

การสร้างและทดสอบระบบการเติมน้ำใต้ดินผ่านสระพื้นที่ตำบลรามราช จังหวัดนครพนม
กรณีศึกษา : การคำนวณการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำในพื้นที่
Development and testing Management Aquifer Recharge Using Ponding System at
RamRat Sub-district Nakhon Phanom Province
Case Study: Calculation of Recharge in Area

ทิพาภรณ์ หอมดี¹ วชิรภรณ์ เสนาวัง¹ และวราเดช แสงบุญ^{2*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม จังหวัดนครพนม

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม จังหวัดนครพนม

*Corresponding author; E-mail address: waradeathsanboom@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยที่เป็นส่วนย่อยจากงานวิจัยหลักโครงการ การสร้างและทดสอบระบบการเติมน้ำใต้ดินผ่านสระพื้นที่ตำบลรามราช จังหวัดนครพนม โดยมุ่งเน้นเฉพาะการศึกษาการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) เพื่อหาความสามารถในการเก็บกักน้ำชั้นใต้ดินในการสร้าง และทดสอบระบบการเติมน้ำใต้ดินผ่านสระพื้นที่ตำบลรามราช จังหวัด นครพนม มีเนื้อที่ 0.31 ตารางเมตร การทดสอบอัตราการซึมผ่านผิวดิน ด้วยวิธีการทดสอบแบบ double ring test โดยใช้สมการของ Horton (Horton, 1841) พบว่า มีอัตราการซึมผ่านผิวดินเริ่มต้น ประมาณที่ 0.76 มิลลิเมตรต่อวันและค่าสูงสุดอยู่ที่ 250.38 มิลลิเมตรต่อวันและเมื่อได้ค่า อัตราการซึมผ่านผิวดิน จึงนำมาคำนวณหาการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้น น้ำ (Recharge) โดยตั้งสมการในพื้นที่ 1.การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ จากฝน 2.การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจากป่าไม้และเกษตรกรรม 3. การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจากการท่วมขังของน้ำ พบว่าการไหลของ น้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) มีค่าต่ำ สุด 0.7 มิลลิเมตร และค่าสูงสุด 242.7 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำอยู่ที่ 45.125 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: น้ำบาดาล, การซึมผ่านผิวดิน, การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ

Abstract

This research is a subset of the main research “Development and testing Management Aquifer Recharge Using Ponding System RamRat Sub-district Nakhon Phanom Province”. This research aims to calculation of recharge in area for development and testing management aquifer recharge using ponding system RamRat Sub-district Nakhon Phanom province. Has an area of

0.31 m². The results of test method for infiltration rate using double ring infiltrometer and the Horton’s equation (Horton, 1841) are as follows. Lowest infiltration rate is 0.76 mm/day and the highest infiltration rate is 250.38 mm an investigation of the estimating groundwater recharge revealed that, and when the infiltration Rate, calculate the groundwater recharge through the water layer by setting up an equation in the area. 1. Groundwater recharge from rain. 2. Groundwater recharge from forests and agriculture. 3. Groundwater recharge from flood the water. Lowest Groundwater Recharge rate is 0.7 mm, and the highest Groundwater Recharge rate is 242.7 mm and Groundwater Recharge average in area 45.125 mm

Keywords: Ground water, infiltration, Recharge

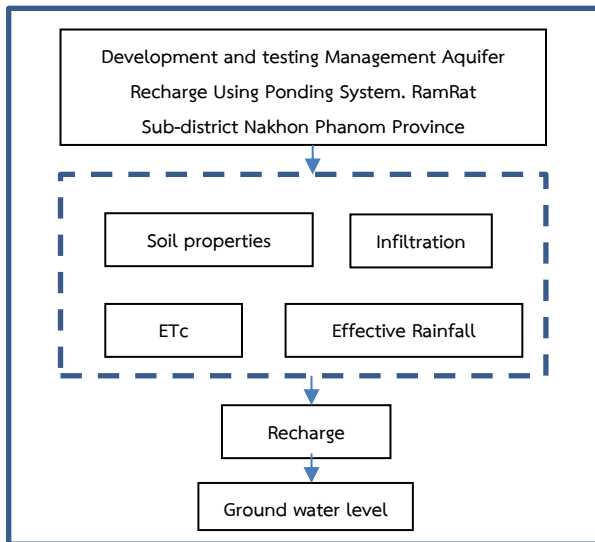
1. คำนำ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยที่เป็นส่วนย่อยจากงานวิจัยหลักโครงการ การสร้างและทดสอบระบบการเติมน้ำใต้ดินผ่านสระพื้นที่ตำบลรามราช จังหวัดนครพนมขอบเขตพื้นที่การวิจัยแสดงในรูปที่ 4 ที่ต้องการเก็บกักน้ำ ไว้ใช้ในหน้าร้อน [1] อาศัยหลักการเติมน้ำใต้ดิน เป็นการนำน้ำที่มีมากเกินไป ความจำเป็นในช่วงน้ำท่วมหลากหรือจากน้ำฝนที่ตกลงมาเติมลงสู่ชั้นน้ำ บาดาลในบริเวณพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการเติมน้ำใต้ดิน [2] ด้วยการ เติมน้ำลงไปในสระน้ำที่เตรียมพร้อมสำหรับเติมลงชั้นใต้ดิน [3] โดยอาศัย หลักการสมดุลของน้ำดังแสดงในรูปที่ 3 และนำกลับมาใช้ใหม่ในช่วงเวลาที่ ต้องการ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การวิจัยในส่วนนี้มุ่งเน้นเฉพาะ การศึกษาการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) เพื่อหา ความสามารถในการเก็บกักน้ำชั้นใต้ดินในการสร้างและทดสอบระบบการ เติมน้ำใต้ดินผ่านสระพื้นที่ตำบลรามราช จังหวัดนครพนม มีเนื้อที่ 0.31 m²

โดยคณะผู้ทำการวิจัยได้ทำการทดสอบการทดสอบอัตราการซึมผ่านผิวดิน (infiltration) ด้วยวิธีการทดสอบแบบ double ring test โดยใช้สมการของ Horton [4] นำค่าที่ได้มาคำนวณหาการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) เพื่อให้ทราบความสามารถการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ และนำไปเปรียบเทียบกับโครงการย่อยอีกโครงการที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดิน [5]

2. ที่มาและความสำคัญ

เพื่อหาความสามารถในการเก็บกักน้ำชั้นใต้ดินในการสร้างและทดสอบระบบการเติมน้ำใต้ดินผ่านสระพื้นที่ตำบลรามราช จังหวัดนครพนม ให้ได้ข้อมูลปริมาณการเติมน้ำผ่านชั้นใต้ดิน จึงนำแผนการบริหารการเติมน้ำใต้ดิน (Groundwater recharge) [6] โดยใช้สมการการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) หาได้จากสมการสมดุลน้ำ (Water budget) [7] โดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติของดิน ข้อมูลการประเมินความต้องการใช้น้ำของพืชใด ๆ (Etc.) ข้อมูลปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) มาเป็นองค์ประกอบในการสร้างสมการเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำที่เพิ่มเติม (Recharge) [8] โดยรูปแบบสมการต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 2 เพื่อหาค่าการเติมน้ำมาเปรียบเทียบกับระดับของน้ำใต้ดินเป็นที่มาของปัญหาที่นำมาสู่การวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปัญหาที่นำมาสู่การวิจัยครั้งนี้

3. ทฤษฎีและสมการการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การประเมินความต้องการใช้น้ำของพืช

โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) และ Potential Evapotranspiration (ETp) ดังนี้

$$Etc = Kc \times ETp \quad (1)$$

เมื่อ

Etc = ความต้องการใช้น้ำของพืช (มม./วัน)

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ETp = Potential Evapotranspiration (มม./วัน)

3.2 ฝนใช้การ

ฝนใช้การ หมายถึง ส่วนของฝนที่ตกลงพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ โดยฝนทั้งหมดที่ตกลงบนพื้นดินบางส่วนไม่ได้เก็บอยู่ในพื้นที่เพาะปลูก เนื่องจากมีการไหลล้นออกไปทางผิวดินบางส่วนทางใต้ดินบางส่วน รวมทั้งการซึมลงไปในดินระดับที่ลึกลงไป นอกจากนี้ บางส่วนติดค้างอยู่ตามใบ กิ่ง และลำต้นพืชแล้วระเหยไป ส่วนของฝนที่ตกลงมาที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ คือ ฝนใช้การ ใช้ข้อมูลจากกรมชลประทานมาใช้ในการคำนวณ ข้อมูลปริมาณฝนจากจากสถานีตรวจอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม กรมอุตุนิยมวิทยา [9]

3.3 สมการสำหรับหาอัตราการซึมผ่านผิวดิน [10] และสมการ Horton [4]

$$f = f_c + (f_o + f_c)e^{-kt} \quad (2)$$

เมื่อ

f = อัตราการซึม (f) กับเวลา (t) (มิลลิเมตรต่อวัน)

f_o = อัตราการซึมที่เวลาเริ่มต้น

f_c = อัตราการซึมที่ภาวะสมดุล

3.4 การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) [11]

หาได้จากสมการสมดุลน้ำ (Water budget) ดังนี้

$$P + Q_{on} = ET + Q_{off} + \Delta S \quad (3)$$

เมื่อ

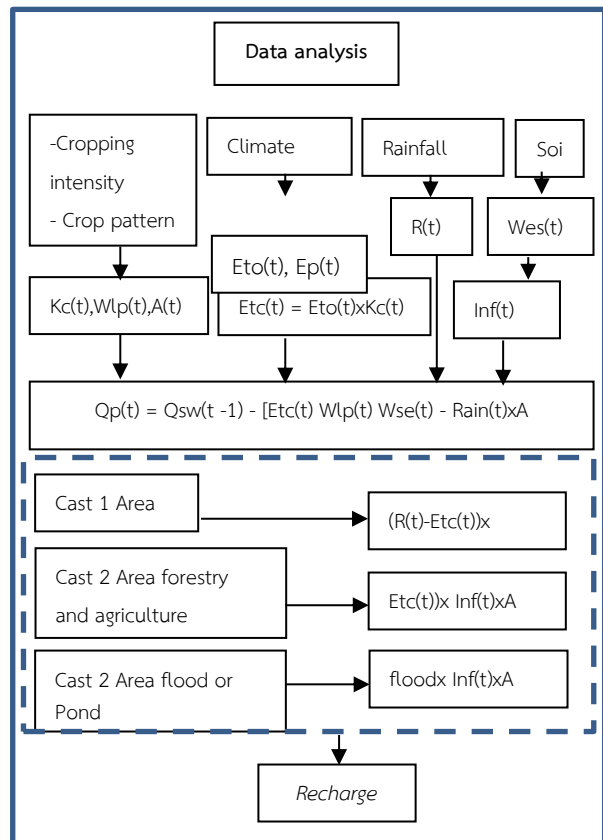
P = หยาดน้ำฟ้า (Precipitation) (มิลลิเมตร/day)

Q_{on} = ปริมาณน้ำไหลเข้า

Q_{off} = ปริมาณน้ำไหลออก

ET = การคายระเหยน้ำ (Evapotranspiration)

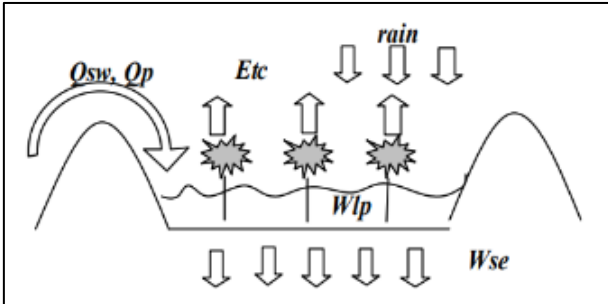
ΔS = การเปลี่ยนแปลงในปริมาณกักเก็บ (Change in water storage)



รูปที่ 2 สมการการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 แบบจำลองสมดุลน้ำ

แบบจำลองเหตุการณ์เพื่อประเมินค่าน้ำท่าหรือน้ำไหลในลำธาร ได้ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยสมการสมดุลของน้ำแสดงในรูปที่ 3 ในแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามกระบวนการติดค้างบนเรือนยอดและซากพืชของ น้ำฝน การซึมผ่านผิวดิน การเคลื่อนตัวผ่านชั้นดิน [12] โดยใช้สมการดังนี้



รูปที่ 3 แบบจำลองสมดุลน้ำ

$$Qp(t) = Qsw(t - 1) - [Etc(t)Wlp(t)] - Rain(t) \times A \quad (4)$$

เมื่อ

$Qp(t)$ = อัตราการสูบน้ำใต้ดินที่เวลา t (ลบ.ม./วัน)

$Qsw(t - 1)$ = ปริมาณน้ำในแหล่งเก็บกักผิวดินที่เวลา $(t - 1)$ (ลบ.ม./วัน)

$Etc(t)$ = ความต้องการน้ำของพืชที่เวลา (t) (ม./วัน)

$Wlp(t)$ = ความต้องการน้ำเพื่อเตรียมแปลงนาที่เวลา (t) (ม./วัน) สำหรับพืชไร่ $Wlp(t)$ มีค่าเท่ากับ 0

$Wse(t)$ = อัตราการรั่วซึมของน้ำในแปลงนาที่เวลา (t) (ม./วัน)

$Rain(t)$ = ปริมาณฝนที่เวลา (t) (ม./วัน)

เนื่องจากสมการการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำถูกจำกัดด้วยการคำนวณหาเพียงเฉพาะจุดตั้งนั้นจึงนำสมการข้างต้นมาประยุกต์ใช้กับสภาพในพื้นที่ที่มีจุดต่าง ๆ แตกต่างกันไป เช่นบริเวณที่มีน้ำท่วมขัง บริเวณที่มีการปลูกพืช หรือบริเวณที่เจอแต่เพียงน้ำฝน ทางผู้ทำวิจัยจึงได้ออกแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปแบบสมการขึ้นมาเพื่อใช้ในการคำนวณ โดยแบ่งการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำเป็นดังนี้

1) การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจากฝน

$$(R(t) - Etc(t)) \times Inf \times A \quad (5)$$

2) การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจากป่าไม้และเกษตรกรรม

$$Etc(t) \times Inf \times A \quad (6)$$

3) การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจากการท่วมขังของน้ำ

$$flood \times Inf \times A \quad (7)$$

เมื่อ $Etc(t)$ = ความต้องการน้ำของพืชที่เวลา t (ม./วัน); $R(t)$ = ฝนใช้การ (มม.); $Inf(t)$ = อัตราการซึมผ่านผิวดิน (infiltration) (มม./วัน); $flood$ = น้ำท่วมหรือน้ำขัง (มม.); A = พื้นที่ (ตร.ม.)

4. ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 แบบการวิจัย (Research Design)

1) กำหนดขอบเขตพื้นที่ที่จะทำการเก็บข้อมูล ในพื้นที่ศูนย์วิจัยและฝักอบกรมการเกษตร มหาวิทยาลัยนครพนม ตำบลรามราช อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม ซึ่งอยู่ภายในพื้นที่ที่มีบ่อสังเกตการณ์ระดับน้ำใต้ดิน

2) รวบรวมข้อมูลด้านที่เกี่ยวข้องดังกรอบการวิจัยในรูปที่ 1 และรูปที่ 2

3) ทำการสำรวจข้อมูลในพื้นที่ เช่น ปริมาณฝน พืชที่ปลูก แหล่งน้ำเรื่อง การใช้น้ำในการเพาะปลูก แหล่งน้ำที่ใช้ รวมถึงปัญหาของสภาพดิน

4) หาตำแหน่งของจุดที่จะเก็บข้อมูลอัตราการซึมผ่านผิวดิน (infiltration) และคุณสมบัติของดิน บันทึกพิกัดโดยใช้ GPS ในสนาม

5) ทำการวิเคราะห์ ข้อมูลที่เก็บจากพื้นที่โดยใช้รูปแบบสมการหรือแบบจำลองสมการดังแสดงในรูปที่ 2

6) ตรวจสอบสมการและตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

1) ใช้ข้อมูลทางสถิติมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ เช่น ฝน การปลูกพืช และคุณภาพดิน เป็นต้น

2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังปัญหาที่มาสู่งานวิจัยในรูปที่ 1

3) ทำการหาค่าตัวแปรในรูปที่ 1 จากสมการที่ 2, 3 และ 4

4) ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ตามตารางที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูล

5) ตรวจสอบผลการคำนวณและแก้ไขสมการและข้อมูล

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูล	ข้อมูลที่วิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์
ดิน	คุณสมบัติทางเคมีของดิน	pH (at 25 C°)
ต้องการใช้น้ำของพืช	การประเมินความต้องการใช้น้ำของพืช	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) และ Potential Evapotranspiration (ETp)
ฝน	ฝน ใช้ การ (Effective Rainfall)	- ฝนใช้การ (Effective Rainfall) - Thiessen method
การเติมน้ำ	อัตราการซึมผ่านผิวดิน	-สมการสำหรับหาอัตราการซึมผ่านผิวดินสมการ Horton - การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) (Scanlon et al.2002) [11] - infiltration double ring test
พืช	รูปแบบการปลูกพืช	- แบบสอบถาม - การสำรวจ
ข้อมูลด้านอุทกวิทยา	ข้อมูลชั้นดิน	- จากเอกสารอ้างอิง กรมชลประทาน



รูปที่ 4 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดินและการทดสอบเตรียมการทดสอบการซึมผ่านของน้ำ

ตารางที่ 2 พิกัดตำแหน่งและผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน

ลำดับ	ชื่อตำแหน่ง	ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง		พฤศจิกายน 2564	กุมภาพันธ์ 2565
		พิกัด (WGS Zone 48)		pH	pH
		X	Y		
1	inf(A01)	464539.00	1930964.00	4.15	5.20
2	inf(A02)	464610.00	1930917.00	4.75	4.55
3	inf(A03)	464762.00	1930883.00	4.80	4.80
4	inf(A04)	464837.00	1930936.00	4.23	4.64
5	inf(A05)	464576.00	1931058.00	4.40	4.34
6	inf(A06)	464668.00	1931021.00	4.63	5.20
7	inf(A07)	464795.00	1931021.00	4.35	4.70
8	inf(A08)	464920.00	1931059.00	5.10	5.61
9	inf(A09)	464580.00	1931308.00	4.63	7.01
10	inf(A10)	464683.00	1931244.00	4.41	5.63
11	inf(A11)	464768.00	1931156.00	6.65	6.03
12	inf(A12)	464911.00	1931165.00	5.47	5.30
13	inf(A13)	464783.00	1931300.00	4.64	6.71
14	inf(A14)	464952.00	1931281.00	6.63	5.42
15	inf(A15)	465018.00	1931196.00	6.55	4.80
16	inf(A16)	464811.00	1931405.00	5.40	5.35
17	inf(A17)	464983.00	1931409.00	4.40	5.77
18	inf(A18)	464886.00	1931559.00	6.15	5.67
19	inf(A19)	465047.00	1931511.00	5.60	4.86
20	inf(A20)	464907.00	1931700.00	5.50	5.63

inf(A11)	464768.00	1931156.00	76.89
inf(A12)	464911.00	1931165.00	31.86
inf(A13)	464783.00	1931300.00	45.71
inf(A14)	464952.00	1931281.00	51.33
inf(A15)	465018.00	1931196.00	13.89
inf(A16)	464811.00	1931405.00	38.95
inf(A17)	464983.00	1931409.00	95.30
inf(A18)	464886.00	1931559.00	11.23
inf(A19)	465047.00	1931511.00	42.64
inf(A20)	464907.00	1931700.00	116.94

5. ผลการวิจัย

ทางผู้ทำวิจัยได้กำหนดพิกัดการทดสอบการซึมผ่านผิวดิน (Infiltration) เพื่อหาปริมาณน้ำที่เพิ่มเติม (Recharge) และได้รวบรวมข้อมูลที่เป็นในคำนวณ โดยอาศัยข้อมูลในพื้นที่ เช่น การประเมินความต้องการใช้น้ำของพืชใด ๆ (Etc.) ปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) มาคำนวณ การทดสอบอัตราการซึมผ่านผิวดิน ด้วยวิธีการทดสอบแบบ double ring test โดยใช้สมการของ Horton [4] พบว่า มีอัตราการซึมผ่านผิวดินเริ่มต้นประมาณที่ 0.76 มิลลิเมตรต่อวัน และค่าสูงสุดอยู่ที่ 250.38 มิลลิเมตรต่อวัน เมื่อได้อัตราการซึมผ่านผิวดิน จึงนำมาคำนวณหาการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) โดยตั้งสมการในพื้นที่ 1) การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจากฝน 2) การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจากป่าไม้และเกษตรกรรม 3) การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจะการท่วมขังของน้ำตามรูปแบบสมการคณิตศาสตร์ดังแสดงในรูปที่ 2 จะได้การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) ค่าต่ำสุด 0.7 มิลลิเมตร และค่าสูงสุด 242.7 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำอยู่ที่ 45.125 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3 การใช้ที่ดินจังหวัดนครพนม (ข้อมูลจังหวัดนครพนม, 2558)

ประเภท	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
ดินเหมาะสำหรับปลูกข้าว	228,392	6.63
ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าว แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับดิน	502,250	14.58
ดินที่เหมาะสมปานกลางสำหรับปลูกข้าว	463,270	13.45
ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชไร่ ไม้ผล และ ไม้ยืนต้น	112,396	3.26
ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชไร่ ไม้ผล และ ไม้ยืนต้น แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับดิน	626,178	18.17
ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชไร่ บางชนิด เหมาะสมปานกลางสำหรับไม้ผล และ ไม้ยืนต้น โดยมีข้อจำกัดเกี่ยวกับดินและเนื้อดิน	34,761	1.01
ดินที่เหมาะสมปานกลางสำหรับปลูกพืชไร่ และ ไม้ผล โดยมีข้อจำกัดเกี่ยวกับดินที่มีกรวดและหินพื้นที่ไหลปะปน	1,013,645	29.42
ดินที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรม เนื่องจากมีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์	113,499	3.29
สนามบิน (AP)	6,293	0.18
ที่สาธารณะประโยชน์ (CEM)	205	0.01
ที่ดินคดแปลง (ML)	4,147	0.13
สระน้ำ (P)	1,287	0.04
ที่ดินหินพื้นไหล (RC)	11,584	0.34
ที่อยู่อาศัย (U)	119,548	3.47
พื้นที่น้ำ (W)	208,026	6.04
รวมทั้งหมด	3,445,418	100.00

ตารางที่ 5 แสดงค่าการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) โดยใช้สมการตามวิธีทดสอบ double ring test

ชื่อ	พิกัด X	พิกัด Y	ค่าการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) (มิลลิเมตร)
			ฤดูร้อน
inf(A01)	464539.00	1930964.00	23.9
inf(A02)	464610.00	1930917.00	242.7
inf(A03)	464762.00	1930883.00	14.7
inf(A04)	464837.00	1930936.00	1.6
inf(A05)	464576.00	1931058.00	51.8
inf(A06)	464668.00	1931021.00	0.7
inf(A07)	464795.00	1931021.00	3.9
inf(A08)	464920.00	1931059.00	4.2
inf(A09)	464580.00	1931308.00	35.1
inf(A10)	464683.00	1931244.00	9.4
inf(A11)	464768.00	1931156.00	75.1
inf(A12)	464911.00	1931165.00	29.3
inf(A13)	464783.00	1931300.00	42.9
inf(A14)	464952.00	1931281.00	55.7
inf(A15)	465018.00	1931196.00	14.2
inf(A16)	464811.00	1931405.00	37.6
inf(A17)	464983.00	1931409.00	94.8
inf(A18)	464886.00	1931559.00	8.4
inf(A19)	465047.00	1931511.00	46.2
inf(A20)	464907.00	1931700.00	110.3

ตารางที่ 4 การทดสอบการซึมผ่านของน้ำ infiltration (สมการ ของ Horner)

ชื่อ	พิกัด X	พิกัด Y	การทดสอบการซึมผ่านของน้ำ infiltration (มิลลิเมตรต่อวัน)
inf(A01)	464539.00	1930964.00	25
inf(A02)	464610.00	1930917.00	250.38
inf(A03)	464762.00	1930883.00	17.36
inf(A04)	464837.00	1930936.00	2.3
inf(A05)	464576.00	1931058.00	49.6
inf(A06)	464668.00	1931021.00	0.76
inf(A07)	464795.00	1931021.00	4.2
inf(A08)	464920.00	1931059.00	3.9
inf(A09)	464580.00	1931308.00	42.3
inf(A10)	464683.00	1931244.00	6.3

6. สรุปและข้อเสนอแนะผลการวิจัย

6.1 สรุป

การวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษา: การคำนวณการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำในพื้นที่ โดยการออกแบบโมเดลหรือแบบจำลองสมการการเติมน้ำโดยมีปัจจัยมากมายในพื้นที่มาประกอบรวมถึงการหาค่าการไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำ (Recharge) ซึ่งมีการกำหนดปัจจัยให้ออกมาในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงกำหนด รูปแบบสมการที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลในพื้นที่มากที่สุดคือ 1) การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจากฝน คือ $(R(t) - Etc(t)) \times Inf \times A$ 2) การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจากป่าไม้และเกษตรกรรม คือ $Etc(t) \times Inf \times A$ 3) การไหลของน้ำบาดาลผ่านชั้นน้ำจากการท่วมขังของน้ำ คือ $flood \times Inf \times A$

6.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการคำนวณค่าที่ได้เฉพาะจุด ดังนั้นขั้นตอนการนำข้อมูลเข้าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อดูขอบเขตหรือการแพร่กระจายตัวในแผนที่

กิตติกรรมประกาศ

1) ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย ทุน Fundamental Fund ประเภท Basic Research Fund ปีงบประมาณ 2565 หัวข้อ การสร้างและทดสอบระบบการเติมน้ำใต้ดินผ่านสระพื้นที่ตำบลรามราช จังหวัดนครพนม

2) ขอขอบคุณ Prof.Dr. Tsutomu Ichikawa, Hold a position Present position Dean, Professor School of Engineering, Kyushu Tokai University, ผศ.ดร.ภัทรภรณ์ เมฆพฤกษางศ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านวางแผน) กรมชลประทาน, รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น อดีตผู้อำนวยการสถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก และมหาวิทยาลัยนครพนม ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือด้านงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] รายงานสถานการณ์สาธารณสุขภัยรุมป้องกันและบรรเทาสาธารณสุขภัย กระทรวงมหาดไทย จังหวัดนครพนม, 423/2558.
- [2] กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2556). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการทดลองเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือตอนล่างจังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย และพิจิตร.
- [3] เกรียงศักดิ์ ศรีสุข (2561). การคัดเลือกพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการก่อสร้างระบบเติมน้ำผ่านสระน้ำพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย และพิจิตร.
- [4] Horton, Robert E. (1941). An Approach Toward a Physical Interpretation of Infiltration-Capacity1. Soil Science Society of America Journal, vol. 5, Issue, pp. 399.
- [5] ทรงวุฒิ แสงจันทร์ (2551). การใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2551.

- [6] ชนาวัชร อรุณรัตน์ (2557). การบริหารจัดการน้ำใต้ดินร่วมกับน้ำผิวดิน. สำนักประสานความร่วมมือระหว่างประเทศกรมทรัพยากรน้ำ.
- [7] สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. เอกสารวิชาการ น้ำบาดาล (Ground water) แหล่งน้ำสำรอง.
- [8] กุลชาติ โกษาแสง และชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ (2555). การจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำใต้ดินในโครงการเติมน้ำลงสู่ชั้นบาดาลจังหวัดสุโขทัย. การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9: ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน: วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. นครปฐม. 2555. หน้า 589-597 (915 หน้า).
- [9] ข้อมูล สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครพนม (2564).
- [10] กิจการ พรหมมา. (2555). อุทกธรณีวิทยา. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [11] Bridget R Scanlon and Richard W. Healy. (2002). Choosing Appropriate Techniques for Quantifying Groundwater Recharge. February. *Hydrogeology Journal*. vol 10(1), pp.18-39. DOI: 10.1007/s10040-001-0176-2.
- [12] Tsutomu ICHIKAWA. (2006). Water Cycle in Rice Growing Floodplain in the Groundwater Recharge Area Thailand. Seminar on Irrigation Technologies for Sustainable Agricultural Development, 7 August 2006.