

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและ
คุณภาพน้ำในพื้นที่ หมู่บ้านโป่งแยงใน อำเภอแม่อริม
จังหวัดเชียงใหม่

A Study of the Relationship Between Soil Cover
Characteristics and Water Quality in the Area of
Pong Yaeng Nai Village, Mae Rim District, Chiang Mai

รุ่งพรรณ น้อยจันทร์^{1*} ยุพเรศ สิกธิพงษ์² ปวง มณีสทิศย์³ รณวีร์ สุวรรณทะมาลี⁴

¹⁻⁴ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Rungpansa Noichan^{1*}, Yupared Sittipong², Paworn Maneesatit³, Ronawee Suwantamalee⁴

¹⁻⁴ Faculty of Architecture, Chiang Mai University

* Corresponding author, Email: rungpansa.n@cmu.ac.th

Received: 14/09/2023

Revised: 03/11/2023

Accepted: 23/12/2023

บทคัดย่อ

หมู่บ้านโป่งแยงในเป็นหมู่บ้านที่มีอัตราการขยายตัวด้านการท่องเที่ยวและการเกษตรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง พื้นที่ป่าบางส่วนถูกผลัดเปลี่ยนให้เป็นพื้นที่สำหรับเกษตรกรรมซึ่งส่วนใหญ่เป็นการปลูกพืชเชิงเดี่ยว ทำให้พื้นที่ขาดความหลากหลายทางระบบนิเวศและมีเสถียรภาพของชั้นดินลดลงส่งผลโดยตรงต่อทั้งปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำในพื้นที่ อีกทั้งสภาพภูมิประเทศของหมู่บ้านเป็นภูเขาหินปูนประกอบกับความลาดชันของพื้นที่ทำให้แหล่งน้ำในพื้นที่มีการเจือปนของหินปูนและโลหะหนัก ซึ่งคุณภาพน้ำในพื้นที่นั้นมีความสัมพันธ์กับลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำและพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนั้น บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินในบริเวณต่างๆ ของพื้นที่ และทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและคุณภาพน้ำ เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงพื้นที่ด้วยการบูรณาการร่วมกับแนวความคิดทางด้านภูมิสถาปัตยกรรมและแนวทางการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค

คำสำคัญ: สิ่งปกคลุมผิวดิน, คุณภาพน้ำ, ระบบนิเวศเมือง, การจัดการน้ำ, หมู่บ้านโป่งแยงใน

Abstract

Pong Yaeng Nai Village has been continuously expanding in tourism and agriculture. Some portions of the forested areas have been converted into farmland, mainly for single-crop cultivation. The expansion has resulted in a loss of biodiversity and directly impacted on the quantity and quality of water in this area. Furthermore, the village's terrain comprises limestone hills and steep slopes, leading to the mixing of limestone and heavy metals in local water sources. Consequently, water quality in the area is closely tied to the land cover characteristics in the upstream and watershed areas. Therefore, the objective of this research is to categorize land cover in various parts of the region and investigate the relationship between land cover characteristics and water quality. The ultimate goal is to identify ways to improve the area through integrated approaches, considering landscape architecture and water quality enhancement.

Keywords: Land Cover, Water Quality, Urban Ecosystem, Water Management, Pong Yaeng Nai Village

1. บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติพื้นฐานที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ อีกทั้งยังเป็นทรัพยากรพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะภาคการเกษตร และการผลิตทางอุตสาหกรรมสมัยใหม่ (Global Solution Networks, 2013, pp. 1-4; มนตรี ผลสินธ์ และ เพ็ญรติ จันทรภักดิ์, 2564) โดยมนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำซึ่งมาจากทั้งสามระบบหลักของวัฏจักรน้ำตามธรรมชาติ อันประกอบด้วย น้ำในบรรยากาศ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดิน (land cover) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) ทั้งการกลายเป็นเมือง (urbanization) การขยายตัวของภาคการเกษตรกรรม รวมถึงการเพิ่มขึ้นของการใช้ประโยชน์เพื่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ และยังเชื่อมโยงถึงประเด็นของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ส่งผลให้ปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำนั้นเพิ่มมากขึ้นในลักษณะที่มีความซับซ้อนของปัญหาเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น โดยปัญหาเรื่องปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำเป็นหนึ่งในประเด็นปัญหาสำคัญของวิกฤตการณ์น้ำทั่วโลก (Global Solution Networks, 2013; Global Water Partnership, 2019; Kibria, 2015; UN-Water, 2019) อีกทั้งยังเป็นหนึ่งในเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) เพื่อการดำเนินการร่วมกันของโลก โดยอยู่ในเป้าหมายที่ 6 (SDG 6: Clean Water and Sanitation) การจัดให้มีน้ำและสุขอนามัยสำหรับทุกคนและการบริหารจัดการที่ยั่งยืน ครอบคลุมประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ การเข้าถึงน้ำดื่มที่ปลอดภัย ปัญหามลพิษทางน้ำ ปัญหาการขาดแคลนน้ำ และการบริหารจัดการน้ำแบบองค์รวม รวมถึงการปกป้องและฟื้นฟูระบบนิเวศที่เกี่ยวข้อง (UN-Water, 2019; United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2015)

หมู่บ้านโป่งแยงในเป็นหมู่บ้านที่มีแนวโน้มอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจด้านการท่องเที่ยวและการเกษตรเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (พิรานันท์ จันทาพูน, 2558) ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในปัจจุบันหมู่บ้านโป่งแยงในนั้นมีแหล่งน้ำดิบเพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยเฉพาะการใช้น้ำเพื่อการทำเกษตรกรรมเพียงแหล่งเดียวคือต้นน้ำห้วยน้ำอู่ ทำให้พื้นที่บ้านโป่งแยงในนั้นพบปัญหาในด้านการบริหารจัดการน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการในการใช้น้ำของคนในชุมชน เกษตรกร ตลอดจนภาคธุรกิจ สถานประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวซึ่งเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ อีกทั้งยังเป็นแหล่งปลูกพืชเศรษฐกิจสำคัญของจังหวัดเชียงใหม่หลายชนิด อาทิเช่น ไม้ดอกไม้ประดับ พืชผักผลไม้เมืองหนาว นอกจากนั้นพบปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค โดยพบคราบตะกอนเกาะติดตามท่อส่งน้ำและภาชนะที่ใช้ในครัวเรือน ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความกระด้างของน้ำที่อาจทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ได้เต็มประสิทธิภาพเท่าที่ควร จากประเด็นปัญหาดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดิน และคุณภาพน้ำในพื้นที่หมู่บ้านโป่งแยงใน ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำของชุมชนโดยรอบในอำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ และทำความเข้าใจถึงลักษณะพื้นที่และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่มีความสัมพันธ์กับทิศทางการไหลของน้ำและคุณภาพน้ำในพื้นที่ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพื้นที่ให้สอดคล้องกับระบบภูมินิเวศ

2. การวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพ

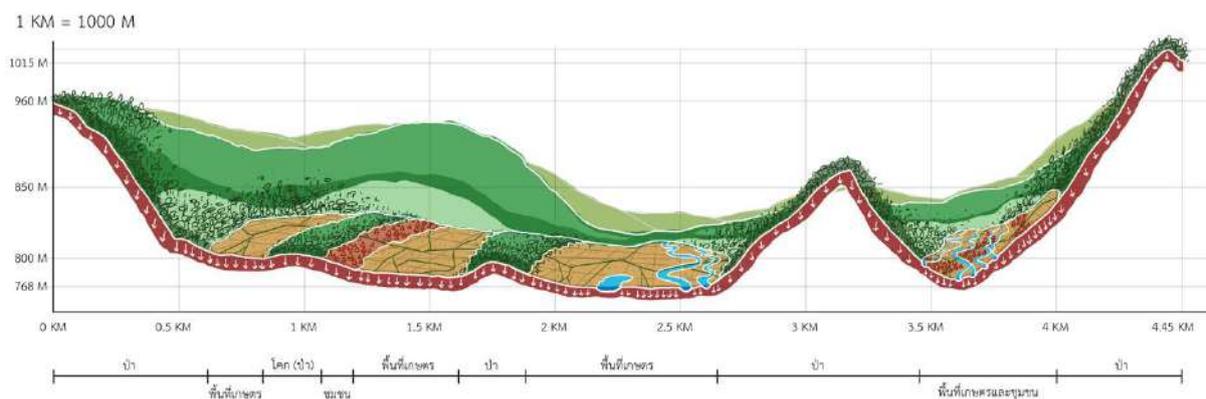
การวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพและข้อมูลทางอุทกวิทยา โดยใช้การจัดการข้อมูลผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อมูลเส้นชั้นความสูงมาตราส่วน 1:4,000 ช่วงต่างเส้นชั้นความสูง 2 เมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) เพื่อทำความเข้าใจลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่บ้านโป่งแยงใน รวมถึงวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำเดิมในพื้นที่ ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำย่อย แผนที่เส้นทางน้ำและแหล่งน้ำ และแผนที่ความลาดชันพื้นที่

2.1. รูปแบบการไหลของน้ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงในมีทางน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ห้วยหนองหอย ซึ่งไหลจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ และห้วยแม่สา ซึ่งมีต้นกำเนิดจากคอยป่าเกี๊ยะ มีทิศทางการไหลจากทิศใต้ไปยังทิศเหนือ (กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2556) แหล่งทรัพยากรน้ำภายในพื้นที่ ได้แก่ ห้วยแม่สา, ห้วยบวกจั่น, ห้วยต้นเตื่อ, ห้วยข้างตาย, ห้วยบวกหมู, ห้วยปองอัน, ห้วยสุวรรณ, ห้วยปางหมี่, ห้วยแม่กำปอง, และห้วยแม่สาใหม่ มีแหล่งน้ำสำหรับใช้อุปโภคบริโภคจำแนกเป็น หนองบึง 3 แห่ง ลำน้ำธรรมชาติ 15 แห่ง บ่อน้ำ 20 แห่ง ถังเก็บน้ำฝน 20 แห่ง บ่อน้ำตื้น 61 บ่อ บ่อน้ำบาดาลส่วนบุคคล 10 บ่อ บ่อน้ำบาดาลสาธารณะ 8 บ่อ ระบบประปาหมู่บ้าน 8 บ่อ ระบบชลประทาน 2 บ่อ ลำเหมืองและคลองขุดจำนวน 15 สาย โดยมีตาน้ำห้วยน้ำอุ่นเป็นแหล่งต้นน้ำธรรมชาติของชุมชน

2.2. ลักษณะลุ่มน้ำและรูปแบบโครงข่ายระบบน้ำผิวดินในพื้นที่

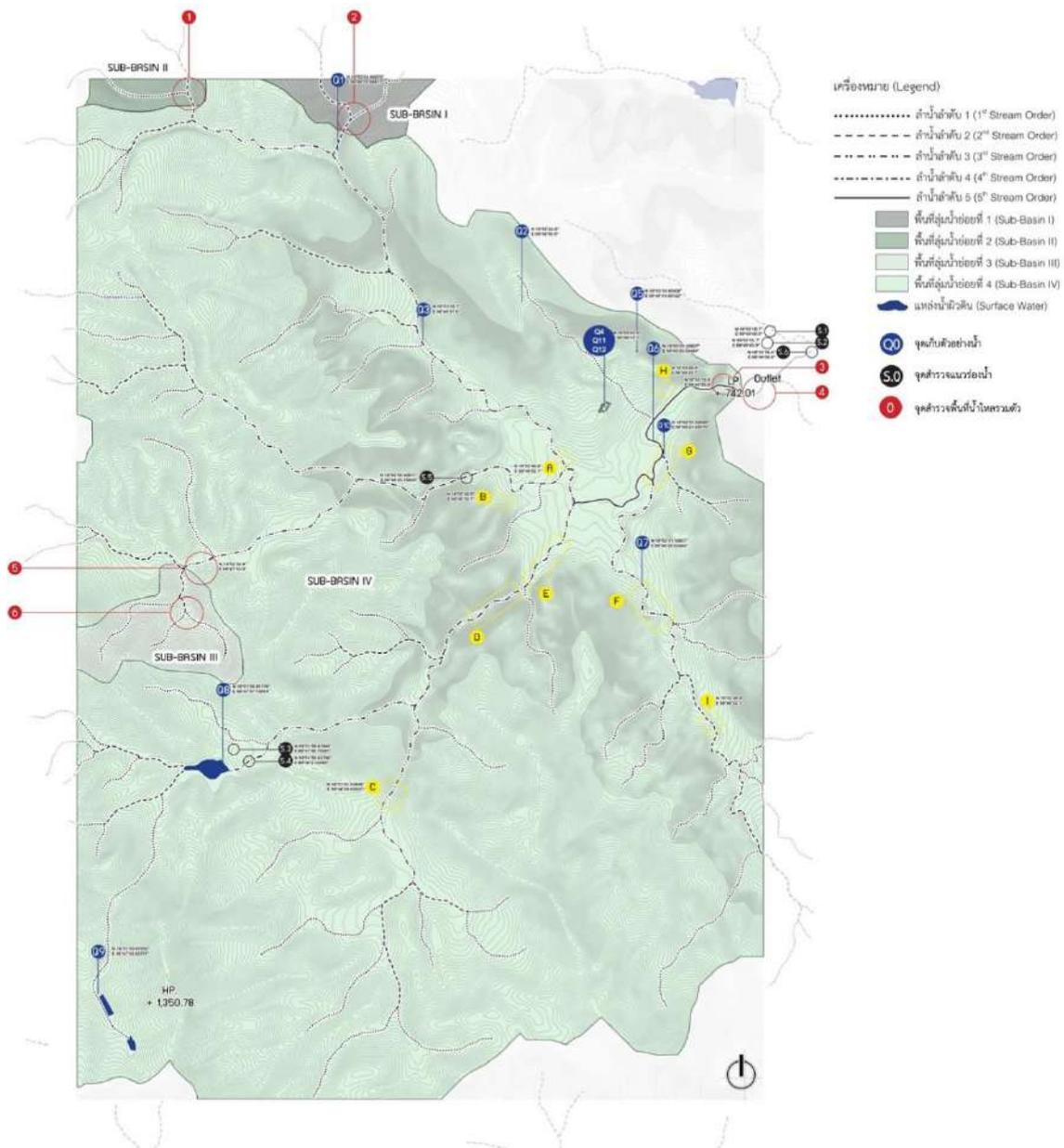
จากภาพที่ 1 จะเห็นว่าระบบลำน้ำในบริเวณพื้นที่บ้านโป่งแยงในมีการไหลจากพื้นที่ต้นน้ำบริเวณผืนป่าไม้ทางด้านทิศตะวันตก (ด้านขวามือของภาพ) ลงมาตามแนวร่องน้ำและพื้นที่ระหว่างหุบเขาสู่ลำน้ำหลักบริเวณพื้นที่ราบระหว่างเชิงเขา (ช่วงกลางของภาพ) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทางการเกษตรและชุมชน และไหลต่อไปทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือก่อนไหลออกสู่ลุ่มน้ำถัดไปเพื่อไหลรวมลงสู่แม่น้ำปิง



ภาพที่ 1 รูปตัดแสดงลักษณะกายภาพพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงใน

โดยบริเวณพื้นที่ศึกษานี้สามารถแบ่งรูปแบบการไหลของน้ำออกได้เป็น 6 ระดับ รวมปากลำน้ำไหลออกสู่ลุ่มน้ำอื่น (Outlet) ตามวิธีการจัดลำน้ำของ Panov และ Strahler (ประกอบ วิโรจน์ภู, 2539) โดยพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงในสามารถแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจากรูปแบบลำดับการไหลของน้ำออกได้เป็น 3 พื้นที่เพื่อการจัดการน้ำ ได้แก่ พื้นที่ต้นน้ำ, พื้นที่กลางน้ำ และพื้นที่ปลายน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนี้

- 1) บริเวณพื้นที่ลำน้ำส่วนต้นน้ำ: ลุ่มน้ำย่อยที่ 1, 2 และ 3
- 2) บริเวณพื้นที่ลำน้ำส่วนกลาง: ลุ่มน้ำย่อยที่ 4 ช่วงบริเวณลำน้ำลำดับที่ 2-4
- 3) บริเวณพื้นที่ลำน้ำส่วนปลายน้ำ: ลุ่มน้ำย่อยที่ 4 ช่วงบริเวณลำน้ำลำดับที่ 5



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงระบบลำน้ำและลุ่มน้ำย่อยบริเวณพื้นที่บ้านโป่งแยงใน

3. การลงพื้นที่สำรวจ

ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อสังเกตลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่รับน้ำเพื่อนำข้อมูลจากการลงพื้นที่สำรวจจริงมาใช้ประกอบการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินจากภาพถ่ายทางอากาศ และเก็บตัวอย่างน้ำตามจุดที่กำหนดเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำต่อไป

การลงพื้นที่สำรวจจะเริ่มสำรวจจากพื้นที่ต้นน้ำไล่ลงไปสู่บริเวณปลายน้ำตามหลักการไหลของโครงข่ายลำน้ำที่จะไหลจากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ โดยกำหนดการลงพื้นที่สำรวจเป็น 2 ครั้ง คือ ช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยว และช่วงฤดูเพาะปลูก เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงลักษณะ ปริมาณ และคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดินที่ทำการสำรวจ ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงจากการใช้เคมีทางการเกษตรหรือการเปลี่ยนแปลงลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินจากการทำการเกษตรในพื้นที่ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำ

การลงพื้นที่สำรวจในช่วงแรก (หลังฤดูเก็บเกี่ยว) จะเป็นการสำรวจเก็บข้อมูลแหล่งน้ำ สิ่งปกคลุมผิวดิน และการสัมภาษณ์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้เห็นภาพรวมของลักษณะพื้นที่บริเวณบ้านโป่งแยงในและประเด็นที่อาจนำไปสู่การขยายผลต่อ โดยได้รับความร่วมมือจากผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านโป่งแยงใน ช่วยแนะนำแหล่งน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บริเวณบ้านโป่งแยงใน อีกทั้งยังได้ให้สัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้น

การลงพื้นที่สำรวจในช่วงที่ 2 (ฤดูเพาะปลูก) จะเป็นการลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ซ้ำเดิมในจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ตามฤดูกาล เช่น บริเวณพื้นที่เกษตร พื้นที่ชุมชน ซึ่งจะเป็แหล่งน้ำบริเวณปลายน้ำเป็นหลักและเก็บข้อมูลซ้ำในส่วนอื่นที่ยังต้องการการยืนยันผลเพิ่มเติม เช่น แหล่งน้ำประปา น้ำอุปโภค-บริโภคของโรงเรียนบ้านโป่งแยงใน รวมถึงการสัมภาษณ์ข้อมูลเชิงลึกในลักษณะการประชุมกลุ่มย่อยจากผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้แก่ เกษตรกรในพื้นที่ ผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้าน ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านโป่งแยงใน

3.1. การสำรวจแหล่งน้ำและสิ่งปกคลุมผิวดิน

ทำการสำรวจลักษณะกายภาพพื้นที่บริเวณแหล่งน้ำผิวดิน ทางน้ำที่สำคัญ รวมถึงบริเวณโดยรอบแหล่งน้ำและทางน้ำที่เชื่อมโยงกับชุมชนบ้านโป่งแยงใน ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4 เพื่อเก็บข้อมูลลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณแหล่งน้ำและทางน้ำ รวมถึงการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำผิวดิน



ภาพที่ 3 พื้นที่การทำเกษตรกรรมพืชผักผลไม้เมืองหนาวในพื้นที่บ้านโป่งแยงใน ช่วงระหว่างการเพาะปลูก โดยปลูกตามแนวระดับและลักษณะขั้นบันไดผสมพื้นที่เศษพืชและซอตั้ง (contoured & terraced: C&T + crop residue)



ภาพที่ 4 ตัวอย่างลักษณะพื้นที่ริมทางน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงใน ซึ่งมีเศษพืชและวัชพืชปกคลุมผิวดินซึ่งสามารถซึมน้ำได้ดี

3.2. การสำรวจคุณภาพน้ำและการเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำ

เนื่องจากคนส่วนใหญ่ในชุมชนบ้านโป่งแยงในมื่ออาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก โดยส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกพืชเศรษฐกิจสำคัญของจังหวัดเชียงใหม่ อาทิเช่น ไม้ดอกไม้ประดับ พืชผักผลไม้เมืองหนาว เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกแบบเป็นแถว (row crop) ทั้งการปลูกแบบเป็นแถวตรง ผสมพื้นที่เศษพืชและซอตัง (straight row: SR + crop residue) และปลูกตามแนวระดับและลักษณะขั้นบันไดผสมพื้นที่เศษพืชและซอตัง (contoured & terraced: C&T + crop residue) ทำให้มีปริมาณการใช้น้ำ และการใช้สารเคมีทางการเกษตรในพื้นที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงฤดู จึงแบ่งการเก็บตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยว และช่วงฤดูเพาะปลูก โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำในพื้นที่สำคัญ 3 พื้นที่ ได้แก่ น้ำจากพื้นที่ต้นน้ำ น้ำบริเวณกลางน้ำ และน้ำบริเวณปลายน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงใน โดยเน้นเก็บตัวอย่างบริเวณปลายน้ำที่เป็นแหล่งชุมชน จากนั้นนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์คุณภาพ เพื่อระบุปัญหาและประเมินสาเหตุของการเกิดปัญหาคุณภาพน้ำที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่

การเก็บตัวอย่างน้ำได้ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำ ของสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ โดยก่อนเก็บตัวอย่าง ต้องใช้ตัวอย่างน้ำกลั้ว (Rinse) ขวดเก็บตัวอย่างก่อนสัก 2-3 ครั้ง แล้วจึงบรรจุตัวอย่างน้ำใส่ในขวดเก็บตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์หา บีโอดี (BOD) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ความเป็นด่าง (alkalinity) และความเป็นกรด (acidity) ต้องเก็บตัวอย่างน้ำเต็มขวด และปิดฝาให้สนิท เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้อากาศที่เหลือยู่ภายในขวดน้ำละลายเข้าไปในตัวอย่าง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในตัวอย่าง และจะทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ ทั้งนี้สำหรับการเก็บขวดเก็บตัวอย่างทั้งก่อน และหลังบรรจุตัวอย่างน้ำแล้วนั้น ขวดจะต้องปิดฝายู่ตลอดเวลา ขณะเก็บตัวอย่างจึงต้องเปิดและวางฝาขวดให้หงายขึ้น อย่าวางคว่ำลงบนพื้นเพราะจะทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ และเมื่อบรรจุตัวอย่างน้ำลงในขวดเรียบร้อยแล้ว ควรปิดฝาขวดให้แน่น และอาจนำเทปมาพันรอบคอขวดด้วย ในกรณีที่ต้องขนส่งตัวอย่างน้ำในระยะทางไกล (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม , 2563) หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำแล้วจึงนำส่งวิเคราะห์และทดสอบน้ำในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สำหรับจุดเก็บตัวอย่างน้ำนั้นได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม ประปาหมู่บ้าน อ่างเก็บน้ำ และน้ำดื่มมาใช้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

| ลำดับที่ | สถานที่ | ประเภท | ลำดับลำน้ำ | พื้นที่สิ่งปกคลุมดิน | จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่างน้ำ |
|----------|------------------------------------------|------------------|------------|---------------------------------|------------------------------|
| Q1 | ต้นน้ำห้วยน้ำอุ่น | ตาน้ำธรรมชาติ | 2 | Woods cover 100%) | 1 |
| Q2 | บ่อคอนกรีตเก็บน้ำ | บ่อเก็บน้ำ | - | Woods cover <50% | 2 |
| Q3 | พื้นที่เกษตรกรรมและชุมชน 1 | แหล่งน้ำธรรมชาติ | 3 | open space grass cover <50% | 2 |
| Q4 | โรงเรียนบ้านโป่งแยงใน | ประปาหมู่บ้าน | - | คอนกรีต/น้ำซึมผ่านไม่ได้ | 2 |
| Q5 | หอเก็บน้ำหมู่บ้าน | ประปาหมู่บ้าน | - | crop residue: CR | 2 |
| Q6 | พื้นที่เกษตรกรรมและชุมชน 2 บ้านโป่งแยงใน | แหล่งน้ำธรรมชาติ | 5 | straight row: SR + crop residue | 2 |

ตารางที่ 1 ตารางแสดงรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ (ต่อ)

| ลำดับที่ | สถานที่ | ประเภท | ลำดับลำน้ำ | พื้นที่สิ่งปกคลุมดิน | จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่างน้ำ |
|----------|------------------------------------------|------------------|------------|------------------------------------------|------------------------------|
| Q7 | พื้นที่เกษตรกรรมและชุมชน 3 บ้านผานกกก | แหล่งน้ำธรรมชาติ | 3 | contoured & terraced: C&T + crop residue | 2 |
| Q8 | อ่างเก็บน้ำบ้านหนองแหะ | อ่างเก็บน้ำ | 2 | crop residue: CR | 1 |
| Q9 | อ่างเก็บน้ำบ้านบวกจัน | อ่างเก็บน้ำ | 1 | Water resources | 1 |
| Q10 | พื้นที่เกษตรกรรมและชุมชน 4 บ้านโป่งแยงใน | แหล่งน้ำธรรมชาติ | 5 | Woods cover <50% | 2 |
| Q11 | โรงเรียนบ้านโป่งแยงใน | น้ำใช้ | - | คอนกรีต/น้ำซึมผ่านไม่ได้ | 2 |
| Q12 | โรงเรียนบ้านโป่งแยงใน | น้ำดื่ม | - | คอนกรีต/น้ำซึมผ่านไม่ได้ | 2 |



ภาพที่ 5 ลักษณะการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินเพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 6 ลักษณะพื้นที่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุด Q1 ห้วยน้ำอุ่น แหล่งต้นน้ำ

4. ลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและการใช้ประโยชน์พื้นที่

ผลการศึกษาในส่วนนี้เกิดจากการวิเคราะห์และบ่งชี้ลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่บ้านโป่งแยงใน จากภาพถ่ายทางอากาศ ปี พ.ศ. 2564 (Google Map, 2021) แบ่งการวิเคราะห์และบ่งชี้ลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นแรกจะบ่งชี้และจำแนกลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินอ้างอิงตามลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่ (Natural Resources Conservation Service, 2009; ประกอบ วิโรจน์กัญ, 2539) จึงนำไปจำแนกตามการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวภาพสำหรับระบบนิเวศเมือง (Cadenasso et al., 2007) ต่อไป โดยมีรายละเอียดผลการศึกษาและวิเคราะห์ ดังนี้

4.1. จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการศึกษาลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินพิจารณาอ้างอิงตามลักษณะการใช้ประโยชน์ Natural Resources Conservation Service (2009) และ ประกอบ วิโรจน์กัญ (2539) แบ่งลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่บ้านโป่งแยงในออกเป็น 4 หมวด 8 ประเภท ดังนี้

4.1.1 พื้นที่พัฒนาเป็นเมืองอย่างสมบูรณ์ (fully developed urban areas - vegetation established)

1) พื้นที่โล่ง (open space: lawn, park etc.)

- มีสภาพไม่ดี: มีพืชพันธุ์ปกคลุมน้อยกว่า 50% (open space grass cover <50%)
- มีพืชพันธุ์ปกคลุมตั้งแต่ 50-75% (open space grass cover 50-75%)
- มีสภาพดี (open space grass cover 100%)

2) พื้นที่ไม่ซึมน้ำ (impervious areas)

- ถนนและเส้นทางการสัญจร (street and roads)
- ถนนคอนกรีต (paved: curbs and storm sewers)
- ถนนดิน (dirt: w/ right-of-way)

3) ย่านเมือง (urban districts)

- พื้นที่ค้าขาย (commercial and business)

4) ย่านที่พักอาศัย (residential districts: by average lot size)

- มีพื้นที่ 0.0005 ตารางกิโลเมตร หรือ น้อยกว่า หรือ มีพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ 65%
- มีพื้นที่ 0.0010 ตารางกิโลเมตร น้อยกว่า หรือ มีพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ 38%

4.1.2 พื้นที่เกษตรกรรมเก็บเกี่ยว (cultivated agricultural lands)

1) พื้นที่ไม่ได้เพาะปลูก (fallow)

- เศษพืชและตอซัง (crop residue: CR)

2) ปลูกแบบเป็นแถว (row crop)

- ปลูกเป็นแถวตรง ผสมพื้นที่เศษพืชและตอซัง (straight row: SR + crop residue)
- ปลูกตามแนวระดับและลักษณะขั้นบันไดผสมพื้นที่เศษพืชและตอซัง (contoured & terraced: C&T + crop residue)

4.1.3 พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ (other agricultural lands)

1) พื้นที่ปกคลุมด้วยต้นไม้ใหญ่ (Woods)

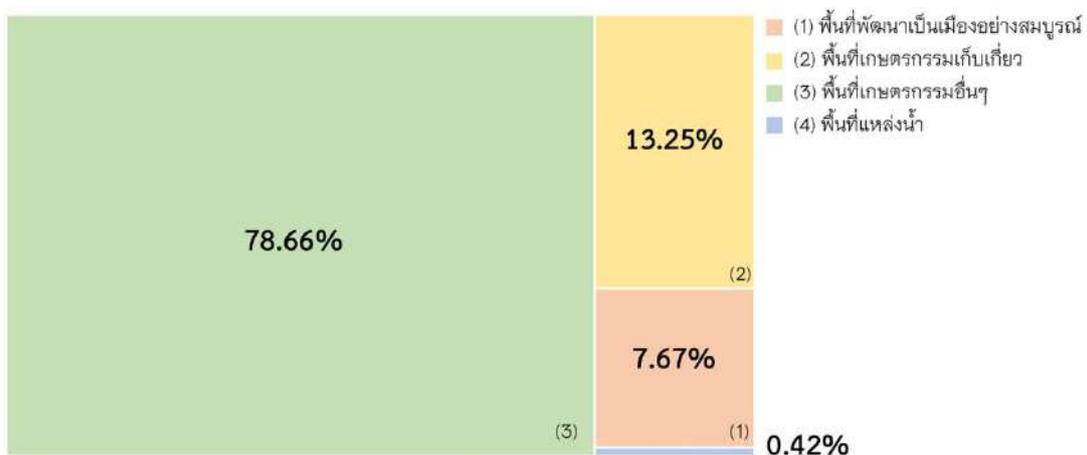
- มีสภาพไม่ดี: มีป่าไม้ปกคลุมน้อยกว่า 50% (Woods cover <50%)

- มีป่าไม้ปกคลุมตั้งแต่ 50-75% (Woods cover 50-75%)
- มีสภาพดี (Woods cover 100%)

4.1.4 แหล่งน้ำ (Water resources)

- แหล่งน้ำผิวดิน

จากผลการศึกษาลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าในปี พ.ศ. 2564 พื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงในมีขนาดพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดิน ประเภทพื้นที่พัฒนาเป็นเมืองอย่างสมบูรณ์ 1.90 ตารางกิโลเมตรโดยประมาณ คิดเป็นร้อยละ 7.67 ของขนาดพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เกษตรกรรมเก็บเกี่ยวมีขนาดพื้นที่ประมาณ 3.29 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 13.25 ของขนาดพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ประมาณ 19.52 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 78.66 ของขนาดพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่แหล่งน้ำ ประมาณ 0.10 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.41 ของขนาดพื้นที่ทั้งหมด ดังแสดงสัดส่วนพื้นที่ตามภาพที่ 7 - 8

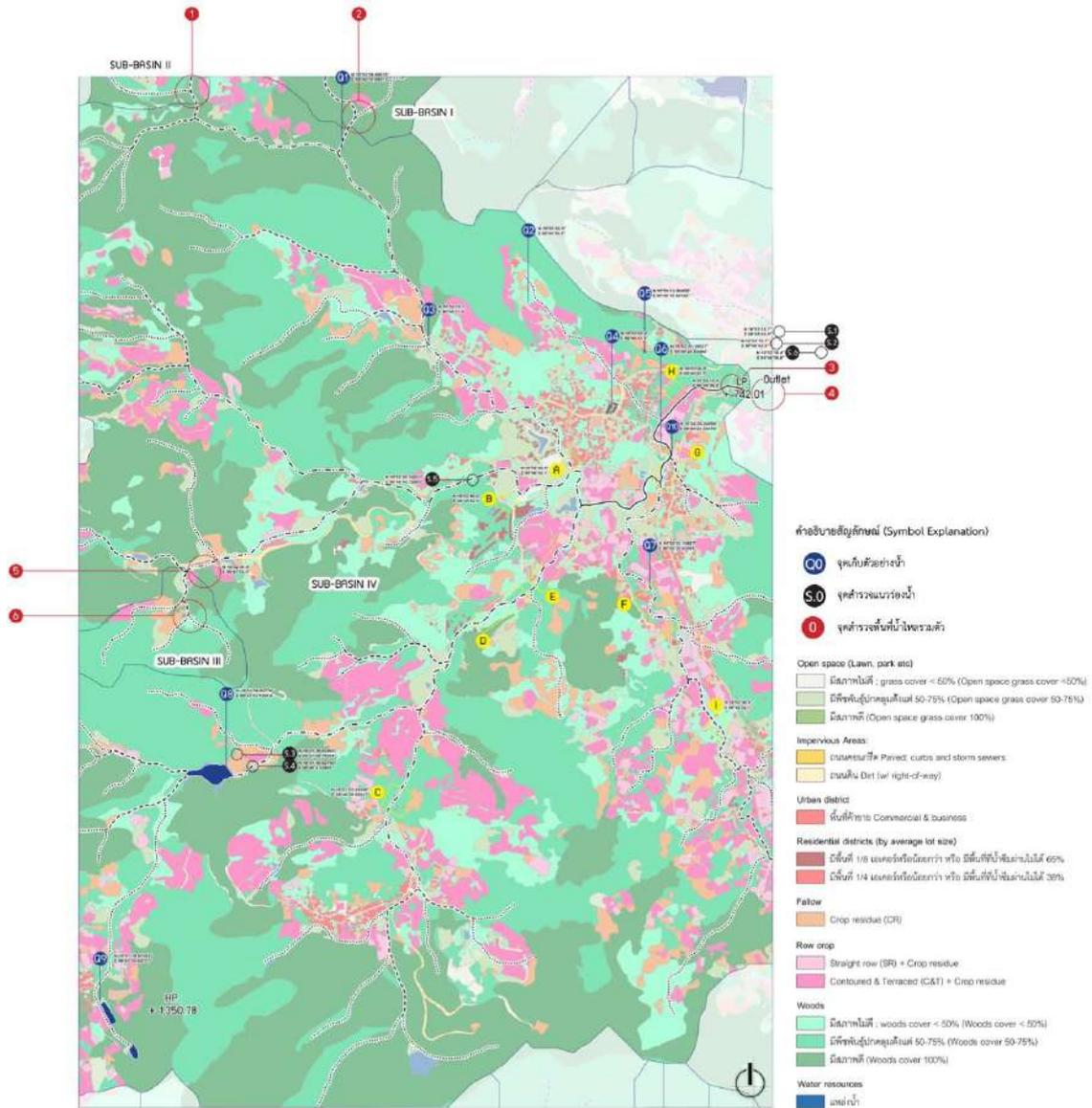


ภาพที่ 7 สัดส่วนร้อยละพื้นที่ลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบสัดส่วนพื้นที่ลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและการใช้ประโยชน์พื้นที่แต่ละลักษณะ และค่า CN (Curve Number) เฉลี่ยของกลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่บ้านโป่งแยงใน ซึ่งผลการศึกษาส่วนนี้จะได้นำไปศึกษาคุณสมบัติการซึมน้ำของพื้นที่ รวมถึงจำแนกตามการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวภาพสำหรับภูมิณีเวศเมืองต่อไป

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการศึกษาลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

| ลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน Land use/ Land cover description (ประกอบ วิโรจนุกุล, 2545; Natural Resources Conservation Service, 2009) | ขนาดพื้นที่ | | *Remark | Weighted CN | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|--------------------|-------------------------|------------|
| | Area | | | Hydrological soil group | |
| | (Sq.Km) | (%) | | A | D |
| | | | | AC | Pc-c, Dp-E |
| พื้นที่พัฒนาเป็นเมืองอย่างสมบูรณ์ (Fully developed urban areas - vegetation established) | | | | | |
| พื้นที่โล่ง (Open space: lawn, park etc.) | | | | | |
| มีสภาพโล่ง มีพืชพันธุ์ปกคลุมน้อยกว่า 50% (Open space grass cover <50%) | 0.06174 | 0.25 | | 68 | 89 |
| มีพืชพันธุ์ปกคลุมตั้งแต่ 50-75% (Open space grass cover 50-75%) | 0.06393 | 0.26 | | 49 | 84 |
| มีสภาพดี (Open space grass cover 100%) | 0.99804 | 4.02 | | 39 | 80 |
| พื้นที่ไม่ซึมน้ำ (Impervious areas) | | | | | |
| ถนนและเส้นทางการสัญจร (Street and roads) | | | | | |
| ถนนคอนกรีต (Paved: curbs and storm sewers) | 0.10154 | 0.41 | | 98 | 98 |
| ถนนดิน (Dirt: w/ right-of-way) | 0.28092 | 1.13 | | 72 | 89 |
| ย่านเมือง (Urban districts) | | | | | |
| พื้นที่ค้าขาย (Commercial and business) | | | | | |
| | 0.01205 | 0.05 | Avg % Imperv 85 | 89 | 95 |
| ย่านที่พักอาศัย (Residential districts: by average lot size) | | | | | |
| มีพื้นที่ 1/8 เอเคอร์ หรือน้อยกว่า หรือ มีพื้นที่ที่รั้วซึมน้ำผ่านไม่ได้ 65% | | | | | |
| | 0.04610 | 0.19 | Avg % Imperv 65 | 77 | 92 |
| มีพื้นที่ 1/4 เอเคอร์ หรือน้อยกว่า หรือ มีพื้นที่ที่รั้วซึมน้ำผ่านไม่ได้ 38% | | | | | |
| | 0.33980 | 1.37 | 38 | 61 | 87 |
| พื้นที่เกษตรกรรมเก็บเกี่ยว (Cultivated agricultural lands) | | | | | |
| พื้นที่ไม่ได้เพาะปลูก (Fallow) | | | | | |
| เศษพืชและตอซัง (Crop residue: CR) | 0.95279 | 3.84 | poor | 76 | 93 |
| ปลูกแบบเป็นแถว (Row crop) | | | | | |
| ปลูกเป็นแถวตรง ผสมพื้นที่เศษพืชและตอซัง (Straight row: SR + Crop residue) | 0.41923 | 1.69 | poor | 71 | 90 |
| ปลูกตามแนวระดับและลักษณะขั้นบันไดผสมพื้นที่เศษพืชและตอซัง (Contoured & Terraced: C&T + Crop residue) | 1.91539 | 7.72 | poor | 65 | 81 |
| พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ (Other agricultural lands) | | | | | |
| พื้นที่ปกคลุมด้วยต้นไม้ใหญ่ (Woods) | | | | | |
| มีสภาพโล่ง มีป่าไม้ปกคลุมน้อยกว่า 50% (Woods cover <50%) | 6.4609 | 26.04 | Poor | 45 | 80 |
| มีป่าไม้ปกคลุมตั้งแต่ 50-75% (Woods cover 50-75%) | 6.24733 | 25.18 | Fair | 36 | 79 |
| มีสภาพดี (Woods cover 100%) | 6.80815 | 27.44 | Good | 30 | 77 |
| แหล่งน้ำ (Water resources) | | | | | |
| แหล่งน้ำผิวดิน | 0.10184 | 0.41 | | | |
| Total | 24.80975 | 100 | | 60 | 86 |



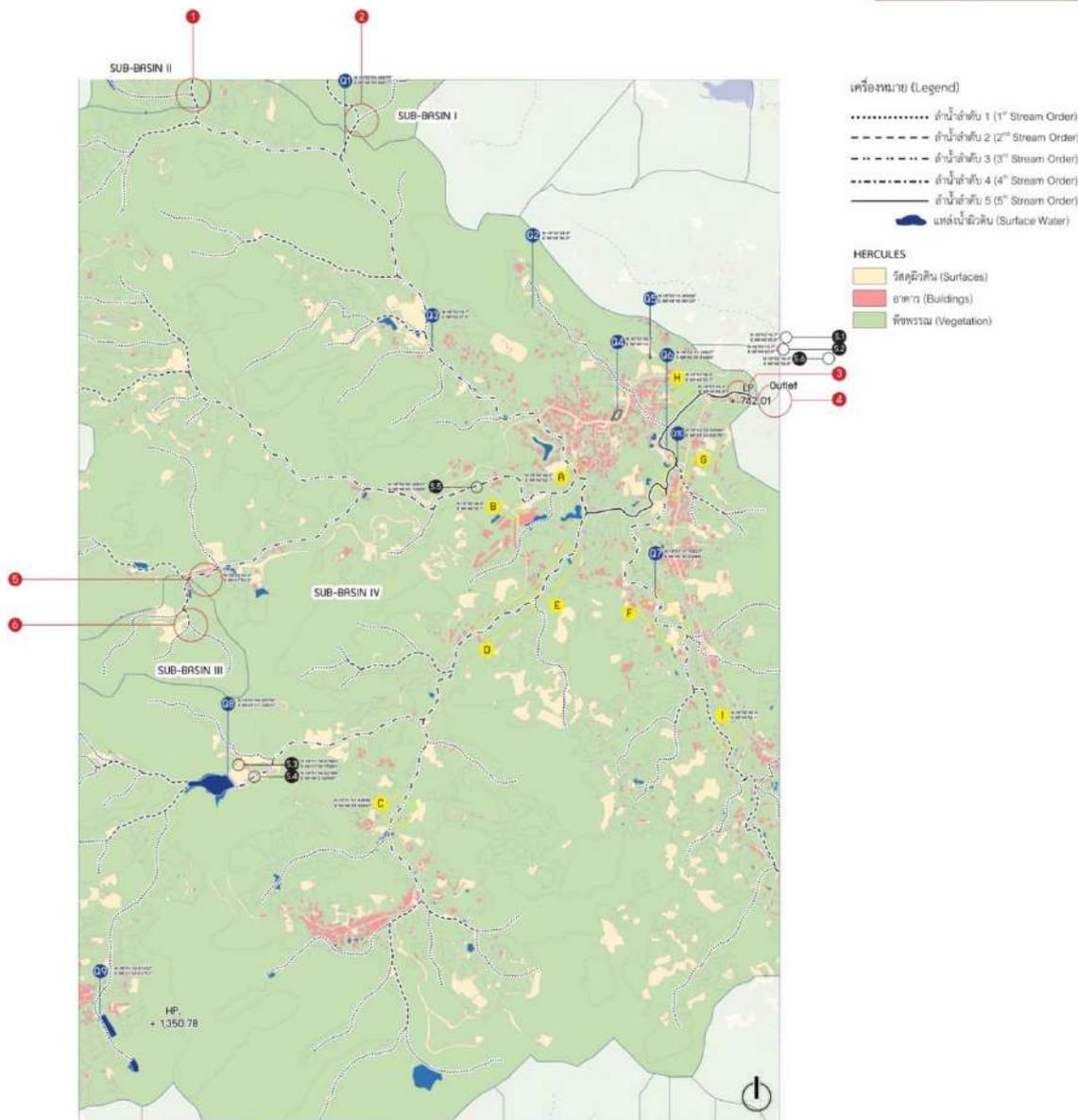
ภาพที่ 8 ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

4.2. จำแนกตามรูปแบบสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมิภาคเมือง

ผลการศึกษาในส่วนนี้เป็นการจำแนกตามลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมิภาคเมือง (Cadenasso et al., 2007) โดยไม่คิดรวมพื้นที่แหล่งน้ำผิวดิน (surface water) พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงในมีสัดส่วนพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินซึมน้ำได้ดีต่อพื้นที่สิ่งปกคลุมผิวดินซึมน้ำได้น้อยเท่ากับ 13:1 ดังแสดงในภาพที่ 9 และตารางที่ 3 โดย surfaces หมายถึงพื้นที่เปิดโล่ง (open space) และ พื้นที่ไม่ซึมน้ำ (impervious areas) ได้แก่ ถนนคอนกรีต ถนนดิน, Buildings หมายถึง สิ่งปลูกสร้างในย่านพื้นที่การค้า และย่านที่พักอาศัย, vegetation หมายถึง พื้นที่ทำการเกษตรและพื้นที่ปกคลุมดินด้วยต้นไม้ใหญ่ และสุดท้าย water หมายถึง แหล่งน้ำผิวดิน

ตารางที่ 3 ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินตามการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมิภาค

| การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมิภาค (Cadenasso et al., 2007) High Ecological Resolution Classification for Urban Landscapes and Environmental Systems: HERCULES | ขนาดพื้นที่ | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|
| | (Sq.Km) | (%) |
| Surfaces | 1.3352 | 5.38 |
| Buildings | 0.398 | 1.6 |
| Vegetation | 22.9747 | 92.6 |
| Water | 0.1018 | 0.41 |
| | 24.8097 | 100 |



ภาพที่ 9 ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินตามการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเชิงชีวกายภาพสำหรับภูมิภาค

5. คุณภาพแหล่งน้ำ

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำนั้น ได้ทำการแยกผลวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนตามประเภทแหล่งน้ำ ได้แก่ แหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำเพื่อการบริโภค ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ชาวบ้านในชุมชนใช้สำหรับดื่มและประกอบอาหาร โดยในการเก็บตัวอย่างน้ำนั้น ครั้งที่ 1 ทำการเก็บในช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยว และครั้งที่ 2 ทำการเก็บในช่วงฤดูเพาะปลูก โดยจุดเก็บน้ำที่ Q1, Q8 และ Q9 ทำการเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวเนื่องจากจุด Q1 เป็นพื้นที่ตลิ่งน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำที่ไม่ผ่านพื้นที่เกษตรกรรมใดๆ ทำให้ปัจจัยในช่วงการทำการเกษตรไม่มีผลต่อคุณภาพน้ำ ส่วนพื้นที่ Q8 และ Q9 เป็นอ่างเก็บน้ำของหมู่บ้าน ซึ่งในช่วงเวลาทำการเก็บทั้ง 2 ครั้งนั้น ไม่ได้มีการใช้หรือเติมน้ำเข้าในอ่างเก็บน้ำ ทำให้น้ำในอ่างทั้ง 2 เวลาการเก็บตัวอย่างนั้นไม่มีความต่างกัน

ในส่วนของพารามิเตอร์การวิเคราะห์คุณภาพน้ำนั้น การเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1 เป็นช่วงหลังจากเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวทันที ทำให้พื้นที่ในการเกษตรยังคงมีสารตกค้างของยาฆ่าแมลงและเคมีภัณฑ์ในการเกษตรหลงเหลืออยู่ต่างจากการเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2 นั้นเป็นช่วงฤดูเพาะปลูก ที่เกษตรกรเพิ่งเริ่มทำการเพาะปลูก ยังไม่มีการใช้สารเคมีสำหรับการเกษตรในพื้นที่ ทำให้ในการเก็บน้ำครั้งที่ 1 จำเป็นจะต้องตรวจสอบสารตกค้างอื่นๆ จากการทำการเกษตรที่อาจเจือปนอยู่ในแหล่งน้ำ

5.1. แหล่งน้ำผิวดิน

5.1.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินบริเวณบ้านโป่งแยงใน ครั้งที่ 1

- จุดที่พบว่าน้ำมีความขุ่นมาก ได้แก่ จุด Q3, Q6, Q8, Q10
- จุดที่พบว่ามีสี, แพลทินัม – โคบอลต์เกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ จุด Q3, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10
- จุดที่พบว่ามีเหล็กเกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ จุด Q3, Q6, Q10
- จุดที่พบว่ามีสารตะกั่วเกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ จุด Q1, Q2
- จุดที่พบว่ามีโครเมียมเกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ จุด Q1, Q6, Q9
- พบว่าน้ำจากทุกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ มีสารแคดเมียมเกินค่ามาตรฐาน

5.1.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างแหล่งน้ำผิวดินบริเวณบ้านโป่งแยงใน ครั้งที่ 2

- พบว่าน้ำจากจุด Q2, Q3, Q4, Q6, Q7, Q10 และ Q11 มีสารแคดเมียมเกินค่ามาตรฐาน

5.2. แหล่งน้ำเพื่อการบริโภค

ผลการวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างแหล่งน้ำเพื่อการบริโภค (แหล่งน้ำสำหรับใช้ดื่มหรือประกอบอาหาร) บริเวณบ้านโป่งแยงใน ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ในจุดเก็บตัวอย่างน้ำ Q5 และ Q12 พบว่า มีสารแคดเมียมเกินค่ามาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงใน ครั้งที่ 1

| พารามิเตอร์ | มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ | จุดเก็บตัวอย่างน้ำ | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------|------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q12 |
| พีเอช | 6.5 – 8.5 | 6.82 | 7.17 | 7.74 | 7.68 | 7.38 | 7.72 | 7.80 | 7.78 | 7.50 | 7.54 | 7.82 | 7.84 |
| ความขุ่น, เอ็นทียู | ไม่เกิน 5 | 0.29 | 0.34 | 4.6 | 0.26 | 0.32 | 5.0 | 2.5 | 4.3 | 2.0 | 4.8 | 0.22 | 0.18 |
| สี, แพลทินัม – โคบอลต์ | ไม่เกิน 15 | 0 | 0 | 48 | 0 | 0 | 52 | 21 | 89 | 33 | 50 | 0 | 0 |
| สารทั้งหมดที่ละลายได้, มก./ล. | ไม่เกิน 500 | 293 | 295 | 232 | 292 | 288 | 200 | 247 | 85 | 138 | 193 | 289 | 265 |
| ความกระด้างทั้งหมด, มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต | ไม่เกิน 300 | 245 | 221 | 181 | 161 | 219 | 142 | 168 | 56 | 102 | 138 | 186 | 173 |
| ซิลเฟต, มก./ล. | ไม่เกิน 250 | 3.9 | 3.2 | 5.2 | 3.5 | <3.2 | 6.9 | 10 | 5.3 | 5.6 | 7.7 | 4.4 | <3.2 |
| คลอไรด์, มก./ล. | ไม่เกิน 250 | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | <4.0 | <4.0 | ไม่พบ | ไม่พบ | <4.0 | ไม่พบ | ไม่พบ |
| ไนเตรท, มก./ล. | ไม่เกิน 50 | 2.8 | 2.6 | 1.5 | 2.6 | 2.8 | 7.6 | 20 | 0.48 | 0.33 | 8.6 | 2.9 | 2.6 |
| ฟลูออไรด์, มก./ล. | ไม่เกิน 0.7 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.22 | 0.24 | 0.28 | 0.30 | 0.15 | <0.15 | 0.30 | 0.27 | 0.28 |
| เหล็ก, มก./ล. | ไม่เกิน 0.3 | <0.05 | 0.06 | 0.33 | 0.10 | <0.05 | 0.42 | 0.14 | 0.23 | 0.22 | 0.38 | 0.06 | <0.05 |
| แมงกานีส, มก./ล. | ไม่เกิน 0.3 | ไม่พบ | ไม่พบ | <0.04 | ไม่พบ | 0.10 | 0.12 | 0.08 | 0.07 | 0.20 | 0.09 | ไม่พบ | ไม่พบ |
| ทองแดง, มก./ล. | ไม่เกิน 1 | <0.03 | ไม่พบ | <0.03 | <0.03 | ไม่พบ | <0.03 | <0.03 | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |

* ไม่พบ = ตรวจไม่พบสารนั้น หรือพบในปริมาณที่น้อยมากจนเครื่องวัดไม่สามารถอ่านค่าได้

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงใน ครั้งที่ 1 (ต่อ)

| พารามิเตอร์ | มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ | จุดเก็บตัวอย่างน้ำ | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------------|--------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q12 |
| สังกะสี, มก./ล. | ไม่เกิน 3 | <0.04 | 0.04 | 0.23 | <0.04 | <0.04 | <0.04 | 0.18 | 0.18 | 0.16 | 0.21 | 0.22 | <0.04 |
| ตะกั่ว, มก./ล. | ไม่เกิน 0.01 | 0.05 | 0.06 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| โครเมียม, มก./ล. | ไม่เกิน 0.05 | 0.06 | <0.05 | <0.05 | ไม่พบ | ไม่พบ | 0.06 | ไม่พบ | ไม่พบ | 0.07 | ไม่พบ | <0.05 | ไม่พบ |
| แคดเมียม, มก./ล. | ไม่เกิน 0.003 | 0.010 | 0.012 | 0.012 | 0.008 | 0.010 | 0.008 | 0.007 | 0.008 | 0.007 | 0.010 | 0.007 | 0.013 |
| สารหนู, มก./ล. | ไม่เกิน 0.01 | 0.002 | 0.002 | <0.002 | <0.002 | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | <0.002 | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |
| ปรอท, มก./ล. | ไม่เกิน 0.001 | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ | ไม่พบ |

* ไม่พบ = ตรวจไม่พบสารนั้น หรือพบในปริมาณที่น้อยมากจนเครื่องวัดไม่สามารถอ่านค่าได้

ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงใน ครั้งที่ 2

| พารามิเตอร์ | มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ (กรมอนามัย 2563) | จุดเก็บตัวอย่างน้ำ | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|----|----|------|------|------|
| | | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q12 |
| พีเอช | 6.5 – 8.5 | / | 7.46 | 7.79 | 7.87 | 7.89 | 7.89 | 7.78 | / | / | 7.87 | 8.04 | 7.88 |
| สารทั้งหมดที่ละลายได้, มก./ล. | ไม่เกิน 500 | / | 328 | 242 | 286 | 282 | 240 | 288 | / | / | 250 | 280 | 238 |
| ความเป็นด่างรวม, มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต | ไม่ระบุ | / | 240 | 173 | 226 | 235 | 175 | 204 | / | / | 172 | 219 | 189 |

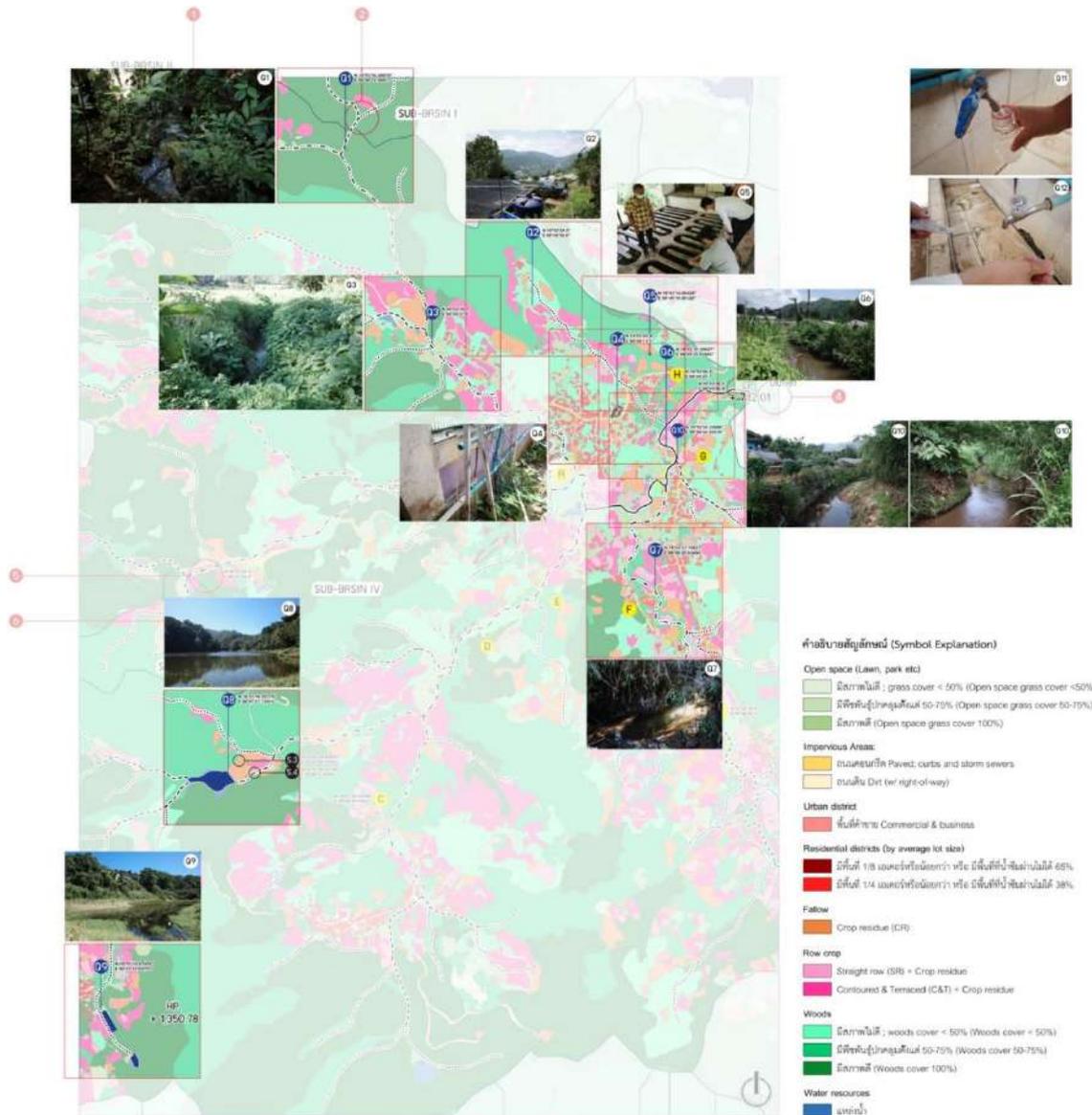
ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงใน ครั้งที่ 2 (ต่อ)

| พารามิเตอร์ | มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ (กรมอนามัย 2563) | จุดเก็บตัวอย่างน้ำ | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|-------|-------|-------|
| | | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q12 |
| ความ กระด้าง ทั้งหมด, มก./ล. แคลเซียม คาร์บอเนต | ไม่เกิน 300 | | 240 | 158 | 183 | 244 | 168 | 194 | | | 170 | 207 | 193 |
| ความ กระด้าง แคลเซียม, มก./ล. แคลเซียม คาร์บอเนต | ไม่ระบุ | | 216 | 135 | 163 | 212 | 143 | 166 | | | 139 | 145 | 150 |
| ตะกั่ว, มก./ ล. | ไม่เกิน 0.01 | | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | | | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| แคดเมียม, มก./ล. | ไม่เกิน 0.003 | | 0.010 | 0.012 | 0.010 | 0.010 | 0.011 | 0.011 | | | 0.012 | 0.009 | 0.009 |

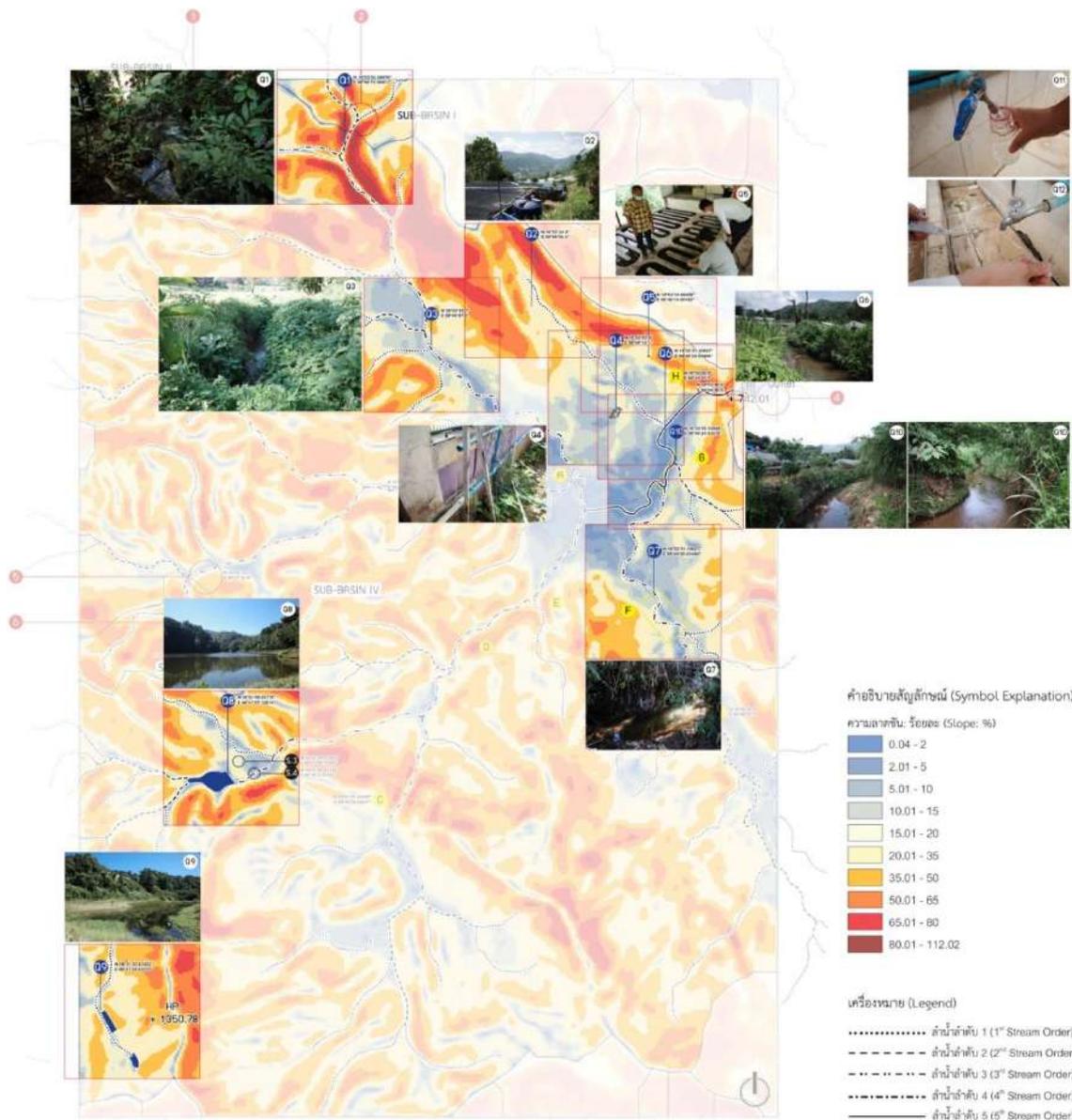
6. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินและคุณภาพน้ำ

เมื่อพิจารณาผลการบ่งชี้และจำแนกลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงในประกอบกับลักษณะโครงข่ายลำน้ำซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานภูมินิเวศหลักของพื้นที่ร่วมกับการพิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้ง 12 ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 10 และภาพที่ 11 จากภาพจะเห็นว่าแม้พื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณบ้านโป่งแยงในนี้จะมีการทำเกษตรกรรมที่มีการเปิดหน้าดินเป็นส่วนใหญ่แต่ก็ยังคงมีสัดส่วนพื้นที่ป่าไม่อยู่มาก ซึ่งมีส่วนสำคัญในการช่วยปกป้องหน้าดินในพื้นที่ซึ่งมีความลาดชันสูง โดยที่สิ่งปกคลุมผิวดิน (land cover) ถือเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำรวมถึงปริมาณน้ำและการไหลบ่าของน้ำฝนบนผิวดิน โดยลักษณะของสิ่งปกคลุมผิวดินแต่ละประเภทมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการซึมผ่านได้ของน้ำ โดยหากมีการเปลี่ยนแปลงไปของลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินก็จะส่งผลให้ความสามารถในการซึมผ่านได้ของน้ำเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย (ยูเฟรตส์ สิทธิพงษ์ และยูทธนา ทองท่วม, 2562) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประมาณการความสามารถในการซึมผ่านได้ของน้ำ โดยการประมาณการค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำหลากตามผิวดิน หรือ ที่เรียกว่าค่า CN (runoff curve number) โดยสำหรับพื้นที่ที่มีลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านจะมีค่า CN เท่ากับ 100 ส่วนพื้นที่ที่มีการสูญหายเนื่องจากการซึมลงของน้ำสูงมากจะมีค่า CN เท่ากับ 0 (Natural Resources Conservation Service, 1986) โดยค่าการซึมผ่านของน้ำบริเวณจุดเก็บน้ำทั้ง 12 จุดแสดงในตารางที่ 2 และจากภาพที่ 11 จะเห็นว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ส่วนใหญ่จะยังมีพื้นที่ป่าไม่ปกคลุมอยู่ เช่น ในพื้นที่ตาน้ำ

ในจุดเก็บน้ำ Q1 อีกทั้งบริเวณขอบลำน้ำเองก็ยังคงไว้ซึ่งพืชพรรณอยู่มากซึ่งจะเห็นได้จากภาพถ่ายจุดเก็บตัวอย่างน้ำ ในภาพที่ 10 ทำให้สามารถช่วยดักและกรองตะกอนก่อนน้ำไหลลงแหล่งน้ำผิวดินได้



ภาพที่ 10 แผนที่แสดงลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำ



ภาพที่ 11 แผนที่แสดงความลาดชันพื้นที่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

7. สรุปผลการวิจัยและแนวทางในการจัดการน้ำ

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดินมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในพื้นที่นั้น โดยพบว่าพื้นที่ที่ทำการเกษตรที่มีการเปิดหน้าดินนั้น (Q3, Q6, Q7, Q10) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในช่วงหลังฤดูเก็บเกี่ยวพบสารเจือปนอยู่เกินค่ามาตรฐานของกรมอนามัย (2563) อาทิเช่น ค่าแพลทินัม โคบอลต์ รวมถึงมีความขุ่นที่เกินมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามแม้ในพื้นที่ต้นน้ำ ห้วยน้ำอุ่น (Q1) จะเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมผิวดินเป็นพื้นที่ป่า (Woods cover 100%) แต่ยังคงตรวจพบสารตะกั่ว โครเมียม และแคดเมียมเจือปนอยู่ในน้ำเกินค่ามาตรฐานของกรมอนามัย (2563) ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยอื่น เช่น ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ที่เป็นภูเขาหินปูน หรือองค์ประกอบทางเคมีของดินในพื้นที่นั้น ซึ่งยังไม่สามารถสรุปได้ และควรเป็นประเด็นศึกษาในอนาคตเพื่อหาแนวทางปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งต้นน้ำ

ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ในงานวิจัยนี้เน้นศึกษาโดยการบูรณาการร่วมกับความรู้ทางภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อปรับปรุงสภาพพื้นที่ให้มีความเหมาะสมทางด้านระบบนิเวศ

7.1. แนวทางการบูรณาการทางภูมิสถาปัตยกรรมในการพัฒนาคุณภาพแหล่งน้ำ

การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการทำเกษตรกรรมบนพื้นที่ลาดเขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกพืชทางเศรษฐกิจที่มักเป็นการปลูกพืชเชิงเดี่ยวนั้น นอกจากจะทำให้ขาดความหลากหลายทางระบบนิเวศในพื้นที่บริเวณนั้นแล้ว ลักษณะโครงสร้างการยึดเกาะหน้าดินของชนิดพืชพันธุ์เองยังมีลักษณะรากตื้นและเกาะชั้นดินที่ความลึกระดับเดียวทำให้เสถียรภาพของชั้นดินลดลง เพิ่มโอกาสการกัดเซาะของหน้าดินซึ่งส่งผลโดยตรงต่อทั้งปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำในพื้นที่ (กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2556) ดังนั้น นอกจากการอนุรักษ์ป่าต้นน้ำที่เป็นเสมือนหน้าด่านแรกของการช่วยซับน้ำและเติมน้ำลงสู่ระบบน้ำใต้ดินแล้ว ในพื้นที่ดินบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรมเองควรจะต้องมีการวางแผนจัดการน้ำสำหรับการช่วยชะลอน้ำผิวดินด้วยเช่นกัน ประกอบกับการใช้วิธีการทำเกษตรแบบขั้นบันได และปลูกพืชที่ช่วยยึดชั้นดินสลับอย่างหญ้าแฝก เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะช่วยลดความชันของหน้าดินที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าและลดการกัดเซาะพังทลายของหน้าดินแล้ว ยังสามารถนำไปสู่การพัฒนาเป็นโครงข่ายโครงสร้างพื้นฐานภูมินิเวศขนาดใหญ่ของพื้นที่ที่จะช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำผิวดินอย่างยั่งยืนสอดคล้องตามกระบวนการตามธรรมชาติของระบบน้ำในพื้นที่

7.2. แนวทางการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค

สภาพพื้นที่ของหมู่บ้านโป่งแยงในนั้นเป็นภูเขาหินปูน ทำให้น้ำบริเวณนี้มีความกระด้างมากกว่าพื้นที่อื่น รวมถึงพื้นที่มีชั้นดินส่วนใหญ่ที่เป็นลักษณะของดินประเภททรายทำให้การไหลของน้ำบริเวณนี้ไหลอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการชะหน้าดินมากขึ้น ประกอบกับความลาดชันของพื้นที่ ทำให้น้ำมีหินปูนและโลหะหนักเจือปนอยู่ ทำให้ไม่อาจหลีกเลี่ยงปัญหาความกระด้างของน้ำจากแหล่งต้นน้ำได้ ทั้งนี้หากต้องการกำจัดความกระด้างของน้ำสามารถทำได้โดยวิธีการสร้างตะกอนโดยการเติมปูนขาว ซึ่งสามารถทำร่วมกันกับระบบน้ำประปาที่มีอยู่เดิมได้ หรือการใช้เรซินในกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (สุพัตรา ศรีสันต์ และคณะ, 2561) อย่างไรก็ตามเนื่องจากความกระด้างของน้ำในพื้นที่ยังสามารถใช้เพื่อการอุปโภคได้ ดังนั้นจึงแนะนำให้กำจัดความกระด้างของน้ำเฉพาะน้ำเพื่อการบริโภค เพื่อลดต้นทุนและขนาดของระบบที่ต้องใช้ นอกจากนี้ยังแนะนำให้มีระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพและอนามัยของผู้ใช้น้ำในชุมชน เช่น การเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อชีวมวล หรือการเพิ่มการกรองด้วยคาร์บอนในระบบประปาหมู่บ้านเพื่อกรองโลหะหนัก แต่มีข้อควรระวังคือต้องมีการควบคุมปริมาณการเติมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับคุณภาพของน้ำสำหรับอุปโภคบริโภค (วิวัฒน์ อ่อนนาคกล้า, 2563) อีกทั้งในส่วนของการลดมลพิษหรือสารตกค้างของน้ำผิวดินนั้นสามารถทำได้โดยการสร้างโครงข่ายการจัดการน้ำผิวดิน (Retrofitting the Stormwater Management Network) เพื่อลดมลพิษน้ำผิวดิน ลดความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมของพื้นที่ รวมถึงเป็นการสร้างพื้นที่สีเขียวและช่วยลดอุณหภูมิเมือง ด้วยการออกแบบเพื่อการจัดการน้ำรูปแบบต่างๆ เช่น สวนน้ำฝน (raingardens) พื้นที่ชุ่มน้ำ (wetland) ร่องระบายน้ำ (swales) และระบบดักมลพิษ (gross pollutant traps) (City of Sydney, 2017)

8. ข้อเสนอแนะในกระบวนการศึกษาและการวิจัย

ในกระบวนการศึกษาคุณภาพน้ำมีปัจจัยที่อาจทำให้ผลการตรวจคุณภาพไม่เที่ยงตรงในครั้งแรกที่ทำการศึกษา เนื่องจากทีมวิจัยได้สำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำหลังช่วงที่ชาวบ้านทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางเกษตรแล้ว ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พบสารเจือปนในตัวอย่างน้ำในปริมาณที่น้อยหรือไม่มีเลยในบางจุด อย่างไรก็ตามทางทีมวิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจ

และเก็บตัวอย่างน้ำในครั้งที่สองช่วงที่เป็นฤดูเพาะปลูก ซึ่งก็พบค่าโลหะหนักในบางตัวอย่างน้ำซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากการใช้สารเคมีในการเกษตร หรือเป็นการเจือปนจากธรรมชาติก็เป็นได้ ซึ่งในการตรวจพิสูจน์โดยห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยนั้นมีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถตรวจหาสารเคมีจำพวกยาฆ่าแมลงที่เจือปนในน้ำได้ ทำให้ไม่สามารถระบุได้อย่างเจาะจงว่าสารที่เจือปนนั้นเป็นสารชนิดใด หากต้องการหาที่มาของสารเจือปนในน้ำอุบิโภคบริโภคควรนำตัวอย่างน้ำส่งทดสอบคุณภาพจากทางบริษัทเอกชนที่มีความชำนาญและมีห้องปฏิบัติการที่สามารถตรวจหาสารเหล่านี้ได้

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหน่วยสนับสนุนวิชาการรับใช้สังคม สำนักงานบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2563

10. เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). *วิธีปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำ*. เข้าถึงได้จาก <https://www.pcd.go.th/publication/4209>
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2563). *แผนที่เส้นชั้นความสูงบริเวณบ้านโป่งแยงใน*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมอนามัย. (2563). *ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย*. เข้าถึงได้จาก <https://foodsafety.anamai.moph.go.th/th/water-quality/204437>
- ประกอบ วิโรจน์กัญ. (2539). อุทกวิทยาของน้ำผิวดิน. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.
- พิรานันท์ จันทาพูน. (2558). ผลกระทบด้านสังคมและวัฒนธรรมจากการท่องเที่ยวโดยชุมชน ตามการรับรู้ของครัวเรือนบ้านแม่สาใหม่ ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- มนตรี ผลสินธ์ และ เพ็ญรัตน์ จันทร์ภักดิ์. (2564). แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำกับความมั่นคงด้านสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ระยองเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก. *วารสารสิ่งแวดล้อม*, 25(2). เข้าถึงได้จาก <http://www.ej.eric.chula.ac.th/content/6138/309>
- ยุพเรศ สิทธิพงษ์ และยุพธนา ทองทั่วม. (2562). *การลดผลกระทบของน้ำท่าผิวดินจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินด้วยการบูรณาการองค์ความรู้ทางโครงสร้างพื้นฐานภูมินิเวศวัฒนธรรมล้านนา และทางภูมิสถาปัตยกรรม กรณีศึกษา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เอกสารนำเสนอในที่ประชุม การประชุมวิชาการสร้างสรรค์ระดับชาติและการสัมมนาระดับบัณฑิตศึกษา “ภูมิปัญญาพื้นถิ่นสร้างสรรค์” วันที่ 6-7 มิถุนายน 2562 ณ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*.
- วิวัฒน์ อ่อนนาคกล้า. (2563). ผลร่วมของการเติมคลอรีนแบบขั้นต้นและสารตกตะกอนต่อการกำจัดความขุ่นของกระบวนการตกตะกอนในระบบผลิตน้ำประปาโดยถังตกตะกอนชนิดขั้นตะกอน. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ม.อบ.*, 13(2). เข้าถึงได้จาก https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/eng_ubu/article/view/242804/164677
- สุพัตรา ศรีสันต์, ณัฐวิญญ์ ชวลิตพรศิยา, พิสุทธิ์ เพียรมนกุล. (2561). การพัฒนากระบวนการร่วมทางกายภาพ-เคมีสำหรับการกำจัดความกระด้างและซิลิกาในน้ำบาดาล. *วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย*, 32(3). เข้าถึงได้จาก <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/teej/article/view/198914/138677>
- ส่วนสนับสนุนโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2563). เทคนิคและวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ (Sampling Technique / Sampling Procedure). เข้าถึงได้จาก <http://www.dgr.go.th/skr/th/newsAU/243/3155>

- Cadenasso, M. L., Pickett, S. T. A., & Schwarz, K. (2007). Spatial Heterogeneity in Urban Ecosystems: Reconceptualizing Land Cover and a Framework for Classification. *Ecological Society of America*.
<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/1540-9295%282007%295%5B80%3ASHIUER%5D2.0.CO%3B2>
- City of Sydney. (2017). *Environmental Action 2016-2021: Strategy and action plan*. City of Sydney.
<https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/strategies-action-plans/environmental-action-2016-2021-strategy-action-plan>
- Global Solution Networks. (2013). Global Water Partnership: Lighthouse Case Study. Global Solution Networks. <http://gsnetworks.org/wp-content/uploads/2013/12/CS-Global-Water-Partnership.pdf>
- Global Water Partnership. (2019). Mobilising for a Water Secure World: Strategy 2020-2025. Global Water Partnership. <https://gwp.org/globalassets/global/about-gwp/strategic-documents/gwp-strategy-2020-2025.pdf>
- Google Map. (2021). Aerial photograph of Ban Pong Yaeng Nai.
- Kibria, G. (2015). World rivers in crisis: water quality and water dependent biodiversity are at risk- Threats of pollution, climate change & dam's development. Research Gate, November, 12.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1791.5365/2>
- Natural Resources Conservation Service. (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds TR-55. The U.S. Department of Agriculture. <https://nationalstormwater.com/urban-hydrology-for-small-watersheds-tr-55/>.
- Natural Resources Conservation Service. (2009). Small Watershed Hydrology WinTR-55 User Guide. The U.S. Department of Agriculture. https://irrigationtoolbox.com/NEH/UserGuides/WinTR-55_01-09.pdf.
- UN-Water. (2019). Climate Change and Water: UN-Water Policy Brief. UN-Water.
https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/UN_Water_Policy_Brief_Climate_Change_and_Water_web.pdf
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2015). Sustainable Development: the 17 goals. Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/goals>