

การปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพของระบบการซึม
เพื่อเติมน้ำฝนสู่ชั้นน้ำใต้ดิน

**Improvement and Efficiency Test of Seepage System for
Recharging Rainfall to Groundwater**



โดย

นายเฉลิมเกียรติ

ช่อสูงเนิน

นายชุมพล

จิวรรณะโรดม

นางสาวเบญจมาศ

ชัยชลอุดม

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....45676
วัน, เดือน, ปี.....13 ก.พ. 2546

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพของระบบการซึมเพื่อการเติมน้ำฝนสู่หน้าใต้ดิน
ผู้จัดทำ

1. นาย เฉลิมเกียรติ ช่อสูงเนิน
2. นาย ชุมพล จิวรจนะโรดม
3. นางสาว เบญจมาศ ชัยตลอุดม



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ปรีชานันท์ ศรีแก้ว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. วินัย กล้าจริง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพของระบบการซึมเพื่อเติมน้ำฝนสู่ชั้นน้ำใต้ดิน

นาย เฉลิมเกียรติ ช่อสูงเนิน

นาย ชุมพล จิวรรจนะ โรดม

นางสาว เบญจมาศ ชัยคลอุดม

ผศ. ภัทรภรณ์ เมฆพุกยววงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ปรีชานันท์ ศรีแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.วินัย กล้าจริง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนที่อยู่ไกลจากแหล่งน้ำผิวดินจำเป็นต้องอาศัยน้ำจากน้ำฝนและน้ำใต้ดินมาใช้เพื่ออุปโภค-บริโภคและทำการเกษตรกรรม ทำให้ระดับน้ำใต้ดินลดลงอย่างต่อเนื่องและไม่คืนตัว คณะผู้วิจัยโครงการศึกษาศักยภาพทรายเป็นต้นบนสุดเพื่อเติมน้ำฝนสู่ใต้ดิน จ.พิจิตร ได้เสนอวิธีเติมน้ำฝนสู่ชั้นน้ำใต้ดินโดยใช้ระบบการซึมซึ่งประกอบด้วย Pit , Trench และ Percolation Well เพื่อฟื้นฟูสภาพน้ำใต้ดิน และได้ทำการทดลองก่อสร้างระบบดังกล่าวไว้ ณ โรงเรียนบ้านเนินขวาง อ.โพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร เพื่อรับน้ำฝนจากหลังคาโรงเรียนเติมให้กับชั้นน้ำใต้ดินผ่านระบบการซึม แต่เนื่องจากยังขาดระบบระบายอากาศทำให้การเติมน้ำฝนลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินเป็นไปได้ไม่สะดวก จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงระบบโดยติดตั้งท่อระบายอากาศ และทำการขยาย Pit ขณะเดียวกันก็ได้จัดทำแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองสภาพการไหลในระบบขึ้นจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองร่วมกับข้อมูลน้ำฝน ระดับน้ำใน Trench และระดับน้ำใต้ดินจากอุปกรณ์วัดที่ติดตั้งไว้ พบว่าการปรับปรุงนี้ทำให้สามารถเติมน้ำฝนลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้เพิ่มขึ้นจาก 5.77 % ของปริมาณน้ำฝนที่ตกเป็น 42.64 % หรือคิดเป็นปริมาณน้ำทั้งสิ้นประมาณ 0.66 ลบ.เมตร/ปี/พื้นที่หลังคา 1 ตร.เมตร และระยะยกตัวของน้ำใต้ดินเท่ากับ 4.7 % ของความลึกน้ำฝนที่ Recharge ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Improvement and Efficiency Test of Seepage System for Recharging Rainfall to Groundwater

Chalermkiat Chosoongnern
Chumpol Jiwatjanarodom
Benjamas Chaidol-Udom
Assistant Professor Phattaporn
Mekpruksawong Advisor
Preechanun Srikaew Advisor
Dr. Winai Klajing Advisor
2001

Abstract

Thailand is an agricultural country. Villagers who are living in the area remote from the river or water storages survive by using water from rainfall and groundwater. This causes severe decreasing of groundwater level with no sign of recovery. The researchers tried to study the potential of top sand for recharging rainfall to groundwater in Pichit province. The proposed method is so-called "Seepage System" which consists of a pit and a trench properly equipped with percolation wells, to recover groundwater. The designed Seepage System is now installed at Baan Noen Kwang School in Pichit province in order to recharge rainfall from the roof to groundwater. Unfortunately, the system had been previously equipped with inadequate air ventilation pipes and recharged only 5.77 % of rainfall.

After improving the system by installing enough air ventilation pipes in the pit and trench and also enlarging pit size, these made the system worked far better. The computer model was meanwhile constructed and run using the registered data (from the data logger) of rainfall, water level in the trench, and the groundwater level. And it was found that the percentage of recharging rainfall to groundwater had been substantially increased as high as 42.6 %, or 0.66 cubic meters per year per sq. cu. of roof area. The ground water level can rise up 4.7 % of recharged rainfall depth.

(ก.1)
สารบัญเรื่อง

	หน้า
สารบัญเรื่อง	(ก.1-ก.2)
สารบัญรูป	(ข.1-ข.2)
สารบัญตาราง	(ค.1)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ขอบเขตในการดำเนินงาน	2
1.3 พื้นที่ศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	12
2.1 ชนิดของชั้นดินให้น้ำ	12
2.2 วิธีการเติมน้ำ	14
2.3 วิธีการเติมน้ำได้ดินแบบต่าง ๆ	14
2.4 การ Recharge ผ่านฐานของโครงสร้างต่าง ๆ	19
2.5 การศึกษาที่ผ่านมา	20
2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 การดำเนินงาน	33
3.1 การสำรวจพื้นที่ศึกษาในสนาม	33
3.2 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	35
3.3 ระบบการซึมก่อนทำการปรับปรุง	37
3.4 ระบบการซึมหลังทำการปรับปรุง	39
3.5 แบบจำลองคอมพิวเตอร์	40
3.6 ขั้นตอนการทดสอบ Seepage Coefficient ของ Percolation Well	50
3.7 การหาปริมาณน้ำฝนที่ Recharge ได้	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก.2)
สารบัญเรื่อง

	หน้า
3.8 การหาระยะยกตัวของน้ำใต้ดินที่เกิดขึ้นจากผลกระทบของระบบ Seepage System	52
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	53
4.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบหา Seepage coefficient of Percolation Well	53
4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำฝนที่สามารถ Recharge ได้	54
4.3 การวิเคราะห์การยกตัวของระดับน้ำใต้ดินกับปริมาณฝนที่ Recharge ได้	61
4.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินกับปริมาณฝน	64
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	66
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	66
5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานต่อไป	67
ภาคผนวก	
ผ-1 รูปข้อมูลชั้นดินของบ่อที่เจาะ โดยกรมชลประทาน	68
ผ-2 รูปการสร้างและปรับปรุงระบบการซึม	86
ผ-3 รูปสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา เดือนตุลาคม 2544	91
ผ-4 รูปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน, ระดับน้ำใน Trench และระดับน้ำใต้ดินของพายุฝนลูกต่าง ๆ	93
ผ-5 รูปแสดงการหาปริมาณน้ำฝนที่ Recharge ได้ และการยกตัวของระดับน้ำใต้ดินของพายุฝนลูกต่าง ๆ	104
ผ-6 Program คอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้น	128

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข.1)

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1-1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาของเขตพื้นที่ศึกษา	3
รูปที่ 1-2 สมดุลของน้ำในจังหวัดพิจิตร	5
รูปที่ 1-3 แผนที่ธรณีวิทยาของจังหวัดพิจิตร	9
รูปที่ 1-4 แผนที่อุทกธรณีวิทยาของจังหวัดพิจิตร	11
รูปที่ 2-1 ลักษณะชั้นดินให้น้ำแบบเปิดและปิด	13
รูปที่ 2-2 ลักษณะชั้นดินให้น้ำแบบร่วนซึม	13
รูปที่ 2-3 การเติมน้ำใต้ดินโดยวิธี Spreading Basin	16
รูปที่ 2-4 การเติมน้ำใต้ดิน โดยวิธี Injection Well Recharge	18
รูปที่ 2-5 การเติมน้ำใต้ดิน โดยวิธีผ่านฐานของโครงสร้างต่าง ๆ	20
รูปที่ 2-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวเฉลี่ยกับความนำชลศาสตร์	24
รูปที่ 2-7 ผังการทดสอบแบบระดับน้ำคงที่ (Constant Head)	28
รูปที่ 2-8 ผังการทดสอบแบบระดับแปรเปลี่ยน (Variable Head)	30
รูปที่ 2-9 แสดงการทดสอบหาค่า Seepage Coefficient (a)	32
รูปที่ 3-1 การกระจายของบ่อเกษตรกรรมและพื้นที่น้ำท่วม	33
รูปที่ 3-2 สภาพแม่น้ำยมในวันที่ 14 มกราคม 2545	34
รูปที่ 3-3 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อและแนว Cross Section	35
รูปที่ 3-4 ภาพแสดง Profile ชั้นดินแนว A-D	36
รูปที่ 3-5 ภาพแสดงรูปแบบการซึมและอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้	37
รูปที่ 3-6 แสดงข้อมูลชั้นดิน ณ โรงเรียนบ้านเนินขวาง ต.เนินสว่าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร	38
รูปที่ 3-7 ระบบการซึมก่อนทำการปรับปรุง	39
รูปที่ 3-8 ระบบการซึมหลังทำการปรับปรุง	39
รูปที่ 3-9 ภาพแสดงหลักการของ Tank Model	40
รูปที่ 3-9 Flow Chart Program	48
รูปที่ 3-10 ภาพแสดงหลักการการทำงานของระบบการซึม	49
รูปที่ 4-1 กราฟแสดงผลการทดสอบค่า $a_{cpercolation well}$	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข.2)

สารบัญรูปรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 4-2 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำ (WL) ใน Trench ที่เกิดขึ้นจริง กับระดับน้ำใน Trench ที่ได้จากการ Simulation โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	54
รูปที่ 4-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่วัดได้จาก Sensor กับระดับน้ำที่ได้จากการ Simulation โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	55
รูปที่ 4-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลานับตั้งแต่เริ่มเติมน้ำกับระดับน้ำใต้ดิน	56
รูปที่ 4-5 กราฟแสดงการหาค่า Rainfall-Runoff Coefficient หรือค่า C โดยวิธี Simulation	57
รูปที่ 4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่ตกกับปริมาณฝนที่เต็มได้	60
รูปที่ 4-7 กราฟแสดงการยกตัวของระดับน้ำใต้ดิน (GWL) กับพายุฝน	61
รูปที่ 4-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรที่เต็มได้กับระยะยกตัวของน้ำใต้ดิน	63
รูปที่ 4-9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินและน้ำฝน	65

(ค.1)

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1-1 ตารางสถิติภูมิอากาศของจังหวัดพิจิตรในคาบ 35 ปี (พ.ศ. 2494 – 2528)	4
ตารางที่ 1-2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและค่าการคายระเหยน้ำและสถานภาพของน้ำใน ดินระยะเวลาต่าง ๆ	6
ตารางที่ 2-1 แสดงค่า Permeability ของดินและคุณสมบัติการระบายน้ำของดิน	27
ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงผลการทดสอบค่า $\alpha_{\text{percolation well}}$	53
ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงปริมาณฝนที่ตกกับปริมาณฝนที่เต็มได้ของพายุฝนแต่ละลูกก่อนทำการปรับปรุงระบบ	58
ตารางที่ 4-3 ตารางแสดงปริมาณฝนที่ตกกับปริมาณฝนที่เต็มได้ของพายุฝนแต่ละลูกหลังทำการปรับปรุงระบบ	59
ตารางที่ 4-4 ตารางแสดงปริมาณฝนที่เต็มได้กับระยะยกตัวของน้ำใต้ดิน	62

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนที่อยู่ห่างไกลจากแม่น้ำหรือแหล่งน้ำผิวดินอื่นๆ ดำเนินการเกษตรกรรมโดยอาศัยน้ำฝนและน้ำใต้ดิน ในทศวรรษที่ผ่านมา แหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำบาดาล เป็นทรัพยากรที่สำคัญมากอย่างหนึ่งของประเทศ มีการเจาะบ่อน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ปีละไม่ต่ำกว่า 5,000 บ่อ ผลจากการใช้น้ำบาดาลกันมาก พบว่าระดับน้ำใต้ดินในบางพื้นที่ลดลงมากหรือในบางพื้นที่ก็หาน้ำบาดาลได้ยากขึ้นเรื่อย ๆ

ปัญหาการจัดการแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการเกษตร เป็นประเด็นที่มีการกล่าวถึงและต้องได้รับการแก้ไขในทุกรัฐบาลที่ผ่านมา เพื่อรับรองต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และคุณภาพของประชาชนในประเทศ กรมโยธาธิการ โดยกองพัฒนาบ่อน้ำบาดาลมีหน้าที่ในการจัดหาแหล่งน้ำดิบ โดยการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลทั่วประเทศให้กับประชาชนถิ่นทุรกันดาร และเขตชุมชนในเขตเกษตร แต่เนื่องจากสภาพการใช้น้ำมีมากขึ้นตามการเจริญเติบโตของประชากร และการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในช่วง 10 ปีหลัง มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก บางช่วงเวลาเกิดภาวะแล้งติดต่อกันหลายปี บางช่วงเกิดภาวะน้ำท่วมติดต่อกันหลายปี ทำให้การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน บ่อน้ำใต้ดินที่พัฒนาขึ้น เปลี่ยนแปลงลดลงในหลายพื้นที่ จังหวัดพิจิตรก็เป็นพื้นที่หนึ่งที่ประสบปัญหาการลดลงของระดับน้ำใต้ดิน ทำให้ประชาชนในเขตพื้นที่ดังกล่าวประสบปัญหาขาดแคลนน้ำกินน้ำใช้และน้ำเพื่อการเกษตร

การระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาลเป็นวิธีการอันสำคัญวิธีหนึ่ง ในการจัดการทรัพยากรน้ำและถูกนำมาใช้ในหลายประเทศ เช่น สวีเดน ฮังการี เนเธอร์แลนด์ เยอรมัน อังกฤษ อิสราเอล รัสเซีย เชโกสโลวาเกีย สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งในบางแห่งสามารถทำการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินเป็นจำนวนมากถึง 46,000 ล้านลิตรต่อปี โดยบางแห่งมีการเติมน้ำเป็นเวลานานกว่า 20 ปี

ประโยชน์ของการระบายน้ำหรืออัดน้ำจากผิวดินลงสู่ชั้นน้ำบาดาลนั้น มีหลายประการ คือ

- 1) ช่วยกู้สภาพการลดระดับของแรงดันของน้ำบาดาลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการใช้น้ำบาดาลมากเกินไป

- 2) ป้องกันการไหลซึมของน้ำเค็มเข้ามาในชั้นน้ำจืดหรือเพื่อทำการไล่ที่น้ำเค็มและสร้างปราการน้ำจืดในบริเวณน้ำเค็มรุกล้ำ
- 3) เป็นการเพิ่มระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งเมื่อระดับน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น แรงดันน้ำใต้ดินก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในบริเวณที่มีการทรุดตัวของแผ่นดิน เนื่องมาจากการสูบน้ำใต้ดินมากเกินไป
- 4) เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาน้ำท่วมขังโดยการระบายน้ำท่วมขังผ่าน ไปเก็บยังชั้นน้ำใต้ดิน
- 5) เพื่อเก็บรักษาน้ำฝนในฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำมากเกินไปความต้องการเอาไว้ใช้ในชั้นทรายที่เหมาะสม เป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ใต้ดินสำหรับเอาไว้ใช้ในยามขาดแคลน

แนวความคิดที่จะนำน้ำฝนส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูฝนมาเก็บกักไว้ในชั้นใต้ดิน เพื่อจะได้นำมาใช้ในช่วงขาดแคลนน้ำ เป็นวิธีการหนึ่งของการพัฒนาแหล่งน้ำเพราะปัจจุบันประเทศไทยมีความสามารถในการเก็บกักน้ำจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาเอาไว้ได้ไม่เกิน 20% ของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาทั้งหมดและที่เหลือจะไหลลงสู่ทะเล การเก็บกักน้ำใต้ดินยังช่วยให้ลดการสูญเสียดินจากการระเหยและลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบจ่ายน้ำและระบายน้ำอีกด้วย

1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อออกแบบปรับปรุงระบบ Seepage System
- 2) เพื่อวิเคราะห์ถึงปริมาณน้ำฝนที่เติมได้ในระบบการซึม จากปริมาณของฝนที่ตกในพื้นที่ศึกษาทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง
- 3) เพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบของปริมาณน้ำฝนที่เติมได้ กับการยกตัวของระดับน้ำใต้ดิน

1.2 ขอบเขตการดำเนินงาน

- 1) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับน้ำฝนและชั้นดิน
- 2) วิเคราะห์ข้อมูลชั้นดินและข้อมูลน้ำฝน
- 3) พล็อตกราฟการกระจายน้ำฝนและจัดทำ Profile ชั้นดินในพื้นที่ศึกษา
- 4) ปรับปรุงระบบและทดสอบประสิทธิภาพของระบบ
- 5) สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยอาศัยหลักการ Tank Model
- 6) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่ตกกับปริมาณน้ำที่ Recharge ได้

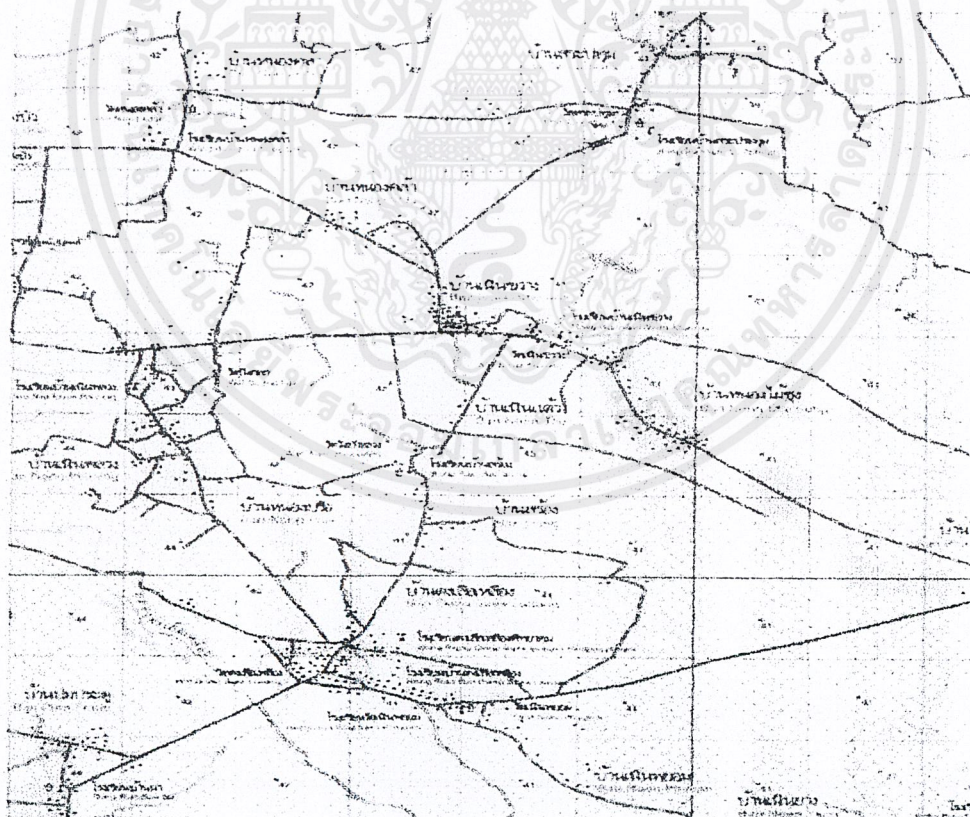
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 7) วิเคราะห์ถึงผลกระทบของปริมาณน้ำฝนที่เดิมได้กับการยกตัวของระดับน้ำใต้ดิน
- 8) สรุปผลการดำเนินการ

1.3 พื้นที่ศึกษา

1.3.1 สภาพภูมิประเทศ

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ 100 ตารางกิโลเมตร อยู่ในเขต ตำบลไผ่รอบ ตำบลไผ่ท่าโพธิ์ ตำบลคงเสื่อเหลียง ตำบลเนินสว่าง และตำบลโพธิ์ประทับช้าง ในอำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร อยู่แผนที่ 1:50,000 ระวัง 5041 IV พิกัด X 624000 - 634000 พิกัด Y 1797000-1807000 สภาพภูมิประเทศมีความลาดเอียงจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปยังทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีระดับสูงสุดของพื้นที่ +44 ม.รทก. และมีระดับต่ำสุดของพื้นที่ +36 ม.รทก. มีแม่น้ำยมไหลผ่านในแนวเหนือใต้ ด้านตะวันออกของพื้นที่ ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพทำนา นอกนั้นมีอาชีพทำไร่ ปลูกผลไม้ และพืชผักเล็กน้อย



รูปที่ 1-1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาของเขตพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษาแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดูกาล คือ

- 1) **ฤดูหนาว** เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เป็นฤดูที่มีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่าน มีอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งโดยทั่วไป
- 2) **ฤดูร้อน** เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม เป็นช่วงที่ลมจากทิศใต้และทิศตะวันออกเฉียงใต้ปกคลุม ทำให้มีอากาศร้อน
- 3) **ฤดูฝน** เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นฤดูที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดียพัดผ่าน ทำให้มีฝนตกและอากาศชุ่มชื้น

1.3.2.1 ปริมาณน้ำฝน

จังหวัดพิจิตรมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,434 มิลลิเมตร มีฝนตกจำนวน 80 วัน เดือนที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายน มีฝนตกเฉลี่ย 317.3 มิลลิเมตร และฝนตกประมาณ 15 วัน ส่วนเดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคม มีฝนตกเฉลี่ย 3.2 มิลลิเมตร

1.3.2.2 อุณหภูมิ

จังหวัดพิจิตรมีอากาศค่อนข้างร้อน มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 37.4 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน และมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 17.7 องศาเซลเซียสในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศเย็นที่สุดในรอบปี

ตารางที่ 1-1 ตารางสถิติภูมิอากาศของจังหวัดพิจิตรในคาบ 35 ปี (พ.ศ. 2494 – 2528)

	มค.	กพ.	มีค.	เมษ.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.	ทั้งปี
อุณหภูมิ (°C) ^{1/}													
เฉลี่ย	25.9	25.4	28.9	30.6	29.6	29.5	28.0	27.7	27.7	27.5	26.0	24.0	27.4
สูงสุดเฉลี่ย	33.8	33.8	36.0	37.4	35.7	33.6	32.8	32.2	32.3	32.3	31.7	30.9	33.4
ต่ำสุดเฉลี่ย	17.7	20.3	23.1	25.0	25.1	24.7	24.4	24.4	24.4	23.9	21.4	18.2	22.7
ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ^{2/}													
เฉลี่ย	67.8	65.6	63.3	63.7	72.4	75.5	80.1	82.0	82.4	79.5	74.7	69.8	73.3
สูงสุดเฉลี่ย	87.0	84.4	81.9	81.4	87.6	91.3	92.3	93.1	93.2	92.3	90.2	88.4	88.6
ต่ำสุดเฉลี่ย	42.3	41.8	40.9	41.8	52.4	60.9	63.2	65.7	65.6	61.0	53.1	45.5	52.9
ฝน (มม.) ^{2/}													
เฉลี่ย	5.4	19.6	21.4	69.3	155.5	192.3	215.1	273.8	317.3	146.1	23.6	3.2	1,434.1
วันฝนตกเฉลี่ย	0.6	1.2	1.5	3.2	9.8	11.0	12.9	14.8	14.8	8.5	1.4	0.3	60.0

1/ ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศ อ.เมือง จ. พิษณุโลก กรมอุตุนิยมวิทยา

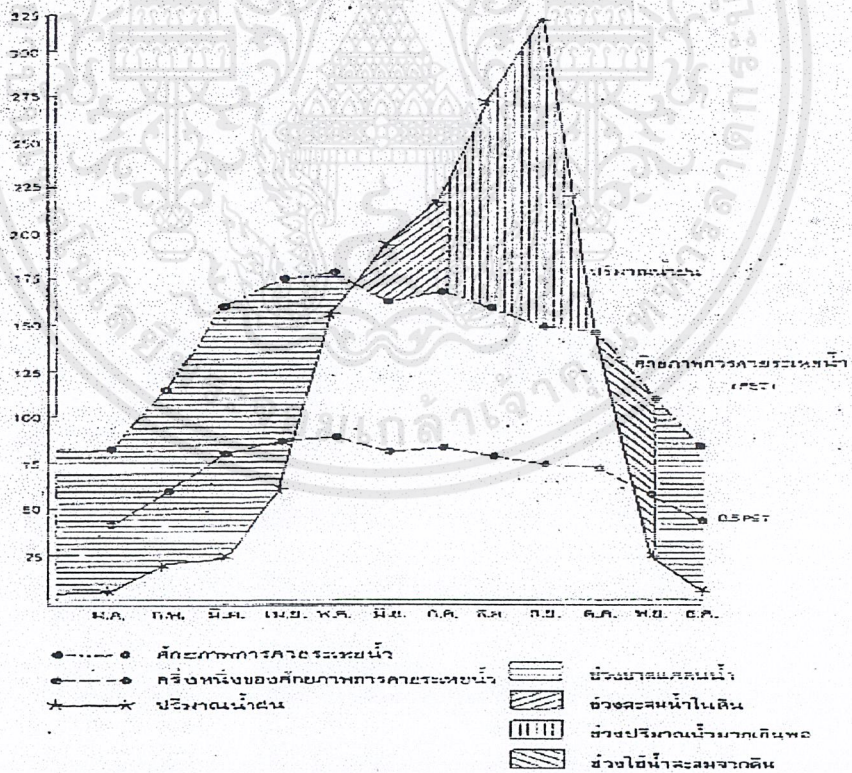
2/ ข้อมูลจากสถานีตรวจฝน อ.เมือง จ. พิจิตร กรมอุตุนิยมวิทยา

1.3.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยทั้งปีมีค่า 73.3 % โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนมีนาคม 63.3% ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อน และมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายนซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝนที่เกิดจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ดูตารางสถิติภูมิอากาศของจังหวัดพิจิตรในคาบ 35 ปี)

1.3.2.4 สมดุลของน้ำเพื่อการเกษตร

การวิเคราะห์ค่าสมดุลของน้ำเพื่อการเกษตรของจังหวัดพิจิตร โดยการหาค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำพบว่า จังหวัดพิจิตรมีปริมาณฝนตกมากกว่าศักยภาพการคายระเหยน้ำตั้งแต่กลางเดือนมิถุนายนเป็นต้นไป ซึ่งปริมาณน้ำฝนที่มากกว่านี้จะถูกสะสมเอาไว้ในดินไปจนถึงประมาณต้นเดือนสิงหาคม ทำให้ดินถึงจุดอิ่มตัวเกินกว่าที่จะเก็บน้ำไว้ได้อีก ทำให้ฝนที่ตกมีค่ามากกว่าความต้องการไปจนถึงเดือนพฤศจิกายน ปริมาณฝนจะลดต่ำลงน้อยกว่าศักยภาพของการคายระเหยน้ำ ทำให้มีการนำน้ำที่สะสมไว้ในดินมาใช้ในการคายระเหยน้ำจนถึงต้นเดือนธันวาคม น้ำที่สะสมไว้ในดินหมดไป จะเป็นช่วงที่ดินขาดแคลนน้ำไปจนถึงกลางเดือนมิถุนายน



รูปที่ 1-2 สมดุลของน้ำในจังหวัดพิจิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1-2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและค่าการคายระเหยน้ำ และ
สถานภาพของน้ำใน ดินระยะเวลาต่าง ๆ

ปริมาณน้ำ (มม.)	พค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	คค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
1. น้ำฝน	5.4	12.5	21.4	80.3	155.5	139.0	215.1	273.8	317.3	145.1	23.6	3.2
2. ค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ (PET)	82.4	116.5	159.3	174.3	178.7	162.3	167.1	159.5	148.3	145.2	113.7	83.0
3. ผลต่างของปริมาณน้ำฝน ค่าศักยภาพของการคาย ระเหยน้ำ (1-2)	-77.0	-95.0	-137.9	-114.0	-23.2	31.3	48.0	115.3	169.0	0.9	-50.1	-79.8
4. ความชื้นสะสมในดิน	0	0	0	0	0	31.3	79.3	100.0	103.0	98.5	16.0	0
5. การคายระเหยน้ำที่เป็นจริง	5.4	12.5	21.4	80.3	155.5	162.3	167.1	159.5	146.3	145.2	113.7	19.2
6. การขาดน้ำ (2-5)	77.0	95.5	137.9	114.0	23.2	0	0	0	0	0	0	63.8
7. น้ำรวมเกินพอ	0	0	0	0	0	0	0	94.6	169.0	100.9	0	0

ที่มา : - ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของจังหวัดพิษณุโลก 35 ปี (2494-2528) กรมอุตุนิยมวิทยา
- ค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ โดยสูตรของ Thornthwaite (1948)
- ความชื้นสะสมในดิน โดยกำหนดในดินระดับความลึก 50 เซนติเมตร สามารถสะสมน้ำ
ได้สูงสุด 100 มิลลิเมตร เนื่องจากไม่มีข้อมูลความชื้นของดินที่แท้จริง

1.3.3 ลักษณะทางธรณีวิทยา

1.3.3.1 หน่วยหินและอายุ

จังหวัดพิจิตรตั้งอยู่บนแอ่งเจ้าพระยาตอนบน พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยชั้นตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอเนารี ยกเว้นทางด้านตะวันออกของจังหวัด ซึ่งมีหินภูเขาไฟยุคเปอร์โมไทโรแอซซิก โผล่ให้เห็นในรูปของเนินเขาหรือภูเขาโคด สภาพทางธรณีวิทยาจากแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 ระวังจังหวัดพิษณุโลก (NE47-15) ระวังจังหวัดเพชรบูรณ์ (NE47-16) ระวังจังหวัดนครสวรรค์ (ND47-3) และระวังอำเภอบ้านหมี่ (ND47-4) ซึ่งจัดพิมพ์โดยกรมทรัพยากรธรณีระหว่างปี 2514 – 2519 ซึ่งสภาพทางธรณีวิทยาสามารถจำแนกได้ดังนี้

1) แหล่งสะสมตัวยุคควอเทอเนารี ประกอบด้วยตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวที่สามารถแยกได้ 2 ประเภทคือ

- ตะกอนลำน้ำปัจจุบัน : จะพบตามแนว 2 ฟังของกลุ่มแม่น้ำยม แม่น้ำน่าน และตามลำน้ำสาขาแทบทุกสาย ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด โดยเฉพาะบริเวณตอนกลางของจังหวัด และเลยออกไปถึงเกือบสุดเขต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัดพิจิตรด้านตะวันออก พื้นที่ซึ่งรองรับด้วยแหล่งสะสมตัวของ ตะกอนชนิดนี้ ซึ่งโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบเรียบสม่ำเสมอ ตะกอนที่พบส่วนใหญ่เป็นกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินโคลนที่เกิด จากการกระทำของลำน้ำในปัจจุบัน มีอายุระหว่าง 0 – 10,000 ปี ซึ่งอยู่ในยุค โฮโลซีน

- ลานตะพักแม่น้ำและตะกอนรูปพัด : เป็นแหล่งสะสมของตะกอนตะพัก แม่น้ำ ตะกอนรูปพัด ลานหินดินผา และแหล่งเศษหินดินผา มักจะพบ อยู่ตรงกลางลุ่มแม่น้ำยมและลุ่มแม่น้ำน่าน พบการกระจายอยู่ทางด้าน ตะวันตกและตะวันออกของจังหวัดสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ค่อนข้างราบ เรียบถึงที่ราบลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย ความสูงของตะกอนพักแม่น้ำ ระดับสูง และตะพักแม่น้ำระดับต่ำนั้นมีค่าประมาณ 10 – 20 เมตร ตะกอนส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรวด ทรายแป้ง ดินเหนียว และบางส่วน มีศิลาแดง ซึ่งมีอายุประมาณ 0.01 – 1.67 ล้านปี อยู่ในช่วงอนุยุคไพลสโตซีน

- 2) หินภูเขาไฟยุคเพอร์โม – ไทรแอสซิก : ประกอบด้วยหินทัฟฟ์ หินแอกลอมอ เรต หินไรโอไลต์ และหินแอนดีไซต์ปรากฏให้เห็นเป็นลักษณะเนินเขาโคด ซึ่งพบอยู่ทั่วไปทางด้านตะวันออกติดต่อกับเขตจังหวัดเพชรบูรณ์
- 3) หินภูเขาไฟจูราสสิก – ไทรแอสซิก : ประกอบด้วยหินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินทัฟฟ์ โดยมีหินแอกลอมอเรตและหินไดโคไรท์อยู่เป็นบางแห่ง ส่วนใหญ่ หินชุดนี้จะพบอยู่ตามเนินเขาโคด เกิดอยู่ในมหายุคมีโซโซอิก ลักษณะทาง ธรณีวิทยาของจังหวัดพิจิตรเกือบทั้งจังหวัดจะปกคลุมด้วยตะกอนไม่แข็งยุคควอเทอนารี เกิดขึ้นโดยอิทธิพลของการกระทำของแม่น้ำ ตะกอนที่แม่น้ำพัดพามาสะสมตัวยังไม่แข็งตัว

1.3.4 สภาพธรณีสัณฐานวิทยา

จังหวัดพิจิตรสามารถแบ่งสภาพธรณีสัณฐานวิทยาออกเป็น 5 ประเภทของภูมิทัศน์

1.3.4.1 ที่ราบน้ำท่วมถึง เป็นที่ราบที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่ถูกพัดพามา โดยแม่น้ำในฤดูน้ำหลากและพัดพาเอาตะกอนมาทับถมทุกปี ซึ่งประกอบด้วย สันดินร่วนลำนํ้า และที่ราบลุ่มลำนํ้า สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ราบเรียบ ความลาดชันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ราบน้ำท่วมถึงนี้พบอยู่บริเวณ 2 ฝั่งของแม่น้ำน่าน และแม่น้ำยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4.2 ตะพักแม่น้ำกึ่งปัจจุบันและตะกอนรูปพัดต่อเนื่อง เกิดจากกระแสน้ำที่ไหลมาจากภูเขา จะพัดพาเอาตะกอนต่างๆ มาด้วยเมื่อกระแสน้ำไหลผ่านพื้นหุบเขาหรือเชิงเขาซึ่งจะเป็นที่ราบ ทำให้กำลังของน้ำลดลง ทางน้ำก็กระจายไป ตะกอนที่ถูกพัดพามากก็ตกตะกอนขึ้น มีลักษณะคล้ายรูปพัด พื้นที่เหล่านี้จะพบทางตะวันตกของจังหวัดซึ่งเกิดจากตะกอนที่พัดมาจากตะกอนรูปพัดกำแพงเพชร และด้านตะวันออกของจังหวัดซึ่งเกิดจากตะกอนที่พัดมาจากจังหวัดเพชรบูรณ์ สภาพพื้นที่เป็นที่ราบเป็นรูปคลื่นเล็กน้อย โดยเป็นที่ราบสลับกับที่ลุ่ม โดยชั้นบนบางแห่งจะมีตะกอนลึน้ำกึ่งปัจจุบันปิดทับอยู่ทางตอนบน ความลาดชันส่วนใหญ่ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์

1.3.4.3 ตะพักแม่น้ำเก่า เกิดจากการทับถมของตะกอนลึน้ำเก่า พื้นที่มีอายุมากกว่าที่ราบน้ำท่วมถึง และตะพักแม่น้ำกึ่งปัจจุบันและตะกอนรูปพัดต่อเนื่อง (Semi-Recent Terrace and Coalescing Alluvial Fans) พื้นที่ส่วนใหญ่ค่อนข้างเรียบ ความลาดชันน้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์

1.3.4.4 พื้นผิวที่เหลื่อค้ำจากการกัดกร่อน (Dissected Erosional Surfaces) ลักษณะภูมิทัศน์ (Landform) ชนิดนี้ไม่ได้เกิดจากการทับถมของตะกอนลึน้ำ แต่เป็นพื้นที่เหลื่อค้ำจากที่ถูกการกัดกร่อน (Erosion) ส่วนใหญ่แล้วเนื่องจากกระบวนการปรับระดับพื้นที่โดยอิทธิพลของน้ำ สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นมีความลาดชัน 2-8 เปอร์เซ็นต์

1.3.4.5 ภูเขา (Mountain) มีลักษณะเป็นโครงสร้างของภูเขาโคคของหินแอนดีไซต์ และไรโอไลต์เป็นส่วนใหญ่ สภาพพื้นที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

1.3.5 สภาพอุทกธรณีวิทยา

จากการศึกษาสภาพอุทกธรณีวิทยาของภาคเหนือของกอน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี มาตราส่วน 1 : 500,000 ฉบับปรับปรุงแก้ไขในปี พ.ศ. 2521 ชั้นหินในท้องที่จังหวัดพิจิตรนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ ระดับต้นและระดับลึก การศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาและธรณีวิทยาของจังหวัดพิจิตร แบ่งได้เป็น 4 เขต ตามลักษณะธรณีสัณฐานวิทยา ดังรูป คือ

เขตที่ 1 (Qcp) แหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง บริเวณ 2 ฟังแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน แม่น้ำพิจิตร สามารถสูบมาใช้ได้ในอัตรา 45-113 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

เขตที่ 2 (Qcr) แหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ราบถึงค่อนข้างราบเรียบ ทางด้านตะวันออกเป็นแนวยาวตั้งแต่เหนือจรดใต้และทางด้านตะวันตกบางส่วน สามารถสูบมาใช้ได้ในอัตรา 12 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

เขตที่ 3 (Vc) แหล่งน้ำใต้ดินบริเวณที่เป็นหินภูเขาไฟ ประกอบด้วยหินไรโอไลต์และแอนดีไซต์ หินกรวดภูเขาไฟ กระจายอยู่ทั่วไปทางด้านตะวันออกของจังหวัด สามารถสูบมาใช้ได้ในอัตรา 2-4 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรืออาจจะไม่พบเลย

เขตที่ 4 (PCms) แหล่งน้ำใต้ดินบริเวณทางด้านตะวันออกเขตติดต่อกับจังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วยหินดินดาน หินทราย และฟิลไลต์ สามารถสูบมาใช้ได้ในอัตรา 5-12 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรืออาจจะไม่พบเลย

แผนที่อุทกธรณีวิทยาของจังหวัดพิจิตร สามารถบอกลักษณะความเหมาะสมทางด้านอุทกธรณีวิทยาซึ่งสามารถใช้ในการวางแผนการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาล เป็นต้นว่าพื้นที่ใดในระดับหมู่บ้าน ตำบลหรืออำเภอมีสภาพแหล่งน้ำบาดาลโดยเฉลี่ยหรือส่วนใหญ่เป็นอย่างไร เช่น พื้นที่ใดเป็นแหล่งน้ำเต็มไม่สามารถพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ หรือพื้นที่ใดมีแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ที่สามารถพัฒนาน้ำขึ้นมาใช้ในการเกษตร หรือพื้นที่ใดมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลมาก ซึ่งเราสามารถนำไปใช้ในการวางแผนเพื่อหาแนวทางพัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาลต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

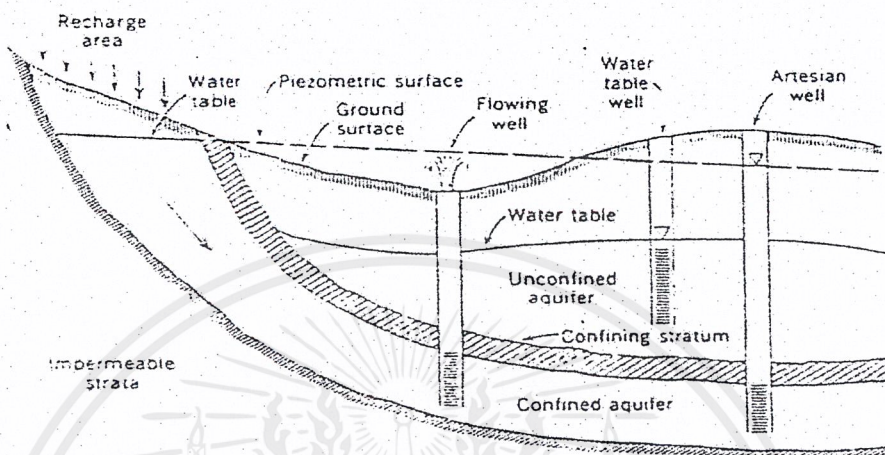
2.1 ชนิดของชั้นดินให้น้ำ

2.1.1 ชั้นดินให้น้ำ (Aquifer) หมายถึง ดิน หิน หรือวัสดุที่เป็นตัวกลางซึ่งมีน้ำแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินหรือรอยแตกในชั้นหิน และสามารถให้น้ำในปริมาณที่มากพอในการนำน้ำขึ้นมาใช้โดยการขุดหรือเจาะเอา ชั้นดินหรือหินที่เป็นชั้นให้น้ำมีลักษณะการเกิดต่างๆ กัน ซึ่งแต่ละลักษณะมีความสามารถทางการเก็บกักน้ำและให้น้ำต่างกัน โดยลักษณะของชั้นให้น้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

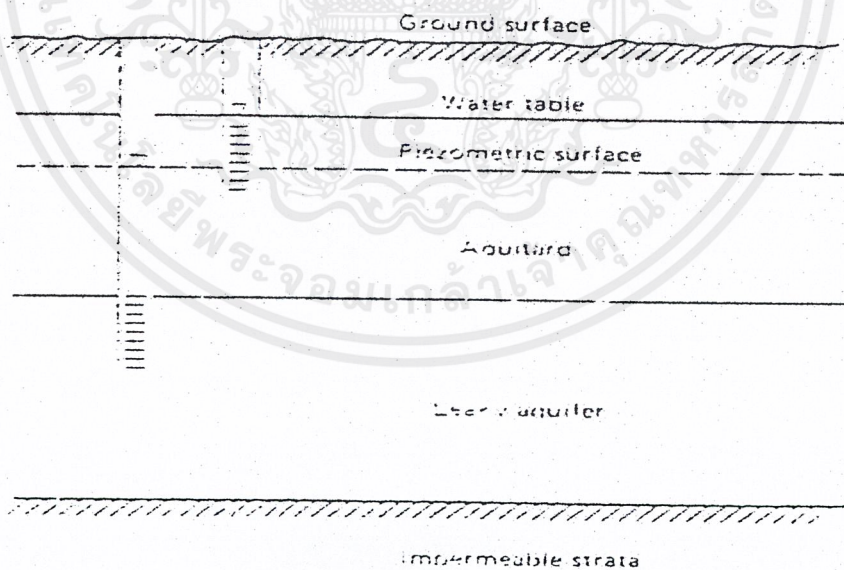
2.1.1.1 ชั้นดินให้น้ำแบบถูกกักดัน (Confined Aquifer) โดยชั้นน้ำในลักษณะนี้ถูกปิดกั้นด้วยชั้นที่บดน้ำทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งทำให้ชั้นให้น้ำแบบปิดนี้เป็นชั้นน้ำที่มีแรงดัน ซึ่งชั้นน้ำในลักษณะนี้เมื่อเจาะบ่อแล้วให้น้ำที่มีระดับสูง และในบางครั้งอาจมีน้ำพุ่งขึ้นสูงกว่าผิวดิน ในลักษณะของน้ำพุ (Spring) โดยระดับของน้ำที่เกิดจากแรงดันและถูกปล่อยให้สูงจนหยุดนิ่ง เรียกว่า Piezometric Head

2.1.1.2 ชั้นดินให้น้ำแบบเปิด (Unconfined Aquifer) ซึ่งเป็นชั้นน้ำที่มีชั้นที่บดน้ำรองรับอยู่ด้านล่างเพียงด้านเดียว โดยผิวน้ำด้านบนในชั้นให้น้ำแบบเปิดนี้เป็นผิวน้ำอิสระ (Free Surface) และมีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ ซึ่งเรียกระดับน้ำระดับนี้ว่า Water Level

2.1.1.3 ชั้นดินให้น้ำแบบปิดและรั่วซึม (Leaky Confined Aquifer) โดยลักษณะของชั้นให้น้ำนี้มีลักษณะเหมือนชั้นให้น้ำแบบปิดทุกประการ แต่ชั้นที่บดน้ำที่อยู่ด้านบนเป็นชั้นให้น้ำกึ่งรั่วซึมซึ่งสามารถให้น้ำซึมผ่านได้บ้างเล็กน้อย ดังนั้น จึงเกิดการซึมเข้าหรือออกจากชั้นให้น้ำลักษณะนี้



รูปที่ 2-1 ลักษณะชั้นดินให้น้ำแบบเปิดและปิด



รูปที่ 2-2 ลักษณะชั้นดินให้น้ำแบบรั่วซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วิธีการเติมน้ำ

งานด้านการเติมน้ำใต้ดินได้เริ่มขึ้นในทวีปยุโรปเมื่อตอนต้นศตวรรษที่ 19 ซึ่งวิธีการเติมน้ำใต้ดินได้พัฒนาขึ้นมาหลายวิธี สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ (HUSIMAN ,1964 : ASANO , 1985) คือ

2.2.1 Direct – Surface ได้แก่ Surface Flooding , Ditched and Drains , Basins , Pits and Shafts , Stream Channel และ Sand Dam เป็นต้น

2.2.2 Direct - Subsurface ได้แก่ Recharge Through Well Method

2.2.3 Indirect Recharge เช่น การป้อนน้ำจากชั้นน้ำบาดาล เพื่อให้มีน้ำผิวดินซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลมากขึ้น

การจะเลือกใช้วิธีไหนนั้น ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ สภาพธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ลักษณะดิน ปริมาณน้ำ และจุดประสงค์ในการเติมน้ำใต้ดิน นอกจากนี้บางครั้ง ราคาที่ดิน คุณภาพ น้ำและสภาพภูมิประเทศ ก็ต้องนำมาพิจารณาด้วย (TODD , 1957)

ปกติหลายประเทศนิยมบรรจุน้ำกลับเข้าไปเก็บในชั้นกรวดและทราย ในออสเตรเลีย เยอรมัน ลิตเซอร์แลนด์ และเนเธอร์แลนด์ นิยมใช้วิธี Spreading Basin และ Recharge Trench ส่วนในอังกฤษ อิสราเอล ญี่ปุ่น กัมพูชาและญี่ปุ่น นิยมใช้วิธี Well Recharge ซึ่งอาจจะพอเดาได้ว่ามีกลุ่มหินคาร์บอเนตอยู่ใต้ดิน ซึ่งมีโพรงทึดยุคมิให้ความชื้นได้สูง มีปัญหาอุดตันน้อย แต่ในประเทศฝรั่งเศสและสหรัฐอเมริกา ใช้หมดทุกวิธี ทั้งนี้เพราะมีชั้นหินปะปนกันหลายประเภท

นิพนธ์เกี่ยวกับการเติมน้ำใต้ดินในมาบ (Basin) โดยขบวนการ Spreading นิยมการนำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งตั้งอยู่บนสมมติสภาพหลาย ๆ ประการ รวมทั้งความสัมพันธ์แบบง่าย ๆ ของสภาพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในอิสราเอลมุ่งไปในด้านการวิเคราะห์การแผ่กระจายของน้ำที่เติมลงไป (Diffusion and Dispersion) ส่วนในสหรัฐอเมริกามุ่งไปในด้านการเคลื่อนตัวของบักเตรียและสารอินทรีย์ ผ่านชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer) และแบบจำลองทางเคมีเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ถูกเติมเข้าไป (BROWN & SIGNOR ,1973)

2.3 วิธีการเติมน้ำใต้ดินแบบต่าง ๆ

2.3.1 Spreading Basin เป็นการเติมน้ำโดยการเลือกพื้นที่ที่มีความเหมาะสมทางด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา โดยการจุดสระน้ำให้เป็นพื้นที่รับน้ำ ซึ่งน้ำที่จะใช้เติมอาจจะมาจากแม่น้ำลำคลอง หรืออ่างเก็บน้ำที่อยู่ใกล้ ๆ เมื่อผิวน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินดังกล่าวเข้ามาในสระแล้ว น้ำจะซึมผ่านชั้นทรายกรวดลงที่ก้นสระ ผ่านบริเวณที่ยังไม่อิ่มตัว (Unsaturated Zone) เข้าไปหา

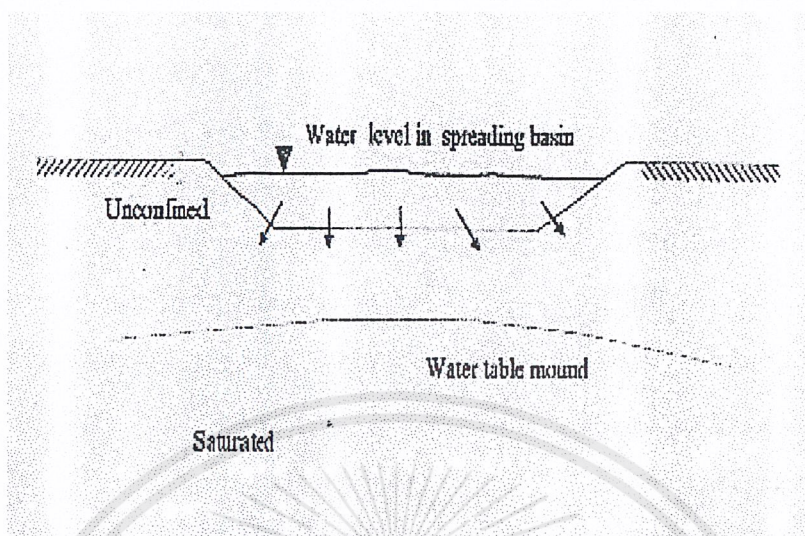
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) อัตราเร็วในการซึมของน้ำขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำในสระ ความซึมได้ (Permeability) ของมวลที่อยู่ระหว่างกันสระกับระดับน้ำใต้ดินและการเปลี่ยนแปลงทางธรณีเคมี ชีววิทยาและกายภาพอันเกิดขึ้นตามรายทางที่น้ำซึมผ่านลงไป อัตรานี้ปกติไม่ค่อยแน่นอนและมักลดลงเมื่อเวลานานขึ้น อัตราเร็วในการซึมแรกเริ่มอาจจะสูงถึง $4.5 \text{ ม}^3/\text{ม}^2/\text{วัน}$ (AIT, 1981) แต่ SUTER & HARMESON (1960) เฉลี่ยไว้อยู่ในระหว่าง 0.15 ถึง $0.45 \text{ ม}^3/\text{ม}^2/\text{วัน}$

ระบบกรองน้ำผิวดินก่อนการเติม ส่วนใหญ่จะใช้ระบบทรายกรอง ซึ่งอาจเป็นแบบ Rapid Sand Filter หรือ Slow Sand Filter หลายๆ แห่งใช้ทรายละเอียดและบางที่ก็มีชั้นกรวดวางไว้บนชั้นทรายอีกชั้นหนึ่ง เมื่อใดที่อัตราการซึมลดลง จะมีการปล่อยให้สระแห้งสักหนึ่งอาทิตย์จนถึงสองสามเดือน พอแห้งแล้วก็ทำความสะอาดโดยการปาด ไถ และพรวนเพื่อเพิ่มความซึมได้ให้สูงขึ้น

การเติมน้ำใต้ดินลักษณะแบบนี้ มีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

- สามารถเติมน้ำสู่ชั้นน้ำใต้ดินระดับตื้น (Shallow Unconfined Aquifer) และชั้นน้ำใต้ดินที่แห้งได้ (Dry Aquifer)
- สระน้ำที่ขุดทำหน้าที่เป็นเสมือนพื้นที่รับน้ำได้ตลอดเวลา น้ำจะถูกกรองโดยชั้นดินและทรายที่อยู่เหนือระดับชั้นน้ำใต้ดินโดยวิธีธรรมชาติ
- ตะกอนที่ทำให้ชั้นดินและทรายอุดตัน เราสามารถดูรักษาได้ง่าย โดยการลอกก้นบ่อของสระน้ำได้ตลอดเวลา
- เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดพลังงาน
- เป็นวิธีที่ไม่เหมาะกับลักษณะชั้นน้ำใต้ดินแบบ Confined Aquifer
- เป็นวิธีที่อาจจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้
- มีโอกาสทำให้เกิดปัญหาดินเค็มเกิดขึ้นได้
- มีอัตราการสูญเสียน้ำดิบโดยการระเหยสูง
- ต้องมีพื้นที่ขนาดใหญ่และเสียค่าที่ดินจำนวนมาก
- มีอัตราการเติมน้ำช้ากว่าวิธีอัดฉีดน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน (Injection Well)



รูปที่ 2-3 การเติมน้ำใต้ดินโดยวิธี Spreading Basin

2.3.2 Injection Well Recharge เป็นการเติมน้ำใต้ดินโดยวิธีเจาะบ่อบาดาล ซึ่งอาจเป็นบ่อบาดาลขนาดตื้น (Shallow Unconfined Aquifers) หรือเป็นบ่อบาดาลขนาดลึก (Deep Confined Aquifers) ดังรูปข้างล่าง วิธีการก็คืออัดน้ำด้วยแรงดันหรือปล่อยให้ไหลเองโดยแรงโน้มถ่วง ลงบ่อน้ำบาดาลและเข้าสู่ชั้นน้ำใต้ดิน การศึกษาการเติมน้ำใต้ดินด้วยวิธีนี้แห่งหนึ่งที่น่าสนใจและสมบูรณ์ที่สุด คือที่ Grand Prairie Region ของรัฐ Arkansas สหรัฐอเมริกา (ENGLER et al. , 1963 ; SNIEGOCKI , 1963a , 1963b , 1964 ; SNIEGOCKI & REED , 1963 ; SNIEGOCKI et al. , 1965 ; JOHNSON et al. ,1996) ตอนแรกของการศึกษานี้ประกอบไปด้วยการรวบรวมและการแปลข้อมูลในรายละเอียดทางธรณีวิทยา อุทกวิทยา ของอาณาบริเวณที่จะทำการเติมน้ำบาดาล การพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ขึ้นมาใช้ พร้อมทั้งหลักการในการใช้ ได้อธิบายไว้พร้อมข้อมูล ในตอนต่อไปได้ศึกษาด้านธรณีเคมีเกี่ยวกับการตกตะกอนของเหล็ก การบริโภคคาร์บอนได้ออกไซด์ของก๊าซในดิน และศึกษาคุณสมบัติของ Aquifer เพื่อ Define Underground Environment ผลของการศึกษานี้ พบว่าปัญหาส่วนใหญ่ของการเติมน้ำวิธีนี้คือ การอุดตัน (Clogging) ในบ่อและในชั้นหินอุ้มน้ำ สาเหตุสำคัญของการอุดตันคือ Air Entrainment สารที่ลอยตัวอยู่ในน้ำที่เติมลงไป และจุลินทรีย์ (Micro-organisms) ปัญหาอื่น ๆ ได้แก่ ผลเสียในการเติมน้ำอุณหภูมิต่ำลงไป ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์ สามารถนำมาใช้ระบุความจำเป็นในการต้อง Treat น้ำก่อนการ Recharge หรือไม่ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AIT (1981) ได้แนะนำว่า วิธีที่ประหยัดที่สุดคือเติมน้ำลงไปบ่อเดิมที่ใช้ผลิตน้ำบาดาล แม้ว่าอัตราเงินจะช้าบ้าง เนื่องมาจากการต้านทานของน้ำที่จะไหลเข้าบ่อ แต่อย่างไรก็ตาม การใช้บ่อลักษณะนี้จะมีโอกาสทำให้บ่ออุดตันได้ง่ายกว่า ดินและกรวดที่อยู่รอบ ๆ ท่อกรองหรือท่อเจาะร่องก็เปรียบเหมือน Rapid Sand Filter เมื่อใดที่ไม่มีกรล้าง (Backwashing) อยู่บ่อย ๆ และโอกาสอุดตันเนื่องมาจากสารที่ลอยอยู่ในน้ำก็ดี การตกตะกอนที่เกิดมาจากแบคทีเรีย (Biochemical Peocess) ก็ดี หรือการสะสมตัวของตะกอนหรือการพอกตัวของ Corrosion Product ก็ดี หรืออาจจะรวมทั้งการเกิดฟองอากาศไม่ว่าจะสาเหตุใด (RAMNARONG , 1975) ก็ดี ก็จะเกิดขึ้นได้เสมอ เคยมีรายงานว่าอัตราการเติมน้ำจะลดลงประมาณ 50% ภายหลังจากที่เติมน้ำไปเพียง 1 อาทิตย์ หรือ 2 เดือน เนื่องมาจากการอุดตันดังกล่าว (SUTER & HARMESON , 1960)

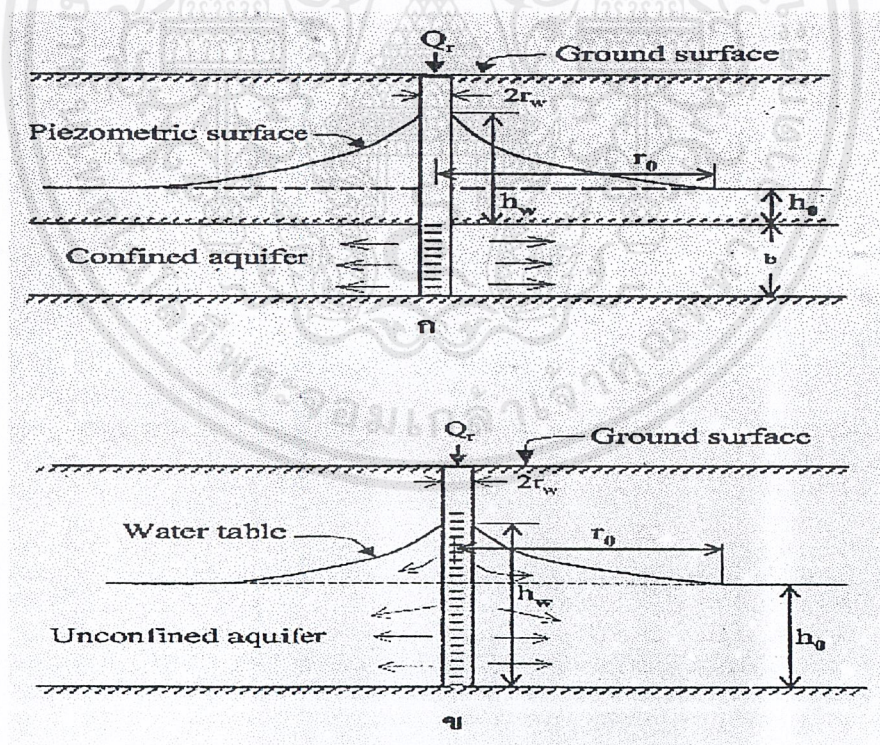
ที่อิสราเอล HARPAZ et al. (1968) ได้รวบรวมรายงานที่ประกอบไปด้วยข้อมูลการวิเคราะห์คำอธิบายต่าง ๆ เกี่ยวกับ Well Recharge ไว้มากมาย และถือเป็นเครื่องมืออันสำคัญอันหนึ่งของนักอุทกธรณีวิทยาที่อาจนำเอา Mathematical Treatment ของการ Recharge ภายใน Assumed Idealized Conditions ไปใช้ที่อื่นได้ มีบทสำคัญอยู่บทหนึ่ง กล่าวคือ Hydrodynamic Dispersion ของน้ำจาก Injection Well โดยเฉพาะเกี่ยวกับน้ำที่มีความเค็มไม่เท่ากัน อีกบทหนึ่งเกี่ยวกับการใช้ Tracers เพื่อติดตามผลของการ Recharge ด้วย

BROWN & SILVEY (1973) ได้ประสบความสำเร็จในการไล่ที่น้ำเค็มโดยน้ำจืด รวมทั้งสามารถนำเอาน้ำจืดดังกล่าวขึ้นมาใช้สอยได้ที่ Norfolk รัฐ Virginia สหรัฐอเมริกา นอกจากนี้การทำ Well Recharge ยังสามารถสร้างปรากฏการณ์น้ำจืด เพื่อป้องกันการรุกเข้ามาของน้ำเค็มในบริเวณชายฝั่งทะเลได้ (TODD , 1957; SIGNOR et al. ,1970 ; KNAPP ,1973)

ในประเทศไทยก็เคยได้มีการทดลองเติมน้ำลงใต้ดินผ่านบ่อน้ำบาดาลที่ ต. บางพูน อ. รัษฎบุรี จ. ปทุมธานี เมื่อราวเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน 2518 (RAMNARONG ,1975) พบว่าถ้าปล่อยให้ น้ำท่าที่ยังมีได้ทำความสะอาดจากคลองเชียงรากไหลลงบ่อบาดาลโดยน้ำหนักของตัวเอง โดยให้บ่อน้ำบาดาลมีขนาดท่อ 10 นิ้ว (254 มิลลิเมตร) และมีท่อเจาะร่องยาว 22.8 เมตร ที่ความลึกระหว่าง 36-58.8 เมตรจากระดับผิวดิน น้ำจะซึมเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลด้วยอัตรา 17 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่ถ้าอัดด้วยแรงดัน 35 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (2.46 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) น้ำก็จะไหลลงไปได้ในอัตราสูงสุดถึง 240 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แต่จะลดเหลือเพียง 176 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงหลังจาก 8 วันผ่านไป เนื่องมาจากการอุดตัน RAMNARONG (1975) ได้ให้คำแนะนำว่า การพัฒนาบ่อขุดใหม่อีกครั้งหลังจากเสร็จการอัดทดสอบแต่ละครั้งหรือสูบบ่อเป็นครั้งคราวเมื่อระยะเวลาอัดน้ำนานเป็นจำนวนหลายวัน ถือว่าสำคัญมากและมันจะช่วยกำจัดการอุดตันได้เป็นอย่างดี

ข้อดีและข้อเสียของการเติมน้ำใต้ดินโดยวิธีผ่านบ่อบาดาล มีดังนี้ คือ

- ข้อดี
- สามารถเติมน้ำได้ในบ่อบาดาลขนาดตื้น (Shallow Unconfined Aquifers) และบ่อบาดาลขนาดลึก (Deep Confined Aquifers)
 - วิธีนี้สามารถอัดฉีดน้ำที่ไม่ต้องการลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินขนาดลึกได้
 - สามารถใช้วิธีนี้อัดฉีดน้ำลงไปป้องกันการรุกคืบของน้ำเกลือ (Saline Groundwater Intrusion)
 - สามารถอัดฉีดน้ำลงสู่บ่อบาดาลจากพื้นที่หนึ่ง และนำไปใช้โดยการสูบจากอีกพื้นที่หนึ่งได้
 - สามารถเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลในปริมาณมากได้
 - ใช้พื้นที่ทำงานน้อย
- ข้อเสีย
- มักจะเกิดปัญหาการอุดตันของบ่อบาดาล
 - สำหรับน้ำดิบที่มีความขุ่นมาก อาจจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพก่อนนำน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน



รูปที่ 2-4 การเติมน้ำใต้ดิน โดยวิธี Injection Well Recharge

ก. ในชั้นน้ำปิด (Confined Aquifer)

จ. ในชั้นน้ำเปิด (Unconfined Aquifer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การ Recharge ผ่านฐานของโครงสร้างต่าง ๆ

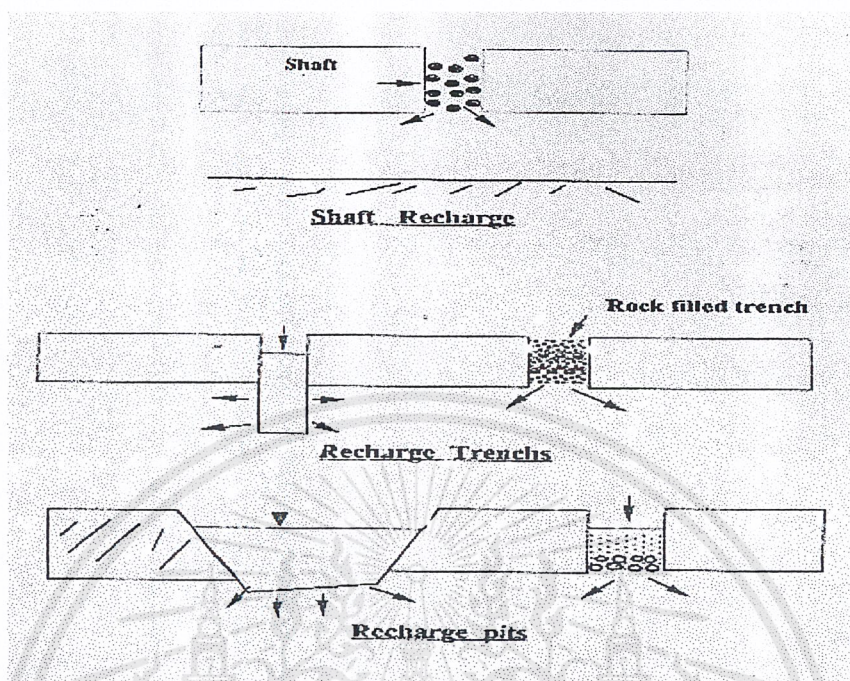
2.4.1 Shaft Recharge มีลักษณะเหมือนเติมน้ำลงบ่อบาดาล แต่แตกต่างกันอยู่ 2 ประการ คือ Shaft หรืออุโมงค์ค้ำ จะต้องมีหน้าตัดทรงกลม สี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส และต้องมีพื้นที่มากกว่า 3 ตารางฟุต (DVORACEK & PETERSON, 1971) อุโมงค์อาจจะอยู่เหนือหรือใต้ระดับน้ำบาดาลก็ได้ จะมีท่อกรุหรือไม่ก็ได้ อาจมีวัสดุพูนอัดอยู่เต็มก็ได้ BOUWER (1978) กล่าวว่า Shaft Recharge นี้อยู่กึ่งกลางระหว่าง Basin Recharge และ Well Recharge

2.4.2 Pit Recharge AIT (1981) กล่าวว่าถ้าชั้นดินที่ปิดทับอยู่ข้างบนค่อนข้างหนา นิยมใช้วิธีสร้าง Pit นี้ บ่อ (Pit) จะต้องขุดลงไปจนถึงชั้นหินอุ้มน้ำ และปกติจะต้องมีวัสดุรองเพื่อ กันมิให้ทรายเม็ดละเอียดไหลเข้าไปทำให้เกิดการอุดตัน วิธีนี้ถือเป็นการ Recharge ในทางค้ำ

2.4.3 Trench Recharge เป็นวิธีการเติมน้ำคล้าย ๆ กับวิธี Spreading Basin ต่างกันตรงที่พื้นที่ในการขุดสระ ซึ่งต้องใช้พื้นที่มาก เปลี่ยนมาเป็นการขุดร่องเป็นแนวยาว จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่เป็นแหล่งชุมชน เมื่อชั้นน้ำอยู่ไม่ลึกจากผิวดิน Trench สามารถปล่อยให้น้ำผิวดินซึมผ่านผนังข้าง ๆ ได้ ปัญหาการอุดตันก็น้อย หรือถ้าจะขุดร่องให้ลึกถึงชั้นทรายก็อาจให้น้ำไหลออกโดยตรงที่ก้นร่องน้ำ สำหรับอัตราการไหลซึมของน้ำ CHI-KWONG (1980) ทำการคำนวณทางทฤษฎีจากร่องน้ำที่กว้าง 1 เมตร ขุดจนถึงทรายที่มีความซึมได้ 75 เมตรต่อวัน และชั้นทรายนี้หนา 25 เมตร ได้ค่าออกมาประมาณ 8.46-8.66 ตารางเมตรต่อวันต่อหน่วยความยาวของร่อง โดยอาศัยสมมติสภาพที่ว่า Aquifer หรือชั้นทรายมีคุณสมบัติเท่ากันทุกทิศทาง มีเนื้อเดียวกันตลอด น้ำไหลซึมออกในมิติเดียว และ Aquifer เป็นชนิด Confined Aquifer ในทางปฏิบัติอัตราการไหลซึมจะมากกว่านี้เพราะว่า Recharge Water ไม่จำเป็นต้องไหลในมิติเดียว ถ้า Trench ไม่ยาวเกินไปสำหรับร่องที่ขุดเข้าไปในชั้นน้ำกับร่องที่มีก้นร่องวางอยู่บนชั้นน้ำพอดีให้อัตราการไหลซึมทางทฤษฎีของน้ำแตกต่างกันเพียง 3%เท่านั้น

ข้อดีและข้อเสียของการเติมน้ำโดยวิธีนี้ คือ

- ใช้พื้นที่ในการขุดสระน้ำไม่มากนัก บริเวณที่แคบ ๆ ก็สามารถสร้างได้
- เป็นวิธีที่ง่าย แม้พื้นที่ที่เป็นกรวดหรือทรายก็สามารถดำเนินการได้
- ข้อเสียตรงร่องน้ำที่ขุดง่ายต่อการทรุดตัว ดังนั้นจึงต้องเลือกพื้นที่ที่มีเสถียรภาพพอสมควร
- ข้อเสียหากสร้างใกล้ ๆ กับสิ่งก่อสร้างต้องระวังการทรุดตัวของพื้นที่



รูปที่ 2-5 การเติมน้ำใต้ดินโดยวิธีผ่านฐานของโครงสร้างต่างๆ

2.5 การศึกษาที่ผ่านมา

2.5.1 การศึกษาด้านการเติมน้ำในประเทศไทย

วชิ รามณรงค์ (1975) ได้ทดลองเติมน้ำ (Artificial Recharge) ใต้ผิวดินที่อำเภอบางพูน จังหวัดปทุมธานี โดยพื้นที่ทดลองอยู่ใกล้กับคลองบางหลวงเล็ก ซึ่งเป็นสาขาของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยการทดลองนี้ได้กำหนดแนวทางคือ การเติมน้ำโดยใช้น้ำบ่อบาดาลที่เติมน้ำโดยใช้แรงดันและเติมน้ำโดยไม่ใช้แรงดัน ซึ่งได้ทดลองโดยการเจาะบ่อบาดาลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว ความลึก 212 ฟุต โดยด้านล่างบ่ออยู่ติดชั้นดินให้น้ำกรุงเทพ (Bangkok Aquifer) และเจาะบ่อสังเกตการณ์จำนวน 6 บ่อ เพื่อใช้ในการวัดระดับน้ำโดยรอบ มีจำนวน 4 บ่อที่เจาะลึกถึงชั้นดินให้ทดลอง ส่วนที่เหลือเจาะบ่อสังเกตการณ์ที่ระดับความลึกจนถึงชั้นดินให้น้ำพระประแดง (Phrapadang Aquifer) และชั้นดินให้น้ำน่านครหลวง (Nakongrung Aquifer) โดยการเติมโดยมีอัตราการเติมที่ได้ประมาณ 408 ลบ.ม./วัน และ 5 ครั้งในกรณีเติมน้ำโดยใช้ความดันสามารถเติมได้ที่อัตรา 5,755 ลบ.ม./วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมโยธาธิการ (1987) ได้ทดลองการเติมน้ำที่ บ้านร่องกองข้าว อำเภอสันกำแพง จังหวัด เชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์คือ หาวิธีการที่ดีที่สุดในการพัฒนาสภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ทดลอง และเป็นแนวทางแก้ปัญหาของพื้นที่อื่นที่มีสภาพปัญหาล้ำกัน แก่ปัญหาแหล่งน้ำสำรองในเขต หมู่บ้าน และเพื่อเก็บกักบริเวณน้ำฝนไว้ใช้ในฤดูแล้ง โดยการทดลองสามารถแบ่งแนวทางได้เป็น 2 กรณี คือ (1) การเติมน้ำโดยอาศัยน้ำผิวดินซึ่งทำการขุดสระเปิดหน้าดินขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร ลึก 1.2 เมตร โดยมีพื้นที่ร่องด้วยทรายกรองและผ่านน้ำสู่บาดาลโดยใช้การวางท่อต่อเนื่องเป็นช่วง ซึ่งสามารถเติมน้ำสู่ชั้นดินให้น้ำได้ประมาณ 366,300 ลบ.ม. ในช่วงเวลา 4 ปี (2) การเติมน้ำโดยอาศัยน้ำฝนที่รวมจากพื้นที่หลังคาและมาเก็บในถัง เพื่อบำบัดแล้วนำลงสู่ชั้นดินให้น้ำโดยอาศัยบ่อบาดาล โดยการทดลองนี้สามารถเพิ่มปริมาณน้ำได้ 19,900 ลบ.ม. ในช่วงเวลา 4 ปี

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (1981) ได้ศึกษาการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่กรุงเทพฯ โดยสรุป ผลการศึกษาคือ การเติมน้ำโดยวิธีการเติมน้ำจากผิวดิน (Spreading) ไม่เหมาะสมกับการเติมน้ำใน พื้นที่กรุงเทพฯ โดยได้แนะนำวิธีการที่เหมาะสม คือการขุดบ่อเพื่อเติมน้ำซึ่งสามารถเติมน้ำได้ถึง ชั้นดินให้น้ำที่มีระดับลึกกว่าชั้นดินให้น้ำกรุงเทพฯ เช่น ชั้นดินให้น้ำพระประแดง นครหลวง และ นนทบุรี โดยให้ระดับเติมน้ำในบ่อมีความลึกมากกว่า 25 เมตร

Piyasena W.M. Hosking R.J. และ Prinya Nutalaya (1981) ได้ศึกษาและพิจารณาว่า ความหนาของชั้นให้น้ำ ระยะทางของขอบเขตระดับน้ำคงที่ ความกว้างของคลอง และความลึกของ คลองที่ผ่านชั้นของชั้นดินให้น้ำว่า กรณีใดจะมีผลต่อการเติมน้ำสู่ชั้นของระบบน้ำใต้ดิน โดยผลการ ศึกษาสรุปได้ว่า ความกว้างและความลึกของคลองไม่มีผลมากต่อการเติมน้ำเท่ากับระดับน้ำคงที่ที่ อยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงและความหนาของชั้นดินให้น้ำ ซึ่งการเติมน้ำที่มีประสิทธิภาพเกิดจากคลอง ที่มีลักษณะแคบแต่มีชั้นให้น้ำที่อยู่ตื้นก็เป็นไปได้

Murakami M. (1982) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินในเขตพื้นที่ ชายฝั่งทะเลชายฝั่งของประเทศไทย และมีวัตถุประสงค์ในการเติมน้ำโดยใช้น้ำจืดที่ได้จากแม่น้ำ เจ้าพระยาและแม่น้ำใกล้เคียง ทั้งนี้แนวคิดของการเพิ่มปริมาณน้ำมาจากการลดตัวของระดับน้ำใต้ ดินในกรุงเทพฯ ที่ทำให้เกิดปัญหาการทรุดตัวที่มีค่ามากกว่า 10 ซม./ปี และการแทรกตัวของน้ำเค็ม เข้ามา โดยการพิจารณาพื้นที่ได้ทดสอบตัวอย่างดิน ชนิดของดิน ความลึกที่ต้องการเจาะโดยอาศัย

การกระจายตัวของดิน โดยทดสอบการกระจายตัวในกรณีของอนุภาคของดินที่เล็กกว่า 0.0625 มิลลิเมตร ใช้วิธีการของ Hydrometer และกรณีที่มีอนุภาคของดินที่ใหญ่กว่า 0.0625 มิลลิเมตร ใช้วิธีการของ Wet Sieve Analysis ในส่วนของการค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่าน (Coefficient of permeability) หากจากความเร็วน้ำภายใต้ความชันทางชลศาสตร์ (Hydraulic Gradient) ที่อุณหภูมิ 15° C หรืออาจหาได้จากสมการของ Wenzel ซึ่งความเป็นไปได้ในการเลือกพื้นที่เหมาะสมที่ทำการเติมน้ำคือบริเวณแนวชายฝั่งตลอดแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งสามารถเติมน้ำได้ทั้งกรณีของการเติมน้ำโดยใช้การขุดสระ หรือการเติมน้ำโดยผ่านทางบ่อบาดาล (Injection Well) โดยเติมอย่างต่อเนื่อง และน้ำที่เติมได้เก็บอยู่ในชั้นให้น้ำกรุงเทพ (50 เมตร)

วชิ รามณรงค์ (1988) แนะนำวิธีการเติมน้ำใต้ดินโดยอาศัยน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน ในกรุงเทพฯ และเติมน้ำผ่านชั้นทรายและกรวดของชั้นดินให้น้ำกรุงเทพ โดยน้ำที่นำมาเติมน้ำนี้ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพและน้ำใต้ดินเดิมในชั้นน้ำนี้เป็นน้ำที่มีส่วนผสมของเกลือ (Saline) อยู่ โดยก่อนเติมน้ำนี้ต้องทำการสูบทดสอบ (Pumping Test) เพื่อตรวจสอบลักษณะของชั้นดินให้น้ำ และการเติมน้ำนี้เติมโดยใช้แรงโน้มถ่วงของโลกและเติมโดยใช้แรงดัน และสามารถสรุปได้ว่าการเติมน้ำโดยใช้แรงโน้มถ่วงของโลกนี้สามารถเติมได้ในปริมาณ 17 ลบ.ม./ชม. โดยระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์สูงขึ้น 1.5 เมตร และการเติมน้ำที่ใช้ความดันสามารถเติมได้ 200 ลบ.ม./ชม. โดยมีอัตราการเติมน้ำลดลง 12% เนื่องจากการอุดตันหลังจากผ่านไป 4 วัน

Sverdrup และ Parcer (1989) ได้ศึกษาต่อจากรายงานของ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (1981) โดยนำแนวทางการเสนอวิธีการเติมน้ำในเขตกรุงเทพมหานครเสนอแนวทางการจัดการควบคุมปริมาณน้ำในเขตกรุงเทพและพื้นที่ใกล้เคียง โดยมีวัตถุประสงค์ในการควบคุมปริมาณน้ำใต้ดิน ป้องกันการใช้น้ำใต้ดิน การเติมน้ำสู่ชั้นน้ำใต้ดิน แก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และติดตามผลของระดับน้ำ

กรมโยธาธิการ (1998) ได้ศึกษาการเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินในพื้นที่ บ้านกิโลสอง อำเภอเมืองจังหวัดกำแพงเพชร สืบเนื่องมาจากการใช้น้ำส่วนใหญ่ในการอุปโภคบริโภคมาจากน้ำใต้ดินจึงทำให้ระดับของน้ำใต้ดินลดลง ดังนั้นจึงมีการเสนอแนวทางการเติมน้ำจากผิวดินสู่ชั้นน้ำใต้ดินเพื่อยกระดับน้ำใต้ดินให้สูงขึ้นสองแนวทาง โดยแนวทางแรกผันน้ำจากแม่น้ำปิงผ่านคลองชลประทานต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทองแดงเพื่อเติมในสระทดลองขนาดสระกว้าง 10 เมตร ยาว 115 เมตร ลึก 2 เมตร ลาดด้านข้าง 1:1.5 ขนาดทรายที่เป็นวัสดุกรองในพื้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.25 - 0.3 มิลลิเมตร โดยใช้วิธีนำน้ำมาพักไว้ในสระทดลองแล้วปล่อยให้ซึมผ่านชั้นทรายลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน แนวทางที่สองนำน้ำจากคลองชลประทานมาปรับปรุงคุณภาพโดยการนำน้ำมาผ่านทรายกรอง (Slow Sand Filter) ในบ่อกรองที่สร้างขึ้นโดยน้ำที่ผ่านการกรอง ก่อนเติมสู่ชั้นน้ำใต้ดินในระดับลึกโดยผ่านบ่อบาดาลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ลึกประมาณ 20 เมตร โดยมีวิธีการติดตามผลการเติมน้ำโดยการเจาะบ่อสังเกตการณ์จำนวน 16 บ่อในรัศมี 200 เมตร เพื่อตรวจสอบระดับน้ำที่ขึ้น-ลงขณะเติมน้ำ โดยการทดลองสามารถแบ่งออกเป็น การเติมน้ำแบบสระ 3 ช่วง (เดือนพฤษภาคม 2540, เดือนธันวาคม 2540, เดือนมีนาคม-เดือนเมษายน 2541) และการเติมน้ำโดยใช้บ่อบาดาล 1 ครั้ง (เดือนมีนาคม-เดือนเมษายน 2541) โดยผลการทดลองของสระเติมน้ำครั้งที่ 1 และ 2 นี้ เป็นช่วงระยะเวลาสั้น โดยอัตราการซึมที่ได้ประมาณ 0.12-0.15 ม./ชม. และ 0.03 ม./ชม. ตามลำดับส่วนการเติมน้ำในช่วงที่ 3 ใช้ระยะเวลาในการเติมประมาณ 1 เดือน โดยอัตราการเติมน้ำที่ได้เฉลี่ย 0.30 - 0.35 ม./ชม. ส่วนการเติมน้ำจากบ่อบาดาลสามารถเติมได้ประมาณ 200 ลบ.ม./วัน

2.5.2 การศึกษาที่ผ่านมาในต่างประเทศ

Hazen (1911) ได้แสดงการประมาณค่าความนำชลศาสตร์จากการกระจายตัวของทราย โดยกำหนดค่าการกระจายตัว D_{10} มีค่าระหว่าง 0.1-0.3 มิลลิเมตร โดยเสนอสมการที่ใช้ในการประมาณค่าความนำชลศาสตร์ $K = CD_{10}^2$ โดย C เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ขึ้นกับชนิดของตัวกลาง ดังนี้ ทรายละเอียด (40-80) ทรายปานกลาง (80-120) และทรายหยาบ (120-150)

Knorr และ Cliett (1985) ทดลองเติมน้ำในพื้นที่ของ EI psso รัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา โดยเจาะบ่อบาดาลเติมน้ำและสามารถเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินได้ 310 ล้านลิตร ด้วยอัตรา 4.72 ลิตร/วินาที โดยผลที่ได้จากการเติมน้ำนี้คือ ระดับน้ำใต้ดินเดิมมีระดับสูงขึ้น และเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินเพื่อสำรองไว้ใช้ในฤดูแล้ง

Shepherd (1989) ได้ศึกษาต่อจาก Hazen (1911) โดยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกระจายตัวเฉลี่ย (D_{50}) กับค่าความนำชลศาสตร์ เพื่อปริมาณค่าความนำชลศาสตร์ของตะกอนที่องน้ำหลาย ๆ ชนิด โดยการศึกษาสามารถสรุปความสัมพันธ์ ดังนี้

Teller (1990) ได้ศึกษาที่ เมืองเคลย์ตัน ประเทศออสเตรเลีย โดยนำน้ำจากแหล่งน้ำสำรองที่แม่น้ำเมอร์เรย์ (Murray) อัดผ่านบ่อบาดาลอัดน้ำผ่านชั้นดินให้น้ำซึ่งชั้นดินให้น้ำในช่วงฤดูร้อนนี้ได้รับมลพิษจากสารพิษต่าง ๆ โดยการเติมน้ำโดยวิธีอัดบ่อบาดาลทำในช่วงฤดูหนาว และน้ำเหล่านี้ไปแทนที่ช่องว่างในชั้นดินให้น้ำในช่วงฤดูร้อน เพื่อต้องการที่ลดมลพิษ และเพิ่มระดับของน้ำใต้ดิน โดยเจาะบ่อบาดาลลึก 115 เมตร เพื่ออัดน้ำโดยมีผลที่ได้คือน้ำใต้ดินมีมลพิษต่ำลง และระดับน้ำใต้ดินยกตัวสูงขึ้น

Howles (1993) ได้ศึกษาที่ Le Fevry Peninsula เป็นพื้นที่ที่อยู่ภายในเมือง อเดลเลด ประเทศออสเตรเลีย และเป็นพื้นที่ที่มีความเจริญ โดยมีระดับน้ำใต้ดินตื้นและใช้น้ำใต้ดินเพื่อการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจของประชากร และมีการเคลื่อนที่ของน้ำสู่ทะเลทางด้านข้างของ Peninsula โดยระดับของน้ำจะลดลงประมาณ 0.1-0.3 เมตร/ปี ดังนั้นจึงหาวิธีใช้ในการเพิ่มระดับของน้ำใต้ดิน โดยการใช้วิธีการเพื่อต้องการให้เกิดปัญหาน้อยที่สุด โดยการขุดคูแล้วปล่อยน้ำให้ซึมลงตามธรรมชาติ โดยผลที่ได้คือระดับน้ำใต้ดินในเขตนี้มีระดับสูงขึ้น

Duchene M., McBean A. E. และ Thomson N. R. (1994) ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการตรวจสอบอัตราการซึมของน้ำจากร่องคูเทียบกับเวลา ความลึกของน้ำในร่องคู ระยะทางระหว่างระดับน้ำใต้ดินเริ่มต้นกับระดับร่องคู ลักษณะของดินโดยรอบพื้นที่เติมน้ำผลจากการอุดตันของหน้าดิน และความชื้นในดินเริ่มต้น จากการศึกษาพบว่าอัตราการซึมของน้ำลดลงเมื่อเทียบกับเวลาที่ผ่านไป และอัตราการซึมของน้ำลดลงเมื่อระดับน้ำใต้ดินมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่อัตราการซึมมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ระดับน้ำในร่องคูมีค่ามากขึ้น และอัตราการซึมลงของน้ำด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของร่องคูมีค่าประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของการซึมทั้งหมด โดยค่าความชื้นเริ่มต้นมีผลต่ออัตราการซึมน้อยลง ส่วนการอุดตันของหน้าดินมีผลมากต่ออัตราการซึมของน้ำโดยทำให้อัตราการซึมของน้ำมีค่าต่ำลง

Stefanaku G.I. และ Ross A.M. (1997) สืบเนื่องจากการลดตัวของน้ำใต้ดินที่เป็นผลมาจากการสูบน้ำไปใช้ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการเพิ่มระดับน้ำใต้ดิน โดยใช้พื้นที่ศึกษาในการทดลองเติมน้ำที่ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มาวิเคราะห์ ผลจากแบบจำลองสามารถคำนวณปริมาณน้ำที่สามารถเก็บในชั้นน้ำใต้ดิน ประมาณ 1,300 ล้านแกลลอน/วัน

Lacomb J.P. (1997) ใ้ศึกษาผลการเติมน้ำโดยใช้บ่อบาดาลอัดน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินก่อนที่จำนำกลับมาใช้ใหม่ที่เมือง เคปเมย์ รัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนำน้ำจากพื้นที่ใกล้เคียง โดยบ่อเติมน้ำจะมีความลึกถึงชั้นน้ำใต้ดินนอชชูลิน ชั้นดินให้น้ำโคเฮนเซ และชั้นดินให้น้ำริโอแกรนด์ ซึ่งเป็นชั้นน้ำในระดับลึก ประมาณ 100 เมตร โดยนี้ถูกอัดผ่านบ่อบาดาลจำนวน 4 บ่อ โดยน้ำที่นำมาอัดลงสู่ระดับน้ำใต้ดินนี้สามารถนำกลับมาใช้ในปริมาณ 61-720 ล้าน แกลลอน/ปี หรือประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำเดิมทั้งหมด โดยผลที่ได้จากการเติมน้ำทำให้ระดับน้ำใต้ดินมีระดับสูงขึ้นกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 5 ฟุต

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 กฎของ Darcy

จากสมการของ Darcy ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและการสูญเสียพลังงาน (Head Loss) Δh ดังนี้

$$v = \frac{Kh_L}{L} \quad (2-1)$$

ทราบได้ว่าการไหลไม่เป็นแบบ Turbulent ความเร็ว v และการไหลผ่านดินแบบอิมตัวจะเป็นสัดส่วนกับการให้น้ำซึมผ่าน (Soil Permeability) หรือค่า K และความลาดเทของเส้น Piezometric Headline ($\Delta h / L$) Soil Permeability (K) มีหน่วยเป็นความยาวต่อหน่วยเวลา (L/t) ค่า K ของดินขึ้นอยู่กับดินและคุณสมบัติของของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1 แสดงค่า Permeability ของดินและคุณสมบัติการระบายน้ำของดิน

ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน, k ซม/วินาที (Log)					
	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}
คุณสมบัติการระบายน้ำ	ดี		เลว	ที่บนน้ำ	
การจำแนกการซึมผ่าน	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำมาก	น้ำไม่ผ่าน
ชนิดของดิน	กรวดสะอาด	กรวดสะอาด ส่วนผสม ทราย - กรวด สะอาด	ทรายละเอียด ดินตะกอนส่วน ผสมดินตะกอน-ดินเหนียว		ดินเหนียว
วิธีการทดสอบ หาค่าสัมประ- สิทธิ์การซึม ผ่าน	โดยตรง	ทดสอบแบบระดับน้ำคงที่ (Constant Head)		ทดสอบแบบอัดความดัน คงที่ (Pressurized Constant Head)	
			ทดสอบแบบระดับน้ำแปร เปลี่ยน (Falling Head)	ทดสอบแบบระดับน้ำแปรเปลี่ยน (Falling Head) (หดไม่แน่นอน)	
	โดยทาง อ้อม	คำนวณจากขนาดของเม็ดดิน		คำนวณจากการ ทดลองอัดตัวภาชนะน้ำ (Consolidation Test)	

ค่า v ในสมการ $Q = vA$ เมื่อ Q คือปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา และ v คือความเร็ว
การไหลที่ตั้งฉากกับพื้นที่ A ดังนั้นจึงได้

$$Q = AK \frac{h_L}{L} \quad (2-2)$$

2.6.2 การวัดค่า Permeability (K) ของดิน

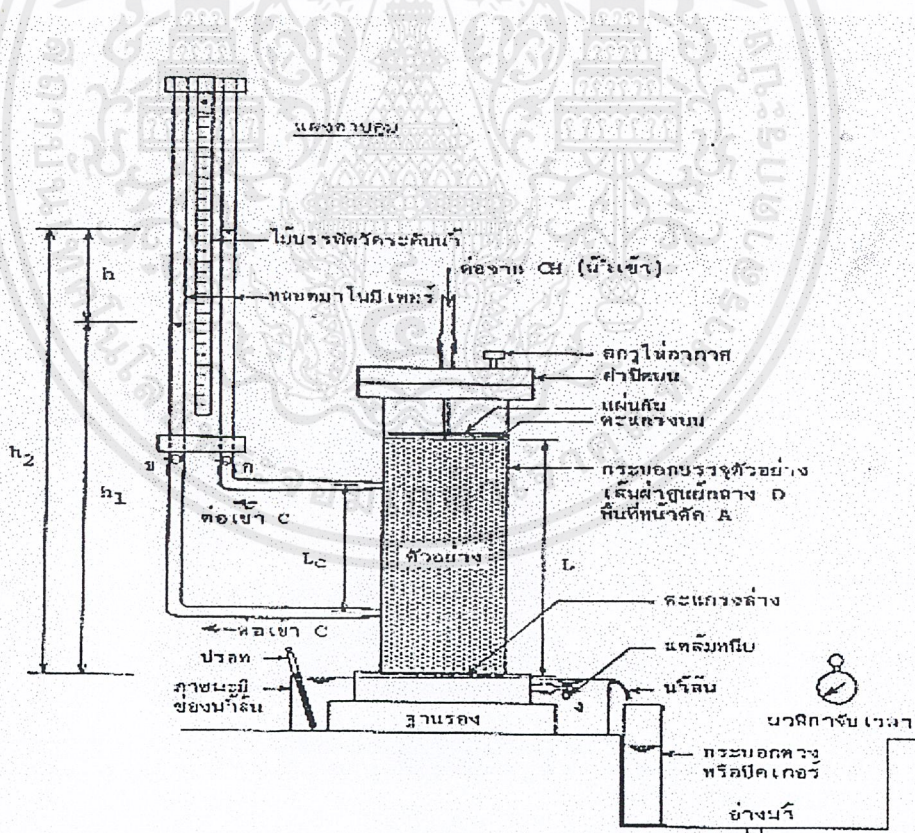
ค่า K ของดินที่อิ่มตัวจะมีความแตกต่างกันมาก ดินบางชนิดอาจมีค่าถึง 100,000 เท่าของ
ดินอีกชนิดหนึ่ง ค่า K ของดินขึ้นอยู่กับช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ซึ่งเป็นทางไหลของน้ำ น้ำหนัก
จำเพาะ และความหนืดของน้ำ การวัดค่า K ของดินสามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการหรือในสนาม
ก็ได้ อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการวัดค่า K ของดิน ได้แก่ Constant - Head Permeameter และ
Variable - Head Permeameter ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.6.2.1 Constant – Head Permeameter

อุปกรณ์แบบนี้จะให้ Head น้ำเหนือผิวดินมีค่าคงที่ตลอดเวลา อาจด้วยวิธีเติมน้ำเข้าไปในถังอย่างต่อเนื่อง หรือเติมบ่อย ๆ ก็ได้ ดังรูปข้างล่าง ดังนั้น น้ำที่ไหลผ่านดินจะเป็นการไหลแบบ Steady Flow จากการจับเวลา t และวัดปริมาตรน้ำ (Vol) ที่ไหลผ่านดินความยาว L พื้นที่หน้าตัด A สามารถใช้สมการ Darcy หาค่า K ได้ดังนี้

$$K = \frac{Vol \times L}{Ath_L} = \frac{Q \times L}{Ah_L} \quad (2-3)$$

หากดินที่จะทำการวัดค่า K ประกอบด้วยดิน 2 ชั้น เช่น ดินชั้นที่มีค่า K ต่ำวางอยู่บนชั้นดินที่มีค่า K สูง ดังนั้น ค่า Δh อาจพิจารณาให้เท่ากับระยะทางจากผิวน้ำถึงผิวชั้นดินที่มีค่า K สูง และค่า L จะเท่ากับความหนาของดินชั้นบนที่มีค่า K ต่ำ



รูปที่ 2-7 ผังการทดสอบแบบระดับน้ำคงที่ (Constant Head)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 Falling Head Permeameter

อุปกรณ์การวัดค่า K แบบนี้ ถูกประยุกต์ขึ้นเพื่อใช้วัดค่า K ของดินที่มีเนื้อละเอียด หรือ ดินที่ถูกลบอัด มีค่า K ต่ำ ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังรูปข้างล่าง ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านดินเพียงเล็กน้อย ก็สามารถอ่านค่าได้โดยการอ่านค่าจากระดับน้ำที่ลดลง $h(t_1) - h(t_2)$ อัตราการไหลที่แปรเปลี่ยนตามเวลา t อันเนื่องจาก Head ที่มีลดลง คำนวณได้จากสมการ

$$Q(t) = \frac{K[h(t_1) - h(t_2)]A}{L} \quad (2-4)$$

เมื่อ a คือพื้นที่หน้าตัดของหลอดแก้ว และ L คือความยาวของแท่งดิน หาก A คือพื้นที่หน้าตัดของแท่งดินที่น้ำไหลผ่าน $Q(t)$ จะเท่ากับอัตราการลดลงของ Head คูณด้วยพื้นที่หน้าตัดของแท่งดินดังสมการ

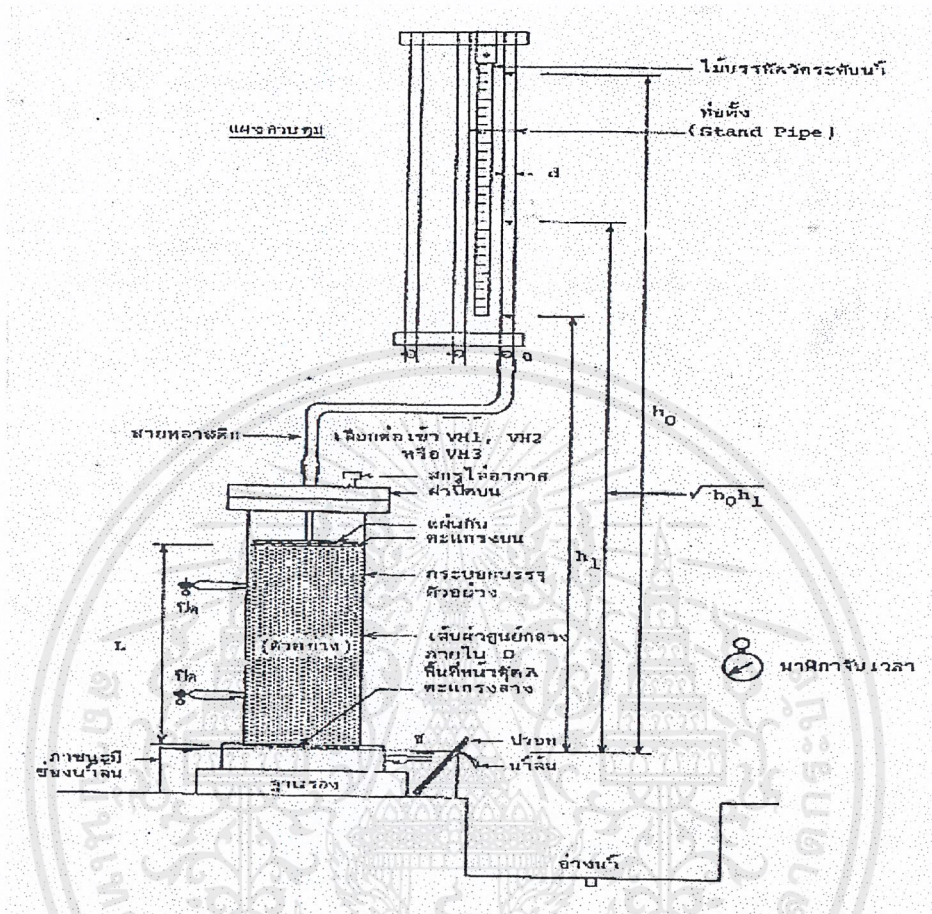
$$\frac{dh}{dt} a = \frac{-dh}{dt} \frac{Kh(t)A}{L} \quad (2-5)$$

เครื่องหมายลบแสดงถึง Head ที่ลดลงเมื่อเทียบกับเวลา เมื่อจัดรูปและอินทิเกรตเวลา ระหว่าง t_1 ถึง t_2 จะได้

$$a \int_{H(t_1)}^{H(t_2)} \frac{dh}{dt} = A \int_{t_1}^{t_2} \frac{K}{L} dt$$

$$a[-\ln h(t_2) + \ln h(t_1)] = \frac{KA}{L}(t_2 - t_1)$$

$$K = \frac{La}{A(t_2 - t_1)} \frac{\ln h(t_1)}{\ln h(t_2)} \quad (2-6)$$



รูปที่ 2-8 ฝักการทดสอบแบบระดับแปรเปลี่ยน (Variable Head)

2.6.2.3 Coefficient of Seepage Capacity (a) คือ ความเร็วการไหลของน้ำผ่านดิน ต่อหนึ่งหน่วย Head น้ำ จากสมการ

$$Q = \frac{Vol}{t} = \frac{Kah_L}{L} \quad (2-7)$$

ดังนั้น ความเร็วการไหลต่อหนึ่งหน่วย Head น้ำหรือค่า Seepage Coefficient (a)

$$\text{Seepage Coefficient (a)} = \frac{Vol}{tAh} = \frac{K}{L} \quad (2-8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการของ Darcy จึงเขียนได้เป็น

$$Q = aAH \quad (2-9)$$

ในการหาค่า Seepage Coefficient (a) ในสนาม สามารถกำหนดได้ 2 รูปแบบ คือ การซึมที่มีเฉพาะในแนวตั้ง และการซึมที่มีทั้งแนวตั้งและแนวราบ

กรณีซึมเฉพาะในแนวตั้ง

การหาค่า Seepage Coefficient (a) ในกรณีนี้ กำหนดให้น้ำซึมเฉพาะในแนวตั้ง ดังรูป a และสมการคำนวณหาค่า Seepage Coefficient (a) ได้ดังนี้

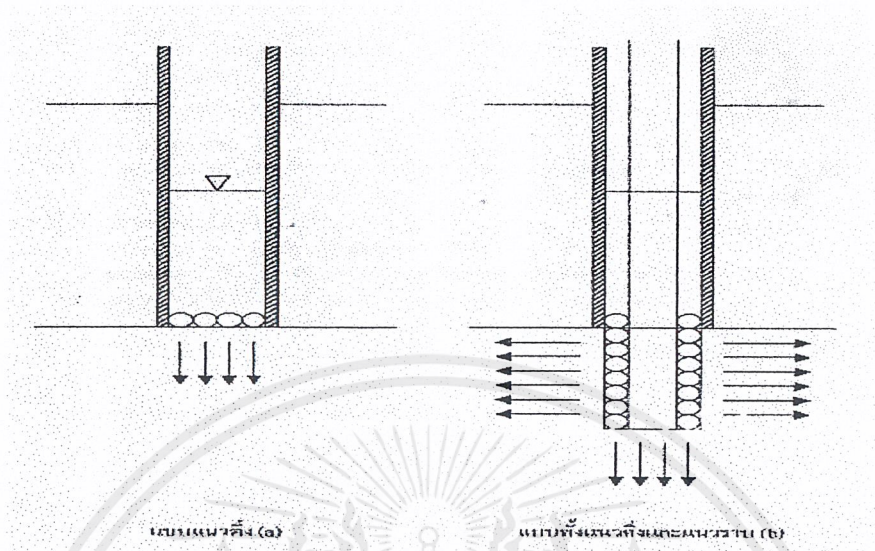
$$a = \frac{Q}{AH} \quad (2-10)$$

เมื่อ A ในที่นี้คือพื้นที่เฉพาะก้นหลุม

กรณีซึมทั้งในแนวตั้งและแนวราบ

การหาค่า Seepage Coefficient (a) ในกรณีนี้ กำหนดให้น้ำซึมทั้งในแนวตั้งแนวราบ ดังรูป b และสมการคำนวณหาค่า Seepage Coefficient (a) ได้มาจากสมการดังนี้

$$Q = a \left[\frac{\pi D^2 H}{4} + \frac{\pi D H^2}{2} \right] \quad (2-11)$$



รูปที่ 2-9 แสดงการทดสอบหาค่า Seepage Coefficient (a)

2.6.2.4 สมการ Rational Method

เป็นวิธีคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำสูงสุด (Peak Runoff Rate) โดยอาศัยข้อมูลพายุฝนและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ อัตราการไหลสูงสุดคำนวณได้จากสมการ

$$Q = CIA \quad (2-12)$$

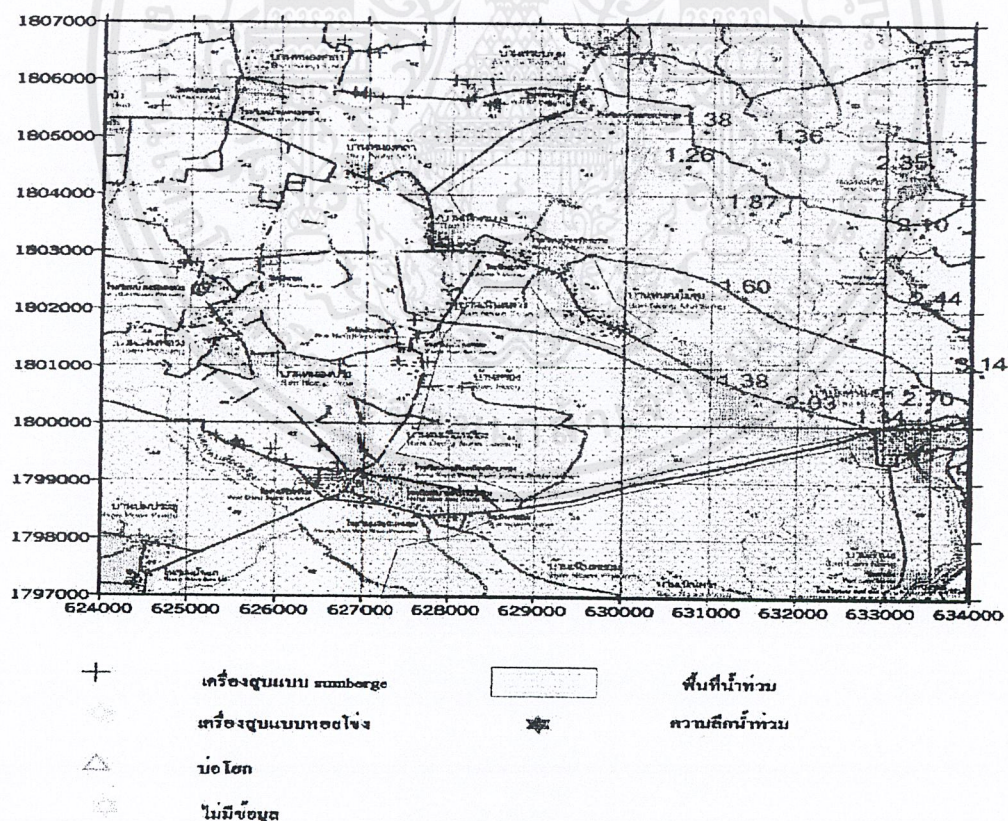
- เมื่อ
- Q = อัตราการไหลสูงสุด มีหน่วยเป็น ปริมาตรต่อหน่วยเวลา
 - C = Rainfall-Runoff Coefficient มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
 - A = พื้นที่ลุ่มน้ำ มีหน่วยเป็น ระยะทาง²
 - I = ความเข้มฝนที่มีรอบการเกิดตามที่กำหนดและมีช่วงเวลาเท่ากับ Time of Concentration มีหน่วยเป็น ความลึกต่อหนึ่งหน่วยเวลา

บทที่ 3

การดำเนินงาน

3.1 การสำรวจพื้นที่ศึกษาในสนาม

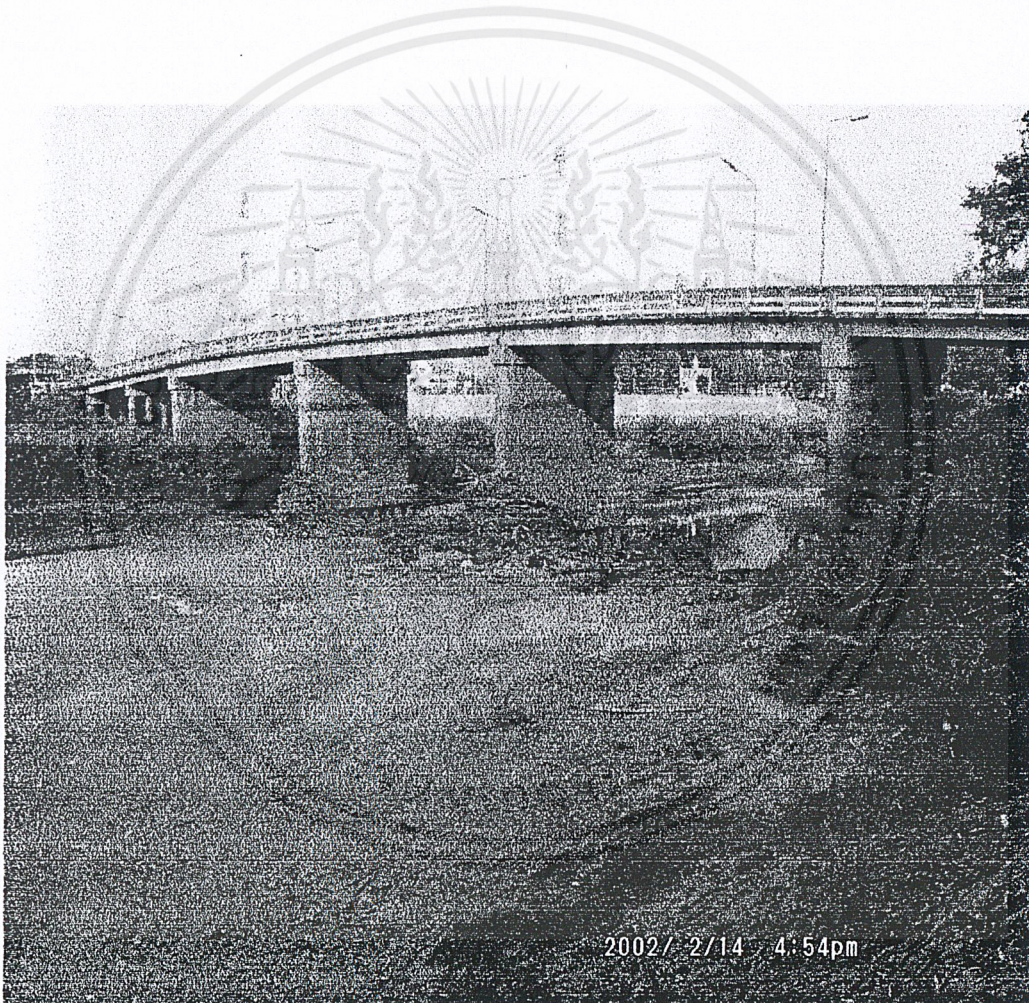
จากการสำรวจสภาพพื้นที่ศึกษาในสนามระหว่างวันที่ 10 ตุลาคม 2544 ถึงวันที่ 17 ตุลาคม 2544 พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่นาหว่าน มีการทำนาปีละ 1-2 ครั้ง โดยอาศัยน้ำฝน และน้ำใต้ดินเป็นหลัก การไหลของน้ำใต้ดินอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ไปยังทิศตะวันออกเฉียงใต้ บ่อน้ำของเกษตรกรมีทั้งบ่อเจาะและบ่อวางที่มีการทรุดบ่อลงไป 10-20 เมตร ความลึกบ่อประมาณ 15-40 เมตร จากการตรวจสอบพิกัดบ่อบาดาลของเกษตรกรโดยใช้ GPS ตามพื้นที่ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ไม่ลำบากนัก พบว่ามีบ่อบาดาลอย่างน้อย 265 บ่อ ในพื้นที่ 60 % ของพื้นที่ทั้งหมดที่ไม่ถูกน้ำท่วม กระจายกระจายดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 การกระจายของบ่อเกษตรกรและพื้นที่น้ำท่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสอบถามชาวบ้าน พบว่าพื้นที่ศึกษามักเกิดอุทกภัยในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคมเป็นประจำทุกปี สาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำท่วมเนื่องจากน้ำในแม่น้ำยมไหลล้นตลิ่งเข้าสู่พื้นที่ศึกษา และปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ศึกษาก็ไม่สามารถระบายออกไปได้ เนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำยมสูง พื้นที่น้ำท่วมในเดือนตุลาคม 2544 เกิดขึ้นประมาณ 40% ของพื้นที่ทั้งหมด ดังรูปที่ 3-1 ความลึกน้ำที่ท่วมมีค่าสูงสุดถึง 3.14 เมตร ส่วนในฤดูแล้งระดับน้ำในแม่น้ำยมจะลดลงอย่างมากจนบางปีไม่มีน้ำไหลในแม่น้ำยมเลย ดังตัวอย่างในรูปที่ 3-2

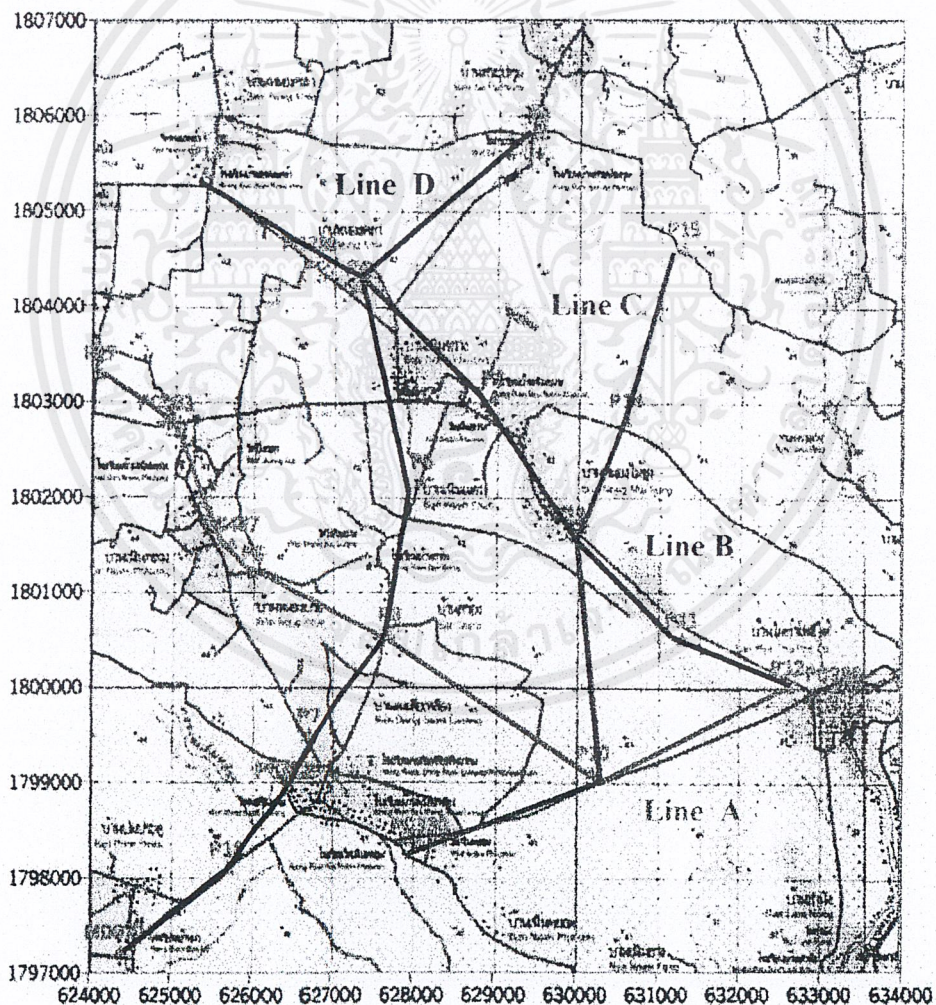


รูปที่ 3-2 สภาพแม่น้ำยมในวันที่ 14 มกราคม 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

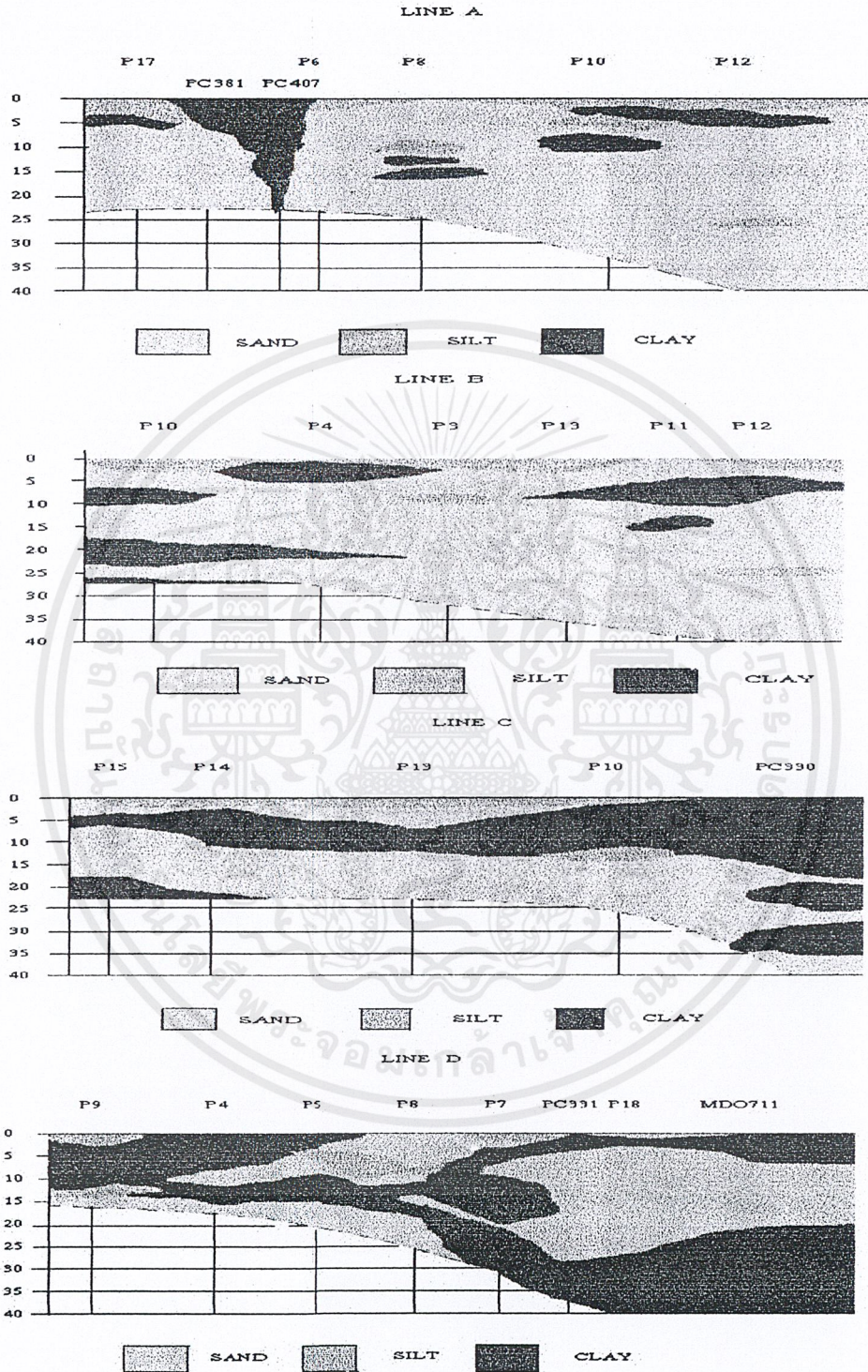
3.2 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

จากการที่กรมชลประทานได้อนุเคราะห์ทำการเจาะสำรวจชั้นดินลึก 15 เมตร จำนวน 15 บ่อ และ 30 เมตร จำนวน 3 บ่อ พร้อมติดตั้งท่อเพื่อใช้วัดระดับน้ำใต้ดิน เมื่อนำมาผนวกกับข้อมูลชั้นดิน และข้อมูลบ่อบาดาลที่ได้รวบรวมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมทรัพยากรธรณี กรมโยธาธิการ กรมอนามัย ฯลฯ แล้วจัดทำเป็นแผนที่ Profile ชั้นดินในแนว A, B, C และ D ดังรูปที่ 3-3 และ 3-4 พบว่าสภาพชั้นทรายแนว A, B และ C มีความต่อเนื่องและหนาพอสมควร ส่วนแนว D ไม่ต่อเนื่องนักและผลจากการเจาะสำรวจชั้นดินที่ทางกรมชลประทานได้อนุเคราะห์ แสดงในภาคผนวก ก.



รูปที่ 3-3 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อและแนว Cross Section

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



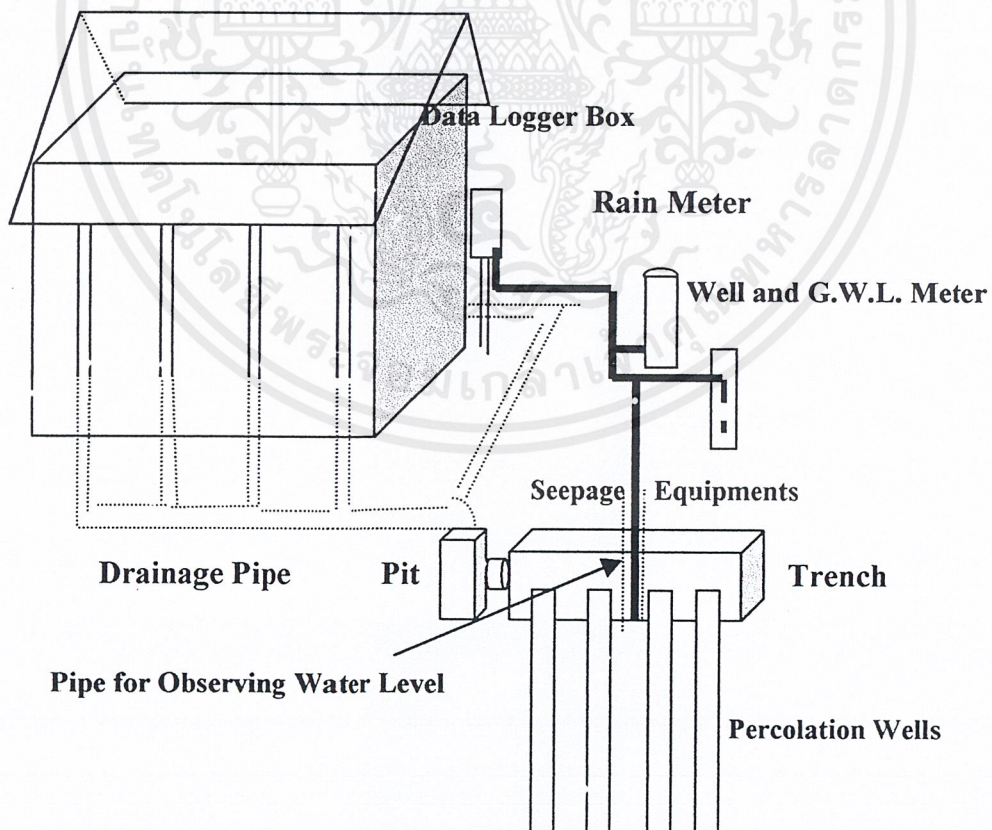
รูปที่ 3-4 ภาพแสดง Profile ชั้นดินแนว A-D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ระบบการซึมก่อนทำการปรับปรุง

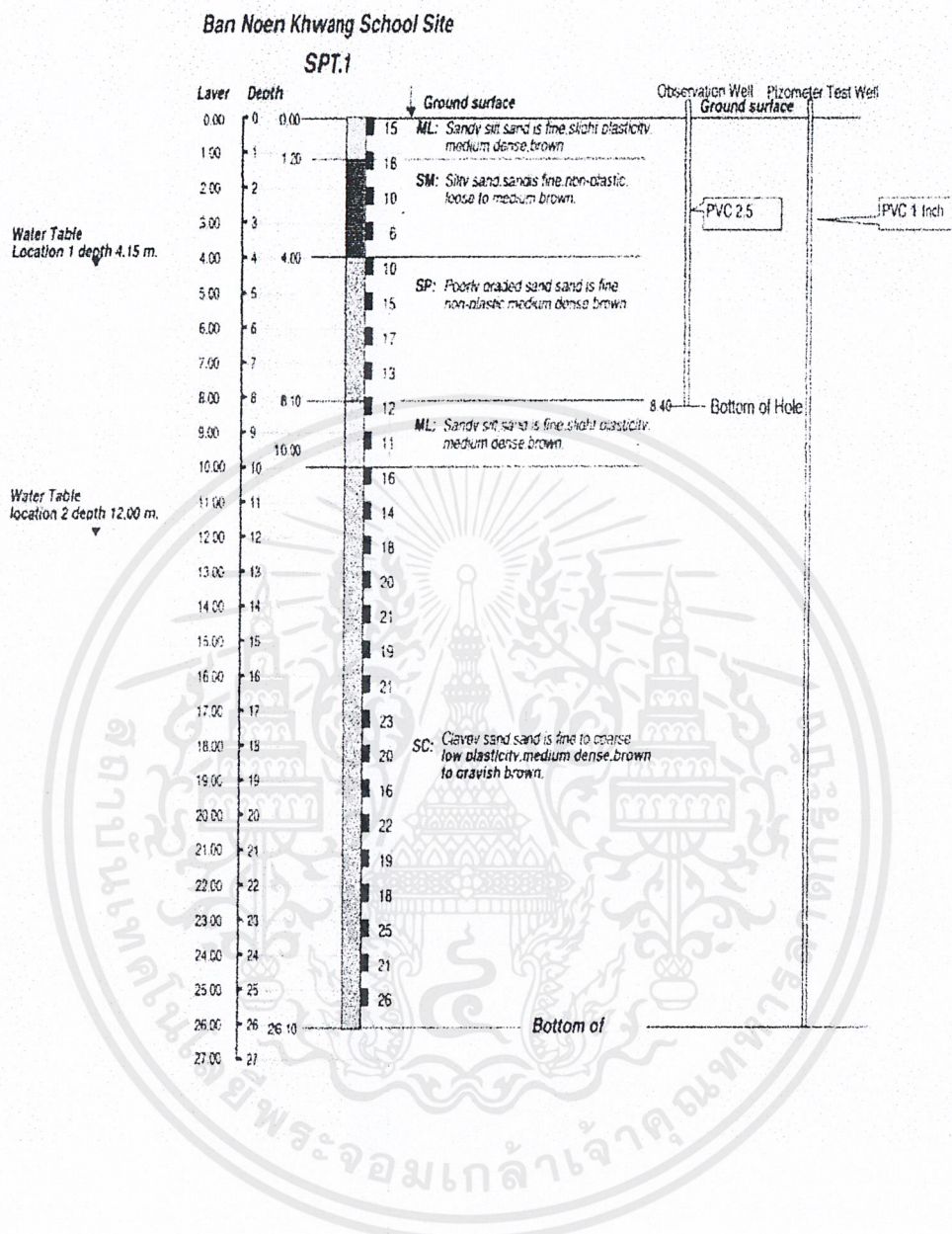
ระบบการซึมที่ผู้วิจัยโครงการศึกษาศักยภาพทรายชั้นบนสุดเพื่อเติมน้ำฝนสู่ชั้นใต้ดินได้ทำการก่อนสร้างไว้ ณ โรงเรียนบ้านเนินขวาง ต.เนินสว่าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร เมื่อเดือน ธันวาคม 2543 ประกอบไปด้วย Pit ขนาด 1x1x1.1 ลูกบาศก์เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) Trench ขนาด 1 x 2.2 x 1.1 ลูกบาศก์เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) และ Percolation Well เป็นท่อ PVC เซาะร่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 2.4 เมตร จำนวน 4 ท่อ ระบบดังกล่าวจะใส่หินซึ่งมีความพรุน 35 % เพื่อป้องกันการพังทลายของหลุม ใน Trench ยังฝังท่อเพื่อติด Sensor วัดระดับน้ำใน Trench ต่อสายเคเบิลไปยัง Data Logger Box การทำงานของระบบคือ จะรับน้ำฝนจากหลังคาโรงเรียนที่มีพื้นที่ขนาด 460 ตารางเมตร แล้วให้ซึมสู่ชั้นดินผ่านทางระบบการซึมนี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ, บ่อน้ำตื้นมีความลึก 8.40 เมตร ซึ่งติดตั้ง Sensor เพื่อวัดระดับน้ำใต้ดิน และบ่อน้ำลึกมีความลึก 26.10 เมตร ไว้เพื่อศึกษาระดับน้ำใต้ดินที่เปลี่ยนแปลงไป รูปที่ 3-5 แสดงรูปแบบของระบบการซึมและอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ ส่วนข้อมูลชั้นดินของบ่อที่เจาะ แสดงในรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-5 ภาพแสดงรูปแบบการซึมและอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-6 แสดงข้อมูลชั้นดิน ณ โรงเรียนบ้านเนินขวาง ต.เนินสว่าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเติมน้ำสู่ระบบการซึมโดยตรงเมื่อเดือนมีนาคม 2544 พบว่าระบบเมื่อเริ่มทดสอบประสิทธิภาพโดยเปิดน้ำจาก Tank มาใส่ไว้ใน Manhole อัตราการไหลของน้ำจาก Manhole ไปยัง Pit สามารถไหลได้ดีในช่วงแรก และเมื่อทดสอบไปได้ระยะเวลาหนึ่ง การไหลของน้ำจาก Manhole ไปสู่ Pit เป็นไปได้ช้ามาก ซึ่งสังเกตได้ว่ามีอากาศดันกลับจาก Pit มายัง Manhole ซึ่งหมายถึงการหมุนเวียนของอากาศในระบบการซึมเป็นไปได้ไม่ดี

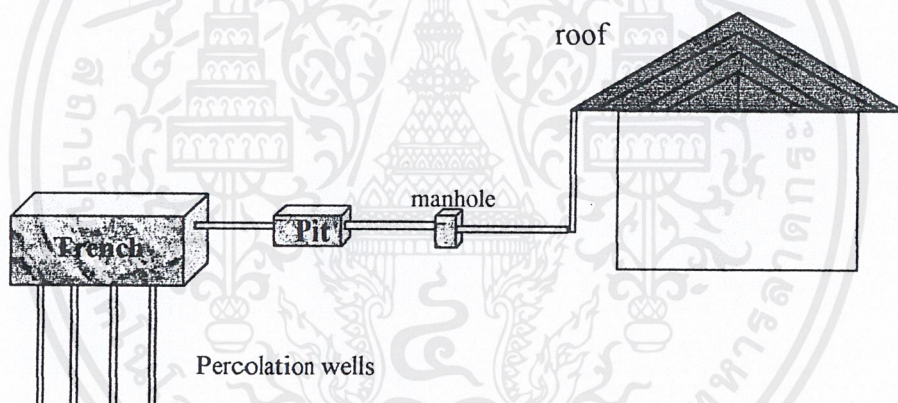
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ระบบการซึมหลังทำการปรับปรุง

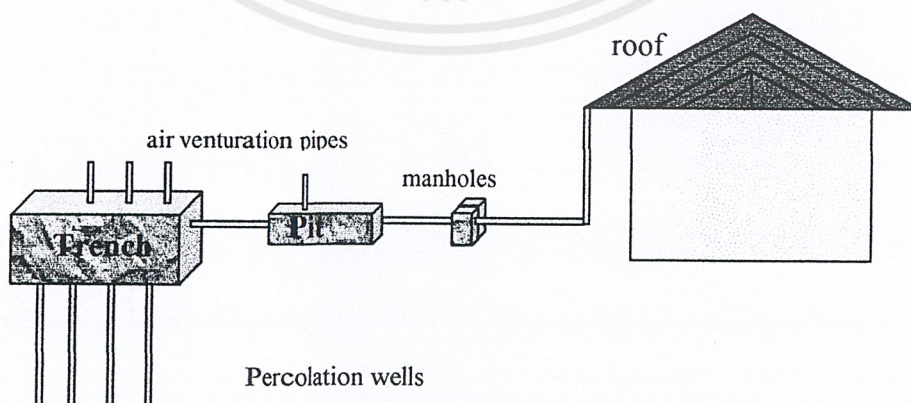
เนื่องจากระบบการซึมเดิมยังขาดระบบระบายอากาศ ผู้ศึกษาและผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงระบบเดิม โดย

- 3.4.1 ใส่ท่อระบายอากาศใน Trench จำนวน 3 ท่อ และใน Pit จำนวน 1 ท่อ
- 3.4.2 เพิ่ม Manhole เข้าไปอีก 1 ตัว เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับน้ำฝนจากหลังคาในช่วงที่มีความเข้มฝนสูงๆ ไม่ให้ไหลล้น Manhole
- 3.4.3 ขยายขนาดของ Pit ให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้นจาก $1 \times 1 \times 1$ ลูกบาศก์เมตร เป็น $1 \times 2.2 \times 1$ ลูกบาศก์เมตร เนื่องจากการเจาะใส่ท่อระบายอากาศให้กับ Pit โดยตรงนั้นทำได้ยาก เพราะภายใน Pit นั้นเป็นชั้นหินที่ใส่ลงไปเพื่อกรองน้ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการเพิ่มขนาดของ Pit แล้วจึงใส่ท่อระบายอากาศลงไปใน Pit

รูปที่ 3-7 และ 3-8 แสดงภาพของระบบการซึมก่อนและหลังทำการปรับปรุง ส่วนรูปการก่อสร้างจริงแสดงในภาคผนวก ก.



รูปที่ 3-7 ระบบการซึมก่อนทำการปรับปรุง

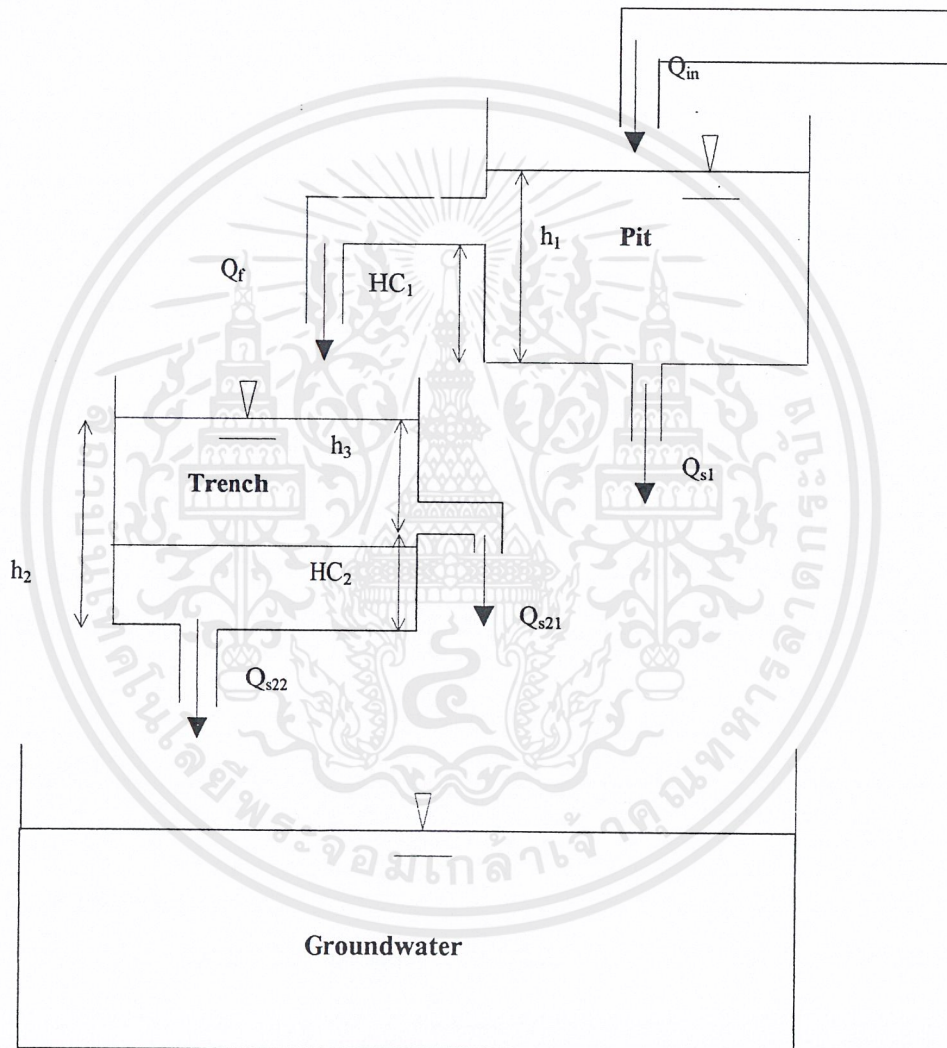


รูปที่ 3-8 ระบบการซึมหลังทำการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แบบจำลองคอมพิวเตอร์

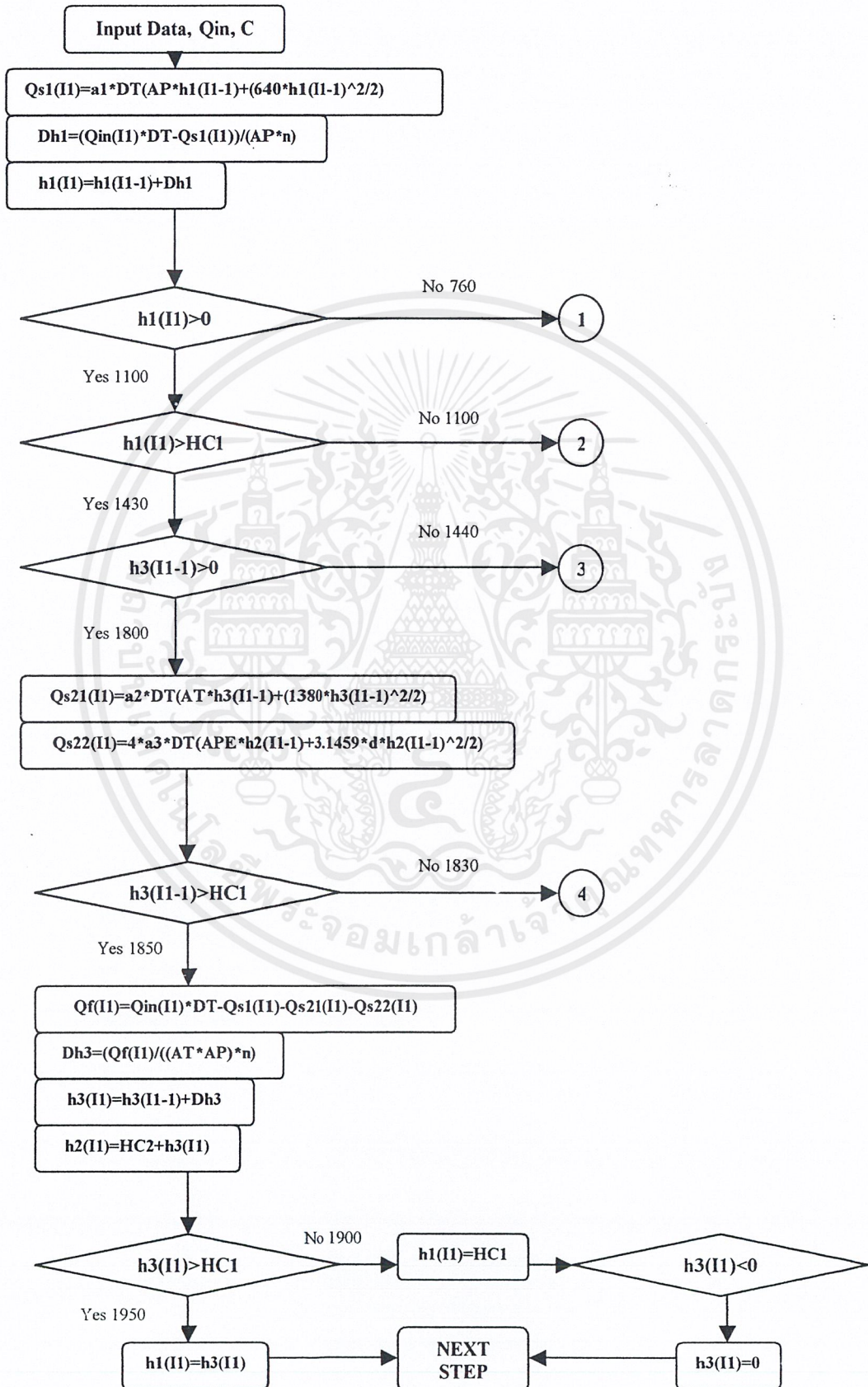
แบบจำลองคอมพิวเตอร์ได้จัดทำขึ้นโดยใช้โปรแกรม Visual Basic โดยอาศัยหลักการของ Tank Model คือ การจำลองการไหลของน้ำส่วนต่าง ๆ เสมือนถัง โดยการพิจารณาน้ำที่ไหลเข้าและออกจากถังมีผลทำให้ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงไป ระบบการซึมที่ก่อสร้างไว้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ดังใหญ่ๆ ดังรูปที่ 3-9 การไหลของน้ำมีลักษณะดังนี้



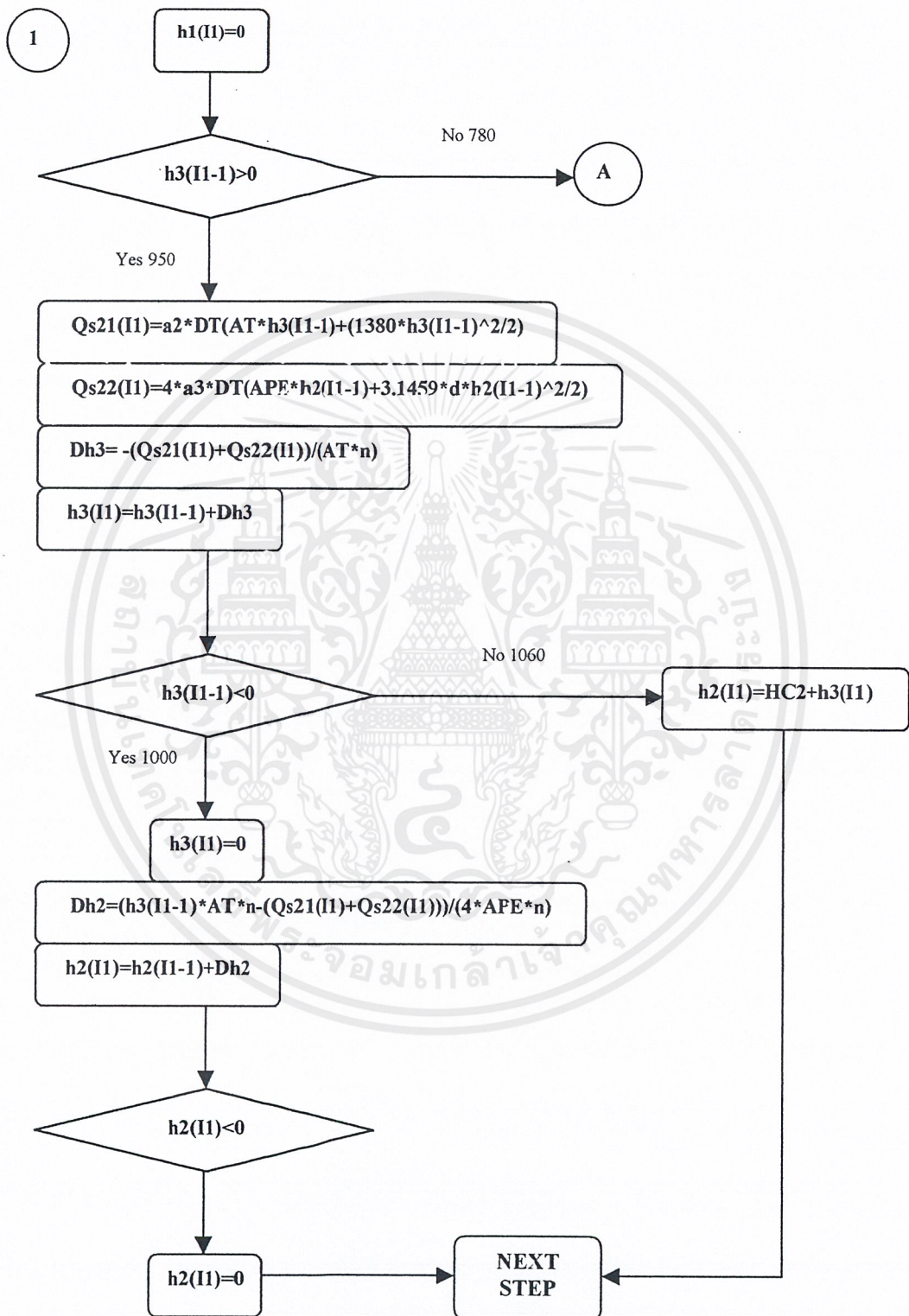
รูปที่ 3-9 ภาพแสดงหลักการของ Tank Model

จากหลักการของ Tank Model และสภาพการไหลของน้ำในระบบ เมื่อนำมาเขียน Program จะมี Flow Chart ดังรูปที่ 3-9 ส่วน Source Program แสดงในภาคผนวก ข. Input ที่ต้องใส่ให้ Program ประกอบไปด้วย Q_{in} และ Rainfall-Runoff Coefficient, C

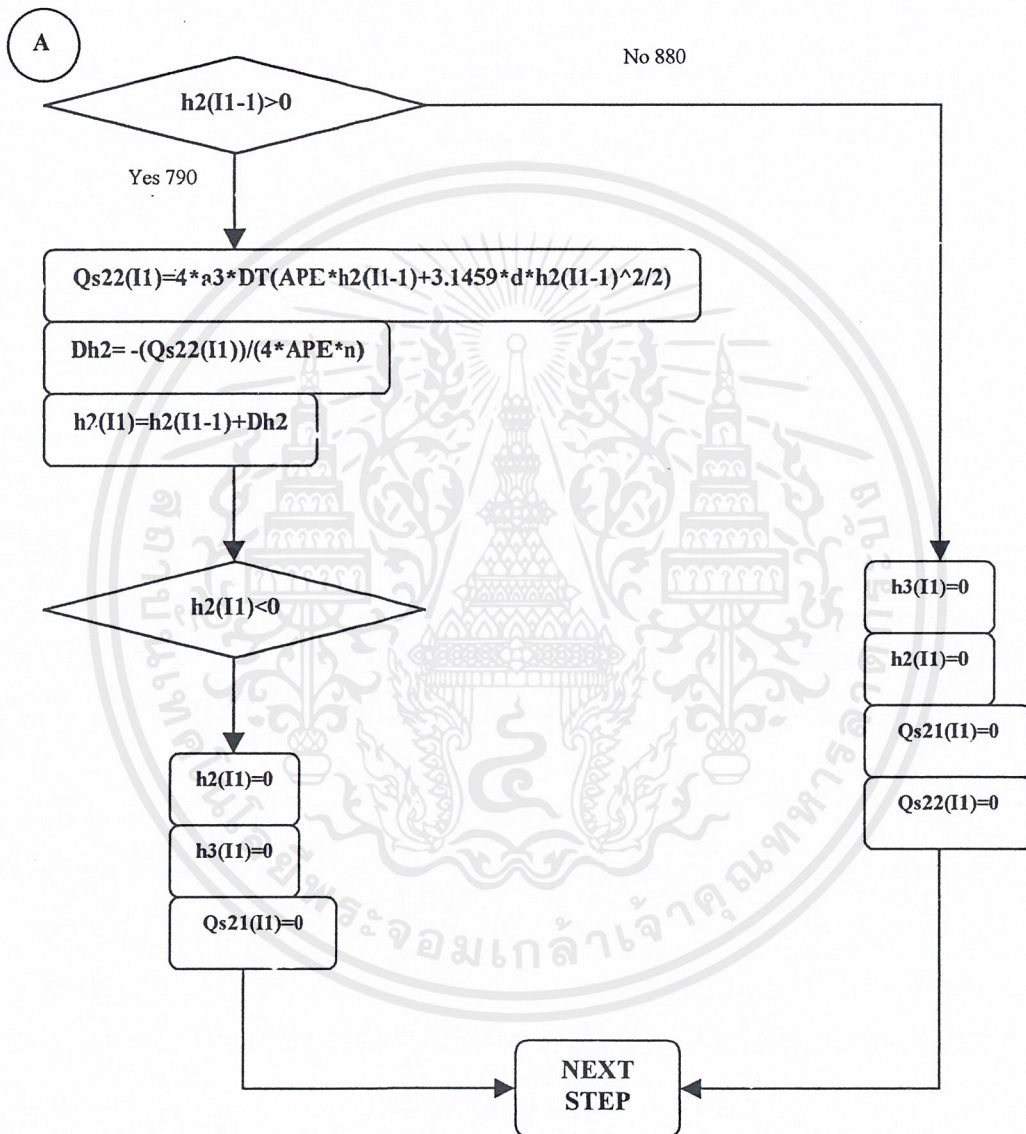
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



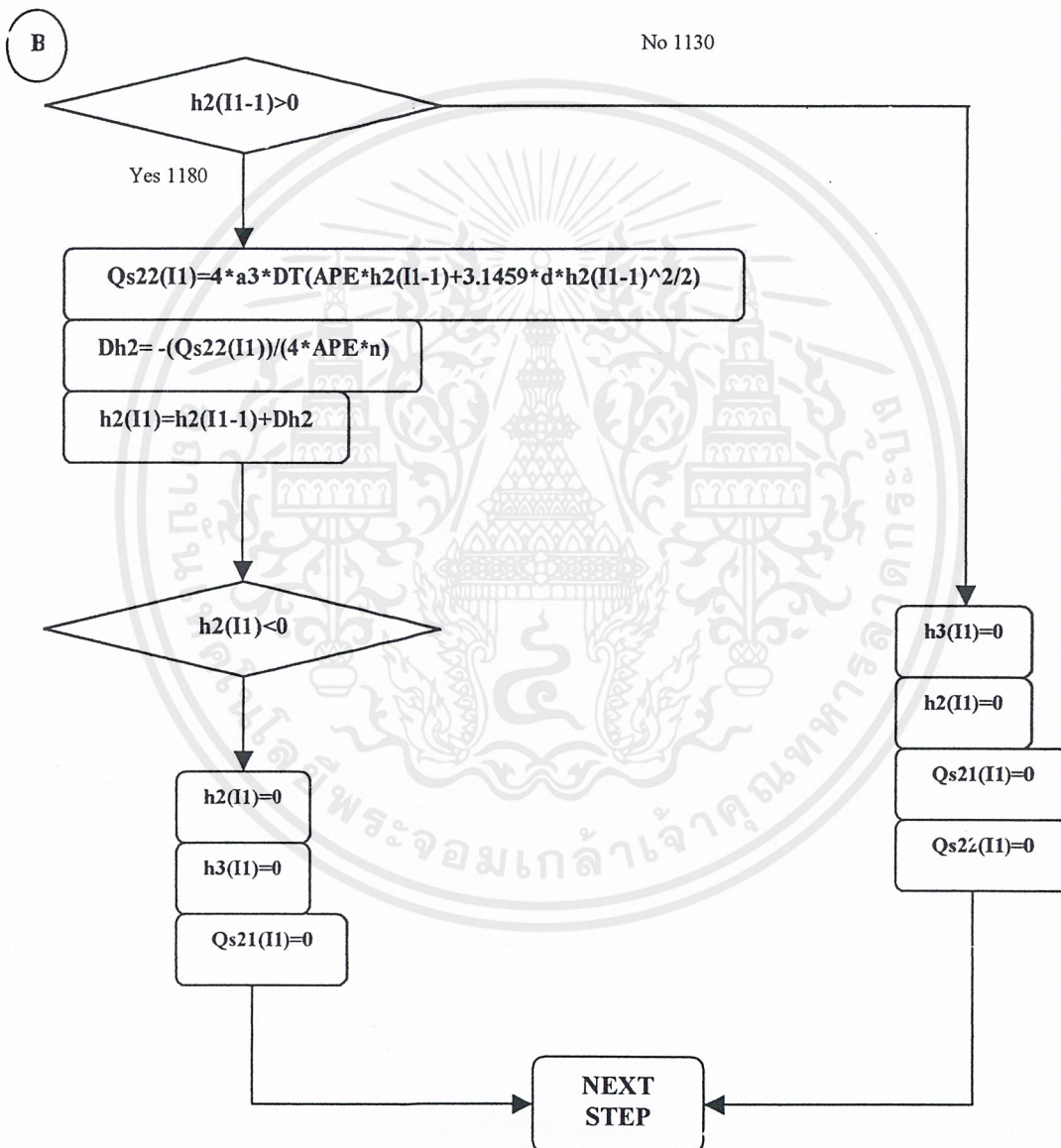
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



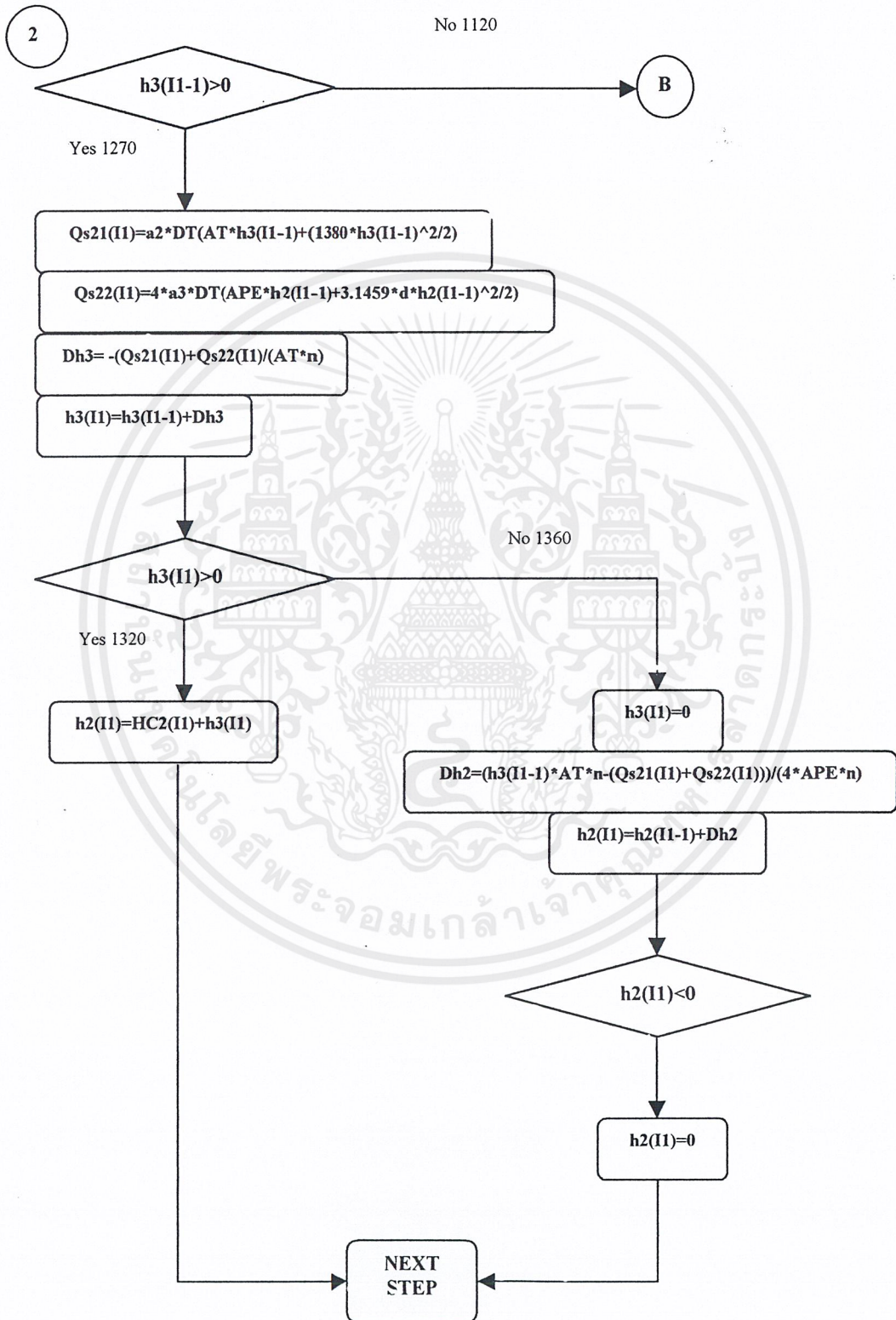
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



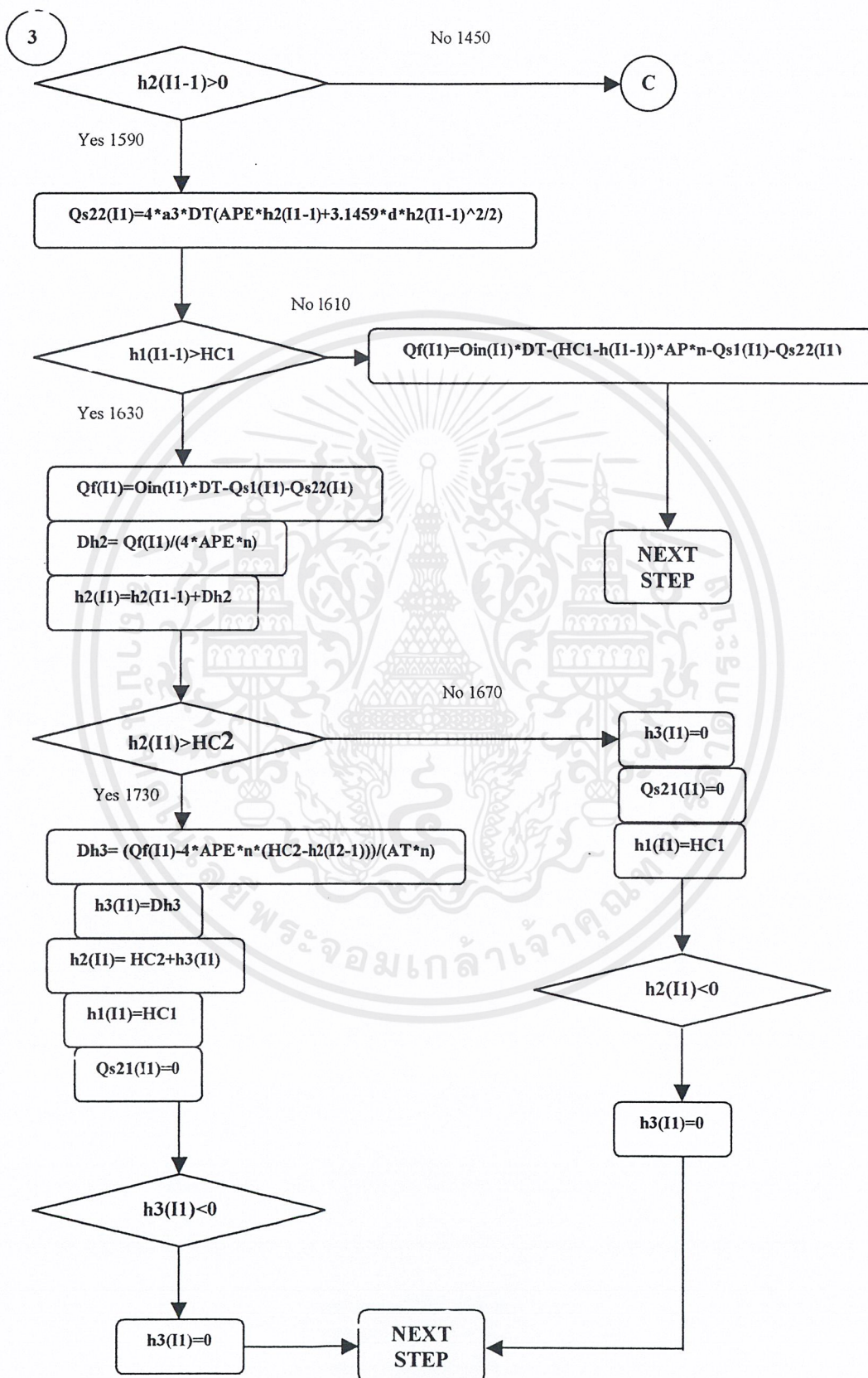
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



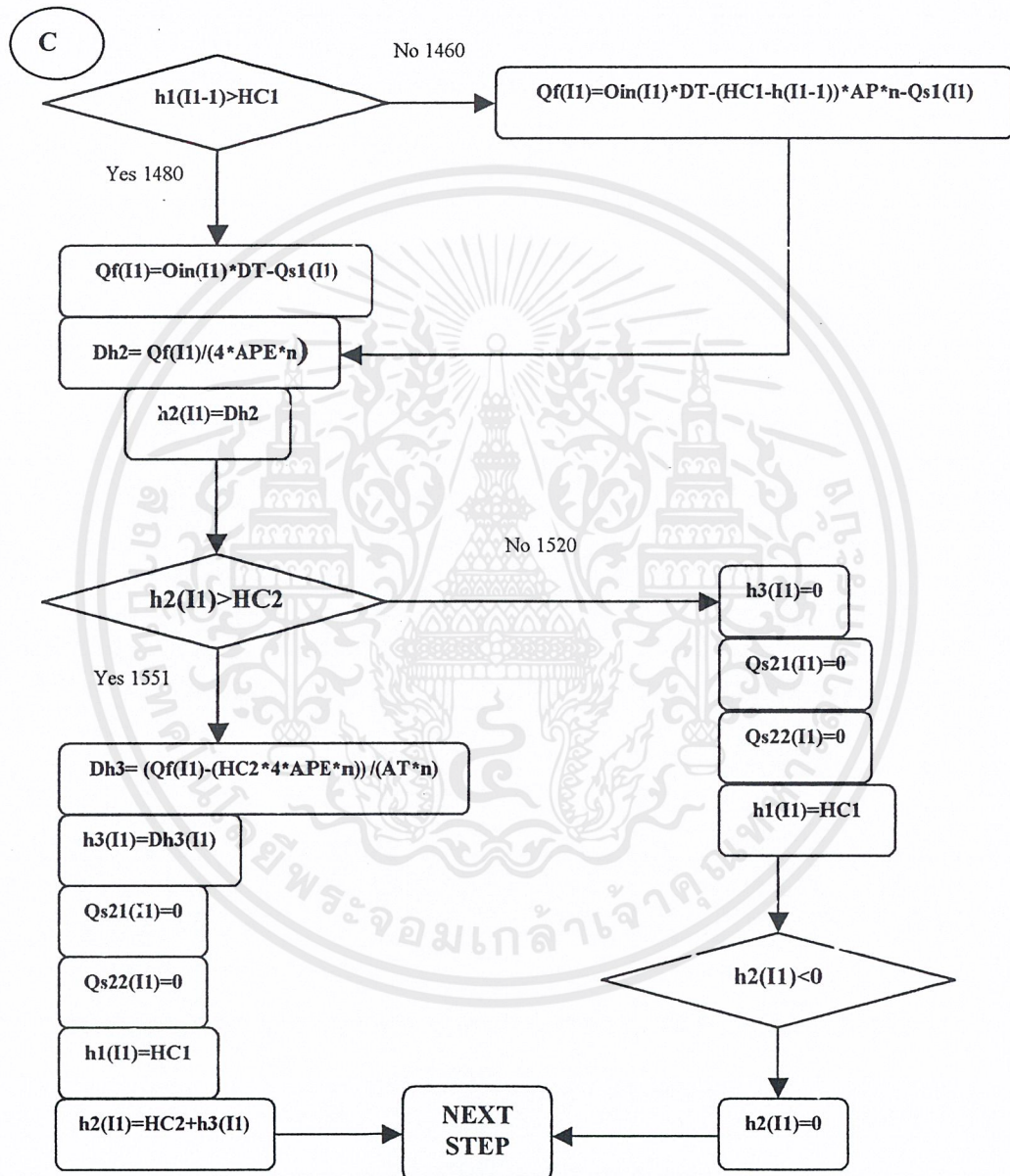
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



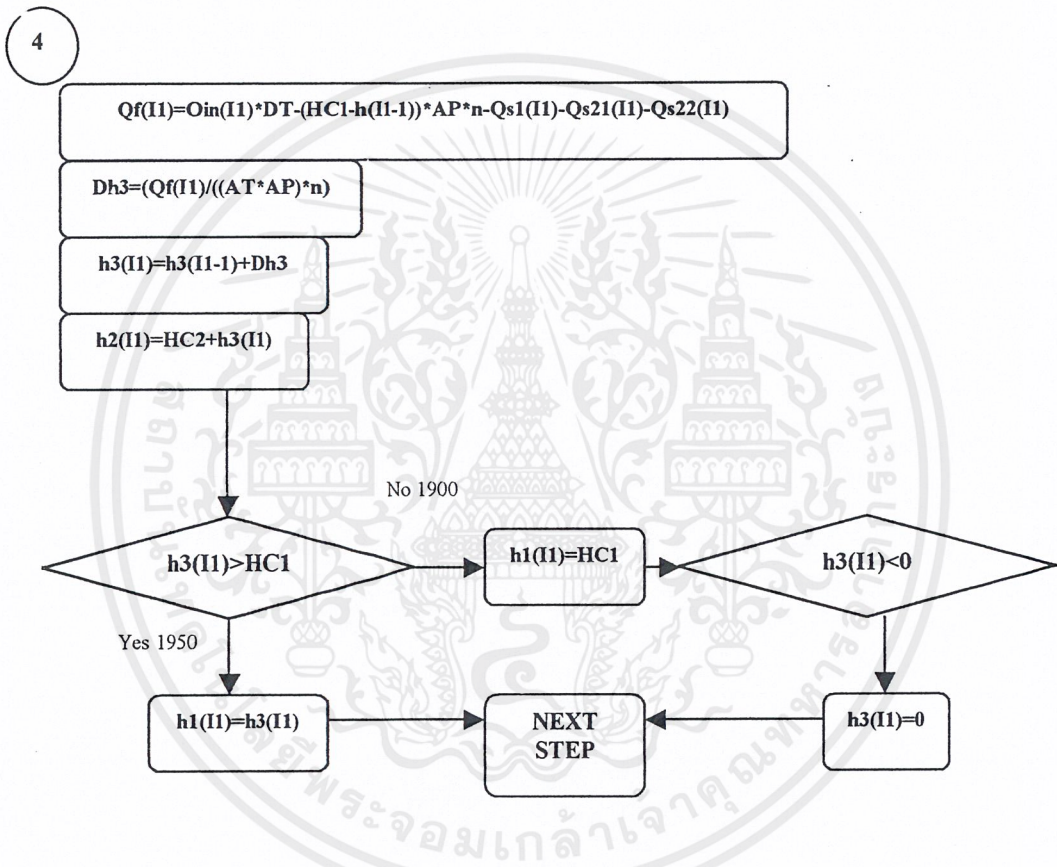
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



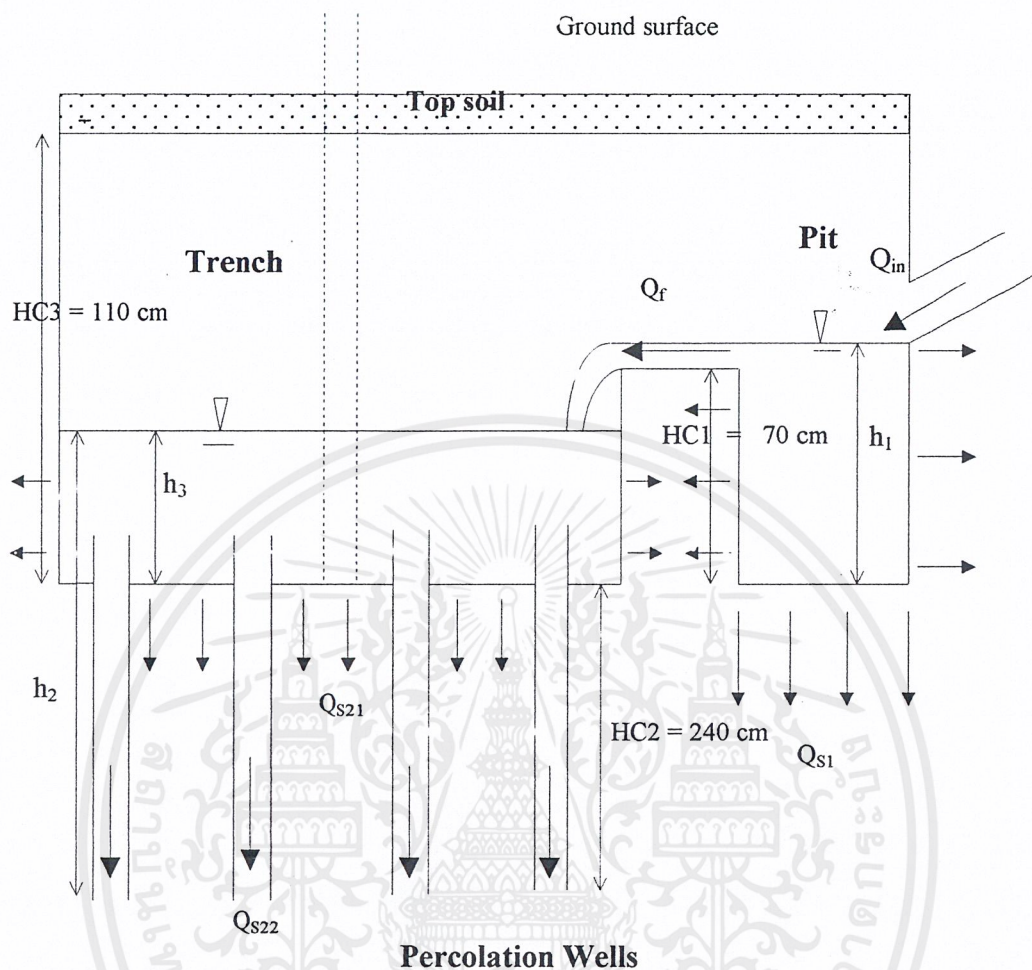
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 Flow Chart Program



รูปที่ 3-10 ภาพแสดงหลักการทำงานของระบบการซึม

จากรูปที่ 3-10 พบว่า

1. เมื่อน้ำ (Q_{in}) เริ่มไหลเข้ามาใน Pit น้ำจะมีการไหลซึมออกจาก Pit (Q_r) และหาก $Q_{in} > Q_{s1}$ ระดับน้ำ (h_1) ใน Pit ก็จะเพิ่มขึ้น
2. เมื่อระดับน้ำใน Pit สูงเกิน 70 cm ($HC1$) น้ำจะไหลล้นไปสู่ Trench และ Percolation Well
3. น้ำที่ไหลล้นจาก Pit จะเกิดการซึม (Q_{s22}) ใน Percolation Well ก่อนจนกระทั่งระดับน้ำ (h_2) ใน Percolation Well เพิ่มขึ้นถึง 240 cm ระดับน้ำ (h_3) ใน Trench ก็จะเริ่มเกิดขึ้น

4. เมื่อระดับน้ำใน Trench เริ่มเพิ่มขึ้นแล้ว ก็จะเกิดการซึม (Q_{S21}) ใน Trench
5. น้ำจะเกิดการซึมทั้งใน Pit , Trench และ Percolation Well

3.6 ขั้นตอนการทดสอบ Seepage Coefficient ของ Percolation Well

Seepage Coefficient, a_c ของ Pit , Trench และ Percolation Well เป็นค่าคงที่ของ Program ซึ่งต้องมีการทดสอบในสนาม ผู้วิจัยโครงการศึกษาศักยภาพทรายนชั้นบนสุดเพื่อเติมน้ำฝนสู่ชั้นใต้ดินได้ทำการทดลองวัดค่า a_c ของ Pit และ Trench ในสนามโดยใช้ Hand Auger เจาะหลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ลึก 1.5 เมตร เติมน้ำในหลุมและวัดระดับน้ำที่ลดลง ณ เวลาต่าง ๆ เมื่อทำการคำนวณแล้วพบว่า

- a_{cpit} (Seepage Coefficient of Pit) = $0.00029 \text{ hr}^{-1} = 0.000000081 \text{ s}^{-1}$
- $a_{ctrench}$ (Seepage Coefficient of Trench) = $0.00072 \text{ hr}^{-1} = 0.0000002 \text{ s}^{-1}$

สำหรับ $a_{cpercolation \text{ well}}$ ซึ่งมีความสำคัญเนื่องจากเป็นชั้นดินทรายที่เป็นชั้นคงที่ 28 ลิตร / นาที เมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2544 เป็นเวลานาน 70 นาที แล้วนำมาวิเคราะห์ร่วมกับแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ดังนี้

3.6.1 จากการทำการทดลองระบบที่ทำการปรับปรุงใหม่ เมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2544 ณ โรงเรียนบ้านเนินขวาง ต.เนินสว่าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร โดยการป้อนน้ำเข้าสู่ระบบโดยตรง และทำการบันทึกอัตราการไหล (Q_{in}) เพื่อนำไปใช้เป็นค่า Q_{in} ให้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.6.2 ทำการ Run Program คอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างขึ้น โดยการ Run Program แต่ละครั้งนั้น จะใช้ $a_{cpit} = 0.000000081 \text{ s}^{-1}$, $a_{ctrench} = 0.0000002 \text{ s}^{-1}$ และ $c = 1$ (c คือ ค่า Rainfall-Runoff Coefficient ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 แต่ในการทดลองจะใช้ $c = 1$ เนื่องจากทำการเติมน้ำเข้าสู่ระบบโดยตรง จึงถือว่าไม่มีการสูญเสีย) ทุกครั้ง ส่วนค่า $a_{cpercolation \text{ well}}$ ที่ต้องการหานั้น จะใช้วิธี Trial and Error ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ค่า $a_{cpercolation \text{ well}}$ ที่ทำให้ค่าผลรวมของ Residule² ของระดับน้ำใน Trench จาก Sensor และจากการ Simulation มีค่าน้อยที่สุด จะถือว่าเป็นค่า $a_{cpercolation \text{ well}}$ ที่ดีที่สุด ซึ่งจากการ Run Program ได้ค่า $a_{cpercolation \text{ well}}$ เท่ากับ 0.0000385 s^{-1}

3.7 การหาปริมาณน้ำฝนที่สามารถ Recharge ได้

ข้อมูลน้ำฝนจากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติตั้งแต่เดือนธันวาคม 2543 ถึงมกราคม 2544 สามารถวิเคราะห์เพื่อแปลงฝนออกเป็นลูก ๆ ตามขั้นตอนดังนี้

3.7.1 นำข้อมูลน้ำฝนและระดับน้ำใน Trench ที่รวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาช่วงเวลาที่ฝนตก

3.7.2 พล็อตกราฟการเพิ่มและลดอย่างต่อเนื่องของระดับน้ำใน Trench เปรียบเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันกับที่ฝนตก ก็จะสามารคัดลูกฝนออกเป็นลูก ๆ ได้

ส่วนปริมาณน้ำฝนที่ Recharge ได้ของฝนแต่ละลูก พิจารณาโดยการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ ป้อนค่า Q_{in} แล้วหาค่าพารามิเตอร์ C ที่ทำให้ค่าของระดับน้ำใน Trench ที่ได้จากแบบจำลองใกล้เคียงกับค่าจาก Data Logger ที่สุด เนื่องจากน้ำฝนที่ตกอาจมีการสูญเสียก่อนถึงระบบโดยการดินรางน้ำฝนหรือสัน Manhole ได้ อัตราการไหลของน้ำฝนสู่ระบบสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3-1)

$$Q_{in} = C I A_{roof} \quad (3-1)$$

โดยค่า C นั้นสามารถหาได้โดยใช้ค่า $a_{cpit} = 0.000000081 \text{ s}^{-1}$, $a_{ctrench} = 0.0000002 \text{ s}^{-1}$ และ $a_{cpercolation well} = 0.0000385 \text{ s}^{-1}$ แทนลงในโปรแกรมที่เขียนไว้ทุกครั้ง ส่วนค่า C นั้นจะใช้วิธี Trial and Error จากนั้นจึง Run Program เพื่อหาค่า C ที่ทำให้ค่าระดับน้ำใน Trench ที่ Run ได้ มีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับน้ำใน Trench ที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมด ก็จะได้ค่า C ของฝนแต่ละลูก

เมื่อได้ค่า C ของฝนแต่ละลูกแล้ว นำค่า C ไปคำนวณหาปริมาณน้ำฝนที่สามารถ Recharge สู่อ่างน้ำใต้ดินดังสมการ (3-2)

$$\text{ปริมาณน้ำฝนที่ Recharge} = C \times \text{ปริมาณฝนที่ตก} \quad (3-2)$$

$$C = \text{Rainfall-Runoff Coefficient} \text{ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง } 0-1$$

3.8 การหาระยะยกตัวของน้ำใต้ดินที่เกิดขึ้นจากผลกระทบของระบบ Seepage System

การหาระยะยกตัวของน้ำใต้ดินหาได้จากการนำข้อมูลระดับน้ำใต้ดิน (Ground Water Level) ที่ได้จาก Data Logger และช่วงเวลาที่ฝนตกมาพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบการยกตัวของระดับน้ำใต้ดินทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง อย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์นี้มิได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินที่มีผลมาจากการไหลของน้ำใต้ดินจากบริเวณอื่นที่ไหลเข้ามาสู่บริเวณบ่อ



บทที่ 4

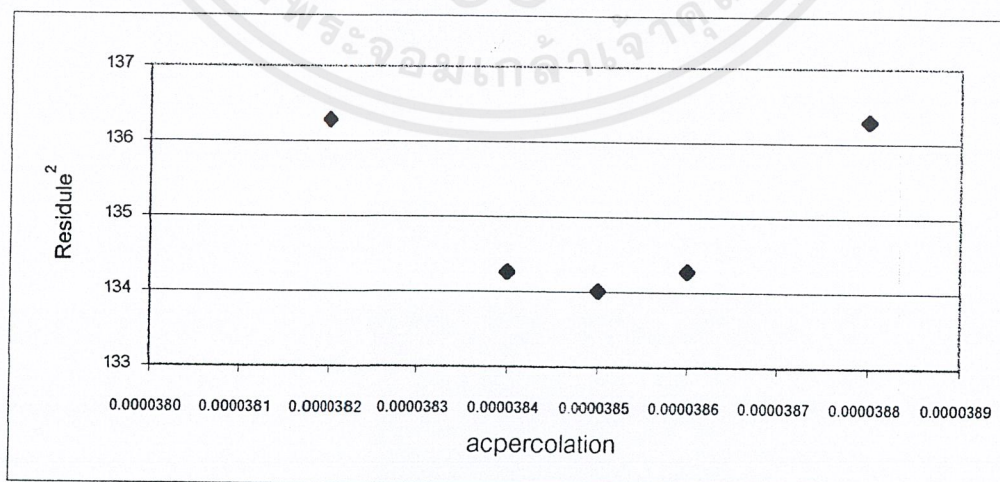
การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

4.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบหา Seepage coefficient of Percolation Well

จากการทดลองเติมน้ำสู่ระบบการซึม โดยมีอัตราการเติมน้ำคงที่ประมาณ 28 ลิตร/นาที เป็นเวลา 70 นาที แล้วนำข้อมูลระดับน้ำใน Trench ซึ่งบันทึกทุก ๆ 1 นาที มาวิเคราะห์ร่วมกับแบบจำลองโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ซึ่งอาศัยหลักการของ Tank Model เพื่อคำนวณหา $a_{\text{percolation well}}$ โดยใช้ Time Step (Δt) = 30 วินาที ค่า $a_{\text{percolation well}}$ พิจารณาจากค่าที่ให้ค่าระดับน้ำใน Trench จากการ Simulation ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงที่ได้จาก Sensor มากที่สุด โดยใช้ดัชนี คือ กำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการ Simulation กับค่าจริง (Residule^2) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงผลการทดสอบค่า $a_{\text{percolation well}}$

$\text{Residule}^2 (\text{cm}^2)$	136.285348	134.261784	134.017022	134.281982	136.295219
$a_{\text{percolation Well}} (\text{S}^{-1})$	0.0000382	0.0000384	0.0000385	0.0000386	0.0000388

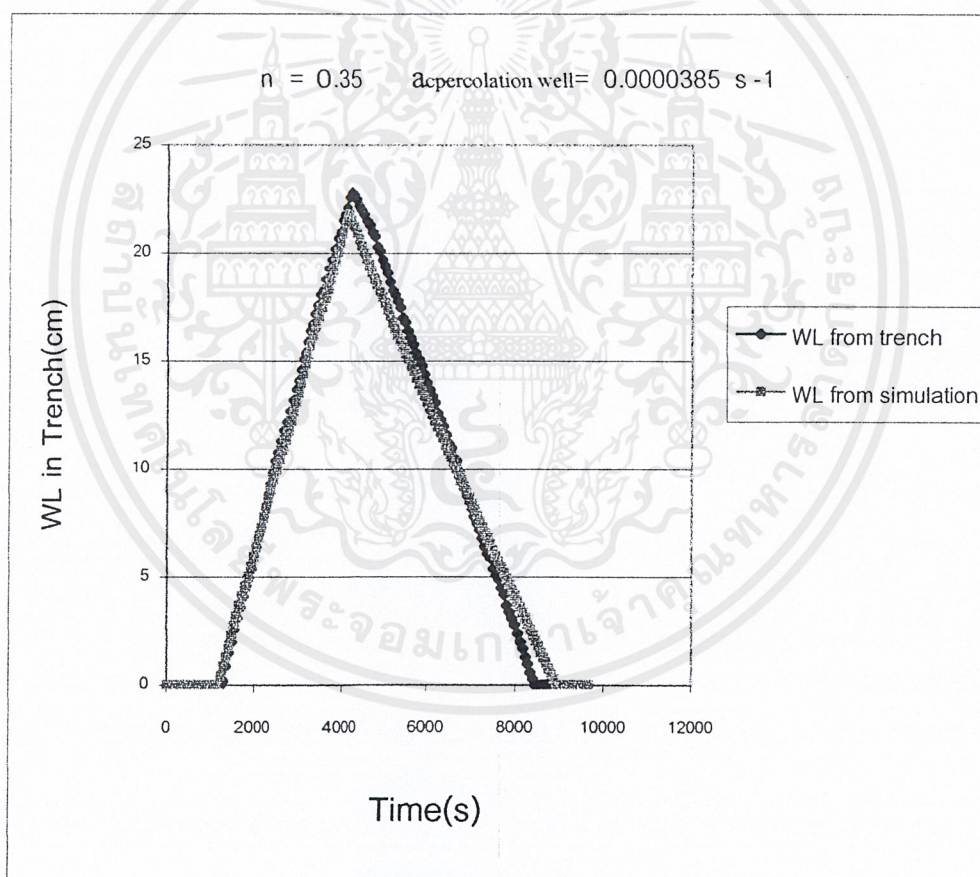


รูปที่ 4-1 กราฟแสดงผลการทดสอบค่า $a_{\text{percolation well}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

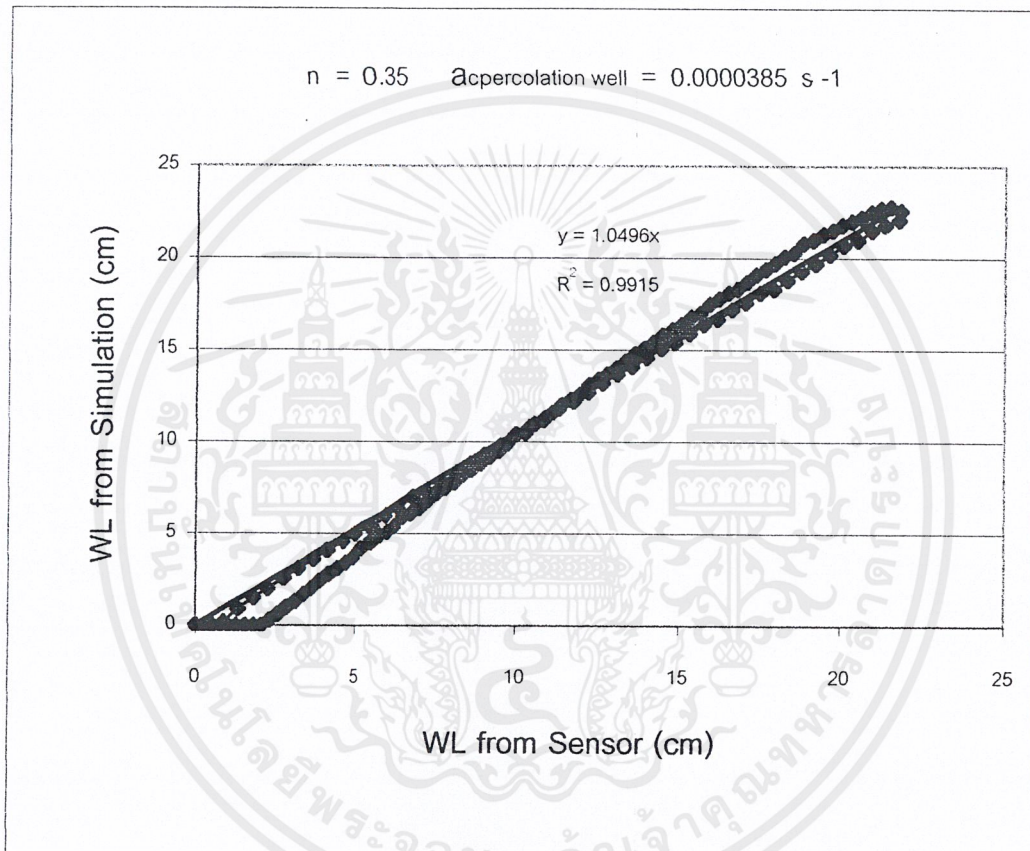
จากตารางที่ 4-1 สามารถสรุปได้ว่า ค่า $a_{\text{percolation well}} = 0.0000385 \text{ s}^{-1}$ มีค่า Residue^2 น้อยที่สุดเท่ากับ 134.017022 cm^2

เมื่อนำระดับน้ำใน Trench ที่ได้จากการ Simulation โดยใช้ $a_{\text{percolation well}} = 0.0000385 \text{ s}^{-1}$ มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับระดับน้ำ (WL) ใน Trench ที่เกิดขึ้นจริง ดังรูปที่ 4-2 พบว่า โค้งช่วงเพิ่มขึ้นของระดับน้ำที่ได้จากการ Simulation มีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจริงเป็นอย่างมาก ส่วนช่วงโค้งการลดลงของระดับน้ำจากการ Simulation จะลดลงด้วยอัตราที่ช้ากว่าเล็กน้อย



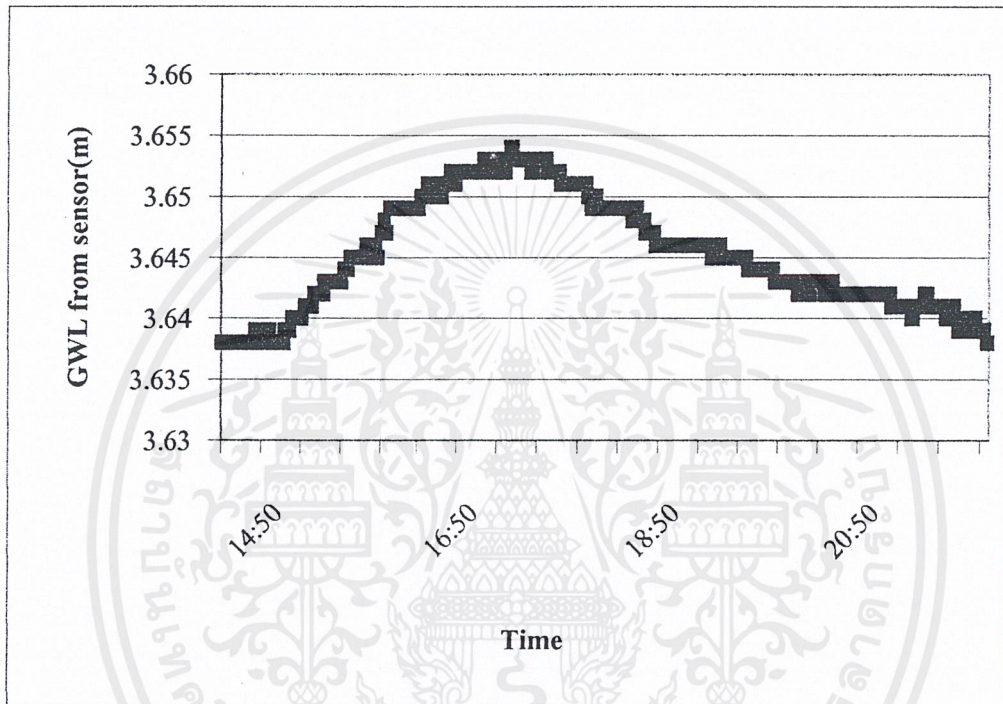
รูปที่ 4-2 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำ (WL) ใน Trench ที่เกิดขึ้นจริง กับระดับน้ำใน Trench ที่ได้จากการ Simulation โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

รูปที่ 4-3 แสดงกราฟและสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่ Simulation ได้กับระดับน้ำจริง ซึ่งผลที่ได้พบว่าระดับน้ำที่ Simulation ได้กับค่าจริงที่บันทึกได้มีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี โดยมีค่า Regression Coefficient = 0.9915



รูปที่ 4-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่วัดได้จาก Sensor กับระดับน้ำที่ได้จากการ Simulation โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

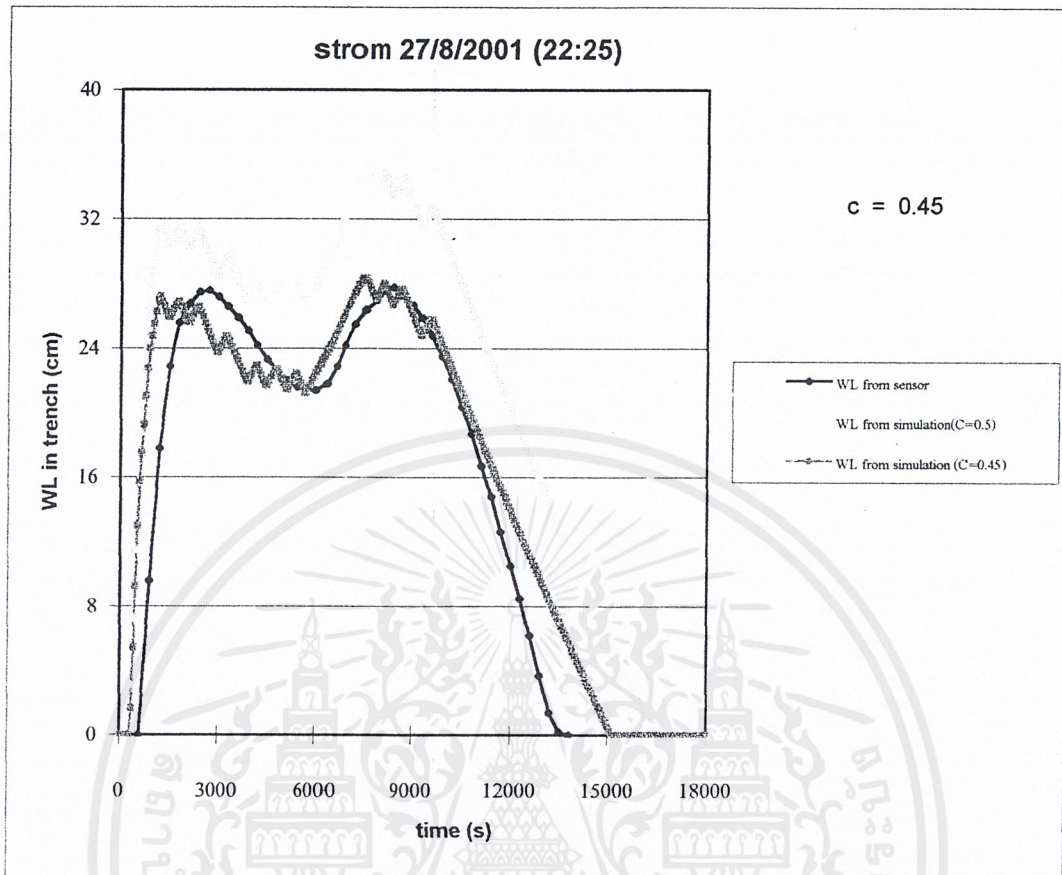
เมื่อนำข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ได้จาก data logger เริ่มตั้งแต่เติมน้ำเข้าสู่ระบบมาพล็อตกราฟ ดังรูปที่ 4-4 จะเห็นได้ว่าระดับน้ำใต้ดินเริ่มยกตัวเมื่อเติมน้ำไปได้ประมาณ 40 นาทีและขึ้นสูงสุด หลังเติมน้ำไปได้ 2 ชั่วโมง 40 นาที ระยะเวลายกตัวของน้ำใต้ดินสูงสุดมีค่าเท่ากับ 15 มิลลิเมตร



รูปที่ 4-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลานับตั้งแต่เริ่มเติมน้ำกับระดับน้ำใต้ดิน

4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำฝนที่สามารถ Recharge ได้

น้ำฝนที่ตกบนหลังคาโรงเรียนจะถูกรวบรวมและลำเลียงด้วยรางน้ำ ท่อระบายน้ำและพักน้ำที่ Manhole ตัวสุดท้าย ก่อนไหลเข้าสู่ระบบการซึม เนื่องจากขณะการลำเลียงอาจมีน้ำฝนบางส่วนสูญเสียไปจากการไหลล้นรางระบายน้ำหรือล้น Manhole ดังนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำฝนที่สามารถ Recharge จึงใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้น Trial and Error ค่า Rainfall-Runoff Coefficient (C) ของฝนแต่ละลูกจนได้ค่า C ที่ทำให้ระดับน้ำใน Trench จากการ Simulation ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จาก Sensor มากที่สุด ดังตัวอย่างการวิเคราะห์ฝนลูกวันที่ 27 สิงหาคม 2544 รูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 กราฟแสดงการหาค่า Rainfall-Runoff Coefficient หรือค่า C โดยวิธี Simulation

จากรูปที่ 4-5 สามารถสรุปได้ว่าค่า Rainfall-Runoff Coefficient ที่เหมาะสม ของฝน ลูกตัวอย่าง วันที่ 27 สิงหาคม 2544 ที่ให้ระดับน้ำ (WL) ใน Trench ที่เกิดขึ้นจริง กับระดับน้ำใน Trench ที่ได้จากการ Simulation โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใกล้เคียงกัน มีค่าเท่ากับ 0.45

จากการวิเคราะห์หน้าฝนก่อนทำการปรับปรุงระบบ (ธันวาคม 2543 – 10 สิงหาคม 2544) จำนวน 23 ลูก และหลังปรับปรุงระบบ (10 สิงหาคม 2544 ถึง มกราคม 2545) จำนวน 39 ลูก โดยพิจารณาจากลูกฝนที่มีข้อมูลครบทั้งน้ำฝนและระดับน้ำใน Trench พบว่า ก่อนทำการปรับปรุงระบบ ระบบการซึมสามารถ Recharge น้ำฝนได้ 36.6 มม. จากฝนที่ตกทั้งหมด 418 มม. หรือคิดเป็น 5.8 % ส่วนหลังทำการปรับปรุงระบบ สามารถ Recharge น้ำฝนได้ 199.6 มม. จากฝนที่ตกทั้งหมด 421 มม. ซึ่งคิดเป็น 42.6 % ตารางที่ 4-2 และ 4-3 เป็นตารางสรุปผลการ Simulation ก่อนและหลังทำการปรับปรุงระบบ

ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงปริมาณฝนที่ตกกับปริมาณฝนที่เติมได้ของพายุฝนแต่ละลูกก่อนทำการปรับปรุงระบบ

วันที่	ปริมาณฝนที่ตก (mm)	ค่า c (%)	ปริมาณฝนที่เติมได้ (mm)
26/5/2001	5	14.23	0.7115
30/5/2001	9	10.5	0.945
2/6/2001	34	4.7	1.598
5/6/2001	34	3.85	1.309
8/6/2001	18.5	5.63	1.04155
10/6/2001	7.5	9.69	0.72675
11/6/2001	15.5	8.44	1.3082
14/6/2001	19	6.1	1.159
15/6/2001	21	4.88	1.0248
23/6/2001	48	3.4	1.632
3/7/2001	16	9.52	1.5232
5/7/2001	2.5	8.2	0.205
6/7/2001	7.5	34	2.55
8/7/2001	3	41.6	1.248
8/7/2001	13	33.1	4.303
11/7/2001	60.5	1.06	0.6413
11/7/2001	18	14.5	2.61
3/8/2001	9.5	21	1.955
5/8/2001	2.5	36	0.9
5/8/2001	2.5	43	1.075
6/8/2001	60	9	5.4
7/8/2001	2.5	38	0.95
8/8/2001	9	20	1.8
รวม	418		36.6163

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

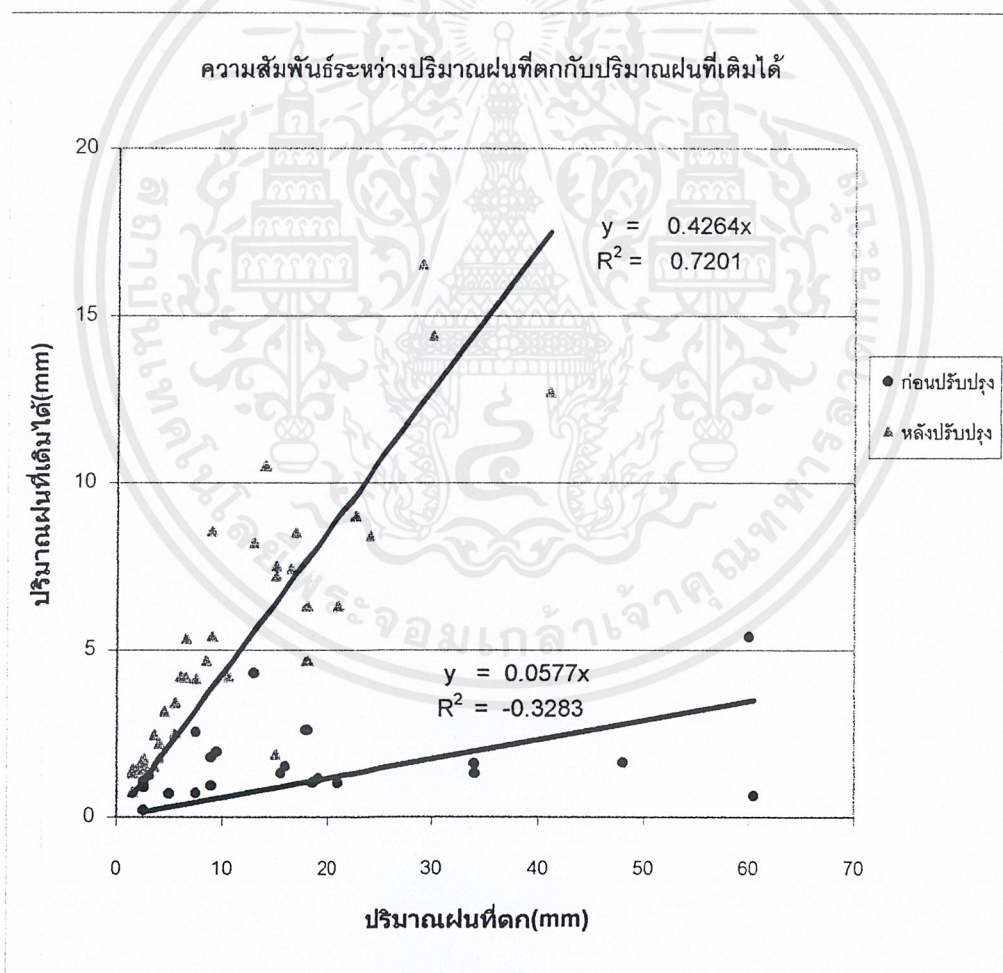
ตารางที่ 4-3 ตารางแสดงปริมาณฝนที่ตกกับปริมาณฝนที่เติมได้ของพายุฝนแต่ละลูกหลัง
ทำการปรับปรุงระบบ

วันที่	ปริมาณฝน ที่ตก (mm)	ค่า c (%)	ปริมาณฝนที่ เติมได้ (mm)	วันที่	ปริมาณฝน ที่ตก (mm)	ค่า c (%)	ปริมาณฝนที่ เติมได้ (mm)
10/8/2001	265	26	18	24/9/2001	2.5	56	1.4
15/8/2001	30	70	2.5	25/9/2001	4	55	2.2
16/8/2001	70	62	2.5	26/9/2001	4	44	1.76
18/8/2001	160	40	22.5	27/9/2001	2.5	50	1.475
27/8/2001	155	45	16.5	30/9/2001	41	31	12.71
28/8/2001	155	64	6.5	2/10/2001	10.5	40	4.2
28/8/2001	50	93	1.5	4/10/2001	8.5	55	4.675
29/8/2001	430	60	9	4/10/2001	18	35	6.3
30/8/2001	10	70	3.5	6/10/2001	15	50	7.5
30/8/2001	85	62	5.5	6/10/2001	4.5	70	3.15
10/9/2001	145	55	7.5	9/10/2001	6	70	4.2
10/9/2001	55	30	21	23/10/2001	1.5	88	1.32
11/9/2001	30	82	6.5	23/10/2001	1.5	50	0.75
13/9/2001	145	45	5.5	23/10/2001	3.5	43	1.505
13/9/2001	105	95	9	24/10/2001	15	48	7.2
13/9/2001	195	75	14	25/10/2001	30	48	14.4
19/9/2001	115	50	17	28/10/2001	24	35	8.4
19/9/2001	375	57	29	28/10/2001	2	72	1.44
21/9/2001	40	95	1.5	14/1/2002	15	12.5	1.875
22/9/2001	170	63	13	รวม	421		199.605

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำปริมาณฝนที่ตกกับปริมาณฝนที่ Recharge ได้มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 4-6 พบว่า

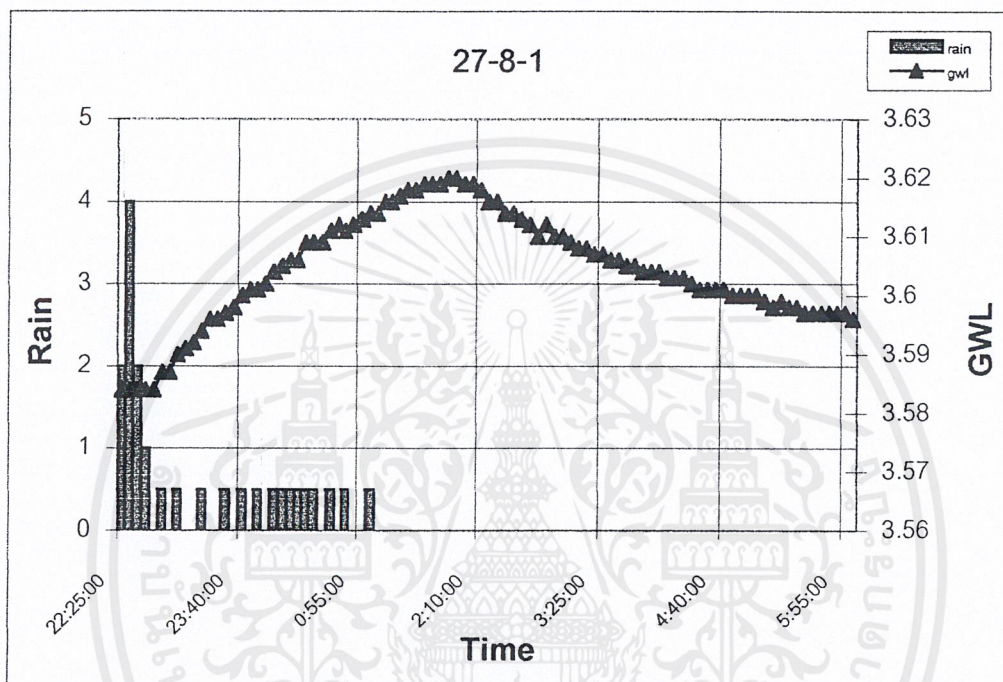
- กรณีก่อนทำการปรับปรุงระบบ ปริมาณน้ำฝนที่ Recharge ได้เท่ากับ 5.77 % ของฝนที่ตกทั้งหมด หรือ $C = 0.0577$ อย่างไรก็ตาม Regression Coefficient มีค่าเพียง -0.3283
- กรณีหลังทำการปรับปรุงระบบ ปริมาณน้ำฝนที่ Recharge ได้เท่ากับ 42.6 % ของฝนที่ตกทั้งหมด หรือ $C = 0.426$ ส่วนค่า Regression Coefficient มีค่าถึง 0.7201 แสดงว่า ปริมาณน้ำฝนที่ Recharge ได้กับปริมาณฝนที่ตกมีความสัมพันธ์กัน



รูปที่ 4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่ตกกับปริมาณฝนที่เติมได้

4.3 การวิเคราะห์การยกตัวของระดับน้ำใต้ดินกับปริมาณฝนที่ Recharge ได้

การวิเคราะห์การยกตัวของระดับน้ำใต้ดินได้จากการนำข้อมูลระดับน้ำใต้ดินจาก Data Logger ในช่วงเวลาที่สัมพันธ์กับฝนที่ตก มาพล็อตกราฟเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินและหาระยะที่น้ำใต้ดินยกตัวขึ้นดังตัวอย่างพายุฝนลูกวันที่ 27 สิงหาคม 2544 รูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 กราฟแสดงการยกตัวของระดับน้ำใต้ดิน (GWL) กับพายุฝน

เมื่อนำฝนทุกลูกทั้งก่อนและหลังทำการปรับปรุงระบบการซึมมาวิเคราะห์หาระยะที่น้ำใต้ดินยกตัวขึ้น สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4-4 อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์นี้พิจารณาเฉพาะข้อมูลน้ำใต้ดินจาก Data Logger เท่านั้น ไม่ได้พิจารณาผลกระทบเนื่องจากการไหลของน้ำใต้ดินจากบริเวณอื่นมาสู่พื้นที่ศึกษา ระยะการยกตัวของน้ำใต้ดินในเดือนตุลาคม 2544 ไม่สามารถแยกผลกระทบจากการ Recharge ของฝนแต่ละลูกได้อย่างชัดเจน จึงวิเคราะห์ในภาพรวมของฝนที่ตกทั้งเดือน

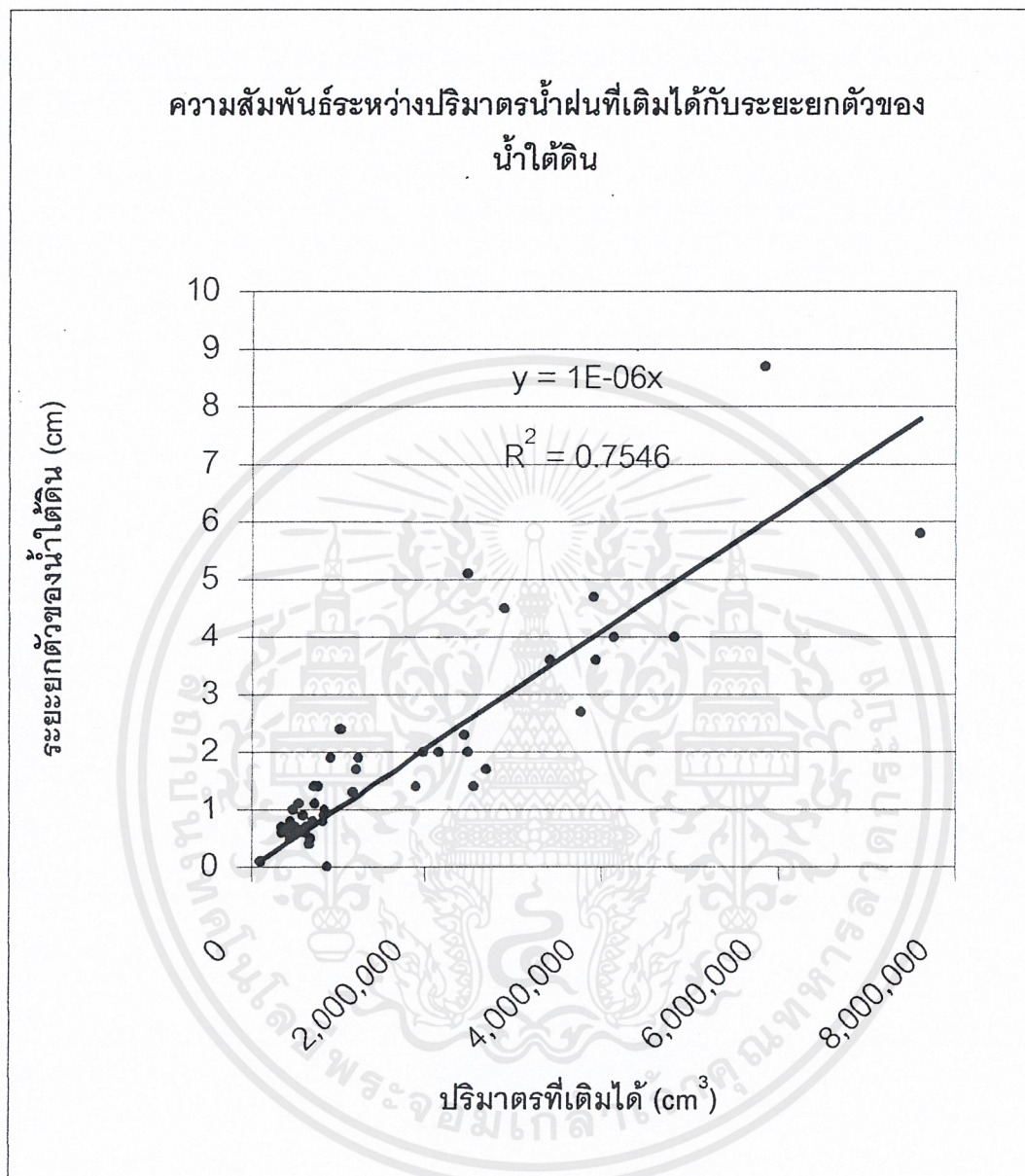
เมื่อนำระยะยกตัวของน้ำใต้ดินกับปริมาณฝนที่ Recharge ได้มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4-8 พบว่า ระยะยกตัวของน้ำใต้ดินมีค่าเท่ากับ 1×10^{-6} เท่าของปริมาณน้ำฝนที่ Recharge ได้ หรือมีค่าเท่ากับ 4.7% ของปริมาณน้ำฝนที่ Recharge ได้ โดยความสัมพันธ์นี้ มีค่า Regression Coefficient = 0.7546

ตารางที่ 4-4 ตารางแสดงปริมาณฝนที่เติมได้กับระยะยกตัวของน้ำใต้ดิน

วันที่	ปริมาณฝนที่เติมได้ (cm ³)	ระยะยกตัวของน้ำใต้ดิน (cm)	วันที่	ปริมาณฝนที่เติมได้ (cm ³)	ระยะยกตัวของน้ำใต้ดิน (cm)
26/5/2001	327290	0.7	30/8/2001	1127000	1.7
30/5/2001	434700	0.8	30/8/2001	1568600	
2/6/2001	735080	1.4	10/9/2001	1897500	1.4
5/6/2001	602140	0.7	10/9/2001	2898000	4.5
8/6/2001	479113	0.6	11/9/2001	2451800	2.3
10/6/2001	334305	0.6	13/9/2001	1138500	1.3
11/6/2001	601772	0.6	13/9/2001	3933000	3.6
14/6/2001	533140	1.1	13/9/2001	4830000	4
15/6/2001	471408	1	19/9/2001	3910000	4.7
23/6/2001	750720	1.4	19/9/2001	7603800	5.8
3/7/2001	700672	1.4	21/9/2001	655500	0.5
5/7/2001	94300	0.1	22/9/2001	3767400	2.7
6/7/2001	1173000	1.7	24/9/2001	644000	0.4
8/7/2001	574080	0.9	25/9/2001	1012000	2.4
8/7/2001	1979380	2	26/9/2001	809600	0.9
11/7/2001	294998	-	27/9/2001	678500	0.8
11/7/2001	1200600	1.9	30/9/2001	5846600	8.7
3/8/2001	899300	1.9	2/10/2001	1932000	143.3
5/8/2001	414000	0.65	4/10/2001	2150500	
5/8/2001	494500	0.7	4/10/2001	2898000	
6/8/2001	2484000	5.1	6/10/2001	3450000	
7/8/2001	437000	0.5	6/10/2001	1449000	
8/8/2001	828000	1	9/10/2001	1932000	
10/8/2001	2152800	2	23/10/2001	607200	
15/8/2001	805000	0.8	23/10/2001	345000	
16/8/2001	713000	1.1	23/10/2001	692300	
18/8/2001	4140000	4	24/10/2001	3312000	
27/8/2001	3415500	3.6	25/10/2001	6624000	
28/8/2001	1913600	1.4	28/10/2001	3864000	
28/8/2001	641700		28/10/2001	662400	
29/8/2001	2484000	2	14/1/2002	862500	

รวม 108,661,798 230.659

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เติมได้กับระยะยกตัวของน้ำใต้ดิน

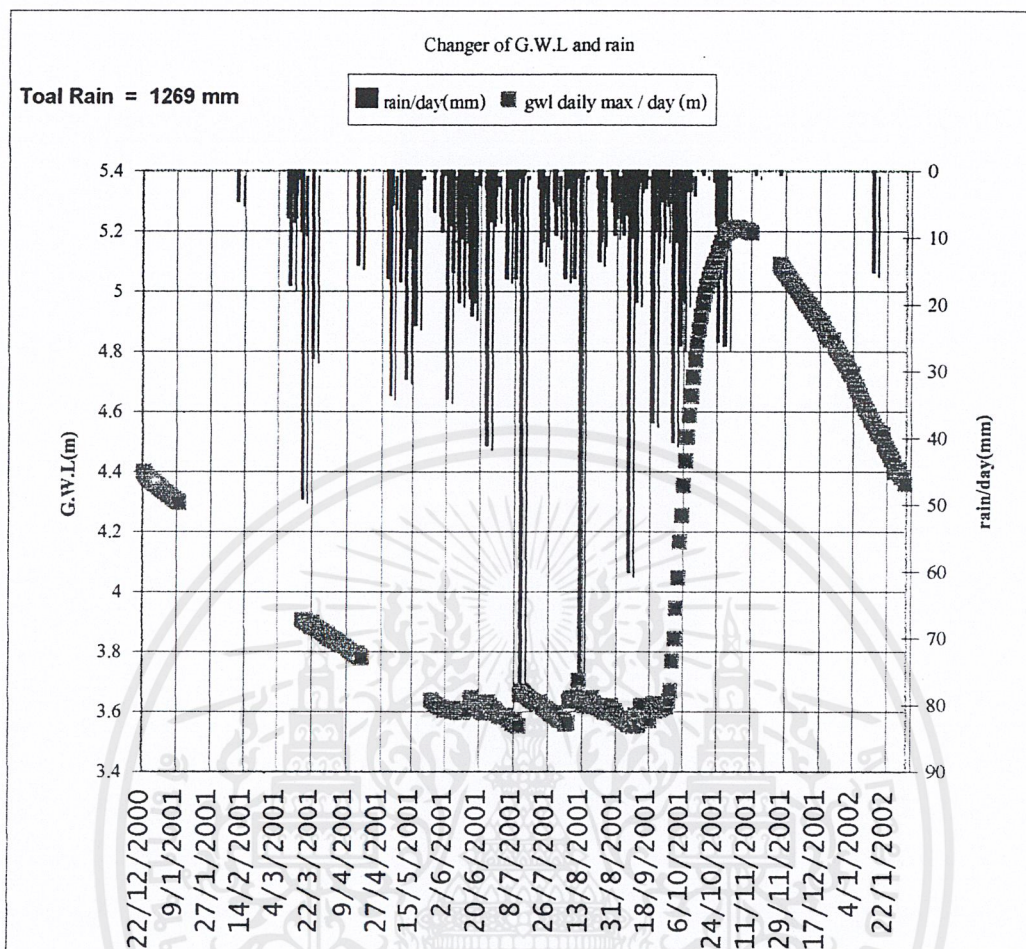
4.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินกับปริมาณฝน

เมื่อนำปริมาณฝนและข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่บันทึกได้จาก Data Logger ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2543 ถึงเดือนมกราคม 2545 มาพล็อตกราฟเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินกับปริมาณฝนที่ตกดังรูปที่ 4-9 พบว่าระดับน้ำใต้ดินมีการลดลงอย่างต่อเนื่องประมาณ 80 เซนติเมตร ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2543 ถึงเดือนมิถุนายน 2544 หลังจากนั้นระดับน้ำใต้ดินมีการขึ้น-ลง ประมาณ 15 เซนติเมตร จนถึงสิ้นเดือนกันยายน 2544

ระดับน้ำใต้ดินมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วประมาณ 160 เซนติเมตร ในช่วงเดือน ตุลาคม 2544 ซึ่งจากการสำรวจภาคสนามพบว่า ในระยะเวลาดังกล่าว ระดับน้ำในแม่น้ำยมสูงจนเกิดการล้นตลิ่งและมีการท่วมขังพื้นที่ศึกษาถึง 40 % ของพื้นที่ทั้งหมด ดังนั้น ระดับน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นนี้อาจมีผลเนื่องจาก

1. น้ำที่ท่วมขังรั่วซึมเป็นน้ำใต้ดิน
2. น้ำใต้ดินจากพื้นที่เหนือน้ำไหลมาสู่พื้นที่ศึกษา
3. น้ำฝนที่ Recharge จากระบบการซึมที่สร้างขึ้น

หลังจากเดือนตุลาคม 2545 ระดับน้ำใต้ดินมีการลดลงอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วประมาณ วันละ 1 เซนติเมตร ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินกับปริมาณฝนและปริมาณน้ำที่ Recharge ได้นี้ จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลอื่น ๆ เช่น อัตราการไหลของน้ำใต้ดินจากบริเวณพื้นที่เหนือน้ำ ระดับน้ำใต้ดินของบ่อที่อยู่ใกล้เคียง อัตราการรั่วซึมของน้ำที่ท่วมขัง ฯลฯ ประกอบการศึกษาในรายละเอียดต่อไป



รูปที่ 4-9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินและน้ำฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จังหวัดพิจิตรตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศ ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพทางการเกษตร ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เกิดภาวะแห้งแล้ง ระดับน้ำใต้ดินลดลงมาก ทำให้ชาวบ้านไม่สามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ตามปรกติได้จึงจำเป็นต้องมีมาตรการในการแก้ไขปัญหานี้ โครงการปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพของระบบการซึมเพื่อการเติมน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพในการเติมน้ำผิวดินของระบบการซึมที่ทำการปรับปรุงแล้วกับระบบที่มีอยู่ก่อน

ในการพัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดิน โดยการนำน้ำจากชั้นบรรยากาศไปเก็บไว้ในชั้นน้ำใต้ดิน พร้อมเสนอแนะแนวทางในการดำเนินงานพัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดินต่อไปในอนาคต

ผลการศึกษาและดำเนินงานสรุปได้ดังนี้

5.1.1 จากการศึกษาข้อมูลของตำแหน่งที่ตั้งของหลุมทดสอบในพื้นที่ศึกษา และข้อมูลชั้นดินพบว่า พื้นที่ศึกษามีความลาดเอียงของชั้นน้ำใต้ดินลาดเทลงจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ไปยังทิศตะวันออกเฉียงใต้

5.1.2 ผลการทดลองเติมน้ำสู่ระบบการซึมในสนามด้วยอัตราคงที่ 28 ลิตร/นาที่ เป็นเวลา 70 นาที่ เมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับ โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่ได้จัดทำขึ้น สามารถหาค่า $a_{\text{cpercolation well}}$ ได้เท่ากับ 0.0000385 s^{-1} ขณะเดียวกันก็สามารถหกระดับน้ำใต้ดินได้ 15 มิลลิเมตร

5.1.3 ผลการวิเคราะห์พายุฝนตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2443 ถึงเดือน มกราคม 2545 เฉพาะลูกฝนที่มีข้อมูลครบทั้งความเข้มฝน และระดับน้ำใน Trench มาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่ตกและปริมาณฝนที่เติม พบว่าก่อนการปรับปรุง (เดือน ธันวาคม 2543 - 10 สิงหาคม 2544) พบว่าระบบสามารถเติมน้ำฝนได้ 36.613 มม. จากปริมาณฝนที่ตกทั้งหมด 418 มม. หรือคิดเป็น 5.77 % ของฝนที่ตก หลังทำการปรับปรุงระบบสามารถเติมน้ำฝนได้ 199.605 มม. จากปริมาณฝนที่ตกทั้งหมด 421 มม. หรือคิดเป็น 42.64 %

5.1.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำใต้ดินจาก Data Logger และปริมาณฝนที่ Recharge พบว่าการยกตัวของระดับน้ำใต้ดินเกิดขึ้นประมาณ 1×10^{-6} เท่าของปริมาตรลึกลงน้ำฝนที่ Recharge ได้ หรือมีค่าเท่ากับ 4.7 % ของความลึกน้ำฝนที่ Recharge ได้ อย่างไรก็ตามการ

วิเคราะห์นี้พิจารณาข้อมูลระดับน้ำใต้ดินจาก Data Logger แต่เพียงอย่างเดียว มิได้คิดปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลจากบริเวณอื่นมาสมทบด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานต่อไป

จากการศึกษาและดำเนินงานครั้งนี้พอสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.2.1 ในการพิจารณาประสิทธิภาพที่แท้จริงของระบบว่าสามารถเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้มากน้อยเพียงไร ควรจะมีการศึกษาสมมูลน้ำในพื้นที่รอบๆ พื้นที่ศึกษาคู่เพื่อวิเคราะห์หาผลกระทบของปริมาณน้ำที่เข้าและออกจากพื้นที่ศึกษา

5.2.2 ในการพัฒนาและฟื้นฟูน้ำใต้ดิน ควรพิจารณากำหนดขอบเขตการตั้งเหตุการณ์ขึ้นเพื่อติดตามศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินอย่างชัดเจนและความสัมพันธ์ต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี โดยเฉพาะในพื้นที่ศึกษา

5.2.3 ในการเติมน้ำใต้ดินโดยระบบการซึม ปริมาณน้ำฝนที่เติมได้ถึงแม้จะมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับการเติมโดยธรรมชาติในฤดูฝน แต่ถ้าหากเพิ่มจำนวนพื้นที่หลังคาบน้ำฝนและจำนวนบ่อที่จะใช้เติมให้มากขึ้น ก็จะสามารถเติมน้ำใต้ดินได้มาก หรืออาจใช้วิธีเติมน้ำใต้ดินแบบสระ (Infiltration Basins) ร่วมด้วยก็จะสามารถเติมน้ำได้มากยิ่งขึ้น

5.2.4 ควรพิจารณาจัดหาพื้นที่และแหล่งน้ำดิบที่เหมาะสม เพื่อทำการทดลองการเติมน้ำใต้ดินแบบต่างๆ สำหรับรองรับการใช้น้ำและสภาพปัญหาของน้ำใต้ดิน โดยควรมีการทดลองปฏิบัติการภาคสนาม แล้วขยายผลเป็นโครงการขนาดใหญ่ต่อไปในอนาคต



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผ-1

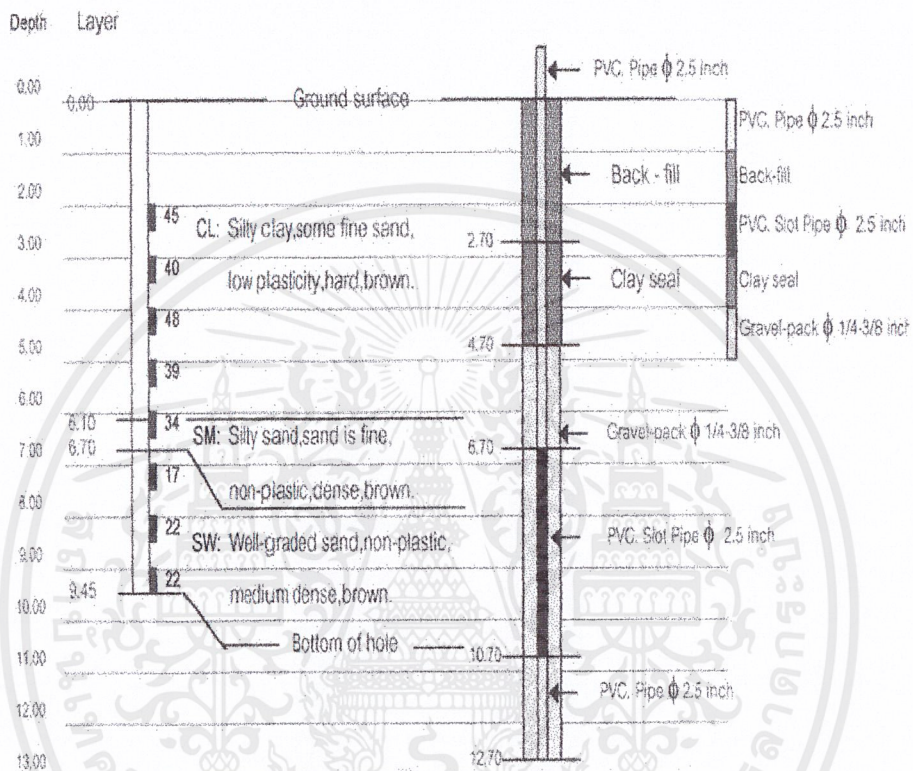
รูปข้อมูลชั้นดินของบ่อที่เจาะ

โดยกรมชลประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT.4: Wat Sra Manee Themple, Phairoop Sub-District, Phopraphapchang District, Phichit Province.



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

N= Blow count number

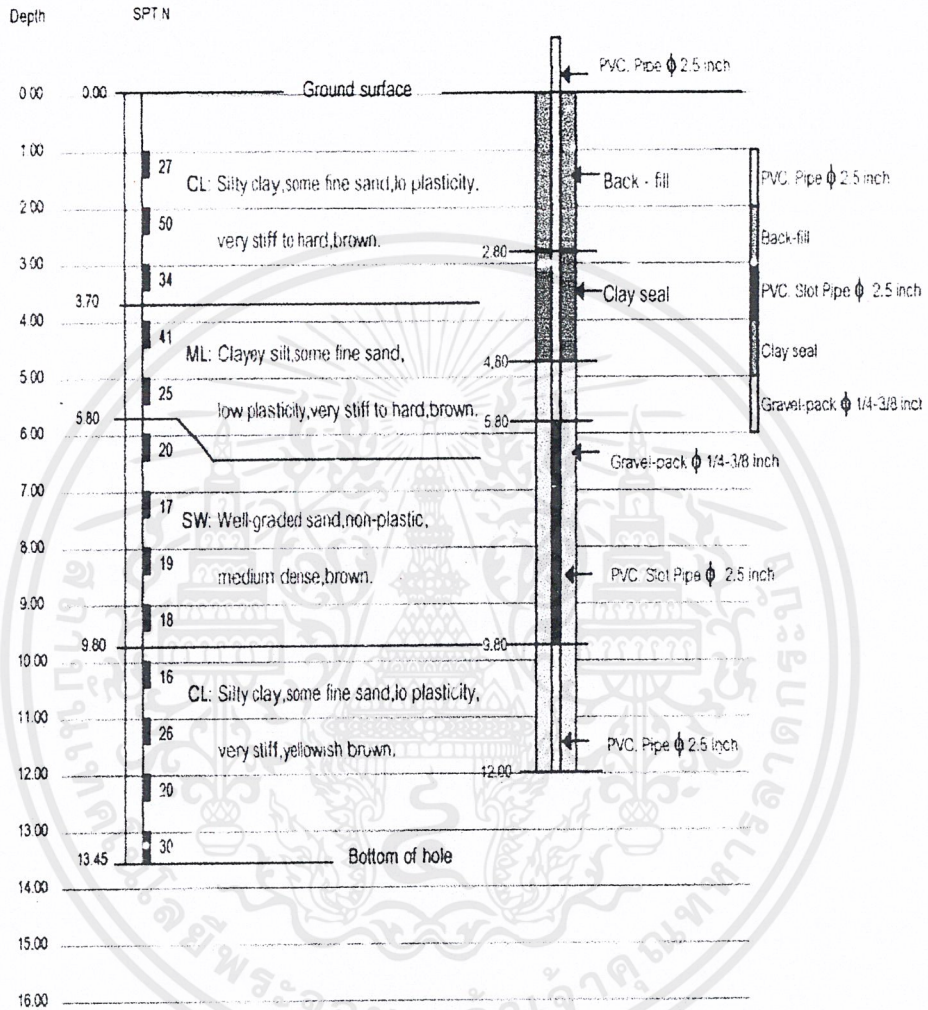
Pie. = Piezometric well

บ่อที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve. Research Project

PCT.5.Mr.Pravid,Ban Dong sur leng,Dong sur leng subdistrict Phopratabchang district, Pichit province



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

N= Blow count number

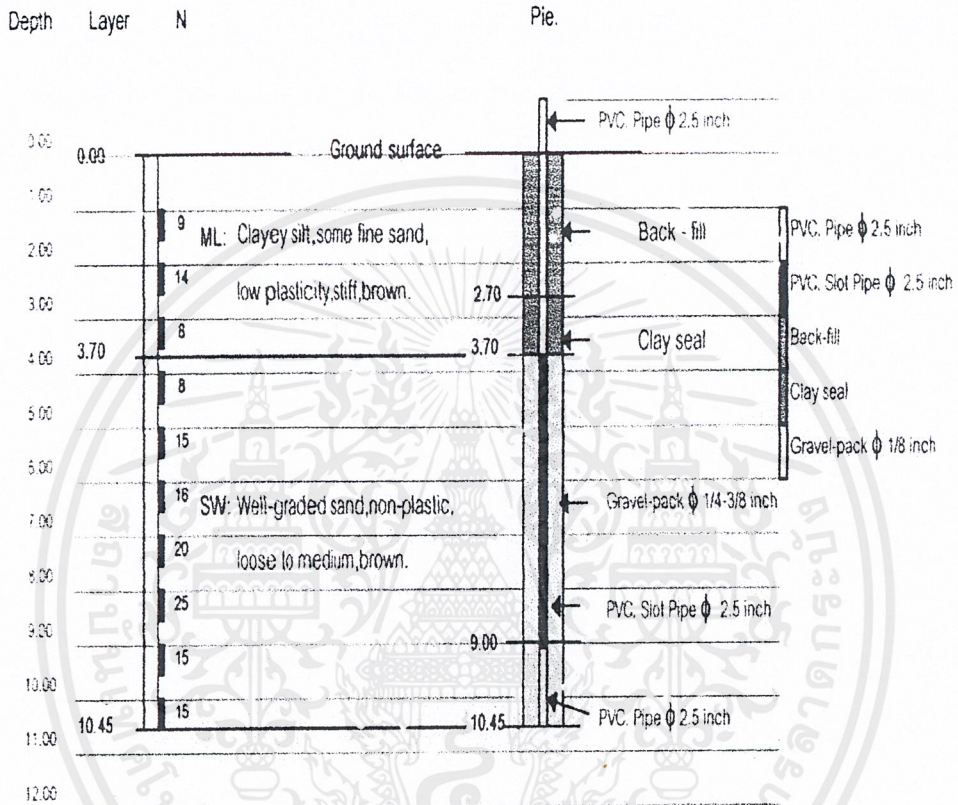
Pie. = Piezometric well

บ่อที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT 6



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

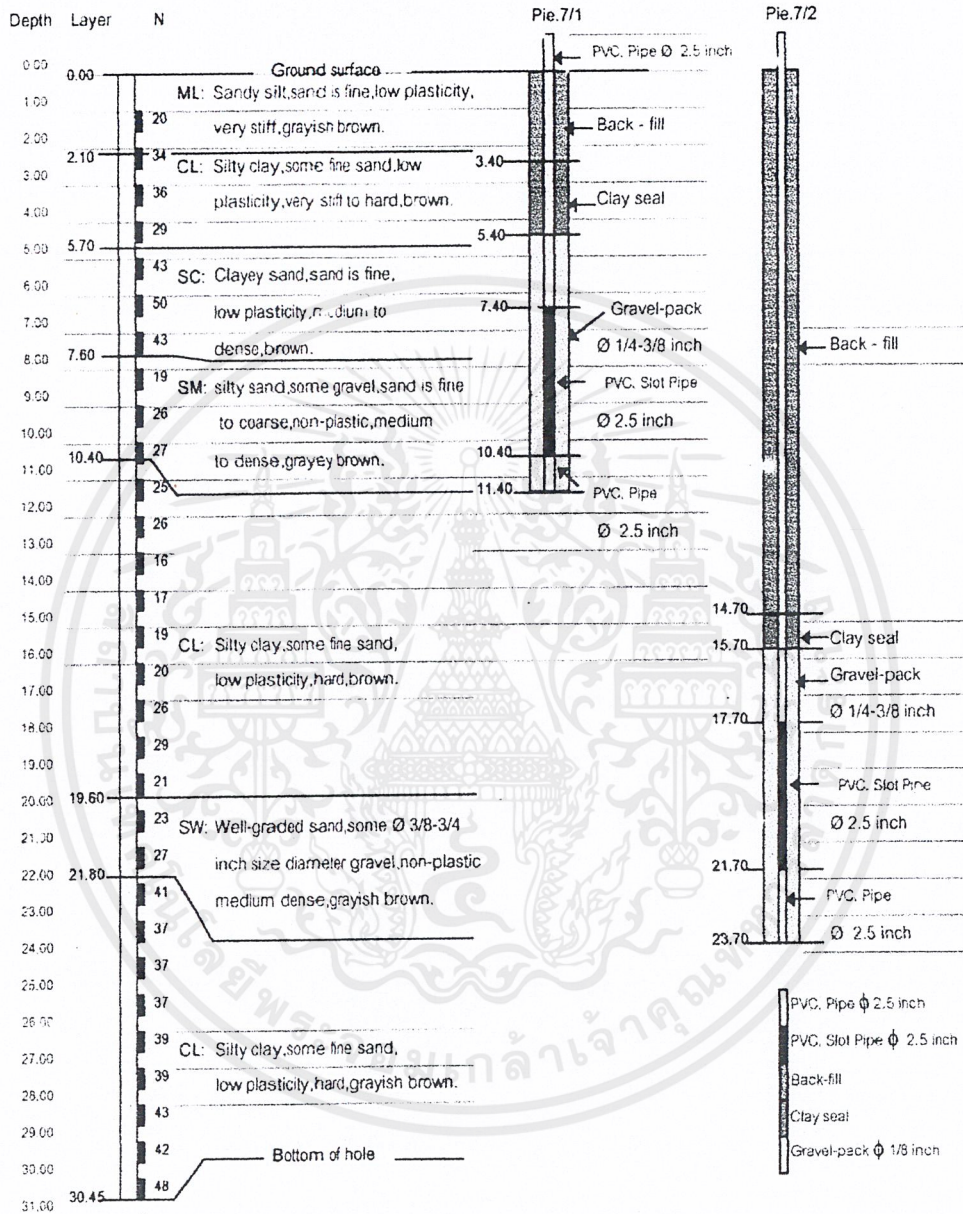
N= Blow count number

Pie. = Piezometric well

บ่อที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pichit Provincial Irrigation Project
 Water Resource Reserve: Research Project
 PCT 7 Home of Mrs. Prayong Khayankhetgarn, Dongsourleang Village, Dongsourleang Sub-District,
 Phopraphachang District, Pichit Province



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

N= Blow count number

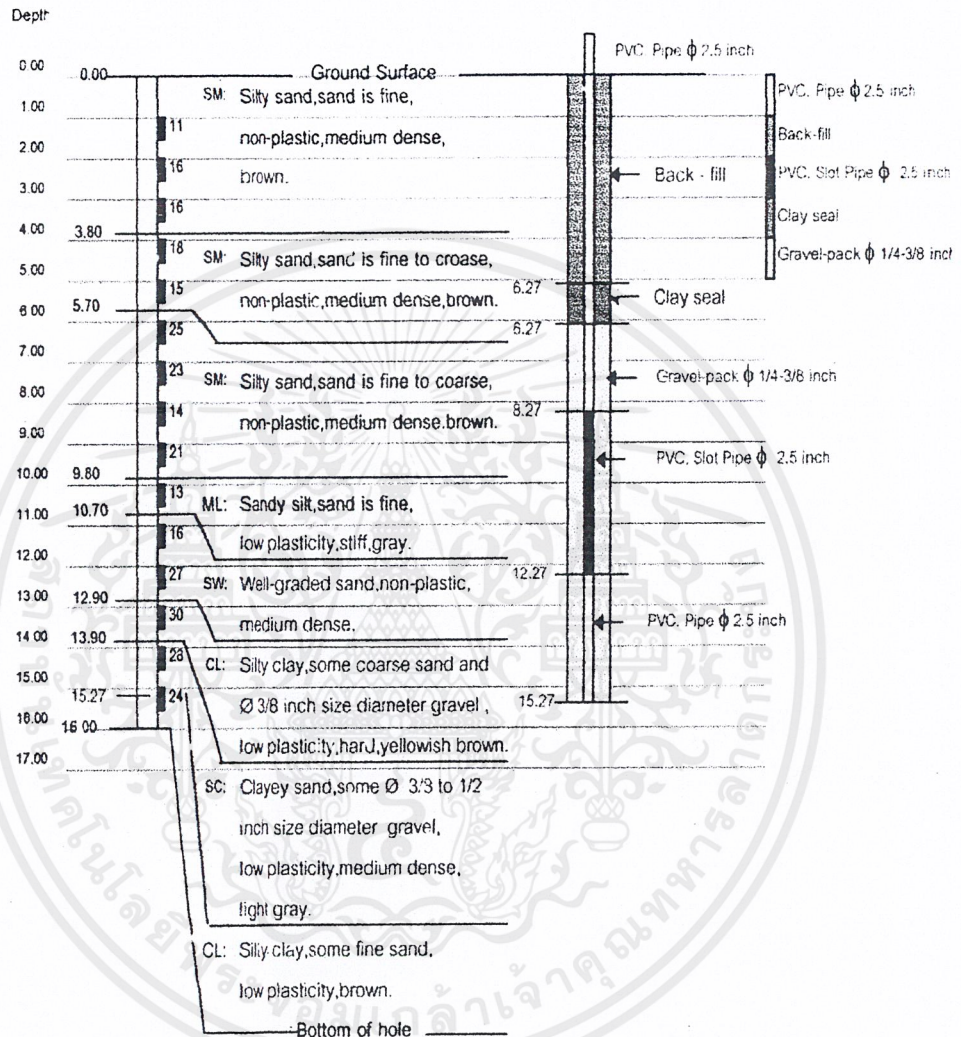
Pie. = Piezometric well

บ่อที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT. 8



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

N= Blow count number

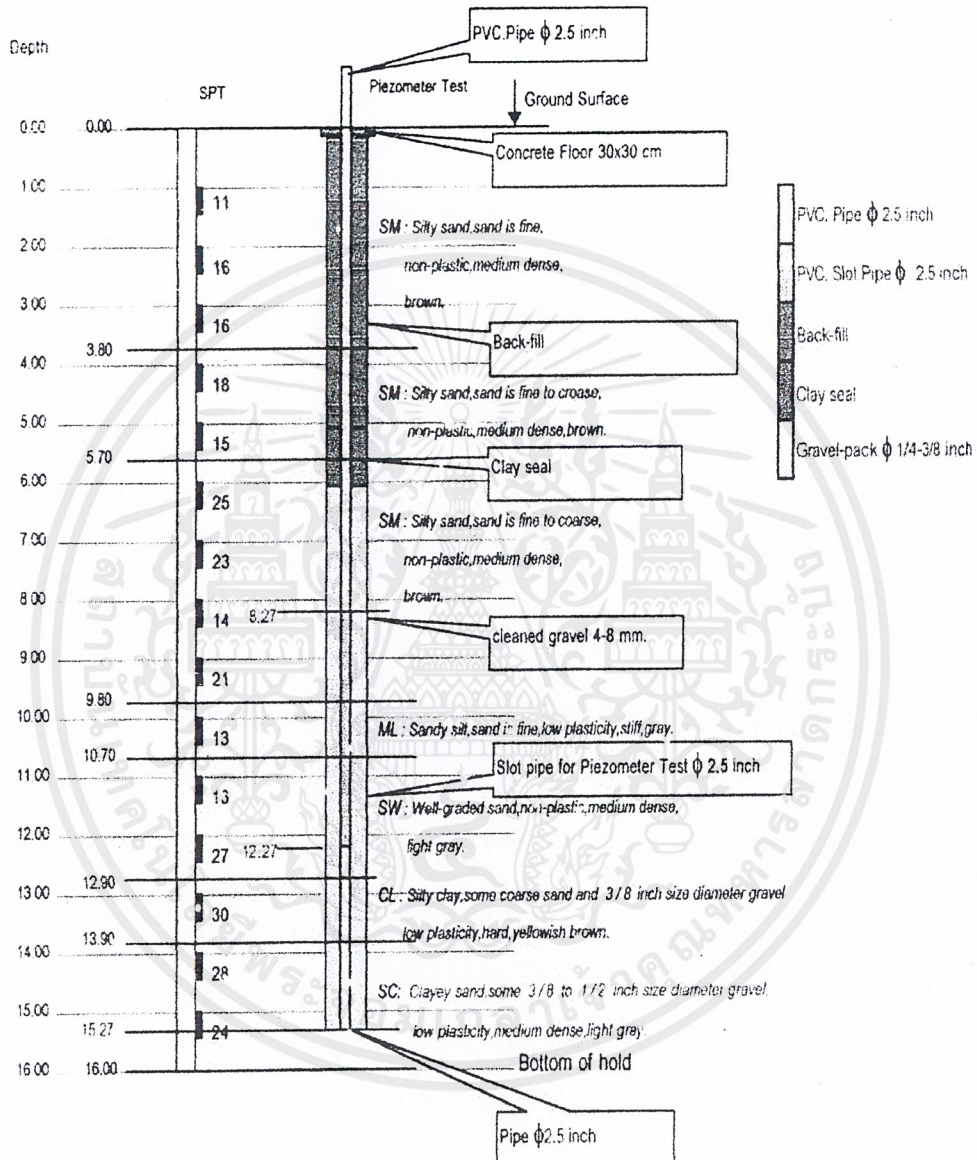
Pie. = Piezometric well

บ่อที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT 8 : #7 Village Head Officer (Mr. Song Phosi) Phataphro subdistrict, Phopratatbang district, Pichit province

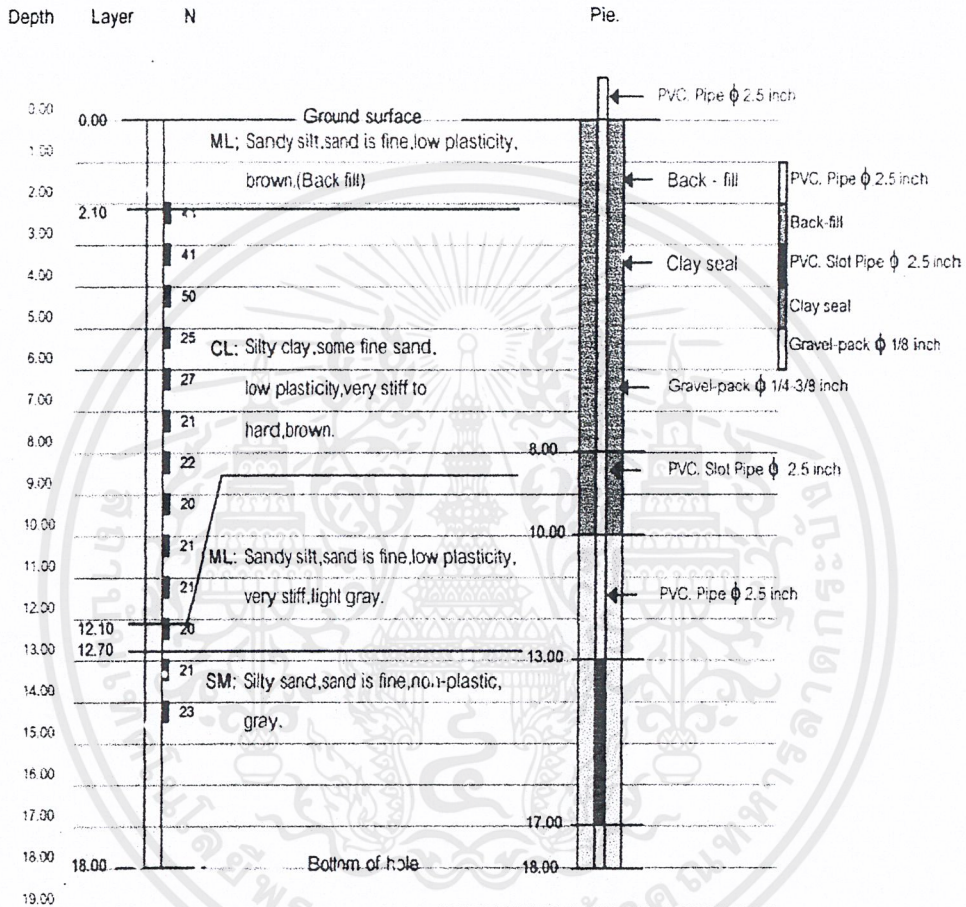


บ่อที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT 9: Wat Sra Pra Toum, Phairoop subdistrict, Phopratatbchang district, Phichit province



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

N= Blow count number

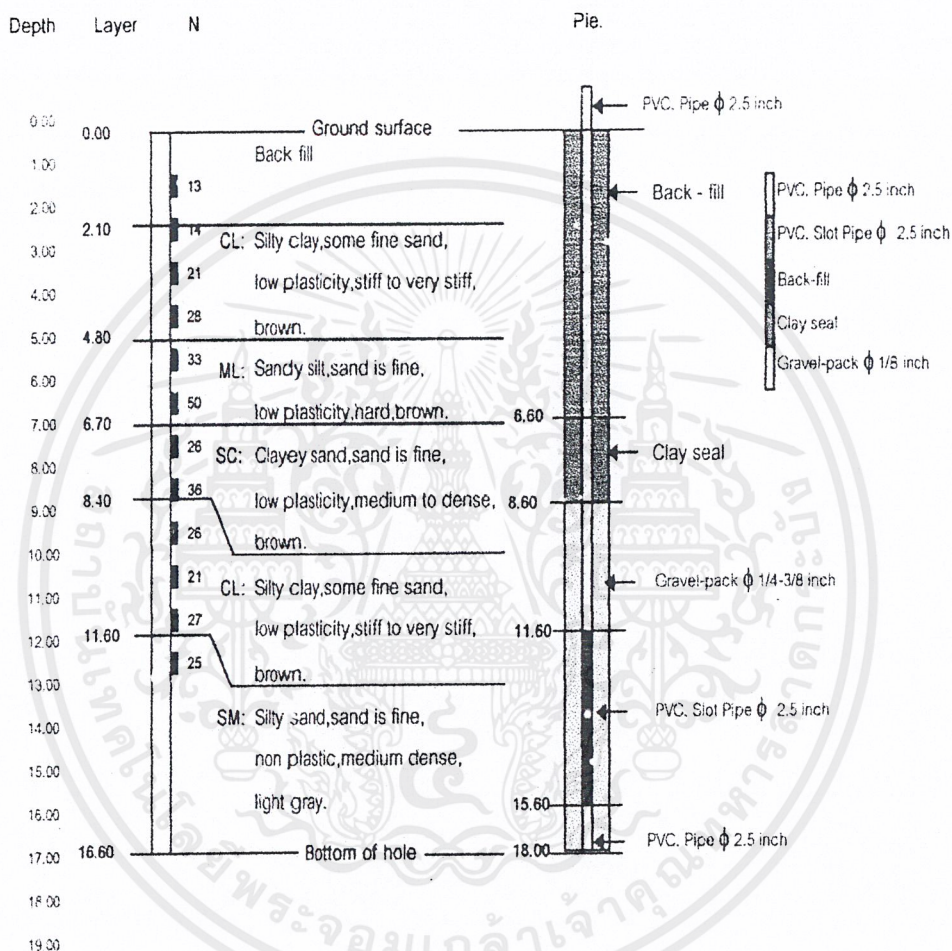
Pie. = Piezometric well

บ่อที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT 10: kanjana conservative forest, phaitapho suboistrict, Phopratabchang district, Pichit province



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

N = Blow count number

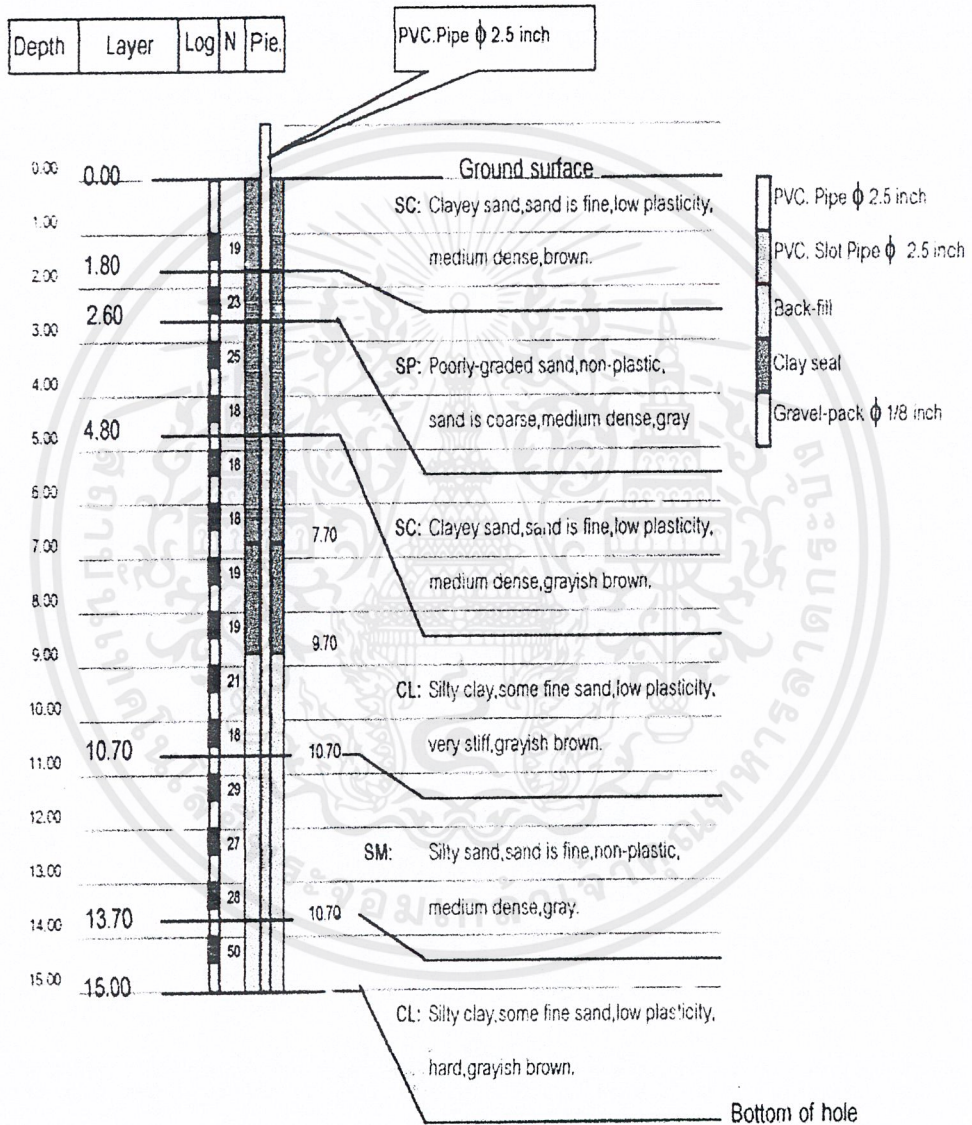
Pie. = Piezometric well

บ่อที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT11: Phaitapho Adm.subdistrict-org.Office, Phaitapho subdistrict, Phopratabchang district, Phichit province



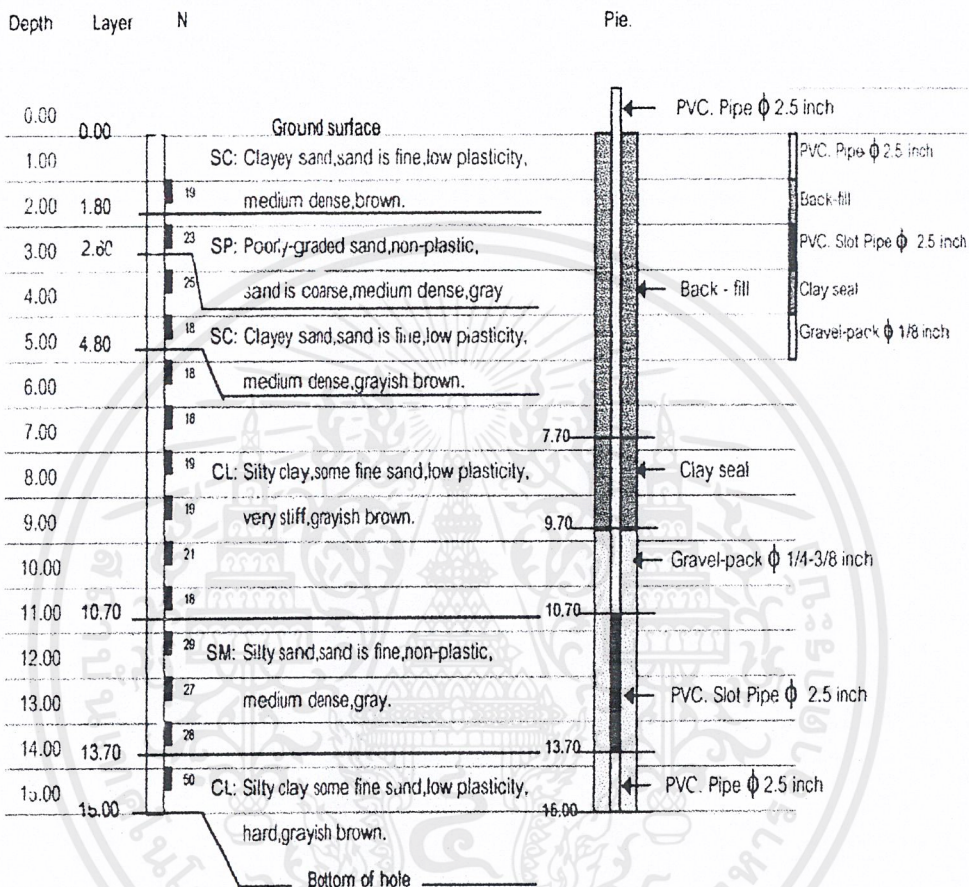
บ่อที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project

Water Resource Reser:e: Research Project

PCT-11: Phaitapho Adm.subdistrict-org. Office, Phaitapho subdistrict, Phopratatbchang district, Phichit province



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

N= Blow count number

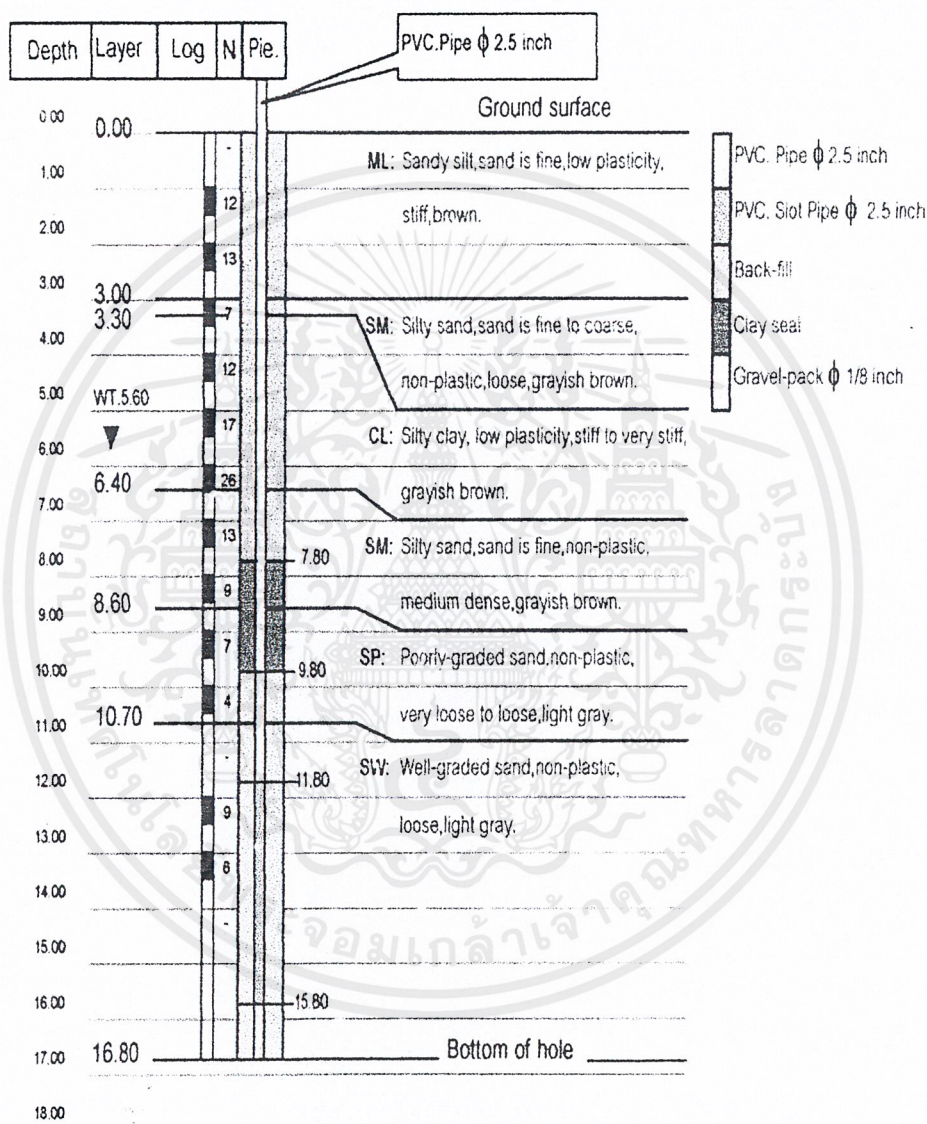
Pie. = Piezometric well

บ่อที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT12. PTT Gasoline Station (Mrs. Samruai), Phaitapho sub-district, Phopratlachang district, Phichit province

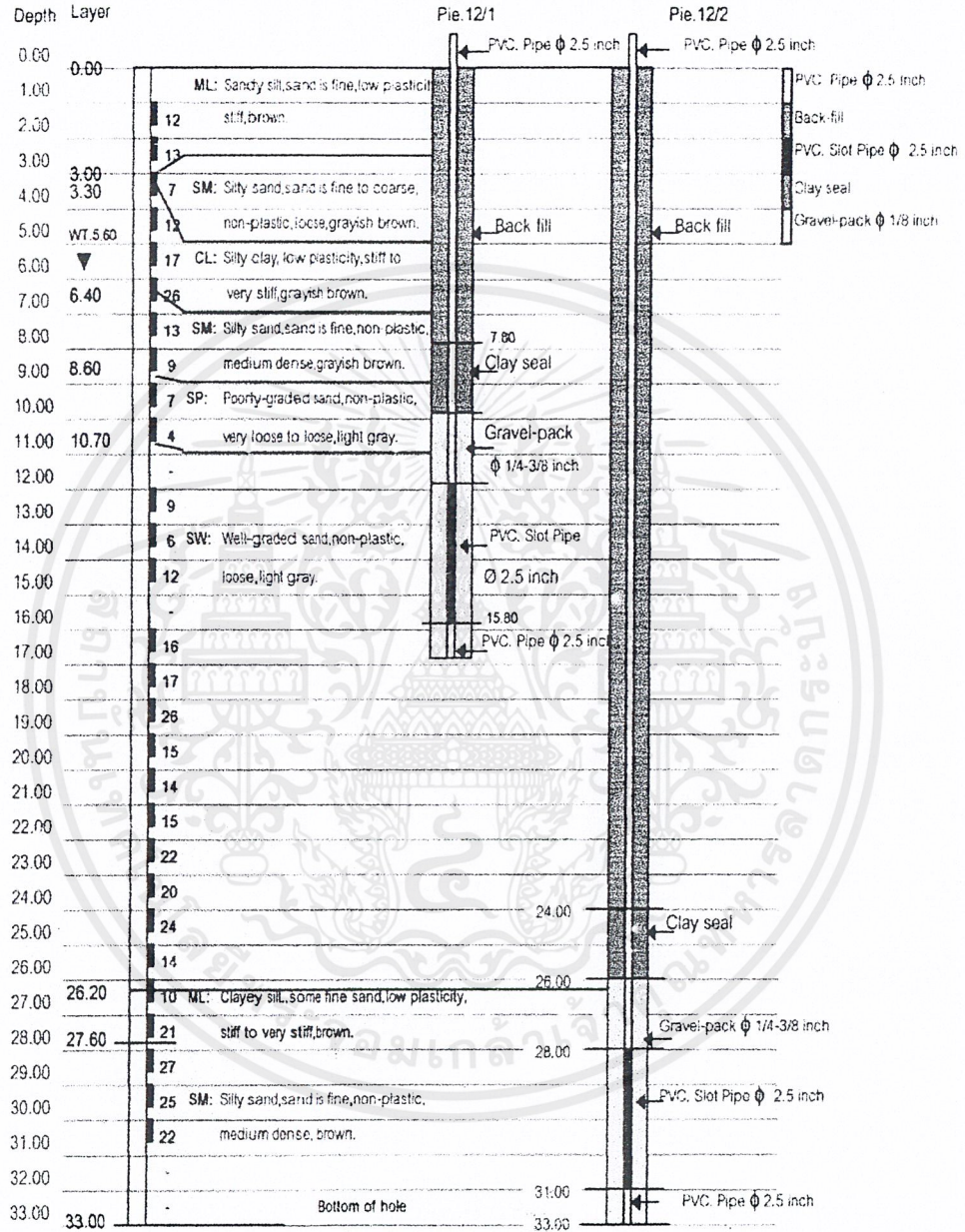


บ่อที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT - 12 PTT.Gasoline station (Mrs Samruai) Phatapho Sub-District, phophathapchang District, Phichit Province

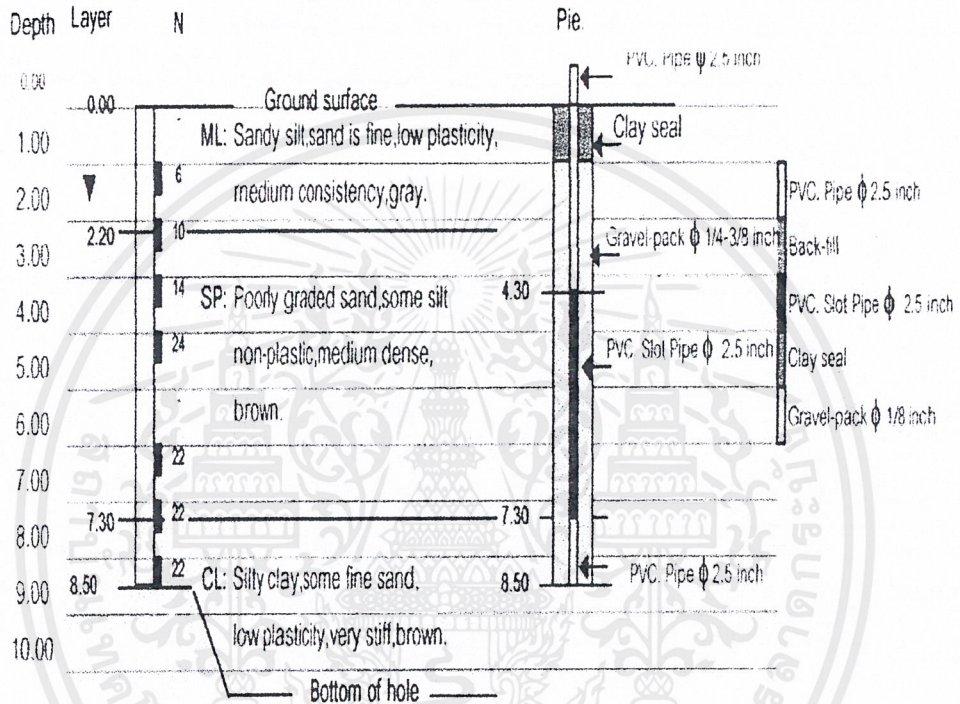


บ่อที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pichit Provincial Irrigation Project
 Water Resource Reserve: Research Project

PCT - 13 Mrs. Bang # 256 Nean Swang Village, Nean Sawang Sub-district, Piopraphachang District, Pichit Province.



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

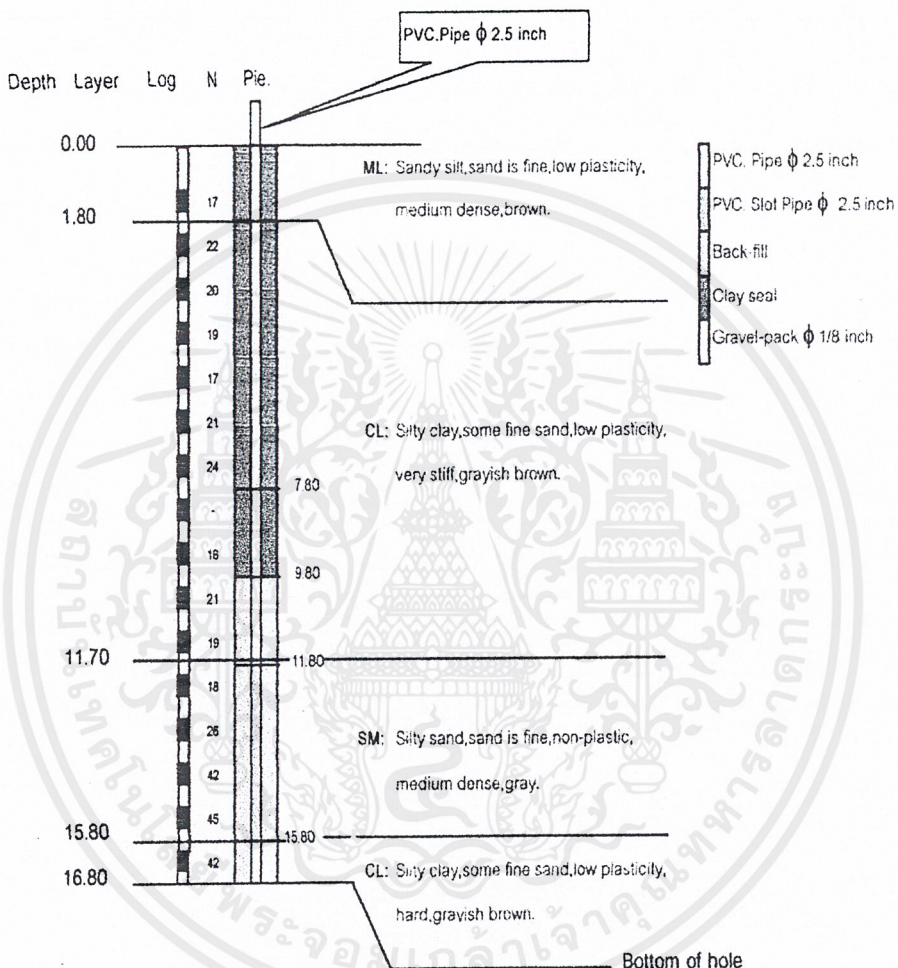
N= Blow count number

Pie. = Piezometric well

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT 14: Paddy field of Mrs. Prayun Jankrajang, Phaitapho subdistrict, Phoppratauchang district, Phichit province



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

N= Blow count number

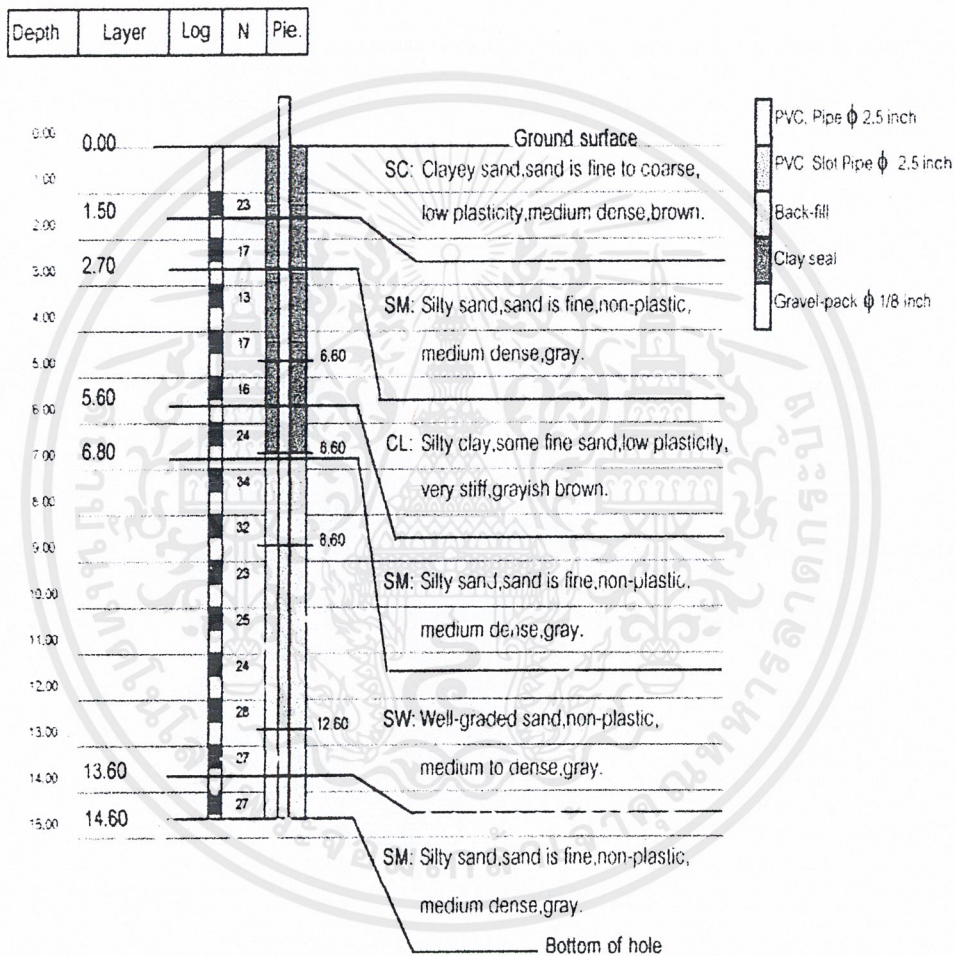
Pie. = Piezometric well

บ่อที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT 15: Paddy field of Mrs. Boornark Asaman ,phaitapho subdistrict,Phopratatbchang district,Pichit province

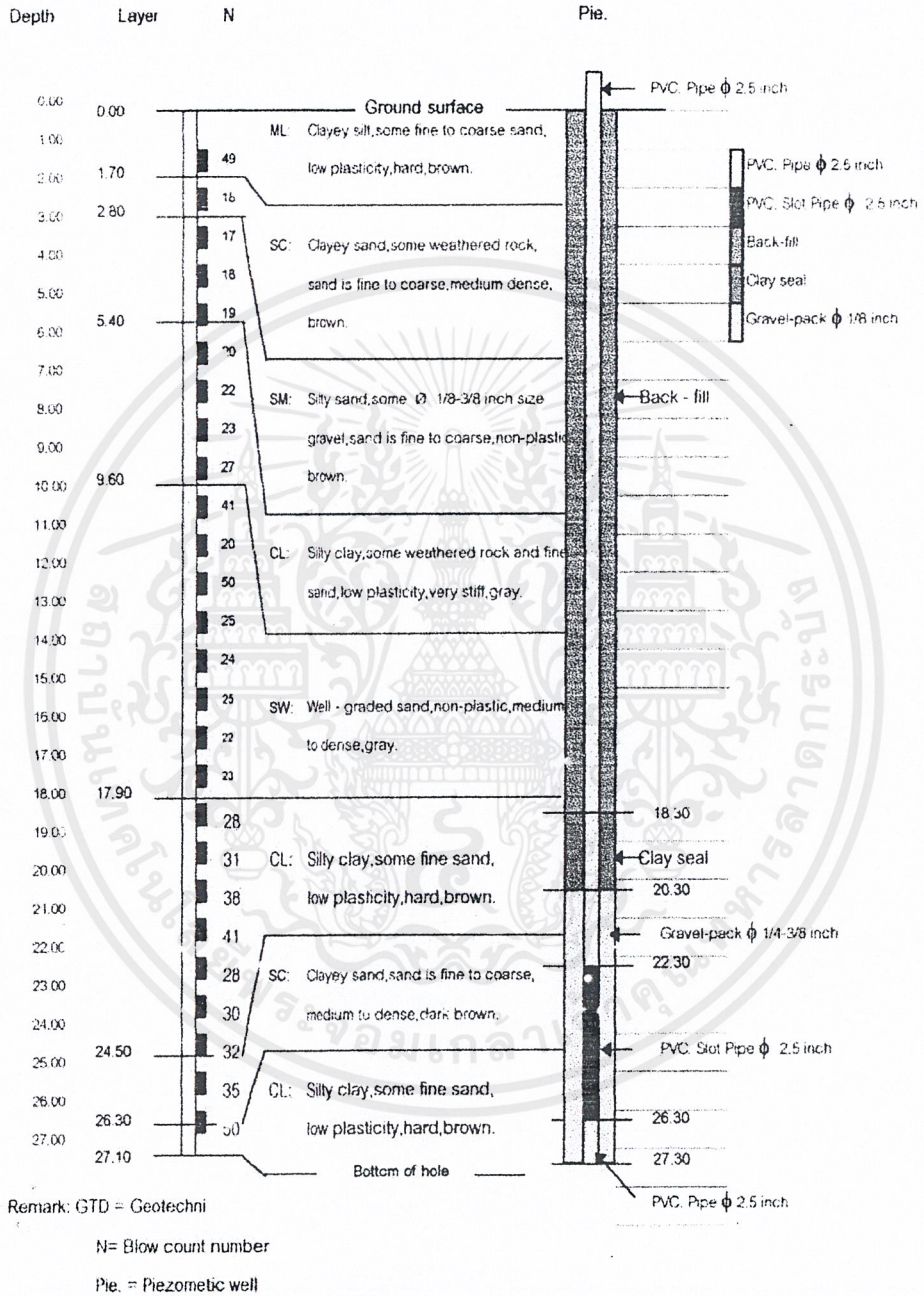


บ่อที่ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pichit Provincial Irrigation Project
Water Resource Reserve: Research Project

PCT 16 Boung Khla School, Boung Khla Village, phai Roob Sub-District, Phopraphapchang District, Pichit Province.



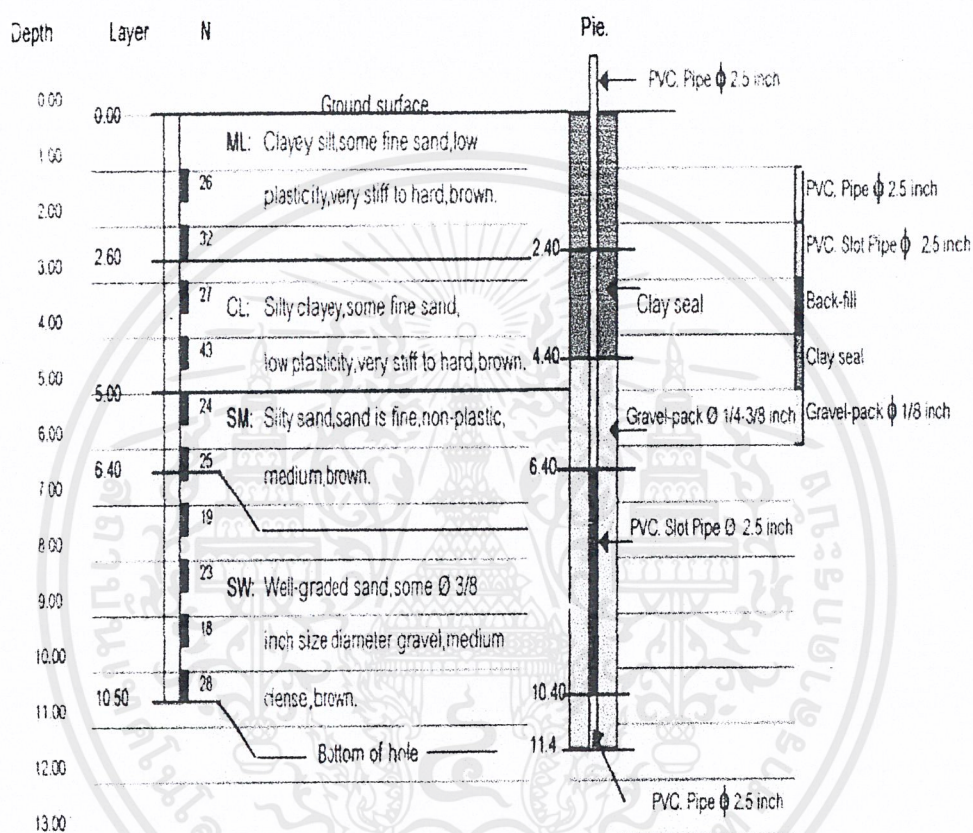
บ่อที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project

Water Resource Reserve: Research Project

PCT - 17 Nong Pla Douk Village, Nean Swang Sub-District, Phai Thapho District, Phichit Province.



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

N = Blow count number

Pie. = Piezometric well

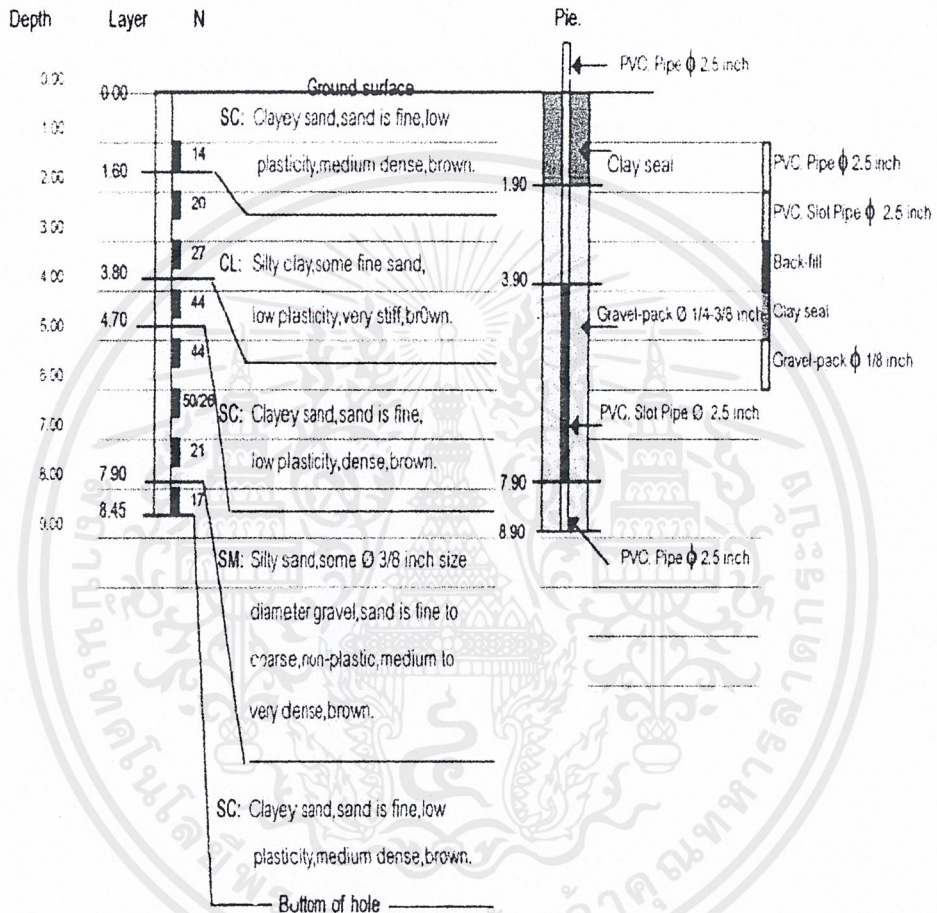
บ่อที่ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phichit Provincial Irrigation Project

Water Resource Reserve: Research Project

PCT 18 Paddy field of Mr. Kaseam Supasart, Pompradu Village, Dong suar lang Sub-District, Phopraphapchang, Phichit Province.



Remark: GTD = Geotechnical Division, Royal Irrigation Department

N= Blow count number

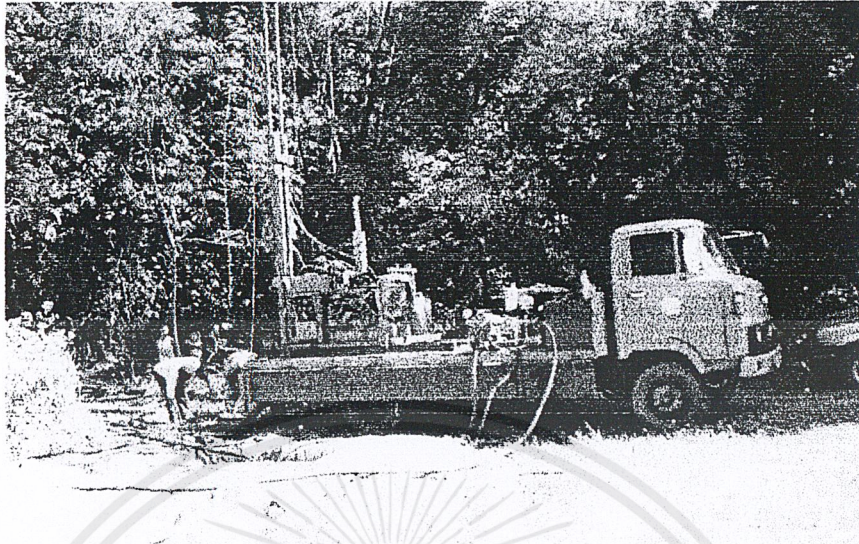
Pie. = Piezometric well

บ่อที่ 18

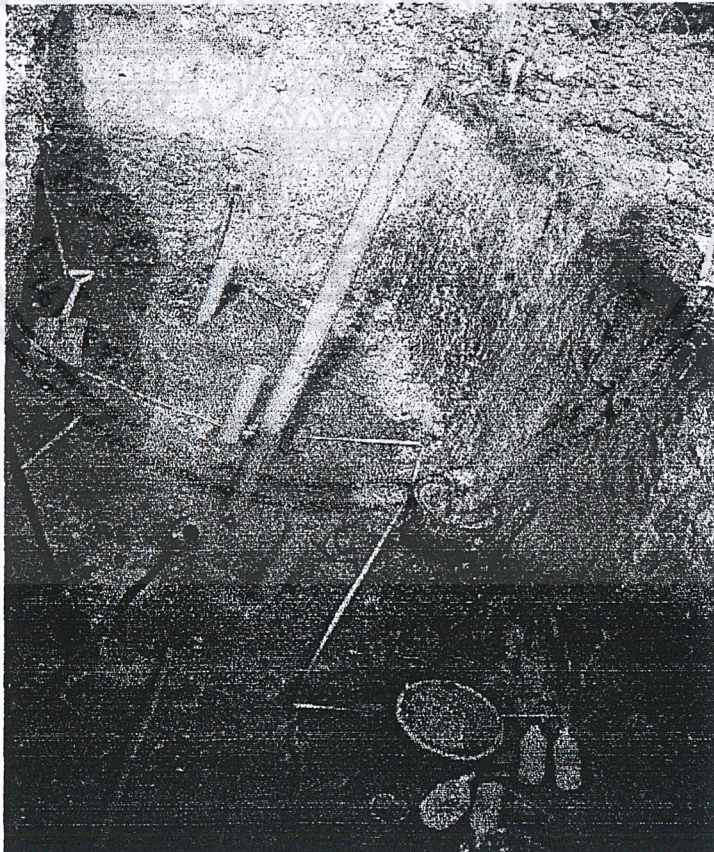
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

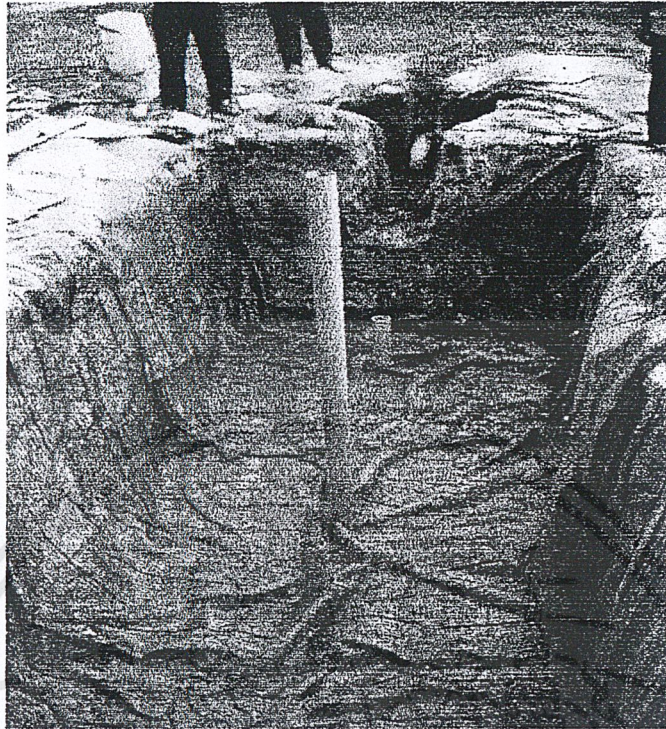


ทำการขุดเจาะบ่อบาดาล

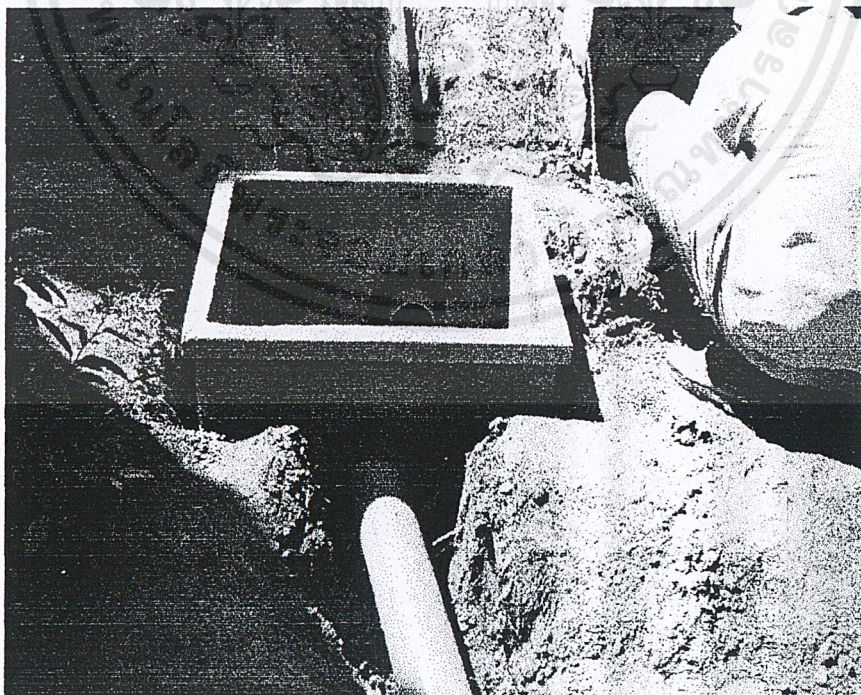


ท่อ Percolation Wells ภายใน Trench

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ท่อ Percolation Wells ภายใน Trench

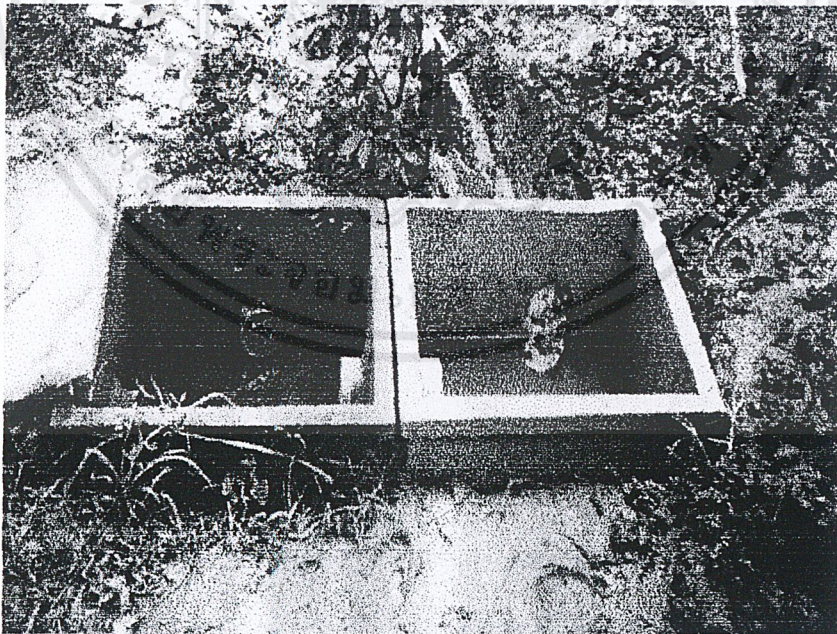


ระบบลำเลียงและ Manhole

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

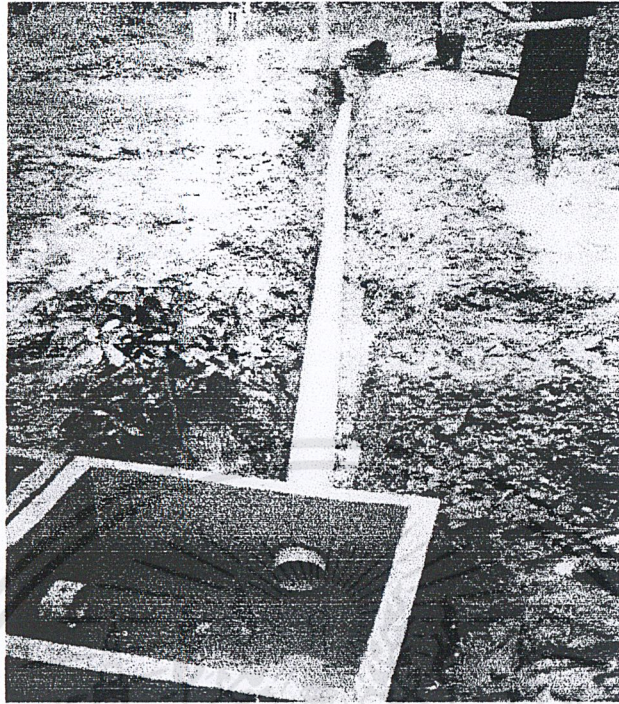


ใส่ท่อระบายอากาศ 3 ท่อไปใน Trench เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ

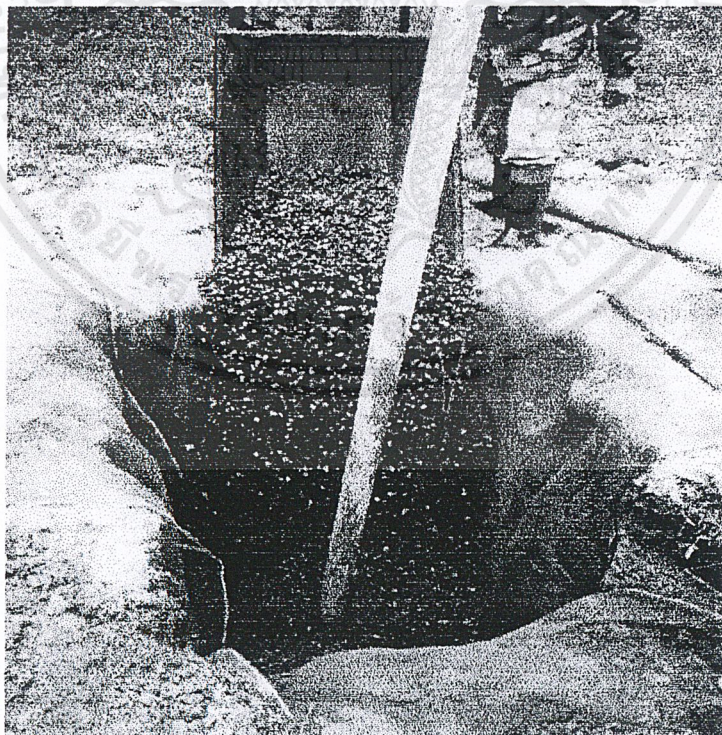


เพิ่ม Manhole เข้าไปอีก 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

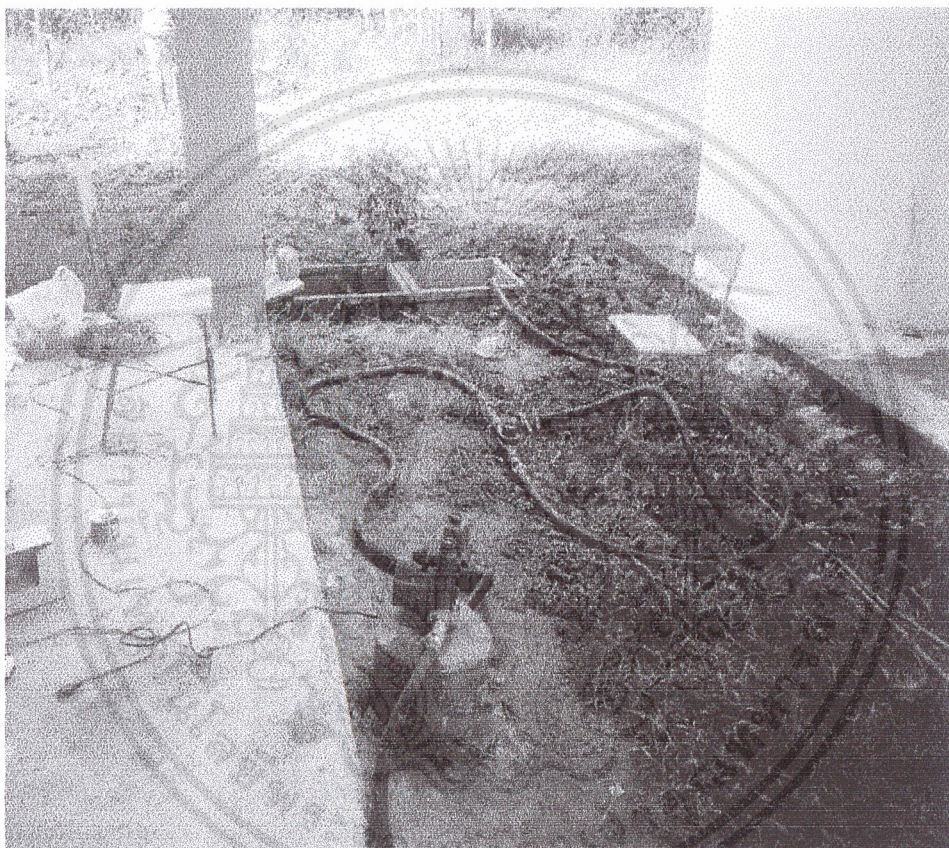


ต่อท่อจาก Manhole ตัวใหม่ไปยัง Pit



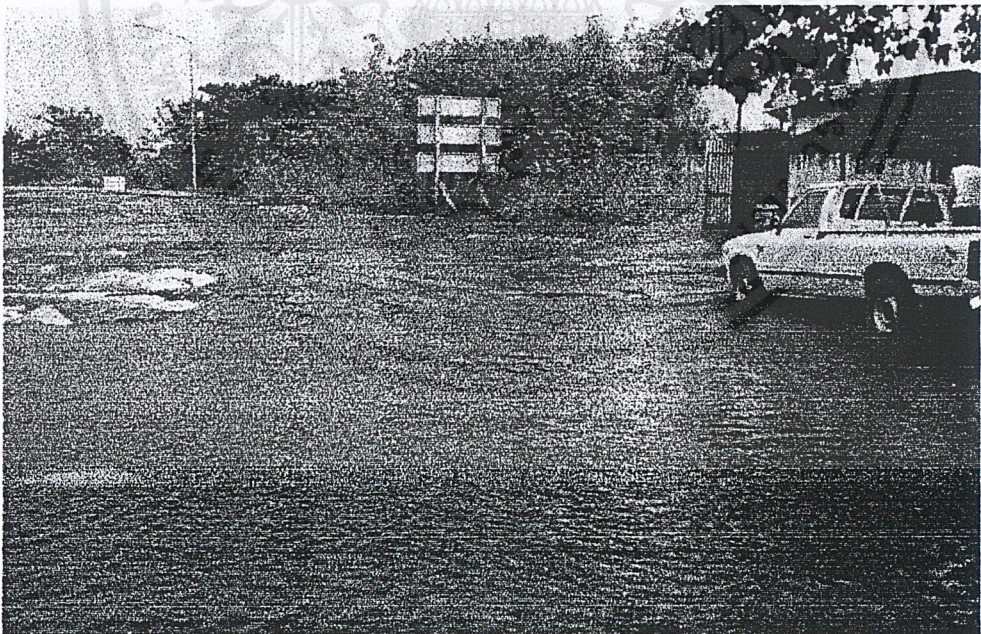
ขยายขนาดของ Pit และใส่หินลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

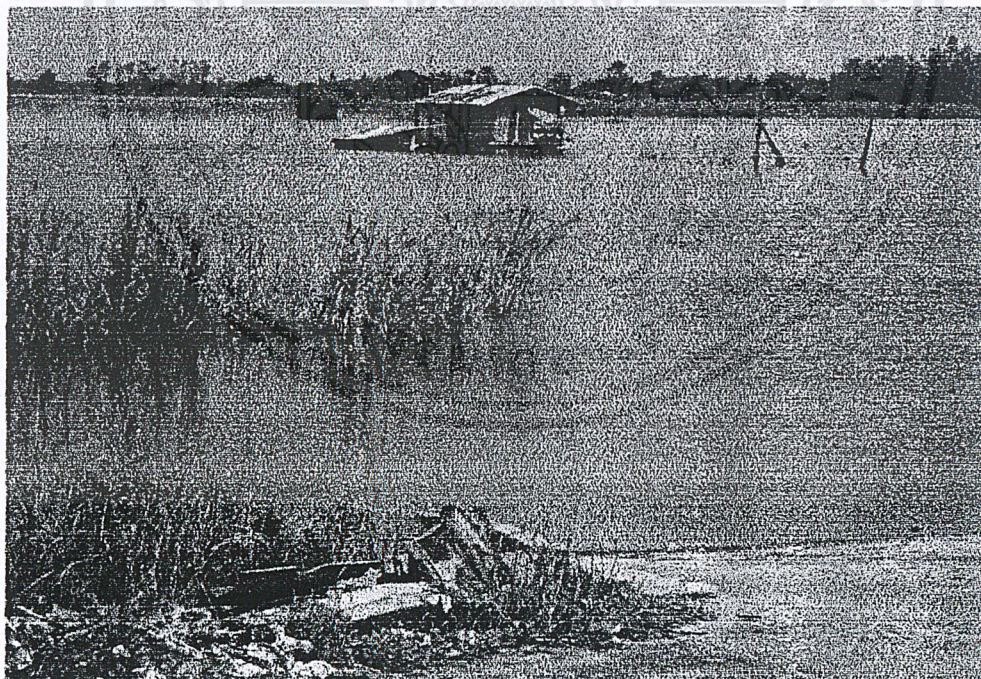
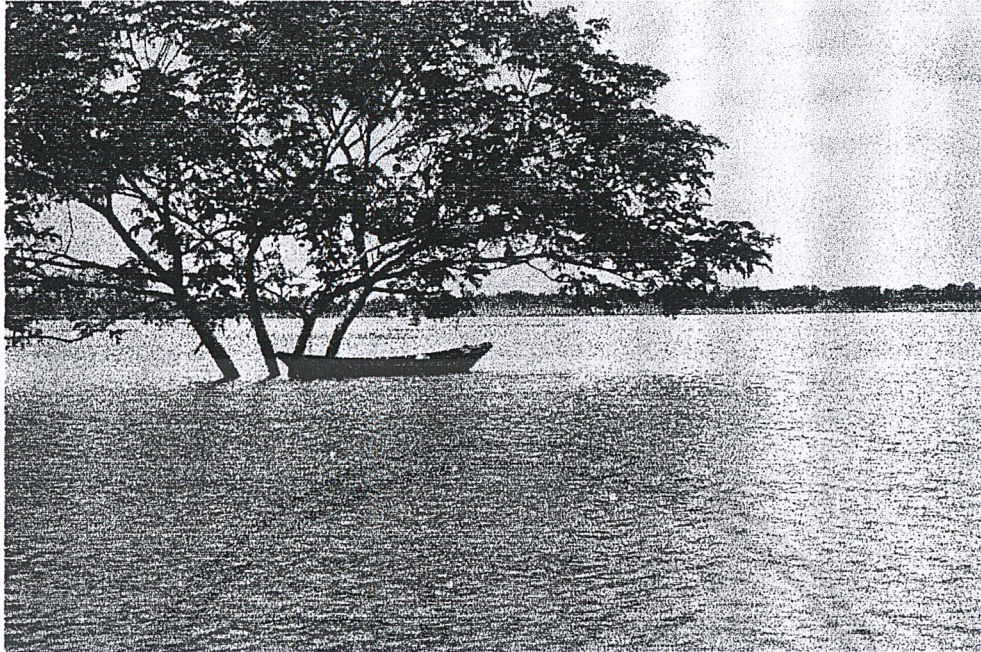


ใช้ Pump ทดสอบระบบ

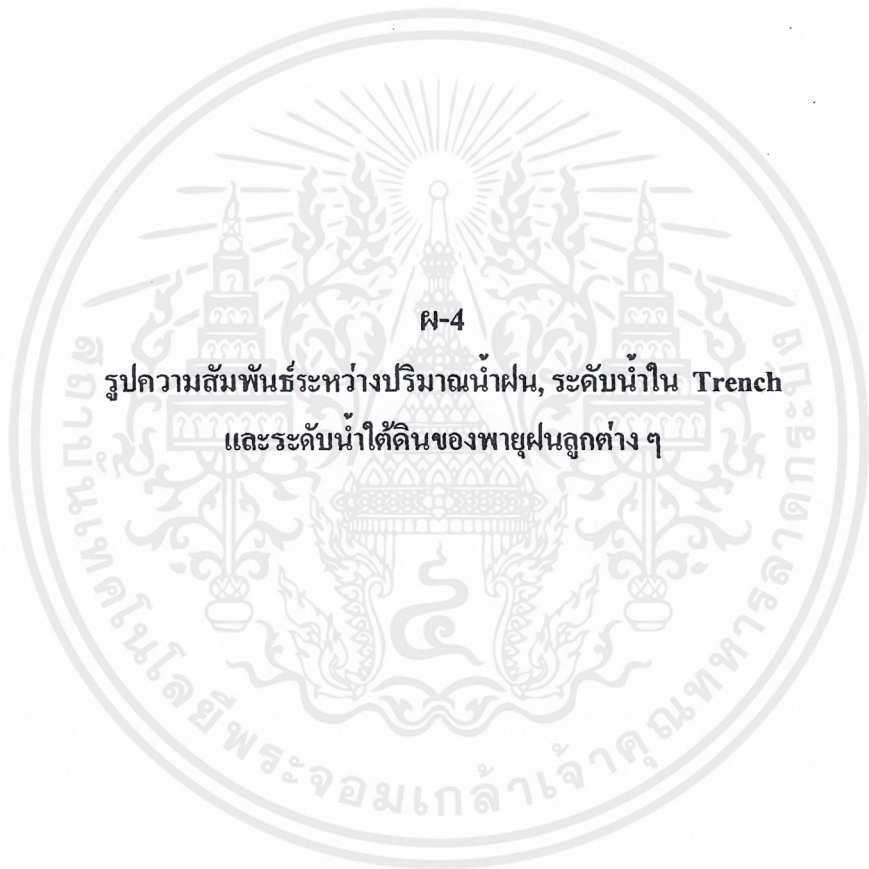
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



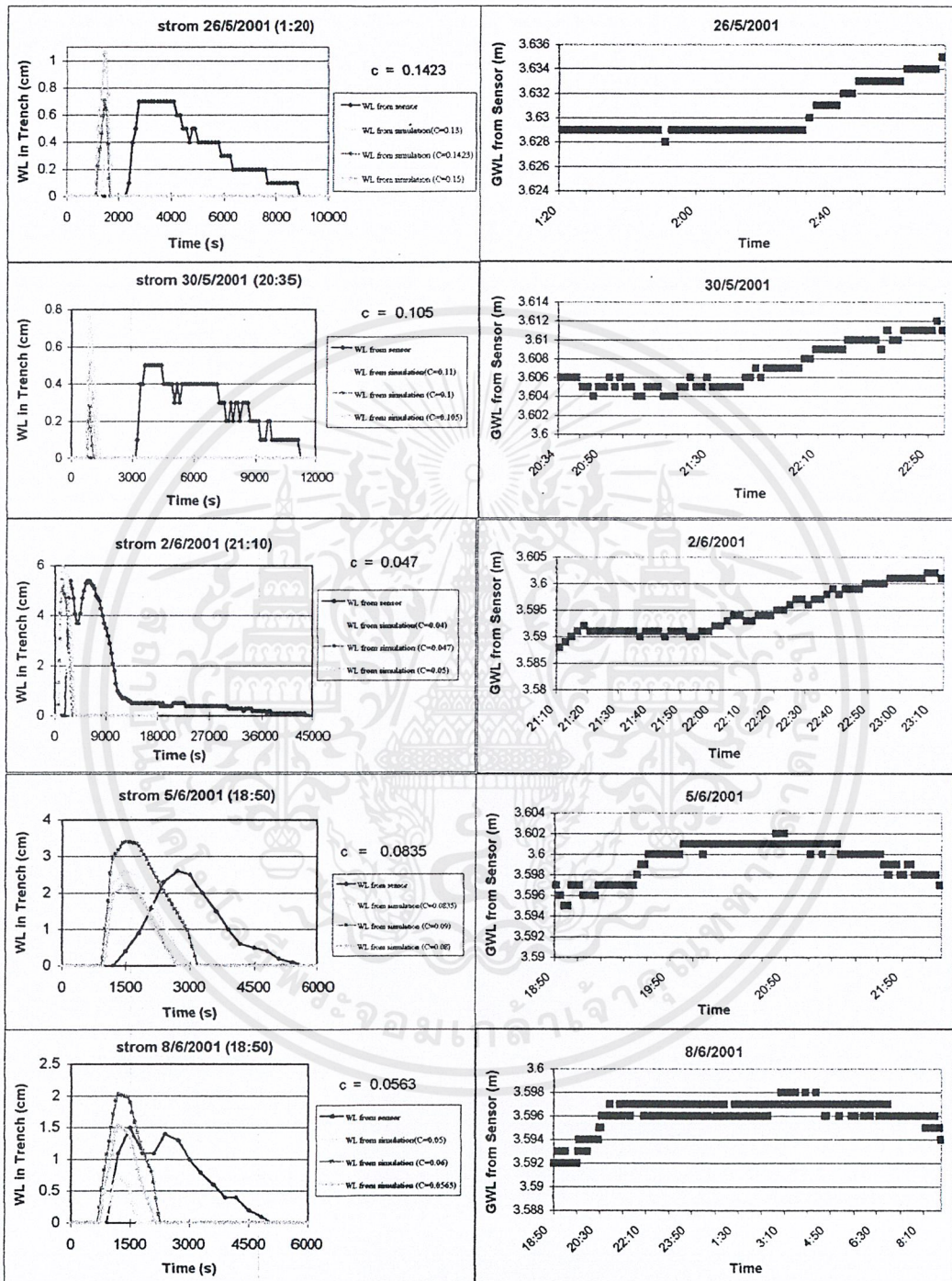
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



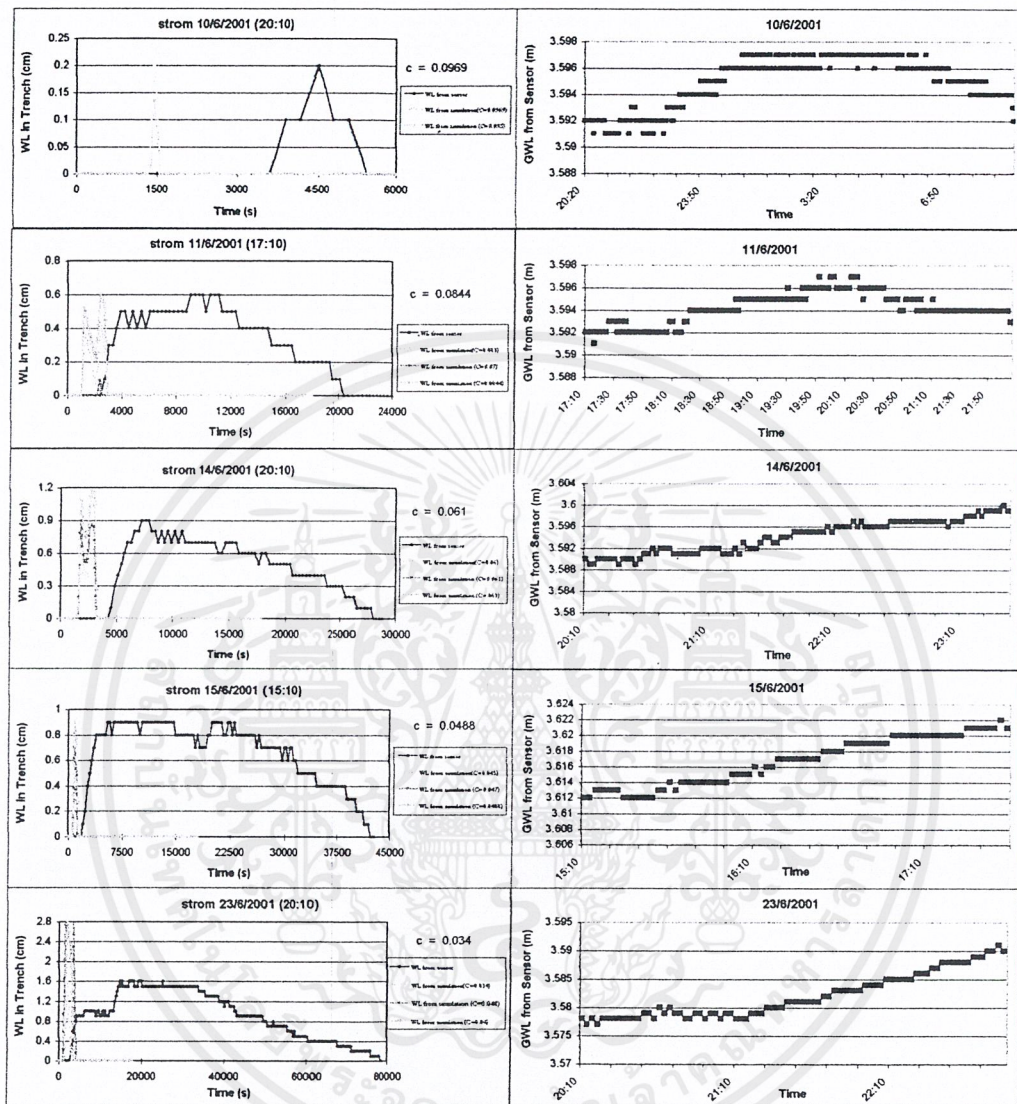
ผ-4

รูปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน, ระดับน้ำใน Trench
และระดับน้ำใต้ดินของพายุฝนลูกต่าง ๆ

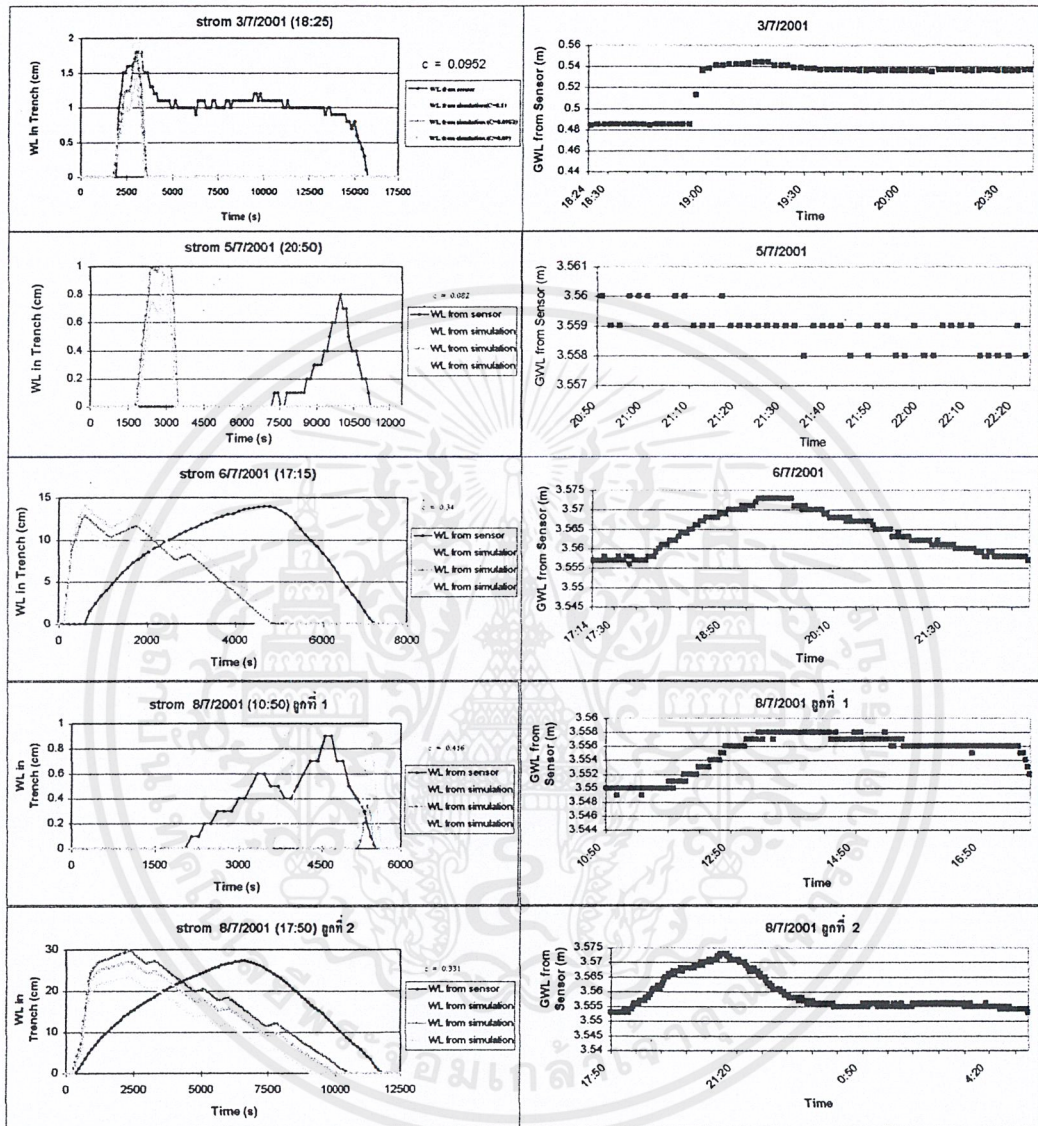
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



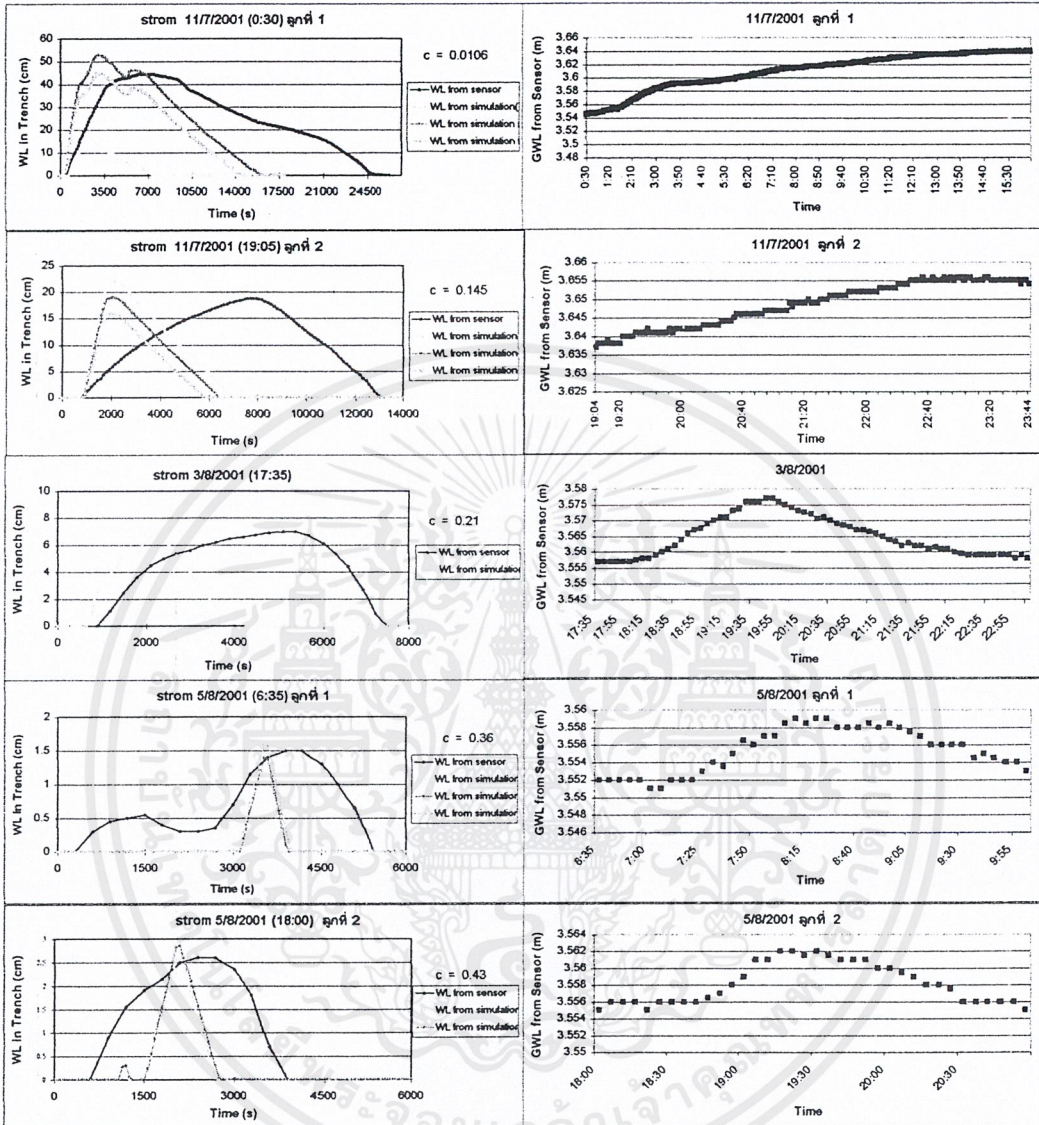
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



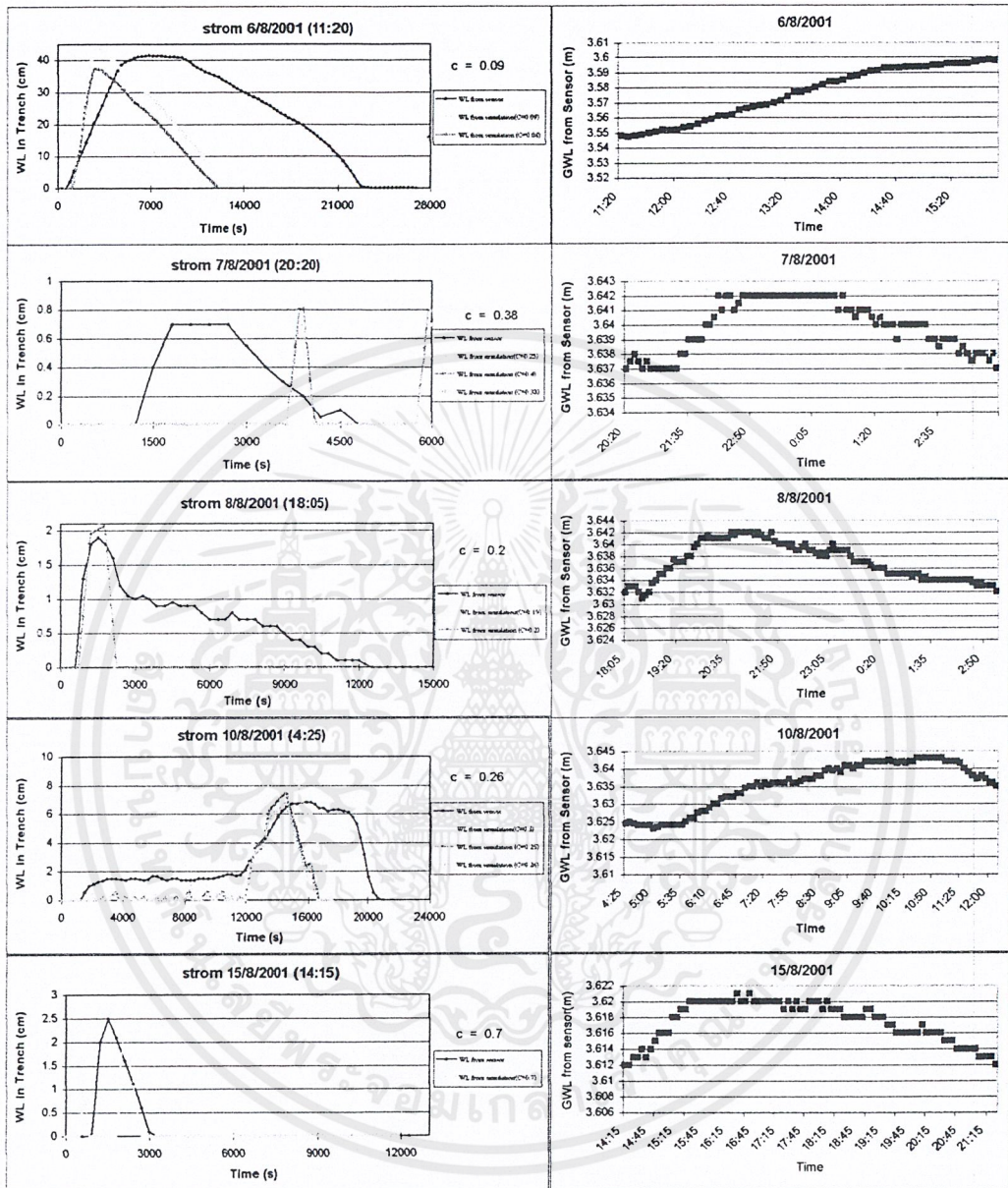
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



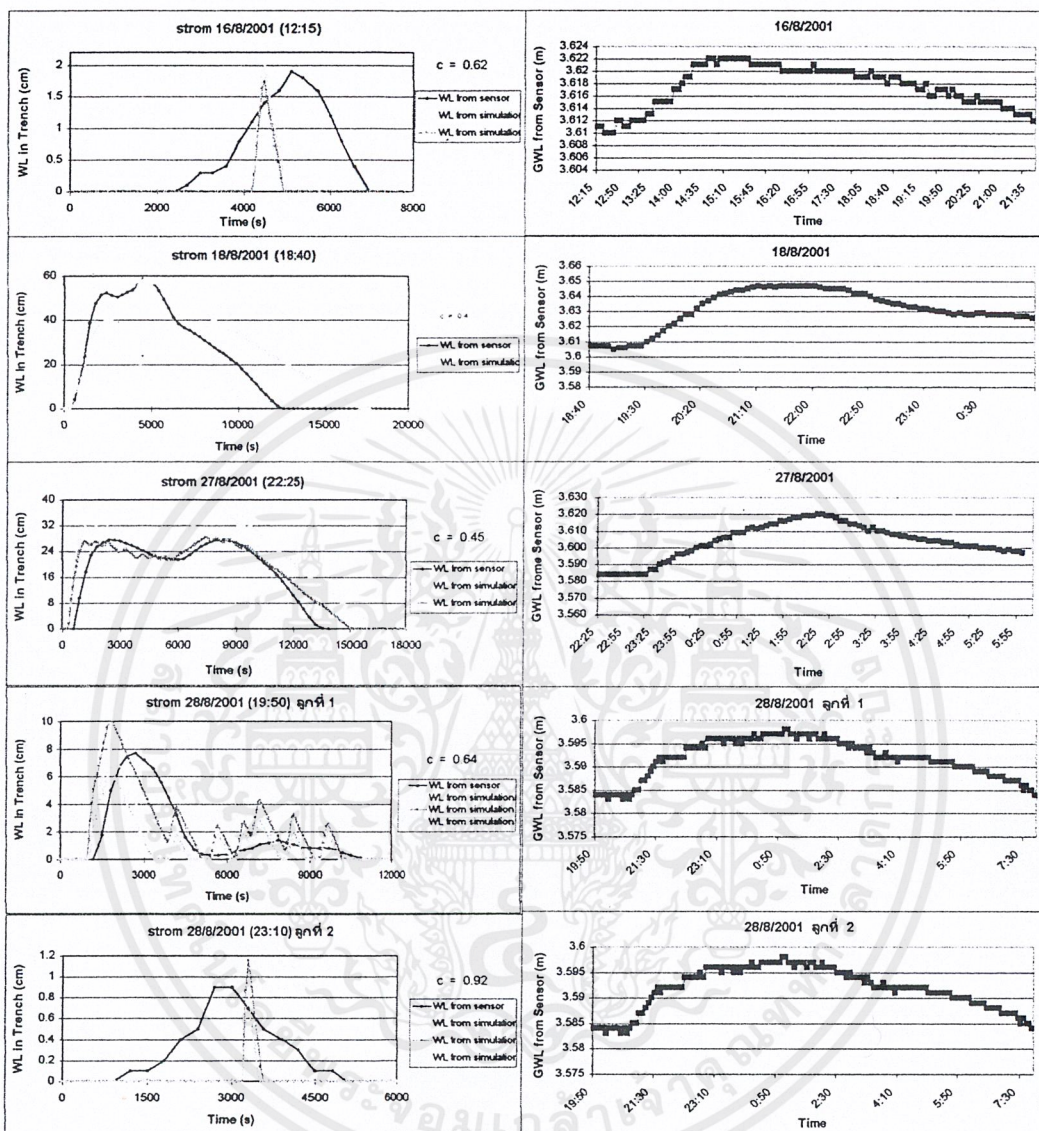
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



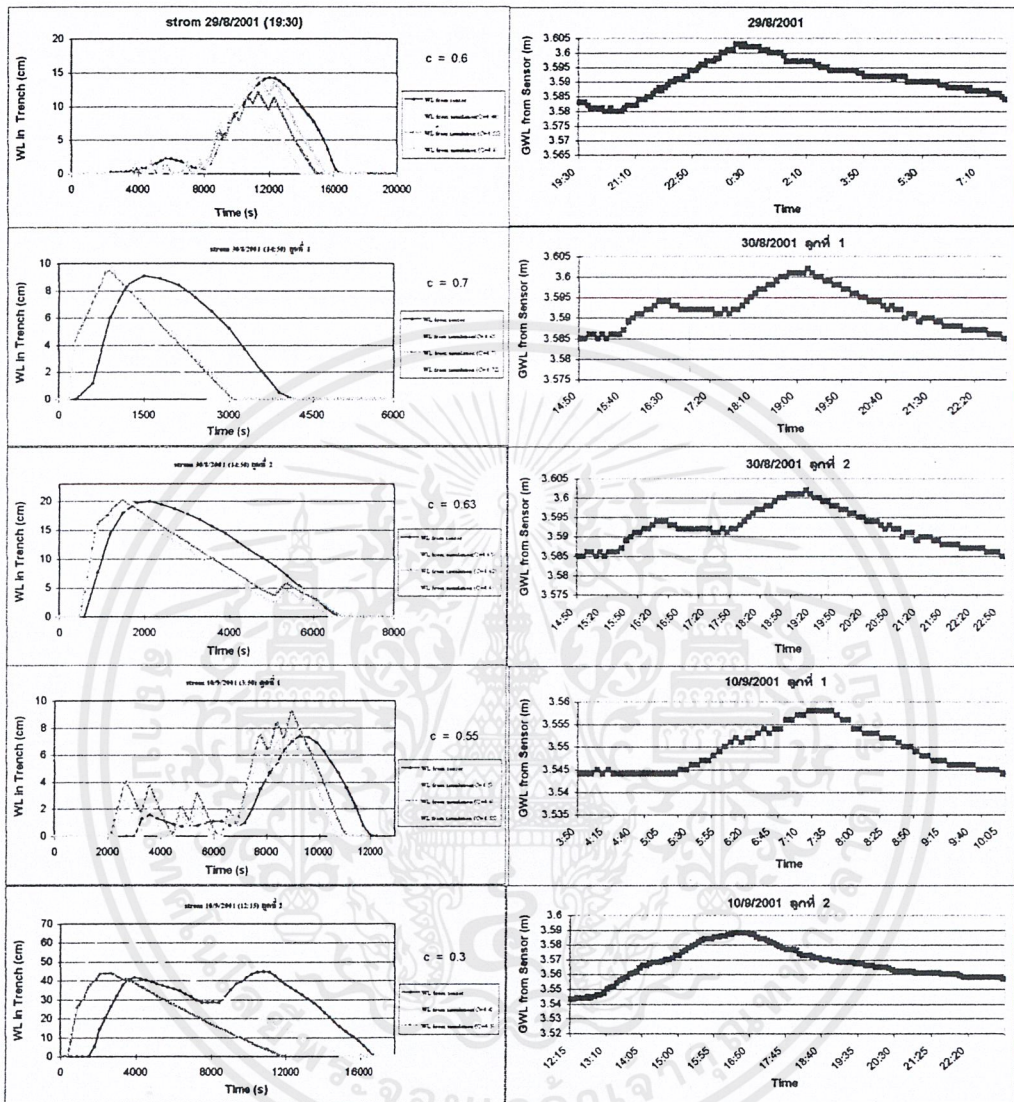
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



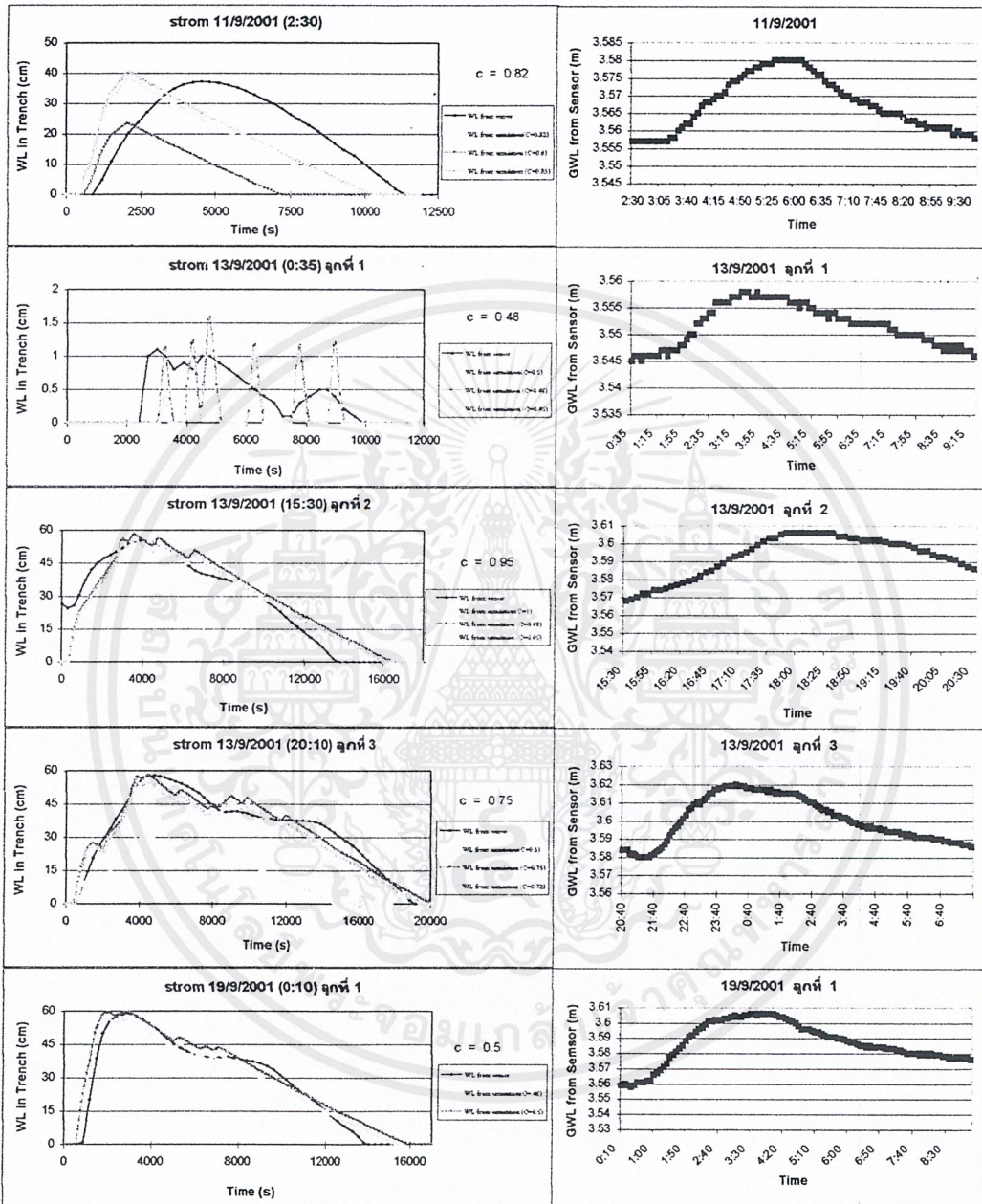
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



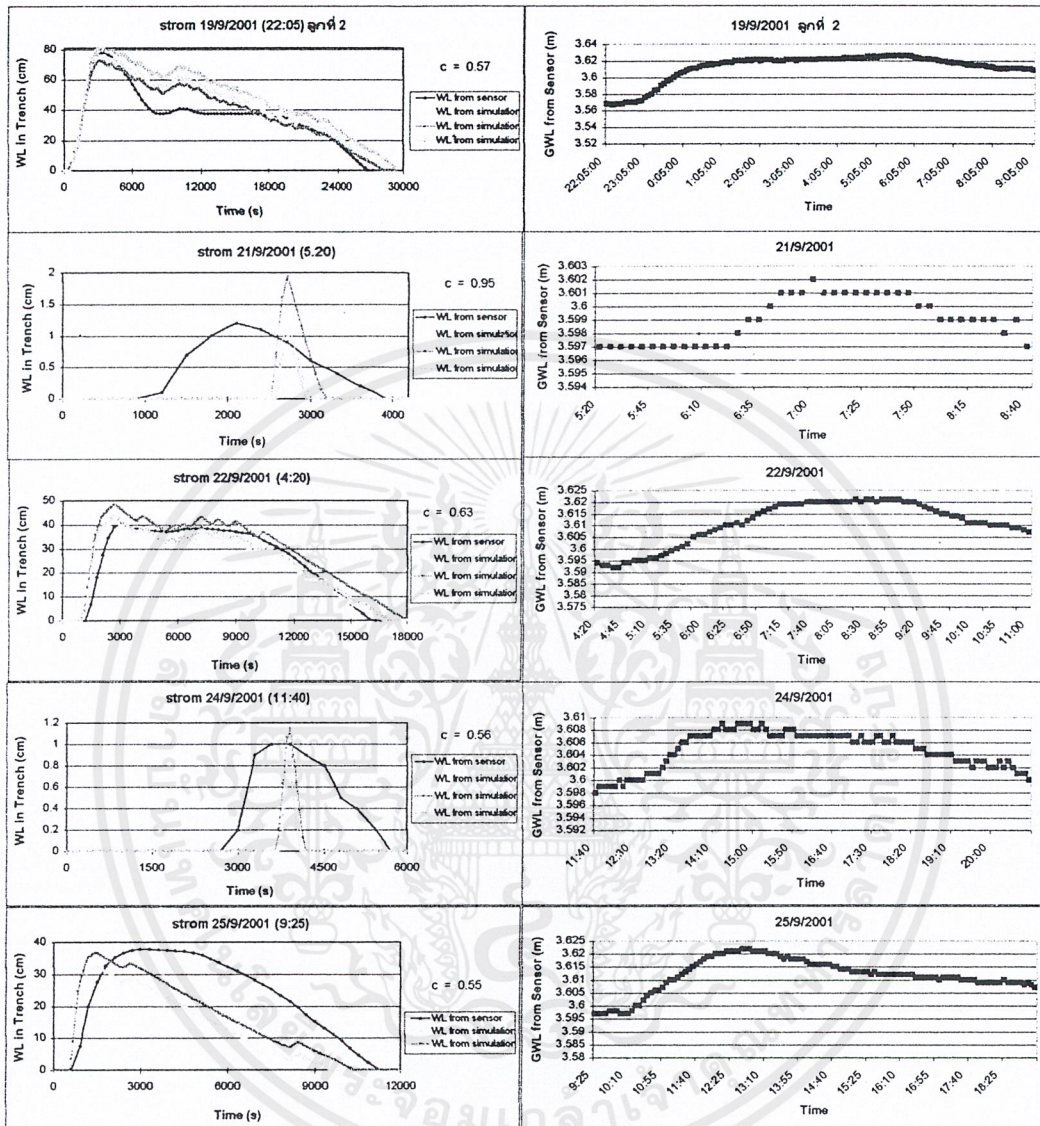
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



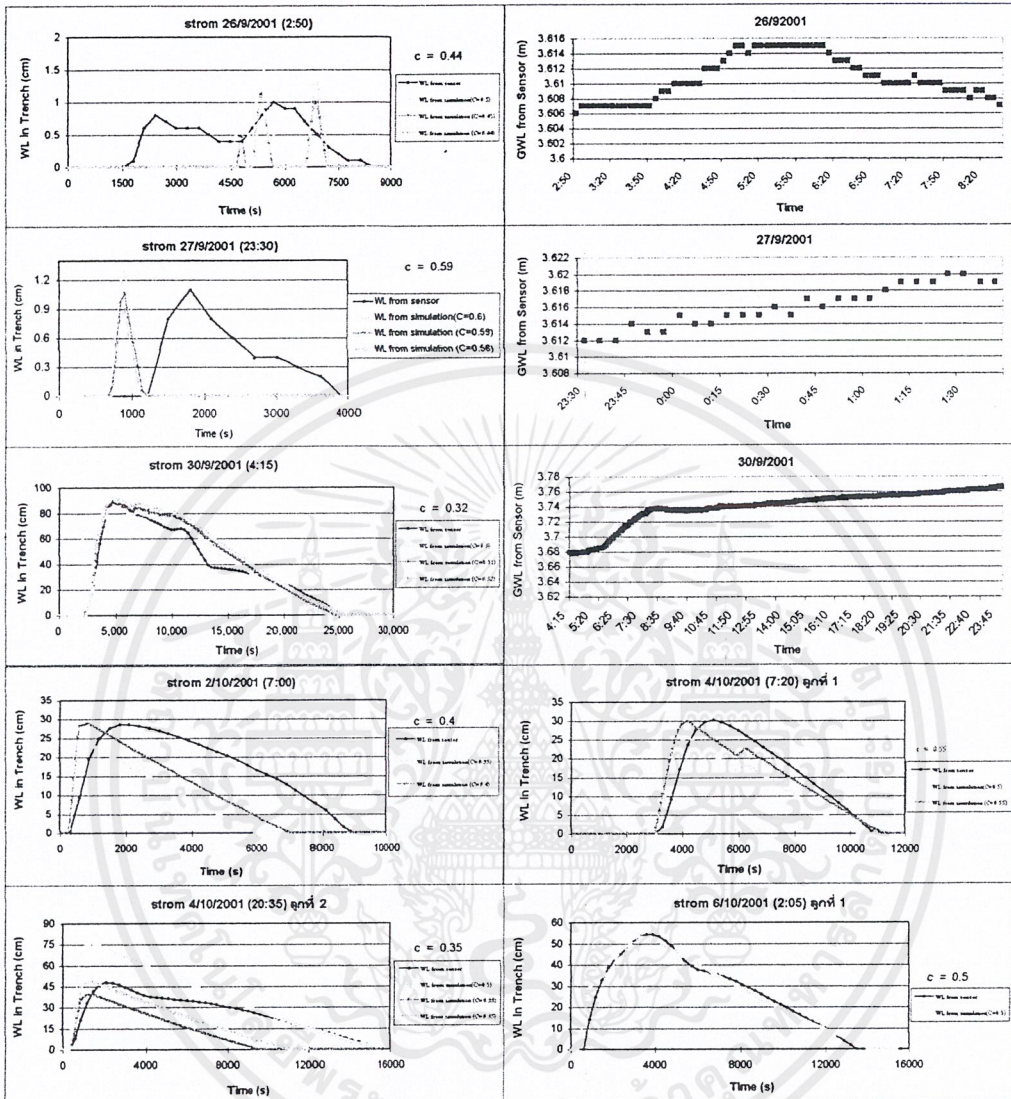
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



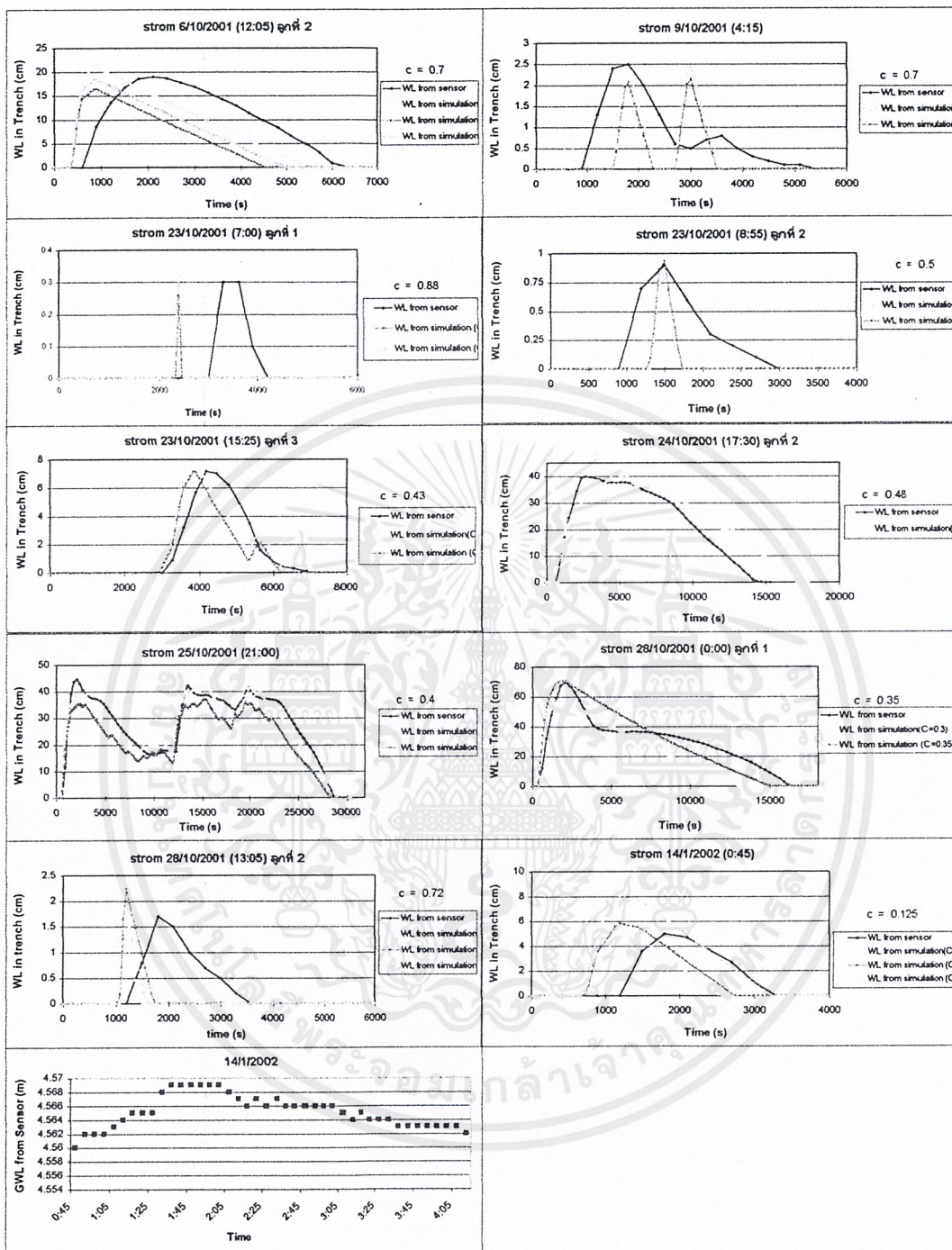
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



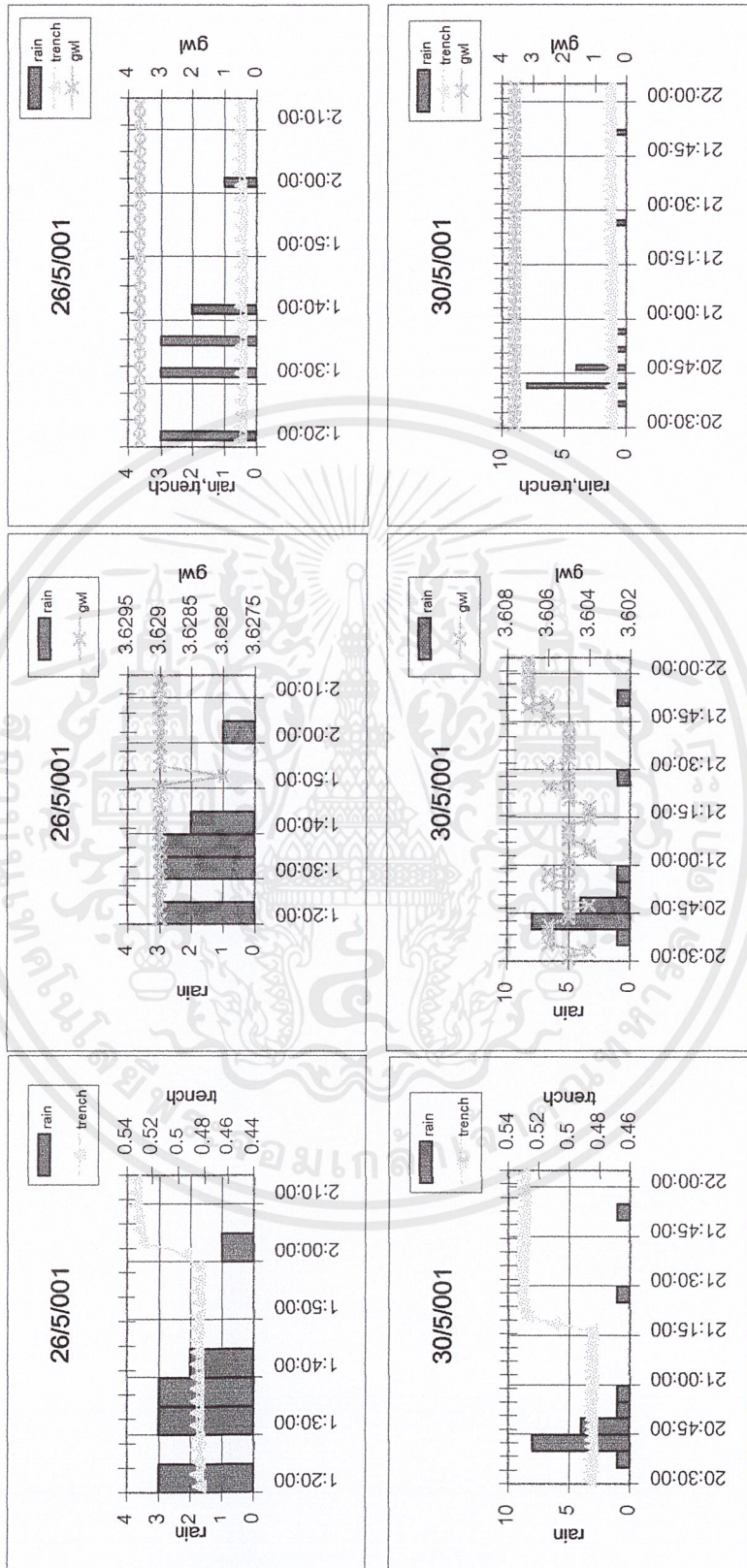
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



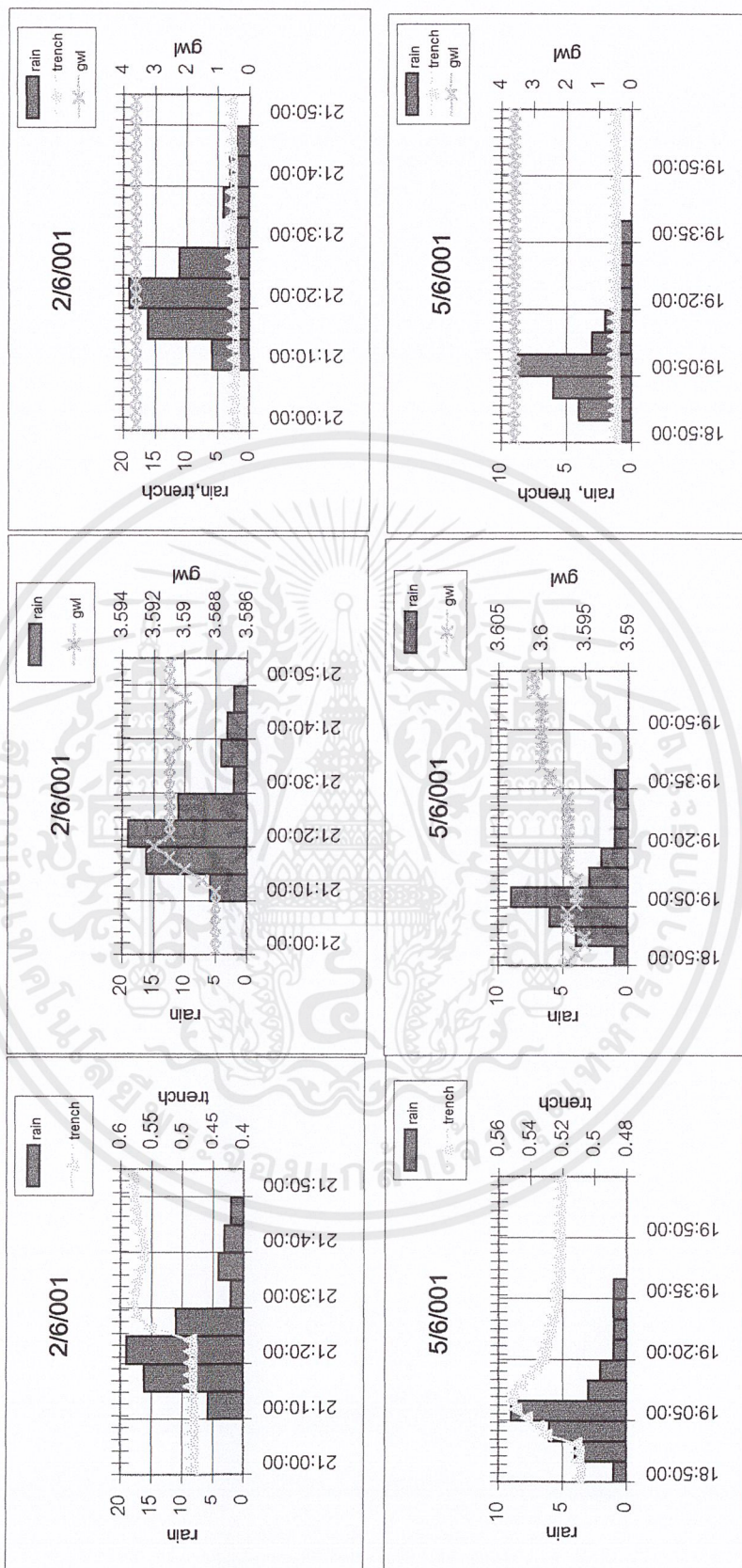
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



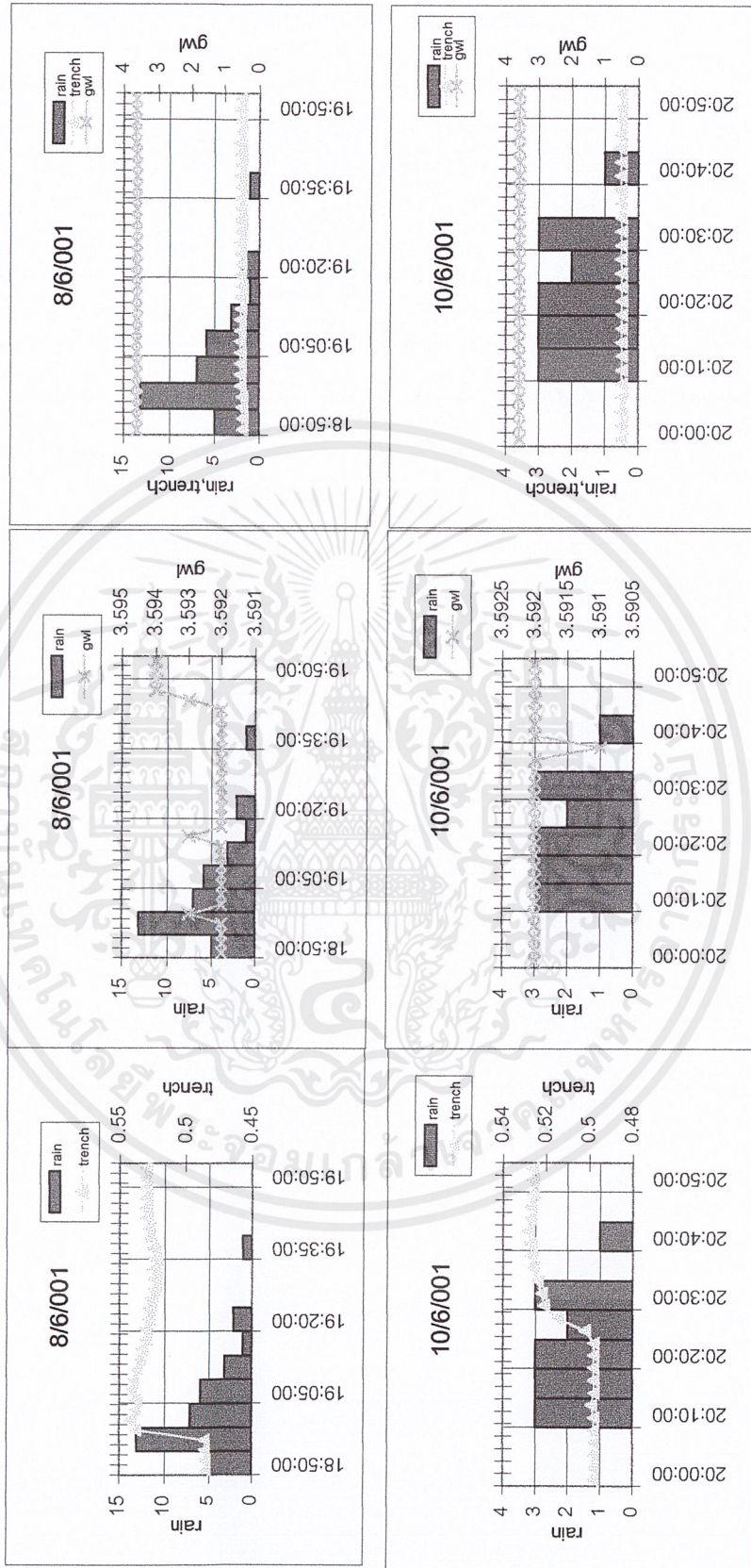
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



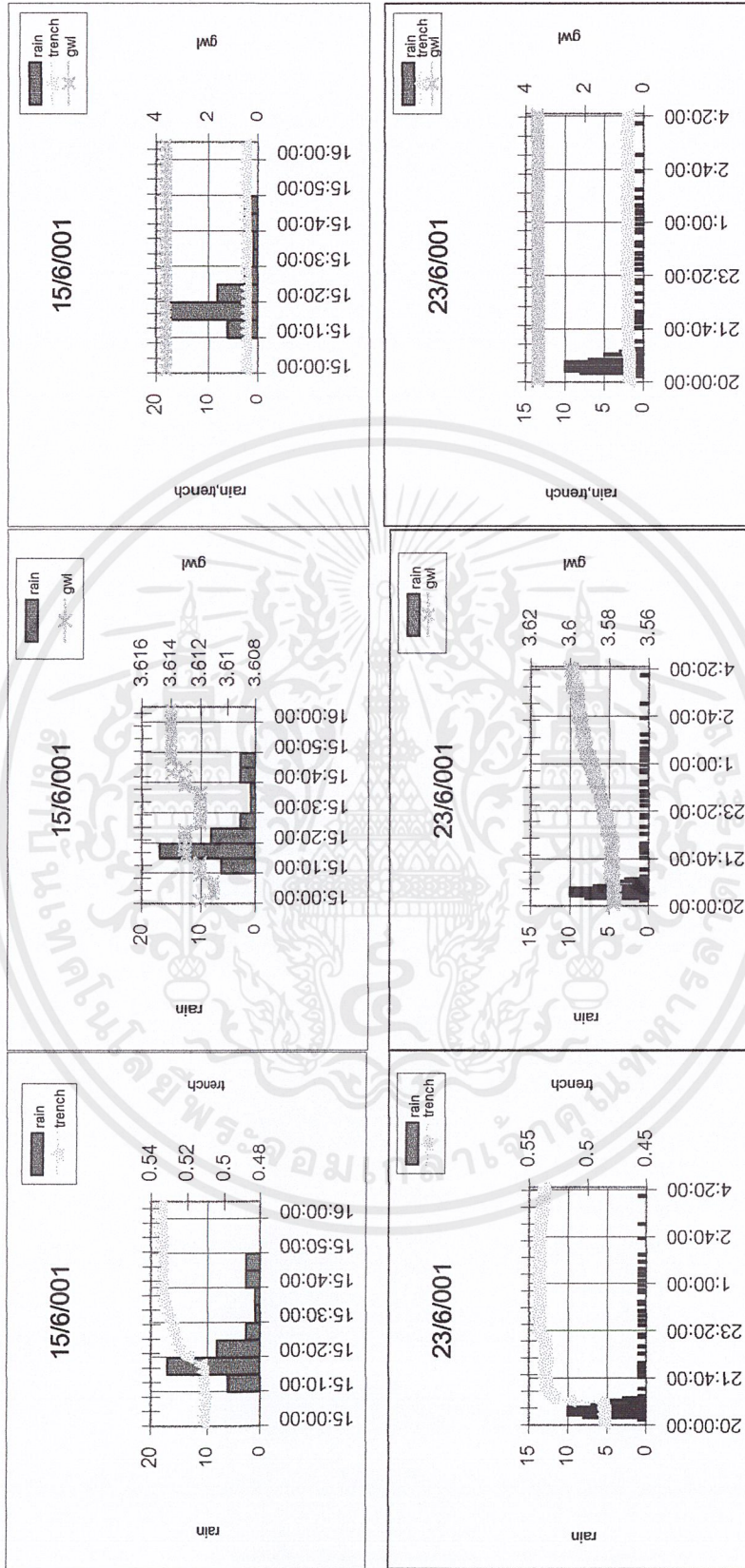
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



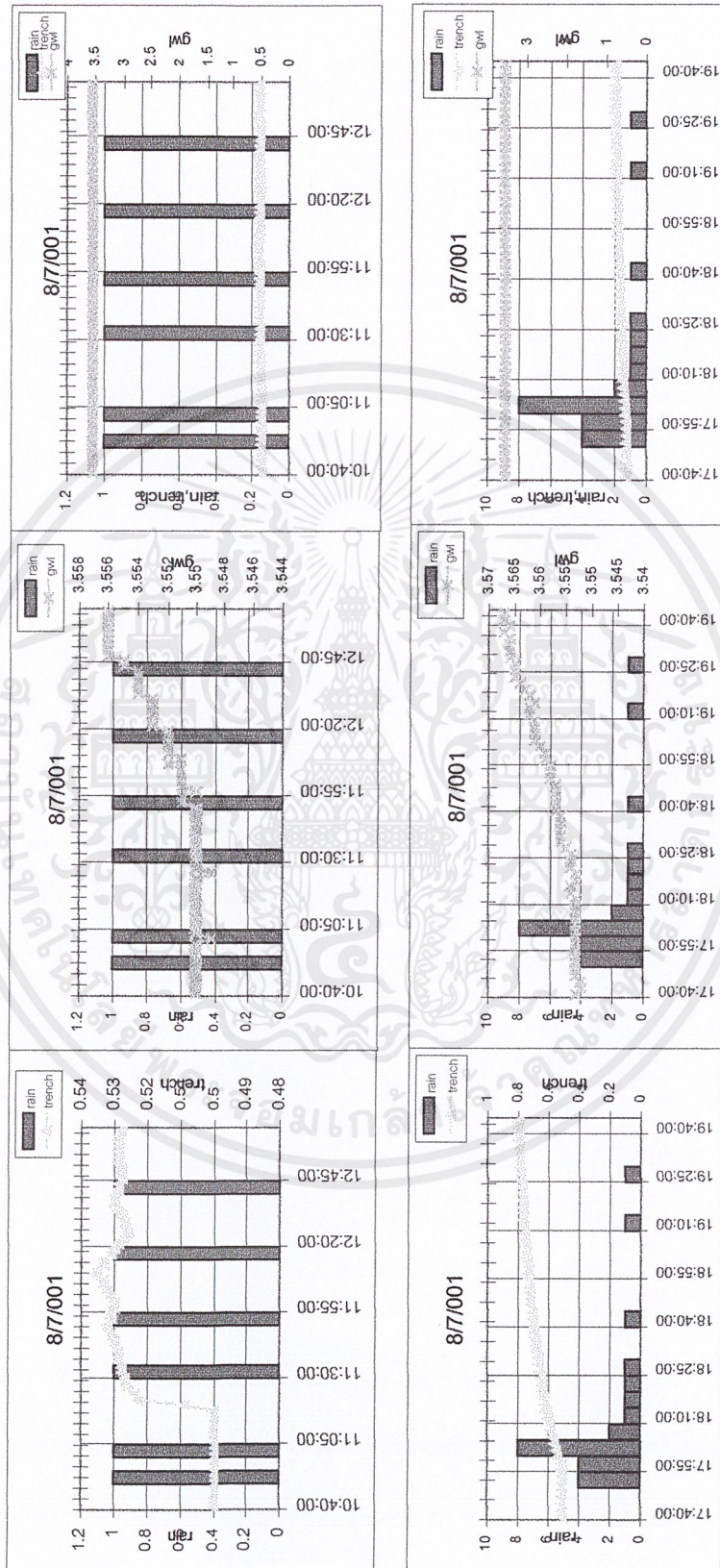
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



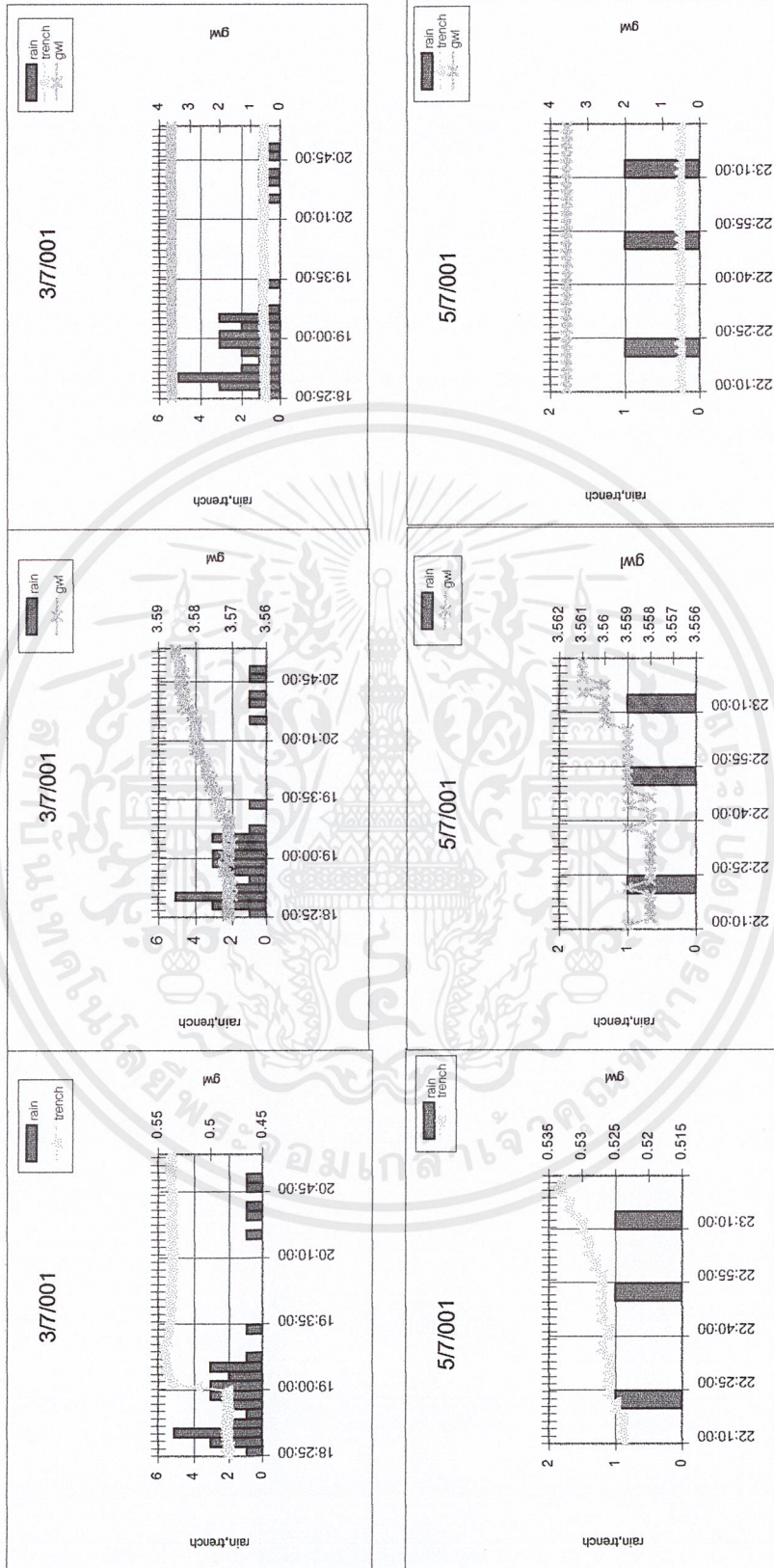
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



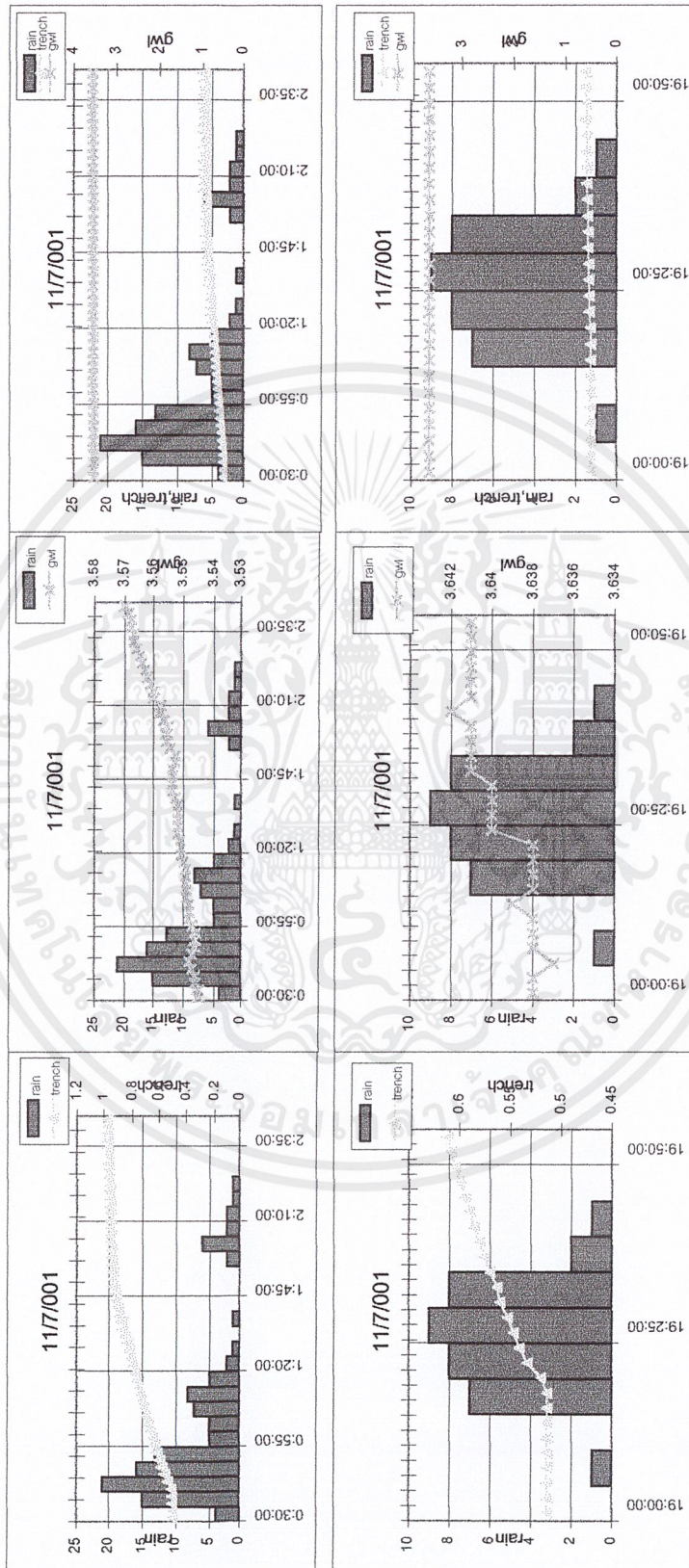
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



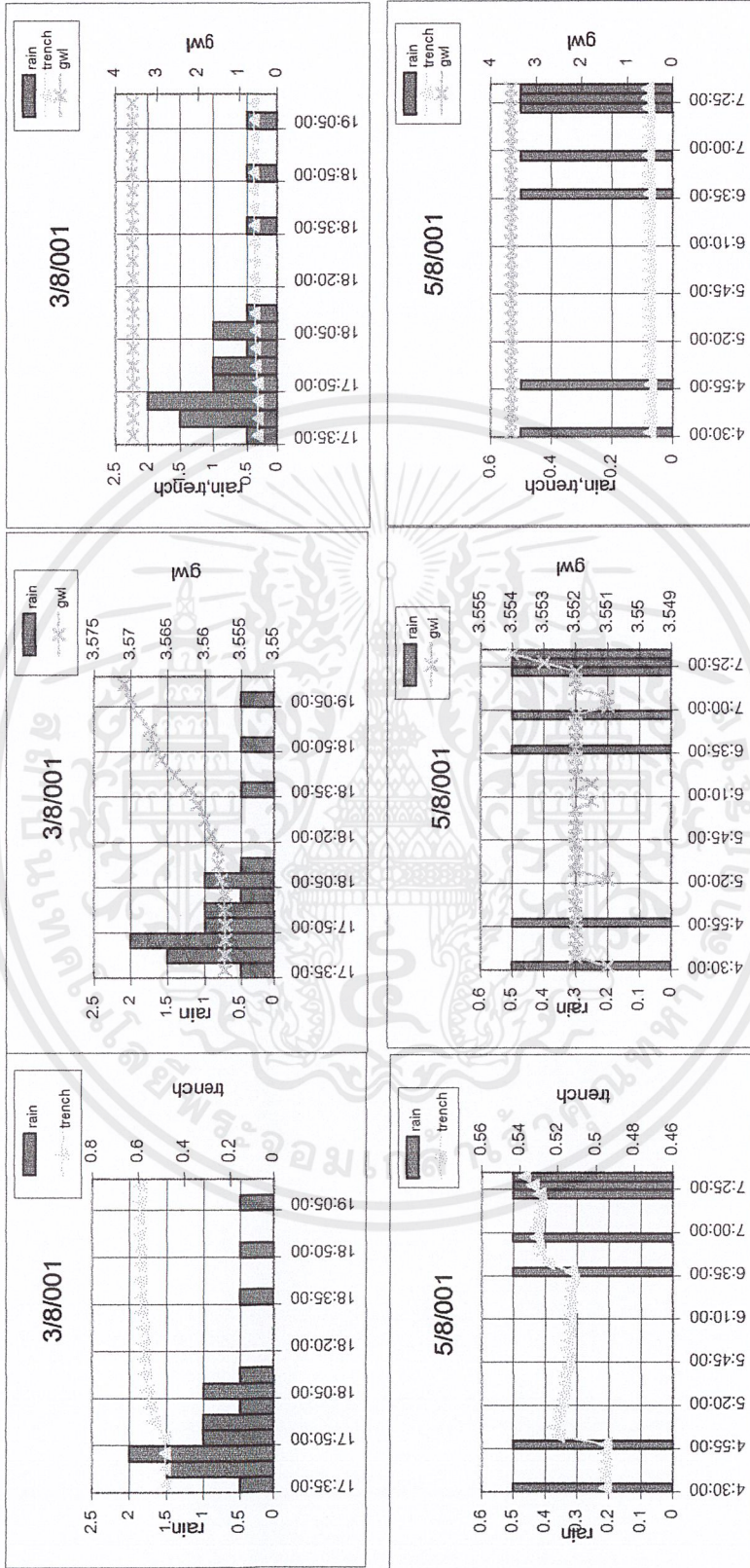
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



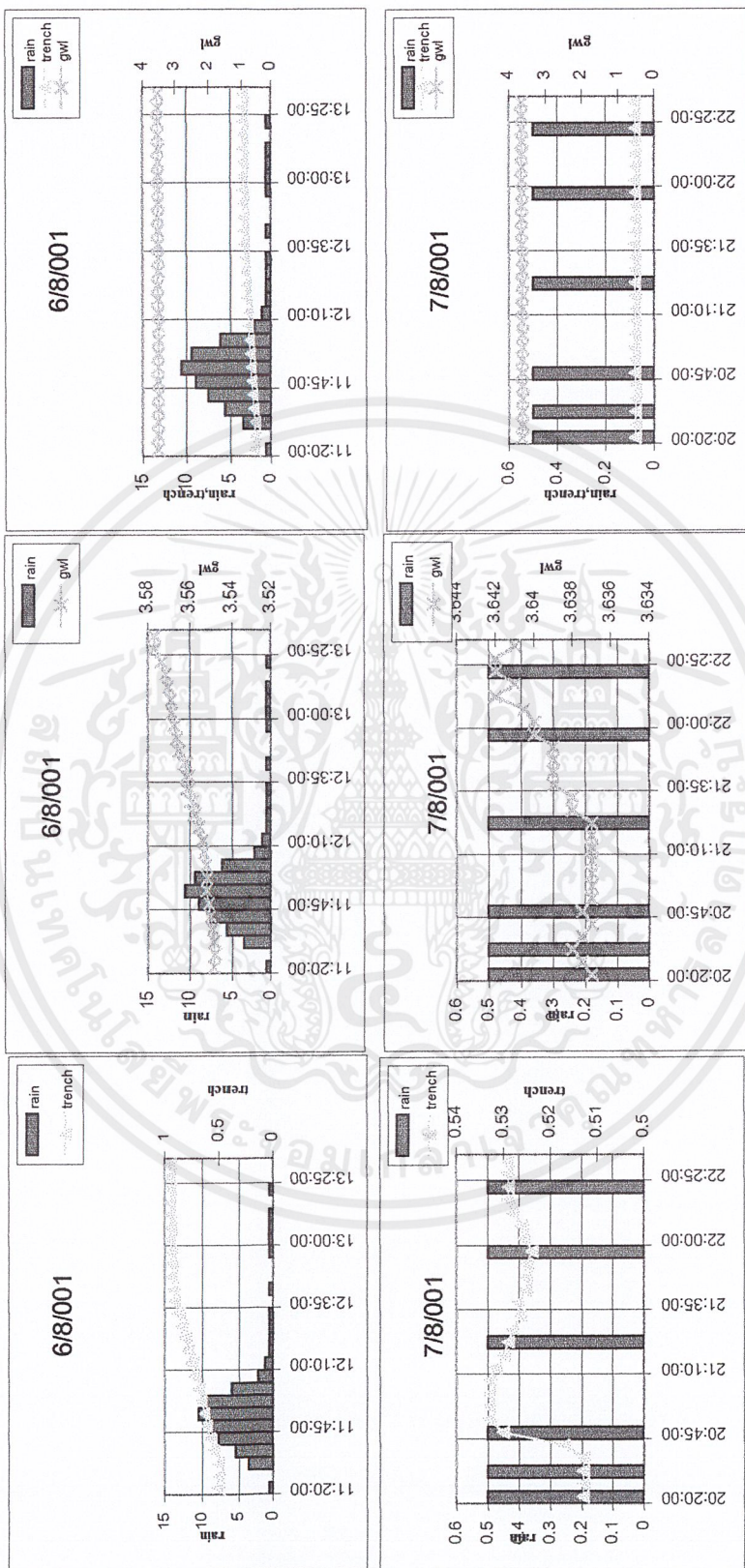
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



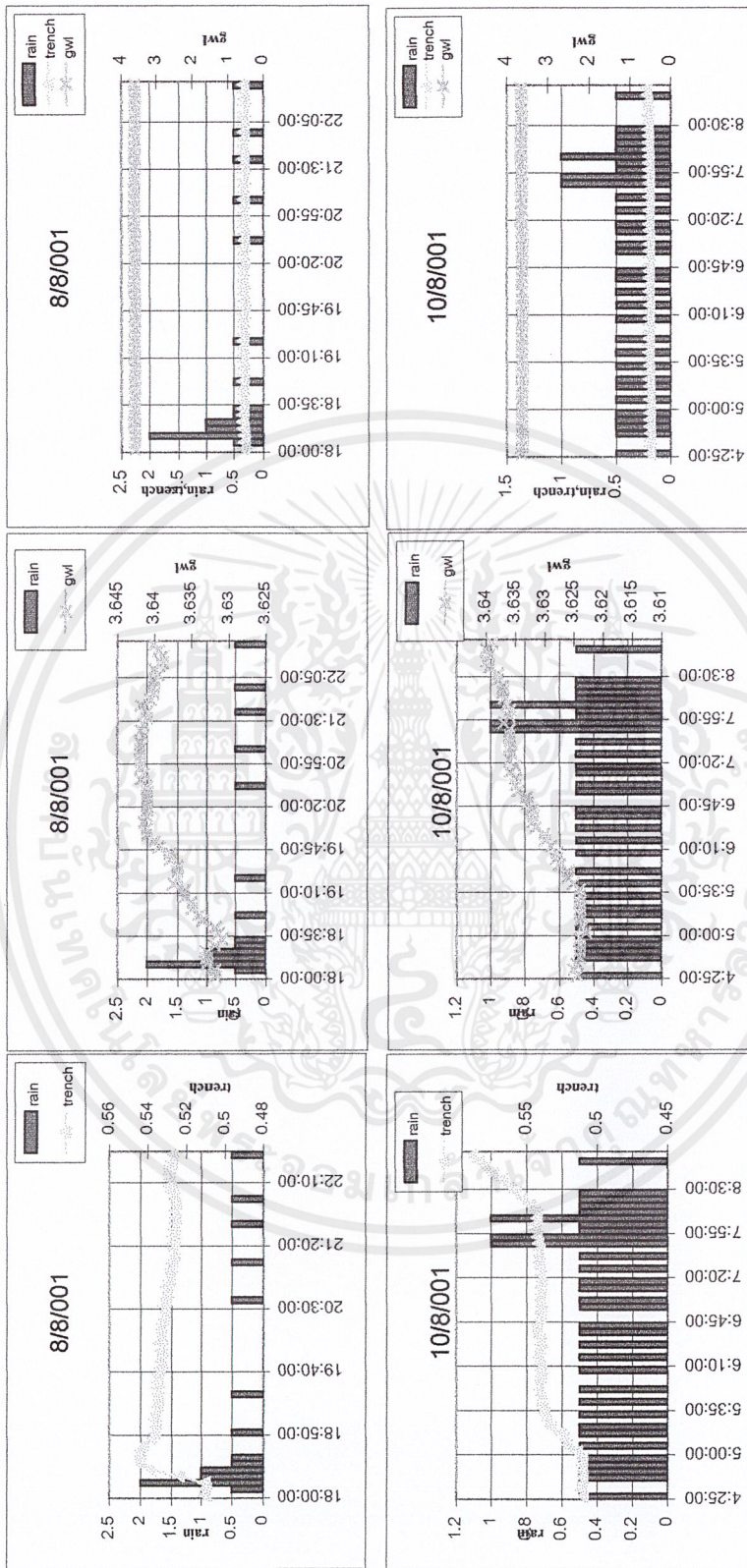
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



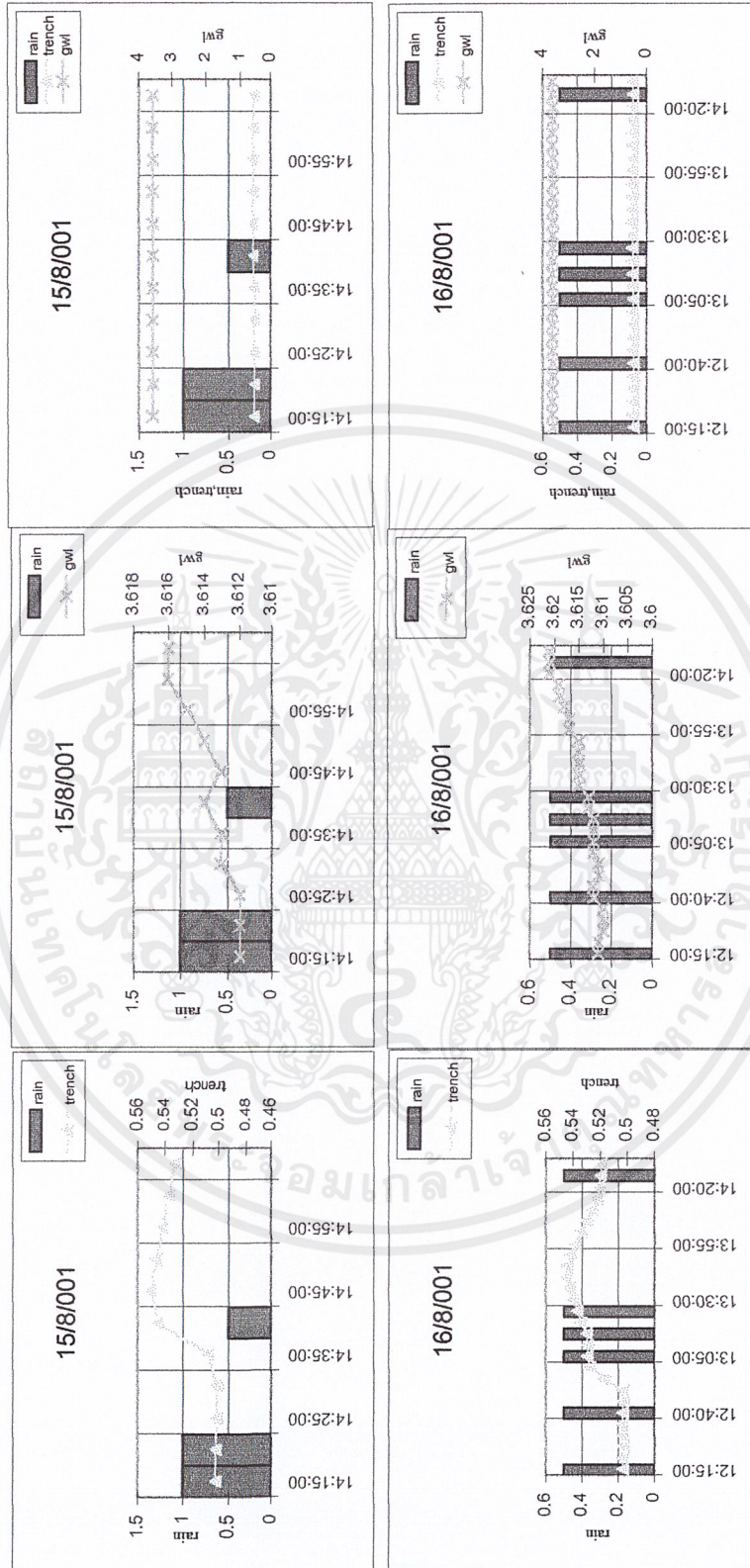
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



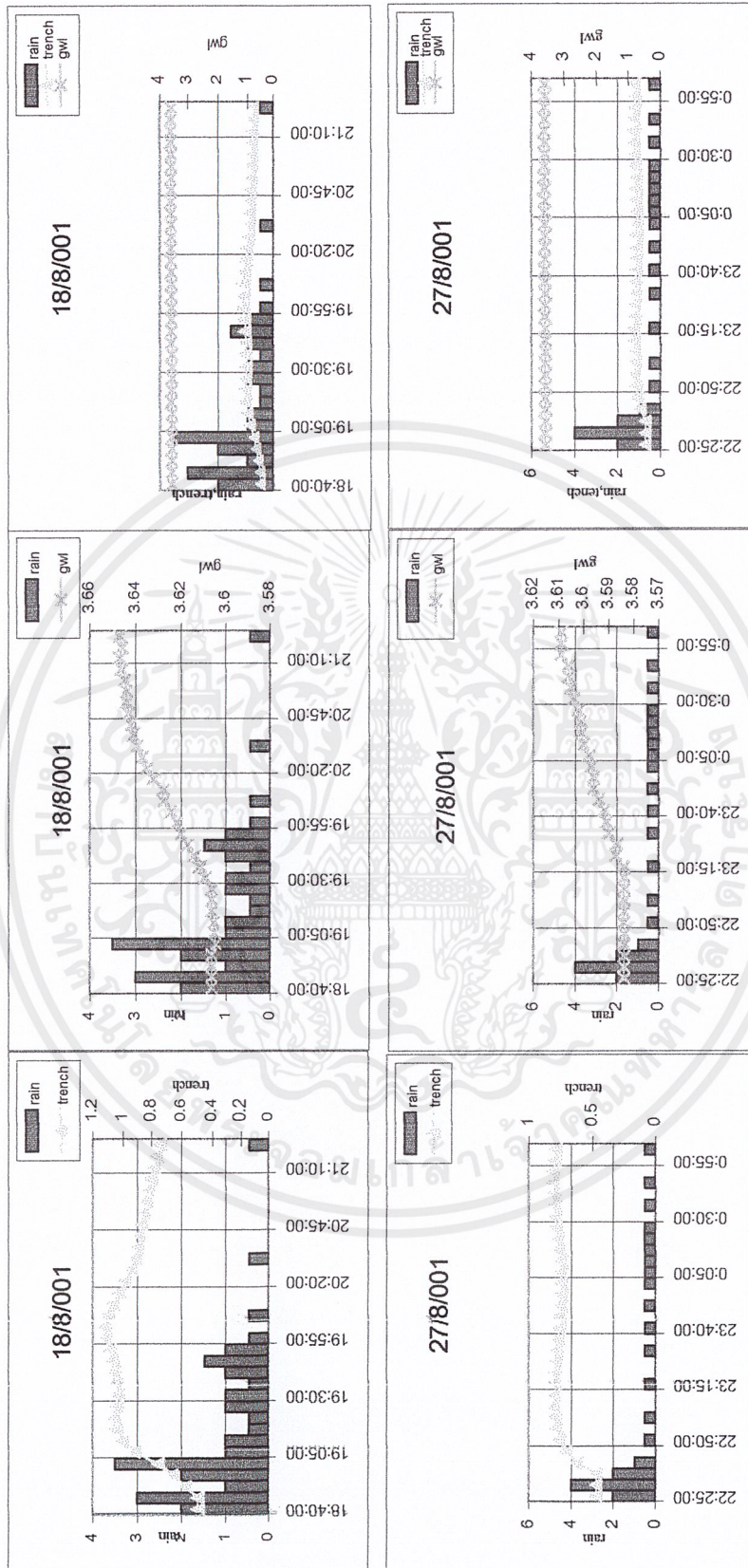
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



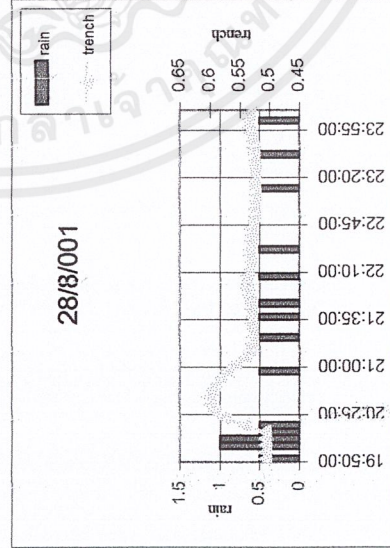
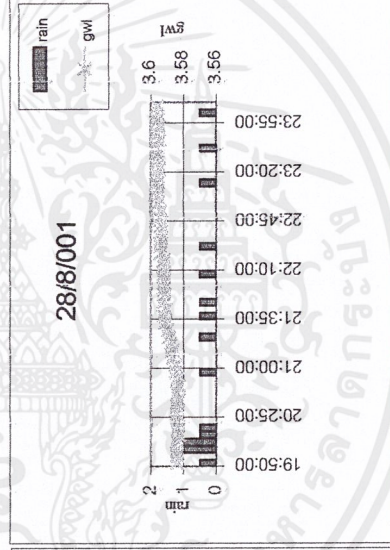
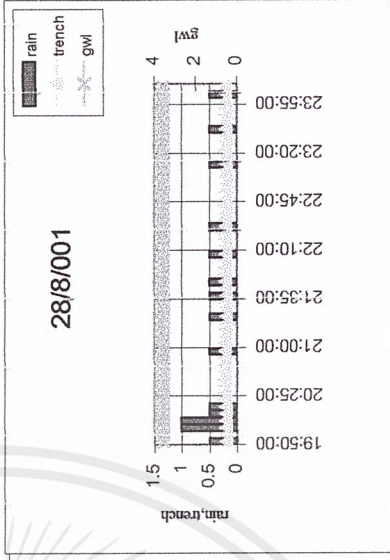
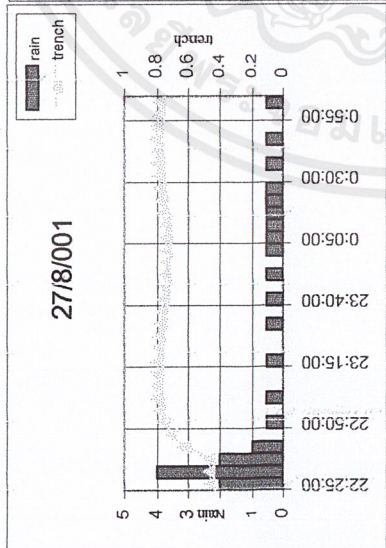
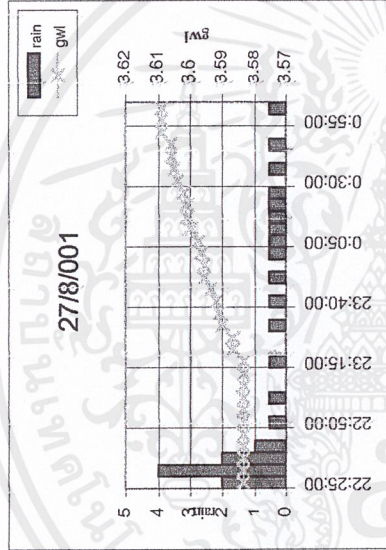
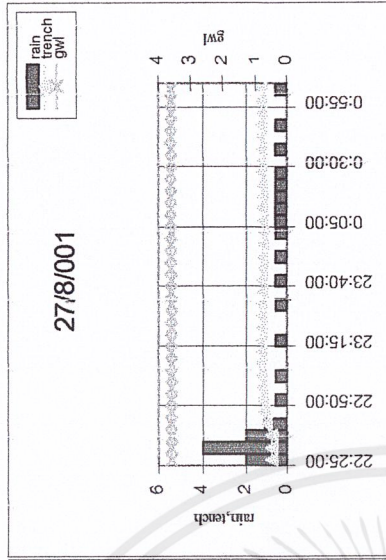
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



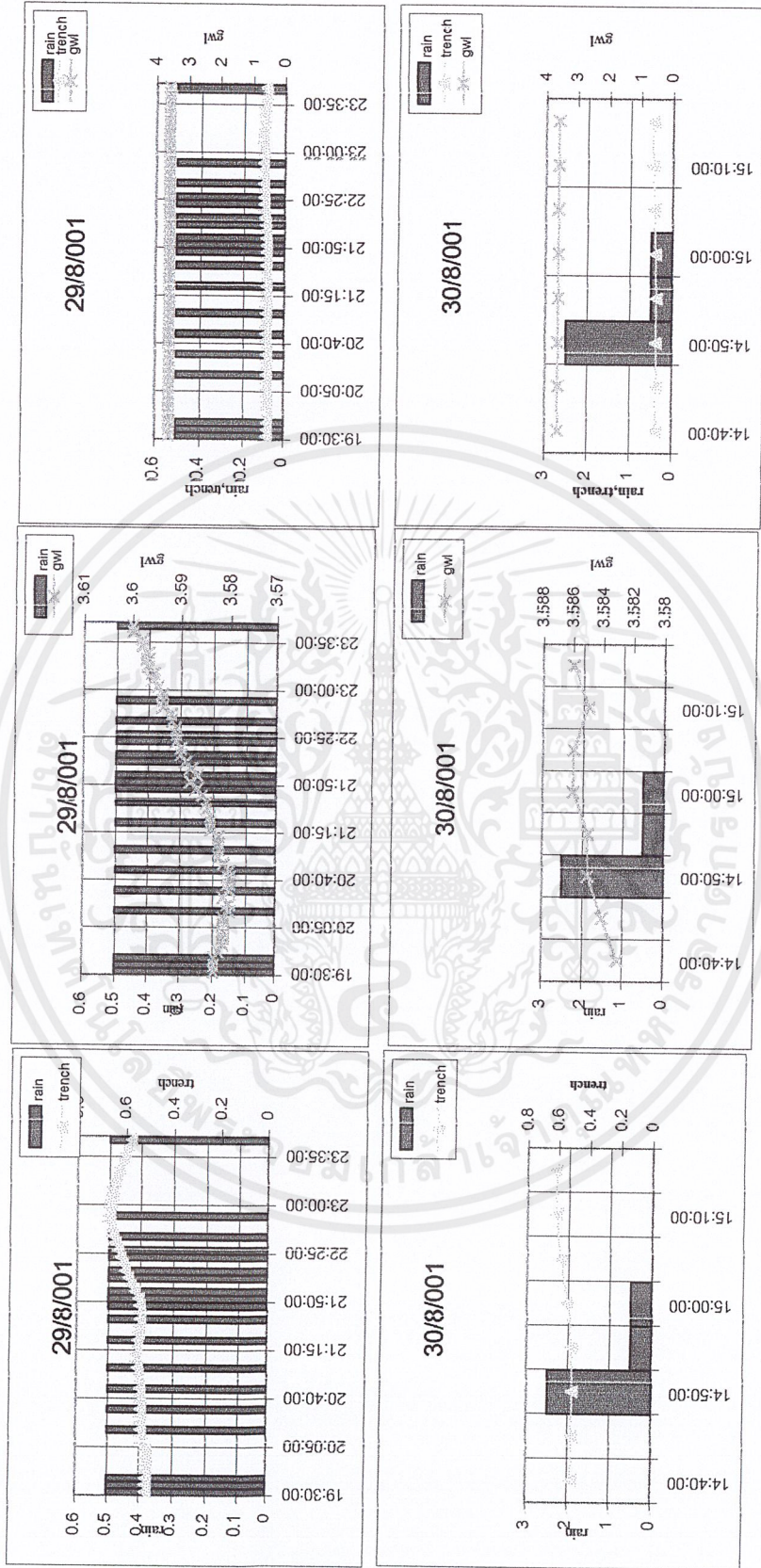
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



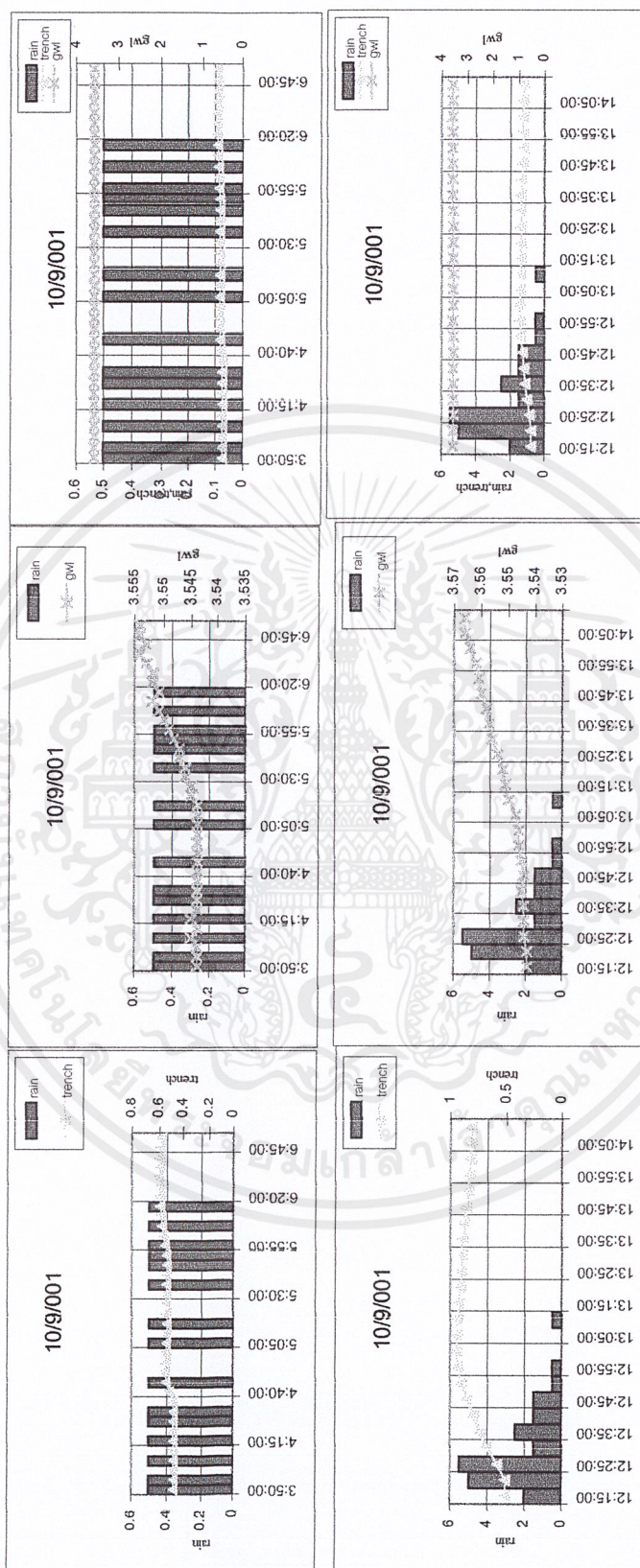
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



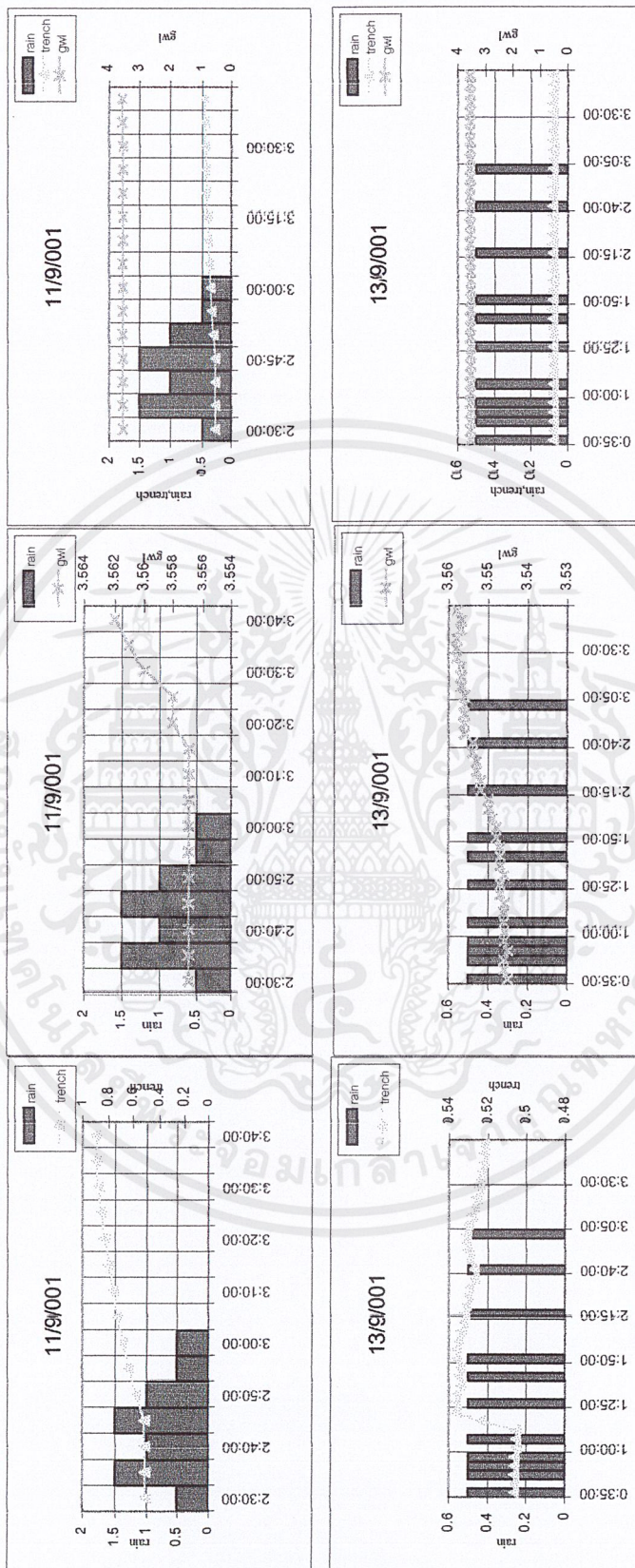
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



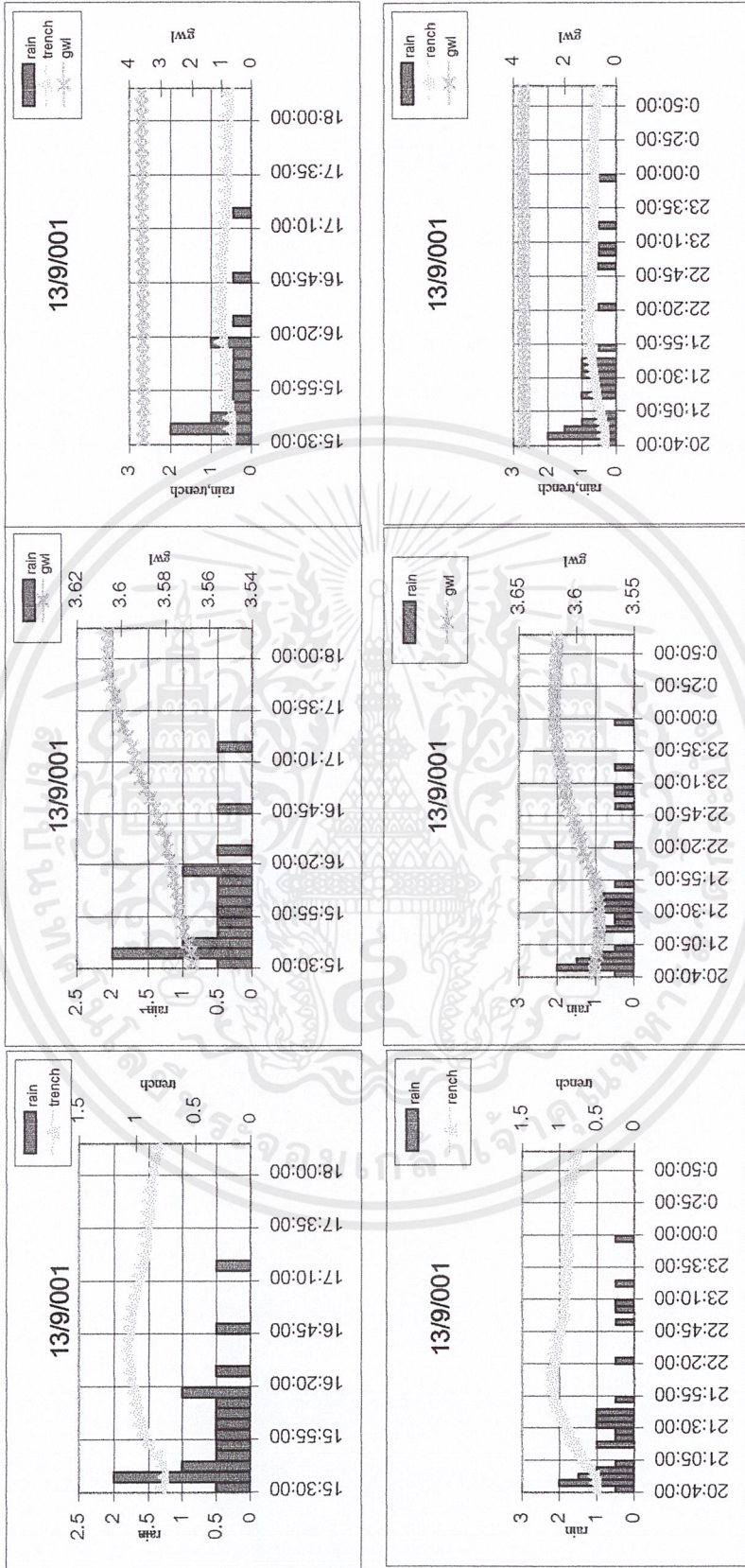
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



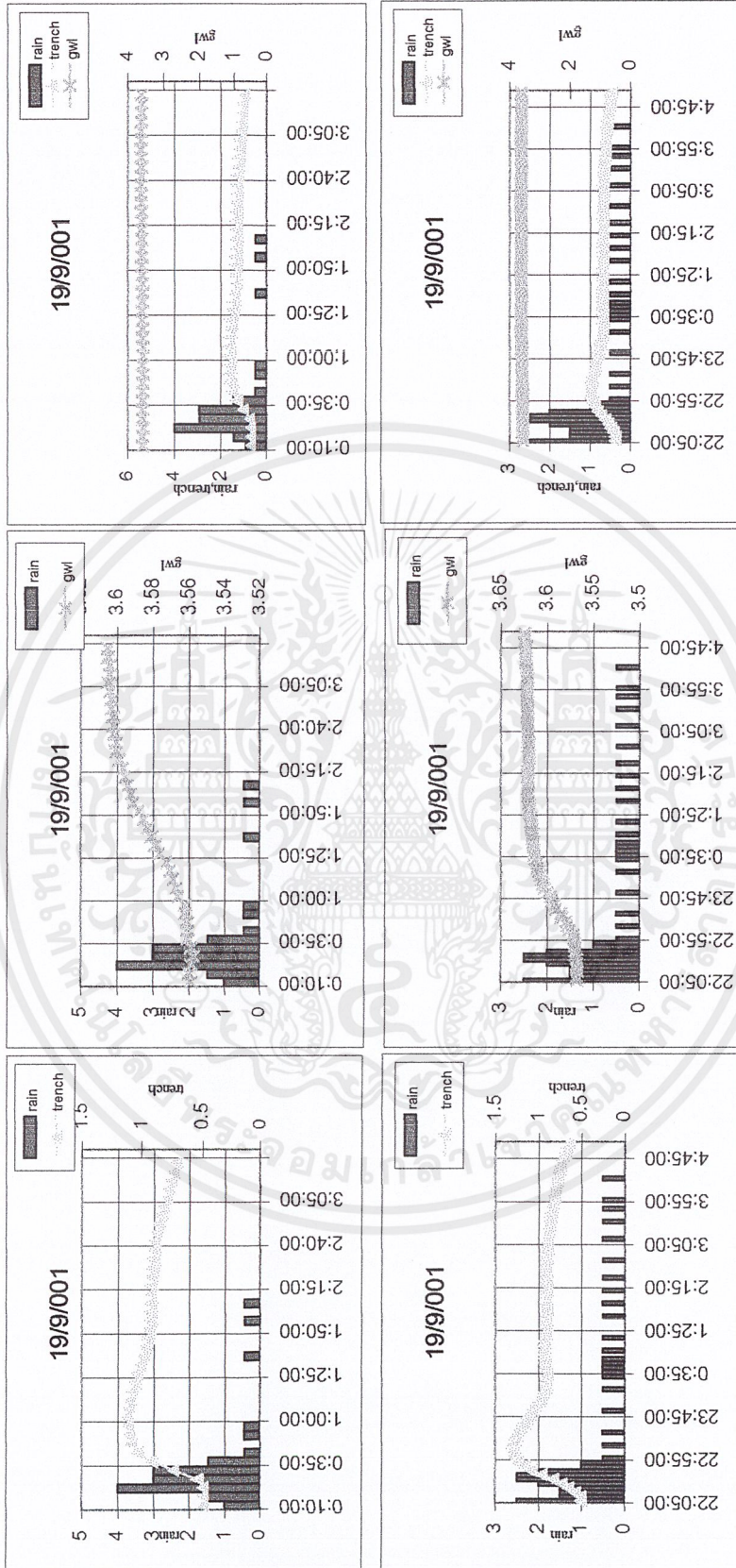
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



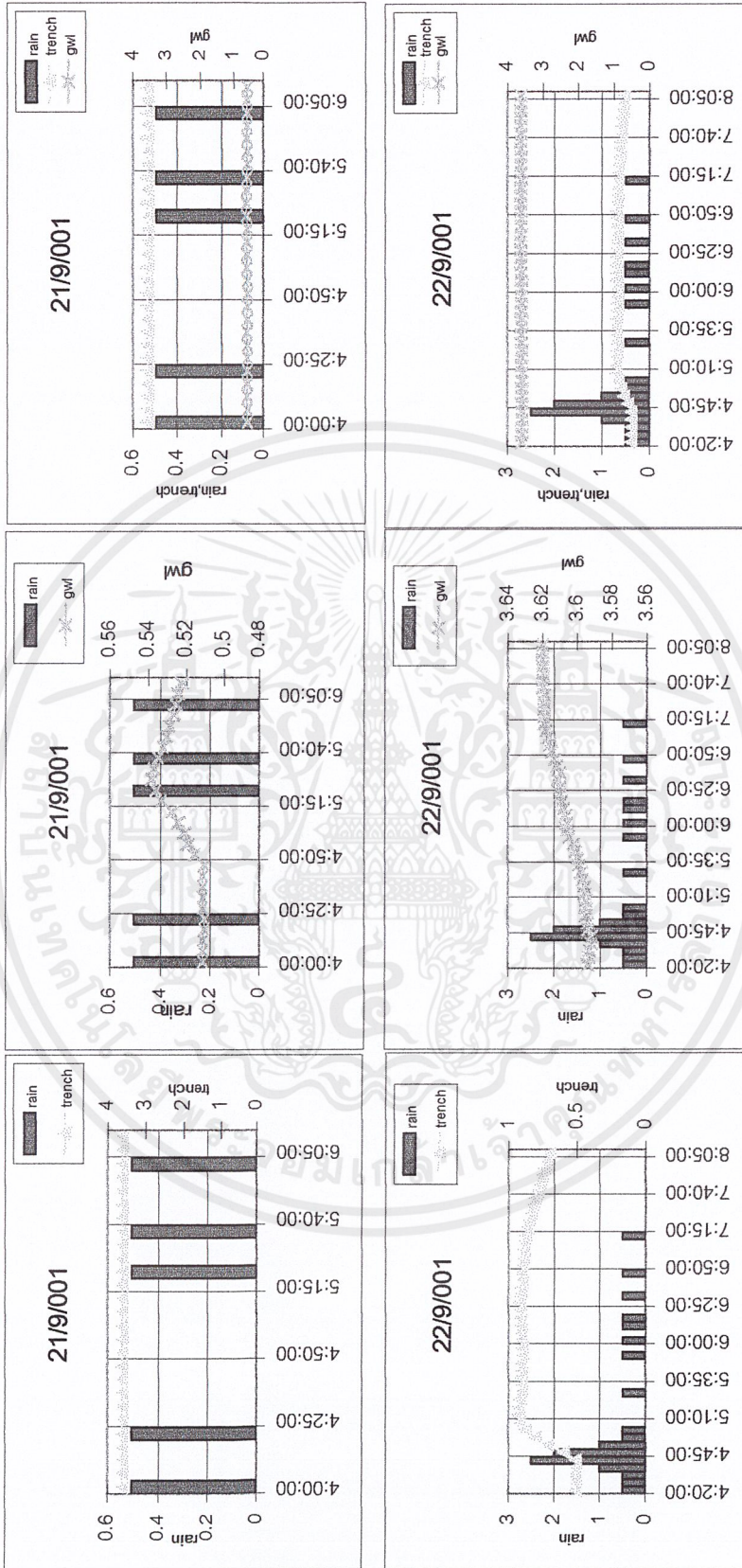
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



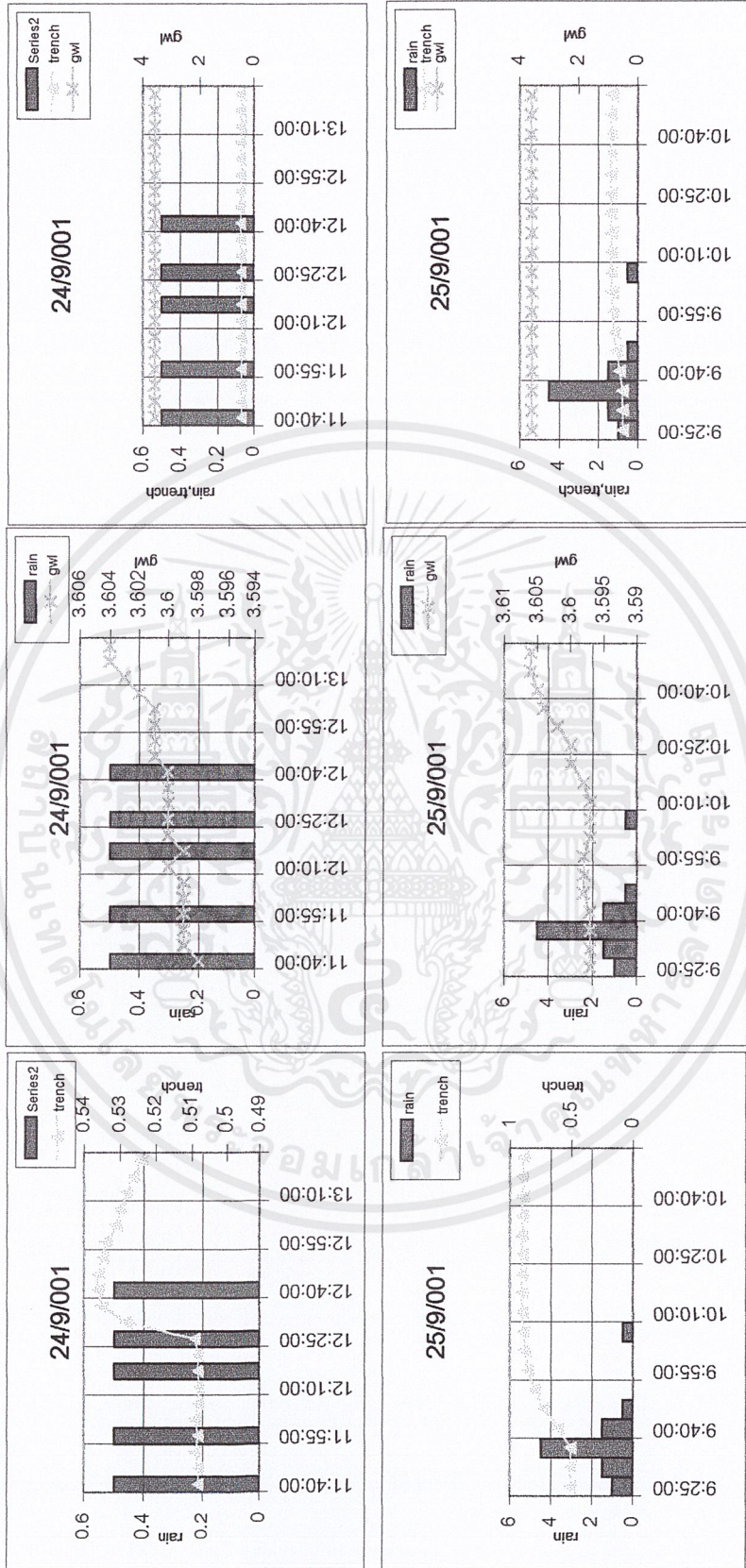
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



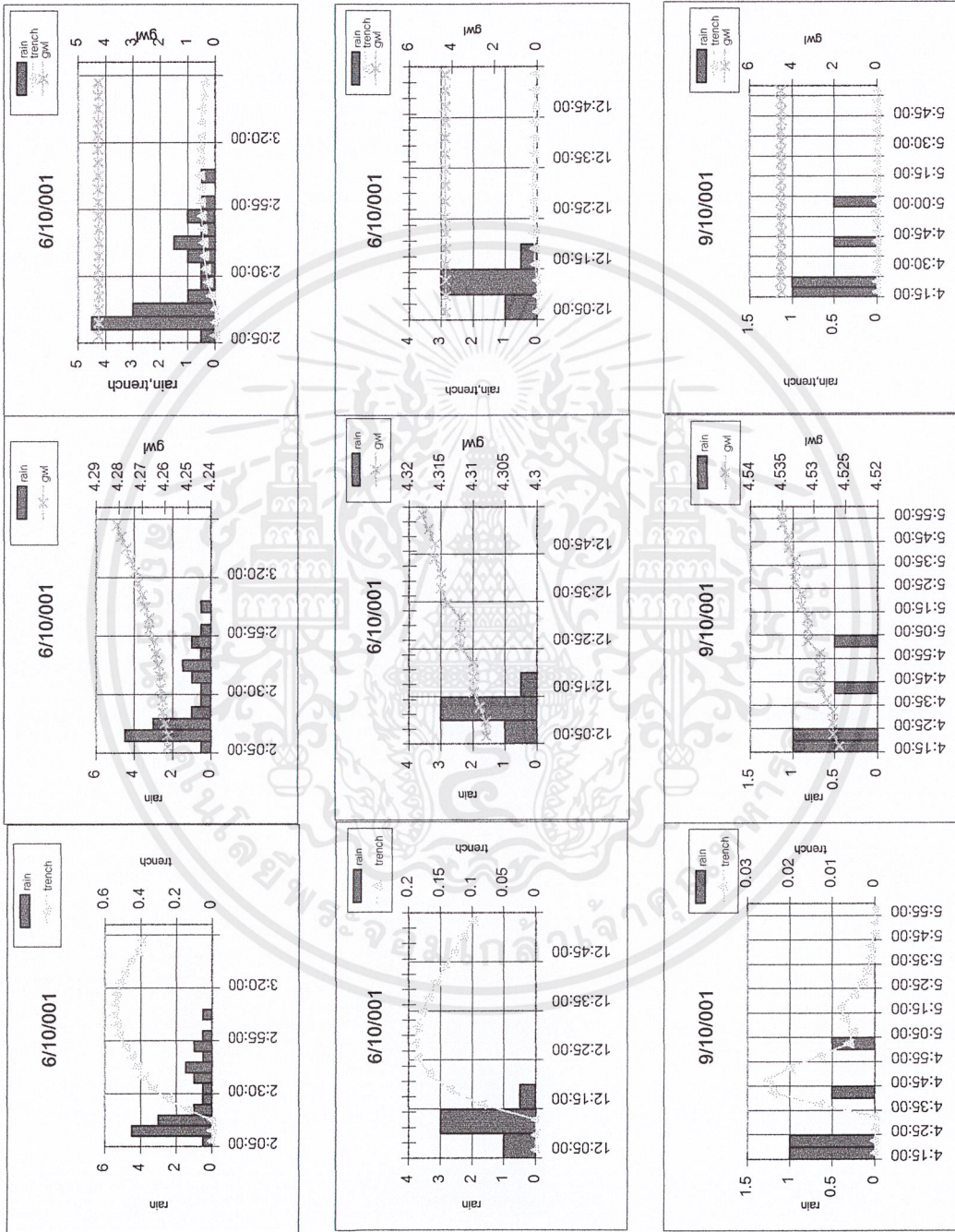
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



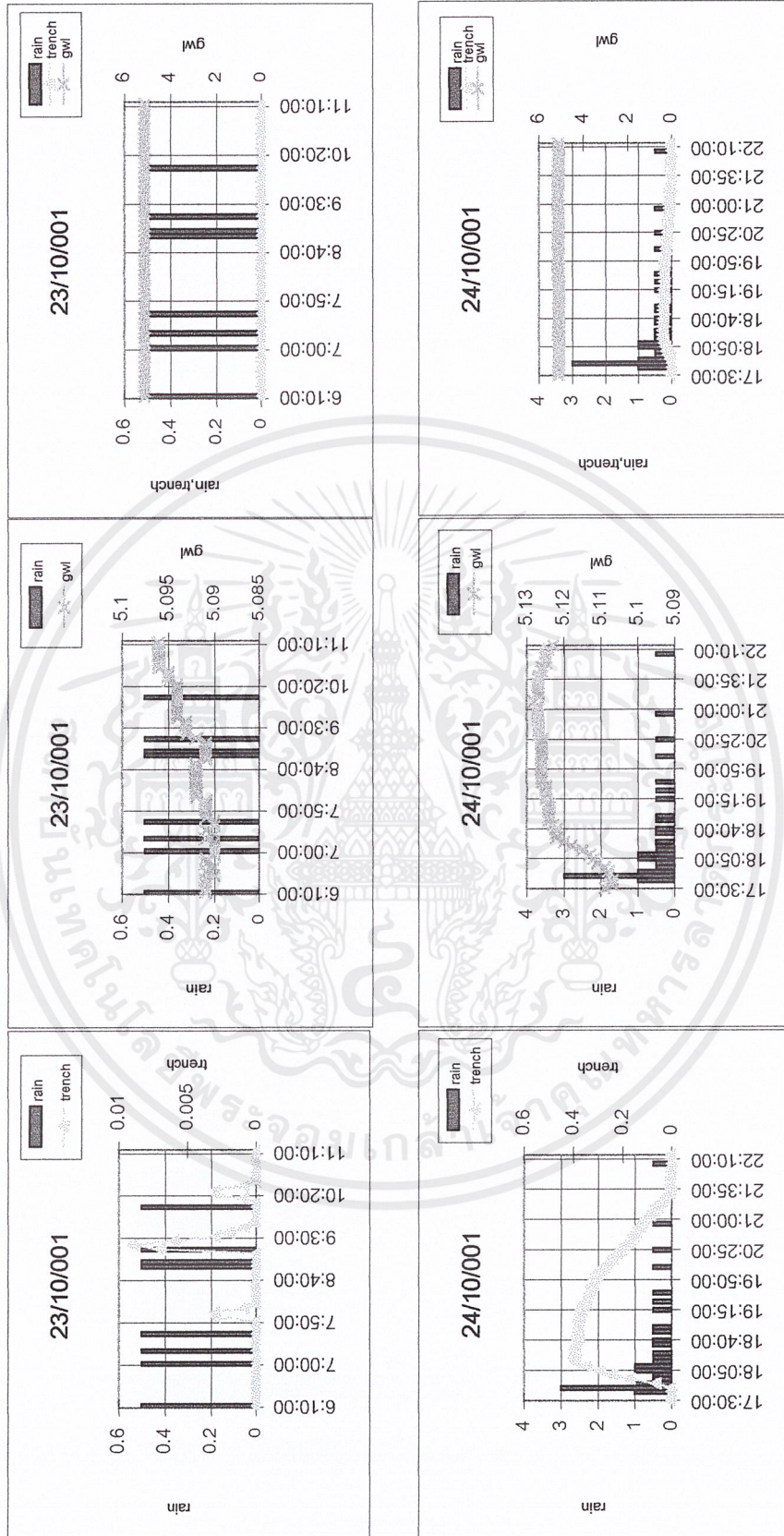
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



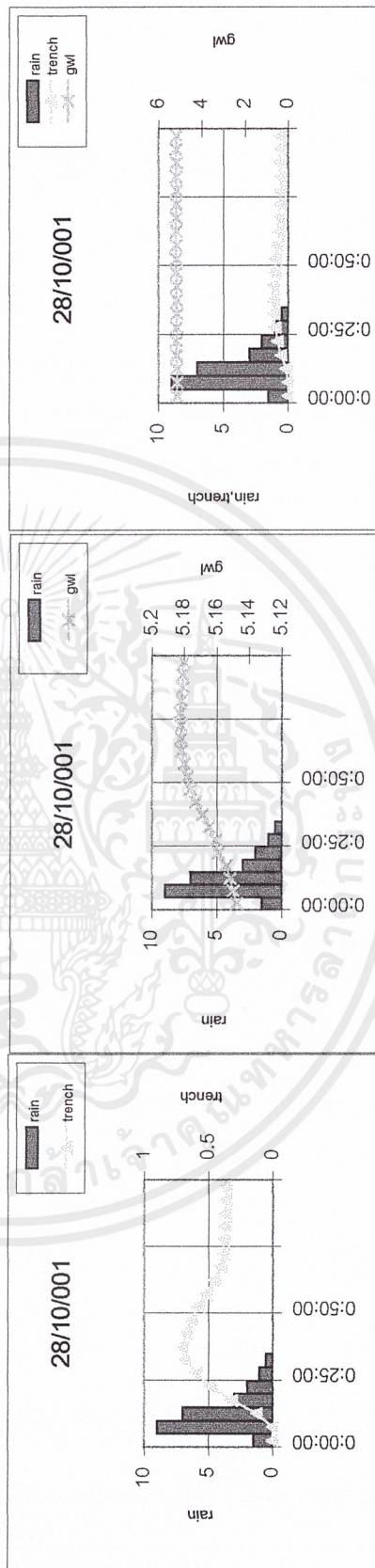
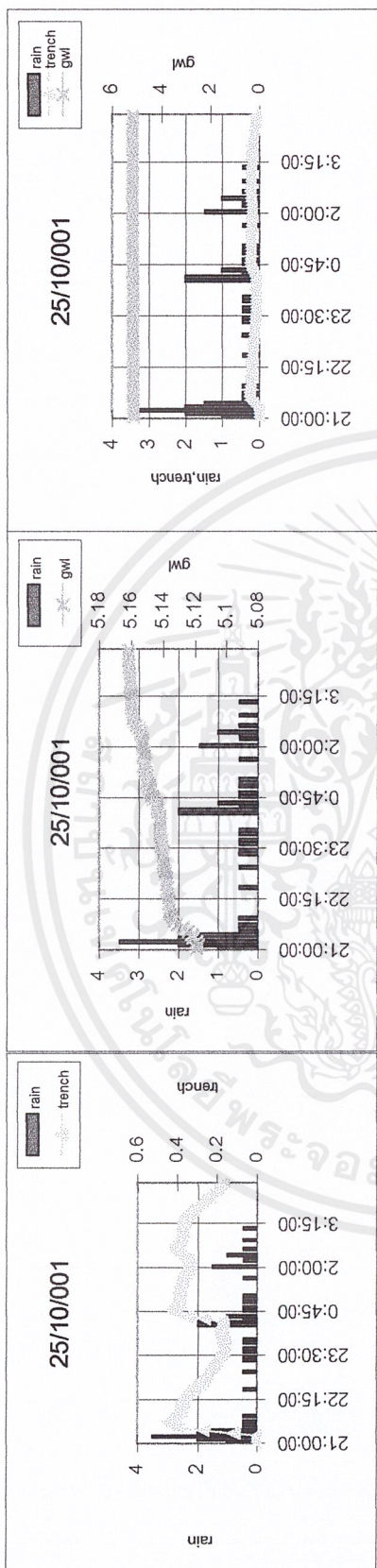
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



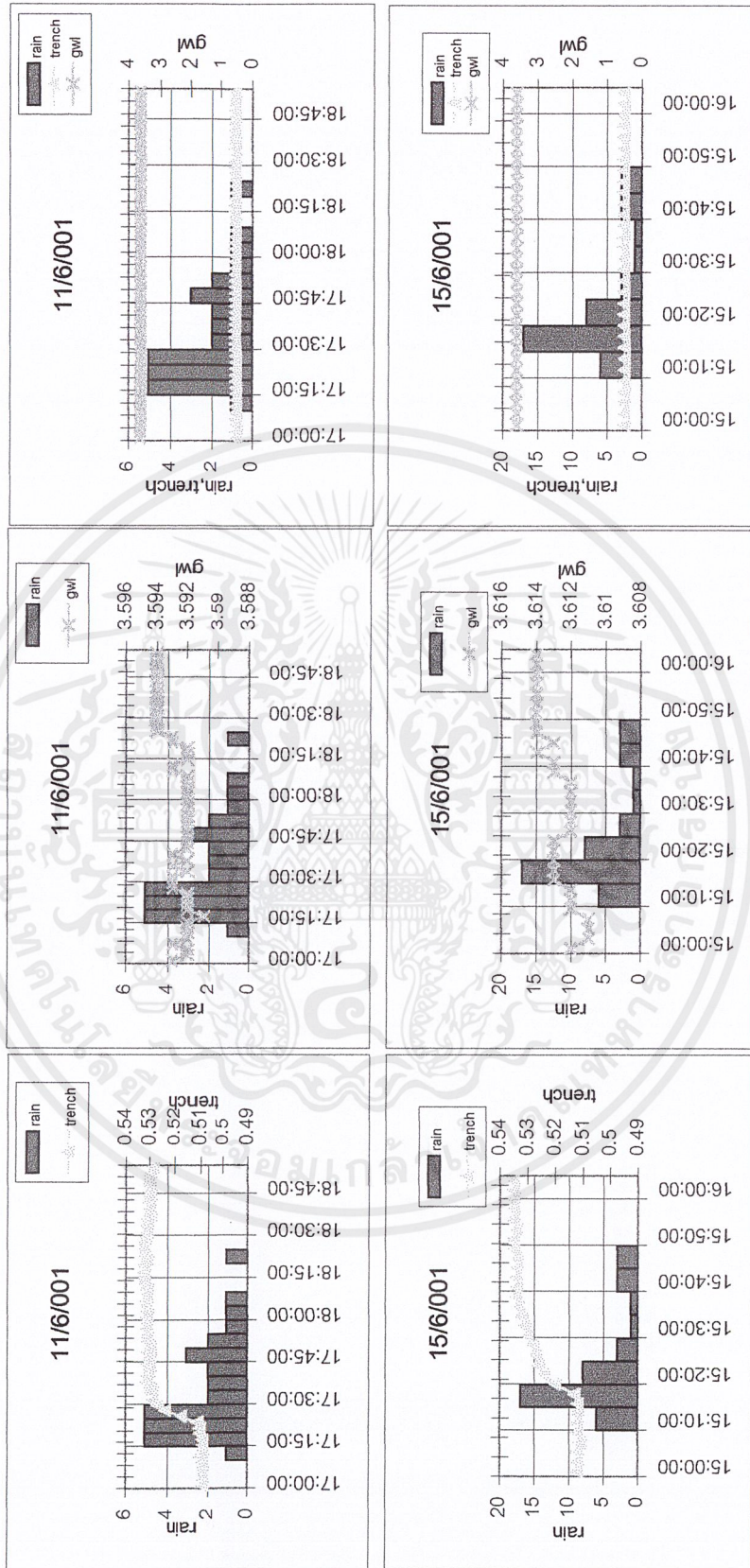
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

10  '*****
20  ' Simulation of seepage system by Tank model
30  '*****
40  '
50  '***** Notation *****
60  'a1 = coef. of seepage capacity of Pit
70  'a2 = coef. of seepage capacity of trench
80  'a3 = coef. of seepage capacity of percolation well
90  'h1 = head in pit
100 'h2 = head in percolation well
110 'h3 = head in trench
120 'HC1 = construction head in pit = 70 cm
130 'HC2 = length of percolation well = 240 cm
140 'HC3 = construction head in trench = 110 cm
150 'Qin = supply water in to pit cm^3/sec
160 'd = diameter of percolation well = 10 cm
170 'Qf = overflow discharge from pit cm^3/sec
180 'AP= area of pit =22000 cm^2
190 'Qs1 = seepage discharge from pit
200 'AT= area of trench 96525 cm^2
210 'Qs21 = seepage discharge from trench
220 'APE = each percolation well area = 78.5 cm^2
230 'Qs22 = seepage discharge from percolation well
235 'C = Runn off coeficient
240 '***** BASICALLY DATA *****
250 READ a1,a2,a3,DT1,DT2,n,d
260 DATA 0.000000081,0.0000002,0.0000385,30,30,0.35,10
270 READ HC1,HC2,HC3,C
280 DATA 70,240,110,0.45

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

290 READ AP,AT,APE
300 DATA 22000,96525,78.5
330 '***** INPUT Qin *****'
331 AQ$="c:tank.out"
332 OPEN AQ$ FOR OUTPUT AS #1
340 DIM Qin(1500)
350 FOR I=1 TO 320
360     READ Qin(I)
380     NEXT I
390 DATA 3067,3067,3067,3067,3067,3067,3067,3067,3067,3067
391 DATA 6133,6133,6133,6133,6133,6133,6133,6133,6133,6133
392 DATA 3067,3067,3067,3067,3067,3067,3067,3067,3067,3067
393 DATA 1533,1533,1533,1533,1533,1533,1533,1533,1533,1533
394 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
395 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
396 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
397 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
398 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
399 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
400 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
401 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
402 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
403 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
404 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
405 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
406 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
407 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
408 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
409 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

410 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
411 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
412 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
413 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
414 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
415 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
416 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
417 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
418 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
419 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
420 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
421 DATA 767,767,767,767,767,767,767,767,767,767
487 DIM Qs1(1500)
488 DIM Qs21(1500)
489 DIM Qs22(1500)
490 DIM Qf(1500)
500 DIM h1(1500)
510 DIM h2(1500)
520 DIM h3(1500)
521 '**** Calculate Qin = C*Qin ***
522 For I = 1 to 320
523   Qin(I) = C*Qin(I)
524 Next I
530 '***** set initial value *****
540 for I=1 to 740
550   h1(I)=0
560   h2(I)=0
570   h3(I)=0
580   Qs1(I)=0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

590 Qs21 (I) =0
600 Qs22 (I) =0
610 Qf (I) =0
620 next I
625 h2 (1) =0
630 '***** calculation pit *****'
640 DIM t (1500)
650 FOR I1=2 TO 740
660 IF I1=2 GOTO 670 ELSE 690
670 DT=DT1
680 GOTO 700
690 DT=DT2
700 Qs1 (I1) =a1*DT*(AP*h1 (I1-1) + (640*h1 (I1-1) ^2/2))
710 Dh1=(Qin (I1) *DT-Qs1 (I1)) / (AP*n)
720 h1 (I1) =h1 (I1-1) +Dh1
740 IF h1 (I1) >0 then GOTO 1100 ELSE 760
750 '***** calculation in trench *****'
760 h1 (I1) =0
770 If h3 (I1-1) >0 then 950 else 780
780 If h2 (I1-1) >0 then 790 else 880
790 Qs22 (I1) =4*a3*DT*(APE*h2 (I1-1) +3.14159*d*h2 (I1-1) ^2/2)
800 Dh2=-Qs22 (I1) / (4*APE*n)
810 h2 (I1) =h2 (I1-1) +Dh2
820 If h2 (I1) <0 then h2 (I1) =0
830 h3 (I1) =0
840 Qs21 (I1) =0
870 go to 1980
880 h3 (I1) =0
890 h2 (I1) =0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

900 Qs21 (I1)=0
910 Qs22 (I1)=0
940 go to 1980
950 Qs21 (I1)=a2*DT* (AT*h3 (I1-1)+1380*h3 (I1-1)^2/2)
960 Qs22 (I1)=4*a3*DT* (APE*h2 (I1-1)+3.14159*d*h2 (I1-1)^2/2)
970 Dh3=- (QS21 (I1)+QS22 (I1)) / (AT*n)
980 h3 (I1)=h3 (I1-1) +Dh3
990 If h3 (I1)<0 then 1000 else 1060
1000 h3 (I1)=0
1010 Dh2=(h3 (I1-1)*AT*n- (Qs21 (I1)+Qs22 (I1)))/(4*APE*n)
1020 h2 (I1)=h2 (I1-1)+Dh2
1025 If h2 (I1)<0 then h2 (I1)=0
1050 go to 1980
1060 h2 (I1)=HC2+h3 (I1)
1090 go to 1980
1100 If h1 (I1)>HC1 then 1430 else 1110
1110 If h3 (I1-1)>0 then 1270 else go to 1120
1120 If h2 (I1-1)>0 then 1180 else go to 1130
1130 h2 (I1)=0
1140 h3 (I1)=0
1150 Qs21 (I1)=0
1160 Qs22 (I1)=0
1170 go to 1980
1180 Qs22 (I1)=4*a3*DT* (APE*h2 (I1-1)+3.14159*d*h2 (I1-1)^2/2)
1190 Dh2=-Qs22 (I1) / (4*APE*n)
1200 h2 (I1)=h2 (I1-1)+Dh2
1210 If h2 (I1)<0 then h2 (I1)=0
1220 h3 (I1)=0
1230 Qs21 (I1)=0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1260 go to 1980
1270 Qs21(I1)=a2*DT*(AT*h3(I1-1)+1380*h3(I1-1)^2/2)
1280 Qs22(I1)=4*a3*DT*(APE*h2(I1-1)+3.14159*d*h2(I1-1)^2/2)
1290 Dh3=- (Qs21(I1)+Qs22(I1))/(AT*n)
1300 h3(I1)=h3(I1-1)+Dh3
1310 If h3(I1)>0 then 1320 else 1360
1320 h2(I1)=HC2+h3(I1)
1350 go to 1980
1360 h3(I1)=0
1370 Dh2=(h3(I1-1)*AT*n-(Qs21(I1)+Qs22(I1)))/(4*APE*n)
1380 h2(I1)=h2(I1-1)+Dh2
1390 If h2(I1)<0 then h2(I1)=0
1420 go to 1980
1430 If h3(I1-1)>0 then 1800 else 1440
1440 If h2(I1-1)>0 then 1590 else 1450
1450 If h1(I1-1)>HC1 then 1480 else 1460
1460 Qf(I1)=Qin(I1)*DT-(HC1-h1(I1-1))*AP*n-Qs1(I1)
1470 go to 1490
1480 Qf(I1)=Qin(I1)*DT-Qs1(I1)
1490 Dh2=Qf(I1)/(4*APE*n)
1500 h2(I1)=Dh2
1510 If h2(I1)>HC2 then 1551 else 1520
1520 h3(I1)=0
1530 Qs21(I1)=0
1540 Qs22(I1)=0
1544 h1(I1)=HC1
1545 If h2(I1)<0 then h2(I1)=0
1550 go to 1560
1551 Dh3=(Qf(I1)-(HC2*4*APE*n))/(AT*n)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1552 h3(I1)=Dh3
1553 Qs21(I1)=0
1554 Qs22(I1)=0
1555 h1(I1)=HC1
1556 h2(I1)=HC2+h3(I1)
1580 go to 1980
1590 Qs22(I1)=4*a3*DT*(APE*h2(I1-1)+3.14159*d*h2(I1-1)^2/2)
1600 IF h1(I1-1)>HC1 then 1630 else 1610
1610 Qf(I1)=Qin(I1)*DT-(HC1-h1(I1-1))*AP*n-Qs1(I1)-Qs22(I1)
1620 go to 1640
1630 Qf(I1)=Qin(I1)*DT-Qs1(I1)-Qs22(I1)
1640 Dh2=Qf(I1)/(4*APE*n)
1650 h2(I1)=h2(I1-1)+Dh2
1660 If h2(I1)>HC2 then 1730 else 1670
1670 h3(I1)=0
1680 Qs21(I1)=0
1690 h1(I1)=HC1
1695 If h2(I1)<0 then h2(I1)=0
1720 go to 1980
1730 Dh3=(Qf(I1)-4*APE*n*(HC2-h2(I1-1)))/(AT*n)
1740 h3(I1)=Dh3
1750 h2(I1)=HC2+h3(I1)
1760 h1(I1)=HC1
1764 Qs21(I1)=0
1765 if h3(I1)<0 then h3(I1)=0
1790 go to 1980
1800 Qs21(I1)=a2*DT*(AT*h3(I1-1)+1380*h3(I1-1)^2/2)
1810 Qs22(I1)=4*a3*DT*(APE*h2(I1-1)+3.14159*d*h2(I1-1)^2/2)
1820 IF h3(I1-1)>HC1 then 1850 else 1830

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1830 Qf(I1)=Qin(I1)*DT-(HC1-h1(I1-1))*AP*n-Qs1(I1)-Qs22(I1)-
      Qs21(I1)
1840 go to 1860
1850 Qf(I1)=Qin(I1)*DT-Qs1(I1)-Qs22(I1)-Qs21(I1)
1860 Dh3=Qf(I1)/((AT+AP)*n)
1870 h3(I1)=h3(I1-1)+Dh3
1880 h2(I1)=HC2+h3(I1)
1890 If h3(I1)>HC1 then 1950 else 1900
1900 h1(I1)=HC1
1905 If h3(I1)<0 then h3(I1)=C
1910 go to 1960
1950 h1(I1)=h3(I1)
1980 t(I1)=t(I1-1)+DT
2000 NEXT I1
2010 '***** PRINTOUT FORMAT *****'
2040 print #1, "time Qin Qs1 Qs21
Qs22 h1 h2 h3 Qf"
2050 FOR I3=1 TO 740
2060 PRINT #1, USING "#####.## #####.## #####.##
#####.### ###.### ###.### ###.### #####.###";t(I3),
Qin(I3), Qs1(I3), Qs21(I3), Qs22(I3), h1(I3), h2(I3),
h3(I3),Qf(I3)
2070 I3=I3+1
2071 NEXT I3
2084 CLOSE #1
2085 STOP
2090 END

```

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาในการให้คำแนะนำ แนวคิด คำปรึกษา และความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภัทรภรณ์ เมฆพุกขาวงศ์ อาจารย์ ปริชาพันธ์ ศรีแก้ว คร.วินัย ก่อจางริง ที่ปรึกษาโครงการ และ Professor Tsutomu Ichikawa ที่ปรึกษาจาก Kyushu Tokai University ประเทศญี่ปุ่น รวมถึงอาจารย์ทุกท่านในภาควิชา ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำ และชี้แนวทางในการดำเนินงานที่ถูกต้องมาโดยตลอด

นอกจากนี้ขอขอบคุณ กรมชลประทาน ที่ได้เอื้อเฟื้อเจาะสำรวจชั้นดินและติดตั้งท่อวัดระดับน้ำใต้ดิน พร้อมทั้งข้อมูลต่างๆ และอำนวยความสะดวกในการทดสอบภาคสนาม

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวในที่นี้ที่ได้ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน จนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีมา ณ ที่นี้ด้วย

นาย เฉลิมเกียรติ ช่อสูงเนิน

นาย ชุมพล จิวรรจนะโรดม

นางสาว เบญจมาศ ชัยชลอุคม

เอกสารอ้างอิง

1. กองพัฒนา กรมโยธาธิการ, “รายงานการศึกษาความเหมาะสมด้านวิศวกรรม โครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดิน จังหวัดพิจิตร”, 2541
2. กองพัฒนาบ่อบาด กรมโยธาธิการ, “สรุปผลการปฏิบัติงาน งานผันน้ำฝนสู่ใต้ดิน จังหวัดกำแพงเพชร และ จังหวัดพิจิตร”, 2542
3. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, “รายงานการสำรวจสภาพการใช้ที่ดินจังหวัดพิจิตร”, 2529
4. ดร.วีระพล เต็มสมบัติ, “หลักอุทกวิทยา”, 2538
5. ดร.วีระพล เต็มสมบัติ, “อุทกวิทยาประยุกต์”, 2531
6. ผศ. ภัทรภรณ์ เมฆพฤษวงค์, “เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมดินและน้ำ”, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
7. สถาพร คูจิตจรจารุ, “ทดลองปฐพีกลศาสตร์”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้