การคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

โดย

นายดำรงศักดิ์ รินชุมภู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาหลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผน ก แบบ ก 1

ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

โดย
นายดำรงศักดิ์ รินชุมภู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผน ก แบบ ก 1
ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

THE DETERMINATION OF STORMWATER INFILTRATION IN A RAIN GARDEN FOR LANDSCAPE ARCHITECTURE

By

MR. Damrongsak RINCHUMPHU

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Landscape Architecture (Master of Landscape Architecture Program)
Department of Urban Design and Planning
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2017

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม
โดย	ดำรงศักดิ์ รินชุมภู
สาขาวิชา	หลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผน ก แบบ ก 1
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุจิโรจน์ อนามบุตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร. สินีนาถ ศุกลรัตนเมธี)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุจิโรจน์ อนามบุตร)

.... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ล. วุฒิพงษ์ ทวีวงศ์)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

58060201 : หลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต แผน ก แบบ ก 1
คำสำคัญ : การซึมได้ของน้ำฝน, การคำนวณค่า, สวนซับน้ำฝน, การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน, สัมประสิทธิ์การไหลนอง

นาย ดำรงศักดิ์ รินชุมภู: การคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุจิโรจน์ อนามบุตร

การพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์บทที่เพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ชุมชนเมืองปัจจุบัน ทำให้พื้นผิวพรุนน้ำตามธรรมชาติลดลงส่งผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมขังหรือน้ำไหลนองในพื้นที่เขตเมืองเกิดขึ้นบ่อยครั้งและทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น จึงเป็นที่มาของการมีข้อบังคับในผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ที่ส่งเสริมให้เกิดการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนได้มากขึ้น โดยรูปแบบของสวนซับน้ำฝนเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มศักยภาพในการลดการไหลนอง (หรือเพิ่มการซึมได้ของน้ำ)ของพื้นที่ โดยโครงการจะได้รับสิทธิ์ในการเพิ่มพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินตามปริมาณการลดการไหลนองในโครงการ แต่การประเมินปริมาณน้ำไหลนองบนพื้นที่สวนซับน้ำฝนยังขาดแคลนวิธีการประเมินที่เหมาะสม เบื้องต้นพบว่าการประมาณการน้ำไหลนองด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำหลากตามผิวดินสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการการประเมินปริมาณน้ำไหลนองบนพื้นที่สวนซับน้ำฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยในครั้งนี้จึงดำเนินการทดลองในการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในการทดลองการหาค่าปริมาตรของน้ำฝนที่ซึมได้ กับความสัมพันธ์ต่อรูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนรับน้ำฝน และนำเสนอเป็นคู่มือสำหรับในการนำไปใช้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม อีกทั้งยังทดลองใช้กับโครงการที่เกิดขึ้นจริงเพื่อยืนยันความสอดคล้องกับการนำไปใช้งานจริง ซึ่งผลที่ได้รับสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบพื้นที่สวนรับน้ำฝนในเขตเมืองสำหรับภูมิสถาปนิกได้ต่อไป

58060201 : Major (Master of Landscape Architecture Program)
Keyword : STORMWATER INFILTRATION, DETERMINATION, RAIN GARDEN, FAR BONUS, CURVE NUMBER (CN)

MR. DAMRONGSAK RINCHUMPHU : THE DETERMINATION OF STORMWATER INFILTRATION IN A RAIN GARDEN FOR LANDSCAPE ARCHITECTURE THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR RUJIROTE ANAMBUTR, Ph.D.

Nowadays, the dramatically of urban land and real estate developments affect to the reduction of natural porosity surfaces, then increasing frequency and destructive urban flooding or stormwater runoff problems. Consequently, the Bangkok Comprehensive Plan 2013 (2556 B.E.) has mandated to promote the landscape designs to increase rain garden towards effectively reduce the stormwater runoff (or increase the water infiltration), which will earn the floor area ratio bonus for the achieved developments. However, the appropriated method for stormwater runoff on rain garden area assessment has been deficient. Meanwhile, the preliminary studies found that the Curve Number (CN) method is applicable to use as the efficiently method for assessing stormwater runoff capacity on rain garden area.

Thus, this research processes the experimental in the application of CN method by using computer software; named Autodesk Infraworks 360 with Green Stromwater Infrastructure (GSI) plug-in on several designs of rain garden area, then generated the relationship between stromwater volume and those designs pattern. The final result presents as a design guideline for using in rain garden design in urban area for supporting the practices of landscape architects.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาและทำวิจัย เรื่องการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขข้อพบพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุจิโรจน์ อนามบุตร อาจารย์ที่ปรึกษา รวมถึงการได้รับคำแนะนำจากคณาจารย์ผู้สอน อาทิเช่น รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยสิทธิ์ ด่านกิตติกุล อาจารย์ ดร. สินีนาถ ศุกลรัตนเมธี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัตติกา กิตติประสาร อาจารย์สุพิชฌาย์ เมืองศรี อาจารย์วิล์ลญา สงค์อิ่ม อาจารย์นวีภาพ ทักษยศ และขอขอบพระคุณอาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ล. วุฒิพงษ์ ทวีวงศ์ กรรมการภายนอกที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการสอบทุกครั้ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ทุกท่าน ที่ให้องค์ความรู้ต่าง ๆ และช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการศึกษา รวมไปถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราณิศา บุญค้ำ และอาจารย์สุภณัฐ เดชนิรัติศัย แห่งสาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเสมอมา

นอกจากนี้ยังขอขอบคุณครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนเวลา และค่าใช้จ่ายในการศึกษาในครั้งนี้อย่างเต็มที่ ถึงแม้ว่าจะเป็นการเรียนที่ต้องใช้เวลาส่วนหนึ่งจากส่วนที่ใช้กับครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่งไปบ้างก็ตาม

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่เข้าเรียนในรุ่นปีการศึกษา 2558 และหวังว่าทุกๆ ท่านจะสามารถสำเร็จการศึกษาได้อย่างที่ตั้งใจไว้ทุกๆท่าน โดยเร็ว

ทั้งนี้การศึกษาในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากรประจำปีงบประมาณ 2560 ซึ่งต้องถือโอกาสนี้แสดงความขอบคุณอีกครั้งหนึ่ง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณตนเอง ที่พยายามอดทนและมุ่งมั่นในการเรียน เพื่อนำวิชาความรู้ไปพัฒนาชีวิตในอนาคต

ดำรงศักดิ์ รินชุมภู

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ
กิตติกรรมประกาศ .... ฉ
สารบัญ .... ช
บทที่ 1 9
บทนำ 9
1. ความเป็นมาและความสำคัญ 9
2. วัตถุประสงค์การศึกษา 11
3. กรอบแนวความคิดในการศึกษา 11
4. คำถามในการศึกษา 11
5. ขอบเขตการศึกษา 12
6. ตัวแปรในการศึกษา 12
7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา 13
8. นิยามคำศัพท์เฉพาะ 14
บทที่ 2 15
การทบทวนวรรณกรรม 15
1. ทฤษฎีอุทกวิทยาและความสัมพันธ์กับภูมิสถาปัตยกรรม 15
2. การพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ในเขตกรุงเทพมหานคร 36
3. การออกแบบพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมืองและพื้นที่สวนซับน้ำฝน 47
4. การคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝน 58
5. สรุปผลการทบทวนวรรณกรรม 70

บทที่ 3 73
วิธีดำเนินการศึกษา 73
1. ขั้นตอนการกำหนดตัวแปร 73
2. ขั้นตอนการเลือกใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสม 74
3. ขั้นตอนในการทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ 76
4. ขั้นตอนการสาธิตใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสม 85
5. ขั้นตอนในการสรุปผลการศึกษา 89
บทที่ 4 90
ผลการศึกษา 90
1. ผลการทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ ด้วยโปรแกรม GSI 90
2. ผลการสาธิตใช้วิธีการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝน 94
3. สรุปผลการศึกษา 97
บทที่ 5 99
อภิปรายผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 99
1. อภิปรายผล 99
2. ข้อเสนอแนะ 107
รายการอ้างอิง 109
รายการอ้างอิง 114
ภาคผนวก ก 115
ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับน้ำหลากตามผิวดิน (Curve Number (CN)) 115
ภาคผนวก ข 116
ตัวอย่างภาพตัดขวาง (cross section) ของสวนซับน้ำฝน 116
ประวัติผู้เขียน 129

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

จากสถานการณ์ภาวะโลกร้อน (global warming) ที่ก่อให้เกิดผลกระทบอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศวิทยาในปัจจุบัน จากสภาพทางฤดูการที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดภาวะอุบัติภัยที่เกิดจากน้ำมากยิ่ง ทำให้เกิดผลกระทบต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดน้ำฝนไหนลอง (stormwater runoff) ซึ่งส่งผลกระบทโดยตรงต่อการอยู่อาศัยในเขตชุมชนเมือง อันเนื่องมาจากความหนาแน่นของการอยู่อาศัย และความเข้มข้นของการประโยชน์ที่ดินซึ่งตรงกันข้ามกับการมีพื้นที่รับน้ำหรือพื้นที่พรุนน้ำตามธรรมชาติ (ชญา ปัญญาสุข และปราณิศา บุญค้ำ, 2555)

ทั้งนี้ในปัจจุบันพบว่ากระบวนการออกแบบเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากปริมาณน้ำฝน หรือเพื่อจัดการน้ำฝน สามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทางใหญ่ๆ คือ แนวทางด้านการออกแบบอนุรักษ์นิยม (conventional stormwater management) และการออกแบบเพื่อให้แต่ละพื้นที่มีความสามารถในการพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง (water sensitive design) ได้มากขึ้น โดยการออกแบบอนุรักษ์นิยมมีพื้นฐานแนวความคิดที่เน้นการจัดการน้ำผิวดินส่วนเกินให้ระบายสู่พื้นที่รับน้ำอื่นอย่างรวดเร็วด้วยระบบโครงสร้างการระบายน้ำของเมือง (urban structure) เช่นการสร้าง เขื่อน/ฝายรับน้ำ สถานีสูบน้ำ ท่อระบายน้ำ เป็นต้น (ศนิ ลิ้มทองสกุล, 2554) โดยมีหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องได้นำเสนอผ่านข้อกำหนดในการออกแบบ หรือมาตรฐานการออกแบบในรูปแบบต่างๆ ยกตัวอย่างเช่นมาตรฐานการออกแบบทางระบายน้ำ (กระทรวงมหาดไทย, 2555) คู่มือการออกแบบวิศวกรรมระบบบายน้ำ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2554) เป็นต้น

ส่วนในอีกทางหนึ่ง การออกแบบเพื่อให้แต่ละพื้นที่มีความสามารถในเพิ่มพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง (water sensitive design) ได้มีบทบาทและมีผู้ให้ความสำคัญมากยิ่งขึ้น เมื่อ

พิจารณาตามข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 จะเห็นได้การกำหนดแนวทางเพื่อเพิ่มแรงจูงใจด้วยหลักการมาตรการส่งเสริมการพัฒนา (incentive measure) ให้แก่ผู้พัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่เรียกว่าโดยการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) ซึ่งหนึ่งในมาตรการคือการจัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต จะได้รับสิทธิให้มีอัตราส่วนของพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) เพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วน หากสามารถกักเก็บน้ำได้ตั้งแต่ 1 ลูกบาศก์เมตร ถึง 4 ลูกบาศก์เมตร ต่อพื้นที่ดิน 50 ตารางเมตร จะให้มี FAR Bonus ได้ไม่เกินร้อยละ 5 จนถึงร้อยละ 20 (กระทรวงมหาดไทย, 2556; ภณเสฏฐ แดงขวัญทอง, 2559) โดยแนวทางดังกล่าวเป็นแนวทางที่พยายามให้แต่ละพื้นที่มีการเพิ่มพื้นที่ หรือเพิ่มศักยภาพของพื้นที่ให้รับน้ำในพื้นที่ได้เองก่อน ผ่านหลักการที่ผสมผสานระหว่างหลักการทางวิศวกรรมกับหลักการทางภูมิสถาปัตยกรรม มีข้อดีนอกจากการเป็นเครื่องมือในการช่วยบริหารจัดการน้ำในพื้นที่แล้ว ยังสามารถใช้เป็นจุดสร้างทัศนียภาพ เป็นแหล่งพักผ่อน ตลอดจนสร้างระบบสมดุลทางนิเวศให้แก่พื้นที่ (Du, 2012; Wong, 2011) และส่งผลต่อดีต่อสภาวะอยู่สบายในพื้นที่เปิดโล่งได้อีกทางหนึ่งด้วย (Coutts et al., 2014) ทั้งนี้จากการศึกษาวรรณกรรมพบว่ามีการเลือกใช้สวนซับน้ำฝน (rain garden) มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบพื้นที่ภูมิทัศน์สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการรับน้ำฝนอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในต่างประเทศ (Dunnett & Clayden, 2007; Franti & Rodie, 2007; Jaber et al., 2012)

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการออกแบบสวนซับน้ำฝน (rain garden) เริ่มแพร่หลายมากขึ้นในประเทศไทย แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านองค์ความรู้ในรูปแบบของการออกแบบและหลักการในการทางการคำนวณหาค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝน ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขของมาตรการส่งเสริมการพัฒนา (incentive measure) ในประเด็น FAR Bonus ข้างต้น ทั้งนี้เนื่องจากการคำนวณค่ามีความซับซ้อน และอาศัยหลักการทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ในการวิเคราะห์เชิงประมาณ (Dietz & Clausen, 2005; Dussaillant et al., 2004; กังวาน พิพิธพงศ์สันต์, 2553; ณัฐธีร์ ตันติเลิศอนันต์, 2554) จึงทำให้เกิดความไม่สมบูรณ์ของเนื้อหาที่ในการนำไปใช้งานอย่าง เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ผู้ออกแบบและผู้ประกอบการยังไม่สามารถเลือกใช้แนวทางการออกแบบสวนซับน้ำฝนมาใช้ในโครงการได้อย่างเต็มที่ (ภณเสฏฐ แดงขวัญทอง, 2559)

ดังนั้นเพื่อเป็นการลดข้อจำกัดในการเลือกใช้การออกแบบสวนซับน้ำฝนในการนำไปใช้ในการทำงานภูมิสถาปัตยกรรม การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นทำการศึกษาหาแนวทางการคำนวณค่าการซึมได้ของ

น้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม ที่เหมาะสมสำหรับบริบทประเทศไทย อันจะเป็นผลดีของการลดผลกระทบจากสภาวะนำฝนไหลนองและส่งเสริมการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์การศึกษา

งานวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาแนวทางการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้

2.1 เพื่อศึกษารูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

2.2 เพื่อศึกษาวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

2.3 เพื่อสาธิตวิธีการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในโครงการตัวอย่าง

2.4 เพื่อเสนอแนะวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

3. กรอบแนวความคิดในการศึกษา

ในการศึกษาเรื่องแนวทางการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม มีกรอบแนวคิดงานวิจัยจากที่มาของการส่งเสริมการออกแบบพื้นที่ภูมิสถาปัตยกรรมของการพัฒนาโครงการในเขตชุมชนเมือง จากมาตรการส่งเสริมการพัฒนาที่เรียกว่า FAR Bonus ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการจัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต ตามข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 แต่เนื่องจากยังขาดองค์ความรู้ในการทำงานตั้งแต่ รูปแบบของการออกแบบและวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานงานภูมิสถาปัตยกรรมในประเทศไทย

4. คำถามในการศึกษา

4.1 รูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมคือรูปแบบใด

4.2 วิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมคือวิธีการใด

4.3 สามารถสาธิตวิธีการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในโครงการตัวอย่างได้หรือไม่

4.4 วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมคือรูปแบบใด

5. ขอบเขตการศึกษา

5.1 ขอบเขตด้านเนื้อหาการศึกษา

5.1.1 ศึกษาข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของการออกแบบและวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานภูมิสถาปัตยกรรมในประเทศไทย

5.1.2 ศึกษาข้อมูลโครงการตัวอย่าง โดยใช้เข้ามูลจากเล่มรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) ของโครงการคอนโดมีเนียมที่อยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครเท่านั้น

5.1.3 ศึกษาวิธีการนำเสนอวิธีการคำนวณค่า โดยมุ่งหวังการเรียนรู้และนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับการใช้งานในงานภูมิสถาปัตยกรรม

5.2 ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาคือพื้นที่ภายในของเขตของกรุงเทพมหานคร เพื่อให้สอดคล้องกับที่มาของการศึกษาเพื่อตอบสนองการทำงานด้านภูมิสถาปัตยกรรมในการพัฒนาโครงการ ภายใต้ข้อข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 โดยทำการสุ่มตัวอย่างโครงการที่เข้าข่ายเพื่อนำมาทดลองในขั้นตอนการสาธิตวิธีการคำนวณปริมาณการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในโครงการตัวอย่าง

6. ตัวแปรในการศึกษา

6.1 ตัวแปรต้น

6.1.1 รูปแบบและขนาดที่สำคัญของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน (rain garden) สำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

6.1.1.1 ความลึกของส่วนที่เป็นบ่อรับน้ำ (ponding depth) ซึ่งมีค่าเริ่มต้นที่ 0.00 เซนติเมตร (ไม่มีสภาพเป็นบ่อรับน้ำ) ไปจนถึงความลึกสูงสุดที่เป็นไปได้จากการทบทวนวรรณกรรม

6.1.1.2 ความลึกของชั้นดินปลูก (media depth) ซึ่งมีค่าเป็นไปตามค่าเฉลี่ยของการทำงานที่ค้นพบจากการทบทวนวรรณกรรม

6.1.1.3 ความลึกของชั้นกรวด (gravel depth) ซึ่งมีค่าเป็นไปตามค่าเฉลี่ยของการทำงานที่ค้นพบจากการทบทวนวรรณกรรม

6.1.2 คุณสมบัติของวัสดุที่สำคัญของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน (rain garden) สำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

6.1.2.1 ร้อยละความพรุนของชั้นดินปลูก (media porosity- %) ซึ่งมีค่าเป็นไปตามค่าเฉลี่ยของการทำงานที่ค้นพบจากการทบทวนวรรณกรรม

6.1.2.2 ร้อยละความพรุนของชั้นกรวด (gravel porosity- %) ซึ่งมีค่าเป็นไปตามค่าเฉลี่ยของการทำงานที่ค้นพบจากการทบทวนวรรณกรรม

6.2 ตัวแปรตาม

6.2.1 ค่าการซึมได้ (วัดเป็นหน่วยของระดับน้ำ (depth)) ของน้ำฝนต่อพื้นที่ (ตารางเมตร) ในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม มีหน่วยรวมคือ เซนติเมตร/1-ตารางเมตร

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

7.1 สามารถทราบถึงรูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

7.2 สามารถทราบถึงวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

7.3 สามารถนำเสนอวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนอย่างง่ายในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม ให้แก่ภูมิสถาปนิก

8. นิยามคำศัพท์เฉพาะ

8.1 สวนซับน้ำฝน (rain garden) คือ รูปแบบการออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง ตามรูปแบบของพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง (water sensitive design)

8.2 พื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง (water sensitive design) คือ แนวทางการออกแบบพื้นที่ว่างให้มีความสามารถในการรับน้ำฝนไหลนองได้มากกว่ารูปแบบปกติ มักจะถูกจัดอยู่ในชุดของแนวทางการออกแบบตามหลักการที่เรียกอยู่หลากหลายชื่อ เช่น Low Impact Development (LID) ในประเทศสหรัฐอเมริกา Water Sensitive Urban Design (WSUD) ของประเทศเครือจักรภพออสเตรเลีย เป็นต้น (Howe et al., 2012) แต่โดยภาพรวมมีจุดมุ่งหมายส่งเสริมให้เกิดการออกแบบพื้นที่ให้เพิ่มประสิทธิภาพของการรับน้ำ/หรือเพิ่มการซึมน้ำของพื้นผิว โดยยังอยู่ในพื้นฐานของการได้ประโยชน์การใช้งาน (function) ตามเดิม

8.3 น้ำฝนไหลนอง (stormwater runoff) คือ ผลที่เกิดขึ้นภายหลังจากฝนตกในเขตพื้นที่นั้นๆเอง โดยมักจะวัดการไหลนองเป็นหน่วยความลึกของน้ำฝนที่สะสมในพื้นที่ และยังไม่สามารถระบายไปที่อื่นได้ในเวลาดังกล่าว บางครั้งเรียกว่าน้ำท่วมขัง หรือน้ำนอง ทั้งนี้น้ำฝนไหลนองไม่ใช่ปรากฏการณ์เดียวกันกับน้ำท่วม (flood) ซึ่งมักจะเกิดจากมวลน้ำสะสมจากต้นน้ำไหลเข้าท่วมพื้นที่

8.4 การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) คือ เครื่องมือที่อนุมัติให้เพิ่มความสูงของอาคารมากกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้ ซึ่งเป็นส่วนที่เพิ่มขึ้นจากค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินตามที่กฎหมายกำหนดเป็นแรงกระตุ้นให้ภาคเอกชนดำเนินการให้เป็นไปตามนโยบายของภาครัฐในการจัดให้มีสิ่งที่เป็นสาธารณประโยชน์โดยไม่ได้บังคับในทางกฎหมาย ภายใต้กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาเรื่อง แนวทางการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝน สำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการสร้างองค์ความรู้ในการทำงานภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อศักยภาพในการรองรับน้ำได้ดียิ่งขึ้น ในเบื้องต้นเนื้อหาของการทบทวนวรรณกรรม มีเป้าหมายให้เข้าใจถึงหลักการ องค์ความรู้พื้นฐานซึ่งประกอบไปด้วยการทบทวนวรรณกรรม 5 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ทฤษฎีอุทกวิทยาและความสัมพันธ์กับงานภูมิสถาปัตยกรรม

ส่วนที่ 2 การพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ในเขตกรุงเทพมหานคร

ส่วนที่ 3 การออกแบบพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมืองและพื้นที่สวนซับน้ำฝน

ส่วนที่ 4 การคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝน

ส่วนที่ 5 สรุปผลการทบทวนวรรณกรรม

โดยมีเนื้อหาของแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

1. ทฤษฎีอุทกวิทยาและความสัมพันธ์กับภูมิสถาปัตยกรรม

อุทกวิทยาเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการเกิด การหมุนเวียน การเคลื่อนที่ และการกระจายของน้ำบนแผ่นดิน ซึ่งหมายรวมถึงกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี ชีวิทยา และสิ่งมีชีวิต ของน้ำในธรรมชาติ โดยมีความสัมพันธ์กับสภาพของภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ชนิดและคุณสมบัติของผืนดินและดิน และปัจจัยอื่นๆที่สัมพันธ์กัน ทั้งนี้โดยทั่วไปแล้วการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในด้านอุตุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา สิ่งแวดล้อม และสมุทรศาสตร์ เป็นต้น (ชูโชค อายุพงศ์, 2535; ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2554)

โดยการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาสามารถแบ่งออกเป็นช่วงต่างๆ ตามวิวัฒนาการขององค์ความรู้ที่สั่งสมกันมา ทั้งนี้ส่วนใหญ่อยู่ภายใต้การศึกษาในกรอบของวิชาการทางวิศวกรรมโยธา ภายในหลักวิศวกรรมชลศาสตร์ (hydrology engineering) โดยการศึกษาสามารถสอบย้อนไปตั้งแต่ในยุคโบราณในหลักฐานของการจัดการน้ำใช้ของอียิปต์โบราณ ถัดมาเป็นยุคของกรีก และที่สะท้อน

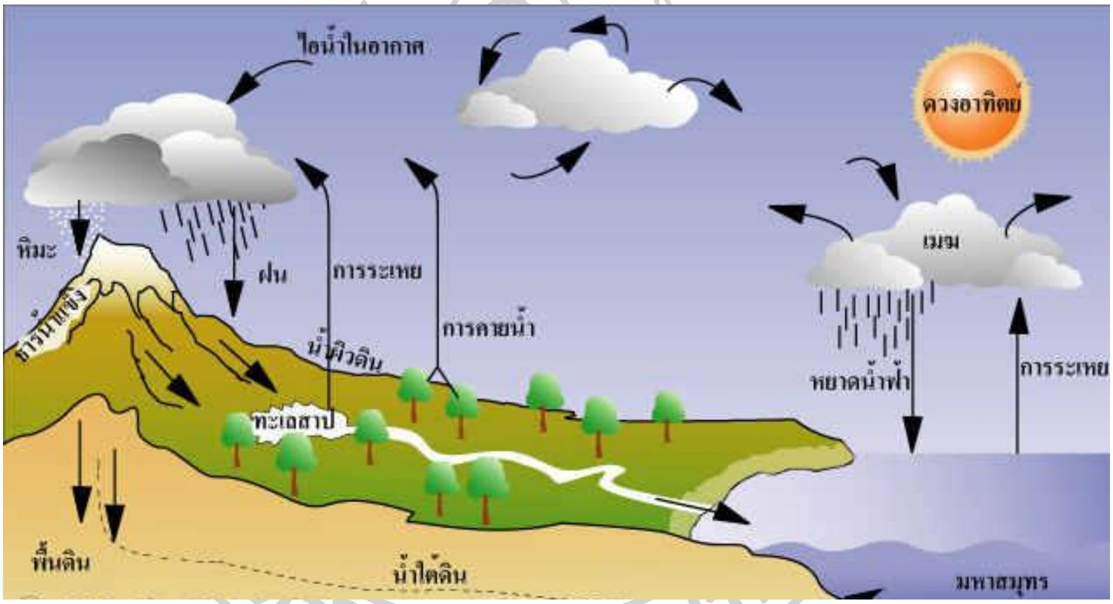
วิวัฒนาการอย่างมากในช่วงแรกปรากฏในยุคของโรมัน จากหลักฐานการนำน้ำมาใช้ในกรุงโรมผ่านระบบการลำเลียงที่มิใช่ตามธรรมชาติของการไหลของน้ำนั่นเอง ถัดมาในยุคกลางด้วยความเฟื่องฟูของวิทยาการทางคณิตศาสตร์ทำให้มนุษย์สามารถสร้างแบบจำลองด้านต่างๆในด้านอุทกวิทยา โดยอาศัยการเก็บข้อมูลทางสถิติต่างๆ เช่นค่าน้ำฝน อัตราการซึมได้ของดิน อัตราการระเหยของน้ำในธรรมชาติ และยังสามารถทำนายปริมาณน้ำไหลบ่าและท่วมขังในเขตเมืองได้อีกเช่นกัน อย่างไรก็ตามเมื่อวิทยาการของคอมพิวเตอร์พัฒนาขึ้นกระบวนการสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์ด้วยคอมพิวเตอร์จึงเป็นที่แพร่หลายมากยิ่งขึ้นโดยสามารถทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงต่างๆได้อย่างแม่นยำขึ้นโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญๆ เช่นสถิติน้ำฝน คุณสมบัติของแผ่นดินและดิน คุณสมบัติพืชพรรณเป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลที่มีความแปรปรวนแตกต่างกันตามสภาพของแต่ละพื้นที่ ดังนั้นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงข้อมูลเฉพาะในแต่ละที่จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยที่ไม่สามารถเพิ่งพาเทคโนโลยีที่ทันสมัยได้อย่างเดียวเช่นกัน (ชูโชค อายุพงศ์, 2535)

จากข้อมูลข้างต้น ถึงแม้ว่าวิวัฒนาการด้านคอมพิวเตอร์จะเข้ามาช่วยให้การคำนวณค่ามีความแม่นยำมากขึ้น แต่โดยหลักของการศึกษาด้านอุทกวิทยาจำเป็นจะต้องทำความเข้าใจในเนื้อหาที่เป็นพื้นฐาน ซึ่งเป็นหลักสำคัญในการศึกษาในขั้นสูงต่อไป อันประกอบไปด้วยเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวงจรและการสมดุลทางอุทกวิทยา (hydrologic circle and balance) น้ำฝนและน้ำไหลนอง (precipitation and stormwater) และภูมิสถาปัตยกรรมกับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ (landscape design and water sensitive management) โดยมีเนื้อหาดังนี้

1.1 วงจรและการสมดุลทางอุทกวิทยา (hydrologic circle and balance)

เนื่องจากศาสตร์ทางด้านอุทกวิทยา เป็นศาสตร์ที่กล่าวถึงการศึกษาพฤติกรรมของธรรมชาติซึ่งไม่สามารถกำหนดได้โดยมนุษย์ แต่มนุษย์สามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจเพื่ออยู่ร่วมกับธรรมชาติได้ (ศนิ ลิ้มทองสกุล, 2554) โดยกระบวนการการเกิดทางอุทกศาสตร์ตามธรรมชาติซึ่งเรียกว่าวงจรอุทกวิทยานั้นถือเป็นศูนย์รวมของศาสตร์ในด้านนี้ โดยวงจรดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม่มีจุดเริ่มต้นและไม่มีจุดสิ้นสุด ถึงแม้จะไม่มีจุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุด แต่หากเริ่มอธิบายจากการระเหยของน้ำจากมหาสมุทร หรือแหล่งน้ำจืดบนผิวโลก กลายเป็นไอน้ำในชั้นบรรยากาศ จากนั้นไอน้ำเกาะตัวกันจนกลั่นเป็นน้ำจากอากาศ หรือหยาดน้ำฟ้า (precipitation) เช่นฝน ลูกเห็บ หิมะ เป็นต้น และเมื่อหยาดน้ำฟ้า ได้ตกลงสู่มหาสมุทรและ/หรือแผ่นดิน โดยหากตกลงบนแผ่นดิน จะมีบางส่วนระเหยกลายเป็นไอกลับสู่บรรยากาศ หรือตกลงค้างอยู่ตามต้นไม้และสิ่งก่อสร้างอื่นๆ แต่ส่วน

หนึ่งจะตกลงสู่พื้นดิน จะสามารถเกิดการไหลบนผิวดิน (runoff water) เกิดการดัก-กักเก็บ (interception) เกิดการซึมลงใต้ดิน (infiltration) ซึ่งน้ำที่ไหลบนผิวดินก็จะไปรวมกันเป็นลำน้ำ (inter flow) ส่วนที่ซึมลงใต้ดิน ส่วนหนึ่งจะถูกดูดไปใช้งานโดยพืชผ่านการระเหยและการคายน้ำ (evaporation and transpiration) กลับสู่ชั้นบรรยากาศ และบางส่วนไหลไปรวมกันเป็นน้ำใต้ดิน (ground water) ซึ่งสามารถเกิดการไหลและท้ายที่สุดก็สามารถไหลไปรวมกันในแม่น้ำ ลำธาร หรือแหล่งน้ำบนบก หรือมหาสมุทรได้ และหมุนต่อเป็นวงจร หรือ วัฏจักรของน้ำดังได้อธิบายมาในเบื้องต้น (ชูโชค อายุพงศ์, 2535; ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, มปป.) โดยสามารถแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วงจรอุทกวิทยา

ที่มา: ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ (มปป.)

นอกจากวงจรอุทกวิทยา ชูโชค อายุพงศ์ (2535) อธิบายเพิ่มเติมว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนโลกนั้น ร้อยละ 61 จะระเหยกลับสู่ชั้นบรรยากาศจากพื้นดิน ในขณะที่ร้อยละ 36 เป็นน้ำที่ไหลสู่ทะเลในท้ายที่สุด ซึ่งส่วนต่างที่เหลือร้อยละ 3 เป็นน้ำที่ค้างอยู่ในระบบของผิวโลก แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเกิดฝนตกของแต่ละปีไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการณ์ของแต่ละปีซึ่งอาจผันผวนได้จากหลายสาเหตุ ทั้งนี้เพื่อความเข้าใจในภาพรวมของหลักการทางอุทกศาสตร์ที่สำคัญของประเทศไทย ข้อมูลของปริมาณน้ำในส่วนต่างๆ ตามสัดส่วนของน้ำฝนและพื้นที่กักเก็บแยกตามลุ่มน้ำในแต่ละภูมิภาคดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งพิจารณาในเบื้องต้นพบว่าภาคกลางมีอัตราส่วนของการกักเก็บน้ำใน

สัดส่วนสูงที่สุด ในขณะที่ภาคตะวันออกมีอัตราส่วนของการกักเก็บน้ำต่ำที่สุด โดย ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล (มปป.) นำเสนอในรายงานวิชาการว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการระเหยและการคายน้ำสูงขึ้น ส่งผลต่อศักยภาพในการเก็บกักน้ำของทั้งแหล่งน้ำธรรมชาติและโครงการชลประทานขนาดต่างๆภายในประเทศ ลดลง อาจส่งผลกระทบให้ภัยแล้งอาจรุนแรงและยาวนานขึ้นกว่าในอดีต ซึ่งกล่าวได้ว่าในอนาคตอันใกล้นี้ปัญหาการขาดแคลนน้ำจะทวีความรุนแรงมากขึ้นในพื้นที่ชลประทานและภาคอุตสาหกรรม ดังนั้น ประเทศไทยจึงควรสร้างกระบวนการวิเคราะห์อนาคตในเชิงยุทธศาสตร์เพื่อกำหนดกลยุทธการพัฒนาในระยะยาวของระบบและภาคส่วนต่างๆ เพื่อการประเมินแนวทางการปรับตัวที่สามารถรองรับความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำในอนาคต ตลอดจนมีการทบทวนเป็นระยะเพื่อปรับเปลี่ยนตามเงื่อนไขของการพัฒนา

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำหลักแยกตามภูมิภาคของประเทศไทย พ.ศ. 2550

ภูมิภาค	ปริมาณฝนเฉลี่ย	ปริมาณน้ำ	ปริมาณน้ำท่า	ปริมาณน้ำเก็บกัก	ปริมาณน้ำเก็บกักต่อปริมาณน้ำท่า
	(ม.ม.)	(ล้าน ลบ.ม.)	(ล้าน ลบ.ม.)	(ล้าน ลบ.ม.)	(ร้อยละ)
เหนือ	1,451.37	185,957.36	45,747.66	24,966.16	54.57
ตะวันออกเฉียงเหนือ	1,438.32	252,816.31	48,804.64	9,898.62	20.28
กลาง	1,155.44	120,301.11	33,120.42	29,565.80	89.27
ตะวันออก	1,761.80	68,177.18	26,703.53	1,631.88	6.11
ใต้	1,604.93	117,833.70	46,453.85	7,374.78	15.88
รวม	**1,482.37**	**745,085.66**	**200,830.10**	**73,437.24**	**36.57**

ที่มา: รายงานข้อมูลสารสนเทศโครงการชลประทาน พ.ศ. 2550 (ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล, มปป.)

นอกจากการทำความเข้าใจระบบวงจรอุทกวิทยา สถานภาพของการกักเก็บน้ำและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในส่วนต่างๆของประเทศไทยแล้วการเข้าใจสมดุลของน้ำ (hydrologic balance) จะเป็นการขยายความของภาพความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่าผิวดิน ปริมาณน้ำใต้ดิน อัตราการระเหยของน้ำบนผิวดิน อัตราการคายน้ำจากพืช อัตราการซึมของน้ำ และอัตราการเปลี่ยนแปลงแหล่งกักเก็บของน้ำ โดยเมื่อพิจารณาพื้นที่ใดๆ เป็นระบบเปิดใดๆ

ชูโชค อายุพงศ์ (2535) อธิบายว่าโดยทั่วไปแล้วสมดุลของน้ำสามารถเขียนอยู่ได้ในรูปแบบสมการสมดุลของน้ำผิวดิน ตามสมการที่ (1)

$$\mathbf{P + Q_{in} - Q_{out} + Q_g - I - E_s - T_s = \Delta S_s} \qquad (1)$$

โดยที่

$\mathbf{P}$ คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่, $\mathbf{Q_{in}}$คือ ปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้าพื้นที่, $\mathbf{Q_{out}}$คือ ปริมาณน้ำท่าผิวดินที่ไหลออกพื้นที่, $\mathbf{Q_g}$ คือ ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลเข้าสู่ลำน้ำ, $\mathbf{I}$ คือ การซึมของน้ำ, $\mathbf{E_s}$คือ การระเหยบนผิวดิน, $\mathbf{T_s}$ คือ การคายน้ำจากพืช และ $\mathbf{\Delta S_s}$คือ การเปลี่ยนแปลงขนาดของแหล่งเก็บน้ำ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในอีกรูปแบบหนึ่งของสมดุลน้ำ คือสมดุลที่เกิดจากฝนที่ตรงลงแค่เฉพาะในพื้นที่ ซึ่งก็คือการตัดอิทธิพลของน้ำท่าไหลเข้าและไหลออก Dunnett & Clayden (2007)สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ (2)

$$\mathbf{P = R + I + E_s - T_s} \qquad (2)$$

โดยที่

$\mathbf{P}$ คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่, $\mathbf{R}$ คือ ปริมาณน้ำฝนไหลนอง (stormwater runoff) $\mathbf{E_s}$คือ การระเหยบนผิวดิน, $\mathbf{T_s}$ คือ การคายน้ำจากพืชและ $\mathbf{I}$ คือ การซึมของน้ำ ซึ่งเมื่อพิจาณาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนไหลนอง และการซึมได้ของน้ำในพื้นที่จะพบว่าเป็นส่วนที่ผกผันสัมพันธ์กัน ดังนั้นเมื่อต้องการลดการไหลนอง จึงต้องเพิ่มความสามารถในการซึมได้ของพื้นที่นั่นเอง เมื่อมีความประสงค์ในการออกแบบพื้นที่ภูมิทัศน์ในการพัฒนาโครงการใดๆ ให้มีศักยภาพสามารถเพิ่มศักยภาพของการรับน้ำโดยมิต้องเสียประโยชน์ที่ดินอื่นๆ โดยเสียเปล่าอันเป็นประโยชน์ตามหลักการการออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง ตามรูปแบบของพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง (Water Sensitive Urban Design: WSUD) (Fletcher et al., 2015; Goonetilleke et al., 2011) ทั้งนี้องค์ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับด้านน้ำฝนและน้ำไหลนอง (precipitation and stormwater) และภูมิสถาปัตยกรรมกับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ (landscape design and water sensitive management) ซึ่งแสดงเนื้อหาในส่วนถัดไป

1.2 น้ำฝนและน้ำฝนไหลนอง (precipitation and stormwater)

ในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตั้งต้นและคุณสมบัติในการไหล หรือรองรับน้ำของผิวดิน ทั้งนี้เพื่อการเข้าใจพื้นฐานของการเกิด หรือคาดการณ์ปริมาณน้ำฝน จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจตั้งแต่ระบบอุตุนิยมวิทยา (meteorology) ซึ่งเป็นศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ที่อธิบายถึงชั้นบรรยากาศและปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือที่เรียกว่าเรื่องของลมฟ้าอากาศ ทั้งนี้ปรากฏการณ์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมที่มนุษย์จำเป็นต้องเข้าใจและศึกษาอย่างถ่องแท้ ทั้งนี้เนื่องจากลมฟ้าอากาศ มีความไม่คงที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้อุตุนิยมวิทยา จึงเป็นศาสตร์ที่ใช้ในการพยากรณ์เพื่อการทำความเข้าใจและให้มนุษย์เตรียมตัวรับมือกับเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (Holton & Hakim, 2012) โดยมีเนื้อหาที่สำคัญใน 3 ส่วน ประกอบไปด้วยส่วนต้นหลักการอุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น (meteorology) น้ำฝน (precipitation) และน้ำไหลนอง (stormwater) โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

1.2.1 อุตุนิยมวิทยา (meteorology) เบื้องต้นเนื้อหาในส่วนของอุตุนิยมวิทยาจะกล่าวถึง ความรู้ด้านบรรยากาศ (atmosphere) อุณหภูมิ (temperature) ความกดอากาศ (pressure) ความชื้น (humidity) และลม (wind) ล้วนแต่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน และน้ำไหลนอง ซึ่งเป็นเนื้อหลักของการศึกษาในครั้งนี้ โดย ชูโชค อายุพงศ์ (2535) อธิบายรายละเอียดโดยคร่าวดังนี้

1) บรรยากาศ (atmosphere) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มโลก ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มก๊าซต่างๆ โดยมีสัดส่วนหลักเป็น ไนโตรเจน (ร้อยละ 78 โดยประมาณ) ออกซิเจน (ร้อยละ 21 โดยประมาณ) และอื่นๆอีก ประมาณ 10 ชนิด (ร้อยละ 1 โดยประมาณ) โดยสามารถแบ่งชั้นบรรยากาศได้ออกเป็น 4 กลุ่มคือ

(1) โทรโพสเฟียร์ (Troposphere) คือระดับบรรยากาศใกล้ผิวโลก ซึ่งมีมวลอากาศหนาแน่น หระแสอากาศมีการเคลื่อนไหวทั้งในทางตั้งและทางนอก มีการพาความร้อนด้วยการผสมกันของกระแสอากาศ มีไอน้ำและความร้อนที่ถ่ายเทจากผิวโลก ทั้งนี้ปรากฏการณ์ต่างๆทางอุตุนิยมวิทยาจะเกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศนี้เป็นหลัก มีระดับความหนาของชั้นบรรยากาศประมาณ 10 กิโลเมตรจากผิวโลก

(2) สตราโตสเฟียร์ (Stratosphere) คือระดับบรรยากาศที่อยู่ระหว่างความสูงที่ตั้งแต่ 10 กิโลเมตรขึ้นไป จนถึงที่ระดับประมาณ 50 กิโลเมตรจากผิวโลก โดยมีสภาพอากาศจับตัวเป็นแผ่น มีการเคลื่อนไหวของอากาศในทางแนวนอนเพียงอย่างเดียว

(3) เคโมสเฟียร์และไอออนโนสเฟียร์ (Chemosphere and Ionosphere) คือระดับบรรยากาศที่อยู่ระหว่างความสูงที่ขึ้นไปจนสูงมากในระดับ จนถึงหลายร้อยกิโลเมตรจากผิวโลกโดยประมาณ โดยอิเล็กตรอนในอนุภาคของก๊าซได้รับอิทธิพลของดวงอาทิตย์สูงมาก ซึ่งมีประโยชน์ในการเป็นที่สื่อสารในวงการดาวเทียม

(4) เอ๊กโซสเฟียร์ (Exosphere) คือระดับบรรยากาศนอกสุดที่ห่อหุ้มโลก มีบรรยากาศเบาบางมาก อยู่ในระดับตั้งแต่ 800 – 1,200 กิโลเมตรจากผิวโลก โดยส่วนมากประกอบด้วย ไฮโดรเจน และฮีเลียม

ทั้งนี้กล่าวโดยสรุปคือ ถึงแม้ว่าชั้นบรรยากาศของโลกจะมีถึง 4 ชั้นและมีความหนากว่า 1,200 กิโลเมตร แต่ชั้นที่มีความสัมพันธ์กับสภาวะทางอุตินิยมของโลกคือชั้นแรก - โทรโพสเฟียร์ (Troposphere) – เท่านั้น ดังนั้นการให้ความสำคัญของศาสตร์ทางอุตินิยมวิทยาจึงเน้นไปที่ชั้นดังกล่าว

2) อุณหภูมิ (temperature) เป็นมาตรวัดสภาวะการของสภาวะแวดล้อมอีกรายการหนึ่งที่สำคัญต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการเป็นตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ทางอุตุนิยมวิทยาที่สำคัญ เป็นการวัดค่าความร้อนของบริเวณในหน่วยของตัวเลขที่สามารเข้าใจได้อย่างง่าย โดยทั่วๆ ไปแล้วอุณหภูมิของอากาศบริเวณผิวโลกจะสูงในบริเวณละติจูดต่ำๆ และลดลงไปเมื่อสูงขึ้นจนถึงขั้วโลก ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของความร้อนจากดวงอาทิตย์ในแต่ละส่วนของโลกไม่เท่ากัน อีกทั้งอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา หรือฤดูกาล แม้แต่ในช่วงแต่ละวันอุณหภูมิในจุดหนึ่งๆ ในแต่ละช่วงเวลาก็จะไม่เท่ากัน โดยนอกจากขึ้นอยู่กับอิทธิพลตำแหน่งของดวงอาทิตย์แล้ว ความแตกต่างจะขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้า เช่นมีเมฆมากก็สามารถลดทอนความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้อีกทางหนึ่ง เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิเป็นค่าสะท้อนความร้อน ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่ออิทธิพลการเกิดวงจรทางอุทกศาสตร์ (เกิดการระเหยของน้ำกลายเป็นไอ และหมุนเวียนดังแสดงข้างต้น) และยังก่อให้เกิดการไหลเวียนของมวลอากาศ (เกิดพายุ ซึ่งพัดพามวลน้ำฝนเข้าสู่แผ่นดิน) ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีส่วนสำคัญในการช่วยพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆด้านอุทกวิยา เพื่อให้มนุษย์เข้าใจและเตรียมการรองรับเหตุการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีความสำคัญยิ่ง

3) ความกดอากาศ (pressure) เนื่องจากโลกถูกห่อหุ้มด้วยมวลของก๊าซ ซึ่งถูกดึงดูดไว้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก จึงทำให้มีน้ำหนักกดลงบนผิวโลกจากมวลของก๊าซดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามด้วยสภาพของพื้นผิวโลกที่แตกต่างกันในแต่ละจุด จึงทำให้น้ำหนักหรืออิทธิพลการกดทับของอากาศจึงแตกต่างต่างกัน โดยเรียกการกดทับนี้ว่าความกดอากาศ โดยอิทธิพลของลมและอุณหภูมิจะส่งผลต่อสภาพความกดอากาศของแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้สามารถวัดความกดอากาศด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าบาโรมิเตอร์ (barometer) โดยการวัดจะเป็นการวัดค่าที่แตกต่างกับมาตรฐาน เรียกว่าบรรยากาศมาตรฐาน (standard atmosphere) โดยมีค่า 1,013.2 มิลิบาร์ ที่อุณหภูมิระดับน้ำทะเล 15 องศาเซลเซียส ทั้งนี้สามารถจำแนกระดับของความกดอากาศได้ออกเป็น 4 ระดับดังนี้

(1) บริเวณความกดอากาศต่ำ (low) คือบริเวณที่อยู่รอบๆ ศูนย์กลางของความกดอากาศ ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับความกดอากาศมาตรฐาน

(2) บริเวณความกดอากาศสูง (high) คือบริเวณที่อยู่รอบๆ ความกดอากาศต่ำ

(3) ร่องความกดอากาศ (trough) คือบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำเป็นแนวหรือร่องเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า trough line ในแนวนี้เส้นความกดอากาศเท่ากันจะมีลักษณะทวนเข็มนาฬิกา (ในซีกโลกเหนือ) หรือเรียกว่า cyclonic curvature

(4) ลิ่มความกดอากาศสูง (ridge) คือบริเวณที่มีความกดอากาศสูง ซึ่งเรียกว่า ridge line ในแนวนี้เส้นความกดอากาศเท่ากันจะมีลักษณะตามเข็มนาฬิกา (ในซีกโลกเหนือ) หรือเรียกว่า anticyclonic curvature

นอกจากนี้ยังมีแนวอื่นๆ ที่เรียกว่า col ซึ่งอยู่ระหว่างแนวบริเวณความกดอากาศต่ำ และบริเวณความกดอากาศสูง ทั้งนี้ความแตกต่างของความกดอากาศส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของลมและพายุ ซึ่งพัดพาเอามวลน้ำฝนเข้าสู่แผ่นดินได้

4) ความชื้น (humidity) เป็นมาตรวัดปริมาณไอน้ำที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการเกิดฝนในแต่ละพื้นที่ โดยการวัดค่าความดันไอน้ำ (vapor pressure) มีความสำพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ โดยสามารถอธิบายนิยามของแต่ละประเภทของความชื้นที่ใช้ในงานด้านอุตุนิยมวิทยาได้ดังนี้

(1) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humanity) คืออัตราส่วนระหว่างมวลของน้ำที่มีอยู่จริงกับมวลของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิขณะนั้น ความชื้นสัมพัทธ์สามารถคิดเป็นอัตราส่วนหรือร้อยละ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

(2) ความชื้นแท้ (absolute humidity) คือความหนาแน่นหรือน้ำหนักของไอน้ำตามปกติ

(3) ความชื้นจำเพาะ (specific humidity) คืออัตราส่วนความหนาแน่น หรือน้ำหนักของไอน้ำต่อน้ำหนักของอากาศ

ทั้งนี้ความชื้นส่งผลต่อสภาวะการการเกิดฝนของพื้นที่โดยตรง ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงการพยากรณ์ที่แม่นยำของการเกิดฝน นักอุตุนิยมวิทยาจึงต้องให้ความสำคัญต่อระดับความชื้นในจุดต่างๆ

5) ลม (wind) เป็นอากาศที่เคลื่อนที่ตามแนวราบ โดยเป็นกลไกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในหลายเรื่อง เช่นการเคลื่อนที่ของความร้อน ความชื้น เป็นต้น โดยอิทธิพลของความกดอากาศส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของลม โดยลมจะพัดจากความกดอากาศสูงไปสู่ที่มีความกดอากาศต่ำ ทั้งนี้ลมสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

(1) ลมประจำปี เป็นลมที่มีลักษณะการเกิดแบบหมุนเวียนเป็นประจำที่พัดผ่านส่วนต่างๆ ของโลก โดยส่งผลต่อการเดินทางทางเรือในมหาสมุทร หรือส่งผลภาพกว้างของการเกิดพายุหรือลมหมุนในแต่ละส่วน แบ่งเรียกเป็นประเภทย่อยๆ คือ ลมค้า (trade wind) เป็นลมในทิศตะวันออกเฉียงเหนือในซีกโลกเหนือ หรือทิศตะวันออกเฉียงใต้ในซีกโลกใต้ ลมทวนค้า (anti-trade wind) เป็นลมในทิศตรงกันข้ามกับลมค้า และพัดอยู่ในระดับสูงกว่าระดับน้ำทะเล ราวๆ 10,000 ฟุต ลมฝ่ายตะวันออก (westerly wind) คือลมตะวันออกเฉียงใต้ในซีกโลกเหนือ พัดจากความกดอากาศสูงประมาณละติจูดที่ 30 องศาเหนือ ไปทางขั้วโลกที่ความกดอากาศต่ำที่ละติจูดที่ 60 องศาเหนือ (สำหรับซีกโลกเหนือ) ถัดมาคือ ลมขั้วโลก (polar wind) พัดจากความกดอากาศต่ำบริเวณใกล้ขั้วโลกไปสู่ความกดอากาศสูงในบริเวณใกล้เคียงกัน ลมสงบบริเวณเส้นศูนย์สูตร (doldrums) เนื่องจากแถบศูนย์สูตรมีอุณหภูมิสูง และความกดอากาศต่ำ อากาศจึงลองสู่เบื้องบนแยกตัวเคลื่อนสู่ความกดอากาศสูง ทำให้ลมอ่อน หรือลมสงบเป็นส่วนมาก และลมสงบบริเวณรุ้งม้า (horse latitude) เป็นเขตความกดอากาศสูงประมาณละติจูดที่ 30 องศาเหนือ และ 30 องศาใต้ อากาศเคลื่อนตัวบริเวณนี้ไปสู่บริเวณความกดอากาศต่ำ ทำให้ลมอ่อนแปรปรวนหรือลมสงบเป็นส่วนมาก

(2) ลมมรสุม (monsoon circulation) เป็นลมที่มีเกิดขึ้นเฉพาะท้องถิ่นหนึ่งๆ มีบริเวณกว้างและเป็นลมที่พัดเป็นระยะเวลานานแน่นอนตลอดฤดูทุกปี เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างเหนือพื้นดินและผืนน้ำ จึงมีลมพัดจากแผ่นดินสู่ทะเล และจากทะเลสู่แผ่นดิน

อยู่เป็นประจำ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ลมมรสุมฤดูร้อน และลมมรสุมฤดูหนาว โดยมีรายละเอียดโดยคร่าวคือ

ลมมรสุมฤดูร้อน เป็นลมที่พัดจากมหาสมุทรเข้าสู่พื้นทวีป โดยที่ฤดูร้อนนั้นแผ่นดินบนพื้นทวีป มีความร้อนสูงกว่ามหาสมุทร จากอิทธิพลของดวงอาทิตย์ ความกดอากาศในแผ่นดินจึงต่ำกว่า จึงเกิดเป็นลมพัดจากมหาสมุทรเข้าสู่ทวีป กินเวลาราวๆ 6 เดือน ในช่วงเดือนเมษายน ถึงเดือนตุลาคม

ลมมรสุมฤดูหนาว เป็นลมที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิของพื้นทวีปต่ำลงมากกว่าอุณหภูมิของมหาสมุทร ทำให้เกิดลมพัดจากทวีปไปสู่มหาสมุทร ซึ่งจะนำความแห้งแล้งและความหนาวเย็นเข้ามาทดแทน และจะนำฝนไปด้วยถ้าลมนี้พัดผ่านทะเลก่อนเข้าสู่แผ่นดินบางตอน ลมนี้จะอยู่ราวช่วงเดือนตุลาคม ถึงมีนาคม ของทุกปี

(3) ลมบกลมทะเล (land and sea breeze) เป็นลมที่เกิดจากอิทธิพลของความร้อนและความกดอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาของวันในพื้นที่ที่ติดกับแหล่งน้ำขนาดใหญ่ จนเกิดเป็นการหมุนเวียนของลมพัดเข้าออกในรอบวัน

(4) ลมภูเขา (mountain breeze) ในเวลากลางวันอากาศตามภูเขา และลาดเขาร้อนทำให้อากาศที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงเย็นกว่าไหลเข้าแทนที่ และไหลไปตามลาดเขาขึ้นสู่เบื้องบนเรียกลมหุบเขา ส่วนในเวลากลางคืนอากาศตามลาดเขาเย็นลงและหนัก จึงไหลลงเรียกว่าลมเขา

ข้างต้นเป็นหลักการที่อธิบายถึงองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเกิดฝน อันจะนำไปสู่สภาพของการเกิดการไหลนองของน้ำฝนในพื้นที่ใด ทั้งนี้ในส่วนถัดไปของเนื้อหาเป็นการอธิบายถึงทฤษฎีของน้ำฝน (precipitation) ซึ่งจะทำให้เข้าใจในภาพรวมของการศึกษาในครั้งนี้ต่อไป

1.2.2 น้ำฝน (precipitation) ทฤษฎีที่ว่าด้วยน้ำฝนมีงานวิชาการรวบรวมไว้หลากหลาย ซึ่งเป็นเนื้อหลักของการศึกษาในครั้งนี้อ้างอิงหลักการของ ชูโชค อายุพงศ์ (2535) ร่วมกับเนื้อหาของ ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2554) ซึ่งนำเสนอแบ่งเป็นหมวดหมู่ 5 ส่วนคือ การเกิดฝนตกและชนิดของฝน การวัดปริมาณฝน การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน และลักษณะการเกิดฝนในประเทศไทยเนื้อหาสรุปได้ดังนี้

1) การเกิดฝนตกและชนิดของฝน น้ำฝนเป็นรูปแบบหนึ่งของน้ำจากอากาศ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อวงจรอุทกวิทยา วงจรชีวิต สภาพภูมิศาสตร์ และการกำหนดบทบาทในการบริหารจัดการน้ำทั้งในเขตเมืองและชนบท โดยอิทธิพลของการก่อตัวในชั้นบรรยากาศ

จะมีความชื้นอยู่ทั่วไปไม่ว่าวันนั้นจะมีฝนตกหรือไม่ก็ตาม แต่ฝนจะตกได้ก็ต่อเมื่อมีกลไกของบรรยากาศที่จะทำให้อากาศเย็นตัวลงจนกระทั่งถึงสภาพอิ่มตัว สภาพของบรรยากาศที่จะเป็นผลให้มีฝนตกจำนวนมากได้นั้นจะต้องมาจากขบวนการการลอยตัวของอากาศที่มีบริเวณกว้างมาก การลอยตัวของอากาศเป็นผลมาจากกระบวนการพาหรือการรวมตัวโดยมีสาเหตุจากการแผ่รังสีความร้อนหรือการเย็นตัวลงของผิวโลก แต่การควบแน่นนั้นจะต้องอาศัยสิ่งยึดเกาะ เป็นแกนกลาง โดยมีขนาดเล็กมาก เช่นผงฝุ่นจากการเผาออกไซด์ของไนโตรเจนและอนุภาคเกลือ ซึ่งจะทำให้เกิดการควบแน่นกลายมาเป็นฝนในที่สุด โดยเมื่อเกิดฝนตก ดัชนีที่สำคัญคือการเข้มของฝน (rainfall intensity) และระยะเวลาของการตก (duration) โดยในบางพื้นที่อาจเกิดฝนตกที่มีความเข้มมาก หรือฝนตกหนักและนาน แต่ในขณะที่บางแห่งอาจมีความเข้มของฝนน้อยกว่า โดยปกติอัตราการตกของฝนในที่ใดๆ มากเกิดในอัตราใกล้เคียงกันในรอบปี ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลทางอุตุนิยมดังแสดงมาข้างต้น แต่ข้อควรระวังที่สัมพันธ์ต่อปัญหาการระบายน้ำของเมืองคือกรณีการเกิดฝนตกที่แตกต่างจากข้อมูลสถิติมาตรฐานของพื้นที่ ซึ่งเมื่อความเข้มมากเกินไปจนเกิดการท่วมฉับพลัน ซึ่งเป็นปัญหาของเมืองอันส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตและทรัพย์สินของคนในเขตเมืองได้เช่นกัน ทั้งนี้เพื่อให้ทำความเข้าใจรูปแบบของการเกิดฝนส่วนถัดไปนำเสนอเนื้อหาที่อธิบายถึงชนิดของการเกิดฝนตกสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

(1) ฝนพายุหมุน (cyclonic precipitation) เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในทางผ่านของพายุหมุนซึ่งก่อตัวขึ้นในทะเลจีนใต้ แล้วเคลื่อนตัวมาทางตะวันตกเข้าสู่ชายฝั่งทะเลเวียดนาม เลยเข้าสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พายุฝนแบบนี้แบ่งออกเป็นชนิด ฝนแนวปะทะ (frontal precipitation) และ ฝนนอกแนวปะทะ (non-frontal precipitation) โดยสำหรับฝนแนวปะทะ เกิดจากการลอยตัวของมวลอากาศอุ่นในด้านหนึ่งของแนวปะทะ แล้วลอยเหนือมวลอากาศเย็นที่มีความหนาแน่นมากกว่า ในขณะที่ฝนนอกแนวปะทะ คือน้ำจากฟ้าที่ไม่เกี่ยวกับการปะทะของมวลอากาศดังกรณีแรก โดยยังสามารถแบ่งออกเป็นอีก 2 ประเภทคือ

- การปะทะแบบอุ่น (warm-front precipitation) ซึ่งเกิดจากการก่อตัวสูงขึ้นเหนือมวลอากาศเย็น อัตราการลอยตัวต่ำและช้า ฝนอาจตกในระยะที่ห่างๆไป 200 – 500 กิโลเมตร จากจุดปะทะ ความแรงของฝนจะเบาถึงปานกลาง แต่จะตกอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผ่านแนวปะทะ

- การปะทะแบบเย็น (cold-front precipitation) ซึ่งเกิดจากการก่อตัวในมวลอากาศอุ่นด้วยมวลอากาศเย็น ซึ่งแทรกตัวเข้ามา โดยฝนชนิดนี่จะเคลื่อนตัวได้เร็วกว่า ฝนจะตกหนักมากและตกใกล้บริเวณปะทะ

โดยพายุที่พัดเข้ามาในประเทศไทยมักจะอ่อนกำลังลงเป็นดีเปรสชั่นหรือหางพายุ นอกจากนี้ฝนพายุหมุนยังเกิด จากการ ปะทะของอากาศหลายกระแส ซึ่งพัดมาจากทิศทางต่าง ๆ เช่น ประเทศจีนตอนใต้ ฝนชนิดนี้จะพบในเดือนมิถุนายน – เดือนตุลาคม

(2) ฝนปะทะภูเขา (orographic precipitation) เกิดจากการยกตัวของกระแสอากาศชื้นตามแนวราบเหนือแนวขวางกั้นตามธรรมชาติ เช่นเทือกเขา จึงทำให้ฝนตกด้านหน้าเชิงเขา โดยเฉพาะลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมนี้จะพัดสูงขึ้นและ อุณหภูมิจะลดต่ำลงจนถึงจุดทีไอน้ำกลั่นตัวตกลงมาเป็นฝน ฝนชนิดนี้เป็นในที่ตกมากและตกบ่อยครั้ง จะเริ่มตกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของเดือนพฤษภาคมและสิ้นสุด ในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนพฤศจิกายน ตามปกติมักในช่วงตอนบ่ายหรือตอนกลางคืน

(3) ฝนพาความร้อน (convectional precipitation) เป็นฝนที่ตกในเขตร้อน เกิดจากอากาศบริเวณผิวโลกได้รับความร้อน และเกิดการขยายตัว น้ำหนักมวลของอากาศลดลงฝนระหว่างที่ปริมาณไอน้ำเพิ่มมากขึ้น อากาศที่ร้อนและชื้นเกิดขึ้นและลอยตัวขึ้นและเย็นลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้เกิดการหยดตัวเป็นน้ำและเกิดฝนในที่สุด โดยขณะเกิดมักมีพายุพัดรุนแรง มีลูกเห็บตก และฟ้าคะนองรุนแรง การเกิดฝนชนิดนี้จะปรากฏในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน

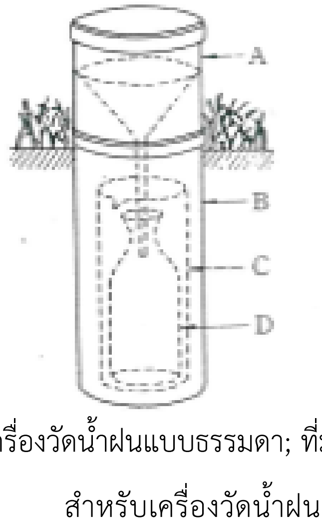
อย่างไรก็ตามยังมีฝนอีกประเภทที่เกิดจากความตั้งใจให้เกิดฝน คือฝนเทียม (artificially precipitation) โดยใช้กระบวนการด้าน cloud modification ซึ่งทำการโปรยคาร์บอนไดออกไซด์แข็งหรือสารประกอบอื่นๆเพื่อให้เมฆที่มีความชื้นอยู่แล้วเกิดการเกาะตัวและกลั่นลงมาเป็นน้ำฝนซึ่งต้องอาศัยเทคโนโลยีและเครื่องมือ โดยมีวัตถุประสงค์ในการให้เกิดน้ำ เช่นต้องการดับไฟป่า หรือเพิ่มปริมาณน้ำเพื่อเกษตรกรรมเป็นต้น นอกจากการศึกษาเรื่องชนิดของการเกิดฝนแล้วนั้น ปริมาณการเกิดฝนตกมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยอัตราการการตกของฝน สามารถวัดได้ในหน่วยของปริมาตรต่อเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเครื่องมือว่าเป็นแบบใด ถ้าเป็นแบบธรรมดาทั่วไป จะไม่สามารถบอกถึงอัตราการตกต่อหน่วยเวลาได้ ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้เครื่องมือวัดแบบไม่อัตโนมัติ จึงใช้หน่วยปริมาตรบอกความหนักเบาของฝนที่ตกในช่วงเวลา 1 วันดังนี้

ฝนตกเล็กน้อย	0.1 – 10.0	มิลลิเมตร

ฝนตกปานกลาง	10.1 – 25.0	มิลลิเมตร
ฝนตกหนัก	25.1 – 90.0	มิลลิเมตร
ฝนตกเล็กน้อย	> 90.0	มิลลิเมตร

โดยในส่วนถัดไปจะเป็นการนำเสนอรูปแบบของการวัดปริมาณน้ำฝน ทั้งนี้เพื่อเป็นพื้นฐานในการเข้าใจเชิงปริมาณที่จะกล่าวถึงในส่วนต่อๆ ไป

2) การวัดปริมาณฝน เนื่องจากฝนเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งไม่สามารถคาดการณ์และกำหนดการเกิดได้แน่นอน ซึ่งรวมไปถึงการจะวัดขนาดความมากน้อยของการเกิดฝนตกที่แท้จริงในแต่ละพื้นที่ย่อมเป็นไปได้ยาก อย่างไรก็ตามเพื่อประโยชน์ของการออกแบบและสร้างระบบการรองรับผลกระทบที่เกิดจากฝนตกมากเกินความจำเป็นจึงมีการสร้างเครื่องมือซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานในการวัดปริมาณฝน โดย ชูโชค อายุพงศ์ (2535) นำเสนอไว้ว่าเครื่องมือวัดน้ำฝน (pluviometer) มีอยู่ 2 ประเภท คือ ประเภทที่รองรับน้ำฝนที่ตกลงไปโดยตรง เรียกว่า แบบธรรมดา กับ แบบอัตโนมัติ โดยในการใช้เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบธรรมดา ควรวางไว้ในที่โล่งแจ้ง ไม่ได้รับการกีดขวางจากอาคารหรือต้นไม้ ตัวเครื่องรองรับอยู่สูงพื้นดิน 20 ซม. และปลูกหญ้ารอบเครื่องวัด ตามภาพที่ 2 โดยการจัดต้องทำการตรวจวัดทุกวัน วันละหนึ่งครั้ง โดยทั่วไปประเทศไทยนิยมอ่านเวลา 7.00 น. ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้นี้จะเป็นปริมาณน้ำฝนของวันที่ผ่านมาแล้ว

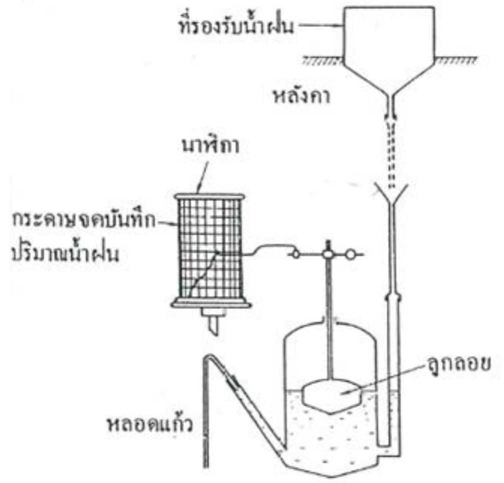


A : ฝาครอบ
B : กระป๋องชั้นนอก
C : แก้วรองรับน้ำ
D : ขวดรองรับน้ำฝน

ภาพที่ 2 เครื่องวัดน้ำฝนแบบธรรมดา; ที่มา: อุทกวิทยา (ชูโชค อายุพงศ์, 2535)

สำหรับเครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ ใช้วัดปริมาณน้ำฝนติดต่อกันตลอดเวลาเพื่อทราบระยะเวลาของฝนด้วย มีแบบเป็นกาลักน้ำ (siphon type) และแบบเทน้ำทิ้งเมื่อเต็ม (over turning container type) โดยเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติแบบกาลักน้ำ แสดงในภาพที่ 3 โดยน้ำฝนจะไหลลงมาในช่องซึ่งเป็นโลหะกลวง มีลูกลอยโลหะบรรจุอยู่ในช่อง เมื่อฝนเพิ่มขึ้น ลูกลอยจะ

สูงขึ้น ซึ่งลูกลอยนี้จะมีก้านโลหะต่อไปยังกระดาษบันทึก ตรงปลายก้านโลหะเป็นปากกาพร้อมหมึกขีดขึ้นลงได้ตามปริมาณน้ำฝน กระดาษบันทึกพันอยู่รอบกระบอกกลม ซึ่งหมุนไปตามนาฬิกาเพื่อแสดงเวลาบนกระดาษบันทึกและเวลาที่ฝนตกจริง กระดาษบันทึกมีความกว้างสัมพันธ์กับน้ำฝนที่ตก 20 มิลลิเมตร เมื่อฝนที่ตกลงมาเต็มช่องกลวง ลูกลอยสูง 20 มิลลิเมตร น้ำจะไหลออกเองทางท่อกาลักน้ำ โดยระบายออกไปจนหมดโดยอัตโนมัติ ปลายปากกาก็จะตกลงมาที่ ศูนย์มิลลิเมตร แล้วเริ่มการบันทึกใหม่



ภาพที่ 3 เครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ; ที่มา: อุทกวิทยา (ชูโชค อายุพงศ์, 2535)

นอกจากนี้ ยังมีการใช้เรดาร์ในการวัดปริมาณน้ำฝน และใช้เพื่อเพิ่มความแน่นอนถูกต้องของสถานีวัดน้ำฝนให้สมบูรณ์ขึ้น ทั้งนี้ข้อมูลน้ำฝนในแต่ละพื้นที่จำเป็นจะต้องนำไปวิเคราะห์ข้อมูล ประมาณและปรับปรุงค่าน้ำฝนให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานต่อไป

3) การวิเคราะห์ข้อมูลประมาณและปรับปรุงค่าน้ำฝน เนื่องจากข้อมูลของน้ำฝนที่บันทึกมีความหลากหลายในแต่ละพื้นที่ วิธีการและเครื่องมือ ก่อนนำไปใช้งานจึงจำเป็นจะต้องมีการการวิเคราะห์ข้อมูล ประมาณและปรับปรุงค่าน้ำฝน โดยสำหรับการวิเคราะห์ความถี่ของข้อมูลน้ำฝนนั้นมีความจำเป็นที่ต้องใช้ข้อมูลที่บันทึกไว้ยาวนาน ซึ่งในบางครั้งการเก็บข้อมูลน้ำฝนที่สถานีวัดน้ำฝนที่ต้องการวิเคราะห์นั้นอาจเกิดความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล อาทิ เครื่องบันทึกเสีย หรือเจ้าหน้าที่ไม่สามารไปอ่านค่าที่สถานีได้ เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องประมาณค่าข้อมูลที่ขาดหายไป ทั้งนี้การประมาณค่าข้อมูลน้ำฝนที่ขาดหายไปของสถานีที่ต้องการวิเคราะห์นั้น ต้องใช้ข้อมูลฝนจากสถานีวัดฝนที่อยู่ใกล้เคียงอย่างน้อยสามสถานี โดยใช้ข้อมูลฝนเฉลี่ยรายปี (average annual rainfall) ของสถานีใกล้เคียงแต่ละสถานีเปรียบเทียบกับข้อมูลของสถานีที่ข้อมูลหายไป ถ้าทั้งสามสถานีมีข้อมูลมีค่า

แตกต่างกับสถานีที่ต้องการไม่เกิน ร้อยละ 10 ดังนั้นข้อมูลของสถานีที่ต้องการทราบก็คือ ค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (arithmetic mean) ของข้อมูลทั้งสามสถานีใกล้เคียงช่วงเวลาเดียวกัน แต่ถ้าค่าความแตกต่างมีมากกว่า ร้อยละ 10 แล้วค่าข้อมูลที่ขาดหายไปจะต้องหาโดยวิธี normal ratio method (ชูโชค อายุพงศ์, 2535)

ทั้งนี้หากมีการเปลี่ยนแปลงสถานีที่ติดตั้งเครื่องวัด สภาพแวดล้อม เครื่องวัดน้ำฝน หรือวิธีการเก็บข้อมูล อาจทำให้ข้อมูลที่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดังนั้นการที่จะนำข้อมูลฝนในระยะเวลานานๆไปใช้วิเคราะห์จะต้องมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลชุดนั้นเสียก่อน ซึ่งวิธีตรวจสอบเพื่อปรับปรุงข้อมูลนิยมใช้วิธีเส้นโค้งทับทวี (double mass curve method) โดยใช้ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝน โดยใช้วิธีเปรียบเทียบค่าสะสมของฝนรายปี (cumulative annual rainfall) ของสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยของค่าสะสมฝนรายปีของสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่รอบๆ ซึ่งถ้าข้อมูลมีความเชื่อถือได้เส้นกราฟที่ได้จะเป็นเส้นตรงที่มีความลาดชันเดียวกันตลอด แต่ถ้าเส้นกราฟมีความลาดชันเปลี่ยนแปลง ก็แสดงว่าข้อมูลของสถานีที่พิจารณาได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพ ซึ่งต้องทำการปรับปรุงข้อมูลเสียก่อน โดยการปรับข้อมูลในอดีตก่อนการเกิดการเปลี่ยนแปลงข้อมูล (ชูโชค อายุพงศ์, 2535)

1.2.2 น้ำฝนไหลนอง (stormwater runoff) จากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในแต่ละพื้นที่ สิ่งที่ต้องพิจารณาภายหลังของฝนตกคือการบริหารจัดการน้ำไหลนองบนที่ดิน ซึ่งต้องทำความเข้าใจกันให้ถ่องแท้ก่อนว่า ปริมาณน้ำที่ไหลนองเมื่อฝนตกนั้นไม่เท่ากับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา อัตราน้ำฝนไหลนอง (stormwater runoff rate) เท่ากับส่วนของฝนที่ตกลงมาบนพื้นดินและไหลนองไปตามพื้นระหว่างที่ฝนกำลังตก รวมทั้งหลังจากฝนหยุดตกอีกเป็นระยะเวลาหนึ่ง หลักการในการออกแบบพื้นที่ในส่วนของการบริหารจัดการน้ำ คือการพยายามให้มีการระบายน้ำฝนออกไปยังจุดปล่อยระบายที่ยอมรับได้ เช่น แม่น้ำลำคลองหรือแม้กระทั่งท่อระบายน้ำ ที่ใกล้ที่สุด ภายในเวลาที่จักไม่เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและความไม่สะดวกของประชาชน จนเกินขีดระดับที่ละแวกนั้นจะยอมรับได้ ในการออกแบบระบบระบายน้ำฝนของพื้นที่หนึ่งๆ จำต้องวางแผนออกแบบระบบให้เป็นในรูปแบบของโครงการหลักสำคัญของพื้นที่ กล่าวคือต้องออกแบบในลักษณะที่เรียกว่าเป็นการวางแผนของทั้งลุ่มน้ำ (basin-wide planning) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเป็นชุมชนขนาดใหญ่ โดยต้องวางแผนให้มีท่อระบายหลักไว้ทั่วทั้งเขตของพื้นที่นั้นๆ จากนั้นจึงออกแบบระบบระบายแต่ละท้องถิ่นมาเชื่อมเข้ากับท่อหลักนี้อีกต่อหนึ่ง วิธีนี้หลีกเลี่ยงปัญหาที่ท่อระบายหลักของแต่ละเขตไม่สามารถ

บรรจบเข้าหากันในภายหลังได้ (Wong, 2011; กระทรวงมหาดไทย, 2555; ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2554) อย่างไรก็ตามในการนี้เมื่อพิจารณาในเรื่องของน้ำฝนการไหลนอง (runoff water) คงต้องพิจารณาร่วมกับความสามารถในอุ้มน้ำและการซึมได้ของพื้นที่โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ปริมาณน้ำไหลนอง (runoff water) การประมาณปริมาณน้ำฝนไหลนองเพื่อประกอบการออกแบบระบบบริหารจัดการน้ำเป็นกระบวนการที่ทำอย่างแม่นยำได้ยากมาก ทั้งนี้เนื่องจาก อัตราและปริมาณน้ำฝนนองที่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกฤดูและทุกปี จึงทำให้ต้องอาศัยข้อมูลทางสถิติ และกระบวนการทดลองและสร้างแบบจำลองเพื่อให้ได้ข้อมูลให้ใกล้เคียงที่สุด ทั้งนี้ จาก ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2554) เสนอองค์ประกอบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน น้ำไหลนอง น้ำที่ซึมลงใต้ดิน และอื่นๆ ได้คือ โดยปกติปริมาณน้ำไหลนองเท่ากับปริมาณน้ำฝน ลบด้วยปริมาณน้ำซึมลงดิน และปริมาณน้ำระเหยทั้งโดยธรรมชาติล่านต้นไม้ (evaporation and evapotranspiration) รวมทั้งส่วนที่ถูกเก็บเอาไว้ในผิวดิน ในแอ่ง ในพื้นที่ส่วนอื่นๆ ฯลฯ ดังนั้นสภาพพื้นที่ผิวและใต้พื้นที่ผิว (subsurface) ทั้งในรูปธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น มีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำไหลนองมาก หลักการในการประมาณปริมาณน้ำไหลนองมีอยู่สองแนวความคิดด้วยกัน ในการหลักการแรกกำหนดได้ปริมาณน้ำไหลนองมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนโดยตรง โดยให้เป็นสัดส่วนกับปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่ๆ ส่วนในแนวความคิดที่สองประมาณปริมาณน้ำไหลนองโดยคิดหักปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน ปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มไว้ในในดิน ในพืชระหว่างการไหลออกจากปริมาณฝนที่ตกลงมา โดยส่วนของน้ำฝนทีหายไปก่อนที่จะไหลนองสามารถสรุปสั้นๆได้ดังนี้

(1) ถูกกักโดยพืชผิวดิน โดยส่วนนี้ไม่มีความสำคัญมากนักในเรื่องกรณีปกติสำหรับระบบระบายของเมืองใหญ่ ค่านี้อาจจะแปรผันอยู่ในช่วง 0.03 ถึง 0.13 เซนติเมตร สำหรับบริเวณที่เป็นป่าหรือมีต้นไม้อยู่หนาแน่น

(2) ซึมลงดิน ความสามารถของดินในการดูดซึมน้ำและไหลลงสู่ชั้นดินขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ก่อนและระหว่างฝนตก เช่น ความอัดแน่นของดิน การอุดตันโดยอนุภาคสารขนาดเล็กและการอืดหรือบวมตัวของดินเหนียว จากคู่มืออุทกศาสตร์ (hydrology handbook) อัตราการซึมลงดินภายหลังฝนตกติดต่อเนื่องกันนานได้ 1 ชั่วโมง แสดงไว้ตามตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 อัตราการซึมของน้ำลงดินชนิดต่างๆ

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

ที่มา: คู่มือออกแบบระบบน้ำเสียและน้ำฝน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2554)

ส่วนพืชปกคลุมผิวดินมีบทบาทต่ออัตราการซึมด้วย พื้นที่ๆ มีป่าหรือหญ้าคลุมหนาแน่น อาจมีอัตราการซึมเพิ่มขึ้นจากบริเวณว่างเปล่าได้ถึง 3.5 เท่า ไปจนถึงเพิ่มเล็กน้อยหรือไม่เพิ่มเลยถ้ามีพืชปกคลุมผิวดินไม่มาก ฝนที่ตกมาก่อนหน้าก็มีผลกระทบต่อความอิ่มตัวและการซึมลงดินเช่นกัน แต่ข้อมูลในปัจจุบันมีไม่พอที่จะใช้มาประเมินผลกระทบนี้ได้

(3) การระเหยจากดินและพืช ส่วนนี้มีผลกระทบไม่มากสำหรับฝนตกช่วงสั้นๆอันมักประสบกันในการออกแบบระบบระบายน้ำสำหรับเมืองใหญ่

โดยในปัจจุบันวิธีที่นิยมใช้ในการประมาณค่าการไหลนองของน้ำ เรียกกันว่า เป็นวิธีเรชันแนล หรือ อาร์เอ็ม (Rational Method: R.M.) ได้ใช้กันมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2432 และยังเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายในปัจจุบัน แม้จะเป็นวิธีประมาณปริมาณน้ำไหลนองได้ไม่ตรงกับความเป็นจริงนักก็ตาม ทั้งนี้ในปัจจุบันจึงมีความพยายามหาวิธีการคิดค่าน้ำไหลนองให้ถูกต้องใกล้เคียงมากขึ้น (ชูโชค อายุพงศ์, 2535; ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2554) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงการไหลนองก็จะพบว่าในส่วนของอัตราการซึมของน้ำลงดินเป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนองในเขตเมือง

2) การซึมลงดิน (infiltration) คือการไหลของน้ำผ่านผิวดินลงไปในดิน 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 โดย ชูโชค อายุพงศ์ (2535) สรุปวิธีการหาปริมาณการซึมได้ของน้ำซึ่งในเบื้องต้นมีอยู่ 5 ขั้นตอนคือ

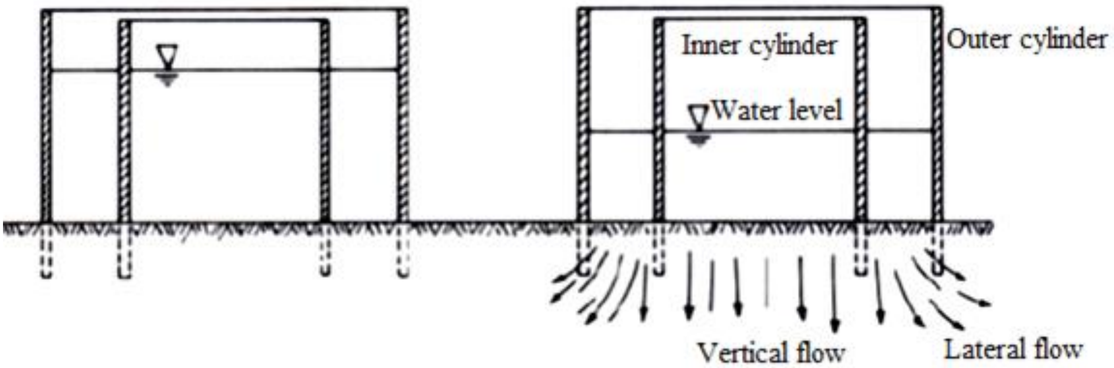
(1) วิธีการสังเกตการณ์จากหลุมทดสอบ โดยทำการบันทึกการลดลงของระดับน้ำในหลุมทดสอบแล้วหักด้วยค่าอัตราการระเหยออกก็จะสามารถคำนวณค่าอัตราการซึมลงดิน

(2) วิธีการแทนที่เครื่องมือ Lysimeter Monitoring System โดยทำการทดสอบด้วยเครื่องมือในสนามที่สามารถวัดค่าการซึมลงของน้ำได้

(3) วิธีการสร้างสถานการณ์จำลองการเกิดฝนตกเทียม (artificial rainfall simulator) โดยเป็นการทดสอบด้วยอุปกรณ์ในการทดลอง โดยจำลองสถานภาพของการเกิดฝนตกสู่พื้นดิน ซึ่งใช้พื้นที่ผิวระหว่าง 1 – 50 ตารางเมตร และน้ำที่ตกลงสู่ดินใช้การพ่นน้ำให้เหมือนกับน้ำฝนจริง และทำการวัดปริมาณน้ำที่ไหลลงผิวดิน (surface runoff) และนำค่านี้ไปหักออกจากค่าปริมาณน้ำที่ทำให้เป็นฝนตก ก็จะได้ค่าปริมาณการซึม

(4) วิธีการวิเคราะห์โดยการใช้กราฟน้ำท่า (hydrograph analysis) ซึ่งจะทำได้โดยจะต้องรู้ค่าความเข้มของฝนในช่วงเวลาฝนตกและทราบข้อมูลต่อเนื่องของปริมาณน้ำไหลนองของฝน ก็สามารถนำไปหักเพื่อหาค่าการซึมได้เช่นกัน

(5) วิธีการวิเคราะห์ด้วยถังวัดการซึม (ring infiltrometer) ซึ่งเป็นการทดลองด้วยเครื่องมือวัดในสนามที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง เนื่องจากทำการทดลองได้ง่ายและสะดวกในการนำไปใช้ในการวิเคราะห์การซึมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปการทดลองใช้แบบการวัดถึงคู่ (double ring infiltrometer) ซึ่งใช้ถึงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างกัน 2 ถัง ซ้อนกันแล้ววัดการซึมของถังใน (inner ring) เพื่อหาค่าอัตราการซึมได้ของดินอย่างแม่นยำ (U.S. Department of the Interior, 1963) ดังแสดงในรูป ที่ 4



ภาพที่ 4 การทดลองด้วยถังวัดการซึมแบบถังคู่; ที่มา: Infiltration Process (Shiksha, 2015)

จากหลักการในการที่เกี่ยวข้องกับประมาณน้ำฝน การไหลนอง และการซึมลงดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในระบบสมดุลของน้ำ (เนื่องจากส่วนอื่นๆ มีสัดส่วนน้อยมากจึงขอละไว้) อย่างไรก็

ตามเพื่อให้เกิดความเข้าใจเชื่อมโยง ในส่วนถัดไปเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ของภูมิสถาปัตยกรรมและการบริหารจัดการน้ำ ซึ่งจะเสนอเนื้อหาให้เห็นการเชื่อมโยงและความสำคัญของกระบวนการออกแบบการบริหารจัดการน้ำด้วยองค์ประกอบทางภูมิทัศน์อันส่งผลประโยชน์ต่อทุกภาคส่วนต่อไป

1.3 ภูมิสถาปัตยกรรมกับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ (landscape design and water sensitive management)

สืบเนื่องจากผลกระทบจากการพัฒนาพื้นที่ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (land use) และรวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดิน ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบอุทกศาสตร์ของพื้นที่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในขณะเดียวกันศาสตร์ทางด้านการพัฒนาและปรับปรุงที่ดินมีอยู่หลากหลายสาขาวิชา เช่น วิศวกรรมโยธา เกษตรกรรม สถาปัตยกรรม การรออกแบบเมือง และที่สำคัญคือด้านภูมิสถาปัตยกรรม (กังวาน พิพิธพงศ์สันต์, 2553; ชญา ปัญญาสุข และปราณิศา บุญค้ำ, 2555) ในส่วนนี้เมื่อพิจารณาเฉพาะเจาะจงไปยังส่วนงานที่เป็นบทบาทในผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากงานด้านภูมิสถาปัตยกรรม พบว่ามีอิทธิพลสูงมากกับการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพผิวดิน ทั้งนี้เนื่องจากงานด้านภูมิสถาปัตยกรรมเป็นงานที่ทำหน้าที่ออกแบบและเสนอแนวทางเพื่อการพัฒนาพื้นที่โดยรอบของอาคาร เชื่อมโยงกับสภาพแวดล้อมภายนอก ที่สัมพันธ์กับการใช้งาน ทั้งทางตรงและทางอ้อมของมนุษย์และกิจกรรมที่เกิดขึ้นในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง (ศศิยา ศิริพานิช, 2554; อริยา อรุณินท์, มปป) ดังนั้นเมื่อเพื่อพิจารณาจากปัจจัยของการเกิดน้ำหลากและการซึมได้ของพื้นที่ดังได้แสดงมาข้างต้น เป็นข้อสนับสนุนในการเชื่อมโยงระหว่างผลงานด้านภูมิสถาปัตยกรรม การเปลี่ยนแปลงผิวดิน และการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ ทั้งนี้หากต้องการหาแนวทางในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ด้วยองค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรม สมควรที่จะได้เข้าใจบริบทของการเปลี่ยนแปลงที่ดินและผลของกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความสำคัญในการศึกษาในครั้งนี้

เมื่อย้อนไปครั้งประเทศไทยประสบปัญหาอุทกภัยครั้งใหญ่ในปลายปี พ.ศ. 2554 ทำให้เกิดการตื่นตัวของการบริหารจัดการน้ำเป็นอย่างมากในประเทศไทย ซึ่งแท้ที่จริงแล้วประเทศไทยมิได้เพิ่งให้ความสำคัญต่อระบบบริหารจัดการน้ำท่วม และได้ดำเนินการมาเป็นเวลานาน มีแนวทางในการบริหารจัดการน้ำแบบที่เน้นด้านการพัฒนาสาธารณูปโภคขนาดใหญ่เป็นหลัก โดยมีความเชื่อมันว่าระบบระบายน้ำแบบพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ เช่นท่อพักและบ่อพักคอนกรีต ตลอดจนบ่อรับน้ำขนาดใหญ่จะสามารถบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีแนวความคิดในการกำจัด

น้ำผิวดินที่ไม่พึงประสงค์ออกจากพื้นที่อย่างเร็วที่สุด ซึ่งระบบการระบายน้ำจะได้รับการออกแบบให้สามารถลำเลียงน้ำออกจากพื้นที่ให้เร็วที่สุด โดยอาศัยการระบายลงท่อระบายน้ำ ก่อนไหลต่อไปยังแหล่งพักน้ำ และบำบัดน้ำ (ถ้ามี) ก่อนส่งลงแหล่งระบายน้ำสาธารณะต่อไป (แม่น้ำ ลำคลอง) ซึ่งในปัจจุบันก็ยังมีความคิดเช่นนี้เป็นแนวคิดกระแสหลักอยู่เช่นกัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2554; ศนิ ลิ้มทองสกุล, 2554) นอกจากนี้ ทั้งนี้ ชญา ปัญญาสุข และ ปราณิศา บุญค้ำ (2555) ได้นำเสนอแนวทางของการบริหารจัดการน้ำเพื่อป้องกันการเกิดอุทกภัย โดยสามารถแบ่งระดับของการบริหารจัดการออกเป็น ระดับภาค ระดับโครงการ และระดับบ้าน โดยมีข้อเสนอแนะในการบริหารจัดการน้ำในแต่ละส่วนดังนี้

1) การวางแผนระดับภาค เนื่องจากการเกิดอุทกภัยขนาดใหญ่มิใช่มีสาเหตุมาจากการบริหารจัดการในระดับวงแคบ แต่มีส่วนสัมพันธ์กันตั้งแต่ระดับใหญ่ กล่าวคือฝนตกหนักจากทางต้นน้ำจะส่งผลกระทบต่อเกือบทุกเมืองที่ทางน้ำไหลผ่าน ดังนั้นการวางแผนระดับภาคหรือระดับลุ่มน้ำจึงมีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการป้องกันการหรือบรรเทาความเสียหายที่เกิดจากอุทกภัย โดย ชญา ปัญญาสุข และ ปราณิศา บุญค้ำ (2555) เสนอว่าขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการวางแผนระดับภาคคือการเลือกที่ตั้งของเมืองให้เหมาะสม โดยให้แนวทางการเลือกที่ตั้งเมืองไว้ ดั้งนี้คือ ควรไม่เป็นที่ราบลุ่มที่นำท่วมถึง ซึ่งหมายถึงควรเป็นที่ดอน เป็นพื้นที่ที่ไม่ชันจนเกินไป เพราะหากเป็นที่ชันมากจะเป็นการเสี่ยงต่อดินถล่ม หรือมีภัยธรรมชาติต่างๆ และพื้นที่ที่ไม่ชันมากจะง่ายต่อการพัฒนาสาธารณูปโภค มีชั้นดินแน่นและแข็งแรงเพื่อรองรับอาคาร มีแหล่งน้ำจืดที่มีประมาณมากพอในการใช้สอยในเมือง ไม่ควรเป็นพื้นที่ดินที่มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์มากเหมาะแก่การเกษตรกรรม ไม่ควรเป็นพื้นที่ป่าอุดมสมบูรณ์หรือเป็นพื้นที่ชุมน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งต้นกำเนิดของห่วงโซ่อาหารและระบบนิเวศ และหากเป็นเมืองใหม่หรือเมืองรองต้องมีระยะห่างจากเมืองหลักไม่มากเกินไป และมีศักยภาพที่จะสร้างระบบคมนาคมเชื่อมต่อได้สะดวก เป็นต้น ทั้งนี้ในการวางแผนการใดๆสิ่งที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งความเข้าใจกับธรรมชาติในการวางแผน การพัฒนานั้นสามารถอยู่ควบคู่ไปกับ ธรรมชาติอย่างยั่งยืน และสามารถประสานกันสู่วัตถุประสงค์ร่วมกันของทุกภาคส่วนได้อย่างลงตัว (อริยา อรุณินท์, 2555)

2) การวางแผนระดับโครงการ นอกเหนือไปจากภาพรวมระดับใหญ่ หากพิจารณาในหน่วยย่อยของการใช้ที่ดิน ซึ่งยังไม่เล็กจนถึงระดับของบ้าน พบว่าการใช้ที่ดินระดับโครงการ มีความสำคัญและควรให้ความเอาใจใส่กับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ของตนเองเป็นสำคัญ ก่อนส่งต่อเข้าสู่ระบบการจัดการน้ำของเมือง โดยเริ่มต้นตั้งแต่การเลือกพื้นที่โครงการโดยคำนึงถึงสภาพทาง

ธรรมชาติ และผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมดังกล่าวมาข้างต้น ขั้นต่อมาคือต้องวางผังบริเวณที่เหมาะสมที่สุด โครงการควรคำนึงถึงความสมดุลระหว่างสภาพ ธรรมชาติ ความต้องการของผู้ใช้ และความคุ้มค่าการลงทุนของเจ้าของโครงการ โดยการเพิ่มเติมการป้องกันน้ำในงานออกแบบโดรงการเริ่มตั้งแต่การวางผัง จนถึงการสร้างจิตสำนึกในการใช้งานพื้นที่ของผู้ใช้งานด้วย ทั้งนี้น้ำท่วม ไม่ว่าจะในบริเวณส่วนใดๆของเมือง โดยมากมาจากน้ำฝน และหากเป็นน้ำท่วมที่เกิดอย่างฉับพลันมักจะเกิดจากน้ำฝนที่ตกอยู่ในบริเวณของโครงการเอง ดังนั้นหากในแต่ละโครงการมีการออกแบบพื้นที่ให้สามารถรองรับการน้ำ หรือชะลอการไหลของน้ำออกสู่พื้นที่สาธารณะได้ จะเป็นประโยชน์ต่อทั้งตนเองและภาพรวมของเมืองอีกทางหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่นการสร้างสร้างคูน้ำโดยรอบหรือมีบึงน้ำขนาดใหญ่ ในโครงการที่ยังสามารถเป็นส่วนหนึ่งของภูมิทัศน์เพื่อความสวยงามและการนันทนาการ นอกจากนี้ยังอาจเตรียมพื้นที่บางส่วนให้เป็น “แก้มลิง” ของโครงการ โดยยอมให้พื้นที่นั้นมีน้ำท่วมขังได้ชั่วคราว หรือการเพิ่มพื้นที่รับน้ำที่มีความสามารถในการปล่อยให้น้ำไหลซึมลงใต้ดินได้โดยง่าย เพื่อลดอัตราการไหลของน้ำผิวดิน ก็เป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการน้ำและยังสามารถใช้พื้นที่ดังกล่าวในการดำเนินการด้านอื่นๆ อย่างเป็นปกติต่อไปได้ (Du, 2012; ศนิ ลิ้มทองสกุล, 2554)

3) การวางแผนระดับบ้าน ในส่วนที่เล็กแต่สำคัญที่สุดของสังคม คือครอบครัวและบ้านของแต่ละครอบครัว ในส่วนของการวางแผนเพื่อลดผลกระทบจากอุทกภัยก็เช่นกัน การป้องกันในระดับบ้านที่ดี ควรเกิดจากการรวมตัวกันของบ้านแต่ละหลังในละแวกบ้าน เพื่อสร้างระบบการบริหารจัดการน้ำภายในกลุ่มพื้นที่กลับมาเป็นชุมชน ประกอบกับการออกแบบและปรับปรุงอาคารให้เหมาะสมกับธรรมชาติที่เปลี่ยนไป โดยยึดหลักที่ว่าทุกตารางนิ้วของพื้นที่ควรช่วยลดปริมาณน้ำไหลผิวดิน ที่เกิดจากน้ำฝนได้โดยปล่อยให้ไหลออกสู่ทางน้ำสาธารณะน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ จะสามารถบรรเทาผลกระทบจากน้ำท่วมให้น้อยลงได้ (ชญา ปัญญาสุข และปราณิศา บุญค้ำ, 2555)

อย่างไรก็ตามนอกเหนือการบริหารจัดการน้ำในหลากระดับดังกล่าวหลายฝ่ายได้พยายามเสนอแนวทางการบริหารจัดการแนวทางเลือก โดยมีความพยายามสอดแทรกองค์ประกอบทางภูมิสถาปัตยกรรม โดยเน้นให้พื้นที่ได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงการเพิ่มศักยภาพการบริหารจัดการน้ำ โดยในต่างประเทศได้มีการออกข้อกำหนดขึ้นมาเพื่อบังคับใช้กับการพัฒนาโครงการ ซึ่งจะต้องทำการออกแบบตามแนวทางที่วางกำหนดไว้ หรือแม้แต่การเพิ่มแรงจูงใจในการเพิ่มพื้นที่พัฒนาอาคารในโครงการที่เพิ่มศักยภาพการรับน้ำของพื้นที่ (floor area ration bonus: FAR bonus) ยกตัวอย่างการจัดให้มีพื้นที่สำหรับการกักเก็บน้ำฝนในอาคารหรือแปลงที่ดิน (การกักเก็บ

น้ำฝน 1 ลูกบาศก์เมตร ต่อพื้นที่ดิน 50 ตารางเมตร ต่อการเพิ่ม FAR ร้อยละ 5 (กระทรวงมหาดไทย, 2556) หรือการกำหนดค่าคะแนนจากแบบประเมินอาคารเขียวของไทย (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2553) ทั้งนี้ปัจจุบันมีหลายข้อกำหนด มาตรฐาน หรือแนวทางการออกแบบจากหลายหลายที่ของโลก โดยอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปบ้าง เช่น Low Impact Development (LID) ในประเทศสหรัฐอเมริกา Water Sensitive Urban Design (WSUD) ของประเทศเครือจักรภพออสเตรเลีย Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) ของสหราชอาณาจักร และ Active, Beautiful and Clean-Water Design (ABC-Water) ของประเทศสิงคโปร์ เป็นต้น (Howe et al., 2012; ศนิ ลิ้มทองสกุล, 2554) โดยมีเนื้อหาในรายละเอียดที่สำคัญๆ นำเสนอในส่วนถัดไป

2. การพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ในเขตกรุงเทพมหานคร

การพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ในเขตเมืองเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการอาคารชุดพักอาศัยรวมหรือที่เรียกว่า “คอนโดมิเนียม” และอาคารสำนักงาน ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการที่อยู่อาศัยและที่ทำงานมีมากขึ้นตามความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และเมื่อมีการก่อสร้างโครงการอสังหาริมทรัพย์เพิ่มมากขึ้นในเขตเมืองของกรุงเทพมหานคร ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจึงเกิดขึ้นตามมาด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดลงของพื้นที่พรุนน้ำในเขตเมือง ส่งผลถึงปัญหาน้ำฝนไหลนอง – น้ำท่วมขังภายหลังจากการเกิดฝนตกในพื้นที่ – ซึ่งทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ

อย่างไรก็ตามทางภาครัฐได้เล็งเห็นถึงปัญหาในเรื่องดังกล่าวและได้มีความพยายามออกมาตรการที่ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาที่สามารถเพิ่มพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง (water sensitive design) ได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสะท้อนได้จากข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 จะเห็นได้การกำหนดแนวทางเพื่อเพิ่มแรงจูงใจด้วยหลักการมาตรการส่งเสริมการพัฒนา (incentive measure) ให้แก่ผู้พัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่เรียกว่าโดยการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) ซึ่งหนึ่งในมาตรการคือการจัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต จะได้รับสิทธิให้มีอัตราส่วนของพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) เพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจในภาพรวมของการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ในเขตกรุงเทพมหานคร เนื้อหาในส่วนนี้จะนำเสนอถึงสถานการณ์การเพิ่มขึ้นของโครงการอสังหาริมทรัพย์ในเขตเมืองของกรุงเทพมหานคร ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงการ

อสังหาริมทรัพย์ โดยเน้นในเรื่องอัตราส่วนของพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) และเงื่อนไขแรงจูงใจในใช้การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) และรวมไปถึงข้อมูลพื้นฐานของการออกแบบสัดส่วนของการใช้ที่ดินของโครงการอสังหาริมทรัพย์ที่อยู่ในข่ายที่น่าจะเป็นไปได้ในการขอใช้ FAR Bonus ทั้งนี้นอกจากจะเพื่อความเข้าใจในภาพรวมของการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ในเขตเมืองกรุงเทพมหานครแล้ว ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลในการเลือกตัวแทนของโครงการเพื่อนำไปใช้ในการสาธิตวิธีการคำนวณปริมาณการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม ได้อีกทางหนึ่งด้วย

2.1 ภาพรวมการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ในปัจจุบัน

การพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ คือ การลงทุนที่พัฒนาสิ่งปลูกสร้างลงบนที่ดินที่เป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์ ทั้งในเชิงของการลงทุนระยะสั้นหรือระยะยาวก็ตาม โดยการพัฒนาโครงการแต่ละครั้ง ผู้ลงทุนจะต้องมีการประสานองค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้โครงการได้พัฒนาตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ให้มีความสอดคล้องทั้งสภาพแวดล้อม บริบทของเมือง ความต้องการในเชิงธุรกิจ รวมทั้งความเป็นไปได้ ทั้งในเชิงของการลงทุน และในเชิงของลักษณะกายภาพ ทั้งนี้ในเบื้องต้น ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์ ธนาคารอาคารสงเคราะห์ได้เปิดเผยข้อมูลที่อยู่อาศัย สร้างเสร็จจดทะเบียนใหม่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 5 จังหวัด ประกอบไปด้วยจังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร และนครปฐม

พบว่าในครึ่งแรกของปี 2557 มีหน่วยที่อยู่อาศัยสร้างเสร็จและจดทะเบียนใหม่จำนวนกว่า 51,100 หน่วย ทั้งนี้แบ่งเป็นหน่วยที่อยู่อาศัยในพื้นที่กรุงเทพฯประมาณ 26,800 หน่วยซึ่งมีจำนวนหน่วยมากกว่าจังหวัดรอบปริมณฑลรวมกันซึ่งมีประมาณ 24,300 หน่วยโดยแยกตามประเภทของที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นบ้านเดี่ยวประมาณ 15,200 หน่วยเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 จากช่วงเดียวกันของปีก่อนโดยจำนวน หน่วยบ้านเดี่ยวคิดเป็นร้อยละ 30 ของหน่วยที่อยู่อาศัยทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 3

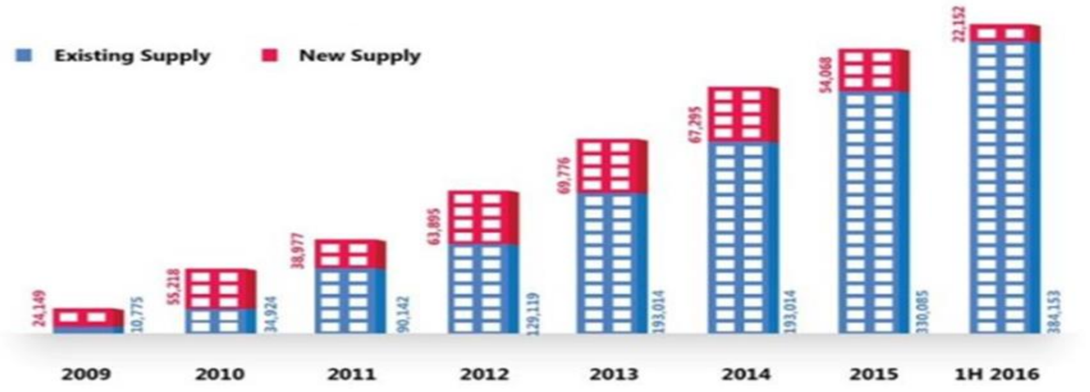
ตารางที่ 3 ข้อมูลที่อยู่อาศัยสร้างเสร็จจดทะเบียนใหม่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ปี พ.ศ. 2557

เขตพื้นที่	บ้านเดี่ยว	บ้านแฝด	ทาวน์เฮาส์	อาคารพาณิชย์	คอนโดมิเนียม
กรุงเทพมหานคร	6,100	500	4,600	2,200	13,400
ปริมณฑล	9,100	1,000	2,200	1,100	10,900

เขตพื้นที่	บ้านเดี่ยว	บ้านแฝด	ทาวน์เฮาส์	อาคารพาณิชย์	คอนโดมิเนียม
รวม	**15,200**	**1,500**	**6,800**	**3,300**	**24,300**
สัดส่วนร้อยละ	**30**	**3**	**13**	**6**	**48**

ที่มา: ฝ่ายสถิติและประมวลผลข้อมูล ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์ (2557)

ทั้งนี้จากข้อมูลในตารางสัดส่วนของที่อยู่อาศัยประเภทที่อยู่อาศัยรวม หรือคอนโดมิเนียมมีสัดส่วนมากถึง ร้อยละ 48 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงมากเมื่อเทียบกับที่อยู่อาศัยประเภทอื่นๆ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับข้อมูลจาก ไนท์แฟรงค์ประเทศไทย (2559) ซึ่งแสดงภาพรวมของการพัฒนาโครงการคอนโดมิเนียมในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ตลาดโครงการอาคารชุดพักอาศัยรวมในกรุงเทพมหานครในช่วงครึ่งแรกของปี 2559 ยังคาดว่าน่าคงยังเติบโตดี โดยอุปาทานในพื้นที่เขตชานเมืองยังคงครองตลาด โดยโครงการใหม่ ๆ ที่เพิ่งเปิดตัวไปคิดเป็นร้อยละ 75 ในพื้นที่รอบนอกศูนย์กลางธุรกิจคิดเป็นร้อยละ 15 และพื้นที่ย่านศูนย์กลางธุรกิจคิดเป็นร้อยละ 10 ทั้งนี้เนื่องราคาที่ดินในเขตกรุงเทพชั้นในมีราคาสูงและมีที่ดินจำนวนจำกัด แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมาตรการการกระตุ้นของภาครัฐ และความต้องการพื้นที่พักอาศัยใกล้กับที่ทำงานของคนรุ่นใหม่ จึงยังมีความเป็นไปได้สูงที่จะยังมีการพัฒนาโครงการคอนโดมิเนียมในพื้นที่ชั้นในของกรุงเทพมหานครอยู่ โดยในภาพที่ 5 แสดงให้เห็นอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของตลาดคอนโดมิเนียม



ภาพที่ 5 อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของคอนโดมิเนียมในกรุงเทพมหานคร

ที่มา: แนวโน้มตลาดคอนโดครึ่งปีหลัง 2559 (ไนท์แฟรงค์ประเทศไทย, 2559)

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในระดับการเพิ่มขึ้นของราคาขาย ไนท์แฟรงค์ประเทศไทย (2559) ได้นำเสนอข้อมูลซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่า ระดับราคาขายของคอนโดมิเนียมในพื้นที่ด้านในของกรุงเทพมหานครกลับมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพที่ 6

ภาพที่ 6 อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับราคาของคอนโดมิเนียมในกรุงเทพมหานคร
ที่มา: แนวโน้มตลาดคอนโดครึ่งปีหลัง 2559 (ไนท์แฟรงค์ประเทศไทย, 2559)

ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวเป็นข้อมูลสนับสนุนที่สำคัญ ที่แสดงให้เห็นว่าความต้องการและจำนวนของคอนโดมิเนียมที่จะเกิดขึ้นในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งชั้นใน และชั้นนอกจากเกิดขึ้นอีกเป็นจำนวนมาก นอกเหนือจากคอนโดมิเนียมแล้ว โครงการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ในเขตเมืองของกรุงเทพมหานครที่พบเห็นเป็นจำนวนมากนั่นก็คืออาคารสำนักงาน ซึ่งล้วนแล้วแต่จะสร้างขึ้นในเขตเมืองและมักเป็นอาคารสูง – อาคารขนาดใหญ่แทบทั้งสิ้น โดยที่รายงานจาก ซีบีอาร์อี (CBRE) ประเทศไทย (2558) สรุปได้ว่าอาคารสำนักงานในปัจจุบันที่มีตั้งอยู่ใกล้กับระบบขนส่งมวลชนกลายมาเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับผู้เช่าในการเลือกสำนักงานให้เช่าในกรุงเทพมหานคร ระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร โดยมีความนิยมในการใช้งานทั้ง MRT และ BTS สามารถแบ่งพื้นที่ตั้งสำนักงานกรุงเทพมหานครสามารถแบ่งตามพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ได้ดังนี้

(1) ย่านธุรกิจกลางกรุงเทพมหานคร (Central Business District - CBD) หมายถึงพื้นที่บริเวณสีลม สาทร ถนนพระรามที่ 4 เพลินจิต ถนนวิทยุ อโศก และสุขุมวิท (ช่วงต้นจนถึงซอย 24)

(2) ใจกลางย่านธุรกิจกลางกรุงเทพมหานคร อาคารสำนักงานเกรดเอในกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่และสำนักงานใหญ่ของบริษัทชั้นนำระดับโลกจะตั้งอยู่ในย่านนี้ โดยหมายถึงพื้นที่ใจกลางย่านธุรกิจกลางกรุงเทพมหานครหมายถึงสีลม สาทร ถนนวิทยุ ถนนราชดำริไปจนถึงถนนพระรามที่ 4 ถนนเพลินจิต

(3) พื้นที่ย่านธุรกิจกลางกรุงเทพมหานครส่วนนอก หมายถึงพื้นที่ที่ครอบคลุมไปกับพื้นที่ที่เป็นที่อยู่อาศัยหลักของกรุงเทพมหานครตลอดเส้นทางรถไฟฟ้า BTS โดยเฉพาะบริเวณจุดเริ่มต้นของถนนสุขุมวิท และอโศกจนถึงซอย 24

(4) พื้นที่นอกย่านธุรกิจกลางกรุงเทพมหานครส่วนนอก นอกเหนือจากที่กล่าวข้างต้นพื้นที่ตั้งสำนักงานในกรุงเทพมหานครยังคงรวมไปถึงบริเวณย่านชานเมืองและพื้นที่โดยรอบ พื้นที่เหล่านี้เป็นที่นิยมสำหรับบริษัทที่ไม่ต้องการอยู่ในย่านใจกลางธุรกิจแต่ต้องการความสะดวกในการไปถึงบริเวณย่านพื้นที่อุตสาหกรรมและสนามบินได้โดยสะดวก

แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากอัตราความต้องการของพื้นที่สำนักงานเพิ่มขึ้นไม่มากเท่าอัตราความต้องการของที่อยู่อาศัย จึงทำให้สัดส่วนของการพัฒนาโครงการใหม่สำหรับอาคารสำนักงานไม่มากเท่ากับคอนโดมีเนียม จึงสามารถสรุปได้ในเบื้องต้นว่าหากต้องการพิจารณาเลือกโครงการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ตัวอย่างเพื่อการสาธิตวิธีการคำนวณปริมาณการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม ควรเลือกเน้นไปที่โครงการประเภทคอนโดมีเนียมเนื่องจากว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีปริมาณมากกว่าอาคารสำนักงาน และประกอบกับจำนวนที่ดินในกรุงเทพชั้นในมีจำนวนจำกัด ส่งผลให้ราคาที่ดินมีราคาแพง ผู้ประกอบการจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาการลงทุนอย่างรอบคอบ โครงการส่วนใหญ่จึงมีการออกแบบที่จะต้องสร้างพื้นที่ขายให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถดำเนินการได้ แต่ทั้งนี้ก็ต้องอยู่ภายใต้กฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ โดยในส่วนถัดไปจะกล่าวถึงเนื้อหาในส่วนที่สำคัญสำหรับการพัฒนาโครงการที่สัมพันธ์กับประเด็นเรื่องอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio- FAR) และการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) ที่เป็นประโยชน์กับการศึกษาการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมต่อไป

2.2 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์

เนื่องจากการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ประกอบด้วยข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก แต่เพื่อให้เกิดความกระชับจึงนำเสนอเนื้อหาที่สัมพันธ์กับการศึกษาในครั้งนี้เท่านั้น ซึ่งประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

2.2.1 กฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556

เมื่อพิจารณาจากขอบเขตพื้นที่การศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งตกอยู่ภายใต้กฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ประกาศตามราชกิจจานุเบกษา หน้า 1เล่ม 130 ตอนที่ 41 ลงวันที่ 16 พฤษภาคม 2556 โดยจะมีผลบังคับใช้ 5 ปี จนถึงวันที่ 15 พฤษภาคม 2561 (กระทรวงมหาดไทย, 2556) แต่ก็มิใช่ว่าเป็นประกาศฉบับแรก และเมื่อต้องการเปรียบเทียบเนื้อหาของกฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร สามารถศึกษา

ย้อนไปในเนื้อหาของ กฎกระทรวง ฯ ในฉบับ พ.ศ. 2542 พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2556 ตามลำดับ ซึ่งทั้งสามฉบับ พบว่าสาระสำคัญของประกาศ ได้มีความพยายามพิจารณาถึงบริบทของสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม สังคม เศรษฐกิจ และการลงทุน ตลอดจนนโยบายการพัฒนาเมืองทั้งของภาครัฐและองค์กรเอกชน ซึ่งเป็นไปตามสาระสำคัญของผังเมืองรวมที่กำหนดไว้ในมาตรา 17 แห่งพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 ทุกประการ โดยเมื่อพิจารณาความแตกต่างในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับหลักการมาตรการส่งเสริมการพัฒนา (incentive measure) ให้แก่ผู้พัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ ภณเสฏฐ แดงขวัญทอง (2559) ได้นำเสนอไว้ได้อย่างชัดเจนว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญของการบังคับใช้ข้อบังคับทางด้านการพัฒนาเมือง จาก พ.ศ. 2542 ซึ่งเน้นการควบคุม แต่หลังจากนั้น ทั้งในฉบับ พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2556 ได้เพิ่มเนื้อหาในเชิงส่งเสริมการพัฒนาที่ให้ประโยชน์ต่อภาพรวมของเมือง โดยกำหนดไว้ในลักษณะของการสร้างแรงจูงใจ จากเดิม (พ.ศ. 2549) มีแค่เพียง 2 มาตรการ จนในปัจจุบันมีจำนวนทั้งสิ้น 5 มาตรการ ดังแสดงในตารางที่ 4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2542 พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2556

พ.ศ. 2542	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2556
ไม่มีมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน	มีมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มไม่เกินร้อยละยี่สิบ ในกรณีดังต่อไปนี้	มีมาตรการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มไม่เกินร้อยละยี่สิบ ในกรณีดังต่อไปนี้
	(1) เจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่เพื่อประโยชน์สาธารณะหรือสวนสาธารณะ	(1) การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อจัดให้มีหรือพัฒนาที่อยู่อาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยหรือผู้อยู่อาศัยเดิมภายในพื้นที่โครงการ
	(2) เจ้าของหรือผู้ประกอบการในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีรถไฟฟ้าได้จัดให้มีที่จอดรถยนต์สำหรับประชาชนทั่วไป	(2) เจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่เพื่อประโยชน์สาธารณะหรือสวนสาธารณะ
		(3) เจ้าของหรือผู้ประกอบการในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีรถไฟฟ้าได้จัดให้มีที่จอดรถยนต์

พ.ศ. 2542	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2556
		สำหรับประชาชนทั่วไป
		(4) เจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำ
		(5) เจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีอาคารประหยัดพลังงาน

ที่มา: การสำรวจการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR bonus) ในการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ประเภทอาคารสูงในเขตกรุงเทพมหานคร (ภัณเสฏฐ แดงขวัญทอง, 2559)

จากที่ปรากฏในตารางที่ 4 พบว่าหนึ่งในมาตรการคือ หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต ที่กักเก็บน้ำได้ในสัดส่วนไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ต่อพื้นที่ดิน 50 ตารางเมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ5 ถ้าสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ตามสัดส่วน แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินร้อยละ20 ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ ออกแบบพื้นที่และคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม อย่างเห็นได้ชัดเจน และตามมาตรการส่งเสริมการพัฒนาให้แก่ผู้พัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ที่ปรากฏอยู่ในกฎกระทรวง ฯ พบว่ามาตรการดังกล่าวเหล่านั้นเป็นการให้สิทธิที่เพิ่มขึ้นของการพัฒนา ซึ่งเรียกว่าการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการนำมาตรการไปสาธิตในส่วนถัดไปจะได้นำเสนอเนื้อของ อัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน และ การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินต่อไป

2.2.2 อัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน และการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน

1) อัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio- FAR)

การกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio- FAR) ครั้งแรกพบว่าเกิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2410 ที่นครซานฟรานซิสโก จากการที่สหรัฐอเมริกาเริ่มการพัฒนาการใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงกลายเป็นแกนหลักในการพัฒนาเมือง ต่อมาในปี พ.ศ. 2459 มหานครนิวยอร์ก ได้นำหลักการการกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินมาบังคับใช้

ร่วมกับกฎหมายควบคุมความสูงอาคารและระยะถ่อยร่นอาคาร ถึงแม้ว่าจะมีการโต้แย้งจากประชาชนโดยอย่างถึงสิทธิเสรีภาพแต่ท้ายที่สุดศาลสูงของสหรัฐอเมริกาได้ตัดสินว่า การกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินเป็นมาตรการที่เหมาะสมที่สุดในการแบ่งแยกพื้นที่อยู่อาศัยออกจากบริเวณพื้นที่พานิชยกรรมและอุตสาหกรรม จนทำให้มีการบังคับใช้อย่างจริงจังจนเป็นหลักจนถึงปัจจุบัน (ธงชัย โรจนกนันท์, 2553) ทั้งนี้อัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน หมายถึง อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมทุกชั้นของอาคารทุกหลังต่อพื้นที่ดินที่ใช้เป็นที่ตั้งอาคาร โดยสมมุติว่า ที่ดินที่ที่ต้องนำมาพัฒนาถูกกำหนดให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินเท่ากับ 2 และขนาดที่ดินทั้งหมดเท่ากับ 1,600 ตารางเมตร ดังนั้นเมื่อคำนวณตามนิยามที่ระบุไว้จะสามารถพัฒนาอาคารได้พื้นที่รวมสูงสุดไม่เกิน 3,200 ตารางเมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินในเขตพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มของอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน ได้ออกเป็น 5 กลุ่มดังนี้

(1) บริเวณพื้นที่ที่อยู่อาศัย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ตามความเหมาะสมของความเข้มข้นในการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ

- ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย: อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินสูงสุดของบริเวณพื้นที่ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย มีค่า FAR ระหว่าง 1 - 3 (ที่ดินประเภท ย.1 ย.2 ย.3 ย.4)
- ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง: อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินสูงสุดของบริเวณพื้นที่ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง มีค่า FAR ระหว่าง 4 - 5 (ที่ดินประเภท ย.5 ย.6 ย.7)
- ที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก: อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินสูงสุดของบริเวณพื้นที่ที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก มีค่า FAR ระหว่าง 6 - 8 (ที่ดินประเภท ย.8 ย.9 ย.10)

(2) บริเวณพื้นที่พาณิชยกรรม ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ตามความเหมาะสมของความเข้มข้นในการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ

- พาณิชยกรรมหนาแน่นน้อย: อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินสูงสุดตามกฎกระทรวงผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร มีค่า FAR ต่ำสุดเท่ากับ 5 (ที่ดินประเภท พ.1)
- พาณิชยกรรมหนาแน่นปานกลาง: อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินสูงสุดของบริเวณพื้นที่พาณิชยกรรมหนาแน่นปานกลางตามกฎกระทรวงผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร มีค่า FAR ต่ำสุดเท่ากับ อยู่ระหว่าง 5 - 8 (ที่ดินประเภท พ.1 พ.2 พ.3 พ.4)

- พาณิชยกรรมหนาแน่นมาก: อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินสูงสุดของบริเวณพื้นที่พาณิชยกรรมหนาแน่นมากตามกฎกระทรวงผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร มีค่า FAR เท่ากับ 10

(3) บริเวณพื้นที่อุตสาหกรรม อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินสูงสุดของบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรมตามกฎกระทรวงผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร มีค่า FAR อยู่ระหว่าง 1 – 2

(4) บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินสูงสุดของบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมตามกฎกระทรวงผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร มีค่า FAR อยู่ระหว่าง 1 – 2

(5) บริเวณพื้นที่สถาบันราชการ ตามกฎกระทรวงผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ไม่ได้กำหนดการควบคุมอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินสำหรับบริเวณพื้นที่สถาบันราชการไว้

จากข้อมูลดังกล่าว ภณเสฏฐ แดงขวัญทอง (2559) ยังเพิ่มเติมว่าในบริเวณพื้นที่ที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรมในเขตเศรษฐกิจชั้นใน (Central Business District: CBD) ยกตัวอย่างเช่นพื้นที่สุขุมวิท อโศก และสีลม มีค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเฉลี่ยสูง มีแนวโน้มว่าในอนาคตอาจก่อให้เกิดปัญหาความแออัด สาธารณูปโภค สาธารณูปการไม่เพียงพอ และทำให้เกิดปัญหาผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและการอยู่อาศัยของคนเมืองมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับความพยายามลดผลกระทบที่เกิดจากการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ในเขตเมืองชั้นใน ซึ่งหนึ่งในมาตรการที่สำคัญทางผังเมืองคือการออกข้อกำหนดตามหลักการมาตรการส่งเสริมการพัฒนา (incentive measure) ซึ่งส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนระหว่างการพัฒนาเพื่อลดผลกระทบกับการให้อัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) เพิ่มเติมโดยมีรายละเอียดดังแสดงในส่วนถัดไป

2) การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus)

โดยทั่วไปแล้วข้อกำหนด ระเบียบ หรือกฎหมาย นอกจากใช้เพื่อการควบคุม ยังสามารถใช้เพื่อการส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเมือง ประเสริฐ ศักดิ์ธนากูล (2545) นำเสนอวิธีการสร้างแรงกระตุ้นเพื่อเป็นการชี้นำให้เกิดการพัฒนา สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือการแลกเปลี่ยนด้านพื้นที่ หรือให้รางวัลด้านพื้นที่ และการสนับสนุนทางการเงิน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

- ระบบการให้รางวัลด้านพื้นที่ ซึ่งมีอยู่หลายลักษณะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของการให้รางวัลด้านพื้นที่แก่ผู้พัฒนาโครงการ ซึ่งสามารถแบ่งย่อยๆ มีรูปแบบการให้รางวัลทั้งระบุในแปลงที่เดินเดิม หรือแม้กระทั่งโยกย้ายสิทธิ์ไปยังแปลงที่ดินอื่น (มักใช้กับบริเวณพื้นที่อนุรักษ์โบราณสถานต่าง ๆ) หรือแม้กระทั่งการกำหนดเงื่อนไขในพื้นที่พิเศษระหว่างการพัฒนาของอกชนกับการส่งเสริมกิจกรรมของรัฐ (อนุญาตให้สร้างโรงพยาบาลพักฟื้นคนป่วยในประเภทที่อยู่อาศัยได้ โดยกำหนดเงื่อนไขให้ปลูกต้นไม้เป็นฉากบังโดยรอบทุกด้าน) เป็นต้น

- การสนับสนุนทางการเงิน ซึ่งมีอยู่หลายลักษณะย่อยๆ ยกตัวอย่างเช่น การลดหย่อนภาษีให้แก่ผู้ประกอบการทางด้านการเก็บภาษีโรงเรือนและที่ดิน โดยที่องค์กรเอกชนมีการลงทุนสร้างและจัดให้มีบริการสาธารณะ หรือทำการสงวนอาคารที่มีคุณค่าแก่สาธารณะ การจัดเก็บภาษีเอกชนเพิ่ม เพื่อนำมาปรับปรุงบริการสาธารณะหรือเพื่อเติมคุณค่าให้กับการพัฒนาองค์กรเอกชน การจัดเก็บภาษีโรงเรือนและที่ดินจากผู้ประกอบการองค์กรเอกชนในกรณีที่ที่ดินนั้นเป็นของสาธารณะ การจัดให้มีพื้นที่สาธารณะ เป็นวิธีการที่ใช้กับโครงการพัฒนาของเอกชนที่มีส่วนสนับสนุนภาครัฐบาล การการชี้ชวนโดยภาครัฐ เพื่อให้เกิดการกระตุ้นการพัฒนาขององค์กรเอกชน ซึ่งถือเป็นการสร้างเพื่อเพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวกด้านสาธารณูปการให้กับองค์กรเอกชน เป็นต้น

จากทั้ง 2 ประเภทข้างต้นในเบื้องต้นตามกฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 มีมาตรการส่งเสริมการพัฒนาที่เข้าข่ายในประเภทแรก (ระบบการให้รางวัลด้านพื้นที่) ซึ่งก็คือการการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) โดยมีอยู่ทั้งสิ้น 5 มาตรการคือ

(1) การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีหรือพัฒนาที่อยู่อาศัยที่มีราคาต่ำกว่าท้องตลาดสำหรับผู้มีรายได้น้อยหรือที่อยู่อาศัยสำหรับผู้อยู่อาศัยเดิมภายในพื้นที่โครงการ ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ 20 โดยพื้นที่อาคารรวมที่เพิ่มขึ้นต้องไม่เกิน 4 เท่าของพื้นที่ที่จัดให้เป็นที่อยู่อาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยที่อยู่อาศัยที่มีราคาต่ำกว่าท้องตลาด หรือที่อยู่อาศัยสำหรับผู้อยู่อาศัยเดิมภายในพื้นที่โครงการ

(2) การที่เจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่เพื่อประโยชน์สาธารณะหรือสวนสาธารณะในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่ม

ได้ไม่เกินร้อยละ 20 โดยพื้นที่อาคารรวมที่เพิ่มขึ้นต้องไม่เกิน 5 เท่าของพื้นที่โล่งเพื่อประโยชน์สาธารณะหรือสวนสาธารณะที่จัดให้มีขึ้น

(3) เจ้าของหรือผู้ประกอบการในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีรถไฟฟ้าได้จัดให้มีที่จอดรถยนต์สำหรับประชาชนทั่วไปที่ตั้งอยู่ภายในระยะ 500 เมตร จากบริเวณโดยรอบสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนสถานีศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย สถานีอ่อนนุช สถานีลาดกระบัง สถานีหัวหมาก สถานีบางบำหรุ สถานีตลิ่งชัน สถานีอุดมสุข หรือสถานีแบริ่ง หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีที่จอดรถยนต์สำหรับประชาชนเป็นการทั่วไปเพิ่มขึ้นจากจำนวนที่จอดรถยนต์ของอาคารสาธารณะนั้น ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ 20 โดยพื้นที่อาคารรวมที่เพิ่มขึ้น ต้องไม่เกิน 30 ตารางเมตร ต่อที่จอดรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น 1 คัน

(4) เจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำ หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต ที่กักเก็บน้ำได้ ในสัดส่วนไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ต่อพื้นที่ดิน 50 ตารางเมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ5 ถ้าสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ตามสัดส่วน แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินร้อยละ 20

(5) เจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีอาคารประหยัดพลังงาน หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีอาคารอนุรักษ์พลังงานตามมาตรฐานที่มูลนิธิอาคารเขียวไทยรับรอง ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ ดังต่อไปนี้

- อาคารที่ได้รับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่หนึ่ง (Certified) ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ 5
- อาคารที่ได้รับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่สอง (Silver) ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ 10
- อาคารที่ได้รับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่สาม (Gold) ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ 15
- อาคารที่ได้รับการรับรองการอนุรักษ์พลังงานระดับที่สี่ (Platinum) ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ 20

ทั้งนี้เมื่อมีการสำรวจในเบื้องต้นพบว่า ผู้ประกอบการที่มีการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ (ประเภทคอนโดมีเนียม) มีการยื่นขอ FAR Bonus ตามผังเมืองรวม

กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 จำนวนทั้งสิ้น 33 โครงการ (ข้อมูลไม่ได้ระบุว่าผ่านการอนุมัติแล้วจำนวนกี่โครงการ) โดยแบ่งเป็นการขอใช้ในข้อที่ (4) เจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำ จำนวนทั้งสิ้น 32 โครงการ และในข้อที่ (5) เจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีอาคารประหยัดพลังงาน จำนวน 1 โครงการ (ภณเสฏฐ แดงขวัญทอง, 2559) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการให้ความสำคัญต่อการออกแบบให้มีพื้นที่รับน้ำเพิ่มขึ้นในโครงการแทบทั้งสิ้น แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานใดๆ ระบุว่าโครงการทั้งหมดเหล่านั้นใช้หลักการใดในการออกแบบเพื่อเพิ่มพื้นที่รับน้ำ กระนั้นก็ตามสามารถสรุปความสำคัญของการพัฒนาแนวทางการออกแบบและทางการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม เพื่อส่งเสริมการออกแบบและพัฒนาโครงการสำหรับเพิ่มพื้นที่รับน้ำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ในส่วนถัดไปเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวกับการการออกแบบพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมืองและพื้นที่สวนซับน้ำฝน ซึ่งแสดงให้เห็นความสำคัญและหลักการที่นำมาประยุกต์ใช้ รวมไปถึงตัวแปรที่สำคัญของการออกแบบที่สัมพันธ์กับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมได้ต่อไป

3. การออกแบบพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมืองและพื้นที่สวนซับน้ำฝน

จากการทบทวนวรรณกรรมในเบื้องต้นพบว่ามีการศึกษารูปแบบของสำหรับการจัดการพื้นที่รับน้ำในเขตเมืองในประเทศไทยมีผู้นำเสนอผลงานวิชาการอยู่จำนวนไม่มากนัก แต่หากพิจารณาถึงเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจะพบว่ามีเอกสารวิชาการและคู่มือสำหรับใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอยู่หลากหลาย 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/หรือเพิ่มการซึมน้ำของพื้นผิว โดยยังอยู่ในพื้นฐานของการได้ประโยชน์การใช้งาน (function) ตามเดิม อย่างไรก็ตามสำหรับการประยุกต์ใช้ในลักษณะของการสนับสนุนประโยชน์ของการออกแบบรูปแบบนี้ต่อระบบการบริหารจัดการพื้นที่ ณัฐธีร์ ตันติเลิศอนันต์ (2554) ทำการศึกษาโดยนำเสนอรูปแบบของการออกแบบที่สัมพันธ์กับการจัดการพื้นที่รับน้ำในเขตเมือง และพยายาม

นำเสนอประโยชน์และความจำเป็นที่ภูมิสถาปนิก และนักออกแบบเมืองควรทำความเข้าใจ ในขณะที่ ศนิ ลิ้มทองสกุล (2554) นอกจากจะทำการอธิบายหลักการของแนวทางการออกแบบดังกล่าว ทั้งยังนำเสนอผลของการประยุกต์ใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่ระดับสถานศึกษาในเขตพื้นที่เมือง อีกทั้งยังได้นำเสนอการจัดกลุ่มของแนวทางการออกแบบเป็น 4 กลุ่ม ประกอบไปด้วย กลุ่มที่สนับสนุนการลำเลียงน้ำ (conveyance) กลุ่มเพิ่มการกักเก็บน้ำ (storage) เพิ่มศักยภาพการซึมได้ของน้ำลงดิน (infiltration) และการจัดการภูมิทัศน์ (management) โดยตั้งใจนำเสนอเรื่องการจัดการภูมิทัศน์เพื่อแยกให้เห็นองค์ประกอบเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามเพื่อให้เกิดความกระชับ สามารถสรุปเพื่อเป็นแนวทางได้ว่าแนวทางการออกแบบสามารถแบ่งออกเป็นได้ 3 กลุ่ม ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในเนื้อหาของแนวทางในรูปแบบที่เป็นองค์ประกอบภูมิทัศน์ (landscape elements) เช่นการทำทางระบายน้ำที่มีพืชพรรณ (vegetation swales, bio-swales) พื้นผิวแบบพรุนน้ำ (permeable pavements) เป็นต้น โดยสามารถแสดงรายละเอียดเบื้องต้นดังแสดงต่อไปนี้

3.1 การออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง

แนวทางการออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง ที่จะนำเสนอในครั้งนี้ เป็นไปตามรูปแบบของพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมืองมีแนวทางหลักๆ ดังนี้

3.1.1 พื้นที่หน่วงน้ำชีวภาพ (bio-retention area)

โดยทั่วไปมีรูปแบบที่มีชื่อเรียกได้อีกหลากหลายเช่น สวนซับน้ำฝน (rain garden), ร่องน้ำชีวภาพ (bio-swales) ช่องสำหรับการซึม (infiltration strips) เป็นต้น แต่มีลักษณะร่วมกันคือ เป็นพื้นที่ส่วนย่อยๆ ที่กระจายอยู่โดยทั่วบริเวณ โดยทำหน้าที่เป็นจุดรับน้ำจากพื้นผิวโดยรอบ แล้วเน้นให้เกิดการขังอยู่บางช่วงขณะ จากนั้นส่งเสริมให้เกิดการไหลลงใต้ดินต่อไป ทั้งนี้ส่วนบนสุดของพื้นที่จะปกคลุมด้วยต้นไม้ (softscape) เพื่อประโยชน์ในด้านสุนทรียภาพอีกทางหนึ่ง รูปแบบของ bio-retention มักอยู่ในลักษณะบ่อน้ำตื้นๆ ที่มีต้นไม้ปกคลุมอยู่ด้านบน ซึ่งสามารถจัดวางตำแหน่งไว้ข้างทางเดิน/ถนน หรือที่จอดรถ เพื่อการสร้างสุนทรียภาพ และรับรองน้ำ โดยมองผิวเผินอาจคิดว่าไม่มีการออกแบบใดๆ นอกจากบ่อน้ำเป็นพิเศษ แต่หลักการที่นำเสนอเป็นการออกแบบส่วนลึกของชั้นดินใต้บ่อ (cross section) ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการซึมได้ของน้ำได้มากขึ้น โดยนอกจากชั้นดินปลูก จะมีการเพิ่มชั้นระบายน้ำ ซึ่งโดยมากเลือกใช้กรวด แต่อย่างไรก็ตาม อาจมีการเสริมระบบการระบายน้ำส่วนเกินด้วยท่อระบายน้ำ ซึ่งสามารถติดตั้งได้หลากหลายรูปแบบสภาพภายนอกเป็นเหมือนสวนทั่วๆ แต่มีหน้าที่ที่แตกต่างที่สำคัญคือการทำหน้าที่

เป็นการชะลอน้ำ (conveyance) เพื่อลดการชะล้างที่รุนแรงเกินไปก่อนการไหลนองของน้ำสู่ท่อระบายน้ำหรือพื้นที่อื่นๆ นอกจากนั้นยังมีส่วนช่วยให้เกิดการซึมของน้ำลงสู่ผิวดิน (infiltration) ได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังมีความเป็นไปได้ในการเป็นที่อยู่ของสัตว์และพืชพรรณท้องถิ่นอีกทางหนึ่งด้วย โดยมีรูปแบบและขนาดของการใช้งานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทุกขนาดของพื้นที่ เหมาะเป็นอย่างมากที่จะใช้ในองค์ประกอบภูมิทัศน์ ทั้งส่วนของพื้นที่พานิชยกรรม พื้นที่อุตสาหกรรม พื้นที่หน่วยงานราชการ พื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ และพื้นที่ส่วนที่อยู่อาศัย อีกทั้งยังสามารถเพิ่มเติมเข้าไปในส่วนของการปรับปรุงพื้นที่เดิม ได้เป็นอย่างดี มีภาพตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 7

ภาพที่ 7 ตัวอย่างพื้นที่พื้นที่หน่วงน้ำชีวภาพ
ที่มา: WSUD-WA (Department of Planning and Local Government: Government of South Australia, 2010)

3.1.2 สวนหลังคา (green roofs)

สำหรับส่วนที่อยู่ในพื้นที่สูงบนอาคารเช่นหลังคา ก็สามารถเพิ่มองค์ประกอบในการออกแบบพื้นที่บริหารจัดการน้ำได้เช่นกัน โดยสวนหลังคา (green roofs) อาจมีชื่อเรียกภาษาอังกฤษอีกหลายชื่อ เช่น rooftop garden, vegetated roof covers, living roofs, eco-roofs และ nature roofs เป็นต้น โดยสวนหลังคา มีส่วนประกอบเป็นการปลูกพืชพรรณ และมีชั้นดินและวัสดุที่ส่งเสริมต่อการระบายน้ำ โดยจะวางอยู่บนส่วนบนของอาคาร ทั้งส่วนที่เป็นอาคารใหม่หรืออาคารปรับปรุงใหม่ อย่างไรก็ตามสวนหลังคาต้องการการออกแบบและอาศัยเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยหน้าที่ของสวนหลังคาคือการชะลอน้ำ และสามารถอุ้มน้ำได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเป็นส่วนหนึ่งของการปรับปรุงคุณภาพของมีส่วนช่วยในการลดความร้อนของอาคาร ลดปรากฏการณ์เกาะความร้อน ลดปัญหาคุณภาพอากาศ น้ำ ในขณะเดียวกันยังสามารถช่วยในเรื่องความหลากหลาย

ทางชีวภาพ อีกทั้งเป็นส่วนหนึ่งของการสนับสนุนระบบการแลกเปลี่ยนออกซิเจน-คาร์บอนไดออกไซด์ และที่สำคัญคือสามารถเพิ่มพื้นที่สำหรับการใช้งาน (living space) ให้แก่อาคารได้อีกทางหนึ่ง โดยมีตัวอย่างในภาพที่ 8

1

2

ภาพที่ 8 ตัวอย่างสวนหลังคา (green roofs)

ที่มา: [1] Low Impact Development: Technical Guidance (Puget Sound Action Team, 2005)

[2] WSUD-WA (Department of Planning and Local Government: Government of South Australia, 2010)

3.1.3 พื้นผิวพรุนน้ำ (pervious pavements)

สำหรับพื้นที่บางส่วนของโครงการจำเป็นต้องเป็นพื้นแข็ง (hardscape) เช่น ที่จอดรถ ถนน ลานกิจกรรมกลางแจ้ง เป็นต้น แต่พื้นแข็งโดยทั่วไปเป็นปัญหาต่อการไหลนองของน้ำ เพราะลดประสิทธิภาพการซึมได้ของน้ำลงดิน ดังนั้นเพื่อให้ยังคงประโยชน์การใช้งาน แต่เพิ่มประสิทธิภาพการซึมได้ จึงมีความจำเป็นต้องประยุกต์ใช้แนวทางการสร้างพื้นผิวซึมน้ำได้ในพื้นที่ดังกล่าว โดยมีหลากหลายเทคนิค แต่ที่เป็นที่นิยมคือการแยกส่วนพื้นผิวแข็งเพื่อให้เกิดช่องว่าระหว่างผิว แต่ยังกำหนดสัดส่วนให้เหมาะสม เพื่อให้ยังคงสภาพการใช้งานได้ตามเดิม นอกจากส่วนที่เป็นพืชพรรณซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของภูมิทัศน์ โดยอีกส่วนหนึ่งคือพื้นที่ที่เป็นส่วนรับน้ำหนักของบริเวณ เช่นถนน ที่จอดรถ หรือลานกิจกรรม ซึ่งโดยทั่วไปจะปูพื้นด้วยพื้นผิวทึบน้ำ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมี

แนวทาเลือกเพื่อลดคุณสมบัติที่ทึบน้ำของพื้นที่แถวนั้น โดยเรียกว่าพื้นผิวพรุนน้ำ โดยมีตัวอย่างดังภาพที่ 9

ที่มา : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8f/Permeable_paver_demonstration.jpg/1024px-Permeable_paver_demonstration.jpg

ที่มา : http://www.lastormwater.org

ภาพที่ 9 ตัวอย่างพื้นผิวพรุนน้ำ (pervious pavements)

โดยพื้นผิวพรุนน้ำสามารถช่วยเพิ่มการซึมได้ของน้ำผิวดินลงใต้ดิน และยังสามารถลดปริมาณการไหลของน้ำผิวดินอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งช่วยให้เกิดการกรองมลพิษจากน้ำไหลนองได้อีกทางหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น ยางมะตอยพรุนน้ำ (porous asphalt) พื้นผิวแยกส่วน (modular pavers) อิฐปลูกหญ้า (grass block) เป็นต้น

3.1.4 พื้นที่ชุ่มน้ำ (wetlands)

ในโครงการที่มีพื้นที่กว้างและหากอยู่ในพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ มีความจำเป็นต้องมีที่รับน้ำขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพื่อเป็นการชะลอน้ำไม่ให้เป็นภาระต่อระบบระบายน้ำของเมืองหรือพื้นที่ข้างเคียง ระบบการสร้างพื้นที่ชุ่มน้ำ (wetlands/ construction wetlands/ artificial

wetlands) เหมาะสมในการนำมาใช้ โดยมีองค์ประกอบของการเสริมพื้นที่ด้วยพืชพรรณเรียนแบบพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ เพิ่มอัตราการตกตะกอนของมวลที่ไหลมากับน้ำหลาก ส่งเสริมการซึมลงใต้ดิน และปรับปรุงคุณภาพของแหล่งน้ำในพื้นที่ โดยมีตัวอย่างดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 ตัวอย่าง Laratinga Wetlands, Mt Barker
ที่มา: WSUD-WA (Department of Planning and Local Government: Government of South Australia, 2010)

แนวทางนี้เหมาะสำหรับการพัฒนาโครงการในพื้นที่ขนาดใหญ่ ที่มีพื้นที่ดินเหลือวางพอเพียงต่อการสร้างพื้นที่สำหรับการอนุรักษ์ได้ เพราะนอกจากประโยชน์ในการจัดการน้ำแล้ว ยังสามารถสร้างแหล่งพักพิงของสัตว์และการอนุรักษ์พันธุ์พืชได้อีกทางหนึ่งด้วย แต่อย่างไรก็ตามอาจไม่เหมาะกับโครงการในเขตเมือง หรือโครงการที่ต้องการใช้พื้นที่ดินเต็มประสิทธิภาพ

กล่าวโดยสรุปพบว่าในเบื้องต้นออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง มีอยู่หลากหลาย ทั้งนี้ในส่วนที่นำเสนอเป็นเบื้องต้นเพื่อให้เข้าใจภาพรวม อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากงานวิชาการที่ได้นำเสนอทั้งในและต่างประเทศพบว่า รูปแบบที่เป็นที่นิยมในการเลือกใช้งานคือการรูปแบบที่เรียกว่า สวนซับน้ำฝน (rain garden) (Dunnett & Clayden, 2007; Jaber et al., 2012; บ้านและสวน, 2560; ศนิ ลิ้มทองสกุล, 2554) โดยในส่วนถัดไปได้นำเสนอรายละเอียดทางเทคนิค ที่มีความสำคัญในการใช้ประเมินศักยภาพของการออกแบบต่อไป

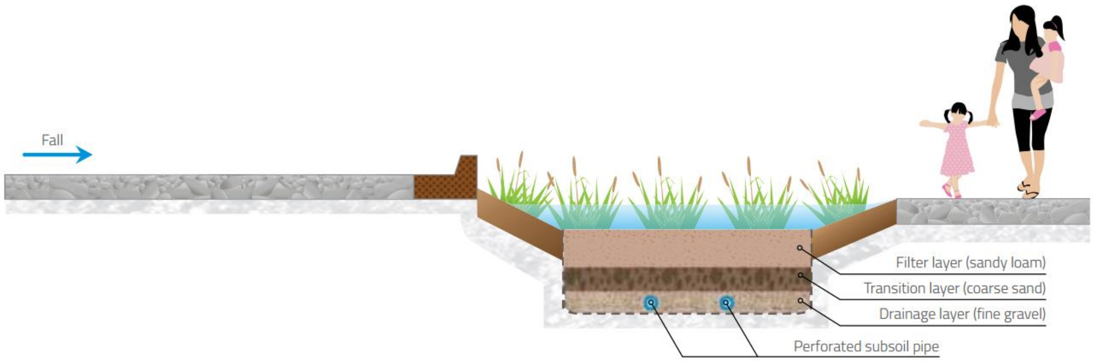
3.2 การออกแบบสวนซับน้ำฝน (rain garden)

สวนซับน้ำฝน (rain garden) คือ รูปแบบการออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง ตามรูปแบบของพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง (water sensitive design) ซึ่งเป็นกลุ่มย่อย (sub-set) ของพื้นที่หน่วงน้ำชีวภาพ (bio-retention area) (หลายๆ งานเขียนอาจรวบรูปแบบของสวนซับน้ำฝนว่าพื้นที่หน่วงน้ำชีวภาพ หรืออาจจะเรียกกลับกัน แต่

ความหมายโดยรวมระหว่าสองคำศัพท์สื่อความหมายในลักษณะใกล้เคียงกันมาก) โดยรูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนมีปรากฏอยู่ตามมาตรฐานที่ใช้ในการประกอบการออกแบบพื้นที่รับน้ำอยู่หลากหลายฉบับ โดยเฉพาะในต่างประเทศ ยกตัวอย่างเช่นใน Active, Beautiful, Clean (ABC) Waters Design Guidelines ของประเทศสิงคโปร์ (Public Utilities Board (PUB), 2014) Low Impact Development: Technical Guidance Manual ซึ่งใช้ในหลายๆเมืองในประเทศสหรัฐอเมริกา (Puget Sound Action Team, 2005) คู่มือที่นำเสนอจากสถาบันการศึกษาเช่น Stormwater Management: Rain Gardens (Jaber et al., 2012) รวมไปถึงหนังสือเรื่อง Rain Gardens: Managing Water Sustainably in the Garden and Designed Landscape (Dunnett & Clayden, 2007) อย่างไรก็ตามในการนำเสนอในส่วนนี้สามารถแบ่งหมวดย่อยๆ ของเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วนโดยเริ่มจากการแสดงถึงหลักการทำงานและประโยชน์ของสวนซับน้ำฝน (concept and benefit) และองค์ประกอบที่สำคัญของการออกแบบ (specification) ที่สัมพันธ์กับการรับน้ำฝน

3.2.1 หลักการทำงานและประโยชน์ของสวนซับน้ำฝน (concept and benefit)

สวนซับน้ำฝน เป็นการออกแบบพื้นที่ให้เป็นที่รับน้ำ โดยมักจะจัดตำแหน่งให้อยู่ในที่ต่ำของบริเวณโครงการ มีหน้าที่หลักในการชะลอน้ำ ลดอัตราการไหลของน้ำฝนไหลนองบนพื้นที่ อีกทั้งเป็นที่รวบรวมน้ำไว้ชั่วคราว (กรณีทำเป็นแอ่ง) ทั้งนี้มักมีหน้าตาเป็นภายนอกเหมือนเป็นสวนหย่อม หรือสนามหญ้าทั่วไป แต่ภายใต้ของพื้นดินบริเวณนั้นมีการออกแบบชั้นของดินเพื่อให้ช่วยซับน้ำและส่งเสริมอัตราการซึมได้ของพื้นที่ในบริเวณดังกล่าว ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ตัวอย่าง สวนซับน้ำฝน

ที่มา: Active, Beautiful, Clean (ABC) Waters Design Guidelines (Public Utilities Board (PUB), 2014)

ทั้งนี้ในการออกแบบสวนน้ำฝนสามารถทำการออกแบบสอดแทรกไปกับการออกแบบพื้นที่ในงานพัฒนาโครงการต่าง ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบไว้ข้างถนน ที่จอดรถ สวนในโครงการพักอาศัย และสวนสาธารณะของเมือง ซึ่งนอกจากจะสามารถมีประโยชน์ในการลดการไหลของน้ำฝน เพิ่มประสิทธิภาพการซึมได้ของพื้นที่ และยังช่วยให้เกิดทัศนียภาพที่ดี ช่วยเพิ่มสุนทรียภาพในโครงการได้อีกทางหนึ่งด้วย (Arvidson, n.d.; Franti & Rodie, 2007) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 12

ภาพที่ 12 ตัวอย่างพื้นที่สวนซับน้ำฝนในการใช้งานจริง

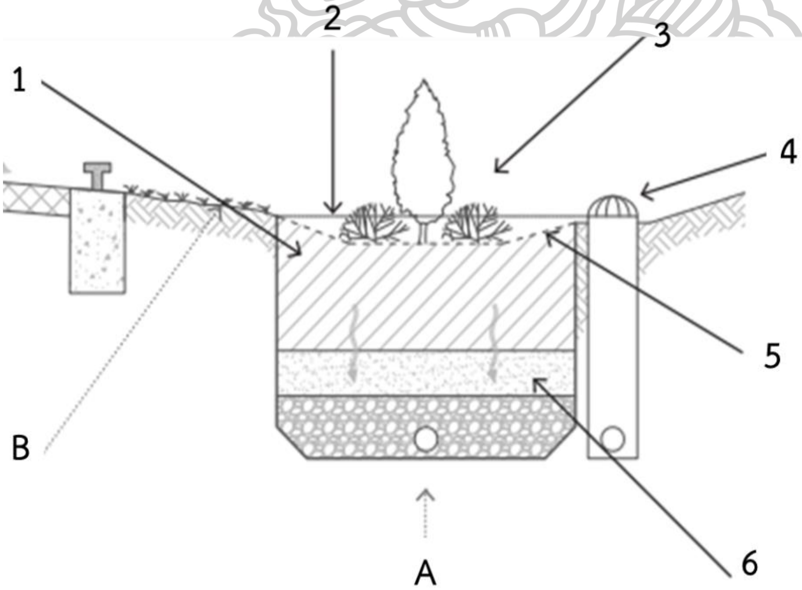
ที่มา: Active, Beautiful, Clean (ABC) Waters Design Guidelines (Public Utilities Board (PUB), 2014)

อย่างไรก็ตามเนื่องจากความสำคัญของพื้นที่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นพื้นที่พรุนน้ำของโครงการ ดังนั้นการรักษาสภาพให้มีความพรุนอย่างต่อเนื่องจึงมีความสำคัญมาก การบำรุงรักษาจึงต้องให้ความใส่ใจกับการบำรุงรักษาพืชพรรณในพื้นที่ เนื่องจากพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าหรือ

ต้นไม้คลุมดินมักก่อให้เกิดการอัดแน่นของผิวดินมากกว่าปกติซึ่งไม่ส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการพรุนน้ำของพื้นที่เช่นกัน นอกจากนั้นในชั้นดินที่ลึกลงไปนอกจากจะเป็นส่วนของชั้นดินปลูกของต้นไม้ที่ผิวดินแล้ว การออกแบบในรายละเอียดของชั้นดินซึ่งต้องระบุลงไปในหน้าตัดของชั้นดิน (cross section) และคุณสมบัติของชั้นดินแต่ละชั้น (specification) จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งจะได้นำเสนอส่วนดังกล่าวในส่วนถัดไป

3.2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของการออกแบบ

ดังที่กล่าวข้างต้น ความสำคัญของการออกแบบสวนซับน้ำฝนไม่ใช่แค่ขนาดของพื้นที่เท่านั้น แต่ยังต้องให้ความสำคัญลงไปถึงการออกแบบในรายละเอียดของชั้นดินที่อยู่ในแนวตัดขวางของชั้นดินด้วย (cross section) อีกทั้งรายละเอียดคุณสมบัติของวัสดุ-อุปกรณ์ของแต่ละชั้น (specification) ซึ่งจากการสืบค้นเอกสารที่เกี่ยวช้องกับการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน พบเอกสารซึ่งเป็นเอกสารทางวิชาการและคู่มือทำงานจากหลากหลายแหล่ง อย่างไรก็ตามเนื้อหาของแต่ละฉบับค่อนข้างใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขอยกตัวอย่างรูปแบบที่เข้าใจง่ายและครบถ้วนจาก Rain Garden Construction Guide (Auckland Council, n.d.) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 13



สัญลักษณ์
1 – ดินปลูก
2 – พื้นที่บ่อน้ำ
3 – พืชพรรณ
4 – ระบบรับน้ำส่วนเกิน
5 – พืช/วัสดุคลุมดิน
6 – ชั้นซับน้ำ
A – ระบบระบายน้ำ (ถ้าจำเป็น)
B – หญ้ากันชน (ถ้าจำเป็น)

ภาพที่ 13 ตัวอย่างพื้นที่สวนซับน้ำฝนในการใช้งานจริง
ที่มา: ดัดแปลงจาก Rain Garden Construction Guide (Auckland Council, n.d.)

จากภาพที่ 13 สามารถอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมของแต่ละองค์ประกอบได้ดังต่อไปนี้

1) ดินปลูก (soil mix/media)

ดินปลูกเป็นส่วนที่สำคัญในการช่วยให้สวนซับน้ำฝนที่ได้รับการออกแบบไว้สามารถทำหน้าที่เป็นตัวกรองสิ่งสกปรกจากผิวดินลงไปยังส่วนที่ทำหน้าที่ซับน้ำหรืออุ้มน้ำในส่วนล่าง โดยทั่วไปมักจะมีส่วนผสมของดินร่วนปนทราย (sandy loam) หรือดินปนทราย (loamy sand) หรือดินร่วน (loam) ทั้งนี้ยังเป็นชั้นที่ส่งอาหารไปยังพืชที่ปลูกอยู่ด้านบนด้วยเช่นกัน โดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติของดินที่ใช้ในงานดังกล่าวจะมีความพรุน (porosity) อยู่ที่ร้อยละ 20-30 (ค่าเฉลี่ยกลางร้อยละ 25) (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2553) และจากการสืบค้นระดับความลึกของชั้นดินปลูกที่ใช้งานอยู่ระหว่าง 4 – 8 นิ้ว (ค่าเฉลี่ยกลาง 6 นิ้ว) (Emanuel et al., 2010) ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนได้ในเบื้องต้น

2) พื้นที่บ่อน้ำ (ponding)

พื้นที่บ่อน้ำมีหน้ามี่สำคัญคือการรวบรวมน้ำซึ่งเป็นการชะลอน้ำไม่ให้ไหลนองอย่างรวดเร็วและยังช่วยให้น้ำได้มีโอกาสในการไหลซึมลงสู่ใต้ดิน (Public Utilities Board (PUB), 2014) อย่างไรก็ตามรูปแบบของการมีสภาพเป็นบ่อซึ่งจะต้องลดระดับให้ต่ำลงไปจากพื้นดินทั่วไปกลับส่งผลต่อการใช้งานพื้นที่ที่ต้องการพื้นที่ราบต่อเนื่องเป็นผืนใหญ่ เช่นต้องการสนามหญ้าไว้สำหรับรองรับกิจกรรมชุมนุมคนเป็นต้น ดังนั้นในบางลักษณะจึงมีการออกแบบพื้นที่ให้เป็นสนามหญ้าเรียบๆ ได้เช่นกัน (Dunnett & Clayden, 2007) ในขณะที่จากการทบทวนเอกสารอีกแหล่งแนะนำให้กำหนดความลึกไว้แตกต่างกันแต่ทั้งนี้พบหลักฐานว่ามีการออกแบบความลึกของพื้นที่บ่อน้ำไว้ที่ 24 นิ้ว (Emanuel et al., 2010) จึงสรุปได้ว่าช่วงของการออกแบบความลึกของบ่อน้ำในการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนอยู่ระหว่างค่า 0 – 24 นิ้ว ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนได้ในเบื้องต้น

3) พืชพรรณ (planting)

ดังที่กล่าวเบื้องต้นสวนซับน้ำฝน เป็นรูปแบบที่ใช้ในการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมนอกจากจะมีประโยชน์ในด้านการซับน้ำฝนแล้วยังทำหน้าที่ในการสร้างบรรยากาศและสุนทรียภาพให้กับบริเวณ ดังนั้นในส่วนผิวดินมักมีการออกแบบให้ปลูกพืช (หรือปูหญ้า ตามแต่กรณี) ทั้งนี้เพื่อเป็นการยึดให้ผิวหน้าดินไม่ถูกพัดพาไปได้ง่ายอีกด้วย อย่างไรก็ตามมีการแนะนำให้ใช้พืชพรรณท้องถิ่น (native plants) เพื่อประโยชน์ในด้านระบบนิเวศอีกทางหนึ่งด้วย (Auckland Council, n.d.)

4) ระบบรับน้ำส่วนเกิน (overflow system)

เนื่องจากรูปแบบของการออกแบบสวนซับน้ำฝน เป็นการออกแบบที่เป็นส่วนเสริมกับการระบายน้ำฝนแบบทั่วไป (conventional system) ดังนั้นเพื่อให้ลดความเสี่ยงในบางกรณีอาจมีการติดตั้งระบบระบบรับน้ำส่วนเกินไว้ด้วย อย่างไรก็ตามในบางคู่มือให้ไว้เป็นทางเลือก (optional) เท่านั้น (Public Utilities Board (PUB), 2014) ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบให้สอดคล้องกับระดับของน้ำฝนในพื้นที่นั้นๆ

5) พืช/วัสดุคลุมดิน (mulch / pebble/ rock)

ทำหน้าที่เช่นเดียวกับพืชพรรณซึ่งอธิบายไว้ในข้อ 3) ทั้งนี้อาจจะเสริมด้วยการปูหินเพื่อลดการกัดกร่อนหน้าดิน และควรเน้นพืช/วัสดุคลุมดินท้องถิ่นเช่นกัน

6) ชั้นซับน้ำ (infiltration layer)

ชั้นซับน้ำเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากของการออกแบบสวนซับน้ำฝน เนื่องจากเป็นจุดที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการซึมได้ของชั้นดิน ซึ่งเช่นเดียวกันกับส่วนที่ 1) ดินปลูก ที่มีคู่มือแนะนำทั้งความลึกที่เหมาะสมและความพรุนของวัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบชั้นนี้ ซึ่งโดยทั่วไปชั้นนี้มักจะเลือกใช้กรวด (gravel) หรือทรายหยาบ (sand) เพราะนอกจากจะต้องเป็นชั้นที่ระบายน้ำได้ดีจะตั้งมีความแข็งแรงพอในการรับน้ำหนักของส่วนกดทับและกิจกรรมด้านบน โดยทั่วไปแล้วจะกำหนดคุณสมบัติของชั้นซับน้ำให้มีความพรุน (porosity) อยู่ที่ร้อยละ 20 – 40 ตามค่าเฉลี่ยของกรวด (Environmental Science Division (EVS), n.d.) และความลึกของชั้นซับน้ำที่ใช้งานอยู่ระหว่าง 2 – 24 นิ้ว (Auckland Council, n.d.; Department of Planning and Local Government: Government of South Australia, 2010; Puget Sound Action Team, 2005) ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนได้ในเบื้องต้น

นอกจากนี้จากภาพที่ 13 ส่วนของ A) ระบบระบายน้ำ และ B) หญ้ากันชน เป็นส่วนเสริมที่จะมีหรือไม่มีก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบจะเลือกใช้จึงไม่ได้มีรายละเอียดให้ต้องพิจารณามากนัก

ข้างต้นจะเห็นภาพที่ชัดเจนขึ้นของการออกแบบสวนซับน้ำฝนโดยเน้นรายละเอียดในส่วนของหน้าตัดของชั้นดินและคุณสมบัติของชั้นดินแต่ละชั้นซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่เพิ่มประสิทธิภาพของการซับน้ำสามารถใช้เป็นแนวทางให้ภูมิสถาปนิกในงานออกแบบพื้นที่ในเขตเมืองเพื่อให้มีความสามารถในการรับน้ำฝนไหลนองได้มากกว่ารูปแบบปกติต่อไป

กล่าวโดยสรุปเมื่อเข้าใจส่วนของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน (rain garden) ตามรายละเอียดข้างต้นแล้วนั้น ในส่วนถัดไปเป็นการนำเสนอเนื้อหาในส่วนที่ต่อเนื่องในเรื่องขอการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝน ซึ่งจะเป็นเนื้อหาส่วนที่สำคัญในการเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมในการทำงานในอนาคต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4. การคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝน

จากการทบทวนรูปแบบ หรือแนวทางออกแบบพื้นที่ในเขตเมืองเพื่อให้มีความสามารถในการรับน้ำฝนไหลนองได้มากกว่ารูปแบบปกติในเขตเมือง พบว่าหนึ่งในสาระสำคัญที่ขาดหายไปในกระบวนการนำรูปแบบการออกแบบไปใช้งานให้เกิดประสิทธิผลมากยิ่งขึ้นคือการวิเคราะห์ศักยภาพของการออกแบบแต่ละรายการ หรือเรียกอีกอย่างคือการคำนวณปริมาณ หรือปริมาตรของน้ำที่พื้นที่สามารถบริหารจัดการได้ โดยในเบื้องต้นสามารถแบ่งการวัดศักยภาพในการออกแบบพื้นที่เพื่อการจัดการน้ำในเขตเมือง ได้ออกเป็น 2 แนวทาง คือการวัดค่าน้ำฝนไหลนอง (runoff water: Q ซึ่งมีหน่วยเป็น ปริมาตร ต่อระยะเวลา) หรืออีกทางหนึ่งคือการวัดค่าอัตราการซึมได้ของน้ำ (infiltration, I ซึ่งโดยทั่วไปมีหน่วยเป็น ความสูงของน้ำ ต่อระยะเวลา) ทั้งนี้ทั้ง Q และ I ล้วนแล้วแต่สัมพันธ์กับค่าปริมาณน้ำฝน (precipitation: P โดยทั่วไปมีหน่วยเป็น ความสูงของน้ำ) และค่าการจัดเก็บ (storage: S ซึ่งอาจแบ่งเป็น การจัดเก็บด้วยอุปกรณ์ สามารถวัดเป็นปริมาตรของพาชนะจัดเก็บได้โดยตรง และอีกส่วนหนึ่งคือการจัดเก็บในผิวดิน โดยอาจรวมอยู่กับส่วนของการซึมลงไปในผิวดิน (I)) โดยเนื้อหาในส่วนนี้นำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าต่างๆ รวมไปถึงวิธีการที่เป็นมาตรฐานและตัวอย่างของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในแต่ละส่วน โดยมีเนื้อหาดังนี้

4.1 การการหาค่าอัตราน้ำไหลนอง ด้วยวิธี Rational Method (RM)

วิธีการหาอัตราการไหลนองของน้ำฝนมีหลายวิธีแต่วิธีที่ได้รับความนิยมสูง คือ Rational Method (RM) โดย ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2554) ได้นำเสนอวิธีการการคำนวณและเงื่อนไขต่างๆ ตามสมการที่ (3) ดังนี้

$$\mathbf{Q} = \mathbf{C} \times \mathbf{i} \times \mathbf{A} \qquad (3)$$

โดย $\mathbf{Q}$ คือ อัตราน้ำไหลนองที่ระบายในพื้นที่ (ลูกบาศก์เมตร ต่อ วินาที: m^3/s)

$\mathbf{C}$ คือ สัมประสิทธิ์การไหลนอง (runoff coefficient)

$\mathbf{i}$ คือ ความเข้มเฉลี่ยของฝน (มิลลิเมตร ต่อ ชั่วโมง: mm/hr)

A คือ พื้นที่รับน้ำฝน (ตารางเมตร: m^2)

ทั้งนี้ RM ใช้ประมาณการอัตราน้ำไหลนองด้วยรูปแบบที่เข้าใจง่าย โดยใช้สมการที่ไม่ซับซ้อนแต่ให้แม่นยำได้ไม่ดีนัก จะใช้ได้กับพื้นที่ขนาดเล็กๆ และผู้ใช้งานต้องเข้าใจสมมุติฐานที่สำคัญ 4 ข้อดังนี้

1) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (C)

เป็นค่าคงที่แทนค่าที่สะท้อนความสามารถในการไหลของพื้นผิว ค่าสัมประสิทธิ์นี้จะแปรผันไปได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ว่ามีความสามารถในการไหนองอย่างไร ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองนี้เป็นค่าคงที่ได้ก็เฉพาะสำหรับลักษณะพื้นที่หนึ่งๆและในภาวะหนึ่งๆเท่านั้น ในบริเวณที่มีขอบเขตจำกัดและข้อมูลพื้นที่ผิวรวมทั้งใต้พื้นที่ผิวดีเพียงพอเราอาจทดลองหาค่า C ของบริเวณนั้นๆได้โดยไม่ยากนัก แต่เมื่อมีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมหรือเมื่อพิจารณาพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีพื้นที่หลายลักษณะประกอบเข้าด้วยกัน ค่า C ที่จะกำหนดให้เป็นค่าคงที่หนึ่งๆได้แม่นยำจึงกระทำได้ยาก โดยมีตัวอย่างค่า C ดังตารางที่ 5 และ 6 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์ของการไหลนองของพื้นที่ใช้สอยลักษณะต่างๆ

ลักษณะการใช้สอยของพื้นที่		สัมประสิทธิ์การไหลนอง
เขตธุรกิจ	หนาแน่น	0.70-0.95
	รอบๆบริเวณเขตธุรกิจ	0.50-0.70
เขตที่พักอาศัย	ครอบครัวเดี่ยว	0.30-0.50
	หลายครอบครัว, แยกกัน	0.40-0.60
	หลายครอบครัว, ติดกัน	0.60-0.75
เขตที่พักอาศัย (ชานเมือง)		0.25-0.40
เขตอพาร์ทเมนท์		0.50-0.70
เขตอุตสาหกรรม		0.50-0.90
สวนสาธารณะ		0.10-0.25
สวนเด็กเล่น / สถานีรถไฟ		0.20-0.35
ที่รกร้าง		0.10-0.30

ที่มา: ดัดแปลงจาก คู่มือออกแบบระบบน้ำเสียและน้ำฝน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2554)

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์ของการไหลนองของพื้นที่ผิวแบบต่างๆ

ลักษณะพื้นที่ผิว		สัมประสิทธิ์การไหลนอง
ส่วนปูพื้น	ยางมะตอย หรือคอนกรีต	0.70-0.95
	อิฐ หรือ อิฐตัวหนอน	0.70-0.85
หลังคา		0.75-0.95
สนาม, ดินทราย	เรียบ – ลาด 2 %	0.05-0.10
	ลาด 2 – 7 %	0.10-0.15
	ชัน, ลาด 7 % ขึ้นไป	0.15-0.20
สนาม, ดินแน่น	เรียบ – ลาด 2 %	0.13-0.17
	ลาด 2 – 7 %	0.18-0.22
	ชัน, ลาด 7 % ขึ้นไป	0.25-0.35

ที่มา: ดัดแปลงจาก คู่มือออกแบบระบบน้ำเสียและน้ำฝน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2554)

2) อัตราไหลนองสูงยอด

อัตราไหลนองสูงยอดที่จุดใดๆ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มเฉลี่ยของฝนที่ตกในช่วงเวลานับว่าฝนตก (tc) และไหลมาจนถึงจุดนั้นๆ อัตราสูงยอดของฝนห่าหนึ่งๆมีค่ามากกว่าอัตราเฉลี่ยของฝนห่านั้นๆได้มาก แต่ถ้ากำหนดให้อัตราน้ำไหลนองสูงสุดเป็นสัดส่วนกับอัตราสูงยอดของฝนก็จะไม่ตรงกับความเป็นจริง เพราะฝนสูงยอดเกิดในช่วงเวลาสั้นๆเพียงจุดหนึ่งเท่านั้น ในขณะที่น้ำไหลนองเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาที่นานกว่าช่วงเวลาที่เกิดอัตราฝนสูงยอด ดังนั้นสมมติฐานในข้อนี้จึงบ่งเพียงว่าอัตราสูงยอดของน้ำไหลนองแปรผันตามอัตราเฉลี่ยของฝนในช่วงนั้นๆ เท่านั้น ซึ่งแน่นอนที่สมมติฐานนี้ย่อมมีความคลาดเคลื่อนแต่ก็ให้ผลลัพธ์ที่น่าจะยอมรับได้ในทางปฏิบัติ

3) เวลานับว่าฝนตก (t_c)

คือเวลาที่น้ำไหลนองก่อตัวเป็นรูปร่างและไหลจากจุดที่ไกลที่สุดของพื้นที่ระบายมายังจุดที่กำลังพิจารณาหรือออกแบบ โดยการไหลนองของการระบายน้ำของพื้นที่ระบายขนาดเล็กจะใช้เวลาน้อยกว่าการไหลนองของพื้นที่ขนาดใหญ่ นั่นหมายความว่าในพื้นที่ระบายเล็กจักมีค่า (t_c) ต่ำและความเข้มเฉลี่ยของฝนหรือค่า i สูงนั่นเองซึ่งแน่นอนที่สมมติฐานนี้ย่อมมีความคลาดเคลื่อนแต่ก็ให้ผลลัพธ์ที่น่าจะยอมรับได้ในทางปฏิบัติ

4) ความถี่ของอัตราน้ำไหลนองสูงสุด

เท่ากับความถี่ของฝนที่ความเข้มเฉลี่ยนั้นๆ โดยสมมติฐานข้อนี้ก็เช่นกัน แม้จะมีแนวคิดของความควรเป็นมาสนับสนุนแต่ก็ไม่สามารถยืนยันให้เป็นที่แน่ชัดไว้ว่าจักเป็นเช่นนี้เสมอ

ทั้งนี้ในพื้นที่ระบายขนาดใหญ่ บริเวณแอ่งขังน้ำและการที่น้ำไหลระบายซึมลงดินได้ สามารถทำให้ปริมาณและอัตราของการไหลนองลดลง วิธีเรชันแนล จึงทำให้การประเมินอัตราน้ำไหลนองได้ค่ามากกว่าที่เป็นจริงได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากเป็นวิธีที่มีความไม่ยุ่งยากต่อการนำไปใช้งานและเข้าใจได้ง่ายสำหรับทุกๆ ผู้ที่เกี่ยวข้องจึงเป็นที่นิยมนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหลายระดับ ทั้งในระดับใหญ่ระดับลุ่มน้ำเพื่อการวางแผนระดับภูมิภาค (กองสี วันนะสิน, 2555) หรือนำไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำในระดับเมือง (เอี่ยมอนงค์ โกมลสิงห์, 2552) แม้กระทั่งการนำไปใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำในระดับโครงการ โดยปรากฏอยู่ในเนื้อหารายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของทั้งโครงการที่อยู่อาศัยรวม – คอนโดมิเนียม (บริษัท เอ็น เอส คอนซัลแทนท์ จำกัด, 2552) และโครงการที่อยู่อาศัยแบบแนวราบ – หมู่บ้านจัดสรร (บริษัท อีโคซิสเต็ม เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแทนท์ จำกัด, 2552) อันมีตัวอย่างอยู่ในงานวิจัยและเอกสารรายงาน ดังที่แสดงมาเป็นตัวอย่างข้างต้น

4.2 การการหาค่าอัตราน้ำไหลนอง ด้วยวิธี Curve Number (CN)

เบื้องต้นพบว่าหากต้องการคำนวณหาการซึมได้ของพื้นผิว (I) ที่รองรับน้ำฝนใดๆ สามารถใช้วิธีการคำนวณโดยหากปริมาณน้ำไหลนอง (R) ออกจากปริมาณของน้ำฝนที่ตกลงมา (P) โดย Jaber et al. (2012) ได้เสนอให้ใช้การคำนวณน้ำไหลนองด้วยวิธีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับน้ำหลากตามผิวดิน (Curve Number (CN)) สำหรับการออกแบบสวนซับน้ำฝน ทั้งนี้เนื่องจากว่าสามารถพิจารณาลงไปถึงค่าคุณสมบัติตามแนวลึกของชั้นดินได้ (cross section) โดยมีสมการพื้นฐานดังสมการที่ (4) ดังนี้

$$\mathbf{RD} = \frac{\left(\mathbf{P} - 0.2 \times \left(\frac{100}{\mathbf{CN}} - 10\right)\right)^2}{\left(\mathbf{P} + 0.8 \times \left(\frac{100}{\mathbf{CN}} - 10\right)\right)} \qquad (4)$$

โดย **RD** คือ ความสูงของน้ำไหลนอง (นิ้ว: in)

P คือ ปริมาณน้ำฝนสะสม (นิ้ว: in)

CN คือ ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำหลากตามผิวดิน ซึ่งค่า CN สามารถพิจารณาได้ตามเงื่อนไขดังแสดงในตารางที่ 7 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำหลากตามผิวดิน (CN)

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	กลุ่มดินทางชลศาสตร์			
	A	B	C	D
ที่ดินเกษตรกรรม				
- ที่ดินเกษตรกรรมแบบไม่อนุรักษ์ธรรมชาติ	72	81	88	91
- ที่ดินเกษตรกรรมแบบอนุรักษ์ธรรมชาติ	62	71	78	81
พื้นที่ราบหรือทุ่งหญ้าเลี้ยงหญ้า				
- มีสภาพไม่ดี	68	79	86	89
- มีสภาพดี	39	61	74	80
ที่ราบโล่งหรือทุ่งหญ้า	30	56	71	78
พื้นที่ป่า				
- ไม่มีพืชพันธุ์ปกคลุม หรือความชื้นในดินสูง	45	66	74	80
- มีพืชพันธุ์ปกคลุม	25	55	79	84
พื้นที่เปิดโล่งสาธารณะ				
- มีพืชพันธุ์ปกคลุมมากกว่า 75 %	39	61	74	80
- มีพืชพันธุ์ปกคลุมมากกว่า 50 - 75 %	49	69	79	84
พื้นที่ค้าขาย	89	92	94	95
พื้นที่อุตสาหกรรม	81	88	91	93
พื้นที่พักอาศัย				
- มีพื้นที่ 1/6 เอเคอร์หรือน้อยกว่า หรือ มีพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ 65 %	77	85	90	92
- มีพื้นที่ 1/4 เอเคอร์หรือน้อยกว่า หรือ มีพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ 38 %	61	75	83	87
- มีพื้นที่ 1/3 เอเคอร์หรือน้อยกว่า หรือ มี	57	72	81	86

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	กลุ่มดินทางชลศาสตร์			
	A	B	C	D
พื้นที่ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ 30 %				
- มีพื้นที่ 1/2 เอเคอร์หรือน้อยกว่า หรือ มีพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ 25 %	54	70	80	85
- มีพื้นที่ 1 เอเคอร์หรือน้อยกว่า หรือ มีพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ 20 %	51	68	79	84
พื้นที่จอดรถ	98	98	98	98
ถนนและเส้นทางสัญจร				
- ถนนคอนกรีต	98	98	98	98
- ถนนหิน	76	85	89	91
- ถนนดิน	72	82	87	89

ที่มา: ดัดแปลงจาก Small Watershed Hydrology - WinTR–55 User Guide (Natural Resources Conservation Service (NRCS), 2009)

เบื้องต้นพบว่าการกำหนดค่า CN ให้กับพืชคลุมดิน จะอยู่ภายใต้เงื่อนไขความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำของดิน (hydrologic soil group) และเงื่อนไขของลักษณะอากาศ และสภาพภูมิประเทศที่ส่งเสริมให้มีการดูดซับและเก็บกักน้ำฝน อย่างไรก็ตามกระบวนการของการได้มาซึ่งค่า CN ในการนำมาใช้งานนั้นมาจากการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการจำลองฝนตกเทียม (artificial rainfall simulator) และทำการวัดค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของฝนตก (กำหนดในการทดลอง) กับปริมาณการไหลของน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างตามมารฐาน (Connolly et al., 2002) โดยในปัจจุบัน มีเครื่องมือทางโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เช่น WinTR-55 ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการบริหารจัดการพื้นที่ขนาดเล็กดังเช่น ระบบกักเก็บน้ำด้วยพืชพรรณ (bio-retention หรือ rain garden) หรือองค์ประกอบทางภูมิทัศน์เพื่อการจัดการน้ำอื่นๆ (Natural Resources Conservation Service (NRCS), 2009) หรือ Green Stormwater Infrastructure (GSI) สำหรับ Autodesk Infraworks 360 ในการหาปริมาณรับน้ำไหลนอง (Autodesk, 2015) โดยสามารถทำการเปลี่ยนแปลงลักษณะของดินหรือชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในการ

หาค่าการไหลนอง และส่งผลต่อเนื่องไปเพื่อการคิดปริมาณการซึมได้ของน้ำสำหรับการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนได้โดยมิต้องดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 การหาค่าการซึมน้ำด้วยวิธี Double Ring Infiltrometer method

จากการทบทวนรูปแบบของการวิเคราะห์การไหลของน้ำผิวดินพบว่ายังมีข้อจำกัดที่จะต้องใช้ข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลมาตรฐานที่อาจจะไม่มีข้อมูลเฉพาะเจาะจงในประเทศไทย หรือพื้นที่นั้นๆ ได้ทั้งหมด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน การไหลนอง และอัตราการซึมลงดิน พบว่าในแนวทางของการพิจารณาหาค่าการซึมได้เป็นอีกหนึ่งวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการหาค่าศักยภาพของการออกแบบตามหลักการจัดการพื้นที่รับน้ำในเขตเมือง โดยหนึ่งในกระบวนการที่ใช้หาค่าการซึมได้ของดิน คือการทดสอบด้วยถังวัดการซึมแบบคู่ (double ring infiltrometer method) โดยมีการประยุกต์ใช้ร่วมกับสมการพยากรณ์การซึมได้ ซึ่งมีหลายทฤษฎี เช่น Horton Theory ที่เสนอไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1940 (ชูโชค อายุพงศ์, 2535) โดยมีรูปสมการดังแสดงในสมการ (5) ดังนี้

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-k \times t} \qquad (5)$$

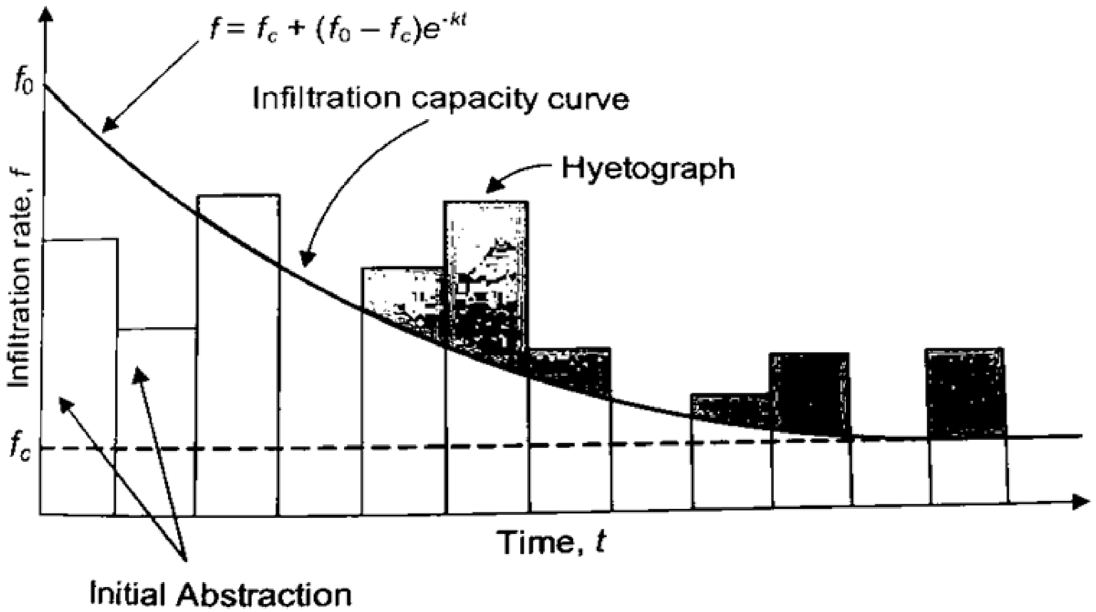
โดย $\mathbf{f_t}$ คือ อัตราการซึมที่เวลา t (เซนติเมตร ต่อ ชั่วโมง: cm/hr)

$\mathbf{f_c}$ คือ อัตราการซึมคงที่ (เซนติเมตร ต่อ ชั่วโมง: cm/hr)

$\mathbf{f_0}$ คือ อัตราการซึมเริ่มต้น (เซนติเมตร ต่อ ชั่วโมง: cm/hr)

$\mathbf{k}$ คือ ค่าคงที่ซึ่งแสดงการลดลงของอัตราการซึมดิน

โดยสามารถแสดงลักษณะของการเกิดค่าอัตราการซึมต่อระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ลักษณะของการเกิดค่าอัตราการซึมต่อระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลง

ที่มา: ดัดแปลงจาก: อุทกวิทยา (ชูโชค อายุพงศ์, 2535)

โดยมีตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บค่าทดลองจากการทดสอบในภาคสนามด้วยถังวัดการซึมแบบคู่ โดยมีข้อมูลตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 8 ดังต่อไปนี้

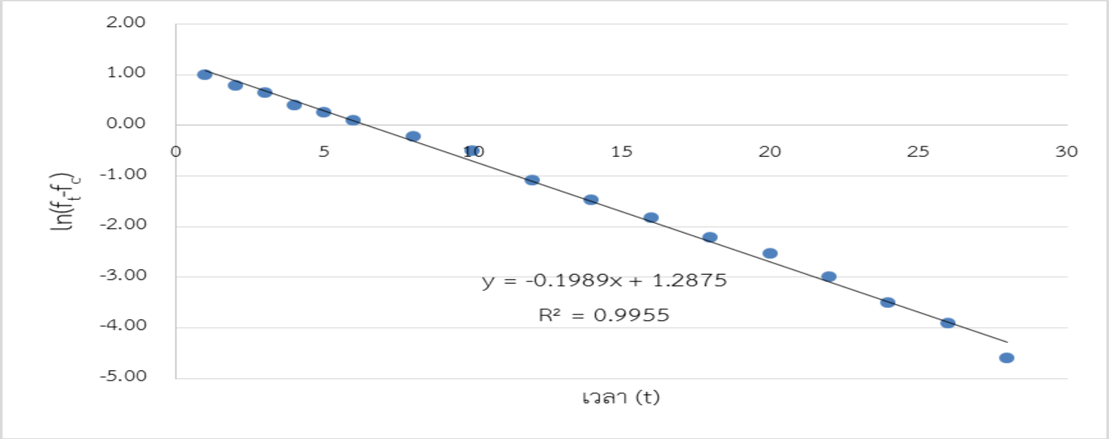
ตารางที่ 8 ค่าตัวอย่างจากการทดลองด้วยถังวัดการซึมแบบคู่

เวลา (นาที)	อัตราการซึม (นาที/ชั่วโมง)	$f_t - f_c$	$\ln(f_t - f_c)$
1	3.90	2.70	0.99
2	3.40	2.20	0.79
3	3.10	1.90	0.64
4	2.70	1.50	0.41
5	2.50	1.30	0.26
6	2.30	1.10	0.10
8	2.00	0.80	-0.22
10	1.80	0.60	-0.51
12	1.54	0.34	-1.08
14	1.43	0.23	-1.47

เวลา (นาที)	อัตราการซึม (นาที/ชั่วโมง)	$f_t - f_c$	$\ln(f_t - f_c)$
16	1.36	0.16	-1.83
18	1.31	0.11	-2.21
20	1.28	0.08	-2.53
22	1.25	0.05	-3.00
24	1.23	0.03	-3.51
26	1.22	0.02	-3.91
28	1.20	0.01	-4.61
30	1.20	0.01	-4.61

ที่มา: ดัดแปลงจาก: อุทกวิทยา (ชูโชค อายุพงศ์, 2535)

โดยวิธีการวิเคราะห์เริ่มจากการเขียนเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (t) กับ ค่า ln(f_t - f_(c)) พร้อมทั้งสร้างสมการเชิงเส้นของความสัมพันธ์ดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (t) กับ ค่า ln(f_t - f_(c))

จากตัวอย่างสมการเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความชันคือ -0.199 โดยค่าดังกล่าวคือค่า –k ในสมการที่ (5) และเมื่อ พิจารณาจากสมการ เมื่อเวลาเริ่มต้น ค่า t = 0 ค่า f_(t=0)= f_0 = 4.82 จึงสามารถนำกลับไปเติมค่าในสมการที่ (5) ได้ดังแสดงในสมการที่ (6) ซึ่งเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้งานต่อไป

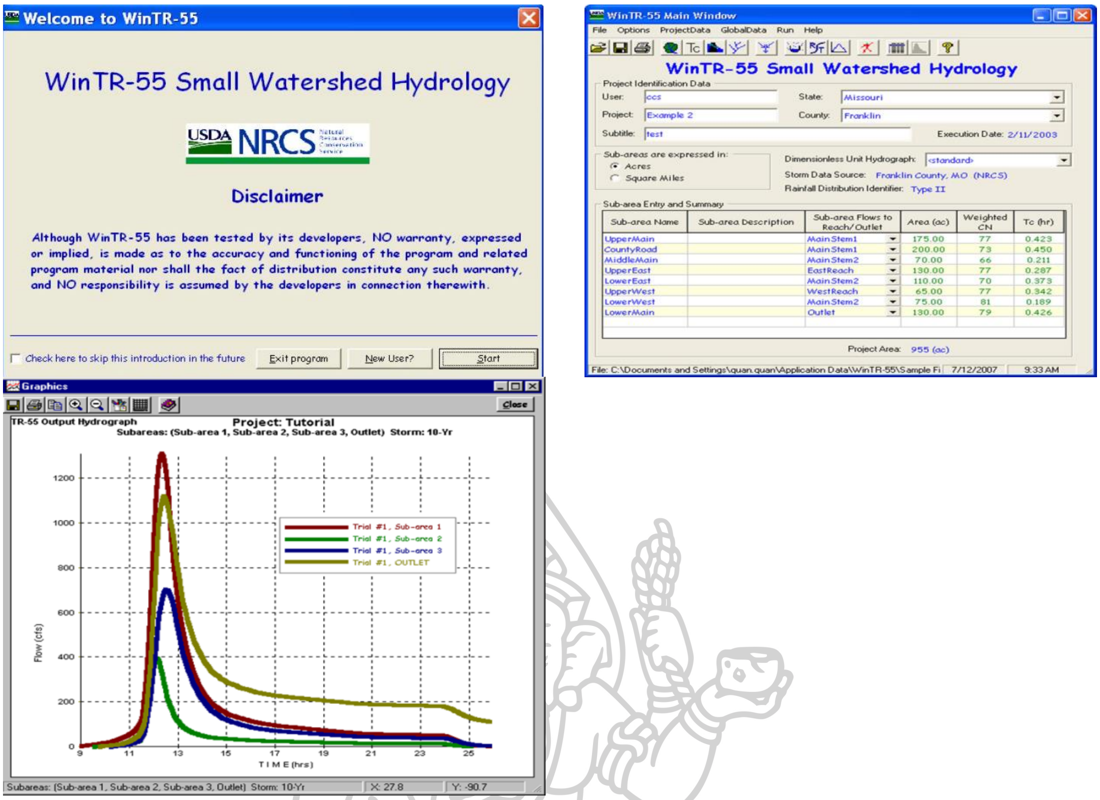
$$f_t = 1.20 + (3.62)e^{-0.199\times t} \qquad (6)$$

เมื่อพิจารณาข้างต้นจะพบว่าสมการดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นสภาพการณ์ที่สอดคล้องกับแต่ละพื้นที่ โดยอาศัยหลักการทดลองตามมาตรฐานวิศวกรรมชลศาสตร์ โดยมีตัวอย่าง

เป็นงานวิจัยอย่างแพร่หลาย โดยมีหน่วยเป็น ความสูงของน้ำ ต่อระยะเวลา และหากต้องการนำไปประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณของปริมาตร ก็สามารถคิดโดยคูณด้วยขนาดของพื้นที่ และหากทราบเวลาฝนตก ก็สามารถคำนวณได้ในหน่วยของปริมาตรของน้ำฝนที่ซึมลงสู่ผิวดิน (ด้วยการหาพื้นที่ใต้กราฟ) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชุติมา กลยนีย์ และรัชนีกร พรมแสง, 2556; ทศพล โมครัตน์ ปรัชญา จอมทรักษ์ และภูวเดช สุบิน, 2557) แต่ทั้งนี้ขั้นตอนการทดลองอาจจะไม่สอดคล้องกับช่วงเวลาการทำงานในช่วงออกแบบมากนัก ซึ่งหากมีข้อมูลของการทดลองที่ครอบคลุมกับประเภทของการทำงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับบริบทพื้นที่ประเทศไทยจะเป็นประโยชน์เป็นอย่างยิ่ง

4.4 การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองสถานการณ์

นอกจากการใช้ วิธีเรชันแนล ในการหาค่าอัตราน้ำไหลนองที่มีความแพร่หลาย แต่ก็มีความไม่แม่นยำจากการสมมุติค่าต่างๆ ที่มีความแปรรวนได้ง่ายไปตามสถานการณ์ ดังนั้นอีกทั้งคุณภาพของระบบคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถใช้แบบจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ โดยการการหาค่าอัตราน้ำไหลนอง ด้วยวิธีแบบจำลองคอมพิวเตอร์ มีหลากหลายเครื่องมือ (software) ยกตัวอย่างเช่น Environment Protection Agency Stormwater Management Model (EPA SWMM), Hydraulic Engineering Centre River Analysis System (HecRas), Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualisation (MUSIC), และ Urban Hydrology for Small Watersheds (WinTR-55) เป็นต้น อย่างไรก็ตามหากพิจารณาตามข้อกำหนดของหน่วยงานไทย สถาบันอาคารเขียวไทย (2553) แนะนำให้ใช้ WinTR-55 เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลนองของพื้นที่โครงการ โดยมีกรอบการทำงานของ WinTR-55 โดยเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยา ที่ใช้กระบวนการที่ไม่ซับซ้อน สำหรับใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำท่า และคาดการณ์อัตราการไหลนองสูงสุดของน้ำ ของพื้นที่ลุ่มขนาดเล็ก เพื่อศึกษาผลกระทบต่อระบบอุทกนิเวศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมผิวดิน ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในเรื่องของเวลาการไหลรวมตัวและชนิดกลุ่มดินทางอุทกวิทยา โดยใช้พื้นฐานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวิธีการ Curve Number (CN) ซึ่งมีความเหมาะสมกับปัจจัยที่นำมาพิจารณา และสามารถอธิบายผลจากการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนและเหมาะสมที่สุด โดยมีลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 16

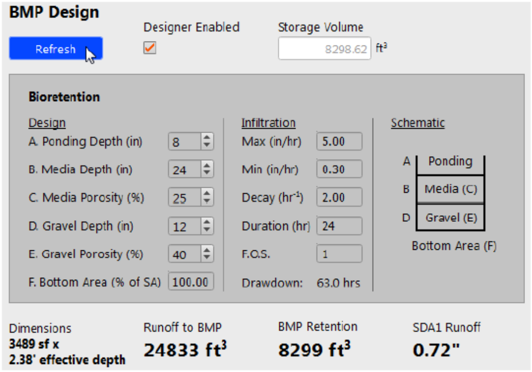


ภาพที่ 16 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม WinTR-55

ที่มา: Small Watershed Hydrology - WinTR–55 User Guide (Natural Resources Conservation Service (NRCS), 2009)

โดย WinTR-55 เป็นที่ยอมรับในการใช้งานในวงกว้าง เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งงานในส่วนของลุ่มน้ำขนาดภูมิภาคยกตัวอย่างเช่น กังวาน พิพิธพงศ์สันต์ (2553) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการจัดการลุ่มน้ำกับพื้นที่ในเขตชุมชนในพื้นที่ห่างไกล โดยสามารถสรุปได้ว่า WinTR-55 สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ให้ความเห็นในเรื่องของข้อมูลที่จะต้องคำนึงว่าเป็นแบบจำลองที่ใช้ในต่างประเทศ และยังต้องอาศัยข้อมูลประมาณการด้านคุณสมบัติของดินและพื้นที่ เช่นค่า CN เป็นต้น จึงยังต้องอาศัยการศึกษาวิจัยเพื่อปรับค่าดังกล่าวให้แม่นยำสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ของประเทศไทย

นอกจากนี้ยังยังมีเครื่องมือสำหรับการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่า Green Stormwater Infrastructure (GSI) สำหรับ Autodesk Infraworks 360 ซึ่งพัฒนาโดย Autodesk, Inc. โดยผลที่ได้จากโปรแกรมสามารถแสดงได้ทั้งค่าการไหลนองของน้ำฝน (R) และค่าการซึมได้ของน้ำ (I) ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลค่าการซึมได้ของน้ำเพียงเท่านั้น โดยมีภาพของการทำงานของโปรแกรมดังแสดงดังภาพที่ 17 ต่อไปนี้



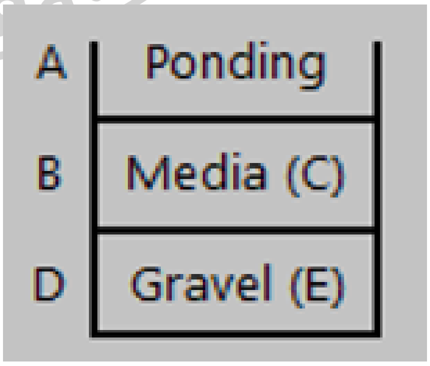
ภาพที่ 17 แสดงหน้าต่างในการแสดงผล โดยนำเสนอทั้งค่าการซึมได้/การกักเก็บของน้ำฝน

ที่มา: Green Stormwater Infrastructure Extension for InfraWorks 360: User Guide V1.0.0 (Autodesk, 2015)

ทั้งนี้ในภาพที่ 17 จะสังเกตว่ามีข้อมูลที่ต้องการสำหรับการคำนวณผลที่ได้สรุปข้อมูลการออกแบบมาตรฐานที่ได้รับการแนะนำจากแหล่งต่างๆ ไว้ข้างต้นแล้ว โดยการวิจัยนี้จำทำการทดลองจับคู่ของการออกแบบให้หลากหลายคู่ โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงค่า A, D และ E (เนื่องจากค่า B และ C มีค่าเพียงชุดเดียวจึงใช้ค่าดังกล่าวสำหรับทุกชุดของการทดลอง โดยผลของการทดลองจะนำเสนอในรูปแบบของตาราง 3 ค่าตัวแปร ทั้งนี้เมื่อทำการศึกษาตัวอย่างจากคู่มือการออกแบบสวนซับน้ำจากหลากหลายที่พบว่ามีการแนะนำให้ใช้ค่าในการออกแบบแตกต่างกันไป โดยสามารถสรุปออกเป็นช่วงของแต่ละค่า ซึ่งผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้ได้อย่างง่าย โดยผลของการทดลองค่าได้นำเสนอในตารางที่ 9 ส่วนถัดไป

ตารางที่ 9 ค่าของการออกแบบสวนซับน้ำที่แนะนำ

ตัวแปร	ค่า (หน่วย)
ความลึกของบ่อรับน้ำ (A)	0 - 24 (นิ้ว)
ความลึกของชั้นดินปลูก (B)	6 (นิ้ว)
ความพรุนของดินปลูก (C)	25 (ร้อยละ)
ความลึกของชั้นกรวด (D)	2 – 24 (นิ้ว)
ความพรุนของกรวด (E)	20 – 40 (ร้อยละ)



ซึ่งสามารถนำข้อมูลในตารางที่ 9 ไปใช้ในการกำหนดกรอบตัวอย่างของการทดลองคำนวณหาค่าการซึมได้ของน้ำฝนไหลนองบนสวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม ซึ่งจะได้นำเสนอในส่วนต่อๆไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

5. สรุปผลการทบทวนวรรณกรรม

ในบทนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมเพื่ออธิบายทฤษฎี หลักการ หรือกรอบวิธีปฏิบัติที่สัมพันธ์กับการทำการศึกษาในด้านที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประยุกต์ใช้รูปแบบการออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง ตามรูปแบบของพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง (water sensitive design) ที่เหมาะสมในการนำมาใช้กับประเทศไทย โดยเริ่มจากการอธิบายหลักการด้านอุทกวิทยาที่สัมพันธ์กับการออกแบบภูมิทัศน์ การประมาณการน้ำฝน น้ำไหลนอง และน้ำซึมลงใต้ดิน หลักการและองค์ประกอบการออกแบบตามหลักการจัดการพื้นที่รับน้ำในเขตเมือง รวมไปถึงวิธีการประเมินศักยภาพของการออกแบบภูมิทัศน์เพื่อการบริหารจัดการน้ำ ซึ่งพบการ**ออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน (rain garden)** เป็นพื้นที่ที่ได้รับการส่งเสริมให้นำมาใช้งานและสามารถนำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังสามารถสรุปประเด็นที่สำคัญได้ดังต่อไปนี้

1) ความสำคัญของการออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง ตามรูปแบบของพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ารูปแบบที่ใช้ในการบริหารจัดการน้ำ โดยเฉพาะในเขตชุมชนเมืองไม่สามารถพึ่งแนวทางแบบแนวทางด้านการออกแบบอนุรักษ์นิยม (conventional stormwater management) ที่มีพื้นฐานแนวความคิดที่เน้นการจัดการน้ำผิวดินส่วนเกินให้ระบายสู่พื้นที่รับน้ำอื่นอย่างรวดเร็วด้วยระบบโครงสร้างการระบายน้ำของเมือง (urban structure) เช่นการสร้าง เขื่อน/ฝายรับน้ำ สถานีสูบน้ำ ท่อระบายน้ำ ได้เพียงแนวทางเดียว ซึ่งในยุคใหม่แนวทางการออกแบบเพื่อให้แต่ละพื้นที่มีพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง (water sensitive design) ได้มากขึ้น เป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยลดปัญหาในภาพรวม โดยการออกแบบพื้นที่เพื่อจัดการน้ำมีส่วนสำคัญและมีความจำเป็นต่อการบริหารจัดการน้ำของเมืองในยุคใหม่ โดยเฉพาะในส่วนของโครงการและบ้าน

2) ข้อสนับสนุนของความต้องการแนวการออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง ตามรูปแบบของพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง คือการที่นานาประเทศมีมาตรฐาน/ข้อกำหนด ซึ่งแนะนให้ใช้หรือบังคับใช้ หรือสร้างแรงจูงใจ สำหรับการพัฒนาโครงการอย่างแพร่หลาย โดยในประเทศไทยมีข้อสนับสนุนที่สำคัญคือการที่มีการเพิ่มข้อกำหนดของการให้สิทธิ์ในการเพิ่มพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (floor area ratio bonus) ตาม

ข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 และมีข้อกำหนดของเกณฑ์มาตรฐานด้านการจัดการน้ำและภูมิทัศน์ ในเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่ (TREES-NC) ของสถาบันอาคารเขียวไทย เป็นบทพิสูจน์ความสำคัญได้อีกทางหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามกลับยังไม่มีมาตรฐาน/ข้อกำหนดอย่างเป็นทางการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ

3) หลักเกณฑ์ต้องการแนวการออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง ตามรูปแบบของพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าสามารถจัดกลุ่มและรูปแบบของการบริหารจัดการพื้นที่รับน้ำในเขตเมืองได้ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่สนับสนุนการลำเลียงน้ำ (conveyance) กลุ่มเพิ่มการกักเก็บน้ำ (storage) และเพิ่มศักยภาพการซึมได้ของน้ำลงดิน (infiltration) โดยมีวิธีการดำเนินงานใน 2 รูปแบบ คือแนวทางการใช้อุปกรณ์ประกอบพื้นที่ (equipment) เช่นติดตั้งถังเก็บน้ำฝน บ่อเก็บน้ำใต้ทางเท้า เป็นต้น และแนวทางการออกแบบองค์ประกอบทางภูมิทัศน์ (landscape elements) เช่นการทำทางระบายน้ำที่มีพืชพรรณ (vegetation swales, bio-swales) พื้นผิวแบบพรุนน้ำ (permeable pavements) เป็นต้น

4) ปัญหาในการประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์การออกแบบพื้นที่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหลนอง ตามรูปแบบของพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง สำหรับประเทศไทย ในเบื้องต้นพบว่ามีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการนำไปประยุกต์ใช้สำคัญๆ 3 ประการคือ

(1) ความหลายหลายของมาตรฐานจากต่างประเทศ เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีการรวบรวมหลักการและมาตรฐานของการออกแบบในประเทศไทยอย่างเป็นทางการ แต่การดำเนินการจะเป็นการศึกษาจากในแต่ละแหล่ง ตามแต่ความรู้และประสบการณ์ของผู้ออกแบบแต่ละรายไป อาจทำให้เกิดความสับสนและยากต่อการเข้าใจและนำไปใช้งานของผู้ออกแบบที่สนใจรายใหม่ๆ

(2) ความขาดแคลนรูปแบบการวิเคราะห์หรือคำนวณหาศักยภาพ เนื่องจากเป็นแนวทางที่เชื่อมโยงกับการเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังของการพัฒนา หรือระหว่างแนวทางออกแบบทางเลือกต่างๆ ดังนั้นการวัดค่าเชิงปริมาณเพื่อสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการออกแบบจึงมีความสำคัญ แต่ทั้งนี้เนื่องจากการวัดค่าดังกล่าวในปัจจุบันอาศัยหลักการทางวิศวกรรมชลศาสตร์ ซึ่งมีความซับซ้อนและอาศัยข้อมูลสถิติ และค่ามาตรฐานขององค์ประกอบทางกายภาพของพื้นที่เป็นฐานในการวิเคราะห์ จึงเกิดความยุ่งยากและเข้าใจได้ยากสำหรับผู้ที่ไม่ชำนาญ

โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแนวทางการออกแบบแบบใหม่ที่ปรับรูปแบบจากการใช้งานเดิม เช่นเมื่อต้องคิดค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ (C – ในกรณีใช้หลักการคิดด้วยวิธีเรชันแนล) บนพื้นที่พื้นที่สวนซับน้ำฝน (rain garden) พบว่ายังไม่มีค่าที่เฉพาะเจาะจงในการนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสม เป็นต้น

(3) ขาดแนวทางในการนำไปใช้งานที่เข้าใจง่าย จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบว่าในประเทศไทยมีการเรียบเรียงรูปแบบการใช้ที่ง่ายต่อการเข้าใจและนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับผู้ใช้งานหลัก (ภูมิสถาปนิก นักออกแบบเมือง เป็นต้น)

4) ข้อสรุปที่นำไปสู่การวิจัย จากการทบทวนวรรณกรรมและปัญหาที่พบสามารถสรุปได้เป็นแนวทางซึ่งสนับสนุนการทำวิจัยใน 4 วัตถุประสงค์คือ ศึกษารูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม ศึกษาวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม สาธิตวิธีการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในโครงการตัวอย่าง และเสนอแนะวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม โดยมีระเบียบวิธีดังได้นำเสนอในบทที่ 3 ต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาแนวทางการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง เป็นการศึกษาซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน ซึ่งสัมพันธ์กับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝน
2. ขั้นตอนการเลือกใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมกับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในประเทศไทย
3. ขั้นตอนในการทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ (parameters) ที่สอดคล้องกับวิธีการคำนวณ (ในข้อ 2) เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบการใช้งานกับกรณีศึกษาจริง
4. ขั้นตอนการสาธิตใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมในการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในประเทศไทย
5. ขั้นตอนในการอภิปรายผลการศึกษาและข้อเสนอแนะในการนำวิธีการและค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณที่เหมาะสมไปใช้สำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง

โดยรายละเอียดที่สำคัญของแต่ละขั้นตอนได้นำเสนอในส่วนต่อไปดังนี้

1. ขั้นตอนการกำหนดตัวแปร

จากการทบทวนวรรณกรรมในบทที่ 2 พบประเด็นที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดตัวแปรและรูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน ซึ่งเมื่อเน้นไปยังความสัมพันธ์กับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนพบว่า คุณสมบัติของชั้นดินที่เรียงตัวอยู่ภายใต้พื้นที่สวนน้ำฝน หรือที่เรียกว่ารายละเอียดของชั้นดินที่อยู่ในแนวตัดขวางของชั้นดินด้วย (cross section) อีกทั้งรายละเอียดคุณสมบัติของวัสดุ-อุปกรณ์ของแต่ละชั้น (specification) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 10 ค่าของการออกแบบสวนซับน้ำที่แนะนำ

ลำดับ	ตัวแปร	สัญลักษณ์	รายละเอียด
1	ความลึกของบ่อรับน้ำ	A	เป็นระดับความลึกที่เป็นไปได้ของการออกแบบสวนซับน้ำฝน โดยมีระยะที่แนะนำตั้งแต่ 0 – 24 นิ้ว
2	ความลึกของชั้นดินปลูก	B	ค่าความลึกของชั้นดินปลูกซึ่งแนะนำให้ใช้ค่าเท่ากับ 6 นิ้ว
3	ความพรุนของดินปลูก	C	ค่าความพรุนของดินปลูกของชั้นดินปลูกซึ่งแนะนำให้ใช้ค่าเท่ากับ ร้อยละ 25
4	ความลึกของชั้นกรวด	D	ค่าความลึกของชั้นกรวดหรือชั้นระบายน้ำซึ่งแนะนำให้ใช้ตั้งแต่ 2 – 24 นิ้ว
5	ความพรุนของกรวด	E	ค่าความพรุนของดินปลูกของชั้นดินปลูกซึ่งแนะนำให้ใช้ตั้งแต่ ร้อยละ 20 – 40

อย่างไรก็ตามเมื่อ พิจารณาแล้วพบว่าค่า B และ C เป็นค่าคงที่ จึงจะไม่นำไปใช้ในการทดลองค่าผันแปรในขั้นต่อๆ ไป แต่ก็ยังต้องใช้ในการกำหนดค่าเพื่อให้การคำนวณครบถ้วนสมบูรณ์ต่อไปนั่นเอง

2. ขั้นตอนการเลือกใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสม

จากการทบทวนวรรณกรรมในบทที่ 2 พบว่ากระบวนการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนไหลนองมีหลากหลายวิธี อย่างไรก็ตามเมื่อไล่เรียงตั้งแต่หลักการพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างฝนตก การไหลนอง และการซึมได้ จะพบรูปแบบสมการอย่างง่ายในรูปแบบของสมการที่ (2) (นำเสนอไว้ข้างต้นในหัวข้อ 1.1 ในบทที่ 2) คือ

$$\mathbf{P} = \mathbf{R} + \mathbf{I} + \mathbf{E_s} - \mathbf{T_s} \qquad (2)$$

โดยที่

P คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่, R คือ ปริมาณน้ำฝนไหลนอง (stormwater runoff) E_s คือ การระเหยบนผิวดิน, T_s คือ การคายน้ำจากพืชและ I คือ การซึมของน้ำ ซึ่งเมื่อพิจาณาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนไหลนอง ทั้งนี้หากให้ค่า E_s และ T_s เป็นค่าคงที่ซึ่งอาจไม่ได้รับผลกระทบจากพื้นผิวดินมากนัก ก็จะเหลือความสัมพันธ์อย่างง่ายที่ผกผันกันระหว่างค่า R และ I

กล่าวคือถ้า R มีค่าสูง ย่อมสะท้อนว่าค่า I ต่ำนั่นเอง และเมื่อทราบค่า R ย่อมสามารถประมาณหาค่า I ได้เช่นกัน

ทั้งนี้ถัดไปเมื่อพิจารณาถึงวิธีการที่ใช้ในการหาค่า R หรือ I ตามที่ได้ยกมานำเสนอในบทที่ 2 (หัวข้อ 4.1 – 4.3) จะพบว่าวิธีการในข้อ 4.2 (Curve Number (CN)) เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการคำนวณมีความสัมพันธ์กับค่าการซึมได้ของผิวดินแต่ละประเภทที่ระบุได้ซับซ้อนกว่าของวิธีการในข้อ 4.1 (Rational Method (RM)) และยังไม่มีโครงสร้างสมการที่ซับซ้อนเกินไปดังเช่นวิธีการในข้อ 4.3 (Double Ring Infiltrometer method) ดังนั้นในข้างต้นนี้จึงเลือกใช้การคำนวณด้วยวิธี Curve Number (CN) เป็นหลักในการศึกษา

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความสำคัญของวิธีการ Curve Number (CN) พบว่าค่าที่สำคัญคือค่า CN นั่นเอง ซึ่งค่าที่ใช้งานอยู่ดังในตารางที่ 7 (บทที่ 2 หัวข้อ 4.2) กลับยังไม่สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างชั้นดินที่ออกแบบได้หลากหลายของพื้นที่ซับน้ำฝน (rain garden) จึงต้องสืบค้นเพิ่มเติมพบว่าการหาค่า CN ทำได้โดยหลายวิธี แต่ที่ได้รับการแนะนำให้เลือกใช้คือวิธีการจำลองฝนตกเทียม (artificial rainfall simulator) ซึ่งมีรูปแบบการทำการทดลองเชิงปฏิบัติการ (laboratory) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 17 ดังนี้

ภาพที่ 17 แสดงตัวอย่างการทำการจำลองฝนตกเทียม (artificial rainfall simulator)

ที่มา: TRACE (School of Geographical Sciences University of Bristol, n.d.)

จากภาพที่ 17 จะพบว่ากระบวนการดังกล่าวต้องใช้ทรัพยากรที่สูงมากในการจะได้มาซึ่งค่า CN ที่ครบสำหรับในแต่ละกรณีของการออกแบบดังนั้นการจะหาค่า CN จากวิธีการนี้จึงยังไม่เหมาะสมหากพิจารณาถึงข้อจำกัดดังกล่าว ดังนั้นเมื่อศึกษาไปยังเครื่องมืออื่นๆ ที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้พบว่าการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการคำนวณค่าชื่อว่า Green Stormwater Infrastructure (GSI) สำหรับ Autodesk Infraworks 360 ซึ่งได้แสดงข้อมูลเบื้องต้นไว้ในบทที่ 2 (หัวข้อ 4.4) แล้วนั้น พบว่าจะสามารถลดขั้นตอนในการทดสอบในห้องปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในประเด็นของขั้นตอนการเลือกใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ว่าวิธีการคำนวณค่าที่เหมาะสมของการ การคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในประเทศไทยคือวิธีการ Curve Number (CN) ซึ่งเลือกใช้การทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ (parameters) ที่สอดคล้องกับวิธีการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) สำหรับ Autodesk Infraworks 360 ซึ่งจะแสดงการดำเนินงานโดยละเอียดในส่วนถัดไป

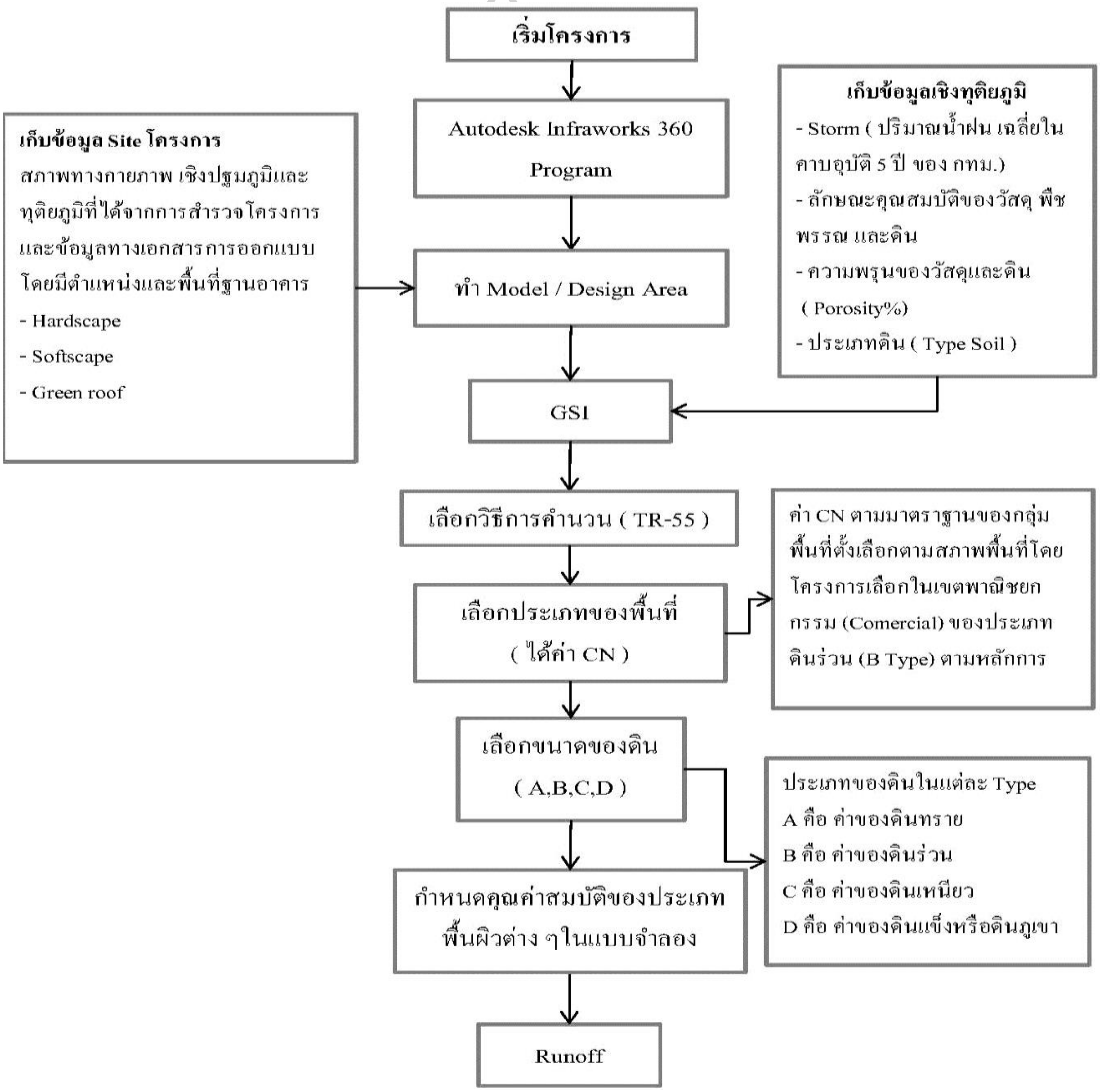
3. ขั้นตอนในการทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์

ขั้นตอนในการทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ (parameters) ที่สอดคล้องกับวิธีการคำนวณ (ในข้อ 2) เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบการใช้งานกับกรณีศึกษาจริง ซึ่งในเบื้องต้นขอแนะนำการใช้งาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Green Stormwater

Infrastructure (GSI) สำหรับ Autodesk Infraworks 360 และกระบวนการทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อนำไปใช้ในการทดลองใช้งานกับโครงการจริงที่เลือกมาสาธิตต่อไป

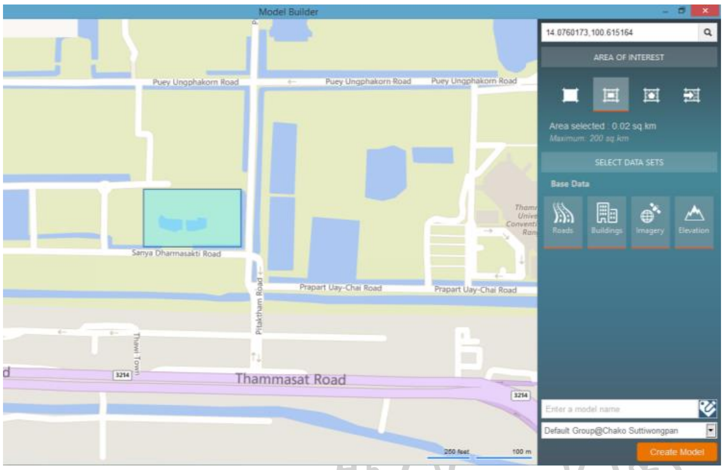
3.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) เป็นเครื่องมือที่ใช้จำลองสถานการณ์น้ำฝนไหลนองโปรแกรมเสริมใน Autodesk Infraworks 360 โดยกระบวนการการใช้งานโปรแกรม GSI ใน Autodesk Infraworks 360 โดยมีกระบวนการดังภาพที่ 18

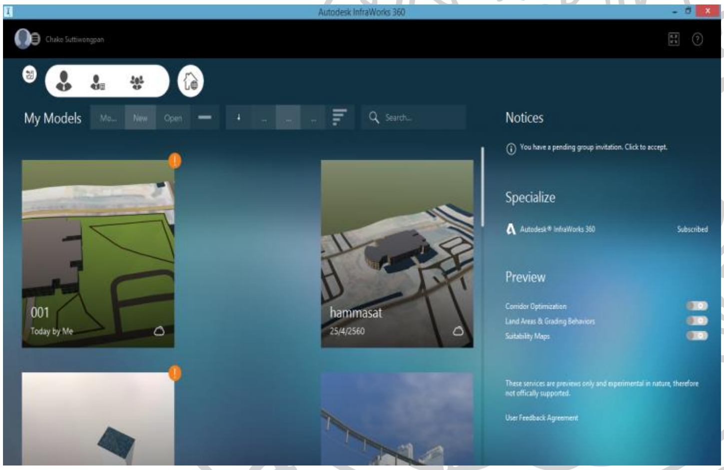


ภาพที่ 18 แสดงกระบวนการจำลองสถานการณ์น้ำฝนไหลนองด้วยโปรแกรม GSI ใน Autodesk Infraworks 360
ที่มา: สรุปโดยผู้วิจัย

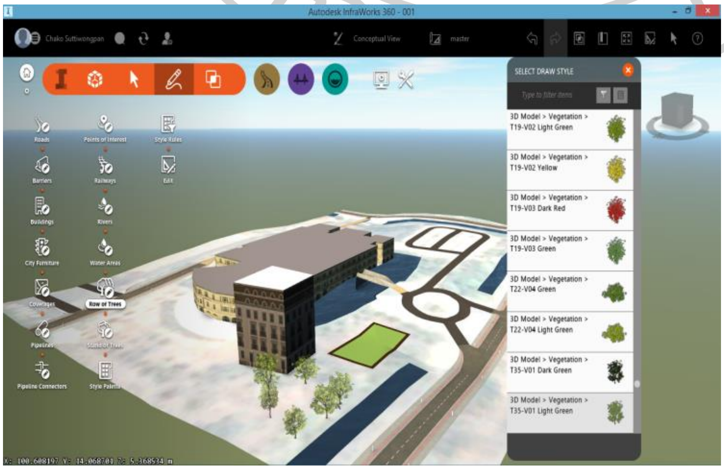
ทั้งนี้ได้แสดงตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม GSI ใน Autodesk Infraworks 360 เบื่องต้นในภาพที่ 19a) -19h) ดังต่อไปนี้



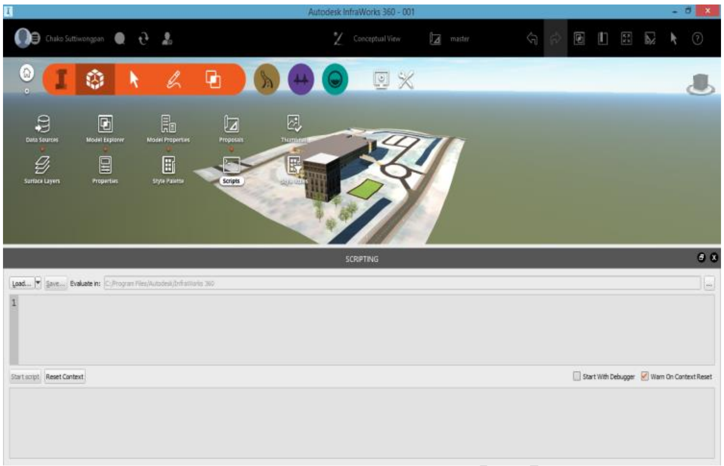
กำหนดพื้นที่ศึกษา โดยสามารถเลือกโดยกรอกพิกัดที่ตั้ง ลงในโปรแกรม Autodesk Infraworks 360



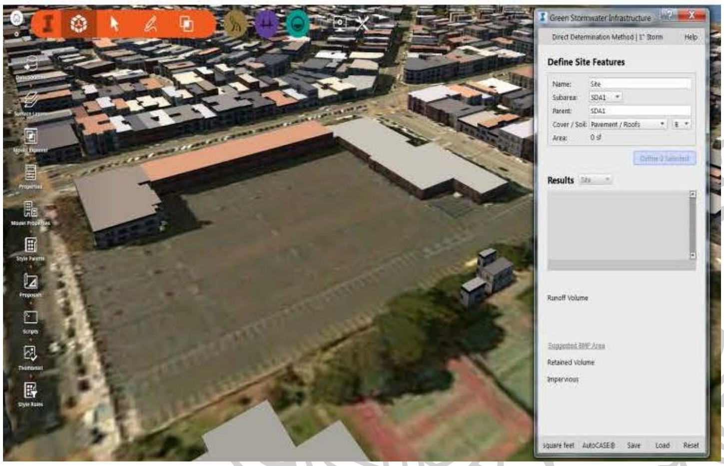
โปรแกรม Autodesk Infraworks 360 จะทำการดึงข้อมูลจาก open source เพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง 3 มิติให้ในเบื้องต้น



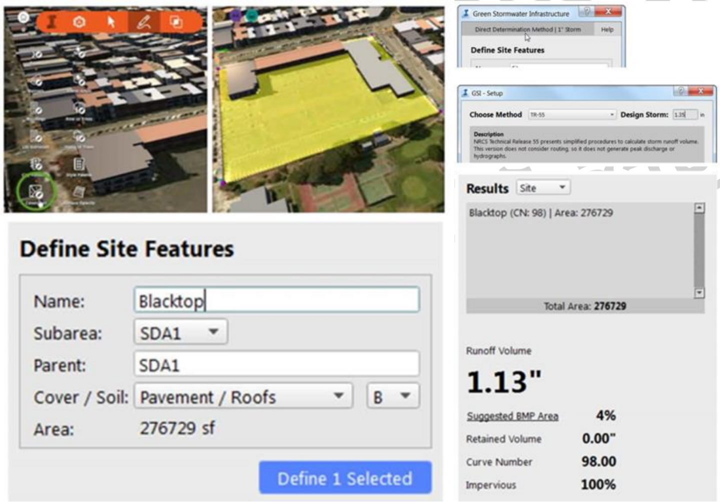
เมื่อเปิดไฟล์จะพบข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งสามารถเพิ่มอาคาร ต้นไม้ และพื้นที่ผิวอื่นๆ เข้าไปได้



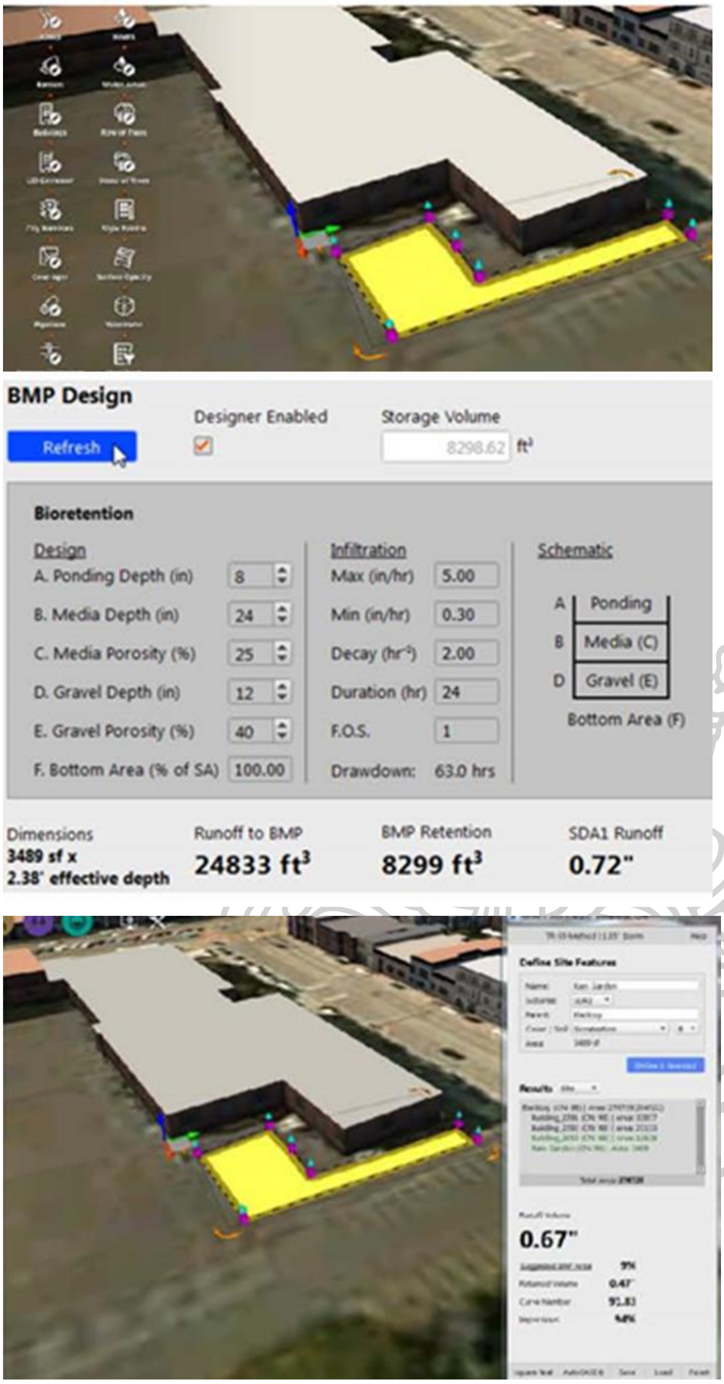
เริ่มคำสั่งเพื่อ run โปรแกรม GSI script ซึ่งจะเป็นการเริ่มทำงานในการจำลองสถานการณ์



จะเกิดหน้าต่าง GSI tool box ขึ้นดังรูป



ทำการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ที่ต้องการศึกษา ระบุประเภทและคุณสมบัติของพื้นผิวในการทำงาน จากนั้นกำหนดค่าน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ – กำหนดวิธีการวิเคราะห์ (TR-55) จากนั้นได้ผลลัพธ์เป็นน้ำฝนไหนนองบนพื้นที่



ทำการกำหนดขอบเขตของพื้นที่สวนซับน้ำฝน (rain garden) และออกแบบโครงสร้างชั้นดิน

ระบบจะทำการคำนวณน้ำไหลนองมาให้ใหม่ พร้อมทั้งค่า Curve Number (CN) โดยเฉลี่ยของพื้นที่ดิน

ภาพที่ 19 แสดงกระบวนการการใช้งานโปรแกรม GSI ใน Autodesk Infraworks 360

ที่มา: a) – d) สรุปโดยผู้วิจัย

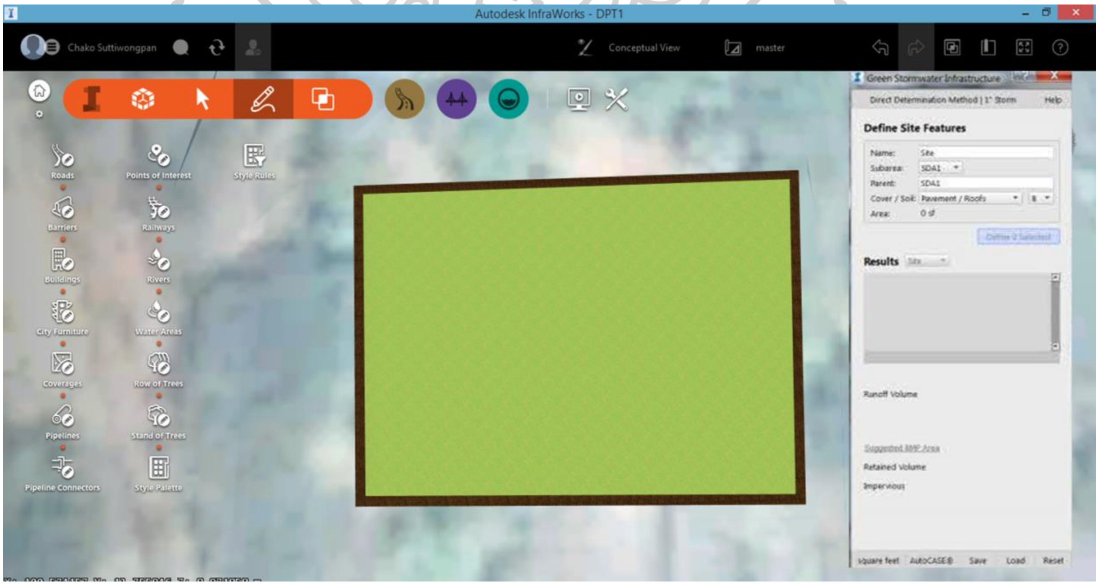
e) – h) ดัดแปลงจาก Green Stormwater Infrastructure Extension for InfraWorks 360: User Guide V1.0.0 (Autodesk, 2015)

เมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนและกระบวนการการใช้งานโปรแกรม GSI ข้างต้นแล้ว สามารถเห็นประเด็นความเชื่อมโยงระหว่าง การออกแบบโครงสร้างชั้นดินของสวนซับน้ำฝน (cross section) กับผลที่แสดงในรูปแบบของน้ำฝนไหลนอง (R) (ซึ่งสามารถแปลงกับให้เป็นค่าการซึมได้ (I) ตามความสัมพันธ์ที่แสดงไว้ในหัวข้อ 2 ของบทที่ 3 ข้างต้น) และยังแสดงค่า CN ซึ่งเป็นค่าที่สำคัญของหลักการการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการลดขั้นตอนของการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นข้อจำกัดดังได้สรุปในหัวข้อที่ 2 เช่นกัน ดังนั้นในส่วนถัดไปจะเป็นการนำเสนอกระบวนการการทดลองเชิงจำลองสถานการณ์เพื่อหาค่า CN และ I โดยทำในโปรแกรม GSI ใน Autodesk Infraworks 360 ดังต่อไปนี้

3.2 กระบวนการทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์

กระบวนการทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ในการนำไปใช้งานคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในประเทศไทย โดยการเลือกประยุกต์ใช้โปรแกรม GSI ใน Autodesk Infraworks 360 นั้นมีขั้นตอนโดยคร่าวดังต่อไปนี้

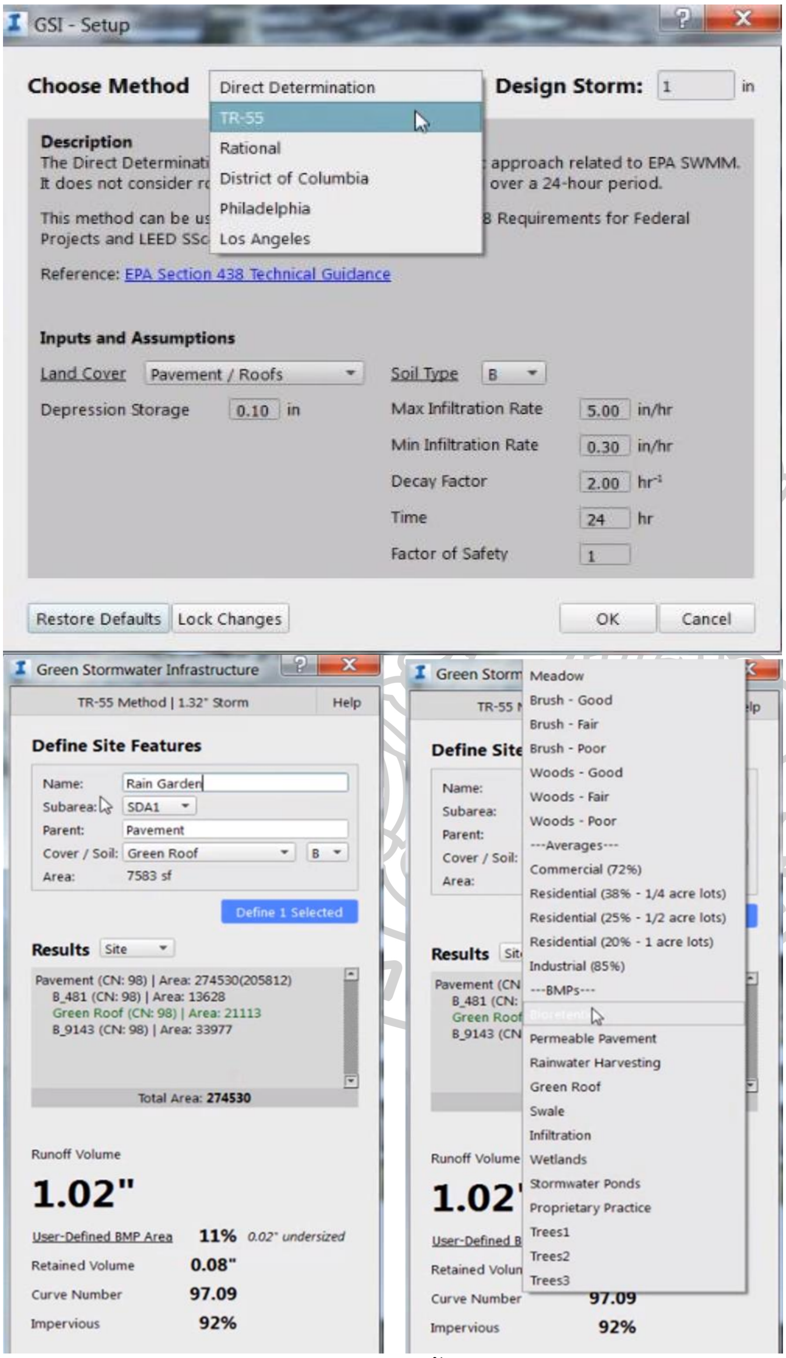
1) ทำการสร้างไฟล์โครงการเสมือนในโปรแกรม Autodesk Infraworks 360 และสร้างพื้นที่ขนาดใดๆ (AX) ขึ้นมาและเปิดใช้ GSI plug-in (ตามขั้นตอนในภาพที่ 19a) – 19e)) ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 แสดงการดำเนินการทดลองขั้นที่ 1

ที่มา: ผู้วิจัย

2) ทำการกำหนดพื้นที่ที่จะทำการศึกษา โดยในกรณีนี้กำหนดให้พื้นที่ AX เป็นพื้นที่ศึกษาทั้งหมด จากนัดทำการเลือกวิธีการคำนวณเป็น TR-55 และกำหนดพื้นที่ทั้งหมดให้เป็นพื้นที่ซับน้ำฝน (rain garden) ดังแสดงในภาพที่ 21a) – 21b) ดังต่อไปนี้



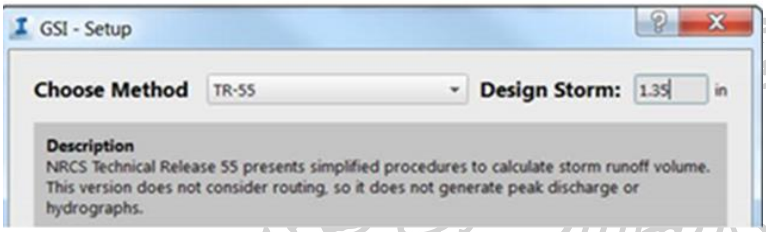
กำหนดวิธีการทดลองเป็น TR-55 เพื่อเปิดใช้การคำนวณตามหลักการของ CN method

เลือกคุณสมบัติพื้นที่ AX ให้เป็น rain garden (ในกลุ่มของ bioretention)

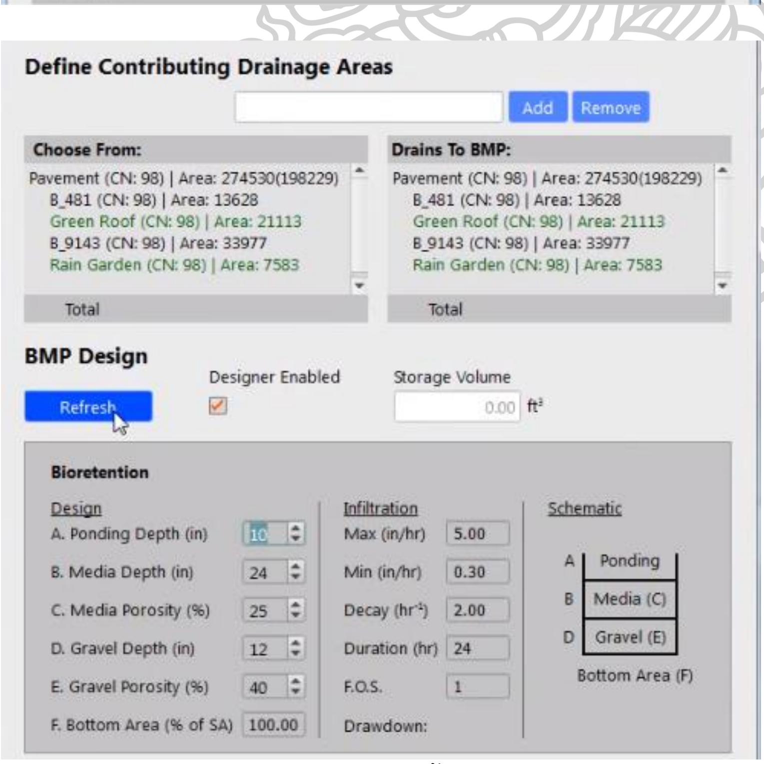
ภาพที่ 21 แสดงการดำเนินการทดลองขั้นที่ 2

ที่มา: ผู้วิจัย

3) ทำการกำหนดค่าน้ำฝน (R) ที่จะใช้ในการทดลอง โดยควรเลือกปริมาณน้ำฝนสูงๆและควร เช่น 10 นิ้ว และควรเลือกกรอกค่าน้ำฝนหลายๆ ค่าไล่ระดับกันไปเช่น 10 นิ้ว - 50 นิ้ว (อย่างน้อย 3-5 ค่า) ทั้งนี้เนื่องจากหากเลือกปริมาณน้ำฝนในการทดลองน้อยเกินไป อาจทำให้ค่า R ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งจะไม่ได้สะท้อนค่าการซึมได้ที่แท้จริง และทำการกำหนดคุณสมบัติที่ผันแปรได้ของการออกแบบพื้นที่สวนน้ำฝน โดยอ้างอิงจากข้อสรุปในตารางที่ 10 ซึ่งจะผันแปรแค่ตัวแปร A, D และ E เท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 22a – 22b) ดังต่อไปนี้



กำหนดค่าน้ำฝน (R) ซึ่งโปรแกรมกำหนดไว้เป็นหน่วย นิ้ว



ทำการออกแบบคุณสมบัติการรับน้ำของพื้นที่

ภาพที่ 22 แสดงการดำเนินการทดลองขั้นที่ 3

ที่มา: ผู้วิจัย

4) ทำการแปรแค่ตัวแปร A, D และ E (โดยกำหนดค่า B แล C ไว้คงที่) และสามารถรวบรวมข้อมูลของแต่ละชุดไว้ในตารางไขว้ ซึ่งในเบื้องต้นสามารถแบ่งชั้น-ช่วงของค่าผันแปรทั้ง 3 ได้ออกเป็นกลุ่ม ซึ่งเรียกแต่ละค่าทดลองว่า Option (On) ซึ่งจะได้ จำนวนทั้งสิ้น 48 ค่า (O1 - O48) ดังแสดงในตารางที่ 11 ดังนี้

ตารางที่ 11 ชั้น-ช่วงของค่าผันแปร

A		0			8"			16"			24"		
D (%)		20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40
E	2"	O1	O5	O9	O13	O17	O21	O25	O29	O33	O37	O41	O45
	8"	O2	O6	O10	O14	O18	O22	O26	O30	O34	O38	O42	O46
	16"	O3	O7	O11	O15	O19	O23	O27	O31	O35	O39	O43	O47
	24"	O4	O8	O12	O16	O20	O24	O28	O32	O36	O40	O44	O48

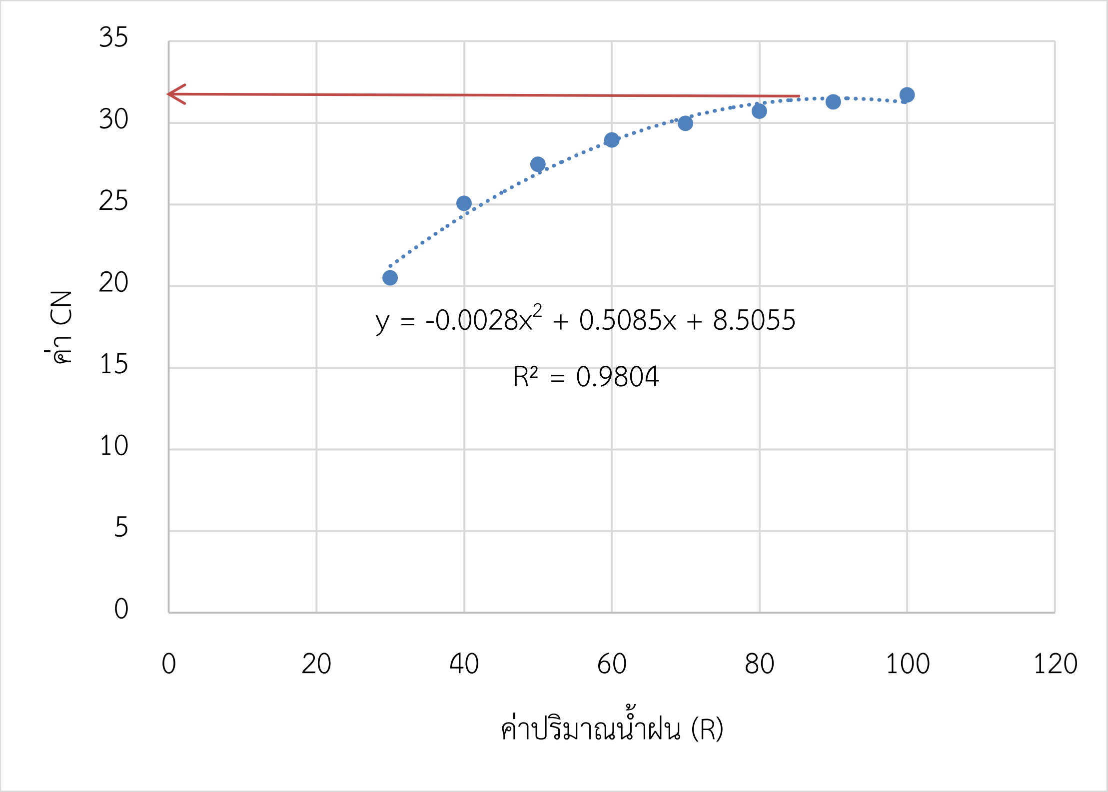
ซึ่งจากตารางที่ 11 เมื่อต้องทำการผันแปรค่า R (นิ้ว) เพื่อให้เห็นการแปรปวรเชิงซ้อนของข้อมูลหากมีการแปรผันปริมาณน้ำฝน และเมื่อต้องบันทึกทั้งค่า I (นิ้วต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร หรือภายหลังปรับหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อตารางเมตร เพื่อความสะดวกในการใช้งาน) และ CN แล้วนั้นจะสามารถเก็บบันทึกข้อมูลในแต่ละชุดได้ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 23 ดังต่อไปนี้

D1 (%)		A1 (นิ้ว)		
		I (นิ้ว)	CN	
E1 (นิ้ว)	R1	$I_{(A1,D1,E1,R1)}$	CN $_{(A1,D1,E1,R1)}$	
	R2	$I_{(A1,D1,E1,R2)}$	CN $_{A1,D1,E1,R2)}$	
	R3	$I_{(A1,D1,E1,R3)}$	CN $_{(A1,D1,E1,R3)}$	
	R4	$I_{(A1,D1,E1,R4)}$	CN $_{(A1,D1,E1,R4)}$	
	R5	$I_{(A1,D1,E1,R5)}$	CN $_{(A1,D1,E1,R5)}$	

ภาพที่ 23 แสดงการบันทึกข้อมูลในแต่ละชุดของการทำวิจัยในการดำเนินการทดลองขั้นที่ 4

ที่มา: ผู้วิจัย

จากนั้นเมื่อทำการเก็บข้อมูลระหว่างค่า R และ CN (หรือ I) ของแต่ละชุดข้อมูลแล้ว จึงทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ของแต่ละชุดสามารถแสดงตัวอย่างได้ดังในภาพที่ 24 ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 24 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง R (แกน x) และ CN (แกน y)

ที่มา: ผู้วิจัย

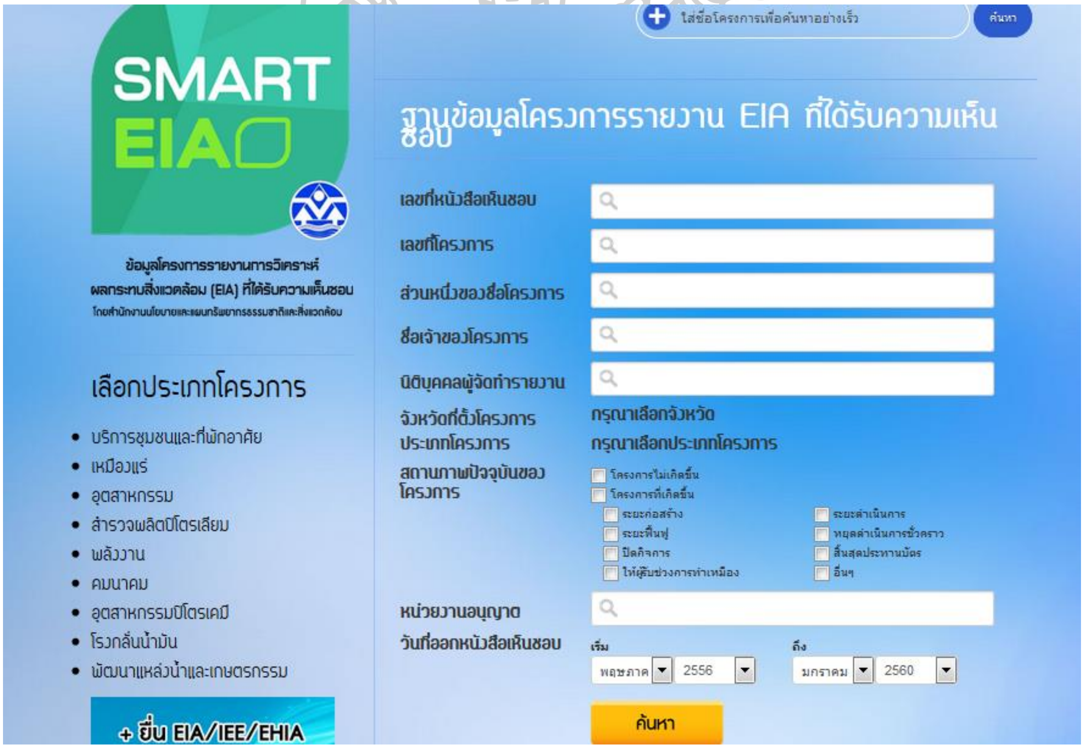
ซึ่งจากภาพที่ 24 ดังกล่าวเมื่อทำการวิเคราะห์หาจุดเสถียรภาพของค่า CN จะพบค่าดังกล่าวตามแนวเส้นลูกศร ตามตัวอย่างสามารถสรุปค่า CN-Stable ได้เท่ากับ 31 – 32 เป็นต้น (ซึ่งในอีกทางหนึ่งสามารถใช้การแก้สมการเพื่อหาจุดสูงสุด (optimum point) ของเส้นกราฟได้) ดังนั้นเมื่อดำเนินการเช่นนี้ไปในทุกๆ ชุดข้อมูลตามตารางที่ 11 แล้วจะสามารถหาค่า CN-Stable และค่า I สำหรับการนำไปใช้งานต่อไปได้

4. ขั้นตอนการสาธิตใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสม

ขั้นตอนการสาธิตใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมในการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในประเทศไทย เป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งที่จะพิสูจน์ว่าผลของการดำเนินการในขั้นตอนที่ 1 – 3 นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำงานในการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ประเภทที่อยู่อาศัยรวมในเขตกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

ในเขตกรุงเทพมหานครชั้นใน ที่มีมูลค่าที่ดินแพงและผู้ประกอบการมีแนวโน้มเลือกใช้แนวทางออกแบบเพื่อให้ได้มาซึ่ง FAR Bonus ซึ่งการสาธิตนี้จะเป็นการสะท้อนให้เห็นด้วยว่าเกณฑ์ในด้านการขอ FAR Bonus ในข้อที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการรับน้ำฝนในพื้นที่ จะยังสามารถนำรูปแบบการออกแบบพื้นที่ให้เป็นพื้นที่รับน้ำฝน (rain garden) ไปใช้งานได้หรือไม่ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การสาธิตเหมาะสมและสมเหตุสมผล จึงควรเลือกโครงการที่เกิดขึ้นจริงมาทำการทดลองสาธิตดังกล่าว ทั้งนี้ในส่วนถัดไปจะเป็นการนำเสนอขั้นตอนและกระบวนการในการเลือกตัวอย่าง หรือกรณีศึกษา ในรายละเอียดต่อไปนี้

1) ทำการสำรวจข้อมูลโครงการอสังหาริมทรัพย์ที่พัฒนาโครงการในช่วง ปี 2556 – 2560 โดยเลือกข้อมูลเฉพาะโครงการที่อยู่อาศัยรวม ในเขตกรุงเทพมหานคร จากเวปไซต์ข้อมูลการรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ที่ผ่านการเห็นชอบของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังแดงในภาพที่ 25



ภาพที่ 25 แสดงเวปไซต์ข้อมูลการรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA)

ที่มา: ผู้วิจัยคัดลอกจาก http://eia.onep.go.th/index.php

2) ทำการสุ่มเลือกข้อมูลจำนวน 10 โครงการ ซึ่งสามารถได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการนำไปใช้งานในการศึกษาในครั้งนี้ ดังแสดงในตารางที่ 12 ดังนี้

ตารางที่ 12 ข้อมูลโครงการที่จำเป็นในการศึกษาจากโครงการที่สุ่มเลือก

ลำดับ	สถานที่ตั้ง	ขนาดที่ดินรวม		ขนาดพื้นที่สีเขียว	พื้นที่สีเขียวต่อที่ดินรวม	หมายเหตุ
		ไร่	ตร.ม.	ตร.ม.	%	
1	ซอยสุขมวิท 19 เขตวัฒนา	3-2-95	5,980	1,534	25.65	
2	ซอยสุขมวิท 71 เขตสวนหลวง	3-2-52	5,808	1,568	27.00	
3	ซอยราชวิถิ 7 เขตราชเทวี	1-0-41.8	1,767	585	33.09	
4	ซอยสุขมวิท 66 เขตบางนา	2-0-64	3,456	1,273	36.83	
5	ซอยทองหล่อ 2 เขตวัฒนา	1-1-40.7	2,163	362	16.72	มีพื้นที่สีเขียวบนโครงสร้าง
6	ซอยสุขมวิท 57 เขตวัฒนา	2-1-65	3,860	763	19.77	
7	ถนนสาทรใต้ เขตสาทร	4-3-79.9	7,920	1,722	21.74	
8	ถนนเจริญราษฎร์ เขตสาทร	7-1-56.5	11,826	1,874	15.84	มีพื้นที่สีเขียวบนโครงสร้าง
9	ถนนเพลินจิต เขตลุมพินี	2-2-62.8	4,251	859	20.21	
10	ซอยพงษ์เวช อนุสรณ์ 1 เขตพระโขนง	2-3-83	4,732	728	15.38	มีพื้นที่สีเขียวบนโครงสร้าง

ลำดับ	สถานที่ตั้ง	ขนาดที่ดินรวม		ขนาดพื้นที่สีเขียว	พื้นที่สีเขียวต่อที่ดินรวม	หมายเหตุ
		ไร่	ตร.ม.	ตร.ม.	%	
เฉลี่ย		**3-0-24**	**5,176**	**1,127**	**21.77**	

ที่มา: ผู้วิจัยรวบรวมจากเวปไซต์ข้อมูลการรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA)

ผลการสุ่มเลือกข้อมูลจากเวปไซต์ข้อมูลการรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ดังแสดงในตารางที่ 12 แสดงให้เห็นความหลากหลายของขนาดแปลงที่ดินที่ได้นำมาพัฒนา ตั้งแต่ 1 – 7 ไร่ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาลงไปถึงสัดส่วนของพื้นที่สีเขียว เฉพาะที่อยู่บนพื้นดินพบว่ามีสัดส่วนตั้งแต่ร้อยละ 15 – 37 โดยมีค่าเฉลี่ยที่ร้อยละ 21.77 ดังนั้นเมื่อต้องเลือกโครงการมาเพื่อทำการสาธิต จึงเห็นควรเลือกโครงการที่มีสัดส่วนพื้นที่สีเขียวใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของโครงการนั่นคือโครงการลำดับที่ 7 (ตั้งอยู่ ถนนสาทรใต้ เขตสาทร พื้นที่รวม 4-3-79.9 ไร่ (7,920 ตารางเมตร) พื้นที่สีเขียวบนพื้นดิน 1,722 ตารางเมตร) มีผังโครงการดังแสดงในภาพที่ 26 ดังต่อไปนี้

ภาพที่ 26 แสดงผังแสดงพื้นที่สีเขียวบริเวณชั้นที่ 1

ที่มา: ดัดแปลงจากรายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานผลกระทบส่งแวดล้อม (บริษัท ไท - ไท วิศวกร จำกัด, 2556)

โดยการสาธิตการทดลองใช้วิธีการคำนวณที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 จะดำเนินการใน 3 ทางเลือก คือ 1) กรณีออกแบบพื้นที่ซับน้ำฝนให้เพิ่มการซึมได้น้อย 2) กรณีออกแบบพื้นที่ซับน้ำฝนให้

เพิ่มการซึมได้ปานกลาง และ 3) กรณีออกแบบพื้นที่ซับน้ำฝนให้เพิ่มการซึมได้สูง ซึ่งผลของการทดลองสาธิตดังกล่าวจะนำเสนอในบทถัดไป

5. ขั้นตอนในการสรุปผลการศึกษา

ขั้นตอนสุดท้ายคือขั้นตอนในการสรุปผลการศึกษาและนำเสนอรูปแบบของวิธีการและและค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมไปใช้ในการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง ซึ่งจะได้นำเสนอในบทที่ 4 และ 5 ต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาได้ดำเนินตามขั้นตอนที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 3 รวมทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน โดยที่เนื้อหาในบทที่ 3 ได้นำเสนอข้อสรุปในเบื้องต้นของการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน (ขั้นตอนที่ 1) และการเลือกใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมกับการคำนวณ (ขั้นตอนที่ 2) เรียบร้อยแล้ว ดังนั้นในบทที่ 4 นี้จึงประกอบไปด้วยเนื้อหาที่แสดงผลของการศึกษาตามขั้นตอนที่ 3-การทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ (parameters) และขั้นตอนที่ 4-การสาธิตใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมในการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝน โดยที่ผลของการศึกษาตามขั้นตอนที่ 5 (ขั้นตอนในการอภิปรายผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ) จะได้นำเสนอในบทที่ 5 ต่อไป

1. ผลการทดลองเชิงจำลองสถานการณ์สำหรับการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ ด้วยโปรแกรม GSI

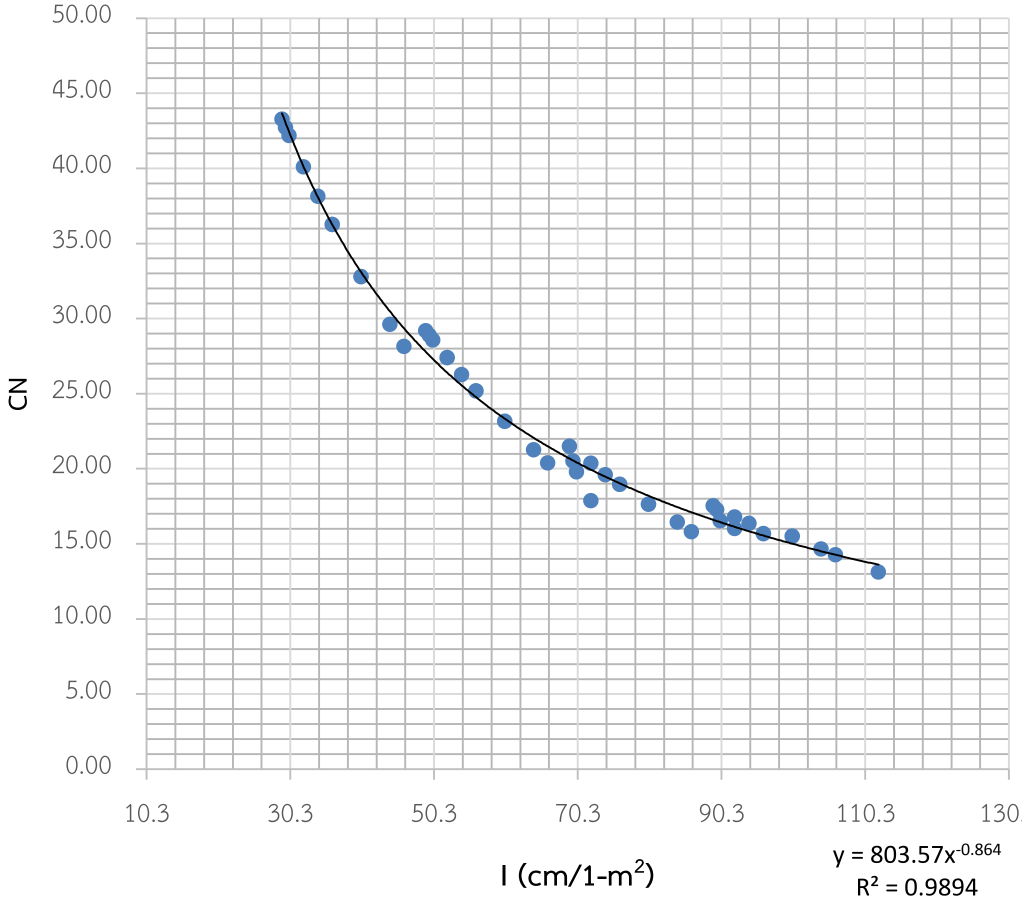
จากการดำเนินการจำลองสถานการณ์การเกิดฝนตกโดยการเลือกประยุกต์ใช้โปรแกรม GSI ใน Autodesk Infraworks 360 ในขั้นตอนที่ 3.1 และ 3.2 ดังแสดงในบทที่ 3 สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการซึมของน้ำ (I) ที่เกิดจากการทดลองปรับค่าความลึกของบ่อรับน้ำ (A) ความลึกของชั้นกรวด (D) ความพรุนของกรวด (E) ซึ่งภายหลังจากการเก็บค่า CN และค่า I (เซนติเมตรต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร: cm) ทั้งนี้เนื่องจากค่า CN มีความผันแปรไปตามค่า R (ซึ่งโดยทั่วไปสัมพันธ์กับระยะเวลาฝนตก จึงสามารถอนุมานได้ว่าค่า CN จะยังไม่คงที่จนกว่าจะเกิดภาวะอิ่มตัว) จึงต้องทำการแปรผันค่า R จนกระทั่งได้ชุดข้อมูลมากพอในการนำไปสร้างเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R และค่า CN เพื่อจะหาค่า CN ที่คาดว่าจะเป็นค่า CN-Stable ของแต่ละ Option โดยวิธีหาจุดที่เส้นกราฟคงที่ดังได้แสดงวิธีการตัวอย่างในภาพที่ 24 (บทที่ 3) จากนั้นจึงนำค่า I และค่า CN ที่ได้ล่าสุดมาสร้างเส้นกราฟ เพื่อทดสอบค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า I และ CN-Stable ว่ามีแนวโน้มเป็นตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหรือไม่ ทั้งนี้เมื่อได้ข้อสรุปจึงนำไปใช้ในการปรับค่า CN-Stable ให้เป็นค่า CN-Adjusted ที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานต่อไป โดยสามารถนำเสนอข้อมูลค่า I

(ผลจากโปรแกรม GSI) และค่า CN ที่ผ่านการปรับค่าในสภาวะคงที่ (CN-Stable) ได้ดังตารางที่ 13 ดังนี้

ตารางที่ 13 ค่าการซึมได้ (I) (เซนติเมตรต่อพื้นที่1ตารางเมตร) และค่าสัมประสิทธิ์ Curve Number ในสภาวะคงที่ (CN-Stable) ของแต่ละ Option (On)

Option	CN-Stable	I	Option	CN-Stable	I	Option	CN-Stable	I
O1	43.26	29.1	O17	28.88	49.6	O33	19.79	70.1
O2	40.10	32.1	O18	26.27	54.1	O34	18.96	76.1
O3	36.26	36.1	O19	23.16	60.1	O35	16.45	84.1
O4	32.78	40.1	O20	20.38	66.1	O36	16.03	92.1
O5	42.72	29.6	O21	28.58	50.1	O37	17.53	89.1
O6	38.13	34.1	O22	25.19	56.1	O38	16.78	92.1
O7	32.78	40.1	O23	21.27	64.1	O39	15.68	96.1
O8	28.14	46.1	O24	17.87	72.1	O40	15.50	100.1
O9	42.18	30.1	O25	21.50	69.1	O41	17.27	89.6
O10	36.26	36.1	O26	20.37	72.1	O42	16.35	94.1
O11	29.61	44.1	O27	18.96	76.1	O43	15.50	100.1
O12	27.40	52.1	O28	17.63	80.1	O44	14.26	106.1
O13	29.18	49.1	O29	20.50	69.6	O45	16.54	90.1
O14	27.40	52.1	O30	19.60	74.1	O46	15.68	96.1
O15	25.19	56.1	O31	17.63	80.1	O47	14.66	104.1
O16	23.16	60.1	O32	15.81	86.1	O48	13.12	112.1

ซึ่งจากตารางที่ 13 เมื่อนำข้อมูลทั้ง 24 ชุดดังกล่าวไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าค่า I และค่า CN-Stable เพื่อทดสอบความสอดคล้องกันเพื่อใช้ในการพิจารณาปรับค่าให้ได้ค่า CN ที่เหมาะสม (CN-Adjusted) ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 27 ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ค่าการซึมได้ (I) (เซนติเมตรต่อพื้นที่1ตารางเมตร) และค่าสัมประสิทธิ์ Curve Number ในสภาวะคงที่ (CN-Stable) ของแต่ละ Option (On)

จากภาพที่ 27 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า I และค่า CN-Stable มีลักษณะที่แสดงความสัมพันธ์ที่มิใช่เชิงเส้นตรง (linear) แต่มีแนวโน้มของความสัมพันธ์ที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่า CN มีค่าน้อย ค่า I จะมีค่ามาก และเมื่อทดลองสร้างเส้นความสัมพันธ์โดยเลือกใช้ความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการยกกำลัง พบว่าสามารถสร้างสมการที่มีค่าเบื้องต้นที่สะท้อนความแม่นยำของการพยากรณ์ (R^2 = 0.9894) ซึ่งสามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่าสมการชุดนี้สามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ค่าต่อไปได้ โดยรูปสมการสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (7) ต่อไปนี้

$$CN = 803.57(I)^{-0.864} \qquad (7)$$

หรือเขียนในทางกลับกันได้ดังสมการที่ (8) ต่อไปนี้

$$I = 2215.2(CN)^{-1.145} \qquad (8)$$

ทั้งนี้จากสมการที่ (7) สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่า CN ที่เหมาะสม (CN-Adjusted) ตามข้อสมมุติที่กำหนดไว้ว่าค่า I และ CN มีความสัมพันธ์กันตามหลักการของวิธีการ Curve Number method ดังได้แสดงมาในบทที่ 2 ข้างต้น โดยในตารางที่14 ได้นำเสนอค่า CN-Adjusted และค่า I-Adjusted ในแต่ละ Option ดังนี้

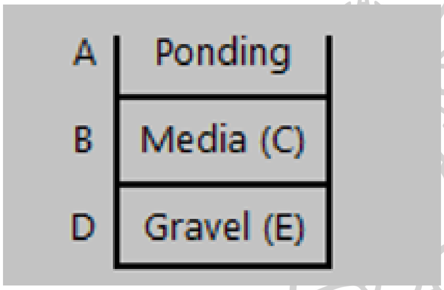
ตารางที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์ Curve Number และค่าการซึมได้ของน้ำฝน ของแต่ละ Option

Option	CN-Adj	I-Adj	Option	CN-Adj	I-Adj	Option	CN-Adj	I-Adj
O1	43.67	29.3	O17	27.55	49.7	O33	20.43	70.0
O2	40.12	32.3	O18	25.56	54.2	O34	19.03	75.9
O3	36.25	36.3	O19	23.34	60.1	O35	17.46	83.8
O4	33.11	40.3	O20	21.50	66.0	O36	16.14	91.7
O5	43.04	29.8	O21	27.31	50.2	O37	16.61	88.7
O6	38.08	34.3	O22	24.77	56.2	O38	16.14	91.7
O7	33.11	40.3	O23	22.07	64.1	O39	15.56	95.6
O8	29.35	46.2	O24	19.94	72.0	O40	15.02	99.6
O9	42.42	30.3	O25	20.69	69.0	O41	16.53	89.2
O10	36.25	36.3	O26	19.94	72.0	O42	15.84	93.7
O11	30.50	44.3	O27	19.03	75.9	O43	15.02	99.6
O12	26.40	52.2	O28	18.21	79.9	O44	14.28	105.5
O13	27.79	49.2	O29	20.56	69.5	O45	16.45	89.7
O14	26.40	52.2	O30	19.48	73.9	O46	15.56	95.6
O15	24.77	56.2	O31	18.21	79.9	O47	14.52	103.5
O16	23.34	60.1	O32	17.11	85.8	O48	13.62	111.4

โดยเมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้วสามารถนำกลับไปหาค่า I ของแต่ละ Option ที่ได้ตั้งต้นไว้ข้างต้นในตารางที่ 11 ในบทที่ 3 ได้ โดยค่าดังกล่าวแสดงในตารางที่ 15 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 15 ค่าการซึมได้ของน้ำฝนไหลนอง (I) ตามคุณสมบัติของชั้นดิน (เซนติเมตร/1-ตารางเมตร)

A		0			8"			16"			24"		
E (%)		20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40
D	2"	29.3	29.8	30.3	49.2	49.7	50.2	69.0	69.5	70.0	88.7	89.2	89.7
	8"	32.3	34.3	36.3	52.2	54.2	56.2	72.0	73.9	75.9	91.7	93.7	95.6
	16"	36.3	40.3	44.3	56.2	60.1	64.1	75.9	79.9	83.8	95.6	99.6	103.5
	24"	40.3	46.2	52.2	60.1	66.0	72.0	79.9	85.8	91.7	99.6	105.5	111.4



โดย A คือความลึกของบ่อรับน้ำ

B คือความลึกของชั้นดินปลูก (ค่าคงที่ = 6 นิ้ว)

C คือความพรุนของดินปลูก (ค่าคงที่ = ร้อยละ 25)

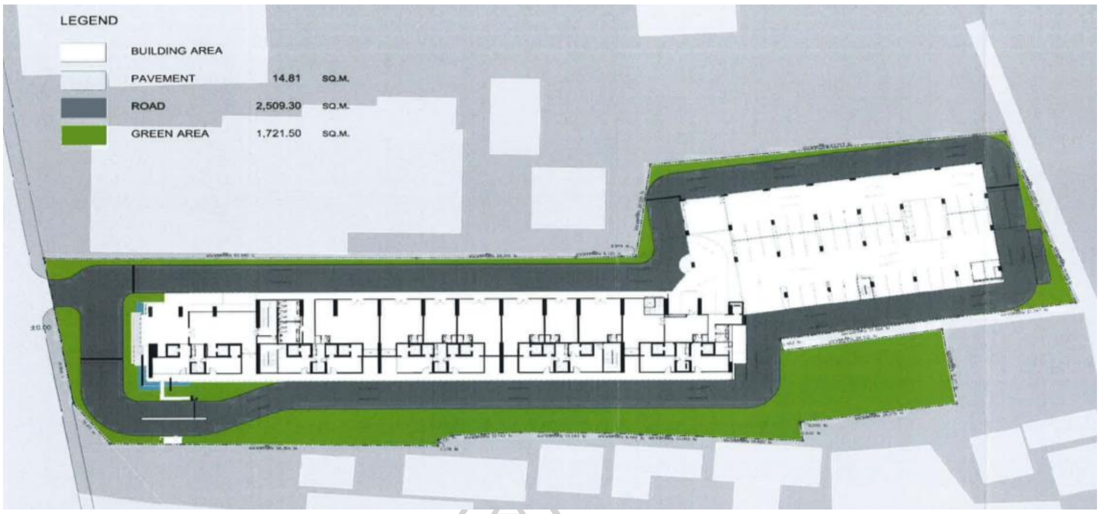
D คือความลึกของชั้นกรวด

E คือความพรุนของกรวด (ร้อยละ)

จากตารางที่ 15 จะพบว่าได้ผลของการศึกษาเบื้องต้นในขั้นตอนการศึกษาที่ 3 (แสดงในบทที่ 3) ที่พร้อมจะนำไปทำการทดลองใช้สาธิตใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมในการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนตามขั้นตอนที่ 4 ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อการพิสูจน์ความสมเหตุสมผลของการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ ซึ่งมีที่มาของการศึกษาที่สำคัญที่มาหนึ่งคือการใช้ในงานออกแบบโครงการอสังหาริมทรัพย์เพื่อตอบสนองการขอ FAR Bonus ซึ่งการสาธิตนี้จะเป็นการสะท้อนให้เห็นด้วยว่าเกณฑ์ในด้านการขอ FAR Bonus ในข้อที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการรับน้ำฝนในพื้นที่ จะยังสามารถนำรูปแบบการออกแบบพื้นที่ให้เป็นพื้นที่รับน้ำฝน (rain garden) ไปใช้งานได้หรือไม่ ดังแสดงผลการศึกษาในส่วนถัดไป

2. ผลการสาธิตใช้วิธีการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝน

จากผลลัพธ์จากขั้นตอนการศึกษาที่ 3 ดังแสดงผลในตารางที่ 15 ข้างต้น นำไปทำการทดสอบการใช้งานกับโครงการตัวอย่างที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเรียกว่าเป็นการสาธิตการใช้งาน โดยขั้นตอนการเลือกโครงการสาธิตได้นำเสนอในบทที่ 3 มีรายละเอียดโครงการคือ 7,920 ตารางเมตร และพื้นที่สีเขียวบนพื้นดิน 1,722 ตารางเมตร ดังแสดงในภาพที่ 28 ดังนี้



ภาพที่ 28 แสดงผังแสดงพื้นที่สีเขียวบริเวณชั้นที่ 1 ของโครงการที่ใช้สำหรับการสาธิต

ที่มา: ดัดแปลงจากรายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานผลกระทบส่งแวดล้อม (บริษัท ไท - ไท วิศวกร จำกัด, 2556)

ทั้งนี้ได้กำหนดเงื่อนไขของการสาธิตคือทำการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน (rain garden) ในสัดส่วนร้อยละ 30 ของพื้นทีเขียวทั้งหมด ซึ่งเท่ากับ 516.45 ตารางเมตร ทั้งนี้ค่าความลึกของชั้นปลูก (B) เท่ากับ 6 นิ้ว และความพรุนของชั้นดินปลูก (C) คือร้อยละ 25 % ตามค่ากลางคงที่ และกำหนดให้ค่าการซึมได้ของส่วนพื้นที่อาคาร ถนน และทางสัญจร อื่นๆ มีค่า = 0 และไม่คิดอิทธิพลของการซึมได้จากพื้นที่สีเขียวส่วนอื่นๆ (เป็นการประมาณการแบบด้านต่ำ) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ออกแบบพื้นที่ซับน้ำฝนให้เพิ่มการซึมได้น้อย โดยที่เลือก

ความลึกของบ่อ 0 นิ้ว (A=0)

ความลึกของชั้นกรวด 2 นิ้ว (D=2)

ความพรุนของชั้นกรวดร้อยละ 20 (E=20)

จากข้อมูลทั้งหมดพบว่าเมื่อเปิดตาราง ได้ค่าปริมาณการซึมของ กรณีที่ 1 คือ **29.3** เซนติเมตร/1-ตารางเมตรของพื้นที่ซึมน้ำ สามารถคิดเป็นปริมาตรของการซึมน้ำได้ (29.3/100 เมตร) (516.45 ตารางเมตร) = 151.32 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อนำไปพิจารณากับเงื่อนไขใน FAR Bonus พบว่าต้องนำไป คิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อ 50 ตารางเมตร (ต่อพื้นที่ทั้งโครงการ) สามารถคิดได้ดังนี้ = (151.32 ลูกบาศก์เมตร) / [(7,919 ตารางเมตร)/(50 ตารางเมตร)] = 0.96 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่ถึง 1 ลูกบาศก์เมตร **จึงไม่สามารถขอ Bonus เพิ่มได้**

กรณีที่ 2 ออกแบบพื้นที่ซับน้ำฝนให้เพิ่มการซึมได้ปานกลาง โดยที่เลือก

ความลึกของบ่อ 16 นิ้ว (A=16)

ความลึกของชั้นกรวด 8 นิ้ว (D=8)

ความพรุนของชั้นกรวดร้อยละ 30 (E=30)

จากข้อมูลทั้งหมดพบว่าเมื่อเปิดตาราง ได้ค่าปริมาณการซึมของ กรณีที่ 2 คือ **73.9** เซนติเมตร/1-ตารางเมตรของพื้นที่ซึมน้ำ สามารถคิดเป็นปริมาตรของการซึมน้ำได้ (73.9/100 เมตร)(516.45 ตารางเมตร) = 381.66 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อนำไปพิจารณากับเงื่อนไขใน FAR Bonus พบว่าต้องนำไป คิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อ 50 ตารางเมตร (ต่อพื้นที่ทั้งโครงการ) สามารถคิดได้ดังนี้ = (381.66 ลูกบาศก์เมตร) / [(7,919 ตารางเมตร)/(50 ตารางเมตร)] = 2.41 ลูกบาศก์เมตร **สามารถขอ Bonus เพิ่มได้ตามสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 12**

กรณีที่ 3 ออกแบบพื้นที่ซับน้ำฝนให้เพิ่มการซึมได้สูง โดยที่เลือก

ความลึกของบ่อ 24 นิ้ว (A=24)

ความลึกของชั้นกรวด 24 นิ้ว (D=24)

ความพรุนของชั้นกรวดร้อยละ 40 (E=40)

จากข้อมูลทั้งหมดพบว่าเมื่อเปิดตาราง ได้ค่าปริมาณการซึมของ กรณีที่ 2 คือ **111.4** เซนติเมตร/1-ตารางเมตรของพื้นที่ซึมน้ำ สามารถคิดเป็นปริมาตรของการซึมน้ำได้ (111.4 /100 เมตร)(516.45 ตารางเมตร) = 575.33 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อนำไปพิจารณากับเงื่อนไขใน FAR Bonus พบว่าต้องนำไป คิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อ 50 ตารางเมตร (ต่อพื้นที่ทั้งโครงการ) สามารถคิดได้ดังนี้ = (575.33 ลูกบาศก์เมตร) / [(7,919 ตารางเมตร)/(50 ตารางเมตร)] = 3.63 ลูกบาศก์เมตร **สามารถขอ Bonus เพิ่มได้ตามสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 18**

ผลการสาธิตทั้ง 3 กรณีพบว่า เมื่อทำการปรับปรุงพื้นที่สีเขียวซึ่งแต่เดิมไม่ได้ทำการออกแบบชั้นดินให้เป็นสวนซับน้ำฝน ให้กลายเป็นสวนซับน้ำฝนในสัดส่วนเพียงร้อยละ 30 ของพื้นที่สีเขียวทั้งหมดของโครงการ จะสามารถเพิ่มปริมาตรของน้ำฝนที่กักเก็บในพื้นที่ได้ ไล่เลียงตามลำดับจากในตัวอย่างของกรณีที่ 1 ถึงกรณีที่ 3 ถึงแม้ว่าการออกแบบในกรณีที่ 1 จะไม่สามารถไปใช้ขอ FAR Bonus ได้ (เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนที่กักเก็บได้น้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด) แต่ก็ต่ำกว่าเกณฑ์เพียงเล็กน้อย ในขณะที่อีก 2 กรณี จะพบว่าสามารถนำไปขอ FAR Bonus ได้ตามกรอบของ

ข้อกำหนดได้ โดยรูปแบบของการนำเอาข้อมูลในตารางไปใช้งานก็อยู่ในรูปแบบที่ไม่ซับซ้อนมาก ผู้ออกแบบสามารถเลือกกำหนดตัวแปรของการออกแบบสำหรับชั้นดินแนวขวาง (cross section) ของพื้นที่สวนซับน้ำฝน แต่ 3 ตัวแปรเท่านั้น ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเป็นขั้นตอนที่ง่ายต่อการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. สรุปผลการศึกษา

ผลของการศึกษาที่ได้แสดงในบทที่ 4 นี้ เป็นส่วนหลักของการศึกษาตามขั้นตอนการทดลองโดยอาศัยการจำลองสถานการณ์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการยอมรับ เพื่อทดแทนการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ผลของการศึกษาในส่วนนี้ต้องอาศัยข้อมูลที่ได้ทำการสรุปตั้งแต่ต้นจากส่วนของระเบียบวิธีวิจัยในบทที่ 3 ซึ่งระบุขั้นตอนการศึกษาไว้ 5 ขั้นตอน และได้แสดงผลที่เป็นสาระสำคัญในการเลือกตัวแปรในการออกแบบชั้นดินแนวขวาง (cross section) ของพื้นที่สวนซับน้ำฝน ที่จะใช้ในการนำเข้ามาทำงานทดลองแปรค่า ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปร 2 ชุด คือ ตัวแปรที่กำหนดให้เป็นค่าคงที่ (จำนวน 2 ตัวแปร คือความลึกของชั้นดินปลูก (B) และความพรุนของดินปลูก (C)) กับอีกชุดคือตัวแปรที่ผันแปรค่าได้ (จำนวน 3 ตัวแปร คือคือความลึกของบ่อรับน้ำ (A) ความลึกของชั้นกรวด (D) และความพรุนของกรวด (E))

จากนั้นขั้นตอนในการเลือกวิธีการคำนวณที่เหมาะสมกับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝน ซึ่งพบว่าวิธีการที่มีชื่อเรียกว่า Curve Number (CN) เป็นวิธีการที่มีข้อมูลเชิงวิชาการสนับสนุนว่ามีการนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณการซึมได้-ปริมาณการไหลนองของน้ำฝนในพื้นที่สวนรับน้ำฝนมาก่อน เพราะการคำนวณค่าให้ความสำคัญต่อคุณสมบัติของชั้นดิน ตรงกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ ทั้งนี้การเลือกใช้วิธีการคำนวณค่า CN ได้จากการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่า Green Stormwater Infrastucture (GSI) ซึ่งเป็นโปรแรกมเสริมในโปรแกรม Autodesk Infrawork 360 และจากกระบวนการการทำงานในขั้นตอนที่ 3 จึงได้ข้อสรุปการศึกษาซึ่งสามารถได้**ตารางการแสดงค่าการซึมได้ของน้ำฝน (I) มีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ดังแสดงในตารางที่ 15** รวมถึงขั้นตอนการศึกษาที่ 4 ซึ่งเป็นการสาธิตการใช้งานกับโครงการจริงโดยมีวัตถุประสงค์ใน**การทดลองใช้ผลของการศึกษาและสอบเทียบย้อนไปกับข้อกำหนดเรื่อง FAR Bonus ของข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556** โดยพบว่าการใช้งานเป็นไป

อย่างมีประสิทธิภาพและผลทวนสอบย้อนไปยังข้อกำหนดเป็นไปในทิศทางที่สอดคล้องกัน ดังแสดงรายละเอียดข้างต้น

ในส่วนถัดไปของการศึกษาเป็นขั้นตอนที่ 5 คือขั้นตอนในการอภิปรายผลการศึกษาและข้อเสนอแนะในการนำวิธีการและค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณที่เหมาะสมไปใช้สำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง ซึ่งเป็นส่วนที่จะนำเสนอผลการทำงานในภาพรวมทั้งหมด พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับทฤษฎีหรือหลักการพื้นฐาน รวมทั้งการนำเสนอรูปแบบของตารางสำเร็จรูปเพื่อนำไปใช้งานของนักออกแบบ-ภูมิสถาปนิกที่เหมาะสมยิ่งขึ้น รวมถึงแสดงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขสำคัญ อีกทั้งแนวทางการศึกษาที่ควรดำเนินการต่อเนื่องเพื่อการพัฒนาองค์ความรู้ในส่วนนี้ต่อไปในอนาคต ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดจะได้นำเสนอในบทที่ 5 ซึ่งเป็นบทสุดท้ายต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเรื่องการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม ได้ดำเนินการศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่เสนอไว้ในบทที่ 1 จำนวนทั้งสิ้น 4 ข้อตามที่ได้ยกมานำเสนออีกครั้งในบทนี้ คือ

1. เพื่อศึกษารูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

2 เพื่อศึกษาวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

3. เพื่อสาธิตวิธีการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในโครงการตัวอย่าง

4. เพื่อเสนอแนะวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

ซึ่งโครงสร้างของการนำเสนอในบทที่ 5 นี้จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ 1) การเสนอและอภิปรายผลการศึกษาที่จะไล่เรียงตามไปตามวัตถุประสงค์ทั้ง 4 ข้อข้างต้น และ 2) นำเสนอข้อเสนอแนะ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อเสนอแนะในการนำไปประยุกต์ใช้ และข้อเสนอแนะในเชิงวิชาการเพื่อการศึกษาวิจัยในครั้งต่อๆ ไป โดยมีเนื้อหาดังนี้

1. อภิปรายผล

การอภิปรายผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อย่อยที่ไล่เลียงไปตามลำดับตามวัตถุประสงค์ทั้ง 4 ข้อของการศึกษาดังต่อไปนี้

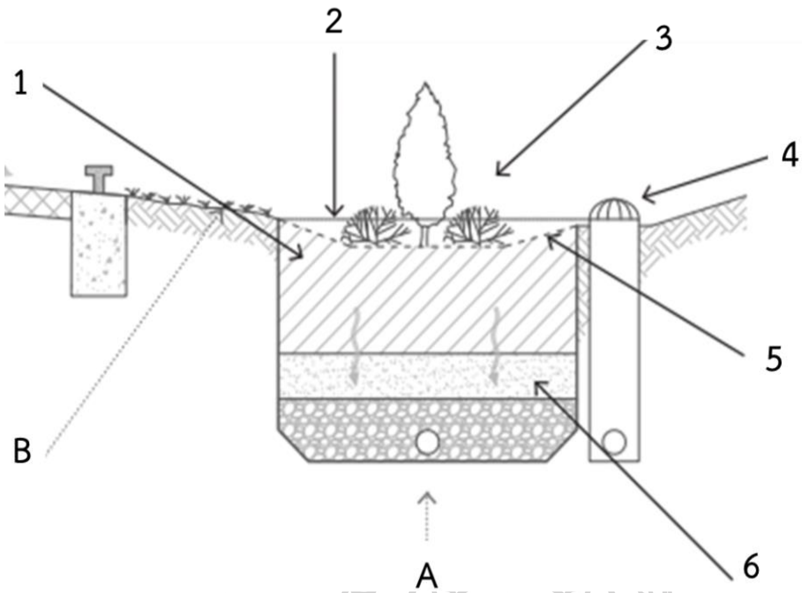
1.1 รูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

จากการศึกษาด้วยกระบวนการทบทวนวรรณกรรมในบทที่ 2 ข้างต้นพบข้อสรุปถึงรูปแบบของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝนที่เหมาะสมสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมที่สำคัญคือ

รูปแบบที่เรียกว่าสวนซับน้ำฝน (rain garden) โดยจัดอยู่ในกลุ่มของพื้นที่หน่วงน้ำชีวภาพ (bio-retention area) ซึ่งมีรูปแบบย่อยได้หลายลักษณะ เช่นร่องน้ำชีวภาพ (bio-swales) ช่องสำหรับการซึม (infiltration strips) เป็นต้น ทั้งนี้ส่วนของสวนซับน้ำฝน (rain garden) นั้นจะมีองค์ประกอบหลักๆ ทำหน้าที่เป็นจุดรับน้ำจากพื้นผิวโดยรอบ แล้วเน้นให้เกิดการขังอยู่บางช่วงขณะ จากนั้นส่งเสริมให้เกิดการไหลลงใต้ดินต่อไป ทั้งนี้ส่วนบนสุดของพื้นที่จะปกคลุมด้วยต้นไม้ (softscape) เพื่อประโยชน์ในด้านสุนทรียภาพอีกทางหนึ่งด้วย โดยมีหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพของการซึมได้ของน้ำได้มากขึ้น โดยนอกจากชั้นดินปลูก จะมีการเพิ่มชั้นระบายน้ำ ซึ่งโดยมากเลือกใช้กรวด แต่อย่างไรก็ตาม อาจมีการเสริมระบบการระบายน้ำส่วนเกินด้วยท่อระบายน้ำ ซึ่งสามารถติดตั้งได้หลากหลายรูปแบบสภาพภายนอกเป็นเหมือนสวนทั่วๆ แต่มีหน้าที่ที่แตกต่างที่สำคัญคือการทำหน้าที่เป็นการชะลอน้ำ (conveyance) เพื่อลดการชะล้างที่รุนแรงเกินไปก่อนการไหลนองของน้ำสู่ท่อระบายน้ำหรือพื้นที่อื่นๆ นอกจากนั้นยังมีส่วนช่วยให้เกิดการซึมของน้ำลงสู่ผิวดิน (infiltration) ได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังมีความเป็นไปได้ในการเป็นที่อยู่ของสัตว์และพืชพรรณท้องถิ่นอีกทางหนึ่งด้วย โดยมีรูปแบบและขนาดของการใช้งานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทุกขนาดของพื้นที่

ทั้งนี้เมื่อศึกษาถึงรายละเอียดของการออกแบบ โดยเน้นการศึกษาจากคู่มือการทำงานจากหน่วยงานต่างๆ ถึงแม้นว่าจะมีความแตกต่างกันไปบ้างในรายละเอียดปลีกย่อย แต่ภาพรวมของการออกแบบพื้นที่ส่วนซับน้ำฝนจะมีองค์ประกอบที่สำคัญๆ ใกล้เคียงกัน ดังแสดงไว้ข้างต้นในบทที่ 2 และได้นำเสนอซ้ำดังภาพที่ 29 ทั้งนี้โดยสรุปองค์ประกอบหลักๆ ที่สำคัญต่อการนำไปคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนบนพื้นที่ ดังต่อไปนี้

1) ดินปลูก (soil mix/media) ดินปลูกเป็นส่วนที่สำคัญในการช่วยให้สวนซับน้ำฝนที่ได้รับการออกแบบไว้สามารถทำหน้าที่เป็นตัวกรองสิ่งสกปรกจากผิวดินลงไปยังส่วนที่ทำหน้าที่ซับน้ำหรืออุ้มน้ำในส่วนล่าง โดยทั่วไปมักจะมีส่วนผสมของดินร่วนปนทราย (sandy loam) หรือดินปนทราย (loamy sand) หรือดินร่วน (loam) ทั้งนี้ยังเป็นชั้นที่ส่งอาหารไปยังพืชที่ปลูกอยู่ด้านบนด้วยเช่นกัน



สัญลักษณ์
1 – ดินปลูก
2 – พื้นที่บ่อน้ำ
3 – พืชพรรณ
4 – ระบบรับน้ำส่วนเกิน
5 – พืช/วัสดุคลุมดิน
6 – ชั้นซับน้ำ
A – ระบบระบายน้ำ (ถ้าจำเป็น)
B – หญ้ากันชน (ถ้าจำเป็น)

ภาพที่ 29 ตัวอย่างพื้นที่สวนซับน้ำฝนในการใช้งานจริง
ที่มา: ดัดแปลงจาก Rain Garden Construction Guide (Auckland Council, n.d.)

2) พื้นที่บ่อน้ำ (ponding) พื้นที่บ่อน้ำมีหน้ามี่สำคัญคือการรวบรวมน้ำซึ่งเป็นการชะลอน้ำไม่ให้ไหลนองอย่างรวดเร็วและยังมีช่วยให้น้ำได้มีโอกาสในการไหลซึมลงสู่ใต้ อย่างไรก็ตามรูปแบบของการมีสภาพเป็นบ่อซึ่งจะต้องลดระดับให้ต่ำลงไปจากพื้นดินทั่วไปกลับส่งผลต่อการใช้งานพื้นที่ที่ต้องการพื้นที่ราบต่อเนื่องเป็นผืนใหญ่ เช่นต้องการสนามหญ้าไว้สำหรับรองรับกิจกรรมชุมนุมคนเป็นต้น ดังนั้นในบางลักษณะจึงมีการออกแบบพื้นที่ให้เป็นสนามหญ้าเรียบๆ ได้เช่นกัน

3) พืชพรรณ (planting) ดังที่กล่าวเบื้องต้นสวนซับน้ำฝน เป็นรูปแบบที่ใช้ในการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมนอกจากจะมีประโยชน์ในด้านการซับน้ำฝนแล้วยังทำหน้าที่ในการสร้างบรรยากาศและสุนทรียภาพให้กับบริเวณ ดังนั้นในส่วนผิวดินมักมีการออกแบบให้ปลูกพืช (หรือปูหญ้า ตามแต่กรณี)

4) ระบบรับน้ำส่วนเกิน (overflow system) เนื่องจากรูปแบบของการออกแบบสวนซับน้ำฝน เป็นการออกแบบที่เป็นส่วนเสริมกับการระบายน้ำฝนแบบทั่วไป (conventional system) ดังนั้นเพื่อให้ลดความเสี่ยงในบางกรณีอาจมีการติดตั้งระบบระบบรับน้ำส่วนเกินไว้ด้วย

5) พืช/วัสดุคลุมดิน (mulch / pebble/ rock) ทำหน้าที่เช่นเดียวกับพืชพรรณซึ่งอธิบายไว้ในข้อ 3) ทั้งนี้อาจจะเสริมด้วยการปูหินเพื่อลดการกัดกร่อนหน้าดิน และควรเน้นพืช/วัสดุคลุมดินท้องถิ่นเช่นกัน

6) ชั้นซับน้ำ (infiltration layer) ชั้นซับน้ำเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากของการออกแบบสวนซับน้ำฝนเนื่องจากเป็นจุดที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการซึมได้ของชั้นดิน ซึ่งเช่นเดียวกันกับส่วนที่1) ดินปลูก ที่มีคู่มือแนะนำทั้งความลึกที่เหมาะสมและความพรุนของวัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบชั้นนี้ ซึ่งโดยทั่วไปชั้นนี้มักจะเลือกใช้กรวด (gravel) หรือทรายหยาบ (sand) เพราะนอกจากจะต้องเป็นชั้นที่ระบายน้ำได้ดีจะตั้งมีความแข็งแรงพอในการรับน้ำหนักของส่วนกดทับและกิจกรรมด้านบน

กล่าวโดยสรุปเมื่อเข้าใจส่วนของการออกแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน (rain garden) ตามรายละเอียดข้างต้นแล้วนั้น ในส่วนที่ต่อเนื่องในเรื่องขอการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝน ได้นำเสนอในส่วนถัดไป

1.2 วิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

สำหรับข้อสรุปที่ค้นพบในส่วนของวิธีการที่เหมาะสมในการที่จะนำมาเลือกใช้เพื่อคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมนั้น ซึ่งสามารถหาค่าการซึมได้จากกระบวนการทางอ้อมคือ เป็นการหักลบค่าของปริมาณน้ำฝน หักด้วยค่าการไหลนองของน้ำฝน ทั้งนี้เมื่อพิจารณากระบวนการของการคำนวณหาค่าน้ำไหลนอง พบหลักฐานในการนำวิธีการคำนวณตามวิธีการที่เรียกว่า Curve Number (CN) ไปใช้ในการคำนวณค่าน้ำไหลนองบทพื้นที่สวนรับน้ำฝนอย่างแพร่หลาย (ดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 2) ซึ่งมีหลักการที่จะต้องพิจารณาคุณสมบัติของการระบายน้ำของชั้นดิน เพื่อนำไปกำหนดเป็นตัวแทนคุณสมบัติ เรียกว่าค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำหลากตามผิวดิน หรือ CN โดยมีสมการการคำนวณค่าของการไหลนองของน้ำฝนดังแสดงในสมการที่ (8) ดังต่อไปนี้

$$\mathbf{RD} = \frac{\left(\mathbf{P} - 0.2 \times \left(\frac{100}{\mathbf{CN}} - 10\right)\right)^2}{\left(\mathbf{P} + 0.8 \times \left(\frac{100}{\mathbf{CN}} - 10\right)\right)} \tag{8}$$

โดย **RD** คือ ความสูงของน้ำไหลนอง (นิ้ว: in)

P คือ ปริมาณน้ำฝนสะสม (นิ้ว: in)

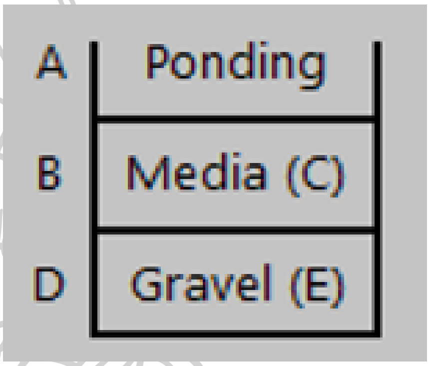
CN คือ ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับปริมาณน้ำหลากตามผิวดิน

ทั้งนี้ค่า CN จะสามารถหาค่าได้จากการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการตามหลักวิศวกรรมชลศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วย

ในการคำนวณค่าน้ำฝนไหลนอง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากข้อจำกัดของการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง แนวทางเลือกที่เหมาะสมคือการจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถดำเนินการได้หลากรอบจนได้ค่าที่เหมาะสม ครบถ้วน และเชื่อถือได้ในการทำงาน ทั้งนี้พบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่า Green Stormwater Infrastructure (GSI) สำหรับ Autodesk Infraworks 360 มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในครั้งนี้ โดยที่ข้อมูลที่ต้องคำนึงถึงในการนำเข้าสู่ระบบการคำนวณประกอบไปด้วยค่าที่สอดคล้องกับการออกแบบสวนซับน้ำฝน จำนวน 5 ประเภทข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 16 ดังนี้

ตารางที่ 16 ค่าของการออกแบบสวนซับน้ำที่แนะนำ

ตัวแปร	ค่า (หน่วย)
ความลึกของบ่อรับน้ำ (A)	0 - 24 (นิ้ว)
ความลึกของชั้นดินปลูก (B)	6 (นิ้ว)
ความพรุนของดินปลูก (C)	25 (ร้อยละ)
ความลึกของชั้นกรวด (D)	2 – 24 (นิ้ว)
ความพรุนของกรวด (E)	20 – 40 (ร้อยละ)



จากตารางที่ 16 แสดงให้เห็นเทียบกับสัญลักษณ์ของการออกแบบหน้าตัดขวาง (cross section) ของพื้นที่สวนรับน้ำฝน ประกอบไปด้วย 5 ตัวแปร แต่ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาจากวรรณกรรมพบว่า ความลึกของชั้นดินปลูก (B) และค่าความพรุนของดินปลูก (C) นั้นเป็นค่าคงที่ ดังนั้นตัวแปรที่สามารถผันแปรได้จึงมี 3 ค่าคือ ความลึกของบ่อรับน้ำ (A) ความลึกของชั้นกรวด (D) และ ความพรุนของกรวด (E) โดยมีค่าผันแปรตามปรากฏในตารางที่ 16 ข้างต้น ทั้งนี้การค้นพบดังกล่าวในหัวข้อนี้จะได้นำไปใช้ในการทดลองเชิงปฏิบัติการเสมือนในโปรแกรม GSI เพื่อหาค่าการซึมได้จากคุณสมบัติที่หลากหลายของชั้นดิน (ตามกระบวนการในบทที่ 3) ซึ่งเมื่อได้ค่าในเบื้องต้นจะต้องนำค่าดังกล่าวไปทดลองใช้กับกรณีสาธิต เพื่อสอบเทียบความยาก-ง่ายในการใช้งาน และทวนสอบกับหลักเกณฑ์ของ FAR Bonus ว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่อย่างไร โดยจะแสดงผลของการศึกษาในส่วนถัดไป

1.3 การสาธิตวิธีการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในโครงการตัวอย่าง

ขั้นตอนการสาธิตวิธีการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรมในโครงการตัวอย่าง เริ่มจากการคัดเลือกตัวแทนโครงการจริงในเขตกรุงเทพชั้นใน โดยทำการสุ่มเลือกจากข้อมูลโครงการอสังหาริมทรัพย์ที่พัฒนาโครงการในช่วง ปี 2556 – 2560 โดยเลือกข้อมูลเฉพาะโครงการที่อยู่อาศัยรวม ในเขตกรุงเทพมหานคร จากเวปไซต์ข้อมูลการรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ที่ผ่านการเห็นชอบของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ผลของการสุ่มทั้งสิ้น 10 โครงการ ดังได้เสนอในตารางที่ 12 ในบทที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของพื้นที่สีเขียว เฉพาะที่อยู่บนพื้นดินพบว่ามีสัดส่วนตั้งแต่ร้อยละ 15 – 37 โดยมีค่าเฉลี่ยที่ร้อยละ 21.77 ดังนั้นเมื่อต้องเลือกโครงการมาเพื่อทำการสาธิต จึงเห็นควรเลือกโครงการที่มีสัดส่วนพื้นที่สีเขียวใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของโครงการ นั่นคือโครงการลำดับที่ 7 (ตั้งอยู่ ถนนสาทรใต้ เขตสาทร พื้นที่รวม 4-3-79.9 ไร่ (7,920 ตารางเมตร) พื้นที่สีเขียวบนพื้นดิน 1,722 ตารางเมตร) ซึ่งการสาธิตได้ดำเนินการใน 3 ทางเลือก คือ 1) กรณีออกแบบพื้นที่ซับน้ำฝนให้เพิ่มการซึมได้น้อย 2) กรณีออกแบบพื้นที่ซับน้ำฝนให้เพิ่มการซึมได้ปานกลาง และ 3) กรณีออกแบบพื้นที่ซับน้ำฝนให้เพิ่มการซึมได้สูง

ซึ่งผลของการสาธิตพบว่าเมื่อทำการปรับปรุงพื้นที่สีเขียวซึ่งแต่เดิมไม่ได้ทำการออกแบบชั้นดินให้เป็นสวนซับน้ำฝน ให้กลายเป็นสวนซับน้ำฝนในสัดส่วนเพียงร้อยละ 30 ของพื้นที่สีเขียวทั้งหมดของโครงการ จะสามารถเพิ่มปริมาตรของน้ำฝนที่กักเก็บในพื้นที่ได้ ไล่เลียงตามลำดับจากในตัวอย่างของกรณีที่ 1 ถึงกรณีที่ 3 ถึงแม้ว่าการออกแบบในกรณีที่ 1 จะไม่สามารถไปใช้ขอ FAR Bonus ได้ (เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนที่กักเก็บได้น้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด) แต่ก็ต่ำกว่าเกณฑ์เพียงเล็กน้อย ในขณะที่อีก 2 กรณี จะพบว่าสามารถนำไปขอ FAR Bonus ได้ตามกรอบของข้อกำหนดได้ โดยรูปแบบของการนำเอาข้อมูลในตารางไปใช้งานก็อยู่ในรูปแบบที่ไม่ซับซ้อนมาก ผู้ออกแบบสามารถเลือกกำหนดตัวแปรของการออกแบบสำหรับชั้นดินแนวขวาง (cross section) ของพื้นที่สวนซับน้ำฝน แต่ 3 ตัวแปรเท่านั้น ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเป็นขั้นตอนที่ง่ายต่อการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นข้อสรุปที่สามารถพิสูจน์ถึงทิศทางที่สอดคล้องกันของความเป็นไปได้ในการดำเนินการออกแบบพื้นทีสวนซับน้ำฝนให้รองรับน้ำฝนได้ตามข้อกำหนดเรื่อง FAR Bonus ของ

ข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 และรูปแบบการคำนวณก็เป็นไปอย่างง่ายต่อการใช้งาน

1.4 การเสนอแนะวิธีการสำหรับการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝนในพื้นที่สวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม

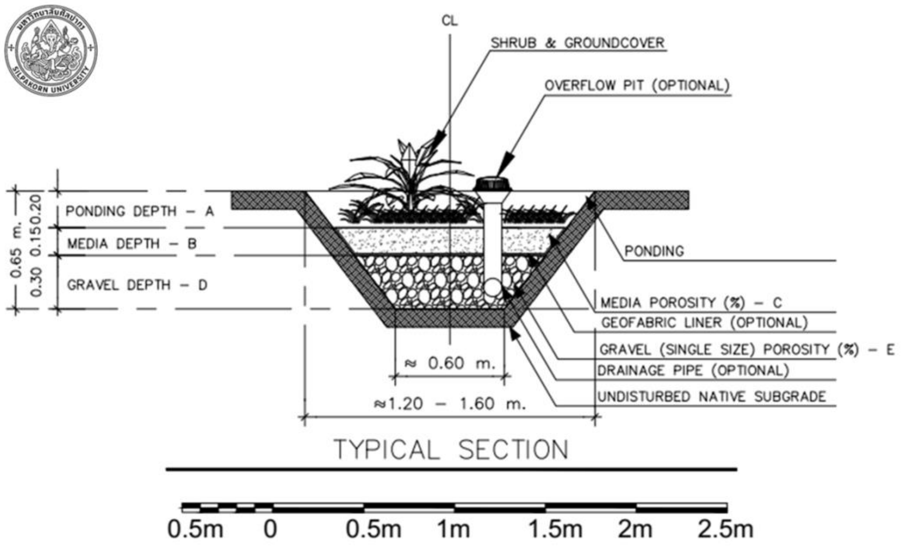
จากขั้นตอนการศึกษามาข้างต้นสามารถสรุปถึงรูปแบบการออกแบบ ทฤษฎีและขั้นตอนการคำนวณค่าการซึมได้ของน้ำฝน และหลักฐานการสาธิตการนำไปใช้งาน โดยได้ข้อสรุปเป็นชุดค่าคงที่ที่สามารถนำไปใช้งานได้ ตามตารางที่ 15 ในบทที่ 4 อย่างไรก็ตามในตารางที่ 15 เป็นการแบ่งช่วงแบบกว้างๆ และต้องอาศัยการประมาณค่าระหว่างช่วง (interpolation) ซึ่งยังอาจสร้างขั้นตอนที่มากขึ้นในการนำไปใช้งาน ทั้งนี้ในการนำเสนอในส่วนนี้เป็นได้ทำการปรับรูปแบบของตารางที่ 15 ขึ้นมาใหม่ โดยทำการลดช่วงของการกำหนดค่าของแต่ละค่าลงเพื่อให้มีช่วงที่แคบขึ้นอันเป็นการอำนวยความสะดวกของผู้นำไปใช้งานได้มากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 17 ต่อไป

โดยเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการซึมได้ (I) กับค่าสัมประสิทธิ์การไหล CN พบว่าเมื่อค่า CN มีค่ามากขึ้นค่า I จะลดลง ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยพื้นฐานอื่นๆ เนื่องจากว่าค่า CN สัมพันธ์แปรผันกับค่าการไหลนอง ซึ่งผกผันกับค่าการการซึมได้เช่นกัน และทั้งนี้ความสัมพันธ์กันมีอยู่ในลักษณะที่ไม่ใช่เส้นตรง (ดังแสดงในภาพที่ 27 บทที่ 4) สอดคล้องกับหลักการตามทฤษฎี อย่างไรก็ตามเนื่องจากว่าผลที่ได้มาจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ความเสถียรของผลการคำนวณย่อมมีความเสถียรและสัมพันธ์กับทฤษฎีค่อนข้างสูงอย่างเป็นปกติอยู่แล้ว หากสามารถนำผลที่ได้ไปดำเนินการเทียบกับผลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการบ้างจะสามารถสร้างความเชื่อมันได้เพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง

ทั้งนี้เมื่อทำการปรับรูปแบบในตารางแล้ว เพื่อให้เป็นฐานข้อมูลในการนำไปใช้งานต่อในกรณีอื่นๆ จึงเห็นควรนำเสนอข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรของการออกแบบทั้ง 3 ค่า กับค่า CN ไว้อีกทางหนึ่งด้วย โดยจัดแสดงไว้ในภาคผนวก ก. และแสดงตัวอย่างภาพตัดของสวนซับน้ำฝนในรูปแบบของแบบก่อสร้างไว้ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของน้ำฝนไหลนอง (I) ตามคุณสมบัติของชั้นดิน (เซนติเมตร/1-ตารางเมตร)

	A	0			20 (เซนติเมตร)			40 (เซนติเมตร)			60 (เซนติเมตร)		
	E (%)	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40
D (เซนติเมตร)	5	29.3	29.8	30.3	49.2	49.7	50.2	69.0	69.5	70.0	88.7	89.2	89.7
	10	30.3	31.3	32.3	50.2	51.2	52.2	70.0	71.0	72.0	89.7	90.7	91.7
	15	31.3	32.8	34.3	51.2	52.7	54.2	71.0	72.4	73.9	90.7	92.2	93.6
	20	32.3	34.3	36.3	52.2	54.2	56.2	72.0	73.9	75.9	91.7	93.7	95.6
	25	33.3	35.8	38.3	53.2	55.7	58.2	73.0	75.4	77.9	92.7	95.2	97.6
	30	34.3	37.3	40.3	54.2	57.2	60.2	74.0	76.9	79.9	93.7	96.7	99.6
	35	33.3	35.8	38.3	53.2	55.7	58.2	73.0	75.4	77.9	92.7	95.2	97.6
	40	36.3	40.3	44.3	56.2	60.1	64.1	75.9	79.9	83.8	95.6	99.6	103.5
	45	37.3	41.8	46.3	57.2	61.6	66.1	76.9	81.4	85.8	96.6	101.1	105.5
	50	38.3	43.3	48.3	58.2	63.1	68.1	77.9	82.9	87.8	97.6	102.6	107.5
	55	39.3	44.7	50.2	59.1	64.5	70.0	78.9	84.3	89.7	98.6	104.0	109.4
	60	40.3	46.2	52.2	60.1	66.0	72.0	79.9	85.8	91.7	99.6	105.5	111.4



ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์	A คือความลึกของบ่อรับน้ำ (เซนติเมตร)
นายดำรงศักดิ์ รินชุมภู	B คือความลึกของชั้นดินปลูก (ค่าคงที่ = 6 นิ้ว)
หลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	C คือความพรุนของดินปลูก (ค่าคงที่ = ร้อยละ 25)
ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง	D คือความลึกของชั้นกรวด (เซนติเมตร)
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร	E คือความพรุนของกรวด (ร้อยละ)

2. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษานำมาใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบส่วนรับน้ำฝนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นที่รับน้ำฝนในเขตเมือง ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับภูมิสถาปนิก

เนื่องจากกระบวนการพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ที่สำคัญคือการออกแบบและวางผัง ทั้งส่วนที่เป็นอาคารและบริเวณโดยรอบ ทั้งนี้ผู้ที่รับผิดชอบโดยตรงในการทำงานส่วนนี้คือสถาปนิกและภูมิสถาปนิก ในการกำหนดประเภท ขนาด ตำแหน่ง และคุณสมบัติของพื้นที่ต่างๆ ให้เหมาะสมลงตัว ทั้งนี้เมื่อมีความประสงค์จะให้พื้นที่ว่างภายนอกอาคารมีประสิทธิภาพในการทำหน้าที่รองรับน้ำฝนไหลนอง เพื่อเป็นการลดทอนปัญหาการระบายน้ำในเขตเมืองนั้น ผู้ออกแบบต้องอาศัยหลักความรู้ในด้านการออกแบบคุณสมบัติของชั้นดินให้มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ดังกล่าว

ทั้งนี้เนื่องจากในปัจจุบัน ถึงแม้ว่าภูมิสถาปนิกจะมีความรู้ด้านการเลือกออกแบบพื้นที่รับน้ำฝน – สวนซับน้ำฝน (rain garden) กันอยู่แล้ว แต่ยังมิได้มีหลักเกณฑ์ที่ลงรายละเอียดถึงการออกแบบชั้นดิน (cross section) ที่เชื่อมโยงสู่การคำนวณปริมาณการกักเก็บน้ำได้อย่างง่าย และมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้เป็นการนำเสนอเครื่องมือที่จะช่วยให้ภูมิสถาปนิกที่มีความประสงค์จะออกแบบพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำฝนไหนนองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแค่ทำการเข้าใจตัวแปรที่สำคัญ 3 ตัวแปรเท่านั้น และใช้การเปิดตารางหาค่าใช้งานได้โดยตรง อีกทั้งยังช่วยส่งต่อความเข้าใจไปสู่ผู้ที่ทำงานในส่วนอื่นๆ ที่ต่อเนื่องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้พัฒนาโครงการ

เนื่องจากส่วนหนึ่งของที่มาในการศึกษาคือเรื่องการสะท้อน หรือตอบสนองเนื้อหาที่ถูกระบุในเรื่อง FAR Bonus ในข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 เพื่อเพิ่มแรงจูงใจด้วยหลักการมาตรการส่งเสริมการพัฒนา (incentive measure) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการสร้างโอกาสทางธุรกิจ (เพิ่มพื้นที่ขาย) ของโครงการอสังหาริมทรัพย์ ซึ่งเป็นประเด็นที่ย่อมจูงใจให้ผู้ประกอบการให้ความสำคัญกับเรื่องดังกล่าวมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ผลการศึกษาที่นำเสนอวิธีการออกแบบพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำบนเงื่อนไขของการใช้พื้นที่ว่างเท่าเดิม และยังพิสูจน์ในเบื้องต้นแล้วว่ามีโอกาสสูงในการนำไปขอใช้สิทธิ์ FAR Bonus ได้อีกด้วย จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ผู้ประกอบการควรนำไปใช้ในการพิจารณาวางแผนธุรกิจตั้งแต่ต้น ซึ่งจะนอกจากจะช่วยให้เกิดผลดีใน

ด้านการลงทุนในโครงการ อีกทั้งยังเป็นผลดีต่อการสร้างจุดขายในด้านการพยายามบรรเทาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการพัฒนา อีกทั้งยังส่งผลต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนได้ในอีกทางหนึ่งด้วย

2.3 ข้อเสนอแนะสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการขออนุญาตในการพัฒนาโครงการขนาดใหญ่ในเขตเมือง มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาร่วมพิจารณาผลของการดำเนินงานเป็นจำนวนมาก หากยกประเด็นแค่เรื่องที่เกี่ยวกับการออกแบบพื้นที่เพื่อรองรับน้ำฝนไหลนอง ซึ่งเชื่อมโยงกับ FAR Bonus เพียงประเด็นเดียวก็มีอย่างน้อย 2 หน่วยงาน เช่นสำนักการผังเมือง กรุงเทพมหานคร และสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) เป็นต้น โดยผลของการศึกษาสามารถเป็นคู่มือในการช่วยในการวิเคราะห์ปริมาตรของน้ำฝนที่สามารถกับเก็บได้บนพื้นที่ว่างภายในโครงการ โดยเฉพาะที่โครงการ-ผู้ออกแบบเสนอมาในรูปแบบพื้นที่สวนซับน้ำฝน ซึ่งเป็นการขจัดอุปสรรคของรูปแบบการพิจารณาโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ดังที่ได้นำเสนอมาในการศึกษาในครั้งนี้

2.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในครั้งต่อไป

เนื่องจากข้อจำกัดในด้านทรัพยากร เครื่องมือ และเวลาในการศึกษา กระบวนการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับสถานการณ์คือการจำลองกระบวนการด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งโปรแกรม Autodesk Infraworks 360 เป็นโปรแกรมช่วยงานออกแบบสถาปัตยกรรมที่ใช้งานเบื้องต้น ซึ่งเป็นขั้นตอนที่น่าเชื่อถือเป็นไปตามมาตรฐานของการทำงานในระดับหนึ่ง แต่กระนั้นกระบวนการที่จะทำให้ผลการศึกษาได้รับการยืนยันในความถูกต้องได้มากขึ้นคือการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถพิจารณาดำเนินการต่อเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ได้เลย เป็นการลดขั้นตอนบางส่วนได้เป็นอย่างดี

อีกทั้งการศึกษาที่เป็นการผสมศาสตร์ของทั้งภูมิสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เช่นนี้เป็นข้อพิสูจน์ถึงความสัมพันธ์ของวิชาชีพที่สอดคล้องกัน แต่อาจจะยังแบ่งการเรียนรู้ของแต่ละด้านที่ยังไม่ได้บรรจบกันอย่างสมเหตุสมผล ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นตัวจุดประกายให้เกิดการศึกษาในลักษณะข้ามสายการเรียนรู้ได้มากขึ้น ซึ่งจะเป็นการสร้างกรอบการทำงานของวิชาชีพที่สัมพันธ์กันอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

รายการอ้างอิง

Arvidson, A. R. (n.d.). Rain Garden Design and Benefits: Well-designed rain gardens are not only good for the earth, but good-looking as well. Retrieved 18 March, 2018, from https://www.gardendesign.com/eco-friendly/rain-gardens.html

Auckland Council. (n.d.). Rain Garden Construction Guide. *Stormwater Device Information Series* Retrieved 18 March, 2018, from https://www.aucklandcouncil.govt.nz/environment/stormwater/docsconstructionguides/rain-gardens-construction-guide.pdf

Autodesk. (2015). Green Stormwater Infrastructure Extension for InfraWorks 360: User Guide V1.0.0., from https://knowledge.autodesk.com/support/building-design-suite/learn-explore/caas/video/youtube/watch-v-9loVxeeZg9I.html

Connolly, R. D., Silburn, D. M., Glanville, S. G., & Bridge, B. J. (2002). Using rainfall simulators to derive soil hydraulic parameters. *Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation. CSIRO Publishing: Collingwood,* 106, 163-176.

Coutts, A., Loughnan, M., Tapper, N., White, E., Thom, J., Broadbent, A., et al. (2014). Impacts of Water Sensitive Urban Design Solutions on Human Thermal Comfort: Clayton, Victoria. http://watersensitivecities. org. au/new-publications-green-cities-and-microclimate.

Department of Planning and Local Government: Government of South Australia. (2010). *Water Sensitive Urban Design – Greater Adelaide Region. Adelaide, South Australia*. Retrieved. from https://www.sa.gov.au/topics/planning-and-property/land-and-property-development/planning-professionals/water-sensitive-urban-design.

Dietz, M. E., & Clausen, J. C. (2005). A field evaluation of rain garden flow and pollutant treatment. *Water, Air, and Soil Pollution,* 167(1-4), 123-138.

Du, S. (2012). *Design with stormwater : landscape of integrated LID in Chinese high-density residential development.* The University of Hong Kong (Pokfulam, Hong Kong).

Dunnett, N., & Clayden, A. (2007). *Rain gardens: managing water sustainably in the*

garden and designed landscape. Oregon: Timber Press, Inc.

Dussaillant, A. R., Wu, C. H., & Potter, K. W. (2004). Richards equation model of a rain garden. *Journal of Hydrologic Engineering,* 9(3), 219-225.

Emanuel, R., Godwin, D., & Stoughton, C. (2010). The Oregon Rain Garden Guide: Landscaping for Clean Water and Healthy Streams. Oregon State University: Oregon Sea Grant.

Environmental Science Division (EVS). (n.d.). Total Porosity. Retrieved 19 February, 2016, from http://web.ead.anl.gov/resrad/datacoll/porosity.htm

Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., et al. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and moreâ€"The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal,* 12(7), 525-542.

Franti, T. G., & Rodie, S. N. (2007). Stormwater Management: Rain Garden Design for Homeowners. University of Nebraska-Lincoln Extension: BebGuide.

Goonetilleke, A., Egodawatta, P., & Liu, A. (2011). *Enhancing Water Sensitive Urban Design (WSUD) practices to mitigate urban stormwater pollution and reuse potential.* Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Sustainable Water Resource Management and Treatment Technologies.

Holton, J. R., & Hakim, G. J. (2012). *An introduction to dynamic meteorology* (Vol. 88): Academic press.

Howe, C. A., Butterworth, J., Smout, I. K., Duffy, A. M., & Vairavamoorthy, K. (2012). Sustainable water management in the city of the future, *Findings from the SWITCH project* 2006 - 2011. UNESCO-IHE, Delft.

Jaber, F., Woodson, D., LaChance, C., & York, C. (2012). Stormwater Management: Rain Gardens: Texas A&M Agrilife Extension.

Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2009). Small Watershed Hydrology - WinTR–55 User Guide.

Public Utilities Board (PUB). (2014). Active, Beautiful, Clean (ABC) Waters Design Guidelines: Singapore's National Water Agency.

Puget Sound Action Team. (2005). Low Impact Development: Technical Guidance Manual. Washington: Pierce County Extension.

School of Geographical Sciences University of Bristol. (n.d.). TRACE. Retrieved 3 April,

2018, from https://www.bristol.ac.uk/geography/research/hydrology/facilities/trace/

Shiksha, K. (2015). Infiltration Process. from http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=1994

U.S. Department of the Interior. (1963). A Field Method for Measurement of Infiltration. Washington: United States Government Printing Office.

Wong, T. H. F. (2011). *Framework for stormwater quality management in Singapore.* Paper presented at the 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre, Brazil.

กระทรวงมหาดไทย. (2555). มาตรฐานทางระบายน้ำ. Retrieved. from http://www.dla.go.th/servlet/EbookServlet?_mode=detail&ebookId=564&random=1439993215117.

กระทรวงมหาดไทย. (2556). กฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556. กรุงเทพมหานคร: ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 330 ตอนที่ 43 ก ลงวันที่ 16 พฤษภาคม 2556.

กองสี วันนะสิน. (2555). การเปลี่ยนแปลงของน้ำฝน และพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่อศักยภาพการให้น้ำท่าของลุ่มน้ำงึมตอนบน สปป. ลาว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

กังวาน พิพิธพงศ์สันต์. (2553). การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมผิวดิน ที่ส่งผลต่อระบบอุทกนิเวศ กรณีศึกษา บ้านแม่แอน ต.ห้วยทราย อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ชญา ปัญญาสุข และปราณิศา บุญค้ำ. (2555). รับมือน้ำท่วมด้วยแนวคิดทางภูมิสถาปัตยกรรม. วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์, 68, 40-47.

ชุติมา กลยนีย์ และรัชนีกร พรมแสง. (2556). การศึกษาความสัมพันธ์ของดินและน้ำภายในสถานีทดลองบริหารจัดการน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นนทบุรี.

ชูโชค อายุพงศ์. (2535). อุทกวิทยา. เชียงใหม่: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ซีบีอาร์อี (CBRE) ประเทศไทย. (2558). ย่านและที่ตั้งอาคารสำนักงานในกรุงเทพมหานคร และค่าใช้จ่ายอื่นๆนอกเหนือจากค่าเช่าพื้นที่.   Retrieved 15 ตุลาคม 2558, from http://www.cbre.co.th/th/ResearchCentre

ณัฐธีร์ ตันติเลิศอนันต์. (2554). แนวทางในการวางผังออกแบบภูมิทัศน์เพื่อกักเก็บและระบายน้ำผิวดินในพื้นที่ชุมชนเมือง มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพมหานคร.

ทศพล โมครัตน์ ปรัชญา จอมทรักษ์ และภูวเดช สุบิน. (2557). การศึกษาอัตราการซึมลึกของดิน. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. (2554). คู่มือออกแบบระบบน้ำเสียและน้ำฝน (6 ed.): สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.).

ธงชัย โรจนกนันท์. (2553). การกำหนดสัดส่วนพื้นที่อาคาร (*Floor Area Ratio-FAR)*. Paper presented at the การประชุมหารือเรื่องการกำหนดสัดส่วนพื้นที่อาคารในผังเมืองรวม. from http://office.dpt.go.th/csp/images/stories/pdf/disaster/FlorArea.pdf

ธชณัฐ ภัทรสถาพรกุล. (มปป.). ภาพรวมสถานการณ์ทรัพยากรน้ำของประเทศไทย. from http://www.wis.or.th/thai/learning_detail.asp?id=1

ไนท์แฟรงค์ประเทศไทย. (2559). แนวโน้มตลาดคอนโดครึ่งปีหลัง 2559. Retrieved 16 กันยายน, 2559, from http://thailand-property-news.knightfrank.co.th/2016/09/29/ไนท์
แฟรงค์ประเทศไทยเผ-11/

บริษัท ไท - ไท วิศวกร จำกัด. (2556). รายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานผลกระทบส่งแวดล้อม โครงการ The Bangkok Sathorn. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.

บริษัท อีโคซิสเต็ม เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแทนท์ จำกัด. (2552). รายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานผลกระทบส่งแวดล้อม โครงการจัดสรรที่ดิน เดอะวิลล่า รัตนาธิเบศร์ (ส่วนขยาย). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.

บริษัท เอ็น เอส คอนซัลแทนท์ จำกัด. (2552). รายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานผลกระทบส่งแวดล้อม โครงการบ้าน นวธารา. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.

บ้านและสวน. (2560). อุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พื้นที่สีเขียวแห่งใหม่ของคนเมือง. Retrieved 17 มีนาคม 2561, from http://www.baanlaesuan.com/52048/design/100years_green_park/

ประเสริฐ ศักดิ์ธนากูล. (2545). มาตรการบังคับใช้ผังการบริหารผังเมืองและพื้นฐานทางกฎหมาย. กรุงเทพมหานคร: ไลบรารี่.

ฝ่ายสถิติและประมวลผลข้อมูล ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์. (2557). ข้อมูลที่อยู่อาศัยสร้างเสร็จจดทะเบียนใหม่ในเขตกรุงเทพฯ - ปริมณฑลประจำงวดครึ่งแรกปี 2557. กรุงเทพมหานคร.

ภณเสฏฐ แดงขวัญทอง. (2559). การสำรวจการเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (*Far bonus)* ในการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ประเภทอาคารสูงในเขตกรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

ศนิ ลิ้มทองสกุล. (2554). การประยุกต์ใช้แนวทางการบริหารจัดการน้ำผิวดิน ด้วยแนวคิด LID ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 60(1), 85 - 98.

ศศิยา ศิริพานิช. (2554). ภูมิทัศน์พื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: บริษัท บีทีเอส เพรส จำกัด.

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (มปป.). วัฏจักรน้ำ. from http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/water-cycle

สถาบันอาคารเขียวไทย. (2553). การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม. กรุงเทพมหานคร: สถาบันอาคารเขียวไทย.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. (2553). สมบัติทางกายภาพของดินในประเทศไทย. Retrieved 18 มีนาคม, 2561, from http://osd101.ldd.go.th/?p=83

อริยา อรุณินท์. (2555). การป้องกันน้ำท่วมเมือง : ประสบการณ์จากประเทศเนเธอร์แลนด์. วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์, 68, 67 - 72.

อริยา อรุณินท์. (มปป). แนวทางการจัดการโครงการภูมิสถาปัตยกรรมเมือง: ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

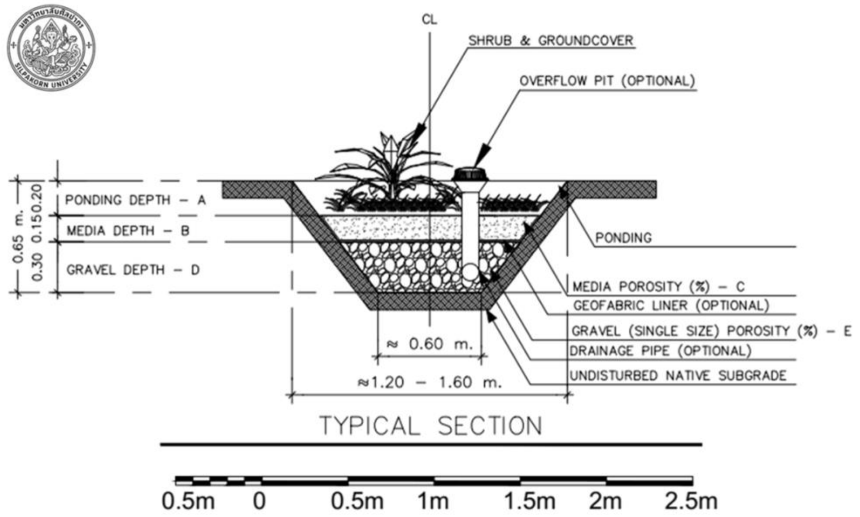
เอี่ยมอนงค์ โกมลสิงห์. (2552). ข้อจำกัดของการพัฒนาเมืองต่อสมรรถนะระบบหน่วงน้ำท่วมที่มีอยู่ของเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

รายการอ้างอิง

ภาคผนวก ก

ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนสะสมกับน้ำหลากตามผิวดิน (Curve Number (CN))

	A	0			20 (เซนติเมตร)			40 (เซนติเมตร)			60 (เซนติเมตร)		
	E (%)	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40
D (เซนติเมตร)	5	43.7	43.0	42.4	27.8	27.6	27.3	20.7	20.6	20.4	16.6	16.5	16.4
	10	42.5	41.4	40.4	27.3	26.9	26.5	20.4	20.2	20.0	16.5	16.3	16.2
	15	41.3	39.7	38.3	26.9	26.2	25.6	20.2	19.8	19.5	16.3	16.1	15.9
	20	40.1	38.1	36.3	26.4	25.6	24.8	19.9	19.5	19.0	16.1	15.8	15.6
	25	39.2	36.8	34.8	26.0	25.0	24.1	19.7	19.2	18.6	16.0	15.6	15.3
	30	38.2	35.6	33.4	25.6	24.4	23.4	19.5	18.8	18.2	15.8	15.4	15.0
	35	39.2	36.8	34.8	26.0	25.0	24.1	19.7	19.2	18.6	16.0	15.6	15.3
	40	36.3	33.1	30.5	24.8	23.3	22.1	19.0	18.2	17.5	15.6	15.0	14.5
	45	35.5	32.2	29.5	24.4	22.9	21.5	18.8	17.9	17.1	15.4	14.8	14.3
	50	34.7	31.2	28.4	24.1	22.4	21.0	18.6	17.7	16.8	15.3	14.7	14.1
	55	33.9	30.3	27.4	23.7	22.0	20.5	18.4	17.4	16.5	15.2	14.5	13.8
	60	33.1	29.3	26.4	23.3	21.5	19.9	18.2	17.1	16.1	15.0	14.3	13.6



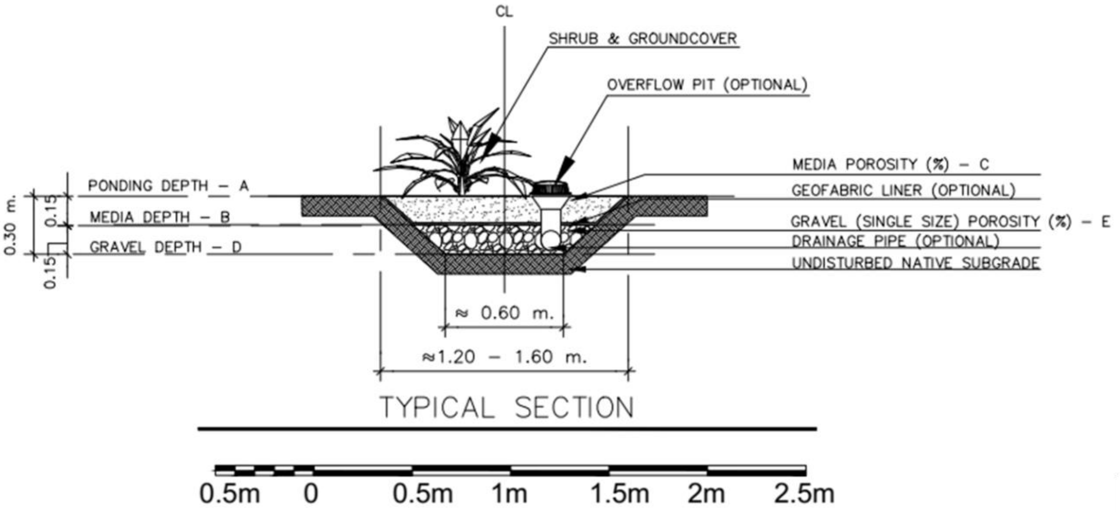
ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์	A คือความลึกของบ่อรับน้ำ (เซนติเมตร)
นายดำรงศักดิ์ รินชุมภู	B คือความลึกของชั้นดินปลูก (ค่าคงที่ = 6 นิ้ว)
หลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	C คือความพรุนของดินปลูก (ค่าคงที่ = ร้อยละ 25)
ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง	D คือความลึกของชั้นกรวด (เซนติเมตร)
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร	E คือความพรุนของกรวด (ร้อยละ)

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างภาพตัดขวาง (cross section) ของสวนซับน้ำฝน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ข. – 1 ตัวอย่างภาพตัดขวาง (cross section) ของสวนซับน้ำฝน 1



รายละเอียดการออกแบบ

สัดส่วนและคุณสมบัติของหน้าตัด		ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของน้ำฝนไหลนอง (I) ตามคุณสมบัติของชั้นดิน (เซนติเมตร/1-ตารางเมตร)
A - ความลึกของบ่อรับน้ำ (เซนติเมตร)	0	34.3
B - ความลึกของชั้นดินปลูก (เซนติเมตร)	15	
C - ความพรุนของดินปลูก (ร้อยละ)	25	
D - ความลึกของชั้นกรวด (เซนติเมตร)	15	
E - ความพรุนของกรวด (ร้อยละ)	40	

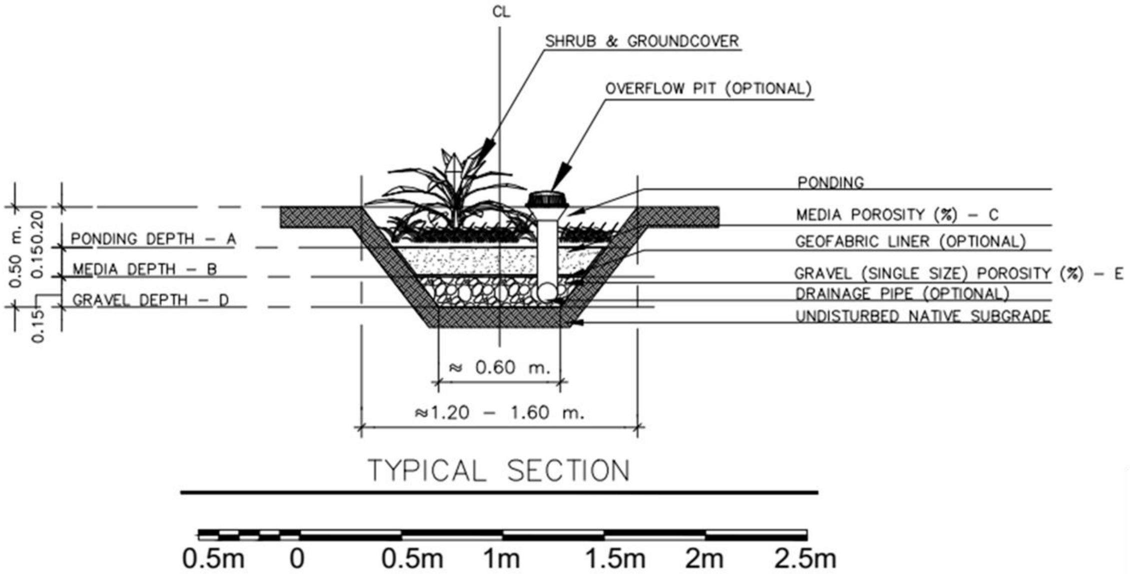
ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์	หลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
	ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง
ปีการศึกษา 2560	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
นายดำรงศักดิ์ รินชุมภู	ผศ. ดร.รุจิโรจน์ อนามบุตร – อาจารย์ที่ปรึกษา

ขนาดพื้นที่สีเขียว ต่อพื้นที่โครงการ (ร้อยละ)	FAR Bonus (ประมาณการ) (ร้อยละ)		
	ขนาดพื้นที่สวนซับน้ำฝน เทียบกับพื้นที่สีเขียวของโครงการ (ร้อยละ)		
	20	40	60
15	ไม่ถึงเกณฑ์	5.1	7.7
20	ไม่ถึงเกณฑ์	6.9	10.3
25	ไม่ถึงเกณฑ์	8.6	12.9
30	5.1	10.3	15.4
35	6.0	12.0	18.0

หมายเหตุ – เป็นไปตามเกณฑ์ ในข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ว่าด้วย การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) โดยกำหนดให้ หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต ที่กักเก็บน้ำได้ในสัดส่วนไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ดิน 50 ตารางเมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ5 ถ้าสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ตามสัดส่วน แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินร้อยละ 20

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ข. – 2 ตัวอย่างภาพตัดขวาง (cross section) ของสวนซับน้ำฝน 2



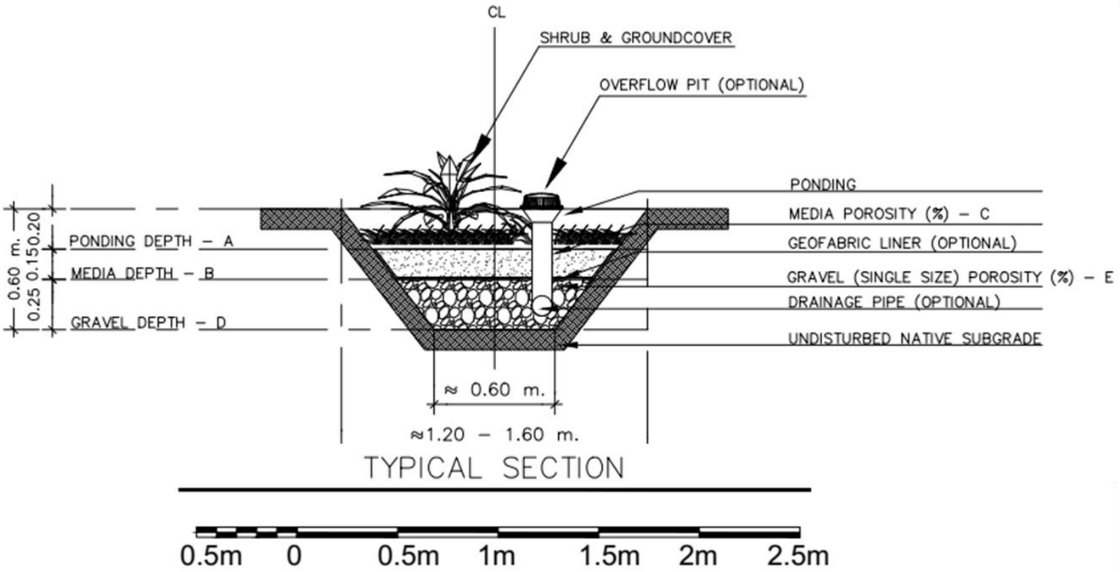
รายละเอียดการออกแบบ

สัดส่วนและคุณสมบัติของหน้าตัด		ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของน้ำฝนไหลนอง (I) ตามคุณสมบัติของชั้นดิน (เซนติเมตร/1-ตารางเมตร)
A - ความลึกของบ่อรับน้ำ (เซนติเมตร)	20	51.2
B - ความลึกของชั้นดินปลูก (เซนติเมตร)	15	
C - ความพรุนของดินปลูก (ร้อยละ)	25	
D - ความลึกของชั้นกรวด (เซนติเมตร)	15	
E - ความพรุนของกรวด (ร้อยละ)	20	

ขนาดพื้นที่สีเขียว ต่อพื้นที่โครงการ (ร้อยละ)	FAR Bonus (ประมาณการ) (ร้อยละ)		
	ขนาดพื้นที่สวนซับน้ำฝน เทียบกับพื้นที่สีเขียวของโครงการ (ร้อยละ)		
	20	40	60
15	ไม่ถึงเกณฑ์	7.7	11.5
20	5.1	10.2	15.4
25	6.4	12.8	19.2
30	7.7	15.4	20*
35	9.0	17.9	20*

หมายเหตุ – เป็นไปตามเกณฑ์ ในข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ว่าด้วย การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) โดยกำหนดให้ หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต ที่กักเก็บน้ำได้ในสัดส่วนไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ดิน 50 ตารางเมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ5 ถ้าสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ตามสัดส่วน แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินร้อยละ 20

ภาคผนวก ข. – 3 ตัวอย่างภาพตัดขวาง (cross section) ของสวนซับน้ำฝน 3



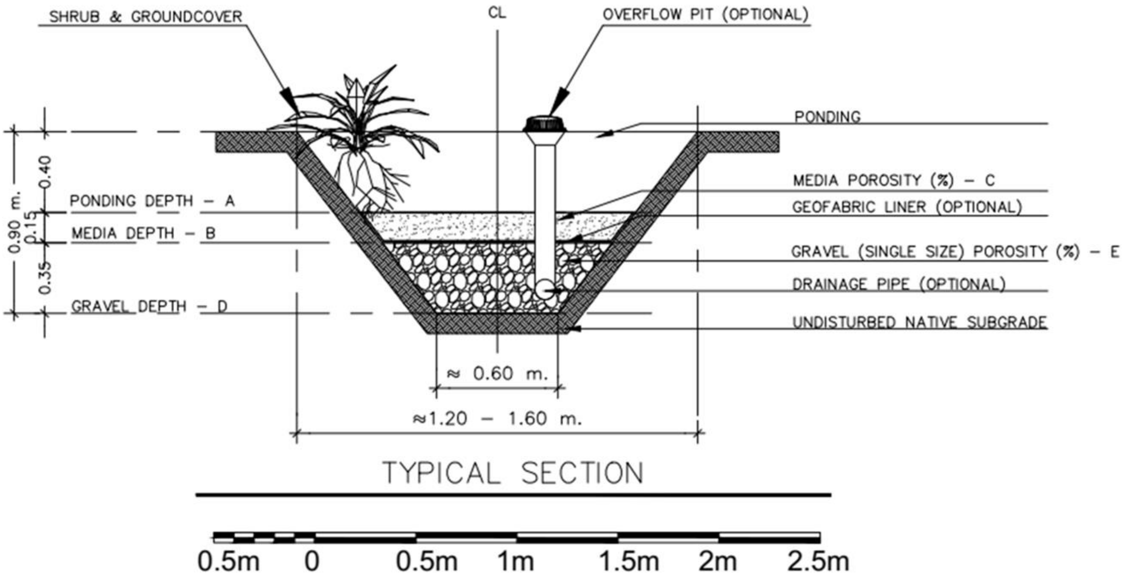
รายละเอียดการออกแบบ

สัดส่วนและคุณสมบัติของหน้าตัด		ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของน้ำฝนไหลนอง (I) ตามคุณสมบัติของชั้นดิน (เซนติเมตร/1-ตารางเมตร)
A - ความลึกของบ่อรับน้ำ (เซนติเมตร)	20	58.2
B - ความลึกของชั้นดินปลูก (เซนติเมตร)	15	
C - ความพรุนของดินปลูก (ร้อยละ)	25	
D - ความลึกของชั้นกรวด (เซนติเมตร)	25	
E - ความพรุนของกรวด (ร้อยละ)	40	

ขนาดพื้นที่สีเขียว ต่อพื้นที่โครงการ (ร้อยละ)	FAR Bonus (ประมาณการ) (ร้อยละ)		
	ขนาดพื้นที่สวนซับน้ำฝน เทียบกับพื้นที่สีเขียวของโครงการ (ร้อยละ)		
	20	40	60
15	ไม่ถึงเกณฑ์	8.7	13.1
20	5.8	11.6	17.5
25	7.3	14.6	20*
30	8.7	17.5	20*
35	10.2	20*	20*

หมายเหตุ – เป็นไปตามเกณฑ์ ในข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ว่าด้วย การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) โดยกำหนดให้ หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต ที่กักเก็บน้ำได้ในสัดส่วนไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ดิน 50 ตารางเมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ5 ถ้าสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ตามสัดส่วน แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินร้อยละ 20

ภาคผนวก ข. – 4 ตัวอย่างภาพตัดขวาง (cross section) ของสวนซับน้ำฝน 4



รายละเอียดการออกแบบ

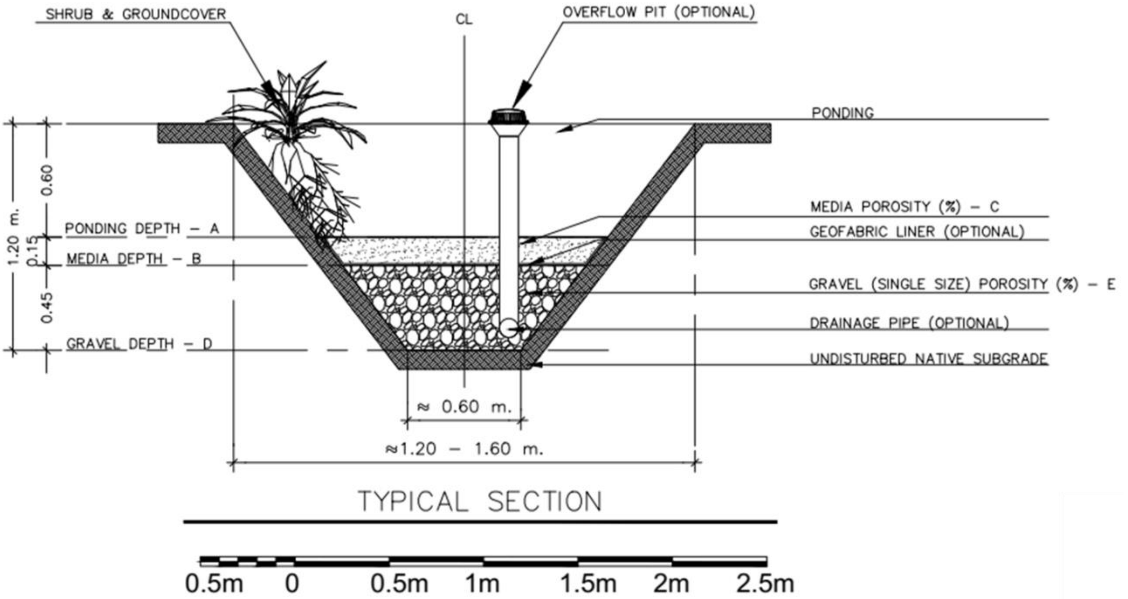
สัดส่วนและคุณสมบัติของหน้าตัด		ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของน้ำฝนไหลนอง (I) ตามคุณสมบัติของชั้นดิน (เซนติเมตร/1-ตารางเมตร)
A - ความลึกของบ่อรับน้ำ (เซนติเมตร)	40	75.4
B - ความลึกของชั้นดินปลูก (เซนติเมตร)	15	
C - ความพรุนของดินปลูก (ร้อยละ)	25	
D - ความลึกของชั้นกรวด (เซนติเมตร)	35	
E - ความพรุนของกรวด (ร้อยละ)	30	

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์	หลักสูตรภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
	ภาควิชาการออกแบบและวางผังชุมชนเมือง
ปีการศึกษา 2560	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
นายดำรงศักดิ์ รินชุมภู	ผศ. ดร.รุจิโรจน์ อนามบุตร – อาจารย์ที่ปรึกษา

ขนาดพื้นที่สีเขียว ต่อพื้นที่โครงการ (ร้อยละ)	FAR Bonus (ประมาณการ) (ร้อยละ)		
	ขนาดพื้นที่สวนซับน้ำฝน เทียบกับพื้นที่สีเขียวของโครงการ (ร้อยละ)		
	20	40	60
15	5.7	11.3	17.0
20	7.5	15.1	20*
25	9.4	18.9	20*
30	11.3	20*	20*
35	13.2	20*	20*

หมายเหตุ – เป็นไปตามเกณฑ์ ในข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ว่าด้วย การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) โดยกำหนดให้ หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต ที่กักเก็บน้ำได้ในสัดส่วนไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ดิน 50 ตารางเมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ5 ถ้าสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ตามสัดส่วน แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินร้อยละ 20

ภาคผนวก ข. – 5 ตัวอย่างภาพตัดขวาง (cross section) ของสวนซับน้ำฝน 5



รายละเอียดการออกแบบ

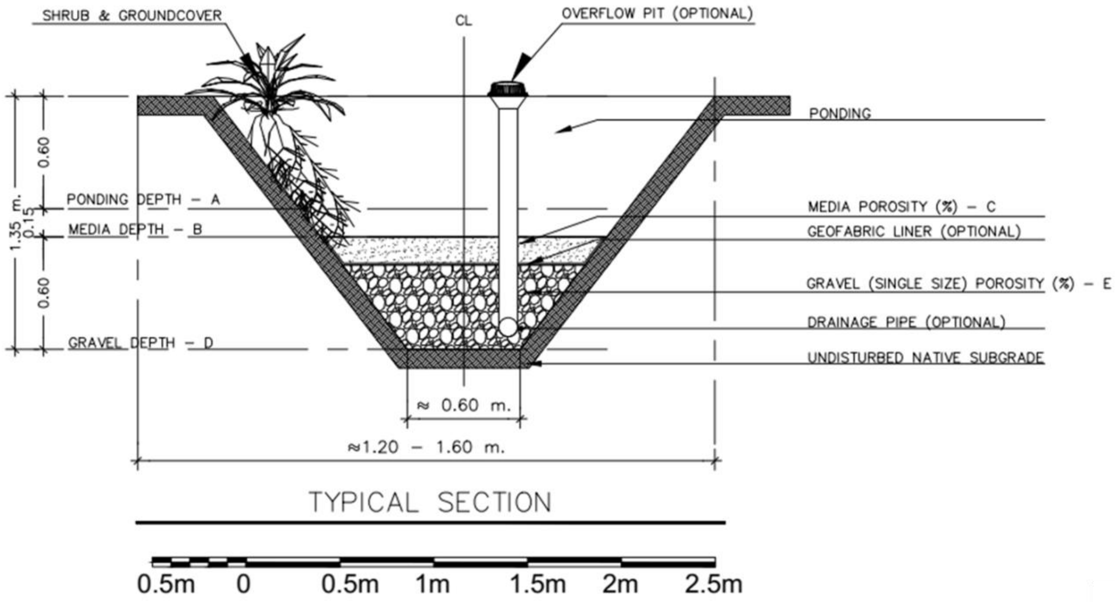
<table>
<tr><th colspan="2">สัดส่วนและคุณสมบัติของหน้าตัด</th><th>ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของน้ำฝนไหลนอง (I) ตามคุณสมบัติของชั้นดิน (เซนติเมตร/1-ตารางเมตร)</th></tr>
<tr><td>A - ความลึกของบ่อรับน้ำ (เซนติเมตร)</td><td>60</td><td rowspan="5">96.6</td></tr>
<tr><td>B - ความลึกของชั้นดินปลูก (เซนติเมตร)</td><td>15</td></tr>
<tr><td>C - ความพรุนของดินปลูก (ร้อยละ)</td><td>25</td></tr>
<tr><td>D - ความลึกของชั้นกรวด (เซนติเมตร)</td><td>45</td></tr>
<tr><td>E - ความพรุนของกรวด (ร้อยละ)</td><td>20</td></tr>
</table>

ขนาดพื้นที่สีเขียว ต่อพื้นที่โครงการ (ร้อยละ)	FAR Bonus (ประมาณการ) (ร้อยละ)		
	ขนาดพื้นที่สวนซับน้ำฝน เทียบกับพื้นที่สีเขียวของโครงการ (ร้อยละ)		
	20	40	60
15	7.2	14.5	20*
20	9.7	19.3	20*
25	12.1	24.2	20*
30	14.5	20*	20*
35	16.9	20*	20*

หมายเหตุ – เป็นไปตามเกณฑ์ ในข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ว่าด้วย การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) โดยกำหนดให้ หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต ที่กักเก็บน้ำได้ในสัดส่วนไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ดิน 50 ตารางเมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ5 ถ้าสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ตามสัดส่วน แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินร้อยละ 20

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก ข. – 6 ตัวอย่างภาพตัดขวาง (cross section) ของสวนซับน้ำฝน 6



รายละเอียดการออกแบบ

สัดส่วนและคุณสมบัติของหน้าตัด		ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของน้ำฝนไหลนอง (I) ตามคุณสมบัติของชั้นดิน (เซนติเมตร/1-ตารางเมตร)
A - ความลึกของบ่อรับน้ำ (เซนติเมตร)	60	
B - ความลึกของชั้นดินปลูก (เซนติเมตร)	15	
C - ความพรุนของดินปลูก (ร้อยละ)	25	111.4
D - ความลึกของชั้นกรวด (เซนติเมตร)	65	
E - ความพรุนของกรวด (ร้อยละ)	20	

ขนาดพื้นที่สีเขียว ต่อพื้นที่โครงการ (ร้อยละ)	FAR Bonus (ประมาณการ) (ร้อยละ)		
	ขนาดพื้นที่สวนซับน้ำฝน เทียบกับพื้นที่สีเขียวของโครงการ (ร้อยละ)		
	20	40	60
15	8.4	16.7	20*
20	11.1	20*	20*
25	13.9	20*	20*
30	16.7	20*	20*
35	19.5	20*	20*

หมายเหตุ – เป็นไปตามเกณฑ์ ในข้อบังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ว่าด้วย การเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR Bonus) โดยกำหนดให้ หากเจ้าของที่ดินหรือผู้ประกอบการได้จัดให้มีพื้นที่รับน้ำในแปลงที่ดินที่ขออนุญาต ที่กักเก็บน้ำได้ในสัดส่วนไม่น้อยกว่า 1 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ดิน 50 ตารางเมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ไม่เกินร้อยละ5 ถ้าสามารถกักเก็บน้ำได้มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินเพิ่มได้ตามสัดส่วน แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินร้อยละ 20

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายดำรงศักดิ์ รินชุมภู
วัน เดือน ปี เกิด	28 พฤษภาคม 2521
สถานที่เกิด	ประเทศไทย
วุฒิการศึกษา	- วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา), ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ประเทศไทย, 2538 - 2542 - Master of Engineering (Energy), School of Environmental Resources and Development, Asian Institute of Technology, Thailand, 2003 - 2005 - Doctor of Philosophy (Civil Engineering & Built Environment), School of Civil Engineering & Built Environment, Science and Engineering Faculty, Queensland University of Technology, Australia, 2009 - 2013
ที่อยู่ปัจจุบัน	7/467 ซอยวิภาวดีรังสิต 36 แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
ผลงานตีพิมพ์	Rinchumphu, D., & Anambutr, R. (2017). Determination of stormwater runoff infiltration on rain water absorbing garden for landscape architecture (in Thai). Journal of Environmental Design, 4(2), 84-101.
รางวัลที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ประจำปีงบประมาณ 2560

มหาวิทยาลัยศิลปากร