 • Submerged rice

A. Kotera (✉) • T. Nagano
Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, Nada, Kobe, 657-8501, Japan
e-mail: akotera@ruby.kobe-u.ac.jp

P. Hanittinan • S. Koontanakulvong
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok, 10330, Thailand

## Introduction

Rice cultivation in irrigated and rain-fed lowland fields is often subjected to floods that are unpredictable. Submergence damage is a major factor limiting rice production in areas prone to such flooding. In the context of the climate change, the flood would be likely increasing both in scale and frequency in existing flood-prone regions. The assessment of flood damage for the past time would be indispensable for developing adaptation and mitigation strategies against the future floods. A quick assessment in semi-real time at regional scale would also helpful to conduct an effective relief activity, a damage recovery and a compensation for damaged area. In spite of the acute necessity, flood damage assessments at regional scale had been often much difficultly.

Recently, the flood observation using satellite remote sensing techniques have been developed (Brakenridge et al. 2003; Sanyal et al. 2004; Sakamoto et al. 2007) and come into practical (Dartmouth 2012; GISTDA 2012). In many previous studies of flood assessment using remote sensing techniques however, most studies or techniques have been focusing on the area of inundation without regard for submergence damages of agricultural production from the agronomical point of view appropriately.

Although the paddy rice is a plant adapting well to flood, submergence tolerance of rice varies depending on flood condition such as duration of the submergence and water temperature, and growth condition such as growth stage, rice variety and cultivation management (Kotera et al. 2005). If even a little part of plant body could emerge above the water, rice can survive even in the long-term submergence. However, submergence during the heading stage would seriously hinder pollination and maturing of rice, and submergence during the maturing stage would damage to grain production and quality (Kotera et al. 2005). Logging in the inundated filed would amplify these flood damage. In any case of submergence during the cultivation period, economical loss of production would be unavoidable.

In the present study, we propose a methodology that can be detect spatial and temporal changes of submergence damage of rice, using MODIS time-series satellite remote sensing data. The methodology is then

used for assessing spatial changes of flood damage in rice production in the Chao Phraya Delta, Thailand at regional scale from 2000 to 2011.

## Study area

The Chao Phraya Delta is located in central region of Thailand facing the Gulf of Thailand often termed the rice bowl of Asia. In this paper, the coverage area (99°00' E – 101°30' E , 13°15' N – 17°00' N) described in Fig. 1 was observed by remote sensing, in which 9 provinces (Chai Nat, Lop Buri, Sing Buri, Ang Thong, Saraburi, Ayutthaya, Pathum Thani, Nonthaburi and Bangkok) were chosen as units for verification of the results.

The climate is tropical monsoon, with rainy (May to October, with southwestern monsoon) and dry seasons (November to April). Flooding of the Chao Phraya River causes inundation during July to November. Rice paddy is the dominant land use in the Chao Phraya Delta, with double or triple cropping per year. Irrigation system is necessary for cultivation in dry season crop. Most rice grown in the Chao Phraya Delta recently is an improved high-yielding variety which has a short culm, is non-photosensitive, and has a short growth period. The main environmental factors limiting the rice cultivation practice are seasonal changes in water resources such as flooding and rainfall.

## Materials and Methods

### Satellite imagery

In this study, Terra/MODIS surface-reflectance 8-day composite data (MOD09Q1 v005 and MOD09A1 v005) acquired in the period from 2000 to 2011 were used to detect the area of inundation and damage on crop production. These products are distributed thorough the Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS 2012). The spatial resolution of MOD09Q1 is approximately 250 m, whereas that of MOD09A1 is approximately 500 m. To produce 250-m resolution map in this study, therefore, MOD09A1 at 500-m resolution were re-sampled to 250-m resolution with the nearest-neighbor method. The study area was subset from the larger MODIS scene (h27v07).

The Enhanced Vegetation Index (EVI; Huete et al. 2002), the Land Surface Water Index (LSWI; Xiao et al. 2005) and the difference value between EVI and LSWI (DVEL; Xiao et al. 2005; Sakamoto et al. 2007) were used as indices for analysis in this study. The equations used to derive EVI, LSWI and DVEL from MODIS reflectance data are as follows:

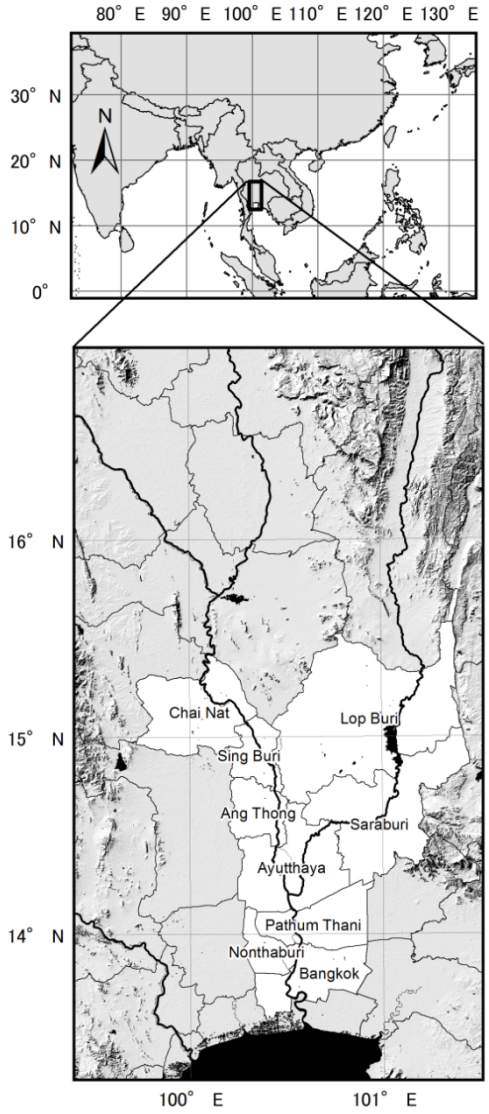



**Fig. 1** Study area. The 9 provinces showing here were used as a unit for comparisons of flood damage between estimation of this study and provincial statistical data.

$$\mathrm{EVI} = G \times \frac{NIR - RED}{NIR + C_1 \cdot RED - C_2 \cdot BLUE + L} \quad (1)$$

$$\mathrm{LSWI} = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (2)$$

$$\mathrm{DVEL} = \mathrm{EVI} - \mathrm{LSWI} \quad (3)$$

where NIR, RED, BLUE and SWIR are the surface reflectance in the near infrared (band 2), the red (band 1), the blue (band 3) and the short-wave infrared (band 6) respectively. And G is a gain factor (G = 2.5), and C1 and C2 are coefficients of the aerosol resistance term that uses the 500 m blue band of MODIS to correct for aerosol influences in the red band (C1 = 6.0 and C2 = 7.5), and L is the canopy background adjustment (L = 1) (Huete et al. 2002).

MODIS 8-days composite reflectance data were consisted of the best possible observation during an 8-

day period as selected on the basis of high observation coverage, low view angle, the absence of clouds or cloud shadow and aerosol loading (Vermote and Kotchenova 2008). The 8-days composite data observed in study area, however, still contain noisy pixel particularly affected by clouds because of the monsoon climate. To produce noiseless image and smoothed time-series data set, Savitzky-Golay (SG) filtering method was applied to the EVI, LSWI and DVEL time-series data (Gu et al. 2009; Chen et al. 2004).

Detection of inundated area

In order to detect spatial distributions and temporal changes of inundation, we employed a methodology termed Wavelet based Filter for detecting spatio-temporal changes in Flood Inundation (WFFI) developed by Sakamoto et al. (2007). The WFFI had shown high accuracy in the detection of spatial distributions and temporal changes of inundation in the application in the Mekong River Delta region in existing studies (Sakamoto et al. 2007; Sakamoto et al. 2009). In this study, the wavelet based filter which generates a smoothed time-series data in procedure of WFFI was replaced to the SG filter as described above. The WFFI detects the water surface with classified into *mixture* and *flood* (Sakamoto et al. 2007).

A *mixture* pixel represents the area partly covered by water mixed with vegetation, soil and the other materials. In the case of paddy field, it could appear around the sowing time of paddy. The *mixture* pixel is discriminated when following conditions is satisfied.

$$\mathrm{DVEL} \leq 0.05 \text{ and } 0.1 < \mathrm{EVI} \leq 0.3 \qquad (4)$$

A *flood* pixel represents the area mostly covered by water. It could appear during the flood season if rice plant was fully submerged. The *flood* pixel satisfies with either following condition (5) or (6).

$$\mathrm{DVEL} \leq 0.05 \text{ and } \mathrm{EVI} \leq 0.1 \qquad (5)$$

$$\mathrm{LSWI} \leq 0 \text{ and } \mathrm{EVI} \leq 0.05 \qquad (6)$$

The area where *flood* pixel appears more than 250 successive days was discriminated as long water body. River and canal areas were also masked using MODIS 250-m land-water mask dataset (MOD44W).

Fig. 2 shows an example of time-series variations of denoised EVI, LSWI and DVEL for 3 years in double rice cropping field. Applying WFFI to relationship of these three indices, the *flood* appeared in the period from 8th August to 29th August in 2010 and in the period from 30th September to 25th November 2011.

Detection of inundation damage of rice

Naturally, the submergence damage of rice could be reduced significantly if rice had been harvested before inundation, even in the year of severe flood (Kotera et al. 2005, 2007). In existing flood damage assessments for regional scale however, it had been difficult to detect differences in damage caused by small differences in the timing of inundation and rice cultivation.

To detect spatial distribution of submerged rice, we examined temporal relationship between the harvest time estimated from time-series EVI and the onset of inundation estimated. The flood damages on rice production in inundated field were categorized into 3 levels; *no damage*, *total loss* and *partial loss*.

A *no damage* pixel represents the area where the rice has been harvested before the onset of inundation. Completion date of the harvest was estimated at after 40 days from the maximal value of EVI. The maximal value of EVI at the rice cultivation field could indicate the time of heading stage of rice (Sakamoto et al. 2005).

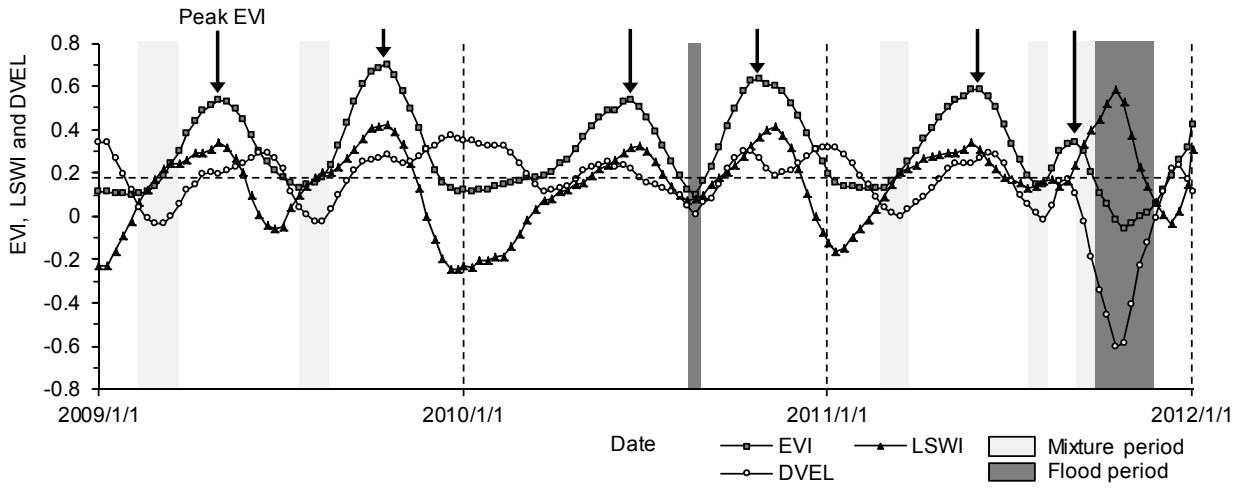



**Fig. 2** Time-series variations of denoised EVI, LSWI and DVEL for 3 years in double rice cropping field at 15° 01' N, 100°32'E.

Onset of inundation was obtained by WFFI described previous section.

A *total loss* pixel represents the area that rice plant was fully submerged before harvesting. In the case of that, rice would be seriously damaged and consequently production would be virtually loss. Even if it was harvested after water descending, yield would be lost economically because of low grain quality. The *total loss* pixel is discriminated in the condition that the *flood* pixel emerged within 40 days after the maximal value of EVI.

A *partial loss* pixel represents the area submerged by the *mixture* water before harvesting, which is discriminated in the condition that the *mixture* pixel emerged within 40 days after the maximal value of EVI. However, the *mixture* pixel derived from MODIS in this study may include a broad situation of the inundation, e.g. shallow submergence or mixture of full, shallow and no submergence. Therefore the degree of flood damage in the *partial loss* pixel could take a broad range from zero to the total loss.

As in the case of Fig. 2, rice cropping in rainy season in 2011(major rice crop season) could be discriminated as *total loss* caused by fully submergence before harvesting from 30th September 2011. On the other hand, flood in the period from 8th August to 29th August in 2010 might not damage rice because it was short time flooding in the sowing time.

Comparison data

To evaluate the flood area derived from MODIS time-series data, flood map derived from RADARSAT-1 images acquired in 21st September 2011 and 15th October 2011, produced by "Geo-Informatics and Space Technology Development Agency, Thailand" (hereafter termed RADARSAT product) distributed from "Thailand Flood Monitoring System" (GISTDA 2011) , were compared. RADARSAT-1 image observed using C-band Synthetic Aperture Radar (SAR) sensor with 50 m resolution have been widely accepted in identifying flood areas where the persistent cloud cover makes optical sensing system difficult (Hoque et al. 2011; Wilson and Rashid 2005). Flood area in GISTDA products were aggregated to each provincial scale at 9 provinces (Fig. 1) to compare with the results derived from MODIS.

To evaluate the flood damage area derived from MODIS time-series data, flood damage assessment reports of 9 provinces (Fig. 1) issued by Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand in 8th November (DOAE 2011) were compared. Field inspections in study site were conducted in Jan 2012 and July 2012.

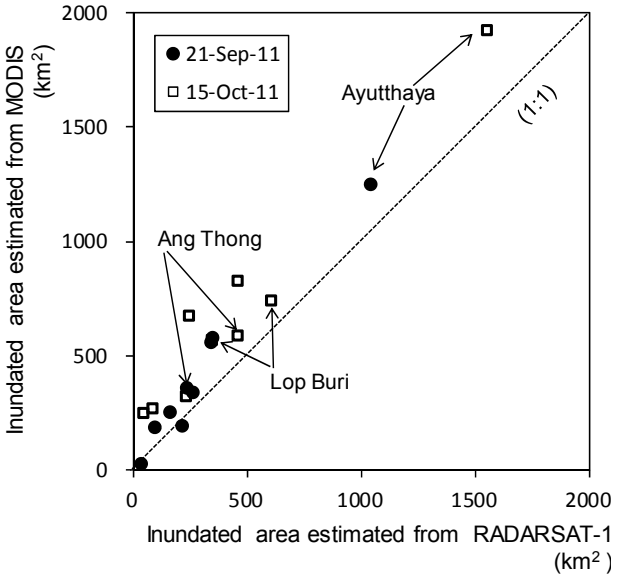



**Fig. 3** Comparison of inundation area estimated from MODIS and RADARSAT-1 in 21 Sep 2011 (RMSE=146 km$^2$, $R^2$=0.96) and 15 Oct 2011 (RMSE=261 km$^2$, $R^2$=0.95) Object areas of 9 provinces were described in Fig. 1.

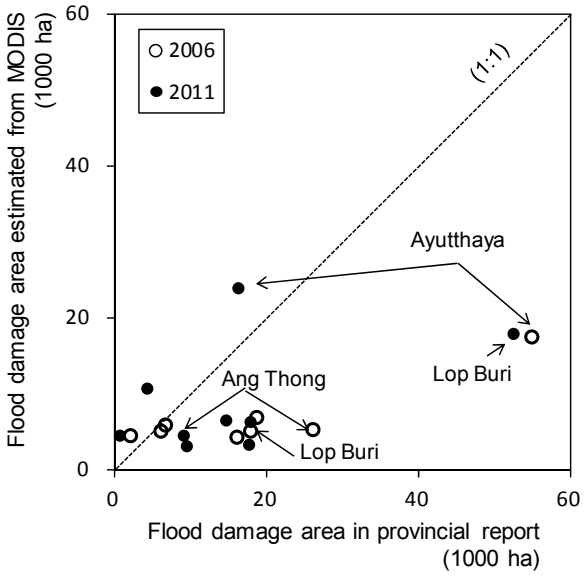



**Fig. 4** Comparison of flood damage area between the estimation derived from MODIS and provincial reports in 2006 (RMSE=17,077 ha, $R^2$=0.79) and 2011 (RMSE=14190 ha, $R^2$=0.25). Object areas of 9 provinces were described in Fig. 1.

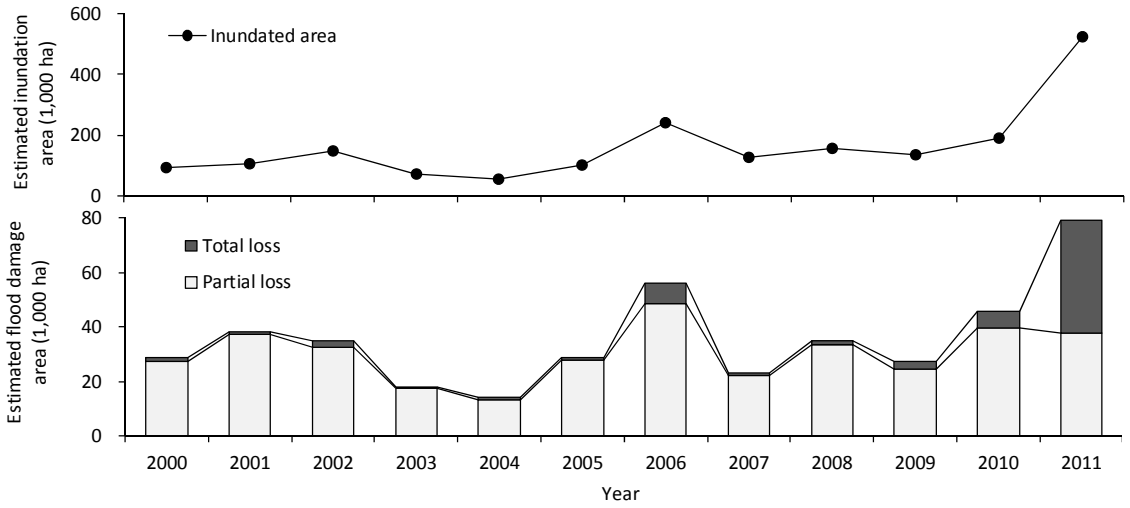



**Fig. 5** Annual change of total area of inundation and flood damage at 9 provinces from 2000 to 2011

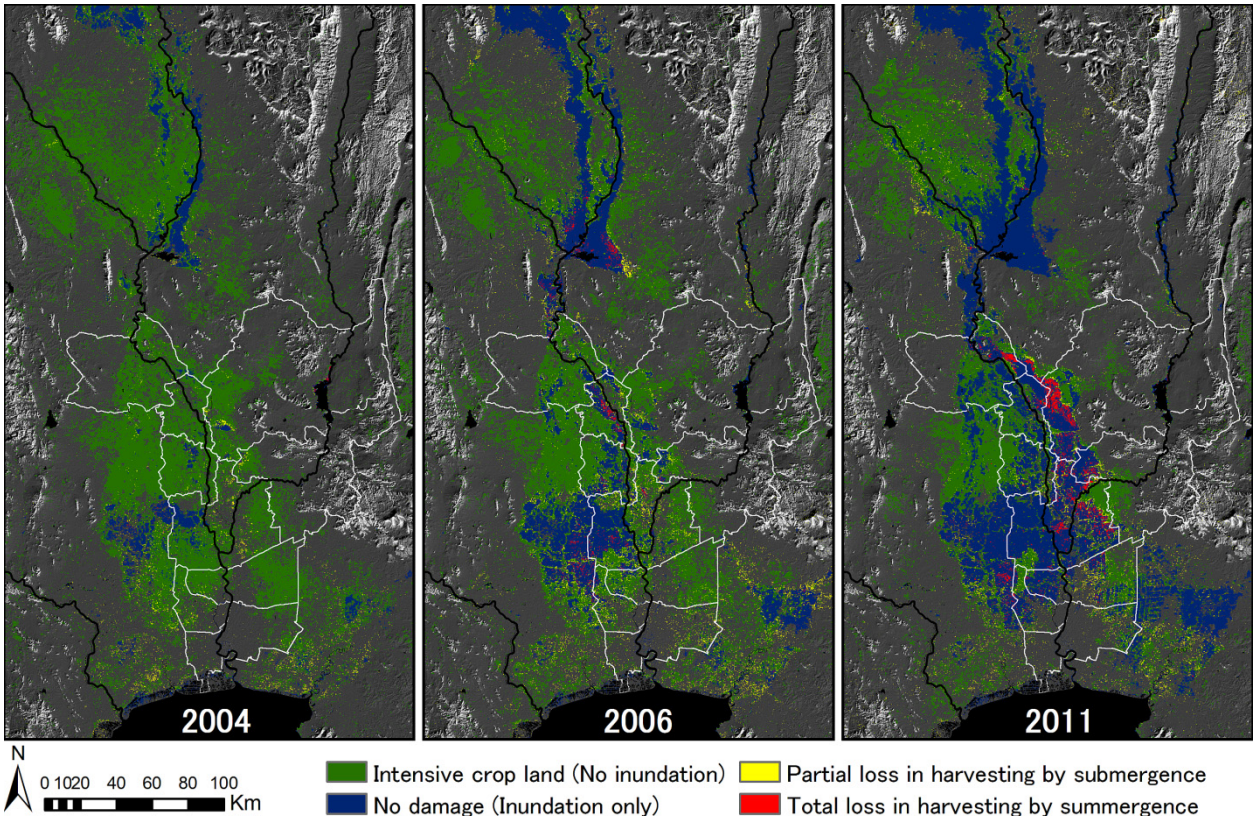



**Fig. 6** Spatial distribution of flood damages on paddy field in 2004, 2006 and 2011. Flood expansion in 2004, 2006 and 2011 were the smallest, 2nd largest, and the largest in the period of 2000 – 2011, respectively.

## Results and discussion

### Comparison of inundation area between MODIS and RADARSAT products

Fig. 3 shows comparison of inundated area derived from MODIS and RADARSAT at province level. The area estimated from MODIS was calculated as a sum of *flood* and *mixture* area. Root mean square error (RMSE) and decision coefficient ($R^2$) in overall data were 212 $km^2$ and 0.94, respectively. Inundation area estimated from MODIS tended to be overestimated comparing to the RADARSAT products. Most overestimated pixels were found in the pixels discriminated as *mixture*. The tendency of this overestimation in MODIS had been also recognized in the study of Sakamoto et al. (2007). These errors might be caused by spatial resolution of MODIS and frequent cloud noises in the flood season in the study area. Reflectance mixture caused by heterogeneous land use within one pixel area of MODIS (250-m) might cause decrease of discrimination accuracy. The increase of the amount of noise might also decrease the accuracy of reflectance, even though cloud noises were removed and interpolated appropriately.

### Comparison of flood damage area between MODIS products and provincial reports

Fig.4 shows comparison of flood damage area between the estimation derived from MODIS and provincial reports in 2006 and 2011. The area estimated from MODIS was calculated as a sum of *total loss* and *partial loss* area. Root mean square error (RMSE) and decision coefficient ($R^2$) in 2006 were 17,077 ha and 0.79, respectively. And those in 2011 were 14,190 ha and 0.25, respectively. It was shown that consistency of MODIS estimation and statistical data were considerably low, and that most of MODIS estimations were largely underestimated to statistical data, even though inundated area tended to be overestimated as shown in Fig. 3.

The error tended to be increased at the province where the ratio of the damaged area in statistical data to the total inundated area was higher. For instance, the ratio of that in Ayutthaya in 2006 and Lop Buri in 2011 which marked large errors were 74% and 75%, respectively, whereas the ratio of that in Ayutthaya in 2011 and Lop Buri in 2006 were 9% and 70%, respectively.

So far in our field inspection and interview with local farmers in Ayutthaya province, it was confirmed that the flood damage in 2011 was much severer than that in 2006, supporting MODIS estimation. Spatial distribution of damaged area (Fig. 6) was also recognized as reasonable by the interview with farmer. Damages in Lop Buri province were also similar situation; at least, it was confirmed many cases that there were paddy fields that have done harvest before inundation. Thus, it was considered that the statistics values showing high ratio of the damage to the inundation area may have been counted all inundated paddy field despite submergence damage, or may have been included an another criteria of flood damage such as destruction of equipment and delaying sowing induced by late recession.

The methodology using MODIS time-series data may also have room for improvements. Temporal resolution used in this study was 8-days interval. Reliability in detecting onset of inundation and crop phenology could be improved by enhancing 8-days data to daily time step data by applying more appropriate noise reduction and interpolation method.

### Flood damages in 12 years

Fig. 5 shows annual changes of flood damage and inundated area in 12 years from 2000 to 2011 derived from MODIS time-series data. Average and coefficient of variance (CV) of the damaged area in 12 years were 35,818 ha and 47% (in which those of *total loss* were 5,593 ha and 197%), respectively.

The largest flood damage was occurred in 2011, which were estimated to be 79,200 ha, in which 41,400 ha were discriminated as the *total loss*. The damaged area in 2011 was evaluated as approximately twice scale of average damaged area in recent 12 years. Particularly, the *total loss* area has expanded largely in the flood in 2011, which was approximately four times larger than 12 years average. The second largest damage after 2011 was occurred in 2006 (56,314 ha) and the smallest was in 2004 (14,449 ha). It would be obviously that the flood damage in 2011 was extremely abnormal disaster in recent 12 years.

Annual change of damaged area has been fluctuated in almost parallel with the change of the inundation area ($R^2$ = 0.87). Employing this relationship, it can be predicted that the flood damage in study area is occurred in 24% of inundated area in every year.

However, spatial distributions of damaged area changed by year (Fig. 6). For instance, in the case of Sin Buri province, flood damages in 2006 were occurred intensively at the west bank of the Chao Phraya River (Fig. 6 center). In 2011 case, however, flood damages at this area were avoided, even though the area was inundated (Fig. 6 right). In 2004 case, inundation was not occurred in this area. These differences of flood damage between 2006 and 2011 in Sin Buri could be explained by comparing time-series data. The onsets of inundation were emerged in almost same time in both years although inundation period was shorter in 2006. However, the sowing time of the Major Rice crop in 2006, which can be detected from minimal peak in time-series EVI data, has started about 2 months later than that in 2011. Consequently, the rice in 2006 was submerged before harvesting and that in 2011 was able to be avoided from inundation.

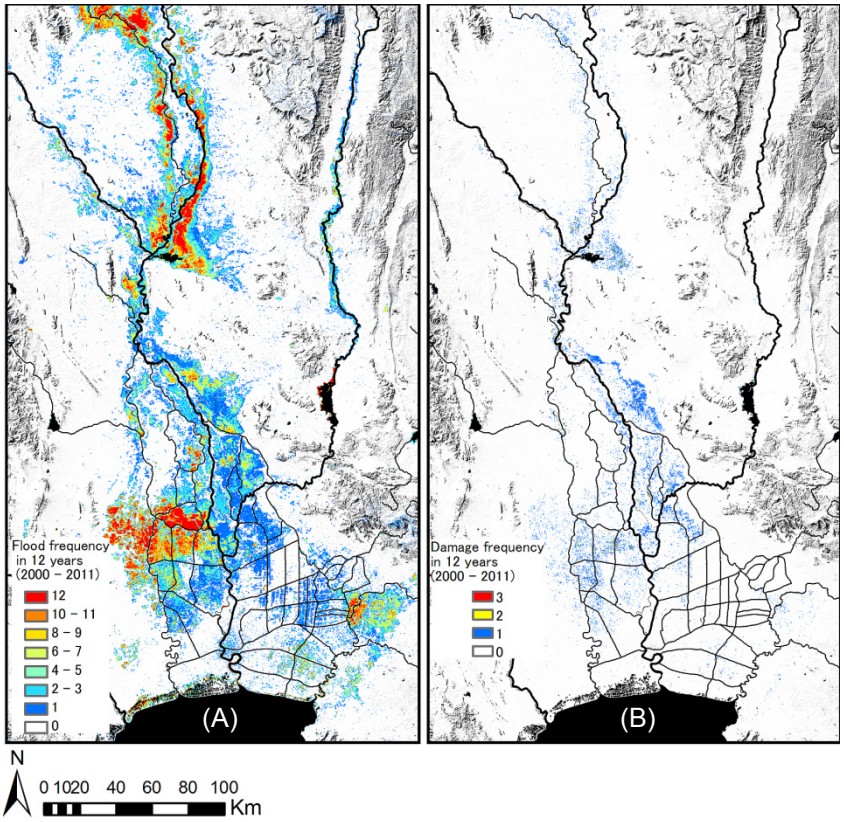



**Fig. 7** Frequencies of inundation (A) and damage (B) in 12 years in the period from 2000 to 2011.

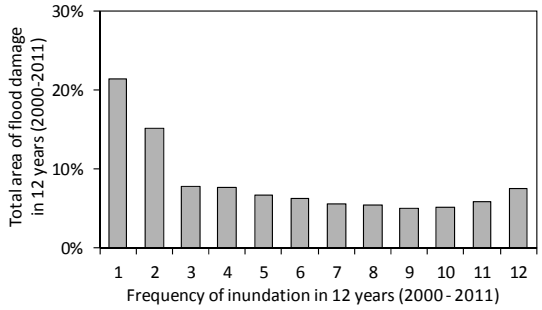



**Fig. 8** Relationship between flood frequency and total damaged area for 12 years

The Map showing in Fig. 7(A) describes the frequency of the inundation for 12 years from 2000 to 2011. It could be found where the flood-prone areas in the Chao Phraya River delta were. Most of the area where the flood frequency was only once for 12 years was caused by flood in 2011.

Fig. 7(B) shows the frequency of the flood damage for 12 years. The area where had been damaged by inundation only once for 12 years were estimated as 88% of total damaged area for 12 years. It could be said that very little paddy field have experienced flood damages more than once in the 12 years. Relationship between flood frequency and total damaged area for 12 years shown in Fig. 8 suggests that flood damages were likely to occur in a paddy field with low frequency of the inundation. Although flood damages had been occurred even in the flood-prone area, the probability of occurrence of damage for each flood would become lower. The reason of that can be found at that paddy cultivation in flood-prone area had been adapted to flood environments by using such a crop calendar avoiding flood season.

## Conclusion

This study attempts to clarify spatial and temporal changes of flood damage on rice production in the Chao Phraya delta, Thailand at regional scale from 2000 to 2012. For this assessment, we proposed a new approach to detect flood damage of rice, focusing on a fatal crop failure caused by submergence of rice before harvesting. Damages were examined by considering temporal relationship between the harvest time and the onset of inundation estimated from MODIS 250m time-series data. By the flood damage assessment using 12 years MODIS data, a lot of valuable and suggestive findings was brought.

Although estimations in spatial pattern of damaged area were agreed with our field inspections in most part, area estimations showed low consistency with large under estimation to official statistical data at 9 provinces. Total area of submerged rice by the historical severe flood in 2011 at 9 provinces was evaluated approximately 79,200 ha in which 41,400 ha was submerged severely, while official statistical data showed 143,700 ha. One of the reasons was implied that

there were differences in the criteria of flood damage between the two assessments. Flood damage in this study was just focused on submergence damage of rice before the harvesting, whereas the flood damage in official statics might have broader sense of flood damage including such a destruction of equipment and delaying sowing induced by late recession.

The damaged area in 2011 was approximately twice scale of damage in average of recent 12 years. Most of these damaged areas in 2011 were found in the area where had never been damaged in recent 12 years, while the damages in flood-prone area were limited. Although the total damaged area in whole delta has been changed in almost parallel with the change of the total inundation area, spatial patterns of damaged area were changing by year regardless of flood extent. Many of paddy fields that had experienced damage by the flood in 2006 have avoided the damage in the flood in 2011 despite of longer inundation period. Further attention to such case would be useful for the development of damage mitigation measures.

The new methodology proposed in this study would be a promising tool for the flood damage assessment, which allows quick investigation providing valuable findings from the point of view of regional and long-term scale.

**Acknowledgements** We thank to staffs of Thai Royal Irrigation Department (RID). This research was partially supported by the Core Research for Evolutional Science and Technology (CREST) program of the Japan Science and Technology Agency (JST) and the Japanese Institute of Irrigation and Drainage (JIID).

## References

Brakenridge GR, Anderson E, Nghiem SV, Caquard S, Shabaneh TB (2003) Flood warnings, flood disaster assessments, and flood hazard reduction: the roles of orbital remote sensing. 30th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Honolulu, HI, November 10-14, 2003.

Chen J, Jönsson P, Tamura M, Gu Z, Matsushita, B, Eklundh L (2004) A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky–Golay filter. Remote Sens of Environ 91:332-344.

Dartmouth Flood Observatory (2012) Space-based Measurement of Surface Water For Research, Educational, and Humanitarian Applications. Available at. http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html

DOAE (2011) Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. Flood damage assessment reports issued in 8th November.

EOSDIS (2012) NASA's Earth Observing System Data and Information System. Available at. http://earthdata.nasa.gov/

GISTDA (2011) Geo-Informatics and Space Technology Development Agency. Thailand Flood Monitoring System. Available at. http://flood.gistda.or.th/

Gu J, Li X, Huang C, Okin GS (2009) A simplified data assimilation method for reconstructing time-series MODIS NDVI data. Advances in Space Research 44:501-509.

Hoque R, Nakayama D, Matsuyama H, Matsumoto J (2011) Flood monitoring, mapping and assessing capabilities using RADARSAT remote sensing, GIS and ground data for Bangladesh. Natural Hazards 57:525-548.

Huete A, Didan K, Miura T, Rodriguez EP, Gao X, Ferreira LG (2002) Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sens Environ 83: 195–213.

Kotera A, Nawata E, Thao LV, Vuong NV, Sakuratani T (2005) Effect of Submergence on Rice Yield in the Red River Delta, Vietnam. Japanese Journal of Tropical Agriculture 49: 197-206

Kotera A, Nawata E (2007) Role of plant height in the submergence tolerance of rice: a simulation analysis using an empirical model. Agricultural and Water Management 89: 48-58.

Sakamoto T, Nhan NV, Kotera A, Ohno H, Ishitsuka N, Yokozawa M (2007) Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery. Remote Sensing of Environment. 109: 295-313.

Sanyal J, Lu XX (2004) Application of remote sensing in flood management with special reference to monsoon Asia: a review. Natural Hazards 33:283-301.

Vermote EF, Kotchenova SY (2008) MOD09 (SurfaceReflectance) User'sGuide. Available at. http://modis-sr.ltdri.org/products/MOD09_UserGuide_v1_2.pdf

Wilson BA, Rashid H (2005) Monitoring the 1997 flood in the Red River Valley using hydrologic regimes and RADARSAT imagery. Can Geogr 49:100–109.

Xiao X, Boles S, Liu JY, Zhuang DF, Frolking S, Li CS (2005) Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images. Remote Sens. Environ. 95 (4): 480–492.

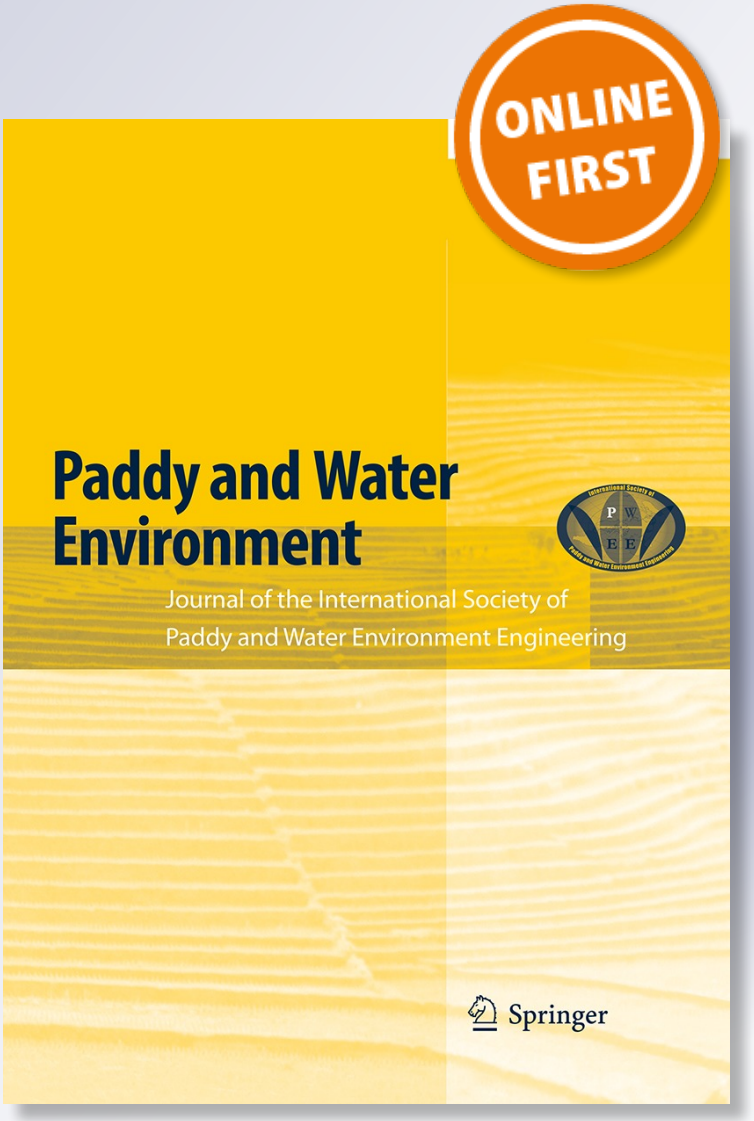
# *Assessing the degree of flood damage to rice crops in the Chao Phraya delta, Thailand, using MODIS satellite imaging*

**Akihiko Kotera, Takanori Nagano, Patinya Hanittinan & Sucharit Koontanakulvong**

**Paddy and Water Environment**

ISSN 1611-2490

Paddy Water Environ
DOI 10.1007/s10333-015-0496-9




Springer

Your article is protected by copyright and all rights are held exclusively by The International Society of Paddy and Water Environment Engineering and Springer Japan. This e-offprint is for personal use only and shall not be self-archived in electronic repositories. If you wish to self-archive your article, please use the accepted manuscript version for posting on your own website. You may further deposit the accepted manuscript version in any repository, provided it is only made publicly available 12 months after official publication or later and provided acknowledgement is given to the original source of publication and a link is inserted to the published article on Springer's website. The link must be accompanied by the following text: "The final publication is available at link.springer.com".



Author's personal copy

Paddy Water Environ
DOI 10.1007/s10333-015-0496-9

ARTICLE

# Assessing the degree of flood damage to rice crops in the Chao Phraya delta, Thailand, using MODIS satellite imaging

**Akihiko Kotera[1] · Takanori Nagano[2] · Patinya Hanittinan[3] · Sucharit Koontanakulvong[3]**

Received: 3 October 2014 / Revised: 7 March 2015 / Accepted: 20 April 2015
© The International Society of Paddy and Water Environment Engineering and Springer Japan 2015

**Abstract** The Chao Phraya delta in Thailand is a major rice production area. It is often subject to large flooding events, which may result in widespread crop failures, as most recently recorded in 2011 and 2006. The extent of flood damage in such areas is commonly assessed by field surveys. In this study, we investigate the spatial extent of flood damage to rice production in the Chao Phraya delta from 2000 to 2011 using moderate resolution imaging spectroradiometer satellite images. We examine the temporal relationship between the harvest time, estimated from the time-series enhanced vegetation index (EVI), and the onset of inundation, estimated from the time-series land surface-water index and EVI. The total area of rice damage throughout nine provinces in the Chao Phraya delta during the severe flood in 2011 was estimated to be 79,189 ha, of which 41,410 ha was estimated as total damage. The damage in 2011 was particularly severe on the eastern side of the Chao Phraya River, and we found that most of the paddy fields that experienced flood damage in 2006 did not experience similar damage in 2011, despite the longer inundation period. Analysis over this 12-year period showed that there were few areas that were repeatedly subjected to damage, highlighting successful adaptations to avoid damage. This novel approach to agronomic flood-damage assessment using high temporal resolution imaging proposed in this study proved to be a promising tool for agronomic flood-damage assessments, which enable quick investigations providing valuable findings from wide area and long-term perspectives.

**Keywords** Crop failure · Damage assessment · Thailand flood 2011 · Submerged rice

✉ Akihiko Kotera
akotera@chikyu.ac.jp

[1] Research Institute for Humanity and Nature, Kamigamo, Kita-ku, Kyoto 603-8047, Japan

[2] Graduate School of Agricultural Science, Rokkodai-cho, Nada-ku, Hyogo, Kobe 657-8501, Japan

[3] Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand

## Introduction

Rice cultivation in irrigated and rain-fed lowlands is often affected by inundation caused by floods. Damage caused by submergence in floodwaters is a major factor limiting rice production in such areas. In the context of climate change, the occurrence of extreme floods is likely to increase both in spatial extent and frequency in the existing flood-prone regions (Milly et al. 2002; Hirabayashi et al. 2008).

In a recent case, the Chao Phraya delta, Thailand—a major rice exporting area in the world—suffered an unprecedented scale of flood in 2011. Crop productions were affected, with 7.3 million rai (1.2 million ha) of crop area and THB 36 billion (US$ 1.1 billion) of crop damage and losses in the whole country (The World Bank 2012). Therefore, it is increasingly important to develop mitigation and adaptation strategies against present and future floods, and this is made possible only through precise and accurate analysis of past flood damage.

Methods to analyze flood events using satellite-based remote sensing techniques have been developed over the last decade (Brakenridge et al. 2003; Sanyal et al. 2004; Sakamoto et al. 2007) and have become operational (Dartmouth 2012; GISTDA 2011). The total inundation area is generally detected by two different types of

Published online: 30 April 2015

Author's personal copy



methodology either employing synthetic aperture radar (SAR) images such as RADARSAT-1/2 and phased array type L-band synthetic aperture rader (PALSAR) or optical sensor images such as Landsat enhanced thematic mapper plus and moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS).

For SAR image analysis, temporal variations in the radar backscatter can be used to detect the spatial extent of flood (Auynirundronkool et al. 2012). Using SAR enables the generation of cloud-free flood image with high accuracy; but it is difficult to track the seasonal changes of an inundated area using SAR because of the limitations of the recurrence period and acquisition cost. On the other hand, the MODIS has an advantage in a high frequency of daily image acquisition. For image analysis using MODIS, spectroscopic characterization of short-wave infrared (SWIR), which is sensitive to moisture content in soil and vegetation, and the normalized difference vegetation index (NDVI) or the enhanced vegetation index (EVI) can be used (Xiao et al. 2005). Although the disadvantage of MODIS is a coarse spatial resolution ($\sim$250 m) compared with that of RADARSAT and Landsat images, using MODIS time-series flood image makes it possible to appropriately track floods.

However, these flood detection technologies do not show us the images in terms of a damaged area from an appropriate agronomical viewpoint and just provides the images of the inundated area. Damage may not always occur, even if the paddy fields are flooded. For example, an agronomic damage on rice never occurred in a harvested paddy field. Although rice adapts well to being submerged in water, tolerance of rice varies depending on the flood conditions such as duration of submergence and water temperature as well as growth conditions of the rice itself such as the growth stage, rice variety, and cultivation management (Ito et al. 1999; Visser et al. 2003; Kotera et al. 2005). If a small part of a plant is present above water, rice can survive even during long-term submergence (Matsushima 1968; Kotera et al. 2005). However, submergence during the heading stage would seriously hinder pollination and the maturing process of rice. Thus, submergence during this maturing stage would damage grain production and quality (Matsushima 1968; Kotera et al. 2005). This is referred to as agronomic damage.

To assess the degree of flood damage, we aim to address this by applying a new methodology focusing on the timing of the flood relative to the harvesting time, using MODIS time-series satellite-based remote sensing data.

The aims of this study are to

(1) Identify the inundation damage to the rice in the Chao Phraya delta, Thailand. We aim to detect areas where actual agronomic damage has occurred to rice during submergence by floodwaters.
(2) Identify area and quantify the frequency of agronomic damage caused by floods in nine provinces over the period between 2000 and 2011.

## Study area

The Chao Phraya delta is located in the central region of Thailand, facing the Gulf of Thailand. In this study, nine provinces (Chai Nat, Lop Buri, Sing Buri, Ang Thong, Saraburi, Ayutthaya, Pathum Thani, Nonthaburi, and Bangkok) in the coverage area (99°00′E–101°30′E, 13°15′N–17°00′N) are chosen as the study area, as shown in Fig. 1.

This region has a tropical monsoon climate, consisting of three seasons: winter (November to February), hot (March to May/June), and rainy (May/June to October) (Chokngamwong et al. 2008). The river discharge of the Chao Phraya River increases during the rainy season and it peaks in September and October (Fig. 2). The inundation in the Chao Phraya River delta region occurs between July and November because of the annual river flooding.

Rice paddies occupy most of the land in the Chao Phraya delta region, with harvests occurring two or three times a year (Fig. 2). Most of the rice currently grown in the Chao Phraya delta is the improved, high-yielding variety, which is short-culmed and non-photosensitive with a short growth period, and most of the farmers use the direct sowing method (Pandey et al. 2002). The main environmental factors limiting the rice cultivation practice are the seasonal changes in water resources, and as such, irrigation systems are necessary to maintain cultivation during the dry seasons (Ueda et al. 2005).

## Materials and methods

### Satellite imagery

In this study, two sets of Terra/MODIS surface-reflectance 8-day composite data [MOD09Q1 v005 (250-m resolution) and MOD09A1 v005 (500-m resolution)] were acquired for the period between 2000 and 2011 from the Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS 2012). The study area formed a subset of the larger MODIS scene (h27v07).

To produce a 250-m resolution map, we resampled 500-m MOD09A1 data to 250-m resolution by applying ratio ($R$) of red band (band 1) in MOD09Q1 to it in MOD09A1 (Gumley et al. 2010).

Author's personal copy



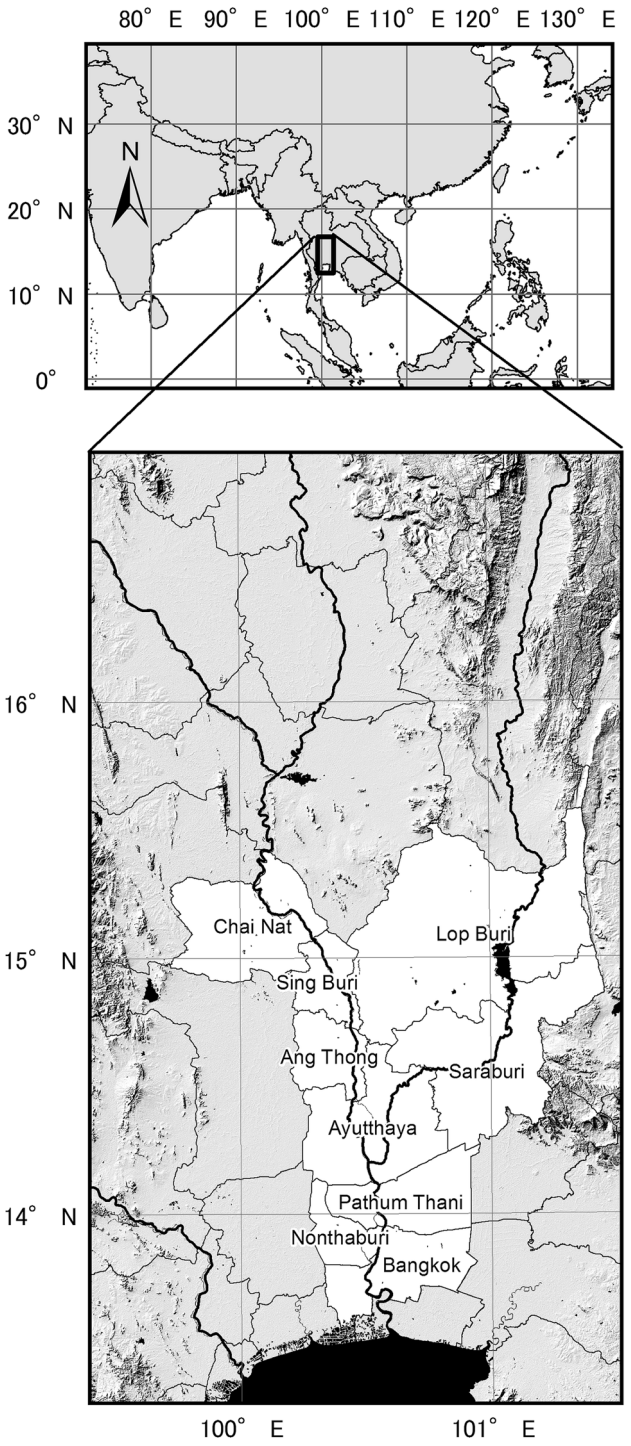



**Fig. 1** Location of the nine provinces in lower Chao Phraya delta, Thailand study area

$$R = \mathrm{RED}^*/\mathrm{RED}, \quad (1)$$

$$\mathrm{NIR} = \mathrm{NIR}^*/R, \quad (2)$$

$$\mathrm{BLUE} = \mathrm{BLUE}^*/R, \quad (3)$$

$$\mathrm{SWIR} = \mathrm{SWIR}^*/R, \quad (4)$$

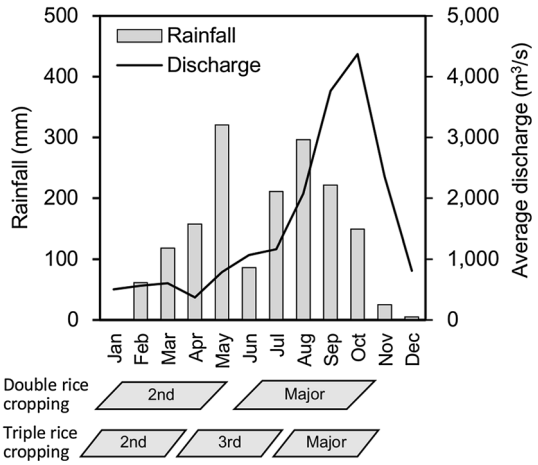



**Fig. 2** Monthly rainfall and river discharge observed at Nakhon Sawan, Chao Phraya delta in 2011 and recent rice cropping patterns

where RED* and RED are red bands at 500 and 250 m resolution, respectively. NIR*, BLUE*, and SWIR* are the surface reflectance at 500 resolution in the near-infrared band (band 2), blue band (band 3), and short-wave infrared band (band 6), respectively. NIR, BLUE, and SWIR are the surface reflectance resampled at 250 m resolution.

The EVI (Eq. 3) (Huete et al. 2002), land surface-water index (LSWI) (Eq. 4) (Xiao et al. 2005), and the difference between EVI and LSWI (DVEL) (Eq. 5) (Xiao et al. 2005; Sakamoto et al. 2007) were used as indices for the analysis, and are defined in Eqs. 3–5, respectively.

$$\mathrm{EVI} = G \times \frac{\mathrm{NIR} - \mathrm{RED}}{\mathrm{NIR} + C_1 \cdot \mathrm{RED} - C_2 \cdot \mathrm{BLUE} + L} \quad (3)$$

$$\mathrm{LSWI} = \frac{\mathrm{NIR} - \mathrm{SWIR}}{\mathrm{NIR} + \mathrm{SWIR}} \quad (4)$$

$$\mathrm{DVEL} = \mathrm{EVI} - \mathrm{LSWI}, \quad (5)$$

where $G$ is the gain factor ($G = 2.5$). $C_1$ and $C_2$ are the coefficients of the aerosol resistance term, which uses the 500-m blue band of MODIS to correct aerosol influences on the red band ($C_1 = 6.0$ and $C_2 = 7.5$). $L$ is the canopy background adjustment ($L = 1$) (Huete et al. 2002).

MODIS 8-day composite-reflectance data consist of the best possible observation data available during the 8-day period selected on the basis of high observation coverage, low view angle, absence of clouds or cloud shadow, and aerosol loading (Vermote and Kotchenova 2004). However, the 8-day composite data observed in the study area still contained problematic pixels, such as those affected by monsoon clouds. To produce noise-free and smooth time series, we applied the Savitzky–Golay (SG) filtering method (summarized in Gu et al. 2009; Chen et al. 2004) implemented in Interactive Data Language (IDL) 8.2 (Exelis VIS 2014) to EVI, LSWI, and DVEL time-series data.

Author's personal copy



### Detection of the inundated area

To detect the spatial distributions and temporal changes of inundation, we employ a methodology termed "Wavelet-based Filter for detecting spatio-temporal changes in Flood Inundation (WFFI)," developed by Sakamoto et al. (2007). We refer the reader to this original paper for a full description. Briefly, WFFI detects inundation by two different classes of pixels referred to as *mixture* and *flood* (Sakamoto et al. 2007), and has demonstrated a high degree of accuracy in predicting spatial and temporal trends in inundation following flooding of the Mekong River delta region in Vietnam (Sakamoto et al. 2007; Sakamoto et al. 2009).

A *mixture* pixel represents an area comprising vegetation, soil, and other materials, partly covered by water. In the case of paddy fields, it may appear at around the sowing time of the paddy. The pixel is identified when the following conditions are satisfied:

$$\mathrm{DVEL} \leq 0.05 \text{ and } 0.1 < \mathrm{EVI} \leq 0.3. \quad (6)$$

A *flood* pixel represents an area covered mostly by water. It may appear during the flood season if rice plants are completely submerged. The pixel satisfies either of the following conditions described by Eqs. (7) or (8):

$$\mathrm{DVEL} \leq 0.05 \text{ and } \mathrm{EVI} \leq 0.1 \quad (7)$$

$$\mathrm{LSWI} \leq 0 \text{ and } \mathrm{EVI} \leq 0.05. \quad (8)$$

The areas in which a *flood* pixel appears for more than 250 successive days are considered as "*long water bodies*." Permanent water bodies such as rivers and canals were masked using MODIS 250-m land–water mask dataset (MOD44W).

An example time series which show the variability in EVI, LSWI, and DVEL over three years in a double rice cropping field (with noise removed) is presented in Fig. 3. In this case, *flood* pixels are present from August 8 to August 29, 2010 and from September 30 to November 25, 2011.

### Detection of inundation damage to rice

Damage to rice due to submergence can be avoided significantly if the rice is harvested before inundation (Kotera et al. 2005; Kotera and Nawata 2007). To do this, we developed an original method to detect the spatial distribution of the submerged rice, by examining the temporal relationship between the harvest time, estimated from time-series EVI and the evaluated onset of inundation detected by WFFI.

We categorized the flood damage to rice in the inundated field into three levels: *no-loss*, *total-loss*, and *partial-loss* using the following algorithm (Fig. 4).

A *no-loss* pixel represents an area where rice was harvested before the onset of inundation. The completion date of the harvest was estimated to be 40 days after the peak value of EVI, considering a ripening period of rice and heterogeneity of harvest time within the area of large pixel size in the MODIS image. The peak value of EVI in the rice cultivation field may indicate the time of the heading stage of rice (Sakamoto et al. 2005). The onset of inundation was obtained using WFFI, as described in the previous section.

A *total-loss* pixel represents an area where rice was completely submerged before harvesting. In this case, rice would be seriously damaged, and consequently, harvests would be lost. Even if it was harvested after the water had receded, the yield would be significantly reduced because of low grain quality. The *total-loss* pixel was observed in conditions when the *flood* pixel was identified within 40 days after the peak value of EVI.

A *partial-loss* pixel represents the area where the *mixture* pixel emerged within 40 days after the peak value of EVI. The *mixture* pixel derived from MODIS in this study

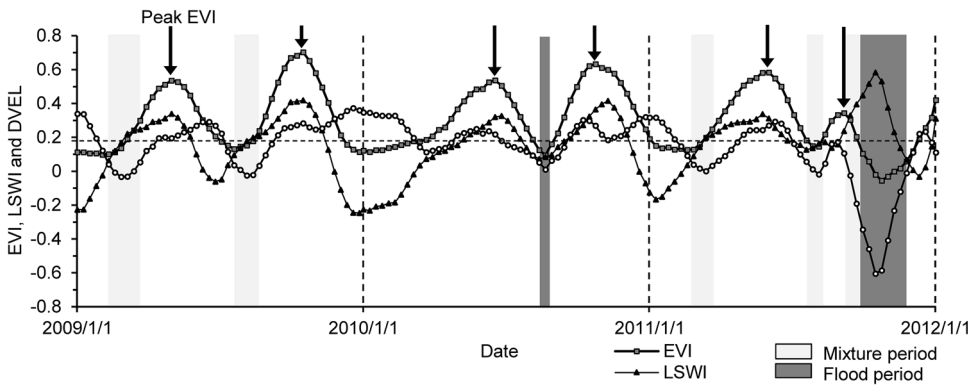



**Fig. 3** Time series of enhanced vegetation index (EVI) and the land surface-water index for a three-year period in the double rice cropping field at 15°01′N, 100°32′E (noise removed). *Arrows* indicate peaks of EVI and lightly and *darkly shaded area* show periods where inundation occurred (mixture and flood, respectively, as defined in the manuscript)

Author's personal copy



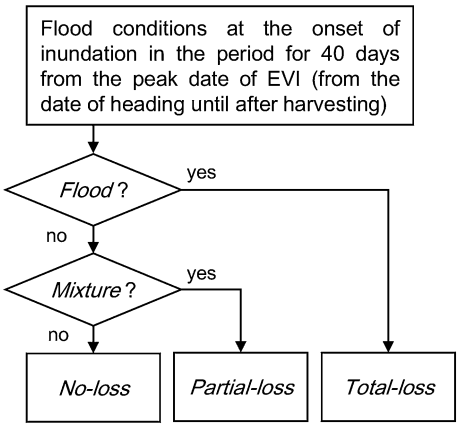



**Fig. 4** Flowchart of the procedure to detect inundation damage

may include a variety of submergence conditions, e.g., shallow submergence and mixture of full, shallow, and no submergence in the pixel. Therefore, the degree of flood damage in the *partial-loss* pixel may cover a broad range between *no-loss* to *total-loss*.

As presented in Fig. 3, rice cropping in the 2011 monsoons (major rice crop season) may be recognized as *total-loss* pixel due to complete submergence before harvesting from September 30, 2011. Conversely, flooding from August 8 to August 29, 2010 might have not damaged the rice because it was submerged for a relatively short period with shallow water (*mixture*) from the time of land preparation to the sowing stage.

### Comparison data

In order to validate the flood area derived from the MODIS time-series data, we used the flood map obtained from RADARSAT-1 images acquired on September 21 and October 15, 2011, produced by the "Geo-Informatics and Space Technology Development Agency, Thailand (GISTDA 2011)" (hereafter termed as RADARSAT product) and distributed by the "Thailand Flood-Monitoring System." RADARSAT-1 images are observed using a C-band synthetic aperture radar sensor with 50-m resolution and it is a widely accepted method in identifying flood areas where the persistent cloud cover makes operation of optical-sensing difficult (Hoque et al. 2011; Wilson and Rashid 2005). Detected flooded areas were aggregated to a provincial scale in order to validate the results derived from MODIS. The flood-damage assessment reports of nine provinces as issued by The Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives in Thailand on November 8, 2011 (DOAE 2011) were compared. We also conducted field inspections on the study site in January and July, 2012.

## Results and discussion

### Comparison of inundation areas highlighted by MODIS and RADARSAT products

Figure 5 shows a comparison of inundated areas derived from MODIS and RADARSAT products on 21 September (i.e., prior to the peak of flood) and 15 October (i.e., during the peak of the flood) in 2011. The area estimated from MODIS data was calculated as the sum of the *flood* and *mixture* area. Across all provinces, *flood* pixels amounted to 23 and 51 % of all pixels for September 21 and October 15, respectively. The inundation area detected by MODIS tended to be about 30 % larger than that identified by RADARSAT products. This overestimation was mainly attributed to the difference in spatial resolution of the sensors. Where a MODIS pixel (250 × 250 m) is counted as inundated, RADARSAT's fine pixel size (30 × 30 m) can discriminate non-inundated features such as roads and towns which accounts for the overestimation in *mixture* pixels in the MODIS data. This fundamental overestimation problem in coarse resolution images has been recognized in previous studies. Sakamoto et al. (2007) compared inundated areas detected using MODIS (500 × 500 m) and Landsat (30 × 30 m) images, but their results tended to be overestimations in MODIS; this is consistent with our results. Meanwhile, the root mean square error (RMSE) and decision coefficient ($R^2$) were 212 km$^2$ and 0.94, respectively, and the predicted spatial distribution of inundated areas was in good agreement in both. Although there is a tendency of overestimation resulting from the effect of *mixture* pixels, MODIS product would still have useful

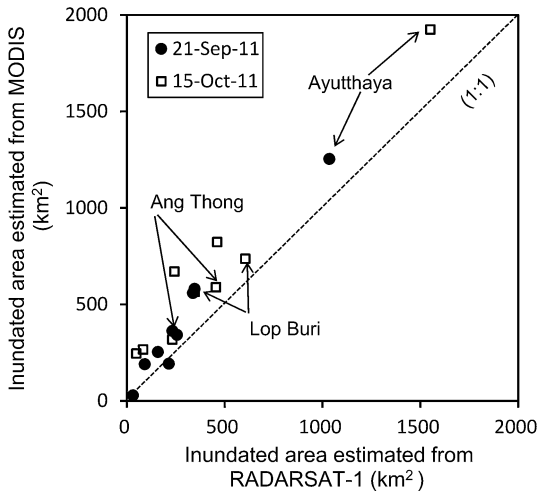



**Fig. 5** Comparison between the total inundated area in 9 provinces in Lower Chao Phraya, estimated from MODIS and RADARSAT-1 on September 21, 2011 (RMSE = 146 km$^2$, $R^2$ = 0.96) and October 15, 2011 (RMSE = 261 km$^2$, $R^2$ = 0.95)

Author's personal copy



advantages for determining inundations where time-series analysis is required.

The total inundated area detected by MODIS on September 21 and October 15 was 3758 and 6137 km$^2$, respectively. In comparison, RADARSAT predicted smaller coverage, 2709 and 4209 km$^2$ on September 21 and October 15, respectively.

## Comparison between the flood-damaged areas estimated from MODIS products with provincial reports

Table 1 compares flood-damaged areas estimated from MODIS with provincial reports from 2006 to 2011. The total area that was inundated by floods was estimated by MODIS as the sum of the area, which was inundated (*flood* or *mixture*) at least once during this time. The damaged area estimated from MODIS was calculated as the sum of *total-* and *partial-loss* areas. The total estimated damage area across all 9 provinces in 2006 and 2011 was 56,302 and 79,189 ha, respectively. Using a linear square fitting approach, the damaged area accounted for 8.3 and 9.7 % of the inundated area in 2006 and 2011, respectively ($R^2 > 0.75$). The total damaged area estimated here was much less than that stated in the provincial report [149,348 ha (excluding the Saraburi province) in 2006, and 143,700 ha in 2011]. However, in individual provinces, the damaged area estimated by MODIS was sometimes greater than that stated in the provincial report. For example, this was the case in the Nonthaburi province in 2006 and in the Ayutthaya, Pathum Thani, and Bangkok provinces, in 2011. From field inspections and interviews with local farmers in the Ayutthaya province in 2012, we confirmed that both the spatial extent of floodwater and the subsequent flood damage in 2011 were likely to have been much more severe than that in 2006, qualitatively supporting the MODIS estimation (Fig. 8).

Although the reported damage in 2006 was highly correlated to the inundated area ($R^2 = 0.72$), the area where the damage was reported in 2011 had no correlation with the area of inundation ($R^2 = 0.08$), as shown in Table 1. In the reports, the rate at which the damage occurred in the inundated area in 2011 was much more in Lop Buri and Nonthaburi provinces than that observed in the 2006 flood.

Whilst MODIS overestimated the total inundated area in both floods, the subsequent damage identified by MODIS happened to be much less than that stated in the provincial reports. This difference might be a result of the definition of the damage area used in each case. Our method specifically detected agronomic damage due to inundation, while the provincial reports are likely to have included a wider classification of damage, such as destruction of equipment, and delay in sowing induced by delayed recession of floodwaters.

The sowing and harvest time of rice in this region can be roughly classified by cropping patterns such as double and triple cropping, as shown in Fig. 2. The variations of sowing time do not affect the accuracy of the flood damage detaction in the case where the size of the paddy filed is larger than MODIS pixel size (250 m × 250 m), because sowing and harvest in single field is usually performed at the same time. However, in the case of a small field with different sowing time, it may result in errors because of the effect of spectral mixture in MODIS pixels, as mentioned in the previous section.

## Flood damage between 2000 and 2011

Figure 6 shows the estimated inundated area and the area of damage on rice calculated here, for each year from 2000

**Table 1** Inundation and damaged areas estimated from MODIS and provincial reports in 2006 and 2011

| Province | 2006 | | | | 2011 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inundated area (ha) | | Damaged area (ha) | | Inundated area (ha) | | Damaged area (ha) | |
| | Flood | Mixture | MODIS | Report | Flood | Mixture | MODIS | Report |
| Chai Nat | 16,323 | 57,928 | 4233 | 16,136 | 53,956 | 57,839 | 6183 | 17,926 |
| Sing Buri | 25,734 | 26,237 | 6701 | 18,799 | 40,542 | 24,272 | 3114 | 17,876 |
| Ang Thong | 28,762 | 36,428 | 5230 | 26,173 | 38,556 | 31,655 | 4267 | 9234 |
| Ayutthaya | 69,970 | 11,0947 | 17,289 | 55,088 | 169,268 | 52,285 | 23,700 | 16,506 |
| Pathum Thani | 6440 | 54,491 | 4957 | 6233 | 45,174 | 57,776 | 10,550 | 4315 |
| Nonthaburi | 7236 | 28,579 | 4395 | 2216 | 17,832 | 21,756 | 3058 | 9636 |
| Bangkok | 5942 | 62,974 | 5854 | 6732 | 11,465 | 57,970 | 4289 | 839 |
| Lop Buri | 24,701 | 81,865 | 4913 | 17,971 | 66,553 | 62,906 | 17,729 | 52,565 |
| Saraburi | 7357 | 46,437 | 2729 | No data | 23,769 | 47,228 | 6300 | 14,804 |
| Total | 192,465 | 505,885 | 56,302 | 149,348 | 467,115 | 413,688 | 79,189 | 143,700 |

Damaged areas estimated from MODIS are the sum of the *total-loss* and *partial-loss*

Author's personal copy



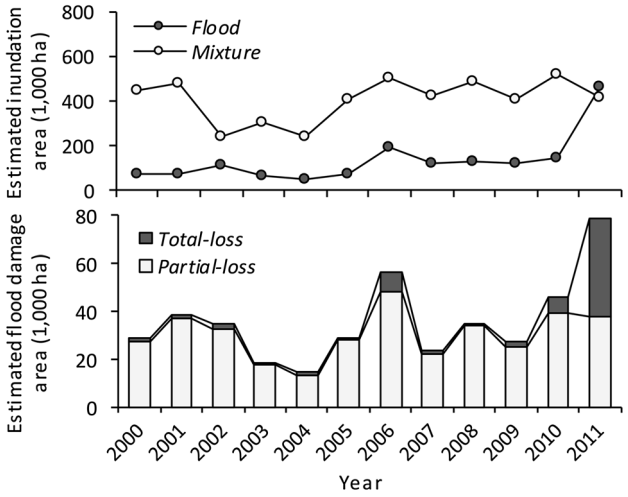



**Fig. 6** Change of the total area of inundation and flood damage in nine provinces from 2000 to 2011

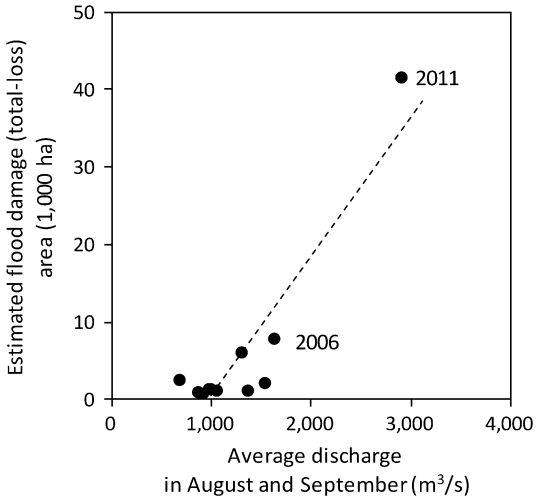



**Fig. 7** Relationship between damaged (total-loss) areas and average discharges observed at Nakhon Sawan gauging station (C.2) in August and September from 2000 to 2011. *Dashed lines* represent the regression line between discharge ($x$) and damage ($y$): $y = 17.8x + 17167$, ($R^2 = 0.84$)

to 2011. The average and the coefficient of variance of damaged areas over those 12 years were 35,818 ha and 47 %, respectively (of which those involving *total-loss* were 5593 ha and 197 %).

In 2011, the most extensive flood damage occurred over an area of 79,189 ha, of which 41,400 ha was identified as being a *total-loss*. The damaged area in 2011 was considered approximately twice that of the average damaged area in those 12 years. In particular, the *total-loss* area considerably increased during the 2011 flood, approximately four times larger than the 12-year average. The second largest amount of damage recorded after 2011 occurred in 2006 (56,302 ha), and the least damage was caused in 2004 (14,449 ha). Thus, the flood damage in 2011 can be considered to be exceptional during the past 12 years.

Throughout this time, the total extent of the estimated damaged areas has linearly fluctuated with the estimated inundated area ($R^2 = 0.78$), each year representing 6.6 % of the total inundated area. The estimation of the *partial-loss* area had a larger uncertainty than estimations of *total-loss*, due to the use of *mixture* pixels, as discussed in the previous section. Figure 7 plots average river discharge at Nakhon Sawan gauging station (C.2) in August and September and the extent of *total-loss* that occurred each year from 2000 to 2011. It shows a linear correlation ($R^2 = 0.84$) between these two datasets. This suggests that the extent of agronomic damage can be empirically related to the spatial extent of flood, although the exact spatial distribution of the damaged area has changed each year.

Figure 8 shows the distribution of estimated *partial-loss* and *total-loss* that occurred in the region in 2006 and 2011. The area shown in blue indicates where severe inundation (*flood*) occurred with no corresponding agricultural damage. For instance, in the Sing Buri province, flood damage in 2006 was extensive on the west bank of the Chao Phraya River (Fig. 8). In 2011, flood damage in these areas was avoided, even though they were inundated (Fig. 8). The difference in the location of flood damage between 2006 and 2011 in Sing Buri may be explained by comparing the time-series data. The onset of inundation conditions occurred at essentially the same time in both years, although the inundation period was shorter in 2006. The sowing time of the major rice crop in 2006, detected from the minimal peak in time-series EVI data, began $\sim$2 months later than in 2011. Consequently, in 2006 the rice crop was submerged before harvesting, whereas in 2011, loss due to inundation was avoided. Thus, the extent of crop damage could be changed by not only the flood extent but also the cropping schedule. The change of cropping schedule was an adaptation of farmers to avoid flood damage after the experience in 2006.

The map shown in Fig. 9a shows the frequency of the estimated severe inundation (*flood*) for the 12-year period from 2000 to 2011. Across the 9 provinces, 5248 km$^2$ experienced severe inundation in the past 12 years. Of this, 2504 km$^2$ was inundated only once, mainly because of the 2011 flood. Figure 9b shows the frequency of the *total-loss* damage on rice for the past 12 years. It shows that 88 % of the total area was damaged by inundation only once during this time. This suggests that farmers' countermeasures to avoid damage the following year are largely successful.

Author's personal copy



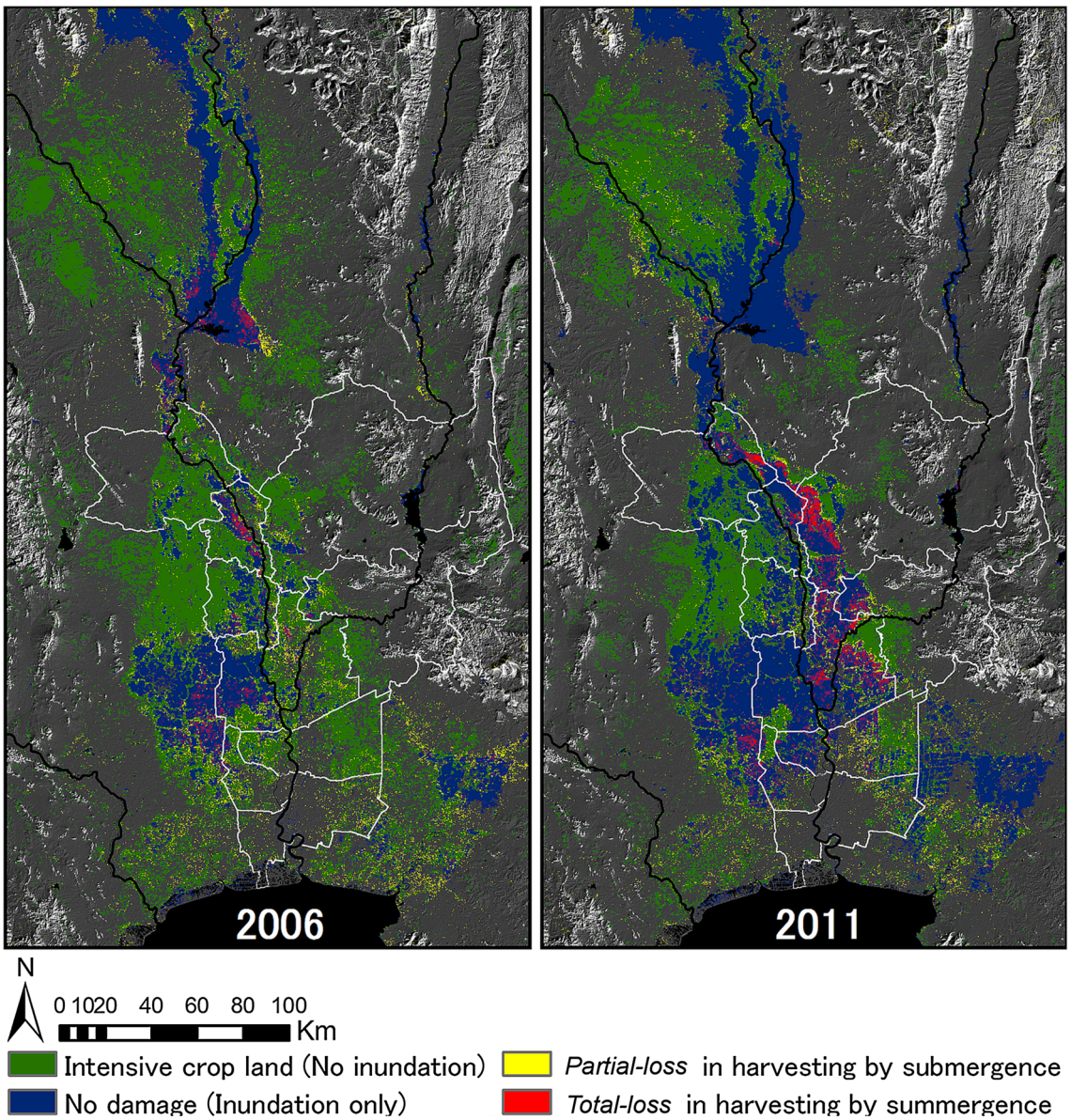



**Fig. 8** Spatial distribution of inundation (*flood*) and damaged areas in 2006 and 2011

Such measures may include the construction of higher dykes around cultivated areas or changes to the cropping calendar to avoid harvest time coinciding with the flood season.

## Conclusions

The aim of this study was to assess the degree of agronomic damage caused by the flood in the Chao Phraya delta, Thailand over the period between 2000 and 2011. To estimate the spatial extent of flood-induced damage, we proposed a new methodology considering the temporal relationship between harvest time and the onset of inundation, estimated from EVI and LSWI data derived from MODIS 250-m time-series data with an 8-day interval.

We conclude that

(1) The total damaged area in the severe floods of 2011 across the nine provinces was estimated to be 79,189 ha, of which 41,400 ha was identified as being a *total-loss*. Our estimates were much smaller than the estimates recorded in provincial reports. This was likely to be due to the difference in the criteria of flood damage between the two assessments, but further investigation on this issue is needed.

Author's personal copy



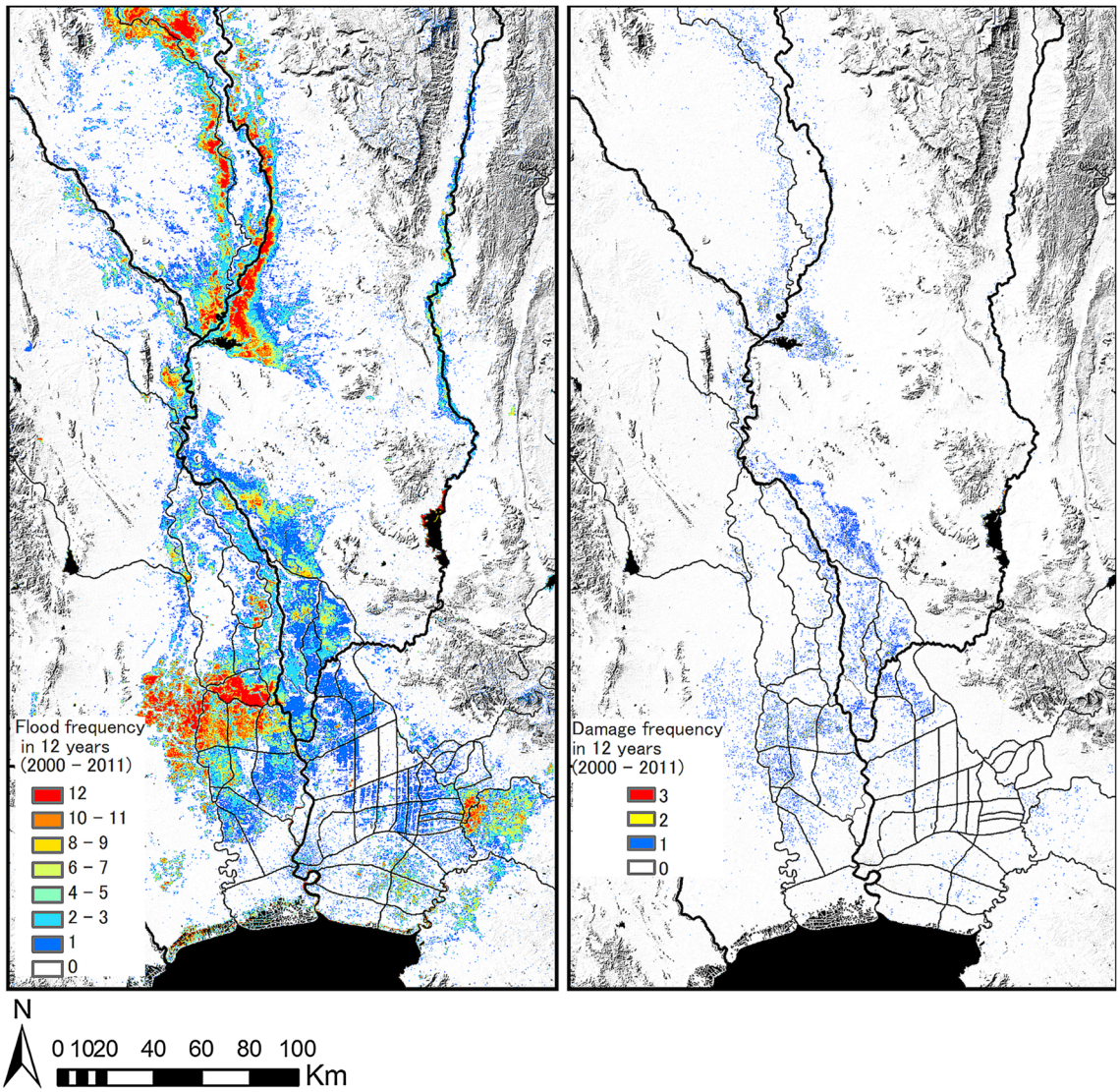



**Fig. 9** Frequencies of inundation (*flood, left*) and damage (*total-loss*, *right*) in 12-year period from 2000 to 2011

(2) Our MODIS-based damage estimations were confirmed by field inspections and eyewitness accounts from affected farmers.

(3) The 2011 flood resulted in the most extensive damage for the entire 12-year period, particularly severe on the eastern side of the Chao Phraya River. The *total-loss* area increased approximately four times than the 12-year average. Much of the damage in 2011 occurred in areas that had no prior inundation recorded in the preceding 11 years.

(4) Changes in the extent of damaged areas throughout the entire delta were found to be about 7 % of the total inundation area each year. We also found that the area of severe damage was linearly correlated to observed river discharge during the flood season.

(5) Our analysis over this 12-year period revealed that the area of agricultural damage typically occurred only once, even in areas that were repeatedly inundated by floodwaters. This is likely to be the direct result of the countermeasure strategies implemented by the government and local farmers, whereby re-constructing the dyke or changing the cropping calendar has successfully avoided having to harvest during the flood season. Such strategies would be useful for further development of damage mitigation measures elsewhere.

This new methodology using high temporal resolution MODIS imagery has proved to be a promising technique for assessing the damage caused by floods of rice-growing areas. Future improvements may be achieved with images

Author's personal copy



of higher resolution, as optical sensors become available in the near future.

**Acknowledgments** The authors would like to acknowledge the staff of the Thai Royal Irrigation Department (RID). This research was partly supported by the research area "Innovative Technology and System for Sustainable Water Use" in the Core Research for Evolutional Science and Technology program of the Japan Science and Technology Agency (JST-CREST), the Japanese Institute of Irrigation and Drainage (JIID) and KAKENHI (26450365).

## References

Auynirundronkool K, Chen N, Peng C, Yang C, Gong J, Silapathong C (2012) Flood detection and mapping of the Thailand Central plain using RADARSAT and MODIS under a sensor web environment. Int J Appl Earth Obs Geoinf 14:245–255

Brakenridge GR, Anderson E, Nghiem SV, Caquard S, Shabaneh TB (2003) Flood warnings, flood disaster assessments, and flood hazard reduction: the roles of orbital remote sensing. 30th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Honolulu, HI, November 10–14, 2003

Chen J, Jönsson P, Tamura M, Gu Z, Matsushita B, Eklundh L (2004) A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter. Remote Sens Environ 91:332–344

Chokngamwong R, Chiu LS (2008) Thailand daily rainfall and comparison with TRMM products. J Hydrometeorol 9:256–266

Dartmouth Flood Observatory (2012) Space-based measurement of surface water for research, educational, and humanitarian applications. Available at http://www.dartmouth.edu/floods/index.html

DOAE (2011) Department of Agricultural Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. Flood damage assessment reports issued on November 8

EOSDIS (2012) NASA's earth observing system data and information system. Available at http://earthdata.nasa.gov/

Exelis VIS (2014) IDL software, Boulder, CO, USA, http://www.exelisvis.com/ProductsServices/IDL.aspx. Accessed 12 May 2014

GISTDA (2011) Geo-informatics and space technology development agency. Thailand Flood Monitoring System. Available at http://flood.gistda.or.th/

Gu J, Li X, Huang C, Okin GS (2009) A simplified data assimilation method for reconstructing time-series MODIS NDVI data. Adv Space Res 44:501–509

Gumley L, Descloitre J, Shmaltz J (2010) Creating reprojected true color MODIS images: a tutorial. Version 1.0.2. p 10. Available at https://earthdata.nasa.gov/sites/default/files/field/document/MODIS_True_Color.pdf

Hirabayashi Y, Kanae S, Emori S, Oki T, Kimoto M (2008) Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate. Hydrol Sci J 53(4):754–772

Hoque R, Nakayama D, Matsuyama H, Matsumoto J (2011) Flood monitoring, mapping and assessing capabilities using RADARSAT remote sensing, GIS and ground data for Bangladesh. Nat Hazards 57:525–548

Huete A, Didan K, Miura T, Rodriguez EP, Gao X, Ferreira LG (2002) Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sens Environ 83:195–213

Ito O, Ella E, Kawano N (1999) Physiological basis of submergence tolerance in rainfed lowland rice ecosystem. Field Crops Res. 64:75–90

Kotera A, Nawata E (2007) Role of plant height in the submergence tolerance of rice: a simulation analysis using an empirical model. Agric Water Manag 89:48–58

Kotera A, Nawata E, Thao LV, Vuong NV, Sakuratani T (2005) Effect of submergence on rice yield in the Red River Delta, Vietnam. Jpn J Trop Agric 49:197–206

Matsushima S (1968) Water physiology of Indica rice. Jpn J Crop Sci (Special Issue), 102–109 (in Japanese)

Milly PCD, Wetherald RT, Dunne KA, Delworth TL (2002) Increasing risk of great floods in a changing climate. Nature 415:514–517

Pandey S, Mortimer M, Wade L, Tuong TP, Lopez K, Hardy B (eds) (2002) Direct seeding: research issues and opportunities. In: Proceedings of the international workshop on direct seeding in Asian rice systems: strategic research issues and opportunities, 25–28 January 2000, Bangkok, Thailand, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, pp 1–383

Sakamoto T, Cao VP, Kotera A, Nguyen DK, Yokozawa M (2009) Analysis of rapid expansion of inland aquaculture and triple rice-cropping areas in a coastal area of the Vietnamese Mekong Delta using MODIS time-series imagery. Landsc Urban Plan 92:34–46

Sakamoto T, Nhan NV, Kotera A, Ohno H, Ishitsuka N, Yokozawa M (2007) Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery. Remote Sens Environ 109:295–313

Sakamoto T, Yokozawa M, Toritani H, Shibayama M, Ishitsuka N, Ohno H (2005) A crop phenology detection method using time-series MODIS data. Remote Sens Environ 96:366–374

Sanyal J, Lu XX (2004) Application of remote sensing in flood management with special reference to monsoon Asia: a review. Nat Hazards 33:283–301

The World Bank (2012) Thai flood 2011—Rapid assessment for resilient recovery and reconstruction planning. The Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR), pp 1–256

Ueda T, Ogawa S, Shioda K, Arulvijitskul P, Klinkhachorn P (2005) Recent irrigation practices in the Upper East Bank of the Chao Phraya delta. Paddy Water Environ 3:63–71

UNDP, 2004. Reducing Disaster Ri Vermote EF, Kotchenova SY (2008) MOD09 (Surface Reflectance) User's Guide. Available at http://modis-sr.ltdri.org/products/MOD09_UserGuide_v1_2.pdf

Visser EJW, Voesenek LACJ, Vartapetian BB, Jackson MB (2003) Flooding and plant growth. Ann Bot 91:107–109

Wilson BA, Rashid H (2005) Monitoring the 1997 flood in the Red River Valley using hydrologic regimes and RADARSAT imagery. Can Geogr 49:100–109

Xiao X, Boles S, Liu JY, Zhuang DF, Frolking S, Li CS (2005) Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images. Remote Sens Environ 95(4):480–492

ภาคผนวก ญ-4

# Visualizing inundation risk of field crops in the middle reach of Chao Phraya Delta

Takanori NAGANO[1*], Yotaro UENO[1], Akihiko KOTERA[2],
Chaiwut WATTANAKARN[3], Kanching KAWARD[3],
Thada SUKHAPUNNAPHAN[3], Sucharit KOONTANAKULVONG[4]

*[1]Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, Japan*

*[2]Research Institute for Humanity and Nature, Japan*

*[3]Royal Irrigation Department, Thailand*

*[4]Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,Thailand .*

*March 7, 2016*

# Content

- Concept of Adaptive Flood Risk Management
- Application to the case of Chao Phraya
- New method of visualization
- Result and discussion
- Conclusion

# Traditional flood risk management in engineering approach

| Probability | × | Consequence | = | Flood risk |
|---|---|---|---|---|
| probability of occurrence of floods | | Loss of human life and houses as a result of the flood | | |

## Countermeasures

e.g. Enforcement of embankments

# Traditional flood risk management in planning approach

| Hazard | ∩ | Vulnerability | = | Flood risk |
|---|---|---|---|---|
| Frequency of occurrence, scale Danger of flood | | People, property and activity vulnerable to flooding | | |

## Countermeasures

e.g. Relocation

# The increasing uncertainty of floods

- Frequency of occurrence and scale of floods increasing with changing climate
- Increased area vulnerable to flood due to urbanization
- Localized burst
- Defects of the embankment by shoddy construction

Prevention of flood is difficult

# Adaptive flood risk management

Meaning of “Adaptive”

-Continual modifications and improvements according to the situation

-Management incorporating the results of monitoring and evaluation in the past

Goal: to minimize the damage of flooding

# The concept of adaptive flood risk management

| Probability | + | Exposure determinants | + | Vulnerability | = | Flood risk |
|---|---|---|---|---|---|---|
| probability of occurrence of floods | | Features of the floods Velocity, depth, time for evacuation | | People, property and activity vulnerable to flooding | | |

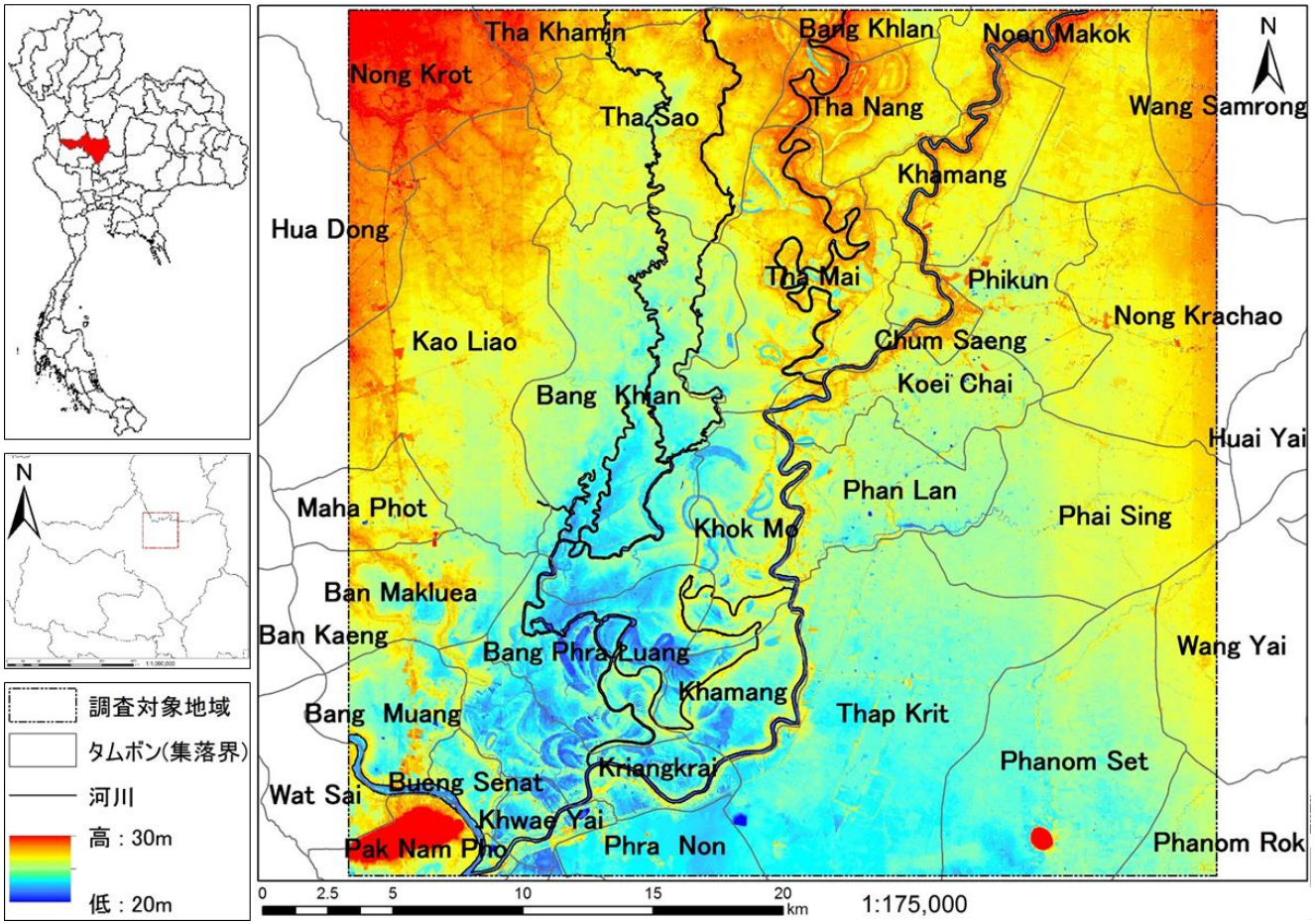
Klijn et al. (2015) proposed the new concept with addition of "exposure determinants".

Klijn, F. et al., 2015. Adaptive flood risk management planning based on a comprehensive flood risk conceptualisation. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change.

# The purpose of this study

- Visualize inundation risk of field crops with the concept of the latest adaptive flood risk management.
- Visualize “probability”, “exposure determinants” and “vulnerability” independently and total risk ultimately.
- To contribute for mitigation measures.

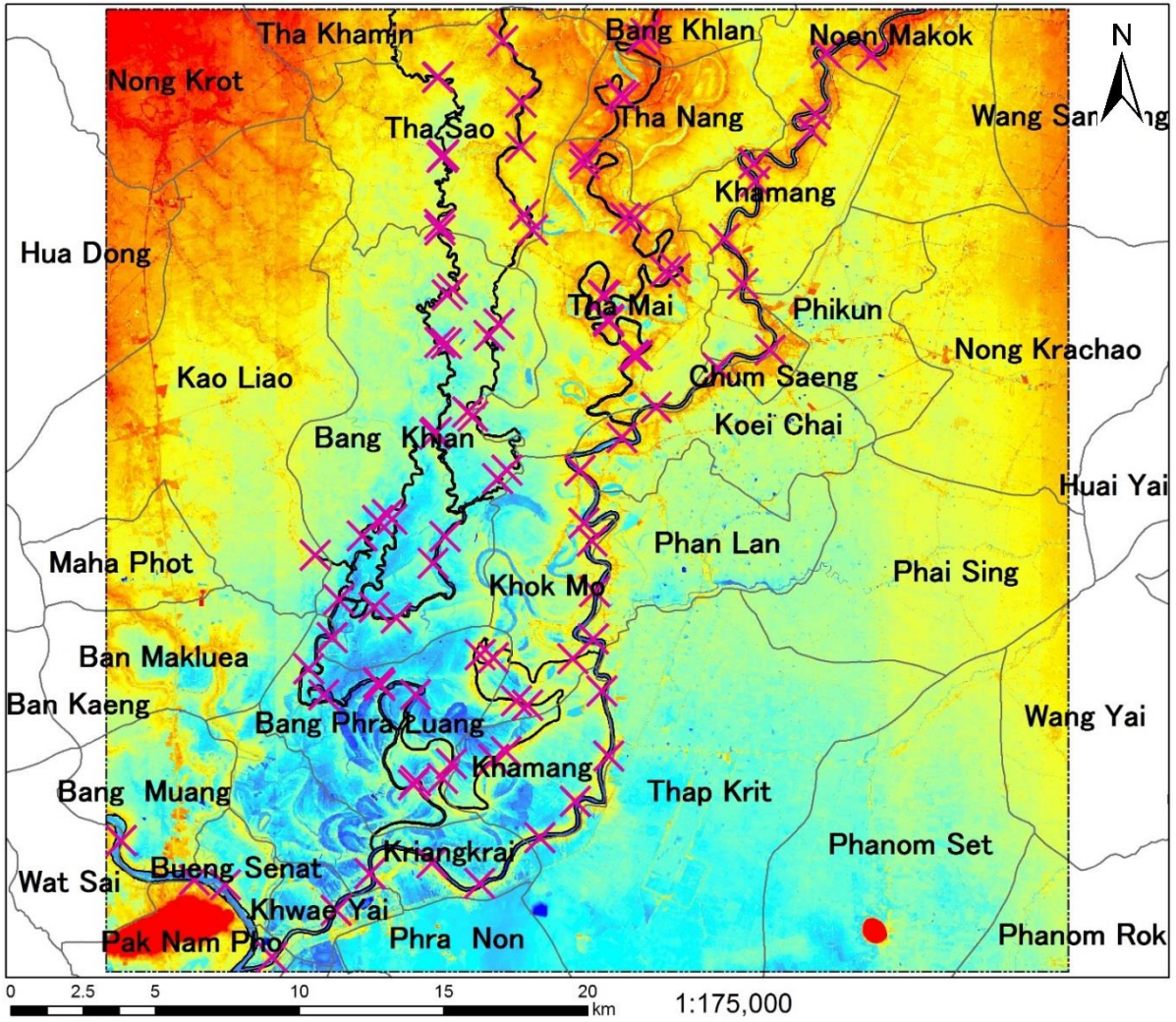
# Study area




- Northern region of Nakhon Sawan Province, located in the middle reach of Chao Phraya
- Very flat and flood-prone.
- Main land use:  agricultural. Rice, corn, and sugar cane.

Probability × Exposure determinants × Vulnerability = Flood risk

# Evaluation of “Probability”

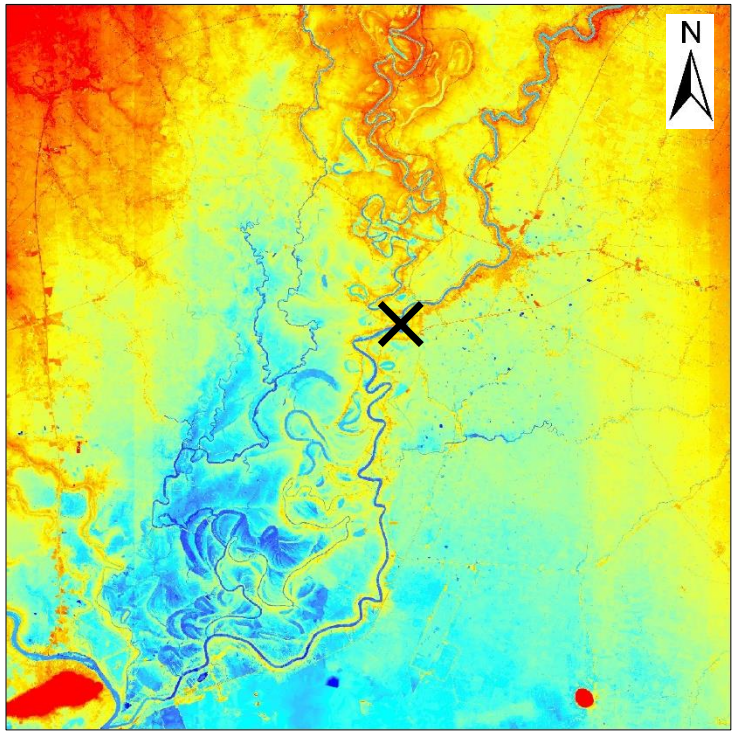



Floods were assumed to occur on 95 different locations along Ping, Nan and Yom River.

Probability × Exposure determinants × Vulnerability = Flood risk

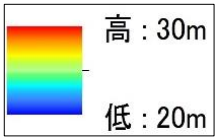
# Evaluation of “Probability”

## Simple flood spreading model (SFSM)







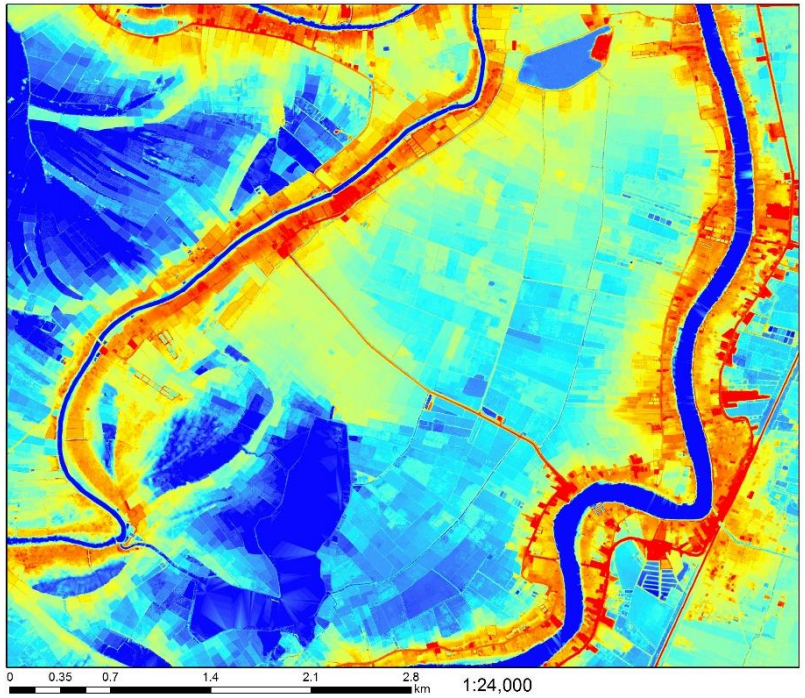



- The SFSM was used to represent the movement of the overflowing water from the river channel.
- “Probability” is the number of times of flooding in each region after running SFSM at 95 points.

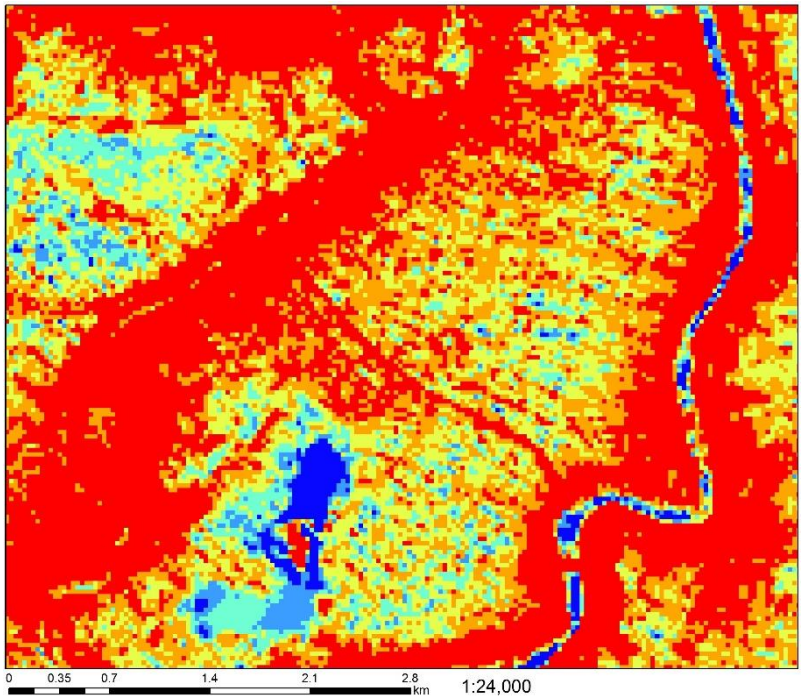
Probability × Exposure determinants × Vulnerability = Flood risk

# Evaluation of “Exposure determinants”

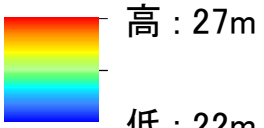
- Hi accuracy 2 m Lidar data was used to represent the terrain. Actual calculation was done at the resolution of 30 m to save calculation time.
- Maximum inundation depths were set as “Exposure determinants”

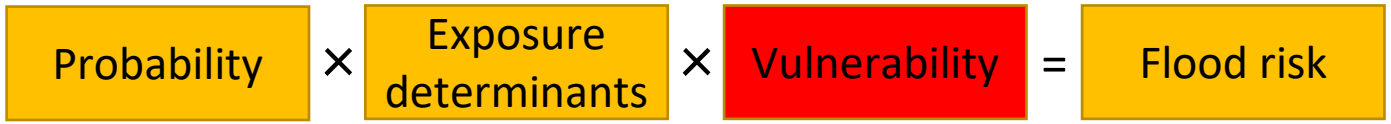



2m resolution Lidar-DEM




30m resolution ALOS world 3D



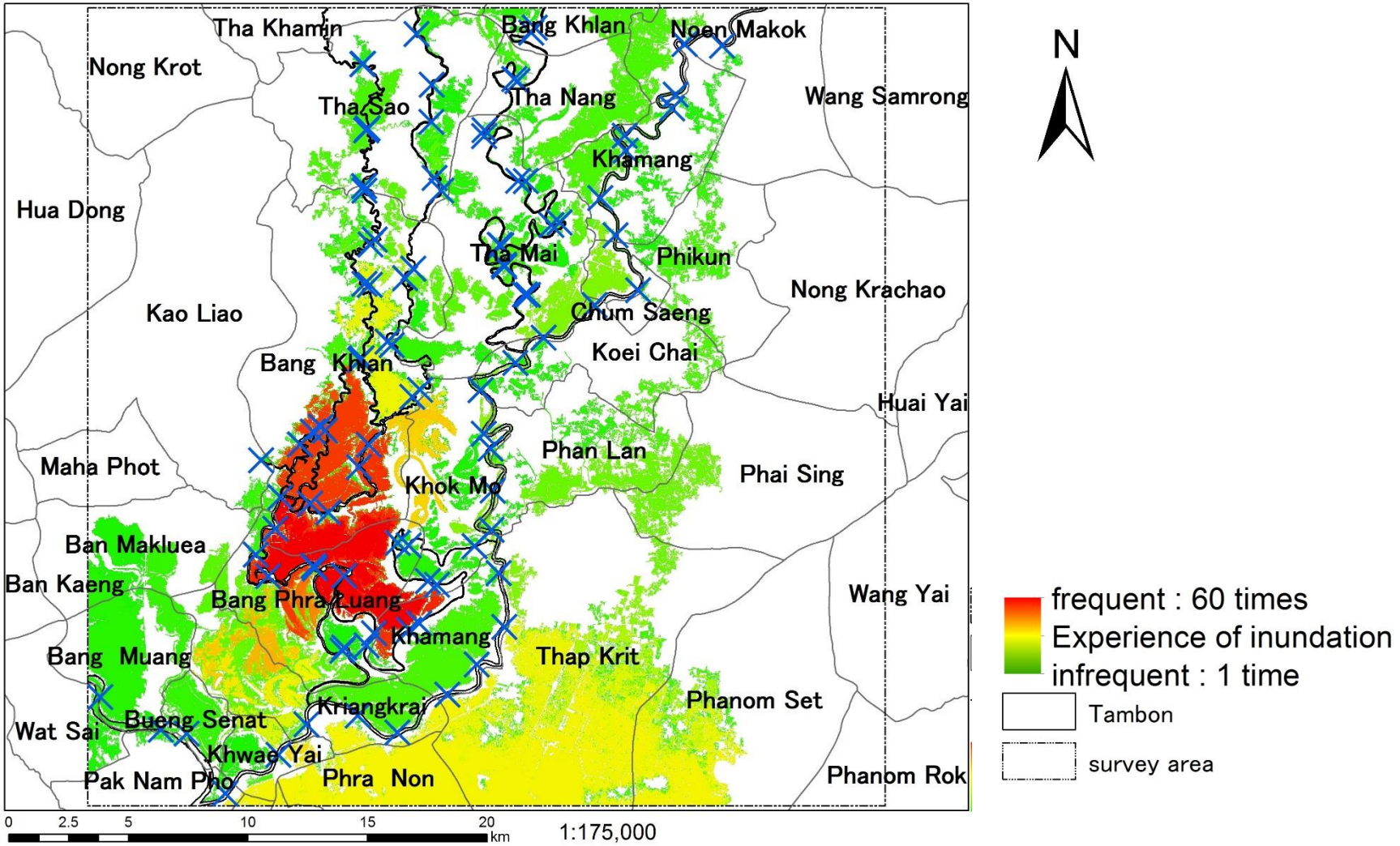



# Evaluation of “Vulnerability”

- When standing on the agricultural point of view, field crops and rice crops are damaged by flood.
- MODIS time series Enhanced Vegetation Index (EVI) and Land Surface Water Index (LSWI) were used for analysis.
- Number of years that cultivation has been carried out in each point was  indexed for 15 years from 2000 to 2014.

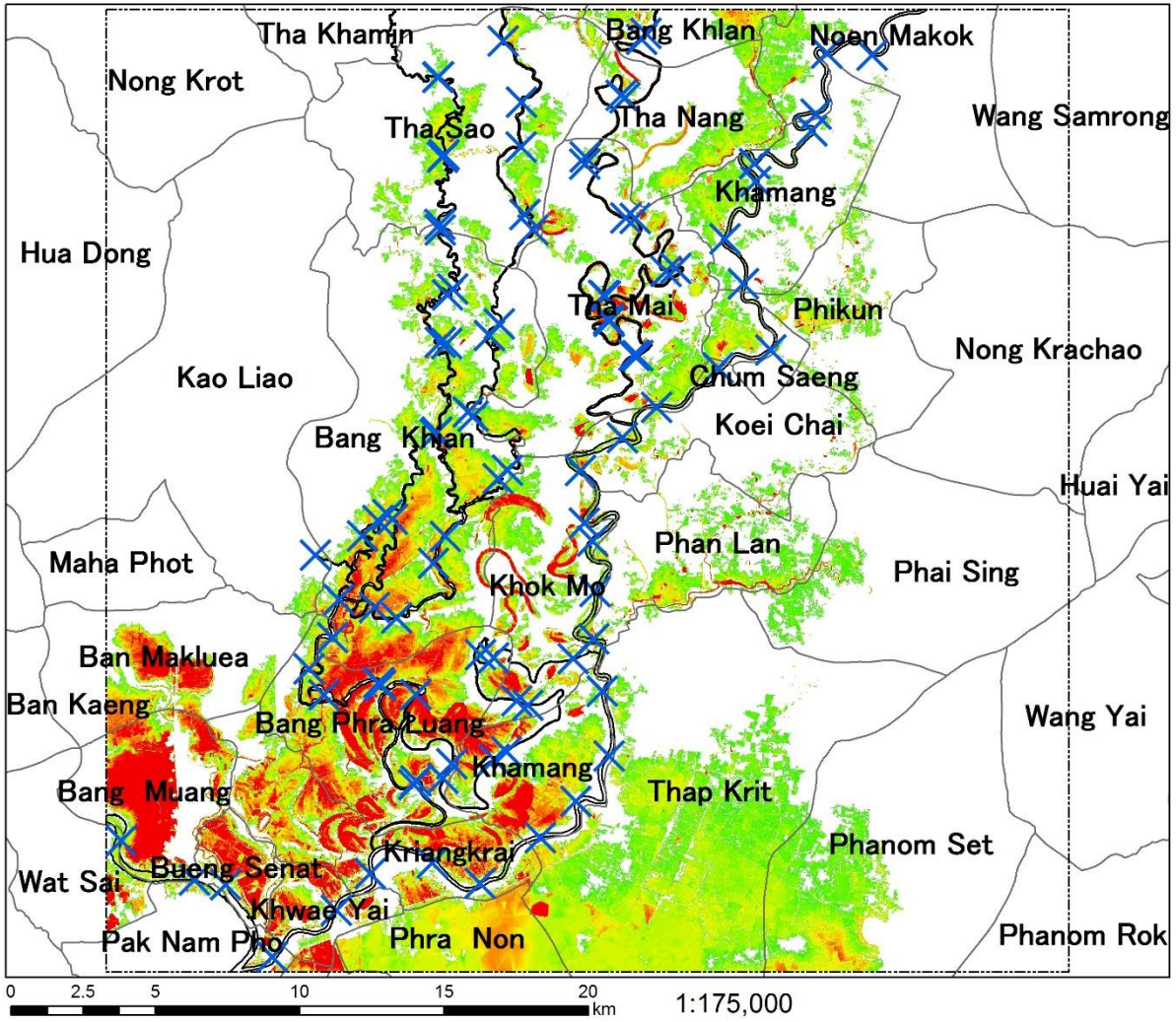
# Results and discussion

# Probability

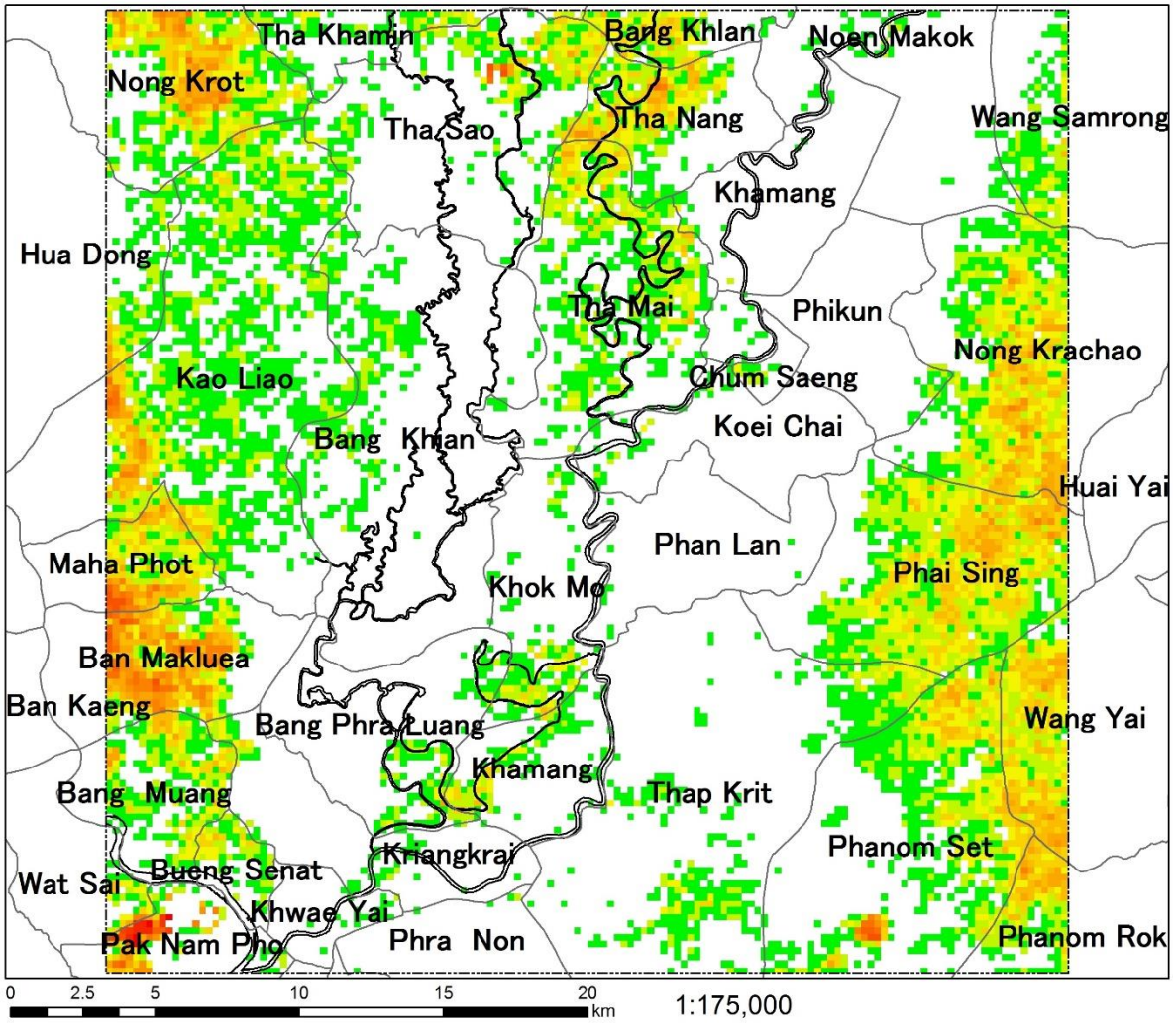



The number of times of inundation in each region after running the SFSM at 95 points

# Exposure determinants (maximum inundation depth)

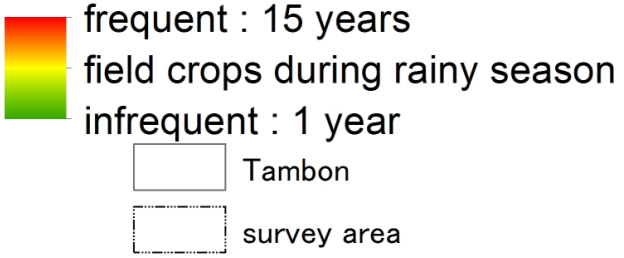


# Vulnerability (non-rice crops)



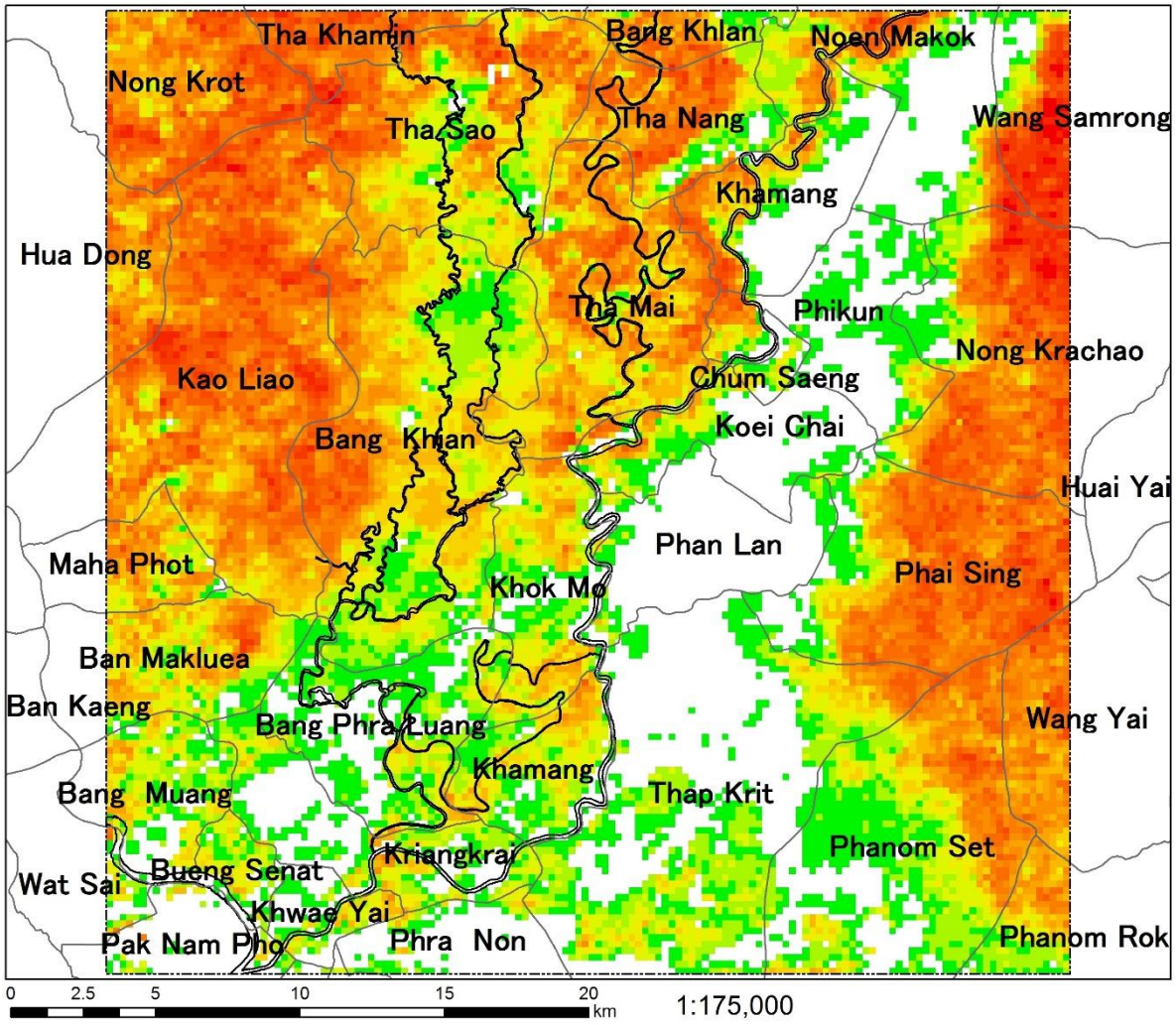







Darker color shows area where cropping frequency was high

# Vulnerability (rice)









frequent : 15 years
field crops during rainy season
infrequent : 1 year

Tambon

survey area

Darker color shows area where cropping frequency was high

Probability × Exposure determinants × Vulnerability = Flood risk

# Calculation of flood risk

- Calculate flood risk by combining the three types of results

$$\text{Probability} = \frac{\text{The number of experiences of flooding at the location}}{\text{The total number of executions of the flood simulation(95 times)}}$$

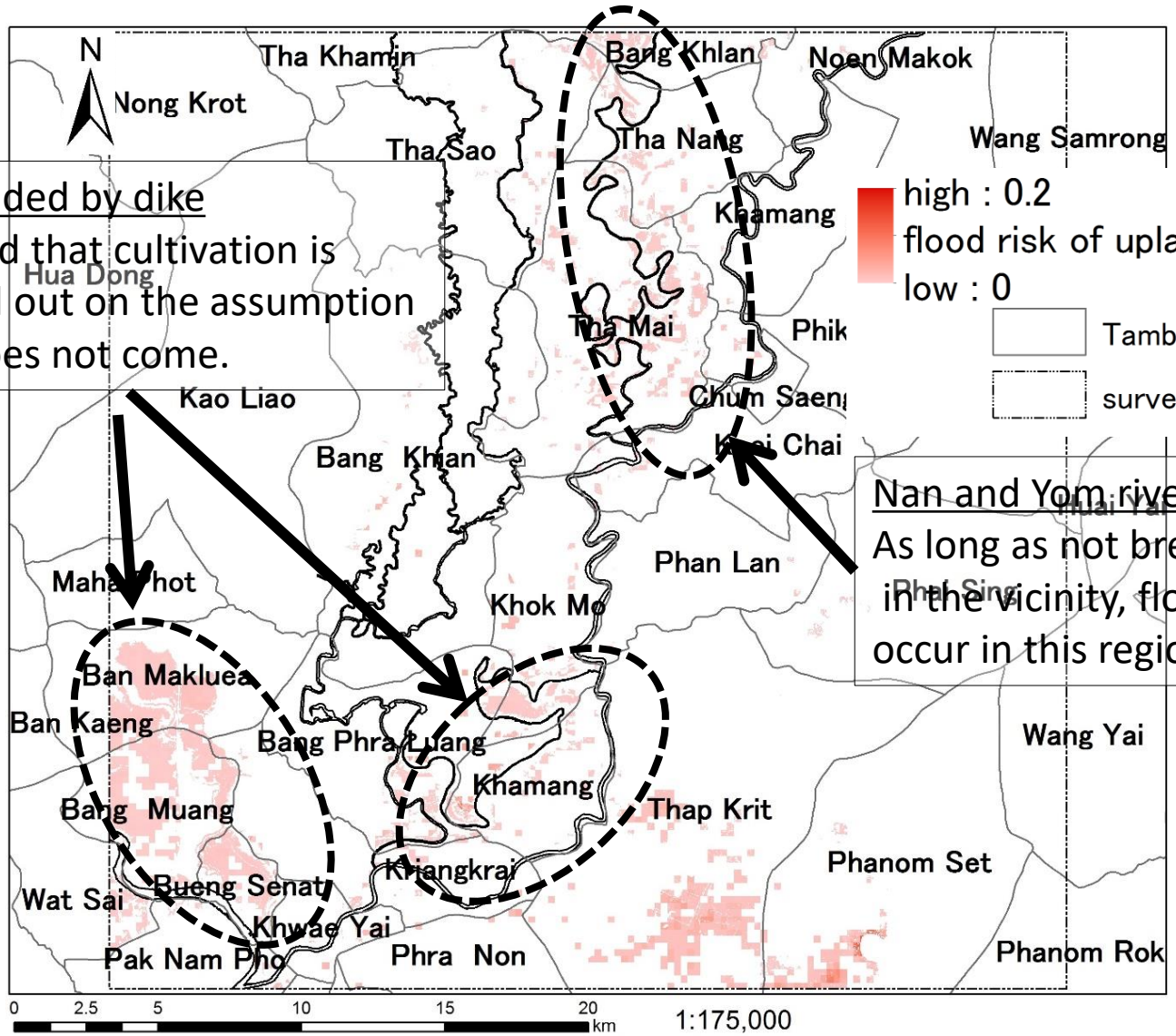
$$\text{Exposure determinants} = \text{Min}(d,\ 0.24d + 0.4,\ 0.07d + 0.75,\ 1)$$

"d" is inundation depth $(m)^2$

$$\text{Vulnerability} = \frac{\text{Number of years that was carried out cultivation during the rainy season}}{\text{Total surveyed years (15 years)}}$$

2. Kok, M., et al., 2005. Standaardmethode2004—Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen. HKV report PR999 10

# Flood risk for upland crops



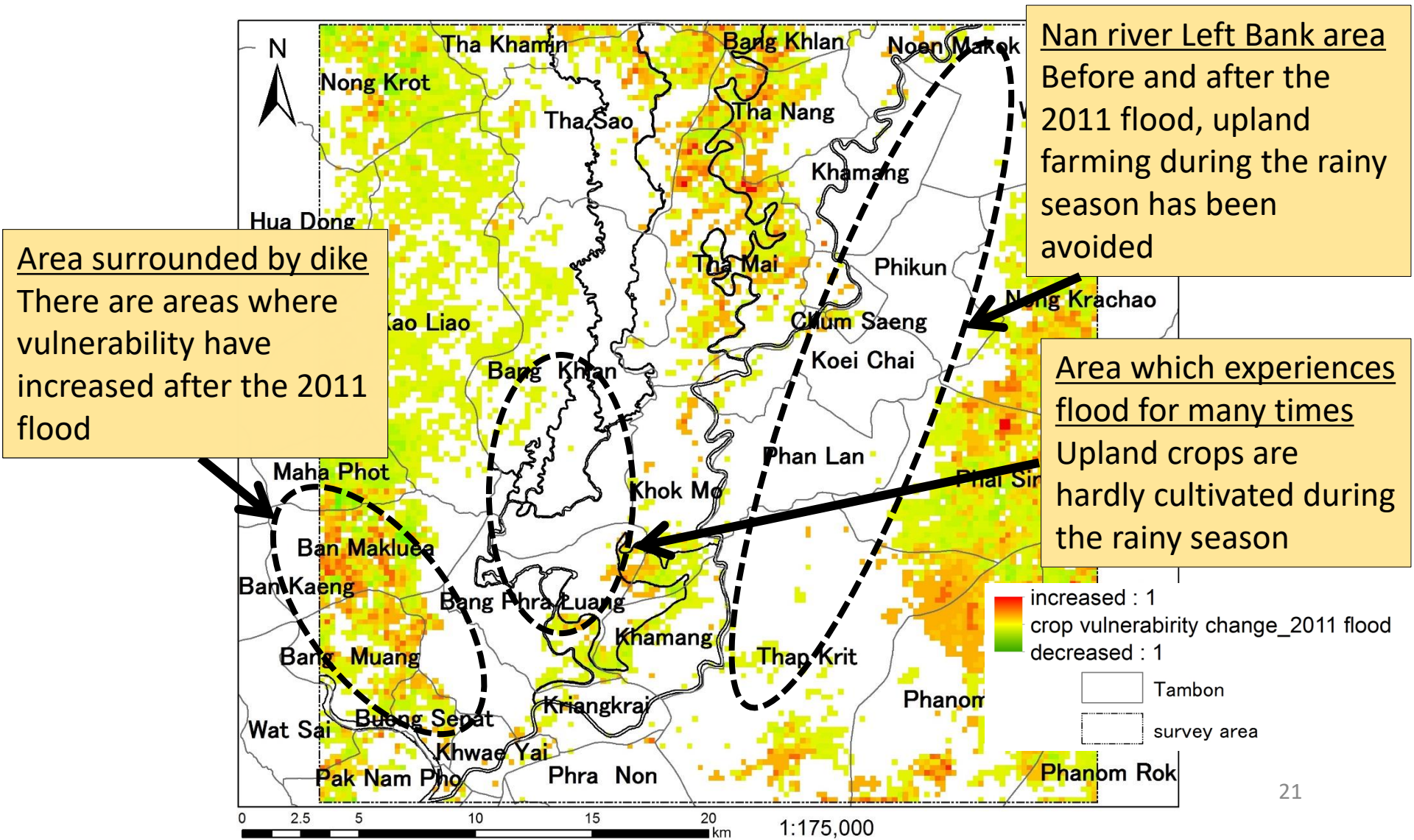

Area surrounded by dike

It is estimated that cultivation is being carried out on the assumption that flood does not come.

Nan and Yom river upper stream

As long as not breaking the dike in the vicinity, flood does not occur in this region

# Change of the “Vulnerability” of upland crop before and after the occurrence of the 2011 flood




Nan river Left Bank area
Before and after the 2011 flood, upland farming during the rainy season has been avoided

Area surrounded by dike
There are areas where vulnerability have increased after the 2011 flood

Area which experiences flood for many times
Upland crops are hardly cultivated during the rainy season

# Conclusion

- In accordance with the new concept of the adaptive flood risk management, methods of visualizing the elements of flood risk were realized
- In the middle reach of Chao Phraya, cultivation of field crops are avoided in flood hazard zone in general. Cultivation continues in areas surrounded by dike. Rice cultivation is carried out in high flood risk areas.

Thank you for your attention.

**THA 2015 International Conference on**
"Climate Change and Water & Environment Management in Monsoon Asia"
28-30 January 2015, Bangkok, Thailand.

# *Rainfall-Runoff-Inundation Simulation with Bias-corrected Satellite Based Rainfall: Case Study Yom River Basin*

**Teerawat Ram-Indra[1 *], Anurak Sriariyawat[2] and Piyatida Hoisungwan[3]**

**Abstract** Yom River is an upstream branch of the Chao-Phraya River, located in the northern part of Thailand. The upper part of Yom catchment is mountainous area with limited numbers of rainfall stations. Satellite based rainfall is capable for providing information about intensity and spatial distribution of precipitation for the areas that do not have rain gauge stations. However, the satellite based rainfall still needs calibration and validation with existing rainfall stations due to the indirect measurements. Two bias correction methods, i.e. Distribution transformation and Geographical differential analysis, were used for calibrating satellite based rainfall data from Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) with rain gauged network for temporal and spatial rainfall pattern in Yom river basin. The effectiveness of adjusted rainfall data were justified by streamflow data and inundation areas, which were the results of flood simulation using the rainfall-runoff-inundation (RRI) model. Comparison between the simulation results and observed stream flow data in terms of coefficient of determination ($R^2$) and normalized root mean square error (NRMSE) were used to validate for effectiveness, while the inundation area were compared with observed flood maps in terms of shape factor.

**Keywords** *Bias correction, RRI, Satellite based rainfall, TRMM, Yom basin*

Teerawat RAM-INDRA
Graduate student
Department of water resources engineering,
Chulalongkorn University, Thailand

Anurak SRIARIYAWAT
Lecturer, Department of Water Resources Engineering,
Chulalongkorn University, Thailand
Anurak.S@eng.chula.ac.th

Piyatida HOISUNGWAN
Lecturer, Department of Water Resources Engineering,
Chulalongkorn University, Thailandline
piyatida.h@chula.ac.th

## Introduction

Floods always occur in Yom river basin and cause regular damage to the people in the areas. During the past, Yom river basin have suffered from the major flood events in years 1995, 1996, 1998, 1999, 2002, 2006 and especially in year 2011. Large areas of Yom river basin were inundated and caused a huge damage of crop production and human lives.

The flood prediction is one of essential non-structural measures to reduce and prevent the disaster damages. The rainfall data are important data for the flood simulation. The quality and quantity of both temporal and spatial coverage of rainfall stations are affected to accuracy of flood simulation. Unfortunately, most of rain gauge stations in Yom river basin are in the plain area, while no rain gauge station is established in the mountainous area. However, the satellite based rainfall is more widely used for flood forecasting but still requires the calibration with rain gauged data for adjusting and screening the bias by using the bias correction process (Pakoksung et.al., 2012). This study focuses on apply two bias correction methods, Distribution transformation and Geographical differential analysis (MRC, 2010), for flood simulation in the Yom river basin by using a Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) model (Sayama et.al., 2010; 2012) to estimate streamflow and flood area in Yom river basin.

## Study area

The study areas are located in the northern part of Thailand between latitude 19° 25' N to 15° 15' N and longitude 99° 16' E to 100° 40' E., with 23,616 $km^2$ catchment area that covers 11 provinces (RID, 2004) as shown in Figure 1. The length of the Yom River is about 736 km from upstream to outlet. The topography of the basin are varies from mountainous area in the northern part from Phayao province to Phrae province and floodplain area in the southern part at Sukhothai province to the downstream. The climate have influenced from the Southwest and Northeast monsoon, beside depressions and typhoons from the South China Sea that affect to rainy season in May to October. This causes the rainfall nearly 85% of the whole year. The averaged capacity of the channel along the river is

varied about 220-2,000 $m^3/s$. Daily observed precipitation data for the period 1983 – 2012 are obtained from the Thai Royal Irrigation Department (RID) and Thailand Meteorological Department (TMD) for 25 stations comprising with the stations inside and surrounding Yom river basin as shown in Figure 2.

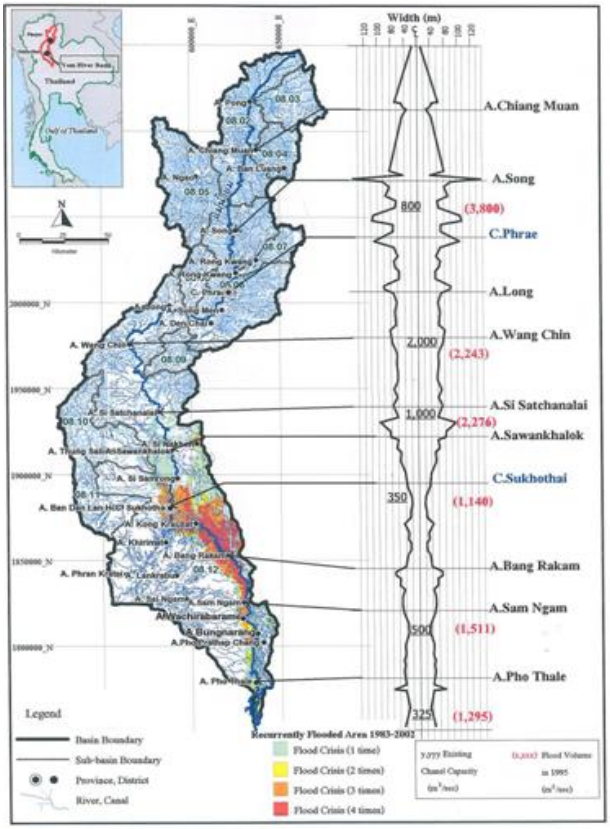



**Fig. 1** Yom river basin cross section and capacity (Pakoksung et.al., 2012)

## Characteristics of satellite based rainfall in the study

The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) was launched in November 1997 as a joint project by NASA and the Japanese Space Agency (JAXA). It was designed to monitor and study tropical rainfall and the associated release of energy that helps to power the global atmospheric circulation, shaping both weather and climate around the globe. The TRMM orbit is non-sun synchronous and initially was at an altitude of 350 km, until the satellite was boosted to 402 km on August 22, 2001. The primary rainfall instruments on TRMM are the TRMM Microwave Imager (TMI), the Precipitation Radar (PR) and the Visible and Infrared Scanner (VIRS). Additionally, the TRMM satellite carries two related EOS instruments: The Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) and the Lightning Imaging Sensor (LIS). (NASA, 2006)

This study used TRMM 3B42 V7, while 3B42 is a algorithm purpose to produce TRMM merged with high quality infrared precipitation and root-mean-square precipitation-error estimates. Characteristics of this product are 3-hour temporal resolution and 0.25 by 0.25 degree spatial resolution. The availability data from this TRMM product started from 01-01-1998 to present.

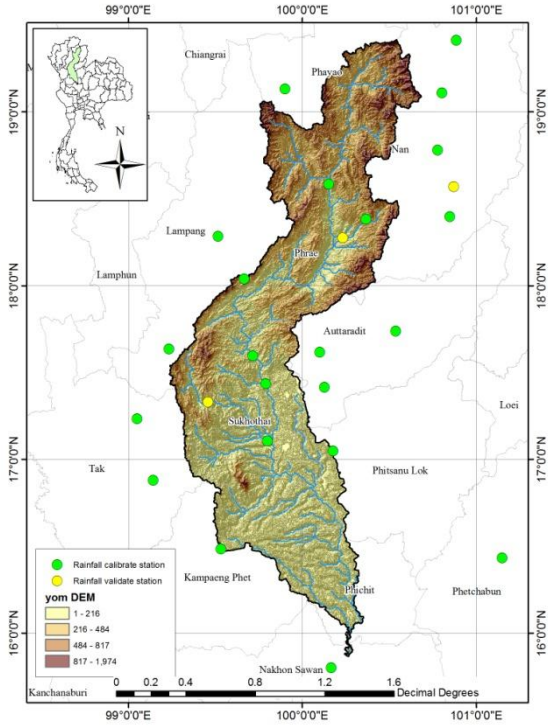



**Fig. 2** The Study area and rain gauge stations used in this study

## Methodology

*Bias correction method*

Two bias correction algorithms were applied for this study, i.e. Distribution transformation and Geographical differential analysis (MRC, 2010). Using data from 25 rainfall stations in Yom river basin and around Yom basin to corrected satellite based rainfall. 3 random stations are selected from all stations to validation process as shown in Figure 2. Distribution transformation method is used to determine the statistical distribution relationship between all rain gauged data and satellite based rainfall data at the same grid of rain gauged station on a particular day as the steps of distribution computation as following:

1. Determine mean ratio factor, $\mu_f$, for each day by the corrected mean value of rainfall gauged data, $\mu_{obs}$, divided by mean value of satellite rainfall data, $\mu_{sat}$ at each rain gauge station.

$$\mu_f = \frac{\mu_{obs}}{\mu_{sat}} \qquad (1)$$

2. Compute ratio of standard deviations, $\sigma_f$, for each day at the same position as done in the previous step by dividing rain gauge standard deviations, $\sigma_{obs}$, at particular day with satellite rainfall standard deviations, $\sigma_{sat}$.

$$\sigma_f = \frac{\sigma_{obs}}{\sigma_{sat}} \quad (2)$$

3. After calculating the mean ratio factor and ratio of standard deviations, the corrected satellite rainfall, $SAT_c$, at all grids of satellite based rainfall data are computed by Eq. 3. If the value of reporting rainfall station are below than threshold that specified a default factor, $\mu_{fd}$, is used for correct the satellite based rainfall data set as Eq. 4.

$$SAT_c = (SAT_o - \mu_{sat}) \cdot \sigma_f + \mu_{sat} \cdot \mu_f \quad (3)$$

$$SAT_c = SAT_o \cdot \mu_{fd} \quad (4)$$

Where $SAT_o$ is original TRMM 3B42 rainfall data. This Eq. 3 and Eq. 4 can apply to all grid of satellite at the same day.

Another method for bias correction used in this study is Geographical differential analysis or Spatial bias correction. This method use the bias between rain gauge and satellite rainfall to create error map, which proposes to correct the missing pattern, when compare between rain gauge data and satellite grid data in particular day. The steps are:

1. Calculate the bias between rain gauge station and satellite based rainfall data sets at each station and TRMM grid.

$$\Delta R_{(x,y)} = R_{TRMM(x,y)} - R_{obs(x,y)} \quad (5)$$

Where $\Delta R_{(x,y)}$ is bias value of each station between TRMM grid row X and column Y, $R_{obs(x,y)}$ is observed rain gauge data, and $R_{TRMM(x,y)}$, is TRMM 3B42 satellite based rainfall data at the same position as observed rainfall data grid.

2. After calculate the point error data from two data sets, interpolation point error data are computed by using inversed distance to create error map at same spatial resolution of TRMM data.

$$\Delta R_{(x,y)} \rightarrow \Delta R_{(x,y)ip} \quad (6)$$

3. Subtract the error map, $\Delta R_{(x,y)ip}$, to the uncorrected TRMM data to obtain the spatial bias corrected rainfall, $R_{cal}$

$$R_{cal} = R_{TRMM(x,y)} - \Delta R_{(x,y)ip} \quad (7)$$

*Flood simulation model*

The model that used for flood prediction in this study is a two dimension rainfall-runoff-inundation (RRI) model, which is developed by Dr. Takahiro Sayama (Sayama, et al., 2010; 2012; 2013). The model deals with slopes and river channels separately as shown in Fig 6. The river channel is located on the grid cell while the model assumes that both slope and river are positioned within the same grid cell. A channel is discretized as a single vector along its centerline of the overlying slope grid cell. The channel represents an extra flow path between grid cells lying over the actual river course. Lateral flows are simulated on slope cells on a two dimensional basis. Slope grid cells on the river channel have two water depths: one for the channel and the other for the slope (or floodplain). The inflow-outflow interaction between the slope and river is calculated based on different overflowing formulae depending on water-level and levee-height conditions.

## Results

*Bias correction method*

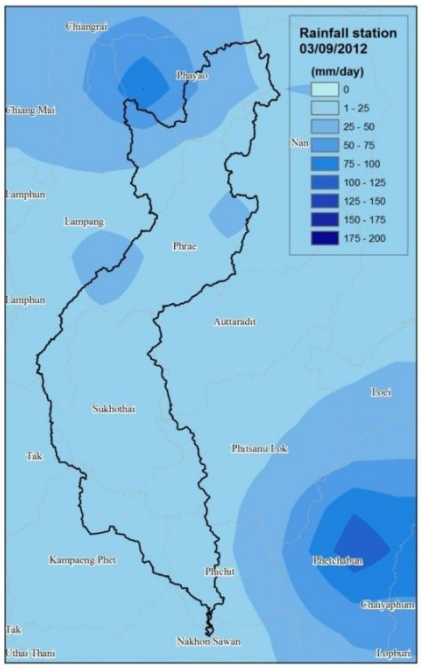
Two bias correction methods are applied to TRMM 3b42 data to reduce the rainfall intensity bias. The correlation between the observed data and bias corrected TRMM 3B42 data for each station are shown in Table 1. The spatial pattern of rainfall from rain gauge data, original TRMM 3B42 data, and two methods of bias correction are presented in Figure 3.

**Table 1.** Performance evaluation of bias correction-method on monthly rainfall amount

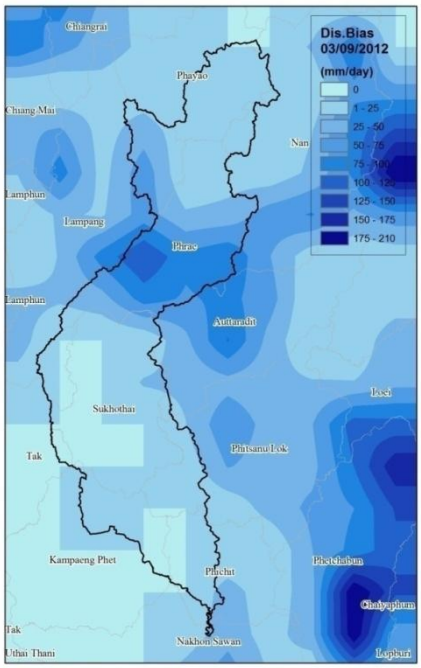
| Station | | TRMM | Dis. Bias | Spa. Bias |
|---|---|---|---|---|
| 1 | R2 | 0.78 | 0.81 | 0.98 |
| | NRMSE | 0.2 | 0.16 | 0.1 |
| 2 | R2 | 0.72 | 0.79 | 0.9 |
| | NRMSE | 0.2 | 0.19 | 0.12 |
| 3 | R2 | 0.91 | 0.95 | 0.97 |
| | NRMSE | 0.11 | 0.09 | 0.08 |

*Flood simulation*

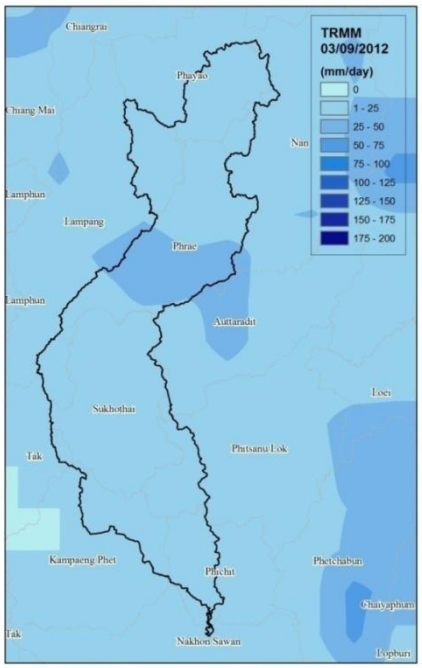
The result from simulations are compared with observed stream flow data at Y.14 station in terms of coefficient of determination ($R^2$) and normalized root mean square error (NRMSE) as shown in Table 2.



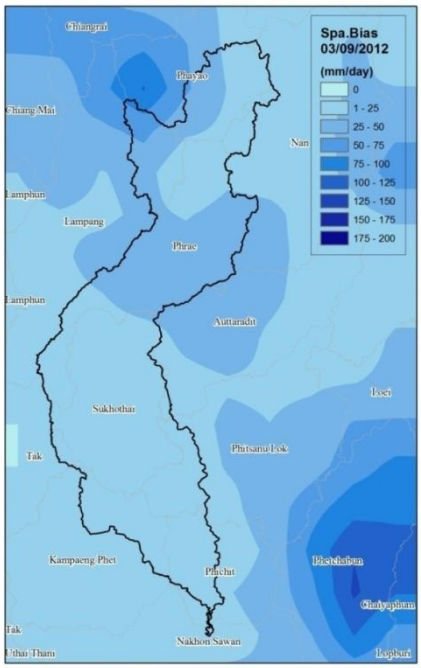

a.) Rain gauge data




c.) Corrected TRMM 3B42 by Distribution transformation




b.) TRMM 3B42




d.) Corrected TRMM 3B42 by Geographical differential analysis

**Fig. 3** Comparing daily rainfall by spatial distribution

**Table 2.** Performance evaluation of bias correction-method by runoff

| | IDW | TRMM | Dis. Bias | Spa.Bias |
|---|---|---|---|---|
| R2 | 0.70 | 0.41 | 0.56 | 0.69 |
| NRMSE | 0.11 | 0.17 | 0.13 | 0.12 |

The comparison between observed and simulated hydrographs from RRI model at Y.14 station, where is located at the middle of Yom river, are presented in cases of different sources of rainfall, i.e. rain gauge data, TRMM 3B42 data, Distribution transformation, and Geographical differential analysis, as show in Fig. 4, where the starting date is on 1st April 2011, and the end date of simulation is on 31st December 2011.

In this study, the performance of simulation result in terms of flood area is compared the simulation inundation area with satellite photos from Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA) at the days during crisis, 17th August, 11th September, and 9th October 2011 by computing the shape factor (f ) as equation:

$$f = \frac{A_{sat} \cap A_{sim}}{A_{sat} \cup A_{sim}} \qquad (8)$$

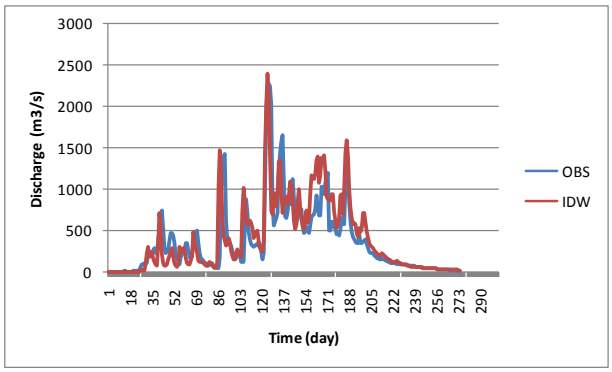
where the shape factor (f ) is defined as a ratio of the same inundation areas from both satellite image and simulation result (the intersection of $A_{sat}$ and $A_{sim}$, $A_{sat} \cap A_{sim}$) by the overall inundation area from both sources (the union of $A_{sat}$ and $A_{sim}$, $A_{sat} \cup A_{sim}$). $A_{sat}$ is inundation area from satellite image data in $km^2$, and $A_{sim}$ is the inundation area that is the result from simulation. Actually, the shape factor equal to 1 means the simulation is perfectly matched with the observed data (Sriariyawat et.al., 2013). Table 3 present the performance evaluation of bias correction methods by shape factor parameter on the crisis 17th August and 9th October 2011.

**Table 3.** Performance evaluation of bias correction-methods by shape factor

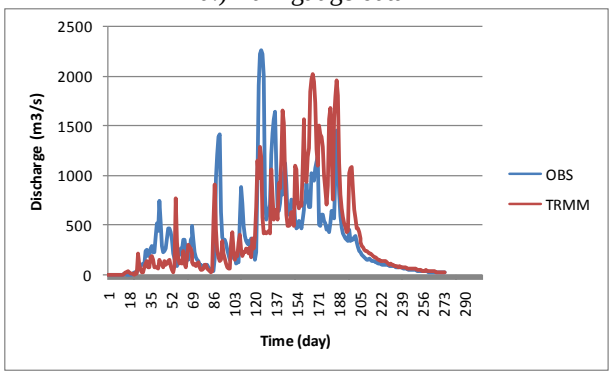
| d/m/y | IDW | TRMM | Dis.Bias | Spa.Bias |
|---|---|---|---|---|
| 170811 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.27 |
| 91011 | 0.35 | 0.33 | 0.3 | 0.36 |

## Conclusions

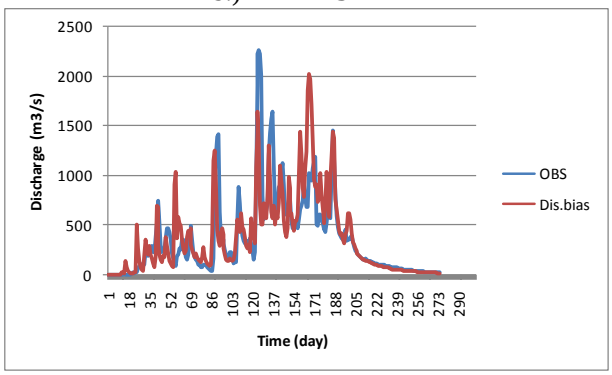
Precipitation data are important to flood simulation in term of accuracy of intensity and spatial coverage. The rain gauge can provide accurate intensity but unable to collect rainfall in area that difficult to establish for example ocean, mountainous area. Satellite based rainfall can provide a good spatial coverage but the



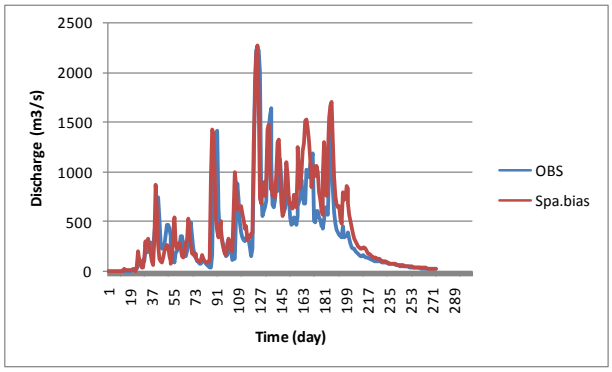

a.) Rain gauge data




b.) TRMM 3B42




c.) Corrected TRMM 3B42 by Distribution transformation bias correction method




d.) Corrected TRMM 3B42 by Geographical differential analysis bias correction method

**Fig. 4** Hydrograph from RRI at Y.14 station in year 2011

method to collect data is not measure rainfall directly thus satellite based rainfall data need to bias correction before use in the study. Distribution transformation bias only volume of rainfall, while Geographical differential analysis includes the spatial pattern of observed rainfall data to the bias correction process. This can be implied that the Distribution transformation has the magnitude of rainfall volume as observed data, but the rainfall pattern would be the same as TRMM, and the Geographical differential analysis gives the result of TRMM bias corrected data more or less the same as observed data in terms of rainfall volume and rainfall pattern.

From the discharge results show the simulation from rain gauge data has more accuracy than the other source of rainfall data. This can be implied that 25 rain gauge stations used in the study are sufficient to use for flood study in Yom river basin instead of using satellite based rainfall data to simulate flood. However, in case that the number of rain gauge station is lower than 25 stations, TRMM will be other choice to consider. When compare between two bias correction methods, Geographical differential analysis are more accurate than Distribution transformation method. It means that the spatial distribution of rainfall has more influence in flood simulation than the rainfall intensity.

**Acknowledgement**

The study cannot be concluded without satellite rainfall from Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) staffs of Thai Royal Irrigation Department (RID) and Thai Meteorological Department (TMD) for observed historical rainfall data as well. The research also done under department of water resources engineering, faculty of engineering, Chulalongkorn University.

**References**

Mekong River Commission, 2010. Bias Correction for Satellite Precipitation Estimation used by the MRC Mekong Flood Forecasting System (Mission Report).

NASA, 2006 Earth Science Reference Handbook Mission TRMM.

Pakoksung, K., Koontanakulvong, S. and Sriaiyawat, A. (2012). Satellite data application for flood simulation.PAWEES 2012 International Conference.

Sayama, T., Fukami.K., Tanaka, S. and Kuniyoshim K, (2010) Rainfall–runoff–inundation analysis for flood risk assessment at the regional scale. Proceedings of the Fifth Conference of Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW), 568–576.

Sayama, T., Ozawa, G., Kawakami, T., Nabesaka, S. and Fukami, K. (2012). Rainfall-runoff-inundation analysis of the 2010 Pakistan flood in the Kabul River basin" Hydrological Sciences Journal, 57:2, 298-312

Sayama, T., Tatebe, Y. and Tanaka, S. (2013). "Large-scale Flood Simulation with Rainfall-Runoff-Inundation Model in the Chao Phraya River Basin" Journal of Geophysical Research

Sriariyawat, A., K. Pakoksung, T. Sayama, S. Tanaka, and Koontanakulvong, S. (2013). Approach to estimate the flood damage cost in SukhothaiProvince using flood simulation. J. of Disaster Research, 8:3, 406-414

**ภาคผนวก ฏ**
**ข้อเสนอ**
**การศึกษาการวางแผนและประเมินผลกระทบเบื้องต้นด้านเศรษฐกิจและสังคม**

## 1. บทนำ

ประเทศไทยมีการจัดทำแผนพัฒนานับตั้งแต่แผนพัฒนาฯฉบับที่1จนถึงแผนพัฒนาฯฉบับปัจจุบันฉบับที่ 11 มีพัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องภายใต้สถานการณ์เงื่อนไขและการเปลี่ยนแปลงในมิติต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกประเทศแผนพัฒนาฯฉบับที่8เป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของการวางแผนพัฒนาประเทศที่ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในสังคมและมุ่งให้ "คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา" พร้อมทั้งปรับเปลี่ยนวิธีการพัฒนาเป็นบูรณาการแบบองค์รวมเพื่อให้เกิดการพัฒนาที่สมดุลต่อมาแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9 ได้อัญเชิญ "ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง" เป็นปรัชญานำทางในการพัฒนาและบริหารประเทศควบคู่ไปกับกระบวนทัศน์การพัฒนาแบบบูรณาการเป็นองค์รวมที่มี "คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา" ต่อเนื่องจากแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8 สำหรับแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 10 ยังคงน้อมนำ "ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง" มาเป็นแนวทางปฏิบัติและให้ความสำคัญกับการพัฒนาที่ยึด"คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา" ต่อเนื่องจากแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8-9 และการพัฒนาที่สมดุลทั้งคนสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมโดยมีการเตรียม "ระบบภูมิคุ้มกัน" ด้วยการเสริมสร้างความเข้มแข็งของทุนที่มีอยู่ในประเทศและการบริหารจัดการความเสี่ยงให้พร้อมรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงทั้งภายนอกและภายในประเทศเพื่อมุ่งสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนและความอยู่เย็นเป็นสุขของคนไทยทุกคน

ในระยะของแผนพัฒนาฯฉบับที่10สังคมไทยได้น้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางทุกภาคส่วนส่งผลให้ประเทศไทยเข้มแข็งมีภูมิคุ้มกันสูงขึ้นในหลายด้านและสามารถปรับตัวรับกับภาวะวิกฤตเศรษฐกิจโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างไรก็ตามปัจจัยที่ยังเป็นอุปสรรคได้แก่ความสมานฉันท์ในสังคมสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศขาดความสมดุลความเสี่ยงจากปัญหายาเสพติดที่สูงขึ้นรวมถึงสุขภาวะของคนไทยลดลงจากคุณภาพการศึกษาที่เป็นปัญหา

การพัฒนาในระยะแผนพัฒนาฯฉบับปัจจุบันฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ประเทศไทยจะต้องเผชิญกับกระแสการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญทั้งภายนอกและภายในประเทศที่ปรับเปลี่ยนเร็วและซับซ้อนมากยิ่งขึ้นเป็นทั้งโอกาสและความเสี่ยงต่อการพัฒนาประเทศโดยเฉพาะข้อผูกพันที่จะเป็นประชาคมอาเซียนจึงจำเป็นต้องนำ

ภูมิคุ้มกันที่มีอยู่พร้อมทั้งเร่งสร้างภูมิคุ้มกันในประเทศให้เข้มแข็งขึ้นมาใช้ในการเตรียมความพร้อมให้แก่คน สังคมและระบบเศรษฐกิจของประเทศให้สามารถปรับตัวรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสมสามารถพัฒนาประเทศให้ก้าวหน้าต่อไปเพื่อประโยชน์สุขที่ยั่งยืนของสังคมไทยตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

อย่างไรก็ตามในความเป็นจริง เรายังคงเห็นปัญหาที่เกิดจากการมุ่งเน้นแต่เพียงความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ปราศจากผลสัมฤทธิ์ของการกระจายความเจริญไปสู่ภูมิภาคและพื้นที่ชนบทอีกทั้งยังปรากฏสภาพการสูญเสียทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติจนนำพาประเทศเข้าสู่วิกฤตทั้งทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างรุนแรงในปัจจุบันในบางภูมิภาคและจังหวัดของประเทศไทย ซึ่งมีความแตกต่างทั้งทางด้านความพร้อมของปัจจัยภายในเช่น งบประมาณ บุคลากร ความตระหนัก และการมีส่วนร่วมของคนในพื้นที่รวมถึงปัจจัยภายนอก เช่น นโยบาย แรงขับจากการเจริญเติบโตภายนอก จากความแตกต่างข้างต้น ทำให้การพัฒนาระดับท้องถิ่นบางพื้นที่ยังคงประสบปัญหาทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และด้านกายภาพ

ลุ่มน้ำน่านซึ่งตั้งอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทยเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่แสดงออกถึงปัญหาด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากภาคส่วนต่างๆ ในพื้นที่ เช่น การบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อการเกษตร ซึ่งส่งผลต่อสภาพเศรษฐกิจ (การเป็นหนี้) สังคม (ความไม่เข้าใจของคนในพื้นที่) สิ่งแวดล้อม (มลภาวะด้านน้ำและอากาศ) และด้านกายภาพ (การสูญเสียพื้นที่ป่าต้นน้ำ) ในลุ่มน้ำน่าน อย่างไรก็ตาม ผลกระทบดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในตัวพื้นที่เองเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อพื้นที่ภายนอก เช่น ลุ่มน้ำเจ้าพระยาซึ่งเป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจสังคมของประเทศไทย เนื่องจากลุ่มน้ำน่านเป็นพื้นที่ต้นน้ำที่ส่งน้ำมาให้พื้นที่ภาคกลางตอนล่างประมาณร้อยละ 40 ของปริมาณน้ำที่มาจากพื้นที่ต้นน้ำ ปิง วัง ยม และน่าน (สุจริตและคณะ, 2554)

จากการวางแผนพัฒนาพื้นที่ดังกล่าว จังหวัดน่านจำเป็นต้องอาศัยการบูรณาการศาสตร์ต่างๆ เช่น เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และด้านกายภาพ เข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ลำพังเพียงศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งไม่สามารถแก้ปัญหาได้ อย่างไรก็ตาม น้ำยังคงเป็นปัจจัยด้านกายภาพพื้นฐานและข้อจำกัดใหญ่ตัวหนึ่งที่ทำให้การพัฒนาพื้นที่จังหวัดน่านมีอุปสรรค หลายภาคส่วนโดยเฉพาะเกษตรกรในพื้นที่เห็นพ้องต้องกันว่า การพัฒนาระบบน้ำเพื่อการเกษตร โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มรายได้จากการเพาะปลูกบนที่ดินทำกิน (ส่วนใหญ่ในที่ราบ) โดยรวมมีความสำคัญมากที่สุดเป็นอันดับ 1 โดยสำคัญเป็นพิเศษกับกลุ่มที่มีที่ราบมีขนาดที่ดินปานกลาง และรายได้ปานกลาง (สิทธิเดช และเขมรัฐ, 2557) นอกจากนี้มาตรการต่างที่สนับสนุน

ลงไปในพื้นที่จะส่งผลกับทรัพยากรน้ำไม่เพียงแต่จังหวัดน่านหรือลุ่มน้ำน่านเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นโดยเฉพาะลุ่มน้ำเจ้าพระยา ยกตัวอย่างเช่น การสนับสนุนการปลูกป่า จะทำให้ลักษณะของรูปร่างและอัตราการไหลในลุ่มน้ำน่านที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งอาจจะบรรเทาผลกระทบจากน้ำท่วมหรือภัยแล้งในลุ่มน้ำน่านเองและลุ่มน้ำเจ้าพระยา

กล่าวโดยสรุปน้ำยังคงเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาพื้นที่แต่ลำพังน้ำเพียงอย่างเดียวไม่สามารถแก้ไขปัญหาในพื้นที่ได้ ผู้วางแผนพัฒนาพื้นที่จึงควรต้องมองทุกปัจจัยในการพัฒนาควบคู่กันไปเพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าวในทุกมิติ ในบทนี้ของรายงานฉบับกลางได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาพื้นที่ด้านเศรษฐกิจสังคมในอดีต สภาพปัญหาเศรษฐกิจสังคมในพื้นที่จังหวัดน่านจนถึงปัจจุบัน, การวางแผนการพัฒนาพื้นที่ในรูปแบบ scenario

## 2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.,2550) ได้เสนอว่าในการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมและประสานผลักดันสู่การปฏิบัตินั้นจำเป็นจะต้องมีการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่ (Spatial Development Planning) โดยการดำเนินงานวางแผนพัฒนาพื้นที่จะครอบคลุมมิติในเชิงเศรษฐกิจ สังคมสิ่งแวดล้อม และกายภาพซึ่งสัมพันธ์เชื่อมโยงกันในรูปแบบของแผนและผังซึ่งแสดงถึงรูปแบบระบบและความเชื่อมโยงทางด้านกายภาพ โดยสรุปว่าการวิเคราะห์การวางแผนพื้นที่และประสานเชื่อมโยงการจัดการเชิงพื้นที่ทุกระดับควรประกอบด้วยกระบวนการศึกษาดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** กระบวนการศึกษาในการวิเคราะห์การวางแผนพื้นที่และประสานเชื่อมโยงการจัดการเชิงพื้นที่ทุกระดับ

| กระบวนการศึกษา | ประเด็นสำคัญ |
|---|---|
| (1) วิวัฒนาการแนวความคิดการวางแผนพัฒนาพื้นที่ | การศึกษาวิจัยและทบทวนทางด้านเอกสารเกี่ยวกับวิวัฒนาการแนวความคิดการวางแผนพัฒนาพื้นที่จำแนกเป็นทฤษฎีเชิงสาระ (Substantive Theory) และทฤษฎีเชิงกระบวนการ (Procedural Theory) |
| (2) วิวัฒนาการของแนวนโยบายและการวางแผนพัฒนาพื้นที่ | การศึกษาวิจัยและทบทวนทางด้านเอกสารเกี่ยวกับวิวัฒนาการของแนวนโยบายและการวางแผนพัฒนาพื้นที่ของประเทศไทยในระยะที่ได้มีการวางแผนการพัฒนาอย่างเป็นระบบจนถึงปัจจุบัน |

| กระบวนการศึกษา | ประเด็นสำคัญ |
|---|---|
| (3) บทบาทของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพื้นที่ | การศึกษาวิเคราะห์บทบาทหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดนโยบาย (Policy) การวางแผน (Plan) และการจัดทำโครงการ (Project) |
| (4) การเสริมสมรรถนะการวิเคราะห์วางแผนและประสานการจัดการเชิงพื้นที่ทุกระดับ | การเสริมสมรรถนะการวิเคราะห์วางแผนและประสานการจัดการเชิงพื้นที่ทุกระดับ ประกอบด้วยหลักการและเหตุผลในการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่ (Spatial DevelopmentPlanning) และความเชื่อมโยงกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม |
| (5) หลักการและแนวความคิดในการพัฒนาอย่างยั่งยืน | แนวทางการวางวิเคราะห์วางแผนพื้นที่และประสานเชื่อมโยงการจัดการพื้นที่ทุกระดับตามหลักการภาคนิยมใหม่ (New Regionalism หรือ 3E) ที่มุ่งเน้นการสร้างความสมดุลระหว่างEconomy, Equity และEnvironment |
| (6) การวิเคราะห์เพื่อการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่ | การวิเคราะห์เพื่อการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ขั้นสูงประกอบด้วยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ทางด้านเศรษฐกิจสังคมและทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและวิธีการทางสถิติเพื่อการวิเคราะห์แนวโน้มและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคต |
| (7) การวิเคราะห์ผู้มีส่วนร่วมสำคัญ | การวิเคราะห์ผู้มีส่วนร่วมสำคัญ (Stakeholder Analysis) ประกอบด้วยการกำหนดประเด็นการพัฒนา (Development Issues) การวิเคราะห์เพื่อบ่งชี้กลุ่มผู้มีส่วนร่วมสำคัญ (Stakeholder) ทั้งภาครัฐภาคเอกชนชุมชนและสถาบันสังคมซึ่งประกอบเป็นภาคีการพัฒนา |
| (8) การวางแผนยุทธศาสตร์แบบร่วมหารือ | การวางแผนยุทธศาสตร์แบบร่วมหารือประกอบด้วยแนวคิดพื้นฐานและแนวทางการดำเนินการวางแผนแบบร่วมหารือ (Deliberative Planning) และการประยุกต์ใช้ในการวางแผนยุทธศาสตร์ (Strategic Planning) |
| (9) แนวทางและกลไกการประสานการดำเนินการ | แนวทางและกลไกการประสานการดำเนินการให้เป็นไปตามแผนยุทธศาสตร์ประกอบด้วยการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการขับเคลื่อนนโยบาย (Policy) และแนวทางการประสานการดำเนินการเพื่อนำแนวนโยบายไปปฏิบัติโดยการวางแผน (Plan) และการจัดทำโครงการ (Project) ตลอดจนการกำหนดกลไกการประสานการดำเนินการโดยภาคีการพัฒนาที่เกี่ยวข้อง |
| (10) เทคนิคการติดตามและประเมินผล | การใช้เทคนิคต่างๆในการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานโดยการพิจารณาดัชนีบ่งชี้การพัฒนาอย่างยั่งยืนเพื่อการแก้ไขปรับปรุงการวางแผนและการดำเนินงานให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายการพัฒนาตามที่กำหนด |

ที่มา ปรับปรุงและสรุปจาก สศช.,2550

## 2.1 แนวนโยบายและการวางแผนพัฒนาพื้นที่ของประเทศไทย

ประเทศไทยมีการกำหนดแนวนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอยู่ภายใต้สองพระราชบัญญัติ ได้แก่ (1) พระราชบัญญัติพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และ (2) พระราชบัญญัติสภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยปัจจัยการกำหนดนโยบายและการวางแผนพัฒนาพื้นที่ถูกนำมาใช้โดยมีสาระสำคัญดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** สาระสำคัญในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติในแต่ละฉบับ

| แผนฉบับที่ | สาระสำคัญ |
|---|---|
| พ.ศ. 2504-2506-2509* | เป็นแผนจากส่วนกลาง (Top Down Planning) ที่มีเป้าประสงค์ในการเร่งรัดการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศการกำหนดนโยบายจึงมุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิตในภาคการเกษตรและการขนส่งผลิตผลไปสู่ตลาดโดยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานหลักได้แก่การชลประทานและการคมนาคมขนส่งเป็นหลักทั้งนี้เทคนิคในการวางแผนใช้การวิเคราะห์โครงการ (Project Analysis) ซึ่งเปรียบเทียบค่าการลงทุนกับผลตอบแทนที่จะได้รับจากโครงการนั้นๆ |
| ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2510-2514 | ยังคงมุ่งเน้นการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศต่อเนื่องจากแผนฯฉบับแรกแต่ได้มีการจำแนกเป็นการวิเคราะห์และการวางแผนรายสาขา (Sectoral Analysis and Planning) โดยกระจายการวางแผนและการจัดทำโครงการไปสู่ระดับกระทรวง |
| ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2515-2519 | ได้อาศัยแนวความคิดอุทยานนคร (Garden City) ในการพัฒนาเมืองใหม่ (New Town) ให้เป็นเมืองบริวารของนครหลวงนอกจากนี้ยังได้อาศัยทฤษฎีขั้วความเจริญ (Growth Pole Theory) มาใช้ในการพัฒนาเมืองหลักในภูมิภาคเพื่อลดความแตกต่างระหว่างนครหลวงกับภูมิภาคอื่นๆของประเทศ การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและแรงงานส่วนเกินในภาคการเกษตรส่งผลให้เกิดการอพยพย้ายถิ่นเข้ามายังกรุงเทพมหานครจนเกิดปัญหาจากการเป็นเอกนคร |
| ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2520-2524 | ได้ระบุถึงความพยายามในการพัฒนากรุงเทพมหานครให้เป็นเมืองหลายศูนย์กลางตาม Multiple Nuclei Theory และยังคงใช้แนวความคิดขั้วความเจริญในการพัฒนาเมืองศูนย์กลางในภูมิภาค |
| ฉบับที่ 5 พ.ศ. 2525-2529 | ได้วางผังเค้าโครงกรุงเทพมหานครและปริมณฑลโดยกำหนดให้มีเขตพื้นที่สีเขียวรอบเมือง (Green Belt) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแนวความคิดอุทยานนคร (Garden City) นอกจากนี้ในส่วนของการพัฒนาเมือง ศูนย์กลางในภูมิภาคยังได้กำหนดให้มีการพัฒนาระบบเมืองซึ่งประกอบด้วยเมืองหลักเมืองรองและชุมชนชนบทเพื่อให้เกิดการกระจายการพัฒนาอย่างเป็นระบบ |
| ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2530-2534 | ได้ปรับเปลี่ยนแนวนโยบายมาเป็นการจัดการการเจริญเติบโต (Growth Management) โดยใช้มาตรการด้านการลงทุนขยายเนื่องด้วยข้อจำกัดในการควบคุมการขยายตัวอย่างรวดเร็วและเป็นไป |

| แผนฉบับที่ | สาระสำคัญ |
|---|---|
| | อย่างต่อเนื่อง<br>ของกรุงเทพมหานครโครงข่ายบริการพื้นฐาน (Fiscal Measure) ควบคู่กับมาตรการทางผังเมือง (Legal Measure) และได้เริ่มให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของประชาชน (Public Participation) และการวางแผนจากระดับล่าง (Bottom Up Planning) ตามหลักการธรรมาภิบาล (Good Governance) |
| ฉบับที่ 7<br>พ.ศ. 2535-2539 | กำหนดขึ้นตามแนวความคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) ซึ่งมุ่งเน้นการเกิดความสมดุลระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจการกระจายรายได้และการรักษาสิ่งแวดล้อมแผนพัฒนาฯ ฉบับนี้ได้กำหนดนโยบายการพัฒนาภาคมหานครซึ่งครอบคลุมพื้นที่เชื่อมต่อ (Conurbation) ระหว่างกรุงเทพมหานครและปริมณฑลกับพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกรวมกับการพัฒนาพื้นที่แหล่งอุตสาหกรรมภาคกลางตอนบนนอกจากนี้ยังได้กำหนดการกระจายการพัฒนาเมืองและบริการพื้นฐานไปสู่ภาคต่างๆได้แก่ภาคเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือภาคตะวันตกและภาคใต้ |
| ฉบับที่ 8<br>พ.ศ. 2540-2544 | ได้กำหนดให้มีการเชื่อมโยงระหว่างศูนย์กลางทางเศรษฐกิจของประเทศกับกลุ่มประเทศอินโดจีนกลุ่มประเทศอาเซียนและกับอนุทวีปแต่เกิดวิกฤตเศรษฐกิจในช่วงนี้ทำให้ไม่บรรลุแผนที่ตั้งไว้ |
| ฉบับที่ 9<br>พ.ศ. 2545-2549 | จากวิกฤตเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ จึงได้จัดทำขึ้นโดยได้อัญเชิญ “ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” ตามพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวมาเป็นปรัชญาในการพัฒนาประเทศแผนพัฒนาฯ ฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นภายใต้กระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนจากทุกภาคส่วนโดยในสาระสำคัญเกี่ยวกับการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่ได้ระบุถึงการพัฒนาเมืองน่าอยู่ (Livable Cities) และการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างชนบทและเมือง (Rural-Urban Linkage) เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน |
| ฉบับที่ 10<br>พ.ศ. 2550-2554 | สะท้อนการปรับเปลี่ยนทิศทางการพัฒนาประเทศด้วยการมุ่งสู่ความเป็น “สังคมอยู่เย็นเป็นสุขร่วมกัน” แผนพัฒนาฯฉบับนี้ยังคงอัญเชิญ “ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” มาเป็นแนวปฏิบัติในการพัฒนาและบริหารประเทศควบคู่ไปกับการขับเคลื่อนการพัฒนาแบบบูรณาการเป็นองค์รวมโดยมี “คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา” ต่อเนื่องจากแผนพัฒนาฯฉบับที่ 8 และฉบับที่ 9 ทั้งนี้ได้ให้ความสำคัญต่อการรวมพลังทางสังคมจากทุกภาคส่วนให้มีส่วนร่วมในการดำเนินการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาสู่การปฏิบัติและการติดตามตรวจสอบผลการดำเนินงาน |
| ฉบับที่ 11<br>พ.ศ. 2555-2559 | แผนนี้ได้จัดทำขึ้นในช่วงเวลาที่ประเทศไทยต้องเผชิญกับสถานการณ์ทางสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว และส่งผลกระทบอย่างรุนแรงกว่าช่วงที่ผ่านมาในระยะแผนพัฒนาฯฉบับที่ 11 สังคมไทยยังคงใช้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในการพัฒนาประเทศอย่างต่อเนื่อง<br>ในแผนพัฒนาฯฉบับที่11นี้สศช. ได้ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของภาคีการพัฒนาทุกภาคส่วนทั้งในระดับชุมชนระดับภาคและระดับประเทศในทุกขั้นตอนของแผนฯอย่างกว้างขวางและต่อเนื่องเพื่อร่วมกันกำหนดวิสัยทัศน์และทิศทางการพัฒนาประเทศรวมทั้งร่วมจัดทำรายละเอียดยุทธศาสตร์ของ |

| แผนฉบับที่ | สาระสำคัญ |
|---|---|
| | แผนฯเพื่อมุ่งสู่ “สังคมอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุขด้วยความเสมอภาคเป็นธรรมและมีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลง”<br>การพัฒนาประเทศในระยะแผนนี้จึงเป็นการนำภูมิคุ้มกันที่มีอยู่พร้อมทั้งเร่งสร้างภูมิคุ้มกันในประเทศให้เข้มแข็งขึ้นเพื่อเตรียมความพร้อมคนสังคมและระบบเศรษฐกิจของประเทศให้สามารถปรับตัวรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสมโดยให้ความสำคัญกับการพัฒนาคนและสังคมไทยให้มีคุณภาพมีโอกาสเข้าถึงทรัพยากรและได้รับประโยชน์จากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างเป็นธรรมรวมทั้งสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจด้วยฐานความรู้เทคโนโลยีนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์บนพื้นฐานการผลิตและการบริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขณะเดียวกันยังจำเป็นต้องบริหารจัดการแผนพัฒนาฯฉบับที่ 11 ให้บังเกิดผลในทางปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรมภายใต้หลักการพัฒนาพื้นที่ภารกิจและการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในสังคมไทยซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเพื่อประโยชน์สุขที่ยั่งยืนของสังคมไทยตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง |

หมายเหตุ *แผนพัฒนาการเศรษฐกิจแห่งชาติ, **แผนพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ที่มา: ปรับปรุงและสรุปจาก สศช.,2550

จากการวิเคราะห์ปัจจัยการกำหนดนโยบายและการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่ตามที่ได้ปรากฏในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติทั้ง 11ฉบับดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปเป็นจุดเด่นและจุดด้อยของการกำหนดนโยบายและการวางแผนพัฒนาพื้นที่ในระยะที่ผ่านมาได้ดังนี้

**ตารางที่** 3 จุดเด่นและจุดด้อยของการกำหนดนโยบายและการวางแผนพัฒนาพื้นที่ในระยะที่ผ่านมา

| จุดเด่น | จุดด้อย |
|---|---|
| 1. มีความต่อเนื่องในการกำหนดนโยบายและมีพัฒนาการตามสภาวการณ์การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ<br>2. มีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีหลักการและแนวความคิดในการวิเคราะห์และการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่ที่เป็นสากล<br>3. มีความพยายามในการกำหนดแนวทางการพัฒนาโดยเฉพาะของประเทศซึ่งได้แก่การพัฒนาตาม “ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง”<br>4. มีความต่อเนื่องในการกำหนดนโยบาย | 1. เป็นการกำหนดนโยบายจากส่วนกลาง (Top Down Planning) มากกว่าการสะท้อนความต้องการของท้องถิ่น (Bottom Up Planning)<br>2. ขาดกลไกการนำแนวนโยบายไปสู่การวางแผนและการจัดทำโครงการและแนวทางการติดตามประเมินผลที่มีความชัดเจน<br>3. เป็นการกำหนดนโยบายจากส่วนกลาง (Top Down Planning) มากกว่าการสะท้อนความต้องการของท้องถิ่น (Bottom Up Planning)<br>การวางแผนพัฒนาพื้นที่ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาเป็นการดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่และที่ปรึกษาด้านเทคนิคของหน่วยงานส่วนกลางเป็นหลักจึงขาดภาพสะท้อนถึงความต้องการในระดับท้องถิ่นและเกิดเป็นปัญหาในการดำเนินการให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์ที่ได้กำหนดไว้จนกระทั่งในระยะต่อมาจึงได้เพิ่มเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนโดยให้ภาคีการพัฒนาได้เข้ามามีบทบาทในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาตามที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่ |

| จุดเด่น | จุดด้อย |
| --- | --- |
| และมีพัฒนาการตามสภาวการณ์การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ<br>การวางแผนพัฒนาพื้นที่ได้เริ่มต้นจากการแก้ไขปัญหาความเป็นเอกนคร (Primate City) ของกรุงเทพมหานครและพัฒนาไปสู่การกระจายความเจริญไปสู่ภูมิภาคโดยการพัฒนาเมืองหลักและเมืองรองตลอดจนการพัฒนาพื้นที่เฉพาะที่มีความสำคัญเช่นการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกจนเป็นผลให้เกิดการพัฒนาความเชื่อมโยงของกลุ่มเมือง (Conurbation) ในภาคมหานครต่อเนื่องกับการพัฒนาเมืองชายแดนเพื่อความเชื่อมโยงของประเทศไทยกับอนุทวีปตามลำดับ | ขั้นตอนของการกำหนดแผนงานและโครงการและการดำเนินการจนเป็นผลสำเร็จได้อย่างดียิ่งขึ้น |
| 5. มีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีหลักการและแนวความคิดในการวิเคราะห์และการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่ที่เป็นสากล<br>จากในระยะแรกของการวางแผนพัฒนาพื้นที่ที่แสดงถึงการประยุกต์ใช้แนวความคิดอุทยานนคร (Garden City) ในการแก้ไขปัญหาความแออัดของกรุงเทพมหานครโดยการสร้างเมืองใหม่ (New Town) และการสร้างพื้นที่สีเขียว (Green Belt) เพื่อควบคุมการขยายตัวของกรุงเทพมหานครมาสู่การประยุกต์ใช้ทฤษฎีขั้วความเจริญ (Growth Pole) ในการพัฒนาเมืองหลักและเมืองรองในภูมิภาคและการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเมืองและชนบท (Urban-Rural Linkage) นอกจากนี้ในด้านการบริหารจัดการยังได้แสดงถึงการใช้หลักการธรรมาภิบาล (Good | 4. ขาดกลไกการนำแนวนโยบายไปสู่การวางแผนและการจัดทำโครงการและแนวทางการติดตามประเมินผลที่มีความชัดเจน<br>การขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศจำเป็นต่อการจัดทำแผนงานและโครงการโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่องรวมทั้งการจัดสรรบุคลากรและงบประมาณเพื่อการดำเนินการให้เป็นไปตามแผนงานและโครงการอย่างเหมาะสมและพอเพียงทั้งนี้ในการกำหนดและการดำเนินการดังกล่าวตลอดระยะเวลาที่ผ่านมายังขาดกลไกที่สร้างความเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบจึงเป็นผลให้ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศมีผลสำเร็จได้เพียงบางส่วนและเป็นการผลักดันโดยหน่วยงานส่วนกลางเป็นหลัก |

| จุดเด่น | จุดด้อย |
|---|---|
| Governance) โดยการกระจายอำนาจ (Decentralization) และการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน (Public Participation) | |
| 6. มีความพยายามในการกำหนดแนวทางการพัฒนาโดยเฉพาะของประเทศ ซึ่งได้แก่ การพัฒนาตาม “ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” การพัฒนาตามกระแสเศรษฐกิจของโลกได้ส่งผลต่อสภาพความผันผวนทางเศรษฐกิจของประเทศ รวมทั้งผลกระทบที่มีต่อสภาพทางสังคมและสิ่งแวดล้อมจำเป็นที่ประเทศไทยจะต้องสร้างเสริมภูมิคุ้มกันและความมั่นคงทางเศรษฐกิจโดยการกำหนดแนวทางการพัฒนาโดยเฉพาะร่วมกับการประยุกต์ใช้ทฤษฎีหลักการและแนวความคิดที่เป็นสากลเพื่อการผสมผสานให้เป็นแนวทางในการพัฒนาประเทศที่เหมาะสม | |

ที่มา: ปรับปรุงและสรุปจาก สศช.,2550

เมื่อทำการวิเคราะห์แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติทั้ง 11 ฉบับ เราสามารถสรุปประเด็นที่น่าสนใจในการประเมินผลการดำเนินการตามนโยบายและแผนพัฒนาพื้นที่ดังนี้

1. การขยายตัวทางเศรษฐกิจของภาคเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือภาคตะวันตกและภาคใต้ยังคงอยู่ในอัตราที่ค่อนข้างต่ำต่างจากกรุงเทพมหานครและปริมณฑลภาคตะวันออกและภาคกลางซึ่งมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจในอัตราที่ค่อนข้างสูงตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 จนกระทั่งการเกิดวิกฤตทางเศรษฐกิจซึ่งมีผลกระทบเป็นอย่างมากต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

2. สภาพความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจในระดับภาคของประเทศไทยสามารถพิจารณาได้จากรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือนซึ่งกรุงเทพมหานครและจังหวัดข้างเคียงมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือนมากกว่าภาคอื่นๆและประเทศเท่ากับ 1.9-2.8 เท่า

3. แนวนโยบายการพัฒนาเมืองตามที่ได้ปรากฏในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติอย่างต่อเนื่องนั้นจะแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของแนวนโยบายการกระจายความเจริญจากกรุงเทพมหานครไปยังภูมิภาคต่างๆ อย่างเป็นระบบแต่ความพยายามในการกระจายความเจริญดังกล่าวได้ประสบผลสำเร็จในระดับหนึ่งเท่านั้นทั้งนี้พิจารณาได้จากขอบเขตการพัฒนาของกรุงเทพมหานครจากความเป็นนครหลวงไปสู่ความเป็นกรุงเทพมหานครและปริมณฑลจนกระทั่งได้เชื่อมโยงกับการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกและได้ขยายออกเป็นภาคมหานครในท้ายที่สุด

การศึกษาวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้นทำโดยการพิจารณาสภาพการเปลี่ยนแปลงของลักษณะการตั้งถิ่นฐานและทิศทางการอพยพย้ายถิ่นของประชากรตลอดระยะเวลาของการดำเนินการตามแนวนโยบายนั้นๆ โดยสาเหตุประการสำคัญของการอพยพย้ายถิ่นเข้ามายังกรุงเทพมหานครคือการหางานทำจำนวนผู้อพยพย้ายถิ่นเข้ามายังกรุงเทพมหานครเป็นผู้ที่มาจากเขตชนบทถึงครึ่งหนึ่งในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าวย่อมจะเป็นข้อยืนยันถึงมูลเหตุทางเศรษฐกิจทั้งด้วยปัจจัยผลักดันโดยแรงงานส่วนเกินในเขตชนบทประกอบกับปัจจัยดึงดูดจากโอกาสการมีงานทำในเขตเมืองโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรุงเทพมหานครการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากรโดยการอพยพย้ายถิ่นเข้ามายังกรุงเทพมหานครดังกล่าวนี้เป็นผลทำให้กรุงเทพมหานครทวีความเหลื่อมล้ำทางด้านเศรษฐกิจและสังคมด้วย

4. มีการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าไม้และป่าชายเลนมากขึ้นเนื่องจากการขยายพื้นที่เกษตรกรรม การสูญเสียพื้นที่ป่าไม้และป่าชายเลนของประเทศส่งผลกระทบต่อการสูญเสียสภาพความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดลงของปริมาณน้ำฝนและปัญหาจากภัยทางธรรมชาติซึ่งได้แก่อุทกภัยภัยแล้งการกัดเซาะและการลดลงของสัตว์น้ำในพื้นที่ชายฝั่งทะเลเกษตรกรต้องเพิ่มการลงทุนเพื่อเพิ่มผลผลิตด้วยการใช้ปุ๋ยและการกำจัดศัตรูพืชด้วยสารเคมีแต่ต้องประสบกับปัญหาราคาผลผลิตที่ล้นตลาดและส่งผลต่อปัญหาความยากจนของเกษตรกรโดยพิจารณาได้จากการมีจำนวนประชากรที่ประกอบอาชีพทางการเกษตรตามการแจงนับในสำมะโนประชากรร้อยละ 56 ของจำนวนแรงงานของประเทศในขณะที่มูลค่าการผลิตที่ได้จากสาขาเกษตรกรรมมีมูลค่าเพียงร้อยละ 10 ของมูลค่าผลิตภัณฑ์รวมของประเทศนอกจากนี้ด้วยสภาพการณ์

ที่ประเทศไทยมีอัตราการเป็นเมืองที่ค่อนข้างต่ำแต่การเติบโตของเมืองกระจุกตัวเฉพาะในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลและพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกได้ส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเมืองอย่างรุนแรงทั้งในชุมชนและย่านอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดปัญหามลพิษทั้งทางอากาศและน้ำเสียในกรุงเทพมหานครจังหวัดสมุทรปราการชลบุรีและระยอง

กล่าวโดยสรุปคือ สำหรับการพัฒนาประเทศในช่วง 5 ทศวรรษที่ผ่านมาหากพิจารณาตามแนวทางภาคนิยมใหม่(New Regionalism - 3E) ซึ่งประกอบด้วยการสร้างสรรค์ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (Economy) การกระจายผลที่ได้รับจากการพัฒนาอย่างเป็นธรรม (Equity) และการสงวนรักษาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ (Environment) ที่จะก่อให้เกิดผลต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนแล้วจะเห็นได้ถึงปัญหาที่เกิดจากการมุ่งเน้นแต่เพียงความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ปราศจากผลสัมฤทธิ์ของการกระจายความเจริญไปสู่ภูมิภาคและพื้นที่ชนบทอีกทั้งยังปรากฏสภาพการสูญเสียทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติจนนำพาประเทศเข้าสู่วิกฤตทั้งทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างรุนแรงในปัจจุบัน นอกจากนี้ประเทศไทยยังคงมีปัญหาในระดับท้องถิ่น ดังที่ปรากฏในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน

## 2.2 บทบาทของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพื้นที่

บทบาทโดยทั่วไปของหน่วยงานของรัฐในประเทศไทยจะเป็นการดำเนินการเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศภูมิภาคและท้องถิ่นซึ่งในการดำเนินการดังกล่าวภาครัฐต้องอาศัยเครื่องมือทางกฎหมาย (Legal Instrument) เพื่อควบคุมการพัฒนาของภาคเอกชนให้เป็นไปอย่างเหมาะสมนอกจากนี้ภาครัฐยังต้องอาศัยเครื่องมือทางการเงิน (Fiscal Instrument) เพื่อการให้ได้มาซึ่งงบประมาณสำหรับการดำเนินการโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาดังกล่าวข้างต้นทั้งนี้การดำเนินการของหน่วยงานภาครัฐจะเป็นไปตามขอบเขตของระเบียบการบริหารราชการแผ่นดินแห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดินพ.ศ. 2534 ได้กำหนดให้จัดระเบียบบริหารราชการแผ่นดินจำแนกดังตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** สรุประเบียบการบริหารราชการแผ่นดินในระดับการปกครองต่างๆ

| ระเบียบบริหารราชการ | ส่วนกลาง | ส่วนภูมิภาค | ส่วนท้องถิ่น |
|---|---|---|---|
| พรบ.ระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. 2534 | มาตรา 7 | มาตรา 51 | มาตรา 70 |
| ประกอบด้วย | 1. สำนักนายกรัฐมนตรี<br>2. กระทรวงหรือทบวงซึ่งมีฐานะเทียบเท่ากระทรวง<br>3. ทบวงซึ่งสังกัดสำนักนายกรัฐมนตรีหรือกระทรวง<br>4. กรมหรือส่วนราชการที่เรียกชื่ออย่างอื่นและมีฐานะเป็นกรมซึ่งสังกัดหรือไม่สังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี กระทรวงหรือทบวง | จังหวัดและอำเภอ | 1) องค์การบริหารส่วนจังหวัด<br>2) เทศบาล<br>3) สุขาภิบาล (ปัจจุบันยกฐานะเป็นเทศบาลตำบล)<br>4) ราชการส่วนท้องถิ่นอื่นตามที่มีกฎหมายกำหนด (ได้แก่องค์การบริหารส่วนตำบลกรุงเทพมหานครและเมืองพัทยา) |

ที่มา: ปรับปรุงและสรุปจาก สศช.,2550

ซึ่งการกำหนดและถ่ายทอดนโยบาย (Policy) ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรมไปสู่การปฏิบัติโดยการวางแผน (Plan) และการจัดทำโครงการ (Project) ที่เป็นรูปธรรมด้วยวิธีการวางแผนกายภาพนั้นได้กำหนดเป็นบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานหลัก 2 หน่วยงานได้แก่สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติและกรมโยธาธิการและผังเมืองโดยมีระบบการวางแผนดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** บทบาทหน้าที่ของหน่วยงานกำหนดนโยบายและวางแผนกายภาพในทุกระดับ

| ระดับ | แผนพัฒนาเศรษฐกิจฯ | แผนพัฒนาด้านกายภาพ/การใช้ที่ดิน |
|---|---|---|
| มหภาค ระหว่างประเทศ | 1. APEC<br>2. ASEAN –นโยบายการค้ามาตรฐาน | |
| ภูมิภาคพื้นเอเชียฯ | 1. ความร่วมมือทางเศรษฐกิจระหว่างประเทศไทยอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง(ADB ผู้ประสานงาน) | |

| ระดับ | แผนพัฒนาเศรษฐกิจฯ | แผนพัฒนาด้านกายภาพ/การใช้ที่ดิน |
|---|---|---|
| | 2. สามเหลี่ยมการพัฒนาภาคใต้ (ประเทศไทยมาเลเซียและอินโดจีน) | |
| ประเทศ | 1. แผนพัฒนาเศรษฐกิจฯ 5 ปี<br>- เน้นนโยบายการพัฒนา<br>2. แผนพัฒนารายสาขาเช่นสาธารณสุขเกษตรการศึกษาการคมนาคมขนส่ง | |
| ภาค | 1. กระทรวงมหาดไทยเสนอโครงการพัฒนากลุ่มจังหวัด<br>2. คณะกรรมการพัฒนาชนบทและกระจายความเจริญไปสู่ภูมิภาค (กชช.ก.)<br>- ปรับปรุงสาระสำคัญจากนโยบายแผนพัฒนาภาคโดยใช้แผนพัฒนาจังหวัด | ผังภาคโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง |
| อนุภาค (เขตเศรษฐกิจพิเศษที่มีลำดับความสำคัญสูง) | 1. เขตเศรษฐกิจพิเศษ<br>- โดยปกติเป็นอนุภาคที่มีโอกาสการพัฒนาได้อย่างรวดเร็วเช่น<br>o โครงการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก<br>o โครงการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคใต้<br>o การพัฒนาพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง<br>o การพัฒนาสามเหลี่ยมการเจริญเติบโตภาคเหนือ<br>o การพัฒนาสามเหลี่ยมการเจริญเติบโตภาคใต้ | 1. เขตการพัฒนาพิเศษเช่น<br>- การพัฒนาภาคมหานคร (สศช.)<br>- การพัฒนาพื้นที่โดยรอบท่าอากาศยานสากลกรุงเทพแห่งที่ 2 (หนองงูเห่า) |
| จังหวัด | 1. แผนพัฒนาจังหวัด<br>- การประสานงานของกชช.ก.<br>- เน้นการประสานการลงทุนกับภาคเอกชน<br>2. แผนลงทุนจังหวัด<br>- จัดทำโดยจังหวัด<br>- เป็นการพัฒนารายสาขา<br>- เน้นภาครัฐ<br>- การลงทุนรายสาขาแผนงานและโครงการ | 1. ผังโครงสร้างจังหวัดโดยกรมโยธาธิการและผังเมืองหรือจังหวัด |
| เทศบาล | | 1. ผังเมืองรวมโดยกรมโยธาธิการและผังเมืองหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น<br>- กฎกระทรวงผังเมืองรวม |
| อำเภอ | 1. คณะกรรมการพัฒนาอำเภอ | 1. ผังเมืองเฉพาะโดยกรม |

| ระดับ | แผนพัฒนาเศรษฐกิจฯ | แผนพัฒนาด้านกายภาพ/ การใช้ที่ดิน |
|---|---|---|
| | - แผนพัฒนาตำบลและโครงการที่พัฒนาในจังหวัดหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น | โยธาธิการและผังเมือง |
| ตำบล | 1. คณะกรรมการที่ปรึกษาการพัฒนาตำบล<br>- ศึกษาสภาพปัญหา<br>- เสนอแนะโครงการพัฒนา | |
| หมู่บ้าน | 1. คณะกรรมการพัฒนาหมู่บ้าน<br>- ศึกษาสภาพปัญหา<br>- เสนอแนะโครงการพัฒนา | |

ที่มา: ปรับปรุงและสรุปจาก สศช.,2550

เมื่อพิจารณากลไกการเชื่อมโยงระหว่างหน่วยงานพัฒนาเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและการพัฒนาเชิงพื้นที่จะพบว่า ในแต่ละระดับการพัฒนาจะมีกลไกการทำงานที่แตกต่างกัน ตามภาระหน้าที่ โดยการทำงานจะสอดประสานกันระหว่างหน่วยงานหลักและหน่วยงานสนับสนุนในพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 6-7

**ตารางที่ 6** องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและการพัฒนาเชิงพื้นที่

| หน่วยงานและกลไก | ส่วนประกอบ |
|---|---|
| ส่วนกลาง | กลไกและหน่วยงานระดับนโยบายเช่น<br>สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติสำนักงบประมาณกรมโยธาธิการและผังเมืองสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและหน่วยงานต่างๆที่มีบทบาทหน้าที่ด้านการปฏิบัติ |
| ส่วนภูมิภาค | จังหวัดคณะกรรมการพัฒนา<br>จังหวัดและส่วนงานในภูมิภาคของหน่วยงานส่วนกลาง |
| ส่วนท้องถิ่น | องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นประชาชนและองค์กรชุมชน |
| ภาคีนอกภาครัฐ | องค์กรพัฒนาเอกชนสถาบันการศึกษาสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยภาคเอกชนและผู้ประกอบการรวมทั้งแหล่งเงินทุนอาทิธนาคารพาณิชย์กองทุนพัฒนาเมืองในภูมิภาคของธนาคารออมสิน |

ที่มา: ปรับปรุงและสรุปจาก สศช.,2550

**ตารางที่ 7** องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเชิงพื้นที่

| องค์ประกอบของงาน | หน่วยงานหลัก | หน่วยงานสนับสนุน |
|---|---|---|
| การกำหนดนโยบายและวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่ | - ประชาชน/องค์กรชุมชนในพื้นที่<br>- ภาคธุรกิจเอกชนในพื้นที่<br>- องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัด<br>- กรมโยธาธิการและผังเมือง<br>- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ | - หน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง |
| การวางและจัดทำผังเมืองรวม | - กรมโยธาธิการและผังเมือง<br>- องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น<br>- ประชาชน/องค์กรชุมชนในพื้นที่<br>- ภาคธุรกิจเอกชนในพื้นที่ | - คณะกรรมการผังเมืองจังหวัด<br>- คณะกรรมการพัฒนาจังหวัด |
| การปฏิบัติตามผังเมืองรวม | - องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น<br>- ประชาชน/องค์กรชุมชนในพื้นที่<br>- ภาคธุรกิจเอกชนในพื้นที่ | - คณะกรรมการผังเมือง<br>- กรมโยธาธิการและผังเมือง<br>- จังหวัด/คณะกรรมการพัฒนาจังหวัด<br>- สถาบันการศึกษา<br>- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย |
| การสงวนรักษาสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ และศิลปกรรม | - องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น<br>- ประชาชน/องค์กรชุมชนในพื้นที่<br>- ภาคธุรกิจเอกชนในพื้นที่ | - กรมศิลปากร<br>- กรมอนามัย<br>- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม<br>- กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธ์พืช<br>- กรมป่าไม้<br>- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง<br>- กรมทรัพยากรน้ำ<br>- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย<br>- สถาบันการศึกษา |
| การควบคุม/จัดการมลพิษขยะมูลฝอยและของเสีย | - องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น<br>- ประชาชน/องค์กรชุมชนในพื้นที่<br>- ภาคธุรกิจเอกชนในพื้นที่ | - กรมอนามัย<br>- กรมโรงงานอุตสาหกรรม<br>- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย<br>- กรมควบคุมมลพิษ<br>- องค์การจัดการน้ำเสีย<br>- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย<br>- สถาบันการศึกษา |

| องค์ประกอบของงาน | หน่วยงานหลัก | หน่วยงานสนับสนุน |
|---|---|---|
| | | - ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง |
| การจัดระบบคมนาคมขนส่ง | - องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น<br>- ประชาชน/องค์กรชุมชนในพื้นที่<br>- ภาคธุรกิจเอกชนในพื้นที่ | - สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร<br>- กรมทางหลวงชนบท<br>- กรมทางหลวง<br>- การรถไฟแห่งประเทศไทย<br>- สถาบันการศึกษา |
| การให้บริการน้ำใช้ | - องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น<br>- ประชาชน/องค์กรชุมชนในพื้นที่<br>- ภาคธุรกิจเอกชนในพื้นที่ | - กรมชลประทาน<br>- การประปาส่วนภูมิภาค<br>- บริษัทจัดการและพัฒนาทรัพยากรน้ำ<br>- ภาคตะวันออกจำกัด (มหาชน)-East Water |
| การจัดการชุมชนแออัด | - องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น<br>- ประชาชน/องค์กรชุมชนในพื้นที่<br>- ภาคธุรกิจเอกชนในพื้นที่ | - สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์การมหาชน) |
| การลงทุนเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสาธารณูปโภคสาธารณูปการ | - องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น<br>- ภาคธุรกิจเอกชน<br>- ประชาชน/องค์กรชุมชน | - สำนักงบประมาณ<br>- กองทุนพัฒนาเมืองในภูมิภาค/ธนาคารออมสิน<br>- ธนาคารพาณิชย์<br>- หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องต่างๆ |

ที่มา: ปรับปรุงและสรุปจาก สศช.,2550

ในทางปฏิบัตินั้น ยังคงมีประเด็นปัญหาการวางแผนและประสานเชื่อมโยงการจัดการเชิงพื้นที่หลัก 2 ปัญหาใหญ่คือ ปัญหาการรวมศูนย์และการขาดการประสานการวางแผนเชิงพื้นที่ และความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอำนาจกับแนวคิดภาคนิยมใหม่โดยเฉพาะประเด็นเรื่องขอบเขตการวางแผนไม่สะท้อนขอบเขตพื้นที่ของปัญหา ดังจะเห็นได้ว่าการวางแผนและการบริหารจัดการเท่าที่ผ่านมาไม่ได้ให้ความสำคัญกับมิติเชิงพื้นที่เท่าใดนักทั้งนี้ปัญหาการพัฒนาหลายปัญหามักเกิดขึ้นในพื้นที่ที่ครอบคลุมขอบเขตการปกครองมากกว่าหนึ่งแห่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและการจัดการด้านโครงสร้างพื้นฐานที่มีผลกระทบกว้างกว่าเขตปกครองเดียวเช่น การใช้พื้นที่ลุ่มน้ำเป็นขอบเขตของการวางแผน

บริหารจัดการทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุผลที่ว่า องค์ประกอบเชิงนิเวศไม่ว่าจะเป็นต้นน้ำหรือปลายน้ำล้วนแล้วแต่มีความเชื่อมโยงกันการวางแผนและบริหารจัดการจึงต้องครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดแต่การจัดสรรงบประมาณแก่แผนงานและโครงการด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในอดีตโดยมากมักยึดเขตการปกครองเป็นหลักจึงไม่มีการพิจารณาอย่างรอบคอบว่าโครงการหรือแผนงานในแต่ละเขตจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อโครงการหรือแผนงานอื่นในพื้นที่ลุ่มน้ำเดียวกันในเขตปกครองอื่นหรือไม่ อย่างไรก็ตามในช่วงสิบปีที่ผ่านมาได้มีความพยายามมากขึ้นในประสานการวางแผนพัฒนาและบริหารจัดการที่ให้ยึดพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นหลักมากขึ้นแต่ก็ยังคงจำกัดอยู่เพียงหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรสิ่งแวดล้อมโดยตรงโดยไม่ได้ครอบคลุมไปถึงการวางแผนพัฒนาด้านอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อระบบทรัพยากรสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เช่นการวางแผนพัฒนาอุตสาหกรรมเป็นต้น

ตัวอย่างที่ชัดเจนในประเด็นนี้คือ ลุ่มน้ำน่าน ปัจจุบันมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วของพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ลาดชัน ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่อย่างมาก นอกจากปัญหาความยากจนของคนในจังหวัดแล้ว การปลูกข้าวโพดในที่ชันยังส่งผลปัญหาสิ่งแวดล้อมมากมายในพื้นที่จังหวัดอื่นของลุ่มน้ำน่าน นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพน้ำที่ลงมาสู่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาอีกด้วย

**ตารางที่ 8** ประเด็นปัญหาการวางแผนและประสานเชื่อมโยงการจัดการเชิงพื้นที่

| ปัญหา | ประเด็น | ตัวอย่าง |
|---|---|---|
| ปัญหาการรวมศูนย์และการขาดการประสานการวางแผนเชิงพื้นที่ | การรวมศูนย์อำนาจในกระบวนการวางแผน | การวางแผนพัฒนามักเกี่ยวข้องและมีผลโดยตรงต่อสภาพความเป็นอยู่ขนบธรรมเนียมประเพณีและความสัมพันธ์เชิงสังคมของประชาชนในพื้นที่ซึ่งนักวางแผนจากหน่วยงานส่วนกลางมักไม่คำนึงถึงหรือเข้าใจอย่างถ่องแท้ (อำนาจ, 2539) |
| | การขาดการประสานงานระหว่างหน่วยงานราชการ | - การขาดการประสานงานที่มีประสิทธิภาพระหว่างหน่วยงานราชการในทุกระดับทั้งหน่วยงานส่วนกลางส่วนภูมิภาคและหน่วยงานส่วนท้องถิ่น<br>- การแข่งขันกันระหว่างหน่วยงานเนื่องจากแต่ละแห่งต้องการเพิ่มอำนาจงบประมาณและบุคลากรของตนจึงไม่ต้องการประสานงานกับหน่วยงานอื่นทั้งนี้เพราะไม่ประสงค์ให้หน่วยงานอื่นรู้ว่าตนเองมีแผนจะดำเนินโครงการอะไรและไม่ต้องการให้หน่วยงานอื่นมาแข่งขันหรือขัดขวางโครงการดังกล่าว เช่นโครงการทางด่วนดอนเมืองโทลเวย์กับโครงการโฮบเวลล์ในส่วนที่เป็นทางด่วน |
| | การขาดการมีส่วนร่วมของประชาชนและภาคีการพัฒนาที่เกี่ยวข้อง | ประชาชนโดยมากของประเทศยังไม่ได้รับสิทธิอันชอบธรรมในการรับรู้ปัญหาและมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในนโยบายการพัฒนาที่มีผลกระทบโดยตรงต่อชีวิตความเป็นอยู่ของตนเอง เนื่องจากการขาดกลไกที่เปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการวางแผนทั้งนี้การมีส่วนร่วมอาจเกิดขึ้นได้ในสองแนวทางแนวทางแรกคือการรวมกลุ่มของประชาชนเพื่อรับรู้ผลักดันและขับเคลื่อนนโยบายที่เกี่ยวข้องโดยตรงอีกแนวทางหนึ่งเป็นแนวทางอ้อมโดยผ่านทางผู้แทนราษฎรซึ่งถือเป็นตัวแทนของประชาชนแต่ละพื้นที่ |
| | ขอบเขตการวางแผนไม่สะท้อนขอบเขตพื้นที่ของปัญหา | **การวางแผนและการบริหารจัดการเท่าที่ผ่านมาไม่ได้ให้ความสำคัญกับมิติเชิงพื้นที่เท่าใดนักทั้งนี้ปัญหาการพัฒนาหลายปัญหามักเกิดขึ้นในพื้นที่ที่ครอบคลุมขอบเขตการปกครองมากกว่าหนึ่งแห่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและการจัดการด้านโครงสร้างพื้นฐานที่มีผลกระทบกว้างกว่าเขตปกครองเดียวเช่น การใช้พื้นที่ลุ่มน้ำเป็นขอบเขตของการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุผลที่ว่า องค์ประกอบเชิงนิเวศไม่ว่าจะเป็นต้นน้ำหรือปลายน้ำล้วนแล้วแต่มีความเชื่อมโยงกันการวางแผนและบริหารจัดการจึงต้องครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดแต่การจัดสรรงบประมาณแก่แผนงานและโครงการด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในอดีตโดยมากมักยึดเขตการปกครองเป็นหลักจึงไม่มีการพิจารณาอย่างรอบคอบว่าโครงการหรือแผนงานใน** |

| ปัญหา | ประเด็น | ตัวอย่าง |
|---|---|---|
| | | **แต่ละเขตจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อโครงการหรือแผนงานอื่นในพื้นที่ลุ่มน้ำเดียวกันในเขตปกครองอื่นหรือไม่ อย่างไรก็ตามในช่วงสิบปีที่ผ่านมาได้มีความพยายามมากขึ้นในประสานการวางแผนพัฒนาและบริหารจัดการที่ให้ยึดพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นหลักมากขึ้นแต่ก็ยังคงจำกัดอยู่เพียงหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรสิ่งแวดล้อมโดยตรงโดยไม่ได้ครอบคลุมไปถึงการวางแผนพัฒนาด้านอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อระบบทรัพยากรสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เช่นการวางแผนพัฒนาอุตสาหกรรมเป็นต้น** |
| ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายอำนาจกับแนวคิดภาคนิยมใหม่ | เครื่องมือเชิงองค์กรที่ได้เริ่มใช้ในการแก้ไขปัญหาด้านการบริหารจัดการในส่วนที่เกี่ยวกับการวางแผนพัฒนาพื้นที่คือการกระจายอำนาจด้านต่างๆไปสู่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น | คำว่า “กระจายอำนาจ” สื่อความหมายในเชิงเปรียบเทียบ (Relative) และเชิงกระบวนการ (Process) ของการเปลี่ยนแปลงมากกว่าที่จะมองว่าเป็นสถานการณ์ที่สมบูรณ์คงที่หรือเป็นผลลัพธ์สุดท้ายของการเปลี่ยนแปลง การกระจายอำนาจจึงเป็นนโยบายสำคัญในการพัฒนาทุกๆด้านของหลายประเทศซึ่งสามารถสรุปแนวทางและรูปแบบของการกระจายอำนาจออกมาเป็น 6 ลักษณะได้แก่<br>1) การกระจายอำนาจจากรัฐบาลระดับชาติและภูมิภาคไปสู่รัฐบาลระดับท้องถิ่น<br>2) การกระจายอำนาจจากระบบตลาดระดับชาติและภูมิภาคไปสู่ระบบตลาดระดับท้องถิ่น<br>3) การกระจายอำนาจจากภาครัฐบาลระดับชาติและภูมิภาคไปสู่ระบบตลาดระดับชาติและภูมิภาค<br>4) การกระจายอำนาจจากภาครัฐบาลระดับท้องถิ่นไปสู่ระบบตลาดระดับท้องถิ่น<br>5) การกระจายอำนาจจากภาครัฐบาลระดับชาติและภูมิภาคไปสู่ระบบตลาดระดับท้องถิ่น<br>6) การกระจายอำนาจจากรัฐบาลระดับท้องถิ่นไปสู่ระบบตลาดระดับชาติและภูมิภาค |

ที่มา: ปรับปรุงและสรุปจาก สศช.,2550

## 2.3 หลักการและแนวความคิดในการพัฒนาพื้นที่อย่างยั่งยืน

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช., 2550) ได้สรุปว่าแนวคิดหนึ่งที่สำคัญในประวัติศาสตร์การวางแผนเชิงพื้นที่คือแนวคิดภาคนิยม(Regionalism) ซึ่งเป็นการวางแผนเขตเมืองที่ครอบคลุมพื้นที่กว้างกว่าขอบเขตการปกครองของเมืองใดเมืองหนึ่งโดยเป็นหนึ่งในความพยายามที่จะแก้ไขปัญหาความแออัดในเมืองใหญ่ด้วยการกระจายกิจกรรมทางเศรษฐกิจและที่อยู่อาศัยออกไปยังชานเมืองหรือเมืองอื่นๆในบริเวณใกล้เคียงแนวทางหนึ่งในการพัฒนาพื้นที่ตามแนวคิดภาคนิยมนี้คือการสร้างเมืองใหม่หรือเมืองบริวารไปพร้อมกับการสร้างพื้นที่แถบสีเขียว (Green Belt) รอบเมืองแนวคิดภาคนิยมได้เริ่มมีอิทธิพลต่อแนวทางการพัฒนาเมืองใหญ่ในหลายประเทศในเอเชียตัวอย่างเช่นประเทศญี่ปุ่นประเทศไทยเองก็ได้นำเอาแนวคิดภาคนิยมนี้มาใช้บางส่วนดังที่เห็นได้ในโครงการเมืองใหม่บางพลีแนวคิดภาคนิยมได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงระยะหนึ่งแต่ความนิยมก็ได้ลดหายไปในช่วงปลายคริสต์ศตวรรษที่ 20

อย่างไรก็ตามในช่วงประมาณสิบปีที่ผ่านมานักวางแผนพัฒนาพื้นที่ในสหรัฐอเมริกาได้เริ่มกลับมาให้ความสนใจกับแนวคิดภาคนิยมอีกครั้งหนึ่งแนวคิดภาคนิยมใหม่ (New Regionalism) นี้นำเอาองค์ประกอบของแนวคิดภาคนิยมเก่ามาผสมผสานกับแนวคิดใหม่กล่าวคือยังให้ความสำคัญกับการวางแผนในระดับภาคนคร(Urban Region) โดยตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าสภาพเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อมภายในเมืองและพื้นที่รอบข้างมีความสัมพันธ์กันอย่างมากจึงควรมีการวางแผนในระดับภาคเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกันโดยเฉพาะความสอดคล้องระหว่างปัจจัย 3E คือสภาพเศรษฐกิจ (Economy)ความเท่าเทียมกัน (Equity) และสิ่งแวดล้อม (Environment)แนวคิดภาคนิยมใหม่นี้ไม่เน้นการกระจายแหล่งที่ตั้งของกิจกรรมเศรษฐกิจและที่อยู่อาศัยดังเช่นแนวคิดภาคนิยมเก่าแต่มุ่งเน้นไปที่การฟื้นฟูพื้นที่เขตเมืองที่มีอยู่เดิมไปพร้อมกับการบริหารการเติบโตของเมืองโดยพัฒนาให้พื้นที่เมืองมีความกระชับ (Compact) มากยิ่งขึ้นในส่วนนี้แนวความคิดภาคนิยมใหม่มีความคล้ายคลึงกับแนวคิดการเติบโตอย่างฉลาด (Smart Growth) ซึ่งเน้นการควบคุมทิศทางและขอบเขตการเติบโตของเมืองเพื่อไม่ให้เกิดการพัฒนาเมืองแบบกระจัดกระจาย (Urban Sprawl)

การพัฒนาพื้นที่ตามแนวคิดภาคนิยมใหม่มีวัตถุประสงค์หลักประการหนึ่งคือเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดการประสานงานระหว่างหน่วยงานการปกครองและวางแผนในพื้นที่ภาคนครการวางแผนในเชิงบูรณาการเป็นไปได้ยากในกรณีสภาพความเป็นเมืองและกิจกรรมทางเศรษฐกิจครอบคลุมหลายพื้นที่การปกครองและไม่มีการประสานงานกันระหว่างหน่วยงานการวางแผนของแต่ละเมืองอีกทั้งยังเกิดปัญหาแย่งชิงทรัพยากรและ

การลงทุนของเมืองที่อยู่ใกล้เคียงกันซึ่งไม่เป็นผลดีต่อทุกฝ่ายปัญหานี้เกิดขึ้นในหลายประเทศโดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกาซึ่งภารกิจด้านการวางแผนพื้นที่และด้านสาธารณูปโภคสาธารณูปการส่วนมากเป็นหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นการวางแผนในระดับภาคนครเป็นไปได้ยากด้วยเหตุผลหลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเมืองท้องถิ่นในแต่ละเขตการปกครองทำให้การวางแผนในพื้นที่ภาคนครไม่เป็นไปอย่างครอบคลุมเพราะแต่ละท้องที่จะคำนึงถึงเพียงประเด็นปัญหาและผลประโยชน์ภายในพื้นที่ตนเองเท่านั้น

ด้วยเหตุนี้แนวคิดภาคนิยมใหม่นี้จึงเสนอให้มีการสร้างพันธมิตรและหุ้นส่วนด้านการเมืองในพื้นที่ที่เกี่ยวเนื่องทั้งระหว่างนักการเมืองและนักวางแผนในเมืองใหญ่กับเมืองเล็กในเขตภาคนครเดียวกันแนวทางหนึ่งคือการจัดตั้งองค์การวางแผนในระดับภาคขึ้นตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จในสหรัฐอเมริกาคือภาคนคร Portland มลรัฐ Oregon ซึ่งได้สร้างระบบการวางแผนเชิงบูรณาการระดับภาคขึ้นโดยมีองค์ประกอบสำคัญคือการจัดตั้งสภาเมโทร (Metro Council)ซึ่งเป็นองค์การบริหารระดับภาคที่มาจากการเลือกตั้งสภาเมโทรมีหน้าที่รับผิดชอบด้านการวางแผนและแก้ไขปัญหาการพัฒนาที่ครอบคลุมพื้นที่ภาคนครทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นด้านสาธารณูปโภคเช่นระบบกำจัดขยะและระบบขนส่งมวลชนไปจนถึงการออกกฎหมายควบคุมการเติบโตของเมืองด้วยการกำหนดขอบเขตการเติบโตเมือง (Urban Growth Boundary) เครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการบริหารจัดการในระดับภาคตามแนวคิดนี้คือการแบ่งรายได้จากการเก็บภาษีระหว่างเขตการปกครองในพื้นที่ภาคนครเพื่อใช้ในการลงทุนและบริหารจัดการด้านโครงสร้างพื้นฐาน

นอกจากประเด็นด้านการขาดการประสานงานในการวางแผนแล้วแนวความคิดภาคนิยมใหม่ยังเน้นประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมและนิเวศวิทยาด้วยความคิดที่ว่าการขยายตัวของเมืองมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศในพื้นที่ต่อเนื่องซึ่งมีความซับซ้อนและละเอียดอ่อนแนวคิดนี้ได้รับอิทธิพลสืบเนื่องมาจากการรณรงค์ด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน(Sustainable Development) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางและได้พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในหมู่นักวางแผนทั่วโลกตั้งแต่ช่วงต้นคริสต์ทศวรรษที่ 1990 การพัฒนาที่ยั่งยืนตั้งอยู่บนฐานความคิดที่ว่าพื้นที่หนึ่งมีทรัพยากรอยู่จำกัดและระบบนิเวศในโลกนี้ไม่สามารถรองรับการพัฒนาเศรษฐกิจและการบริโภคในรูปแบบที่ผ่านมาได้ตลอดไปการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นแต่เพียงผลเพื่อการเจริญเติบโตได้ก่อให้เกิดปัญหาด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงการแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้นำมาซึ่งแนวความคิดของการพัฒนาที่ยั่งยืนในปัจจุบัน

ในแนวทางของการพัฒนาอย่างยั่งยืนมุ่งเน้นถึงการเปลี่ยนวิธีการคิดเพื่อการตัดสินใจและพิจารณาถึงผลที่จะได้รับจากการตัดสินใจนั้นๆ วิธีการคิดแนวใหม่จะตั้งอยู่บนหลักการสำคัญ 6 ประการคือ

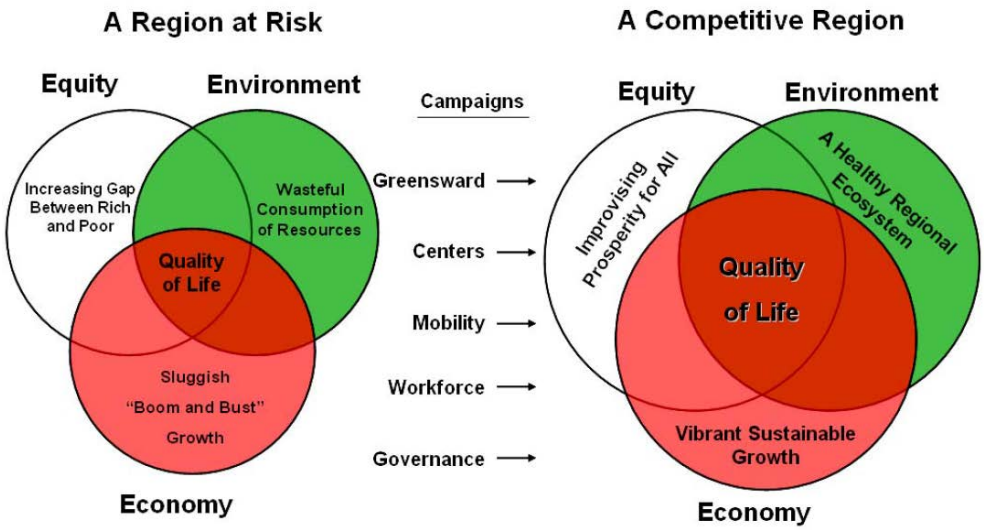
**ตารางที่ 9** หลักการสำคัญของแนวคิดภาคนิยมใหม่ (New Regionalism)

| หลักการ | รายละเอียด |
|---|---|
| 1) การพัฒนาอย่างยั่งยืนจะต้องเป็นการวางแผนระยะยาว (Future-Oriented/Long-Term) | เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อทั้งคนในรุ่นปัจจุบันและรุ่นอนาคตต่อๆ ไปซึ่งจะยาวนานกว่าการวางแผนโดยทั่วไปที่มีระยะเวลาประมาณ 5-20 ปีที่อาจไม่คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นในระยะต่อไป |
| 2) การพัฒนาอย่างยั่งยืนจะกำหนดขอบเขต (Bounded by Limits) | โดยไม่ได้คำนึงแต่เฉพาะขีดความสามารถในการรองรับ (Carrying Capacity) แต่จะพิจารณาควบคู่กับกำลังความสามารถด้านเทคโนโลยีของมนุษย์ในการพัฒนาภายใต้ขีดจำกัดทางธรรมชาติของบริเวณพื้นที่นั้นๆ โดยคำนึงถึงผลกระทบเชิงพื้นที่ (Ecological Footprint) เป็นหลัก |
| 3) การพัฒนาอย่างยั่งยืนจะพิจารณาถึงสภาพธรรมชาติและภูมิศาสตร์ (Natural/Geographic) | โดยจะครอบคลุมพื้นที่ภูมิภาคนิเวศ (Ecoregion) และสร้างเสริมความร่วมมือในระดับภูมิภาคเพื่อให้เกิดการพัฒนาในลักษณะที่เอื้อประโยชน์ต่อกันภายในพื้นที่ภูมิภาคนิเวศนั้นๆแทนการแข่งขันซึ่งจะก่อให้เกิดผลขัดแย้งหรือทำลายซึ่งกันและกัน |
| 4) การพัฒนาอย่างยั่งยืนจะมุ่งเน้นถึงวิธีการ (Means-Oriented) | โดยการพิจารณาถึงวิธีการและกระบวนในการดำเนินการเพื่อให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายหรือเป้าประสงค์ตามที่กำหนดแทนการมุ่งเน้นแต่เพียงผลลัพธ์ (Ends) โดยปราศจากการคำนึงถึงวิธีการหรือกระบวนการในการดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์นั้น |
| 5) การพัฒนาอย่างยั่งยืนจะใช้แนวความคิดแบบองค์รวม (Holistic หรือ Interconnected) | เพื่อให้เกิดการประสานเชื่อมโยงทางกายภาพระหว่างทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและสภาพทางธรรมชาติ (Nature) สิ่งที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น (Man-made) ตลอดจนการประสานเชื่อมโยงกับวิถีทางทางการเมืองระบบทางเศรษฐกิจและการบริหารปกครองอย่างเป็นองค์รวม |
| 6) การพัฒนาอย่างยั่งยืนจะมุ่งเน้นการมีส่วนร่วม (Participation) จากทุกภาคส่วนหรือภาคีการพัฒนา | ตั้งแต่เริ่มต้นของการกำหนดนโยบายการวางแผนและการจัดทำโครงการรวมทั้งการมีส่วนร่วมในการดำเนินการและการติดตามประเมินผลเพื่อให้การพัฒนาสามารถสนองตอบต่อความต้องการของประชาชนได้อย่างแท้จริง |

ที่มา: ปรับปรุงและสรุปจาก สศช.,2550

ในด้านความเท่าเทียมทางสังคมนั้นแนวคิดภาคนิยมใหม่ได้รับอิทธิพลมาจากความเคลื่อนไหวด้านความยุติธรรมสิ่งแวดล้อม (Environmental Justice) ซึ่งเริ่มต้นขึ้นในช่วงประมาณปลายคริสต์ทศวรรษที่ 1980 ในสหรัฐอเมริกาแนวคิดนี้เน้นความเชื่อมโยงระหว่างประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมกับความเท่าเทียมทางสังคม โดยมุ่งไปที่นโยบายและการปฏิบัติของภาครัฐและเอกชนที่ส่งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมต่อกลุ่มคนด้อยโอกาสในสังคมโดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มคนพื้นถิ่นที่มักได้รับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากโครงการที่พัฒนาด้วยทุนจากภายนอกพื้นที่นอกเหนือจากประเด็นด้านการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมธรรมชาติแล้วหลักการที่สำคัญของแนวความคิดนี้คือการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนในท้องถิ่นในทุกขั้นตอนของกระบวนการวางแผน เครื่องมือหนึ่งที่ใช้คือกระบวนการกำหนดที่ตั้งตามส่วนแบ่งที่ยุติธรรม (Fair Share Siting Procedure) ซึ่งใช้สำหรับการกำหนดที่ตั้งของโครงสร้างพื้นฐานระดับภาคที่อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนข้างเคียง อาทิเช่นโรงบำบัดน้ำเสียหรือโรงงานเผาขยะเป็นต้นกระบวนการนี้เปิดโอกาสให้กลุ่มคนในพื้นที่ด้อยโอกาสสามารถคัดค้านโครงการที่อาจเกิดผลกระทบต่อชุมชนพร้อมกับกำหนดให้ชุมชนในพื้นที่ที่มีรายได้สูงต้องยอมรับการจัดสร้างโครงสร้างพื้นฐานประเภทดังกล่าวโดยให้เป็นตามส่วนแบ่งที่ยุติธรรมที่ได้ตกลงไว้ก่อน

สมาคมการวางแผนอเมริกัน (American Planning Association หรือ APA) ในปีพ.ศ.2549 ได้ยอมรับหลักการแนวทางการพัฒนาตามหลักการ 3E ในแนวความคิดภาคนิยมใหม่ โดยอธิบายถึงผลที่มีต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนจากสภาพทางเศรษฐกิจที่มีความผันผวนสภาพความไม่เท่าเทียมทางสังคมและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างสิ้นเปลืองจึงมีจุดมุ่งหมายในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนโดยแนวทางที่จะก่อให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (Economy) การสร้างความเท่าเทียมทางสังคม (Equity) และการสงวนรักษาไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (Environment) ดังที่แสดงในรูปที่ 1




**รูปที่ 1** แนวทางการพัฒนาตามหลักการ 3E ในแนวความคิดภาคนิยมใหม่

ที่มา: Planning and Urban Design Standards, American Planning Association, Hoboken: NJ. 2006.

การดำเนินการเพื่อให้เกิดสภาพความสมดุลระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ(Economy) การสร้างความเท่าเทียมทางสังคม (Equity) และการสงวนรักษาไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (Environment) ตามแนวความคิดภาคนิยมใหม่ (New Regionalism หรือ 3E) จะประกอบด้วยแนวทางสำคัญ 5 ประการได้แก่

**ตารางที่ 10** แนวทางสำคัญ 5 ประการในแนวความคิดภาคนิยมใหม่

| แนวทางสำคัญ | รายละเอียด |
|---|---|
| 1) การสงวนรักษาและการฟื้นฟูสภาพทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม(Greensward) | ซึ่งได้แก่การสงวนรักษาและการฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ป่าชายเลนฯลฯเพื่อให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อการดำรงรักษาสมดุลและความอุดมสมบูรณ์ของสภาพทางธรรมชาติ |
| 2) การพัฒนาบริเวณการตั้งถิ่นฐาน (Centers) | ซึ่งได้แก่เมืองและชุมชนในขนาดและบทบาทต่างๆทั้งทางเศรษฐกิจและสังคมเพื่อให้สามารถแสดงบทบาทการเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและสังคมของเมืองและชุมชนเหล่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ |
| 3) การพัฒนาระบบความเชื่อมโยง (Mobility) | โดยโครงข่ายการคมนาคมและขนส่งที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพระหว่างศูนย์กลางการตั้งถิ่นฐานที่เป็นเมืองและชุมชนในระดับต่างๆและกับพื้นที่ภูมิภาคโดยรอบ |

| แนวทางสำคัญ | รายละเอียด |
|---|---|
| 4) การพัฒนาด้านกำลังแรงงาน (Workforce) หรือการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ | เพื่อให้มีความรู้และทักษะที่มีความเหมาะสมเพื่อให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเป้าหมายในการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของภูมิภาค |
| 5) การพัฒนาระบบการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ (Governance) | เพื่อให้มีการวางแผนการพัฒนาและการบริหารจัดการร่วมกันระหว่างภาคีการพัฒนาต่างๆอย่างเป็นเอกภาพและมีความเป็นธรรมาภิบาล |

ที่มา: ปรับปรุงและสรุปจาก สศช.,2550

แนวคิดภาคนิยมใหม่เป็นความพยายามในการวางแผนเชิงพื้นที่ระดับภาคที่ครอบคลุมประเด็นการพัฒนาทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมเศรษฐกิจและความเท่าเทียมทางสังคมซึ่งนำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนการพัฒนาเชิงพื้นที่ระดับภาคในประเทศไทยเท่าที่ผ่านมายังไม่ได้นำไปสู่การสร้างความสมดุลของการเติบโตทางเศรษฐกิจไปพร้อมกับการสร้างความเท่าเทียมกันในสังคมและการสงวนรักษาไว้ซึ่งสภาพแวดล้อมธรรมชาติจึงสามารถนำหลักการ 3E นี้มาประยุกต์ใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการวางกรอบการวางแผนพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำน่านได้ต่อไป

## 3. การวิเคราะห์เพื่อการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่

### 3.1 การวิเคราะห์พื้นฐาน

การวิเคราะห์พื้นฐานมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการวางแผนเนื่องจากเป็นการให้คำอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีอิทธิพลต่อพื้นที่ซึ่งผลของการวิเคราะห์จะเป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการกำหนดเป้าหมายการกำหนดทางเลือกของแผนและการตัดสินใจการวางแผนซึ่งการวิเคราะห์เพื่อการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่สามารถจำแนกเป็นด้านต่างๆได้แก่ด้านภูมิศาสตร์ด้านสังคมและประชากรด้านเศรษฐศาสตร์และด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมซึ่งแต่ละด้านมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

1) การวิเคราะห์ด้านภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์ด้านภูมิศาสตร์จะทำให้ทราบถึงศักยภาพเงื่อนไขและข้อจำกัดด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ภาคนิเวศ (Ecoregion) ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการกำหนดรูปแบบการตั้งถิ่นฐานและการประกอบกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมเพื่อให้เกิดผลต่อการสร้างสรรค์การเติบโตทางเศรษฐกิจ (Economy) การสร้างความเท่าเทียมทางสังคม (Equity)และการสงวนรักษาทรัพยากรธรรมชาติและ

สิ่งแวดล้อม (Environment) ตามหลักการภาคนิยมใหม่ (New Regionalism หรือ 3E)การวิเคราะห์ด้านภูมิศาสตร์ในครั้งนี้จะอาศัยข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical InformationSystem หรือ GIS) ที่แสดงให้เห็นถึงเส้นชั้นความสูง(Contour Line) ซึ่งทำให้ทราบถึงสภาพความลาดชันของพื้นที่และแหล่งทรัพยากรธรรมชาติซึ่งได้แก่พื้นที่ป่าไม้ป่าชายเลนรวมทั้งแหล่งน้ำทางธรรมชาติและที่สร้างขึ้นได้แก่แม่น้ำคลองหนองบึงเขื่อนอ่างเก็บน้ำทะเลสาบและทะเลนอกจากนี้ยังแสดงถึงพื้นที่การตั้งถิ่นฐานที่จำแนกเป็นเมืองและชนบทตลอดจนโครงข่ายการคมนาคมและขนส่งทั้งทางบกทางน้ำและทางอากาศ

ข้อมูลที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ประกอบด้วย 2แหล่งคือ (1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ซึ่งจัดเก็บในพื้นที่จากการสำรวจและแบบสอบถามในพื้นที่และ (2)ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่จัดเก็บโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติทั้งในการจัดทำสำมะโนในด้านต่างๆและการจัดทำสถิติจังหวัดโดยการรวบรวมข้อมูลที่จัดเก็บโดยหน่วยงานต่างๆทั้งในส่วนกลางส่วนภูมิภาคและส่วนท้องถิ่นโดยในการศึกษาวิเคราะห์ถึงความเชื่อมโยงภายในภาคนิเวศของกรณีจังหวัดน่าน ได้แสดงถึงสภาพทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดน่าน ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในลุ่มแม่น้ำน่าน ดังนั้นการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของจังหวัดน่านจึงอยู่ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ลุ่มแม่น้ำน่านโดยเฉพาะอย่างไรก็ตามเนื่องจากพื้นที่ลุ่มแม่น้ำดังกล่าวยังประกอบด้วยพื้นที่ในเขตการปกครองของจังหวัดอื่นเช่น พิษณุโลก พิจิตร อุตรดิตถ์ดังนั้นการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของจังหวัดน่านจึงต้องพิจารณาควบคู่ไปกับการพัฒนาของจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร อุตรดิตถ์ เช่นเดียวกัน

2) การวิเคราะห์ด้านสังคมและประชากร

การวิเคราะห์ด้านประชากรจะทำให้ทราบถึงลักษณะการตั้งถิ่นฐานเป็นเมืองและชนบทที่มีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับเงื่อนไขและข้อจำกัดทางด้านภูมิศาสตร์ของภาคนิเวศ (Ecoregion)การวิเคราะห์จะมุ่งเน้นถึงขนาดและองค์ประกอบด้านประชากรที่แสดงให้เห็นถึงสภาพการกระจายตัวและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินและการใช้ทรัพยากรน้ำตลอดจนผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของภาคนิเวศนั้นๆข้อมูลที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์ด้านประชากรจะเป็นข้อมูลสำมะโนซึ่งจัดเก็บโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติทุกรอบระยะ 10 ปีประกอบกับข้อมูลทะเบียนราษฎร์ซึ่งเป็นข้อมูลรายปีที่จัดเก็บโดยสำนักบริหารการทะเบียนกรมการปกครองทั้งนี้การวิเคราะห์ด้านประชากรควรใช้ข้อมูลของปีล่าสุดและข้อมูลในอดีตเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 ปี

การวิเคราะห์ด้านประชากรโดยทั่วไปจะแสดงการกระจายตัวโดยจำนวนประชากรเมืองและชุมชนที่จำแนกเป็นพิสัยต่างๆ เช่น <10,000 คน, 10,001-50,000 คน, 50,001-100,000 คน, และ> 100,001 คนเป็นต้นการแสดงการกระจายตัวโดยความหนาแน่นประชากรในแต่ละเขตพื้นที่การปกครองสามารถกำหนดเป็นพิสัยต่างๆ เช่น <3,000 คน, 3,001-5,000 คน, 5,001-10,000 คนและ>10,001 คนต่อตารางกิโลเมตร เป็นต้น

นอกเหนือจากการวิเคราะห์ด้านประชากรดังกล่าวข้างต้นข้อมูลที่ใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำมะโนประชากรจะมีรายละเอียดด้านสังคมที่สำคัญได้แก่ระดับการศึกษาการอพยพย้ายถิ่นและการประกอบอาชีพซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงที่มีต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมของประชากรในภาคนิเวศนั้นๆ

การวิเคราะห์ด้านสังคมและประชากรของกรณีตัวอย่างกลุ่มเมืองจังหวัดน่านได้แสดงให้เห็นถึงการกระจุกตัวของประชากรโดยเฉพาะในบริเวณกลุ่มเมืองซึ่งมีเทศบาลน่านเป็นศูนย์กลางอย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของประชากร และมีการเข้าไปตั้งถิ่นฐานและทำการเกษตรในเขตอำเภอรอบนอกซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารและมีความเปราะบางด้านสิ่งแวดล้อม

3) การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการวิเคราะห์เพื่อการวางแผนเชิงพื้นที่ผลการวิเคราะห์จะเป็นฐานความรู้เพื่อให้ภาคีพัฒนาทั้งประชาชนภาคเอกชนและนักวางแผนภาครัฐสามารถทำความเข้าใจกับสภาพเศรษฐกิจในระดับชุมชนเมืองและภาคตั้งแต่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจากอดีตสภาพการณ์ในปัจจุบันไปจนถึงการคาดการณ์ไปในอนาคต

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จะครอบคลุมประเด็นมากมายที่สำคัญได้แก่ขนาดเศรษฐกิจแนวโน้มการเติบโตโครงสร้างเศรษฐกิจและแรงงานและการกระจายรายได้การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับการวางแผนเชิงพื้นที่จะครอบคลุมประเด็นมากกว่าการวิเคราะห์ทั่วไปเพราะนอกจากจะต้องทำความเข้าใจในสภาพเศรษฐกิจโดยรวมแล้วยังต้องเข้าใจถึงมิติเชิงที่ตั้งของกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในพื้นที่วางแผนทั้งรูปแบบการกระจายตัวและกระจุกตัวของกิจกรรมเศรษฐกิจรวมไปถึงความสัมพันธ์เชิงที่ตั้งกับองค์ประกอบด้านภูมิศาสตร์ประชากรสังคมและสิ่งแวดล้อม

สำหรับข้อมูลที่นักวางแผนจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์สภาพเศรษฐกิจนั้นควรเริ่มจากข้อมูลทุติยภูมิที่หน่วยงานต่างๆ ได้เก็บรวบรวมไว้อยู่แล้วหากในบางครั้งข้อมูลทุติยภูมิที่มีอยู่ไม่ตรงกับความต้องการด้วย

เหตุผลต่างๆ เช่น ขอบเขตการเก็บข้อมูลใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าพื้นที่จังหวัดนักวางแผนควรใช้วิจารณญาณว่าจะสามารถใช้วิธีการเทียบเคียงข้อมูลดังกล่าวกับพื้นที่วิเคราะห์ได้หรือไม่การใช้ข้อมูลทุติยภูมิเป็นการประหยัดทรัพยากรทั้งด้านการเงินและบุคลากรหากไม่สามารถใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่มีอยู่จริงจึงเก็บข้อมูลปฐมภูมิโดยอาจขอความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งมีบุคลากรที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญด้านข้อมูลอยู่แล้ว แหล่งข้อมูลด้านเศรษฐกิจที่สามารถใช้ได้ในการวางแผนพัฒนาเชิงพื้นที่ได้แก่

1) สถิติจังหวัดซึ่งเป็นการรวบรวมสถิติจากหน่วยงานราชการต่างๆ โดยสำนักงานสถิติแห่งชาติสถิติจังหวัดเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญและเป็นแหล่งแรกที่นักวางแผนควรคำนึงถึงในขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงภาพรวมด้านเศรษฐกิจของพื้นที่วิเคราะห์

2) บัญชีประชาชาติซึ่งจัดทำโดยกองบัญชีประชาชาติสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) โดยเป็นแหล่งรวมข้อมูลที่สำคัญในระดับจังหวัดภาคและประเทศโดยเฉพาะข้อมูลผลิตภัณฑ์จังหวัด (GPP) และผลิตภัณฑ์มวลรวมรายภาค (GRP)

3) รายงานการสำรวจสภาวะเศรษฐกิจและสังคมครัวเรือนของสำนักงานสถิติแห่งชาติซึ่งจัดทำทุกสองปีมีรายละเอียดด้านเศรษฐกิจในระดับครัวเรือนซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์เพื่อการวางแผนโดยเฉพาะข้อมูลรายได้รายจ่ายระดับครัวเรือน

4) ทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดรวมถึงที่ตั้งของโรงงานข้อมูลเกี่ยวกับกิจการอุตสาหกรรมอาจรวบรวมเพิ่มเติมได้จากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด

5) ทะเบียนการค้าเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ด้านการค้าในพื้นที่วิเคราะห์ซึ่งจัดเก็บโดยสำนักงานทะเบียนการค้าจังหวัด

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้ประกอบในการวางแผนพัฒนาพื้นที่มีวิธีการอยู่มากมายตั้งแต่การวิเคราะห์เบื้องต้นที่ไม่มีความซับซ้อนในเรื่องการคำนวณซึ่งโดยมากเป็นการหาอัตราส่วนร้อยละไปจนถึงการวิเคราะห์ที่จำเป็นต้องใช้ความรู้ความเข้าใจด้านสถิติในขั้นสูงโดยมีตัวอย่างดังนี้

(1) การวิเคราะห์ฐานเศรษฐกิจ (Economic Base Analysis)

องค์ประกอบหลักของแนวคิดและวิธีการวิเคราะห์ฐานเศรษฐกิจคือการแบ่งระบบเศรษฐกิจในเมืองออกเป็นสองสาขาหลักได้แก่สาขาพื้นฐาน (Basic Sector) กับสาขาไม่พื้นฐาน(Non-basic Sector) สาขา

พื้นฐานหมายถึงกิจกรรมธุรกิจที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกระบบเศรษฐกิจท้องถิ่นเช่น สาขาส่งออก (Export Sector) การจ้างงานในภาคราชการ การท่องเที่ยวและการจัดประชุมถือว่าเป็นสาขาเศรษฐกิจพื้นฐานเพราะขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อธุรกิจในสาขาดังกล่าวในทางกลับกันสาขาไม่พื้นฐานคือกิจกรรมธุรกิจที่ขึ้นอยู่กับสภาพและเงื่อนไขของเศรษฐกิจท้องถิ่นเป็นหลักตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือธุรกิจขายสินค้าและการบริการให้แก่ประชาชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่งานราชการส่วนท้องถิ่น

การวิเคราะห์ฐานเศรษฐกิจนี้ มีหลายวิธีการ เช่น

- การกำหนดพื้นที่วิเคราะห์
- การวิเคราะห์ค่าทวีคูณ (Multipliers)
- ตัวทวีคูณการจ้างงาน
- เทคนิคแบบข้อสมมุติ
- เทคนิคแบบอัตราส่วนที่ตั้ง (Location Quotient Technique)

(2) การคาดการณ์ฐานเศรษฐกิจ (Economic Base Projection)

วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจในพื้นที่วางแผนมีอยู่หลายวิธีด้วยกันซึ่งสามารถแสดงถึงสาขาการผลิตที่เป็นสาเหตุของการเติบโตหรือถดถอยทางเศรษฐกิจของพื้นที่นั้นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่สองวิธีคือวิธีคาดการณ์แบบส่วนแบ่งคงที่ (Constant-Share) และวิธีคาดการณ์แบบส่วนแบ่งเปลี่ยนแปลง (Shift-Share) วิธีการแรกตั้งอยู่ข้อสมมุติที่ว่าพื้นที่แต่ละแห่งมีสภาพเศรษฐกิจที่แตกต่างจากระดับประเทศและพื้นที่อื่นๆจึงมีระบบเศรษฐกิจที่เป็นเอกลักษณ์ของตนเองและเป็นอิสระจากพื้นที่อื่นการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจจึงสามารถทำได้โดยใช้แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ผ่านมาในอดีตโดยไม่จำเป็นต้องเปรียบเทียบแนวโน้มของเมืองกับระดับประเทศหรือกับพื้นที่อื่นในทางกลับกันวิธีการที่สองตั้งอยู่บนข้อสมมุติที่ว่าการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจของพื้นที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงในระดับประเทศและระดับภาคการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงตามแนวคิดนี้จึงคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจในระดับประเทศไปพร้อมกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่นั้น

การคาดการณ์ฐานเศรษฐกิจจะเริ่มต้นจากการกำหนดพื้นที่วิเคราะห์ซึ่งโดยมากคือพื้นที่ในการวางแผนแล้วจึงนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาคำนวณในสูตรดังต่อไปนี้

- วิธีคาดการณ์แบบส่วนแบ่งคงที่ (Constant-Share)

- วิธีคาดการณ์แบบส่วนแบ่งเปลี่ยนแปลง (Shift-Share)

(3) การกระจายรายได้

อีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญในการทำความเข้าใจกับระบบเศรษฐกิจของพื้นที่คือรูปแบบการกระจายรายได้หรือความเหลื่อมล้ำด้านเศรษฐกิจภายในพื้นที่ตัวชี้วัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเหลื่อมล้ำมีอยู่มากมายที่ได้รับความนิยมได้แก่ค่าพิสัย (Range) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation) ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผัน (Coefficient of Variation) ค่าสัมประสิทธิ์จีนี (Gini Coefficient) ดัชนีไทล์ (Theil Index) ดัชนีแมคลูน (McLoone Index) เป็นต้นแต่ละตัวชี้วัดมีจุดแข็งจุดอ่อนด้วยกันทั้งสิ้น

(4) การวิเคราะห์การกระจายตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ

เมื่อนักวางแผนได้วิเคราะห์ภาพรวมด้านเศรษฐกิจของพื้นที่วางแผนแล้วขั้นต่อไปก็จะเป็นการวิเคราะห์สภาพที่ตั้งทั้งในเชิงการกระจายตัวและกระจุกตัวของกิจกรรมเศรษฐกิจวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการวัดการกระจายตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ

(5) การวิเคราะห์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ด้านทรัพยากรธรรมชาติมุ่งเน้นที่การดำรงอยู่ของสภาพทางธรรมชาติภายในพื้นที่ภาคนิเวศ (Ecoregion) เช่นการคงอยู่ของพื้นที่ป่าไม้ป่าชายเลนอันนำมาซึ่งความอุดมสมบูรณ์ของสภาพทางธรรมชาติและการมีปริมาณน้ำฝนความเร็วของกระแสลมและอุณหภูมิที่อยู่ในเกณฑ์ปกติส่วนการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติจะมุ่งเน้นที่คุณภาพดินน้ำและอากาศโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลการวิเคราะห์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปจะเป็นข้อมูลทางสถิติที่จัดเก็บโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้แก่กรมป่าไม้กรมชลประทานฯลฯรวมทั้งกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งจัดเก็บและรวบรวมสถิติเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝนส่วนข้อมูลการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อมจะเป็นข้อมูลที่ทำการจัดเก็บและรวบรวมโดยกรมควบคุมมลพิษซึ่งจะทำการตรวจวัดคุณภาพดินน้ำและอากาศโดยมีจุดตรวจวัดที่กำหนดไว้ในตำแหน่งต่างๆอย่างไรก็ตามข้อมูลที่มีความสำคัญส่วนใหญ่จะรวบรวมไว้ในสถิติจังหวัดโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ

การวิเคราะห์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกรณีตัวอย่างจังหวัดน่านเห็นได้ชัดถึงปัญหามลพิษจากการผลิตด้านเกษตรกรรมโดยมีการบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำที่ส่งผลกระทบต่อสุขอนามัยของ

ประชาชนที่อาศัยในพื้นที่พื้นที่ชุมชนบริเวณกลางน้ำและปลายน้ำในตัวลุ่มน้ำน่านเองนอกจากนี้ยังมีปัญหาข้อจำกัดของทรัพยากรน้ำเนื่องจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้และความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติรวมถึงปัญหาความยากจนของเกษตรกรในจังหวัดน่าน นอกจากนั้นการลดลงของพื้นที่ป่าไม้อาจเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาภัยแล้งและอุทกภัยที่ไม่เพียงแต่สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชากรในจังหวัดน่านลุ่มน้ำน่าน แต่ยังสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาซึ่งเป็นพื้นที่ปลายน้ำของลุ่มน้ำน่านก่อนออกสู่อ่าวไทยนอกจากนั้นยังเป็นศูนย์กลางของเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย นอกจากนี้ลุ่มน้ำน่านยังเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญที่สนับสนุนกิจกรรมทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมและด้านกายภาพ ในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

กล่าวโดยสรุปคือในรายงานการศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์ในปีที่ 1 และ 2(สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2554, 2556)ได้มีการวิเคราะห์พื้นฐานของ (1) การวิเคราะห์ฐานเศรษฐกิจ (Economic Base Analysis), (2) การคาดการณ์ฐานเศรษฐกิจ (Economic Base Projection), (3) การกระจายรายได้, (4) การวิเคราะห์การกระจายตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ, และ (5) การวิเคราะห์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างไรก็ตามรายงานทั้งสองฉบับยังไม่ได้กล่าวถึงความเชื่อมโยงและการบูรณาการของทรัพยากรน้ำเพื่อการวางแผนพัฒนาพื้นที่ในทุกมิติของ เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และกายภาพ ในรายงานฉบับนี้จึงเน้นการผนวกทรัพยากรน้ำเพื่อการวางแผนพัฒนาพื้นที่โดยมีแนวความคิดหลักที่ว่า น้ำยังคงเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาพื้นที่ แต่ลำพังน้ำเพียงอย่างเดียวไม่สามารถแก้ไขปัญหาในพื้นที่ได้ผู้วางแผนพัฒนาพื้นที่จึงควรต้องมองทุกปัจจัยในการพัฒนาควบคู่กันไปเพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าวในทุกมิติ

### 3.2 การคาดการณ์สำหรับการวางแผนพัฒนาพื้นที่

สศช. ได้แนะนำว่าการวางแผนพัฒนาพื้นที่เป็นการเตรียมการเพื่ออนาคตดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องคาดการณ์สถานการณ์ที่ยังไม่เกิดขึ้นในปัจจุบันและการคาดการณ์มีผลต่อความน่าเชื่อถือของแผนและความสอดคล้องกับสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเป็นอย่างมากจึงต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการในการคาดการณ์ที่มีประสิทธิภาพสามารถชี้สถานการณ์ในอนาคตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับความต้องการข้อมูลในการวางแผนวิธีการในการคาดการณ์อนาคตสามารถแบ่งออกได้เป็น 5วิธีการได้แก่

1) การเทียบเคียงกับสถานการณ์ที่เคยเกิดขึ้นมาแล้วในพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

ในกรณีที่พื้นที่ที่ต้องการวางแผนมีพื้นที่อื่นที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกันหรือสามารถเทียบเคียงกันได้ก็สามารถนำเอาสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่หนึ่งมาเป็นตัวบ่งบอกถึงเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่มีความเป็นไป

ได้ว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตในอีกพื้นที่หนึ่งได้ตัวอย่างเช่นเมือง Aมีลักษณะพื้นฐานทั้งกายภาพเศรษฐกิจและสังคมที่เทียบเคียงกันได้กับเมือง B ต่อมาเมือง A ได้มีการตัดถนนเลี่ยงเมืองเมื่อเวลาผ่านไปก็ได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเมือง A อันเนื่องมาจากถนนเลี่ยงเมืองเอาไว้และเมื่อผ่านไปอีกระยะหนึ่งเมือง B ได้มีโครงการตัดถนนเลี่ยงเมืองแบบเดียวกับเมือง A ดังนั้นจึงสามารถเอาผลการศึกษาของเมือง A มาใช้เป็นการคาดการณ์อนาคตของเมือง B ได้

2) การวิเคราะห์แนวโน้มอนาคตตามสถานการณ์ที่เคยเกิดขึ้นในอดีต (TrendAnalysis)

เป็นวิธีการคาดการณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการคาดการณ์ประชากรเพราะสามารถคาดการณ์ได้อย่างสะดวกและรวดเร็วโดยอาศัยข้อมูลในอดีตที่ต่อเนื่องกันและมองเห็นแนวทางการเปลี่ยนแปลงมาเป็นตัวบ่งชี้อนาคตในหลักการแล้ว Trend Analysis ไม่ใช่เครื่องมือที่ใช้สำหรับคาดการณ์ประชากรเพียงอย่างเดียวแต่สามารถใช้คาดการณ์สถานการณ์อนาคตได้หลากหลายแง่มุมอีกทั้งยังสามารถใช้วิเคราะห์และคาดการณ์ถึงสถานการณ์อื่นๆที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่พิจารณาด้วยก็ได้ตัวอย่างเช่นการลดลงอย่างต่อเนื่องของพื้นที่ป่าไม้ทำให้คาดการณ์ได้ถึงโอกาสการเกิดอุทกภัยในอนาคตซึ่งการวิเคราะห์แนวโน้มสามารถทำได้ 4 วิธีคือ

(1) การวิเคราะห์แนวโน้มแบบเส้นตรง (Linear Model) เหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงอย่างคงที่ในแบบอนุกรมเลขคณิตซึ่งสามารถนำมาสร้างภาพจำลองอนาคตได้จากการคาดว่าสถานการณ์จะเป็นแบบเดียวกับที่เคยเป็นมาในอดีตอย่างคงที่

(2) การวิเคราะห์แบบ Exponential Curve เหมาะกับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะ Exponential คือมีอัตราการเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกไม่มากนักและเมื่อถึงระดับหนึ่งหรือถึงช่วงเวลาหนึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มสูงขึ้นมากซึ่งสามารถนำมาสร้างภาพจำลองได้จากการคิดว่าการเปลี่ยนแปลงจะเป็นได้ตามแนว Exponential ต่อไปอีกในอนาคต

(3) การวิเคราะห์ Modified Exponential Curve เหมาะกับการคาดการณ์ในสถานการณ์ที่มีขีดจำกัดในการเปลี่ยนแปลงคือการพัฒนาจะไม่สามารถขยายตัวเกินไปกว่าปริมาณหรือคุณภาพที่เป็นข้อจำกัดสูงสุดของพื้นที่ได้ทำให้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงจะเป็นแบบกลับกันกับ Exponential Curve คือจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกมากแต่เมื่อใกล้ขีดจำกัดบนก็จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเพราะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเกินไปกว่าขีดจำกัดได้

(4) การวิเคราะห์ Gompertz หรือ Logistic Curve เหมาะกับการคาดการณ์ในสถานการณ์ที่มีขีดจำกัดทั้งบนและล่างในการเปลี่ยนแปลงคือการพัฒนาจะไม่สามารถลดลงไปต่ำกว่าและขยายตัวเกินไปกว่าปริมาณหรือข้อจำกัดต่ำสุดและสูงสุดของพื้นที่ไปได้ด้วยลักษณะดังกล่าวทำให้มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักในช่วงเริ่มต้นและช่วงปลายที่ใกล้กับขีดจำกัดบนเพราะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงต่ำไปกว่าและเกินไปกว่าระดับขีดจำกัดบนและล่างได้

3) การวิเคราะห์ Cohort-Survival

เช่นเดียวกับ Trend Analysis การวิเคราะห์ Cohort-Survival มักจะถูกใช้ในการคาดการณ์ประชากรโดยแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็นกลุ่มอายุต่างๆและเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไปประชากรในกลุ่มต่างๆก็จะขยับไปอยู่ในกลุ่มถัดไปและกลุ่มที่ตามหลังมาก็จะเลื่อนขึ้นมาแทนที่หลักการนี้สามารถนำไปใช้การคาดการณ์อนาคตกับข้อมูลหรือสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบเป็นลำดับขั้นจากขั้นที่ 1 ไปสู่ขั้นที่ 2 และขั้นต่อๆไปตามระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปตัวอย่างเช่นพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมมักจะถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมพื้นฐานและจะเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็นเกษตรเชิงพืชเดี่ยวเพื่อการอุตสาหกรรมเป็นต้น

4) การวิเคราะห์ภาพฉาย(Scenario)

นับเป็นวิธีการคาดการณ์อนาคตที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากเป็นวิธีการที่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องจากวิธีการทั้งสามแบบที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ได้เพราะในความเป็นจริงแล้วการวางแผนส่วนใหญ่เป็นการกระทำที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อนในอดีตจึงไม่สามารถนำแนวโน้มหรือข้อมูลในอดีตมาเป็นหลักในการคาดการณ์อนาคตได้ด้วยวิธีการแบบภาพฉายผลการคาดการณ์จะออกมาเป็นสถานการณ์ทางเลือกหลายสถานการณ์ซึ่งผู้คาดการณ์คาดว่าน่าจะมีโอกาสขึ้นได้ในอนาคตทำให้ทราบว่าในอนาคตมีโอกาสจะเกิดสถานการณ์แบบใดได้บ้างและสามารถวางแผนสำรองเพื่อรองรับได้กับทุกสถานการณ์ตัวอย่างเช่น Scenario ของพื้นที่ EasternSea Board อาจเป็นได้สามแบบคือ Scenario ที่ 1 เป็นพื้นที่พัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเคมีแบบครบวงจรสมบูรณ์แบบ Scenario ที่ 2 ไม่ขยายตัวอย่างเต็มที่แต่เป็นพื้นที่อุตสาหกรรมปิโตรเคมีแบบเป็นมิตรกับสภาพแวดล้อมและ Scenario ที่ 3 คงเอาไว้แค่อุตสาหกรรมที่มีอยู่เดิมเอาไว้ส่วนอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่จะขยายตัวให้ไปอยู่ที่ Southern Sea Board แทนเป็นต้นนอกจากนี้วิธีการแบบ Scenario ยังสามารถนำเอาการคาดการณ์แบบ Trend Analysis หรือ Cohort-Survival มาเป็นพื้นฐานสำหรับการสร้าง Scenario ได้อีกด้วยแต่วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ต้องใช้ทักษะและเหตุผลมาประกอบในการ

คาดการณ์เป็นอย่างมากเพราะเป็นวิธีการที่ไม่มีแบบแผนที่แน่นอนแต่ผู้คาดการณ์จะต้องวิเคราะห์ทั้งปริมาณและประเด็นของการเปลี่ยนแปลงในอนาคตด้วยทักษะของผู้คาดการณ์เองทั้งสิ้น

5) การคาดการณ์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

มีวิธีการคาดการณ์อนาคตจำนวนมากที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาเป็นเครื่องมือพื้นฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และวิศวกรรมตัวอย่างเช่นแบบจำลองEconometric หรือแบบจำลอง Transport Choice Model เป็นต้นแบบจำลองเหล่านี้อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างสถานการณ์อนาคตจึงต้องอาศัยทักษะงบประมาณและเวลาในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่เสียก่อนจึงจะสามารถคาดการณ์ได้อย่างถูกต้องแต่เพื่อพัฒนาแบบจำลองได้แล้วจะสามารถทำให้การคาดการณ์มีประสิทธิภาพและปรับปรุงข้อมูลต่างๆ ได้ง่ายและรวดเร็ว

วิธีการในการคาดการณ์อนาคตไม่ได้ถูกจำกัดอยู่เพียงห้ารูปแบบดังที่นำเสนอมาแล้วข้างต้นแต่ยังมีวิธีการอีกมากมายที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้คาดการณ์ได้ขึ้นกับสถานการณ์และวัตถุประสงค์ในการคาดการณ์ซึ่งไม่ได้หมายความว่าจะต้องใช้เครื่องมือที่ดีที่สุดในการคาดการณ์แต่ควรเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุดตามข้อจำกัดต่างๆ ที่เป็นวัตถุประสงค์ในการคาดการณ์

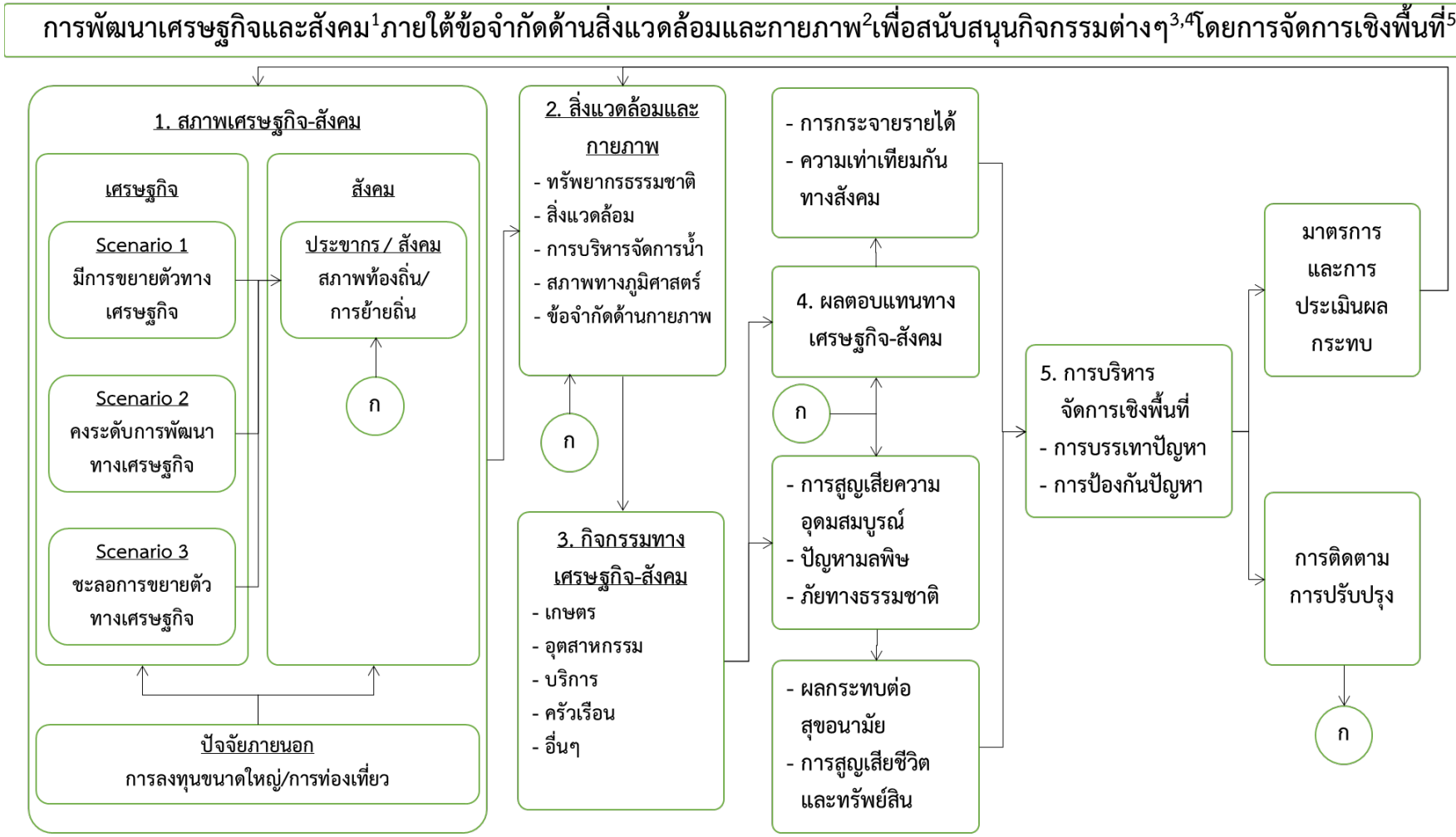
ในการศึกษาครั้งนี้ ทีมวิจัยใช้วิธีการคาดการณ์สำหรับการวางแผนพัฒนาพื้นที่โดยมีแนวความคิดหลักดังนี้

**ตารางที่ 11** การวิเคราะห์และการคาดการณ์ที่ใช้ในการศึกษา

| การวิเคราะห์ | การคาดการณ์ |
|---|---|
| การวิเคราะห์ฐานและการเจริญเติบโตด้านเศรษฐกิจสังคม รวมถึงมาตรการด้านที่เกี่ยวข้อง | การคาดการณ์โดยใช้ Scenario |
| การวิเคราะห์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สิ่งแวดล้อมและกายภาพ) ที่เชื่อมโยงกับการพัฒนาด้านเศรษฐกิจสังคม<br>• ทรัพยากรน้ำ<br>• ป่าไม้ | การคาดการณ์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ |
| การประเมินผลกระทบจากมาตรการในการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ | การคาดการณ์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ |

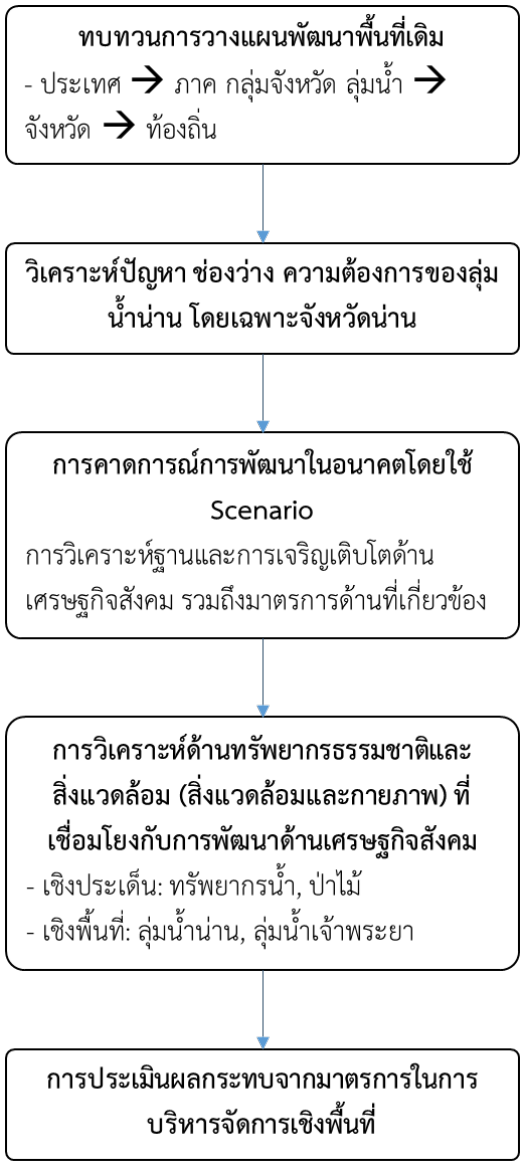
### 3.3 **แนวคิดในการศึกษา**

ในการศึกษาครั้งนี้ ทีมวิจัยได้เสนอแนวคิดในการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ภายใต้การฉายภาพการพัฒนาและข้อจำกัดทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมดังรูป โดยมีประเด็นหลักคือ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภายใต้ข้อจำกัดด้านสิ่งแวดล้อมและกายภาพเพื่อสนับสนุนกิจกรรมต่างๆโดยการจัดการเชิงพื้นที่ โดยเน้นหนักที่การจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์




**รูปที่ 2** แนวคิดในการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ภายใต้การฉายภาพการพัฒนาและข้อจำกัดทางกายภาพและสิ่งแวดล้อม

ในภาคผนวกฉบับนี้ ทีมวิจัยได้เสนอขั้นตอนการวิจัยภายใต้แนวคิดข้างต้นโดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 3




**รูปที่** 3 ขั้นตอนการวิจัย

## 4. ผลการศึกษาเบื้องต้น

ในรายงานนี้ ทีมวิจัยได้ทำการศึกษาและเสนอผลการศึกษาเบื้องต้นโดยมีรายละเอียดดังนี้

### 4.1 วิเคราะห์ปัญหา ช่องว่าง ความต้องการของลุ่มน้ำน่าน โดยเฉพาะจังหวัดน่าน

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จังหวัดน่านประสบปัญหาการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้โดยเฉพาะพื้นที่ป่าต้นน้ำอย่างรุนแรง ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆมากมาย เช่น ภัยธรรมชาติ การขาดแคลนน้ำ ความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม และปัญหาสุขภาพของประชาชน โดยการสูญเสียพื้นที่ป่ามีสาเหตุหลักจากการขยายพื้นที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ชันของเกษตรกรเนื่องจากราคาข้าวโพดได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วประกอบกับการดูแลอนุรักษ์และบังคับใช้กฎหมายของรัฐที่มีไม่ทั่วถึง ดังแสดง

**ตารางที่** 12 สรุปประเด็นสำคัญในจังหวัดน่านในแต่ละด้าน

| ด้าน | ประเด็นสำคัญ |
|---|---|
| กายภาพ | - ปริมาณการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ลาดชันของจังหวัดน่านและราคาผลผลิตขยับตัวสูงขึ้น<br>- พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม |
| เศรษฐกิจ | - ความยากจนในพื้นที่กลับรุนแรงขึ้น |
| สังคม | - ปัญหาหนี้สินและวงจรการปลูกข้าวโพด<br>- เกิดความสับสนและความขัดแย้งกับหน่วยงานราชการในเรื่องนโยบายข้าวโพดและป่า |
| สิ่งแวดล้อม | - ประเด็นด้านดิน ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรง<br>- คุณภาพดิน<br>- การปนเปื้อนของมลพิษในแหล่งน้ำจากการใช้สารเคมีในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์<br>- ฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศมีค่าสูงขึ้นมากในฤดูหนาวจากการเผาไร่ของเกษตรกรเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ |

ที่มา: ปรับปรุงจาก สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี 2557

จากปัญหาดังกล่าว ในปัจจุบันมีความพยายามจากหน่วยงานส่วนกลางและท้องถิ่นในการสนับสุนนให้เกษตรกรในพื้นที่ทำเกษตรผสมผสานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและป่าไม้ แต่ความพยายามดังกล่าวยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องมาจากสาเหตุทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม รวมถึงนโนบายและกฎหมายจากภาครัฐ

**ตารางที่ 13** เหตุผลที่เกษตรกรในจังหวัดน่านยังปลูกข้าวโพดในพื้นที่ป่าต้นน้ำ

| ด้าน | เหตุผล |
|---|---|
| สังคม | - เกษตรกรยังไม่ตระหนักถึงปัญหาที่ตามมาจากการทำลายป่าต้นน้ำหรือคุณภาพดินที่เสื่อมโทรม เกษตรกรยังไม่เข้าใจต้นทุนที่แท้จริงที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากต้นทุนเหล่านี้ไม่ได้ถูกสะท้อนอยู่ในระบบตลาด แต่กลับถูกกระตุ้นให้ขยายพื้นที่เพาะปลูกโดยราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สูงขึ้น จากความต้องการของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์<br>- เกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจในการหาทางเลือกใหม่ที่ดีกว่าการปลูกข้าวโพด |
| เศรษฐกิจ | - เกษตรพื้นที่สูงส่วนมากติดอยู่ในวงจรหนี้สินจากการกู้นอกระบบในรูปของวัตถุดิบเพื่อปลูกข้าวโพดทำให้หลุดจากวงจรการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยากมากหากขาดแรงจูงใจที่เป็นรูปธรรมและต่อเนื่อง |
| นโยบายและกฎหมาย | - เกษตรสับสนจากนโยบายรัฐบาล ด้านหนึ่งคือการณรงค์ให้เกษตรกรปลูกพืชที่เป็นมิตรกับสิ่งสิ่งแวดล้อม แต่ขณะเดียวกันก็มีการผลักดันนโยบายจำนำ นโยบายประกันราคาและรายได้ซึ่งสนับสนุนให้เกษตรกรยังคงปลูกและเพิ่มการผลิตข้าวโพดต่อไป<br>- ภาครัฐหรือหน่วยงานภาคีดำเนินการช่วยเหลือโดยขาดความรู้ ความเข้าใจความต้องการที่แท้จริงของเกษตรกร ไม่สามารถทำให้เกษตรกรสนใจอย่างต่อเนื่อง และทำให้การบังคับใช้ไม่ประสบความสำเร็จ<br>- กฎหมายและข้อระเบียบที่ไม่สอดคล้องกับพื้นที่ ทำให้การบังคับใช้ไม่มีประสิทธิผล บางครั้งกฎหมายที่ไม่มีประสิทธิผลนี่เองที่เป็นตัวขัดขวางสู่การเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น |

ที่มา: ปรับปรุงจาก สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี 2557

สิทธิเดช และเขมรัฐ (2557) ได้สรุปองค์ประกอบสามประการที่ทำให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการลดการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ชันที่สำเร็จและยั่งยืนดังนี้

**ตารางที่ 14** องค์ประกอบที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการลดการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ชัน

| องค์ประกอบ | ปัจจัย |
|---|---|
| ผลตอบแทนทางเลือกใหม่ที่สูงพอ | ชาวบ้านต้องเห็นว่าทางเลือกใหม่<br>- ต้องให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า<br>- มีความเสี่ยงต่อความผันผวนของราคาน้อยกว่า<br>- มีความมั่นคงทางรายได้ที่มากกว่า |
| ชาวบ้านมีความรักและหวงแหนในทรัพยากรธรรมชาติและมีความยินดีที่จะร่วมดูแลและปกป้องทรัพยากรนั้น | ชาวบ้านจะคืนพื้นที่ป่าหรือไม่ขึ้นอยู่กับประโยชน์ที่จับต้องได้ หากมีประโยชน์จากป่ามากขึ้น ชาวบ้านจะคืนและรักษาป่ามากขึ้น |

| | |
|---|---|
| มีกฎระเบียบและการบังคับใช้ที่มีประสิทธิภาพ | การดูแลและบังคับใช้กฎหมายให้ได้ผล จะต้องให้ชาวบ้านในพื้นที่ร่วมเป็นกลไกสำคัญในการกำหนดกติกา กฎระเบียบ ข้อบังคับ และดูแลป่าไม้ในพื้นที่พร้อมการสนับสนุนจากทางภาครัฐ ชาวบ้านต้องมีส่วนร่วมในการกำหนดกฎกติกาที่ใช้ให้เหมาะสมสอดคล้องกับพื้นที่ และมีส่วนร่วมในการบังคับดูแลกฎของตนเอง |

ที่มา: ปรับปรุงจาก สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี 2557

นอกจากนั้น จากการสำรวจในเรื่องของทางเลือกในการทำเกษตรทดแทนซึ่งมีค่าความเป็นได้ทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากให้ผลตอบแทนที่ไม่น้อยไปกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และสามารถคืนผืนป่าได้ ดังตารางที่ 15 จะเห็นได้ว่าในแนวทางต่างๆนั้น เกษตรต้องการการสนับสนุนทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมและด้านกายภาพ แรงจูงใจด้านรายได้ที่ดีขึ้นเป็นปัจจัยผลักที่ดี อย่างไรก็ตาม ภาครัฐยังคงต้องสนับสนุนองค์ประกอบอื่นๆ เช่น น้ำ องค์ความรู้ เป็นต้น เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการพัฒนาพื้นที่

**ตารางที่ 15** แนวทาง ผลประโยชน์ และความต้องการสนับสนุนของเกษตรกรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ชันจังหวัดน่าน

| แนวทาง | รายละเอียด | ผลประโยชน์ | ความต้องการสนับสนุน |
|---|---|---|---|
| การส่งเสริมการปลูกพืชหมุนเวียนในที่ราบ | เช่น ข้าว-ยาสูบ-ข้าวโพด หรือ ข้าว-ผักกาดเขียวปลี-ถั่ว โดยพืชทางเลือกอาจแตกต่างกันตามลักษณะของพื้นที่และตลาด | - พืชหมุนเวียนให้รายได้ต่อไร่มากกว่าการปลูกข้าวโพดในที่ชันประมาณ 10 เท่า<br>- มีค่าตอบแทนแรงงานที่สูงกว่า | - การจัดการน้ำและชลประทาน<br>- การพัฒนาดิน<br>- การพัฒนาคุณภาพเกษตรกร<br>- การสนับสนุนด้านตลาด |
| การส่งเสริมการปลูกพืชยืนต้นหรือป่าเศรษฐกิจในที่ชัน | | - พืชหมุนเวียนให้รายได้ต่อไร่มากกว่าการปลูกข้าวโพดในที่ชัน | - มาตรการช่วยเหลือ สนับสนุนรายได้ในช่วงรอเก็บเกี่ยว<br>- ความมั่นใจในเรื่องสิทธิที่ทำกิน |
| การปลูกป่า | หากมีกฎกติกาที่ชัดเจนในการใช้ประโยชน์จากป่าที่เป็นธรรมและยั่งยืน เกษตรกรสามารถประกอบอาชีพที่พึ่งพิงป่า เช่น หาของป่า การเลี้ยงสัตว์ | - มีรายได้ไม่น้อยกว่าการปลูกข้าวโพดในที่ชัน<br>- มีความมั่นคงทางอาหาร<br>- มีความเสี่ยงจากเศรษฐกิจและธรรมชาติต่ำ | แนวทางนี้ข้อจำกัดจะมากกว่าแนวทางอื่น<br>- การร่วมมืออย่างเหนียวแน่นของชาวบ้านเองและกับภาครัฐ<br>- มาตรการช่วยเหลือ สนับสนุนรายได้ในช่วงรอให้ป่าฟื้นความอุดมสมบูรณ์ซึ่งนานกว่าแนวทางอื่น |

ที่มา: ปรับปรุงจาก สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี 2557

สิทธิเดช และเขมรัฐ (2557) ยังได้เสนอแนะข้อเสนอแนะทางนโยบายที่จะนำไปสู่การลดพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ชันอย่างยั่งยืน ดังตารางที่ 16

**ตารางที่ 16** ข้อเสนอแนะทางนโยบายที่จะนำไปสู่การลดพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ชันอย่างยั่งยืน

| **ข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินงานภาพรวม** | **ข้อเสนอแนะสำหรับสำหรับการสร้างความเข้มแข็งในแต่ละองค์ประกอบ** |
|---|---|
| ภาครัฐ<br>1. ภาครัฐต้องแสดงเจตนารมณ์ที่จะลดพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ชันให้ชัดเจน หากจะสนับสนุนต้องมีมาตรการตรวจสอบและงดการสนับสนุนหากเกษตรกรปลูกนอกพื้นที่<br>2. ภาครัฐต้องเปลี่ยนทัศนคติในการพัฒนา จากที่มองว่าเกษตรกรทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม ไปสู่การส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพของพื้นที่ให้เกษตรกรมีทางเลือกมากขึ้น เช่น พัฒนาแหล่งน้ำ<br>3. ภาครัฐต้องสนับสนุนให้มีการพัฒนาบุคลากรในพื้นที่ทั้งด้านกฎหมาย การบังคับใช้ เทคโนโลยี<br>ภาคเอกชน<br>4. ภาคเอกชนควรมีบทบาทในการกำหนดทิศทางผ่านกลไกราคาและมาตรฐานการรับซื้อกำกับ ผลักดันสู่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ยั่งยืนในพื้นที่ที่เหมาะสม ผ่านกลไกราคาและสร้างมาตรฐานการรับซื้อมากำกับ | 1. เพิ่มศักยภาพของพื้นที่ปลูกโดยการพัฒนาทางกายภาพ เช่น ปรับพื้นที่ให้เหมาะสม การพัฒนาระบบชลประทานหรือแหล่งน้ำ<br>2. ปรับกฎระเบียบให้เข้ากับพื้นที่<br>3. ส่งเสริมมาตรการอุดหนุนรูปแบบต่างๆ<br>4. ภาครัฐควรส่งเสริมและสนับสนุนอาชีพที่พึ่งพิงกับความอุดมสมบูรณ์ของป่าและผลสำเร็จของการอนุรักษ์<br>5. ภาครัฐและเอกชนต้องเห็นค่าและสนับสนุนพื้นที่ที่ดำเนินงานอนุรักษ์ได้ดี ทำให้ชาวบ้านภูมิใจในการดำเนินงานและช่วยให้ชาวบ้านรักและหวงแหนในพื้นที่<br>6. ในพื้นที่ที่คนมีความพร้อม การให้สิทธิชุมชนและชาวบ้านในการดูแลป่าและใช้ประโยชน์จากป่า ส่งเสริมป่าชุมชน<br>7. สนับสนุนให้มีการกำหนดกฎกติกาและการดำเนินงานในระดับหมู่บ้านในแต่ละลุ่มน้ำให้สอดคล้องกัน ให้อำนาจชุมชนท้องถิ่นในการบังคับใช้ โดยรัฐเป็นผู้สนับสนุน |

ที่มา: ปรับปรุงจาก สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี 2557

สิทธิเดช และเขมรัฐ (2557) ได้ทำการสำรวจและสรุปมาตรการอุดหนุนที่ดำเนินการอยู่ในพื้นที่หมู่บ้านน้ำป้าก บ้านห้วยธนู และบ้านห้วยม่วง ของจังหวัดน่าน ดังแสดงในตารางที่ 17

**ตารางที่ 17** ตัวอย่างมาตรการอุดหนุนและวิธีการที่จะนำไปสู่การลดพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ชันอย่างยั่งยืน

| มาตรการอุดหนุน | วิธีการ |
|---|---|
| การให้เงินอุดหนุนเพื่อเพิ่มรายได้โดยตรง | - ค่าจ้างในการลาดระเวนป่า |
| การอุดหนุนเพื่อลดต้นทุนในการปลูกพืชทางเลือก | - การแจกกล้าพันธุ์ไม้ยืนต้นและกองทุนเมล็ดพันธุ์<br>- กองทุนปศุสัตว์ |
| การอุดหนุนด้านกายภาพ สาธารณูปโภค เสริมสร้างคุณภาพชีวิต เน้นเพิ่มความสะดวกในด้านต่างๆ | - การพัฒนาระบบชลประทาน (น้ำเกษตร) เพื่อการเกษตร<br>- การพัฒนาระบบน้ำใช้อุปโภค บริโภค<br>- การปรับสภาพดินให้เหมาะสมกับการเพาะปลูก<br>- การอบรมให้ความรู้เพื่อพัฒนาตนเอง<br>- การสนับสนุนด้านหัตถกรรมและอาชีพเสริม |

ที่มา: ปรับปรุงจาก สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี 2557

เมื่อสอบถามเกษตรในพื้นที่หมู่บ้านน้ำป้าก บ้านห้วยธนู และบ้านห้วยม่วง ของจังหวัดน่าน ถึงการให้ความสำคัญต่อมาตรการอุดหนุนต่างๆ ตามลักษณะของเกษตรกร พบว่า การพัฒนาระบบน้ำเพื่อการเกษตร โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มรายได้จากการเพาะปลูกบนที่ดินทำกิน (ส่วนใหญ่ในที่ราบ) เป็นมาตรการอุดหนุนที่มีความสำคัญมากที่สุดอันดับ1สำคัญเป็นพิเศษกับกลุ่มที่มีที่ราบ มีขนาดที่ดินปานกลาง และรายได้ปานกลาง

**ตารางที่ 18** การให้ความสำคัญต่อมาตรการอุดหนุนต่างๆ ตามลักษณะของเกษตรกร

(หน่วย: ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม)

| | ค่าจ้าง | กล้าพันธุ์ | ปศุสัตว์ | **น้ำเกษตร** | น้ำใช้ | ดิน | ความรู้ | หัตถกรรม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ภาพรวม | 57 | 67 | 8 | **71** | 27 | 10 | 12 | 2 |
| แบ่งตามที่ทำกิน | | | | | | | | |
| มีที่ราบ | 58 | 67 | 8 | **83** | 19 | 8 | 8 | 3 |
| ไม่มีที่ราบ | 53 | 67 | 7 | **40** | 47 | 13 | 20 | - |
| แบ่งตามขนาดที่ทำกิน | | | | | | | | |
| ที่ดินน้อย | 60 | 60 | - | **50** | 30 | 20 | 20 | - |
| ปานกลาง | 48 | 57 | 4 | **87** | 26 | 4 | 4 | - |
| มาก | 67 | 83 | 17 | **61** | 28 | 11 | 17 | 6 |
| แบ่งตามการปรับพฤติกรรมการปลูกในที่ชัน | | | | | | | | |
| ลดและ | 57 | 73 | 8 | **73** | 30 | 5 | 16 | 3 |

| | ค่าจ้าง | กล้าพันธุ์ | ปศุสัตว์ | **น้ำเกษตร** | น้ำใช้ | ดิน | ความรู้ | หัตถกรรม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เลิก | | | | | | | | |
| ไม่ลด | 56 | 56 | 11 | 67 | - | 22 | - | - |
| แบ่งตามรายได้เกษตร | | | | | | | | |
| รายได้ต่ำ | 80 | 80 | - | 60 | - | - | - | - |
| ปานกลาง | 50 | 63 | 4 | 71 | 38 | 13 | 17 | 4 |
| สูง | 63 | 63 | 13 | 69 | 31 | 13 | 13 | - |
| แบ่งตามจำนวนหนี้ | | | | | | | | |
| ไม่มีหนี้ | 45 | 55 | 0 | 68 | 23 | 9 | 5 | 0 |
| มีน้อย | 50 | 87 | 20 | 67 | 27 | 13 | 27 | 7 |
| มีมาก | 64 | 64 | 7 | 79 | 36 | 14 | 7 | 0 |
| แบ่งตามจำนวนแรงงานภาคเกษตร | | | | | | | | |
| 1-2 คน | 53 | 71 | 9 | 68 | 35 | 15 | 15 | 3 |
| มากกว่า 2 | 65 | 59 | 6 | 76 | 12 | 6 | 6 | 0 |
| แบ่งตามการมีเอกสารสิทธ์ในที่ดินทำกิน | | | | | | | | |
| มี | 36 | 71 | 7 | 79 | 29 | 0 | 21 | 0 |
| ไม่มี | 65 | 65 | 8 | 68 | 27 | 16 | 8 | 3 |

ที่มา: สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี 2557

จากการศึกษาของ สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี (2557) ได้เสนอแนะพืชทดแทนการปลูกข้าวโพดในที่ชันและมีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ รวมถึงรูปแบบการปลูกพืชทดแทนเหล่านั้น ทีมวิจัยได้ตั้งคำถามว่าหากพิจารณาด้านกายภาพหรือความต้องการใช้น้ำควบคู่กับด้านเศรษฐกิจและสังคม ผลจะเป็นอย่างไร ทางทีมวิจัยได้คำนวณความต้องการใช้น้ำในพืชทดแทนในกรณีดังกล่าวและแสดงในตาราง ผลการวิเคราะห์พบว่าผักกาดเขียวปลีและยาสูบเป็นพืชที่มีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจสูง และมีความต้องการใช้น้ำต่ำกว่าพืชชนิดอื่น โดยยาสูบให้รายได้มากกว่าผักกาดเขียวปลี 1.5 เท่า แต่ต้องการน้ำมากกว่า 2 เท่า แต่ข้อจำกัดคือพืชทั้งสองชนิดต้องการทักษะดูแลค่อนข้างเฉพาะและต้องการการดูแลมาก สำหรับรูปแบบการปลูกที่สามารถเพาะปลูกได้ตลอดปีมีรายได้มากกว่า 10 เท่าของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และใช้น้ำน้อยที่สุดคือ การปลูกข้าวเหนียว ยาสูบ ถั่ว ในรอบหนึ่งปีการเพาะหลซึ่งก่อให้เกิดรายได้ประมาณ 11.6 เท่าของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แต่มีความต้องการใช้น้ำประมาณ 868 ลบ.ม.ต่อไร่ต่อปี

**ตารางที่ 19** สรุปลักษณะ ผลตอบแทน ปัจจัยสำคัญในการปลูกพืชชนิดต่างๆ และความต้องการใช้น้ำต่อไร่

| | **ข้าวโพด (ที่ชัน)** | **ข้าวเหนียวนา** | **ยาสูบ** | **ผักกาดเขียวปลี** | **พริก** | **ข้าวโพด (ที่ราบ)** | **ถั่วลิสง** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ช่วงเวลาปลูก | พ.ค.– ก.ย. | พ.ค. – ต.ค. | พ.ย. – ก.พ. | พ.ย. – ธ.ค. | ต.ค. - ธ.ค. | ก.พ.– เม.ย. | ก.พ.– เม.ย. |
| รายรับ | 6,000 | 8,400 | 32,500 | 25,200 | 10,000 | 6,650 | 9,000 |
| ต้นทุนทั้งหมด | 3,700 | 3,775 | 12,480 | 14,000 | 7,250 | 4,000 | 5,180 |
| ต้นทุนค่าแรง | 1,500 | 2,630 | 10,300 | 9,000 | 4,400 | 2,000 | 2,500 |
| รายได้สุทธิ (หักค่าแรง) | 2,300 | 4,625 | 20,020 | 11,200 | 2,750 | 2,650 | 3,820 |
| รายได้สุทธิ (บวกค่าแรง) | 3,800 | 7,255 | 30,320 | 20,200 | 7,150 | 4,650 | 6,320 |
| ภูมิประเทศ | ชัน | ราบ | ราบ | ราบ (ชันได้) | ราบ | ราบ | ราบ |
| **ความต้องการใช้น้ำ(ลบ.ม.ต่อไร่)*** | 0 | **0 เพราะปลูกในฤดูฝน (นาปี)** | 449 | 221 | 546 | 396 | 419 |
| คุณภาพดิน | ปกติ | ดี | ดี | ดี | ปกติ | ปกติ | ปกติ |
| ตลาด | มีพ่อค้ารับซื้อทั่วไป | มีพ่อค้ารับซื้อทั่วไป | มีพ่อค้ารับซื้อทั่วไป | มีโควต้าจากโรงงาน | มีพ่อค้ารับซื้อทั่วไป | มีพ่อค้ารับซื้อทั่วไป | มีพ่อค้ารับซื้อทั่วไป |
| ทักษะการดูแล | ง่ายและไม่ต้องดูแลมาก | ปานกลางและต้องการการดูแล | ค่อนข้างเฉพาะและต้องการการดูแลสูงมาก | ค่อนข้างเฉพาะและต้องการการดูแลมาก | ง่ายและต้องการการดูแลปานกลาง | ง่ายและไม่ต้องดูแลมาก | ง่ายและไม่ต้องดูแลมาก |
| สรุปลักษณะสำคัญ | กำไรต่ำ ปลูกง่าย ขายง่าย (ต้นทุนวัตถุดิบสูง ค่าแรงต่ำ) | กำไรปานกลางแต่ปลูกเพื่อเป็นอาหาร (ประหยัดค่าใช้จ่าย) | กำไรดี แต่ใช้แรงงานและการดูแลสูงมาก มีข้อจำกัดในการขายบ้าง | กำไรดี แต่ลงทุนสูงและมีการกำหนดโควตาการปลูกจากโรงงานและใช้ทักษะการปลูกสูงกว่าพืชอื่น | กำไรปานกลาง ปลูกและขายง่าย มีรายได้จากค่าแรงสูงกว่าข้าวโพด | กำไรปานกลาง ปลูกและขายง่าย ต้องการการดูแลน้อยแต่มีรายได้จากค่าแรงน้อย | กำไรปานกลาง ปลูกและขายง่าย ต้องการการดูแลน้อย มีรายได้จากค่าแรงน้อย (มีส่วนในการช่วยบำรุงดิน) |

ที่มา : ปรับปรุงจาก สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี 2557, * โดยทีมวิจัย

**ตารางที่ 20** เปรียบเทียบรายได้สุทธิจากการปลูกพืชทางเลือกกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ชันและความต้องการใช้น้ำ

| ทางเลือก | รายได้สุทธิต่อพื้นที่ 1 ไร่ (ไม่รวมค่าแรง) (บาทต่อไร่) | รายได้สุทธิต่อพื้นที่ 1 ไร่ (รวมค่าแรง) (บาทต่อไร่) | รายได้สุทธิเทียบกับข้าวโพดที่ชัน (ไม่รวมค่าแรง) (เท่า) | รายได้สุทธิเทียบกับข้าวโพดที่ชัน (รวมค่าแรง) (เท่า) | ความต้องการใช้น้ำ[1] (ลบ.ม.ต่อไร่ต่อปี) |
|---|---|---|---|---|---|
| ข้าวเหนียว ยาสูบ พริก | 27,395 | 44,725 | 11.9 | 11.8 | 995 |
| ข้าวเหนียว ยาสูบ ข้าวโพด | 27,295 | 42,225 | 11.9 | 11.1 | 845 |
| ข้าวเหนียว ยาสูบ ถั่ว | 28,465 | 43,895 | 12.4 | 11.6 | 868 |
| ข้าวเหนียว ผักกาด พริก | 18,575 | 34,605 | 8.1 | 9.1 | 767 |
| ข้าวเหนียว ผักกาด ข้าวโพด | 18,475 | 32,105 | 8.0 | 8.4 | 617 |
| ข้าวเหนียว ผักกาด ถั่ว | 19,645 | 33,775 | 8.5 | 8.9 | 640 |
| เฉลี่ย | 23,308 | 38,555 | 10.1 | 10.1 | 789 |

ที่มา: ปรับปรุงจาก สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี 2557, [1] โดยทีมวิจัย

โดยสรุปจะเห็นได้ว่าปัญหาปัจจุบันในพื้นที่มีความยุ่งยากมากเนื่องจากความหลากหลายของประเด็นในด้านต่างๆ เช่น เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และการเมืองการปกครอง แนวทางการบรรเทายังคงต้องใช้กระบวนการบูรณาการเช่นเดียวกัน อีกหนึ่งประเด็นที่น่าสนใจคือลุ่มน้ำน่านควรพัฒนาอย่างไรในอนาคต การพัฒนาดังกล่าวส่งผลกระทบต่างๆอย่างไร และมาตรการบรรเทาปัญหา หรือส่งเสริมให้ชาวบ้านมีการปรับตัวควรเป็นอย่างไรภายใต้ความไม่แน่นอนต่างๆในอนาคต

### 4.2 การคาดการณ์การพัฒนาในอนาคตโดยใช้ภาพฉาย(Scenario)

ดังที่กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา คาดการณ์การพัฒนาในอนาคตโดยใช้ภาพฉาย(Scenario) นับเป็นวิธีการคาดการณ์อนาคตที่ได้รับความนิยมและจำเป็นอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากเป็นวิธีการที่คำนึงถึงความไม่แน่นอน (Uncertainty) การวางแผนส่วนใหญ่เป็นการกระทำที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อนในอดีตจึงไม่สามารถนำแนวโน้มหรือข้อมูลในอดีตมาเป็นหลักในการคาดการณ์อนาคตได้ด้วยวิธีการแบบ Scenario ผลการคาดการณ์จะออกมาเป็นสถานการณ์ทางเลือกหลายสถานการณ์ซึ่งผู้คาดการณ์คาดว่าน่าจะมีโอกาสขึ้นได้ในอนาคตทำ

ให้ทราบว่าในอนาคตมีโอกาสจะเกิดสถานการณ์แบบใดได้บ้างและสามารถวางแผนสำรองเพื่อรองรับได้กับทุกสถานการณ์

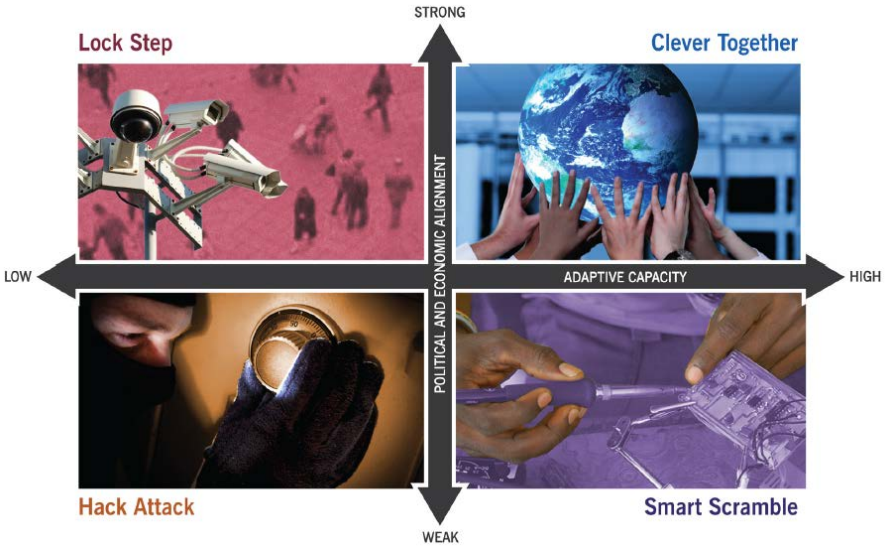
ตัวอย่างการใช้การคาดการณ์การพัฒนาในอนาคตจากต่างประเทศ

มูลนิธิร็อคกี้เฟลเลอร์และเครือข่ายธุรกิจโลก (The Rockefeller Foundation and Global Business Network, 2010)ได้นำเสนอภาพฉายอนาคตของการพัฒนาเทคโนโลยีและด้านนานาชาติ 4 รูปแบบจากการวิจัยและระดมความคิดเห็นของพนักงานในมูลนิธิและผู้เชี่ยวชาญจากภายนอก โดยมีวิธีคิดจาก 2แนวคิดหลักซึ่งได้มาจากเลือกความไม่แน่นอนที่มีระดับวิกฤต (Critical Uncertainties)คือ 1 แนวทางด้านการเมืองและเศรษฐกิจ (Political and Economic Alignment) และ 2 ความสามารถในการปรับตัว (Adaptive Capacity) จากระดับของความไม่แน่นอนที่แตกต่างกันทั้งสองด้านสามารถที่จะจำแนกออกได้เป็น 4 ภาพฉายดังตารางที่ 21 และ รูปที่ 4

**ตารางที่ 21** ภาพฉายอนาคตของการพัฒนาเทคโนโลยีและด้านนานาชาติ

| ภาพฉาย | รายละเอียด | การเมืองและเศรษฐกิจ | ความสามารถในการปรับตัว |
|---|---|---|---|
| 1.โลกแห่งความร่วมมือ (Clever Together) | โลกที่มีความร่วมมือสูง มียุทธศาสตร์ที่นำไปสู่ความสำเร็จเพื่อรับมือกับประเด็นต่างๆที่เกิดขึ้นในโลก | มั่นคง | สูง |
| 2. โลกแห่งการควบคุม (Lock Step) | โลกที่มีการควบคุมจากภาครัฐส่วนกลางอย่างเข้มงวด มีการควบคุมเป็นลำดับและชัดเจน ทำให้ไม่มีการมีส่วนร่วมของประชาชนและเกิดนวัตกรรมใหม่ๆยาก | มั่นคง | ต่ำ |
| 3. โลกแห่งการดิ้นรน (Smart Scramble) | โลกที่มีปัญหาด้านเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามชุมชนมีการดิ้นรนและพัฒนา | ไม่มั่นคง | สูง |
| 4. โลกแห่งความเสื่อมถอย (Hack Attack) | โลกที่มีแต่ความไม่มั่นคงทางเศรษฐกิจ ภารรัฐอ่อนแอ อาชญากรรมครองเมือง มีการปรากฏขึ้นของประเด็นที่นำไปสู่อันตราย | ไม่มั่นคง | ต่ำ |

ที่มา: สรุปจาก The Rockefeller Foundation and Global Business Network, 2010

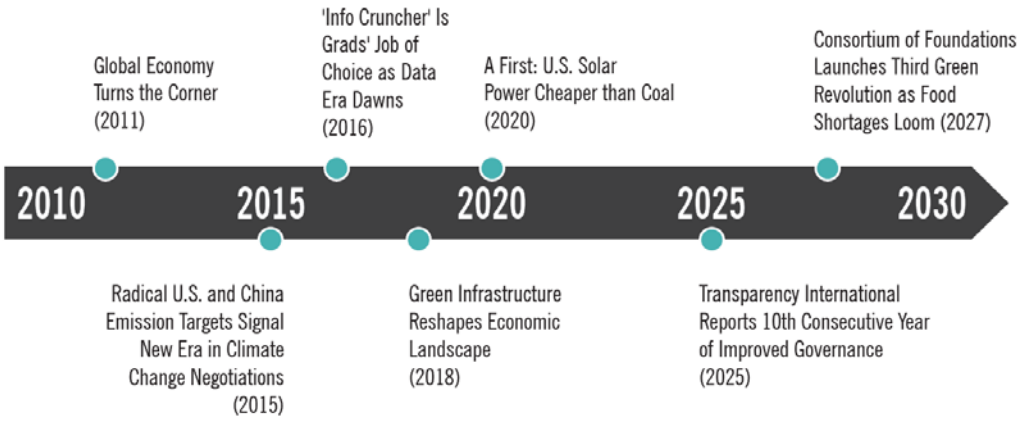


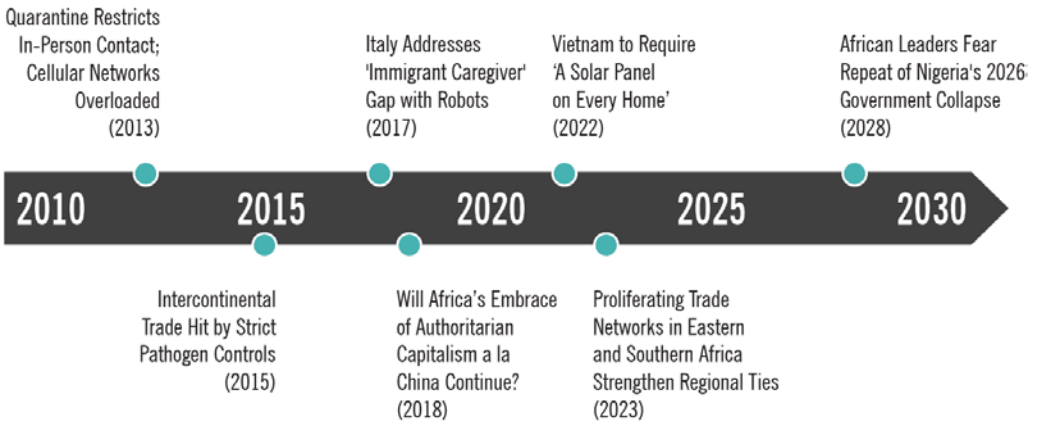
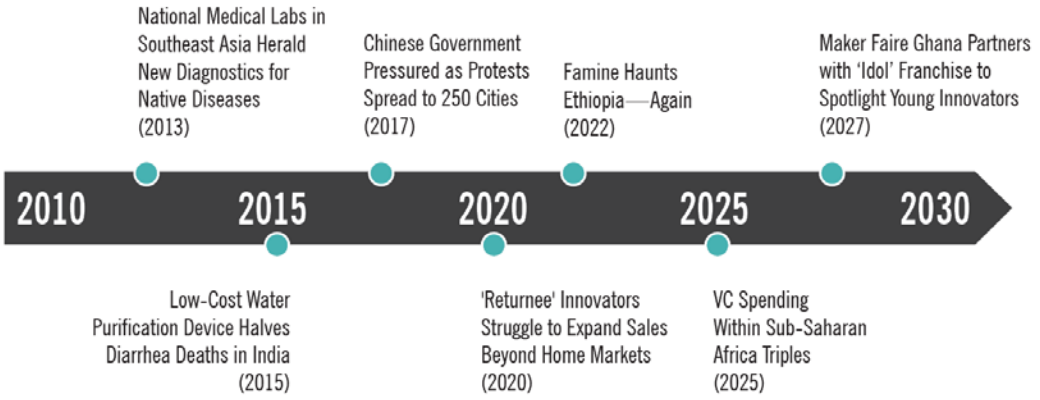
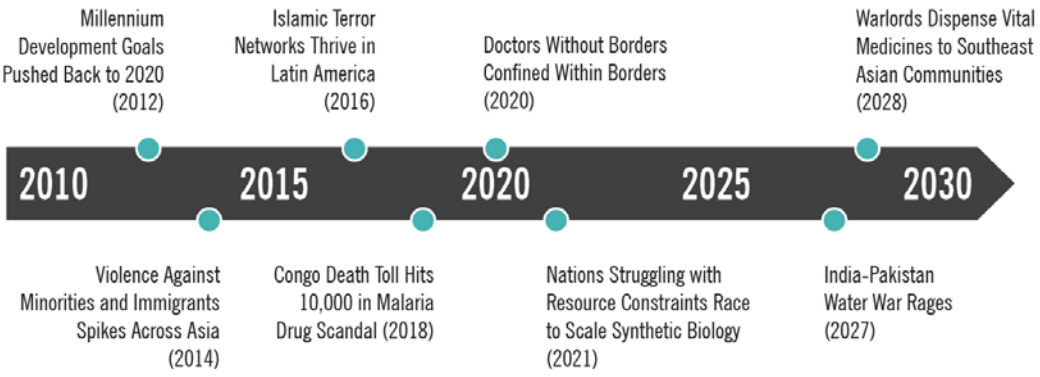

**รูปที่ 4** ภาพฉายอนาคตของการพัฒนาเทคโนโลยีและด้านนานาชาติ 4 รูปแบบ

(ที่มา:The Rockefeller Foundation and Global Business Network, 2010)

นอกจากนั้นมูลนิธิร็อคกี้เฟลเลอร์และเครือข่ายธุรกิจโลกยังได้เสนอตัวอย่างเหตุการณ์สมมุติในอนาคต เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจภาพฉายโดยมีรายละเอียดดังนี้

**ตารางที่ 22** ตัวอย่างเหตุการณ์สมมุติในอนาคต

| ภาพฉาย | เหตุการณ์สมมุติในอนาคต |
|---|---|
| 1.โลกแห่งความร่วมมือ (Clever Together) |  |

| ภาพฉาย | เหตุการณ์สมมุติในอนาคต |
|---|---|
| 2. โลกแห่งการควบคุม (Lock Step) |  |
| 3. โลกแห่งการดิ้นรน (Smart Scramble) |  |
| 4. โลกแห่งความเสื่อมถอย (Hack Attack) |  |

ที่มา: สรุปและปรับปรุงจาก The Rockefeller Foundation and Global Business Network, 2010

Gallopin et al. (1997) ได้เสนอภาพฉายการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมหกรูปแบบในอนาคต ดังตารางที่ 23 โดยมีสมมุติฐานจากประชากร, การเติบโตทางเศรษฐกิจ, สิ่งแวดล้อม, ความเท่าเทียมกัน, เทคโนโลยี, และความมั่นคงทางการเมือง

**ตารางที่ 23** ภาพฉายการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมหกรูปแบบในอนาคต

| **ภาพฉาย** | **ตัวแปร 1** | **ตัวแปร 2** |
|---|---|---|
| Conventional world | Market force | Policy reform |
| Barbarization | Breakdown | Fortress world |
| Great transitions | Eco-communalism | A new sustainable paradigm |

ที่มา: Gallopin et al., 1997

Millennium EcosystemAssessmentได้เสนอภาพฉายในอนาคต 4 รูปแบบดังตารางที่ 24 โดยพิจารณาความแตกต่างของรายรับ รายจ่าย และความเปราะบางสำหรับประชากรและภูมิภาคต่างๆ

**ตารางที่ 24** ภาพฉายในอนาคต 4 รูปแบบ

| **ภาพฉาย** | **เหตุการณ์สมมุติในอนาคต** |
|---|---|
| Global orchestration | globalized with emphasis oneconomic growth and public goods |
| Order from Strength | regionalized with emphasis onnational security and economic growth) |
| Adapting Mosaic | regionalized with emphasis on localadaptation and flexible governance |
| TechnoGarden | globalized with emphasis on green technology |

(ที่มา: Millennium EcosystemAssessment)

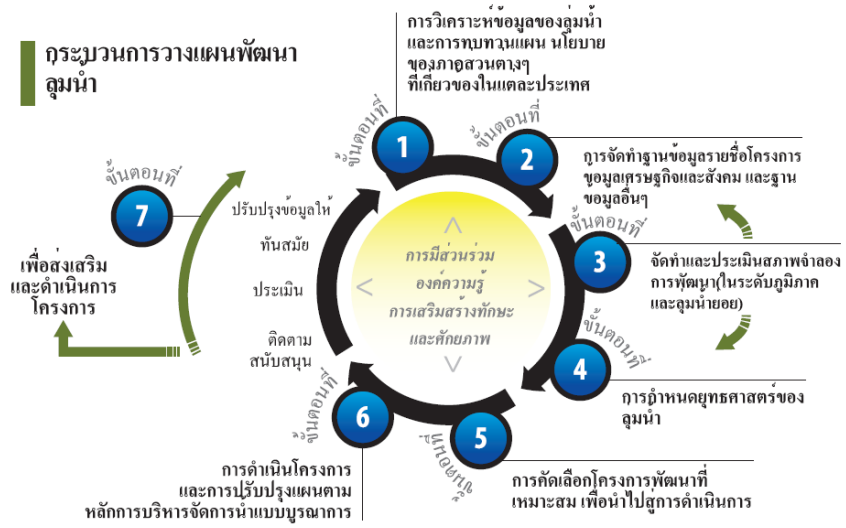
The Energy and Resources Institute (TERI, 2009) พัฒนารูปแบบการพัฒนาในอนาคตของอินเดียตอนเหนือโดยมีรูปแบบดังรูปที่ 5 สำหรับการประเมินผลมี 2 รูปแบบคือ 1การประมาณเชิงปริมาณ (Quantitativeestimation) ได้แก่ ด้านประชากรและด้านเศรษฐกิจ และ 2 การประมาณเชิงคุณภาพ (qualitative estimation)ไดแก่ ด้านสังคม ความขัดแย้ง เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และการปกครอง

| Scenarios | Demographics | Economy | Social and cultural | Conflict | Technological | Environment | Governance |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I – State led economic growth | ↗ | → | → | ↗ | → | ↘ | ↗ |
| II – Conservative approach with focus on environment | → | ↘ | ↗ | ↘ | → | ↗ | ↗ |
| III – Market driven growth | ↗ | ↗ | ↘ | ↗ | ↗ | ↘ | ↘ |
| IV - Sustainable growth | ↗ | ↗ | ↗ | ↘ | ↗ | ↗ | → |

**รูปที่ 5** ทิศทางการพัฒนาในแต่ละภาพฉาย

(ที่มา: The Energy and Resources Institute (TERI, 2009))

คณะมนตรีคณะกรรมาธิการแม่น้ำโขง (2554) ได้เสนอยุทธศาสตร์การพัฒนาบนพื้นฐานการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการสำหรับลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง โดยมีการเสนอแผนพัฒนาลุ่มน้ำดังรูปที่ 6




**รูปที่ 6** กระบวนการวางแผนพัฒนาลุ่มน้ำ

(ที่มา: คณะมนตรีคณะกรรมาธิการแม่น้ำโขง (2554))

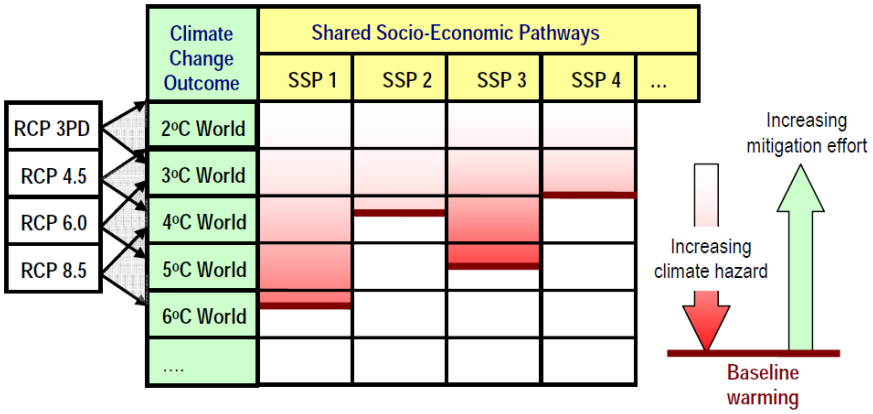
ในการพัฒนาลุ่มน้ำในอนาคตจำเป็นต้องมีการสมมุติภาพฉายต่างๆ ทางคณะมนตรีคณะกรรมาธิการแม่น้ำโขงได้พิจารณาภาพฉายโดยขึ้นอยู่กับสองปัจจัยหลักคือ 1 กรอบเวลา เช่น ภายในปี 2015, 2030, 2060 และ 2 ผลกระทบจากการบริหารจัดการน้ำ เช่น ผลกระทบจากการมีเขื่อนในพื้นที่ต่างๆ ดังรูปที่ 7

| Ref | Short description | Title | Hydrology | Hydropower dams | | | Irrigation and water supply demands |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | China | Mainstream | Tributary | |
| **Baseline** | | | | | | | |
| **1000** | BS | Baseline Scenario | Standard 1985-00 | First 1 no. | None | Existing in 2000 (15 no.) | As in 2000 |
| **Definite future** | | | | | | | |
| **2000** | 2015-UMD | Upper Mekong Dam Scenario | Standard 1985-00 | First 6 no. | None | Existing in 2000 (15 no.) | As in 2000 |
| **3000** | | Definite future scenario | Standard 1985-00 | First 6 no. | None | Existing + 26 under construct. | As in 2015 |
| **Foreseeable future situation (2030)** | | | | | | | |
| **4000** | 2030-20Y | LMB 20-Year Plan Scenario | Standard 1985-00 | First 6 no. | All 11 dams | Existing + 56 under construction or planned by 2030 | Existing + planned by 2030 |
| **4001** | 2030-20Y+CC | LMB 20-Year Plan Scenario | Climate change: 2011-2050 | First 6 no. | All 11 dams | Existing + 56 under construction or planned by 2030 | Existing + planned by 2030 |
| **5000** | 2030-20Y-w/o MD | LMB 20-Year Plan Scenario without mainstream dams | Standard 1985-00 | First 6 no. | None | Existing + 56 under construction or planned by 2030 | Existing + planned by 2030 |
| **6100** | 2030-20Y-w/o LMD | LMB 20-Year Plan Scenario with 6 mainstream dams in Northern Lao PDR | Standard 1985-00 | First 6 no. | 6 in northern Lao only | Existing + 56 under construction or planned by 2030 | Existing + planned by 2030 |
| **6200** | 2030-20Y-w/o TMD | LMB 20-Year Plan Scenario with 9 mainstream dams, excl Thailand | Standard 1985-00 | First 6 no. | 9 dams excl. Pak Chom & Ban Kum | Existing + 56 under construction or planned by 2030 | Existing + planned by 2030 |
| **6300** | 2030-20y-w/o CMD | LMB 20-Year Plan Scenario with 9 mainstream dams, excl Cambodia | Standard 1985-00 | First 6 no. | 9 dams excl. Stung Treng and Sambor | Existing + 56 under construction or planned by 2030 | Existing + planned by 2030 |
| **7000** | Cam0 | Early flood protection and full flood protection in Cambodia | | Mekong Delta Flood Management Scenarios | | All conducted against baseline conditions | |
| **7001** | VNA | Early flood protection and full flood protection in Viet Nam | | | | | |
| **7002** | Cam0VNa | Combination of above | | | | | |
| **LMB long-term development scenarios** | | | | | | | |
| **8000** | 2060-LTD | LMB Long-term Development Scenario | Standard 1985-00 | First 6 no. | All 11 dams | Existing + 91 expected by 2060 | Existing + expected by 2060 |
| **8001** | 2060-LTD+CC | | Climate change: 2011-2050 | First 6 no. | All 11 dams | Existing + 91 expected by 2060 | Existing + expected by 2060 |
| **9000** | 2060–VHD | LMB Very High Development Scenario | Standard 1985-00 | First 6 no. | All 11 dams | Existing + 110 further | Full potential |

**รูปที่ 7** ภาพฉายในการพัฒนาแผนพัฒนาลุ่มน้ำ

(ที่มา: คณะมนตรีคณะกรรมาธิการแม่น้ำโขง (2554))

ElmarKriegler และคณะ (2010) ได้นำเสนอแบบจำลองการประเมินแบบบูรณาการ (IntegratedAssessment Modeling (IAM)) เพื่อประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปรับตัว และความเปราะบาง(Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerabilities (IAV)) โดยมีแนวความคิดหลักคือการทำแผนภาพเมททริก (Matrix) ระหว่างการใช้ภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ (New emission scenarios) ที่เรียกรวมๆ ว่า Representative Concentration Pathways (RCP) กับภาพฉายการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต หรือ Shared Socio-economic Pathways (SSPs) ดังแสดงในรูปที่ 8

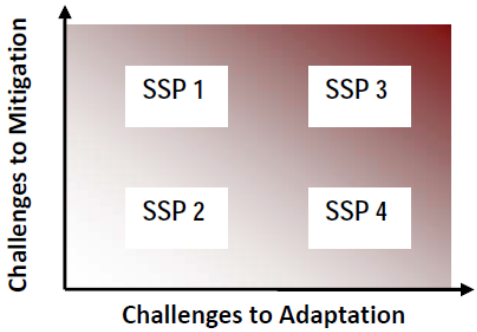



**รูปที่ 8** เมททริกระหว่างการใช้ภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ (RCP) กับภาพฉายการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต (ที่มา: Kriegler, E.et al., 2010)

นอกจากนี้ Elmar Kriegler และคณะยังได้เสนอว่าในการพิจารณากำหนดภาพฉายนั้นจะต้องพิจารณาการเปลี่ยนแปลง 4มิติหลักดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจ ยกตัวอย่างเช่น การเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว หรือ ช้า, ตลาดโลกหรือตลาดท่องถิ่น
2. การเปลี่ยนแปลงด้านการเมืองหรือสถาบัน ยกตัวอย่างเช่น การบรรลุ หรือ ไม่บรรลุเป้าหมาย, การดำเนินนโยบายแบบส่วนกลางสู่ท้องถิ่น หรือ ท้องถิ่นสู่ส่วนกลาง
3. การเปลี่ยนแปลงด้านสังคม ยกตัวอย่างเช่น ความร่วมมือ หรือความขัดแย้ง
4. การเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยี ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาสีเขียว หรือ การพัฒนาที่ไม่สนใจด้านสิ่งแวดล้อม

Elmar Kriegle rและคณะ ได้สรุปว่ารูปแบบภาพฉายสามารถจัดได้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน อย่างไรก็ตาม รูปแบบหนึ่งที่ได้รับการสนับสนุนคือเส้นทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม(Shared Socio-economic Pathways (SSPs)) โดยใช้ความท้าทายของการบรรเทา (Challenge to Mitigation) และการปรับตัว(Challenge to Adaptation) ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการพิจารณาการพัฒนาในอนาคตดังรูปที่ 9




**รูปที่ 9** ภาพฉายการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม

(ที่มา: Kriegler, E.et al., 2010)

| BOX II: EXAMPLE OF A SET OF SSPs COVERING THE SPACE OF CHALLENGES TOMITIGATION AND ADAPTATION DEPICTED ABOVE |
|---|
| To sketch an illustrative example of how four SSPs might fit the space depicted in the figure,<br>SSP1, as a world with large challenges to mitigation but reasonably well equipped to adapt, could beone in which, in the absence of climate policies, energy demand was high and most of thisdemand was met with carbon-based fuels (perhaps similar to the SRES A1FI scenario).Investments in alternative energy technologies and the productivity of land were low. Thus,unmitigated emissions were high, and there were few readily available options for mitigation(including biomass). Nonetheless, economic development was relatively rapid (one driver ofhigh energy demand) and itself was driven by high investments in human capital. Improvedhuman capital also produced a more equitable distribution of resources, stronger institutions,and slower population growth, leading to a less vulnerable world better able to adapt to climateimpacts.<br>SSP 2, in which the world is reasonably well suited to both mitigate and adapt, could be one inwhich development proceeds at a reasonably high pace, inequalities are lessened, technologicalchange is rapid and directed toward environmentally friendly processes, including lower carbonenergy sources and high productivity of land. An analog could be the SRES B1 scenario.SSP 3, with large challenges to both mitigation and adaptation, could be a world in whichunmitigated emissions were high due to moderate economic growth, a rapidly growingpopulation, and slow technological change in the energy sector, making mitigation difficult (as,for example, in SRES A2). Investments in human capital were low, inequality was high, aregionalized world led to reduced trade flows, and institutional development was unfavorable,leaving large numbers of people vulnerable to climate change and many parts of the world withlow adaptive capacity.<br>Finally, SSP 4, in which mitigation might be relatively manageable while adaptation would bedifficult and vulnerability high, could describe a mixed world, with relatively rapid technologicaldevelopment in low carbon energy sources in key emitting regions, leading to relatively large mitigative capacity in places where it |

| BOX II: EXAMPLE OF A SET OF SSPs COVERING THE SPACE OF CHALLENGES TOMITIGATION AND ADAPTATION DEPICTED ABOVE |
| --- |
| mattered most to global emissions. However, in otherregions development proceeded slowly, inequality remained high, and economies wererelatively isolated, leaving these regions highly vulnerable to climate change with limitedadaptive capacity. |

**รูปที่ 10** ตัวอย่างเส้นทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม(Shared Socio-economic Pathways (SSPs))

(ที่มา: Kriegler, E.et al., 2010)

ตัวอย่างการใช้การคาดการณ์การพัฒนาในอนาคตในประเทศไทย

ตัวอย่างการใช้การคาดการณ์การพัฒนาในอนาคตโดยใช้ภาพฉาย (Scenario) ได้แก่ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช., 2553) ได้จัดทำโครงการจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศของโลก การผันผวนของราคาพลังงาน และวิกฤตอาหารของโลก โดยประมาณการเป้าหมายการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจระยะยาว (Sustainable Economic Growth Path) ปีค.ศ. 2010-2020-2030-2040-2050 ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ประกอบด้วย

(1) แนวโน้มการเพิ่มของราคาพลังงานที่ส่งผลให้ราคาอาหารเพิ่มขึ้น

(2) ความเข้มข้นของการใช้พลังงานฟอสซิล (Energy intensity) และประสิทธิภาพการใช้และการจัดหาพลังงาน (Energy efficiency, Supply-Use of Energy) ที่ประเทศไทยยังต้องพึ่งพิงที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon intensity) หากมีการตั้งเป้าหมายอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูงเกินกว่าศักยภาพการเจริญเติบโต (Potential growth)

(3) ข้อจำกัดด้านการจัดหาหรืออุปทานน้ำ (Water resource supply) ที่ไม่สมดุลกับความต้องการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Efficiency of water usage) เนื่องจากปริมาณฝนถูกกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(4) ข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีและความสามารถในการลงทุนจัดหาเทคโนโลยีที่จาเป็นต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะยาว (Technology constraint to long run economic growth) ที่นาไปสู่สังคมและเศรษฐกิจที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ (Low Carbon Society)

(5) ข้อจำกัดด้านทรัพยากรทางการเงินของประเทศเพื่อการลงทุนปรับโครงสร้างเศรษฐกิจ (Green investment) เพื่อการปรับตัว (Adaptation) ลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation)

(6) ข้อจำกัดด้านจำนวนและสมรรถนะของทรัพยากรมนุษย์ (Capacity supply constraint of human resource and core competency) ในการมีส่วนร่วมในการปรับตัวและการลดก๊าซเรือนกระจก

(7) ข้อจำกัดด้านการรับรู้ (Awareness) และศักยภาพในการเรียนรู้ของประชาชนและชุมชนในการปรับตัวและการลดก๊าซเรือนกระจกโดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านการบริโภคและการผลิต

ภายใต้ข้อจำกัดข้างต้นจึงได้กำหนดแนวทางเลือกในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศดังนี้

**ตารางที่ 25** แนวทางเลือกในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศ

| แนวทางเลือก | ผลผลิต (Gross Output) กรณีฐาน, หน่วยล้านบาทในราคาคงที่ของปี ค.ศ.2010 (พ.ศ.2553);(อัตราการขยายตัว %, เฉลี่ยต่อปี) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2553 | 2563 | 2573 | 2583 | 2593 |
| 1. การพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคมตามแนวโน้มในอดีต (Business as Usual: BAU) | 4,621,243 | 7,013,519<br>5.18 % | 10,341,861<br>4.75 % | 15,191,130<br>4.69 % | 22,314,207<br>4.69 % |
| 2. รักษาไม่ให้โลกร้อนเกินกว่า 2 องศา C เทียบกับแนวโน้มในอดีตจากต้นศตวรรษ | 4,598,137 | 6,809,426<br>4.81 % | 9,963,349<br>4.63 % | 14,779,450<br>4.83 % | 21,954,948<br>4.86 % |
| 3. การพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคมที่ยั่งยืนพร้อมกับปล่อยคาร์บอนต่ำ | 4,598,137 | 9,428,540<br>10.51 % | 13,408,309<br>4.22 % | 19,315,201<br>4.41 % | 27,839,497<br>4.41 % |

ที่มา: ปรับปรุงจาก สศช., 2553

**ตารางที่ 26** สรุปรายละเอียดในแต่ละแนวทางเลือก

| แนวทางเลือก | รายละเอียดย่อย |
|---|---|
| 1. การพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคมตามแนวโน้มในอดีต (Business as Usual: BAU) | แนวทางนี้แม้เหมาะสมในอดีตแต่ก็มีข้อจำกัดในปัจจุบันเนื่องจากการใช้พลังงานเข้มข้นและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกำลังเป็นข้อจำกัดของการพัฒนาเป็นแนวโน้มที่ไม่คำนึงถึงพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจก (Business as Usual Development Path หรือ BAU)<br>**สาขาการเกษตร**<br>การผลิตในสาขาการเกษตรภายใต้แนวทางนี้ยังคงเน้นการใช้วิถีการผลิตที่เกษตรกรคุ้นเคยกล่าวคือการมีพฤติกรรมการเพาะปลูกที่ใช้น้ำปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตรในอัตราสูงเพื่อผลิตให้ได้มากที่สุดการปล่อยน้ำขังและการเผาตอซังฯลฯนำไปสู่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศแม้เกษตรกรจะมีรายได้เบื้องต้นเพิ่มขึ้นแต่จะไม่มีผลได้ร่วมในทางเศรษฐกิจ (Co-benefit) ที่จะยกระดับความยากจนและสร้างความเท่าเทียมทางเศรษฐกิจเกษตรกรยังมีหนี้สินและไม่สามารถเลื่อนชั้นทางสังคมได้<br>**สาขาอุตสาหกรรมและบริการ**<br>อุตสาหกรรมการการผลิตภายใต้แนวทางนี้แม้จะมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องแต่เนื่องจากความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy intensity) ของการผลิตยังใช้เทคนิคทางการผลิตเดิมไม่มีการลงทุนในเทคโนโลยีการใช้พลังงานที่มีความเข้มข้นต่ำและลดปล่อยคาร์บอนต่ำลงในระยะยาวแม้จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุนใหม่แต่เป็นที่ทราบกันดีว่าผลิตภัณฑ์ที่มีร่องรอยคาร์บอนสูง (Carbon footprint) อาจถูกกีดกันทางการค้าจากตลาดหลักของประเทศไทยในยุโรปและอเมริกาเหนือจากการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้บริโภคจะส่งผลกระทบต่อการขยายตัวของอุตสาหกรรม<br>สาหรับสาขาบริการมีความเป็นไปได้ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวสู่การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและธรรมชาติและเน้นการพักพิงในอาคารที่มีการจัดการด้านพลังงานและปล่อยคาร์บอนต่ำการไม่ปรับตัวในการให้บริการการท่องเที่ยวที่เน้นการประหยัดพลังงานและปล่อยคาร์บอนต่ำจะไม่สามารถแข่งขันได้ |
| 2. รักษาไม่ให้โลกร้อนเกินกว่า 2 องศา C เทียบกับแนวโน้มในอดีตจากต้นศตวรรษ | แนวทางนี้เป็นข้อเสนอของประเทศพัฒนาในการประชุม UNFCCC สมัยที่16 (COP16) ตามนัยแม้จะเป็นผลดีต่อโลกจากการที่ก๊าซเรือนกระจกลดลงแต่หากประเทศไทยยอมรับแนวทางของประเทศกำลังพัฒนา*ที่ให้คงขอบเขตการเพิ่มของอุณหภูมิโลกไว้ที่เป้าหมาย 2 องศาตามนัยการประชุมฯสมัยที่16 (COP16)* โดยไม่มีแผนการปรับตัวทางเศรษฐกิจและสังคมรองรับประเทศไทยจะได้รับผลกระทบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยการลดก๊าซเรือนกระจกและการลดการใช้พลังงานจะส่งผลให้การขยายตัวทางเศรษฐกิจชะลอตัวลงดังนี้<br>(1) ผลผลิตลดลง 23,106 ล้านบาทในปีพ.ศ. 2553 และมีแนวโน้มเกิดการสูญเสียศักยภาพทางการผลิตมากขึ้นจนถึงปีพ.ศ. 2593 |

| แนวทางเลือก | รายละเอียดย่อย |
|---|---|
| | (2) ความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกิดจากการลดลงของผลผลิตในปีพ.ศ. 2593 เท่ากับ 359,259 ล้านบาท |
| 3. การพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคมที่ยั่งยืนพร้อมกับปล่อยคาร์บอนต่ำ | การพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคมที่ยั่งยืนพร้อมกับปล่อยคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society with Sustainable Economic Development หรือเรียกย่อๆว่าเศรษฐกิจสังคมคาร์บอนต่ำ LCS) พร้อมกับมีการลงทุนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีสู่การลดความเข้มข้นการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก<br>**ผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ**<br>การเพิ่มการลงทุนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมทั้งภาครัฐ-เอกชนร่วมกับการลงทุนในแนวทางปกติแนวทางเลือกนี้ป้องกันไม่ให้เกิดผลเสียต่อทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจในระยะยาวของประเทศอัตราการเจริญเติบโตที่ยั่งยืนทางเศรษฐกิจเกิดจากการปรับโครงสร้างทางเศรษฐกิจให้ไม้มเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจปล่อยคาร์บอนต่า (LCS) เพื่อรักษาให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามพันธกรณี UNFCCC ที่ 2 องศา C<br>**สาขาการเกษตร**<br>ภายใต้แนวทางเลือกที่สามสิ่งที่ต้องดาเนินการมุ่งให้การผลิตในภาคเกษตรจะต้องปรับตัวเข้าสู่การผลิตพืชอาหารเพื่อรักษาความมั่นคงทางอาหารและเพิ่มศักยภาพโดยการผลิตพืชพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพรุ่นที่สอง-สามการปรับเปลี่ยนพันธุ์เพื่อทนทานต่อความผันผวนของฤดูกาลการปรับพฤติกรรมการเพาะปลูกของเกษตรกรการปรับวิธีการเลี้ยงปศุสัตว์และการนาวัสดุการเกษตรเหลือใช้เพื่อการผลิตพลังงานแต่ทั้งนี้จำต้องมีการลงทุนทางด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านน้ำและวิทยาศาสตร์ชีวภาพฯลฯเพื่อการปรับตัวร่วมกันไป<br>**สาขาอุตสาหกรรมและบริการ**<br>ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตและภาคบริการมีการปรับโครงสร้างการใช้พลังงานฟอสซิลที่เข้มข้นไปสู่การใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกต่างๆการปรับเปลี่ยนเทคนิคการผลิตสินค้าและบริการทั้งในระดับโรงงานการใช้พลังงานในอาคารบ้านเรือนฯลฯล้วนต้องมีการลงทุนด้านเทคโนโลยีการผลิตและการบริโภคพลังงานไฟฟ้าพลังงานจากน้ำมันเพื่อการผลิตและการขนส่งและในที่สุดจะนำไปสู่สังคมเศรษฐกิจที่มีการบริโภคที่พอเพียงและมีการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมปล่อยคาร์บอนต่ำ |

ที่มา: สรุปจาก สศช., 2553

อีกตัวอย่างหนึ่งคือ โครงการการจัดทำประเด็นวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ (Strategic Research Issues, SRI) เรื่อง “การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อม”(สุจริตและคณะ, 2558) โดยในการศึกษาครั้งนี้ มีการระดมความคิดเห็นของภาพอนาคตและช่องว่างเชิงนโยบายในปัจจุบันต่อทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยและต่อความมั่นคงด้านทรัพยากรน้ำ อาหาร และพลังงาน

ภาพทิศทางอนาคตการพัฒนาของประเทศไทยในอนาคตควรพิจารณาในรูปแบบภาพฉาย (scenario) คือพิจารณาเป็นภาพฉายที่มีโอกาสที่จะเกิดในอนาคตในแง่มุมมองที่แตกต่างกัน ในการระดมความคิดเห็นครั้งนี้ ได้มีการเสนอ 3scenario และมีการเสนอประเด็นการวิจัยด้านน้ำที่จำเป็นต้องมีภายใต้การเชื่อมโยงหลายมิติ (การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การใช้ที่ดิน การจัดการสิ่งแวดล้อมและการบริหารจัดการ) โดยสภาพทั่วไปและปัญหาของแต่ละภาพฉายเป็นดังนี้

**ตารางที่ 27** ภาพฉายของอนาคตการพัฒนาของประเทศไทยในคือ โครงการการจัดทำประเด็นวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ (Strategic Research Issues, SRI) เรื่อง “การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อม”

| ภาพฉาย | สภาพทั่วไปและปัญหา |
|---|---|
| Scenario 1 ภาพฉายของประเทศไทยแบบพัฒนาแบบอดีต (BAU) | - ภายใต้ Millennium Development Goals ไทยต้องมีการพัฒนาเศรษฐกิจ คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม<br>- Feedstock พลังงานจะหมดไปภายในอีก 10 ปีทำให้ประเทศไทยต้องมีการพัฒนาพลังงานทางเลือก<br>- หลังจากการเปิด AEC จะเกิดการถ่ายเทสินค้า บริการ และแรงงานกับต่างประเทศเพื่อนบ้าน<br>- อุตสาหรรมขนาดเล็กและกลางเป็นเป้าหมายหลักในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย<br>- ภาคเกษตรและอุตสาหกรรมด้านอาหารจะมีการเติบโตมากขึ้น<br>- การท่องเที่ยวยังมีความสำคัญแต่มีความไม่แน่นอนจากการเมือง |
| Scenario 2 ภาพฉายของประเทศไทยที่วิกฤตในอนาคต | - Feedstock พลังงานจะหมดไปภายในอีก 10 ปีแต่ประเทศไทยไม่ได้มีการพัฒนาพลังงานทางเลือก<br>- จากราคาพลังงานที่สูงขึ้น ต้นทุนการผลิตจะมีราคาสูงขึ้น ความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมจะลดลง<br>- อุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางมีปัญหาในการดำเนินธุรกิจ อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ |

| | |
|---|---|
| | ย้ายฐานการผลิต<br>- ภาคเกษตรมีต้นทุนสูงจากปุ๋ยและสารเคมี<br>- ด้านส่งออกมีปัญหาจากราคาผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้น มีความลำบากในการแข่งขันในตลาดโลก<br>- การท่องเที่ยวมีปัญหาจากสิ่งแวดล้อมที่เสื่อมโทรม<br>- ประชาชนไม่มีความตระหนัก และมีพฤติกรรมการบริโภคที่เห็นแก่ตัว |
| Scenario 3 ประเทศไทยแบบลงทุนโครงการขนาดใหญ่ (BAU+Mega project: 60ล้านไร่ น้ำ รถไฟ) | - Feedstock พลังงานจะหมดไปภายในอีก 10 ปีแต่ประเทศไทยมีการพัฒนาพลังงานทางเลือกเพื่อรับมือกับปัญหาความมั่นคงทางพลังงานในอนาคต<br>- การลงทุนรางทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงและสินค้าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น<br>- อุตสาหกรรมทุกระดับทั้งขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ มีความสามารถในการแข่งขัน<br>- ภาคเกษตรและอุตสาหกรรมจะเติบโตมากขึ้น มีการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสมระหว่างพืชพลังงาน และพืชอาหาร<br>- สิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้นส่งผลให้การท่องเที่ยวดีขึ้น<br>- ประชาชนมีความตระหนัก ความรู้ความเข้าใจในการพัฒนาสีเขียว |

ที่มา: ปรับปรุงและสรุปจากสุจริตและคณะ, 2558

ผลจากการประชุมและรวบรวมประเด็น ข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละภาคส่วนสามารถสรุปประเด็นและจัดหมวดหมู่ได้ดังนี้

**ตารางที่ 28** ประเด็นหลักสำคัญในทุกภาพฉาย

| ที่ | ประเด็นหลักที่มีความสำคัญในทุก scenario | หมวดหมู่ |
|---|---|---|
| 1 | พลังงานชีวภาพ | พลังงาน |
| 2 | พัฒนา สนับสนุน Bio-based technology | |
| 3 | การประเมินศักยภาพของทรัพยากรไทย | น้ำ, ทรัพยากรธรรมชาติ |
| 4 | Demand side management | |
| 5 | Zoning | เกษตร, เมือง,การใช้ที่ดิน |
| 6 | กลไกรับมือกับความไม่แน่นอน | ภัยธรรมชาติ,climate change |
| 7 | สร้างกลไก กลยุทธ์การสื่อสารกับคนให้ดี | คน, สังคม, การสื่อสาร |

จะเห็นได้ว่าประเด็นหลักส่วนใหญ่จะอยู่ในหมวดหมู่ที่ได้รับความสนใจและมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจสังคม ค่อนข้างสูง สำหรับกระบวนการ วิธีการ ที่จะนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ในแต่ละประเด็นหลักข้างต้นนั้น ผู้เข้าร่วมประชุมได้มีความเห็นไปในทิศทางเดียวกันและสามารถสรุปได้ 3 เรื่อง ดังต่อไปนี้

- การประเมินศักยภาพ ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาแบบจำลองด้านกายภาพที่มีความละเอียดเพียงพอต่อการวางแผนและจัดการในมิติต่างๆ
- การจัดสรรทรัพยากร โดยเฉพาะการพัฒนาเกณฑ์การจัดสรรทรัพยากรน้ำเพื่อรองรับการพัฒนาและภายใต้ความมั่นคงด้านต่างๆ
- การพัฒนาเครื่องมือการจัดการทรัพยากรน้ำรองรับ

<u>สรุปการใช้การคาดการณ์การพัฒนาในอนาคตของต่างประเทศและในประเทศไทย</u>

จากตัวอย่างการคาดการณ์การพัฒนาในอนาคตของต่างประเทศและในประเทศไทยสามารถสรุปได้ว่า การออกแบบภาพฉายในอนาคตสามารถทำได้โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์เป็นหลัก เช่น ภาพฉายของเศรษฐกิจ หรือสังคม หรือกายภาพ หรือทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามภาพฉายที่ดีควรพิจารณาถึงองค์รวมทั้งหมด อีกหนึ่งประเด็นที่สำคัญคือ หนึ่งในวิธีการจัดทำภาพฉายที่มีมิติของพื้นที่ในการทำภาพฉายคือ การเริ่มจากภาพใหญ่ของระดับมหภาคลงไปสู่ระดับท้องถิ่นเพื่อดูถึงปัจจัยภายนอกและปัจจัยสนับสนุน ควบคู่กับภาพฉายในพื้นที่

ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการกำหนดการการคาดการณ์การพัฒนาในอนาคตโดยใช้ภาพฉาย (Scenario) ภายใต้แนวคิด เงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆประกอบด้วย

(1) ในการพิจารณาภาพฉายนั้น จะพิจารณา 2 รูปแบบคือ 1การประมาณเชิงปริมาณ (Quantitativeestimation) ได้แก่ ด้านประชากรและด้านเศรษฐกิจ และ 2 การประมาณเชิงคุณภาพ (qualitative estimation)ไดแก่ ด้านสังคม ความขัดแย้ง เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และการปกครอง โดยในเฟสนี้จะเป็นการพิจารณาเชิงคุณภาพเป็นหลัก โดยใช้แนวคิดภาพฉาย(Scenario) ในโครงการการจัดทำประเด็นวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ (Strategic Research Issues, SRI) เรื่อง “การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อม” สำหรับการประมาณเชิงปริมาณนั้นจะใช้แนวคิดและการคำนวณจากภาพฉาย(Scenario) ในโครงการจัดทำแผนแม่บทรองรับการ

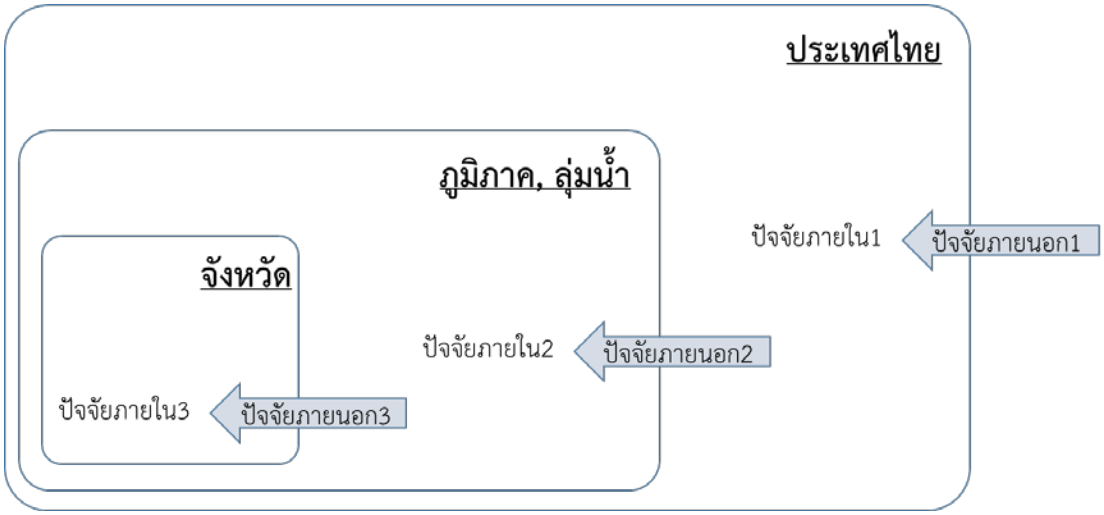
เปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศของโลก การผันผวนของราคาพลังงาน และวิกฤตอาหารของโลก

(2) การพิจารณาจะเริ่มจากภาพฉายของประเทศไทยและนำการปรับไปสู่ภาพฉายของลุ่มน้ำน่าน โดยการพิจารณาปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในในพื้นที่ ดังนั้นมิติในการมองจะเริ่มจากระดับประเทศ ระดับภาค และระดับจังหวัดควบคู่กัน ดังแสดงในรูปและตาราง

(3) ลุ่มน้ำน่านมีขนาดเศรษฐกิจเล็กเมื่อเทียบกับประเทศไทย การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกเป็นหลัก อย่างไรก็ตามมีกิจกรรมทางเศรษฐกิจและบริการบางประเภทที่เป็นจุดเด่นของพื้นที่นี้

(4) เนื่องจากปัจจัยภายนอกเป็นแรงผลักที่สำคัญ ทำให้การกำหนดภายฉายในขั้นตอนจะยังไม่พิจารณาข้อจำกัดทางกายภาพ ยกตัวอย่างเช่น นโยบายด้านราคาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทำให้เกิดพื้นที่ปลูกใหม่ถึงแม้ว่าจะมีข้อจำกัดด้านพื้นที่กายภาพแต่เกษตรกรแก้ปัญหาโดยการบุกรุกพื้นที่ป่าแทน

(5) ภาคส่วนเศรษฐกิจต่างๆจะถูกพิจารณาตามสัดส่วนที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันและการคาดการณ์การเจริญเติบโตในอนาคต




**รูปที่** 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาในระดับต่างๆ

**ตารางที่ 29** แสดงกรอบของมิติการพัฒนาในระดับต่างๆ

| กรอบของมิติการพัฒนา | ข้อมูล |
|---|---|
| ระดับประเทศ | 1. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11<br>2. ภาพฉาย(Scenario) ในโครงการจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศของโลก การผันผวนของราคาพลังงาน และวิกฤตอาหารของโลก<br>3. ภาพฉาย(Scenario) ในโครงการการจัดทำประเด็นวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ (Strategic Research Issues, SRI) เรื่อง “การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อม” |
| ระดับภาค | - กรอบยุทธศาสตร์การพัฒนาภาคโดย สศช.<br>- ผังภาคเหนือปี 2600<br>- สรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)ยุทธศาสตร์การพัฒนากลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนตอนบน 2โดยสภาหอการค้าแห่งประเทศไทย |
| ระดับจังหวัด | - แผนยุทธศาสตร์จังหวัด<br>- ผังเมืองรวมจังหวัดน่าน |

<u>สรุปประเด็นในระดับประเทศ</u>

ประเทศไทยต้องเผชิญกับความไม่แน่นอนในอนาคต ทั้งเรื่องเศรษฐกิจจากความผันผวนของตลาดโลก เรื่องสังคมซึ่งสัมพันธ์ถึงความไม่มั่นคงทางการเมือง เรื่องสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวพันกับมลภาวะด้านต่างๆ และเรื่องกายภาพด้านทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ น้ำ ดิน อีกทั้งยังมีความผันผวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคต ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อที่ผ่านมา

<u>สรุปประเด็นในระดับภาค</u>

ด้านเศรษฐกิจ: ภาคเหนือมีเศรษฐกิจภาคเหนือมีขนาดเล็กที่สุดของประเทศ,มีการเจริญเติบโตดีขึ้นแต่อัตราขยายตัวต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ, โครงสร้างการผลิตของภาคเหนือมีความหลากหลายทั้งภาคอุตสาหกรรมภาคเกษตรและภาคการค้าในสัดส่วนใกล้เคียงกันแต่มีแนวโน้มเปลี่ยนสู่ภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น, ภาคเกษตรกรรมกำลังเผชิญปัญหาข้อจำกัดของปัจจัยการผลิต, อุตสาหกรรมของภาคเหนือเติบโตอย่างรวดเร็วมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของภาคมากขึ้น โดยมีนิคมอุตสาหกรรมลำพูนเป็นฐานการผลิตหลัก การค้าชายแดนมีศักยภาพและขยายตัวสูงรายได้จากการท่องเที่ยวมีแนวโน้มไม่แน่นอน

ด้านสังคม: ภาคเหนือกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออัตราส่วนภาระพึ่งพิงเพิ่มสูงขึ้น, ภาคเหนือประสบกับข้อจำกัดด้านแรงงานทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ, ประชากรภาคเหนือได้รับการศึกษามากขึ้น, ประชากรภาคเหนือมีภาวการณ์เจ็บป่วยสูงเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ เช่นโรคทางเดินหายใจ การเจ็บป่วยจากสารเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชสูงสุดโดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง, ครอบครัวสถาบันครอบครัวลดความเข้มแข็ง

สถานะด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: ทรัพยากรดินของภาคเหนือเสื่อมโทรมอย่างต่อเนื่อง, ภาคเหนือมีลุ่มน้ำสำคัญ 5 ลุ่มน้ำ, คือลุ่มน้ำปิงวังยมน่านและป่าสักรวมปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อปี 22,023 ล้านลบ.ม. แต่สามารถกักเก็บได้เพียง 12,800 ล้านลบ.ม. คิดเป็นร้อยละ 38.27 ทั้งนี้โดยเฉพาะลุ่มน้ำยมเก็บกักได้น้อยมากเพียงร้อยละ 5.23 เนื่องจากไม่มีเขื่อนขนาดใหญ่ส่วนลุ่มน้ำวังมีเพียงเขื่อนกิ่วลมซึ่งสามารถเก็บกักน้ำได้เพียงร้อยละ 8.40 ของปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำเท่านั้น, ทรัพยากรป่าไม้ป่าไม้ของภาคเหนือโดยภาพรวมลดลง, ขยะมูลฝอยของภาคเหนือยังเป็นปัญหาอยู่โดยเฉพาะในเมืองท่องเที่ยว, ภาคเหนือมีปัญหามลพิษและฝุ่นขนาดเล็กเกินมาตรฐานอย่างรุนแรง, ภาคเหนือประสบภัยธรรมชาติบ่อยครั้งและรุนแรงมากขึ้นจากอุทกภัยและดินโคลนถล่มก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินในพื้นที่ลาดชัน

บริบทการเปลี่ยนแปลง

ภาคเหนือต้องเผชิญกับบริบทการเปลี่ยนแปลงของโลกในหลายด้านซึ่งกระทบทั้งที่เป็นโอกาสและข้อจำกัดในการพัฒนาอย่างมากซึ่งการพัฒนาในระยะต่อไปควรเตรียมความพร้อมและรู้จักนำศักยภาพที่มีอยู่มาปรับใช้ประโยชน์โดยแนวโน้มของบริบทการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญมี 5 บริบทคือ

(1) การรวมตัวของกลุ่มเศรษฐกิจ

(2) การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี

(3) การเปลี่ยนแปลงทางสังคม

(4) การเคลื่อนย้ายของคนอย่างเสรี

(5) การเปลี่ยนแปลงด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

<u>สรุปประเด็นในระดับจังหวัดของลุ่มน้ำน่าน</u>

จากแผนพัฒนาจังหวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านในปี พ.ศ.2557-2560 (จังหวัดพิษณุโลก, จังหวัดพิจิตร, จังหวัดอุตรดิตถ์) และ 2558-2561 (จังหวัดน่าน) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 30

**ตารางที่ 30** สรุปแผนพัฒนาจังหวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน

| | จังหวัดพิษณุโลก | จังหวัดพิจิตร | จังหวัดอุตรดิตถ์ | จังหวัดน่าน |
|---|---|---|---|---|
| วิสัยทัศน์ | เมืองบริการเศรษฐกิจและสังคมสี่แยกอินโดจีน | แหล่งผลิตข้าวคุณภาพ สินค้าเกษตรปลอดภัยได้มาตรฐาน ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดี พร้อมก้าวสู่ประชาคมอาเซียน | เมืองแห่งคุณภาพชีวิตผลผลิตปลอดภัย สืบสานวัฒนธรรมไทย ก้าวไกลสัมพันธ์เพื่อนบ้านยั่งยืน | เมืองแห่งความสุข ธรรมชาติสมบูรณ์ แหล่งท่องเที่ยวหลากหลาย พร้อมมุ่งสู่ประชาคมอาเซียน |
| ประเด็นยุทธศาสตร์ | 1. ศูนย์กลางการบริการการค้าโลจิสติกส์และการขนส่ง<br>2. พัฒนากระบวนการผลิตการตลาดและการบริหารจัดการสินค้าเกษตรเชิงคุณภาพ<br>3. ส่งเสริมการดำเนินงานด้านการท่องเที่ยวศิลปวัฒนธรรมกีฬาและนันทนาการ<br>4. ศูนย์กลางด้านการศึกษาการบริการทางวิชาการด้านสุขภาพและ ICT<br>5. อนุรักษ์ฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติสิ่งแวดล้อมและแหล่งน้ำอย่างยั่งยืน<br>6. ส่งเสริมความเข้มแข็งทางสังคมและความมั่นคงตามหลักการบริหารจัดการบ้านเมืองที่ดี | 1. บริหารจัดการน้ำ อนุรักษ์ ฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม<br>2. เพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันภาคการเกษตร สินค้าข้าวแบบพึ่งพาตนเอง และการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์<br>3. พัฒนาสังคมและคุณภาพชีวิตตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง<br>4. พัฒนาองค์กรและบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี<br>5. สร้างความพร้อมของจังหวัดเข้าสู่ประชาคมอาเซียน<br>6. การรักษาความมั่นคง ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน | 1. เสริมสร้างบ้านเมืองน่าอยู่ คุณภาพชีวิตที่ดีมีความรู้คู่คุณธรรม มีความมั่นคงทางอาหาร มีรายได้อาชีพที่เหมาะสม<br>2. พัฒนาภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การแปรรูป และผลิตภัณฑ์ OTOP ให้มีคุณภาพปลอดภัยและมีความมั่นคงทางอาหาร<br>3. พัฒนาทุนทางวัฒนธรรม ประวัติศาสตร์ และการท่องเที่ยว<br>4. ดำรงไว้ซึ่งทรัพยากรธรรมชาติที่สมบูรณ์พัฒนาแหล่งน้ำ การจัดการสิ่งแวดล้อมและพลังงานที่ดี<br>5. เพิ่มศักยภาพการค้าการลงทุน การท่องเที่ยวและความสัมพันธ์กับประเทศเพื่อนบ้าน | 1. บริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยการมีส่วนร่วมของภาคประชาสังคม<br>2. พัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพเศรษฐกิจการค้า การลงทุนและการท่องเที่ยว ตลอดจนพัฒนาทรัพยากรการผลิตทางการเกษตรอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน<br>3. พัฒนาและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตของประชาชนให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตชุมชนตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง<br>4. เสริมสร้างความสัมพันธ์ชายแดนตลอดจนวางระบบบริหารจัดการเพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน |

ที่มา: www.phitsanulok.go.th;www.phichit.go.th; www.uttaradit.go.th; www.nan.go.th

จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของภาพฉายในอนาคตในระดับต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

**ตารางที่ 31** การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของภาพฉายในอนาคตของประเทศไทย

| | ด้านเศรษฐกิจ | ด้านสังคม | ด้านสิ่งแวดล้อม | ด้านกายภาพ |
|---|---|---|---|---|
| 1. ภาพฉายของประเทศไทยแบบพัฒนาแบบอดีต (BAU) ภายใต้ Millennium Development Goals | - มีการพัฒนาเศรษฐกิจ<br>- หลังจากการเปิด AEC จะเกิดการถ่ายเทสินค้า บริการ และแรงงานกับต่างประเทศเพื่อนบ้าน<br>- อุตสาหรรมขนาดเล็กและกลางเป็นเป้าหมายหลักในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย<br>- ภาคเกษตรและอุตสาหกรรมด้านอาหารจะมีการเติบโตมากขึ้น<br>- การท่องเที่ยวยังมีความสำคัญแต่มีความไม่แน่นอนจากการเมือง | - คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น | - เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม | - Feedstock พลังงานจะหมดไปภายในอีก 10 ปีทำให้ประเทศไทยต้องมีการพัฒนาพลังงานทางเลือก |
| 2 ภาพฉายของประเทศไทยที่วิกฤตในอนาคต | - จากราคาพลังงานที่สูงขึ้น ต้นทุนการผลิตจะมีราคาสูงขึ้น ความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมจะลดลง<br>- อุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางมีปัญหาในการดำเนินธุรกิจ อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ย้ายฐานการผลิต<br>- ภาคเกษตรมีต้นทุนสูงจากปุ๋ยและสารเคมี<br>- ด้านส่งออกมีปัญหาจากราคาผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้น มีความลำบากในการแข่งขันในตลาดโลก<br>- การท่องเที่ยวมีปัญหา | - ประชาชนไม่มีความตระหนัก และมีพฤติกรรมการบริโภคที่เห็นแก่ตัว | - สิ่งแวดล้อมที่เสื่อมโทรม | - Feedstock พลังงานจะหมดไปภายในอีก 10 ปีแต่ประเทศไทยไม่ได้มีการพัฒนาพลังงานทางเลือก |
| 3 ประเทศไทยแบบลงทุนโครงการ | - การลงทุนรางทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงและ | - ประชาชนมีความตระหนัก ความรู้ความ | - มีสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น | - Feedstock พลังงานจะหมดไปภายในอีก 10 ปีแต่ประเทศไทย |

| | ด้านเศรษฐกิจ | ด้านสังคม | ด้านสิ่งแวดล้อม | ด้านกายภาพ |
|---|---|---|---|---|
| ขนาดใหญ่ (BAU+Mega project: 60ล้านไร่ น้ำ รถไฟ) | สินค้าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น<br>- อุตสาหกรรมทุกระดับทั้งขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ มีความสามารถในการแข่งขัน<br>- ภาคเกษตรและอุตสาหกรรมจะเติบโตมากขึ้น มีการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสมระหว่างพืชพลังงาน และพืชอาหาร<br>- สิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้นส่งผลให้การท่องเที่ยวดีขึ้น | เข้าใจในการพัฒนาสีเขียว | | มีการพัฒนาพลังงานทางเลือกเพื่อรับมือกับปัญหาความมั่นคงทางพลังงานในอนาคต |

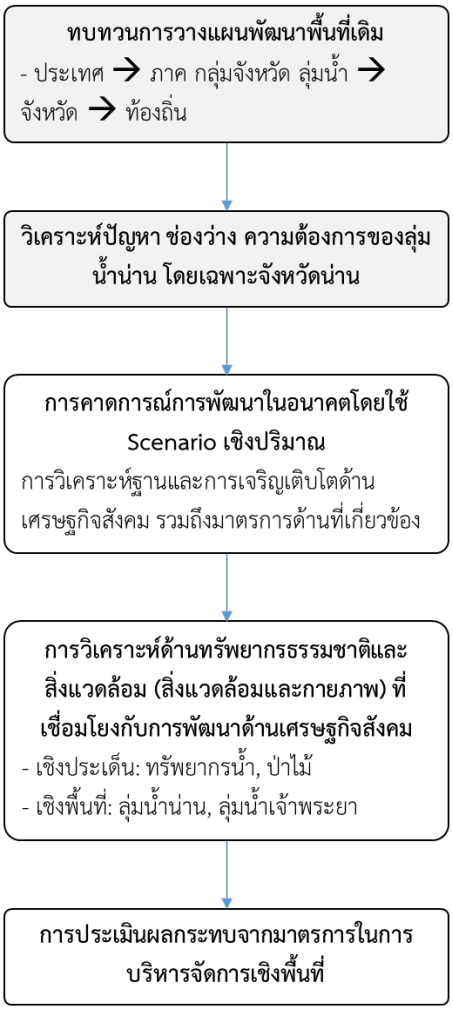
**ตารางที่ 32** ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อภูมิภาค ลุ่มน้ำ และกลุ่มจังหวัดที่เกี่ยวข้องกับลุ่มน้ำน่าน

| ด้าน | ปัจจัยภายใน | ปัจจัยภายนอก |
|---|---|---|
| ด้านเศรษฐกิจ | - ภาคเหนือมีเศรษฐกิจภาคเหนือมีขนาดเล็กที่สุดของประเทศ<br>- มีการเจริญเติบโตดีขึ้นแต่อัตราขยายตัวต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ<br>- โครงสร้างการผลิตของภาคเหนือมีความหลากหลายทั้งภาคอุตสาหกรรมภาคเกษตรและภาคการค้าในสัดส่วนใกล้เคียงกันแต่มีแนวโน้มเปลี่ยนสู่ภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น<br>- ภาคเกษตรกรรมกำลังเผชิญปัญหาข้อจำกัดของปัจจัยการผลิต,<br>- อุตสาหกรรมของภาคเหนือเติบโตอย่างรวดเร็วมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของภาคมากขึ้น (ลำพูน) เป็นฐานการผลิตหลัก | - ภาคเหนือมีความพร้อมต่อการพัฒนาเป็นฐานเชื่อมโยงด้านการค้าและบริการกับนานาชาติและกลุ่มประเทศในอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขงตามแนว North-South Economic Corridor (จีนตอนใต้พม่าลาวไทย) โดยมีโครงข่ายคมนาคมทางบกและทางลำน้ำโขงจากจีนสู่เชียงรายพะเยาลำปางพิษณุโลกนครสวรรค์และ East-West Economic Corridor (เวียดนามลาวไทยพม่า) โดยมีถนนเชื่อมจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือสู่พื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่างกลุ่ม 1 พิษณุโลกสุโขทัยและตากที่อำเภอแม่สอดชายแดนไทย-พม่าซึ่งสามารถเชื่อมโยงสู่กลุ่มประเทศในชมพูทวีป<br>- การรวมกลุ่มเศรษฐกิจในภูมิภาคต่างๆของโลกที่ส่งผลกระทบโดยตรงกับภาคเหนือได้แก่การพัฒนากลุ่มประเทศใน GMS และ BIMSTEC รวมทั้งข้อตกลง ACMECS<br>- ข้อตกลงการค้า FTA ไทย-จีนส่งผลกระทบต่อภาคเหนืออย่างชัดเจน<br>- แรงจูงใจด้านราคาพืชผลและความต้องการพืชพลังงานรวมทั้งนโยบายของรัฐที่สนับสนุนในด้านการพัฒนาเกษตรและอุตสาหกรรมแปรรูปการเกษตรส่งผลให้การพัฒนาสินค้าเกษตรที่เป็นพืชเศรษฐกิจของภาคเหนือและอุตสาหกรรมแปรรูปเกษตรมีแนวโน้มขยายตัวสูง<br>- ราคาพืชอาหารและพืชพลังงานที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเป็นแรงจูงใจให้ภาคเกษตรของไทยและภาคเหนือขยายการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดโลกมากขึ้น<br>- การค้าชายแดนมีศักยภาพและขยายตัวสูง รายได้จากการท่องเที่ยวมีแนวโน้มไม่แน่นอน<br>- การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีแนวโน้มการพัฒนา ICT และเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ต่างๆจะเป็นโอกาสในการพัฒนาสินค้าเกษตรจากวัตถุดิบของภาคให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น |
| ด้านสังคม | - ภาคเหนือกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออัตราส่วนภาระพึ่งพิงเพิ่มสูงขึ้น<br>- ภาคเหนือประสบกับข้อจำกัดด้านแรงงานทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ<br>- ประชากรภาคเหนือได้รับการศึกษามากขึ้น<br>- ประชากรภาคเหนือมีภาวการณ์เจ็บป่วยสูงเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ เช่นโรคทางเดินหายใจ การ | - การเคลื่อนย้ายของคนอย่างเสรีจากแนวโน้มการเคลื่อนย้ายแรงงานที่มีฝีมือและทักษะไปสู่ประเทศที่มีผลตอบแทนสูงกว่าและการอพยพแรงงานสู่สังคมเมืองประกอบกับการรวมตัวของกลุ่มเศรษฐกิจส่งเสริมให้มีการเคลื่อนย้ายแรงงานและผู้ประกอบการเพื่อไปทำงานในต่างประเทศได้สะดวกขึ้นจึงเป็นการสนับสนุนการเคลื่อนย้ายแรงงานโดยเสรีทั้งในด้านแรงงานที่มีคุณภาพในท้องถิ่นที่จะเคลื่อนย้ายออกไปและแรงงานต่างชาติจะเดินทางเข้ามาทำงานในภาคเหนือมากขึ้นรวมทั้งกลุ่มแรงงานจากประเทศเพื่อนบ้าน<br>- การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างไรก็ตามจำเป็นอย่างยิ่งที่ภาคเหนือจะต้องให้ความสำคัญกับการวิจัยและพัฒนาการสร้างองค์ความรู้สร้างความเชื่อมโยงเทคโนโลยีกับวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อสร้างคุณค่า |

| ด้าน | ปัจจัยภายใน | ปัจจัยภายนอก |
|---|---|---|
| | เจ็บป่วยจากสารเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชสูงสุดโดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง<br>- ครอบครัวสถาบันครอบครัวลดความเข้มแข็ง | เพิ่มให้กับสินค้าและบริการรวมทั้งการพัฒนาบุคลากรระดับ Knowledge worker และการปรับตัวของธุรกิจให้ทันการเปลี่ยนแปลงเช่น E-commerce และ E-tourism<br>- การบริโภคของตลาดโลกมีแนวโน้มกระแสความนิยมสินค้าตะวันออกมากขึ้นและให้ความสำคัญกับการดูแลรักษาสุขภาพทำให้ความต้องการอาหารปลอดภัยจากสารพิษเพิ่มมาก |
| ด้านสิ่งแวดล้อม | - ขยะมูลฝอยของภาคเหนือยังเป็นปัญหาอยู่โดยเฉพาะในเมืองท่องเที่ยว<br>- ภาคเหนือมีปัญหามลพิษและฝุ่นขนาดเล็กเกินมาตรฐานอย่างรุนแรง | - ปัญหาจากการใช้สารเคมี/ยาฆ่าแมลงในการเกษตรเพิ่มมากขึ้นขยะและสิ่งปฏิกูลมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น |
| ด้านกายภาพ | - ภาคเหนือมีลุ่มน้ำสำคัญ 5 ลุ่มน้ำแต่สามารถกักเก็บได้เพียงร้อยละ 38.27<br>- ทรัพยากรป่าไม้ป่าไม้ของภาคเหนือโดยภาพรวมลดลง<br>- ทรัพยากรดินของภาคเหนือเสื่อมโทรมอย่างต่อเนื่อง<br>- ภาคเหนือประสบภัยธรรมชาติบ่อยครั้งและรุนแรงมากขึ้นจากอุทกภัยและดินโคลนถล่มก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินในพื้นที่ลาดชัน | - แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะปัญหาโลกร้อนจะทำให้เกิดภาวะภัยแล้งและน้ำท่วมซ้ำซากรุนแรงขึ้นเกิดสภาพอากาศแปรปรวนมากขึ้นนอกจากนี้ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติดินน้ำป่าไม้ยังคงเป็นปัญหาสำคัญ<br>- |

## 5. ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาจะประกอบด้วย การวิเคราะห์เชิงปริมาณของการคาดการณ์การพัฒนาในอนาคตด้านต่างๆ ของแต่ละภาพฉายในแต่ละระดับ, การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และด้านกายภาพ และการประเมินผลจากมาตรการต่างทั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านและพื้นที่อื่นๆ




**รูปที่** 12 ขั้นตอนการวิจัย

## 6. เอกสารอ้างอิง


สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เฉลิมศรี (2557), การศึกษามาตรการสร้างแรงจูงใจเพื่อลดการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ลาดชัน: กรณีศึกษาจังหวัดน่าน, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว), กรุงเทพ.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2550), โครงการเสริมสมรรถนะการวิเคราะห์วางแผนพื้นที่และประสานเชื่อมโยงการการจัดการเชิงพื้นที่ทุกระดับ, กรุงเทพ.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2553), โครงการจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศของโลก การผันผวนของราคาพลังงาน และวิกฤตอาหารของโลก, กรุงเทพ.

สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ (2554), โครงการการศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว), กรุงเทพ.

สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ (2554), โครงการการศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์(การจำลองการบริหารจัดการน้ำเพื่อข้อเสนอเชิงกลยุทธ์), สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว), กรุงเทพ.

อำนาจวงศ์บัณฑิต(2539), โครงการศึกษาวิจัยรูปแบบองค์กรบริหารการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศไทย, สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพ.

American Planning Association (2006) Planning and Urban Design Standards. New Jersey: John Wiley & Sons, inc., pp.91-92.

สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ (2558),โครงการการจัดทำประเด็นวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ (Strategic Research Issues, SRI) เรื่อง “การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ น้ำ ที่ดิน และการจัดการสิ่งแวดล้อม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว), กรุงเทพ.

The Rockefeller Foundation and Global Business Network, 2010, Scenariosfor the Future of Technology and International Development, http://www.rockefellerfoundation.org/-uploads/files/bba493f7-cc97-4da3-add6-3deb007cc719.pdf(Accessed: March 5, 2015)

TERI (2009): Impacts of Relatively Severe Climate Change in North India. Project Report No. 2008GW09.New Delhi: The Energy and Resources Institute, November 2009.

Kriegler, E., B. C. O'Neill, S. Hallegatte, T. Kram, R. Lempert, R. H. Moss, T. J. Wilbanks, 2010,Socio-economic Scenario Development for Climate Change Analysis, CIRED Working PaperDT/WP No 2010-23, October 2010.

Gallopin, G., Hammond, A., Raskin, P., Swart, R. (1997): Branch Points: Global Scenarios and HumanChoice. PoleStar Series Report, 7. Stockholm: Stockholm Environment Institute.

Ecosystems and Human Well-being: Chapter 8 Four Scenarios, http://www.millenniumassessment.org/documents/document.332.aspx.pdf, (last accessed March 7, 2015).

คณะมนตรีคณะกรรมาธิการแม่น้ำโขง (2554), ยุทธศาสตร์การพัฒนาบนพื้นฐานการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการสำหรับลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง, ลาว.

จังหวัดพิษณุโลก (2558), ยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดพิษณุโลก, www.phitsanulok.go.th, (last accessed March 7, 2015).

จังหวัดพิจิตร (2558), ยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดพิจิตร, www.phichit.go.th, (last accessed March 7, 2015).

จังหวัดอุตรดิตถ์ (2558), ยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดอุตรดิตถ์, www.uttaradit.go.th, (last accessed March 7, 2015).

จังหวัดน่าน (2558), ยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดน่าน, www.nan.go.th, (last accessed March 7, 2015).

**ภาคผนวก ฏ**

**หัวข้อคู่มือการวางแผนบริหารลุ่มน้ำ จังหวัด ชุมชน**

หลักการ“หลักสูตรและคู่มือ” การบริหารจัดการน้ำระดับชุมชน และระดับจังหวัด ควรจะมีการระบุ “แนวคิดหลัก หรือ เงื่อนไขสำคัญ” ของการบริหารจัดการน้ำ ได้แก่ หลักความรับผิดชอบร่วมกันและระดับแตกต่างกัน (common but differentiated responsibility: CBDR) หลักความเป็นเจ้าของร่วมกัน (common property) หลักป้องกันปัญหาโศกนาฏกรรมทรัพยากรร่วม (Tragedy of the Common) และ หลักการคุ้มครองสิทธิและความเป็นธรรมให้แก่อนุชนรุ่นหลัง (inter-generational equity) โดยหลักการเหล่านี้ควรจะระบุในปรัชญาของหลักสูตรหรือคู่มือการบริหารจัดการน้ำเชิงยุทธศาสตร์ เพื่อจักได้เชื่อมโยงชุมชนที่อยู่ในลุ่มน้ำเดียวกัน จำเป็นต้องให้แต่ละระดับจัดทำแผนบริหารน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลและจัดทำโครงการที่เชื่อมโยง และบูรณการ กันได้ต่อไป ในที่นี้จะเสนอสารบัญของคู่มือการวางแผนน้ำระดับลุ่มน้ำ จังหวัด และ ชุมชน เป็นตัวอย่าง

ก) <u>สารบัญคู่มือการวางแผนการบริหารน้ำระดับลุ่มน้ำ</u>

(ทั้งระดับลุ่มน้ำ และระดับจังหวัดควรพิจารณาตามลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำ)

1) สถานะและปัญหาของทรัพยากรน้ำ

1.1 ปริมาณฝนและการกระจาย

1.2 ปริมาณน้ำท่าและการกระจาย

1.3 ความต้องการน้ำในด้านต่างๆ ที่ผ่านมา (จากอดีต 10 ปี มาก เฉลี่ย น้อย ปีไหน)

1.4 การใช้น้ำในปัจจุบันในด้านต่างๆ (จากอดีต 10 ปี มาก เฉลี่ย น้อย ปีไหน)

1.5 ประวัติ อุทกภัย น้ำแล้ง น้ำเสีย (บริเวณไหน ระดับท่วม เวลาท่วม)

1.6 แนวโน้ม อุณหภูมิ ฝน น้ำท่าในอนาคต

1.7 ข้อสังเกตต่างๆ (ลักษณะเฉพาะของพื้นที่)

2) ด้านความต้องการ

2.1 การเติบโตและแนวโน้มของเมือง ธุรกิจ ที่ผ่านมา (พื้นที่ ปีไหน)

2.2 แนวโน้มของการเติบโต (ปรกติ พิเศษ) (อาจเป็นอนาคตภาพ) หรือแผนพัฒนาพื้นที่ แผนการใช้ที่ดิน

2.3 ความต้องการใช้น้ำในอนาคตในด้านต่างๆ (ในอนาคตภาพต่างๆ)

2.4 ความสามารถในการปรับเพิ่ม ลด การใช้น้ำ ของภาคส่วนต่างๆ (ที่ผ่านมา และในอนาคต)

2.5 มูลค่าผลผลิต ที่ได้จากน้ำ (ทั้งเชิงเศรษฐกิจและสังคม)

3) ด้านการจัดหา

3.1 โครงการพัฒนาแหล่งน้ำที่ผ่านมา (ระดับลุ่มน้ำ จังหวัด ชุมชน)
(ตำแหน่ง ขนาด ความสามารถเก็บกัก การจ่ายน้ำ และการลงทุน ผิวดิน ใต้ดิน พื้นที่กักน้ำ สาธารณะ)

3.2 อาคาร หรือโครงการที่ใช้ในช่วงวิกฤติ

3.3 ปัญหาและอุปสรรคในการจัดหาที่ผ่านมา

3.4 แผนงานในอนาคต (ทางเลือก และโครงการ ต่างๆ) พร้อมมูลค่าโดยประมาณ ผลที่คาดว่าจะได้ ทั้งเชิงยุทธศาสตร์และงานประจำ

4) ด้านการบริหาร (เป้าหมายและกลยุทธที่ใช้ บนหลักการ)

4.1 ผู้ดูแลด้านการบริหารน้ำในพื้นที่ (แบ่งงานอย่างไร ในพื้นที่) รวมผังน้ำและ สถานีควบคุมน้ำที่ใช้

4.2 เกณฑ์การจัดสรรน้ำ (ในพื้นที่ ข้ามพื้นที่ ข้ามลุ่มน้ำ ที่ผ่านมา ตามปี น้ำแบบต่างๆ) รวมทั้งกติกาต่างๆ ที่มี

4.3 การปล่อยน้ำหรือเก็บกักน้ำในช่วงวิกฤติ

4.4 กลไกที่ใช้ควบคุมให้เป็นไปตามเกณฑ์ (รวมการแก้ไข เมื่อมีปัญหา รวมเรื่องร้องทุกข์ไกล่เกลี่ย)

4.5 งบประมาณ แผนปฏิบัติการ และแหล่งที่ใช้ในการบริหาร ดูแล น้ำ

4.6 การแก้ไขปัญหาวิกฤติที่ผ่านมา (ท่วม แล้ง เสีย) (วิธี ช่วงเวลา พื้นที่ไหน)

4.7 ปัญหาและอุปสรรคที่ผ่านมา

4.8 กลไกการมีส่วนร่วม (วางแผน งบประมาณ การดำเนินการ รณรงค์ แก้ไขปัญหา การประเมินปรับปรุง)

4.9 แผนยุทธศาสตร์ พัฒนา และแผนปฏิบัติการที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการบริหารจัดการน้ำ

4.10 แนวทางการบริหาร จัดการในอนาคต (ปรกติ วิกฤติ) รวมทางเลือก แผนพัฒนาการบริหารจัดการ (โดยเฉพาะเมื่อพิจารณา demand-supply-use ปัจจุบัน รวมการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ เพิ่มเก็บกักเฉพาะ ฯลฯ)

4.11 เครือข่ายที่ใช้ในการบริหารจัดการ

4.12 สรุปกลยุทธที่ใช้ (supply, demand, management, partners)

5) อื่นๆ

5.1 ข้อมูลและระบบสารสนเทศที่มี ที่ถ่ายทอด และใช้งาน

5.2 กลไกการสื่อสาร (ปรกติ วิกฤติ แผนงาน ฯลฯ)

5.3 ระบบฉุกเฉิน สำรอง

<u>สารบัญคู่มือการวางแผนบริหารน้ำระดับจังหวัด (ดูภาคผนวก ฏ 2)</u>

<u>สารบัญคู่มือการวางแผนบริหารน้ำระดับชุมชน (ดูภาคผนวก ฏ 3)</u>

ข) ประเด็นพิจารณาต่อไป

1) ยุทธศาสตร์และกลยุทธคืออะไร ได้มาอย่างไร

ต้องพิจารณายุทธศาสตร์ของประเทศ ภูมิภาค จังหวัด ประกอบการจัดทำแผน ทั้งในแง่งบ function, ยุทธศาสตร์ และ พื้นที่

2) การเชื่อมโยงต่ออำนาจหน้าที่ของกกลุ่มน้ำ(อ้างอิงจากร่างพรบน้ำ)

มาตรา ๓๖ คณะกรรมการลุ่มน้ำมีอำนาจหน้าที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำโดยทั่วไปในเขตลุ่มน้ำ รวมทั้งให้มีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

(1) จัดทำแผนพัฒนาและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำระดับลุ่มน้ำในเขตลุ่มน้ำเสนอ กนช. เพื่อให้ความเห็นชอบ

(2) จัดทำแผนป้องกันและแก้ไขภาวะวิกฤตน้ำเสนอ กนช.เพื่อให้ความเห็นชอบ

(3) พิจารณาและให้ความเห็นชอบแผนปฏิบัติการการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำสาขา และแผนป้องกันและแก้ไขภาวะวิกฤตน้ำในเขตลุ่มน้ำสาขาตามที่คณะกรรมการลุ่มน้ำสาขาเสนอตามมาตรา 41 (1) และ (2)

(4) พิจารณาปริมาณการใช้น้ำ การจัดสรรน้ำ และจัดลำดับความสำคัญในการใช้น้ำในเขตลุ่มน้ำ และควบคุมการใช้น้ำให้เป็นไปตามที่ได้รับการจัดสรรจาก กนช.

(5) กำหนดหลักเกณฑ์และระเบียบการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำ ทั้งนี้ ภายใต้กรอบและแนวทางที่ กนช.กำหนด

(6) ให้ความเห็นชอบการอนุญาตใช้น้ำประเภทที่สองตามมาตรา 48

(7) พิจารณาและเสนอความเห็นในการผันน้ำระหว่างลุ่มน้ำต่อ กนช.

(8) เสนอข้อคิดเห็นต่อ กนช. เกี่ยวกับแผนงานและโครงการในการดำเนินการใดๆ เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำ

(9) รับเรื่องร้องทุกข์ ไกล่เกลี่ย และชี้ขาดข้อพิพาทระหว่างคณะกรรมการลุ่มน้ำสาขา รวมทั้งพิจารณาอุทธรณ์คำชี้ขาดของคณะกรรมการลุ่มน้ำสาขา

(10) ประสานงานกับหน่วยงานของรัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องในการบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และกฎหมายเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำในเขตลุ่มน้ำนั้น

(11) ส่งเสริมและรณรงค์การสร้างจิตสำนึกแก่ประชาชนในการใช้ การพัฒนาการบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำ

(12) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กำหนดในพระราชบัญญัตินี้หรือที่กฎหมายอื่นกำหนดให้เป็นอำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการลุ่มน้ำ หรือตามที่ กนช. มอบหมายในการจัดทำแผนตามมาตรา 36 (1) ต้องให้ประชาชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดทำแผนดังกล่าวตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ กนช. ประกาศกำหนดการเสนอเรื่องร้องทุกข์หรือข้อพิพาทระหว่างคณะกรรมการลุ่มน้ำสาขา การยื่นอุทธรณ์ และวิธีพิจารณาอุทธรณ์ตาม (9) ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่กนช. ประกาศกำหนด

# สารบัญ

**หน้า**

**บทที่ 1 การจัดเตรียมข้อมูลสภาพทั่วไป** 1

**บทที่ 2 กฎหมายและระเบียบขององค์กรบริหารจัดการที่เกี่ยวข้องกับ การวางแผนน้ำจังหวัด**

2.1 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง 4

2.2 แนวทางการดำเนินงานการจัดทำแผนพัฒนาจังหวัด 5

2.3 นโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมระดับชาติ 6

**บทที่ 3 แผนพัฒนาจังหวัด กลุ่มจังหวัด (ยุทธศาสตร์ และกลยุทธ์ สมมติฐาน)ที่เกี่ยวข้อง**

3.1 แผนพัฒนาจังหวัดและกลุ่มจังหวัด 11

3.2 การกำหนดประเด็นยุทธศาสตร์ (Strategic Issues) 13

3.3 กลยุทธ์ (Strategies) 14

**บทที่ 4 ความต้องการและศักยภาพ**

4.1 ความต้องการน้ำ 15

4.2 สภาพการจัดหาน้ำในปัจจุบัน 16

4.3 ศักยภาพของการจัดหา 17

**บทที่ 5 การบริหารในภาวะวิกฤติ**

5.1 การบริหารในสภาวะแห้งแล้ง 19

5.2 แผนการบรรเทาและแก้ไขปัญหาน้ำท่วม(ในภาพรวมของจังหวัด) 20

5.3 การบริหารจัดการน้ำเสีย 21

# สารบัญ(ต่อ)

**หน้า**

**บทที่ 6 เป้าหมาย กลยุทธ์ ด้านทรัพยากรน้ำในจังหวัด**

6.1 การกำหนดเป้าประสงค์ด้านน้ำจังหวัด 31

6.2 การกำหนดตัวชี้วัดด้านน้ำจังหวัด 32

6.3 การกำหนดกลยุทธ์ด้านน้ำจังหวัด 33

**บทที่ 7 แผนปฏิบัติการ**

7.1 การเตือนภัย 35

7.2 การแก้ไขภาวะแล้ง น้ำท่วม น้ำเสีย 35

7.3 การจัดหา จัดการน้ำจังหวัด(ประเภทผู้ใช้ต่างๆ) 38

7.4 แผนงาน กิจกรรม ผู้รับผิดชอบ งบประมาณ 39
ระยะเวลาพื้นที่เป้าหมาย เงื่อนไขในการดำเนินงาน

**ภาคผนวก**

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | กฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 3.1-1 | การเชื่อมโยงกรอบทิศทางการพัฒนาจังหวัดให้สอดคล้องกับนโยบายและแผนงานระดับต่างๆ | 12 |
| 3.2-1 | ยุทธศาสตร์ทั้ง 5 ด้าน | 14 |
| 4.1-1 | กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการน้ำปัจจุบันและแนวโน้มอนาคต | 16 |
| 4.2-1 | กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพการจัดหาน้ำปัจจุบัน | 17 |
| 4.3-1 | กระบวนการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลศักยภาพของแหล่งน้ำ | 18 |
| 6.1-1 | เป้าประสงค์การพัฒนาจังหวัดในมิติต่างๆ | 32 |
| 7.4-1 | โครงการตามแผนยุทศาสตร์ต่าง ๆ | 45 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 7.3-1 | การจำแนกจัดหาแหล่งน้ำตามประเภทของการใช้น้ำ | 38 |
| 7.4-1 | กลยุทธ์ตามประเด็นยุทธศาสตร์ด้านการจัดหาและพัฒนาแหล่งน้ำ | 39 |
| 7.4-2 | การสร้างตัวชี้วัดและค่าเป้าหมายเป้าประสงค์ด้านอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและคุณภาพน้ำ | 40 |
| 7.4-3 | การสร้างตัวชี้วัดและค่าเป้าหมายเป้าประสงค์ด้านการบรรเทาอุทกภัยและป้องกันภัยแล้ง | 41 |
| 7.4-4 | แผนปฏิบัติการและงบประมาณรายปี | 42 |
| 7.4-5 | แผนปฏิบัติการและงบประมาณรายปี | 43 |
| 7.4-6 | แผนปฏิบัติการและงบประมาณรายปี | 44 |

# สารบัญ

หน้า

**บทที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัด/ตำบล** 1

**บทที่ 2 สถานการณ์น้ำและสภาพปัญหาด้านทรัพยากรน้ำ**

2.1 สถานการณ์น้ำ 3

2.2 สภาพปัญหาด้านทรัพยากรน้ำ 4

**บทที่ 3 พื้นที่กำหนดเป้าประสงค์** 5

**บทที่ 4 วิสัยทัศน์ เป้าประสงค์และกลยุทธ์**

4.1 วิสัยทัศน์ 6

4.2 เป้าประสงค์ และข้อมูลประกอบเป้าประสงค์ 7

4.3 ปัจจัยสู่ความสำเร็จ 8

4.4 กลยุทธ์ 8

4.5 โครงการพัฒนาและหน่วยงานรับผิดชอบ 11

**บทที่ 5 แผนปฏิบัติการ**

5.1 แผนปฏิบัติการการพัฒนาด้านจัดหาน้ำ 15

5.2 แผนปฏิบัติการการพัฒนาด้านวิกฤติ 17

**บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะคู่มือจัดทำแผนจัดการทรัพยากรน้ำชุมชน**

6.1 สรุปผลการดำเนินการจัดทำแผนจัดการทรัพยากรน้ำ 19

6.2 ข้อเสนอแนะ 19

**ภาคผนวก**

ก การรวมรวมรายละเอียดโครงการพัฒนา แผนพัฒนาสามปี (พ.ศ. 2553 - 2555)

ข รายละเอียดโครงการตามกลยุทธ์

# สารบัญรูป

**รูปที่** **หน้า**

1-1 กระบวนการรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้สถานการณ์ด้านความต้องการน้ำ/มลภาวะน้ำ 2
1-2 กระบวนการรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้สถานการณ์ด้านจัดหาน้ำกับภาวะวิกฤติ 2
3-1 การกำหนดพื้นที่กำหนดเป้าประสงค์ (hotspot) สำหรับแก้ปัญหา 5
4.5-1 โครงการพัฒนาตามยุทธศาสตร์ต่างๆ 14

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


| | | |
|---|---|---|
| 4.5-1 | กลยุทธ์ ตัวชี้วัด/ค่าเป้าหมาย และโครงการตามยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐาน | 11 |
| 4.5-2 | กลยุทธ์ ตัวชี้วัด/ค่าเป้าหมาย และโครงการตามยุทธศาสตร์ด้านแหล่งน้ำ | 11 |
| 4.5-3 | กลยุทธ์ ตัวชี้วัด/ค่าเป้าหมาย และโครงการตามยุทธศาสตร์ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | 12 |
| 4.5-4 | กลยุทธ์ ตัวชี้วัด/ค่าเป้าหมาย และแผนป้องกันภัยฉุกเฉิน | 13 |
| 5.1-1 | แผนปฏิบัติการและงบประมาณ โครงการตามยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐาน | 15 |
| 5.1-2 | แผนปฏิบัติการและงบประมาณ โครงการตามยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านแหล่งน้ำ | 16 |
| 5.2-1 | แผนปฏิบัติการและงบประมาณ โครงการตามยุทธศาสตร์ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | 17 |
| 5.2-2 | แผนปฏิบัติการและงบประมาณ การป้องกันภัยฉุกเฉิน | 18 |

# การบริหารจัดการน้ำในประเทศออสเตรเลียโดยสังเขป

## ๑) ระบบบริหารน้ำในประเทศออสเตรเลียโดยสังเขป

กลไกการดูแลด้านน้ำในประเทศออสเตรเลียมีกำหนดนโยบายในหลายระดับ ทั้งระดับประเทศและมลรัฐ ในการนำนโยบายไปใช้ได้ยกตัวอย่างความเป็นมาของการจัดการน้ำของ ลุ่มน้ำ Murry Darling เป็นตัวแทน ดังนี้

### ข้อตกลงด้านน้ำระดับประเทศ (The National Water Initiative)

ข้อตกลงด้านน้ำระดับประเทศ (NWI) เป็นหลักพื้นฐาน (blueprint) ในการปฏิรูปด้านน้ำในสภาของรัฐบาลออสเตรเลียในปี 2004

ข้อตกลงดังกล่าวเป็นคำมั่นร่วม ( shared commitment) จากรัฐบาลของมลรัฐต่างๆ ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของประเทศออสเตรเลีย เพื่อนำไปสู่ความแน่นอนที่มากขึ้นในการลงทุนและประสิทธิภาพต่อ ชุมชนในชนบท ในเมือง และเพื่อสิ่งแวดล้อม ภายใต้ข้อตกลงดังกล่าว รัฐบาลแต่ละรัฐให้คำมั่นว่า จะจัดทำแผนด้านน้ำเพื่อรองรับสิ่งแวดล้อม ภายใต้ระบบน้ำที่กำลังมีปัญหา และจัดสรรเกินพอ นำระบบการขึ้นทะเบียนสิทธิการใช้น้ำและนำมาตราฐานบัญชีน้ำมาใช้ในการขยายการกำหนดราคาค่าน้ำเพื่อให้มีน้ำเก็บกักและการส่งน้ำให้เพียงพอต่อการความต้องการน้ำในเขตเมือง

### สภารัฐมนตรี (Ministerial Councils)

สภารัฐมนตรีประกอบด้วยรัฐมนตรีที่เกี่ยวข้องกว่า ๔๐ ประเทศในอาณานิคมอังกฤษ เพื่อให้คำปรึกษาและร่วมมือระหว่างรัฐบาลออสเตรเลีย และรัฐบาลของรัฐต่างๆในออสเตรเลียในการกำหนดนโยบายบางด้าน รัฐมนตรีที่เกี่ยวข้องจากแต่ละรัฐบาลจะเข้าร่วมในสภารัฐมนตรี โดยจะมีการประชุมทุกปี ๑ ถึง ๒ ครั้ง นอกนั้จะใช้กลไกการติดต่อเพื่อแก้ปัญหาในแต่ละประเด็น

สภารัฐมนตรีมีการกำหนดเกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำประกอบด้วย

สภารัฐมนตรีของลุ่มน้ำ Murray-Darling (MD) สภานี้มีบทบาทเป็นผู้กำหนดนโยบาย การตัดสินเ และที่ปรึกษาด้านการจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ MD

สภาถาวรด้านสิ่งแวดล้อมและน้ำ (Environment and Water) สภานี้จะกำหนดนโยบายระดับประเทศแบบกว้าง ที่เกี่ยวข้องกับการปกป้องสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับอากาศ น้ำและของเสีย

<u>น้ำในชนบท (Rural water)</u>

โปรแกมการใช้น้ำแบบยั่งยืนในชนบทและโครงสร้างพื้นฐาน (The Sustainable Rural Water Use and Infrastructure Program (SRWUIP)) เป็นโปรแกรมระดับชาติเพื่อลงทุนในการใช้น้ำ การจัดการน้ำ และประสิทธิภาพสำหรับพื้นที่ชนบท ซึ่งจะรวม การให้ความรู้ด้านน้ำ การปฏิรูปการตาด และการซื้อน้ำเพื่อสิ่งแวดล้อม โปรแกรมนี้เป็นกลไกสำคัญในการอุดช่องว่างเพื่อให้กำหนดข้อจำกัดในการผันน้ำอย่างยั่งยืนในแผนของลุ่มน้ำ MD ซึ่งมีองค์ประกอบสามส่วนที่สำคัญคือ โครงสร้างพื้นฐานด้านชลประทาน มาตราการซื้อและจัดหา
กองทุนของ SRWUIP ส่วนใหญ่จะใช้ในโครงการในลุ่มน้ำ MD เพื่อปรับปรุงการดำเนินงานของระบบการจัดส่งน้ำนอกฟาร์ม (off-farm delivery system) และช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำในแปลง (on-farm) น้ำที่ประหยัดได้จากโครงการเหล่านี้ จะนำมาจัดสรรใหม่โดยรัฐบาลออสเตรเลีย เพื่อสิ่งแวดล้อมและการใช้น้ำเพื่อชลประทาน
ตัวอย่าง การลงทุนในโปรแกรม SRWUIP ประกอบด้วย

- การวางแผน การสำรวจ และการออกแบบโครงการ
- โครงการในระบบชลประทาน (นอกเขตเพาะปลูก)
- โครงการในแปลงเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำ
- โครงการในการปรับปรุงสุขภาพecology และเพิ่มปริมาณการไหลธรรมชาติ
- โครงการประหยัดน้ำในเมือง เช่น การกักเก็บน้ำในช่วงน้ำท่วม
- โครงการซื้อน้ำเพื่อเพิ่มสมดุลย์น้ำในลุ่มน้ำ MD

โครงการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อปรับให้การดำเนินการในแม่น้ำมีสภาพสิ่งแวดล้อมเหมือนเดิมที่ใช้น้ำน้อยลง
ตัวอย่างการสนับสนุนบางส่วนจากโปรแกรม SRWUIP เช่น

การเก็บภาษีน้ำชนบทเพื่อความยั่งยืน และการให้เงินสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน

ความคืบหน้าในการฟื้นฟูน้ำ เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการน้ำเพื่อสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมเพื่อความยั่งยืนของแม่น้ำออสเตรเลียใต้ (South Australian River Murray Sustainability Program)

รัฐบาลออสเตรเลียได้ตกลงสนับสนุนทุนจำนวน 265 ล้านออสเตรเลียดอลล่าร์ ภายใต้ข้อตกลงร่วมระดับประเทศ สองสัญญาต่อรัฐบาลมลรัฐออสเตรเลียใต้ เพื่อดำเนินการโปรแกรมนี้ โปรแกรมดังกล่าวจะถูกดำเนินการโดยกรมPrimary Industries and Regions โปรแกรมดังกล่าวมีเป้าหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ และประสิทธิภาพการดำเนินธุรกิจเพื่อให้มีน้ำอย่างมั่นคง และมีน้ำเหลือเพิ่มขึ้น 36 กิกาลิตรในระยะยาวเฉลี่ยรายปี เพื่อให้น้ำกลับมาเพื่อสิ่งแวดล้อมสำหรับประเทศ โปรแกรมดังกล่าวจะลงทุน 80 ล้านเหรียญเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของชลประทาน 40 ล้านเหรียญเพื่อให้มลรัฐออสเตรเลียใต้ซื้อน้ำ 120 ล้านเหรียญเพื่อช่วยเหลืออุตสาหกรรมชลประทาน และ 25 ล้านเหรียญสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจในภูมิภาค

<u>น้ำเพื่อสิ่งแวดล้อม (Water in our environment)</u>

กฎหมายน้ำในปี 2007 ได้กำหนดมาตราการให้มีการจัดการน้ำตามที่ประเทศต้องการ ปริมาณน้ำดังกล่าวจะใช้เพื่อป้องกัน ฟื้นฟูสินทรัพย์ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น พื้นที่ชุ่มน้ำ ลำน้ำ เป็นต้น

พื้นที่ชุมน้ำ มีความสำคัญต่อประเทศออสเตรเลียมาก พื้นที่ดังกล่าวช่วยป้องกันชายฝั่งจากแรงจากคลื่น ลดผลกระทบจากภาวะน้ำท่วม ซึมซับมลภาวะ และเป็นแหล่งที่อยู่ยามฉุกเฉินให้กับพืชและสัตว์นานาชนิด

ปัจจุบัน มีข้อตกลง โปรแกรมและโครงการในด้านนี้ดำเนินการอยู่ ตัวอย่างเช่น

ข้อตกลงเพื่อ Living Murray ถูกจัดทำขึ้นเพื่อช่วยปรับปรุงสุขภาพของแม่น้ำเมอรเรย์ โดยมุ่งพื้นที่สำคัญ หกแห่ง ซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่นานาชาติยอมรับว่าอุดมสมบูรณ์ไปด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ โปรแกรมดังกล่าวอยู่ภายใต้การดูแลขององค์กรลุ่มน้ำ MD

แอ่งน้ำ Great Artesian Basin เป็นเขื่อนใต้ดินตามธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดในโลก ครอบคลุมพื้นที่กว่า ๒๒ เปอร์เซนต์ของประเทศออสเตรเลีย

ทะเลสาท Lake Eyre Basin เป็นระบบน้ำที่ใหญ่ที่สุดในโลกที่มีระบบต่อเชื่อมภายใน ครอบคลุมพื้นที่กว่า 1.2 ล้านตร.กม. หรือประมาณ หนึ่งในหกของประเทศออสเตรเลีย

น้ำเพื่อเมืองและเขตชุมชน -นโยบายและการปฏิรูปน้ำในเขตเมือง รัฐบาลกลางออสเตรเลียและมลรัฐต่างๆ กำลังดำเนินการในการปฏิรูปน้ำในเขตเมือง เพื่อช่วยให้เกิดความมั่นคงของการจัดหาน้ำ การใช้น้ำอย่างชาญฉลาด และสนองต่อความท้าทายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสนับสนุนความมีสุขภาพของแม่น้ำ

แผนงานน้ำเพื่อชุมชนและการแปลงน้ำจืดจากน้ำทะเลในระดับประเทศ แผนงานดังกล่าวกำลังช่วยเมืองหลักในการจัดหาแหล่งน้ำ และลดความพึ่งพอต่อน้ำฝน โดยสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานและการวิจัยด้านการแปลงน้ำจืดจากน้ำทะเล การใช้น้ำซ้ำ การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ และการเก็กกักน้ำในช่วงน้ำท่วม

แผนความมั่นคงด้านน้ำระดับประเทศสำหรับเขตเมือง (Cities and Towns) แผนดังกล่าวจะจัดหาทุนให้กับเมืองและชุมชน (ประชากรน้อยกว่า 50,000 คน) เพื่อปรับปรุงระบบน้ำเก่า โดยการติดตั้งโครงสร้างพื้นฐานใหม่ และโครงการที่ดำเนินการได้เพื่อประหยัดน้ำหรือลดความสูญเสียน้ำ

โปรแกรมเพิ่มประสิทธิภาพด้านน้ำ

โปรแกรมดังกล่าวจะสนับสนุนและชักชวนให้ภาคส่วนธุรกิจและอุตสาหกรรมเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

โปรแกรมการเพิ่มศักยภาพชุมชนในลุ่มน้ำ เพื่อช่วยรัฐบาลท้องถิ่นในลุ่มน้ำ MD ในการลดประหยัดน้ำในการใช้และการส่งน้ำในพื้นที่ชุมชน

โปรแกรม Water Smart Australia เพื่อเร่งรัดการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยีฉลาดในการใช้น้ำในประเทศ

การกำหนดมาตรฐานและฉลากการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (WELS) มาตราฐานและฉลากดังกล่าวจะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ช่วยให้มีประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ดีขึ้น เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเลือกผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องซักผ้า เครื่องล้างชาม ท่อประปา อ่างอาบน้ำ สุขภัณฑ์ เพื่อการประหยัดน้ำและเงินได้ นอกจากนั้นยังได้จัดทำเวปให้คำแนะนำต่อมาตรฐานให้กับผู้ติดตั้ง ผู้ขาย ผู้ผลิต ผู้ก่อสร้าง สถาปนิก และรัฐบาลท้องถิ่นเกี่ยวกับข้อกำหนดของมาตราฐาน การขึ้นทะเบียน การร้องเรียนและการบังคับใช้ไว้ด้วย

กลไกผลักดันการปฏิรูปด้านน้ำ

สภารัฐบาลมลรัฐ (COAG) มีบทบาทในการกำหนด พัฒนา และติดตามการดำเนินตามนโยบายปฏิรูป ซึ่งมีความสำคัญต่อประเทศ และต้องการความร่วมมือในการดำเนินการจากรัฐบาลของมลรัฐต่างๆ เช่น กรณีนโยบายปฏิรูปด้านน้ำ เป็นต้น

<u>ความมั่นคงของน้ำในอนาคต</u>

การปฏิบัติการระบุความขาดแคลนด้านน้ำของรัฐบาลออสเตรเลียถูกดำเนินการจากข้อมูลที่มีและดีที่สุดบนข้อมูลการมีและการใช้น้ำของประเทศ เนื่องจากการเติบโตของประชาการ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การ

ใช้น้ำเกินการจัดสรร การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินส่งผลลดลงต่อความเพียงพอของน้ำในประเทศเมื่อเทียบกับอดีต

ในด้านการมีน้ำ ตัวเลขจากบัญชีน้ำของสำนักงานสถิติออสเตรเลียปี 2004-2005 พบว่า ประเทศออสเตรเลีย มีฝนเท่ากับ 2,789,400 GL (ร้อยล้านลิตร) และมีน้ำท่าเท่ากับ 243,000 GL ซึ่งหมายความว่า น้ำใช้การได้น้อยกว่า 10 % ของฝน ประมาณ 30 % ของน้ำใช้การในปี 2004-2005 (79,784 GL) ถูกดึงมาใช้จากสิ่งแวดล้อม และใช้ในเศรษฐกิจของออสเตรเลีย และ 70 % ของน้ำใช้จำนวนนี้กลับคืนสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ลำน้ำ หรือ การผลิตไฟฟ้า

ในด้านการใช้น้ำ มีการใช้น้ำในช่วงปี 2004-2005 อยู่ 18,767 GL ลดลง 14 % จากปี 2000-2001 ภาคเกษตรใช้น้ำมากที่สุดเท่ากับ 12,000 GL ประมาณ 65 % ของการใช้น้ำทั้งหมด และลดลง 4% จากปี 2000-2001

การใช้น้ำในภาคครัวเรือนเป็นลำดับสอง เท่ากับ 2,100 GL หรือ 11 % ของการใช้น้ำทั้งหมด ภาคอุตสาหกรรมการผลิตน้ำประปา น้ำเสีย และระบายน้ำเป็นอีกภาคหนึ่งที่มีการใช้น้ำมาก ประมาณ 11 % ของการใช้น้ำทั้งหมด (ส่วนใหญ่เป็นการสูญเสียน้ำ) ตามด้วยภาคอุตสาหกรรมเท่ากับ 589 GL (หรือ 3%)

ในด้านกลไกตลาดน้ำมีการให้สิทธิและการจัดสรรน้ำได้ กก น้ำแห่งชาติพบว่ามีการให้สิทธิน้ำ 33,5001 รายในระหว่างปี 2008-2009 เป็นปริมาณน้ำ 3,958 GL ส่วนใหญ่จะอยู่ในลุ่มน้ำ Murry- Darling

ในด้านสุขภาพแม่น้ำ การเปลี่ยนแปลงระบบน้ำธรรมชาติในแม่น้ำส่งผลลบต่อสุขภาพของแม่น้ำในหลายสาย ในปี 2008 มีการตรวจความยั่งยืนของแม่น้ำ ในลุ่มน้ำ MD และพบว่า ระบบecosystem ในลุ่มน้ำใน ๒๐สายจาก ๒๓ สายได้รับการประเมินระดับแย่ และแย่มาก

๒) กลไกการมีส่วนร่วม (ในการประสานการวางแผนกับแผนพัฒนาพื้นที่อย่างไร (รวมทั้งการดำเนินงาน และประสานงานการดำเนินงาน))

<u>กลไกการส่งความเห็นของชุมชนต่อการตัดสินใจของรัฐบาล</u>

การปรึกษาหารือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

กรมที่เกี่ยวข้องการวางแผนจะดำเนินการหาความเห็นจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การจัดรับฟังความคิดเห็น โดยมีการคัดเลือกตัวแทนเข้าร่วมจากหลายแง่มุมและหลายภาคส่วนในชุมชน เช่น

การรับฟังจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เรื่อง การฟื้นฟูน้ำกับการใช้น้ำเพื่อสิ่งแวดล้อม เรื่องประสิทธิภาพชลประทานระดับประเทศ มาตราฐานตราประหยัดน้ำ  กรรมการที่ปรึกษาน้ำกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นต้น

คณะกรรมการในรัฐสภา

เจตนารมย์ของคณะกรรมในรัฐสภาส่วนใหญ่ต้องการหาข้อสงสัย และจัดทำรายงานเสนอต่อรัฐสภาเพื่อช่วยให้วุฒิสภาหรือสภาผู้แทนตัดสินใจ หน้าที่สำคัญของกรรมการเหล่านี้คือ ตรวจสอบการทำงานของรัฐบาล การออกกฎหมาย การดำเนินงานของภาคราชการ และประเด็นทางนโยบาย  การได้มาซึ่งข้อมูลและความเห็นจากสังคมจึงเป็นสิ่งสำคัญ  กรรมการในรัฐสภาจึงมักจัดงานในที่สาธารณะเพื่อให้ปัจเจก หรือ กลุ่มที่คนใจ ได้แสดงออกความเห็นและข้อมูล

วิชาการกับการตัดสินใจ

กฎหมายน้ำปี 2007 กำหนดให้มีการจัดการให้สิทธิการใช้น้ำ ตามเกณฑ์ประเทศในอาณานิคมอังกฤษ สิทธิการใช้น้ำดังกล่าวถูกนำมาใช้เพื่อการป้องกันและฟื้นฟูสินทรัพย์ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น พื้นที่ชุ่มน้ำ ลำน้ำเป็นต้น

เวทีของผู้เชี่ยวชาญทางวิชาการได้รับการแต่งตั้งเพื่อให้คำแนะนำในการใช้น้ำเพื่อสิ่งแวดล้อม

ในโปรแกรมน้ำเพื่ออนาคต กรมอุตุนิยมวิทยาได้พัฒนาเครือข่ายระดับประเทศในการติดตาม เก็บข้อมูล ซึ่งจะมีการพัฒนาและบำรุงรักษาระบบสารสนเทศด้านน้ำระดับประเทศที่บูรณการและให้สาธารณชนเข้าถึงได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

CSIRO เป็นหน่วยงานที่ดำเนินการประเมินศักยภาพน้ำแบบเต็มรูปแบบโดยใช้วิทยาการในระบบน้ำหลักในประเทศ เพื่อให้สามารถมีกรอบการทำงานบนฐานของการวิเคราะห์และต่อเนื่องสำหรับการตัดสินใจเชิงนโยบายน้ำของประเทศ

กลไกการตรวจความยั่งยืนแม่น้ำได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจประเมินสุขภาพของแม่น้ำทุกลุ่มน้ำของประเทศในระยะยาว การตรวจประเมินจะดำเนินการผ่านเวทีนักนิเวศวิทยา กลุ่มตรวจประเมินความยั่งยืนแม่น้ำที่เป็นอิสระ

## ๓) เครื่องมือในการวางแผน จัดการ น้ำ

<u>กฎหมายน้ำ</u>

กฎหมายสำคัญเกี่ยวกับน้ำในประเทศออสเตรเลียมีดังนี้

กฎหมายน้ำ ปี 2007 กฎหมายน้ำฉบับแก้ไข ปี 2008 กฎเกี่ยวกับน้ำ กฎเกี่ยวกับการคิดค่าน้ำและตลาดน้ำ

นอกนั้นจะมีกม.ที่เกี่ยวข้อง คือ กฎหมายตราสัญญลักษณ์ประสิทธิภาพน้ำและมาตรฐานปี 2005 กฎหมาย

ป้องกันสิ่งแวดล้อม และอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ ปี 1999

กฎหมายน้ำ ปี 2007

กฎหมายน้ำปี 2007 เริ่มใช้เมื่อวันที่ ๓ มีนาคม 2008 และดำเนินการปฏิรูปหลักในการบริหารจัดการน้ำในประเทศออสเตรเลีย ประเด็นหลักในกม ดังกล่าวคือ

กฎหมายดังกล่าวตั้งองค์กร Murry-Darling Basin (MDBA) ขึ้นให้มีหน้าที่และอำนาจ รวมถึงอำนาจการบังคับใช้ ที่จำเป็นต้องมีเพื่อให้มั่นใจว่า ทรัพยกรน้ำในลุ่มน้ำมีการจัดการในลักษณะบูรณการและยั่งยืน

กฎหมายได้กำหนดผู้ดูแลน้ำเพื่อสิ่งแวดล้อมของประเทศ เพื่อจัดการให้น้ำเพื่อสิ่งแวดล้อมนี้เพื่อป้องกันและฟื้นฟูทรัพย์สินทางสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำ MD และนอกลุ่มน้ำที่ประเทศเป็นเจ้าของ

กฎหมายทำให้คณะกรรมการการแข่งขันและผู้บริโภคของออสเตรเลีย (Australian Competition and Consumer Commission (ACCC) ) ให้มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาและบังคับใช้การเก็บค่าน้ำ และกติกาตลาดน้ำ ตามที่ตกลงในข้อตกลงน้ำแห่งชาติ (National Water Initiative) กฎหมายให้บทบาทกรมอุตุนิยมวิทยาทำหน้าที่ด้านสารสนเทศน้ำนอกจากที่ระบุในกฎหมายอุตุนิยมวิทยาปี 1955

การทบทวนกมน้ำปี 2007 อย่างอิสระ

เมื่อวันที่ 19 ธันวาคม 2014 เลขานุการสภา สังกัดกระทรวงสิ่งแวดล้อม ไดยื่นรายงานผลกาทบทวนกมน้ำปี 2007 รายงานดังกล่าวถูกจัดทำขึ้นจากคณะกกอิสระเพื่อทบทวนกมน้ำปี 2007

กม น้ำ ฉบับแก้ไขปี 2008

ในเดือนธันวาคม 2008 กม น้ำฉบับแก้ไขปี 2008 ได้มีการประกาศใช้ทดแทนกมน้ำปี 2007 สาระสำคัญของการแก้ไขคือ

หน้าที่ของคณะกก ลุ่มน้ำ MD ได้ถูกโยกย้ายไปให้ หน่วยงานลุ่มน้ำ MD ซึ่งจะเป็นหน่วยงานเดียวที่รับผิดชอบการดูแลการวางแผนในลุ่มน้ำ MD

บทบาทของ ACCC มีมากขึ้น ในการกำหนดกฎเกี่ยวกับราคาค่าน้ำ และตลาดน้ำ ซึ่งครอบคลุม ผู้ให้บริการทุกราย และทุกธุรกรรม อำนาจของ ACCC ขยายไปสู่การพิจารณา หรือรับรองการจัดการต่อค่าน้ำของพื้นที่นอกเขตเมืองที่ใช้น้ำควบคุมด้วย ทำให้แผนของลุ่มน้ำสามารถจัดเตรียมเพื่อรองรับต่อความต้องการใช้น้ำของมนุษย์ที่สำคัญได้

กมน้ำฉบับแก้ไขปี 2008 ยกร่างจากอำนาจตามรัฐธรรมนูญของประเทศและการมอบอำนาจบางอย่างจากมลรัฐสู่ประเทศ กฎหมายดังกล่าวผ่านสภาของประเทศและผ่านกระบวนการรับรองของมลรัฐ เช่น ควีนส์แลนด์ นิวเซาร์สเวล วิคตอเรียน และ ออสเตรเลียใต้ ด้วย

เพื่อให้เกิดความร่วมมือกันในการจัดการน้ำ กม น้ำฉบับปรับปรุงปี 2008 ผ่านได้หลังมีการเจรจาข้อตกลงระหว่างมลรัฐ สองฉบับ คือ

มีนาคม 2008 บันทึกความเข้าใจในการปฏิรูปลุ่มน้ำ MD มีการลงนามระหว่างนายกรัฐมนตรี กับ นายกมลรัฐ New South Wales, Victoria, South Australia, Queensland และ Australia Capital Territory.

กรกฎาคม 2008 ข้อตกลงระหว่างมลรัฐเกี่ยวกับการปฏิรูปลุ่มน้ำ MD มีการลงนามระหว่างรัฐมนตรี บนหลักการของ MOU ที่ลงนามไป ซึ่งรัฐบาลกลางก็ตกลงต่อการบริหารจัดการ วางแผน ลุ่มน้ำนี้ด้วยวัฒนธรรม และการดำเนินการใหม่ ผ่าน โครงสร้างและคู่ความร่วมมือใหม่และมีธรรมาภิบาล

กฎกติกาด้านน้ำ

กฎกติกาถูกกำหนดขึ้นเพื่อระบุเรื่องสำคัญตามกมน้ำปี 2007 เมื่อวันที่ ๑๙ มิย 2008 สภาของประเทศได้ผ่านกฎกติกาด้านน้ำปี 2008 เพื่อเป็นกติกาหลัก กติกาที่จะออกตามกม นี้หลังออกกติกาหลักนี้จะเป็นกติกาแก้ไขเพิ่มเติม

กติกาภายใต้กมนี้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

2008 กติกาหลัก และแก้ไขเพิ่มเติมเกี่ยวกับ กระบวนที่รัฐมนตรีต้องทำเพื่อสร้างตลาดน้ำและกฎการกำหนดค่าน้ำ

เรื่องที่เกี่ยวโยงกับข้อตกลงลุ่มน้ำ MD

การแก้ไขข้อตกลงลุ่มน้ำ MD

นิยามของขอบเขตลุ่มน้ำ MD

อำนาจพิเศษและสารสนเทศด้านน้ำของหน่วยงานลุ่มน้ำ MD

2010 การแก้ไขกติกาน้ำปี 2010 เพื่อเพิ่มขอบเขตของกฎค่าน้ำ ภายใต้กม

2012 มีการแก้ไขปรับปรุงกฎกติกา 2 ชุด ( ชุดที่ 1 เกี่ยวกับใบอนุญาติของ Snowy Hydro ชุดที่ 2 เกี่ยวกับการ

แก้ไขขอบเขตของลุ่มน้ำ เป็นต้น)

2013 มีการแก้ไขเพื่อขยายเวลาการส่งแผนของบางมลรัฐ การกำหนดข้อกำหนดด้านสารสนเทศที่จะส่งให้ระบบ

สารสนเทศด้านน้ำบาดาล ให้อำนาจอธิบดีกรมอุตุนิยมวิทยากำหนดรูปแบบข้อมูลที่ผู้ส่งข้อมูลต้องส่งให้

กรมอุตุนิยมวิทยา

กฎค่าน้ำและตลาดน้ำ

กฎหมายน้ำปี 2007 ได้กำหนดให้มีการกำหนดค่าใช้และกฎกติกาตลาดน้ำเพื่อควบคุมตลาดน้ำและราคาค่าน้ำในลุ่มน้ำ MD รัฐมนตรีด้านความยั่งยืน สิ่งแวดล้อม น้ำ ประชาการและชุมชนเป็นผู้ค้นหา ให้ความเห็นต่อ ACCC ในการจัดทำ แก้ไข หรือ เพิกถอน ประกาศค่าน้ำและกฎตลาดน้ำ ACCC เป็นผู้รับผิดชอบต่อการติดตามและบังคับใช้ให้เป็นไปตามกฎหลังการประกาศใช้

การทบทวนกติกาค่าน้ำ

ACCC จะเป็นผู้ทบทวนค่าน้ำโดยเน้นการลดต้นทุนเพื่อลดภาระให้กับภาคอุตสาหกรรมและรัฐบาล โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพและรักษา

มาตราฐานอย่างมีประสิทธิผล การทบทวนมีกำหนดให้แล้วเสร็จภายในปลายเดือนธันวาคม 2015

การจัดการน้ำก่อนกฎหมายน้ำปี 2007
การจัดการระบบน้ำและแอ่งน้ำในลุ่มน้ำ MD มีการดูแลภายใต้ ห้ามลรัฐและเขต territories แต่ละภาคส่วนก็มีความสนใจที่ต่างกัน ข้อตกลงด้านน้ำในแม่น้ำเมอร์รี่มีการลงนามในปี 1914 ระหว่างมลรัฐ New South Wales, Victoria และ South Australia และมีการจัดตั้งคณะกกแม่น้ำเมอร์รี่ ซึ่งต่อมาได้ปรับเปลี่ยนเป็นคณะกกลุ่มน้ำ MD ข้อตกลงต่อรูปแบบการบริหารภายในคณะกกจะดำเนินการได้เมื่อได้รับการยินยอมจากมลรัฐที่เกี่ยวข้องทั้งหมด
การดำเนินการคงรูปแบบมาตลอดจน ก่อนที่จะมีการออกกฎหมายน้ำ การปฏิรูปและการตัดสินใจที่ผ่านมามิได้ดำเนินการภายใต้ผลประโยชน์ของภาพรวมของลุ่มน้ำ การจัดสรรน้ำในวันนี้ยังยึดตามข้อตกลงเดิมที่มีอยู่ ยังมิได้นำข้อมูลปริมาณน้ำต่ำและการเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มาพิจารณา การมีกฎหมายน้ำทำให้สามารถปรับการจัดการให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่ท้าทายในลุ่มน้ำ MD ซึ่งเป็นสินทรัพย์ที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ.

กฎหมายตราสัญญลักษณ์ประสิทธิภาพการใช้น้ำและมาตรฐานปี 2005
รัฐบาลออสเตรเลียได้ออกกฎหมายเกี่ยวกับตราสัญญาลักษณ์ประสิทธิภาพน้ำและมาตรฐานปี 2005 เพื่อกำหนดกรอบทางกฎหมายรองรับระบบการออกตราสัญญาลักษณ์ประสิทธิภาพการใช้น้ำและมาตรฐาน (WELS)
มีการออกกฎระเบียบในปี 2005 และเจตนารมย์ 2011ตามมาภายใต้กรอบกฎหมาย WELS มีการดำเนินการโดยสรุปโดยสังเขปดังนี้

การแต่งตั้งผู้กำกับ(regulator) ในการดำเนินการระบบนี้

ให้อำนาจรมต ยั่งยืน สิ่งแวดล้อม น้ำ ประชากรและชุมชนในการกำหนดผลิตภัณฑ์และมาตราฐานที่ควบคุม

ออกข้อกำหนดในการขึ้นทะเบียน ใช้ตราสัญญาลักษณ์ผลิตภัณฑ์ WELS และกำหนดค่าลงทะเบียน

ติดตามและออกมาตราการบังคับใช้ รวมทั้งการแต่งตั้งผู้ตรวจ

กำหนดขั้นตอนการออกใบสั่ง การสั่งปรับ ผู้ละเมินสิทธิ และดำเนินการทางคดี

<u>การออกคู่มือการวางนโยบายการวางแผนและจัดการน้ำภายใต้ NWI 2010</u>
ข้อตกลงด้านน้ำของประเทศ (NWI) เป็นเอกสารหลัก (blueprint) ของการปฏิรูปรัฐบาลของมลรัฐต่างๆในประเทศออสเตรเลียได้ตกลงในการดำเนินการเพื่อให้ได้แนวทางของประเทศในการจัดการ วางแผน กำหนดมาตราการ การกำหนดราคาค่าน้ำ และการซื้อขายน้ำ ร่วมกัน
คู่มือการวางนโยบายนี้เริ่มดำเนินการโดย สภามลรัฐ ( the Council of Australian Governments (COAG)) ในปี 2008 เพื่อช่วยหน่วยงานวางแผน กำหนดนโยบาย และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ในการพัฒนาและดำเนินการ การวางแผนและจัดการน้ำในแนวทางเดียวกัน สภามลรัฐได้อนุมัติคู่มือดังกล่าวเมื่อวันที่ ๕ เมษายน 2012

## ๔) กลไกการวางแผนแก้ไขปัญหาวิกฤติ

ปรากฏการการใช้น้ำมากเกิน มลภาวะ ภาวะดินเค็ม และความแห้งแล้ง ส่งผลเสียต่อทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ Murry-Darling ซึ่งเป็นที่ระบายน้ำจากแม่น้ำ 23 สายและเป็นแหล่งน้ำให้กับประชากรกว่า 2 ล้านคน สร้างรายได้กว่า 40 % ของภาคเกษตรของประเทศ

องค์การลุ่มน้ำ MD ได้จัดทำแนวทางการวางแผนเพื่อให้สาธารณชนวิจารณ์ในเดือนตุลาคม 2010 โดยยกประเด็นความต่างระหว่างรัฐบาลกลางและชุมชนการเกษตรในลุ่มน้ำ กลยุทธของการวางแผนจะพยายามหาสมดุลย์ระหว่างความต้องการน้ำของมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม รัฐบาลกลางพยายามลดผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสังคมจากนโยบายที่เปลี่ยนไป โดยการซื้อปริมาณน้ำจัดสรรจากเกษตกรและลงทุนปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานด้านชลประทาน ถึงแม้จะมีเสียงต่อต้านต่อการดำเนินการดังกล่าว กลยุทธเพื่อการบริหารน้ำอย่างยั่งยืนก็ดำเนินการต่อ โดยผนวกผลต่อสิ่งแวดล้อมเข้าไป และให้ลุ่มน้ำ MD ยังเป็นผู้ผลิตด้านเกษตรหลักในอนาคต ความพยายามดำเนินการของนโยบายการใช้น้ำอย่างยั่งยืนได้กลายเป็นสิ่งนวัตกรรมของประเทศออสเตรเลีย

มลรัฐต่างๆในออสเตรเลียได้พยายามในการปฏิรูปการใช้น้ำเกินตัวในหลายแม่น้ำ ตั้งแต่ปี 2004 หลังมีการออกข้อตกลงด้านน้ำ โดยรัฐบาลกลางได้มุ่งในการอนุรักษ์แหล่งน้ำที่ขาดแคลน หลังการผ่านกม น้ำในปี 2007 รัฐบาลกลางมีอำนาจในการตั้งองคกรกลางที่เป็นอิสระได้ และออกนโยบาย ดำเนินการ บังคับใช้นโยบายน้ำในลุ่มน้ำ MD

องค์กรลุ่มน้ำ MD เริ่มทำงานตามคู่มือ ซึ่งคู่มือได้ให้หลักการทางเศรษฐกิจ สังคม ที่เป็นวิทยาศาสตร์ เพื่อเสนอแผนของลุ่มน้ำและออกนำใช้ในปี 2011 คู่มือได้กำหนดนโยบายการใช้น้ำที่ครอบคลุมและก้าวหน้า ตามเป้าหมายสร้างสมดุลย์และปรับปรุงสุขภาพของทรัพยากรธรรมชาติที่กำลังแย่ นโยบายการจัดการหลักสี่ประการถูกน้ำมาใช้ คือ การกำหนดการผันน้ำที่ยั่งยืน การกำหนดคุณภาพสิ่งแวดล้อมเทียบเคียง การกำหนดการผันน้ำระดับมลรัฐ และการสร้างการตลาดน้ำที่มีประสิทธิภาพ

เกณฑ์การผันน้ำกำหนดปริมาณน้ำที่สามารถนำน้ำจากแม่น้ำหรือแอ่งน้ำ คุณภาพสิ่งแวดล้อมเทียบเคียงจะจัดปริมาณความเค็มและคุณภาพน้ำอื่นในแม่น้ำ และพื้นที่ชุ่มน้ำ เกณฑ์การจัดน้ำระดับมลรัฐทำให้แต่ละมลรัฐสามารถบังคับใช้การจัดสรรน้ำภายในมลรัฐตนเองได้ และตลาดน้ำจะช่วยให้เกษตกรซื้อและขายน้ำที่ได้รับปริมาณจัดสรร เพื่อให้มีรายได้และตอบสนองต่อความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นได้

## ๕ เอกสารอ้างอิง


http://www.environment.gov.au/topics/water/australian-government-water-leadership/water-legislation

THE MURRAY-DARLING BASIN COMMISSION, AUSTRALIA CASE # 25

MURRAY-DARLING BASIN BACKGROUND PAPER Prepared on behalf of the Harvard Law School Environmental Program, the Water Security Initiative at Harvard University and the Radcliffe Institute for Advanced Study Water Federalism Conference April 19-21, 2012)

Water Crisis in the Murray-Darling Basin: Australia Attempts to Balance Agricultural Need with Environmental Reality by Joshua Axelrod

NWI Policy Guidelines for Water Planning and Management Risk Assessment Module

The Constitution and the management of water in Australia's rivers by Paul Kildea and George Williams

# การบริหารจัดการน้ำในประเทศญี่ปุ่นโดยสังเขป

## 1. ระบบบริหารน้ำในประเทศญี่ปุ่นโดยสังเขป

ในประเทศญี่ปุ่นรัฐบาลกลางมีหน้าที่และความรับผิดชอบในการพัฒนาและประยุกต์ใช้แผนทรัพยากรน้ำในระดับประเทศ ซึ่งจะครอบคลุมทั้งเรื่องพัฒนาแหล่งน้ำในเชิงปริมาณและการรักษาสิ่งแวดล้อมในเชิงคุณภาพ ภายใต้กรอบของนโยบายจากรัฐบาลกลางนี้ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะยึดนโยบายนี้ในการดำเนินการบำรุงรักษา และบริหาร ระบบประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบจัดส่งน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 1

โครงสร้างองค์กรประกอบด้วย

รัฐบาลกลาง: ในญี่ปุ่น หน่วยงานรัฐบาลกลางที่เกี่ยวข้องกับด้านน้ำประกอบด้วย 5 กระทรวงหลัก ได้แก่

1. กระทรวงที่ดิน การคมนาคม และโครงสร้าง (Ministry of Land, Transport and Infrastructure)
2. กระทรวงสิ่งแวดล้อม (Ministry of the Environment)
3. กระทรวงสาธารณสุข แรงงาน และสวัสดิการสังคม (Ministry of Health, Labor and Welfare) 4. กระทรวงเศรษฐกิจ การค้า และอุตสาหกรรม (Ministry of Economy, Trade and Industry)
5. กระทรวงเกษตร ป่าไม้ และประมง (Ministry of Agriculture, Forest and Fisheries) หน่วยงานเหล่านี้จะทำงานร่วมมือกันในความรับผิดชอบของแต่ละกระทรวง

รัฐบาลท้องถิ่น : โดยทั่วไป รัฐบาลท้องถิ่นจะดำเนินการบำรุงรักษา และบริหาร ระบบประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบจัดส่งน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ของการอุปโภค บริโภค อุตสาหกรรม และการบำบัดน้ำเสีย ยกตัวอย่างเช่น แต่ละอำเภอจะมีหน่วยงานที่ดูแลการผลิตและการควบคุมคุณภาพน้ำประปาและน้ำเสียด้วยตนเอง โดยขึ้นอยู่กับอำเภอโดยตรง ในปี ค.ศ. 2003 รัฐบาลท้องถิ่นบริหาร 1,936 ระบบน้ำขนาดใหญ่ และ 8,360 ระบบน้ำขนาดเล็ก หรือกล่าวได้ว่า ประชากรญี่ปุ่นสามารถเข้าถึงน้ำประปาได้ถึง 96.9% ของประชากรทั้งหมด

อย่างไรก็ตาม ในการบริหารแม่น้ำนั้นจะถูกกำหนดโดยชนิดของแม่น้ำและระดับการปกครองต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ยกตัวอย่างเช่น รัฐบาลกลางจะดูแล 108 แม่น้ำคลาส A ซึ่งแบ่งตามขนาดและความสำคัญของแม่น้ำต่อประชาชน สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม

ถึงแม้ว่าการบริหารจัดการน้ำจะถูกถ่ายโอนให้กับรัฐบาลท้องถิ่น แต่รัฐบาลกลางยังคงเป็นหน่วยงานหลักในการจัดทำแผนยุทธศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำ โดยทุกกลุ่มน้ำจะมีสำนักงานของกระทรวงที่ดิน สิ่งก่อสร้าง และการขนส่ง (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) ควบคุมการก่อสร้างที่มีผลกระทบต่อระดับและทางเดินของน้ำ ความหมายคือ รัฐบาลท้องถิ่นหรือคณะกรรมการลุ่มน้ำยังคงต้องขออนุญาตกระทรวงในการก่อสร้างที่มีผลกระทบต่อระดับและทางเดินของน้ำถึงแม้ว่าจะไม่ใช่แม่น้ำคลาส A ก็ตาม (Nasu, 2014) เดือนเด่น และธารทิพย์ (2557) ได้สรุปบทบาทของรัฐบาลกลางในการบริหารจัดการน้ำในภาวะปกติดังตารางที่ 2 และสรุปการบริหารจัดการน้ำในประเทศหลักๆ ดังนี้ 1. ญี่ปุ่น : บริหารจัดการแบบแบ่งเขตการปกครองส่วนและเขตลุ่มน้ำ)

**ตารางที่ 1** บทบาทของการบริหารจัดการน้ำในระดับการปกครองต่างๆ

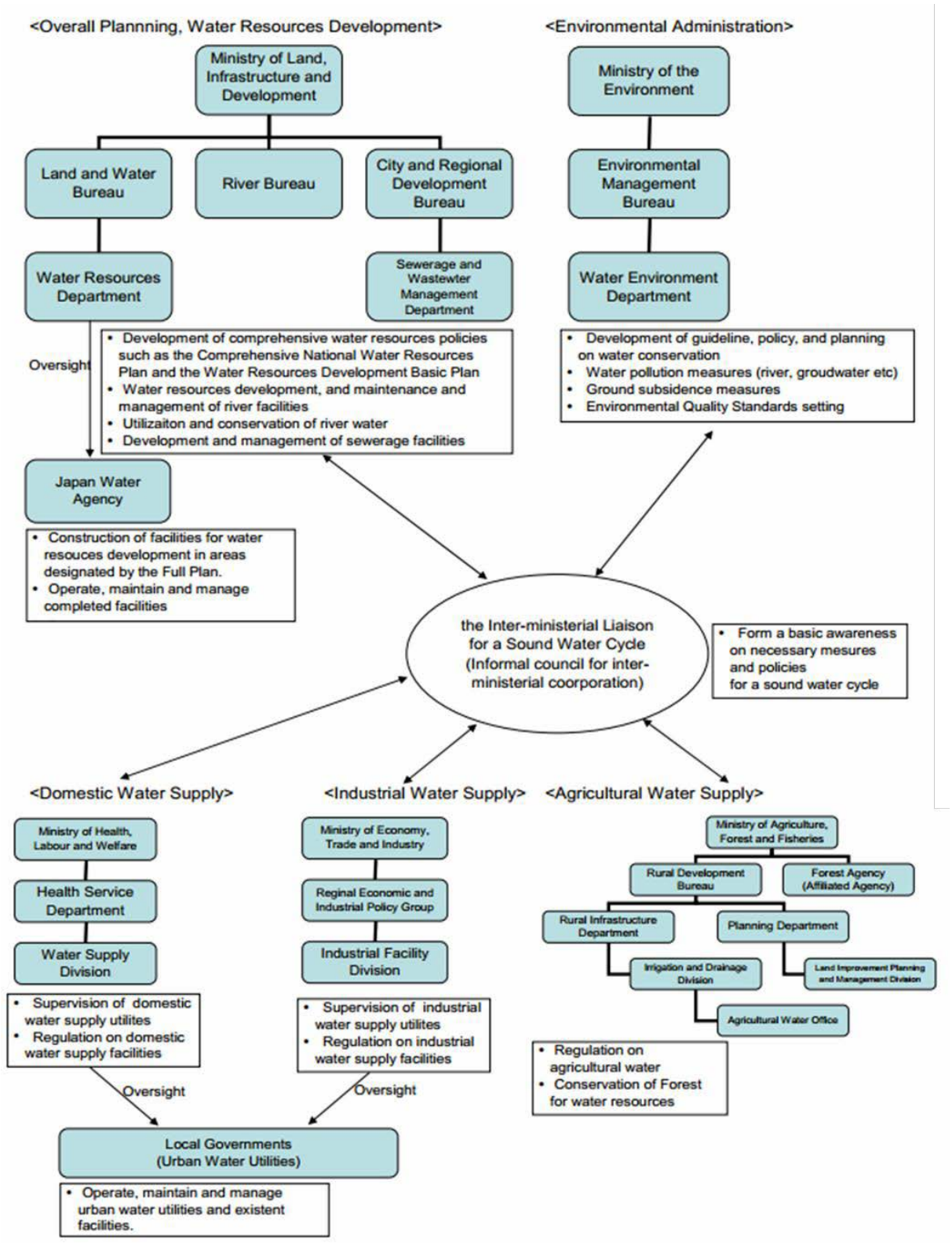
| | แม่น้ำคลาส A | แม่น้ำคลาส B | แม่น้ำคลาส C |
|---|---|---|---|
| รัฐบาลกลาง | / | | |
| 47 จังหวัด/รัฐ (Prefecture) | / | / | |
| 1,719 องค์กรท้องถิ่น (City, Municipality, Town | | | / |

ที่มา: เดือนเด่น และ ธารทิพย์ (2557)

**ตารางที่** 2 บทบาทของรัฐบาลกลางในการบริหารจัดการน้ำในภาวะปกติ

| ญี่ปุ่น | ฝรั่งเศส | เนเธอร์แลนด์ |
|---|---|---|
| • จัดทำแผนยุทธศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำ<br>• ดูแลแม่น้ำ class A<br>• กระทรวงที่ดิน สิ่งก่อสร้างและการขนส่ง (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) ควบคุมการก่อสร้าง ที่มีผลกระทบต่อระดับและ ทางเดินของน้ำ | • จัดทำแผนยุทธศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำ (SDAGE)<br>• รัฐมนตรีอนุมัติแผนการบริหารจัดการน้ำของคณะกรรมการลุ่มน้ำ<br>• กำกับดูแลในเรื่องการก่อสรางที่มีผลกระทบต่อระดับน้ำ และความเสี่ยงจาก น้ำท่วม (water police)<br>• ในกรณีน้ำท่วม หรือ น้ำแล้ง Basin Coordinator Prefect จะมีอำนาจแทนคณะกรรมการลุ่มน้ำ หากแต่ต้องได้รับการยินยอมจากผู้ใช้น้ำในพื้นที่ก่อน | • จัดทำแผนยุทธศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำ ซึ่งรวมถึง การใช้ที่ดินและสิ่งแวดล้อม<br>• กำกับ water boards |

ที่มา: เดือนเด่น และ ธารทิพย์ (2557)




**รูปที่ 1** โครงสร้างองค์กรที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำในประเทศญี่ปุ่น

(ที่มา : The World Bank. (2006))

**2. กลไกการมีส่วนร่วม**

กลไกการมีส่วนร่วมของประชาชนในญี่ปุ่นสำหรับการบริหารจัดการน้ำถูกนำเสนอผ่านกระบวนการคณะกรรมการลุ่มน้ำ โดยมีขอบเขตการรับผิดชอบด้านบรรเทาน้ำท่วม, การใช้น้ำ และสิ่งแวดล้อม โดยคณะกรรมการลุ่มน้ำนี้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ

1. คนในพื้นที่ซึ่งจะเป็นผู้เสนอแนะแนวทางการพัฒนาหลักในคณะกรรมการลุ่มน้ำ
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ เช่น อุทกวิทยา, เกษตร, วัฒนธรรม, ประวัติศาสตร์, สื่อสารมวลชน, ชีววิทยา, สิ่งแวดล้อม, ผังเมือง, อุตสาหกรรม และอื่นๆ ซึ่งจะเป็นผู้ให้คำปรึกษาหากสมาชิกในคณะกรรมการลุ่มน้ำมีข้อสงสัย
3. พนักงานรัฐจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นผู้สังเกตการณ์เท่านั้น โดยคณะกรรมการลุ่มน้ำกลุ่มนี้จะมีหน้าที่สองหลักคือ
    1. พัฒนาแม่น้ำในอีก 20-30 ปีข้างหน้า
    2. จัดทำแผนพัฒนาในอีก 20-30 ปีข้างหน้า
    3. สื่อสารกับประชาชนในพื้นที่เกี่ยวกับกระบวนการวางแผน ขั้นตอนการดำเนินการของคณะกรรมการลุ่มน้ำมีดังนี้

    1. คณะกรรมการลุ่มน้ำจัดทำแนวความคิดสำหรับการพัฒนาแม่น้ำ
    2. หน่วยงานราชการรับเรื่อง หน่วยงานไม่จำเป็นต้องดำเนินการตามแนวความคิดทั้งหมดแต่ความคิดส่วนใหญ่ควรถูกนำพิจารณา
    3. แผนขั้นต้นที่จัดเตรียมโดยหน่วยงานถูกอธิบายให้กับประชาชนและผู้นำชุมชน เช่น นายกเทศมนตรีในพื้นที่
    4. หลังจากได้รับความคิดเห็นจากภาคประชาชน หน่วยงานนำไปปรับปรุงและจัดทำแผนพัฒนาฉบับสุดท้าย

**3. เครื่องมือในการวางแผนจัดการน้ำ**

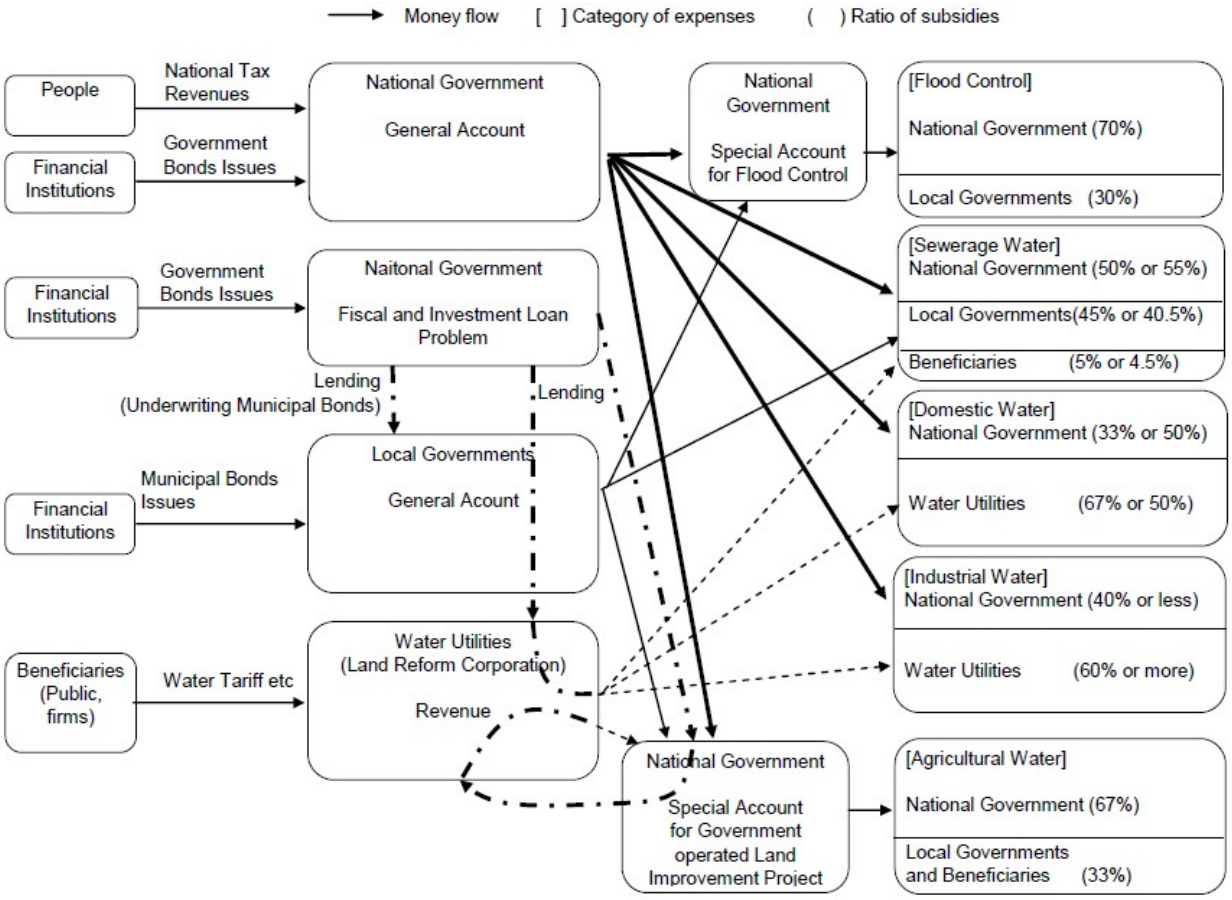
<u>เครื่องมือทางกฎหมาย</u>

เครื่องมือทางกฎหมายในการวางแผนและจัดการน้ำคือ เครื่องมือทางกฎหมายในญี่ปุ่น เครื่องมือทาง

กฎหมายเพื่อการบริหารจัดการน้ำสามารถจำแนกออกได้เป็น 5 กลุ่มด้วยกันดังนี้ 1. การวางแผนภาพรวมของการพัฒนาทรัพยากรน้ำ , 2. การพัฒนาสิ่งอำนายความสะดวกที่เกี่ยวข้องกับน้ำรวมถึงหลักการจ่ายชดเชย, 3. สิทธิการใช้น้ำและการซื้อขายหรือแลกเปลี่ยนน้ำ, 4. การดำเนินการและการบริหารการใช้น้ำรวมถึงการมีส่วนร่วมของภาคเอกชน และ 5. การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม กฎหมายที่สำคัญในการบริหารจัดการน้ำซึ่งมีการปรับเปลี่ยนไปตามความเหมาะสมของเศรษฐกิจและสังคมคือ กฎหมายแม่น้ำ (River Act) กฎหมายฉบับนี้ถูกประกาศและใช้ในปี ค.ศ.1896 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการบรรเทาน้ำท่วมเท่านั้น ในการแก้ไขครั้งที่สองในปี ค.ศ. 1964 ได้มีการผนวกเรื่องการบริหารจัดการน้ำในภาวะปกติเข้าไปด้วย เช่น มีการกำหนดสิทธิการใช้น้ำ มีการพัฒนาโครงสร้างด้านน้ำเพื่อการพัฒนา ในการแก้ไขครั้งที่ 3 ในปี ค.ศ. 1997 ได้มีการผนวกเรื่องสิ่งแวดล้อมและการมีส่วนร่วมของประชาชน มีการรับฟังความคิดเห็นและคำนึงถึงความตระหนักของประชาชนในการวางแผน

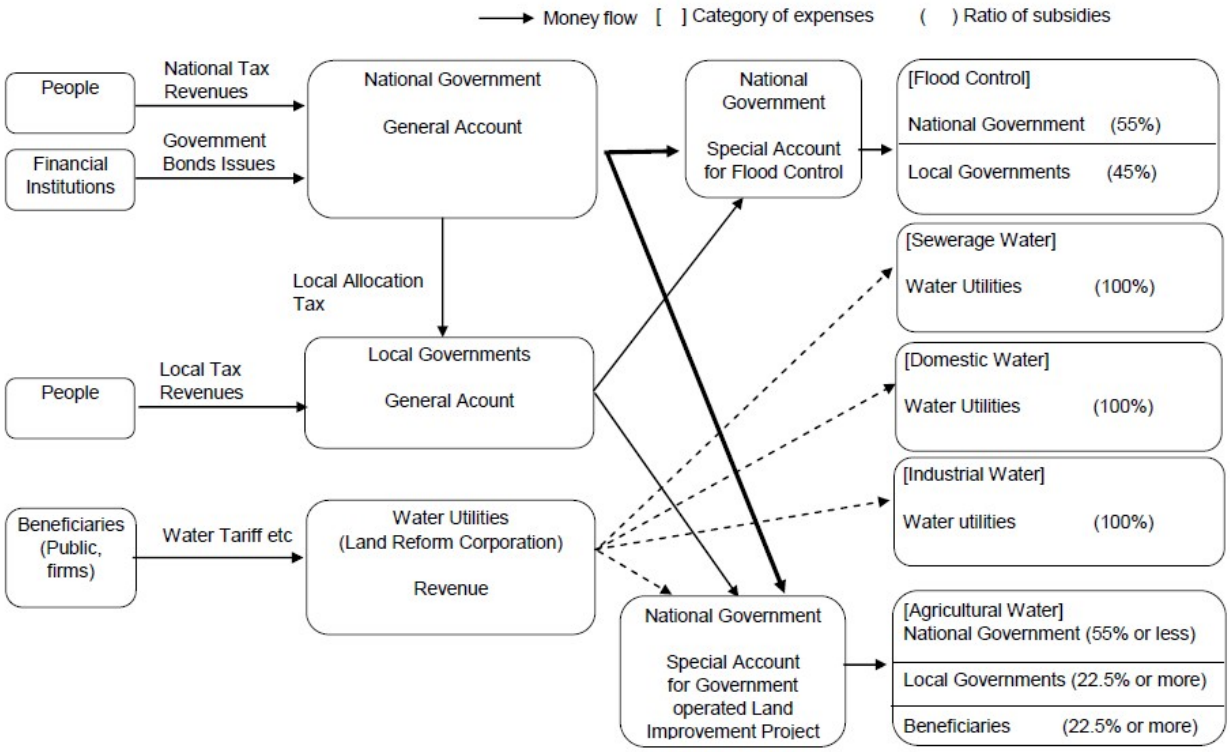
<u>การสนับสนุนค่าใช้จ่าย (subsidy) จากส่วนกลาง</u>

นอกจากเครื่องมือด้านกฎหมายแล้ว เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับตัวเงิน (Market-based instruments) ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาโครงการด้านน้ำมาก ตัวอย่างเช่น การสนับสนุนค่าใช้จ่าย (subsidy) จากส่วนกลางในกรณีพัฒนาโครงการใหม่และการสนับสนุนค่าใช้จ่ายจากส่วนกลางในกรณีการสนับสนุนค่าใช้จ่ายจากส่วนกลางใน กรณีดำเนินการ บำรุงรักษา และการบริหารจัดการโครงการเดิม ในกรณีของการบรรเทาน้ำท่วม หากเป็นโครงการใหม่ทางส่วนกลางจะสนับสนุนค่าใช้จ่าย 70% ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่รัฐบาลยินดีจ่ายเพราะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ในขณะที่รัฐบาลท้องถิ่นต้องจ่ายที่ 30% ของราคาโครงการทั้งหมด แต่หากเป็นโครงการบรรเทาน้ำท่วมเดิม ส่วนกลางจะสนับสนุนค่าใช้จ่าย 55% ซึ่งยังคงเป็นค่าสูงสุดที่รัฐบาลยินดีจ่ายอยู่ เพราะเหตุผลเดียวกัน ในขณะที่รัฐบาลท้องถิ่นต้องจ่ายที่ 45% ของราคาโครงการทั้งหมด




**รูปที่** 2 การสนับสนุนค่าใช้จ่ายจากส่วนกลางในกรณีพัฒนาโครงการใหม่

(ที่มา : The World Bank. (2006))




**รูปที่** 3 การสนับสนุนค่าใช้จ่ายจากส่วนกลางในกรณีดำเนินการ บำรุงรักษา และบริหารจัดการโครงการเดิม (ที่มา : The World Bank. (2006))

ค่าธรรมเนียมน้ำ (Water tariff)

อีกเครื่องมือหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับตัวเงิน คือ ค่าธรรมเนียมน้ำ (Water tariff) ในประเทศญี่ปุ่นมีการจัดเก็บค่าธรรมเนียมน้ำที่ต่างกันตามวัตถุประสงค์การใช้และปริมาณการใช้ ยกตัวอย่างเช่น ค่าธรรมเนียมน้ำประปาในครัวจะมีการเก็บสองส่วนคือ ราคาน้ำประปาและราคาบำบัดน้ำเสียจากการใช้น้ำประปานั้น ดังแสดงในรูปที่ 4

| | Fixed charge | | | Variable Charge | | Water tariff strcuture |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Minimum charge | | Flat charge (per surfaced area irrigated) | Increasing block charge | Constant volumetic charge | |
| | Differenetial charge (by water pipe size) | Flat Charge | | | | |
| Domestic water | O | X | X | O | X | Two part charge (fixed + block charge) |
| Sewerage water | X | O | X | O | X | Two part charge (minimum or block charge) |
| Industrial water | O | X | X | X | O | Two part charge (fixed + volumetic charge) |
| Agricultural water | X | X | O | X | X | Flat charge |

**รูปที่** 4 ค่าธรรมเนียมน้ำ (Water tariff) ตามประเภทการใช้น้ำ

(ที่มา : The World Bank. (2006))

การซื้อขายและแลกเปลี่ยนน้ำ (Water trading) การซื้อขายและแลกเปลี่ยนน้ำในภาวะปกติไม่สามารถทำได้ตามที่ระบุไว้ในกฎหมายแม่น้ำ ผู้ใช้น้ำที่มีสิทธิการใช้น้ำเท่านั้นที่สามารถใช้น้ำได้ หรืออาจใช้ได้หากได้รับการอนุญาตจากภาครัฐ สิทธิการใช้น้ำในภาคครัวเรือนและอุตสาหกรรมถูกจัดสรรโดยจังหวัดหรือรัฐบาลท้องถิ่น แต่อย่างไรก็ตามในกรณีที่เกิดภาวะแล้งอย่างรุนแรงคณะกรรมการเฉพาะกิจด้านภัยแล้งจะถูกแต่งตั้งเพื่อดูแลการจัดหาและการแบ่งปันความเสียหายโดยยึดหลักมาตราที่ 53 ของกฎหมายน้ำ ในความเป็นจริงการแลกเปลี่ยนน้ำระหว่างชาวนาในพื้นที่ความรับผิดชอบเดียวกันสามารถทำได้หากได้รับการยินยอมจากทั้งฝ่าย

การทำสัญญาร่วมกันกับภาคเอกชน (Private sector participation contracts) การทำสัญญาร่วมกันกับการบริหารน้ำเนื่องจากเมื่อรัฐดูแลกิจการที่เกี่ยวข้องกับความต้องการพื้นฐาน เช่น น้ำ จะเกิดระบบผูกขาดคือไม่มีคู่แข่งทางธุรกิจที่จะทำให้เกิดการแข่งขันและพัฒนาบริการให้ดียิ่งขึ้น โดยปกติ การทำสัญญารร่วมกันกับภาคเอกชนจะเป็นหนึ่งในสัญญาเหล่านี้ (1) สัญญาบริการ service contracts; (2) สัญญาการบริหาร management contract; (3) สัญญาการกู้ยืม lease contracts; (4) การยอมให้ concessions; (5) การแปรรูปอย่างสมบูรณ์ full privatization, (6) การเริ่มดำเนินการด้านการเงินของเอกชน PFI (Private Financial Initiative); และ (7) การร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน private-public partnership. โดยส่วนใหญ่ในปัจจุบัน การทำสัญญาร่วมกันกับภาคเอกชน จะเป็นสัญญาบริการในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ, การดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสียและการดูแลมิเตอร์น้ำ

ภาษีเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษ

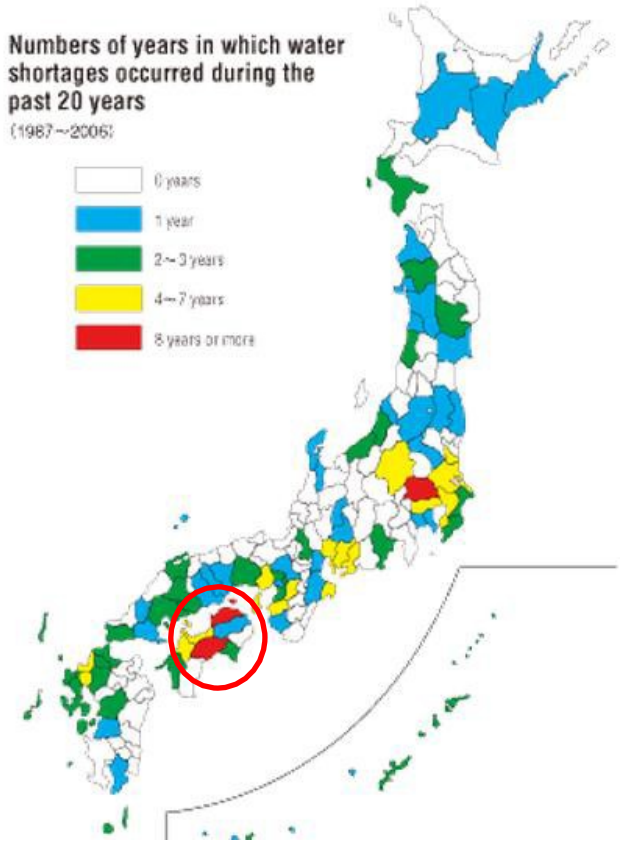
ในญี่ปุ่น โดยปกรายได้จากภาษีทั่วไป เช่น ภาษีเงินได้ หรือภาษีเงินได้นิติบุคคล สามารถใช้ได้กับทุกกิจกรรมของภาครัฐ แต่รายได้จากภาษีเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษจะถูกใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ตามกฎหมายเท่านั้น เช่น ภาษีเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษจากน้ำมันและการซื้อขายรถยนต์ถูกกำหนดให้ใช้ได้เพื่อการก่อสร้างและดูแลรักษาถนนเท่านั้น หรือภาษีเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษด้านน้ำได้แก่ ภาษีเพื่ออนุรักษ์ป่าในจังหวัดโคจิ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออนุรักษ์น้ำบาดาล, การบรรเทาน้ำท่วม และลดโลกร้อน

**4. กลไกการแก้ไขปัญหายามวิกฤติ**

กลไกการแก้ไขปัญหายามวิกฤติด้านน้ำ เช่น น้ำท่วม หรือน้ำแล้งสามารถแสดงได้ดังนี้ ในกรณีน้ำท่วมซึ่งเกี่ยวพันกับความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ตามกฎหมายบรรเทาน้ำท่วม (Flood Control Act) ก่อนเกิดเหตุการณ์ รัฐบาล เช่น สำนักแม่น้ำหรือกรมอุตุนิยมวิทยาต้องทำงานร่วมกันเพื่อจัดหา พยากรณ์ และถ่ายทอดข้อมูลน้ำท่วมไปยังท้องถิ่นและประชาชนในพื้นที่ โดยกรมอุตุนิยมวิทยาสามารถที่จะเพิ่มระดับการเตือนภัยเมื่อเห็นสมควร นอกจากนั้นรัฐบาลกลางยังต้องจัดหาข้อมูลแผนที่ภัยน้ำทวม (Flood hazard information) ทั้ง 108 แม่น้ำหลักเพื่อให้ท้องถิ่นสามารถจัดทำแผนป้องกันภัยได้ขณะเกิดเหตุส่วนกลางและส่วนท้องถิ่นต้องทำงานร่วมกันในการบรรเทาปัญหา ในกรณีน้ำแล้ง ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้ คณะกรรมการเฉพาะกิจด้านภัยแล้งจะถูกแต่งตั้งเพื่อดูแลการจัดหาและการแบ่งปันความเสียหายโดยยึดหลักมาตราที่ 53 ของกฎหมายน้ำ

**5. กรณีศึกษาจากลุ่มน้ำตัวอย่างในกรณีการจัดการในช่วงภาวะขาดแคลนน้ำ**

ลุ่มน้ำโยชิโนะ (Yoshino River Basin) เป็นหนึ่งในลุ่มน้ำหลักของประเทศญี่ปุ่น ตั้งอยู่ในเกาะชิโกกุ (Shikoku Island) ทางตอนล่างของประเทศญี่ปุ่น มีความเกี่ยวพันกับ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดคากาวะ (Kagawa Prefecture) จังหวัดโทกุชิมะ (Tokushima Prefecture) จังหวัดโคจิ (Kochi Prefecture) และจังหวัดเอฮิเมะ (Ehime Prefecture) ปัญหาหลักที่เกิดคือ ปัญหาน้ำแล้งและทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ โดยมีอัตราการเกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำมากกว่า 8 ครั้งในรอบ 20 ปี ดังแสดงในรูปที่ 5




**รูปที่** 5 จำนวนปีที่เกิดการขาดแคลนน้ำในรอบ 20 ปี

(ที่มา : Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2015)

วิธีการแก้ไขปัญหาคือการจัดตั้งคณะกรรมการเฉพาะกิจด้านภัยแล้งเพื่อดูแลการจัดหาและการแบ่งปันความเสียหาย โดยหนึ่งในข้อสรุปเชิงรูปธรรมที่เห็นผล และได้รับการยอมรับจากทุกฝ่ายทั้งภาคเกษตร อุตสาหกรรม ครัวเรือน สิ่งแวดล้อม รัฐบาลกลาง และรัฐบาลท้องถิ่นคือ กฎการตัดน้ำ โดยมีหลักการสำคัญคือ ทุกภาคส่วนต้องแบ่งปันความเสียหายกัน โดยการแบ่งปันจะพิจารณาจากสิทธิการใช้น้ำ และความจำเป็นต่อกิจกรรมด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และด้านกายภาพ ดังตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามในแต่ละลุ่มน้ำจะมีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับการตกลงกันในคณะกรรมการเฉพาะกิจด้านภัยแล้งของลุ่มน้ำนั้น

**ตารางที่** 3 กฎการตัดน้ำในแต่ละภาคส่วน หน่วย %

| รอบที่ | เกษตร | อุตสาหกรรม | ครัวเรือนและบริการ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 25 | 0 |
| 2 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 15 | 30 | 15 |
| 4 | 80 | 40 | 80 |
| รวม | 100 | 100 | 100 |

## 6. เอกสารอ้างอิง


เดือนเด่น นิคมบริรักษ์, ธารทิพย์ ศรีสุวรรเกศ. (2557), การรวมอำนาจและการกระจายอำนาจสู่ท้องถิ่นในการบริหารจัดากรน้ำ, เอกสารประกอบการประชุม สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (ทีดีอาร์ไอ) วันที่ 19 สิงหาคม 2557

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2015), Water Resources in JAPAN, http://www.mlit.go.jp (last accessed: March 9, 2015)

Seigo Nasu. (2014), Laws and how to apply policy and budget, presentation document at March 24, 2014, Bangkok.

The World Bank. (2006), Water Resources Management in Japan: Policy, Institutional and Legal Issues, Environment and Social Development, East Asia and Pacific Region, Washington, D.C.

**NWI Policy Guidelines for Water Planning and Management 2010**

**CONTENTS**


*1. Acknowledgements ..... 2*

*2. Introduction ..... 3*

**2.1. Definitions ..... 5**

*3. Planning ..... 6*

**3.1. Overarching water planning principles ..... 7**

**3.2. Stakeholder engagement ..... 10**

**3.3. Developing the plan ..... 12**

**3.4. Describing the water resource ..... 16**

3.4.1. Current resource base ..... 16

3.4.2. Current use and users ..... 18

3.4.3. Outlook for the resource base ..... 19

3.4.4. Outlook for resource use ..... 21

**3.5. Setting objectives and outcomes ..... 22**

3.5.1. Conceptual framework for establishing a sustainable water extraction regime ..... 23

3.5.2. Assessing trade-offs ..... 26

**3.6. Management arrangements ..... 27**

3.6.1. Water access entitlements ..... 28

3.6.2. Providing for Indigenous water use ..... 32

3.6.3. Environmental water ..... 32

3.6.4. Groundwater specific management ..... 34

3.6.5. Interception ..... 35

3.6.5.a Plantations ..... 38

3.6.5.b Stock and domestic water use ..... 40

3.6.6. Mining and other extractive activities ..... 41

3.6.7. Statutory uses ..... 44

**3.7. Monitoring ..... 45**

*4. Reporting and review ..... 45*

*5. Risk Assessment Module ..... 47*

## 1. Acknowledgements

These guidelines were jointly developed by a working group of the following agencies, working under the auspices of the Council of Australian Governments:

| | |
|---|---|
| Australian Capital Territory | Department of the Environment, Climate Change, Energy and Water |
| New South Wales | Department of Environment, Climate Change and Water |
| Northern Territory | Department of Natural Resources, Environment, the Arts and Sport |
| Queensland | Department of Environment and Resource Management |
| South Australia | Department of Water, Land and Biodiversity Conservation |
| Tasmania | Department of Primary Industries, Parks, Water and Environment |
| Victoria | Department of Sustainability and Environment |
| Western Australia | Department of Water |
| Commonwealth | Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities |
| | Murray-Darling Basin Authority |
| | National Water Commission |

## 2. Introduction

Water resource management in Australia faces a number of challenges. The public increasingly expects the water resource base to be managed sustainably, to maintain the future viability of the resource and all who depend on it. This means resolving issues such as overallocation, increasing demand, decreasing and less certain supplies in some areas due to climate change and poor pricing approaches. Effective water planning needs to provide certainty about the terms of access for consumptive users and the environment through an evidence-based, participatory and transparent process. Water planning is central to dealing with (or preventing) the challenges of stressed water systems through both maintaining the viability of the resource and managing access to the resource to ensure water is properly valued.

In 2004 the Council of Australian Governments (COAG) agreed to the National Water Initiative (NWI) in recognition of the continuing national imperative to increase the productivity and efficiency of Australia's water use, the need to service rural and urban communities, and the need to ensure the health of riverine and groundwater dependent ecosystems by establishing clear pathways to return all systems to environmentally sustainable levels of extraction (clause 5, NWI).

Prolonged and severe drought in southern Australia, the uncertainty associated with climate change, growing demand and the legacy of past decisions are all placing a strain on available water resources. This reinforces the urgency for implementing commitments in the NWI.

These policy guidelines were commissioned in 2008 by COAG as part of its three-year work program on water to facilitate the development and implementation of NWI-consistent plans, building on experience gained to date. The guidelines have been developed by officers from Commonwealth, state and territory water agencies, including the Murray–Darling Basin Authority and the National Water Commission. The guidelines are designed to sit alongside the NWI and provide more detail on water planning aspects. Consistent with the NWI, the policy guidelines are intended to be relevant nationally for all water systems. The guidelines recognise that legislative and administrative arrangements for water resource management differ in each jurisdiction.

These guidelines highlight good practice approaches to planning and management. They are based on the NWI commitments but provide more detail about the issues to be considered. Given the variety of water resources and levels of use around Australia, the guidelines are not intended to be prescriptive. They are relevant to urban bulk water supply but do not address urban water beyond the bulk water off-take.

The objective of these guidelines is to assist all jurisdictions' water planners, policy makers and interested stakeholders in developing and implementing NWI-consistent water planning and management arrangements. The guidelines may also inform authorised agencies with a water management and planning audit function.

**How to use these Guidelines:**

The document uses a hierarchy of overarching water planning principles, with specific principles and considerations providing guidance where relevant. Principles should be applied in all situations and the related considerations are those things that should be taken into account during the planning process. Sections should not be read in isolation as the preceding principles generally apply.

Electronic versions of these Guidelines will include links to case studies and tools to support water planning and management as these are developed.

## 2.1. Definitions

The terms below that are used in these guidelines are intended to either revise or build on the corresponding terms used in the NWI (Schedule B(i) and B(ii)).

*Total resource* is the total water available within a given system at a given time or during a defined planning period. It may be described in a number of ways, for example as a long-term average with a confidence interval. It may also be referred to as the total pool.

*Consumptive pool* is the portion of the total resource that may be made available for consumptive use at a given time or during a defined planning period, either through water access entitlements or other statutory rights (for example, stock and domestic use, fixed term water licences) or unregulated use such as some interception activities.

*Environmental and other public benefit outcomes* that are specified in water plans may include a number of aspects such as:

- environmental outcomes: the maintenance of key environmental assets and key ecosystem services and functions (such as biodiversity and water quality)
- other public benefits: mitigating pollution, public health (for example, by limiting noxious algal blooms), Indigenous and cultural values, recreation, fisheries, tourism, navigation and amenity values.

*Sustainable water extraction regime* is the level of water extraction allowable in a particular water resource (including the volume, timing, location and management of flows and extraction) that ensures that the *Environmental and other public benefit outcomes* as well as critical human needs, defined in approved water plans can be met at a specified level of risk.

*Overallocation* refers to situations where, with allowable full development of water access entitlements and all other forms of authorised[1] use in a particular system, the total volume of water allowed to be extracted by entitlement holders and other authorised users at a given time exceeds the sustainable water extraction regime for that system.

*Overuse* refers to situations where the total volume of water actually extracted in a particular system at a given time exceeds the sustainable water extraction regime for that system.

For more clarification about the different terminology relating to water entitlements used by the states and territories, please see: <http://www.nwc.gov.au/resources/documents/Dictionary-Water-Entitlement-terms-PUB-0406.pdf >

A searchable dictionary is available at <http://dictionary.nwc.gov.au/water_dictionary/ >

[1] An authorised use is any water use that is allowed through statutory rights and includes uses specifically excluded from licensing systems.

## 3. Planning

Clause 37 of the NWI commits states and territories to water planning that will provide for:

a) secure ecological outcomes by describing the *environmental and other public benefit outcomes* for water systems and defining the appropriate water management arrangements to achieve those outcomes, and

b) resource security outcomes by determining the shares in the *consumptive pool* and the rules to allocate water during the life of the plan.

Schedule B(i) of the NWI defines a water plan as:

> *statutory plans for surface and/or ground water systems, consistent with the Regional Natural Resource Management Plans, developed in consultation with all relevant stakeholders on the basis of best scientific and socio-economic assessment, to provide secure ecological outcomes and resource security for users.*

For the purpose of these guidelines, a water plan is a legally enforceable plan (noting that a plan may be a single legal instrument or a number of legal and policy instruments working together) that defines the allowable level of diversion or take of water from a defined water resource that is environmentally sustainable, and sets out the arrangements for sharing the water available for consumptive use among competing users. These guidelines do not address water sharing at the retail level (such as among urban consumers).

Whilst different approaches are possible, water planning is essentially the vehicle for the setting of sustainable environmental, social and economic objectives for the management of water resources. Effective water plans establish the rules to meet environmental objectives and for users to share water resources by providing certainty of access to a share of water over an agreed timeframe. The planning process should aim to meet environmental and consumptive needs within an evidence-based, participatory and transparent process. Potential and emerging threats to the resource, including climate change, need to be taken into account in the water planning process.

Water planning is central to dealing with the challenges of stressed water systems. It imposes a discipline to clearly define environmental objectives and strategies. The process also brings accountability for achieving those objectives.

## 3.1. Overarching water planning principles

Figure 1 below sets out the generic steps to be taken in water planning. These may vary according to the scale of the planning task.

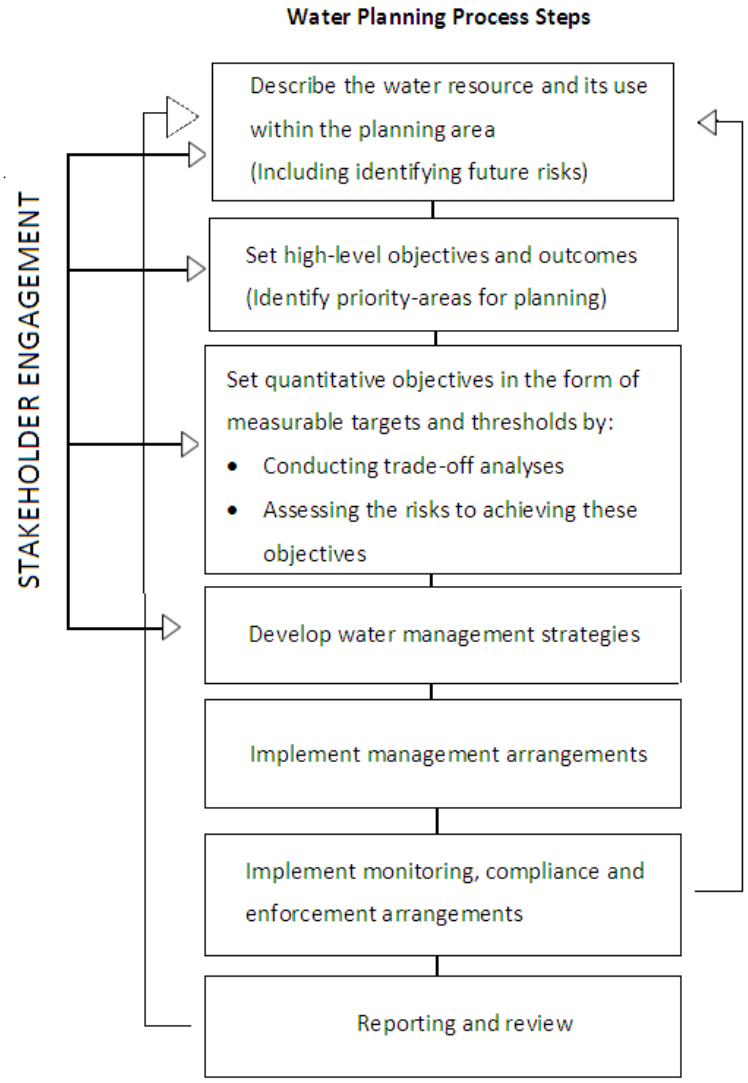



**Figure 1: Water Planning Process**

A number of overarching principles for water planning are as follows:

- *All water plans should have a statutory base.* This can be achieved in a number of ways, for example through a single legal instrument (such as with water sharing plans in New South Wales), a number of instruments (as with water resource plans and resource operations plans in Queensland), or a number of instruments and policies (such as Sustainable Water Strategies, bulk entitlements and management plans or rules in Victoria; and in licences controlled by water allocation plans in Western Australia).
- *All water plans should include a clear water budget.* Water management requires reliable information about the resource and its use. Water plans should be based on a full assessment of the availability and use of the resource and expected future changes.

- *Water planning processes should consider all forms of water use*, including those that are not currently subject to water access entitlements. Where the amount of water likely to be intercepted by particular activities without a water access entitlement during the planning period is, or could be, material to the water budget, the impacts of those activities should be accounted for within the consumptive pool. That is, the environment should not bear the risk for increases in interception activities. Water use by intercepting activities which are outside the entitlement regime, for example the forestry, mining/petroleum and energy sectors, and for activities such as stormwater harvesting should be brought into the water planning process for a consistent, integrated approach to water resource management.
- Monitoring is essential. Water management requires reliable information about the resource and its use. Water monitoring, including metering, should be implemented using a risk-based approach. In high-use, high-risk systems, there may be a justification for monitoring through metering of most water uses. In low-use, low-risk systems, a less intensive monitoring regime can be justified. Monitoring through metering is also important for compliance and billing purposes.
- Surface and groundwater should be managed in an integrated manner. The NWI requires an assessment of the connectivity between surface (including overland flow) and groundwater systems. If it is shown that the connectivity between these two systems affects the management of the water resource, surface and groundwater should be managed as a single resource. Ideally, this should be through a single plan or at least through plans that refer to each other in an integrated way.

  In such areas, the entitlement and allocation system needs to consider the available water as a single resource. This does not preclude having separate surface and groundwater entitlements, but the impact of one type of entitlement on the other needs to be quantified and factored into transactions. If there is insufficient information to quantify the impact, then a precautionary approach[2] should be taken which, in practice, means that it should be assumed that the system is highly connected.
- *Indigenous water needs should be recognised*. The planning processes should consider Indigenous needs in relation to water access and management, incorporating Indigenous social, spiritual and customary objectives and strategies; respecting traditional knowledge; and taking account of the possible existence of Native Title rights. Access to water for commercial uses may also be important to many Indigenous communities.
- Rights of existing uses and users should be recognised. The water planning process should recognise the rights of existing authorised water users to a share of the resource.
- *All water access rights* should be clearly defined. Water access rights are conferred under a state or territory law. These rights authorise the holding or taking of water from a water resource. They cover a range of instruments, including water access entitlements (a tradeable share of the resource), stock and domestic rights, licensed use and other forms of authorised use such as riparian rights. The nature of rights

[2] A precautionary approach recognises that the absence of full scientific certainty shall not be used as a reason to delay action where there is a risk of irreversible harm.

should be clearly defined, including their nature, extent and duration, and any caveats such as on use or trade.

- *All decision making should be transparent and explicit.* Stakeholders should be able to identify and understand how environmental and other public benefits and social and economic objectives are identified. The decisions that balance the water requirements for the environment with the water demands of consumptive users should be made clear. This should involve actively and transparently considering and settling the trade-offs between competing outcomes for water systems, using best available science, social and economic analysis and community input, and addressing impacts on affected entitlement holders and communities. Similarly, all objectives and outcomes included in water plans should be explicit so their achievement is measurable.
- *Stakeholders should be engaged throughout the planning process.* The planning process should actively involve consultation with the local community, including Indigenous people, and other relevant stakeholders, and identify all water use values and associated water regime requirements. There should also be an emphasis on building a community understanding about the water and related resources. In order to be transparent, the process by which objectives and outcomes of water plans are identified should be made publicly available, including the information base upon which trade-offs and decisions are made.
- Consider other relevant plans. This may involve harmonising individual water plans with relevant regional natural resource management, development and other plans. Cross-border water plans should preferably be developed on the same planning cycle and with cross-border consultation.
- Use knowledge-based decision making*.* All available relevant data, information and knowledge about the water resources of the planning area and the associated environmental, physical, social and economic environment, should be collated, documented and made publicly available. Water plans should be underpinned by best available scientific knowledge and socio-economic analyses.
- Apply a risk-based approach*.* Risk-based approaches should be an integral part of all decision-making processes in water planning and should be made explicit. Water planning should put in place mechanisms to manage uncertainty and adapt to improved information and knowledge, including monitoring and reporting. Plans should also be robust to a range of future climate scenarios, and allow for the possibility that water availability may occur outside the planned range. In these cases, plans should include clear rules or processes to describe how such unprecedented or unplanned situations will be managed. This will allow water users to understand and manage their own risk profiles. In highly uncertain water resources, plans should be of short duration or reviewed regularly.
- *Use professional judgement as appropriate.* Where there is limited scientific knowledge and socio-economic analysis to inform the decision-making process, greater reliance on professional judgement is required. Professional judgement is applied to weigh up the level of confidence in the information available and the capacity to manage in the context of the policy direction for the area. The uncertainties and considerations need to be made explicit.
- Adequate resources*.* Water planning and management is a complex business. It requires adequate funding and other resources. The counterpoint to adequate resourcing is to put in place planning and management arrangements that will allow

planning objectives and outcomes to be achieved at least cost. For example, water resources with low levels of use may need a less complex plan (see section *3.3*).

### 3.2. Stakeholder engagement

For stakeholders to have confidence in decisions affecting water resources and the wider environment, they need to know that these decisions are based on sound information, have canvassed all relevant issues, and have been subjected to a methodical, transparent and accountable decision-making process.

Consequently, the development of a water plan relies on the participation of relevant accountable agencies, water users and the broader community. The responsibility for making decisions and finalising plans however rests with the accountable agency and/or the relevant Minister. Central to such an approach is a considered engagement process that incorporates clear communication, open access to supporting information and documentation of the decision making process and outcomes.

**PRINCIPLES**

- *Stakeholder identification.* Stakeholders include a range of interest groups from private water users, to Indigenous representatives, affected industries, environmental and science groups and the general public. Stakeholders directly impacted by water planning (both consumptive water users and others) should be identified through this process.
- *Timing of stakeholder engagement.* Stakeholders should be engaged early in the planning process. Stakeholders may be able to provide key information or contribute new ideas to assist the planning process.
- *Type of engagement.* To engage the range of stakeholders, a number of communication methods may be required, including large and small group meetings and publishing materials in a range of languages. It is important that the objectives of engagement are specified so that expectations are realistic. This includes a clear enunciation of the parameters for engagement, such as what can and can't be accommodated in any consultation process.
- *Adequate information and opportunity for input.* Consultation should be ongoing throughout the planning process with regular updates. Stakeholders should be given adequate time to consider the information base to be used for plans. Consultation processes should be designed to ensure all stakeholders have equal access to information and input in the water planning process.
- *Stakeholder engagement in setting outcomes.* Stakeholders should be given opportunities to comment on the proposed mix of objectives and outcomes being sought in water plans (recognising that the government is the ultimate decision maker on these issues).
- *Consideration of structural adjustment issues.* The NWI commits governments to consult affected water users, communities and industry about adjustment issues brought about by reduced water availability.

**CONSIDERATIONS**

- **Manage expectations**

The expectations of stakeholders can affect the success of planning outcomes. What is included within the scope of the planning process should be clearly specified to all stakeholders at the beginning of a process. Stakeholders should have an understanding of the impact that the requirements of one stakeholder will have on the requirements of another. This will facilitate discussion about the objectives and outcomes.

- **Reduce inequalities in bargaining power**

Engagement processes should recognise that different groups have different access to information; support should be planned for this, ensuring that all stakeholders have an opportunity to contribute. For effective engagement, particularly of Indigenous people and those from non-English speaking backgrounds, water planners should begin the process of information and capacity building early in any water planning process. Indigenous and other communities may have a low knowledge base of established water planning ideas, processes and practices. These communities may require appropriate methods for consultation and engagement to allow their knowledge and opinions to be an effective input to the planning process.

- **Language**

The language used in the provision of information can affect the level of understanding of the information. This is particularly the case with scientific concepts, findings and data. Information should be in plain English and focus on what it means for the water planning process.

- **Timing**

There is a need to allow sufficient time for appropriate engagement. A rule of thumb is that at least 12 months should be provided for engaging stakeholders in the planning process when capacity building is required. Stakeholders need time to develop the skills to participate in a meaningful manner. The water planning agency should consider how it can support capacity building for the community to participate in the water planning process.

- **Stakeholder authority**

Confirmation of the authority of representatives to speak on behalf of stakeholder groups, and the bona fides and relevance of such groups, should be established before the engagement process commences.

- **Cultural sensitivities**

Cultural sensitivities and perspectives should be accommodated and an understanding of how these affect the perspectives of stakeholders should be developed.

- **Maintaining engagement**

Stakeholders should be kept informed of developments and provided the opportunity for regular contact. Doing so encourages a sense of involvement and engagement and minimises stakeholder alienation.

### 3.3. Developing the plan

A key question for water planners is 'when is a plan justified?' A water plan may not be justified in low-use low-risk systems, or perhaps only a very basic plan is needed in these cases, whereas in high development water systems and conservation water systems the development of a detailed plan may be necessary. Increasing pressure on the resource and risks of environmental harm are usually the main drivers for a water management plan. Policy priorities, stakeholder commitments, and rapid changes in demand or climate projections also influence planning priorities. Before planning commences, the purpose, objectives, direction, duration, process and scope of the plan should be established.

Confirming the type of plan to be developed depends on its purpose: what issues need to be resolved, what management approach is possible, and at what scale this management should occur.

Establishing a direction or a position early in the planning process is needed to provide a common focus for the plan and to set a high level objective. This will help to inform the specific objectives for the water resource and the choice of management arrangements to implement the plan.

Confirming the scope of the plan identifies the resource under study, the level of investigation and information to be undertaken, the timeframe for the plan and the nature of project management and program resourcing required.

**PRINCIPLES**

- *Identify the type and scale of plan required.* The water system classification (see below) can provide guidance on the type, and hence, level, of water planning required – and therefore the extent of any preparatory work undertaken. All plans should have a statutory basis. Risk based assessments should also be considered in determining the type and scale of planning required.
- *All plans should specify the sustainable water extraction regime for the system*. Establishing the sustainable water extraction regime will require identification of key environmental assets, and key ecosystem services and functions to be protected, and their water requirements. This will involve at some level the possible impact of future climate variability and the need to consider possible trade-offs between environmental outcomes and consumptive use.
- *Risk-based assessments should underpin the various stages of water planning*. Risk assessments should inform decisions about the type of water plan, the water that is to be included, the objectives and outcomes, and the management arrangements (including indicators and strategies for achieving objectives and outcomes, monitoring, compliance and enforcement).
- Water plans should specify the period for which they apply. The timeframe of a plan should be informed by the extent of available information and the level of uncertainty around the future availability and demand for the resource. The selected timeframe needs to balance these factors with the need for certainty. Plans should also detail arrangements for the continuation of plans in the event of unprecedented events.
- *Water plans should include allocation rules.* These rules set out the basis of allocation decisions for the water resource throughout the life of the plan. The rules should be robust for a range of water availability scenarios and identify trigger points where

management actions need to be taken to respond to changes in circumstances. Consideration needs to be given to what sort of events may occur, their likelihood and the potential impact on the water resource. Once this has been determined, then rules can be developed to deal with these events.

The rules should be designed to work for the vast majority of water availability scenarios (for example, in 90-95 per cent of cases) and to optimise water allocation within that range. A good practice is for the rules to be demonstrated prior to plan implementation, so that they are fully understood by water users.

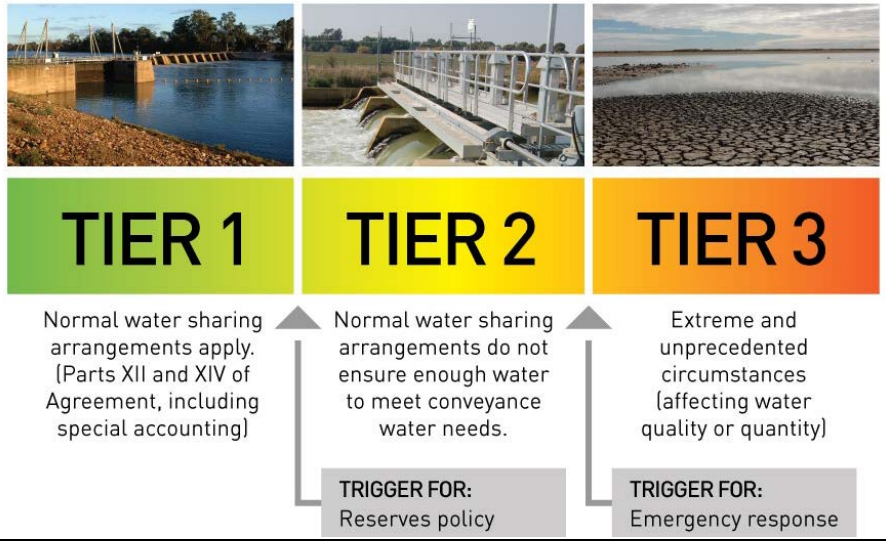
- *Mechanisms for dealing with unprecedented events should be included in plans.* As indicated above, water allocation rules should be robust to cater for most water availability scenarios so that plans are operating under 'normal' conditions nearly all of the time. However, unprecedented events should be contemplated and mechanisms put in place to manage them. This includes identifying roles and responsibilities for the decisions and actions that could be taken. Such actions should be specified within the plan as alternatives to the normal rules and provide for the adoption of alternate water sharing rules. Where relevant, water plans should identify specific triggers for the activation of alternative rules. See Box 1.
- *Indicators need to be established.* Indicators that will show if the water plan's outcomes have been achieved should be included in the plan. The indicators should match the outcome(s) and may be expressed as a range. Ideally indicators should be quantifiable and selected to show whether a range of objectives have been met. For example, the health of a specific wetland could be used as the surrogate for the health of other nearby wetlands. The aim should be to identify as few strategic indicators for the plan as possible, because rules need to be developed that can provide improvements in each one. Indicators should isolate the effects of the plan and the influence of externalities should either be quantified or separated.
- *Take into account other natural resource management issues*. To the extent possible, water plans should be consistent with and complement broader natural resource management objectives. Water plans should identify any restrictions on the impacts of infrastructure development or other resource management issues on achieving a sustainable water extraction regime.

**Box 1 - Water Sharing Arrangements to meet Critical Human Needs in the Murray–Darling Basin**

The Murray-Darling Basin Agreement includes mechanisms to deal with the impact of unprecedented low water availability affecting the distribution of water in the southern Murray–Darling Basin. These mechanisms are the so-called 'tiers' for water sharing that are to be addressed in a new Schedule to the Agreement and reflected in the Basin Plan.

The tiers for water sharing provide for responses to be initiated when there is not enough water available to ensure that critical human water needs are met along the River Murray system. In situations where there is enough water available to meet critical human water needs, but the normal sharing arrangements do not ensure sufficient water to deliver this water (a shortfall in 'conveyance' water), then the Tier 2 arrangements are triggered. Tier 2 enables the normal sharing arrangements to be modified and contingency measures to be implemented in order to secure sufficient water for conveyance. Tier 3 arrangements are triggered when 'extreme and unprecedented' circumstances affect either the quality or quantity of water available for critical human water needs, requiring an emergency response.

The objective of both Tier 2 and Tier 3 is to facilitate a return to normal Tier 1 arrangements as soon as possible while providing a mechanism to deal with shortages of water in the system.




## CONSIDERATIONS

- **Water system classification**

There are generally three broad classes of water systems for planning and management. These, and other considerations, can provide guidance on the extent of water planning required. The classes are:

1. *Conservation water systems* have little or no water resources development, retain a high degree of naturalness, and are designated for protection. They may require significant effort to manage and maintain conservation values. Such systems would generally have rules that control water extraction or changes in flows of surface waters or levels of groundwater to minimise impacts on the conservation values of the water resource. For example, rivers declared under Queensland and New South Wales 'wild rivers' legislation would currently fall into this class.

2. *Low-development water systems* have low levels of demand for water supply and low risks to ecosystems. They can be managed by general or regional management arrangements as well as by simple water plans. Low-development water systems may have a simplified water management approach with some entitlements or specifically authorised uses because a fully developed entitlement system is not cost effective. In such cases, jurisdictions are expected to have "an ongoing process … in place to assess the risks of expected development and demand on resources … with a view to moving these areas to a full entitlement framework when this becomes appropriate for their efficient management" (NWI clause 33ii). Some water systems covered by New South Wales macro water plans are examples of low-development water systems. Unincorporated groundwater areas are also examples of low-development water systems where use is low and water quality is generally low. Such areas feature low development of the groundwater and generally have low yielding aquifers and highly variable water quality.

   The NWI requires that an ongoing process will be in place to assess the risks of expected development and demand on resources. This applies to poorly understood or undeveloped areas; these areas should have a full entitlement framework applied when this becomes appropriate for efficient management.

3. *High-development water systems* are those where current or projected future demand for water is high, or the system is close to or overallocated. In such systems, climate change estimates may suggest a high level of risk to key ecosystem attributes. In these cases, a statutory water plan should identify the trade-offs to be adopted and the management regime to be followed.

   If there is overallocation in such systems, there is a clear expectation under the NWI that water plans will include a pathway for bringing systems back to sustainable levels of water extraction.

- **Identifying the type of plan**

In conservation water systems, a limit on the total allocation should be set; and management should be delivered through individual instruments to protect the resource while still maintaining the security of entitlement for water users.

In low-development water systems, there is less pressure on the resource; however, the knowledge base may be such that a risk management approach to planning is used. Such management would take a low-risk approach to determining the amount of water available, based on the confidence of the supporting information and the capacity to manage the resource in meeting the high-level objective for the plan area.

In high-development water systems, the resource may be allocated up to the limits of sustainability. In such cases, more accurate biophysical and socio-economic information is required to ensure a very precise level of management. Sophisticated modelling of various abstraction scenarios against resource constraints is used to support decisions. Such a management approach allows for periodic varying of the total allocation in response to climate, giving users a secure entitlement to a share of available water. This type of management is supported by contemporary policy instruments to place an appropriate value on water as well as optimise the use of fit-for-purpose water and water from alternative sources. This management approach includes recovery mechanisms where required supported by appropriate metering and monitoring against thresholds mapped to targeted responses.

- **Establishing sustainable water extraction regimes**

In order to establish sustainable water extraction regimes scientific processes and techniques are needed to:

- prioritise ecological assets
- identify and quantify the level of water dependency of these assets (including water quality) using best available knowledge, and a precautionary approach where information is lacking
- specifically for groundwater dependent ecosystems – determine the area of influence of groundwater extraction and changes in water level or piezometric surface that may affect groundwater dependent ecosystems
- assess the risk to the ecosystem, including the susceptibility to water quantity and quality deficiencies of individual ecosystems within a water system
- set resource objectives
- determine the extraction regimes that minimise this risk.

The extent of detail will be relative to the nature of the water resource, the level of risk and the type of plan to be prepared.

## 3.4. Describing the water resource

The first step in any planning process is to describe the water resource and identify all uses and key users. This involves looking at the:

- current resource base
- current use and users
- outlook for the resource base
- outlook for resource use.

Further details on these aspects are provided below.

### 3.4.1. Current resource base

**PRINCIPLE**

*A description of the current resource base should include*:

- the quantity, quality and variability of all water resources, potable or otherwise. Brackish to saline groundwater resources should be included as some industries are not dependent on potable supplies alone
- the degree of connectivity between surface and groundwater resources, in order to minimise the potential for double-counting
- information on key environmental assets, including groundwater dependent ecosystems and; key ecosystem services and functions (such as biodiversity and water quality), and the water regimes needed to keep them healthy

- information and quantitative assessment of existing interception, and
- the infrastructure assets used to deliver water to the environment or consumptive users.

This information will form the basis of a risk assessment for the current resource, and it will inform the development of future options. It is important that this type of information is provided early in the planning cycle to allow stakeholders to have an adequate time to be meaningfully involved in the planning process.

**CONSIDERATIONS**

- **Water quantity**

Good information on water quantity is fundamental to determining the environmental, economic and social outcomes of water planning. All water sources should be included in an assessment of the current resource base.

- **Water quality**

Understanding water quality and the factors that impact on it is necessary for ensuring that water used is fit for the specified purpose. In coastal areas, where overextraction can lead to seawater intrusion, groundwater flow regimes need to be maintained to prevent deterioration in water quality which may impact on consumptive use and groundwater dependent ecosystems.

- **Environmental assets and functions**

All available information on the environmental assets of the water planning area, and downstream areas that the water planning could affect, should be considered. This includes assets within and adjacent to the riparian zone, groundwater dependent ecosystems, and estuarine and near coastal environments.

It is important to understand the significance of the assets, their ecological water requirements, and other management needs. Knowledge gaps should be identified and, wherever practicable, addressed.

The Commonwealth, states and territories are working collaboratively to develop a framework to identify and classify Australia's high conservation value aquatic ecosystems (HCVAEs). The key purposes of the framework are: to assist jurisdictions to meet their NWI commitment to identify and manage HCVAEs within their water planning frameworks to protect and enhance their values; and to identify a subset of nationally significant HCVAEs to assist the Commonwealth in focusing its natural resource management investments. The HCVAE framework is expected to be trialled in northern Australia and the Lake Eyre Basin with a view to completing a draft framework in late 2010.

The use of national databases and national methods for identifying environmental assets and functions should be supplemented by state and locally held information. Some sites may not be 'nationally' significant, but they can have particular importance to local communities.

### 3.4.2. Current use and users

The use and users of water can be characterised in terms of key groups. Plans should identify the quantity of water used by each group, and the linkage between water use, users and the specific instruments providing for such use should be detailed.

**PRINCIPLES**

- *Multiple use.* The reality that water resources have multiple demands placed upon them should be reflected in the assessment. In addition to water for the environment (see 3.4.1) and conveyance water, the characterisation of uses and values of water should include the following consumptive and non-consumptive uses, all of which have significant economic value:
    - primary industries (irrigation; on-farm use; stock watering; plantations; aquaculture; consumption of fish and shellfish)
    - recreational purposes (primary recreation, secondary recreation, visual appreciation)
    - water for domestic use
    - emergency water
    - water used to fulfil management objectives (such as salinity management)
    - industrial use (such as mining, manufacturing)
    - maintaining cultural and spiritual values.

**CONSIDERATIONS**

- **Indigenous water values**

An assessment of Indigenous water values and needs in water plans should be considered where there is likely to be a significant impact on Indigenous interests. NWI sections 52 to 54 require that Indigenous water values be included in planning processes, account for native title rights to water under the Commonwealth *Native Title Act 1993*, and account for allocation to traditional cultural purposes. Such purposes may be for Indigenous access to a water source rather than use of the water (for example, the Great Artesian Basin Mound Springs). Other examples of cultural values may include flow requirements to provide water for a billabong so that important ceremonies can be held. Indigenous values and the water regime needed to provide these should be determined through consultation.

Respectful and timely consultation enriches planning by incorporating Indigenous traditional knowledge of interconnectivity and ecological flow requirements for factors such as fish breeding, reed growth and bird breeding. See Box 2.

- **Potential impacts on downstream users and the environment**

The impact of water plans on water resources outside the planning area should be taken into consideration. This includes estuarine and coastal environments where fresh surface and groundwater flows are required to protect ecosystems and other uses (such as seagrass and prawn farming).

- **Identify overallocation and overuse of water resources**

The NWI contains a clear commitment that all parties will address any overallocation and overuse of water resources, and ensure that water plans provide a pathway for substantially addressing this issue by 2010.

**Box 2 – Indigenous water values in the Great Artesian Basin**

The natural springs and soaks of the Great Artesian Basin have been important to Indigenous people for thousands of years, and they provide important insights into the nature of these features. The development and maintenance of Indigenous culture in much of the Basin depends on sustainable access to Basin water.

In the year 2000, the Great Artesian Basin Strategic Management Plan recognised the need to incorporate Indigenous values and knowledge into management plans. Such plans need to recognise that a different approach to water management may be required due to cultural values and that Indigenous enterprises may have similar water requirements to non-Indigenous enterprises.

In 2008, New South Wales released the Water Sharing Plan for the NSW Great Artesian Basin Groundwater Sources 2008, which specifically identifies aquifer access licences for Aboriginal cultural and community development. These access licences allow the taking of water by Aboriginal persons or communities for personal, domestic and communal purposes, and for recreational, cultural and ceremonial purposes and have associated performance indicators.

In South Australia in 2009, the Water Allocation Plan for the Far North Prescribed Wells Area recognised the cultural significance of Indigenous water sites such as the traditional Aboriginal economics associated with the Mound Springs. The principles in this Plan complement the Commonwealth Native Title Act 1993 in the allocation of and accounting for water to native title holders for traditional cultural purposes.

<http://www.gabcc.org.au>
<http://www.artesianaction.com.au/templates/aa_content.aspx?pageID=83>
<http://www.saalnrm.sa.gov.au/Our_Plans_for_the_Region/Water_Allocation_Plan_.aspx>

### 3.4.3. Outlook for the resource base

The future outlook for the resource base requires a comprehensive look at the range of drivers affecting future resource availability within the planning cycle timeframe.

The analysis should be transparent about the level of uncertainty in the prediction of future resource availability.

**PRINCIPLES**

- *A risk assessment* (see 'Risk Assessment Module') that encompasses a wide range of threats should assess the full range of possible future impacts – including scenarios such as climate change, interception, land use change, bushfires – and it should be outlined in any assessment of water resources.
- *Assessments of future climate* should not necessarily be solely based on the long-term historical average, and the rationale as to what final climate sequence is to be utilised for the plan should be clearly articulated.
- *A range of scenarios should be considered.* Water plans should incorporate and describe, for public review, water resource modelling and testing for allocation under interception, land use, and climate change scenarios. This should also include sensitivity analysis and the accuracy of rainfall and run-off models.

## CONSIDERATIONS

- **Known risks need to be assessed**

Modelling or estimating and allocating the resource should include known risks, including climate change. Recent experience in southern Australia indicates that relying on more recent data rather than the entire post-1900 record may be a more realistic, and conservative, basis for modelling of future scenarios, especially in the south-eastern and western parts of Australia. See Box 3.

- **Other water sources need to be considered**

Opportunities to use other water sources, such as recycled or reclaimed water or brackish and saline water should also be considered under the planning process. The use of such water, where appropriate, may 'free up' potable water for a greater range of uses and users.

- **Setting the pace of change**

As part of the planning process for the water plan, the opportunity costs of the various trade-offs need to be considered. This is particularly so in relation to threats such as climate change. If the available knowledge and data indicate a slightly drier or wetter climate in, for example, 40 years time, then the water plan or planning cycle should incorporate the resulting changes that may occur during the planning period, either at the start or at a specified time during the life of the plan. If drier conditions are predicted, there could be a significant opportunity cost of making adjustments immediately. Similarly, there are opportunity costs of not using water now if a wetter climate is predicted under climate change scenarios.

**Box 3 – Climate change assessments**

In the past few years, there has been a significant amount of work on climate change in Australia. For example the sustainable yield projects by the CSIRO and others provide a useful benchmark for resource assessment of ground and surface water resources, reporting on possible land management changes, current and future climate scenarios.

To date, these water resource assessments have been completed for the Murray–Darling Basin, Northern Australia, Tasmania and south-west Western Australia. CSIRO has used future climate and current development to assess the range of likely climate conditions around the year 2030. Three global warming scenarios are analysed in 15 global climate models (GCM) to provide a spectrum of 45 climate variants for 2030. The scenario variants are derived from the latest modelling for the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. All 45 future climate and current development scenario variants are used in rainfall-runoff modelling; however, three variants – a 'dry', a 'mid' (best estimate – median) and a 'wet' variant – are presented in more detail and are used in river and groundwater modelling.

<http://www.csiro.com.au/partnerships/SYP.html>

### 3.4.4. Outlook for resource use

The social, technological and economic drivers of changes to the use of water resources should be assessed to develop a picture of the likely future water needs of the catchment over the planning cycle timeframe.

The analysis should be transparent about the level of uncertainty in the prediction of future resource availability.

**PRINCIPLES**

- *Future drivers for water use.* A wide-ranging assessment of future drivers for water use is needed, taking a whole of economy and society perspective. This should incorporate changes in demand for water such as from land use, population, and climate change and also changing community attitudes. Scenarios that both increase and decrease the demand for water should be considered. See Box 4.

**Box 4 – Future drivers of water use**

Whilst it is not possible to predict exactly what the future drivers of water use will be, scenario planning is a means by which possible futures and their water use implications can be explored. Scenario planning for water use involves projecting population, climate and other key variables, making clear assumptions about other drivers, inferring impacts on supply and demand, and generating scenarios. This approach allows possible future issues with water management to be considered and factored into planning processes now.

Future planning scenario work, such as that by CSIRO, provides useful insights into the future drivers of water use.

<http://www.cse.csiro.au/publications/2002/fulldilemmasreport02-01.pdf >

**CONSIDERATIONS**

- **Future Indigenous use**

The NWI requires water plans to take account of the possible existence of native title rights to water.

- **Climate change**

Climate change impacts will not only affect resource availability but also the extent of demand. Available information on the impacts of climate change should be incorporated into the planning process as this will directly impact on environmental, social and economic outcomes.

- **Changing land use**

One of the challenges in water resources planning is to predict the system's response to a given rainfall, especially in ungauged catchments. Calculating this response is normally done through a rainfall–runoff model or other hydrologic techniques if adequate data are not available to configure and calibrate such models.

This becomes more difficult when predictions of different land use change need to be incorporated, as the amount, location and timing will all impact on the rainfall–runoff response and hence water availability. Although existing models and techniques can account for these changes, an important consideration is how the model parameters or

techniques could change under different land uses; a sensitivity analysis is required to assess this.

- **Sensitivity analysis**

When using simulation models that can integrate hydrological, water-quality, land use and socio-economic aspects of resource management, a sensitivity analysis is required to help understand how the outputs of the model respond to changes in inputs. For such models to be useful in predicting the effects of management actions, the sensitivity of predictions to uncertainties affecting them should be understood and quantified as far as possible.

Sensitivity analysis helps identify the input parameters that should receive the most attention. Assessment of sensitivity and uncertainty is closely associated with the selection of model structure and estimation of the model parameters.

## 3.5. Setting objectives and outcomes

Water plans should include high-level statements of objectives that encompass government, industry, and community views about how the resource is to be managed for environmental and human benefit. Specific outcomes for the environment, resource access and the wider economy, and other public benefit outcomes should also be explicitly identified, as required by the NWI.

**PRINCIPLES**

- *Set planning timeframe.* The time period covered by the plan should be considered at the outset of any process developing objectives and outcomes for water plans. This requires balancing the security of tenure of water users with the flexibility of plans to adapt to changing water regimes.
- *Set high-level strategic objectives for water plans.* These should set the broad direction for water resource management. For example, a water plan in an irrigation area will have different objectives to a 'wild rivers' area – and yet both of these objectives are appropriate.
- *Set measurable outcomes.* To be effective, outcomes for the environment, public benefit and consumptive use need to be measurable. The plan should set outcomes that are to be achieved over the life of the plan, including an adequate description of both outputs and outcomes to ensure progress can be assessed.
- *Assess the trade-offs and risks for a credible range of competing outcomes* from water resource use, using best available science and a socio-economic analysis of possible impacts on affected water users. The opportunity cost of basing planning on overly conservative future possible water availability should be considered during the trade-off process.
- *Use thresholds.* Plans should specify the acceptable level of risk of not achieving the outcomes set out in the plan. Where relevant, threshold values should be set, which become triggers for management action if they are breached.

### 3.5.1. Conceptual framework for establishing a sustainable water extraction regime

**PRINCIPLES**

- *The sustainable water extraction regime should preferably comprise three interrelated elements as follows:*

  a) *An optimal range including a volumetric target*. This range describes the long-term maximum level of consumptive use that will allow the plan's environment and other public benefit outcomes to be achieved. Such a range could be calculated in a number of ways, including using a long-term rolling average, or a formula based on modelling. The approach will vary with a number of factors, including the level of knowledge and whether the resource is a regulated or unregulated surface water system or a groundwater system.

  b) *The probability of achieving water extraction within the optimal range.* Given the variability of systems and the imperfect state of knowledge, it is necessary to consider how often the level of consumption could fall outside this optimal range before the achievement of outcomes is put at an unacceptable risk. Water planning should aim to ensure that the optimal range of water extraction is not exceeded more often than some predetermined frequency. For example, a scientific analysis might suggest that if water consumption is maintained within the optimal range with a 90 per cent probability, it is highly likely that the environmental outcomes sought in the plan will be achieved.

  c) *A threshold* – or trigger point – that indicates the level of consumptive use above which there is an unacceptable risk of compromising the outcomes of the plan. If the level of use results in the threshold or trigger point being exceeded, then remedial management action of some kind is required. If use above this trigger point continues, then the water system is deemed to be overused. This threshold or trigger will be a higher level of water extraction than the volumetric target in point (a). Such a threshold could be set in a number of ways, for example:

     - as a proportion of the target at (a)
     - as a minimum volume
     - as a formula based on modelling
     - as a surface pressure target (in confined groundwater systems).

     Again – the choice of the appropriate method for calculating will vary depending on the nature of the resource and other factors.

  By using the three elements in (a)–(c) above, it should be possible to optimise the level of water use within even a variable system. That is, the level of use can be maintained as high as possible with a low probability of being in the zone of unacceptable risk to environmental outcomes.

  There is also a socio-economic threshold or trigger point below the lower bound of the optimal range. This would be the point below which the water available for use is insufficient to meet the socio-economic outcomes of the plan at an agreed level of risk. The socio-economic trigger point will be related to the extraction regime required

to meet critical human needs and can be related to other socio-economic outcomes specified in the water plan.

The elements at (a)-(c) above apply in the development of sustainable water extraction regimes. They will, therefore, also be an important consideration in the calculation of water allocation levels in a particular water year during the life of a plan.

Figure 2 below presents a conceptual model of triple-bottom-line benefits relative to a range of water extraction regimes using the elements described above. The two thresholds in the diagram mark the upper and lower limits to the sustainable water extraction regime.

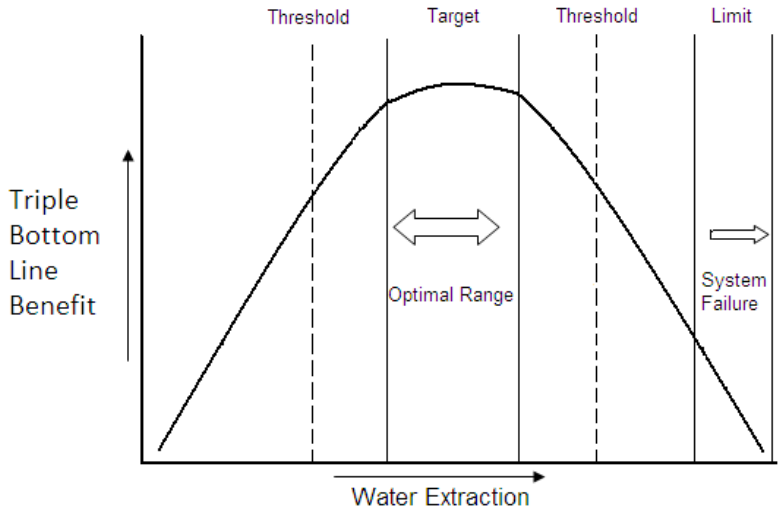



**Figure 2: Conceptual model for optimisation of the water resource extractions relative to triple-bottom-line benefits**

Ecosystems generally do not respond in an on–off manner to changing water availability. In particular, the risk that ecosystems will not be able to provide important services increases as water availability decreases, sometimes to the point where the ecosystem cannot recover. In addition, the response of ecosystems to water extraction may not be linear, and it is difficult or costly to recover beyond thresholds.

Figure 2 is a combination of Figure 3 and Figure 4 below, which show the threshold and target values for ecosystem services and socio-economic benefits respectively. In Figure 3, the extraction of more water than the threshold point may result in a permanent loss of ecosystem services and should be avoided.

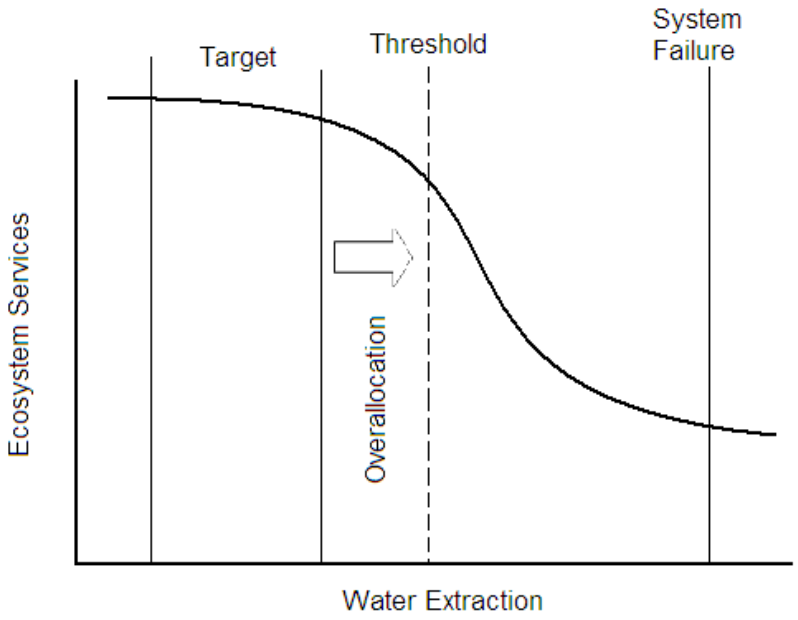



**Figure 3: Ecosystem response to changing water extraction levels.** The decrease in ecosystem services is represented as a smooth line, but in practice, there may be step changes. It is worth noting that the loss of ecosystem service at the threshold point does not (usually) occur at the first unprecedented climatic event that places a strain on the system. Therefore, when considering thresholds, it is important to consider how often water use can go beyond this level before an ecosystem service is at an unacceptable level of risk. For example, an unacceptable level of risk may be the threshold being exceeded more than one year in 10.

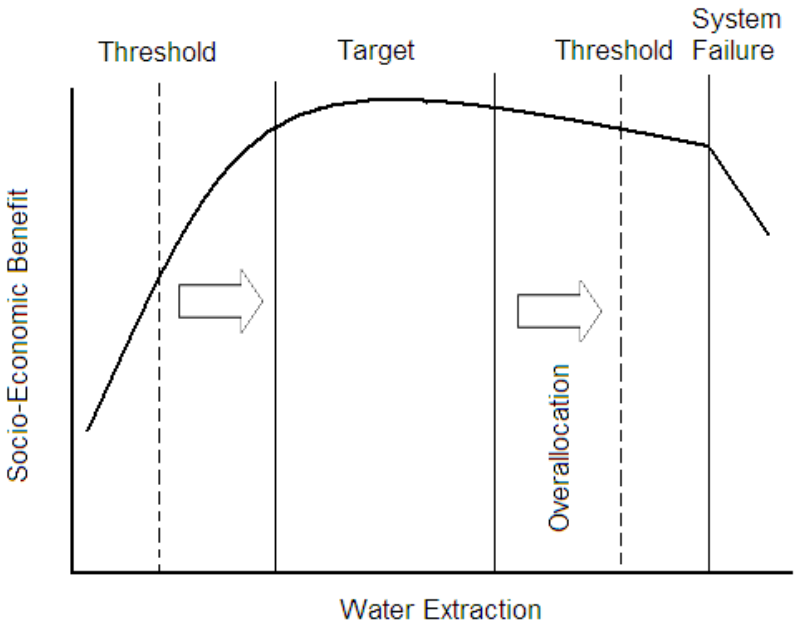



**Figure 4: Socio-economic response to changing water extraction levels**. The overall socio-economic benefit gradually increases as water extractions increase due to the relative importance of increased economic production from agricultural water use. Beyond the upper boundary of the target range, the overall socio-economic benefits will decline steadily to the point of system failure from a socio-economic perspective. After this point the socio-economic benefits will decline steeply.

### 3.5.2. Assessing trade-offs

Decisions relating to the distribution of water resources will always involve trade-offs. The term 'trade-off' is often used differently by different people and in different contexts. For the purposes of these guidelines, a trade-off is required when the demand upon the water resource exceeds the supply, and decisions are required to limit the allocation of the resource among users, and/or limit the water to meet environmental objectives. Generally, a level of water to meet minimal environmental needs and a level to meet minimal domestic supply will provide the boundaries for trade-off decisions. For a water plan to arrive at the optimal mix of outcomes from a public perspective, trade-offs need to be made transparently and using adequate information.

Decisions about setting policy objectives should also be transparent and integrated with other relevant planning and management frameworks to avoid conflicts. The following diagram (from www.nrmtradeoffs.net.au, viewed 2010) shows how to identify and manage current, emerging and future trade-offs.

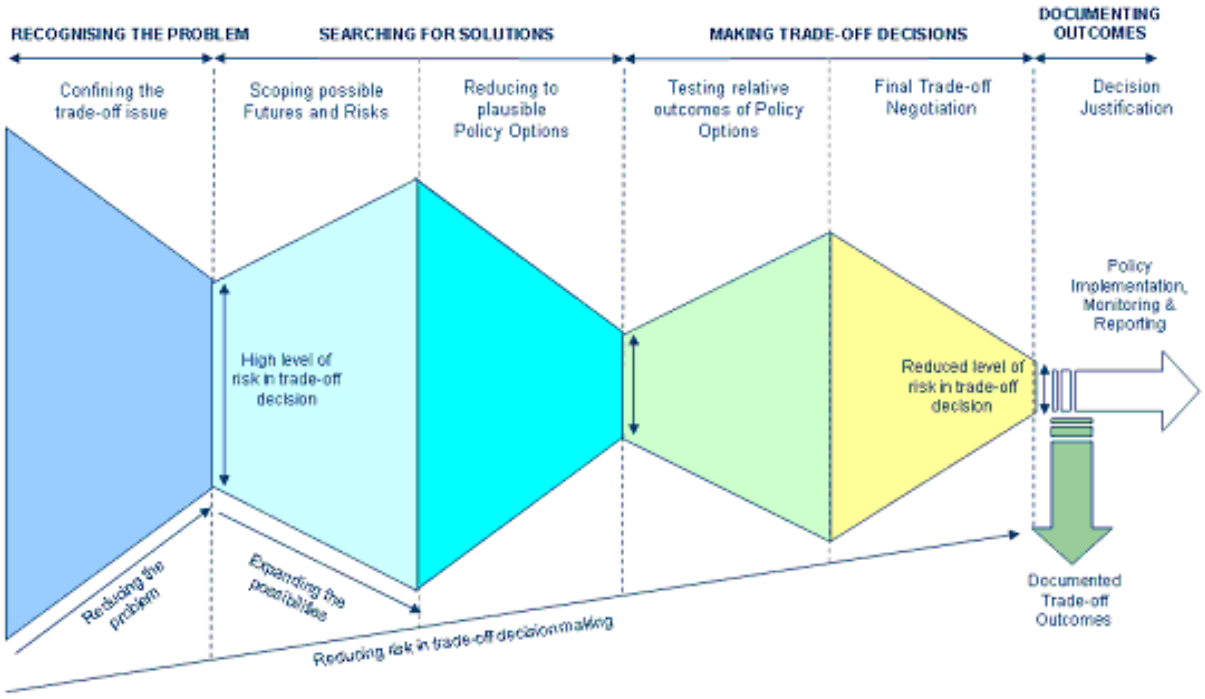



**Figure 5: Policy process for natural resource management trade-offs.**

As indicated in the diagram above, the process of considering trade-offs in setting outcomes is linked to assessing and managing risk. The process of trying to *optimise the benefits* of the water resource is effectively the same as developing a plan to *minimise the risks* associated with water sharing to the greater community and environment. Examining the risks that may arise under different water availability and use scenarios may help assess trade-offs. Risks (for example, to the environment, or the economy) could be assessed to characterise the consequences associated with different water sharing scenarios (refer to Module A for more detail on this). The scenario that has the lowest total risk associated with it (say in terms of environmental impact) may also be the optimal way of sharing the limited resource.

Professional judgement and expertise have a valid place in assessing trade-offs. This is especially the case when information gaps do not allow quantitative assessments to be

made. Transparency is important if professional judgement is relied upon to allocate water: any assumptions should be identified and reasons for decisions should be provided. A commitment should also be made to actively address gaps in knowledge and review or update decisions when new information becomes available.

### 3.6. Management arrangements

Once the detailed outcomes for the plan have been documented and agreed, the arrangements for allocating and managing water to meet those outcomes is required.

**PRINCIPLES**

- *Water for consumptive use should be allocated to water users by tradeable water access entitlements* with characteristics set out in the NWI. This will allow entitlement holders to make their own investment decisions, and over time, it will allow water to move to its highest value use.
- *Other forms of authorisation of extraction for consumptive use* should be the exception, not the norm – and should be justified through consideration of the costs and risks involved in the proposed management approach. Where available, the choice of licensing or management method should be an explicit decision that has accounted for the costs and benefits of each approach, including impacts on entitlement holders and the environment.
- *Water should be allocated and accounted for only once.* Allocation of water for consumptive use should take into account surface and groundwater connectivity in a particular water resource.
- *A risk-based approach to allocation* is necessary and should be consistent with meeting the explicit outcomes and targets set out in the plan. For example, water resources should be allocated conservatively where there is high uncertainty (and thus high risk) about the resource and whether environmental outcomes will be achieved.
- *Assigning risks for dealing with overallocation or changing allocations*. If the plan requires a significant reduction in consumptive water use in order to meet its environmental outcomes, this should occur transparently and consistently with the NWI risk assignment framework and any subsequent agreements by governments[3].
- *Efficient water market arrangements* should be in place to allow well-informed, low-cost trading of water access entitlements.
- *The recovery of efficient water planning and management costs,* which can reasonably and accurately be attributed to water users, should be pursued.

  *Note: these guidelines do not currently address the issue of water markets or pricing principles.*

[3] Such as those set out in the Intergovernmental Agreement for Murray–Darling Basin reform <http://www.coag.gov.au/coag_meeting_outcomes/2008-07-03/docs/Murray_Darling_IGA.pdf>.

**CONSIDERATION**

- **Carryover water**

Water planning should consider the benefits to entitlement holders of providing for water to be carried over to the next water year.

### 3.6.1. Water access entitlements

The NWI provides that water access entitlements should:

- specify the essential characteristics of the water product
- be exclusive
- be able to be traded, given, bequeathed or leased (note, however, the exception of trading groundwater between aquifers)
- be able to be subdivided or amalgamated
- be mortgageable (and in this respect have similar status as freehold land when used as collateral for accessing finance)
- be enforceable and enforced
- be recorded in publicly-accessible reliable water registers that foster public confidence and state unambiguously who owns the entitlement and the nature of any encumbrances on it
- clearly indicate the responsibilities and obligations of the entitlement holder in accordance with the water plan relevant to the source of the water
- be able to be cancelled at Ministerial and agency discretion only where the responsibilities and obligations of the entitlement holder have clearly been breached
- be able to be varied, for example to change extraction conditions, where mutually agreed between the government and the entitlement holder
- be subject to any provisions relating to access of water during emergencies, as specified by legislation in each jurisdiction.

This section provides further information about the management of water access entitlements that is applicable to both surface and groundwater resources.

**PRINCIPLES**

- *Secure, clear and nationally compatible water access entitlements.* When deciding on entitlement structures to ensure a fair, efficient and orderly distribution of water resources, the objective should be to provide users with planning confidence now and in the future regarding the availability and security of water entitlements. Surface and groundwater resources should be managed to optimise economic, social and environmental outcomes. Entitlements need to be clearly specified (including reliability) and transferable if the benefits from consumptive use are to be maximised. The level of security should be sufficient to provide users with the information they need to make efficient investments.

- *Issuing of entitlements under a new statutory water plan.* When a statutory water plan is being developed or revised, any new entitlements should be within the capacity of the resource, and where practicable, issuing of new entitlements through market-based mechanisms should be considered:
    - while there should be no automatic claim to new entitlements, the rights of bona fide existing water users, including Indigenous people, should be considered;
    - if there is a case for issuing subsidised entitlements then this should be made transparent. The practice of relying on 'history of use' as a basis for determining such entitlements should be carefully applied so as not to perpetuate any inefficient past practices.
- *Recognise that interception activities may erode entitlements*. Interception activities should be identified, and potential impacts should be quantified and managed to address the impacts on water access entitlement holders and the achievement of environmental outcomes.
- *Issuing entitlements in water resources that are not fully developed.* Additional rights to water should not be issued in water resources that are at risk of overuse. The NWI supports the issuing of further water access entitlements through the market (for example, by a public auction, or by direct sale or a tender process where market prices have been established).
- *Brackish and saline water.* As the use of such water is limited in comparison to potable water, the cost structure of the entitlement and the ability to trade such water would need to be incorporated into any plan. However, management difficulties should not preclude the inclusion of brackish to saline groundwater in the planning process.

**CONSIDERATIONS**

- **Entitlements in connected systems**

Several entitlement scenarios exist for connected systems, which require different approaches:

- systems where entitlements are still being granted in both surface water and groundwater
- systems where entitlements to surface water are no longer being granted and surface water users can use their full entitlement, but groundwater entitlements are still being granted
- systems where entitlements to surface water are no longer being granted and surface water users can use their full entitlement, and no more groundwater entitlements are being granted
- systems where entitlements to surface water are no longer being granted and surface water use is 'capped' at a certain level, but groundwater entitlements are still being granted
- systems where entitlements to surface water are no longer being granted and surface water use is 'capped' at a certain level, and no more groundwater entitlements are being granted

- systems where entitlements to both surface water and groundwater are no longer being granted, and use of both surface water and groundwater is 'capped' at a certain level.

Planners should be conservative in allocating access to shared water in systems where the degree of connectivity is relatively unknown. In highly connected areas, consideration should be given to establishing a single licence rather than issuing separate surface and groundwater licences.

The success of this management regime would be highly dependent on being able to monitor use of shared water and enforce any restrictions on access to this water. These monitoring and enforcement costs could be considerable and would need to be factored into any benefit–cost analysis of altering existing arrangements. Planners should be conservative in allocating access to shared water in systems where the degree of connectivity is relatively unknown.

- **Trading in connected systems**

Trade will primarily occur in systems that are fully allocated or otherwise capped through a mechanism to allow a market to develop but is not restricted to such areas.

In connected systems where there is the ability to trade between surface and groundwater systems, consideration needs to be given to the time lag between water movement and variability in water quality and any defined limits on extraction in the destination water source.

When trading within a groundwater system similar concerns may apply, but this should not restrict such trade. Trade can occur as long as essential criteria are met, such as a lack of interference with other water users, and maintenance of overall groundwater levels and appropriate discharge to groundwater dependent ecosystems or similar. Such problems are not dissimilar to capacity constraints in surface water systems.

It is essential to ensure that all systems that allow trade have in place monitoring, measuring and compliance regimes, including (in accordance with NWI clause 87ii) meters on extraction points. This will reduce the illegal taking of water and minimise the impact this has on the market. Improving the certainty of entitlement and reducing the costs of assessment should assist the transparent operation of informed markets.

- **Unregulated and ephemeral streams**

In developing plans for unregulated and ephemeral streams, planners need to consider the range of management options for meeting environmental needs, including water entitlements and rules based approaches.

Rules based environmental watering arrangements can be established to utilise event-based flows which have critical links to environmental outcomes. Examples of these rules might be a restriction on extraction during particular events, or setting flow thresholds below which extraction cannot occur. Such a restriction on extraction could also be applied to groundwater extraction to help ensure the maintenance of baseflow.

Environmental flow rules such as these should be explicitly specified in the water plan to allow the impact of rules to be understood and adequately consulted upon.

- **Urban water**

Where water plans are developed for water resources that are also utilised for urban water supply, the demands for water from urban water users and the impact of their use

needs to be considered. However, in most cases the urban water supply is managed by a water utility. The utility is a major entitlement water holder (or bulk entitlement holder) and needs to be considered as part of the overall assessment of existing and future demands on the water resource. The demand predictions for urban water supply and any demand management actions at the end user level such as urban water restrictions are not necessarily part of the water plan but are considered by the water utility or the government agency responsible for water security.

Where urban water utilities access local managed water resources, for example groundwater or stormwater to supplement their reticulated water supply, the water plan for that water resource needs to consider sustainable levels and manners of take from that resource. In such situations, the urban water users become entitlement holders for the purpose of that plan. A water plan should be able to regulate stormwater take and use, similar to managing surface water.

- **Estuary and coastal management**

Consideration should be given to the freshwater requirements in estuaries for both commercial and environmental needs, for example, oyster farmers and sea grasses. Whilst a specific entitlement may not be required, the water requirements should be accounted for in the water budget.

- **Tidal pools**

Water extraction from tidal pools can have a significant effect on salt-water intrusion during dry periods and on users of the resources. It is important that this extraction is covered by a water access entitlement regime.

The water planning process should consider the rates of inflow to the tidal pool, salinity levels within the tidal pool itself and define access rules that consider equity with upstream user access and amongst users within the tidal pool.

- **Imported water between catchments**

Where a water plan concerns a water resource that is utilised outside its catchment through water supply infrastructure, the plans covering both the resource of origin and the receiving water resources need to address the impact of the use of this imported water on the local water resource and other natural resources. The plan can set rules about the manner in which the imported water needs to be extracted, stored or applied to minimise the risk of negative impacts, such as perched watertables, salinisation or impacts on environmental assets. Plans should also consider the movement of water between systems for disposal purposes, such as re-injection or excess water disposal.

The preferred approach is to have some high-level principles in the plan covering the water resource of origin. The plan should also, where necessary, contain access rules concerning the extraction of the water that will be taken outside the catchments. It needs to consider the impact of completely removing volumes of water from the natural catchment, therefore focusing on the impact of taking the water from the resource for use in the other catchments. The water plan covering the receiving water resources can provide the more detailed conditions for the storage and use of the water. These can be integrated on water use approvals or use licences for the native water resources used alongside the imported water.

### 3.6.2. Providing for Indigenous water use

The NWI commits parties to provide for Indigenous access to water resources through inclusive planning processes that incorporate Indigenous social, spiritual and customary objectives. Water plans are also to take account of the possible existence of native title rights to water resources.

**PRINCIPLES**

- *Indigenous water needs* should be considered in all new water plans, or as existing plans are revised. Although the range of Indigenous values in water may be difficult to quantify, they are likely to cover both cultural and economic uses of water, and these uses may overlap.
- *Cultural needs* may include specific features of some environmental flows and/or maintaining groundwater dependent ecosystems.
- *Provision of water to meet Indigenous water needs should utilise existing mechanisms* where possible, including:
  - for cultural purposes, as part of the water that is allocated to meet environmental and other public benefit outcomes. Such water may be in the form of 'rules based water' that is provided for in environmental water regimes, or it may be in the form of non-tradeable water access entitlements or licences whose use is prescribed for the achievement of environmental and other public benefit outcomes
  - for commercial purposes, Indigenous water users can access water through market mechanisms, where they exist. In some instances, governments may choose to provide assistance with the costs of such access.
- *Water accounting*. Water to meet Indigenous needs should be included in the water account for all water plans.

**CONSIDERATION**

- In water systems that are not yet fully developed, consideration may be given to setting aside a portion of the unallocated consumptive pool to provide for possible future Indigenous water access.
  - If such an approach is adopted, it is recommended that the costs are publicly reported, as is the case with other community service obligations in the NWI.

### 3.6.3. Environmental water

The NWI states that water that is 'provided' to meet agreed environmental and other public benefit outcomes as defined within relevant water plans is to:

i) be given statutory recognition, have at least the same degree of security as water access entitlements for consumptive use and be fully accounted for

ii) be defined as the water management arrangements required to meet the outcomes sought, including water provided on a rules basis or held as a water access entitlement

iii) if held as a water access entitlement, may be made available to be traded (where physically possible) on the temporary market, when not required to meet the environmental and other public benefit outcomes sought and provided such trading is not in conflict with those outcomes.

**PRINCIPLES**

- *Environmental water security*. Water from entitlements used to provide in-stream flow for the environment should be given the same statutory recognition and have at least the same degree of security as water access entitlements for consumptive use and be fully accounted for.

  As stated in clause 30 of the NWI, regulatory approvals enabling water use at a particular site for a particular purpose will be specified separately to the water access entitlement.

- *Allocations to the environment.* Water for the environment should be allocated through an appropriate mix of 'rules based' water and access entitlements or allocations, which will vary depending on the type of water or regulatory system.

- *Explicit provisions.* The sustainable water extraction regime and associated arrangements (such as environmental works and measures) required to achieve the environmental outcomes of a water plan should be explicit.

- *The level of risk to be transparent*. It is essential that the level of risk to environmental assets and functions under the environmental water provisions in the plan is clearly identified. This includes transparency in the trade-offs that lead to the environmental water provisions and how they are derived from the environmental water requirements.

- *Environmental water manager.* An environmental water manager (or managers) should be given the necessary authority to deliver the environmental outcomes identified in water plans, including periodic public reporting of progress towards those outcomes. In regulated systems, these outcomes could be delivered by a combination of rules based and actively managed environmental water. In unregulated or groundwater systems, the environmental water manager may be the person who authorises the water plan and is accountable for its delivery.

**CONSIDERATIONS**

- **Sources of environmental water**

It should be recognised that water to supplement environmental provisions may be sourced from a range of public and private owners, and this should be applied in a cooperative fashion towards achieving the environmental outcomes set out in a plan.

- **Unregulated streams**

In managing the environmental needs in unregulated systems, the planning process needs to consider a limit or threshold below which a management response will occur, for example, to cease extraction or require by-flow valves to be opened. Unregulated streams are generally not controlled by a major regulating storage and therefore releasing water is often not a management option. Accordingly a conservative approach should be taken in allocating water for consumptive use, considering both current and future flows.

- **Ephemeral streams**

Management of ephemeral streams by volume is difficult, and individual management strategies need to be developed. Consideration needs to be given to the maintenance and diversity of existing species and the water quality required. Consideration also needs to be given to winter-fill diversions that may impact on native fish life cycles as well as other physical processes as channel scouring and silt removal.

- **Estuarine and coastal environments**

Water quality issues in estuarine environments are complex due to the internal mixing of fresh and saline waters, and biota have differing tolerances to fresh and saline waters. This makes the ecological response more difficult to predict.

Issues to be taken into account include the impact of reduced flow on the potential closure of the mouth of estuaries, fish migration, flushing water quality and the salinity profile. Similarly, issues such as the socio-economic impact of water uses are a significant consideration due to the many competing uses for water within and between estuarine water users and those that may exist upstream.

Hence a risk-assessment methodology needs to be developed that determines the amount of fresh water an estuarine system needs to prevent damage to the ecosystems. This involves definition of the issues, changes to the flow regime and the value and vulnerability of the estuary.

### 3.6.4. Groundwater specific management

The NWI applies to both surface and groundwater. The NWI term *water system* is defined as:

> a system that is hydrologically connected and described at the level desired for management purposes (e.g. subcatchment, catchment, basin or drainage division and/or groundwater management unit, sub-aquifer, aquifer, groundwater basin).

Many parts of Australia rely on groundwater as their principal source of water. In areas that rely largely on surface water, groundwater has often been used to supplement supply for irrigation purposes, or as a source of stock and domestic water. However, with the drying of the landscape in many parts of Australia groundwater is now the main source of water for communities. Many groundwater systems are interconnected with surface water systems.

**PRINCIPLES**

- *Groundwater infrastructure should be licensed or otherwise authorised.* Management of individual water bores is an integral part of groundwater system management. Extraction from one bore can have a significant effect on the performance of another, and a poorly constructed bore can impact on the water quality of an aquifer. The approvals process for individual water bores should consider the nature of the aquifer and location of the bore in relation to other bores and groundwater dependent ecosystems in determining whether the licence application should be approved.
- *Managing non-renewable groundwater resources.* Non-renewable groundwater systems are those where recharge is significantly lower than that in the geological (historical) past or where groundwater aquifers have been cut off from recharge by

geological events and have not been recharged for thousands, if not millions, of years. The use of non-renewable groundwater is increasing in a number of Australia's arid areas, especially to satisfy the demands of the mining industry.

Non-renewable groundwater systems require different management regimes from recharging groundwater systems. This may include individual assessments for each new development to determine the impact on other uses and the environment rather than a full-scale management plan in the short-term. A management plan in the longer term is desirable for these areas.

Decision-making should be transparent when it concerns the 'mining' of groundwater. Criteria should be set outlining the conditions under which 'mining' of the resource is acceptable. For example, it may be considered acceptable to allow groundwater 'mining' up to a certain percentage of the overall resource provided there are no adverse impacts on the users of the resource and groundwater dependent ecosystems.

**Box 5 – The role of industry licenses in managing non-renewable groundwater**

The Water Allocation Plan for the Far North Well Prescribed Wells area in South Australia recognises the importance of the petroleum resources contained within the Cooper and Eromanga basins. It is acknowledged that groundwater is co-produced as part of the process of extracting the hydrocarbons: currently this is up to 17 megalitres of groundwater per day.

The plan also acknowledges that this co-produced water is used for processing operations, drilling, water supply for the township of Moomba and road maintenance.

The amount of co-produced water peaked in 1994 at 34 megalitres per day. As the level of petroleum activity is expected to increase significantly over the next five years, this peak has been used as a basis for 'allocating' water to the petroleum industry.

Rather than assigning an individual 'allocation' or entitlement to each current field or future petroleum well, a specified consumptive pool of 60 megalitres per day (out of a long-term total estimated extraction of approximately 474 megalitres per day) has been set aside in the plan for this purpose. This is based on an expected demand of 40 megalitres per day plus a buffer of 20 megalitres per day to allow for future operations as an objective to not restrict petroleum production due to co-produced water restrictions.

The taking and use of this water as a by-product of petroleum production is licensed by purpose in an area specified by the petroleum production license, subject to annual reporting of total volume used for that purpose by Primary Industries and Resources South Australia under the South Australian *Petroleum Act 2000*. Water allocated for these purposes can be transferred for similar purposes only.

### 3.6.5. Interception

When surface and groundwater flows are intercepted, downstream water users, including the environment, can be adversely affected. Management of interception is one of the objectives of the NWI, with parties to have in place comprehensive arrangements to manage interception activities no later than 2011.

The objective of these guidelines in dealing with interception activities is to ensure effective nationally consistent policies on management of interception activities that pose a risk to the integrity of the water access entitlements system and the achievement of environmental objectives.

Some key definitions for interception are:

*Interception activities*: land use change or other activities that involve the capture or use of water that occurs outside of the water access entitlements system. Interception occurs when flows of surface water or groundwater are stopped, reduced or redirected. Interception activities can include authorised uses such as stock and domestic dams or bores, other uses such as commercial plantations, environmental plantings, stormwater harvesting, changes in land use, and natural events such as bushfires (which result in increased interception during the recovery phase).

*Threshold levels of interception*: an explicit limit of water use identified in a water plan to accommodate growth in interception impacts within a particular system, above which the level of interception has a material impact on the integrity and security of the water access entitlements system or the achievement of environmental outcomes. Activities that could result in this level of interception being exceeded require a management response to ensure this does not occur.

**PRINCIPLES**

- *Management responses to interception activities should:*
  a) be commensurate with the level of risk posed by an activity to the integrity of water access entitlements or the achievement of environmental outcomes of the particular catchment or aquifer
  b) recognise the potential social, economic and environmental implications of management actions
  c) be as simple and efficient as possible whilst minimising transaction costs
  d) be complementary with existing management activities undertaken within each jurisdiction, and
  e) avoid retrospective measures where possible.
- *Access to water should generally be through the water access entitlement system.* The water market is the best method for allocating water to significant water users. Water intercepting activities should be brought into the water access entitlements system if they have, or are expected to have during the life of a plan, a material impact on the water resource or an impact on other water uses and users[4].
- *A risk-based approach to the assessment and management of impacts of interception activities should be adopted.* Guidelines for conducting risk assessments are included in the Risk Assessment Module. In systems that are deemed to be high-risk, all water required for future growth in interception activities above an appropriate threshold should be accessed from the consumptive pool if the potential for expansion of those activities would impact on the water security for other uses, including the environment. Any licence or water access entitlement should offset the full impact of the interception activity on the water resource.

[4] Significant water use is that which has, or will have, a material impact on the water resource. The impact of the water use can be observed in the water accounts.

The inability to fully quantify risk should not be a reason for postponing appropriate action to manage interception activities.

- *The assessment and management of risks posed by interception activities should be underpinned by appropriate monitoring, compliance, public reporting and auditing arrangements.* Compliance arrangements should include: risk-based, best practice monitoring and metering; public reporting; and appropriate deterrent and enforcement actions. Monitoring levels of interception activity is needed for transparency, assessing compliance with regulatory requirements and providing resource information to assist with management. This need has been linked to a need for resourcing and cost recovery mechanisms to enable the appropriate management response.

**CONSIDERATIONS**

- **Determining the level of risk posed by interception activities**

Planners should consider the level of risk posed by interception activities, including:

a) the geographic location of the risk arising from specific interception activities within a particular catchment or aquifer

b) the hydrological characteristics of water intercepted or used by each interception activity

c) projections for growth in interception activity over the planning period

d) the social, economic and environmental impacts of interception activities.

- **Setting thresholds**

The level of growth in interception, if any, that is allowed for by a given threshold should be lower in water systems that have high competition for water.

A threshold for the cumulative impact of interception activities should be set and monitored for the whole system. There may also be a need to set and monitor specific thresholds for particular interception activities, depending on the significance of those activities within the catchment, subcatchment, aquifer or other defined management area.

- **Determining management responses commensurate with the level of use**

Implement appropriate management actions as follows:

a) Where feasible and cost-effective, implement mitigation actions to maintain the impact of interception activities below the threshold level during the planning period.

b) To the extent that mitigation measures are unlikely to be effective, provide for the orderly, equitable and transparent transition of interception activities in the unlicensed part of the consumptive pool to activities in the licensed consumptive pool. This ensures no net increase in consumptive use by requiring water access entitlements to be held to offset the potential impact of interception activities above the appropriate threshold.

*NOTE: The holding of a water access entitlement may involve the direct purchase and transfer of an existing water access entitlement that is not tradeable for the term of the impacts of the interception activity. The water access entitlement should be the appropriate category with characteristics that reflect the impacts of the interception*

*activity. Where the impact of the interception activity is perpetual or ongoing, the offset water access entitlement may be required to be permanently retired.*

c) Alternatively allow for the increase in interception activities through the granting of a new water access entitlement. Providing this is done in a transparent and quantified manner, does not decrease the likelihood of achieving environmental outcomes and is done in full consultation with all affected parties. Such an approach should only be contemplated where:

   i. the transaction cost of imposing a requirement to hold water access entitlements is demonstrably high or a market is not sufficiently established

   ii. the risks to the water resources are demonstrably low

   iii. there is no significant risk associated with the achievement of environmental objectives, and

   iv. there is a clear economic benefit in so doing.

   *NOTE: an example of where this may be applied is in relation to stock and domestic use in areas of low population density.*

- **Policies and incentives that drive increased water interception.**

External policies such as the differential taxation treatment of land-based activities and programs for implementing sustainable landscape management practices can result in an incentive for increased interception of water resources. This may potentially impact on the integrity of water access entitlements and the achievement of environmental objectives.

Provided there are sound, risk-based approaches to the management of interception in place and the ability to adjust regulatory arrangements in response to emerging risks, then the impact of some external policies can be managed. In some cases this may require the ability to quickly put in place interim and short-term controls – such as moratoriums – while water plans are developed or amended in response to the emerging risk. In other cases, the external policies may have a higher priority and tradeoffs may be required. It is also incumbent on governments, when introducing new policies, to make sure that the implications of those policies are properly understood and the appropriate consultation has occurred.

### 3.6.5.a Plantations

Plantation forestry is a water interception activity with largely unregulated water impacts in Australia. In order to fully account for water use by major users, water planning needs to recognise that plantation forests may intercept more water compared to other land uses such as pasture. Changing land use from pasture to plantation may affect a change to rainfall runoff characteristics. Such changes may be desirable, for example in the mitigation or remediation of the impacts of saline groundwater.

Where a plantation's root zone has access to groundwater resources, it will compete for water with other groundwater users. Whilst the volume of rainfall runoff during periods of low rainfall is often negligible, access to groundwater cannot be actively rationed in times of low rainfall and runoff availability, as it can be for activities that are part of the licensed consumptive pool.

For the purposes of this framework, plantation forestry refers to forest plantings that are grown for the production of timber or non-timber products for commercial purposes, including as carbon sinks.

Access to material quantities of water should generally be through the water access entitlement system. All future plantation developments and rotations or other land use change may be required to hold an offsetting water access entitlement. This is on the basis that this is a commercial use that may pose a risk to the integrity of the existing water access entitlements system and the achievement of environmental outcomes.

**Box 6 – Managing the water resource impacts of plantation forests in South Australia – A Statewide policy framework**

In June 2009, the South Australian Government released the Statewide policy framework, *Managing the water resource impacts of plantation forests*. <http://www.dwlbc.sa.gov.au/water/plantation_forests/index.html>

The policy framework will contribute to addressing an important component of the broader NRM challenge, that is to ensure the ongoing viability of surface and groundwater resources that sustain the environment, industries, communities and regional centres across South Australia.

The framework sets high-level principles and provides guidance to agencies to ensure that the water resource impacts of plantation forests are identified and managed within sustainable limits.

Plantation forest water resource impacts are to be fully accounted for within the water budget of a management area where forestry impacts are considered to be significant. This includes all components of forest water use, including interception of groundwater recharge (and surface water yield) and direct groundwater extraction.

The policy framework promotes the use of appropriate management tools and provides a decision support tool to help planners and decision-makers work out the best option to manage the water resource impacts of forests in a specific set of circumstances, recognising that forests use water differently to irrigated agriculture and other water uses.

**PRINCIPLES**

- *Means of managing the risk of existing and future increases in water interception from plantation development include:*
  - where systems are significantly below full allocation, setting threshold levels using a risk-based approach. For example, by setting a percentage limit of area of plantations per catchment and
  - where catchments are approaching, at, or past full allocation, requiring a water access entitlement be held to offset water use of plantation forestry above an appropriate threshold level.
- *Decisions not to require offsetting water access entitlements should be justified* on the basis of a risk assessment that considers possible impacts on the achievement of environmental outcomes and on water access entitlements or other authorised water use.

**CONSIDERATIONS**

- **Existing plantations**

In areas where a decision has been made that plantations are required to hold offsetting NWI consistent water access entitlements, there are a range of issues to consider.

To avoid claims of retrospectivity, plantation owners should preferably not be required to purchase an entitlement during the remaining life of existing plantations. As an alternative, it would be acceptable to simply account for this use within the consumptive pool, or to issue a non-tradeable entitlement for the remaining life of the plantation.

At the time of establishing a new rotation on an existing site, there is an argument on the grounds of competitive neutrality that the owners of both existing and new plantations should purchase the necessary offsetting entitlements. If governments decide to subsidise the purchase of entitlements, then:

- this should be effective immediately (that is, possibly before the end of the existing rotation) as this will more quickly attune those owners to the responsibilities associated with water ownership and management and
- such decisions should only occur following consultation with all existing water entitlement holders, whose asset values are likely to be impacted.

- **Offsetting plantation water use**

The type and amount of water entitlements necessary to offset the water use of a particular plantation should be consistent with the hydrological impact of the plantation. In this context, the following issues should be considered

- water impacts will vary during the life of a rotation
- water use by trees cannot be actively rationed in times of low water availability, and the impacts of evapotranspiration on nearby water sources tend to increase in drier periods
- in general, high reliability surface water or groundwater access entitlements will be necessary to offset plantation water use (or an equivalent amount of low reliability entitlements calculated using an appropriate exchange rate) and
- the actual quantum of entitlements required should be based on best available science. In the absence of a comprehensive hydrological study for each situation, the use of realistic estimates will be necessary.

- **Trading water entitlements**

Water access entitlements that are purchased on the market to offset the water impacts of plantation forestry should be tradeable back onto the market when the water impact has ceased (that is, at the end of the rotation if a future rotation is not planned). For this reason, no special class of entitlement may be required, but rather an ability to ensure the required entitlement is held by the proponent and 'shelved' for the period it is offsetting any water impacts.

### 3.6.5.b Stock and domestic water use

Neither stock nor domestic use are defined consistently across jurisdictional legislation.

**PRINCIPLES**

- *Source water should minimise the hydrologic impact.* This should be implemented where practical and economically viable. This may involve preferentially sourcing stock and domestic water from reticulated systems where available, or relying on groundwater rather than dams to improve the efficiency of water use by minimising evaporation losses.
- *Rights to stock and domestic water use should be well defined*. If the rights are not defined volumetrically then the boundaries between stock and domestic use and for example stock intensive use should be clearly defined.
- *Volumetrically account for stock and domestic use in water budgets*. Volumetric accounting should be based on information where it is available, or alternatively on realistic estimates of water use.
- *Monitoring activities should be implemented.* Monitoring activities should be conducted to ensure water use is for genuine stock and domestic purposes. In some high-risk catchments, for example around peri-urban areas, there may be justification in metering stock and domestic use for compliance purposes.

**CONSIDERATIONS**

- **High transaction and management costs**

Consider the costs and benefits of monitoring and compliance in low-use systems. The extent of the impact on the environment and other consumptive uses should be taken into account.

- **Site-specific impacts of capture of overland flows**

There may be site-specific impacts, such as on nearby wetlands or water dependent ecological communities.

- **Peri-urban water use**

Activities in the peri-urban zone can use significant amounts of water, sometimes accounting for a third or more of use within a catchment. The requirements for stock use are different in peri-urban areas to traditional agricultural stock use, and there is a need to review the nature and level of water access and use in these areas, including the nature of local government regulations.

### 3.6.6. Mining and other extractive activities

Mining and other extractive industries provide for a high economic value from water use and provide regional economies with a diversified income base. Clause 34 of the NWI allows for special water management arrangements to be put in place for mining and other extractive industry activities where needed. However, the NWI does not preclude parties from including these industries in their water planning regimes. Mining activities should benefit from clearly specified water access entitlements as this would provide a greater level of water security and therefore investment certainty.

Mining and other extractive industries can have a large, localised, incidental water use or impact associated with ore production or hydrocarbon extraction. Consequently it is

important that consideration is given to current and future water resource requirements of such operations to ensure that water (and natural resource) allocation problems are handled in an integrated and strategic way to minimise any potential (or perceived) third party impacts.

**PRINCIPLES**

- *Integrating mining into water planning processes.* Water resource impacts of mining and other extractive industries should be brought into the water planning process to ensure an integrated approach. However, in doing this there will be a need to recognise relevant legislative requirements.
- *The cumulative effect of all water use by mining and other extractive industries,* including energy generation, should be authorised and accounted for in water budgets and managed under regulatory arrangements that are part of, or consistent with, water plans. Much of this information is currently provided under existing legislative arrangements and should be utilised in the water planning framework.
- *Minimising the impact on aquifers*. Regulation of mining and other extractive industries should ensure that the impacts of activities outside the water entitlement system that could interfere with the integrity (and quality) of an aquifer, for example, drilling or excavation, are understood prior to approval.
- *Protection of existing rights*. Regulation of mining and other extractive industries should ensure the legitimate water access rights of existing water users are protected.
- *The water resource impacts of mining and other extractive industries need to be managed.* Consideration needs to be given to:
  - the cumulative effect of all operations
  - the protection of water quantity and quality (including beyond the life of the activity)
  - what type of monitoring and evaluation is required
  - whether, and what form of, offsets are required to minimise the impact of the operations, for example in areas where there is no water market, and
  - obtaining the future use requirements of these industries through engagement with state mineral resource departments and companies.
- *The ability of mining operations to intercept overland flows should be similar to that of other landholders.* Mining operations also need to ensure that any water leaving the operation is of suitable quality.
- *All water sources need to be considered*. Mining companies often recycle and reuse water within their operations and whenever possible, all water sources should be considered. Reuse and recycling practices should be promoted and fostered as leading practice, with a focus on maintaining operational supply and external water resource outcomes. High quality water should be used only where it is essential or where no other suitable source is available. This should also include the use of surplus 'onsite' water where possible noting that in some areas, for example, tropical regions, this may be impracticable.

**CONSIDERATIONS**

- **Mining companies are both a user and supplier of water**

Due to the nature of the operation, mining is a consumptive user of water; but due to the incidental extraction of water as part of the mining process, mining companies may be in a position to supply water for both internal and external use.

- **Water planning and management processes have been designed for other uses**

Current water planning and management processes have been established primarily to manage irrigation and urban use, including industrial uses. In light of this, the current entitlement system in some jurisdictions may not be appropriate for the mining industry.

The mining industry is a consumptive user of water, and also takes water that enters a mine as a result of dewatering the incidental aquifers. In either case, this water should be accounted for and licensed either through an existing licence category of an appropriate volume and appropriate security or through development of a special type of entitlement, as provided for under clause 34 of the NWI. This entitlement would allow the mining operation to transfer the incidental water entering its operation to other users by a private contractual arrangement. This water can either be issued to the mining operation upon application or, in high competition water sources, sourced from the water market.

The mining industry should become part of the wider planning process. Where geographically feasible the industry may become part of the water market and could aid in the supply of water for urban or agricultural use.

- **Changes to the water regime**

Where mining results in changes to the water regime that impact on environmental water needs, arrangements to maintain environmental assets over an appropriate time frame are needed. In some cases springs impacted by dewatering may need to be supplemented, in other cases release of excess water needs to be managed to limit inundation or water quality impacts to riparian zones or receiving wetlands.

Where appropriate, a mining operation could be granted an 'offset entitlement'. In areas where it is impractical to supply water to other users or where the water quality is unsuitable, the mining operation could purchase, for example, high security water entitlement(s) that would be held for use as environmental flows.

- **Application of future water entitlements to mining and other extractive industries**

Mining operations are usually long-term ventures, and the water impacts of mining operations are often unaccounted for under legislative arrangements in regards to water e.g. state water legislation. Applying a requirement for entitlements due to ongoing mine expansion may be appropriate in some circumstances to ensure all water extracted from a water source is fully accounted for.

In some instances, exemptions may apply. For example, these may be based on the size of the operation, the purpose of the operation, or the period of the operation (with there potentially being a difference if it is short or long term). Nevertheless, a baseline of water extraction should be established. Entitlements should then be required for any additional extraction, subject to reasonable exemptions.

Finally, exemptions could be phased out over the life of a water resource plan, in a way that gives industry time to fully account for and acquire their water without inadvertently affecting the water market over a shorter term.

*Note that the application of these issues to coal seam gas extraction may require further, more specific guidance.*

- **Measuring water use**

Mining operations are currently able to measure most of the water used or extracted as part of their activities. These measurements need to be extended so that water use or extraction in all parts of the operation is accounted for.

Management plans need to be regularly reviewed as information of water use from mining and other extractive industries operations becomes available.

- **Reporting on water use**

Extractive industries are usually required to report water use to the appropriate agencies as per legislative requirements. Integration with other planning and approval frameworks is required to ensure that measured (or estimated) water use information is incorporated in the planning and management process. Where insufficient information is being supplied compliance and enforcement provisions may be required in water legislation to give powers to officers to verify mining water use reporting. Management plans need to be regularly reviewed as the production from the mine increases to help ensure that there are no unintended consequences for other users or the environment.

### 3.6.7. Statutory uses

Under the NWI, it is preferred that water use be managed through water access entitlements, however, the NWI does note that it may be appropriate for some use to continue under other forms of statutory authority. There may be scope in some water planning processes for some low-impact activities to continue under access arrangements or rights authorised or exempted by legislation where water access entitlements are not required. Examples of such use might include basic landholder rights and water for fire-fighting.

**PRINCIPLES**

- *Statutory authorisations should be removed if necessary*. If a statutory authorisation for a particular use (such as stock and domestic use) operates to displace a requirement that a water licence or water access entitlement be held for the use, and if application of the principles for management of interception indicate that growth under the statutory authorisation is a risk to planned outcomes, then the statutory authorisation should be removed.

**CONSIDERATIONS**

- **Temporary access**

In some cases it may be desirable to allow temporary uses of water under statutory arrangements, such as for fire fighting.

- **Remote areas**

Rather than move to a full licensing regime that issues tradeable water entitlements it may be appropriate to continue to provide for statutory use or rights in remote areas characterised by low water-use (and thus low risk) land uses.

- **Trial while resource being 'proven'**

Where the quality or reliability of the water is being assessed through trials, a conservative approach should be adopted to initial licensing and subsequent issuing of entitlements. Examples include the testing of recycled, reclaimed, brackish or saline water for suitability for particular uses.

### 3.7. Monitoring

A monitoring program should be included in the plan to provide an ongoing assessment of whether the management objectives are being achieved, including the adequacy of the water operational rules. The design of the monitoring program should take into account available resources (for example, labour, expertise, equipment).

In establishing a sustainable water extraction regime, a water plan should set a number of outputs or performance indicators by which the outcomes of the water plan can be measured. Possible examples include: maintenance or improvements in water flow regimes and water quality condition, or achieving specific targets in relation to Indigenous access, recreational use or river navigation.

**PRINCIPLES**

- *Appropriate degree of monitoring.* The level of monitoring should be risk based, that is it is proportionate to the nature of the water resource and consequences of its use. In high use areas or where there are significant environmental assets, extensive bore networks, gauging stations and regular monitoring are required. In lower use areas, fewer bores, stations and less monitoring will be required, but this should be reviewed regularly.
- *Monitoring programs should provide a mechanism for increased (spatial and temporal) data capture.* For example, consider equipping private bores with the capacity to record level and use. Telemetry (as opposed to data logging) may become a long-term practical proposition.
- *Expanding groundwater monitoring (for resource condition) and bore metering networks.* Monitoring of the resource condition is required to ensure the ongoing health of the resource and to help ensure ongoing benefits for all users. According to the National Water Commission (2006) only 20–40 per cent of major groundwater users are currently metered. Much of this metering would be located in high groundwater use areas, such as irrigation areas, or for specific environmental assets.

## 4. Reporting and review

Under Clause 80 of the NWI, the Parties agree that the outcome of water resource accounting is to ensure that adequate measurement, monitoring and reporting systems

are in place in all jurisdictions. This is to support public and investor confidence in the amount of water being traded, extracted for consumptive use, and recovered and managed for environmental and other public benefit outcomes.

Annual reporting arrangements should include reporting on the water rules. This includes whether they were activated in a particular year, the extent of implementation, and effectiveness of the use of resources in the context of the environmental and other public benefit outcomes sought and achieved.

As noted at the beginning of these guidelines, water planning is a cyclical process and review is an important component of this. Ideally, the review process will identify lessons that can and have been learned from the previous season or water planning period. Similarly, specific identification of the actions taken to address issues that threatened to, or did, compromise the achievement of specified objectives and outcomes should be included in the reporting and review process.

## 5. Risk Assessment Module

- **Introduction**

Water planning is a key mechanism for identifying the environmental, social and economic objectives for managing water resources. Effective water plans establish the rules for sharing water between all users so that the water resource is managed in a way that optimises the total sum of the benefits and services it can provide, without stressing the resource or the environment that depends on it.

There is an inherent need to ensure the objectives of water plans are consistent with the broader natural resource management objectives. Potential and emerging threats to the resource, such as climate change, need to be taken into account in providing certainty of access for all uses and users.

*'Planning is an unnatural process; it is much more fun to do something. The nicest thing about not planning is that failure comes as a complete surprise, rather than being preceded by a period of worry and depression'* – Sir John Harvey-Jones

- **Why a risk-informed approach to water planning and management?**

*Water is a valuable resource.* It provides a range of benefits and services for humans and the greater environment. These include things such as drinking water and public health services, food crop irrigation, and providing for the health of our environment.

*Water is a limited resource.* The water available from a single river offtake, aquifer or other source is often used to provide several different services or benefits. The amount of water available at any time to provide these services can vary, and particularly when the amount of water available is low, there could be several competing uses for the limited amount. In these cases, some form of prioritisation is required to determine:

- how the water resource may best be used and shared among competing users, or
- what other actions could be taken to help allow water managers to continue providing all or some of those services.

- **What is a risk-informed approach to water planning and management?**

*Risk management is a process concerned with setting objectives and then developing a plan to meet them*

*Risk* is 'the chance of something happening that will have an impact on objectives'. Generally, risk is a function of the *likelihood* of an event occurring in the future and the *consequence* of that event in terms of its impact on the objectives.

*Risk management* is 'the … processes and structures that are directed towards realising potential opportunities whilst managing adverse effects'.

(AS/NZS 4360:2004)

When the objectives for water resource use have been set, a *risk management* approach lends itself to developing a plan to meet those objectives. A large part of this is identifying, assessing and managing the things that might threaten the ability to meet those objectives. This way, more time and effort may be directed to monitor, mitigate or respond to the things that may pose the highest overall risks, and to ensure that management is targeted at the appropriate part of the water system.

- **What do I need to consider in a risk-informed approach to water planning and management?**

What are the risks to the resource and the objectives of the plan?

What is the probability of those risks occurring?

What are the consequences to the resource and the objectives of the plan if they do occur?

What are the measures I can employ to mitigate the sources of the risks and their consequences?

- **Purpose of this module**

This module is intended as a guide only, and it does not provide prescriptive methods for how to implement a risk-based approach as part of a water management plan. It should be read in conjunction with the main body of the guideline document it sits within.

The guidance notes outline the generic steps that a water planner may undertake to incorporate risk management principles into a water resource management plan. These notes have been developed with a high degree of reference to AS/NZS 4360:2004 Risk Management, but with a water planning focus.

## THE RISK MANAGEMENT PROCESS

- **General**

The risk management process is detailed below. Generically, risk management is an iterative, but not necessarily linear, ongoing process underpinned by internal and external consultation where:

- The context and goals of the management exercise are set.
- The things that can threaten the achievement of the objectives are identified.
- The level of risk posed by each of the threats is assessed or examined by considering the likelihood and consequences of the threatening events occurring.
- The risks are evaluated and prioritised, and options for managing (or treating) the risks are identified.
- The risk treatments or management options are implemented.
- The success (or otherwise) of the management strategies is monitored and reviewed.
- And the entire process is repeated periodically or as needed.

The Risk Management Process




AS/NZS 4360:2004

Some commentary on how each step of this process can relate to water planning is provided below.

- **Establishing context and goals**

To establish the *context*, the water plan should contain a description of the water system that is to be the subject of the water plan. Principles and considerations for describing the water resource and its use and users are included in section 3.4 of the main guidelines. In summary, the water system description should be a stocktake of what is currently known about the system, both now and in the future. A key activity involves identifying and describing the benefits and services that the water resources provide. Identifying these is important because the overarching goal of water planning is to optimise the overall level of the benefits provided by the water resource, while using it sustainably; that is, without compromising the ability to continue realising the benefits the water provides.

*Goals* (or *objectives*) for managing the water resource and how the water resource shall be used can then be set within this context. Most objectives will have associated outputs, such as those that are described in terms of flow and volume targets for delivery to various locations under a variety of water availability scenarios.

The principle is that by meeting the objectives, the use of the water resource will be optimised. In setting the objectives, a consideration of existing water sharing arrangements, regulations or legislation and the 'trade-offs' between competing water users may be necessary (see section 3.5.2 of the main guidelines). A socio-economic assessment may be a useful step to aid in setting the objectives. The information gathered during the system description phase will be useful to ensure that the objectives that are set are practical and achievable. The risk management exercise will then focus on assessing the trade-offs and managing events that may jeopardise meeting these flow and volume objectives.

- **Identify risks**

Having determined the objectives for the water resource and how it will be shared, the next step is to identify potential risks by asking, 'What could hinder or prevent the achievement of the project objectives?' (for example, meeting the volumetric flow targets). This means you should:

- identify the source(s) of each risk (that is, how the risk can occur) and add these sources to your template. This step is imperative because treatments should be developed to control the sources of the risk.
- identify the impact of each risk (that is, what happens if the risk occurs).

In some cases, as you work through the 'sources' and 'impacts', you may determine that there is a more appropriate way to describe a risk. If so, revise your risks and change accordingly.

Sources of risks will include things that are known to be occurring now, as well as things that may occur some time in the future. These can include:

- climate variability (particularly in regard to rainfall and drought patterns)
- ambiguity in water-sharing and operating rules (that could result in overallocation or limit the ability of managers to deal with low flow scenarios)
- developments in upstream catchments (resulting in changes to hydrological profiles)
- changing water demands
- degradation of the environment or water transfer structures, which cause the water system to be disrupted
- actions of upstream users
- exhaustion of the resource (particularly for non-renewable groundwater systems)
- losses of water (such as through evaporation and inefficient delivery systems.)

- **Analyse risks**

For each of the risks identified in the previous step, an assessment of the *level of risk* posed by the described risk can be a useful way to prioritise the way in which the water will be managed.

The relative magnitude of a certain risk can be determined by noting that:

*Risk level = f (likelihood, consequence)*

A common approach to estimating and communicating risk levels involves using a risk matrix. Once a risk has been described, the level of risk can be determined by the *likelihood* of it occurring and the *consequence* associated with that threat on a scale of, say, 1 to 5, and using a matrix such as the one below to determine the risk level:

| RISK LEVEL | | Likelihood | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Consequence | 1 | very low | very low | low | moderate | moderate |
| | 2 | very low | low | low | moderate | high |
| | 3 | low | low | moderate | high | high |
| | 4 | low | moderate | moderate | high | very high |
| | 5 | moderate | moderate | high | very high | very high |

These guidelines do not endorse the use of this particular matrix; it is up to the water planner, through consultation with relevant stakeholders, to adopt an appropriate approach.

The *likelihood* and *consequence* categories, as well as the final make-up of the risk matrix, will need to be developed by the water planner. The scales that are adopted should be appropriate to the specific water-planning situation.

The *likelihood* and *consequence* categories can be defined in terms of a qualitative descriptor (*for example,* a scale of '1 = rare' – '5 = almost certain' for event likelihood, or '1 = insignificant' – '5 = catastrophic' for event consequences); however, some more quantitative guidance or qualifications should be provided to assist with allocating the *likelihood/consequence* scores during the risk estimation exercise (described in the next step). Some examples of how this information could be presented are provided in the following tables:

| LIKELIHOOD | | | |
|---|---|---|---|
| Category | Example category descriptions | | |
| | *Qualitative Descriptor* | *Frequency* | *Probability of occurring** |
| 1 | Rare | Event occurs 1 in every 100 years | < 1% |
| 2 | Unlikely | Event occurs 1 in every 20–50 years | 1–20% |
| 3 | Possible | Event occurs 1 in every 5–10 years | 21–80% |
| 4 | Likely | Event occurs annually | 80–95% |
| 5 | Almost certain | Event occurs many times per year | > 95% |

** within some time period, such as the duration that the water plan will be applicable*

| CONSEQUENCE | | | |
|---|---|---|---|
| Category | Example impact descriptions | | |
| | *Qualitative Descriptor* | *Ecological/water quality impacts* | *Socio-economic impacts* |
| 1 | Insignificant | No noticeable impact to ecosystem | Short period of low level water restrictions causing minor inconvenience to householders, no material impact on irrigation allocations, minimal financial impact on industry and little to no loss of amenity. |
| 2 | Minor | Some impact on marginal ecosystems (For example, edges of riparian zones or small mixed dependency ecosystems) | Extended period of low level water restrictions causing some inconvenience to householders, reduction in irrigation allocations with minimal material impact, potential financial impact for some industries and minor loss of amenity. First signs of impact on public morale. |
| 3 | Moderate | Water availability is so low such that only the highest value environmental sites receive or retain water, putting vulnerable species at risk | Medium level of water restrictions directly impacting on householders, reduction in irrigation allocations resulting in some loss of productivity, some industries severely impacted or forced to close tourism, prioritisation of watering for amenities, increased impact on morale. |
| 4 | Major | Water availability is at critically low levels and groundwater systems become depleted beyond recharge rate.<br>Extensive damage to ecosystems occurs with potential irreparable damage in some areas | High level water restrictions directly limiting household water use, limited irrigation allocations resulting in low levels of productivity, some industries forced to close which may impact on national economy, severe loss of amenity and morale, some people leave. |
| 5 | Catastrophic | Irreparable damage to ecosystem; severe adverse impacts to environment | Water supply to major town becomes insufficient to ever again sustain community or nationally significant activity; no irrigation allocations, collapse of industry, total loss of amenity, dislocation of people, significant impact to the national economy |

Particular care is required when developing the *consequence* categories. The consequence descriptions need to consider what the impacts could be if the water delivery *objectives*

are not met: that is, if water cannot or is not delivered to a certain location for some set of activities, what could happen?[5] The consequences could relate to a variety of areas. For example, there may be adverse impacts to the environment, public health, the local economy, or the reputation and business of the water providers. Because the nature of the consequences differs, it might be necessary to split the consequence descriptions at least under these headings or others. It is important to note that, where consequences are listed in a table such as the one above and where impacts are discussed under a variety of different types, there is an inference of equivalence in the severity of the consequence along each row. Consideration will be needed to ensure that these inferences of equivalence are defendable, and where appropriate, agreed with stakeholders.

During the development of the risk matrix and event likelihood/consequence categories, the water planner will need to consider two things:

- What level of action may be appropriate for risks of different levels?
- What may constitute an 'acceptable' level of risk?

In regard to the first point, if a risk is rated as 'very high', it will probably require a greater or more rapid response than one rated 'low'. Outlining the type of response that may be required for risks of different levels will provide guidance for the risk estimation/evaluation stage of the process, for example:

| Risk Level | Action | Timing |
|---|---|---|
| Very low – low | Continue routine approach to management – no specific actions required | Ongoing |
| Moderate – high | Manage by specific monitoring or response procedures | Within water plan period |
| Very high | Develop management or investigation plan, cease activities for which high risks may arise | Immediate |

The description of actions required for different risks at this stage can be quite generic and will be developed further as part of the risk evaluation.

At some point, a risk can be considered as insignificant enough, or well-enough managed, that it may require no further specific treatment beyond what is already in place. In this case, a decision has been made that such a risk level is 'acceptable'. For example, this approach could be adopted when a risk is estimated as 'very low' or 'low' on the scale presented in the risk matrix above.

Hence, when setting the type of action that would be appropriate for a certain risk level, the 'acceptable' level of risk also needs to be considered. If a water planner adopts a risk matrix such as the one above, on the premise that anything considered a 'low' risk is already well managed and that no further action is required, the planner should also check the *likelihood* and *consequence* categories that have been adopted and the combinations that could produce a 'low' risk and ascertain that the combination is 'acceptable'.

[1] When allocating the consequence score, it will depend on some further details, such as how severe the loss of water availability, and the duration of the loss. These details should form part of the event scenario, as described later.

- **Estimate risk level / Evaluate risks (and record the process)**

The descriptions of risks (risk identification) and the risk matrices developed will be useful frameworks with which to estimate and evaluate the level of risk. The risk estimate itself should be based on a combined consideration of existing data, modelling, investigations and the experience of those involved in managing and using the water resource. All of these information sources should be considered when forming any judgments about the levels of risks posed. The reasons for any particular risk allocation need to be outlined explicitly with clear reference to the information that supports the judgment.

While a core nominated team should be responsible for collating and analysing such information, a stakeholder workshop is a useful way of conducting the risk assessment. The participants should be provided with this information prior to the workshop. A record of the discussions on the day can be kept in a risk register such as the one shown following:

| EVENT SCENARIO | | | | RISK | | CONTROLS | RESIDUAL RISK | | Comments, justification, management actions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ID | The risk | What can happen? (the source) | What can result? (the impact) | Like-lihood | Conse-quence | What controls are in place? | Likelihood | Consequence | |
| 001 | Pollution of water supply | Tankers carrying xylene tips over and ruptures, spilling content | Lack of water for human consumption, fish kills and potential loss of plant life, water unsuitable for irrigation | Rare | Catastro-phic | Local emergency response plan, health warning systems | Rare | Catastrophic | |
| 002 | Loss of access to 100% of entitlement | Increase in plantations in catchment to changes in policy | Loss of water security of existing entitlement holders | Possible | Moderate | Limited legislation, current planning controls, community outrage | Unlikely | Moderate | … |
| 003 | Land subsidence | Groundwater over-extraction | On-farm distribution systems disrupted resulting in increased losses | Possible | Moderate to major | Current legislative controls, water plans | Unlikely | Moderate | … |
| 004 | Infrastructure failure | Lack of investment leading to structural collapse | Inability to supply water | Possible | Major | Asset maintenance | Unlikely | Moderate | … |
| 005 | Mine closure | Mine becomes uneconomic | Insufficient water to supply an expansion of workers to meet | Possible | Moderate | Current legislative controls, water plans | Possible | Moderate | |

| EVENT SCENARIO | | | | RISK | | CONTROLS | RESIDUAL RISK | | Comments, justification, management actions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ID | The risk | What can happen? (the source) | What can result? (the impact) | Like-lihood | Conse-quence | What controls are in place? | Likelihood | Consequence | |
| | | | changing economic conditions | | | | | | |

When assessing the consequence, the following factors need to be considered:

- the value or importance of the water-reliant activity that would be impacted by a water shortage
- the spatial extent of the impact, whether the damage or loss would be local or regional
- the capacity of the element at risk to recover from the damage, and how vulnerable it was in the first place
- the temporal extent of the damage – will it be short-term, long-term or permanently enduring?

*NB: Dealing with uncertainty* – during the risk evaluation there will undoubtedly be many uncertainties that arise. These may be due to, for example, inadequate data, uncertain information, or a lack of knowledge about the scientific or technological causes of certain events. These uncertainties cannot be ignored. The simplest way to deal with uncertainties, where they exist, is to be conservative in the risk evaluation so that the particular risk event is flagged for further attention. Notes in the risk register should make it clear that the risk evaluation is a conservative one, and that more information is needed. The management strategy in this situation may involve initiating a targeted research exercise that deals with the uncertainty.

- **Treat the risks**

Once the risks have been identified and evaluated, risk mitigation measures can be identified. The treatment of risk will involve assessing and implementing options for reducing the likelihood, the consequence, or both, to reduce the risk to an acceptable level.

Mitigation measures can relate to:

- avoiding the risk eventuating
- changing the likelihood of the risk eventuating
- changing the consequences should the risk eventuate, for example:
  - measures implemented well before the source of risk occurs, such as the provision of a redundant or a back-up supply of water so that delivery can continue even when the event happens,
  - actions for implementation at the onset or during an event, or
  - recovery after the occurrence of an event.
- sharing the risk.

For example, if there was a risk of failure of an irrigation distribution system, responses that aim to change the consequences could be either to:

- restricting landholder access to groundwater during the downtime
- monitoring the situation and having in place a plan to implement if the event occurs, for example cart water to the individual landholders for distribution on farm.

Note that the mitigation strategy adopted could impose additional risks on other water uses. These also need to be considered as part of the risk assessment.

The decision to adopt the risk treatment needs to be based on a cost–benefit consideration. There will be some trade-off between the cost of reducing a risk and the reduction in the risk level:




Those mitigation strategies adopted should be included in all water plans.

- **Monitor and review**

Monitoring should be designed and undertaken so that:

- the monitoring outcomes can be interpreted as providing evidence as to whether the water plan objectives are being met or otherwise, and
- the results can provide a warning of impending risk events.

The risk assessment and management plan process should be reviewed periodically. The period of review can be set by the planner, but it should be frequent enough to ensure that the plan continues to be relevant.

The other instances for which the risk evaluation and management plan would require some review would be:

- in response to some observed alteration to the water system
- to assess the impacts of a proposal to change the system (for example, a new interception activity) and to make a decision on whether to proceed
- when mitigation strategies are developed that pose new risks to the objectives that will require some treatment
- when monitoring results indicate that a risk may be significantly greater than was estimated during the initial evaluation.
- **Stakeholder communication and consultation**

The development of a water plan is a joint responsibility between the relevant agencies, users of the plan and the general public. Stakeholders should be consulted during all aspects of the development of the water management plan, particularly during the setting of objectives (and the trade-off assessment) and the risk identification/evaluation.

Clear communication, information availability and documentation of the consultation process should be features of the risk assessment and management plan development.