บทที่ 2

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทฤษฎีและวรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

เมืองทุกเมืองมีความต้องการระบบโครงสร้างพื้นฐาน มีการวางแผน การก่อสร้าง และเสนอโดยหน่วยงานของรัฐ หรือเอกชนภายใต้การดูแลของรัฐบาล ซึ่งระบบโครงสร้างพื้นฐานสาธารณะ หรือกึ่งสาธารณะนั้น จะรวมความต้องการของประชากรในพื้นที่ หรือในเขตการปกครอง หรือในลักษณะทางภูมิศาสตร์ของชุมชน ในบางครั้งสามารถให้บริการในพื้นที่นอกเขตการปกครอง

ระบบโครงสร้างพื้นฐานของชุมชนนั้นขึ้นอยู่กับ (1) การบริหาร, อาคารบ้านเรือน, การศึกษา, ศาสนา, วัฒนธรรม, สุขภาพอนามัย, สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ และความต้องการในด้านการให้บริการ (2) ระบบสาธารณูปโภคที่ต้องมี คือ น้ำ, พลังงาน, ความร้อน, แสง, โครงข่ายการระบายน้ำ, การป้องกันน้ำท่วม, การกำจัดของเสียและการคมนาคม (3) พื้นที่สาธารณะที่ปราศจากอาคาร ซึ่งมีระบบโครงสร้างพื้นฐานที่ต้องการ คือ ที่ว่าง สำหรับสวนสาธารณะ สนามเด็กเล่น สวนหย่อมที่สวยงาม

ระบบโครงสร้างพื้นฐานชุมชน ควรมีการวางแผน และการพัฒนาไปตามวัตถุประสงค์ของชุมชนนั้น ซึ่งระบบเหล่านี้จะรองรับกิจกรรมที่อยู่อาศัย, พาณิชยกรรม และอุตสาหกรรมในชุมชน และต้องไม่ขัดกับการใช้ที่ดินหรือไม่ส่งผลกระทบกระเทือน แต่ตรงกันข้ามควรจะสอดคล้องกับการใช้ที่ดินและลักษณะทางกายภาพของชุมชนนั้น

ระบบสาธารณูปโภค จะเป็นระบบที่ให้บริการและสนองต่อความต้องการของประชากรในพื้นที่ ซึ่งจะต้องมีเกณฑ์มาตราฐาน ตั้งแต่พื้นที่เมืองถูกจำกัด พื้นที่ว่างจะกันไว้ สำหรับระบบสาธารณูปโภค ในเมืองที่เป็นเมืองศูนย์กลางเดียวจะต้องมีระบบสาธารณะของตัวเองโดยองค์กรของรัฐ

ระบบสาธารณูปโภค ต้องมีการวางแผนอย่างระมัดระวัง ในด้านเกี่ยวกับการพัฒนาเมือง ค่าก่อสร้างของระบบ จะต้องสอดคล้องกับชนิดและอัตราในการพัฒนา

ระบบการจัดการน้ำ และการจัดการน้ำเสียเป็นระบบสาธารณะของรัฐที่สำคัญ ขณะที่ระบบก๊าซ, ไฟฟ้า, โทรศัพท์เป็นของเอกชนก็ได้ ซึ่งจะอยู่ภายใต้การดูแล ของคณะกรรมธิการของรัฐปัจจุบัน เพื่อให้เป็นไปตามกฎข้อบังคับ ระบบ

สาธารณูปโภค หลายชนิดที่ได้ให้สัมปทาน และมีการกำหนดเงื่อนไขของระดับการให้บริการและการกำหนดอัตราค่าบริการที่สัมพันธ์กัน

ระบบระบายน้ำเสีย

ระบบระบายน้ำเสียต้องประกอบด้วย การระบายน้ำ,ท่อน้ำเสีย,ปั๊มและโครงข่ายท่อ เพื่อสุขภาพอนามัยท่อน้ำเสีย จะนำน้ำเสียจากอาคารไปสู่โครงข่ายท่อระบายน้ำเสีย ท่อระบายน้ำขนาดใหญ่จะรองรับทั้งน้ำฝน น้ำผิวดินจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ในเมืองเก่ามีระบบระบายน้ำเสียแบบรวม ซึ่งมีทั้งน้ำเสียและน้ำฝนอยู่ในท่อเดียวกัน

ในขบวนการการเป็นเมืองตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่ 2 ความสามารถของระบบระบายน้ำเสีย ในปัจจุบันมีความต้องการสูงมาก ในเรื่องคุณภาพน้ำ ในปี 1960 มีความต้องการให้มี การก่อสร้างปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานการระบายน้ำเสีย ระบบเหล่านี้ ต้องมีการลงทุน ที่ต้องการความช่วยเหลือทางการเงินจากรัฐบาล

การพัฒนาเมืองจะแสดงให้เห็น หรือเป็นหลักฐานในพื้นที่อย่างแน่นอนว่าได้มีการสร้างระบบระบายน้ำเสีย ซึ่งเป็นการผลิตอย่างรวดเร็วเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ เมื่อมีความต้องการที่จะสร้างระบบระบายน้ำเสียขึ้น สิ่งที่ต้องศึกษาถึง ได้แก่ การไหลโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง และสิ่งที่สำคัญ คือ การศึกษาในเรื่องลักษณะภูมิประเทศ รูปแบบการระบายน้ำในพื้นที่ โครงข่ายท่อระบายน้ำจะต้องมีที่ตั้งที่ต่ำหรือใกล้ทางออกของระบบระบายน้ำ เพราะว่าโครงสร้างพื้นฐานชนิดนี้จะได้ไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชน การวางแผนในเรื่องที่ตั้งจะต้องเป็นไปอย่างระมัดระวังและต้องมีขนาดพื้นที่มากพอ สำหรับการขยายตัวของโครงข่าย, Buffer Zone และความเป็นไปได้ในการกำจัดของเสีย

นอกจากระบบระบายน้ำเสียได้คำนึงถึง รูปแบบการระบายน้ำแล้ว จะต้องครอบคลุมถึง ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่มากกว่า ขอบเขตของการปกครอง การวางแผน การพัฒนาระบบเหล่านี้ จะต้องทำอย่างดีที่สุดทั้งในส่วนกลาง และส่วนภูมิภาค ในส่วนภูมิภาคเทศบาลจะต้องรับผิดชอบ การระบายน้ำเสียของท้องถิ่นและโครงสร้างพื้นฐานในด้านโครงข่าย (Herbert A. Goetsch, 1972)

การวางผังสาธารณูปโภค

การวางผังสาธารณูปโภค (Infra Structure Planning) เปรียบ

เหมือนโครงสร้างกระดูกและสายโลหิตที่ประกอบเป็นรูปร่าง และหล่อเลี้ยงชุมชนทุกขนาด นับแต่ภาค เมือง อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน และเฉพาะบริเวณวางผังภาค ผังเมืองรวม และผังเฉพาะ การวางผังสาธาณูปโภคของระบบถนน ระบบคูคลอง ระบบการบริการไฟฟ้า ประปา และการระบายน้ำจะขึ้นอยู่กับข้อมูล 4 ประการ คือ

1. ลักษณะภูมิประเทศ และสภาพชุมชนปัจจุบัน
2. แนวโน้มเอียงและการคาดคะเนประชากรในอนาคต
3. ทรัพยากรธรรมชาติในแหล่งวางผัง
4. ขนาดและพลังจากแหล่งจำหน่ายของสาธารณูปโภค

ดังได้กล่าวแล้วว่า ผังสาธารณูปโภคจะมีบทบาทเป็นหลักการพัฒนาในการวางผังภาค การวางผังเมืองรวม และการวางผังเมืองเฉพาะ ซึ่งจำเป็นต้องประสานงานกับทุกขั้นตอน มิฉะนั้นแล้วจะเกิดข้อผิดพลาดในการวางผังเมืองได้ การร่วมมือประสานงานในด้านสำรวจ ทำแผนที่วิเคราะห์วิจัยจะมีทั้งการรับและส่ง (Feed and Feed back) ต่อการวางผังภาค ผังเมืองรวม ผังเมืองเฉพาะ พอจะสรุปได้ว่า การวางผังสาธารณูปโภค ต้องคำนึงถึงพื้นที่การออกแบบ 12 ประการ คือ แหล่งจำหน่ายหรือจ่ายสาธารณูปโภค ระบบโครงสร้างสาธารณูปโภคในอนาคต ลักษณะการวางผังเมืองอันเกี่ยวกับสาธารณูปโภคต้องนำมาใช้พิจารณาดำเนินการ มีดังนี้

1. การวางผังระบบคมนาคมทุกประเภทเช่น ทางรถไฟ ทางหลวงแผ่นดินทางสายประธาน ทางเอก ทางโท ถนนรอบเมือง ถนนในย่านธุรกิจการค้า ย่านอุตสาหกรรม ย่านราชการ ย่านพักอาศัย และอื่น ๆ
2. การวางผังระบบคมนาคมทางน้ำ เช่น การขนส่งคมนาคมทางน้ำแม่น้ำลำคลองส่งน้ำในการเกษตร การระบายน้ำฝน และน้ำโสโครก
3. การวางผังระบบการบริการไฟฟ้าทุกระบบ
4. การวางผังระบบการประปาทุกระบบ
5. การวางผังระบบการระบายน้ำโสโครกและน้ำฝนทุกระบบ
6. ที่ตั้ง และสถานีไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้า ก๊าซ ประปา น้ำโสโครก
7. ที่ตั้งท่าอากาศยานทุกระดับ
8. ที่ตั้งท่าเรือทุกระดับ
9. ที่ตั้งการขนส่งทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ พร้อมด้วยคลังสินค้า
10. ที่ตั้งสถานีโดยสารคมนาคมทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ
11. ที่ตั้งโรงงาน เก็บ ซ่อม สร้าง ของพาหนะทางบก น้ำ และอากาศ
12. ที่ตั้งและระบบบริการโทรคมนาคม ตลอดจนสื่อสารมวลชน

โดยข้อเท็จจริงในการวางผังเมือง ผังสาธารณูปโภคจะเป็นหลักดึงดูด (attraction) ในชุมชนเติบโตได้ถูกต้องตามการผังภาค ผังเมืองรวม และผัง

เมืองเฉพาะในอนาคต (ผังเร่งด่วน) (ประสาท ชุณหะมาน, 2523)

<u>งานระบายน้ำ</u> (DRAINAGE)

"งานระบายน้ำ" หมายถึง การกำจัดน้ำส่วนที่เกินความต้องการออกจากพื้นที่หนึ่ง ๆ งานระบายน้ำมีลักษณะงานคล้ายกับงานป้องกันน้ำท่วม ต่างกันก็ตรงที่ขอบข่ายของงานนี้จะเน้นถึง น้ำที่มีปริมาณน้อยกว่า เอ่อนองอยู่ระยะนานกว่า และเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งกว่า เราพอที่จะจำแนกงานระบายน้ำเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. งานระบายน้ำฝนในชุมชน (Urban Storm Drainage) หมายถึงงานระบายน้ำฝนจากถนน และตัวอาคารในเขตตัวเมือง หรือชุมชนหนาแน่น เพื่อป้องกันการหลากนอง

2. งานระบายน้ำฝนจากถนน (Highway Drainage) หมายถึงงานระบายน้ำฝนจากถนนในเขตนอกเมือง หรือเขตชุมชนเบาบาง และงานระบายน้ำเมื่อมีการสร้างถนนขวางทางน้ำธรรมชาติ เพื่อป้องกันน้ำท่วมถนนและพื้นที่ใกล้เคียง หรือป้องกันน้ำกัดกร่อนไหล่ถนน

<u>งานระบายน้ำในเขตชุมชน</u>

ในการวางผังเมืองที่ดี ควรกำหนด ให้มีระบบระบายน้ำ ที่สามารถรับน้ำฝนจากแหล่งชุมชน และระบายออกสู่แม่น้ำหรือทะเลได้โดยเร็ว ก่อนที่จะเจิ่งนองทำความรำคาญให้แก่ผู้อยู่อาศัย โดยทั่วไป ระบบระบายน้ำนี้จะประกอบด้วย

1. ร่องน้ำข้างถนน (gutter)
2. ช่องน้ำเข้า (inlet)
3. ท่อระบายน้ำฝน (storm sewers)
4. ช่องซ่อม (manhole)
5. ระบบปล่อยน้ำทิ้ง (disposal system)

หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบระบายน้ำก็คือ การหาทางระบายน้ำออกไปให้เร็วที่สุด ปลอดภัยที่สุด โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เช่น พยายามให้จุดปล่อยน้ำทิ้งอยู่ใกล้ที่สุดหรือพยายามให้น้ำไหลไปด้วยแรงโน้มถ่วง (gravity flow) เท่าที่จะทำได้ นอกจากในบางกรณีที่จะต้องใช้เครื่องสูบบ้าง เช่น เมื่อพื้นที่เป็นที่ราบกว้าง

แผนที่แสดงความสูงต่ำของพื้นที่ (contour map) ที่ใช้ในการออกแบบจะต้องละเอียดพอที่จะให้เราสามารถแบ่งเขตระบายน้ำย่อย (Subdrainage) ได้โดยชัดเจน นิยมใช้อัตราส่วนประมาณ 1: 10,000 ระดับต่าง ๆ ของถนน และ

บริเวณใกล้เคียง ควรให้ละเอียดถึง 0.05 เมตร นอกจากนี้ ยังมีแผนที่แสดงรายละเอียด ทางธรณีวิทยาของพื้นที่ และตำแหน่งของสาธารณูปโภคต่าง ๆ ที่ฝังอยู่ใต้ดิน เช่น ท่อประปา ท่อแก๊ส เป็นต้น

<u>งานระบายน้ำฝนจากถนน</u>

งานระบายน้ำจากถนนในเขตเมือง อยู่ในขอบข่ายของการระบายน้ำจากแหล่งชุมชน ในหัวข้อนี้จะกล่าวเฉพาะการระบายน้ำจากถนนที่เชื่อมระหว่างเมือง หรือถนนในเขตชุมชนเบาบาง โดยที่ถนนพวกนี้มีลักษณะเป็นแนวยาวผ่านเนื้อที่มาก จึงก่อให้เกิดปัญหาใหญ่ ๆ 2 อย่าง เกี่ยวกับการระบายน้ำ คือ

1. น้ำฝนที่ตกบนพื้นถนน (หรือหน้าผาข้างถนนในกรณีถนนตัดผ่านภูเขา) มีปริมาณมาก จะต้องได้รับการระบายออกให้ทันท่วงที ก่อนที่จะท่วมถนน และพื้นที่ใกล้เคียงหรือกัดกร่อนไหล่ถนน

2. ถนนบางสายตัดผ่านลำน้ำธรรมชาติ มีลักษณะเหมือนเขื่อนขวางทางน้ำจำเป็นต้องหาวิธีระบายน้ำเหล่านี้ ให้ไหลไปตามครรลองเดิมให้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ การระบายน้ำในลักษณะแรก เรียกว่า การระบายน้ำตามยาวของถนน (longitudinal drainage) ส่วนในลักษะหลังเรียกว่า การระบายน้ำตามขวางของถนน (cross drainage)

<u>การระบายน้ำตามยาวของถนน</u>

จุดประสงค์ใหญ่ของการระบายน้ำลักษณะนี้ก็ เพื่อป้องกันการสึกกร่อนของไหล่ถนน หรือของรอยตัดผ่านภูเขา สำหรับในเขตชุ่มชื้นอาจใช้วิธีปลูกหญ้าปกคลุมผิวดิน และหาวิธี ให้น้ำที่ไหลบ่า จากถนนแผ่กระจายไปกว้าง ๆ ทั้งนี้เพราะการสึกกร่อนขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำซึ่งแปรผันกับความลึก หญ้าที่ปกคลุมผิวดินอย่างแน่นหนา สามารถต้านทานกระแสน้ำที่มีความเร็ว 2.5 เมตร ต่อ วินาที ได้อย่างสบาย ขณะที่ดินเปล่า ๆ สามารถต้านทานได้เพียงแค่ 0.3-1.2 เมตร ต่อวินาที แล้วแต่ชนิดของดิน ความลาดเอียงของพื้นที่บริเวณที่ปลูกหญ้าก็ไม่ควรต่ำกว่า 0.005 เพื่อให้น้ำไหลผ่านไปได้สะดวก เพราะหญ้าไม่สามารถแช่น้ำอยู่ได้นานเกินไป

ในท้องที่แห้งแล้งซึ่งไม่สามารถปลูกหญ้าได้ หรือแม้ในท้องที่ชุ่มชื้นที่ฝนตกมากเกินไป ซึ่งวิธีการใช้หญ้าคลุมพื้นดินอย่างเดียวจะใช้ไม่ได้ผล ก็ต้องหาวิธีการอื่นที่เหมาะสม เช่น ทำคูระบายน้ำ หรือท่อฝังขนานไปกับถนน คูระบายน้ำข้างถนนอาจทำเป็นรูปตัววี (V) เพราะสะดวกแก่การก่อสร้าง และไม่เป็นอันตรายต่อการจราจรมากนักควรออกแบบคูให้มีระยะอิสระเหนือน้ำ (free board) ประมาณ 10.15 เซนติเมตร

ในกรณีที่ลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขา อาจจำเป็นต้องสร้างที่ดักน้ำซึ่ง

ไหลผ่านจากที่สูง ซึ่งอาจเป็นคู หรือ เขื่อนดักน้ำ (intercepting ditches or dikes) ตามแนวเส้นบอกระดับ แล้วให้ไหลไปในแนวทางที่เหมาะสม หากคาดว่า ความเร็วของน้ำในคูจะสูง จนอาจทำให้ดินสึกกร่อน ก็อาจบุผิวด้วยยางมะตอย ดินซิเมนต์ หรือคอนกรีต แล้วแต่เห็นควร หากพื้นที่มีความชันมากหรือเป็นรอยตัดผ่านหุบเขา การใช้ท่อดิ่ง (drop structures) เป็นระยะ ๆ สามารถลดความชันของคูส่วนที่เหลือลงได้ สำหรับในกรณีที่คู หรือสันเขื่อนยาวเกินไปเป็นเหตุให้น้ำมีปริมาณสะสมสูง ก็อาจจะระบายน้ำบางส่วนออกก่อน โดยใช้ท่อดิ่งหรือคูแยก ลงสู่คูข้างถนนหรือท่อที่ฝังข้างถนนเป็นระยะ ๆ

<u>การระบายน้ำตามขวางของถนน</u>

เมื่อมีการตัดถนนผ่านลำน้ำธรรมชาติ จะต้องมีวิธีการจัดการให้ลำน้ำซึ่งถูกกีดขวางโดยถนนเหล่านั้น สามารถไหลไปตามครรลองเดิมได้ วิธีการที่ใช้กันก็มีการสร้างท่อลอด (culvert)หรือสะพาน (bridge) และการลดพื้นถนน (dip)

การลดพื้นถนน (dip) ในกรณีที่ทางน้ำธรรมชาติที่ถนนตัดผ่านความลึกไม่มากนัก เช่น ประมาณ 10-30 เซนติเมตร น้ำไหลไม่บ่อยครั้งนัก และแต่ละครั้งก็มีช่วงเวลาไม่มากนัก ก็อาจใช้วิธีลดพื้นถนนเพื่อให้น้ำผ่านได้ ซึ่งจะเป็นการประหยัดกว่าการทำท่อลอดมาก

สิ่งที่ต้องทำก็คือ ทางด้านต้นน้ำ (upstream) จะต้องให้ผิวถนน กับพื้นทางน้ำอยู่ระดับเดียวกัน เพื่อป้องกันการกัดเซาะใต้ผิวถนน ส่วนทางด้านปลายน้ำ (downstream) ก็ควรทำเป็นโครงสร้างง่าย ๆ เพื่อให้น้ำไหลผ่านได้โดยไม่กัดเซาะขอบถนน ตรงแนวที่น้ำไหล เช่น เสริมขอบถนนด้วยผนังคอนกรีตหรือหินทิ้ง อนึ่งแนวถนนตรงส่วนนี้ ควรให้มีลักษณะคล้ายกับรูปหน้าตัดของทางน้ำไหลให้มากที่สุด เพื่อมิให้ลักษณะการไหลเปลี่ยนแปลงมากนัก

ในด้านความปลอดภัยของการจราจร ควรจัดให้มีเสาบอก เขตถนน ทั้งสองข้างถนนและป้ายสัญญาณเตือน บอกถึงฤดูกาลที่ควรระวังน้ำนอง รถส่วนใหญ่สามารถวิ่งผ่านน้ำที่ลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร ได้โดยไม่ลำบากนัก ถ้ารู้ล่วงหน้าและระมัดระวังพอสมควร (Water Pollution Control Federation and American Society of Civil Engineering, 1970)

<u>ประเภทของระบบท่อ</u>

1. ระบบท่อแยก(Separate System,SS) เป็นระบบที่ออกแบบเพื่อที่จะให้มีท่อรับน้ำฝนและท่อรับน้ำเสียแยกออกจากกัน เพื่อที่จะรับน้ำฝนจากถนนและจากหลังคาบ้าน แล้วทิ้งไปลงแหล่งน้ำโดยตรง ส่วนน้ำเสียจากอาคารสำนักงานและ

019044

โรงงานต่าง ๆ นั้นจะมีท่อรับต่างหาก เพื่อนำไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป ระบบนี้เป็นระบบที่สามารถจะแยกเอาเฉพาะน้ำเสียที่มีปริมาณน้อย และเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดปีไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำฝนซึ่งมีปริมาณของเสียน้อยและไม่เป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้โดยตรง ระบบนี้จะต้องมี 2 ท่อ โดยที่ใหญ่สำหรับน้ำฝน ส่วนท่อเล็กสำหรับน้ำเสียโดยเฉพาะ ซึ่งย่อมทำให้การลงทุนโครงการสูง

2. ระบบรวม (Combineed system,CS) เป็นระบบที่ออกแบบเพื่อที่จะใช้ท่อรวบรวมน้ำทุกชนิดเพียงท่อเดียว โดยจะรวมเอาน้ำเสียทุกชนิดและน้ำฝนเข้ามาในท่อระบายน้ำแล้วนำน้ำเสียรวมไปทิ้งยังแหล่งน้ำหรือไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย อย่างไรก็ตาม ระบบนี้ปริมาณน้ำฝนนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณฝนตก ซึ่งจะไม่เท่ากันในแต่ละปี ดังนั้นในระบบ ดังกล่าวจำเป็นที่จะต้องมีท่อน้ำล้นที่จะทำให้น้ำฝนที่มีปริมาณมากในบางครั้งล้นออกสู่แหล่งน้ำได้ ไม่เช่นนั้นอาจทำให้เกิดปัญหาทางด้านน้ำท่วมเนื่องจากน้ำไหลไม่ทันได้ นอกจากนี้ถ้ามีระบบบำบัดน้ำเสียแล้วในฤดูฝนจะมีน้ำเสียส่วนหนึ่งที่ล้นออกจากระบบท่อด้วย

3. ระบบท่อดักน้ำเสีย (Interceptor System,IS) จะมีลักษณะคล้ายกับระบบรวม (CS) โดยมีการดัดแปลงเพื่อเมืองที่ไม่มีการวางแผนเกี่ยวกับการระบายน้ำเสียมาก่อน ซึ่งประเทศที่กำลังพัฒนาทั่วไปมักจะไม่มีการวางแผนในการระบายน้ำเสียในเมือง เพื่อที่จะนำไปบำบัด ดังนั้นโครงสร้างระบบท่อในเมืองทั้งหมดจะเป็นท่อเดียวที่รับน้ำทุกชนิด แล้วนำไปทิ้งยังรางระบายน้ำ คูคลอง หรือแม่น้ำ ที่ใกล้ที่สุด เมื่อมีแนวความคิดที่จะป้องกันสิ่งแวดล้อมจึงจำเป็นที่จะต้องสร้างท่อดักน้ำเสียทุกชนิด ก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ แล้วนำเอาท่อน้ำเสียเหล่านี้มายังระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป ระบบนี้จะคล้ายกับระบบรวมเพียงแต่ว่าท่อประธานของน้ำเสียส่วนใหญ่จะขนานไปตามลักษณะของแหล่งน้ำ ลักษณะผลต่อสิ่งแวดล้อมจะคล้ายกับระบบรวม คือ ในช่วงที่ฝนตกมาก จำเป็นที่ต้องมีท่อน้ำล้นเพื่อที่จะระบายน้ำฝนที่เกินออกจากระบบท่อ และน้ำเสียดังกล่าวก็จะไหลลงสู่แหล่งน้ำทันที

<u>ข้อดีข้อเสียของระบบต่าง ๆ</u>

ถ้าจะเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียระหว่างระบบทั้ง 3 นี้ จะเห็นได้ว่ามีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันดังนี้

1. ระบบแยก จะมีข้อดีคือ สามารถที่จะแยกนำเอาน้ำเสียเฉพาะออกจากเมืองได้ ซึ่งน้ำเสียดังกล่าวจะมีค่าความสกปรกสูง ปริมาณน้อยและคงที่ตลอดเวลา ซึ่งสามารถที่จะนำไปบำบัดได้ง่าย ระบบบำบัดก็สามารถที่จะออกแบบได้ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำเสียจริง ทำให้ระบบบำบัดนี้มีขนาดเล็กและน้ำเสียก็ไม่สามารถไหลลงสู่สิ่งแวดล้อมโดยไม่มีการผ่านระบบ ส่วนข้อเสียคือ ราคาในการก่อสร้าง

ระบบท่อจะแพง ซึ่งจะต้องมี 2 ท่อ ขนานกันไปตลอด โดยท่อน้ำเสียจะถูกนำไปยังบ่อบำบัด ส่วนท่อน้ำฝนจะถูกนำไปสู่แหล่งน้ำที่ใกล้ที่สุด

2. ระบบรวมและระบบท่อดักน้ำเสีย ถ้าพิจารณาตามหลักการแล้ว 2 ระบบนี้ คือ ระบบเดียวกันกล่าวคือ จะมีเส้นท่อเพียงเส้นเดียวที่จะรับน้ำฝนและน้ำเสีย เพื่อนำไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนเกินของน้ำฝนจำเป็นที่จะต้องมีการระบายทิ้ง ดังนั้นข้อดีก็คือ ราคาก่อสร้างจะถูกกว่าเนื่องจากใช้ท่อเพียงเส้นเดียว การก่อสร้างง่าย ส่วนข้อเสียก็คือ ในฤดูฝนน้ำเสียบางส่วนที่เมื่อรวมกับน้ำฝนแล้วจะล้นออกจากท่อน้ำลงสู่สิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ระบบบำบัดน้ำเสียอาจจะรับความเข้มข้นของน้ำเสียไม่คงที่ เนื่องจากจะมีการเจือจางในฤดูฝน และปริมาณน้ำที่ไหลมายังบ่อบำบัดก็จะแตกต่างกันระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน

<u>แนวทางการควบคุมมลพิษทางน้ำทั่วไป</u>

สามารถแบ่งแนวทางการควบคุมมลพิษทางน้ำออกตามแหล่งกำเนิดน้ำเสีย คือแหล่งน้ำเสียแบบ Point Source และแหล่งน้ำเสียแบบ Non Point Source

หลักการการควบคุมมลพิษทางน้ำจากแหล่งน้ำแบบ Point Source ก็จะใช้การรวบรวมน้ำเสียให้มารวมอยู่ที่ใดที่หนึ่ง เพื่อทำการบำบัดหรือปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นใกล้เคียงกับสภาพตามธรรมชาติ โดยกระบวนการต่าง ๆ ทั้งฟิสิกส์ เคมี หรือชีววิทยา ถ้าคุณภาพน้ำเสียมีคุณลักษณะพิเศษแตกต่างจากคุณภาพน้ำเสียทั่วไป ก็อาจจะต้องมีมาตราการบำบัดเบื้องต้น (Pretreatment) ไว้ก่อน ระบบรวบรวมน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน อาจจะใช้แยกจากระบบระบายน้ำฝนก็ได้ หรือจะใช้ระบบรวมโดยใช้ท่อระบายน้ำฝนร่วมก็ได้

หลักการควบคุมมลพิษทางน้ำจากแหล่งน้ำเสียแบบ Non Point Source นั้น มักจะรวบรวมได้ยาก และมักจะปะปนไปกับน้ำระบายอื่น ๆ หรือการไหลของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากไม่สามารถรวบรวมได้ง่าย ในขั้นต้นจึงพยายามใช้กระบวนการฟอกตัวเอง (Natural Purification) ซึ่งเป็นการเติมอากาศแบบธรรมชาติ หรืออาจจะออกแบบอาคารทางชลศาสตร์ให้สามารถผสมอากาศเข้าไปปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ การนำน้ำดีมาชะล้าง(Fiushing)ก็อาจเป็นวิธีหนึ่งถ้าสามารถหาแหล่งน้ำดีได้ และปริมาณน้ำเสียที่ล้างออกไปไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อแหล่งรองรับน้ำเสีย ที่จะระบายลงในวิธีการต่าง ๆ ถ้ายังมีปริมาณน้ำเสียเกินกว่าที่จะ ใช้กระบวนการทางธรรมชาติได้ ก็จำเป็นต้องนำน้ำเสียประเภทนี้กลับเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อทำการบำบัดตามแบบน้ำเสียประเภท Point Source เช่นกัน

การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย มีปัจจัยที่จะต้องพิจารณาและศึกษาหลายประการ อย่างไรก็ตามหลักเกณฑ์เริ่มต้นและสำคัญที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกวิธีการบำบัด คือ การลงทุนที่ต่ำ ง่ายต่อการเดินระบบและบำรุงรักษา และสามารถดัดแปลงให้เป็นระบบอื่น ๆ ที่สามารถรับน้ำเสียได้มากขึ้น ประเด็นที่จะพิจารณาต่อไปก็คือ ทำเลที่ตั้งระบบบำบัด และน้ำทิ้งที่ระบายออกมาจะต้องมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ของมนุษย์และคุณภาพชีวิตน้อยที่สุด

ระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียที่นำมาใช้ในประเทศไทย มีหลายระบบและหลายแบบในการพิจารณาเลือก ซึ่งมีดังนี้

- ระบบศูนย์กลาง (Central Treatment, CT)

เป็นระบบบำบัดที่รวบรวมน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ มารวมกัน เพื่อบำบัดให้ลักษณะน้ำทิ้งได้มาตราฐานตามที่ วล. กำหนด โดยมีการรวบรวมน้ำเสียจากท้องที่ หรือเขตบริการที่ไม่มีพื้นที่กว้างขวาง และที่ยังมีประชากรไม่หนาแน่นมากมารวมบำบัดที่จุดเดียว เพื่อประโยชน์ในแง่ของการลงทุนก่อสร้าง ระบบท่อ(ความยาวและขนาด) จำนวนโรงบำบัดน้ำเสีย และการบริหาร และการเดินระบบให้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากรวมทุกส่วนไว้เป็นแหล่งเดียว โดยเฉพาะชุมชนที่มีความหนาแน่น ที่มีพื้นที่ไม่กว้างใหญ่มากนัก และที่ดินในเขตชานเมืองที่มีราคาไม่สูงเกินไปมากนัก

- ระบบติดกับที่ (Onsite Treatment, OST)

หมายถึงระบบบำบัดน้ำเสียที่สร้างให้กับแต่ละหน่วยหรือกลุ่ม เช่น อาคารสำนักงาน คอนโดมิเนียม โรงแรม โรงเรียน โรงงาน หมู่บ้านจัดสรร กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม และเขตสุขาภิบาลที่อยู่นอกเขตชุมชน เป็นต้น และไม่สามารถส่งน้ำเสียเป็นระยะทางไกล ๆ เนื่องจากค่าเดินท่อแพง ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียติดกับที่นี้ได้รับความนิยมมากและมักมีค่าก่อสร้างถูกกว่า เพราะจะเน้นตัวระบบบำบัดน้ำเสียเป็นส่วนใหญ่ ให้ความสำคัญกับท่อระบายน้อยลง และอาจปล่อยให้น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดแล้วลงแหล่งน้ำสาธารณะใกล้เคียงได้ ซึ่งจะเป็นผลดีในประเด็นการกระจายตัวของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบแล้วให้มากแห่ง เป็นวิธีการที่ดีกว่าการปล่อยน้ำทิ้งจำนวนมากจากระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางทั้งหมด ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นจุดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ (Point Source) ขนาดใหญ่เพียงแห่งเดียว หากการเจือจางของน้ำไม่มากพอจากแหล่งน้ำสาธารณะแล้ว อาจมีโอกาสทำให้แม่น้ำหรือแหล่งน้ำสาธารณะนั้น ๆ เน่าเสียได้ ระบบ OST นี้อาจจะใช้ระบบบำบัดแบบใด ๆ ก็ได้ตามความเหมาะสม แล้วแต่ราคาที่ดิน ณ จุดปล่อยน้ำเสีย หากเป็นบ้านเดี่ยว ๆ อาจใช้ระบบบ่อเกรอะบ่อซึมที่ปรับปรุงใหม่ แต่หากเป็นโรงแรม คอนโดมิเนียม ก็

อาจใช้ Package Activitated Sludge เพราะราคาที่ดินแพง หรือหาก เป็นชุมชนเขตสุขาภิบาล ซึ่งพอหาที่ดินขนาด 10-30 ไร่ นอกเขตสุขาภิบาลได้ไม่ยาก และมีราคาถูก ก็อาจใช้เป็นระบบบ่อผึ่ง (OP) ก็ได้

ในการพิจารณาเลือกระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งนั้น ในหลักการแล้วไม่ควรพิจารณาเลือกระบบใดระบบหนึ่งดังกล่าวข้างต้น ในบางพื้นที่อาจต้องนำระบบผสมประสานระหว่างระบบ CT กับ OST ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยและแนวทางแก้ปัญหา นอกจากปัญหาว่าจะเลือกระบบ CT หรือ OST หรือ ระบบผสมระหว่าง CT กับ OST แล้วยังมีปัญหาว่าจะเลือกระบบแบบใด ๆ ซึ่งมีอีกมากมายหลายแบบด้วยกัน เช่น ระบบบ่อผึ่ง (OP) ระบบบ่อเติมอากาศ (AL) ระบบ Activitated Sludge (AS) และอื่น ๆ เช่น

1. ระบบบำบัดแบบ Oxidation Ditch, OD เป็นระบบคล้ายคลึงกับระบบ Activitated Sludge (AS) แต่ระบบ OD นี้ใช้ที่ดินมากกว่าในส่วนที่เป็นบ่อเติมอากาศเล็กน้อย เมื่อเทียบกับระบบ AS แต่ใช้น้อยกว่าระบบเติมอากาศ (AL) มาก นอกนั้นจะคล้ายกับระบบ AS เกือบทุกอย่าง และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับระบบ AS ทุกประการ แต่ควรสร้างในที่ที่พอจะหาที่ดินได้และมีพื้นที่เพียงพอ

2. ระบบบำบัดแบบ Biodrum, B เป็นระบบที่คล้ายกับ OD และ AS คือ ใช้ที่ดินน้อยและมีประสิทธิภาพสูง การเติมอากาศใช้วิธีหมุนเอาแท่งโลหะกดให้จุ่มน้ำให้สำลัก เพื่อคายเอาฟองอากาศออกจากแท่งโลหะขณะอยู่ใต้น้ำ และพอโผล่พ้นน้ำก็จะปล่อยให้น้ำไหลออกมากระแทกกับผิวน้ำเป็นการเพิ่มฟองอากาศ ระบบ B นี้ยังขาดข้อมูลการวิจัย อาทิเช่น การใช้ไฟฟ้าในการเติมอากาศที่พอเหมาะ และหากเปรียบเทียบดูแล้วอาจจะใช้ไฟฟ้าผลักเครื่องจักรจุ่มน้ำนี้มากกว่าของระบบ AS นอกจากนั้นระบบ B นี้ อาจมีข้อเสียอยู่บ้างที่ขาดความยืดหยุ่นในการเพิ่มลดเครื่องเติมอากาศในกรณีที่น้ำเสียเพิ่มหรือลดกระทันหัน

3. ระบบบำบัดแบบ Rotating Biological Contactor,RBC เป็นระบบที่เติมอากาศแบบใช้จานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่ประมาณ 2-3 เมตร ทำด้วยแผ่นพลาสติกแข็งหมุนจุ่มในน้ำเสียประมาณครึ่งหนึ่ง โผล่จากน้ำครึ่งหนึ่ง ระบบนี้ก็คล้ายกับระบบ Tricking Filter (TF) คือต้องมีตัวกลาง (Media) แต่ระบบ TF ตัวกลางนี้อยู่กับที่ไม่เคลื่อนไหว แต่ระบบ RBC ตัวกลางนี้จะหมุนเคลื่อนที่ ระบบ RBC และ TF มีประสิทธิภาพในการบำบัดคล้ายคลึงกันและใช้งานได้ผลดีพอสมควร แต่อาจมีปัญหาอยู่บ้างในเรื่องเชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตในอุณหภูมิ และมักจะเคลือบตัว Media ด้วย Slime Growth บางครั้งอุดตันหมด ดังนั้น พื้นที่จะสัมผัสอากาศที่มีเป็นนับหมื่นตารางฟุตก็ลดน้อยลง และเกิดลัดวงจร

เพราะน้ำเสียเข้าแล้วไหลออกไปทันที ประสิทธิภาพในการบำบัดก็ลดต่ำลงไปด้วย ทำให้น้ำทิ้งไม่ได้มาตราฐาน นอกจากนั้นค่าก่อสร้างระบบก็แพงกว่าวิธีเติมอากาศอื่น ๆ นอกจากนั้นระบบขาดความยืดหยุ่นเพิ่มหรือลดระบบเติมอากาศ กล่าวคือยุ่งยากกว่าหากต้องเพิ่มอัตราน้ำเสียหรือเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสีย การซ่อมแซมหากมีความจำเป็นจะยุ่งยาก เพราะต้องใช้ Crane ขนาดใหญ่ยกออก และต้องยกอย่างระมัดระวัง มิฉะนั้น Shaft จะหักได้ง่ายและหากหยุดเดินเครื่องนาน ๆ จะเกิดปัญหา เพราะน้ำหนักส่วนบนจะเบาส่วนล่างที่จมในน้ำจะหนัก หากเดินระบบทันทีรซ่อาจขาดได้ เพราะน้ำหนักถ่วงไม่สมดุลย์ระหว่างส่วนเปียกกับส่วนบนที่แห้ง ระบบ RBC มีการใช้ไฟฟ้าในการลงทุน Media น้อยกว่าวิธีอื่น ๆ เช่น AS เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

4. ระบบบำบัดแบบ Oxidation Pond, OP เป็นระบบบำบัดที่ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบมาก แต่มีประสิทธิภาพสูงเพราะใช้ธรรมชาติเข้าช่วย เหมาะสมสำหรับพื้นที่ในเขตร้อนอย่างบ้านเรา นิยมใช้ในพื้นที่ซึ่งมีราคาถูกและมีจำนวนมาก เหมาะสำหรับพื้นที่ ซึ่งมีประชากรอาศัยไม่หนาแน่นมากนักและห่างไกลชุมชน เช่น ชนบทหรือแถบชานเมือง เป็นระบบที่ไม่ต้องใช้เครื่องจักรมาก ไม่ต้องใช้คนงานมาก รวมทั้งไม่ต้องใช้ความรู้มากในการควบคุมระบบบำบัด ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องของเทคโนโลยี่ เป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียว แต่สามารถใช้งานได้นาน สามารถปรับปรุงระบบได้ง่ายในการพัฒนาเปลี่ยนแปลงระบบให้เป็นระบบชนิดอื่น แต่มีข้อเสียบางประการ คือ จะมีปัญหาเรื่องของกลิ่นน้ำเสียและจะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงต่าง ๆ ดังนั้นการก่อสร้างจำเป็นต้องก่อสร้างให้ห่างจากชุมชนบ้างพอสมควร และเป็นระบบเหมาะสมสำหรับรับน้ำเสียของชุมชน ซึ่งมีความเข้มข้นไม่มากนัก แต่มีปริมาณมาก ๆ

5. ระบบบำบัดแบบ Aerated Lagoon, AL เป็นระบบบำบัดที่พัฒนาขึ้นจากระบบบำบัดแบบ OP เพียงแต่มีการพัฒนาในเรื่องของเทคโนโลยี่บางอย่าง เช่น Aerator (เครื่องเติมอากาศ) ประสิทธิภาพและข้อดีต่าง ๆ เป็นเช่นเดียวกับระบบ OP เพียงแต่มีข้อดีเพิ่มขึ้น คือ จะใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบน้อยลง มีปัญหาเรื่องกลิ่นและเพาะพันธุ์ของแมลงน้อยลง แต่มีข้อเสียบางประการคือจะต้องใช้เงินในการควบคุมระบบมากขึ้น เช่น การซ่อมบำรุงเครื่องเติมอากาศ เป็นต้น ต้องใช้คนงานที่มีความรู้ ความชำนาญบ้างพอสมควร และสิ้นเปลืองมากที่สุดคือเป็นค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องเติมอากาศ

6. ระบบบำบัดแบบ Activitated Sludge, AS เป็นระบบบำบัดที่พัฒนาขึ้นสูงจาก AL อีกขั้นหนึ่งคือ แทนที่จะใช้แบบบ่อดินก็เปลี่ยนเป็นแบบบ่อคอนกรีต

หรือโลหะและเครื่องมือเครื่องจักรมากกว่า มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง ๆ ได้ เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งสามารถรับการเปลี่ยนแปลง Load ของน้ำเสียได้ดี

ระบบ AS นี้มีผลงานวิจัยมามากกว่า 75 ปี และเป็นระบบที่ค่อนข้างจะได้รับการพัฒนาอย่างสมบูรณ์โดยตลอด เพราะใช้ที่ดินน้อยมาก ราคาค่าก่อสร้างค่อนข้างถูกกว่าวิธีอื่น ๆ ในกลุ่มเดียวกัน(TF,OD,B,RBC) และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง มีความยืดหยุ่นมากหากต้องรับน้ำเสียเพิ่มมากขึ้นหรือเข้มข้นของน้ำเสียเพิ่มขึ้น ค่าไฟฟ้าอาจสูงไปบ้าง แต่ก็คุ้มกับการที่รับน้ำเสียได้มากขึ้นด้วย ซ่อมแซมเปลี่ยนแปลงง่ายกว่า แบบ AS สามารถดัดแปลงให้เป็น Modified AS เช่น Contact Stabilization การเดินระบบก็ไม่ยากเกินไป หากให้ผู้ชำนาญการมาช่วยเริ่มเดินเครื่อง สำหรับระบบอื่น ๆ ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันนี้เป็นระบบที่เพิ่งได้รับการพัฒนามาไม่นาน จำเป็นต้องหาข้อมูลวิจัยพื้นฐานมาสนับสนุนจนกว่าจะได้แก้ไขข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนต่าง ๆ ออกไป ให้เทียบได้เท่ากับระบบ AS ต่อไปซึ่งก็อาจได้รับความนิยมในโอกาสต่อไปได้เช่นกัน

ข้อเสีย คือ เป็นระบบที่ต้องลงทุนในการก่อสร้าง เดินเครื่อง และควบคุมระบบต้องใช้เทคโนโลยี่ และบุคลากรที่มีความรู้สูงขึ้น ใช้คนงานเพิ่มขึ้น มีปัญหาเรื่องของ Sludge ส่วนที่เกิดขึ้นทำให้ต้องเสียงบในการกำจัดเพิ่มขึ้น แต่มีข้อดี ผลพลอยได้จากการใช้ Sludge เป็นปุ๋ยในกรณีที่น้ำเสียที่เข้าระบบไม่มีสารพิษ เช่น น้ำเสียของชุมชน จะไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่นหรือแหล่งเพาะพันธุ์แมลงเหมือนแบบ OP และ AL

7. ระบบบำบัดแบบ Tricking Filter,TF เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพมาก วิธีหนึ่งใกล้เคียงกับระบบ AS แต่อาจจะมีปัญหาในประเทศร้อน เพราะเชื้อจุลินทรีย์เติบโตเร็วมาก อาจทำให้เกิดการอุดตันในตัวกลางที่ใช้ผาน(Media) ซึ่งอาจทำให้เกิดสภาพเน่า หรือมีกลิ่น ทำให้น้ำล้นออกไปในขณะเกิดสภาพอุดตัน ทำให้ต้องแก้ไขโดยการล้างตัวกลางที่ใช้ นอกจากนั้นอาจต้องใช้ที่ดินเพิ่มมากขึ้น มีความยืดหยุ่นน้อยกว่า AS กล่าวโดยสรุปแล้วระบบ TF จะมีข้อเสียมากกว่าระบบ AS

แบบระบบบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ ที่กล่าวมา เป็นเพียงส่วนหนึ่งที่ได้มีการนำมาใช้ในประเทศไทย แต่ในโลกมีมากมายหลายแบบ ประมาณ 50 กว่าแบบ แต่ได้มีการทดลองและยอมรับกันว่าระบบที่มีประสิทธิภาพสูงใช้งานได้ และมีข้อจำกัดทางเทคนิคน้อยกว่า (เช่น ง่ายในการเดินระบบ และการปรับปรุงแก้ไขเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ) มีเพียงไม่กี่แบบ คือ

1. ระบบบำบัดแบบ Oxidation Pond, OP

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ระบบบำบัดแบบ Aerated Lagoon, AL

3. ระบบบำบัดแบบ Activitated Sludge, AS

และเป็นระบบบำบัดที่เหมาะสมกับประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศเมืองร้อนและมีประสิทธิภาพสูงด้วย โดยเฉพาะระบบทั้ง 3 แบบนี้ เอื้ออำนวยการดัดแปลงจากระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่งได้

จะเห็นว่าทั้ง 3 แบบ คือ OP,AL และ AS ต่างก็มีข้อดีข้อเสียต่าง ๆ กัน แต่ก็เหมาะสำหรับประเทศไทยที่จะนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย การเลือกใช้แบบใดต้องคำนึงถึงราคาที่ดิน (จำนวนที่ดิน * ราคาที่ดินต่อหน่วย) และราคาค่าก่อสร้างที่ถูกที่สุด

สรุปแล้ว การเลือกระบบแบบใดนั้น จะถูกกำหนดโดย ราคาที่ดิน (ต่อหน่วย) เป็นสำคัญ หากราคาต่ำกว่า 300,000/ไร่ ระบบควรจะเป็นแบบบ่อผึ่ง (OP) หากสูงกว่านั้นควรจะเป็นแบบ AL ในกรณีที่ดินราคาสูงกว่า 1.2 ล้านบาท/ไร่ ควรจะใช้ระบบบำบัดที่ใช้ที่ดินน้อย เช่น AS,TF,OD,B,RBC ฯลฯ

อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้ระบบบำบัดก็ยังต้องขึ้นอยู่กับ สภาพพื้นที่และสังคม ดังเช่น ระบบบำบัดแบบ OP ก็นิยมใช้กันในเขตพื้นที่มาก ๆ ไกลชุมชน เช่น ในชนบท เพราะไม่ต้องการใช้เครื่องจักรและการควบคุมอย่างใกล้ชิด หรือด้วยเทคนิค ถ้าในเขตชุมชนหนาแน่นก็อาจใช้ระบบ TF หรือ AS เพราะใช้พื้นที่สร้างระบบน้อยแต่ต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรจำนวนมาก ผลกระทบจากกลิ่นมีน้อยกว่า ฯลฯ ในเขตอุตสาหกรรม (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534)

<u>นิยามที่เกี่ยวกับอุทกภัย</u>

อุทกภัยหรือภัยที่เกิดจากน้ำท่วม เป็นภัยธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้อย่างกว้างขวางและรุนแรง ตามแต่ความแปรปรวนของลมฟ้าอากาศที่จะทำให้เกิดฝนตกในท้องถิ่นนั้น ๆ โดยปกติอุทกภัยมักเกิดในฤดูฝน เมื่อเกิดฝนตกหนักหรือเกิดซ้ำ ๆ มากขึ้นก็จะรวมตัวไหลรวมกันลงสู่ที่ต่ำ ถ้าปริมาณน้ำมากเกินไปจนไหลระบายไม่ทัน ก็จะเอ่อท่วมบริเวณนั้น ซึ่งอาจจะเป็นบริเวณแคบหรือกว้างขวางและท่วมในระยะสั้นหรือยาวนานก็ได้ ปริมาณน้ำนี้จะไหลลงสู่แม่น้ำในเวลาต่อมา และถ้าเมื่อใดปริมาณน้ำมีมากกว่าความจุของลำน้ำนั้น ๆ แล้ว ก็จะไหลบ่าล้นตลิ่งออกไปท่วมพื้นที่สองฝั่ง กรณีที่เป็นที่ราบลุ่มหรือที่ต่ำก็จะก่อให้เกิดน้ำท่วมขังได้ง่าย เกิดสภาพน้ำท่วมขึ้นทั่วไป สภาพน้ำท่วมดังกล่าวนี้หากยังไม่ก่อให้เกิดความเสียหายก็ไม่เรียกว่า **อุทกภัย** แต่ถ้าเกิดน้ำท่วมบริเวณพื้นที่ที่พัฒนาแล้วและเกิดความเสียหายขึ้น

เช่น ในเขตเมืองหรือเขตเกษตรกรรม จึงเรียกว่าเป็นอุทกภัย (ดำรง จรัสวัฒน์, 2522)

ฉัตรชัย วัฒนไชย ได้ให้คำจำกัดความของ **อุทกภัย หรือน้ำท่วม** ว่า **เป็นปรากฏการณ์ที่น้ำไหลบ่าครอบคลุมพื้นดิน ซึ่งในยามปกติเป็นบริเวณที่ไม่มีน้ำปกคลุม และสามารถใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้** การเกิดปรากฏการณ์เช่นนี้มักก่อให้เกิดผลเสียหายทางเศรษฐกิจและบางครั้งอาจเป็นอันตรายต่อชีวิตของผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณน้ำท่วมถึง (ฉัตรชัย รัตนไชย, 2529)

คิทเทรด (Kittredge , 1948) ได้ให้คำจำกัดความว่า **อุทกภัยเป็นลักษณะการไหลของน้ำในปริมาณเท่าไรก็ได้ แต่ต้องท่วมในช่วงใดช่วงหนึ่งของลำน้ำ** ทั้งนี้เพราะการศึกษาอุทกภัยจะใช้หลักวัดปริมาณน้ำ (water stage) ระดับน้ำจะสูงเท่าไรก็แล้วแต่จะกำหนดขึ้น

<u>สาเหตุการเกิดอุทกภัย</u>

นับตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ที่ราบลุ่มริมน้ำ มักจะเป็นบริเวณที่มีศักยภาพสูงเหมาะสำหรับการพัฒนาเป็นเมือง เนื่องจากที่ราบลุ่มเหล่านี้มักเป็นที่อุดมสมบูรณ์เหมาะกับการเพาะปลูก พื้นที่ที่ราบเรียบก็ให้ความสะดวกในการพัฒนาถนน ทางรถไฟ และสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ แหล่งน้ำใกล้เคียง อันได้แก่ แม่น้ำ ทะเลสาบและทะเล ก็เป็นเส้นทางคมนาคมที่สำคัญ เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ เป็นแหล่งน้ำใช้ในครัวเรือน ในการเกษตรและอุตสาหกรรม ตลอดจนเป็นแหล่งกำจัดของเสีย แต่สิ่งที่แฝงมากับประโยชน์ต่าง ๆ จากธรรมชาติเหล่านี้ก็คือ ความล่อแหลมต่อภัยพิบัติอันเกิดจากอุทกภัย ซึ่งยากต่อการป้องกัน (ฉัตรชัย รัตนไชย , 2529)

สมยศ กิจค้า ได้กล่าวถึง การขยายตัวของเมืองว่า มีผลกระทบอุทกวิทยาอย่างมาก ภัยในตัวเมืองที่มีการพัฒนาจะมีสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมายซึ่งสิ่งก่อสร้างเหล่านี้ จะทำให้สภาพลุ่มน้ำเปลี่ยนไปเป็นผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอุทกศาสตร์เกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะสิ่งก่อสร้างที่เกิดขึ้นใหม่ เช่น อาคารบ้านเรือน ถนน และอื่น ๆ ทำให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำของพื้นที่ลดน้อยลง ความสามารถในการเก็บน้ำไว้ในดินจึงน้อยลงไปด้วย เมื่อเป็นเช่นนี้ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาก็จะเกิดเป็นน้ำบ่าได้มากขึ้น โอกาสที่จะเกิดอุทกภัยจึงมีมากตามไปด้วย (สมยศ กิจค้า, 2520))

นิพนธ์ ตั้งธรรม กล่าวถึง การเกิดอุทกภัยว่า ต้องพิจารณาถึงขนาดของการเกิดและการส่งผลกระทบต่อความเสียหาย ซึ่งนักวิชาการมักจะให้ความหมายนับตั้งแต่น้ำเริ่มล้นตลิ่งทันที โดยถ้าล้นตลิ่งขึ้นมาเพียงเล็กน้อย ก็ถือเป็นอุทกภัยขนาดเล็ก (small-area flood) แต่ถ้าล้นตลิ่งขึ้นมามาก ท่วมบ้านเรือน เรือก

สวนไร่นาเสียหายเป็นจำนวนมาก ก็จะถือว่าเป็นอุทกภัยขนาดใหญ่ (large-area flood) (นิพนธ์ ตั้งธรรม ,2532)

จรูญ สุขเกษม ได้กล่าวว่า โดยทั่วไปแล้ว สาเหตุของการเกิดอุทกภัยแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ซึ่งลักษณะของการเกิดจะเป็นตัวกำหนดชนิดของอุทกภัยด้วย ดังนี้

1. อุทกภัยที่เกิดจากฝนตกติดต่อกันนาน(long-rain flood) อุทกภัยแบบนี้เกิดจากการที่ฝนตกติดต่อกันนานหลายวันหรือเป็นสัปดาห์ ความหนาแน่น หรือปริมาณการตกของฝนต่อหน่วยเวลาต่ำ (low-intensity) ส่วนใหญ่จะเป็นฝนที่เกิดจากพายุไซโคลนหรือฝนที่เกิดจากแนวปะทะ (frontal storm) ซึ่งฝนจะตกในบริเวณกว้าง กระจายไปทั่วลุ่มน้ำขนาดใหญ่ ทำให้ดินในลุ่มน้ำอิ่มตัว และไม่สามารถรับน้ำฝนที่ตกลงมาได้อีก น้ำจึงไหลบ่าสู่ลำน้ำ อุทกภัยประเภทนี้ทำให้เกิดความเสียหายเป็นพื้นที่กว้างขวาง ความหนักเบาของอุทกภัยจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา หลังจากดินในลุ่มน้ำอิ่มตัวแล้ว อุทกภัยที่เกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของโลกมักจะเป็นชนิดนี้

2. อุทกภัยเนื่องจากหิมะละลาย (Snowmelt flood) เป็นอุทกภัยที่เกิดขึ้นในประเทศแถบอบอุ่นเป็นส่วนใหญ่เกิดขึ้นภายหลังฤดูหนาว เมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้นรวดเร็วเป็นผลทำให้หิมะทั้งบนที่สูงและที่ต่ำละลายและหลากลงสู่ลำน้ำอย่างรวดเร็ว บางครั้งอาจมีฝนตกด้วย ทำให้การหลากของน้ำรุนแรงขึ้นจึงเกิดอุทกภัยขึ้นได้

3. อุทกภัยที่เกิดจากน้ำท่วมฉับพลัน (flash flood) เป็นอุทกภัยที่เกิดจากการหลากของน้ำ จากภูเขาหรือจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากฝนตกหนักในระยะเวลาสั้น ซึ่งเกิดจาก การยกตัวของมวลอากาศ โดยการพาความร้อน (convectional rainstorms) หรืออาจเกิดจากการตกผสมกันของฝนในท้องถิ่น และพายุหมุนโซนร้อน หรือดีเปรสชั่น ประเทศไทยประสบกับอุทกภัยประเภทนี้บ่อย ๆ ในช่วงฤดูฝน เช่น การเกิดน้ำท่วม ที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อปี พ.ศ. 2519 น้ำท่วมฉับพลันทางตอนล่างของลุ่มน้ำ อันเนื่องมาจากฝนตกหนัก ทำลายทรัพย์สินบ้านเรือนของราษฎรบริเวณลุ่มน้ำ มีผู้เสียชีวิต 42 คน รวมทั้งสัตว์เลี้ยงอีกจำนวนมาก

4. อุทกภัยที่เกิดจากน้ำในดิน ชั้นบนเป็นน้ำแข็ง (frozen-soil flood) เป็นอุทกภัยที่เกิดขึ้นในประเทศแถบอบอุ่น ไม่เกิดขึ้นในประเทศแถบร้อน เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำในดินชั้นบนแข็งตัว ดินจึงไม่สามารถรับการซึมของน้ำได้ น้ำฝน

และน้ำที่เกิดจากหิมะละลายจึงหลากสู่ที่ต่ำไปตามผิวหน้าดินอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นอุทกภัยขึ้นได้ อุทกภัยชนิดนี้ไม่เกิดบ่อยนัก และเกิดเฉพาะในบางส่วนของโลกเท่านั้น (จรูญ สุขเกษม , 2527)

<u>ปัจจัยที่ทำให้เกิดน้ำท่วม</u> (Major causes of Flood)

น้ำท่วมที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ใด ๆ มีสาเหตุมาจากปัจจัยต่าง ๆ พอสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ฝน (Rainfall)

ในฤดูฝน ฝนที่ตกลงมาถ้ามีปริมาณน้อย ช่วงเวลาฝนตกสั้น และตกห่าง ๆ กัน ก็จะไม่ทำให้เกิดน้ำท่วม ในทางตรงกันข้าม ถ้าฝนตกมีปริมาณมาก ช่วงเวลาฝนตกยาวก็จะทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมขึ้นได้ และความรุนแรงของภาวะน้ำท่วมจะยิ่งมากขึ้น ถ้าฝนที่ตกลงมามีปริมาณมาก ช่วงเวลาฝนตกยาว และฝนตกติด ๆ กัน

2. การเปลี่ยนภาวะการใช้พื้นที่ (Change in Land Use Condition)

เมื่อฝนตกลงมาทำให้เกิดน้ำท่วมไหลบนพื้นที่ระบายน้ำถ้าพื้นที่ระบายน้ำมีแอ่งน้ำ หนองน้ำหรือเป็นพื้นที่เกษตรกรรม น้ำส่วนหนึ่งจะถูกพักไว้(retention capacity) ไว้ทำให้สามารถลดอัตราการไหลน้ำท่าลงได้ แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าพื้นที่ดังกล่าว ถูกนำมารองรับการขยายตัวของเมืองก็จะต้องมีการปรับปรุงที่ดินกล่าวคือมีการถมและปรับพื้นที่ ทำให้ความสามาถพักน้ำของพื้นที่เสียไปและจะก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ เนื่องจากทำให้เกิดอัตราการไหลของน้ำท่าเพิ่มขึ้นแม้ว่าปริมาณฝนยังมีค่าคงเดิม

3. น้ำไหลเข้าจากพื้นที่ล้อมรอบ ๆ (Inflow form Outer Area)

ในกรณีพื้นที่ล้อมรอบพื้นที่เป้าหมายมีขนาดใหญ่ และมีความลาดชันเข้าสู่พื้นที่เป้าหมาย เมื่อฝนตกลงมาก็จะเกิดน้ำท่าไหลบ่าเข้าสู่พื้นที่เป้าหมาย ทำให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่เป้าหมายได้

4. ความสามารถในการระบายน้ำไม่พอเพียง (Insufficient Drainage Capacity)

กรณีที่ระบายน้ำในพื้นที่เป้าหมาย มีความสามารถระบายน้ำ ไม่

พอเพียงกับปริมาณน้ำท่า น้ำก็จะล้นออกจากระบบระบายน้ำ ทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมในพื้นที่ได้ จึงควรเพิ่มความสามารถระบายน้ำของระบบระบายน้ำ ให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำ และจัดทางออกของน้ำจากพื้นที่ให้มากขึ้นด้วย

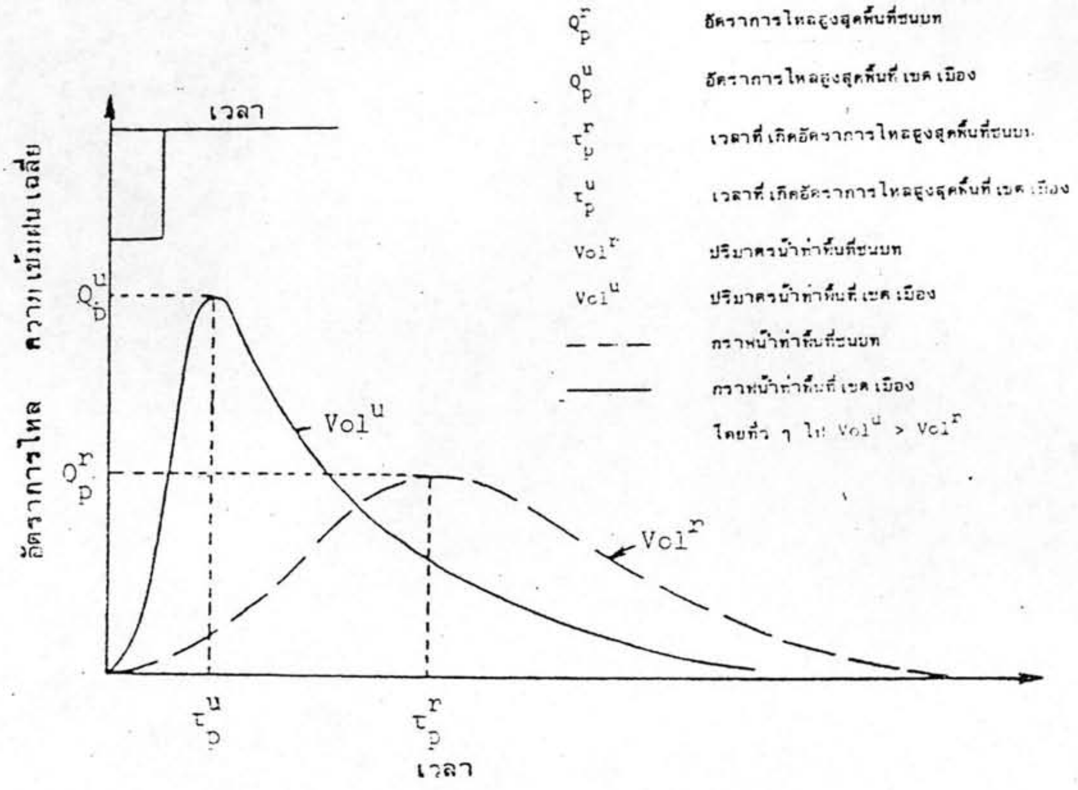
อุทกวิทยาเมืองและปัญหาที่เกิดเนื่องจากน้ำจากพายุฝน

ในทางอุทกวิทยาผิวดิน, การเปลี่ยนแปลงอย่างแจ้งชัดในกระบวนการน้ำท่า เนื่องจากการขยายตัวของเมืองเป็นสาเหตุจากปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ

ประการที่หนึ่ง พื้นที่ผิวทึบน้ำของพื้นที่รับน้ำฝนมีเพิ่มขึ้น เช่น มีหลังคาบ้าน ถนน ทางเดินเท้า และที่จอดรถ เป็นต้น จึงทำให้ความสามารถซึมได้ของพื้นที่ผิวมีค่าลดลง และความจุแอ่งน้ำ (depression storage capacity) ก็ลดลงจนเกือบไม่มี ทั้งนี้เพราะมีการถมพื้นที่ นอกจากนี้พื้นที่เมืองที่ไม่ได้ปกคลุมด้วยผิวทึบน้ำก็จะมีการปรับปรุง เป็นสวนสาธารณะ จัดสวน ซึ่งมีการปลูกหญ้าและต้นไม้ การปรับปรุงดังกล่าวทำให้เกิดการไหลบ่าไปตามผิวดินเพิ่มขึ้น นั่นก็คือการทำให้เพิ่มปริมาณสิ่งสกปรกที่ชะล้างไปกับน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

ประการที่สองก็คือทำให้ความจุชลศาสตร์ (hydrsulic conveyance) ของทางน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะว่ามีการปรับปรุงทางน้ำให้เป็นแนวตรง เพิ่มความลึกและดาดผิว แล้วมีการต่อท่อรับน้ำหรือทางระบายน้ำริมทาง (Gutter) เข้ามาบรรจบ การที่พื้นผิวทึบน้ำมีสัดส่วนเพิ่ม และมีการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพความจุ ชลศาสตร์ของทางน้ำจะเป็นผลให้ปริมาตรน้ำท่า และอัตราการไหลค่าสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นและยังจะทำให้อัตราการไหลสูงสุดเกิดเร็วยิ่งขึ้นดังแสดง ในรูปที่ 2-1 ทั้งนี้เพราะว่า ความเร็วการไหลในทางน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น (T_c มีค่าน้อยลง) เพราะฉะนั้นปริมาณน้ำจากพายุฝนที่สะสมด้านท้ายน้ำจะมีเพิ่มขึ้นมากและเกิดเร็วกว่าปล่อยให้น้ำไหลไปตามทางน้ำธรรมชาติที่มีอยู่เดิม

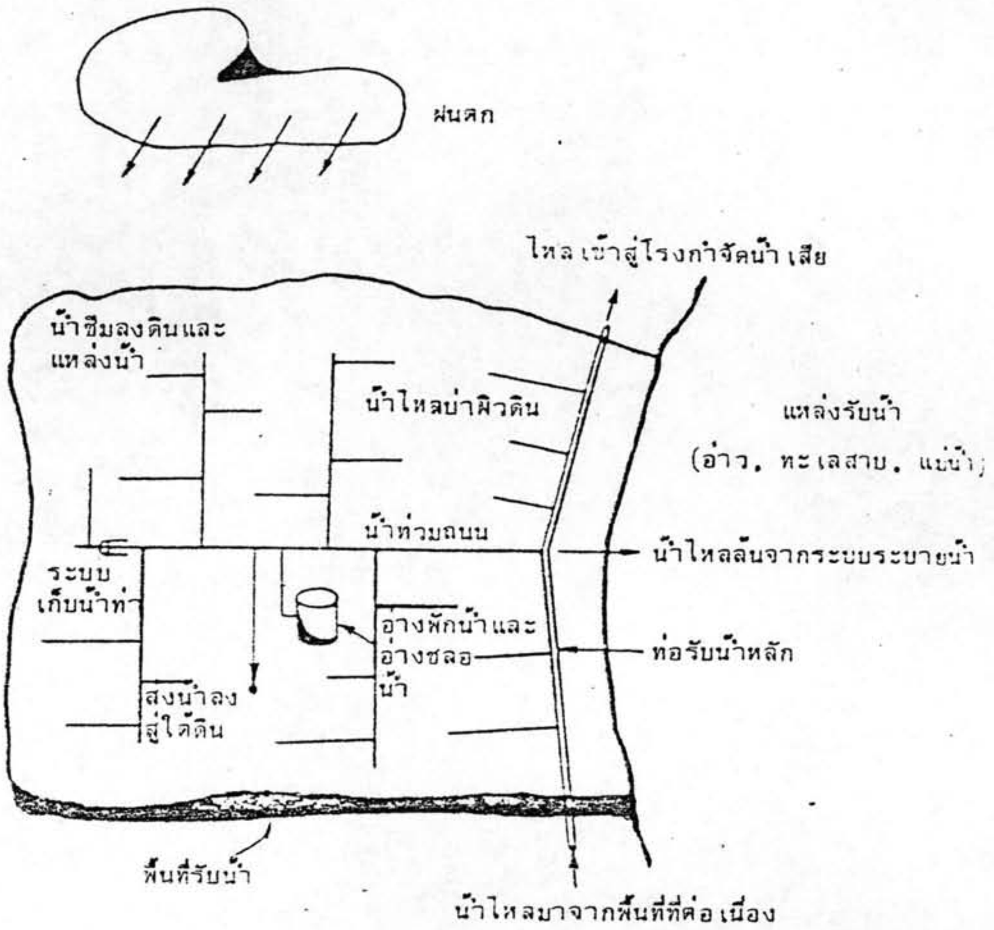
การที่ความเร็วการไหลมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายตะกอนแขวนลอย และสิ่งสกปรก และทำให้เกิดการกัดเซาะในทางน้ำ ทำให้ปริมาณสิ่งสกปรก (Pollution loading) ที่ด้านท้ายน้ำของทางระบายน้ำท่าของเมืองมีมากยิ่งขึ้น กล่าวคือมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และมีค่า BOD เพิ่มขึ้นด้วย ถ้าระบบระบายน้ำเป็นแบบระบบรวม ก็จะทำให้เกินความสามารถของโรงกำจัดน้ำเสีย ซึ่งตามปรกติจะออกแบบไว้สำหรับกำจัดน้ำเสียจากชุมชนเท่านั้นผลก็คือ ทำให้เกิดการกัดเซาะและน้ำเสียจากระบบระบายน้ำจะไหลล้นลงสู่แม่น้ำ หนองและอ่าว



รูป 2.1 ผลกระทบของการขยายเมืองที่มีต่อพื้นที่รับน้ำโดยที่มิได้เพิ่มอ่างชลอน้ำ

การที่น้ำท่าที่เกิดจากพายุฝนมีปริมาณเพิ่มขึ้น อาจจะทำให้ เกิดภาวะน้ำท่วมในพื้นที่ต่ำด้านท้ายน้ำได้ ทำให้การสัญจรติดต่อกันมีความยุ่งยากขึ้น และยังจะทำให้เกิดความเสียหายต่อที่อยู่อาศัย ทรัพย์สินและทำให้กิจกรรมของเมืองไม่คล่องตัว ระบบระบายน้ำที่มีอยู่เดิมอาจจะมีความจุไม่เพียงพอ และเมื่อน้ำซึมลงสู่ใต้ผิวได้น้อยลงก็จะเป็นผลให้ในฤดูแล้งไม่มีน้ำไหลในทางน้ำในเมืองได้ (เพราะ base flow มีน้อยมาก)

การที่เมืองมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น จึงต้องกำหนดแนวความคิดของการจัดการน้ำจากพายุฝนเพื่อป้องกันสภาวะแวดล้อม กล่าวคือจะต้องมีการควบคุมคุณภาพน้ำและการเกิดน้ำท่วมที่ด้านท้ายน้ำของพื้นที่ระบายน้ำ ดังนั้นภาพอุทกวิทยาเมืองจึงต้องขยายออกเพื่อที่จะรวมกับพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดด้วย ทั้งนี้เพราะการเกิดของพายุฝนจะเป็นผลให้มีเหตุการณ์ต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าเมื่อฝนตกลงมาในพื้นที่รับน้ำของเมืองส่วนหนึ่งจะถูกกักไว้ในแอ่งน้ำ จากนั้นอาจจะซึมลงสู่ใต้ดินหรือระเหยกลับขึ้นไปบนท้องฟ้าก็ได้และถ้าการพัฒนาพื้นที่เมืองทำได้สมบูรณ์และมีระบบระบายน้ำอยู่ครบ น้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองก็จะไหลลงสู่จุดรับน้ำของท่อระบายน้ำฝน หรือท่อระบายน้ำของระบบรวมแล้วไหลไปสู่โรงกำจัดน้ำเสีย อ่างชลอน้ำหรืออ่างพักน้ำหรือไม่ก็ไหลล้นลงสู่แม่น้ำ หนอง บึง อ่าว



รูป 2.2 แผนภาพอธิบายระบบระบายน้ำฝนของเมืองหรือมหานคร

การวางแผนน้ำจากพายุฝนมหานคร

1. ดุลยภาพของน้ำในเมือง (Urban Water Balance)

สำหรับเมืองต่าง ๆ มีการจัดทำรายการของน้ำน้อยมาก แม้ว่าการจัดหมวดหมู่ของน้ำ (Water Budget) เป็นสิ่งสำคัญในการนำมาใช้วางแผนอย่างละเอียดในพื้นที่เมือง นายแม็คเฟียร์สัน (McPherson, ค.ศ.1973) ให้คำกำจัดความ ของการจัดทำรายการดุลยภาพของน้ำ (Water Balance Inventory) ว่าเป็นการหาปริมาณ และคุณภาพของน้ำ ตั้งแต่มันตกลงมาเป็นฝนจนกระทั่งไหลออก ไปจากมหานคร ในรูปของน้ำท่า และการระเหยของน้ำ นายแม็คเฟียร์สัน (ค.ศ.1975) ได้จัดทำดุลยภาพของน้ำโดยใช้ข้อมูลฝนเฉลี่ย 32 นิ้ว/ปี สำหรับพื้นที่สมมุติฐาน 150 ตารางไมล์ ของเขตเมือง และมีประชากรอาศัยอยู่ 1 ล้านคน พบว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยของเมืองที่ไหลลงสู่แหล่งรับน้ำเท่ากับ 500,000 ตัน/วัน อย่างไรก็ตาม การให้ตัวเลขอย่างแม่นยำ เพื่อแสดง

ตารางที่ 2.1 มาตรการที่ใช้ลด และหน่วงเหนี่ยวน้ำท่าที่เกิดจากพายุฝนในเขตเมือง

ชนิดของพื้นที่ (Area)	การลดน้ำท่า (Reducing Runoff)	การหน่วงเหนี่ยวน้ำท่า (Delaying Runoff)
1) พื้นที่ราบร่มไม้ชายคาขนาดใหญ่ (Large flat roof)	1) จัดสร้างที่เก็บน้ำ 2) จัดสวนบนหลังคา 3) สร้างสระน้ำ 4) ปลูกหญ้าปกคลุม	1) สร้างสระโดยควบคุมจุดทางออก 2) เพิ่มความเสียดทานบนพื้นที่น้ำไหลผ่าน 3) ทำละรอกบนพื้น 4) ปกคลุมพื้นด้วยหิน
2) ลานจอดรถ (Parking lots)	1) ปูด้วยสิ่งรูพรุน - ลานจอดรถปูด้วยหิน - ปูด้วยอัสฟัลต์รูพรุน 2) ทำคอนกรีตยกพื้นและสร้างที่เก็บน้ำข้างใต้ ใช้ในย่านที่ที่ดินมีราคาแพง 3) สร้างแอ่งน้ำดาดด้วยหญ้ารอบ ๆ ลานจอดรถ 4) ทำร่องแล้วบรรจุด้วยหิน	1) ทำแถบหญ้าในลานจอดรถ 2) ทำทางน้ำหญ้าระบายน้ำในลานจอดรถ 3) ใช้มาตรการชลอน้ำสำหรับพื้นที่ที่ดาดผิวทึบ 4) ดาดผิวให้เป็นละรอก 5) สร้างแอ่งน้ำ
3) ที่พักอาศัย	1) สร้างที่เก็บน้ำในบ้านหรือในกลุ่มบ้านหนึ่ง ๆ 2) สร้างถนนด้วยกรวดหรือหิน 3) สร้างภูมิประเทศให้เป็นชั้นตามเส้นชั้นความสูง 4) อัดน้ำลงไปในดินด้วย - ท่อเจาะรู (perforated pipe) - ผ่านกรวดหรือทราย - ท่อพรุน (porous pipe) - บ่อแห้ง (dry wells)	1) อ่างเก็บน้ำหรืออ่างชลอน้ำ 2) ปลูกหญ้าหนา ๆ และสูง (เพิ่มค่าความขรุขระ "n") 3) สร้างถนนด้วยกรวดหรือหิน 4) สร้างทางน้ำดาดด้วยหญ้า 5) เพิ่มความยาวทางเดินของน้ำท่าด้วยทางระบายน้ำริมทางหรือเปลี่ยนทิศทางน้ำ
4) ทั่ว ๆ ไป	1) สร้างทางเดินตามตรอกซอยด้วยกรวดหรือหิน 2) สร้างบาทวิถีด้วยสิ่งพรุน	1) สร้างทางเดินตามตรอกซอยด้วยกรวดหรือหิน

ตาราง 2.2 มาตราการควบคุมน้ำท่าในเมือง (Urban Runoff Control Measures)

มาตรการที่มิใช่ทางสิ่งก่อสร้าง	มาตรการทางสิ่งก่อสร้าง
<u>ควบคุมที่แหล่งกำเนิด</u>	<u>ควบคุมที่แหล่งกำเนิด</u>
1) ควบคุมอากาศเสียและกำหนดข้อบังคับ 2) ควบคุมสัตว์ 3) การตรวจสอบอัตโนมัติ 4) หาทางเลือกเพื่อควบคุมการใช้ที่ดิน 5) เก็บรวบรวมใบไม้ 6) ออกเทศบัญญัติควบคุม 7) เก็บขยะ 8) ดำเนินให้มีการปฏิบัติตามหลักสุขาภิบาล 9) การป้องกันวัตถุที่สะสมไว้สำหรับใช้ 10) ควบคุมการกัดเซาะที่สถานที่ก่อสร้าง	1) จัดหาอุปกรณ์ควบคุมอากาศเสีย 2) จัดสร้างหลังคาคลุมลานจอดรถ 3) หาทางเลือกออกแบบสิ่งแวดล้อม 4) ควบคุมให้มีการสร้างทางรับน้ำท่าที่เกิดจากฝน
<u>การควบคุมไปตามแนวของระบบ</u>	<u>การควบคุมไปตามแนวของระบบ</u>
1) บำรุงรักษาพื้นที่รับน้ำ 2) บำรุงรักษาลานจอดรถ 3) บำรุงรักษาถนน 4) หาทางเลือกการกวาดถนน	1) ควบคุมและเตือนด้วยคอมพิวเตอร์ 2) สร้างอ่างเก็บกักในลานจอดรถ 3) ดาดด้วยสิ่งพรุน
<u>การควบคุมที่จุดสุดท้าย</u>	<u>การควบคุมที่จุดสุดท้าย</u>
1) จัดระบบเตือนของคุณภาพน้ำ 2) อนุญาตให้ปล่อยน้ำ	1) หาทางเลือกวิธีกำจัดน้ำเสีย - สระตกตะกอน - การเพิ่มอากาศ - เครื่องกวาดน้ำมัน 2) หาทางเลือกการกำจัด effluent - กรอง - กำจัดด้วยขบวนการชีววิทยา - กำจัดด้วยขบวนการเคมี-ฟิสิกส์

รายละเอียดของแต่ละส่วนของน้ำที่ไหลออกมา จากโรงกำจัดน้ำเสีย ไม่สามารถกระทำได้ ทั้งนี้เพราะมีข้อมูลปริมาณการไหลทั้งหมด ในท่อระบายน้ำฝน หรือท่อระบายน้ำของระบบรวมน้อยมาก อย่างไรก็ตาม นายแม็คเฟียร์สัน (ค.ศ.1978) ได้กล่าวไว้ว่า จะมีปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากน้ำฝนประมาณ 2 เท่า ในท่อระบายน้ำของระบบรวม

2. มาตราการการจัดการน้ำจากพายุฝน

มาตราการควบคุมน้ำท่าจากเมืองสามารถกระทำได้ ที่แหล่งกำเนิด ไปตามแนวของระบบ หรือที่จุดสุดท้ายของระบบระบายน้ำ การควบคุมอาจกระทำได้ทั้งที่เป็น มาตราการทางสิ่งก่อสร้าง และที่ไม่ใช่มาตราการทางสิ่งก่อสร้าง ตารางที่ 2-1 แสดงจำนวนมาตราการที่ใช้ลดและหน่วงเหนี่ยวน้ำท่าที่เกิดจากน้ำฝนในเขตเมือง ซึ่งเสนอแนะโดยกรมอนุรักษ์ดิน (SOS) กระทรวงเกษตรแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (USDA) และตารางที่ 2-2 เป็นรายการวิธีการจัดการคุณภาพน้ำในแม่น้ำที่เสนอแนะโดย องค์การป้องกันสิ่งแวดล้อม แห่งรัฐอิลลินอยส์ (IEPS, Bachman, ค.ศ.1979) การควบคุมที่แหล่งกำเนิดก็คือการกันการไหลและสิ่งสกปรกมิให้มาถึงระบบระบายน้ำ ส่วนการป้องกันไปตามแนวของระบบก็คือ การกันมิให้ไหลลงสู่แหล่งรับน้ำ และการควบคุมที่จุดสุดท้ายของระบบก็คือการนำน้ำที่ไหลมาตามทางระบายน้ำเข้าสู่อ่างปรับการไหล และโรงกำจัดน้ำเสีย การเลือก ทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งจะต้องทำการวิเคราะห์ด้วยความระมัดระวังและศึกษาผลกระทบที่อาจจะตามมาเมื่อปล่อยน้ำที่ควบคุมออกไปทางด้านท้ายน้ำด้วย (ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล และไตรรัตน์ ศรีวัฒนา, 2529)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>มาตรการในการป้องกันน้ำท่วม</u> (Flood Control Measures)

มาตรการในการต่อสู้กับภัยจากน้ำท่วมที่ใช้กัน แบ่งกว้าง ๆ ได้เป็น 2 ประเภท คือ 1 มาตรการประเภทที่เป็นโครงสร้าง (Structural Measures) และ 2 มาตรการประเภทที่ไม่ใช่โครงสร้าง (Non-Structural Measures)

<u>มาตรการประเภทที่เป็นโครงสร้าง</u>

มาตรการประเภทนี้หมายรวม ๆ ถึง การใช้โครงสร้างต่าง ๆ เพื่อลดอันตรายอันเกิดจากน้ำท่วม โดยการควบคุมน้ำไม่ให้ไหลท่วมเข้าสู่เขตพื้นดินงานที่สำคัญมี

1. การสร้างอ่างเก็บน้ำ (Reservoir) เพื่อกักเก็บน้ำในช่วงที่มีอัตราไหลสูง

2. การปรับปรุงร่องน้ำ (Chennel Improvement) เพื่อเพิ่มความ

สามารถในการระบายน้ำ

3. การสร้างกำแพงกั้นน้ำ (Levee) เพื่อกันน้ำไหลบ่าเข้ามาบริเวณชายฝั่ง

ในหัวข้อต่อไปจะอธิบายถึงหลักการและรายละเอียดของมาตรการเหล่านี้พอสังเขป

อ่างเก็บน้ำ อาจใช้เป็นเครื่องมือสำหรับป้องกันอันตรายจากน้ำท่วมได้ โดยสร้างอ่างไว้เหนือพื้นที่ที่ต้องการ จะป้องกันเพื่อทำหน้าที่ดักน้ำไว้ในช่วงที่มีอัตราไหลสูง ถ้าจะให้ได้ผลในการป้องกันน้ำท่วมได้ดีที่สุด ควรสร้างอ่างไว้ใกล้พื้นที่ ที่นั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้

การปรับปรุงร่องน้ำ จุดมุ่งหมายของการปรับปรุงร่องน้ำ คู หรือคลองระบายน้ำ ก็เพื่อให้รับน้ำได้มากขึ้น ซึ่งอาจทำให้ตั้งแต่โดยวิธีง่าย ๆ เช่น ลอกคู คลอง กำจัดขยะและวัชพืช ตัดแนวคลองให้ตรง จนถึงการบุพื้นคลองใหม่ จะเห็นว่าวิธีการเหล่านี้ เพิ่มอัตราการไหลของน้ำ โดยการลดความเสียดทาน (การขุดลอกวัชพืช กำจัดขยะ หรือบุพื้นคลอง) เพิ่มรัศมีไฮดรอลิค (การขุดคลองเพื่อเพิ่มพื้นที่หน้าตัด) และเพิ่มความลาดเอียง (ปรับระดับพื้นร่องน้ำ ลดช่วงระยะการไหลโดยการขุดคลองลัด)

การปรับปรุงร่องน้ำ โดยการขุดลอกแม้ว่าต้องการค่าลงทุนต่ำ ในระยะแรก แต่ค่าบำรุงรักษาจะสูงมาก เพราะต้องทำกันใหม่แทบทุกปี ในหลายกรณี การปรับปรุงแบบถาวรหรือการบุพื้นคลอง อาจคุ้มค่ากว่าเพราะลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาลงมาก ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของการบุพื้นคลองคือ การประหยัดที่ดิน เพราะคลองที่บุพื้นจะมีขนาดเล็กกว่าคลองธรรมชาติมากขณะที่มีความสามารถในการระบายน้ำได้เท่ากัน หากต้องการประหยัดที่ดินมากขึ้นอีก เช่น เมื่ออยู่ในย่านชุมชนก็อาจให้ร่องน้ำลึกขึ้น และสร้างร่องน้ำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก หรืออาจปิดฝาเสียเลย เพื่อใช้พื้นที่นั้นสำหรับประโยชน์อย่างอื่น

รายละเอียดปลีกย่อยอื่น ๆ ที่ควรคำนึงถึงก็มี

1. อันตรายต่อการที่คนจะตกลงไปในคลอง โดยเฉพาะถ้าผนังคลองด้านข้างอยู่ในแนวดิ่ง หากคลองหรือร่องน้ำดังกล่าวตัดผ่านย่านชุมชน ก็ควรจะมีรั้วกั้นให้มิดชิดและหากเป็นไปได้ก็น่าที่จะทำเป็นขั้นบันได เพื่อป้องกันมิให้คนตกลงไปโดยง่ายนัก และหากบังเอิญมีคนตกลงไปก็สามารถปีนกลับขึ้นมาได้

2. ความสามารถในการซึมที่ลดลงเมื่อบุพื้นร่องน้ำเพราะอาจทำให้การเติมน้ำบาดาลตามธรรมชาติ (groundwater recharge)ลดลงซึ่งอาจมีผลกระทบรุนแรงในบางกรณี การใช้แผ่นคอนกรีตวางห่าง ๆ กันพอควรแทนที่จะใช้พื้นคอนกรีตหมด อาจช่วยได้บ้าง

กำแพงกั้นน้ำ (Levees, Dikes, Dykes หรือ Flood Walls)คำว่า "กำแพงกั้นน้ำ" ในที่นี้จะใช้เรียกโครงสร้างรูปร่าง เหมือนเขื่อนที่ใช้กั้นพื้นดิน กับพื้นน้ำ ทั้งที่ทำด้วยดินที่เรียกกันในภาษาอังกฤษว่า levee หรือ dike หรือ dyke และที่ทำด้วยอิฐ หรือคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมักเรียกว่า flood wall โดยปกติจะใช้สำหรับแนวฝั่งน้ำ เช่น ฝั่งแม่น้ำ ทะเลสาบ หรือทะเล เพื่อป้องกันน้ำล้นเอ่อเข้าชายฝั่ง

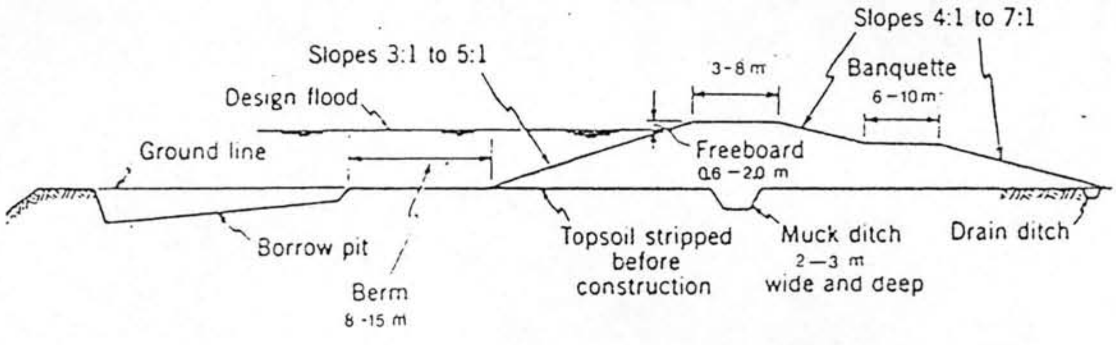
รูปร่าง และลักษณะของกำแพงกั้นน้ำ ควรออกแบบให้เหมาะกับพื้นที่และวัสดุท้องถิ่น ที่พอหาได้ รูป 2.3 แสดงตัวอย่างของกำแพงกั้นน้ำ ดินที่ใช้ในการก่อสร้าง อาจมาจากบ่อยืม (borrow pit) โดยอาจขุดบ่อให้เป็นแนวขนานกับกำแพง แนวบ่อควรห่างจากกำแพงพอสมควร เพื่อป้องกันดินพังทลาย ในการก่อสร้างกำแพงกั้นน้ำ ควรปูดินลงเป็นชั้น ๆ และบดอัดอย่างถูกต้อง ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ในกรณีที่ลักษณะดินไม่สม่ำเสมอ ควรให้ดินที่ซึมน้ำได้น้อยที่สุดอยู่ติดริมน้ำ ความกว้างของสันกำแพง ขึ้นอยู่ว่า จะใช้เพื่อประโยชน์อะไร แต่ไม่ควรต่ำกว่า 3 เมตร เพื่อใช้ในการขนส่งวัสดุในระหว่างก่อสร้าง ความลาดเอียงด้านข้างขึ้นกับสภาพของดิน และเพื่อความสวยงามอาจทำให้ลาดกว่าที่จำเป็นได้

เพื่อให้กันซึมได้ดีขึ้น อาจขุดร่องตรงกลางเป็นแนวยาว (mack ditch) ลึกประมาณ 2-3 เมตร แล้วอัดด้วยดินเหนียวหรือดินอื่นที่น้ำซึมได้ยาก ด้านในของกำแพงกั้นน้ำ อาจทำเป็นคูระบายน้ำเล็ก ๆ (drain ditch) สำหรับดักน้ำซึ่งอาจซึมผ่านได้บ้าง ในระยะยาว เพื่อป้องกันน้ำเจิ่งนอง

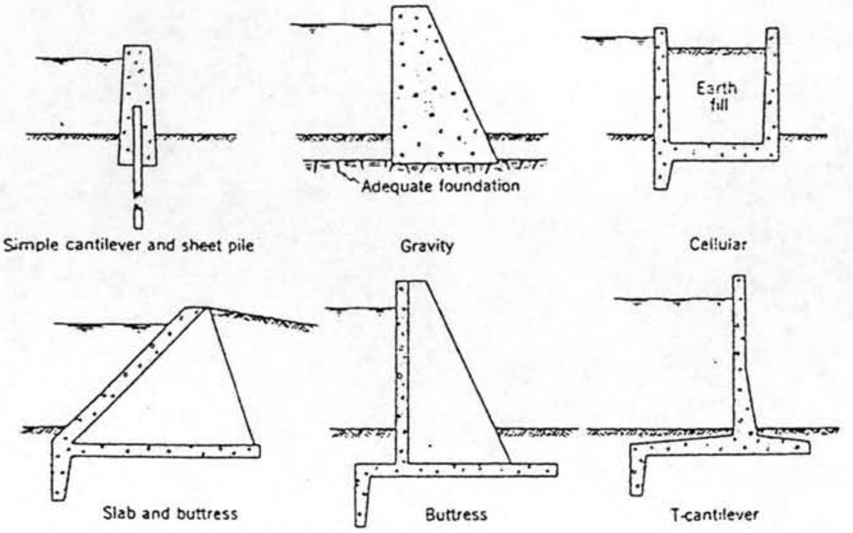
ในกรณีที่ที่ดินมีราคาสูง อาจใช้กำแพงกั้นน้ำ ที่ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก (flood walls) การก่อสร้างด้วยคอนกรีตทำให้ไม่ต้องใช้ฐานกว้าง (รูป 2.4) จึงประหยัดที่ดินได้มาก นอกเหนือจากรูปร่างลักษณะแล้วกำแพงกั้นน้ำชนิดนี้ มีหน้าที่และการทำงานเหมือนชนิดที่ก่อสร้างด้วยดิน ดังกล่าวข้างต้นทุกประการ

ในการใช้กำแพงกั้นน้ำ เพื่อกั้นสองข้างทางน้ำ (รูป 2.5) หากทางน้ำค่อนข้างตรงแนวของกำแพงจะเป็นแนวตรงขนานกับลำน้ำ ห่างจากฝั่งแต่ละข้างเท่า ๆ กัน แต่หากทางน้ำคดเคี้ยวมาก อาจสร้างกำแพงกั้นน้ำคล่อมเฉพาะส่วนโค้งด้านนอกของทางน้ำ (รูป 2.5 ก) แนวของกำแพงกั้นน้ำจะได้ไม่คดเคี้ยวมากดังเช่นทางน้ำธรรมชาติ หากจำเป็นก็อาจเสริมกำแพงด้านในอีกชั้นหนึ่ง(rivetment) ตรงด้านนอกของส่วนโค้ง เพื่อป้องกันการกัดเซาะ เพราะบริเวณนี้เป็นบริเวณ ที่ล่อแหลมต่อกระแสน้ำที่ไหลมาด้วยความเร็วสูง

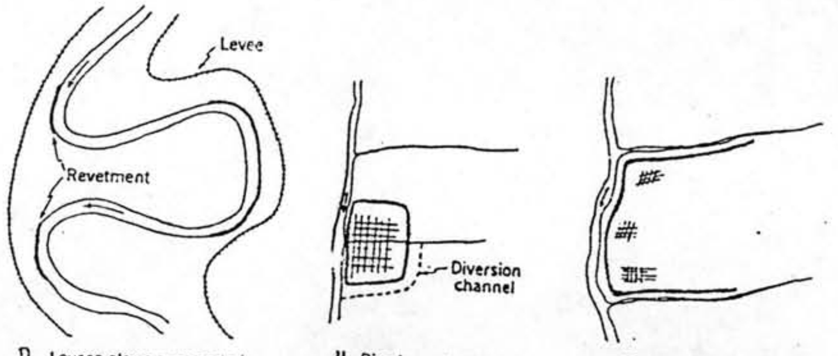
นอกจากจะใช้กั้นสองข้างทางน้ำเพื่อกันน้ำล้นเอ่อเข้าชายฝั่งดังกล่าวแล้ว กำแพงกั้นน้ำอาจถูกใช้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลเข้าบริเวณได้ เช่น อาจทำเป็นแบบวงแหวน (ring levee)เพื่อกั้นรองบริเวณที่ต้องการป้องกันน้ำท่วม (รูป 2.5 ข) หรือ ทำเป็นแนวยาวขึ้นไปจนถึงที่สูง (รูป 2.5 ค)



รูปที่ 2.3 กำแพงกั้นน้ำ



รูปที่ 2.4 กำแพงกั้นน้ำชนิดสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก



รูปที่ 2.5 การเลือกตำแหน่งสำหรับกำแพงกั้นน้ำ

i17390.8989

<u>มาตรากรประเภทที่ไม่ใช้โครงสร้าง</u>

มาตรการประเภทนี้ครอบคลุมถึง มาตรการที่ใช้เพื่อลดอันตราย จากน้ำท่วมที่ไม่มีงานโครงสร้างเข้ามาเกี่ยวข้อง หรือหากจะมีบ้างก็น้อยมาก มาตรการประเภทที่ไม่ใช้โครงสร้าง ได้แก่ (1) มาตรการกันน้ำ (Flood Proofing) (2) การควบคุมการใช้ที่ดิน (Land-use Control) และ (3) การปรับปรุงที่ดิน (Land Treatment)

มาตรการกันน้ำ

เป็นคำรวม ๆ ที่หมายถึง ความพยายามทั้งของปัจเจกชนและกลุ่มชนเพื่อลดภัยพิบัติจากน้ำท่วม อันอาจเกิดกับทรัพย์สินของคน โดยทั่วไปพอจะแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ (1) การใช้มาตรการฉุกเฉินเพื่อรับน้ำท่วม (2) การเลือกใช้วัสดุและวิธีการก่อสร้าง ที่ลดความเสี่ยงต่อภัยน้ำท่วม และ (3) ป้องกันน้ำเข้าตัวอาคารในทางปฏิบัติ อาจใช้ทั้ง 3 รูปแบบร่วมกัน

ในรูปแบบแรก การใช้มาตรการฉุกเฉิน เพื่อรับน้ำท่วม ได้แก่ การจัดเตรียมแผนฉุกเฉิน เพื่อปฏิบัติในยามน้ำท่วม ทั้งก่อน-หลัง และระหว่างที่เกิดน้ำท่วม รวมทั้งการจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น ทันทีที่รู้ว่าน้ำจะท่วมก็ต้องมีการอพยพผู้คนและทรัพย์สิน ระหว่างน้ำท่วมก็ต้องมีการพยายามสกัดกั้นการลุกลามของน้ำ โดยอาจใช้ถุงทรายหรือกำแพงกั้นน้ำชั่วคราว หลังจากน้ำท่วมก็ต้องมีการทำความสะอาดพื้นที่ การบูรณะปฏิสังขรณ์ทรัพย์สิน และสิ่งก่อสร้าง การให้บริการทางสังคม และสาธารณสุข นอกจากมาตรการหลังน้ำท่วมแล้วมาตรการอื่นล้วนเป็นมาตรการฉุกเฉินจำเป็นต้องอาศัยความพยากรณ์ล่วงหน้า ทางด้านอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา ที่แม่นยำ ระบบเตือนภัยสาธารณะที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งมีการจัดเตรียมการล่วงหน้าที่พร้อม อนึ่ง ในการจัดเตรียมการอพยพ นอกจากองค์กรของรัฐจะจัดพาหนะแล้วควรต้องมีการจัดกำลังเจ้าหน้าที่ ตำรวจ เพื่อคุ้มครองทรัพย์สินของผู้อพยพ ให้ปลอดภัยจากผู้ฉวยโอกาสในยามชุลมุนวุ่นวายด้วย

รูปแบบที่สอง ได้แก่ การเลือกใช้วิธีการก่อสร้าง ที่ลดความเสี่ยงต่อภัยน้ำท่วม และรวมถึงการเลือกใช้วัสดุ ที่ทนทานภายใต้สภาวะน้ำท่วม เช่น อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ย่อมทนทานต่อภัยน้ำท่วม ได้ดีกว่าอาคารไม้ ตัวอาคารจะต้องมีการยึดกับพื้นดิน อย่างถูกหลักวิชาการ โดยเฉพาะในกรณีที่สงสัยว่ามีโอกาสที่จะมีแรงยกเมื่อเกิดน้ำท่วม การหลีกเลี่ยงไม่ใช้วัสดุที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม เช่น กระเบื้องยาง ปาเก้ ที่ชั้นล่าง ๆ ของตัวอาคาร ที่คาดว่าจะมีน้ำท่วมถึง การจัดสถานที่และการเก็บสัมภาระ โดยจัดให้สิ่งมีค่าหรือสิ่งซึ่งล่อแหลมต่อภัยน้ำท่วม เช่น อาหาร ผ้า หรือสิ่งซึ่งขนย้ายลำบาก เช่น คอมพิวเตอร์ วางอยู่ชั้นบน ๆ ของอาคาร หรืออยู่สูงกว่าระดับน้ำสูงสุดที่คาดว่าอาจจะท่วมก็เป็นการช่วยลดความเสียหายลงได้

รูปแบบสุดท้ายของมาตรากันน้ำก็คือ ความพยายามที่จะป้องกันน้ำมิให้เข้า

มาในตัวอาคาร ซึ่งรวมถึงการอุดฝาผนัง เพื่อป้องกันการรั่วซึม การเตรียมอุปกรณ์ไว้พร้อม สำหรับปิดช่องที่น้ำอาจไหลเข้าได้ การปิดตายช่องทางที่หมดความจำเป็นที่จะใช้การหลีกเลี่ยง การมีช่องลมหรือหน้าต่างในระดับที่คาดว่าน้ำจะท่วมถึง การยกพื้นดังเช่นการสร้างเรือนไทยโบราณ ตลอดจนการสร้างกำแพงกั้นน้ำส่วนบุคคลเล็ก ๆ เช่น ที่ทำขึ้นบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยรามคำแหง เป็นต้น

การควบคุมการใช้ที่ดิน

เป็นมาตรการแทรกแซงของรัฐ (intervening measure) ในอันที่จะควบคุมลักษณะการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ซึ่งล่อแหลมต่อภัยน้ำท่วม โดยทั่วไปจะเป็นไปในรูปของการกำหนด ประเภทหรือขอบเขตของการพัฒนา เพื่อให้เหมาะสมกับความเสี่ยงต่อภัยน้ำท่วม ของที่ดินนั้น ๆ หรือ เพื่อให้ผลกระทบ ที่เกิดจาน้ำท่วมลดน้อยลง

วิธีการที่ใช้กันอยู่ มี 3 วิธี คือ (1) การออกกฎหมายบังคับจัดแบ่งเขตการใช้ที่ดิน (Zoning) (2) การออกเงินของรัฐเพื่อซื้อที่ดินของเอกชน ซึ่งมักทำควบคู่กับ การออกกฎหมายเวนคืน กล่าวคือ อยู่ในลักษณะกึ่งบังคับซื้อ ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งที่ดิน ซึ่งรัฐสามารถจัดสรรใหม่ และ (3) การซื้อสิทธิ์ครอบครองในที่ดิน ในประเทศไทยเราใช้เฉพาะ 2 วิธีแรก และใช้ในวงจำกัด โดยมากจะมีจุดประสงค์อื่นอยู่ด้วย เช่น เพื่อประโยชน์ในการวางผังเมือง การจัดการทางด้านสาธารณูปโภค การควบคุมปัญหามลพิษ เป็นต้น วิธีสุดท้ายการซื้อสิทธิ์ครอบครองในที่ดิน ยังไม่เคยนำมาใช้ในประเทศไทย

การที่รัฐจำเป็นต้องใช้มาตรการแทรกแซง เนื่องจากในบางกรณี การใช้ที่ดินโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ หรือโดยเห็นแก่ประโยชน์ของคนฝ่ายเดียวของปัจเจกชน เช่น การถมที่ การสร้างสิ่งกีดขวางทางน้ำ การสร้างสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งทำให้ดินลดความสามารถในการอุ้มน้ำ เหล่านี้ อาจจะส่งผลกระทบเสียหายรุนแรงกับส่วนรวม ทำให้อันตรายจากน้ำท่วมเพิ่มขึ้น ทั้งในด้านปริมาณน้ำ และปริมาณตะกอน มีเจ้าของที่ดินและนักจัดสรรที่ดินน้อยรายที่จะคำนึงถึงผลกระทบทางอ้อมเหล่านี้

การปรับปรุงที่ดิน

หมายถึง ความพยายามที่จะลดปริมาณน้ำท่า โดยการเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำของดิน ซึ่งอาจทำโดยวิธีการต่าง ๆ กัน ตามลักษณะของที่ดิน โดยทั่วไปก็ได้แก่ การไถพรวน การปลูกพืชที่ดูดซับน้ำได้ดี การปรับพื้นที่ให้ราบเรียบ หรือในกรณีที่เป็นที่เนิน ก็อาจทำเป็นขั้นบันได งานที่กล่าวมาแล้วส่วนใหญ่มักทำควบคู่ไปกับ การพัฒนาที่ดินเพื่อการเกษตร นอกจากนี้การปรับปรุงที่ดินยังรวมถึงการอนุรักษ์ป่าด้วย

นอกเหนือจากการลดปริมาณน้ำท่า การปรับปรุงที่ดินยังช่วยลดอันตรายจากน้ำท่วม โดยการลดปริมาณตะกอนในน้ำด้วย ข้อเสีย ของมาตรการนี้ คือจะ

ลดปริมาณน้ำท่าลง ในขนาดจำกัด และคงที่ ดังนั้น สำหรับน้ำท่วมขนาดใหญ่ มาตรการนี้จะมีผลคิดเป็นสัดส่วนที่ต่ำ (Linsley,R. K.,and J. B.Franzini, 1979)

แนวความคิดเกี่ยวกับเรื่องการบำบัดน้ำเสียของประเทศญี่ปุ่น

โดยทั่วไป น้ำเสียจากบ้านเรือนจะได้รับการบำบัด โดยระบบต่าง ๆ 3 ระบบ คือ ระบบบำบัดน้ำเสียสาธารณะ ระบบบ่อเกรอะ/บ่อซึม และระบบกำจัดสิ่งปฏิกูล ซึ่งในระบบที่ 3 จะบำบัดเฉพาะสิ่งปฏิกูลที่เก็บมาจากบ้านเรือนโดยรถบรรทุก อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขก็ยังคงมีอยู่ หนึ่งในปัญหาเหล่านี้ คือ การระบายน้ำฝนซึ่งรวมถึงการระบายน้ำล้นจากท่อระบายน้ำรวม ในหลาย ๆ เมือง ท่อระบายน้ำฝนมีความสามารถไม่เพียงพอต่อการระบายน้ำฝนและไม่ปลอดภัยต่อการป้องกันน้ำท่วม ซึ่งในปัจจุบัน ได้เริ่มมีการใช้มาตรการต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ และในเมืองใหญ่ ซึ่งได้รับการพัฒนางานน้ำเสียมาแต่อดีต มักจะใช้ระบบระบายน้ำรวม เป็นระบบระบายน้ำเสียของเมือง ซึ่งปัญหา การระบายน้ำล้นเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ต้องการการปรับปรุง

นักวิจัยได้พยายามศึกษาถึงประโยชน์อื่น ๆ ของระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น การนำน้ำผ่านการบำบัดมาใช้ใหม่ ในลักษณะต่าง ๆ การใช้ประโยชน์จาก กากตะกอนของน้ำเสีย และการใช้ประโยชน์อื่น ๆ จากสถานที่ตั้งระบบท่อ และระบบบำบัดน้ำเสีย

ในชุมชนขนาดเล็ก องค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบน้ำเสียโดยทั่วไป มีลักษณะไม่สอดคล้องต่อการใช้งาน ระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กจำนวนมากต้องได้รับการปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพปัญหา ดังนั้น ภารกิจใหญ่ประการหนึ่งในปัจจุบัน คือ การพัฒนาเทคโนโลยีที่ประหยัด และเหมาะสมในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียในชุมชนขนาดเล็ก

<u>การระบายน้ำฝน</u>

<u>มาตรการการป้องกันน้ำท่วม</u>

มาตรการการป้องกันน้ำท่วมในชุมชนโดยทั่วไป มีพื้นฐานจากการปรับปรุงท่อระบายน้ำ และสถานีสูบน้ำ เพื่อระบายน้ำฝนลงสู่แม่น้ำ หรือทะเลที่ใกล้เคียงเร็วที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตาม หากวิธีการดังกล่าวไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ เนื่องจากความสามารถในการรับน้ำของแม่น้ำไม่เพียงพอแล้ว วิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้จะถูกนำมาพิจารณาต่อไป

1. ท่อผันน้ำ

แนวท่อผันน้ำ จะทำหน้าที่ผันน้ำฝนปริมาณมากสู่แม่น้ำ หรือระบายลงสู่ทะเลโดยตรง เพื่อลดปริมาณน้ำฝนจากพื้นที่ต้นน้ำ วิธีการนี้จะใช้กรณีชุมชนในพื้นที่ต้นน้ำที่มีโอกาสประสบปัญหาน้ำท่วม และการปรับปรุงท่อระบายน้ำ ในพื้นที่ท้ายน้ำกระทำได้ลำบาก

2. ถังเก็บน้ำฝน

ถังเก็บน้ำฝน จะทำหน้าที่ลดปริมาณน้ำหลากสูงสุด โดยเก็บกักน้ำฝนไว้ชั่วคราว ซึ่งอาจจะก่อสร้างบนพื้นดินหรือใต้ดิน อ่างเก็บน้ำฝนจะช่วยควบคุมปริมาณน้ำผิวดินเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น อ่างเก็บน้ำจิยุการิอกะ ซึ่งก่อสร้างในย่านที่อยู่อาศัย ทางด้านตะวันออกของเมืองนาโกย่า และเหนืออ่างเก็บน้ำนี้ใช้ประโยชน์เป็นสนามเด็กเล่นของโรงเรียนการประถมศึกษาแห่งหนึ่ง ในเมืองที่มีข้อจำกัดทางด้านที่ดิน สามารถก่อสร้างถังเก็บน้ำไว้ใต้พื้นที่สาธารณะ เช่น ถนน และ สวนสาธารณะได้ ตัวอย่าง เช่น ถังเก็บน้ำอิมาซุ ในเมืองโอซาก้า ซึ่งก่อสร้างไว้ใต้สนามเบสบอล และถังเก็บน้ำทากัทสุจิ ในเมืองนาโกย่า ซึ่งก่อสร้างไว้ใต้อาคารสูงที่อยู่อาศัย และสวนสาธารณะ

ถังเก็บน้ำฝนเป็นมาตรการป้องกันน้ำท่วมซึ่งให้ผลเต็มที่ อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับที่ดิน สำหรับการก่อสร้างถังเก็บน้ำฝน ในพื้นที่ชุมชนหนาแน่นหลงเหลืออยู่ ในอนาคต จึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาใช้ประโยชน์พื้นที่สาธารณะ เช่น สวนสาธารณะ และโรงเรียน ให้ได้ประโยชน์สูงสุด

3. ทางระบายน้ำขนาดใหญ่

ในบริเวณที่มีแนวโน้มเกิดปัญหาน้ำท่วมสูง และความสามารถในการรับของแม่น้ำต่ำมาก ทางระบายน้ำขนาดใหญ่สามารถแก้ไขปัญหาการระบายน้ำได้โดยทำหน้าที่เป็นท่อผันน้ำฝน และแหล่งเก็บกักน้ำฝนในเวลาเดียวกัน

4. การซึมของน้ำฝน

นอกจากมาตรการดังกล่าวข้างต้น ซึ่งป้องกันน้ำท่วมโดยการเก็บกักและการผันน้ำฝนแล้ว เทศบาลต่าง ๆ ได้ทำการลดปริมาณน้ำหลาก โดยทำให้น้ำฝนซึมลงดิน วิธีการนี้จะทำให้น้ำฝนซึมลงดินมากที่สุด โดยจัดเตรียมองค์ประกอบ ซึ่งส่งเสริมให้น้ำฝนซึมลงดินเร็วที่สุด เช่น สนามดิน พื้นลาดโปร่งพรุน คันขอบควบคุมการซึม และช่องทางน้ำเข้า

<u>ปัญหาการระบายน้ำล้นของท่อระบายน้ำรวม</u>

การระบายน้ำล้น จากท่อระบายน้ำรวม โดยทั่วไป จะถูกควบคุมโดย

บริมาณน้ำที่จะถูกดักไปบรรงบำบัดน้ำเสีย ในกรณีที่ความยุ่งยากในการใช้พื้นฐานนี้ควบคุมการระบายน้ำล้น ก็จะมีการนำเอาพื้นฐานการเก็บกักน้ำ ซึ่งเป็นพื้นฐานเดียวกันกับที่ใช้ในงานป้องกันน้ำท่วมมาใช้แทน

1. การตกตะกอน/การเก็บกักน้ำฝน

วัตถุประสงค์สำหรับการตกตะกอน/การเก็บกักน้ำฝน เพื่อลดปริมาณน้ำล้น

2. การบำบัดน้ำเสียในฤดูฝน

บริมาณและคุณภาพของน้ำเสียในฤดูฝนมีการเปลี่ยนแปลงสูงมากและต้องการการบำบัดเป็นระยะ ๆ และเนื่องจากการใช้ขบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยากับน้ำเสียประเภทนี้ กระทำได้ลำบาก ดังนั้นในปัจจุบัน จึงมีการวางแผนใช้วิธีการต่าง ๆ ซึ่งมีพื้นฐานจากขบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพเคมี

หนึ่งในจำนวนวิธีการต่าง ๆ เหล่านั้นคือ Swirl Concentrator ซึ่งง่ายต่อการบำรุงรักษา

นอกจากนี้ ยังมีระบบซึ่งอยู่ในระหว่างการพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อใช้กับน้ำเสียประเภทนี้ คือ ระบบ Plate Settlement ซึ่งประกอบด้วยการใช้สารเคมี และการทำให้ซึมด้วยอัตราเร็วจัด

<u>การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3</u>

ระบบบำบัดน้ำเสียมีความสำคัญยิ่งต่อการป้องกัน การเกิดมลภาวะในแหล่งน้ำสาธารณะ และการอนุรักษ์แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งสถานภาพของแหล่งน้ำต่าง ๆ มีผลให้การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2 ไม่เพียงพอต่อการรักษาสภาพแวดล้อมทางน้ำได้ จึงจำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสียในขั้นที่ 3 ในปัจจุบันการบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 ส่วนใหญ่จะใช้ในพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบประปา และทะเลสาบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียให้ได้มาตรฐานเร็วที่สุด เท่าที่สามารถกระทำได้

ทิศทางของระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 ในอนาคต

โดยทั่วไประบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 จะดำเนินการในพื้นที่ที่มีความจำเป็นต้องบำบัดน้ำเสียในระดับนี้ แต่อย่างไรก็ตามการทวีความต้องการสภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่ดีขึ้น และเพิ่มภาพพจน์ที่สวยงามของน้ำมากขึ้น ทำให้มีความจำเป็นอย่างยิ่งยวด ในอันต้องตั้งนโยบายที่มีผลในทางบังคับให้มีระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 โดยเฉพาะในงานดังต่อไปนี้

1. การปรับปรุงสภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำในเมือง

ในเมือง โดยทั่วไปจะมีระบบจัดการน้ำเสียอยู่ทั่วไป อย่างไรก็ตามเนื่องจากปริมาณของเสียมีมากเกินไป การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2 จึงไม่สามารถคงคุณภาพมาตรฐานของแม่น้ำบางสาย ในพื้นที่ชุมชนไว้ได้ จำเป็นต้องดำเนินการบำบัดน้ำเสีย

ขั้นที่ 3 นอกจากนี้ในเมืองใหญ่บางแห่ง ที่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำที่ผ่านการบำบัด จะกลายเป็นแหล่งน้ำที่จำเป็น การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 จะทวีความจำเป็นขึ้นเรื่อย ๆ ตามความต้องการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ ตัวอย่างเช่น ปริมาณน้ำในลำน้ำในเมืองใหญ่ลดลงอย่างเด่นชัด เนื่องจากการรุกล้ำการเจริญเติบโตของเมือง ทำให้ต้องเร่งพิจารณาหามาตรการแก้ไข ซึ่งเทศบาลหลายแห่งกำลังวางแผนนำน้ำเสีย มาใช้เพิ่มปริมาณน้ำในลำน้ำ ซึ่งจำเป็นต้องเพิ่มระดับความจำเป็นน้ำเสียมากขึ้น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การควบคุมแหล่งน้ำเพื่อการประปา

ในการวางแผนโครงการบำบัดน้ำเสีย และการวิเคราะห์ผลของน้ำเสียต่อแหล่งรับน้ำ ซึ่งอยู่ท้ายน้ำ จะให้การพิจารณาเป็นพิเศษ ในกรณีแหล่งรับน้ำปล่อยออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับการประปา ซึ่งหมายความว่า ระบบบำบัดน้ำเสีย จะต้องประกอบด้วย การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 ในระดับใดระดับหนึ่ง ตามความจำเป็น

ในปัจจุบัน ประชาชนมีความต้องการน้ำดื่มที่ปลอดภัย และมีรสชาดดีขึ้น โรงบำบัดน้ำเสียจึงจำเป็นต้องบำบัดน้ำเสีย ในระดับที่สูงขึ้นก่อนปล่อยลงแหล่งน้ำ เพื่อรักษาคุณภาพ หรือส่งเสริมคุณภาพ แหล่งน้ำดิบสำหรับการประปาให้ดีขึ้นกว่าเดิม

3. การป้องกันการลุกลามของพืชน้ำในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ

ในปัจจุบัน การลุกลามของพืชน้ำในทะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ ได้กลายเป็นปัญหาที่สำคัญ ทำให้ต้องหามาตรการแก้ไข

<u>การใช้ประโยชน์จากการบำบัดน้ำเสีย</u>

<u>การนำน้ำเสียมาประยุกต์ใช้ใหม่</u>

1. การปรับปรุงน้ำเสียเป็นแแหล่งน้ำใช้

เนื่องจากการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรม และจำนวนประชากรในเมืองใหญ่ ทำให้ความต้องการน้ำใช้มีเพิ่มขึ้นจนถึงปัจจุบัน เป็นสาเหตุให้มีการนำน้ำผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ใหม่เพื่อรองรับความต้องการน้ำใช้ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเขตเมืองต่าง ๆ และเพื่อให้มีน้ำประปาใช้อย่างสม่ำเสมอซึ่งน้ำเสียเองสามารถเป็นแหล่งน้ำที่มีอยู่ตลอดเวลา และเหลือเฟือ ที่สามารถหาได้ในเมืองนั้น และมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณมากขึ้น ตามการขยายจำนวนของระบบบำบัดน้ำเสีย

2. แบบจำลองการปรับปรุงน้ำเสียมาใช้ใหม่

ได้มีการทดลองแบบจำลองสำหรับการปรับปรุงน้ำเสีย เพื่อนำน้ำเสียซึ่งผ่านการบำบัดมาแล้ว มาใช้ประโยชน์ โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อจ่ายน้ำเสีย ที่

ผ่านการบำบัดแล้ว จากโรงบำบัดน้ำเสียที่ก่อสร้าง สำหรับกลุ่มอาคารในโครงการกลับไปยังกลุ่มอาคารเดียวกัน เพื่อให้ใช้น้ำนั้นในกิจกรรมกำจัดสิ่งปฏิกูลจากโถส้วม

3. การเพิ่มปริมาณน้ำ และทัศนียภาพที่สวยงามของลำน้ำและทะเลสาบ

ลำน้ำในเมืองใหญ่ในประเทศญี่ปุ่น ส่วนมากจะมีปริมาณน้ำลดลงในฤดูแล้ง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ ไม่อุ้มน้ำในลำน้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาความเจริญของเมือง ในปัจจุบันปฏิกริยาจากประชาชนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมีมากขึ้น โดยเฉพาะกับน้ำสะอาด ประกอบกับน้ำผ่านการบำบัดเป็นแหล่งน้ำถาวร ทำให้มีการตั้งโครงการจำนวนมาก เพื่อนำน้ำผ่านการบำบัดเพิ่มลงไปในลำน้ำต่าง ๆ และเพื่อสร้างแหล่งน้ำสะอาดในเมืองใหญ่ให้มากขึ้น

<u>การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนของน้ำเสีย</u>

ในการบำบัดน้ำเสีย จะมีกากตะกอนเกิดขึ้น ซึ่งจะเพิ่มปริมาณขึ้นตามการขยายตัวของประชากรในอนาคต การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 อาจสนับสนุนให้การเกิดตะกอนมีมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้สถานที่สำหรับถมกลบตะกอนมีจำนวนจำกัด และเนื่องจากชุมชนเมือง มีการพัฒนาความเจริญอย่างรวดเร็ว การจัดหาที่ดิน จึงเป็นสิ่งกระทำได้ลำบาก ประกอบกับ ราคาค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้น ในอนาคตจึงมีความจำเป็นต้องค้นหามาตรการเพื่อบริมาณกากตะกอน และใช้กากตะกอนเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีประโยชน์

จากการประโยชน์จากกากตะกอน้ำเสีย สามารถประยุกต์ใช้ได้ในลักษณะต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นปุ๋ยสำหรับเกษตรกรรม และการบำรุงสวนสาธารณะ และใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้าง ตลอดจนการใช้กากตะกอนเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตพลังงานบางประเภท

1. การใช้ประโยชน์ของกากตะกอน ในพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่สีเขียว

ปริมาณกากตะกอนโดยส่วนใหญ่ จะถูกใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม ในรูปของกากตะกอนโคลน ที่ผ่านกระบวนการดึงน้ำออกแล้ว อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันก็มีการใช้กากตะกอนตามธรรมชาติมากขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนี้ ได้มีรายงานว่าการใช้ประโยชน์ของกากตะกอน ในพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่สีเขียวของประเทศ ในทวีปยุโรป ให้ผลดี มีประสิทธิภาพสูงกว่าในประเทศญี่ปุ่น

มาตรฐานโลหะหนักในกากตะกอน ที่ใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม ได้กำหนดปริมาณสูงสุดของบรอท สารหนู และแคสเมี่ยม ไม่เกิน 2, 50 และ 5 มก./กก. ของกากตะกอนตามลำดับ นอกจากนี้ หลักเกณฑ์กำหนดซึ่งอยู่ในระหว่างดำเนินการ

ได้ระบุให้ การใช้กากตะกอนในพื้นที่ใด ๆ สามารถกระทำได้เมื่อดินในพื้นที่นั้น ๆ มีสารสังกะสีเจือปนอยู่น้อยกว่า 120 มก./กก. น้ำหนักดินแห้ง ปริมาณโลหะหนักโดยเฉพาะสังกะสี ที่กำหนดข้างต้น ค่อนข้างจะเข้มงวด เมื่อเปรียบเทียบกับที่กำหนดในประเทศในทวีปยุโรป ซึ่งทำให้อาจเป็นอุปสรรคต่อการเผยแพร่ การใช้กากตะกอนหมักในประเทศญี่ปุ่นได้

2. การใช้กากตะกอนเป็นวัสดุก่อสร้าง

การใช้กากตะกอนเป็นวัสดุก่อสร้างสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการใช้ขี้เถ้าจากเตาเผา หรือสารหลอมละลายโดยตรง ส่วนวิธีหลัง เป็นการใช้ขี้เถ้า หรือเศษหลอมละลายโดยอ้อม โดยเป็นส่วนผสมบางส่วนในวัตถุดิบ ที่ใช้ผลิตวัสดุก่อสร้าง ตัวอย่างของวิธีแรกได้แก่ ใช้เป็นวัสดุถมเพื่อก่อสร้างถนน เป็นวัสดุถมกลับของกำแพงกันดิน และเป็นวัสดุทับผิวหน้าระหว่างชั้นขยะในงานกำจัดขยะ แบบถมกลบ และเมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการใช้ขี้เถ้าจากเตาเผาเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะของวัสดุ ที่ขุดมาจากบริเวณงานก่อสร้างท่อระบายน้ำ โดยทั่วไปการนำดินขุดมาใช้ถมกลบ จำเป็นต้องเพิ่มกำลังการจลนศาสตร์ของดินขุด โดยการเติมสารผสมบางประเภท และค้นพบว่าขี้เถ้าจากเตาเผาเป็นสารผสมที่ดีชนิดหนึ่งจึงนับได้ว่าเป็นการพัฒนาการใหม่ของการใช้ประโยชน์จากขี้เถ้าจากเตาเผากากตะกอน

ตัวอย่างการใช้ขี้เถ้า หรือเศษหลอมละลายกากตะกอน โดยวิธีที่ 2 ได้แก่ การใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตท่อดินเผา วัสดุมวลคละน้ำหนักเบา อิฐ และกระเบื้องมุงหลังคา ซึ่งบางชนิดได้ถูกจำหน่ายบ้างแล้ว ในปัจจุบันกากตะกอนที่ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ยังมีจำนวนจำกัด แต่อย่างไรก็ตาม คาดว่าปริมาณกากตะกอนในลักษณะนี้จะเพิ่มากขึ้น ตามการเพิ่มของจำนวนโรงเผากากตะกอน

3. การดึงพลังงานจากกากตะกอน

ระบบย่อยสลายกากตะกอนแบบไม่ใช้อากาศ ส่วนใหญ่จะถูกออกแบบให้ทำหน้าที่ลดปริมาตรของตะกอน และทำให้ตะกอนมีเสถียรภาพ อย่างไรก็ตาม การผลิตพลังงานจากกากตะกอนได้เป็นอีกจุดประสงค์หนึ่งในการติดตั้งระบบย่อยสลายตะกอนในปัจจุบัน โดยติดตั้งเครื่องกำเนินพลังงานรวมเข้าไว้ในระบบด้วย เมื่อตะกอนถูกเผาจนร้อน แกสมีเธน ประมาณ 70-80 % ของแกสมีเธนทั้งหมด ที่เกิดขึ้นจะถูกดักเก็บไว้ และประมาณ 30 % จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ในปัจจุบันประเทศญี่ปุ่นได้ติดตั้งเครื่องกำเนิดพลังงานจากแกสประเภทนี้ ในโรงบำบัดน้ำเสีย 14 แห่ง ซึ่งสามารถช่วยโรงบำบัดน้ำเสียแต่ละแห่ง ลดความต้องการพลังงานจากภายนอกได้ 5-28 % นอกจากนี้ได้มีการดำเนินการโครงการดึงน้ำออกจากตะกอน โดยวิธีพิเศษ และใช้กากตะกอนที่ได้เป็นเชื้อเพลิง และโครงการในระหว่างการศึกษาคือโครงการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากตะกอนน้ำเสีย

<u>การใช้ประโยชน์จากสถานที่ตั้งระบบท่อ และโรงบำบัดน้ำเสีย</u>

1. การใช้ประโยชน์จากสถานที่ตั้งโรงบำบัดน้ำเสีย

โดยทั่วไปที่ตั้งโรงบำบัดน้ำเสียจะเป็นสถานที่เปิดโล่ง ภายในพื้นที่ชุมชนหนาแน่น เพื่อใช้ที่ดินให้เกิดประโยชน์เต็มที่ และเพิ่มทัศนียภาพจึงมักจะปรับปรุงบริเวณใกล้เคียงเป็นพื้นที่เพื่อการสันทนาการ และการพักผ่อนหย่อนใจ การจัดพื้นที่ในลักษณะนี้เป็นที่นิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ ยิ่งไปกว่านั้น โรงบำบัดน้ำเสียจำนวนมากยังได้รับการจัดสรรพื้นที่ เพื่อการกีฬา ซึ่งรวมทั้งสนามเทนนิส และสนามเบสบอล นอกเหนือไปจากการจัดสวน และพื้นที่สีเขียว ในกรณีโรงบำบัดน้ำเสียประกอบด้วย องค์ประกอบที่มีพื้นที่ปิดด้านบน เมื่อมิได้ใช้งานด้านบำบัดน้ำเสียแล้ว อาจประยุกต์ใช้เป็นที่ตั้งอาคารใหญ่ เช่น หอแสดงดนตรี และโรงฝึกศิลปะการรบ

2. การใช้ประโยชน์จากทางระบายน้ำ

โครงการซึ่งได้ดำเนินการในหลาย ๆ พื้นที่ โดยเฉพาะในบริเวณย่านที่อยู่อาศัย ได้แก่ โครงการก่อสร้างรางเปิดระบายน้ำฝน พร้อมทางเดินเล่นส่วนท่อระบายน้ำฝนใต้ดิน ยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างหนึ่งอย่างใด ในขณะนี้อย่างไรก็ตามได้มีการติดตั้งสายใยโครงข่าย (opticalfiber cables) ตามแนวท่อเหล่านี้ เพื่อสร้างโครงข่ายข้อมูล ระบบท่อชื้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อไป

<u>ระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก</u>

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบประกอบส่วน (Prefabricated treatment plant)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน (Oxidation ditch process) เนื่องจากระบบนี้สามารถรับการเปลี่ยนแปลงของภาระน้ำเสียขาเข้าได้ดี ดูแลรักษาง่าย และทำให้เกิดตะกอนน้อย

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้ จะมีโครงสร้างเป็นวงกลม โดยมีลักษณะเป็นคลองวงกลมอยู่รอบนอก และมีถังตกตะกอนอยู่ตรงกลางวงกลม โครงสร้างทั้งหมดจะเป็นแผ่นคอนกรีตอัดแรง ซึ่งผลิตในโรงงานและนำมาประกอบที่สถานที่ก่อสร้าง ส่วนองค์ประกอบทางด้านเครื่องกล และไฟฟ้า จะใช้อุปกรณ์มาตรฐานเพื่อความประหยัด ในการออกแบบได้ดำเนินการ เป็นมาตรฐานสำหรับปริมาณน้ำเสียขนาด 300-1200 ลบ.ม./วัน โดยจัดเตรียมแบบก่อสร้าง สำหรับปริมาณน้ำเสียเป็นช่วงช่วงละ 100 ลบ.ม./วัน ดังนั้นจึงเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายทั้งทางด้านออกแบบและก่อสร้าง นอกจากนี้ยังสามารถลดระยะเวลาการก่อสร้าง และลดความยุ่งยากในการทำงานในสนามอีกด้วย

2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบทุ่นลอย (Floating-type treatment

plant)

ชุมชนขนาดเล็ก ส่วนใหญ่ตั้งอยู่บนเนินชายฝั่งทะเล ซึ่งบางครั้งประสบความยุ่งยากในการจัดหาบริเวณที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างโรงบำบัดน้ำเสีย ในกรณีนี้ ถึงแม้ว่าในทางปฏิบัติจะสามารถถมที่ชายฝั่งทะเลได้ แต่วิธีนี้ต้องการค่าใช้จ่ายสูง และใช้ระยะเวลาก่อสร้างค่อนข้างยาวนาน

โรงบำบัดประเภทนี้มีลักษณะคล้ายเรือ ประกอบด้วยโครงสร้างเหล็ก ตั้งอยู่บริเวณท่าเรือ โรงบำบัดน้ำเสียจะได้รับการติดตั้งตามตำแหน่ง แล้วทำการเชื่อมต่อท่อน้ำเสียจากชุมชนจากนั้นเริ่มทำการบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสียแบบทุ่นลอยสามารถประยุกต์ใช้กับขบวนการบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Conventional Activated Sludge process) คลองวนเวียน (Oxidation ditch process) และ Sequencing batch reactor proecss

การติดตั้งระบบประเภทนี้กระทำได้ 2 วิธี คือ ตั้งยึดติดกับพื้นดินใต้ทะเล หรือ ลอยยึดไว้กับท่าเรือ ซึ่งทั้ง 2 วิธี ให้ผลดีเมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียที่ก่อสร้างบนที่ถมชายฝั่งทะเล คือสามารถลดระยะเวลาก่อสร้างและค่าก่อสร้าง โดยเฉพาะกับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก

3. ระบบบำบัดน้ำเสียในอุโมงค์ (Tunnel-type treatment plant)

แนวทางเลือกหนึ่ง สำหรับพื้นที่ที่ประสบปัญหาไม่สามารถจัดหาพื้นที่ ที่เหมาะสมสำหรับก่อสร้างโรงบำบัดน้ำเสีย คือ ระบบบำบัดน้ำเสียในอุโมงค์ ในประเทศสวีเดน และประเทศต่าง ๆ ในคาบสมุทรสแกนดิเนเวีย ได้เจาะอุโมงค์หินเพื่อก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเช่นเดียวกันกับประเทศญี่ปุ่น ได้ทำการศึกษาความเหมาะสม การบำบัดน้ำเสียในอุโมงค์

เนื่องจาก ระบบน้ำสร้างในอุโมงค์ โครงสร้างโดยทั่วไปจึงมีลักษณะยาวมาก ซึ่งเป็นจุดแตกต่างจากระบบที่สร้างบนพื้นดิน อย่างไรก็ตาม ในการเลือกสรรขบวนการบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดในอุโมงค์ก็ไม่มีข้อจำกัดแต่อย่างไร นอกจากนี้วิธีนี้ ยังมีข้อได้เปรียบเกี่ยวกับโครงสร้างฐานราก และโครงสร้างหลังคา หรือฝาปิดองค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็น ในพื้นที่ที่มีหิมะตกหนัก ซึ่งต้องมีมาตรการป้องกันหิมะ เพื่อควบคุมอุณหภูมิ ในระบบบำบัดน้ำเสีย (โทกุจิ อันนากะ, 2533)