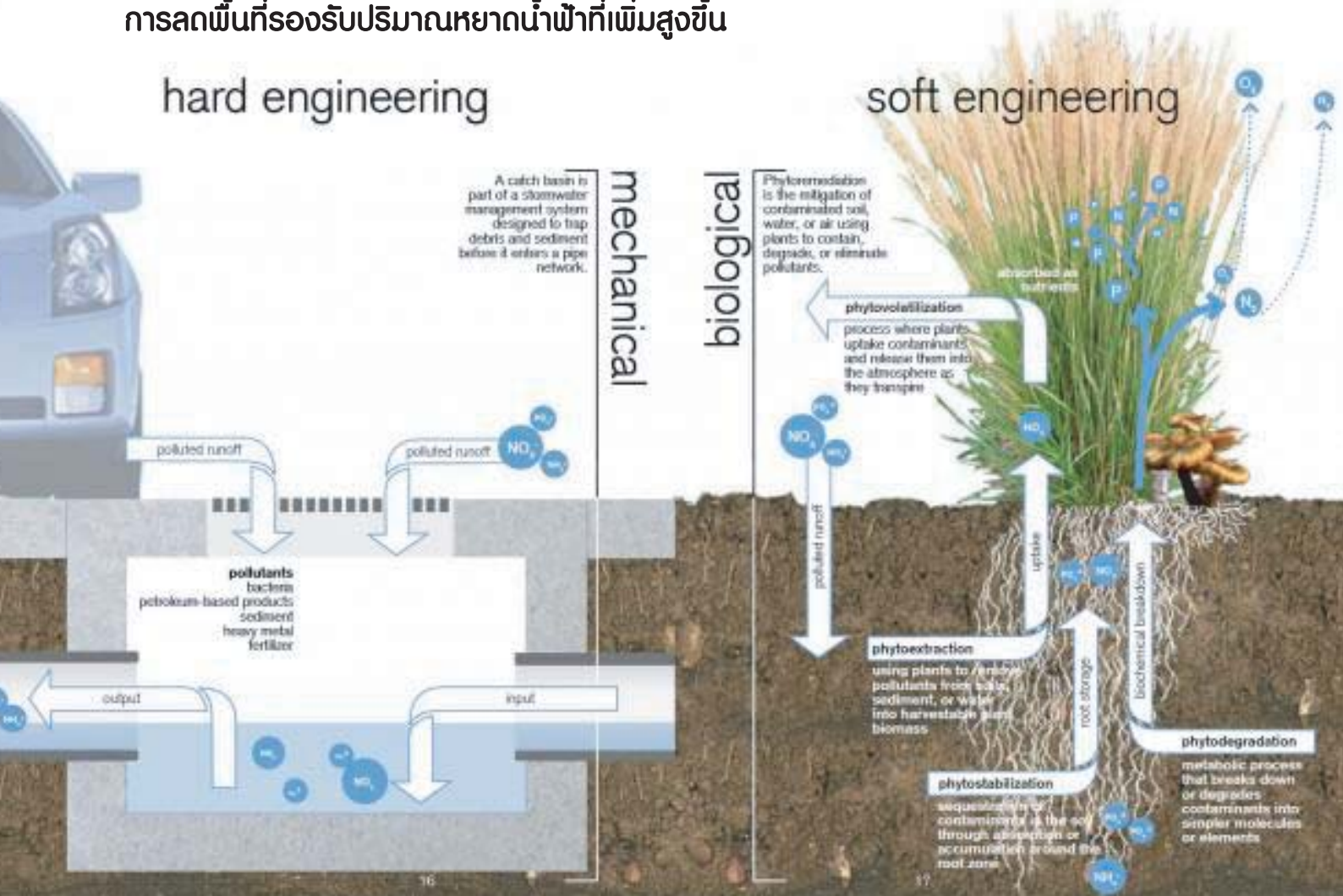
เรียนรู้จากเมืองฟิลาเดลเฟีย มลรัฐเพนซิลวาเนีย ประเทศอเมริกา : การจัดการปัญหาน้ำท่าชุมชน อย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เรียบเรียงโดย
Anootnara Talkul Kuster, Ph.D
Anthony C. Kuster, P.E.

ปัญหาน้ำท่วม (Flooding) จัดว่าเป็นหนึ่งในปัญหาหลักจากภัยพิบัติทางธรรมชาติของประเทศไทย ตัวอย่างปัญหาน้ำท่วมรุนแรงใน ปี พ.ศ. 2554 ส่งผลกระทบ ต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก 800 กว่าชีวิตที่สูญเสียจากภัยพิบัติครั้งนั้น [1] และอีกมากกว่า 1.4 ล้านล้านบาท ที่ประเทศชาติต้องเสียหายจากผลกระทบ [2] ซึ่งในอนาคตมีแนวโน้มว่าโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมในประเทศไทยนั้นจะเพิ่มมากขึ้นและยังจะทวีความรุนแรงมากขึ้นด้วย สาเหตุหลักๆ ของการเกิดน้ำท่วมมี 2 สาเหตุคือ 1) การเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศหรือที่รู้จักกันว่า Climate change ทั่วโลก ซึ่งส่งผลให้เกิดการเพิ่มปริมาณหยาดน้ำฟ้า (precipitation; [3]) และ 2) การเปลี่ยนแปลงทางผังเมือง เช่น การขยายตัวของเมือง (urban sprawl) ซึ่งเป็นการลดพื้นที่รองรับปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น



วัฏจักรอุทกวิทยา (Hydrologic cycle) คือการเคลื่อนตัวของน้ำบนโลกใบนี้ ซึ่งรวมถึงการเคลื่อนตัวบนพื้นผิวดิน ใต้ดิน และในชั้นบรรยากาศ ซึ่งจะสามารถแยกองค์ประกอบได้เป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1) หยาดน้ำฟ้า (precipitation, P) คือ การที่ฝนตกลงมาจากบรรยากาศลงสู่พื้นผิวโลก 2) การระเหยกลายเป็นไอ (Evaporation, E) และ 3) การคายน้ำ (Transpiration, T) คือ เป็นกระบวนการส่งน้ำบนพื้นผิว กลับไปสู่บรรยากาศ 4) การซึม (Infiltration, I) คือ การไหลซึมของน้ำจากผิวดินเข้าไปในดิน 5) น้ำท่า (Run Off, RO) คือ น้ำส่วนที่เหลือจากกระบวนการ 2 ถึง 4 และเคลื่อนตัวอยู่บนพื้นผิวโลก ไปสู่แหล่งน้ำผิวดิน (surface water body) เช่น ลำธาร แม่น้ำ บึง ทะเลสาบ คลอง หรือมหาสมุทร ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบด้านบนสามารถที่เขียนเป็นสมการที่เรียกว่า hydrologic budget ได้ดังนี้

$$P = E + T + I + RO$$

น้ำท่า หรือ RO หาได้จากการแก้สมการข้างต้น ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังสมการต่อไปนี้

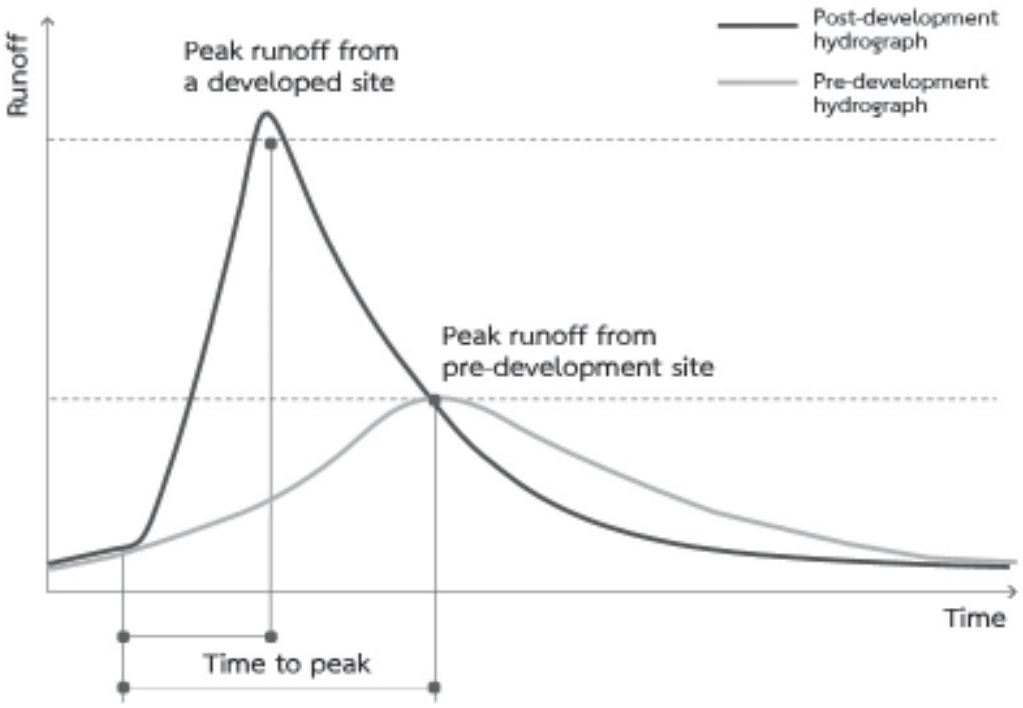
$$RO = P - (E + T + I)$$

ดังนั้นจากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่า หากปริมาณหยาดน้ำฟ้าเพิ่มขึ้น หรือหากการระเหยเป็นไอ การคายน้ำ หรือการแทรกซึมมีปริมาณลดลง จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นที่น่ากังวลเป็นอย่างมากเนื่องจากแนวโน้มของประเทศไทยกำลังจะเป็นไปตามที่กล่าวมานั้น สภาพภูมิอากาศโลกที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถคาดคะเนได้ถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณหยาดน้ำฟ้าโดยรวม และการเพิ่มขึ้นของปริมาณหยาดน้ำฟ้าในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ [3] นอกจากนี้ การขยายเมืองของประเทศไทยที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องที่อัตราร้อยละ 1.6 ต่อปี [4] ทำให้พื้นที่เกษตรกรรมถูกแทนที่ด้วยตึก อาคาร และ ถนน ซึ่งลดการระเหยกลายเป็นไอและการคายน้ำ และพื้นที่เหล่านี้ถูกจัดว่าเป็นพื้นที่ทึบน้ำ (Impervious surface) เนื่องจากขัดขวางการซึมลงดินของน้ำเป็นอย่างมาก ดังนั้น จากสมการข้างต้น เมื่อ P เพิ่มขึ้น ในขณะที่ E T และ I ลดลง ก็จะทำให้ RO เพิ่มขึ้น อย่างหลีกเลี่ยงมิได้ ทั้งนี้ ส่วนของน้ำท่าชุมชน (Urban runoff) หมายถึง น้ำท่าที่ไหลผ่านพื้นที่ที่มีที่อยู่อาศัยหรือชุมชน ซึ่งมักชะเอามลพิษต่าง ๆ ติดมาด้วย และรวมถึงน้ำที่เกิดจากจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ปล่อยลงบนพื้นที่ทึบน้ำ เช่น การล้างรถ การทำความสะอาดพื้นถนน และบ้านเรือน

วิธีการบริหารจัดการน้ำและอุทกภัยในเมืองไทยปัจจุบันนี้คือ การระบายน้ำซึ่งมีทั้งน้ำเสีย น้ำฝน และน้ำท่าชุมชนไปสู่ระบบรองรับน้ำโสโครกแบบรวม (Combined sewer system) โดยในปัจจุบัน จำนวนประชากรในเมืองที่เพิ่มขึ้นอย่างล้นหลามนั้นก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเสียเป็นเท่าตัว ในขณะที่น้ำท่าชุมชนนั้น นอกจากจะมีปริมาณมากแล้ว ยังปนเปื้อนไปด้วยสิ่งสกปรกต่าง ๆ เช่น น้ำมัน ไขมัน สารเคมี แบคทีเรีย รวมถึงตะกอนต่าง ๆ ที่ชะล้างมาจากพื้นผิวถนน อาคารบ้านเรือน หรือลานจอดรถ ดังนั้น การปล่อยน้ำท่าชุมชนไปรวมกับน้ำโสโครกในระบบรองรับน้ำแบบรวมจึงเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater treatment systems) ที่มีขีดความสามารถในการรองรับน้ำได้จำกัด ทำให้กระทบต่อขีดความสามารถของระบบบำบัดน้ำเสีย ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียลดลง น้ำที่ปล่อยออกจากระบบบำบัดอาจไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด และถูกปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลองโดยที่ยังไม่ได้รับการบำบัดให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ ความต้องการเข้าถึงน้ำสะอาดยังเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ โดยแนวทางในการป้องกันแหล่งน้ำสะอาดที่ดีที่สุด คือการป้องกันไม่ให้มีสิ่งปนเปื้อนเข้ามาปะปนกับแหล่งน้ำสะอาด ดังนั้น ผลกระทบมาจากการเปลี่ยนแปลงมาจากสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงของผังเมืองตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นประเด็นที่ต้องมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

ผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

ผลกระทบในหลาย ๆ ด้านอันเกิดจากน้ำท่าชุมชน เช่น การเกิดน้ำท่วม มลพิษ และ การกัดกร่อน [6] จากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ทึบน้ำและการเพิ่มการระบายของน้ำท่า ไปสู่พื้นที่รับน้ำในเขตชุมชนเมืองนั้น สามารถทำให้เกิดน้ำท่วมอย่างเป็นวงกว้าง และรุนแรง และรวมถึงระยะเวลาของน้ำท่วมในแต่ละครั้งที่อาจนานขึ้น รูปที่ 1 แสดงผลกระทบของ



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลง Peak runoff แสดงโดยกราฟอุทก (hydrograph) อันเนื่องมาจากการพัฒนา [5]

การขยายตัวของเมืองและน้ำท่าชุมชนโดยอาศัยกราฟอุทก ซึ่งเป็นการวัดลักษณะสำคัญต่าง ๆ ของน้ำ เช่น ระดับ ปริมาณ อัตราเร็ว ตะกอน ในที่แห่งใดแห่งหนึ่ง ซึ่งสัมพันธ์กับระยะเวลา จากรูปจะเห็นได้ว่าการพัฒนาของเมืองนั้นส่งผลให้ความรุนแรงของน้ำท่วมเพิ่มมากขึ้นและทำให้เกิดน้ำท่วมจากการที่ฝนตกในแต่ละครั้งได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นถ้าหากว่ายังไม่มีการบริหารจัดการน้ำท่าชุมชนที่เหมาะสม โอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมในวงกว้างและรุนแรงจะเพิ่มขึ้น รวมทั้งอาจก่อให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน

นอกจากนี้แล้วในหลาย ๆ เมืองซึ่งใช้ระบบรองรับน้ำโสโครกรวม ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจากน้ำท่านั้นก็จะถูกส่งไปยังโรงบำบัดน้ำเสีย ซึ่งควรที่จะต้องถูกบำบัดที่โรงบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ แต่อย่างไรก็ดี เพื่อการป้องกันไม่ให้กระทบต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัด หลายครั้งที่มีการระบายน้ำที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัดไปสู่แหล่งน้ำโดยตรง ซึ่งเป็นการปล่อยมลพิษและเชื้อโรคลงสู่แหล่งน้ำโดยตรงนั้นเอง มลพิษเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่น่ากังวลของน้ำท่าชุมชนเช่นกัน เนื่องจากน้ำท่าชุมชนมักประกอบไปด้วย ตะกอน น้ำมัน ไขมัน แบคทีเรีย และ สารเคมีต่าง ๆ [6] เป็นการเพิ่มภาระให้แก่โรงบำบัดน้ำเสีย ทั้งนี้ น้ำท่าชุมชนมีความเข้มข้นของตะกอนในรูปของแข็งแขวนลอยระหว่าง 10–180 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งโดยทั่วไปมีค่าเฉลี่ยประมาณ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร [7] และมีแบคทีเรียในกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มประมาณ 5,000–10,000 MPN ต่อมิลลิลิตร [7] อีกทั้งยังมักพบสารหนู แคดเมียม โครเมียม เหล็ก ตะกั่ว ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ในปริมาณที่สามารถตรวจวัดได้อีกด้วย

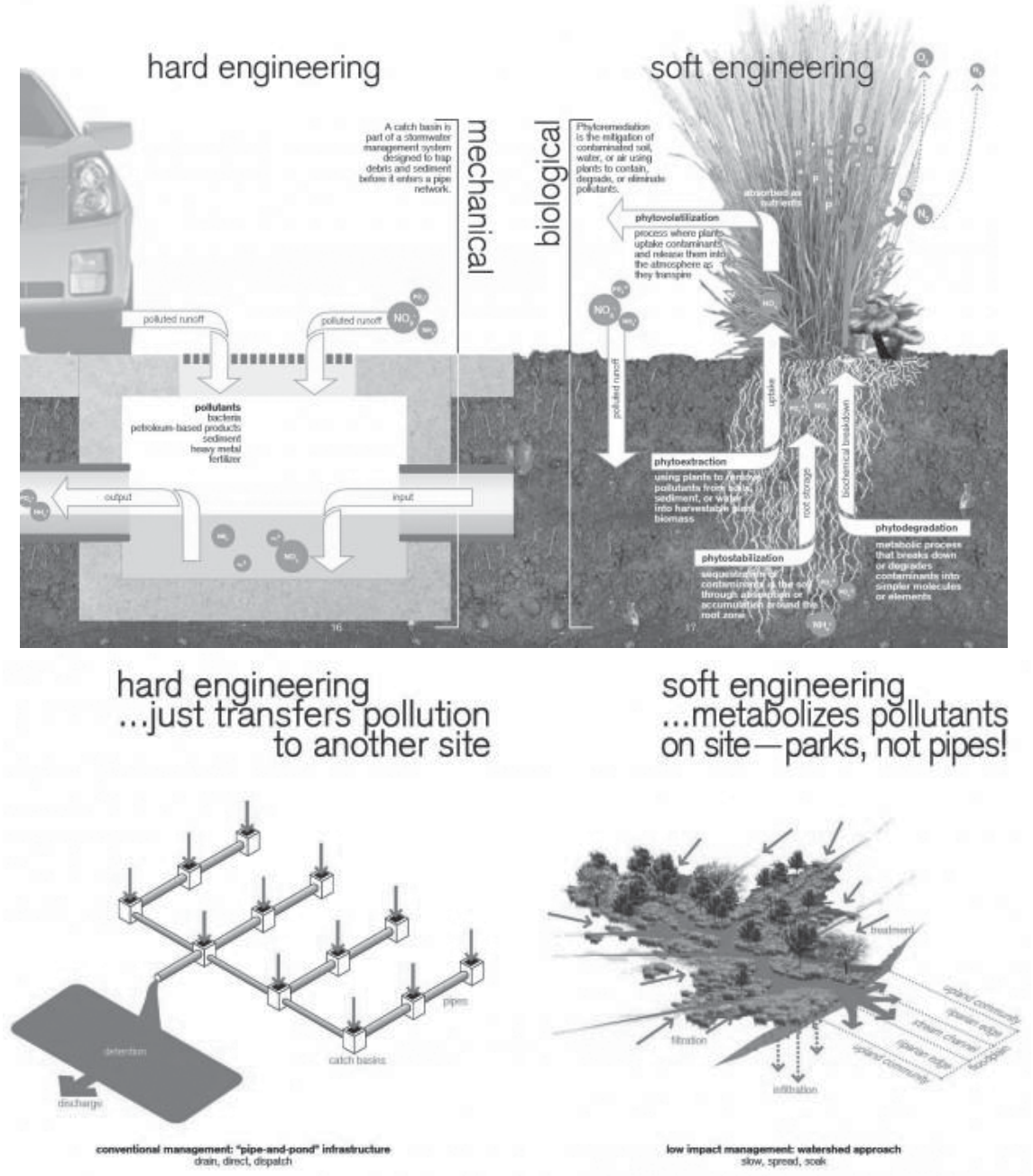
ผลกระทบจากน้ำท่าชุมชนเรื่องที่ที่สาม คือ การกัดกร่อน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากน้ำท่าชุมชนที่มีความเร็วสูงที่ไหลผ่านพื้นที่ประกอบด้วยทราย และดินตะกอน มักจะหอบหิ้วเอาตะกอนเหล่านี้ มาด้วยและทำให้เกิดการชะล้าง และกัดกร่อนของพื้นที่ที่น้ำท่าไหลผ่าน

วิธีการลดปริมาณน้ำท่าชุมชนและปรับปรุงคุณภาพน้ำ

สามารถทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปแล้วจะจำแนกออกเป็น 2 เทคนิค คือ 1) แบบมีโครงสร้าง (Structural) และไม่มีโครงสร้าง (Non-structural)

1) เทคนิคแบบมีโครงสร้างจะรวมถึงการใช้เครื่องมือทางกายภาพ ในการลดปริมาณและปรับปรุงคุณภาพน้ำท่าชุมชน ซึ่ง สามารถแยกย่อยออกเป็น 2 แบบ คือ Hard engineering และ Soft engineering [8] หลักการของ Hard engineering ก็เพื่อกักน้ำและการชะลอการไหลของน้ำท่า ในขณะที่ Soft engineering จะใช้วิธีทางชีวภาพ ในการการกักน้ำและการชะลอการไหลของน้ำ ซึ่งรวมไปถึงเทคนิคอื่น ๆ เช่น Green roofs, Rain gardens และ Harvest rainwater โดยแสดงข้องแตกต่างระหว่าง Hard และ Soft engineering ได้ดัง รูปที่ 2 2) เทคนิคแบบไม่มีโครงสร้าง รวมถึงการใช้นโยบายเพื่อลดปริมาณน้ำท่า ซึ่งจะส่งเสริมการควบคุมและโน้มน้าวให้ดำเนินการแก้ไขปัญหาเชิงโครงสร้าง

การบริหารจัดการน้ำที่ประสบความสำเร็จนั้นควรประกอบด้วยทั้งวิธีเทคนิคแบบมีโครงสร้างและแบบไม่มีโครงสร้าง นอกจากนี้ การจัดการแบบองค์รวมที่ครอบคลุมทุกมิติของระบบการระบายน้ำ มีความสำคัญเป็นอย่างมากที่จะลดปริมาณน้ำท่าชุมชนและช่วยทำให้การบริหารจัดการน้ำท่าชุมชนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น [5]



รูปที่ 2 แสดงความแตกต่างระหว่าง Hard engineering และ Soft engineering ในการจัดการน้ำท่า (ดัดแปลงจาก [8])

บทเรียนจากเมืองฟิลาเดลเฟีย มลรัฐเพนซิลวาเนีย

ในขณะที่ระบบรองรับน้ำโสโครกแบบรวมนั้นมีให้เห็นได้ในหลาย ๆ ที่ทั่วโลก ซึ่งเป็นระบบที่อาจทำให้น้ำโสโครกเกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ โดยเฉพาะในช่วงฤดูที่ฝนตกหนัก เพื่อตอบสนองถึงการแก้ปัญหานี้ ทางแก้ไขอย่างหนึ่ง คือ การสร้างโรงบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้นให้รองรับน้ำท่าชุมนได้ ซึ่งเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูง แต่ที่เมืองฟิลาเดลเฟียนั้น เลือกที่จะทดแทนการสร้างโรงบำบัดเพิ่มโดยการจัดทำโครงการที่ชื่อ "Green City, Clean Waters Program" ซึ่งมีต้นทุนต่ำกว่ามาก เมืองฟิลาเดลเฟียนั้นจัดได้ว่าเป็นต้นแบบที่ดีเยี่ยมของการจัดทำโครงสร้างพื้นฐานของการลดปริมาณน้ำท่าชุมชนอย่างยั่งยืน ซึ่งอาจจะนำมาประยุกต์ใช้กับเมืองใหญ่ ๆ ในประเทศไทยได้ เนื่องจากเมืองฟิลาเดลเฟียนั้นมีระบบรองรับน้ำโสโครกรวมเช่นเดียวกับเมืองใหญ่ ๆ ในบ้านเรา

โครงการ "Green City, Clean Waters Program" ใช้เทคนิค "Green Stormwater Infrastructure" มาใช้ในการป้องกันหรือลดปริมาณน้ำท่า อันได้แก่ การใช้ประโยชน์จากขอบถนน ขอบคันหิน เพื่อปลูกต้นไม้ดอกไม้ ซึ่งทำหน้าที่เป็นที่กักเก็บรองรับน้ำ โดยให้ซึมสู่ใต้ดินอย่างเป็นธรรมชาติ นอกจากนี้ยังใช้วัสดุซึมน้ำ (Pervious pavement) บริเวณทางเดินเท้าเพื่อลดปริมาณน้ำท่าจากถนน รวมทั้งการใช้ถังเก็บน้ำฝนตามบ้านเรือน ในการกักเก็บน้ำฝนที่มาจากหลังคาบ้าน อีกทั้งยังสร้าง Green roof เพื่อลดปริมาณน้ำท่าและยังสามารถช่วยลดความร้อนได้อีกด้วย [9] ซึ่งเมืองอื่น ๆ ก็มีการจัดทำโครงการคล้าย ๆ กัน อาทิเช่น เมืองพอร์ทแลนด์ (Portland) มลรัฐโอเรกอน (Oregon) เมืองแคนซัสซิตี้ (Kansas city) มลรัฐแคนซัส และ มลรัฐฟอริด้า (Florida) อย่างไรก็ตาม โครงการที่เมืองฟิลาเดลเฟียมีอีกจุดเด่นอีกจุดหนึ่ง คือการใช้นโยบายร่วมกันคือ นโยบาย Greened acres (พื้นที่สีเขียว รวมถึงพื้นที่ไม่ทึบน้ำ) และ นโยบายในการเก็บค่าน้ำเป็นสัดส่วนกับ Green infrastructure โดยอาศัยหลักการพื้นฐานที่ว่าหากมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ทึบน้ำโดยอาศัย Green infrastructure วิธีต่าง ๆ ไปสู่พื้นที่ที่จัดเป็น Greened acres เพียงหนึ่งเอเคอร์ จะสามารถลดปริมาณน้ำท่าชุมชนที่จะลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียสูงถึง 27,000 แกนลอน (100,000 ลิตร) โดยเป้าหมายของเมืองฟิลาเดลเฟีย คือการสร้าง Greened acres ให้มากกว่า 9,000 เอเคอร์ ภายในเวลา 25 ปี [10] ซึ่งจะสามารถลดปริมาณน้ำท่าชุมชนได้มากกว่า 900,000,000 ลิตร นอกจากนี้หน่วยงานการประปาที่เมืองฟิลาเดลเฟีย ยังมีนโยบายในการเก็บค่าน้ำเป็นสัดส่วนกับ Green infrastructure โดยคำนวณจากขนาดพื้นที่ทึบน้ำที่ครอบครอง ส่วนประชาชนที่ไม่มีทะเบียนอยู่ในเขตนั้น (Nonresidential customers) หรือไม่ได้เป็นเจ้าของที่ดินหรืออสังหาริมทรัพย์ จะถูกเรียกเก็บค่าน้ำโดยอาศัยสัดส่วนของพื้นที่ทึบน้ำต่อพื้นที่ทั้งหมดโดยประมาณ (Gross property area) ซึ่งถ้าสัดส่วนของพื้นที่ทึบน้ำต่อพื้นที่ทั้งหมดสูงก็จะต้องจ่ายมากกว่ากรณีที่สัดส่วนของพื้นที่ทึบน้ำต่อพื้นที่ทั้งหมดต่ำกว่า และถ้าพื้นที่ใดสามารถลดปริมาณน้ำท่าและรับเอาโครงการนี้ไปปฏิบัติ ก็จะได้รับเครดิตอีกด้วย ซึ่งระบบการเรียกเก็บค่าน้ำแบบนี้ เป็นการกระตุ้นให้ผู้ใช้น้ำช่วยกันลดปริมาณน้ำท่านั่นเอง [11] ตัวอย่างเช่น ถ้านาย เอ ครอบครองพื้นที่ขนาด 2 เอเคอร์ โดยครึ่งหนึ่งเป็นลานจอดรถคอนกรีตว่างเปล่าที่ไม่ได้ใช้งาน ซึ่งก่อนปี 2011 นาย เอ จะเสียค่าน้ำตามการใช้น้ำตามจริง เช่น X $ ต่อเดือน แต่หลังจากมีการประกาศใช้นโยบายในการเก็บเงินตาม Green infrastructure นั้น นาย เอ ต้องเสียค่าน้ำเพิ่มขึ้น เช่น XX $ ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ทึบน้ำที่ครอบครอง ในที่นี้คือ 1 เอเคอร์ ซึ่งเป็นพื้นที่ทึบน้ำ (เนื่องจากยิ่งมีพื้นที่ทึบน้ำมากเท่าใด ยิ่งเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำท่าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียมากเท่านั้น) แต่ถ้านาย เอ ตัดสินใจที่จะปรับเปลี่ยนพื้นที่ทึบน้ำที่ครอบครองให้เป็น Green infrastructure นั้น นาย เอ จะได้รับเงินช่วยเหลือจากเมืองฟิลาเดลเฟียในการปรับเปลี่ยนพื้นที่จากพื้นที่ทึบน้ำไปเป็น Green acres เป็นต้น

ผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์ สังคม และสิ่งแวดล้อม

การใช้กลยุทธ์ Green stormwater infrastructure ส่งผลเชิงบวกต่อเศรษฐกิจในสองประการที่สำคัญ ประการแรกคือ การลดลงของปริมาณน้ำท่าซึ่งช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วม เมื่อความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมลดลง ก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม ความเสียหาย อันเกิดจากน้ำท่วมและยังช่วยลดค่าใช้จ่ายเพื่อใช้ในการป้องกัน

น้ำท่วม อาคาร บ้านเรือน ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและแนวโน้มของการไปสู่ความเป็นเมืองยังคงดำเนินต่อไป ความเสียหายจากภาวะน้ำท่วมก็มีทิศทางที่จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อตอบสนองต่อเหตุการณ์น้ำท่วมประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 รัฐบาลได้จัดสรรงบประมาณหลายพันล้านบาทสำหรับปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 เพื่อส่งเสริมการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการและการก่อสร้างของโครงสร้างพื้นฐาน แท้ที่จริงแล้วการป้องกันน้ำท่วมมีค่าใช้จ่ายที่สูงมากในขณะที่ความเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมก็ยังคงเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องป้องกันน้ำท่วมที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ๆ ทุก ๆ ปี [12] การลดปริมาณน้ำท่าผ่านโครงการ Green stormwater infrastructure น่าจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดการเกิดน้ำท่วมและบรรเทาความรุนแรงเมื่อเทียบกับการทุ่มงบประมาณไปที่การป้องกันและซ่อมแซมอย่างเดียว

ประการที่สองคือ อย่างที่กล่าวไปแล้วว่าระบบรองรับน้ำโสโครกของเมืองไทยนั้นเป็นระบบรองรับน้ำรวม เมื่อปริมาณน้ำท่าชุมชนที่สูงเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูมรสุม เป็นการเพิ่มภาระให้แก่ระบบบำบัดน้ำเสียนอกจากนี้น้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้น ๆ ลดลงและยังมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยตรง เช่น สัตว์น้ำจำนวนมากตาย การเกษตรเสียหาย เพราะฉะนั้น การลดปริมาณน้ำท่าชุมชน โดยใช้ Green stormwater infrastructure จึงเป็นการลดปริมาณน้ำเสียที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นการลดความจำเป็นในการขยายระบบบำบัดน้ำเสีย จึงเป็นการช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งนับเป็นผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ

นอกเหนือไปจากผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ การพิจารณาผลกระทบในวงกว้างของโปรแกรมนี้ ยังเป็นสิ่งสำคัญอีกด้วย ซึ่งเราสามารถพิจารณาด้วยการวิเคราะห์ Triple Bottom Line (TBL) ซึ่งพิจารณามากกว่าแค่ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ การวิเคราะห์ TBL พิจารณาด้วย 3 หลักการต่อผลการดำเนินงานในระยะยาว ซึ่งประกอบด้วย: ต้นทุนทางสังคม ต้นทุนทางเศรษฐกิจ และต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อม ต้นทุนทางเศรษฐกิจของโครงการ Green stormwater infrastructure ได้กล่าวไว้บ้างแล้ว ประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมจากโครงการ Green stormwater infrastructure ทำให้บ้านเมืองสะอาดและน่าอยู่ขึ้น ส่งเสริมความภูมิใจและ ส่งเสริมให้คนอาศัยอยู่ในเมือง ผสมผสานโอกาสด้านนันทนาการช่วยส่งเสริมสุขภาพของประชาชน เห็นได้ชัดว่าการลดมลพิษและปรับปรุงคุณภาพน้ำ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงบวก การปรับปรุงคุณภาพน้ำยังช่วยลดความเสี่ยงของโรคที่มากับน้ำ ซึ่งมีผลกระทบเชิงบวกต่อสังคม

เอกสารอ้างอิง

1.รายงานสรุปสถานการณ์ อุทกภัย วาตภัย และดินโคลนถล่ม 24/7 Emergency Operation Center for Flood, Storm and Landslide (24/7 EOC for Flood, Storm and Landslipe). 2012.

2.Bank, W. The World Bank Supports Thailand's Post-Floods Recovery Effort. 2011 29 October 2013; อ้างอิงจาก: http://www.worldbank.org/en/news/feature/2011/12/13/world-bank-supports-thailands-post-floods-recovery-effort.

3.IPCC, U.N.I.P.o.C.C., Fifth Assessment Report, Climate Change 2013, September. 2013.

4.(CIA), C.I.A., The World Factbook. 2013.

5.PUB, Managing Urban Runoff' Drainage Handbook, ed. 1. 2013: The National Water Agency and The Institute of Engineers Singapore (IES).

6.(USEPA), U.S.E.P.A., Managing Urban Runoff. 1996.

7.(BMP), I.S.B.M.P. 2012.

8.(UACDC), U.o.A.C.D.C., Low Impact Development, A Design Manual for Urban Areas. 2010: Fay Jones School of Architecture, University of Arkansas.

9.(PWD), P.W.D., Green City Clean Waters, The City of Philadelphia's Program for Combined Sewer Overflow Control, Program Summary. 2011.

10.(NRDC), N.R.D.C., Creating Clean Water Cash Flows, Developing Private Markets for Green Stormwater Infrastructure in Philadelphia. 2013.

11.(PWD), P.W.D., Combined Sewer Overflow Control Alternatives Costing Tool Reference Manual. 2009b.

12.Kuster, A.C., From Control to Management: Changes in Dutch Flood Mitigation. Perspectives on Business and Economics. 2008, Martindale Center for the Study of Private Enterprise, Lehigh University.