

การศึกษาศักยภาพการลดอัตราการไหลของสระน้ำในไร่นา

The study runoff potential reduction by on-farm pond

ศุภสิทธิ์ คนใหญ่^{1,2} และ วิชัย ศรีบุญลือ²

¹รองผู้อำนวยการสถาบันแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

*ผู้ติดต่อ: E-mail supako@kku.ac.th, โทรศัพท์: 043 362 148, โทรสาร: 043 362 149

บทคัดย่อ

สระน้ำในไร่นาสามารถพบได้โดยทั่วไปในทุกที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากประโยชน์ในการเป็นแหล่งเก็บน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้งและเป็นบ่อเลี้ยงปลาในบางพื้นที่ ประโยชน์อีกอย่างคือการลดอัตราการไหลของน้ำในฤดูฝนโดยมีหลักการคือการไหลเข้าเร็วและปล่อยให้ไหลออกช้า ซึ่งจะช่วยลดน้ำท่วมในชุมชนได้ การศึกษาศักยภาพการลดอัตราการไหลของสระน้ำหรือลดอัตราการไหลสูงสุดโดยใช้การไหลผ่านอ่างเก็บน้ำ (reservoir routing) พบว่าความสามารถในการลดอัตราการไหลสูงสุด โดยขึ้นอยู่กับความกว้างของสันฝายทางไหลออก (outlet crest) เมื่อความกว้างของสันน้ำล้นที่สระเหนือเท่ากับ 1 และ 2 เมตร สามารถลดอัตราการไหลสูงสุดได้ 43.48 % และ 27.09 % ตามลำดับ ขณะที่ความกว้างของสันน้ำล้นที่สระใต้เท่ากับ 1 และ 2 เมตร สามารถลดอัตราการไหลสูงสุดได้ 38.74 % และ 24.08 % ตามลำดับ

คำหลัก: การไหลผ่านอ่าง, กราฟอุทกหนึ่งหน่วยสังเคราะห์, สระเก็บกักน้ำ

Abstract

The on-farm pond can be found everywhere in generally northeastern Thailand. This can be used for many purposes e.g. farm-water supply for drought season and fish raising in some area. In addition, it can be used even flood mitigation during rainy periods, base on quick inflow and slow outflow through on-farm pond in order to even flood mitigation in urban area. The study runoff potential reduction by on-farm pond or reduce peak discharge via reservoir routing, by varying the width of outlet crest. The north pond can lower peak discharge by 43.48 % and 27.09% for the outlet crest 1 and 2 meters width, respectively. South pond can lower peak discharge by 38.74 % and 24.08% for the outlet crest 1 and 2 meters width, respectively.

Keywords: reservoir routing, synthetic unit hydrograph, retention pond

1. บทนำ

สระน้ำในไร่นาเป็นแหล่งน้ำที่พบได้ทั่วไปในพื้นที่ทำการเกษตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีประมาณ 1300 มม. ซึ่งมักเป็นอันดับสองรองจากภาคใต้ (ปราณี ว่องวิทวัส, 2532) จากประโยชน์ที่ใช้เป็นที่เก็บกักน้ำ (retention pond) ในฤดูฝนหรือช่วงน้ำหลาก เพื่อใช้ชั่วคราวในฤดูแล้ง นอกจากนี้ประโยชน์อีกอย่างยังสามารถลดอัตราการไหลสูงสุดของน้ำที่จะไหลเข้าสู่ชุมชนได้ และเพิ่มระยะเวลาการเคลื่อนที่ของมวลน้ำหรือชะลอน้ำก่อนมาถึงชุมชน ซึ่งความสามารถในการชะลอการไหลขึ้นอยู่กับความจุและอัตราการไหลล้นของสระ

ดังนั้นในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาถึงประโยชน์ในอีกด้านหนึ่งของสระน้ำในไร่นา ที่มีอยู่แล้วในพื้นที่คือ สักยภาพการลดอัตราการไหลของน้ำของสระน้ำในไร่นา

2. ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

การประเมินความสามารถของสระน้ำในการลดอัตราการไหลสูงสุดและชะลอรยะเวลาการไหลของน้ำที่จะไหลเข้าท่วมในพื้นที่เขตชุมชน จำเป็นต้องทำการศึกษาและเข้าใจในหลักการเบื้องต้นและสมการดังต่อไปนี้

2.1 การคำนวณปริมาณน้ำไหลเข้าสระ

ในพื้นที่รับน้ำที่มีขนาดเล็ก ข้อมูลฝนและน้ำท่าจะหาได้ยาก จึงใช้วิธีการหาคกราฟอุทกหนึ่งหน่วยจากลักษณะของพื้นที่รับน้ำและอาจเพิ่มข้อมูลทางสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเรียกว่า กราฟอุทกหนึ่งหน่วยสังเคราะห์ (synthetic unit hydrograph) ในการหาปริมาณการไหลเข้าสระโดยมีรายละเอียดดังนี้

อัตราการไหลสูงสุด (peak discharge, U_p) ดังสมการ (1) (Snyder, 1938)

$$u_p = \frac{C_p A}{t_p} \quad (1)$$

เมื่อ u_p คือ อัตราการไหลสูงสุดของกราฟอุทกหนึ่งหน่วย $m^3 s^{-1} cm^{-1}$, A คือ พื้นที่รับน้ำ (watershed area, km^2), t_p คือเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด และ C_p เป็นสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการปรับเทียบค่า (วิชัย ศรีบุญลือ, 2552)

เวลาเกิดอัตราการไหลสูงสุด (time to peak, t_p) คือเวลานับตั้งแต่เกิดฝนส่วนเกินจนกระทั่งถึงเวลาที่เกิดอัตราการไหลสูงสุด ดังสมการ

$$t_p = t_l + \frac{D}{2} \quad (2)$$

เมื่อ D คือ ช่วงเวลาที่ฝนตก , t_l คือเวลาหน่วง (lag time) ของ กราฟอุทกหนึ่งหน่วย (unit hydrograph) ที่มีเวลาจำเพาะค่าหนึ่งของพื้นที่รับน้ำนั้น มักจะมีค่าคงที่และสัมพันธ์กับขนาด และรูปร่างของพื้นที่รับน้ำ (Shaw, 1994)

2.2 การคำนวณปริมาณน้ำออกจากสระ

ปริมาณน้ำออกจากสระพิจารณาตามลักษณะการสูญเสียเนื่องจากการระเหย และการซึมการระเหย

สมการพริสเลย์ – เทย์เลอร์ (Priestley–Taylor evaporation equation) พัฒนามาจากสมการการระเหยของสมการเพนแมน (Penman, 1948) แสดงดังสมการ

$$E = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} E_r \quad (3)$$

ตัวแปร α มีค่าประมาณ 1.3 โดยแปรผันเล็กน้อยตามตำแหน่งที่เปลี่ยนไป , E_r คืออัตราการระเหยเนื่องจากการแผ่รังสี ($m d^{-1}$) และ Δ คือ เกรเดียนต์ของความดันไอน้ำอิ่มสามารถหาได้จากสมการ

$$\Delta = \frac{e_{s2} - e_{s1}}{T_2 - T_1} \quad (4)$$

โดยที่ e คือ ความดันไอน้ำ , T คืออุณหภูมิอากาศ ที่จุดพิจารณา เมื่อ γ คือตัวคงที่ไซโครเมตริก (psychrometric constant)

$$\gamma = \frac{c_p p}{0.622 \lambda} \quad (5)$$

c_p คือ ความจุความร้อนเมื่อความดันคงที่ ($J kg^{-1} C^{-1}$), λ คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ($J kg^{-1}$) และ p คือความดันอากาศ (hPa)

ถาดวัดการระเหย

ถาดวัดการระเหย Class A ของ U.S. Bureau ประเทศสหรัฐอเมริกา ปริมาณการระเหยจากถาดสามารถใช้เทียบหาค่าการระเหยจากผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำ (Viessman, 2003) ดังสมการ

$$E_{\text{pond}} = K_p E_{\text{pan}} \quad (6)$$

เมื่อ E_{pond} คืออัตราการระเหยจากอ่างเก็บน้ำ , E_{pan} คืออัตราการระเหยจากถาด , และ K_p คือสัมประสิทธิ์ของถาด ค่าสัมประสิทธิ์ถาดมีค่าเฉลี่ยอยู่ประมาณ 0.7 เมื่ออุณหภูมิของน้ำในถาดและในอากาศเท่ากัน ถ้าอุณหภูมิของน้ำในถาดสูงกว่าในอากาศค่า K_p จะมีค่า 0.8 หรือสูงกว่า ในกรณีอุณหภูมิของน้ำในถาดต่ำกว่าในอากาศค่า K_p จะมีค่า 0.6 หรือต่ำกว่า (World Meteorological Organization, 1994)

สมดุลของสระน้ำ

หลักการของสมดุลน้ำ สระน้ำหรือปริมาตรควบคุม อัตราการไหลเข้าของน้ำลบด้วยอัตราการไหลออก มีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำ (storage) ในปริมาตรควบคุม ดังสมการ

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \quad (7)$$

เมื่อ I คือ อัตราการไหลเข้า, Q คือ อัตราการไหลออก, S คือ ปริมาณน้ำในสระ และ t คือ เวลา, dS/dt คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำ

สมดุลของสระมีการใช้น้ำจากปริมาณการไหลออกจะเกิดจากสามปัจจัย คือ การระเหย การซึม และการใช้น้ำ สามารถเขียนเป็นสมการดังนี้

$$G_i - E - G_o - U = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (8)$$

เมื่อ G_i และ G_o คือ อัตราการไหลใต้ดินไหลเข้ากับไหลออกตามลำดับ, E คือ อัตราการระเหย, U คือ อัตราการใช้น้ำในสระและ $\Delta S/\Delta t$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณเก็บกัก

2.3 การลดอัตราการไหลสูงสุด

การหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ

การคำนวณการเปลี่ยนแปลงของคลื่นน้ำท่วม (flood wave) เมื่อ flood เคลื่อนที่ผ่านส่วนของลำน้ำหรืออ่างเก็บน้ำ คือ เทคนิคการหากราฟอุทกน้ำท่วมไหลออก (outflow flood hydrograph) เมื่อทราบกราฟอุทกน้ำท่วมไหลเข้า (inflow flood hydrograph) โดยผลต่างของกราฟไหลเข้าและไหลออกซึ่งก็คือส่วนเก็บกัก (storage) การหลากกราฟอุทกน้ำท่วมช่วยในการคำนวณน้ำท่วม

ออกแบบที่ไหลผ่านฝายน้ำล้นได้ โดยมีความสัมพันธ์จากสมการต่อเนื่อง (continuity equation) และความสัมพันธ์ของการเก็บกัก (storage, S) กับอัตราการไหล (discharge, Q) ดังสมการ (9)

$$G_{t+\Delta t} = I_t + I_{t+\Delta t} - 2Q_t + G_t \quad (9)$$

$G_{t+\Delta t}$ หาได้จาก I_t , $I_{t+\Delta t}$, Q_t และ G_t ปัญหาอยู่ที่ G_t ซึ่งถ้ารู้ความสัมพันธ์ของ S กับ Q ก็จะสามารถหาความสัมพันธ์ของ G กับ Q ได้

ดังนั้นเมื่อทราบ Q_t จะทำให้รู้ G_t ด้วย ความสัมพันธ์ของ S และ Q หาได้จากรูปแบบของอาคารระบายน้ำ หรืออาคารวัดน้ำต่างๆ โดยการหาค่า Q จากอาคารวัดน้ำ แล้วนำมาหาความสัมพันธ์กับ S การหา Q จากอาคารวัดน้ำแบบต่างๆ เช่น

ฝายสันคม (sharp crested weir)

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} h^{5/2} \quad (10)$$

เมื่อ C_d คือสัมประสิทธิ์ฝายมีค่าน้อยกว่า 1 กรณีที่ $\theta = 90^\circ$ จะได้ C_d เท่ากับ 0.59 (Chadwick, 2004)

ฝายสี่เหลี่ยม (rectangular weir)

$$Q = \frac{2}{3} C_d b \sqrt{2g} h^{3/2} \quad (11)$$

เมื่อ b คือความกว้างของสันฝาย, h คือความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝาย และ C_d คือสัมประสิทธิ์อัตราการไหลมีค่าประมาณ 0.7

ฝายสันกว้าง (broad – crest weir)

$$Q = C_d \sqrt{g} b h^{3/2} \quad (12)$$

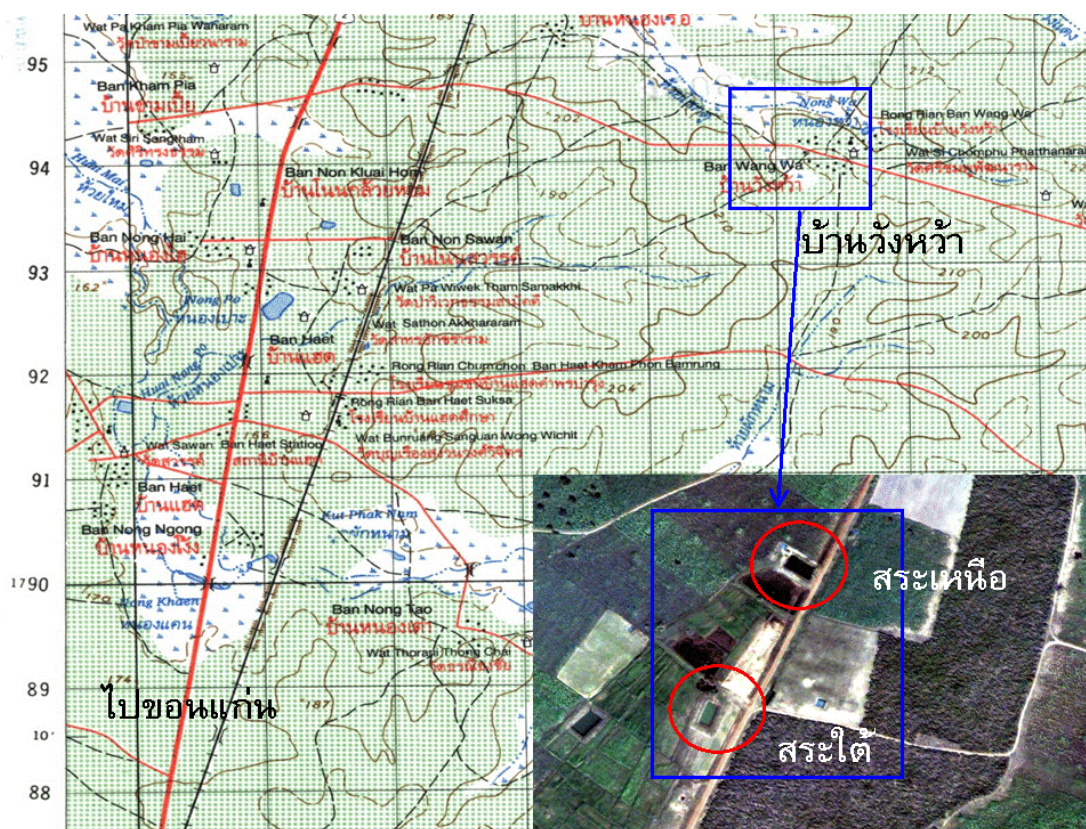
C_d คือสัมประสิทธิ์อัตราการไหลมีค่าประมาณ 0.544

3. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาประกอบด้วย การคัดเลือกสถานที่วิจัย การวัดค่าพารามิเตอร์ และข้อมูลอุทกวิทยาในพื้นที่

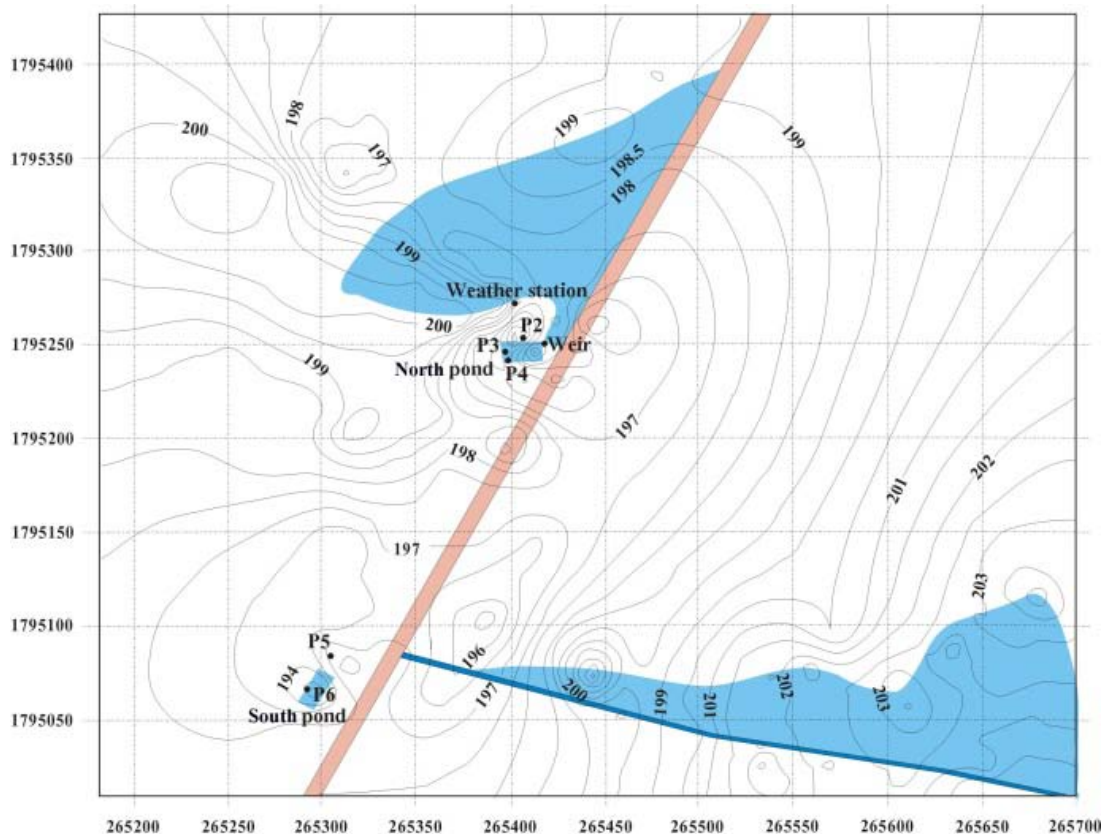
3.1 สถานที่ศึกษา

พื้นที่ ศึกษา สระน้ำในไร่นาสองสระในพื้นที่หมู่บ้านวังหว้า ต.บ้านแฮด กิ่งอำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น สระเหนือมีขนาด 20 X30X3 ม³ มีระดับก้นสระที่ 194.4 ม. เหนือระดับน้ำทะเล สระใต้มีขนาด 17X33X3 ม³ มีระดับก้นสระที่ 195.0 ม. เหนือระดับน้ำทะเล แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. ตำแหน่งของสระ แผนที่ภูมิประเทศ (มาตราส่วน 1: 50,000) ภาพถ่ายดาวเทียม (มาตราส่วน 1: 3,000)

สำรวจพื้นที่บริเวณโดยรอบของสระ โดยใช้กล้องระดับและ GPS (Global Positioning System) หรือระบบบอกพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก เพื่อทำเส้นชั้นความสูง (contour) ของพื้นที่โดยรอบสระ และหาพื้นที่รับน้ำของแต่ละสระโดยใช้โปรแกรม Surfer และ ArcView GIS ได้พื้นที่รับน้ำของสระแสดงดังรูปที่ 2

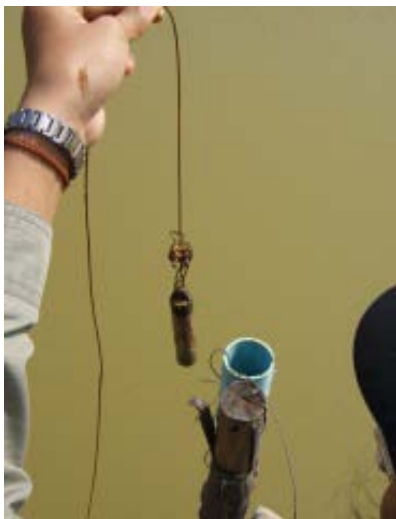


รูปที่ 2.พื้นที่รับน้ำของสระและตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือ (มาตราส่วน 1: 4,000)

3.2 การวัดค่าพารามิเตอร์ในพื้นที่

การวัดระดับน้ำในสระ

ระดับน้ำในสระใช้เครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติในการเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องวัดอัตโนมัติในท่อที่ยื่นลงไปใ้ในสระ โดยจะบันทึกข้อมูลในฤดูฝนทุกๆ 10 นาที และ บันทึกข้อมูลทุกๆ 1 วันในฤดูแล้ง เนื่องจากในฤดูฝนเมื่อฝนตกลงในพื้นที่รับน้ำที่มีขนาดเล็กของสระ จะทำให้น้ำไหลเข้าสระ และระดับน้ำเพิ่มขึ้นในเวลารวดเร็ว แต่ในฤดูแล้ง การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำจะเกิดจากการระเหย การใช้น้ำในสระ และการซึม ซึ่งมีไม่มากในแต่ละวัน แสดงดังรูปที่ 3



ก. เครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ



ข. การติดตั้งเครื่องมือวัดอัตโนมัติ

รูปที่ 3. การติดตั้งเครื่องมือวัดอัตโนมัติในสระวิจัย

การวัดระดับน้ำใต้ดิน

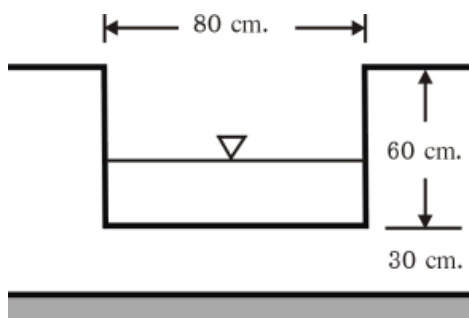
การวัดระดับน้ำใต้ดิน ใช้ท่อพิโซมิเตอร์ (piezometer) แล้วใช้เครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ หย่อนลงไปวัดระดับน้ำใต้ดิน หลักการใส่ท่อพิโซมิเตอร์ต้องใส่ลงไปให้ลึกใกล้เคียงกับระดับของก้นสระ เพื่อตรวจสอบระดับน้ำที่อยู่ในสระสูงหรือต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน กรณีระดับน้ำในสระต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน อาจสรุปได้ว่าสระดังกล่าวไม่ได้รับน้ำ หรือไหลเข้า จากน้ำใต้ดินแต่อย่างใด เนื่องจากระดับที่อยู่ต่ำกว่าแสดงได้ว่าการไหลออกจากสระจึงทำให้ระดับน้ำในสระต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน แสดงดังรูปที่ 4 (เกวรี พลเกิน, 2551)



รูปที่ 4. ท่อพิโซมิเตอร์ (piezometer)

การวัดอัตราการไหลเข้าของน้ำในสระ

ทำการวัดจากฝายสันคมสี่เหลี่ยม (rectangular weir) ที่สร้างไว้ทางน้ำเข้าสระ และติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ บันทึกข้อมูลราย 10 นาที ที่บริเวณด้านหน้าทางเข้าฝาย 2 ม. (Chadwick, 2004) ดังรูปที่ 5 เพื่อหาระดับน้ำเหนือสันฝาย เพื่อกำหนดหาอัตราการไหลเข้า



รูปที่ 5 ฝายสันคมสี่เหลี่ยมและเครื่องวัดระดับน้ำ

การวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศอัตโนมัติ (weather station) เพื่อตรวจวัดสภาพอากาศเช่น ปริมาณฝน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความดันอากาศ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลที่ได้ นำมาคำนวณหาอัตราการระเหยของน้ำในสระได้ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 สถานีตรวจวัดอากาศ

3.3 การคำนวณความสามารถในการลดอัตราการไหลสูงสุด

การคำนวณหาความสามารถในการลดอัตราการไหลสูงสุดใช้วิธีการลากผ่านอ่างเก็บน้ำ โดยคำนวณหาฝนออกแบบที่คาบการกลับ 50 ปี และมีช่วงเวลาฝนตก 60 นาที จะทำให้ได้ฝนออกแบบของสระเหนือและสระใต้ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 นำฝนออกแบบที่ได้ไปหากราฟอุทกไหลเข้าจากกราฟอุทกหนึ่งหน่วยที่หาจากวิธีกราฟอุทกหนึ่งหน่วยสังเคราะห์ในสมการที่ (1) เมื่อได้กราฟอุทกไหลเข้าแล้วทำการลากผ่านอ่างเก็บน้ำหรือสระน้ำ การลากกราฟอุทกไหลเข้าผ่านอ่างเก็บน้ำจำเป็นต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บ (S) เหนือขอบสระ และอัตราการไหลออกจากสระ (Q) จากความสัมพันธ์ในสมการที่ (9) และการกักเก็บหาจากขนาดของสระ อัตราการไหลออกจากสระหาจากระดับน้ำเหนือขอบสระและสมการของสายสั้นกว้างสมการที่ (12) สมการของสายสั้นกว้างจำเป็นต้องมีความยาวของสายฝายที่น้ำไหลผ่าน ความยาวของสายฝายจะเป็นตัวแปรสำคัญในการลดอัตราการไหลสูงสุด ดังนั้นจึงกำหนดให้ความกว้างของสันขอบสระบริเวณที่น้ำล้น (b) เท่ากับ 1 และ 2 เมตร เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพการลดอัตราการไหลของสระน้ำ

ตารางที่ 1 ฝนออกแบบของสระในพื้นที่

t (min)	ฝนออกแบบสระเหนือ (mm)	ฝนออกแบบสระใต้ (mm)
0	0.00	0
10	47.90	47.85
20	25.21	25.18
30	8.85	8.84
40	5.18	5.17
50	3.12	3.12
60	1.62	1.62

4. ผลการศึกษา

4.1 ค่าพารามิเตอร์ในพื้นที่

ขนาดของพื้นที่รับน้ำของสระเหนือและสระใต้มีขนาด 6.7 ไร่ และ 7.9 ไร่ ตามลำดับ การไหลเข้าสระด้วยวิธีกราฟอุทกหนึ่งหน่วยสังเคราะห์ พบว่าค่าพารามิเตอร์ C_p ของสระเหนือและสระใต้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 และ 0.52 ตามลำดับ และการระเหยของสระในฤดูแล้งเดือน พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ มีค่าอยู่ในช่วง 4.48-4.77 มม./วัน เดือนมีนาคมและเมษายนจะมีการระเหยอยู่ที่ 5.26 มม./วัน และ 6.03 มม./วัน ตามลำดับ การสูญเสียเนื่องจากการระเหยในฤดูแล้ง โดยสมการพริสเลย์ - เทย์เลอร์ และถาดวัดการระเหย โดยค่า α ของสมการพริสเลย์ - เทย์เลอร์ เท่ากับ 1.66 และ ค่า K_p

ของถาดวัดการระเหย เท่ากับ 0.88 และปริมาณการซึมของน้ำในสระในฤดูแล้งมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน โดยในเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ น้ำในสระจะมีการซึมออกจากสระ เดือนมีนาคมและเมษายน มีทั้งซึมเข้าและซึมออก

4.2 ศักยภาพการลดอัตราการไหลของสระน้ำ

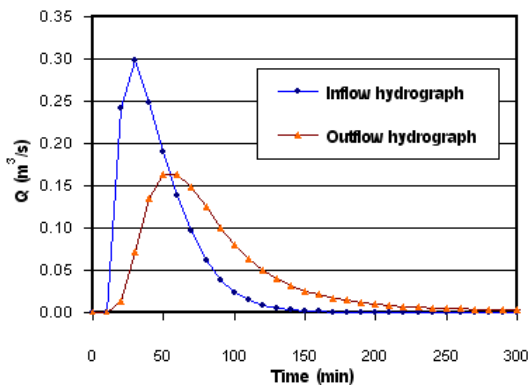
การตรวจสอบศักยภาพการลดอัตราการไหลของสระน้ำโดยใช้การไหลผ่านอ่างเก็บน้ำหาความสัมพันธ์ของการเก็บกัก (S) และอัตราการไหลออก (Q) โดยที่อัตราการไหลออกหาจากฝ่ายที่มีความยาวแตกต่างกันสองความยาว คือ 1 ม. และ 2 ม. ได้สมการของความสัมพันธ์และนำไปใช้ในการลากกราฟอุทกไหลเข้าผ่านสระน้ำ

ค่าอัตราการไหลสูงสุดของกราฟอุทกไหลเข้าและกราฟอุทกไหลออก และปริมาณการลดลงของอัตราการไหลเข้าสูงสุดเมื่อน้ำไหลออกของสระเหนือและสระใต้ ที่ความกว้างของสันขอบสระบริเวณที่น้ำล้น (b) เท่ากับ 1 และ 2 ม. ดังตารางที่ 2

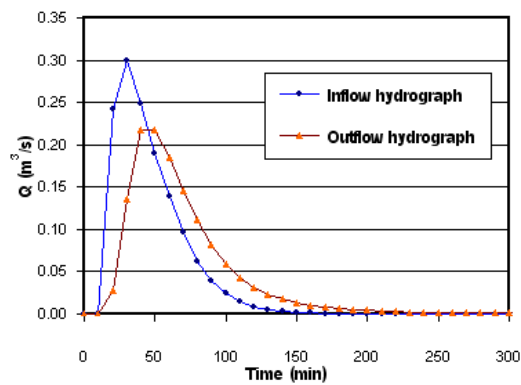
ตารางที่ 2. อัตราการไหลสูงสุดของกราฟอุทกไหลเข้าและไหลออกที่สระเหนือและสระใต้

อัตราการไหล (ม ³ /วินาที)	สระเหนือ		สระใต้	
	b = 1 ม.	b = 2 ม.	b = 1 ม.	b = 2 ม.
อัตราการไหลเข้า	0.299	0.299	0.382	0.382
อัตราการไหลออก	0.169	0.218	0.234	0.290
อัตราการไหลที่ลดลง	0.130	0.081	0.148	0.092
ลดลง(%)	43.48	27.09	38.74	24.08

รูปที่ 7 กราฟอุทกไหลเข้าและออกของสระเหนือเมื่อความกว้างของขอบสระน้ำล้น b เท่ากับ 1 และ 2 ม. ตามลำดับ กราฟอุทกไหลเข้าของสระเหนือเพิ่มขึ้นในเวลารวดเร็วและมีอัตราการไหลเข้าสูงสุดเท่ากับ 0.299 ม³/วินาที ที่เวลาหลังจากฝนเริ่มตกที่ 30 นาที แล้วอัตราการไหลเข้าลดลงจนหมดเมื่อเวลาประมาณ 150 นาที หลังฝนตก อัตราการไหลออกจะเพิ่มขึ้นช้ากว่าอัตราการไหลเข้ามาก โดยที่ b เท่ากับ 1 ม. อัตราการไหลออกสูงสุดจะเกิดที่เวลา 50 นาทีหลังฝนตก และมีปริมาณเท่ากับ 0.169 ม³/วินาที ในขณะที่ b เท่ากับ 2 ม. อัตราการไหลออกสูงสุดจะมีปริมาณเท่ากับ 0.218 ม³/วินาที ที่เวลา 50 นาทีหลังฝนตกเช่นเดียวกัน



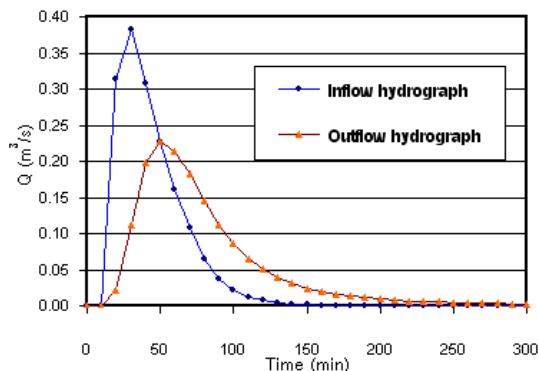
ก. ที่ขอบสระน้ำล้น b เท่ากับ 1 เมตร



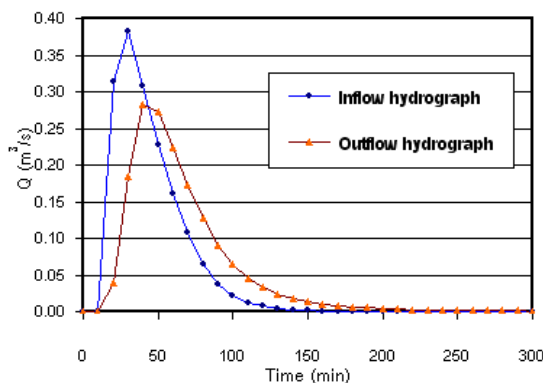
ข. ที่ขอบสระน้ำล้น b เท่ากับ 2 เมตร

รูปที่ 7. กราฟอุทกไหลเข้าและออกของสระเหนือ

รูปที่ 8 กราฟอุทกไหลเข้าและออกของสระใต้ เมื่อความกว้างของขอบสระน้ำล้น b เท่ากับ 1 และ 2 ม. ตามลำดับ กราฟอุทกไหลเข้าของสระใต้จะมีลักษณะคล้ายกับกราฟอุทกไหลเข้าของสระเหนือ คือมีการเพิ่มปริมาณขึ้นในเวลารวดเร็ว อัตราการไหลเข้าสูงสุดของกราฟอุทกไหลเข้าของสระใต้เท่ากับ $0.382 \text{ ม}^3/\text{วินาที}$ เกิดหลังฝนเริ่มตก 30 นาที แล้วอัตราการไหลเข้าค่อยๆ ลดลงจนหมดเมื่อเวลาประมาณ 140 นาที กราฟอุทกไหลออกจะมีการเพิ่มขึ้นช้ากว่ากราฟอุทกไหลเข้าไหลเข้า โดยที่ b เท่ากับ 1 ม. อัตราการไหลออกสูงสุดจะเกิดที่เวลา 50 นาทีหลังฝนตก และมีปริมาณเท่ากับ $0.234 \text{ ม}^3/\text{วินาที}$ ในขณะที่ b เท่ากับ 2 ม. อัตราการไหลออกสูงสุดจะมีปริมาณเท่ากับ $0.290 \text{ ม}^3/\text{วินาที}$ ที่เวลา 40 นาทีหลังฝนตก



ก. ที่ขอบสระน้ำล้น b เท่ากับ 1 เมตร



ข. ที่ขอบสระน้ำล้น b เท่ากับ 2 เมตร

รูปที่ 8. กราฟอุทกไหลเข้าและออกของสระใต้

5. วิจารณ์ผล

ความสามารถในการลดอัตราการไหลสูงสุดใช้วิธีการหลากผ่านอ่างเก็บน้ำจะสามารลดอัตราการไหลสูงสุดได้จริง โดย ขึ้นอยู่กับความกว้างของขอบสระน้ำล้น ที่ สระเหนือความกว้างของขอบสระน้ำล้น b เท่ากับ 1 ม. สามารถลดอัตราการไหลสูงสุดของกราฟอุทกไหลเข้าได้ 0.130 $\text{m}^3/\text{วินาที}$ (43.48 %) ที่ความกว้างของขอบสระน้ำล้น b เท่ากับ 2 ม. จะทำให้อัตราการไหลสูงสุดลดลง 0.081 $\text{m}^3/\text{วินาที}$ (27.09 %) และจะได้ความสามารถของการลดอัตราการไหลของกราฟอุทกไหลเข้าของสระที่ความกว้างของขอบสระน้ำล้น b เท่ากับ 1 ม. สามารถลดอัตราการไหลสูงสุดได้ 0.148 $\text{m}^3/\text{วินาที}$ (38.74 %) และที่ความกว้างของขอบสระน้ำล้น b เท่ากับ 2 เมตร ทำให้อัตราการไหลสูงสุดลดลง 0.092 $\text{m}^3/\text{วินาที}$ (24.08 %)

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วิชัย ศรีบุญลือที่ปรึกษาในโครงการวิจัย คุณ เกวรี พลเกิน นักวิจัยศูนย์น้ำบาดาล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น อนุเคราะห์ข้อมูล และ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในการสนับสนุนและสถานที่ในการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] เกวรี พลเกิน (2551) การศึกษาสมมูลน้ำของสระน้ำในไร่นาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมดินและน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [2] ปราณี ว่องวิทวัส. (2532). ฝนในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา
- [3] สถาบันแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม. (2548). โครงการรวมน้ำ +ใจ ถวายในหลวง.ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [4] วิชัย ศรีบุญลือ. (2552). อุทกวิทยา. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [5] Chadwick et al. (2004). *Hydraulics in Civil and Environment Engineering*. 4th ed. London: Spon Press.
- [6] Dingman, S.L. (2002). *Physical Hydrology*. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall.
- [7] Penman, H.L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. *Proceeding Royal Society Series A*, 193(1), 120-146.
- [8] Shaw, E.M.(1994). *Hydrology in Practice*. 3rd ed. London: Chapman and Hall.
- [9] Snyder, F.F. (1938) *Synthetic unit hydrographs*. Transactions of the American Geophysical Union, Vol.19

[10] Viessman, W. And Lewis, G.L. (2003). *Introduction to Hydrology*. 5th ed., Prentice Hall.

[11] World Meteorological Organization (1994). *Guide to Hydrological Practices*. 4th ed., WMO-No.168.