บทที่ 2
วรรณกรรมและผลงานที่เกี่ยวข้อง

1. การประเมินสถานการณ์ปัจจุบันด้านน้ำเสีย

ในการประเมินสถานการณ์ปัจจุบันด้านน้ำเสีย มีแนวทางดำเนินงานดังนี้

1.1 ประเมินสถานการณ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ

โดยทั่วไปในแต่ละชุมชนจะมีแหล่งน้ำของชุมชนทั้งประเภทที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น เช่น อ่างเก็บน้ำ สระน้ำ แม่น้ำ สำคลอง ห้วย หนอง บึง เป็นต้น การใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำอาจมีทั้งเพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภค และการคมนาคมและในขณะเดียวกันก็แหล่งรองรับการระบายน้ำจากชุมชน ซึ่งอาจรวมถึงน้ำเสียจากิจกรรมต่าง ๆ ด้วย

การที่แหล่งน้ำรองรับน้ำเสียนั้นจะเป็นเหตุสำคัญที่ทำให้แหล่งน้ำเกิดสภาพเน่าเสียและเสื่อมโทรมลง ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเป็นระยะ ๆ จัดทำฐานข้อมูลคุณภาพน้ำ ของชุมชนรวมถึงการสะท้อนปัญหาที่เกี่ยวกับแหล่งน้ำจากประชาชนในชุมชน ซึ่งอาจมีการร้องเรียนเมื่อมีปัญหา ทั้งนี้เพื่อประเมินสถานการณ์และสภาพปัญหาของแหล่งน้ำ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหา ความรุนแรง ของปัญหา ความเร่งด่วน และแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหา

1.2 การศึกษา-สำรวจแหล่งกำเนิดน้ำเสีย

เพื่อทราบถึงปริมาณและความสกปรกของน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ของชุมชนจำเป็นต้องมีการศึกษาสำรวจ แหล่งกำเนิดน้ำเสีย ซึ่งในแต่ละชุมชนอาจมีแหล่งกำเนิดน้ำเสียหลักแยกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากอาคาร บ้านเรือน และกิจกรรมในชุมชน เช่น โรงแรม ตลาด และสถานบริการต่าง ๆ รวมถึงน้ำเสียที่เกิดจากขยะมูลฝอยที่ตกค้าง และมิได้รับการกำจัดที่ถูกต้อง

น้ำเสียอุตสาหกรรม หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆในโรงงาน อุตสาหกรรมทุกขนาด และทุกประเภท

น้ำเสียเกษตรกรรม หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการดำเนินงานภาคเกษตรกรรม ซึ่งรวมถึงกสิกรรม (เช่น การปลูกพืชสวน ไร่ นา) การปศุสัตว์ (เช่น ฟาร์มโคนม โคเนื้อ ฟาร์มสุกร สัตว์ปีกประเภทต่าง ๆ) และการประมง ซึ่งรวมถึงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด น้ำกร่อยบริเวณชายฝั่งทะเล

1.3 การประเมินความสามารถในการรองรับน้ำเสียของแหล่งน้ำ

โดยธรรมชาติแหล่งน้ำต่างๆจะมี ขีดความสามารถในการรองรับและย่อยสลายความสกปรกโดยยังคงรักษาคุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำให้อยู่ในสมดุลโดยไม่เกิดปัญหามลพิษหรือความเสื่อมโทรมขึ้น ขีดความสามารถนี้โดยทั่วไปจะขึ้นกับขนาดของแหล่งน้ำ การไหลถ่ายเทของน้ำ และลักษณะทางกายภาพอื่นๆ เช่น ความลึก ระดับขึ้นลง การมีพืชปกคลุม เป็นต้น

ในการประเมินขีดความสามารถในการรองรับความสกปรกของแหล่งน้ำ จำเป็นต้องอ้างอิงกับมาตรฐานคุณภาพน้ำ ซึ่งกำหนดความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ เช่น มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน มาตรฐานน้ำบาดาล มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง เป็นต้น

2. การประเมินผลกระทบของการระบายน้ำเสียต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ประเด็นที่ควรนำมาประเมินผลกระทบมีดังต่อไปนี้

- เกิดแหล่งแพร่ระบาดของเชื้อโรคและแมลงนำโรคต่าง ๆ
- เกิดปัญหามลพิษต่อดิน น้ำ และอากาศ
- เกิดเหตุรำคาญ เช่น กลิ่นเหม็นของน้ำโสโครก
- เกิดการสูญเสียทัศนียภาพ เกิดสภาพที่ไม่น่าดู เช่น สภาพาน้ำที่มีสีดำคล้ำ มีฝ้าน้ำมัน ขยะ และสิ่งปฏิกูล
- เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ เช่น การสูญเสียพันธุ์ปลาบางชนิด จำนวนสัตว์น้ำลดลง การทำให้ที่ดินบริเวณใกล้เคียงมีมูลค่าต่ำ เป็นต้น
- เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศในระยะยาว เช่น แหล่งน้ำตื้นเขิน เกิดการแพร่ระบาดของวัชพืชน้ำ และสาหร่ายในน้ำที่ทำให้เกิดสีและกลิ่น รวมถึงทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพในแหล่งน้ำลดลง

2.1 การตรวจลักษณะน้ำเสีย

ลักษณะของน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันตามกิจกรรมของการใช้น้ำ ลักษณะของน้ำเสียอาจแสดงด้วยลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมีและลักษณะทางชีวภาพ รวมถึงความรู้สึกของประชาชนที่มีต่อน้ำเสีย ซึ่งจำเป็นต้องมีการตรวจสอบ

ในการกำหนดดัชนีลักษณะน้ำเสียที่จะใช้ในการตรวจสอบ สามารถอ้างอิงจากดัชนีที่แสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปจะสามารถอ้างอิงจากดัชนีที่แสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปจะสามารถตรวจสอบด้วยวิธีดังต่อไปนี้

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

ซึ่งอาจดูด้วยตาหรือตรวจวัดอย่างง่าย เช่น ความขุ่น อุณหภูมิ สี กลิ่น

2.1.2 ลักษณะทางเคมี

ซึ่งจะต้องประเมินความจำเป็นและประเภทของดัชนีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) สิ่งเจือปนที่อยู่ในรูปของสารละลายหรือสิ่งแขวนลอย (Solid Contents) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand – BOD ซึ่งหมายถึง ปริมาณออกซิเจนอิสระที่จุลินทรีย์ใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทร์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนในระยะเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20°C) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand – COD ซึ่งหมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสารที่เจือปนในน้ำทุกชนิด โดยใช้กระบวนการทางเคมี) สารอาหาร (Nutrient ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่เร่งการเจริญของพืชในแหล่งน้ำ ได้แก่ สารประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) สารพิษต่าง ๆ (Toxic Substances ได้แก่ สารกัมมันตภาพรังสี และสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ต่าง ๆ โลหะและโลหะหนัก (Metals and Heavy Metals) โดยเฉพาะโลหะที่เป็นพิษ ซึ่งได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม สารหนู เป็นต้น

2.1.3 ลักษณะทางชีวภาพ

ในการจัดทำฐานข้อมูลลักษณะน้ำเสีย ควรจัดทำในลักษณะของแผนที่แสดงตำแหน่งที่ตรวจวัดช่วงเวลาที่ตรวจวัด สภาพทั่วไป ทั้งนี้ เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมและใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการจัดทำแผนงาน/โครงการของท้องถิ่นต่อไป เช่น การตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

2.2 การประเมินสถานภาพของการดำเนินการที่มีอยู่

หลังจากที่ทำการศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาน้ำเสียที่เกิดแล้ว ควรทำการตรวจสอบการดำเนินงานแก้ไขปัญหาน้ำเสียที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันในประเด็นดังต่อไปนี้

- พิจารณาแหล่งกำเนิดน้ำเสียประเภทโรงงานอุตสาหกรรมแล้วควรพิจารณากิจกรรมอื่นที่ดำเนินการในเขตพื้นที่ของจังหวัดด้วย เช่น โรงแรม ร้านอาหาร โรงพยาบาล ฟาร์ม เลี้ยงสัตว์ เป็นต้น

- โครงการเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำเสียอื่น ๆ เช่น การประชาสัมพันธ์ มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด และดำเนินงานมีประสิทธิภาพหรือมีความก้าวหน้าเพียงใด

- ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการต่าง ๆดังกล่าวมีอะไรบ้างและได้ดำเนินการแก้ไขอย่างไร

- กฎหมาย ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมแหล่งกำเนิดของเสียต่าง ๆ

3. การคาดการณ์สถานการณ์ด้านน้ำเสียในอนาคต

ในการวางแผนการจัดการน้ำเสียในระยะยาวจำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณและลักษณะน้ำเสียในอนาคตด้วยโดยหลักการคาดคะเนประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

- การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต
- การคาดการณ์ปริมาณและลักษณะน้ำเสียในอนาคต

3.1 การคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต

เนื่องจากปริมาณน้ำเสียมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนประชากร ฉะนั้น จึงจำเป็นต้องทำการคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต เพื่อทราบถึงความจำเป็นและความเร่งด่วนของการวางโครงการระบบจัดการน้ำเสีย ซึ่งโดยทั่วไประบบน้ำเสียจะต้องได้รับการออกแบบให้สามารถรองรับน้ำเสียได้ประมาณ 10-20 ปีในอนาคต

การคาดการณ์จำนวนประชากร จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางโครงการและการออกแบบระบบต่าง ๆ และมีเทคนิคในการคาดการณ์ได้หลายรูปแบบ ตามความเหมาะสมของแต่ละสถานการณ์อย่างไรก็ตามในเบื้องต้น อาจใช้วิธีการคาดการณ์อย่างง่าย โดยอ้างอิงอัตราการเพิ่มประชากรจากสถิติประชากรในอดีต ประมาณ 5-10 ปี มาใช้ในการคาดการณ์จำนวนประชาการในอนาคต มีวิธีดังนี้

3.1.1 ประมาณค่าอัตราการเพิ่มของประชากรในอนาคตแต่ละปี โดยคิดจากจำนวนประชากรปีปัจจุบันหักลบจำนวนประชากรปีที่ผ่านมาหารด้วยจำนวนประชากรในปีที่ผ่านมา ตัวอย่าง เช่น ในปีปัจจุบัน มีประชากร 25,500 คน ปีที่ผ่านมามีประชากร 25,000 คน ดังนั้น อัตราการเพิ่มประชากร เท่ากับ (25,500-25,000)/25,000=500/25,000=0.02

3.1.2 ทำการคำนวณอัตราการเพิ่มประชากรในช่วงปีต่าง ๆ ย้อนหลังมาหาค่าเฉลี่ยโดยคิดจากผลรวมของอัตราการเพิ่มของประชากรรายปี ซึ่งอาจมีทั้งค่าบวกและลบ หารด้วยจำนวนข้อมูล เช่น หาอัตราการเพิ่มประชากรย้อนหลัง 5 ปี ได้ค่าดังนี้ + 0.025+0.03 + 0.0-0.015+0.01 ดังนั้น สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยของอัตราเพิ่มประชากรได้เท่ากับ (0.025+0.03+0.0-0.015+0.01)/5 =0.050/5=0.01

3.1.3 นำค่าเฉลี่ยของอัตราการเพิ่มประชากรมาใช้คาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต โดยประมาณจำนวนประชากรในปีถัดไปจากจำนวนประชากรในปีปัจจุบันคูณด้วยสัดส่วนการเพิ่มจำนวนประชากรต่อปี ตัวอย่างเช่น ในปีปัจจุบันมีประชากร 30,000คน มีอัตราการเพิ่ม

ประชากร 0.01ซึ่งจะมีสัดส่วนการเพิ่มประชากรต่อปีเท่ากับ 1+0.01 =1.01 ซึ่งคาดการณ์ได้ว่า ในปีถัดไปจากปีปัจจุบัน จะมีประชากรต่อปีเท่ากับ 30,000 x 1.01 = 30,300 คน

3.1.4 จากวิธีการข้างต้น สามารถคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตได้โดยนำสัดส่วนการเพิ่มประชากร ต่อปีคูณด้วยจำนวนประชากรในปีปัจจุบัน เป็นจำนวนครั้งเท่ากับจำนวนปีที่คาดการณ์ในอนาคต หรือเขียนเป็นสูตร ได้ดังนี้

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

โดย

P_n = จำนวนประชากรปีที่ $_n$ ในอนาคต (คน)

P_o = จำนวนประชากรในปัจจุบันหรือปีที่เริ่มต้นการคำนวณ (คน)

r = อัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรต่อปี (คิดเป็นค่าทศนิยม)

n = ช่วงเวลานับจากปีปัจจุบันหรือปีที่เริ่มต้นการคำนวณ (ปี)

3.1.5 ตัวอย่างการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการคำนวณประชากรเทศบาล ก. มีข้อมูลประชากรย้อนหลัง 10 ปี

พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)	เพิ่มขึ้น (คน)	อัตราเพิ่มประชากร (%)
2533	22,024	-	-
2534	22,544	520	2.36
2535	22,903	459	1.59
2536	23,050	147	0.64
2537	23,345	295	1.28
2538	23,505	160	0.68
2539	23,781	276	1.17
2540	25,487	1706	7.17
2541	25,581	94	0.37
2542	25,435	-146	-0.57
2543	25,705	270	1.06
		รวม	**15.75**

อัตราเพิ่มประชากรเฉลี่ย = 15.75/10 = 1.575% ต่อปี หรือเป็นค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงประชากร (r) = 0.01575 กำหนดให้ปี 2543 เป็นปีปัจจุบัน (n = 0) ซึ่งมีประชากร 25,705 คน จะสามารถคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตปีที่ n = 25,705 x $(1+0.01575)^{n}$

เช่น ต้องการคาดการณ์จำนวนประชากรใน 20 ปีข้างหน้า (ปี 2563) n จะมีค่าเท่ากับ 20 ซึ่งสามารถคาดการณ์จำนวนประชากรได้ดังนี้ P_{20} = 25,705 x $(1.0157)^{20}$= 25,705x1.032=26,528 คน เมื่อได้ค่าประมาณจำนวนประชากรในอนาคตแล้ว สามารถนำมาใช้คำนวณหาปริมาณและลักษณะน้ำเสียในอนาคตได้

อนึ่งในการประมาณจำนวนประชากร อาจจำเป็นต้องประมาณจำนวนประชากรนอกทะเบียนราษฎร์ (ประชากรแฝง)และประชากรที่เข้ามาชั่วคราว(ประชากรจร) เพิ่มเข้ามาด้วย เพื่อที่จะให้ได้ค่าประชากรที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด ทั้งนี้ ขึ้นกับสถานการณ์ของแต่ละท้องถิ่นว่ามีประชากรแฝงและประชากรจรมากน้อยเท่าใด

4. การคาดการณ์ปริมาณและลักษณะน้ำเสีย

เพื่อที่จะทำให้สามารถทราบถึงอัตราการปล่อยทิ้งน้ำเสีย และปริมาณความสกปรกที่จะปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำหรือสิ่งแวดล้อมอื่น ๆจำเป็นจะต้องทำการคาดการณ์ทั้งปริมาณและลักษณะของน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยทั่วไปจะคาดการณ์โดยอ้างอิงกับปริมาณและลักษณะน้ำเสียในปัจจุบันแล้วจึงนำข้อมูลมาพิจารณาคาดการณ์ปริมาณและลักษณะของน้ำเสียในอนาคต โดยนำข้อมูลประชากรคาดการณ์ในอนาคตมาใช้ใน การคำนวณ แนวทางการคาดการณ์มีดังนี้

4.1 ปริมาณและลักษณะน้ำเสียในปัจจุบัน

ข้อมูลด้านปริมาณน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ อาจหาได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังนี้

- น้ำเสียจากโรงอุตสาหกรรม จากอุตสาหกรรมจังหวัด
- น้ำเสียจากแหล่งชุมชน สามารถใช้ข้อมูลอัตราการใช้น้ำจากการประปาส่วนภูมิภาค นำมาประมาณอัตราการปล่อยทิ้งน้ำเสีย โดยทั่วไปจะประมาณว่าร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำประปาที่ใช้ จะเป็นปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น

ส่วนข้อมูลด้านลักษณะน้ำเสียไม่ว่าจะเป็นน้ำทิ้งจากกิจกรรมเฉพาะอย่าง หรือจากแหล่งชุมชนนั้น สามารถขอได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำ เช่น สาธารณสุขจังหวัด โรงพยาบาล-จังหวัด หรืออาจทำการเก็บตัวอย่างน้ำส่งให้หน่วยงานที่มีห้องปฏิบัติการทำการตรวจวัดลักษณะน้ำทิ้ง หรืออาจจะนำข้อมูลลักษณะน้ำเสียที่มีผู้ที่ทำการศึกษาไว้แล้วในพื้นที่อื่นมา

ประยุกต์ใช้ก็ได้ทั้งนี้ควรคำนึงถึงสภาพความแตกต่างของชุมชนทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ด้วย

จากข้อมูลดังกล่าว จะทำให้สามารถวิเคราะห์เพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณและลักษณะน้ำเสียในปัจจุบันได้ดังนี้

- อัตราการปล่อยทิ้งน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถคิดได้จากผลรวมของอัตรา การปล่อยจากกิจกรรมและแหล่งกำเนิดต่างๆ แสดงค่าเป็นปริมาตรต่อวัน เช่น ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งอาจมีความผันแปรตามฤดูกาล ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพของแต่ละชุมชน อัตราการปล่อยทิ้งความสกปรก แสดงโดยปริมาณ บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand Loading) โดยนำค่าความเข้มข้นของบีโอดีในน้ำเสียคูณกับอัตราการปล่อยทิ้ง ซึ่งแสดงผลในหน่วยน้ำหนักบีโอดีต่อวันตัวอย่าง เช่น มีผลรวมของอัตราการปล่อยน้ำเสีย 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน น้ำเสียมีค่าบีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะคิดเป็นอัตราการปล่อยทิ้งความสกปรกเท่ากับ 3,000x200 =600,000กรัมต่อวัน หรือเท่ากับ 600 กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน

- อัตราการปล่อยทิ้งความสกปรกของชุมชนตามที่ประมาณการข้างต้น จะเป็นตัวเลขบ่งชี้ที่สำคัญถึงภาระการรองรับความสกปรกของแหล่งน้ำ ที่รับการปล่อยทิ้งน้ำเสียได้

4.2 การคาดการณ์อัตราการเกิดน้ำเสียและลักษณะของน้ำเสียในอนาคต

ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำเสียในอนาคตนั้น สามารถอ้างอิงกับจำนวนประชากร โดยอาจประมาณค่าจากอัตราการเกิดน้ำเสียในปัจจุบัน และอ้างอิงกับชุมชนอื่นๆที่มีลักษณะใกล้เคียงกันหรือจากการศึกษาวิจัย ซึ่งโดยทั่วไปชุมชนระดับเทศบาลจะมีอัตราการเกิดน้ำเสียประมาณ 150-200 ลิตรต่อคนต่อวัน โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของชุมชนนั้น ๆ

ในการคาดการณ์ลักษณะของน้ำเสียในอนาคต เช่นเดียวกับการคาดการณ์ปริมาณน้ำเสีย จะสามารถประมาณค่าความสกปรกด้วยค่าบีโอดี ซึ่งชุมชนระดับเทศบาลโดยทั่วไปจะมีความเข้มข้นของบีโอดีในน้ำเสียประมาณ 10-20 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดังนั้น จากการคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต การคาดการณ์อัตราการเกิดขึ้นต่อคนและ การคาดการณ์ความเข้มข้นของบีโอดี ในน้ำเสียจะทำให้สามารถคาดการณ์ในอนาคตถึงอัตราการปล่อยทิ้ง น้ำเสียของชุมชน (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) รวมถึงอัตราการปล่อยทิ้งความสกปรก (กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน) ผลการคาดการณ์ดังกล่าว จะเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวางแผนการจัดการน้ำเสียของชุมชนต่อไป

4.3 ตัวอย่างการคำนวณ

จากผลการคำนวณคาดการณ์จำนวนประชากรเทศบาล ก. ตามตัวอย่างข้างต้น คาดการณ์ว่าอีก 20 ปีข้างหน้า เทศบาล ก. จะมีประชากร 26,528 คน และคาดการณ์อัตราการเกิดน้ำเสีย 200 ลิตรต่อคนต่อวัน น้ำเสียมีความเข้มข้นของบีโอดี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถคาดการณ์ได้ดังนี้

- อัตราการปล่อยทิ้งน้ำเสียเท่ากับ 26,528 คน x 200 ลิตรต่อคนต่อวัน = 5,305,600 ลิตร ต่อวันหรือเท่ากับ 5,305.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

- อัตราการปล่อยทิ้งความสกปรกเท่ากับ 5,305,600 ลิตรต่อวัน x 200 มิลลิกรัมต่อลิตร= 1,061,120,000 มิลลิกรัมต่อวัน หรือเท่ากับ 1,061,120 กรัมต่อวัน หรือเท่ากับ 1,061.12 กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน

- อัตราการปล่อยทิ้งน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) และอัตราการปล่อยทิ้งความสกปรก(กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน) จะเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบเบื้องต้น และการกำหนดความต้องการพื้นที่ สำหรับก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป

5. การวิเคราะห์เพื่อประเมินระดับของมลพิษน้ำ

เอกสารนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์เพื่อประเมินระดับของมลพิษทางน้ำ 2 วิธี คือ การคาดประมาณค่าใช้จ่ายทางสุขภาพอันเนื่องจากโรคภัยไข้เจ็บ และการประมาณการการลงทุนเพื่อบำบัดน้ำเสียโดยมีสมมุติฐานและ ข้อพึงระวังหลายประการ

การประมาณการคำนวณโดยใช้ระบบคาดประมาณมลพิษของอุตสาหกรรม (The Industrial Pollution Projection System-IPPS) ซึ่งจัดทำโดยกลุ่มวิจัยของธนาคารโลก มีหลักการพื้นฐานจากข้อเท็จจริงที่ว่ามลพิษจากอุตสาหกรรมมีที่มาจากขนาดของกิจกรรมองค์ประกอบของอุตสาหกรรมทั้งระบบ (สาขาอุตสาหกรรม) และกรรมวิธีการผลิต IPPS นำข้อมูลกิจกรรมการผลิตทางอุตสาหกรรม (เช่น การจ้างงาน) กับข้อมูลจริงของการปล่อยมลพิษ มาคำนวณระดับวามรุนแรงของมลพิษ เช่น ระดับของการปล่อยมลพิษต่อหน่วยของกิจกรรมอุตสาหกรรม การคำนวณความรุนแรงมลพิษของแต่ละสาขาอุตสาหกรรม โดยใช้ข้อมูลการจ้างงานจากการสำมะโนสถิติอุตสาหกรรมการผลิตของสหรัฐอเมริกา (United States Manufacturing Census) และข้อมูลการปล่อยมลพิษจากระบบการจัดการมลพิษระดับชาติของสหรัฐอเมริกา (The US National Pollution Discharge Elimination System)

ทั้งนี้ การปรับประมาณการจากพื้นฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นของประเทศอื่น ต้องอาศัยข้อมูลเฉพาะของประเทศนั้นๆ อย่างไรก็ตามรูปแบบของความรุนแรงของมลพิษทางอุตสาหกรรมแต่ละประเภท(สาขาหนึ่งโดยเปรียบเทียบกับอีกสาขาหนึ่ง)อาจจะคล้ายคลึงกัน ดังนั้นการจัดอันดับสาขาของอุตสาหกรรมจึงมีความสำคัญ แม้ว่าการประมาณการที่แน่นอนจะกระทำไม่ได้ก็ตาม

โดยมีเงื่อนไขว่า ความรุนแรงของมลพิษมีพื้นฐานจากเทคโนโลยีของสหรัฐอเมริกาและอย่างน้อยประเทศกำลังพัฒนานั้นใช้เทคโนโลยีการควบคุมมลพิษเช่นเดียวกัน หรือเทคโนโลยีที่อาจเก่ากว่า การประมาณการดังกล่าวจะเทียบได้กับการประมาณการขั้นต่ำ

สำหรับประเทศไทย คณะผู้ศึกษาได้นำวิธี IPPS มาใช้โดยคูณความรุนแรงของมลพิษจากโรงงาน แต่ละประเภท(กิโลกรัมแรงงาน)ด้วยจำนวนของแรงงานไทยในโรงงานโดยใช้ข้อมูลที่รายงานจากสถิติแรงงานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ปี 2542

6. การประมาณการค่า BOD จากภาคการเกษตร

คำนวณในรูป BOD ต่อพื้นที่ คูณด้วยพื้นที่การเกษตรของปี 2539 แล้วคำนวณค่า BOD ปีถัดมาโดยใช้ GDP ภาคการเกษตรเป็นดัชนี

6.1 การประมาณการค่า BOD

น้ำเสียจากบ้านเรือนคำนวณโดยใช้ตัวเลขประชากรคูณกับดัชนี BOD ต่อคน ซึ่งจัดทำโดยกองนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม

7. เกณฑ์วัดคุณภาพน้ำเสีย

กฎหมายได้กำหนดคุณภาพของน้ำเสียที่มีตัวชี้วัด (Parameter) ดังนี้

7.1 พีเอช (pH)

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นกรดด่างของน้ำเสีย โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือจุลินทรีย์จะดำรงชีพได้ดีในสภาวะเป็นกลาง ถ้าค่า pH สูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้ระบบนิเวศน์น้ำเสียหาย สัตว์และพืชน้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้

7.2 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ ค่านี้ใช้เป็นค่าบอกความสกปรกของน้ำเสีย ถ้าค่า BOD สูงแสดงว่าความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือมีความสกปรก

7.3 ปริมาณของแข็ง (Solids)

หมายถึงปริมาณของสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ทั้งในลักษณะที่ไม่ละลายน้ำ ของแข็งบางชนิดมีน้ำหนักเบาและแขวนลอยอยู่ในน้ำ แต่บางชนิดจะหนักและจมตัวลงเบื้องล่าง ของแข็งเหล่านี้ถ้าปล่อยทิ้งไว้ในปริมาณมากจะทำให้ลำน้ำธรรมชาติตื้นเขิน และบดบังแสงแดดที่ส่องลงสู่ท้องน้ำ

7.4 ซัลไฟด์ (Salfide)

เป็นสารประกอบกำมะถันที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ และมีอยู่ในน้ำเสียจากบ้านเรือนโดยเฉพาะกากอุจจาระ เมื่อสารประกอบอินทรีย์จากเศษอาหารทั้งพืชและสัตว์ถูกจุลินทรีย์ย่อยในสภาวะไม่มีอากาศ เช่น ในบ่อส้วมหรือท้องร่อง จะกลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งมีกลิ่นเหม็น แต่ถ้ามีออกซิเจนเพียงพอก็จะถูกแปรสภาพต่อไปเป็นสารที่มีชื่อเรียกว่า ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ซึ่งไม่มีกลิ่นเหม็น

7.5 ไนโตรเจน

เป็นธาตุที่จำเป็นในการสร้างเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน เมื่อสารประกอบอินทรีย์ถูกย่อยสลายไนโตนเจนจะเปลี่ยนสภาพเป็นแอมโมเนียม ถ้าหากในน้ำมีออกซิเจนเพียงพอ แอมโมเนียมก็จะถูกย่อยต่อไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท ดังนั้นการปล่อยน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนสูง จึงทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในลำน้ำน้อยลง

7.6 ออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สามารถบ่งชี้บอกคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ ถ้าออกซิเจนมากก็เป็นน้ำที่มีคุณภาพดี ปลาและสัตว์น้ำสามารถอาศัยอยู่ได้

7.7 ฟอสเฟต

ฟอสฟอรัสซึ่งเป็นรูปฐานของฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบหนึ่งในเซลพืชและสัตว์ เมื่อซากของสิ่งมีชีวิตถูกย่อยโดยจุลินทรีย์จะกลายเป็นฟอสเฟต สามารถพบฟอสฟอรัสในสารซักฟอก ซึ่งเมื่อลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดฟองที่กีดขวางการแทรกซึมของออกซิเจนในอากาศสู่ผิวน้ำฟอสเฟตเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการแพร่ระบาดของสาหร่าย (Algae) จำนวนมากในแหล่งน้ำ น้ำจึงเป็นสีเขียวมีสภาพไม่น่าดู

7.8 COD (Chemical Oxygen Demand)

เป็นค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี มักใช้สำหรับเทียบหาค่า BOD ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการวิเคราะห์หาค่า BOD ต้องใช้เวลานานถึง 5 วัน แต่ของ COD ใช้เวลาเพียงประมาณ 2-3 ชั่วโมง โดย COD:BOD ของน้ำเสียชุมชนประมาณ 2-4 เท่า

8. ค่าใช้จ่ายทางสุขภาพอันเนื่องจากมลพิษทางน้ำ

ข้อมูลที่ใช้มาจากผลการศึกษาที่เพิ่มดำเนินการแล้วเสร็จเมื่อไม่นานมานี้เรื่อง Valuing Health and Economic Costs of Water Pollution in Thailand ซึ่งสรุปได้ว่า

8.1 การประมาณการใช้ค่าใช้จ่ายที่ เกี่ยวข้องกับการเจ็บป่วยที่สัมพันธ์กับมลพิษทางน้ำ 3 ประเภทคือ โรคท้องร่วง ไทฟอยด์และโรคบิด โดยคิดค่าใช้จ่ายทางเศรษฐกิจของการเจ็บป่วยเหล่านี้จาก (1) ค่าใช้จ่ายทางตรง และ (2) ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ซึ่งค่าใช้จ่ายทางตรง ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล และค่าใช้จ่ายทางอ้อม ได้แก่ การสูญเสียรายได้เนื่องจากความเจ็บป่วยและผลกระทบต่อระบบสาธารณสุข ซึ่งวัดในรูปของรายได้ที่สูญเสียอันเนื่องจากการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร และการสูญเสียประสิทธิภาพการผลิตเนื่อง จากอาการเจ็บป่วย ในการวิเคราะห์ใช้ข้อมูลจากรายงานการเฝ้าระวังระบาดวิทยาประจำปี 2541 ของไทย (The Thai Annual Epidemiology Surveillance Report)

8.2 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณรายได้ที่สูญเสียมาจากศูนย์เศรษฐศาสตร์สาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มูลค่าของชีวิตคนไทยในรายงานนี้ประมาณเท่ากับ 45,000 เหรียญสหรัฐ อย่างไรก็ตามมีการประมาณมูลค่าชีวิตของคนไทยโดยงานวิชาการอื่นอีกด้วย

8.3 ค่าใช้จ่ายในการจัดมาตรการควบคุมมลพิษทางน้ำและระบบสุขาภิบาลของเมือง ได้จากเอกสารของธนาคารโลก ได้แก่ Can the Environment Wait ? Priorities for East Asia พฤศจิกายน พ.ศ. 2540 และ Thailand : Building Partnerships for Environmental and Natural Resources Management กันยายน พ.ศ. 2542

9. การลงทุนระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาล

มีการประมาณการการลงทุนใหม่เพื่อรวบรวมและบำบัดน้ำเสียสำหรับประชากรเขตเทศบาลในทุกภาคของประเทศไทย และประมาณการขีดความสามารถและความครอบคลุมของระบบที่มีอยู่ รวมทั้งระบบที่กำลังก่อสร้าง โดยใช้ข้อมูลการเกิดน้ำเสียที่คำนวณจากข้อมูลประชากรเทศบาล คูณกับค่าเฉลี่ยดัชนีบีโอดีต่อคนต่อวันทั้งนี้ การประมาณการของแต่ละภาค จะไม่รวมขีดความสามารถส่วนเกินในจังหวัดท่องเที่ยว เช่น ชลบุรี ภูเก็ต หรือประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งได้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียให้รองรับกิจการโรงแรมสำหรับนักท่องเที่ยวด้วย ปริมาณน้ำเสียที่รวบรวมจากระบบเหล่านี้ปัจจุบันคิดเป็นประมาณร้อยละ 55 ของ ขีดความสามารถที่ออกแบบของระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งวัดจากข้อมูลการบำบัดน้ำเสีย 19 แห่งในประเทศไทย ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มขีดความสามารถของโรงบำบัดน้ำเสียและระบบรวบรวมน้ำเสีย จะขึ้นอยู่กับการลงทุนที่ผ่านมาและอุตสาหกรรมแต่ละประเภท ทั้งนี้จะต้องตระหนักว่าชุมชนเมืองส่วนใหญ่ขยายตัวออกนอกเขต-เทศบาล ทำให้มีประชากร

แฝงที่มิได้มีทะเบียนอยู่ในเทศบาลจำนวนมาก หรือมีการขยายตัวของประชากรระดับสูง จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงการลงทุนใหญ่กว่าขนาดเทศบาล เพื่อให้ครอบคลุมประชากรในเขตเมืองทั้งบริเวณ

10. ปัญหาของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม

ถ้าน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นจำนวนมากโดยไม่มีการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียออกไปก่อนจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ ดังนี้

10.1 สภาพน้ำเน่าเสียมีสีดำ เกิดก๊าซพิษ และมีกลิ่นเหม็น อันเนื่องมาจากสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่มีสารประกอบของคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นหลัก สารอินทรีย์เหล่านี้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภทใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต(aerobic bacteria) จึงเกิดผลกระทบต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำโดยปกติปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ(DO)จะมีค่าสูงสุดอิ่มตัวที่7.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อออกซิเจนถูกจุลินทรีย์ใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ค่า DO จะลดลง หากค่า DO ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (ซึ่งถือว่าเป็นค่าต่ำสุดที่สิ่งมีชีวิตในน้ำจะดำรงชีวิตอยู่อย่างปกติสุข) แต่สารอินทรีย์ยังมีเหลืออยู่มากปริมาณออกซิเจนที่ใช้ไปจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งอยู่ในสภาพขาดออกซิเจน จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนจึงมาทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อ ผลจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะได้ก๊าซต่าง ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ก๊าซมีเธน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับว่าจุลินทรีย์นั้นจะใช้สารใดเป็นตัวรับอิเลคตรอนตัวสุดท้ายของกระบวนการหายใจ ส่วนใหญ่ใช้กำมะถันจึงได้ผลผลิตเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มีกลิ่นเหม็น ขณะเดียวกันอิออนซัลไฟด์จากการะบวนการหายใจของจุลินทรีย์จะรวมตัวเกิดปฏิกิริยากับโลหะต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำมีสีดำคล้ำหมดความสวยงาม และก่อให้เกิดความรำคาญแก่ผู้ที่อยู่อาศัยใกล้แหล่งน้ำ (พิสิฏฐ์ เจริญสุดใจ,2538)

10.2 เป็นอันตรายอย่างร้ายแรงต่อพืชและสัตว์ สารอินทรีย์เมื่อผ่านการสลายโดยจุลินทรีย์แล้วจะเปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์ เช่น ไนไตรท์ ไนเตรท แอมโมเนียม และฟอสเฟต ซึ่งเป็นแร่ธาตุอาหารที่ดีของพืช ถ้าหากมีมากเกินไปในแหล่งน้ำทำให้พืชน้ำ พวกสาหร่าย และผักตบชวาเกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วซึ่งพืชน้ำพวกนี้จะดึงออกซิเจนจากน้ำไปใช้ทำให้สัตว์และพืชอื่น ๆขาดอากาศหายใจ (Eutrophication) เป็นการทำลายระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ นอกจากนี้ในน้ำเสียยังประกอบได้ด้วยโลหะหนักต่าง ๆ เช่น ปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม เป็นต้น เมื่อสารเหล่านี้ละลายอยู่ในน้ำปริมาณมาก ๆ มีผลทำให้ สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เช่นกัน

10.3 น้ำเสียเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยเป็นพาหะนำโรคต่าง ๆ มาสู่มนุษย์ เชื้อจุลินทรีย์ เชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์มจะก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เช่น บิด ไทยฟอยด์ และอหิวาตกโรค หรือเชื้อไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคผิวหนังเป็นแผลเน่าเปื่อยพุพอง รวมทั้งยัง

เป็นแหล่งแพร่เชื้อโรค หรือทำให้เกิดการผ่าเหล่าและเป็นมะเร็ง ดังกรณีน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษ ที่พบว่ามีสารไดออกซิน อันเป็นสารที่อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งในตับ (จิรศักดิ์ จินดาโรจน์ และจักรกฤษณ์ หอมจันทน์, 2537) ใน แหล่งน้ำต่างๆ ยังมีสารกำจัดศัตรูพืชและโลหะหนักชนิดต่างๆ ปนเปื้อนอยู่ทั้งในน้ำใต้ดินถึงแม้จะยังมีปริมาณไม่เกินระดับอันตราย แต่ก็พบการสะสมตัวของโลหะหนักบางชนิดในตะกอนใต้ลำน้ำ สำหรับการปนเปื้อนตกค้างของสารพิษเหล่านี้โลหะหนักถือว่าเป็นสารที่มีอันตรายร้ายแรงที่สุด เช่น ปรอททำให้เกิดโรคมินามาตะ แคดเมียมทำให้เกิดโรคอิไตอิไต ตะกั่วทำให้มีอาการทางประสาท สารหนูทำให้เกิดโรคมะเร็งผิวหนัง นอกจากนี้ยังมี สารPCB, (Polycholinated bighynyl compound) เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการกัดกร่อน สลายตัวยาก และมีการตกค้างสะสมตัวเป็นเวลานาน PCB, ทำให้เกิดพิษเรื้อรัง โดยผิวหนังเป็นผื่นคล้ำขาดภูมิคุ้มกันบวม และอาจตายได้ (ทัศนา เพชรวัชราไพบูลย์ ,2539)

10.4 ทรัพยากรน้ำไม่เพียงพอ (ประกอบ วิโรจนกูฎ และธิดารัตน์ ติยะจามร,2540) ได้จัดปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมเป็นปัญหาในการจัดการทรัพยากรน้ำ เนื่องจากทำให้มีน้ำสะอาดไม่เพียงพอต่อความต้องการซึ่งนับวันจะเพิ่มมากขึ้นจากการขยายตัวของเมืองอุตสาหกรรม และการพัฒนาคุณภาพชีวิตและการท่องเที่ยว ทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในกระบวนการนำแหล่งน้ำดิบเหล่านั้นมาผลิตน้ำประปา นอกจากนี้ยัง สร้างความเสียหายต่อการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีกรดหรือด่าง หรือมีเกลือแร่มากเกินไป

11. ความสำคัญของน้ำเสียชุมชน

สาเหตุของการเสื่อมคุณภาพน้ำในแม่น้ำสายหลักของประเทศ มาจากแหล่งใหญ่ที่สำคัญที่สุด คือ น้ำเสียจากชุมชนที่มีการระบายน้ำเสียลงในแม่น้ำ (สุรวิชย์ เกียรติประจักษ์, 2533) ประมาณ 60-70% ของปริมาณของเสียที่ระบายลงแม่น้ำทั้งหมดเป็นน้ำเสียจากชุมชน ส่วนที่เหลือ 30-40% เป็นน้ำเสียจากอุตสาหกรรมและอื่นๆ น้ำเสียจากชุมชนนั้นมาจากน้ำในส่วนที่ผ่านบ่อเกรอะบ่อซึมแล้วถูกปล่อยลงราง ระบายน้ำฝนเหลือความสกปรกประมาณร้อยละ 10 แต่น้ำจากการอาบ ซักผ้า และจากครัว มีความสกปรกรวมกันถึงร้อยละ 88 ของความสกปรกจากครัวเรือนทั้งหมด (ปรียาพร พรหมพิทักษณ์, 2532)

สิ่งที่ควบคุมลักษณะและส่วนประกอบน้ำเสียจากชุมชน ได้แก่ ลักษณะของชุมชน ถ้าเป็นชุมชนที่มีอัตราการใช้น้ำต่อบุคคลจำกัดก็จะทำให้มีความเข้มข้นของสิ่งโสโครกมากนัก และถ้ามีระบบท่อระบายน้ำเสียจากบ้านเรือนแยกกับน้ำล้นผิวถนนหรือผิวดิน และไม่มีน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมย่อยมาปะปนแล้ว ความเข้มข้นและส่วนประกอบของน้ำเสียจะคงที่ แต่ถ้าอัตราการไหลภายในท่อของแต่ละวันไม่เท่ากัน ก็อาจมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเสียได้ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต,2536)

ลักษณะทั่วไปของแหล่งน้ำเสียจากชุมชนประกอบไปด้วย Total nitrogen 15-60 mg/1,Total phosphorus 0.5-1.0 mg/1 โดยมีค่า pH ค่อนข้างเป็นกลาง สิ่งเจือปนในน้ำเสียมีทั้งสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งและสารละลาย นอกจากนี้ยังอาจมีเชื้อโรคและพยาธิปนอยู่ด้วย แต่สิ่งสกปรกที่สำคัญที่สุด ได้แก่ สารอินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2518) จึงมีอาหารเสริมสร้างสำหรับจุลินทรีย์ เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอ (สมบูรณ์ ลุวีระ, 2530) ปริมาณของไนโตรเจนในน้ำเสียจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ฤดูหนาวจะมีรูปของไนเตรตมาก แต่ในฤดูร้อนจะมีแอมโมเนียมมาก (Anderson , Pepper, and Kneebone,1981) และมีการสูญเสียไนโตรเจนมากในช่วงฤดูร้อน (Allhands et al.., 1995)

น้ำเสียจากชุมชนเป็นน้ำเสียที่บำบัดได้ง่าย เนื่องจากส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีธาตุอาหารครบถ้วนตามความต้องการของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนจึงนิยมใช้การบำบัดทางชีวภาพ เช่น กระบวนการเร่งตะกอน บ่อผึ่ง(oxidation pond)และมีการตรวจโลหะหนักจาก น้ำเสียไม่ผ่านการบำบัด(น้ำเสียบ่อที่ 1) พบว่าไม่ปรากฏโลหะหนักพวกตะกั่วและแคดเมียม(ฉัตรชัย และคณะ, 2536)

11.1 การลงทุนโครงสร้างพื้นฐานการบำบัดน้ำเสีย

ตลอดระยะเวลา 15 ปี ที่ผ่านมา ประเทศไทยได้จัดทำแผนงานที่มีเป้าหมายสำคัญในการจัดการมลพิษทางน้ำและจากบ้านเรือนจากชุมชนเมืองในเทศบาล

11.2 การก่อสร้างโรงบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย

ก่อนปี 2533 เกือบไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลในประเทศไทย ณ ปลายปี 2538 ประเทศไทยมีโรงบำบัดน้ำเสีย 25 แห่ง 2 แห่งในภาคเหนือ 7 แห่งในภาคระวันออกเฉียงเหนือ 9 แห่งในภาคกลาง ขีดความสามารถรวมในการบำบัดน้ำเสีย 430,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน แต่แม้จะมีความก้าวหน้าดังกล่าว แต่ ขีดความสามารถนี้ยังให้บริการแก่ประชากรในเขตเมืองได้เพียง 10% เท่านั้น

ในระหว่างช่วงปี 2538-2542 รัฐบาลไทยได้ใช้งบประมาณ 950 ล้านเหรียญสหรัฐ ลงทุนในการจัดการน้ำเสีย เพื่อสร้างและขยายโรงบำบัดน้ำเสีย 40 แห่ง อย่างไรก็ตามเนื่องจากวิกฤตเศรษฐกิจปี 2540 การลดงบลงทุนลง 38% ทำให้การก่อสร้างต้องล่าช้าออกไปมาก และในบางกรณีก็ต้องยกเลิกโครงการ

ปัจจุบันมีโรงบำบัดน้ำเสีย 57 แห่ง ใน 50 เทศบาล วงเงินลงทุนรวม 19 พันล้านบาท ประมาณ 75% ของขีดความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของระบบทั้งหมด เพิ่งเริ่มใช้งานในช่วง 4 ปีที่ผ่านมา โรงบำบัดน้ำเสียอีก 28 แห่ง กำลังอยู่ในระหว่างการก่อน้ำหรือการขยายระบบ แม้ว่าประชากรที่อยู่ในขอบเขตการ รับบริการจะต่ำกว่าที่ได้ออกแบบไว้ เนื่องจากปัญหาการ

ดำเนินงานและการรวบรวมน้ำเสีย แต่ประมาณได้ว่า ขีดความสามารถที่มีอยู่สามารถให้บริการแก่ประชากรในเขตเทศบาลได้ 29% และหลังจากโครงการที่กำลังก่อสร้างหรือขยายสำเร็จ ขีดความสามารถดังกล่าวจะเพิ่มเป็น 65%

11.3 เทคโนโลยีที่ใช้บำบัดน้ำเสีย

การเลือกเทคโนโลยีที่ใช้ในโรงบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย ได้คำนึงถึงข้อจำกัดของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน การขาดประสบการณ์ในการดำเนินงานและพนักงานที่มีจำกัด โรงบำบัดน้ำเสียจะใช้เทคโนโลยีที่พิสูจน์แล้วว่าง่ายและเหมาะสม เช่น Oxidation ditches. Aerated lagoons และ Stabilization ponds

ระบบเหล่านี้จะใช้เงินลงทุนและค่าดำเนินงานต่ำสำหรับระบบ เช่น Activated sludge process เป็นระบบที่มีเทคนิคซับซ้อนกว่าและต้องใช้เงินลงทุนก่อสร้างและค่าดำเนินงานสูง แต่ใช้ที่ดินน้อย

11.4 ขีดความสามารถของโรงบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย

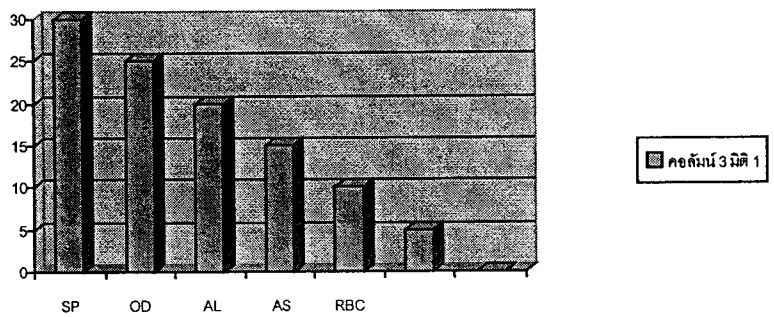
สถิติด้านขีดความสามารถของโรงบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขีดความสามารถของโรงบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย

ภาค	โรงบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่		โรงบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ + ที่กำลังก่อสร้าง	
	ขีดความสามารถ (ลบ.ม./วัน)	% ประชากรเทศบาลที่รับการบริการ	ขีดความสามารถรวม (ลบ.ม./วัน)	% ประชากรทศบาลที่รับบริการ
เหนือ	83,600	22	139,500	37
ตะวะออกเฉียงเหนือ	106,650	19	170,,710	31
กลาง	164,350	23	399,850	57
ใต้	102,950	35	233,650	51
ตะวันออก	214,400	85	326,300	85
กรุงเทพฯ	270,000	27	992,000	98
รวม	**941,950**	**29**	**2,262,010**	**65**

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม ข้อมูลโรงบำบัดน้ำเสีย จากกรมควบคุมมลพิษ ปี 2543
ข้อมูลประชากรจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2543

หมายเหตุ : ข้อความสามารถที่เกินกว่าจำนวนประชากรในจังหวัดท่องเที่ยวบางแห่งในภาคตะวันออก ภาคใต้ และภาคกลาง จะไม่คิดรวมในตัวเลขนี้ เนื่องจากการออกแบบได้คิดรวมนักท่องเที่ยวไว้ด้วย



SP Stabilization Pond : OD Oxidation Ditch : AL Aerated Lagoon : RBC Rotating Biological Contactor

ภาพที่ 2.1 กราฟแท่งแสดงข้อมูลมลพิษ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ สิงหาคม 2543

มีการใช้เทคโนโลยีนี้ในชุมชนเมืองบางแห่งของภาคกลางและในกรุงเทพฯ ที่ซึ่งมีที่ดินน้อย และที่ดินมีราคาสูง อันเป็นข้อจำกัดในการใช้เทคโนโลยีแบบอื่น

12. การบำบัดน้ำเสียโดยระบบ Constructed Wetlands

12.1 ลักษณะทั่วไปของระบบ Constructed Wetlands

Wetlands หมายถึง พื้นดินซึ่งมีน้ำขังอิ่มตัวไม่ลึกนัก และมีพืชน้ำงอกงาม ระบบนิเวศวิทยาเป็นไปตามธรรมชาติ พื้นที่นี้ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียทางชีวะเคมี โดยอาศัยพืชที่สามารถขึ้นได้ในสภาวะน้ำท่วมขัง เช่น กกต่าง ๆ บัว ธูปฤาษี ฯลฯ

ระบบ Constructed Wetlands สร้างขึ้นเพื่อบำบัดน้ำเสีย สร้างเป็นบ่อน้ำตื้นมีคันขอบบ่อโดยรอบ มีท่อปล่อยน้ำเสียเข้าระบบ โดยให้การไหลของน้ำกระจายเสมอกันเต็มหน้าตัดของบ่อ มีการปลูกพืชเพื่อให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ คล้ายกับหนองน้ำธรรมชาติ

12.2 โครงสร้าง และหลักการทำงานของระบบ Constructed Wetlands

ระบบ Constructed Wetlands สร้างขึ้นโดยมีคันดินสูงประมาณ 1 เมตร ดินที่พื้นควรมีคุณสมบัติสำหรับให้พืชยึดเกาะได้ดี พื้นก้นบึงควรปรับระดับให้เสมอกัน เมื่อการก่อสร้างงานดินเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำพืชน้ำมาปลูกเลี้ยงไว้ ซึ่งจะเป็นพวกพืชที่มีรากยึดเกาะดิน เช่น ธูปฤาษี บัว กก ฯลฯ

การไหลของน้ำในระบบ Constructed Wetlands การออกแบบที่ได้ผลดีคือให้มีลักษณะการไหลบนพื้นดิน (Surface flow) โดยพื้นบึงจะเป็นดินธรรมชาติให้พืชน้ำเกาะตื้น ๆ บึงมีลักษณะตามยาว และน้ำในบึงสูงประมาณ 10-20 ซม. การบำบัดน้ำเสียจะเป็นไปในลักษณะตามยาว (Plug flow) การไหลอีกลักษณะได้แก่การไหลใต้ผิวดิน (Subsurface flow) โดยบึงจะบรรจุชั้นตัวกลางเพื่อให้พืชยึดเกาะตัวกลาง ได้แก่ หินบด กรวดผสมดินชนิดต่าง ๆ ความหนาตัวกลางประมาณ 60-70 ซม. ด้านล่างคาดด้วยดินเหนียวอัด หรือวัสดุกันซึมเพื่อรักษาระดับน้ำในบึงซึ่งจะต่ำกว่าผิวดินตัวกลางเล็กน้อย น้ำเสียจะถูกบำบัดเมื่อไหลผ่านตัวกลาง และรากของพืชน้ำ ขั้นตัวกลางที่มีสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic) โดยออกซิเจนจากรากพืช จะช่วยในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศที่อาศัยอยู่ตามรากพืช การไหลแบบหลังนี้มีปัญหาการอุดตันภายใต้น้ำ

พืชทำหน้าที่เป็นตัวกลาง และแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศสู่ราก (Root Zone) ทั้งยังช่วยให้แสงแดดกระทบผิวน้ำน้อยลง เป็นการป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Algae) ทางอ้อม (เนื่องจากพืชสามารถนำสารอาหารในน้ำเสียไปใช้ได้เพียง 3-5% จึงถึงว่าไม่มีหน้าที่หลักในการย่อยสลาย และดูดซึมสารอาหาร)

12.3 กลไกการบำบัด

12.3.1 ทางกายภาพ (Physical)

- การตกตะกอน (Sedimentation)
- การกรอง (Filtration)

12.3.2 ทางเคมี (Chemical)

- การตกตะกอนทางเคมี (Precipitation)
- การดูดซับ (Adsorption)

12.3.3 ทางชีวภาพ (Biological)

- การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลชีพ

13. การทำน้ำให้สะอาดในระบบ Constructed Wetlands

13.1 การกำจัด BOD

สารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้จมตัวลงสู่ก้นบึง ย่อยสลายแล้วซึมลงพื้นดิน ส่วนสารละลายอินทรีย์จะถูกกำจัดโดยจุลินทรีย์ทั้งที่เกาะติดอยู่กับพืชน้ำและที่แขวนลอยอยู่ ออกซิเจนส่วนใหญ่จะได้มาจากการสัมผัสอากาศที่ผิวน้ำ ส่วนออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายมีน้อย เนื่องจากการเติบโตของสาหร่ายถูกจำกัดจากการบดบังแสงแดดของพืชเหนือน้ำ

ในระบบไหลเบื้องล่าง ออกซิเจนจากบรรยากาศจะถูกพืชน้ำดูดซับและแพร่ออกในชั้นรากพืช (Phizopher) พืชจำพวกธูปฤาษี จะมีชั้นรากหนาประมาณ 30 ซม. แต่รากพืชจำพวก กก, แฝก จะหยั่งลึกลงถึง 70 ซม.

การกำจัดบีโอดี มีประสิทธิภาพสูง (60-96%) ถ้าปริมาณภาระสารอินทรีย์ (Organic load) สูง ถ้าใช้อัตราภาระชลศาสตร์ (Hydraulic Loading) ต่ำกว่า 7 ซม./วัน จะได้ประสิทธิภาพสูงสุด (มากกว่า 80 %)

13.2 การกำจัดสารแขวนลอย

การกำจัดสารแขวนลอยในน้ำเสียเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการกำจัดบีโอดี ส่วนใหญ่จะจมตัวอยู่ในช่วงต้น ๆ ของบึง

13.3 การกำจัดไนโตรเจน

การหมุนเวียนสารไนโตรเจน (Nitrogen Dynamic in Wetlands) มีรายงานระบุว่าการกำจัดไนโตรเจนอาจสูงถึง 79% ในอัตราภาระไนโตรเจน 44 กก./เฮคแตร์/วัน แต่ในบางแห่งสามารถกำจัดได้เพียง 10 %

Denitrification ในระบบนี้แอมโมเนียถูกแปรไปเป็นไนเตรตโดย Nitrifying bacteria ในส่วนมีอากาศแล้วไนเตรตเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนในส่วนไร้อากาศโดย Denitrifying bacteria

วงจรไนโตรเจนที่เกิดขึ้น Wetlands จะซับซ้อน สารไนโตรเจนจะอยู่ในรูปต่าง ๆ เช่น สารประกอบ อนินทรีย์ไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรต (NO_3) ไนไตรท์ (NO_2) พวกเป็นก๊าซเช่น NO_3 , N-oxide ส่วนสารประกอบอินทรีย์ไนโตเจน เช่น โปรตีน กรดอะมีโน และกรดนิเวคลีอิก ซึ่งสารพวกนี้เป็นส่วนประกอบของพืชและร่างกายของสัตว์ สารไนโตรเจนสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปกลับมาได้ด้วยกระบวนการเคมีและชีวเคมี ได้แก่ ขบวนการ Nitrification Denitrification

ไนโตรเจนจะเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปอื่นได้โดยอาศัยแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

Saprophytic

$$\text{Protein (Organic-N)} + \text{bacteria} \xrightarrow[\text{Oranaerobic}]{\text{Either aerobic}} NH_3$$

$$2\,NH_3 + 3\,O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas aerobic}} NO_2 + 2H^+ + 2\,H_2O$$

$$2\,NO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobactor}} 2\,N_2O$$

Denitrification เป็นกลไกที่ชัดเจนสำหรับการกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสียใน Wetlands ซึ่ง Denitrification จะเกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน facultative bacteria จะใช้ออกซิเจนไตเตรต (NO_3) แล้วเปลี่ยน NO_3 กลับไปอยู่ในรูป NO_2 และในก๊าซ N_2และ N_3O

Denitrification หากอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาน้อยกว่าในสภาวะที่เป็นกลางหรือด่าง หาก pH น้อยกว่า 6 การเปลี่ยนรูปจาก NO_3 เป็น NO_2 และ N_2 จะเกิดยากมาก และในสภาวะที่ pH มีค่าต่ำมาก ๆ NO_2 จะไม่คงตัวและจะเกิดปฏิกิริยากับกรดอะมิโนแล้วแอมโมเนียจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของก๊าซไนโตรเจน

ไนเตรต (No_3X) ในน้ำเสียเมื่อเข้าสู่ Wetlands ตรงบริเวณผิวน้ำจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปใหม่ของไนโตรเจน เช่น Organic nitrogen และ NH_3^+- N จากนั้น ไนเตรต จะซึมเข้าสู่ขั้นอื่นของน้ำและกระจายต่อไปในดิน ซึ่งไนเตรตมีประโยชน์คือเป็นอาหารของพืชจะอยู่ในชั้นที่เป็นรากของพืช (Root Zone) แล้วเข้าสู่ระบบนิเวศน์ต่อไปจากส่วนที่ราก ไนโตรเจนจะเคลื่อนที่ขึ้นไปยังส่วนที่เหนือดินและพืช ได้แก่ ลำต้น ใบและดอก จนเวลาหลายวันหรือหลายปี ไนโตรเจนสามารถเคลื่อนที่จากส่วนที่เหนือดินสู่ดินโดยขบวนการทางธรรมชาติโดยการที่ใบหรือดอกหลุดล่วงทับถมดินใน Wetlands ต่อไป

13.4 การกำจัดฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ในน้ำธรรมชาติและน้ำเสียจะอยู่ในรูปของฟอสเฟต (Phosphate, PO_4^{-3}) ซึ่งแบ่งได้เป็น Orthophosphate, Polyphosphate และOrganic phosphate เมื่อฟอสฟอรัสอยู่ในน้ำจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ ในซากพืชซากสัตว์และอยู่ในร่างกายของสิ่งที่มีชีวิตในน้ำ เมื่อน้ำเสียเข้าสู่ Wetlands ฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยาดูดซับ (Adsorption) และ ตกตะกอนร่วมกับอลูมิเนียม (Al) เหล็ก (Fe) แคลเซียม (Ca) และแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน เมื่อฟอสฟอรัสเกิดปฏิกิริยาของฟอสฟอรัสกับแคลเซียมส่วนใหญ่จะปรากฏในสภาวะที่เป็นด่าง

เมื่อฟอสฟอรัสถูกขับและตกตะกอนจะมีฟอสฟอรัสสะสมในดินตะกอนของ Wetlands มากซึ่งประมาณว่า 90%ของฟอสฟอรัสทั้งหมดสะสมในดินตะกอน และเนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นใน การเจริญเติบโตของพืชซึ่งพืชจะใช้ฟอสฟอรัสจากดินและส่วนมากจะสะสมในเนื้อไม้ทั้งส่วนเหนือดินและใต้ดิน มีบางส่วนอยู่ที่ใบและผิวน้ำ พืชน้ำจะใช้ฟอสฟอรัสมากในช่วงฤดูการเจริญเติบโตของพืช (Growing season) และฟอสฟอรัสจะกลับลงสู่แหล่งน้ำได้อีกเมื่อต้นพืชตายฟอสฟอรัสจะทับถมในดินต่อไป

13.5 การกำจัดโลหะ

บึงประดิษฐ์บางแห่งใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากเหมืองแร่ที่มีสารละลายกรด และโลหะ ส่วนใหญ่จะเป็นบึงประดิษฐ์แบบไหลพื้นผิว เพราะการไหลซึมผ่านชั้นตัวกลางจะเกิดการอุดตันได้ง่าย ผลการทดลองกำจัดโลหะยังไม่มีรายงานเด่นชัด แต่คาดว่าบึงประดิษฐ์สามารถลด นิเกิล ทองแดง ตะกั่ว เงิน ทอง และยูเรเนียมได้ ทั้งนี้ต้องใช้อัตราการไหลที่ค่อนข้างต่ำ

13.6 การกำจัดเชื้อโรค

การกำจัดจุลินทรีย์เชื้อโรคในบึงประดิษฐ์คาดว่ามีประสิทธิภาพมากพอสมควร โดยไวรัสจะถูกดูดซับโดยดิน และซากอินทรีย์สาร ส่วนแบคทีเรียถูกกำจัดด้วยการจมตัว การแผ่รังสีอัลตราไวโอเลต ปฏิกิริยาเคมี การวัดอัตราการกำจัดในรูปของโคลิฟอร์ม กระทำได้ยาก เนื่องจากโคลิฟอร์มบางส่วนมาจากอุจาระนก และสัตว์น้ำที่อาศัยในบึง

13.7 ข้อดี และข้อด้อยของระบบบำบัดน้ำเสีย Constructed Wetlands

13.7.1 ข้อดี

(1) ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ เนื่องจากการก่อสร้าง Constructed Wetlands ส่วนใหญ่เป็นงานดินปรับระดับพื้นที่และทำคันดิน

(2) ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ และง่ายต่อการดูแลรักษา เนื่องจากเป็นการอาศัยการทำงานโดยธรรมชาติของพืชน้ำและการไหลเวียนของน้ำ การดูแลรักษาเป็นเพียงการตรวจสอบคันดินและดูแลพืชน้ำเท่านั้น

(3) มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย สามารถบำบัดน้ำเสียได้หลายประเภท

(4) ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ และ Contaminant loading rates

(5) เป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวเนื่องจาก Constructed Wetlands สามารถปรับปรุงให้เป็นพักผ่อนหย่อนใจของชุมชนและเป็นที่อยู่อาศัยของนก และสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ

13.7.2 ข้อด้อย

(1) ต้องการพื้นที่มาก

(2) การออกแบบยังไม่แน่นอน และยังไม่มีข้อบ่งชี้ที่แน่ชัด ในการ Operate อาจมีปัญหาเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ

14. แนวทางการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดไปใช้ประโยชน์

น้ำเสียสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้หลายแบบ อาจเป็นน้ำเสียหลังการบำบัดเพียงขั้นต้น ขั้นที่ 2 หรือขั้นที่ 3 อยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ทั้งด้านสิ่งแวดล้อม สาธารณสุข และด้านงบประมาณ จากการศึกษาพบว่าได้มีการนำน้ำเสียกลับไปใช้ประโยชน์แบ่งเป็น 2 หัวข้อดังนี้

14.1 การนำน้ำเสียไปใช้ในทางการเกษตร

Patrick (1984) แนะนำการนำน้ำเสียมาใช้ในการปลูกพืชมีข้อดี คือ ให้ปุ๋ยและธาตุอาหารซึ่งทำให้เพิ่มผลผลิต และเหมาะสำหรับใช้ทางการเกษตรในช่วงหน้าร้อน การทำเกษตรกรรมต้องใช้น้ำในปริมาณมาก ในพื้นที่ซึ่งขาดแคลนน้ำมีน้ำไม่เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภคและการทำเกษตรกรรม การนำน้ำเสียกลับมาใช้ในทางการเกษตรจึงน่าจะบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างไรก็ตามน้ำเสียบางประเภทอาจมีสารพิษปะปนมาอันอาจทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้ จึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำเสียในการนำไปใช้ทางการเกษตรให้มีปริมาณสารต่าง ๆ ไม่เกินกำหนด (Shende et al.,1988)

น้ำเสียถูกนำมาใช้ในทางการเกษตรครั้งแรกในศตวรรษที่16 ประเทศเยอรมนีและเมืองเมลเบอร์ ประเทศออสเตรเลีย มีการนำน้ำเสียชุมชนมาใช้เลี้ยงสัตว์ในทุ่งหญ้า ส่วนที่ประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ น้ำเสียมาใช้ทางการเกษตรมากกว่า 5.7 ล้านลบ.เมตร/วัน (Robert etal.,1994)

สำหรับการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการนำไปใช้ ที่ประเทศอิสราเอล เมือง Beer-Sheva โดยเปรียบเทียบการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 ไปใช้ในทางการเกษตรระหว่างการให้น้ำแบบหยดกับการให้น้ำแบบ Sprinkler พบว่าการให้น้ำแบบหยดจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ผิวดินน้อยกว่า การให้น้ำแบบ Sprinkle (Oron etal.,1992)

Croce et al. (1992) ศึกษาการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียเพื่อการชลประทาน โดยการปลูกถั่วพุ่ม (Cowpeas) แล้วในน้ำเสียจากชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 พบว่าสามารถนำไปใช้ได้ปลอดภัย แต่ต้องมี การระมัดระวัง ตัวอย่างดินตลอดฤดูปลูกอาจมีการปนเปื้อนของแบคทีเรีย

ในประเทศไทยมีการนำน้ำเสียมาใช้เพื่อการเกษตรแล้วหลายแห่ง เช่น โรงงานเยื่อกระดาษ ของบริษัทฟินิกส์ พัลพ์ แอนด์ เพเพอร์จำกัด ซึ่งเรียกว่า โปรเจคกรีน (Project green) ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2536 เป็นต้นมา พื้นที่ของโครงการมีประมาณ 4,000 ไร่ อยู่รอบ ๆ บริเวณโรงงาน พืชที่ ปลูก คือ ยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นวัตถุดิบของโรงงาน (วินัย ศรีอำพร,2540)

ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ (2537) รายงานว่า น้ำเสียทางการเกษตร เช่น น้ำเสียจากฟาร์มสุกรและน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาช่อน สามารถใช้เป็นอาหารเสริมแก่พืชหรือเป็นอาหารแก่สาหร่ายที่ใช้เป็นอาหารในบ่อเลี้ยงปลาชนิดกินพืชได้ จึงสามารถทำการบำบัดโดยนำน้ำเสียไปเลี้ยง

ปลานิลพบว่าสามารถเปลี่ยนน้ำเสียที่มีสีดำและเต็มไปด้วยสารตะกอนแขวนลอย มี DO เพียง 0-1 mg/1 ให้เป็นน้ำที่มี DO สูงถึง 9.6 mg/1 ได้ในช่วงบ่าย ที่มีแดดจัด และสามารถปล่อยน้ำเสียจากบ่อปลานิลไปสู่คลองสาธารณะได้โดยไม่มีปัญหา

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาใช้ในทางการเกษตรมีประเด็นที่ต้องพิจารณา คือ

- การปนเปื้อนของสารจุลชีพและสารพิษต่อพืช ดิน น้ำใต้ดิน และน้ำบนดิน ที่อาจไหลชะล้างเอา สิ่งปนเปื้อนออกจากพื้นที่
- การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นต่อดิน โดยเฉพาะการเพิ่มของเกลือและสารเคมีต่าง ๆ ในดินจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อพืช และเกิดความเสียหายต่อดินในระยะยาว
- การทำให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นและเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำใต้ดิน รวมถึงผลกระทบต่อคุณภาพน้ำใต้ดิน จิรศักดิ์ จินดาโรจน์ (2537)

14.2 การนำน้ำเสียไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น

นอกจากการน้ำเสียกลับไปใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงไรแดง มารศรี นวนรเศรษฐ์ (2527) ได้ทำการทดลองนำน้ำเสียจากชุมชนที่ยังไม่ผ่านการบำบัด จากโรงงานกำจัดน้ำเสียห้วยขวางของการเคหะแห่งชาติ มาเพาะเลี้ยงไรแดงที่สามารถใช้เป็นอาหารปลา ผลการเพาะเลี้ยงไรแดงสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด เมื่อค่า BOD อยู่ระหว่าง 165-440 mg/1 ส่วนน้ำเสียที่มีค่า BOD 822.8 mg/1 และ 932.7 mg/1 ไม่สามารถเพาะเลี้ยงไรแดงได้

การนำน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงไรแดง มารศรี นวนรเศรษฐ์ (2527) ได้ทำการทดลองนำน้ำเสียจากชุมชนที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงงานกำจัดน้ำเสียห้วยขวางของการเคหะแห่งชาติ มาเพาะเลี้ยงไรแดงที่สามารถใช้เป็นอาหารปลา ผลการเพาะเลี้ยงพบว่าไรแดงสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อค่า BOD อยู่ระหว่าง 165-440 mg/1ส่วนน้ำเสียที่มีค่า BOD 822.8 mg/1 และ 932.7 mg/1 ไม่สามารถเพาะเลี้ยงไรแดงได้

การนำน้ำเสียมาใช้ผลิตแก๊สชีวภาพ Cox and Nuttal (1985) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้ในการบำบัดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งทำให้ได้ ก๊าซชีวภาพคือก๊าซมีเธนจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำ มาใช้เป็นพลังงานในการหุงต้ม ให้แสงสว่าง และใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเตา

การนำน้ำเสียมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง มรกต ตันติเจริญ (2532) รายงานว่าน้ำเสียที่ผ่าน การบำบัดในบ่อหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน เมื่อนำมาถ่ายลงบ่ออีก 2-3 บ่อ แล้วทิ้งไว้จนสารอินทรีย์ในน้ำถูกย่อยสลายเหลือเป็นสารพวกแร่ธาตุ สามารถทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (spirulina) เพื่อการประกอบอาชีพเสริมได้

การนำน้ำเสียมาใช้ในด้าน Landscape ที่ Walt Disney World รัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกามีการนำ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว มาใช้ในการปรับปรุงภูมิทัศน์และความสวยงามของสถานที่ (Harkness et al.,1993) นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ในสนามกอล์ฟ (Takashi Asano,1994)

การนำน้ำเสียมาทำน้ำดื่ม ที่เดนเวอร์ โคโรลาโด มีโครงการในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการต่าง ๆ มากมาย เพื่อนำมาทำเป็นน้ำดื่ม โดยเฉพาะในการบำบัดขั้นที่สาม ได้แก่ Lime clarification, reverse osmosis หรือ Ultraviolet เพื่อทำการกำจัดเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว สารอนินทรีย์ และโลหะหนักออกไปให้หมด (Lauer, 1991)

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ในทางอุตสาหกรรมนั้น น้ำเสียจากชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 สามารถนำมาใช้ในการ Cooling และอื่น ๆที่ไม่ต้องการน้ำคุณภาพ นำน้ำเสียจากอุตสาหกรรมมาใช้ถึง 75 % ในปี 1987 และมีแนวโน้มของอัตราการใช้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ (ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2537)

การนำกากตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในรูปของปุ๋ยทางเกษตร

การนำกากตะกอนจากน้ำเสียมาใช้ประโยชน์มีงานวิจัยอย่างกว้างขวางดังต่อไปนี้

- ในการศึกษาวิจัยของอรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2533) ได้วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกากตะกอน จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง กรุงเทพมหานครพบว่า ในหนึ่งตันกากตะกอนแห้งมีธาตุอาหารหลัก ของพืช คือ ไนโตรเจน 19.24 กก. ฟอสฟอรัส 245.8 กรัม โปแตสเซียม 440 กรัมและการเติมกากตะกอน 3,200 กก/ไร่ จนถึง 12,800 กก./ไร่ ให้กับพืชผักจะทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นและการใช้ตะกอนน้ำเสียเป็นปุ๋ยในพืชผักสามารถทำให้พืชผักมีผลผลิตเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 96 กิโลกรัมต่อไร่ (ศิราณี ศิริโนดม, 2534)

- Furrer และ Gupta (1989) ได้ทดลองใช้กากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพของมูลสุกรในระบบ ปลูกพืชหมุนเวียนต่าง ๆ เป็นเวลา 8 ปี พบว่าการใช้กากในอัตรา 5 ตันต่อเฮกตาร์ มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี และหญ้าได้สูงสุด ซึ่งการใช้กากในอัตราเดียวกันนี้จะมีผลต่อปริมาณการดูดธาตุฟอสฟอรัสของหญ้าได้สูงถึง 64.3 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อเฮกตาร์

- สุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2535) นำกากแห้งที่เหลืออยู่บนผิวดินจากการบำบัดน้ำเสียบนผิวดินมาวิเคราะห์ พบว่ามีค่า N:P:K สูงถึง 5:1:4 ซึ่งเหมาะจะนำมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์แทนปุ๋ยเคมีได้มากกากแห้งเหล่านี้เคยนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงกับการปลูกพืชกว่า 100 ชนิดในรอบ 15 ปีที่ผ่านมาสามารถเพิ่มผลผลิตของพืช แต่มีที่ไม่ได้ผลบ้างเนื่องจากการใช้มากหรือน้อยไป จึงต้องรู้จักวิธีใช้ด้วยจึงจะได้ผล

- ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒฯ (2538) รายงานการใช้ตะกอนน้ำเสียเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกบนดินชุดกำแพงแสน พบว่า ตะกอนน้ำเสียเป็นปุ๋ยสำหรับข้าวโพดหวานได้ดี

15. ผลกระทบของการนำน้ำเสียไปใช้ทางการเกษตร

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อดิน น้ำ และพืช ซึ่งสามารถแยกผลกระทบออกเป็นด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

15.1 การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช

น้ำเสียที่นำมาใช้ทางการเกษตรในการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ จะมีคุณภาพแตกต่างกันไป โดยพิจารณา จากค่าpH, BOD, ปริมาณของแข็ง(SS,TS,TDS) Sulfide, Nitrogen, DO, Phosphate และค่า COD เมื่อในน้ำเสียมีสารต่าง ๆปะปนอยู่จึงอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันไปตามชนิดของน้ำเสีย

โดยการศึกษาของ Terry and Tate (1981) รายงานว่าการนำน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการปลูกหญ้านั้น ทำให้หญ้าในแปลงที่ได้รับน้ำเสียมีน้ำหนักแห้ง ($212 g/m^2$) มากกว่าหญ้าในแปลงที่รับน้ำปกติ ($48 g/m^2$) ถึง 4 เท่า โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ในหญ้าแปลงรับ น้ำเสียมากกว่าหญ้าแปลงน้ำปกติด้วย หญ้าแต่ละชนิดให้ผลผลิตแตกต่างกันทั้งนี้หญ้า rye grass clipping ที่ปลูกในฤดูหนาวให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้า Bermuda grass ที่ปลูกในฤดูร้อน เมื่อได้รับน้ำเสียผ่านการบำบัด ขั้นที่ 2 จากแหล่งเดียวกัน (Andrson et al.,1981) นอกจากนี้หญ้าที่ได้รับน้ำเสียจะมีการเจริญเติบโตในส่วนของลำต้น (Shoot) สูงกว่าและมีใบสีเขียวเข้มกว่าหญ้าที่ได้รับน้ำปกติด้วย (Hayes et al., 1990)

นอกจากการศึกษาในพืชตระกูลหญ้าแล้วยังมีการศึกษาในพืชอื่น ๆ อีกหลายชนิด การศึกษาที่ Tallahasse ฟลอริดา พบว่าน้ำเสียมีการตอบสนองต่อพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด, ถั่วเหลือง (soybeand), bermudagrass, และ canola (Overman and Leseman, 1982) ส่วนในทูนีเซีย (Tunisia) ได้มีการนำน้ำเสียมาใช้ในปลูกพืชต่าง ๆ เป็นเวลานานหลายสิบปี เช่น ข้าวสาลี, ข้าวบาร์เลย์, ฝ้าย, และข้าวโพด (Bahri and Brissaud, 1996)

พืชแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อธาตุอาหารแตกต่างกันโดยทั่วไปพืชได้รับไนโตรเจนจากการดึงดูดไนโตรเจนจากดินแต่ในพืชประเภทถั่วนอกจากจะได้รับไนโตรเจนจากดินแล้วยังได้จากกระบวนการตรึงไนโตรเจนจากอากาศอีกทางหนึ่งด้วย อย่างไรก็ตามพืชตระกูลถั่วยังมีการดึงดูดไนโตรเจนจากดินมาใช้ด้วย (Boudin et al., 1979) ถ้าในดินมีไนโตรเจนเพียงพอ ถั่วจะใช้ไนโตรเจนส่วนมากจากดิน แต่ถ้าในดินมีไนโตรเจนอยู่น้อยถั่วจะใช้ไนโตรเจนส่วนมากจากกระบวนการตรึงไนโตรเจน

พืชต่างชนิดกันใช้โปรแตสเซียมได้ไม่เท่ากัน เพราะรูปแบบการแผ่ขยายของระบบราก และเมตาบอลิซึมของราก เช่น หญ้าสามารถใช้โปแตสเซียมได้ดีกว่าถั่ว เพราะหญ้าสามารถใช้โปแตสเซียมจากส่วนที่เป็นโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ แต่ถั่วไม่สามารถใช้ได้ (ปัทมา วิตยากร, 2538)

ผลการศึกษาส่วนใหญ่ของการนำน้ำเสียมาใช้ในการเกษตรมักทำให้ผลผลิตของพืชสูงขึ้น Peterson et al.(1981) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้น้ำเสีย และน้ำฝนในการปลูกข้าวโพด โดยไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าต้นข้าวโพดที่ได้รับน้ำเสียมีการเจริญเติบโตสูงกว่าข้าวโพดที่ได้รับน้ำฝนอย่างชัดเจน จากการศึกษาของ Campbel et al. (1983) พบว่าพืชที่ได้รับน้ำเสียจะให้ผลผลิตสูง แต่การศึกษาของ Barton (1984) รายงานว่าการนำน้ำเสียจากครัวเรือนมาใช้ในการปลูกป่า (Pinus Radiata) เป็นระยะเวลานาน 21 เดือนพบว่าน้ำเสียมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชดีขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่วนการศึกษาของ Jimenez-Cisneros (1995) อ้างจาก Commision Nacional del Agua, CAN. 1994) พบว่า Alfafa, พริก ข้าวโพด ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ เมื่อได้รับน้ำเสียให้ผลผลิตมากกว่า 50 % ของผลผลิตที่ได้รับน้ำปกติ ยกเว้นถั่วที่ผลผลิตจากน้ำที่ปกติสูงกว่าผลผลิตที่ได้รับน้ำเสีย 25 % ส่วน Varguez-Montiel,Horan and Mara (1996) พบว่าข้าวโพด (maize) ที่ได้รับน้ำเสียจะให้ผลผลิต (10.01t/ha) สูงกว่าข้าวโพดที่ได้รับน้ำปกติ (7.5 t/ha)

น้ำเสียที่นำมาใช้ทางการเกษตรนั้น อาจเลือกน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัด หรือผ่านการบำบัดมาบ้างแล้ว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแตกต่างกันคือ น้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัด และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วนำไปใช้รดพืชทั้งผักและผลไม้ พบว่าผลผลิตของพืชจากน้ำเสียทั้งสองแหล่งมีความแตกต่างกัน โดยน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดให้ผลผลิตของมะละกอ แครอท มันฝรั่ง และมะเขือเทศ เท่ากับ 33,036, 10,494, 8,331 และ 11,948 lb/acre ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าผลิผลิตที่ได้รับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด (8,670, 5,465, 23856, และ 9,000 lb/acre ตามลำดับ) และเมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลานานโดยใช้น้ำเสียที่มีการเจือจางเปรียบเทียบกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงโดยไม่เจือจาง ในช่วง 3 ปีแรก พืชจะให้ระดับการตอบสนองใกล้เคียงกันในทุกตำรับทดลอง แต่เมื่อระยะเวลานานขึ้นระดับผลผลิตของพืชที่ได้รับน้ำเสียเจือจาง 34.05 quintals/hectare จะสูงกว่าน้ำเสียเข้มข้น 33.37 quintals/hectare (Shende et al.,1988)

Singh (1989) ได้นำส่วนที่เป็นของเหลวที่ได้จากการก๊าซชีวภาพของมูลสุกรมาทดลองใช้เป็นปุ๋ย ในนาข้าว พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้อย่างน้อย 30% เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย

Singh ct al. (1991) ทำการศึกษาในประเทศอินเดีย พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของ berseem เพิ่มขึ้นตามปริมาณของน้ำเสียที่พืชได้รับ และปริมาณโลหะหนักเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำเสียเช่นกัน

Juwarkar (1991) รายงานการนำน้ำเสียจากชุมชนที่มี N 52-58 mg/l, ความเข้มข้นของโลหะน้ำปกติ อย่างไรก็ตามหากในน้ำเสียมีปริมาณธาตุอาหารบางอย่างมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อพืชได้ Gur and Salem (1992) รายงานว่าในน้ำเสียที่มีปริมาณธาตุบางอย่างมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อพืชบางชนิดได้ดังนี้

- ถ้าความเข้มข้นของคลอไรด์สูงอาจมีผลต่อพืชซึ่งไวต่อคลอไรด์ เช่น อาโวกาโด stone fruit, berries และสตอเบอรรี่ เป็นต้น

- ถ้าความเข้มข้นของโซเดียมสูง ในขณะที่ความชื้นในดินต่ำกว่า 30 % จะทำให้พืชดูดซึมโซเดียมเข้าสู่ใบพืชมากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อพืชที่ไวต่อโซเดียม

ส่วนการศึกษาถึงการนำน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ทางการเกษตร เช่น น้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษซึ่งมี N, Ca และ Mg ให้กับพืชในประเทศอเมริกาเหนือได้นำน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษมาใช้ปลูกพืชพวก ถั่วแดง,ถั่วเขียว,ข้าวโพดหวาน, ladino clover และ luceme พบว่าสามารถเจริญเติบโตได้แต่ผลผลิตยังไม่เป็นที่น่าพอใจนัก แต่เมื่อปลูกในระยะเวลานานขึ้น ladino clover และ luceme จะสามารถให้ผลผลิตสูงขึ้น (Percival, 1984) แต่การศึกษาของ Juvarkar and Subrahmanyan (1987)พบว่าผลผลิตของ มวลชีวภาพไม่ลดลงหรือไม่มีความแตกต่างระหว่างผลผลิตของพืชที่ได้รับน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษและน้ำปกติ ทั้งนี้ pH ของน้ำเสียยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Garcia and Charbaji. 1993) โดย Howe and Wagner (1996) รายงานว่าพืชที่ได้รับน้ำเสียที่ถูกจัดเตรียมให้มีค่า pH ต่างกัน น้ำเสียที่มีค่า pH 8.0 จะให้ผลผลิตมวลชีวภาพมากที่สุด

การเจริญเติบโตของพืช 2 ชนิด คือ Acacia nilotica และ Casuarina equisetifolia เมื่อได้รับน้ำเสีย จากสีย้อมผ้า (Dyestuff wastewater) ที่มี ฟีนอล เมธิลไวโอเล็ต ค่า pH และคลอไรด์สูง พบว่าพืชทั้ง 2 ชนิดเจริญเติบโตในน้ำปกติได้ดีกว่าน้ำเสียจากสีย้อมผ้ามีผลไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 2 ชนิด ทั้งนี้ต้นไม้ 2 ชนิดยังตอบสนองต่อน้ำเสียจากสีย้อมผ้าแตกต่างกัน โดยต้น Acacia nilotica สามารถทนทานสภาพน้ำเสียที่มีฟีนอลและคลอไรด์สูงได้ดีกว่า Casuarina equisetifolia (Kanekar et al., 1993)

ในประเทศไทย จากการศึกษาวิจัยของธีระศักดิ์ พงศ์พนาไกร (2520) เกี่ยวกับการนำน้ำเสีย จากโรงงานน้ำตาลมาใช้ในการเกษตร โดยเอาน้ำเสียจากบ่อหมักบ่อผึ่งจากบ่อแรกและบ่อสุดท้ายมาเปรียบเทียบกับน้ำจากคลองชลประทานในการปลูกต้นอ้อยพบว่า ต้นอ้อยที่ได้รับน้ำเสียจากทั้งสองบ่อมีอัตรา การเจริญเติบโต 47.00 และ 44.99 cm/month สูงกว่าต้นอ้อยที่ได้รับน้ำจากคลองชลประทานซึ่งมีอัตรา การเจริญเติบโตเท่ากับ 34.17 cm/month

ในการศึกษาโดยให้น้ำปกติแก่พืช เปรียบเทียบกับน้ำเสียที่เจือจาง 50 % น้ำเสียเข้มข้น(จิรศักดิ์ และคณะ.2526)พบว่า ข้าวและหญ้าอาหารสัตว์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสีย ส่วนยูคาลิปตัสมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าพืชที่ได้รับน้ำปกติ สำหรับพืชตระกูลถั่ว ถั่วเขียวเป็นพืชที่ได้รับความกระทบกระเทือนมากเมื่อได้รับน้ำเสีย โดยมีใบเหลือง และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้พืชส่วนใหญ่ที่ได้รับน้ำเสียร่วมกับปุ๋ยให้ผลผลิตสูงกว่าพืชที่ได้รับน้ำธรรมดาร่วมกับปุ๋ย โดยเฉพาะกระถินเทพา (Acacia mangium)

จามิกร ศรีสุมล (2537) รายงานการใช้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นปุ๋ยกับข้าวโพดหวาน เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี พบว่าน้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพ มีประสิทธิภาพเทียบเท่าปุ๋ยเคมี กล่าวคือ ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน รวมทั้งปริมาณไนโตรเจนในตอซังและในเมล็ด ส่วนในกรณีที่ใช้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีพบว่าสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว

ชัยสิทธิ์ ทองจู (2538) ได้ทดลองใช้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นปุ๋ยไนโตรเจนให้กับผักกวางตุ้งและข้าวโพดฝักอ่อน ซึ่งสามารถทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนได้ 86-90% ของอัตราปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และการให้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างละครึ่งน้ำเสีย และใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีเมื่อใช้ติดต่อกันสามารถให้ความเจริญเติบโตด้านความสูง อายุเก็บเกี่ยวน้ำหนักผลผลิต อัตราส่วนน้ำหนักฝักทั้งเปลือกต่อน้ำหนักฝักปอกเปลือก และปริมาณไนโตรเจนในตอซังและในฝักทัดเทียมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 15 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่

บัญชา รัตนีทู (2538) ศึกษาการใช้น้ำเสียจากก๊าซชีวภาพสำหรับหญ้ากินนีและถั่วเขียวที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่าทำให้ผลผลิตของหญ้ากินนีเพิ่มขึ้นเทียบเท่าปุ๋ยเคมี ไนโตรเจนอัตรา 25 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ส่วนกรณีถั่วเขียว การให้น้ำเสียจากการการผลิตก๊าซชีวภาพ ทั้งในระดับเทียบเท่าอัตรา 3 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ หรือให้ทดแทนน้ำชลประทานตลอดฤดูปลูกให้ผลผลิตทั้งน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ผลผลิตจำนวนฝัก จำนวนเมล็ด และน้ำหนักเมล็ดที่ได้รับนำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพไม่แตกต่างจาก การให้ปุ๋ยเคมีและไม่ลดจำนวนปมของถั่วเขียว

นอกจากนี้พืชยังมีความสำคัญในการบำบัดน้ำเสียผ่านดิน โดย 69 % ของฟอสฟอรัสและไนโตรเจนในน้ำเสียถูกเคลื่อนย้ายไปเป็นองค์ประกอบของพืช (Terry and Tate.1981) ในชั้นดินที่มีความลึกระหว่าง 25-50 ซม.จากผิวดิน น้ำเสียจะไหลผ่านช่องว่างดินไปตามร่องรอยที่เคยเป็นที่อยู่ของรากพืช และธาตุอาหารในน้ำเสียจะถูกรากพืชดูดซับทำให้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) ลดลง (Anderson et al.,1981 : Pepper et al.,1981) พืชที่ปกคลุมยังช่วยรักษาโครงสร้างดิน น้ำเสีย 70 % ถูกเคลื่อนย้ายสู่อากาศโดย Evapotranspiration จึงลดจำนวนของน้ำเสียที่ไหลลงสู่ ground water โดยสัดส่วนการเคลื่อนย้ายแบบ Evapotranspiration ขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ใช้อัตราการเจริญเติบโต และจำนวนน้ำเสียที่ให้ ถ้าน้ำมี BOD สูงเกินไปจนกลายเป็นสภาวะไร้อากาศการเจริญของพืชจะลดลง (Patrick, 1984)

มนพ รุ่งสุข (2538) รายงานว่าหญ้าแฝกสามารถใช้บำบัดน้ำเสีย จากการศึกษาการเจริญเติบโต ของหญ้าแฝกหอม 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อินเดีย บราซิล ศรีลังกา อินโดนีเซีย และราชบุรีเมื่อรดด้วยน้ำเสียชุมชน พบว่าในส่วนลำต้น (shoot) พันธุ์ราชบุรีสะสมธาตุอาหารพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปรแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมได้สูงสุด ส่วนราก (root) พันธุ์บรา

ซิลสะสมไนโตรเจนและแมกนีเซียมสูงสุด และพันธุ์อินโดนีเซีย ราชบุรี และศรีลังกา สะสมฟอสฟอรัส โปรแตสเซียมและแคมเซียมได้สูงสุด ตามลำดับ

15.2 ผลกระทบต่อลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

การนำน้ำเสียมาใช้ทางการเกษตรจะทำให้เกิดการกรองน้ำเสียผ่านดิน มีการเคลื่อนย้ายอนินทรีย์สารต่างๆ เช่น แคทอิออน และแอนไอออนบางตัว (รวมทั้งฟอสเฟต) และอินทรีย์สารจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในดิน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีภายในดินดังนี้

15.2.1 การเปลี่ยนแปลงค่า pH และปริมาณไนโตรเจนในดิน

เมื่อพิจารณาระยะเวลาเฉพาะในช่วงฤดูปลูกพืช pH ของดินที่ได้รับน้ำเสีย (Kardos and sopper.1973) แต่ละลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในดิน (nitrification) ที่ให้ H^+ จากการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ในน้ำเสียเป็น NO_3^+ (Tam and Wong, 1994) ดังนั้นน้ำเสีย ที่ไหลซึมผ่านดินออกมาจึงมีปริมาณแอมโมเนียมเพียงเล็กน้อยแต่มีปริมาณไนโตรเจนส่วนใหญ่เป็นไนเตรต และเมื่อสิ้นสุดการเก็บเกี่ยวพืช pH ของดินเพิ่มขึ้นเนื่องจากไนโตรเจนในดินอยู่ในรูปไนเตรต ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว Allhands et al.(1995) ได้ศึกษาพื้นที่ทางเกษตรที่ได้รับน้ำเสียนานกว่า 13 ปี พบว่า ค่า pH ของดินในปี คศ. 1980-1988 มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อง ๆ แต่หลังจากนั้นค่า pH ของดินคงที่ 7.0 เพราะสมดุลของปฏิกิริยา ที่ให้ H^+ จาก Nitrification และ OH^- จากปฏิกิริยาการตรึงฟอสฟอรัส และ แคทอิออนของ Ca และ Mg ส่วนงานวิจัยของ Varquez-Montiel et al.(1996) รายงานถึงระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในดินที่ได้รับน้ำเสียมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในรูปของ No_3^- โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองมี No_3^- อยู่ในดินมากถึง 12.38 mg/kg ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืช ส่วนในดินที่รับน้ำปกติมีความเข้มข้นของไนโตรเจนลดลงจากดินก่อนทดลอง 8.96 mg/kg เป็น 5.03 mg/kg

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ดินที่ได้รับน้ำเสียจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มมากขึ้น (Reynolds et al.,1980) ซึ่งเมื่อศึกษาคุณภาพน้ำเสียที่ไหลผ่านพื้นที่ปลูกหญ้าพบว่าน้ำเสียที่ซึมออกมามีปริมาณฟอสฟอรัสยังตกค้างอยู่ในดิน เนื่องจากการตรึงฟอสฟอรัสของเหล็กและอะลูมินัม ส่วนงานวิจัยของ Varquez-Montiel et al.(1996) ได้นำน้ำเสียจากบ้านเรือนซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่สูง (ortho-P 9.34 mg/l) มาใช้ในการเกษตรพบว่าดินที่รับน้ำเสียจะมีปริมาณฟอสฟอรัส 7.06 mg/kg สูงกว่าดิน ที่รับน้ำปกติ (5.5.3 mg/kg)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีอื่น ๆ ได้มีงานวิจัยที่ศึกษาค้นคว้าดังต่อไปนี้

ธีระศักดิ์ (2520) ทำการศึกษาวิเคราะห์ดินที่ได้รับน้ำเสียจากจากบ่อหมักบ่อผึ่งในบ่อแรกยังไม่ผ่านการบำบัดและน้ำเสียจากบ่อสุดท้ายที่ผ่านการบำบัดแล้วของโรงงานน้ำตาล

มาใช้ในการที่ปลูกอ้อยเปรียบเทียบกับน้ำปกติพบว่าดินที่ได้รับน้ำเสียมีปริมาณ OM,Total N, Total P, และCEC (3.1%,0.42%748 ppm, และ 108.53 me/100 gm) มากกว่าดินที่ได้รับน้ำปกติ (3.0%,0.2%.630 ppm, และ 94.76 me/100gm) ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุและแร่ธาตุอาหารต่าง ๆระหว่างน้ำเสียบ่อแรกและบ่อสุดท้ายไม่แตกต่างกันนักทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะดินเดิมก่อนปลูกอ้อยพบว่าดินที่ได้รับน้ำเสียมีคุณสมบัติดีขึ้น

Hayes et al. (1990) ศึกษาการใช้น้ำเสียในการปลูก Bermuda grass ในสนามกอล์ฟพบว่าระดับฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมของดินที่ได้รับน้ำเสียมีมากกว่าดินที่ได้รับน้ำปกติ โดยเมื่อเวลาผ่านไป 9 เดือน ระดับฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมของพื้นที่ปลูกหญ้าที่ได้รับน้ำเสียเป็น 30 mg/kg และ300 mg/kg ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แต่ในพื้นที่ที่ได้รับน้ำปกติจะมีระดับฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมลดลงมาก เหลือน้อยกว่า 5 mg/kg และ-200 mg/kg ตามลำดับ ส่วนไนโตรเจนของดินทั้ง 2 ตำรับทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะดินในพื้นที่ศึกษามีระดับไนโตรเจนทั้งหมดต่ำ โดยน้อยกว่า 0.5 % ไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำเสียจึงถูกพืชดูดไปใช้

Mancino and Pepper (1992) ได้ทำการศึกษาการใช้น้ำเสียเพื่อการปลูกหญ้าเป็นระยะเวลา 3 ปีในพื้นที่เดิมของ Hayes et al. พบว่าในน้ำเสียมีปริมาณธาตุอาหารพืช N,P และซัลเฟต เรียงตามลำดับดังนี้ 244 kg/ha/yr, 244 kg/ha/yr และ293 kg/ha/yr และมีโปรแตสเซียมเพียงเล็กน้อย เมื่อนำไปใช้กับพื้นที่ปลูกหญ้า จะทำให้ลักษณะสมบัติทางเคมีดีขึ้นดังนี้ P26 mg/kg, K 50 mg/kg , EC 0.2 dS/m.pH ของดินไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนFe,Mn,Zn, และ Cu มีอยู่ในระดับปกติของดินทางการเกษตรทั่วไปสำหรับแนวโน้มของธาตุอาหารต่าง ๆ ในช่วงเวลา 3 ปี พบว่า ระดับฟอสฟอรัสสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ผ่านไป ส่วนระดับไนโตรเจนและโปแตสเซียมมีแนวโน้มไม่เพิ่มขึ้นเนื่องจากพืชดูดไนโตรเจนไปใช้ และในน้ำเสียมีโปรแตสเซียมเพียงเล็กน้อย

สำหรับการนำน้ำเสียจากการย้อมสีไปใช้ทางการเกษตรพบว่า ดินที่ได้รับน้ำเสียชนิดนี้มีปริมาณ ฟีนอลที่ได้จากการย้อมสี และปริมาณสีเหลืออยู่น้อยมาก แสดงว่าฟีนอลได้รับการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดิน แต่พบปริมาณคลอไรด์ในดินสูง (Kanekar ct al.,1992)

Gur and Salem (1992) รายงานว่าการนำน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมีข้อดีคือป้องกันมลพิษของน้ำ การเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากน้ำเสียโดยดินและพืช ประมาณ 90% เคลื่อนย้ายฟอสฟอรัส 85% เคลื่อนย้ายสารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอย

Siebe (1995) กล่าวว่าปริมาณ โลหะหนักในดิน Cd, Pb, Cu, Zn เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ได้รับน้ำเสีย แต่ในการศึกษาครั้งนี้ที่ประเทศเม็กซิโกมีเพียง Cd เท่านั้นที่เกินมาตรฐานเพียงเล็กน้อย

Tam and Wong (1996) รายงานว่าระดับ N, P, K ในดิน mangrove ที่ได้รับน้ำเสียจะสูงกว่าในดิน ที่ได้รับน้ำปกติโดยระดับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะลดลงตามความ

ลึกของดิน แต่ระดับโปแตสเซียม จะเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน เช่น ดิน Shenzen มีอินทรียวัตถุ และปริมาณ clay มากกว่าดิน Saikeng จะมีระดับ N, P, K มากกว่าตามไปด้วย น้ำเสียเพิ่ม EC และ OM ให้แก่ดิน OM ในดินชั้นล่าง (ลึกกว่า 10 ซม.) ไม่แตกต่างจากดินชั้นบนของดินชุดควบคุม แสดงว่า OM ให้แก่ดิน OM ในดินชั้นล่าง (ลึกกว่า 10 ซม.) ไม่แตกต่างจากดินชั้นบนของดินชุดควบคุม แสดงว่า OM ของน้ำเสียจะติดอยู่ที่ชั้นบนไม่ลงสู่ชั้นล่าง

Howe and Wagner (1996) รายงานว่าการนำน้ำเสียไปใช้ทางการเกษตรจะส่งผลดีต่อลักษณะสมบัติของดินโดยเฉพาะดินเค็ม โดยพบว่าดินที่มีพืชปกคลุมจะมี Total Na น้อยกว่าดินที่ไม่มีพืชปกคลุมที่บริเวณชั้นผิวดิน

ชัยสิทธิ์ ทองจู (1995) ทดลองให้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพในการปลูกพืช พบว่าในการปลูกกวางตุ้ง 5 ครั้ง หรือข้าวโพดฝักอ่อนติดต่อกัน 3 ครั้ง มิได้มีผลต่อลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน เช่น ปฏิกิริยาดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และทองแดง แต่มีแนวโน้มทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น เช่น ความหนาแน่นรวมของดิน และปริมาณเม็ดดินที่มีขนาดโตกว่า 0.25 มิลลิเมตร

บัญชา รัตนีทู (2538) พบว่าการใช้น้ำเสียจากากรผลิตก๊าซชีวภาพติดต่อกันทำให้ดินมีคุณสมบัติ ทางเคมีที่ดีขึ้น และมีการสะสมธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี และมีแนวโน้มปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินโดยไม่ทำให้ปริมาณไนเตรตในน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นรวมของดินที่ได้รับ น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพ และการใช้ปุ๋ยเคมี และดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือเท่ากับ 1.77 กรัม/ลบ.ซม. ทั้งหมด การใช้น้ำเสียร่วมกับปุ๋ยเคมีในระยะยาวมีอิทธเพลต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน โดยมีแนวโน้มทำให้ pH ของดินลดลง (6.8) แต่การใช้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพให้ผลไม่แตกต่างจากดินที่ไม่ใส่อะไรเลยมากนักโดยมีค่า pH 7.4 cและ 7.3 ตามลำดับ ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณ โปรแตสเซียมในดินที่ใส่น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพไม่แตกต่างจากที่ไม่ใส่ แต่ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีนั้นมีแนวโน้มทำให้โปรแตสเซียมในดินลดลง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่าการใส่น้ำเสียทำให้ดินมีแนวโน้มของปริมาณฟอสฟอรัสมากขึ้น ส่วนการใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มทำให้ฟอสฟอรัสในดินลดลงเมื่อเทียบกับตำรับควบคุมที่ไม่ใสอะไรเลย

แต่ผลของการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษโดยสถาบันวิจัยวลัยรุกขเวชมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2538) พบว่าการใช้น้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษไม่มีผลทำให้ปริมาณ OM เปลี่ยนแปลง ส่วนปริมาณธาตุฟอสฟอรัสมีค่าลดลงจาก 12.5 ppm เป็น 5.8 ppm ในขณะที่ Cl, Na, และ EC เพิ่มขึ้นเป็น 44.9 ppm, 40-86.20 ppm,และ 0.9 dS/m ตามลำดับ แต่ค่าของ EC ยังต่ำกว่า 2 จึงถือว่าไม่มีผลกระทบทำให้ดินเค็ม

15.3 ผลกระทบทางชีวภาพของดิน

จุลินทรีย์ดินหรือมวลชีวภาพของดินเป็นองค์ประกอบที่มีชีวิตที่ดำรงอยู่ภายในดิน ซึ่งมีปริมาณ 1-4 % ของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน แต่เป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากจุลินทรีย์ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปของธาตุอาหารจากสารประกอบอินทรีย์ซึ่งพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ทำให้มีการหมุนเวียนของธาตุอาหารอย่างรวดเร็วเมื่อจุลินทรีย์ตาย ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์มีอัตราย่อยสลายเร็วกว่าอินทรียวัตถุอื่น (สุวลักษณ์ เธียรสุคนธ์ , 2537 อ้างจาก John et al,.1989)

แบคทีเรียในดินส่วนใหญ่เป็น Heterotroghs ซึ่งได้รับคาร์บอนและพนักงานจากอินทรียวัตถุหรือสารประกอบอินทรีย์บางชนิด ดังนั้นการเจริญเติบโตหรือการเพิ่มมวลชีวภาพตลอดจนระดับกิจกรรม ของแบคทีเรียในดินจึงขึ้นอยู่แล้วหรือใส่เพิ่มลงไปในดิน

กระบวนการทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดิน

ปฏิกิริยาให้พลังงาน (Energy yielding reactions) ของจุลินทรีย์พวก aerobic heterotrophs จะได้พลังงานจากการ oxidize สารประกอบอินทรีย์ เช่น น้ำตาลกลูโคส พร้อมกับมีการปล่อยน้ำ (H_2O) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{พลังงาน}$$

แหล่งที่มาของอินทรียวัตถุในดินมาจาก 3 แหล่ง คือ จุลินทรีย์ที่ตาย ซากสัตว์ และพืช โดยคาร์บอนในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ จะกลายเป็นคาร์บอนในอินทรียวัตถุในดิน ประมาณ 20-40% ถูกจุลินทรีย์นำไปใช้เพื่อกระบวนการชีวะสังเคราะห์หรือเป็นคาร์บอนในเซล แต่อีก 60-80% ถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีพลังงานเกิดขึ้นด้วย การปลดปล่อย CO_2 กลับคืนสู่บรรยากาศโดยกระบวนการหายใจของ จุลินทรีย์ และกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุ จุลินทรีย์พวก Heterotroghs จึงมีบทบาทสำคัญยิ่งในการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน จักรกฤษณ์ หอมจันทน์(2533)

การสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ที่ปล่อยคาร์บอนออกมาในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ถูกควบคุมโดยปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ ความชื้น pH แร่ธาตุต่าง ๆ ปริมาณอินทรียวัตถุและอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนของสารอินทรีย์ที่ใส่ลงไป เป็นต้น

ด้วยเหตุผลข้างต้นนี้ การตรวจสอบและประเมินระดับประชากรของจุลินทรีย์ดินในสถานะหนึ่ง ๆ จึงสามารถทำได้โดยการตรวจสอบและเปรียบเทียบกิจกรรมการปลดปล่อยคาร์บอนไดออก ไซด์ จากดิน

Mancino and Pepper (1992) ศึกษาจำนวนประชากรแบคทีเรียในดินที่ได้รับน้ำปกติเปรียบเทียบกับดินที่ได้รับน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 โดยวิธี Direct plate count พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างประชากรแบคทีเรียในดินทั้ง2 ตำรับทดลอง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจึง

ไม่มีผลส่งเสริมหรือยับยั้งแบคทีเรียหรืออาจกล่าวว่าปริมาณสารอินทรีย์และไนโตรเจนในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดไม่มีผลต่อจำนวนประชากรแบคทีเรีย

กัลยา สุนทรวงศ์สกุล (2537) ได้ศึกษาอิทธิพลของโลหะหนักในกากตะกอนน้ำเสียชุมชนต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ดินโดยใช้ CO_2เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน ในดิน 2 ชุด คือ ดินเหนียวและดินร่วน ร่วมกับการเติมกากตะกอน 4 ระดับ คือ 20,40,60 และ 80 เมตริกตัน/เฮกตาร์ พบว่าดินทั้ง 2 ชุดเมื่อเติมกากตะกอนที่ระดับ 20 และ 40 เมตริกตัน/เฮกตาร์ ไม่มีผลต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน ในดิน 2 ชุด เมื่อเติมกากตะกอนที่ระดับ20 และ40 เมตริกตัน/เฮกตาร์ ไม่มีผลต่อกิจกรรมจะลินทรีย์ดินโดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง CO_2 , C:N จุลินทรีย์ดิน และ pH เมื่อเปรียบเทียบกับดินทดลองในตำรับควบคุม ส่วนการเพิ่มกากตะกอนในดินทดลองที่อัตรา 80 เมตริกตัน/เฮกตาร์ ไม่มีผลทำให้ C:N เกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมากที่สุดในประมาณ 4 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นค่าที่วัดได้ค่อนข้างคงที่จนถึงสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งเป็นระยะเวลาหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกพืชผัก (กากตะกอนอัตรา 20 เมตริกตัน/เฮกตาร์ เทียบเท่ากับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ในพืชผักทั่วไป)

กัลยาและคณะ (2538) ศึกษาการใช้กากตะกอนจากน้ำเสียใส่ในแปลงทดลองพบว่ากิจกรรมของ จุลินทรีย์มีค่าเท่ากับการเติมปุ๋ยอินทรีย์ตัวอื่น โดยในตะกอนประกอบด้วยไนโตรเจนระหว่าง 2.5-5.0% ฟอสฟอรัส 1.5-20.% และโปรแตสเซียม 0.02-0.5%

ส่วนการศึกษาของสถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช (2538) ที่นำน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษไปใช้ทางการเกษตร พบว่า ปริมาณของแบคทีเรียในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เช่นเดียวกับแปลงควบคุม จึงเป็นไปได้ว่าน้ำเสียไม่ได้มีผลต่อสภาพนิเวศน์ของจุลินทรีย์ดิน แต่การแปรผลให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ควรมีการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในดินอย่างน้อย 3 ปี จึงจะทราบผลกระทบที่เกิดขึ้น

15.4 บทบาทของดินต่อลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

15.4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

Patrick (1984) ศึกษาการใช้น้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษในอเมริกาเหนือ สามารถลด BOD, สี และเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแคทอิออน (Ca, Mg, Na, K) โดยระดับของสีที่ลดลงขึ้นอยู่กับลักษณะสีของน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อย ธรรมชาติของดิน และพืชที่ปกคลุมดิน clay loam สามารถลดสีได้ดีกว่าดิน sandy loam

ในการศึกษาถึงคุณภาพของน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษที่ผ่านการบำบัดแล้วและนำไปใช้ทาง การเกษตรโดยการปลูกพืชในกระถาง(จิรศักดิ์ จินดาโรจน์, 2537) พบว่าน้ำที่ผ่านดินที่ใช้ทำเกษตรกรรมคุณภาพจะดีขึ้น โดยค่า BOD, COD และสี จะลดลงจาก 5-9 mg/l, 250-320 mg/l, 600-800 Pt-Co เป็น 0.8 mg/l, < 1.0 Pt-Co ตามลำดับ

สถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช (2538) รายงานถึงการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษในการปลูกพืชภาคสนามพบว่า ค่า pH ของน้ำเสียที่ผ่านพื้นที่ทางการเกษตร มีความเป็นกรดสูง มีค่า EC, ปริมาณ Na และ Cl สูง และเมื่อผ่านพื้นที่การเกษตรแล้วจะมีค่า EC และ Na ในน้ำลดลงจาก 2.8 dS/m และ 312 mg/l เป็น 2.28 dS/m และ 167 mg/1

15.4.2 การบำบัดน้ำเสียของดิน

ดินสามารถบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยกลไกทางกายภาพ เคมี และชีวภาพร่วมกันดังนี้

15.4.2.1 กลไกทางกายภาพ

เมื่อน้ำเสียเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างในดิน ของแข็งแขวนลอยจะถูกกำจัดออกไปโดยการกรองประสิทธิภาพในการกรองขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคดิน เนื้อดิน และอัตราการเคลื่อนที่ ของน้ำ หากในน้ำเสียมีปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เป็นชิ้นส่วนหยาบ ๆ มากเกินไป ทำให้ช่องว่างในดิน เกิดการอุดตันลดอัตราการซาบซึมน้ำของดิน (Vinten et al.,1983) โดยอัตราการกรองลดลงมากที่สุดเมื่อ น้ำเสียมีตะกอนแขวนลอยจำนวนมากสะสมอยู่บนผิวดิน (Abo-Fhobar,1993) แต่ในระหว่างที่ไม่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบหรือในช่วงพักจะมีการย่อยสลายของของแข็งอินทรีย์ตามธรรมชาติ ทำให้อัตราการซาบซึมน้ำดีขึ้นได้ ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยดิน (soil aquifer treatment) อาจเกิดการอุดตันจากของแข็งแขวนลอยพวกสาหร่าย จึงควรเลี่ยงด้วยการ rapid turnover ของน้ำในบริเวณบำบัดเพื่อจำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Bouwer, 1992)

15.4.2.2 กลไกทางเคมี

ปฏิกริยาทางเคมีภายในดินมีผลต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ของสารประกอบ ต่าง ๆ หรือไอออนที่ละลายได้ทำให้สารประกอบบางอย่างถูกตรึงไว้ในดิน กลไกทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ การตกตะกอนทางเคมี (Chemical precipitation) และกลไกในการดูดซับสาร (adsorption) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลไกในการดูดซับไอออนประจุบวก โดยทั่วไปดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) อยู่ในช่วง 10-30 emole/ kg ค่า CEC ของดินแต่ละชนิดแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณฮิวมัสและแร่ดินเหนียว ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มี CEC สูงสุด (Polprasert, 1989) อัตราการกรองของดินที่บริเวณชั้นผิวดินถูกควบคุมโดยลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำเสียมากกว่าลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน

แร่ดินเหนียวและฮิวมัสมีคุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญคือ มีประจุลบซึ่งมีสมบัติในการดูดซับประจุบวกหรือไอออนบวก (cation) เช่น NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} และ H^+ แต่จะไม่ดูดซับไอออนลบ (aninon) เช่น NO_3^+ , SO_4^{2-} ซึ่งการดูดซับไอออนบวกจะมีประสิทธิภาพเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของสารคอลลอยด์ เช่น ความสามารถในการดูดซับไอออนบวกของ

Monmorillonete, Illite, Kaolinite และฮิวมัส จะมีประมาณ 80-100, 15-40, 3-15 และ 200 emole /kg ตามลำดับ

ฟอสเฟตในน้ำเสียมากกว่า 94 % ถูกดูดยึดอยู่ในดิน เนื่องจากฟอสเฟตถูกทำให้ตกตะกอน,ดูดซับโดยอนุภาคดิน หรือถูกจุลินทรีย์ใช้เพื่อการเจริญเติบโต (Terry and Tate. 1981) ฟอสเฟตเป็นไอออนลบที่ถูก ดูดยึดไว้ในดินโดยทำปฏิกริยากับเหล็ก อลูมินัม และแคลเซียมเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำที่ได้น้อย ที่ pH ต่ำกว่า 6 ฟอสเฟตมักอยู่ร่วมกับเหล็กและอลูมินัมเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ เช่น strengite [$Fe(H_2 PO_4)(OH)_2$] และที่ pH สูงกว่า 7 ฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมเกิดเป็น octacalcium phosphate [$Ca_4 H (PO_4)_3 .3H_2O$] (Ferguson, 1976) ดินที่มีเหล็กและอลูมินัมมากจึงสามารถ ดูดซับฟอสเฟตจากน้ำเสียได้ดีที่สุด (Stuanes, 1982)

15.4.2.3 กลไกทางชีวภาพ

ที่เกิดขึ้นในดินในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การย่อยสลายสารอินทรีย์โดย จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินพวก Heterotrophic ในสภาพที่มีออกซิเจน จะเกิดกระบวนการที่เรียกว่า nitrification ทำให้แอมโมเนียมซึ่งได้จากการสลายตัวของอินทรีย์ไนโตรเจนถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรต์โดยแบคทีเรีย Nitrosomonas จากนั้นไนไตรต์จะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นไนเตรตโดยแบทเรีย Nitrosomonas ซึ่งกระบวนการนี้เกิดได้ดีในสภาพที่มีสารอินทรีย์น้อย ของแข็งแขวนลอยสูงและมีอุณหภูมิสูง แต่ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนจะเกิดกระบวนการ Denitrification ซึ่งมีความสำคัญในแง่การกำจัดไนเตรตออกไปจากน้ำ โดยไนเตรตจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นก๊าซไนโตรเจน โดยแบคทีเรียพวก Pseudomonas, Micrococcus, Bacillus, และ Achromobactor เป็นต้น กระบวนการนี้เกิดได้ดีในสภาพที่ดินมีเนื้อละเอียด อินทรีย์วัตถุสูง มีการขังน้ำอย่างต่อเนื่อง มี pH เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย และมีอุณหภูมิปานกลาง

15.4.3 ชนิดของดินมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

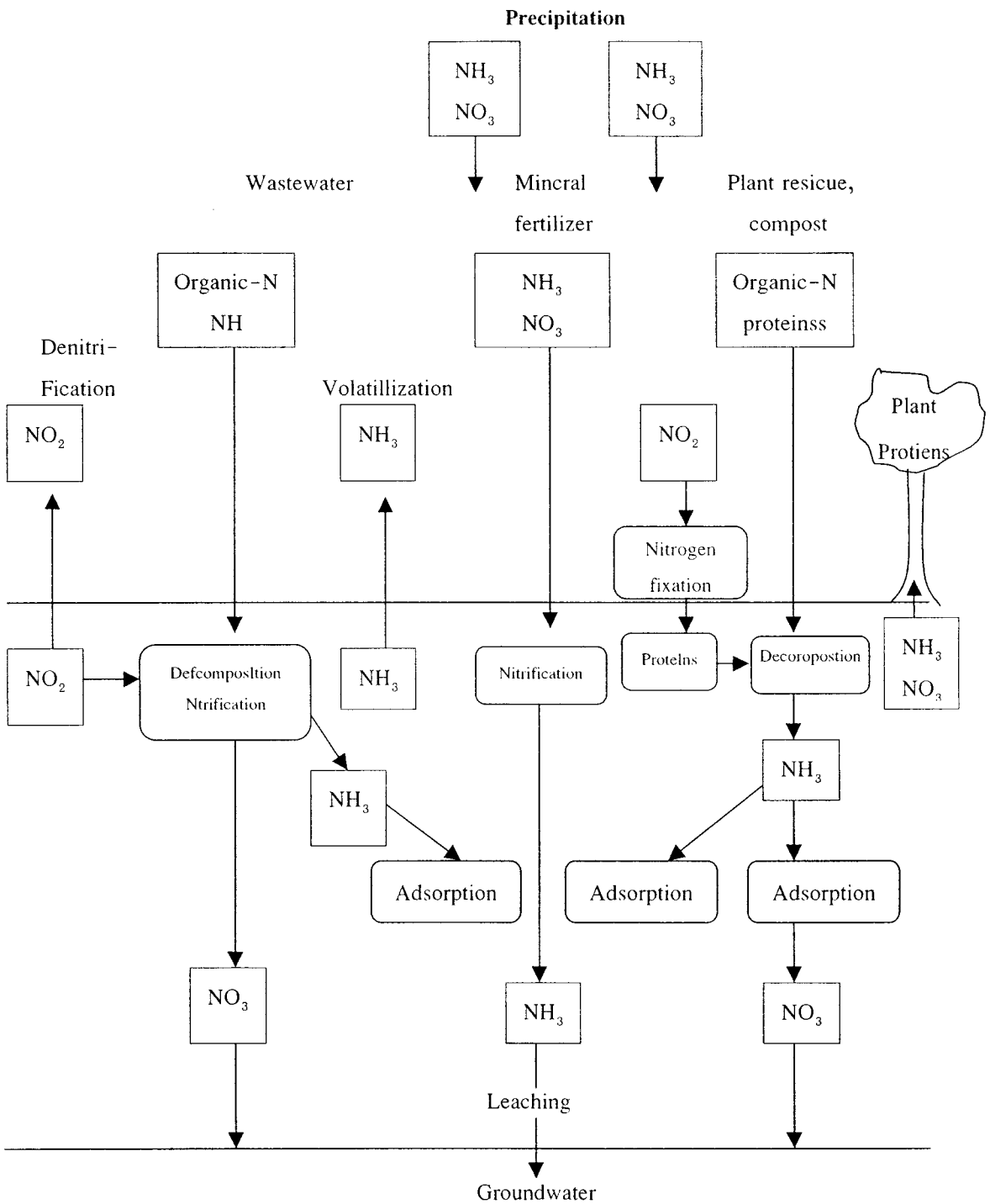
การเลือกดินที่มีปริมาณ clay สูงจะทำให้น้ำที่ leach ออกมาสะอาดมากขึ้น (Anderson et al., 1981) แต่ดินที่มีเนื้อละเอียดมากและเป็นดินเหนียวจัด ไม่เหมาะสมต่อการใช้ระบบชึมเพื่อบำบัดน้ำเสีย (สมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์, 2526) ส่วน Quanrud et al., (1996) ศึกษาการเคลื่อนย้ายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเมื่อชึมผ่านท่อ (Column) ที่บรรจุดินต่างชนิดกันพบว่าดินที่สามารถดูดซับสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดีที่สุดเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ sandy loam 56% sand 48%, และsilt sand 44%

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี (2540) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้ทรายและชุดดินปากช่องผสมกับเศษเหล็กร้อยละ 20 แล้วผสมกับ

วัสดุอินทรีย์ (ฟางข้าว ปอแก้ว ขี้เลื่อย และ ซังข้าวโพด) ในอัตราร้อยละ 0 และ 20 บรรจุลงในท่อ แล้วปล่อยให้สารละลายไนเตรตไหลผ่าน พบว่า ชุดดินปากช่องสามารถกำจัดไนเตรตได้ดีกว่าทราย นอกจากนี้ความเค็มของดินมีผลต่อการกรอง อัตรา การกรอง จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มของดินลดลง หรือความเค็มของน้ำเสียเพิ่มขึ้น (Baumhard et al., 1992)

อัตราการให้น้ำเสียผ่านดินมีผลต่อประสิทธิภาพของการบำบัด Chin and Chen (1978) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยและ BOD โดยใช้ทราย เมื่อให้น้ำเสียในอัตรา 0.25, 0.50 และ 1.50 m^3 m^{-2} hr^{-1} พบว่าสามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 98, 96 และ 93 และสามารถกำจัด BOD ได้ ร้อยละ 86, 84, และ 84 ตามลำดับ ส่วน Terry and Tate (1981) ได้นำน้ำเสียไหลผ่านดินซึ่งบรรจุอยู่ในท่อพีวีซีสูง 120 ซม. พบว่าอัตราการให้น้ำมีความสำคัญต่อการดูดซับธาตุอาหารของดินจากน้ำเสีย อัตราการให้น้ำ 2.5 cm/wk และ 5 cm./wk ทำให้น้ำเสียที่ออกมาจากท่อดินมีปริมาณ ไนโตรเจนอนินทรีย์น้อยกว่า 30% แต่หากให้น้ำเสียในอัตรา 7.5 cm/wk จะมีไนโตรเจนออกมากับน้ำถึง 75% ดังนั้นอัตราการให้น้ำมากเกินไปจะทำให้ดินดูดซับไนโตรเจนอนินทรีย์ได้น้อย

ดินสามารถดูดซับของแข็งแขวนลอย (SS). BOD แบคทีเรีย (fecal bacteria) และฟอสฟอรัสได้ (Oveman and Leseman, 1982) จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยระบบ sand filter เมื่อใส่น้ำเสียลงไป 67 l $m^{-2}d^{-1}$ พบว่าน้ำที่ออกจาก sand filter มี COD ลดลงประมาณร้อยละ 91 และฟอสฟอรัสลดลงร้อยละ 83 (Pell and Nyberg, 1989) ส่วน Wadatsuki et al. (1993) รายงานว่าการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสียโดยระบบจัดเรียงดินหลายชั้นพบว่า ที่อัตราการให้น้ำ 110-150 $lm^{-3}d^{-1}$ ทำให้ของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 52.0-93.3 BOD ลดลงร้อยละ 64.1-81.4, ไนโตรเจนทั้งหมดลดลงร้อยละ 79.3-95.2 และฟอสฟอรัสทั้งหมดลดลงร้อยละ 73.3-95.9



ภาพที่ 2.2 กราฟแสดงห่วงโซ่ของไนโตรเจน

ตารางที่ 2.3 ปริมาณการใช้น้ำประปา และปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์ใน พ.ศ.2546

เดือน	ปริมาณการใช้น้ำประปา (ลบ.ม./เดือน)	ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (ลบ.ม./เดือน)
มกราคม	21,191	13,350
กุมภาพันธ์	21,412	13,490
มีนาคม	12,501	7,876
เมษายน	12,370	7,793
พฤษภาคม	11,418	7,193
มิถุนายน	27,230	17,155
กรกฎาคม	25,300	15,939
สิงหาคม	23,535	14,827
กันยายน	29,008	18,275
ตุลาคม	16,077	10,129
พฤศจิกายน	25,196	15,873
ธันวาคม	16,784	10,574

ที่มา : ปาริญา (2545)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณฝน การระเหยคาบ 30 ปี การคายระเหย และการซึม ของระบบบึงประดิษฐ์

เดือน	ปริมาณฝน (มม.)	ปริมาณการระเหย (มม.)	ปริมาณการคายระเหย (มม.)	ปริมาณการซึม (มม.)
มกราคม	2.1	134.8	87.6	720
กุมภาพันธ์	16.0	143.7	93.4	720
มีนาคม	37.9	192.1	124.9	720
เมษายน	71.9	196.5	127.7	720
พฤษภาคม	171.8	178.4	116.0	720
มิถุนายน	168.5	154.7	100.6	360
กรกฎาคม	168.9	150.6	97.9	360
สิงหาคม	207.3	131.7	85.6	360
กันยายน	236.1	121.8	79.2	360
ตุลาคม	108.8	131.2	85.3	360
พฤศจิกายน	14.9	132.7	86.3	720
ธันวาคม	5.1	133.7	86.9	720

ที่มา : ปาริญา (2545)

ตารางที่ 2.5 การใช้น้ำประปาของหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่นในปี พ.ศ.2546

ลำดับที่	สถานที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1	หอพักนักศึกษาที่ 2	692	739	585	718	291	244
2	หอพักนักศึกษาที่ 3	881	986	657	977	697	1,025
3	หอพักนักศึกษาที่ 4	815	1,017	456	783	456	0
4	หอพักนักศึกษาที่ 5	1,130	1,290	810	1,136	869	1,148
5	หอพักนักศึกษาที่ 6	1,107	1,203	763	873	882	1,240
6	หอพักนักศึกษาที่ 7	680	775	503	480	56	129
7	หอพักนักศึกษาที่ 8	789	868	217	169	203	931
8	หอพักนักศึกษาที่ 9	747	893	586	861	654	866
9	หอพักนักศึกษาที่ 10	672	840	194	242	283	812
10	หอพักนักศึกษาที่ 11	1,080	633	338	148	205	971
11	หอพักนักศึกษาที่ 12	594	692	554	776	638	825
12	หอพักนักศึกษาที่ 15	0	0	0	0	0	654
13	หอพักนักศึกษาที่ 16	1,043	1,131	252	332	397	1,137
14	หอพักนักศึกษาที่ 22	778	1,379	505	258	464	1199
15	หอพักนักศึกษาที่ 26	55	176	161	89	125	209
16	หอพักนักศึกษาที่ 27	946	1,000	1,115	1,368	517	1,240
17	หอพักนักศึกษา หญิงใหม่ที่	1,241	893	730	917	987	2,011
18	หอพักนักศึกษา หญิงใหม่ที่	1,121	858	302	63	170	1,272
19	หอพักนักศึกษา หญิงใหม่ที่	1,583	1,113	768	271	432	3,111
20	หอพักนักศึกษา หญิงใหม่ที่	1,081	1,055	313	77	202	1,344
21	หอพักนักศึกษา หญิงใหม่ที่	305	204	593	377	627	1,429
22	หอพักนักศึกษา ชายใหม่ที่ 1	977	1,083	393	195	436	1,519
23	หอพักนักศึกษา ชายใหม่ที่ 2	970	928	471	162	352	1,173
24	หอพักนักศึกษา ชายใหม่ที่ 3	7,29	775	285	86	443	1,360
25	หอพักนักศึกษา ชายใหม่ที่ 4	1,175	881	950	1,012	1,032	1,381
รวม		21,191	21,412	12,501	12,370	11,418	27,230

ที่มา:ปาริญา(2545)

ตารางที่ 2.5 การใช้น้ำประปาของหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่นในปี พ.ศ.2546 (ต่อ)

ลำดับที่	สถานที่	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	หอพักนักศึกษาที่ 2	163	80	58	21	159	144
2	หอพักนักศึกษาที่ 3	991	1,034	727	609	930	741
3	หอพักนักศึกษาที่ 4	38	1,032	989	632	1,001	963
4	หอพักนักศึกษาที่ 5	1,082	1,177	1,032	645	957	699
5	หอพักนักศึกษาที่ 6	1,138	1,300	1,058	730	1,052	719
6	หอพักนักศึกษาที่ 7	0	0	0	314	837	1,183
7	หอพักนักศึกษาที่ 8	905	977	838	631	838	596
8	หอพักนักศึกษาที่ 9	823	814	859	453	860	576
9	หอพักนักศึกษาที่ 10	813	819	877	432	789	594
10	หอพักนักศึกษาที่ 11	919	1,005	1,074	596	868	595
11	หอพักนักศึกษาที่ 12	783	812	882	605	957	754
12	หอพักนักศึกษาที่ 15	1,250	947	1,094	708	1,046	704
13	หอพักนักศึกษาที่ 16	1,026	959	0	1	0	0
14	หอพักนักศึกษาที่ 22	1,237	1,431	932	1116	1,292	928
15	หอพักนักศึกษาที่ 26	100	182	135	230	215	165
16	หอพักนักศึกษาที่ 27	1,186	1,176	1,315	721	1,187	754
17	หอพักนักศึกษา หญิงใหม่ที่ 1	1,878	1,071	1,305	586	1,227	688
18	หอพักนักศึกษา หญิงใหม่ที่ 2	1,294	1,163	1,332	516	1,388	745
19	หอพักนักศึกษา หญิงใหม่ที่ 3	1,638	1,211	1,640	843	1,581	828
20	หอพักนักศึกษา หญิงใหม่ที่ 4	1,593	1,216	1,628	315	1,202	648
21	หอพักนักศึกษา หญิงใหม่ที่ 5	1,574	1,202	4,856	1,147	1,393	747
22	หอพักนักศึกษา ชายใหม่ที่ 1	1,556	1,345	1,842	667	1,385	752
23	หอพักนักศึกษา ชายใหม่ที่ 2	1,202	1,126	1258	1478	1,174	711
24	หอพักนักศึกษา ชายใหม่ที่ 3	1,256	1,456	1,901	1,070	1,471	798
25	หอพักนักศึกษา ชายใหม่ที่ 4	855	0	1,376	1,011	1,387	752
รวม		25,300	23,535	29,008	16,077	25,196	16,78

ที่มา : ปาริญา(2545)