

การกำหนดค่าการซึมได้ของน้ำฝนไหลนองบนสวนซับน้ำฝน สำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

Determination of stormwater runoff infiltration on rain water absorbing garden for landscape architecture

ดำรงศักดิ์ รินชุมภู¹ และ รุจิโรจน์ อนามบุตร²

Damrongsak Rinchumphu and Rujiroj Anambutr

บทคัดย่อ

การพัฒนาที่ดินที่เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันทำให้พื้นผิวพรมน้ำตามธรรมชาติลดลง ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขังหรือน้ำไหลนองในพื้นที่เขตเมืองบ่อยครั้งและทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น จึงทำให้เกิดข้อบังคับในผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ที่ส่งเสริมให้เกิดการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมให้มีสวนซับน้ำฝนเพื่อเพิ่มศักยภาพในการลดการไหลนอง (หรือเพิ่มการซึมได้ของน้ำ) ของพื้นที่โดยจะได้รับสิทธิในการเพิ่มพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินตามปริมาณการลดการไหลนองในโครงการ แต่การประเมินปริมาณน้ำไหลนองบนพื้นที่สวนซับน้ำฝนยังขาดวิธีประเมินที่เหมาะสม เบื้องต้นพบว่า การประมาณการน้ำไหลนองด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำหลากตามผิวดิน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำไหลนองบนพื้นที่สวนซับน้ำฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงได้ทดลองด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการดังกล่าวกับรูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนรับน้ำฝนในรูปแบบต่างๆ และนำเสนอเป็นคู่มือสำหรับการนำไปใช้งาน ภูมิสถาปัตยกรรมต่อไป

คำสำคัญ: น้ำไหลนอง สวนซับน้ำฝน การซึมน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์

1 นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

E-mail : RINCHUMPHU_D@su.ac.th

2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Abstract

Nowadays the dramatic urban land development affects to the reduction of natural porosity surfaces, thus increasing frequency and destructive urban flooding or stormwater runoff problems. Consequently, the Bangkok Comprehensive Plan 2013 has been mandated to promote the landscape design to increase rainwater garden to effectively reduce the stormwater runoff and increase the water infiltration, which will earn the floor area ratio bonus for the achieved developments. However, the appropriated method for assessment of stormwater runoff on rainwater garden area has been deficient. Meanwhile, the preliminary studies found that the Curve Number (CN) Method is applicable to use for assessing stormwater runoff capacity on rainwater garden area. This research processes the experiment in the application of CN method on several bio-retention area designs. Thereby, present a design guideline for landscape architecture practices.

Keywords: Stormwater runoff, rainwater garden, infiltration, Curve Number (CN)

บทนำ

สถานการณ์ภาวะโลกร้อน (global warming) ก่อให้เกิดผลกระทบอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต และระบบนิเวศน์ขึ้น และการอยู่อาศัยของมนุษย์ อีกทั้งสภาพทางฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดภาวะอุทกภัยที่เกิดจากน้ำมากยิ่งขึ้น เช่น สภาวะน้ำท่วมฉับพลัน การเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากการชะล้างของน้ำฝน เป็นต้น โดยส่งผลกระทบมากยิ่งขึ้นหากเกิดขึ้นในเขตชุมชนเมือง อันเนื่องมาจากอัตราความเข้มข้นของการประโยชน์ที่ดินซึ่งมีสัดส่วนตรงกันข้ามกันพื้นที่รับน้ำหรือพื้นที่พุน้ำตามธรรมชาติ ผลของเหตุการณ์ดังกล่าวส่งผลให้เกิดความพยายามแก้ไขหรือลดผลกระทบของการเกิดเหตุการณ์อุทกภัยที่เกิดจากน้ำ โดยมีความพยายามทั้งในมิติด้านการลดภาวะโลกร้อนในภาพรวม เช่น ความพยายามในระดับนานาชาติในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรอบข้อตกลงระหว่างประเทศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) ผ่านบันทึกข้อตกลงร่วมกันตั้งแต่ Kyoto Protocol ในปี ค.ศ.1997 เรื่อยมาถึง Montreal Protocol ในปัจจุบัน (Oberthür, 2001; Velders, et al., 2007) ความพยายามในอีกด้านหนึ่งคือการลดผลกระทบ หรือการเตรียมตัวรับมือผลกระทบจากการเกิดสภาวะการณ์ต่างๆ ในกรณีของประเทศไทย เช่น กระทรวงพลังงานได้ออกกฎหมายกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคารและมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 (Rinchumpoo, et al., 2012) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนดให้ต้องทำรายการการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) และการจัดตั้งสถาบันอาคารเขียว (Thai Green Building Council) เพื่อส่งเสริมให้มีการพัฒนาโครงการให้มีคุณลักษณะด้านการอนุรักษ์พลังงาน น้ำ ทรัพยากร และวัสดุ มีคุณภาพอากาศในอาคารที่ดี (Rinchumpoo, et al., 2012; Tongcumpou, & Harvey, 1994) เป็นต้น

ทั้งนี้ในปัจจุบันพบว่ากระบวนการออกแบบเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากปริมาณน้ำฝน หรือเพื่อจัดการน้ำฝน แบ่งออกเป็น 2 แนวทาง คือ แนวทางด้านการออกแบบอนุรักษ์นิยม (conventional stormwater management) และการออกแบบเพื่อให้แต่ละพื้นที่มีความสามารถในการเพิ่มพื้นที่รับน้ำด้วยตนเอง (water sensitive design) ได้มากขึ้น โดยการออกแบบอนุรักษ์นิยมมีพื้นฐานแนวความคิดที่เน้นการจัดการน้ำผิวดินส่วนเกินให้ระบายสู่พื้นที่รับน้ำอื่นอย่างรวดเร็วด้วยระบบโครงสร้างการระบายน้ำของเมือง (urban structure) เช่น การสร้าง เขื่อน/ฝายรับน้ำ สถานีสูบน้ำ ท่อระบายน้ำ เป็นต้น (Limthongsakul, 2011) โดยมีหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้นำเสนอผ่านข้อกำหนดในการออกแบบ หรือมาตรฐานการออกแบบในรูปแบบต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น มาตรฐานการออกแบบทางระบายน้ำ หรือคู่มือการออกแบบวิศวกรรมระบบระบายน้ำ (Punsawad, 2011) เป็นต้น ส่วนในอีกทางหนึ่ง การออกแบบเพื่อให้แต่ละพื้นที่มีความสามารถในการเพิ่มพื้นที่รับน้ำด้วยตนเอง ได้มีบทบาทและมีผู้ให้ความสำคัญมากยิ่งขึ้น โดยจะเห็นได้จากข้อกำหนดของเกณฑ์มาตรฐานด้านการจัดการน้ำและภูมิทัศน์ ในเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ (TREES-NC) ของสถาบันอาคารเขียวไทย (Rinchumpoo, et al., 2012) ได้กำหนดไว้เป็นแนวทางในการออกแบบอีกทางหนึ่งด้วย และแม้กระทั่งการเพิ่มข้อกำหนดของการให้สิทธิในการเพิ่มพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (floor area ratio bonus) ตามข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 (Dangkwanong, 2015) จึงเป็นข้อสนับสนุนที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการดำเนินการส่งเสริมการออกแบบและพัฒนาพื้นที่ในการช่วยบรรเทาความรุนแรงของการเกิดน้ำไหลนองดังที่กล่าวมาข้างต้น

สำหรับการทำงานด้านภูมิสถาปัตยกรรม แนวทางการออกแบบเพื่อเพิ่มศักยภาพการรับน้ำของที่ดินที่ถูกนำมาเลือกใช้อาศัยอยู่บ่อยครั้งได้แก่การออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน (rain garden) (Jaber, et al., 2012) โดยมีเอกสารวิชาการและคู่มือสำหรับใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอยู่หลากหลาย โดยเฉพาะของต่างประเทศ ซึ่งมักจะถูกจัดอยู่ในชุดของแนวทางการออกแบบตามหลักการที่เรียกอยู่หลากหลายชื่อ เช่น low impact development (LID) ในประเทศสหรัฐอเมริกา water sensitive urban design (WSUD) ของประเทศเครือจักรภพออสเตรเลีย และ active, beautiful and clean-water design (ABC-Water) ของประเทศสิงคโปร์ เป็นต้น (Howe, et al., 2012) แต่โดยภาพรวมมีจุดมุ่งหมายส่งเสริมให้เกิดการออกแบบพื้นที่ให้เพิ่มประสิทธิภาพของการรับน้ำ/หรือเพิ่มการซึมผ่านของพื้นผิว โดยยังอยู่ในพื้นฐานของการได้ประโยชน์การใช้งาน ตามเดิม อย่างไรก็ตามความท้าทายหนึ่งของสถาปนิกในการเลือกรูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องดำเนินการภายใต้แรงจูงใจของการได้สิทธิในการเพิ่มพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินคือการคำนวณหาปริมาณน้ำฝนที่พื้นที่สวนซับน้ำฝนสามารถทำได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะใช้หลักการที่ค่อนข้างซับซ้อน และอาศัยหลักการทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณ จึงทำให้เกิดความไม่เกิดการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายสำหรับภูมิสถาปนิก (Pipitpongsant, 2010; Tantilertanant, 2011) เบื้องต้นพบว่า การประมาณการน้ำไหลลงด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำฝนตามผิวดิน (Curve Number (CN) method) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำไหลลงบนพื้นที่สวนซับน้ำฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Chappell, 2015; Natural Resources Conservation Service, 2009) งานวิจัยในครั้งนี้จึงดำเนินการทดลองในการประยุกต์ใช้วิธีการดังกล่าวกับรูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนรับน้ำฝนในรูปแบบต่างๆ และนำเสนอในการนำไปใช้ในงานภูมิสถาปัตยกรรมต่อไป

วัตถุประสงค์

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการนำเสนอข้อมูลและวิธีการอย่างง่าย ในการคำนวณปริมาณการซึมได้ของน้ำฝนของพื้นที่สวนซับน้ำฝน สำหรับการใช้งานของภูมิสถาปนิกหรือผู้ที่มีส่วนในการออกแบบพื้นที่ว่างในโครงการ

การทบทวนวรรณกรรม

เนื้อหาของการทบทวนวรรณกรรมมีเป้าหมายให้เข้าใจถึงหลักการความรู้พื้นฐานซึ่งประกอบไปด้วยการทบทวนวรรณกรรม 4 ส่วน ดังต่อไปนี้ ส่วนที่ 1 ทฤษฎีอุทกวิทยาและความสัมพันธ์กับภูมิสถาปัตยกรรม ส่วนที่ 2 การออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน ส่วนที่ 3 การคำนวณปริมาณการซึมได้ของน้ำฝนของพื้นที่สวนซับน้ำฝน และส่วนที่ 4 สรุปผลการทบทวนวรรณกรรม โดยมีเนื้อหาของแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

ทฤษฎีอุทกวิทยา (hydrology)

อุทกวิทยาเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการเกิด การหมุนเวียน การเคลื่อนที่ และการกระจายของน้ำบนแผ่นดิน ซึ่งหมายรวมถึงกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และสิ่งมีชีวิต ของน้ำในธรรมชาติ โดยมีความสัมพันธ์กับสภาพของภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ชนิดและคุณสมบัติของผิวดินและดิน และปัจจัยอื่นๆ ที่สัมพันธ์กัน ทั้งนี้โดยทั่วไปแล้วการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในด้าน อุตุนิยมิวิทยา ธรณีวิทยา สิ่งแวดล้อม และสมุทรศาสตร์ เป็นต้น (Aryupong, 2002; Punsawad, 2011) โดยการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาสามารถแบ่งออกเป็นช่วงต่างๆ ตามวิวัฒนาการขององค์ความรู้ที่สั่งสมกันมา ทั้งนี้ส่วนใหญ่อยู่ภายใต้การศึกษาในกรอบของวิชาการทางวิศวกรรมโยธา ภายในหลักวิศวกรรมชลศาสตร์ (hydrology engineering) โดยอาศัยการเก็บข้อมูลทางสถิติต่างๆ เช่น คำนวณฝน อัตราการซึมได้ของดิน อัตราการระเหยของน้ำในธรรมชาติ และยังสามารถทำนายปริมาณน้ำไหลบ่าและท่วมขังในเขตเมืองได้อีกเช่นกัน อย่างไรก็ตามเมื่อวิทยาการของคอมพิวเตอร์พัฒนาขึ้น กระบวนการสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์ด้วยคอมพิวเตอร์จึงเป็นที่แพร่หลายมากยิ่งขึ้นโดยสามารถทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้อย่างแม่นยำขึ้น (Aryupong, 2002)

โดยกระบวนการการเกิดทางอุทกศาสตร์ตามธรรมชาติ ซึ่งเรียกว่า วงจรอุทกวิทยานั้นถือเป็นศูนย์รวมของศาสตร์ในด้านนี้ โดยวงจรดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม่มีจุดเริ่มต้นและไม่มีจุดสิ้นสุด ถึงแม้จะไม่มีจุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุด แต่หากเริ่มอธิบายจากการระเหยของน้ำจากมหาสมุทร หรือแหล่งน้ำจืดบนผิวโลกกลายเป็นไอน้ำในชั้นบรรยากาศ จากนั้นไอน้ำเกาะตัวกันจนกลั่นเป็นน้ำจากอากาศ หรือหยาดน้ำฟ้า (precipitation) เช่นฝน ลูกเห็บ หิมะ เป็นต้น และเมื่อหยาดน้ำฟ้า ได้ตกลงสู่มหาสมุทรและ/หรือแผ่นดิน โดยหากตกลงบนแผ่นดิน จะมีบางส่วนระเหยกลายเป็นไอกลับสู่บรรยากาศ หรือตกลงค้างอยู่ตามต้นไม้ และสิ่งก่อสร้างอื่นๆ แต่ส่วนหนึ่งจะตกลงสู่พื้นดิน จะสามารถเกิดการไหลบนผิวดิน (runoff water) เกิดการดัก-กักเก็บ (interception) เกิดการซึมลงใต้ดิน (infiltration) ซึ่งน้ำที่ไหลบนผิวดินก็จะไปรวมกันเป็นลำน้ำ (inter flow) ส่วนที่ซึมลงใต้ดิน ส่วนหนึ่งจะถูกดูดไปใช้งานโดยพืชผ่านการระเหย และการคายน้ำ (evaporation and transpiration) กลับสู่ชั้นบรรยากาศ และบางส่วนไหลไปรวมกันเป็นน้ำใต้ดิน (ground water) ซึ่งสามารถเกิดการไหลและท้ายที่สุดก็สามารถไหลไปรวมกันในแม่น้ำ ลำธาร หรือแหล่งน้ำบนบกหรือมหาสมุทรได้ และหมุนต่อเป็นวงจร หรือ วงจรของน้ำดังได้อธิบายมาในเบื้องต้น (Polubarinova-Koch, 2015) นอกจากการทำความเข้าใจระบบวงจรอุทกวิทยา สถานภาพของการกักเก็บน้ำและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในส่วนต่างๆ ของประเทศไทยแล้วการเข้าใจสมดุลของน้ำ (hydrologic balance) จะเป็นการขยายความของภาพความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ปริมาณน้ำใต้ดิน อัตราการระเหยของน้ำบนผิวดิน อัตราการคายน้ำจากพืช อัตราการซึมของน้ำ และอัตราการเปลี่ยนแปลงแหล่งกักเก็บของน้ำ โดยเมื่อพิจารณาพื้นที่ใดๆ เป็นระบบเปิดใดๆ (Dunnett & Clayden, 2007) อธิบายว่าโดยทั่วไปแล้วสมดุลของน้ำสามารถเขียนอยู่ได้ในรูปแบบสมการสมดุลของน้ำผิวดิน ตามสมการที่ (1)

$$P = R + I + E \quad (1)$$

โดยที่ P คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่, R คือ ปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้าพื้นที่, I คือ การซึมของน้ำ และ E คือการระเหยบนผิวดินและน้ำที่ค้างอยู่ตามเรือนยอดและคายน้ำจากพืช

โดยหลักการของการเข้าใจสมดุลของน้ำสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในศาสตร์ด้านอุทกวิทยาได้อย่างหลากหลาย เป็นแกนของการนำไปดำเนินการออกแบบพื้นที่รับน้ำทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กเฉพาะพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีความประสงค์ในการออกแบบพื้นที่ภูมิทัศน์ในการพัฒนาโครงการใดๆ ให้มีศักยภาพสามารถเพิ่มศักยภาพของการรับน้ำโดยมิต้องเสียประโยชน์ที่ดินอื่นๆ โดยเสียเปล่าอันเป็นประโยชน์ตามหลักการการออกแบบพื้นที่เพื่อการเพิ่มศักยภาพของการการจัดการน้ำในเขตเมือง (water sensitive urban design: WSUD) (Fletcher, et al., 2015; Goonetilleke, et al., 2011) โดยยังต้องการองค์ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับด้านน้ำฝนและน้ำฝนน้ำไหลนอง (precipitation and stormwater) และภูมิสถาปัตยกรรมกับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ (landscape design and water sensitive management) ซึ่งแสดงเนื้อหาในส่วนถัดไป

น้ำฝนและน้ำไหลนอง (precipitation and stormwater)

ในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบพื้นที่เพื่อเพิ่มศักยภาพในการซึมได้ของน้ำ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตั้งต้นและคุณสมบัติในการไหล หรือรองรับน้ำของผิวดิน ทั้งนี้เพื่อการเข้าใจพื้นฐานของการเกิดหรือคาดการณ์ปริมาณน้ำฝน จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจตั้งแต่ระบบอุตุนิยมวิทยา (meteorology) ซึ่งเป็นศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ที่อธิบายถึงชั้นบรรยากาศและปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือที่เรียกว่าเรื่องของลมฟ้าอากาศ ทั้งนี้ปรากฏการณ์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมที่มนุษย์จำเป็นต้องเข้าใจและศึกษาอย่างถ่องแท้โดยมีเนื้อหาที่สำคัญใน 2 ส่วน คือ หลักการเกี่ยวกับน้ำฝน (precipitation) และน้ำไหลนอง (stormwater) โดยมีเนื้อหาที่สำคัญต่อการทำความเข้าใจในการศึกษาค้นคว้าต่อไปนี้

น้ำฝน (precipitation) เป็นรูปแบบหนึ่งของน้ำจากอากาศ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อวงจรรูทวิทยา วงจรชีวิต สภาพภูมิศาสตร์ และการกำหนดบทบาทในการบริหารจัดการน้ำทั้งในเขตเมืองและชนบท โดยอิทธิพลของการก่อตัวในชั้นบรรยากาศจะมีความขึ้นอยู่กับว่าวันนั้นจะมีฝนตกหรือไม่ก็ตาม แต่ฝนจะตกได้ก็ต่อเมื่อมีกลไกของบรรยากาศที่จะทำให้อากาศเย็นตัวลงจนกระทั่งถึงสภาพอิ่มตัว สภาพของบรรยากาศที่จะเป็นผลให้มีฝนตกจำนวนมากได้ นั้นจะต้องมาจากขบวนการการลอยตัวของอากาศที่มีบริเวณกว้างมาก การลอยตัวของอากาศเป็นผลมาจากกระบวนการพาหรือการรวมตัวโดยมีสาเหตุจากการแผ่รังสีความร้อน หรือการเย็นตัวของผิวโลก แต่การควบแน่นนั้นจะต้องอาศัยสิ่งยั่วยุเกาะ เป็นแกนกลางโดยมีขนาดเล็กมาก เช่นผงฝุ่นจากการเผาออกไซด์ของไนโตรเจนและอนุภาคเกลือ ซึ่งจะทำให้เกิดการควบแน่นกลายมาเป็นฝนในที่สุด โดยเมื่อเกิดฝนตก ดัชนีที่สำคัญคือการเข้มของฝน (rainfall intensity) และระยะเวลาของการตก (duration) โดยในบางพื้นที่อาจเกิดฝนตกที่มีความเข้มมาก หรือฝนตกหนักและนาน แต่ในขณะที่บางแห่งอาจมีความเข้มของฝนน้อยกว่า โดยปกติอัตราการตกของฝนในทีเดียวๆ มักเกิดในอัตราใกล้เคียงกันในรอบปี ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลทางอุตุนิยมวิทยาแสดงมาข้างต้น แต่ข้อควรระวังที่สัมพันธ์ต่อปัญหาการระบายน้ำของเมืองคือการเกิดฝนตกที่แตกต่างจากข้อมูลสถิติมาตรฐานของพื้นที่ ซึ่งเมื่อความเข้มมากเกินไปจนเกิดการท่วมฉับพลัน ซึ่งเป็นปัญหาของเมืองอันส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตและทรัพย์สินของคนในเขตเมืองได้เช่นกัน

เนื่องจากฝนเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งไม่สามารถคาดการณ์และกำหนดการเกิดได้แน่นอน ซึ่งรวมไปถึงการจะวัดขนาดความถี่น้อยของการเกิดฝนตกที่แท้จริงในแต่ละพื้นที่ย่อมเป็นไปได้ยาก อย่างไรก็ตาม

ก็ตามเพื่อประโยชน์ของการออกแบบและสร้างระบบการรองรับผลกระทบที่เกิดจากฝนตกมากเกินไปจนเป็นจึงมีการสร้างเครื่องมือซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานในการวัดปริมาณฝน โดย ชูโชค อายุพงศ์ (Aryupong, 2002) นำเสนอไว้ว่า เครื่องมือวัดน้ำฝน (pluviometer) มีอยู่ 2 ประเภท คือ ประเภทที่รองรับน้ำฝนที่ตกลงไปโดยตรง เรียกว่า แบบธรรมดา กับ แบบอัตโนมัติ โดยในการใช้เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบธรรมดา ควรวางไว้ในที่โล่งแจ้ง ไม่ได้รับการกีดขวางจากอาคารหรือต้นไม้ ตัวเครื่องรองรับอยู่สูงพื้นดิน 20 ซม. และปลูกหญ้ารอบเครื่องวัด สำหรับเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ ใช้วัดปริมาณน้ำฝนติดต่อกันตลอดเวลาเพื่อทราบระยะเวลาของฝนด้วย มีแบบเป็นกาลักน้ำ (siphon type) และแบบเทน้ำทิ้งเมื่อเต็ม (over turning container type) นอกจากนี้ ยังมีการใช้เรดาร์ในการวัดปริมาณน้ำฝน และใช้เพื่อเพิ่มความแน่นอนถูกต้องของสถานีวัดน้ำฝนให้สมบูรณ์ขึ้น ทั้งนี้ข้อมูลน้ำฝนในแต่ละพื้นที่จำเป็นต้องนำไปวิเคราะห์ข้อมูล ประเมินและปรับปรุงค่าน้ำฝนให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานต่อไป

การประมาณปริมาณน้ำฝนไหลนอง (stormwater runoff) เพื่อประกอบการออกแบบระบบบริหารจัดการน้ำเป็นกระบวนการที่ทำอย่างแม่นยำได้ยากมาก ทั้งนี้เนื่องจาก อัตราและปริมาณน้ำฝนของที่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกฤดูและทุกปี จึงทำให้ต้องอาศัยข้อมูลทางสถิติ และกระบวนการทดลองและสร้างแบบจำลองเพื่อให้ได้ข้อมูลให้ใกล้เคียงที่สุด ทั้งนี้ ธงชัย พรหมสวัสดิ์ (Punsawad, 2011) เสนอองค์ประกอบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน น้ำไหลนอง น้ำที่ซึมลงใต้ดิน และอื่นๆ ได้คือ โดยปกติปริมาณน้ำไหลนองเท่ากับปริมาณน้ำฝน ลบด้วยปริมาณน้ำซึมลงดิน และปริมาณน้ำระเหยทั้งโดยธรรมชาติผ่านต้นไม้ (evaporation and evapotranspiration) รวมทั้งส่วนที่ถูกเก็บเอาไว้ในผิวดิน ในแอ่ง ในพื้นที่ส่วนอื่นๆ ฯลฯ ดังนั้นสภาพพื้นที่ผิวและใต้พื้นที่ผิว (subsurface) ทั้งในรูปธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น มีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำไหลนองมาก หลักการในการประมาณปริมาณน้ำไหลนองมีอยู่สองแนวความคิดด้วยกัน ในการหลักการแรก กำหนดได้ปริมาณน้ำไหลนองมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนโดยตรง โดยให้เป็นสัดส่วนกับปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่ๆ และส่วนในแนวความคิดที่สองปริมาณน้ำไหลนอง คิดหักปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน ปริมาณน้ำที่ถูกกักไว้ในดิน ในพืชระหว่างการไหลออกจากปริมาณฝนที่ตกลงมา โดยส่วนของน้ำฝนที่หายไปก่อนที่จะไหลนองสามารถสรุปสั้นๆ ได้ดังนี้

- ซึมน้ำ ความสามารถของดินในการดูดซึมน้ำและไหลลงสู่ชั้นดินขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ก่อนและระหว่างฝนตก เช่น ความอัดแน่นของดิน การอุดตันโดยอนุภาคสารขนาดเล็ก และการอัดหรือบวมตัวของดินเหนียว

- ถูกกักโดยพืชผิวดิน โดยส่วนนี้ไม่มีความสำคัญมากนักในเรื่องกรณีปกติสำหรับระบบระบายของเมืองใหญ่ คำนี้อาจจะแปรผันอยู่ในช่วง 0.03 ถึง 0.13 เซนติเมตร สำหรับบริเวณที่เป็นป่าหรือมีต้นไม้ยืนต้นหนาแน่น (Punsawad, 2011)

- การระเหยจากดินและพืช ส่วนนี้มีผลกระทบไม่มากสำหรับฝนตกช่วงสั้นๆ อันมักประสบกันในการออกแบบระบบระบายน้ำสำหรับเมืองใหญ่

โดยในปัจจุบันวิธีที่นิยมใช้ในการประมาณค่าการไหลนองของน้ำ เรียกกันว่า เป็นวิธีเรซันแนล หรือ อาร์เอ็ม (rational method: R.M.) ได้ใช้กันมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2432 แม้จะเป็นวิธีประมาณปริมาณน้ำไหลนอง

ที่ยอมรับกันแพร่หลายในปัจจุบัน แต่ยังไม่ตรงกับความเป็นจริงนักก็ตาม ทั้งนี้ในปัจจุบันจึงมีความพยายามหาวิธีการคิดคำนวณน้ำไหลนองให้ถูกต้องใกล้เคียงมากขึ้น (Aryupong, 2002; Punsawad, 2011) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงการไหลนองก็จะพบว่าในส่วนของอัตราการซึมของน้ำลงดินเป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการออกแบบพื้นที่เพื่อประโยชน์ในการซึมของน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการศึกษาวិธีการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนไหลนองบนสวนสนามน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม จึงเสนอเนื้อหาดังกล่าวในส่วนถัดไป

การซึมน้ำ (infiltration)

การไหลของน้ำผ่านผิวดินลงไปในดิน ซึ่งปริมาณน้ำจำนวนนี้จะไปสะสมอยู่เป็นความชื้นในดิน (soil moisture) และบางส่วนจะเคลื่อนที่ตัวลงไปเบื้องล่างโดยแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งเรียกว่า deep seepage หรือ percolation และกลายเป็นน้ำใต้ดิน อัตราสูงสุดซึ่งดินในเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดให้สามารถรองรับน้ำได้จะเรียกว่าความจุของการซึม (infiltration capacity) โดยปริมาณการซึมได้ของน้ำ ขึ้นอยู่กับความเข้มของฝน (rainfall intensity) อุณหภูมิ ลักษณะทางกายภาพของดิน ชนิดของพืชคลุมดิน ลักษณะการใช้ที่ดิน ปริมาณความชื้นในดินเริ่มต้น (initial soil moisture content) รวมถึงระดับน้ำใต้ดินด้วย จากคู่มืออุทกศาสตร์ (hydrology handbook) อัตราการซึมลงดินภายหลังฝนตกติดต่อนานได้ 1 ชั่วโมง แสดงไว้ตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราการซึมของน้ำลงดินชนิดต่างๆ

ชนิดดิน	อัตราการซึม (มม./ชม)
ทราย, อัตราการซึมสูง	13 - 25
ดินร่วน, อัตราการซึมปานกลาง	3 - 13
ดินเหนียว, อัตราการซึมต่ำ	0.3 - 3

ที่มา: คู่มือออกแบบระบบน้ำเสียและน้ำฝน (Punsawad, 2011)

ส่วนพืชปกคลุมผิวดินมีบทบาทต่ออัตราการซึมด้วย พื้นที่ที่มีป่าหรือหญ้าคลุมหนาแน่น อาจมีอัตราการซึมเพิ่มขึ้นจากบริเวณว่างเปล่าได้ถึง 3.5 เท่า ไปจนถึงเพิ่มชนิดเดียวหรือไม่เพิ่มเลยถ้ามีพืชปกคลุมผิวดินไม่มาก ฝนที่ตกมาก่อนหน้าก็มีผลกระทบต่อน้ำที่ซึมลงดินเช่นกัน แต่ข้อมูลในปัจจุบันไม่มีพอที่จะใช้มาประเมินผลกระทบนี้ได้ จากหลักการในการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำฝน การไหลนอง และการซึมลงดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในระบบสมดุลของน้ำ อย่างไรก็ตามเพื่อให้เกิดความเข้าใจเชื่อมโยง ในส่วนถัดไปเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ของภูมิสถาปัตยกรรมและการบริหารจัดการน้ำ ซึ่งจะเสนอเนื้อหาให้เห็นการเชื่อมโยงและความสำคัญของกระบวนการออกแบบการจัดการน้ำด้วยองค์ประกอบทางภูมิทัศน์อันส่งผลประโยชน์ต่อทุกภาคส่วนต่อไป

การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมกับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ (landscape design and water sensitive management)

สืบเนื่องจากผลกระทบจากการพัฒนาพื้นที่ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (land use) และรวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบอุทกศาสตร์ของพื้นที่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในขณะเดียวกันศาสตร์ทางด้านการพัฒนาและปรับปรุงที่ดินมีอยู่หลากหลายสาขาวิชา เช่น วิศวกรรมโยธา เกษตรกรรม สถาปัตยกรรม การออกแบบเมือง และที่สำคัญคือด้านภูมิสถาปัตยกรรม (Pipitpongsant, 2010; Punyasook & Boonkhum, 2012) ในส่วนนี้เมื่อพิจารณาเฉพาะเจาะจงไปยังส่วนงานที่เป็นบทบาทในผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากงานด้านภูมิสถาปัตยกรรมพบว่า มีอิทธิพลสูงมากกับการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพผิวดิน ทั้งนี้เนื่องจากงานด้านภูมิสถาปัตยกรรมเป็นงานที่ทำหน้าที่ออกแบบและเสนอแนวทางเพื่อการพัฒนาพื้นที่โดยรอบของอาคาร เชื่อมโยงกับสภาพแวดล้อมภายนอกที่สัมพันธ์กับการใช้งาน ทั้งทางตรงและทางอ้อมของมนุษย์และกิจกรรมที่เกิดขึ้นในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง (Siripanich, 2011) ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากปัจจัยของการเกิดน้ำหลากและการซึมได้ของพื้นที่ดังได้แสดงมาข้างต้น เป็นข้อสนับสนุนในการเชื่อมโยงระหว่างผลงานด้านภูมิสถาปัตยกรรม การเปลี่ยนแปลงผิวดิน และการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ ทั้งนี้หากต้องการหาแนวทางในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ด้วยองค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อให้เกิดความเข้าใจบริบทของการเปลี่ยนแปลงที่ดินและผลของกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสำคัญในการศึกษาในครั้งนี้

เมื่อย้อนไปครั้งประเทศไทยประสบปัญหาอุทกภัยครั้งใหญ่ในปลายปี พ.ศ.2554 ทำให้เกิดการตื่นตัวของการบริหารจัดการน้ำเป็นอย่างมากในประเทศไทย ซึ่งแท้ที่จริงแล้วประเทศไทยมิได้เพิกเฉยให้ความสำคัญต่อระบบบริหารจัดการน้ำท่วม และได้ดำเนินการมาเป็นเวลานาน มีแนวทางในการบริหารจัดการน้ำแบบที่เน้นด้านการพัฒนาสาธารณูปโภคขนาดใหญ่เป็นหลัก โดยมีความเชื่อว่าระบบระบายน้ำแบบพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ เช่น ท่อพังกและบ่อพังกคอนกรีต ตลอดจนบ่อรับน้ำขนาดใหญ่จะสามารถบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีแนวความคิดในการกักตุนน้ำผิวดินที่ไม่พึ่งประสงค์ออกจากพื้นที่อย่างรวดเร็วที่สุด ซึ่งระบบการระบายน้ำจะได้รับการออกแบบให้สามารถลำเลียงน้ำออกจากพื้นที่ให้เร็วที่สุด โดยอาศัยการระบายลงสู่ระบายน้ำ ก่อนไหลต่อไปยังแหล่งพังกน้ำ และบำบัดน้ำ (ถ้ามี) ก่อนส่งลงแหล่งระบายน้ำสาธารณะต่อไป (แม่น้ำ ลำคลอง) ซึ่งในปัจจุบันก็ยังมีแนวคิดเช่นนี้เป็นแนวคิดกระแสหลักอยู่เช่นกัน (Punsawad, 2011; Limthongsakul, 2011) นอกจากนี้ ทั้งนี้ ชญา ปัญญาสุข และ ปราณิศา บุญคำ (Punyasook & Boonkhum, 2012) ได้นำเสนอแนวทางของการบริหารจัดการน้ำเพื่อป้องกันการเกิดอุทกภัย โดยสามารถแบ่งระดับของการบริหารจัดการออกเป็น ระดับภาค ระดับโครงการ และระดับบ้าน

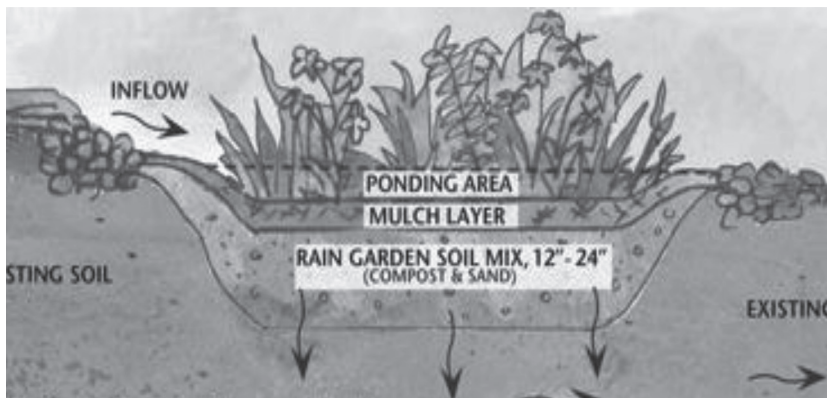
พื้นที่สวนซับน้ำฝน (rain garden)

ในพื้นที่ภูมิทัศน์ที่ได้รับการจัดการให้เป็นพื้นที่สวนซับน้ำฝน ซึ่งเป็นสภาพภายนอกเป็นเหมือนสวนทั่วไป แต่มีหน้าที่ที่แตกต่างที่สำคัญคือการทำหน้าที่เป็นการชะลอน้ำ (conveyance) เพื่อลดการชะล้างที่รุนแรงเกินไปก่อนการไหลนองของน้ำสู่ท่อระบายน้ำหรือพื้นที่อื่นๆ นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยให้เกิดการซึมของน้ำลงสู่ผิวดิน (infiltration) ได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังมีความเป็นไปได้ในการเป็นที่อยู่ของสัตว์และพืชพรรณท้องถิ่นอีกทางหนึ่งด้วย โดยมีรูปแบบและขนาดของการใช้งานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทุกขนาด

ของพื้นที่ เหมาะเป็นอย่างมากที่จะใช้ในองค์ประกอบภูมิทัศน์ ทั้งส่วนของพื้นที่พาดนิชยกรรม พื้นที่
 อดสาหกรรม พื้นที่หน่วยงานราชการ พื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ และพื้นที่ส่วนที่อยู่อาศัย อีกทั้งยังสามารถเพิ่ม
 เต็มเข้าไปในส่วนของการปรับปรุงพื้นที่เดิม ได้เป็นอย่างดี

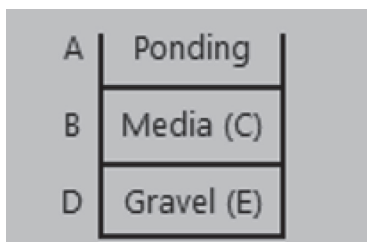


ภาพที่ 1 ตัวอย่างสวนซับน้ำฝน



ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพตัดของสวนซับน้ำฝน

ที่มา: Washington State University Extension (n.d.)



โดย A คือความลึกของบ่อรับน้ำ
 B คือความลึกของชั้นดินปลูก
 C คือความพรุนของดินปลูก (ร้อยละ)
 D คือความลึกของชั้นกรวด
 E คือความพรุนของกรวด (ร้อยละ)

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างภาพตัดแบบเค้าโครง (schematic)
 ของสวนซับน้ำฝน ที่นำไปใช้ในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์

ที่มา: Autodesk (2015)

ทั้งนี้เมื่อทำการศึกษาดูอย่างจากคู่มือการออกแบบสวนซับน้ำจากหลากหลายที่พบว่ามีการแนะนำให้ใช้ค่าในการออกแบบแตกต่างกันไป โดยสามารถสรุปออกเป็นช่วงของแต่ละค่าดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าของการออกแบบสวนซับน้ำที่แนะนำ

ตัวแปร	ค่า (หน่วย)	รายการอ้างอิง
ความลึกของบ่อรับน้ำ (A)	0 - 24 (นิ้ว)	(Geosyntec Consultants, 2004; Oregon State, 2009)
ความลึกของชั้นดินปลูก (B)	6 (นิ้ว)	(Dunnett & Clayden, 2007; Oregon State, 2009)
ความพรุนของดินปลูก (C)	25 (ร้อยละ)	(Dunnett & Clayden, 2007)
ความลึกของชั้นกรวด (D)	2 – 24 (นิ้ว)	(Geosyntec Consultants, 2004)
ความพรุนของกรวด (E)	20 – 40 (ร้อยละ)	(Environmental Science Division (EVS), nd; Nimmo, 2004)

จากข้อมูลในตารางข้างต้น สามารถนำไปใช้ในการกำหนดกรอบตัวอย่างของการทดลองคำนวณหาค่าการซึมได้ของน้ำฝนไหลนองบนสวนซับน้ำสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม ซึ่งจะได้นำเสนอในส่วนต่อไป

การคำนวณปริมาณน้ำไหลนองด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับน้ำหลากตามผิวดิน

จากสมการที่ (1) ข้างต้นพบว่าหากต้องการคำนวณหาการซึมได้ของพื้นผิว (I) ที่รองรับน้ำฝนใดๆ สามารถใช้วิธีการคำนวณโดยหากปริมาณน้ำไหลนอง (R) ออกจากปริมาณของน้ำฝนที่ตกลงมา (P) โดยทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าการคำนวณด้วยวิธีเรชันแนล ยังเป็นวิธีประมาณปริมาณน้ำไหลนองได้ไม่ตรงกับความเป็นจริงนักก็ตาม (Aryupong, 2002; Punsawad, 2011) แต่ในขณะเดียวกัน Jaber, et al. (2012) เสนอให้ใช้การคำนวณน้ำไหลนอง ด้วยวิธีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับน้ำหลากตามผิวดิน (Curve Number (CN)) สำหรับการออกแบบสวนซับน้ำฝน ทั้งนี้เนื่องจากเราสามารถพิจารณาไปถึงค่าคุณสมบัติตามแนวลึกของชั้นดินได้ (cross section) โดยมีสมการพื้นฐานดังสมการที่ (2) – (3) ดังนี้

$$R = (P - 0.2 (S))^2 / (P + 0.8 (S)) \quad (2)$$

$$\text{และ } S = (1000/CN) - 10 \quad (3)$$

โดยที่ P คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ R คือ ปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลในพื้นที่ และ CN คือ สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับน้ำหลากตามผิวดิน (Curve Number) โดยที่ค่า CN จะหาได้โดยการสำรวจสภาพดิน การปกคลุมดิน และสภาพความชื้นของดิน การกำหนดค่า CN ให้กับพืชคลุมดินจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำของดิน (hydrologic soil group) และเงื่อนไขของลักษณะอากาศ และสภาพภูมิประเทศที่ส่งเสริมให้มีการดูดซับและเก็บกักน้ำฝน อย่างไรก็ตามกระบวนการของการได้มาซึ่งค่า CN ในการนำมาใช้งานนั้นมาจากการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการจำลองฝนตกเทียม (artificial rainfall simulator) และทำการวัดค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของฝนตก (กำหนดในการทดลอง) กับปริมาณการไหลของน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างตามมาตรฐาน (Connolly, et al., 2002) โดย

ในปัจจุบัน มีเครื่องมือทางโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) สำหรับ Autodesk Infracore 360 ในการหาปริมาณรับน้ำไหลนอง โดยสามารถทำการเปลี่ยนแปลงลักษณะของดินหรือชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในการหาค่าการไหลนอง และส่งผลต่อเนื่องไปเพื่อการคิดปริมาณการซึมได้ของน้ำ สำหรับการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนได้โดยมิต้องดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Autodesk, 2015)

สรุปผลการทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรมเพื่ออธิบายทฤษฎี หลักการ หรือกรอบวิธีปฏิบัติที่สัมพันธ์กับการทำการวิจัย โดยสามารถสรุปประเด็นที่สำคัญได้ดังต่อไปนี้

1. ความสำคัญของการออกแบบสำหรับการจัดการพื้นที่รับน้ำในเขตเมือง จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า แนวทางการออกแบบในยุคใหม่ส่งเสริมให้แต่ละพื้นที่ที่มีความสามารถในการเพิ่มพื้นที่รับน้ำด้วยตนเองได้มากขึ้น โดยสะท้อนจากการส่งเสริมให้สามารถเพิ่มพื้นที่อาคารได้หากเพิ่มปริมาณการกักเก็บน้ำได้ (FAR Bonus) และพบว่าสวนซับน้ำฝน เป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับในการนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย

2. ปัญหาความขาดแคลนวิธีการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนไหลนองบนสวนซับน้ำฝน เนื่องจากเป็นแนวทางที่เชื่อมโยงกับการเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังของการพัฒนา หรือระหว่างแนวทางออกแบบทางเลือกต่างๆ ดังนั้นการวัดค่าเชิงปริมาณเพื่อสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการออกแบบจึงมีความสำคัญ แต่ทั้งนี้เนื่องจากการวัดค่าดังกล่าวในปัจจุบันอาศัยหลักการทางวิศวกรรมชลศาสตร์ ซึ่งมีความซับซ้อนและอาศัยข้อมูลสถิติ และค่ามาตรฐานขององค์ประกอบทางกายภาพของพื้นที่เป็นฐานในการวิเคราะห์ จึงเกิดความยุ่งยากและเข้าใจได้ยากสำหรับผู้ที่ไม่ชำนาญ แต่หากมีการปรับความยุ่งยากของการคำนวณ ซึ่งสามารถนำแนวทางจากต่างประเทศมาทำการทดลองคำนวณผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการยอมรับ และปรับให้เข้าใจง่ายเป็นการใช้ชุดข้อมูลสำเร็จรูปจะสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยอาศัยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) สำหรับ Autodesk Infracore 360 ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท Autodesk โดยผลที่ได้จากโปรแกรมสามารถแสดงได้ทั้งค่าการไหลนองของน้ำฝน (R) และค่าการซึมได้ของน้ำ (I) ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลค่าการซึมได้ของน้ำเพียงเท่านั้น โดยมีการทำงานของโปรแกรมดังนี้

BMP Design

Refresh ☒ Designer Enabled Storage Volume 8298.62 ft³

Bioretention

Design

A. Ponding Depth (in) 8

B. Media Depth (in) 24

C. Media Porosity (%) 25

D. Gravel Depth (in) 12

E. Gravel Porosity (%) 40

F. Bottom Area (% of SA) 100.00

Infiltration

Max (in/hr) 5.00

Min (in/hr) 0.30

Decay (hr⁻¹) 2.00

Duration (hr) 24

F.O.S. 1

Drawdown: 63.0 hrs

Schematic

A Ponding

B Media (C)

D Gravel (E)

Bottom Area (F)

Dimensions 3489 sf x 2.38' effective depth

Runoff to BMP 24833 ft³

BMP Retention 8299 ft³

SDA1 Runoff 0.72"

ภาพที่ 4 หน้าต่างในการรับข้อมูลของการออกแบบชั้นดินของสวนซับน้ำฝน
ที่มา: Autodesk (2015)

Results Site

Cover Type	MID	MSE
Natural	0	0
Compacted	1269031	0
%Green_2	61979	
%Green_3	47021	
%Green_4	32407	
Total	27851773	0

☒ See Features

Runoff Volume 19127905 gal must be retained off-site.
Cost (@ \$2.50/gal) is \$60944515

1.10"

Suggested BMP Area 4%

Retained Volume 0.00"

SWRv 1.10"

Treated Volume 0.00"

ภาพที่ 5 หน้าต่างในการแสดงผล โดยนำเสนอทั้งค่าการซึมได้/การกักเก็บของน้ำฝน (retained volume)
ที่มา: Autodesk (2015)

ทั้งนี้ในภาพที่ 4 จะสังเกตว่ามีข้อมูลที่ต้องการสำหรับการคำนวณผลที่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่สรุปไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งได้สรุปข้อมูลการออกแบบมาตรฐานที่ได้รับการแนะนำจากแหล่งต่างๆ ไว้ข้างต้นแล้ว โดยการวิจัยนี้จำทำการทดลองจับคู่ของการออกแบบให้หลากหลายคู่ โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงค่า A, D และ E (เนื่องจากค่า B และ C มีค่าเพียงชุดเดียวจึงใช้ค่าดังกล่าวสำหรับทุกชุดของการทดลอง โดยผลของการทดลองจะนำเสนอในรูปแบบของตาราง 3 ค่าตัวแปร ซึ่งผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้ได้อย่างง่าย โดยผลของการทดลองค่าได้นำเสนอในส่วนถัดไป

ผลการวิจัย

จากการทดลองจับคู่ความเป็นไปได้ในการออกแบบชั้นในแนวตัดของพื้นที่สวนซับน้ำฝน สามารถแสดงค่าการซึมของน้ำฝน ต่อพื้นที่สวนซับน้ำ 1 ตารางเมตร โดยใช้ค่าความลึกของชั้นดินปลูก (B) คงที่ 6 นิ้ว และค่าความพรุนของดินปลูก (C) คงที่ร้อยละ 25 ได้ผลของการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ค่าการซึมได้ของน้ำฝนไหลนอง (I) บนสวนซับน้ำฝนตามคุณสมบัติของชั้นดิน (เซนติเมตร/1-ตารางเมตร)

A		0			8"			16"			24"		
E (%)		20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40
D	2"	29.1	29.6	30.1	49.1	49.6	50.1	69.1	69.6	70.1	89.1	89.6	90.1
	8"	32.1	34.1	36.1	52.1	54.1	56.1	72.1	74.1	76.1	92.1	94.1	96.1
	16"	36.1	40.1	44.1	56.1	60.1	64.1	76.1	80.1	84.1	96.1	100.1	104.1
	24"	40.1	46.1	52.1	60.1	66.1	72.1	80.1	86.1	92.1	100.1	106.1	112.1

จากตารางข้างต้น สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนไหลนองบนสวนซับน้ำฝน ในหน้าตัดแนวตั้งตามคุณสมบัติของชั้นดิน โดยทำตารางให้ครอบคลุมค่าที่สามารถเป็นไปได้ของแต่ละตัวแปร แต่ทั้งนี้หากมีการใช้การออกแบบที่ไม่ตรงช่วงที่อยู่ในตาราง สามารถใช้หลักการการประมาณค่าในช่วง (interpolation) ได้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องขอเสนอตัวอย่างการใช้งานตามโจทย์สมมุติดังนี้

โจทย์สมมุติ เพื่อใช้ในการแสดงตัวอย่างการใช้งานตารางที่ 3

หากภูมิสถาปนิกต้องการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำขนาดพื้นที่ 10 ตารางเมตร โดยมีค่าความลึกของบ่อรับน้ำ (A) 8 นิ้ว ความลึกของชั้นดินปลูก (B) 6 นิ้ว ความพรุนของดินปลูก (C) ร้อยละ 25 ความลึกของชั้นกรวด (D) 16 นิ้ว ความพรุนของกรวด (E) เฉลี่ยร้อยละ 30 จงคำนวณหาปริมาตรของน้ำฝนที่สวนซับน้ำฝนนี้สามารถกักเก็บได้

A		0			8"		
E (%)		20	30	40	20	30	40
D	2"	29.1	29.6	30.1	49.1	49.6	50.1
	8"	32.1	34.1	36.1	52.1	54.1	56.1
	16"	36.1	40.1	44.1	56.1	60.1	64.1
	24"	40.1	46.1	52.1	60.1	66.1	72.1

โดยสามารถคำนวณได้จากการดูข้อมูลในตารางที่ 3 โดยเลือกค่า A = 8" ค่า D = 16" และค่า E = 30% ซึ่งจะได้ค่า I = 60.1 เซนติเมตร ต่อ 1 ตารางเมตร หรือ 0.601 เมตรต่อ 1 ตารางเมตรของพื้นที่สวนซับน้ำ ทั้งนี้เมื่อพื้นที่สวนซับน้ำทั้งหมดคือ 10 ตารางเมตร ดังนั้น ปริมาตรของการรับน้ำได้ของสวนซับน้ำนี้คือ $0.601 \times 10 = 6.01$ ลูกบาศก์เมตร

ภาพที่ 6 วิธีการเลือกค่าเพื่อใช้ในการคำนวณ

จากตัวอย่างพบว่าการใช้ตารางคำนวณค่าเป็นไปอย่างง่าย ลดปัญหาความซับซ้อน และไม่ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณเมื่อเทียบกับระบบเดิม ส่งผลให้เกิดความเป็นไปได้ในการเลือกใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากศึกษาครั้งนี้เป็นการพยายามเสนอแนะแนวทางการซึ่งสามารถส่งเสริมการทำงานของภูมิสถาปนิกและนักออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน ในพื้นที่บริเวณส่วนกลาง สวนสาธารณะสำหรับการพัฒนาโครงการในเขตเมือง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบกับปัญหาน้ำไหลนองหนักกว่าพื้นที่อื่นๆ โดยมีแรงผลักดันจากข้อกำหนดในผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 ที่ส่งเสริมให้เกิดการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมให้มีสวนซับน้ำฝนเพื่อเพิ่มศักยภาพในการลดการไหลนอง (หรือเพิ่มการซึมได้ของน้ำ) โดยจะสามารถเพิ่มเป็นพื้นที่ก่อสร้างได้มากขึ้น (FAR Bonus) โดยระบุสัมพันธ์กับปริมาณการรับน้ำได้ของพื้นที่ (1 – 4 ลูกบาศก์เมตร ต่อ พื้นที่ 50 ตารางเมตร จะได้ FAR Bonus ร้อยละ 5 – 20 ตามสัดส่วน) แต่ในปัจจุบันการคำนวณค่าดังกล่าวยังเป็นปัญหาของผู้ออกแบบอยู่ อันเนื่องมาจากความซับซ้อนของการคำนวณซึ่งอิงกับระบบทางวิศวกรรมชลศาสตร์และธรณี อย่างไรก็ตามหลักการคำนวณได้รับการพัฒนาขึ้นในการทำงานวิจัยและวิชาชีพจากต่างประเทศ โดยอาศัยการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้แทนการทำงานในห้องปฏิบัติการ จนสามารถสร้างกระบวนการทำงานที่ง่ายขึ้นจนเหมาะสมในการใช้งานของภูมิสถาปนิกและนักออกแบบ ส่วนเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาในครั้งนี้จึงเริ่มจากการรวบรวมแนวทางการออกแบบสวนซับน้ำฝนจากแหล่งข้อมูลมาตรฐานต่างๆ จนได้กรอบการทำงานที่สมเหตุสมผลในการนำมาใช้เป็นต้นแบบในการทดลองจับคู่เสมือนการออกแบบจริง โดยตัวแปรที่ผันแปรไปอันเป็นลักษณะพิเศษของสวนซับน้ำฝนคือรูปแบบการปรับปรุงพื้นที่ดินในส่วนลึกลงไปชั้นดินเดิม ซึ่งสามารถจับคู่ได้ด้วยการแปรผัน 3 ค่าตัวแปรคือ ความลึกของบ่อรับน้ำ (A) ความลึกของชั้นกรวด (D) ความพรุนของกรวด (E) โดยได้ผลในตารางที่ 3 และนำมาแสดงวิธีการใช้งานเป็นตัวอย่างเพื่อความชัดเจนของการนำไปใช้อีกด้วย และเมื่อการใช้งานเป็นไปอย่างไม่ซับซ้อน สามารถลดความผิดพลาด อีกทั้งยังส่งเสริมให้เกิดการใช้งานอย่างแพร่หลายในอนาคตอีกทางหนึ่ง

อย่างไรก็ตาม การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าจะพิสูจน์เบื้องต้นว่าเป็นเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับและน่าเชื่อถือ แต่ก็ยังเป็นเครื่องมือจากทางต่างประเทศ อาจมีปัจจัยบางประการที่ไม่ได้แสดงให้เห็นเป็นประจักษ์ ซึ่งอาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ผลได้ จึงเห็นควรให้ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการสำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป อันจะทำให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ และได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Aryupong, C. (2002). **Utokwittaya**. (In Thai) [Hydrology]. Chiang Mai: Chiangmai University.
- Autodesk. (2015). **Green stormwater infrastructure extension for infraWorks 360: User guide V1.0.0**. USA.: Office.
- Chappell, E. (2015). **Autodesk drainage design for infraWorks 360 essentials: Autodesk Official Press**. USA.: John Wiley & Sons.

- Connolly, R. D., et al. (2002). **Using rainfall simulators to derive soil hydraulic parameters. Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation.** Australia: CSIRO Publishing.
- Dangkwanong, P. (2015). **Karn samruat karn phoem attrasuan phuenti akhan ruam to phuentidin (FAR bonus) naik an pattana asungharimsub prophet arkan sung.** (In Thai) [An examination on increasing the total building floor area ration to the land area (FAR bonus) of high-rise building for real estate development in Bangkok area] (Master's thesis). Bangkok: Thammasat University.
- Dunnett, N., & Clayden, A. (2007). **Rain gardens: managing water sustainably in the garden and designed landscape.** Oregon: Timber Press.
- Environmental Science Division (EVS). (n.d.). **Total porosity.** Retrieved February 19, 2017, from <http://web.ead.anl.gov/resrad/datacoll/porosity.html>.
- Fletcher, T. D., et al. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, 12 (7), 525 – 542.
- Geosyntec Consultants. (2004). **Raingardens.** Massachusetts, USA.: Office.
- Goonetilleke, A., et al. (2011). Enhancing water sensitive urban design (WSUD) practices to mitigate urban stormwater pollution and reuse potential. **Proceedings of the International Conference on Sustainable Water Resource Management and Treatment Technologies.** (pp.291-305). India: NEERI, Nagpur.
- Howe, C., et al. (2012). **Sustainable water management in the city of the future.** Delft: UNESCO-IHE.
- Jaber, F.H., et al. (2012). **Stormwater Management: Rain Gardens.** USA.: Texas A&M Agrilife Extension.
- Limthongsakul, S. (2011). **Karn Prayuk chai neawtang karn borihan chatkarn namphiodin duai naewkid LID painai mahawittayalai Kasetsart wittayakhet Bangkhen.** (In Thai) [Utilizing LID concepts for stormwater management in Kasetsart University Bangkhen campus]. **Academic Journal of Architecture, Chulalongkorn University**, 60 (1), 85–98.
- Low Impact Development Center. (2007). **Bioretention specifications.** Retrieved February 19, 2017, from http://www.lid-stormwater.net/biolowres_specs.htm.
- Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2009). **Small watershed hydrology - WinTR-55 user guide.** Retrieved February 19, 2017, from https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1042897.pdf.
- Nimmo, J. R. (2004). **Porosity and pore size distribution.** In Hilel, D., (Eds.) *Encyclopedia of Soils in the Environment*: London, Elsevier, 3, 295–303.
- Oberthür, S. (2001). Linkages between the Montreal and Kyoto Protocols enhancing synergies between protecting the ozone layer and the global climate. **International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics**, 1 (3), 357–377.

- Oregon Sea Grant. (2009). **The Oregon rain garden guide: Landscaping for clean water and healthy streams**. Oregon State: Good Nature Publishing.
- Pipitpongsant, K. (2010). **Karn sueksa phon krathop karn plianplaeng karn chai tidin lae singpokkhlum phiodin ti song phon kratob to rabob thokniwet korani sueksa Ban Maean T.Hueaysai A.Maerim Changwat Chiangmai**. (In Thai) [Effect of landuse and land cover change on hydro-ecosystem : case study ; Mae Ann Tambon Huay Sai, Amphor Mae Rim, Chiangmai] (Master's thesis). Bangkok: Chulalongkorn University.
- Polubarinova-Koch, P. I. and Roger de Wiest, J.M. (2015). **Theory of ground water movement**. USA.: Princeton University Press.
- Punsawad, T. (2011). **Khoo mue oakbab rabob namsia lae namfon**. (In Thai) [Wastewater and rainwater systems design guide]. (6th ed.) Bangkok: The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage.
- Punyasook, C. & Boonkhum, P. (2012). **Rab mue namtuam duaw neawkid tang sathapatthayakam**. (In Thai) [Using Landscape Architecture to Mitigate Flooding]. **GH Bank Journal**, 65 (2), 40–47.
- Rinchumpoo, D., et al. (2012). The validation of the rating for sustainable subdivision neighborhood design (RSSND) in Bangkok Metropolitan Region (BMR), Thailand. **Proceedings of the 18th Pacific Rim Real Estate Society Annual Conference**. (pp.252-265). Australia: University of South Australia, Adelaide, SA.
- Siripanich, S. (2011). **Phummithet phuenthan**. (In Thai) [Fundamental landscape]. Bangkok: BTS Press.
- Tantilertanant, N. (2011). **Naewtang nai karn wangphang oakbab phummithet phuea kakkeb lae rabai namphiodin nai phuenti chumchon Muang**. (In Thai) [Landscape design for detaining and draining surface run-off in the urban area] (Master's independent study). Bangkok: Silpakorn University.
- Tongcumpou, C., & Harvey, N. (1994). Implications of recent EIA changes in Thailand. **Environmental Impact Assessment Review**, 14 (4), 271-294.
- Velders, G.J.M., et al. (2007). The importance of the Montreal Protocol in protecting climate. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. (pp.4,814-4,819). USA.: PNAS Departments.
- Washington State University Extension. (n.d.). **Rain garden basics**. Retrieved February 19, 2017, from <http://ext100.wsu.edu/raingarden/featured-rain-gardens/>.