# โครงการระบบวิเคราะห์และทำนายค่าความเค็มของดินจากระดับน้ำใต้ดิน ตัวอย่างกรณีศึกษาในพื้นที่ตำบลน้ำก่ำ อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม

## รายงานฉบับสมบูรณ์

RCH
S
595
@84

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 84466
วัน,เดือน,ปี -9 ต.ค. 2551

โดย ดร.อุมา สีบุญเรือง และคณะ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b 11992542
i

กันยายน 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# รายงานฉบับสมบูรณ์

# โครงการระบบวิเคราะห์และทำนายค่าความเค็มของดินจากระดับน้ำใต้ดิน ตัวอย่างกรณีศึกษาในพื้นที่ตำบลน้ำก่ำ อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม


| คณะผู้วิจัย | ตำแหน่ง |
|---|---|
| 1. ดร.อุมา สีบุญเรือง | หัวหน้าโครงการวิจัย |
| 2. นางสาวอุบะ ศิริแก้ว | ผู้ร่วมโครงการวิจัย |
| 3. นายส่งศักดิ์ วัฒนศักดิ์ | ผู้ช่วยวิจัยประจำโครงการ |



**สนับสนุนโดย**

**เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2549**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินการ โครงการระบบวิเคราะห์และทำนายค่าความเค็มของดินจากระดับน้ำใต้ดิน ตัวอย่างกรณีศึกษาในพื้นที่ตำบลน้ำก่ำ อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม คณะผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่ง ทั้งจากหน่วยสนับสนุนเงินทุนวิจัย คือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมทั้งหน่วยงานเจ้าของข้อมูลและบุคลากรที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย เช่น กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน และศูนย์วิจัยน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นผลให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะที่ปรึกษา ซึ่งประกอบไปด้วย Prof.Dr.Tsutomu Ichikawa จากมหาวิทยาลัยโตไก คิวชู ผศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น มหาวิทยาลัยนเรศวร และผศ. ดร.ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ กรมชลประทาน

นอกจากนั้นหลาย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษาประจำโครงการ ดังมีรายนามดังต่อไปนี้ นายมนัส หมื่นสมบัติ นายศราวุธ อินต๊ะบุตร นางสาวอัจฉรียา สบายใจ นายจเร แสงปลอด นางสาวดุจดาว พลอยโพธิ์ นายวราพงษ์ ทองดง นายวงศกร แย้มขยาย นายวีระศักดิ์ ยอดพิจิตร และ นายสุทัศน์ หน่อคำ

ดร.อุมา สีบุญเรืองและคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| **1** | **บทนำ** | **1** |
| | 1.1 กล่าวนำ | 1 |
| | 1.2 ที่มาของปัญหา | 1 |
| | 1.3 วัตถุประสงค์ | 2 |
| | 1.4 ขอบเขตการศึกษา | 2 |
| | 1.5 วิธีการศึกษา | 2 |
| **2** | **วรรณกรรมปริทัศน์** | **4** |
| | 2.1 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม (รายงานแผนแก้ไขลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและแผนติดตามตรวจสอบ , กรกฎาคม 2538) | 4 |
| | 2.1.1 ความเป็นมาของโครงการ | 4 |
| | 2.1.2 วัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการ | 4 |
| | 2.1.3 การศึกษาสภาพแวดล้อมปัจจุบัน | 5 |
| | 2.1.4 แผนการติดตามและประเมินผลด้านดินเค็ม | 6 |
| | 2.2 การศึกษาชั้นเกลือหินบริเวณโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม (รายงานวิชาการ ฉบับที่ 1/ 2541) | 7 |
| | 2.2.1 ขอบเขตการศึกษา | 7 |
| | 2.2.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า | 7 |
| | 2.2.3 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา | 9 |
| | 2.2.4 สรุปผล | 11 |
| | 2.3 การจำลองน้ำใต้ดินเชิงคณิตศาสตร์เพื่อจัดการการแพร่กระจายน้ำเค็มและดินเค็ม ในพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม (รายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานหลัก 2545 ) | 11 |
| | 2.3.1 วัตถุประสงค์ | 11 |
| | 2.3.2 การสำรวจทางธรณีวิทยาและธรณีฟิสิกส์ | 12 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| | 2.4 สรุปโครงการพัฒนาลุ่มน้ำก่ำสำนักบริหารโครงการ(กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ,2547) | 13 |
| | 2.4.1 วัตถุประสงค์ | 13 |
| | 2.4.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายน้ำเค็มจากชั้นเกลือหิน | 14 |
| 3 | **หลักการและทฤษฎี** | **15** |
| | 3.1 ความหมายและประเภทของดิน | 15 |
| | 3.1.1 รูปร่างของเม็ดดิน | 16 |
| | 3.1.2 สถานภาพของดิน | 17 |
| | 3.2 การจำแนกประเภทของดินในระบบ Unified | 17 |
| | 3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเค็มของดินและน้ำใต้ดิน | 24 |
| | 3.3.1 ลักษณะพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | 24 |
| | 3.3.2 ลักษณะการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็ม | 25 |
| | 3.3.3 ลักษณะชั้นเกลือใต้ผิวดิน | 28 |
| | 3.3.4 กำเนิดของน้ำบาดาล | 30 |
| | 3.3.5 การหาปริมาณเกลือในลำน้ำ ณ ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ | 32 |
| | 3.4 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ(Multiple Regression Analysis) | 33 |
| | 3.4.1 ความหมายของกรวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ | 33 |
| | 3.4.2 การสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร | 33 |
| | 3.4.3 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ | 34 |
| | 3.4.4 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ | 34 |
| | 3.4.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ | 35 |
| **4** | **วิธีการดำเนินการ** | **38** |
| | 4.1 สถานที่ดำเนินการ | 38 |
| | 4.2 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการเลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่าง | 38 |
| | 4.2.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง | 38 |
| | 4.2.2 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน | 39 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| | 4.2.3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน | 41 |
| | 4.3 การเก็บตัวอย่าง | 46 |
| | 4.3.1 การเก็บตัวอย่างดิน | 46 |
| | 4.3.2 การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน | 48 |
| | 4.4 การทดสอบ | 54 |
| | 4.4.1 การทดสอบดิน | 54 |
| | 4.4.2 การทดสอบน้ำ | 58 |
| **5** | **ผลการศึกษาและการวิเคราะห์** | **61** |
| | 5.1 ผลการทดสอบด้านกายภาพและเคมีของดิน | 61 |
| | 5.1.1 บริเวณพื้นที่ชลประทาน | 61 |
| | 5.1.2 บริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำ | 68 |
| | 5.2 ผลการทดสอบของน้ำใต้ดิน | 76 |
| | 5.2.1 พื้นที่ชลประทาน | 76 |
| | 5.2.2 พื้นที่อ่างเก็บน้ำ | 77 |
| | 5.3 ผลการทดสอบของแหล่งน้ำผิวดิน | 78 |
| | 5.3.1 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำ | 78 |
| | 5.3.2 ผลการทดสอบการหาอัตราการไหลในลำน้ำ | 85 |
| | 5.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ | 89 |
| | 5.4 การวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ | 97 |
| | 5.4.1 การวิเคระห์ผลโดยความสัมพันธ์เชิงเส้น | 98 |
| | 5.4.2 ผลการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ | 98 |
| **6** | **สรุปผลการทดลอง** | **101** |
| | 6.1 บริเวณพื้นที่ชลประทาน | 101 |
| | 6.2 บริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำ | 102 |
| | 6.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดินและน้ำใต้ดิน ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ | 102 |
| | 6.3 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดิน | 103 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| บทที่ | เรื่อง | หน้า |
|---|---|---|
| | 6.3.1 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดินในพื้นที่ชลประทาน | 103 |
| | 6.3.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ | 104 |
| | 6.3.3 สาหตุของการเกิดการแพร่กระจายดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | 104 |
| | 6.4 สรุปผลการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ | 105 |
| | **หนังสืออ้างอิง** | **106** |
| | **ภาคผนวก ก.** | |
| | **ภาคผนวก ข.** | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | ชื่อตาราง | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | แสดงพื้นที่ที่ศักภาพน้ำใต้ดินเค็ม(ไร่) | 14 |
| 2.2 | ตารางที่2.2 แสดงพื้นที่ที่ศักภาพน้ำใต้ดินเค็ม(ไร่) | 14 |
| 3.1 | ขนาดของเม็ดดิน | 16 |
| 3.2 | สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified | 18 |
| 3.3 | รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินเม็ดหยาบ | 22 |
| 3.4 | รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินเม็ดละเอียด | 23 |
| 3.5 | ระดับความเค็มของดินที่มีอิทธิพลต่อพืช | 27 |
| 3.6 | แสดงค่าการหาปริมาณเกลือในลำน้ำ ณ ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ | 32 |
| 3.7 | 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย | 34 |
| 4.1 | แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ชลประทาน | 39 |
| 4.2 | แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ | 40 |
| 4.3 | แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำ | 42 |
| 4.4 | แสดงข้อมูลจากแบบสอบถาม | 51 |
| 4.5 | ความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ | 57 |
| 5.1 | แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านพระซองน้อย | 61 |
| 5.2 | แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านบ่อดอกซ้อน | 62 |
| 5.3 | แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านดงมะเอก | 63 |
| 5.4 | แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านนาฉันทะ | 63 |
| 5.5 | แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านน้ำบ่อ หลุมที่ 1 | 64 |
| 5.6 | แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านน้ำบ่อ หลุมที่ 2 | 64 |
| 5.7 | แสดงข้อมูลทางกายภาพในเขื่อนดิน | 69 |
| 5.8 | แสดงข้อมูลทางกายภาพในบ้านปากบัง | 69 |
| 5.9 | แสดงข้อมูลทางกายภาพในบ้านโคกสว่างพัฒนา | 70 |
| 5.10 | แสดงข้อมูลทางกายภาพในบ้านพิมาน | 71 |
| 5.11 | แสดงข้อมูลทางกายภาพในบ้านขอนกอง | 71 |
| 5.12 | แสดงข้อมูลทางกายภาพในวัดสว่างอารมณ์ | 72 |
| 5.13 | แสดงการสรุปผลของน้ำใต้ดิน(พื้นที่ชลประทาน) | 76 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง(ต่อ)


| ตารางที่ | ชื่อตาราง | หน้า |
|---|---|---|
| 5.14 | แสดงการสรุปผลของน้ำใต้ดิน(พื้นที่อ่างเก็บน้ำ) | 77 |
| 5.15 | แสดงค่าบันทึกผลตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 1 | 79 |
| 5.16 | แสดงค่าบันทึกผลตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 2 | 80 |
| 5.17 | ค่าปรับแก้ความเร็ว | 86 |
| 5.18 | แสดงค่าความเร็วที่ผิวน้ำที่แท้จริง ณ ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำ | 87 |
| 5.19 | การหาอัตราการไหลของลำน้ำ | 88 |
| 5.20 | ตารางANOVAจากการวิเคราะห์ด้านสถิติ | 99 |
| 5.21 | ตารางแสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ | 99 |
| 5.22 | ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ทางสถิติ | 100 |
| 6.1 | แสดงการสรุปผลของดินและน้ำใต้ดิน | 101 |
| 6.2 | แสดงข้อมูลทางกายภาพของดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ | 102 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | ชื่อรูป | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | วิธีการศึกษางานวิจัย | 3 |
| 3.1 | แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified | 19 |
| 3.1(ก) | แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินเม็ดหยาบ | 20 |
| 3.1(ข) | แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินเม็ดละเอียด | 21 |
| 4.1 | แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ชลประทาน | 39 |
| 4.2 | แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นอ่างเก็บน้ำ | 40 |
| 4.3 | แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน | 45 |
| 4.4 | ทำการเจาะดินที่ระยะความลึกต่างๆ | 46 |
| 4.5 | ตัวอย่างดินที่ทำการเจาะได้เก็บบรรจุใส่ P.V.C. เพื่อนำไปหาค่าปริมาณความชื้น | 46 |
| 4.6 | การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน | 47 |
| 4.7 | ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่หน้างาน | 47 |
| 4.8 | อุปกรณ์เก็บน้ำในแนวดิ่ง | 48 |
| 4.9 | แสดงการเก็บตัวอย่างน้ำแบบ Profile | 48 |
| 4.10 | เครื่องวัดความเร็วน้ำ ยี่ห้อ Mini Air Schiltknnecht | 49 |
| 4.11 | กราฟแสดงสถานะต่างๆของดิน | 55 |
| 4.12 | เครื่องวัดค่า DO, pH, ค่าความต่างศักย์ ยี่ห้อ WTW รุ่น pH/Oxi340i/SET | 59 |
| 4.13 | เครื่องวัดค่า TDS, ค่าความนำไฟฟ้า, และค่าความเค็มด้วยเครื่องยี่ห้อ Senso Direct Con200 | 60 |
| 4.14 | เครื่องวัดค่าความเค็มด้วยเครื่อง ยี่ห้อ EUTECH SaltTestr | 60 |
| 5.1 | แสดงการเปรียบเทียบ ค่า TDS กับ EC | 65 |
| 5.2 | แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ TDS | 66 |
| 5.3 | แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ EC | 66 |
| 5.4 | แสดงการเปรียบเทียบค่า PI กับค่า Salinity | 67 |
| 5.5 | แสดงการเปรียบเทียบค่า PL กับค่า Salinity | 67 |
| 5.6 | แสดงการเปรียบเทียบค่า LL กับค่า Salinity | 68 |
| 5.7 | แสดงการเปรียบเทียบ ค่า TDS กับ EC | 73 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)


| รูปที่ | ชื่อรูป | หน้า |
|---|---|---|
| 5.8 | แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ TDS | 74 |
| 5.9 | แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ EC | 74 |
| 5.10 | แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ PI | 75 |
| 5.11 | แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ PL | 75 |
| 5.12 | แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ LL | 75 |
| 5.13 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง TDS และค่าความเค็ม | 89 |
| 5.14 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS และ ค่าการนำไฟฟ้า | 90 |
| 5.15 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความนำไฟฟ้า และค่า pH | 90 |
| 5.16 | แสดงค่าอุณหภูมิจากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง | 91 |
| 5.17 | แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างจากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง | 92 |
| 5.18 | แสดงค่า TDS จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง | 93 |
| 5.19 | แสดงค่า DO จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง | 94 |
| 5.20 | แสดงค่าความนำไฟฟ้าจากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง | 94 |
| 5.21 | แสดงค่าความเค็มจากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง | 96 |
| 5.22 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งเก็บน้ำ และปริมาณแกลือ | 97 |
| 5.23 | เปรียบเทียบค่า Salinity กับค่า TDS พื้นที่ระดับสูงกว่า 138 เมตร จาก รทก. | 98 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 กล่าวนำ

เนื่องจากประชาชนบริเวณสองฝั่งลำน้ำก่ำประสบปัญหาอุทกภัยในฤดูฝน และปัญหาภัยแล้งอย่างรุนแรงในช่วงหน้าแล้งและยังมีปัญหาดินเค็มในบางพื้นที่ จึงทำให้ความเป็นอยู่ของประชาชนของสองฝั่งของลำน้ำมีคุณภาพชีวิตที่ไม่ดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ทรงมีพระราชดำริโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาความเดือดร้อนของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณข้างลำน้ำทั้งสองฝั่ง แต่เนื่องจากบริเวณพื้นที่ของโครงการบางส่วนที่มีปัญหาดินเค็มอย่างรุนแรง จึงไม่สามารถใช้พื้นที่ในการเกษตรได้ ดังนั้น การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของดิน น้ำใต้ดินระดับตื้นและน้ำผิวดิน จึงเป็นสิ่งสำคัญที่เราควรทราบและมีฐานข้อมูลเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็มต่อไป

## 1.2 ที่มาของปัญหา

การสร้างอ่างเก็บน้ำบนพื้นที่ดินเค็ม หรือมีน้ำใต้ดินเค็มทำให้เกิดการยกระดับของน้ำใต้ดินขึ้นมาทำให้พื้นที่โดยรอบและบริเวณใกล้เคียงเกิดเป็นพื้นที่ดินเค็มได้ การชลประทานที่ขาดการวางแผนในเรื่องผลกระทบของดินเค็มมักก่อให้เกิดปัญหาต่อพื้นที่ซึ่งใช้ประโยชน์จากระบบชลประทานนั้นได้ แต่ถ้ามีการคำนึงถึงสภาพพื้นที่และศึกษาเรื่องปัญหาดินเค็มเข้าร่วมด้วย จะเป็นการช่วยบรรเทาปัญหาดินเค็ม และเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายดินเค็มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ต้องพิจารณาจากสาเหตุการเกิด และปัญหาบางอย่างคือ การขาดข้อมูลขั้นพื้นฐาน เช่น ลักษณะของดิน คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของชั้นดิน ความลึกของระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นและคุณภาพของน้ำใต้ดิน ข้อมูลเหล่านี้ จำเป็นต่อการประเมินความเหมาะสมที่ทำให้เกิดการสร้างอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาข้อมูลของดินเค็มและน้ำใต้ดิน ในบริเวณที่เป็นปัญหาเพื่อนำไปเป็นฐานข้อมูลในการแก้ไขปัญหาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาคุณสมบัติของดินและน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ประสบปัญหาดินเค็ม ทางกายภาพและทางเคมี
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านกายภาพและเคมีต่างๆต่อความเค็มของดิน
3. ศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดิน
4. ศึกษาปริมาณและคุณภาพของน้ำผิวดินโดยทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกระจายตัวของความเค็มในพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง และแหล่งน้ำต่าง ๆ
5. สามารถนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาทรัพยากรน้ำและดินในพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำได้อย่างเหมาะสม

## 1.4 ขอบเขตการศึกษา

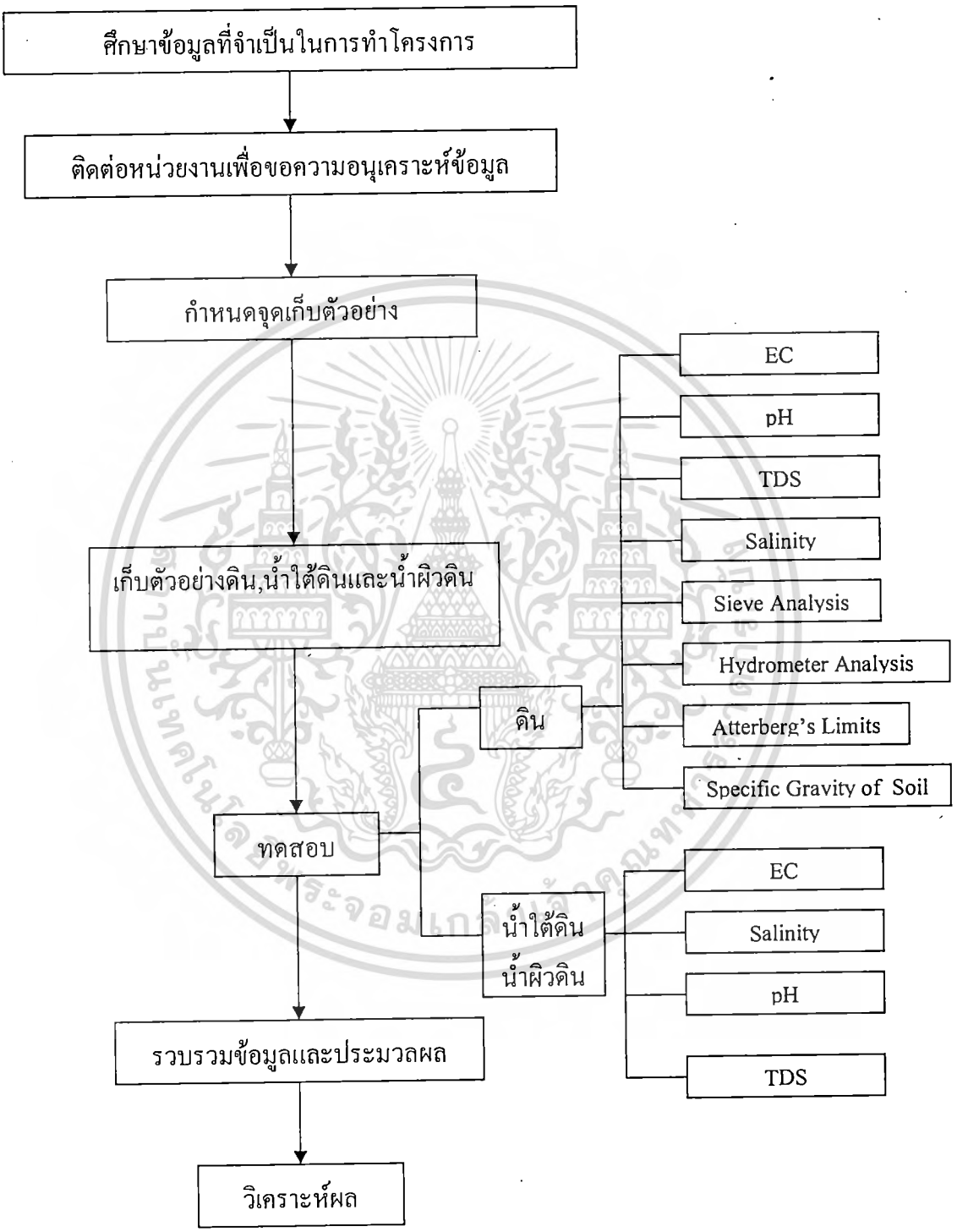
1. พื้นที่ศึกษาคือพื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำ และพื้นที่ชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง อำเภอธาตุพนม อำเภอนาแก และอำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม
2. ทำการศึกษาคุณสมบัติด้านกายภาพ และเคมีของดินและน้ำใต้ดินที่มีผลต่อความเค็ม
3. ทำการศึกษาปริมาณ และคุณสมบัติของน้ำผิวดินที่มีผลต่อความเค็ม

## 1.5 วิธีการศึกษา

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น
2. ติดต่อขอข้อมูลที่ต้องการและเตรียมตัวกำหนดจุดสำรวจ
3. เก็บตัวอย่างดิน น้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน จากพื้นที่จริง
4. นำตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางเคมี
5. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของดินกับค่าความเค็มของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการศึกษาของการวิจัยนี้มีรายละเอียดและสามารถสรุปเป็นผังขั้นตอนการศึกษาได้ดังรูปที่ 1.1




รูปที่ 1.1 วิธีการศึกษางานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่2
# วรรณกรรมปริทัศน์

## 2.1 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม (รายงานแผนแก้ไขลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและแผนติดตามตรวจสอบ , กรกฎาคม 2538)

### 2.1.1 ความเป็นมาของโครงการ

โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง เป็นโครงการพัฒนาเกษตรชลประทานขนาดใหญ่ที่มีหน่วยงานของรัฐหลายหน่วยงานให้ความสนใจและ ได้เคยทำการศึกษาลู่ทางการพัฒนาที่เหมาะสมมาแล้ว ตัวอย่างเช่น

- ในปี พ.ศ.2523 สำนักงานกลางคณะกรรมการประสานงานสำรวจลุ่มน้ำโขงตอนล่าง (ชั่วคราว) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาการเกษตรชลประทานในลุ่มน้ำก่ำ
- ในปี พ.ศ.2524 รัฐบาลสหพันธรัฐเยอรมันนี ได้ให้ความช่วยเหลือรัฐบาลไทย (กรมชลประทาน) ในด้านการเงินและวิชาการสำหรับการศึกษาขั้นความเหมาะสมโครงการชลประทานในลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง โดยว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษา GITEC CONSULTANT GMBH (GITEC) จากสหพันธรัฐเยอรมันนีและคณะเป็นผู้ศึกษาโดยจัดทำรายงานการศึกษาฯแล้วเสร็จเมื่อพฤษภาคม พ.ศ. 2527

หลังจากที่ GITEC ได้ทำการศึกษาแล้วเสร็จจนถึงปี พ.ศ. 2536 ก็ยังไม่มีการพัฒนาหรือก่อสร้างโครงการการพัฒนาด้านเกษตรกรรมที่ผ่านมาจึงอยู่ในวงจำกัด สภาวการณ์เช่นนี้ย่อมส่งผลกระทบถึงการพัฒนาเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ซึ่งส่วนใหญ่ คือ เกษตรกร ดังนั้นจึงสมควรพัฒนาด้านการเกษตรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น หนทางหนึ่งของการพัฒนาก็คือพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อให้สามารถใช้น้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญประการหนึ่งของการเกษตรกรรมให้มีประโยชน์สูงสุด

### 2.1.2 วัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการ

1) ปรับปรุงรายได้และมาตรฐานการครองชีพของราษฎรในพื้นที่ชลประทาน ให้อยู่ในระดับเดียวกับค่าเฉลี่ยของชาวชนบททั่วไปในประเทศไทย
2) เสริมสร้างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ รวมทั้งการสร้างความมั่นคงให้แก่พื้นที่ชายแดน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 การศึกษาสภาพแวดล้อมปัจจุบัน

#### 2.1.3.1 ทรัพยากรกายภาพ

1) ธรณีวิทยาและแผ่นดินไหว สภาพธรณีวิทยาตามแนวลำน้ำก่ำในช่วงที่จะถูกเลือกเป็นที่ตั้งประตูระบายน้ำ พบแร่ยิบซั่ม ชั้นดินประกอบด้วย ดินเหนียว ทราย ทรายแป้ง และหินทรายซึ่งวางตัวอยู่ล่างสุด และจากสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยา ไมพบแผ่นดินไหวที่มี Magnitude ของ Richter Scale 5.0

2) ทรัพยากรดิน สภาพธรณีสัญฐานของพื้นที่ศึกษาจำแนกได้ 3 ประเภทคือ พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง ลานตะพักลำน้ำ และพื้นที่ที่เกิดจากการทับถมของตระกอนที่ถูกชะล้างลงมาจากที่สูงตอนบน ชนิดของดินประกอบด้วย 23 หน่วย

3) คุณภาพน้ำผิวดิน ในฤดูแล้งพบว่าปริมาณโซเดียมและคลอไรด์มีค่าสูงแต่ยังไม่เกินจากระดับคววามเหมาะสมสำหรับการใช้เพื่อการชลประทาน

4) คุณภาพใต้ดิน ในฤดูแล้งคุณภาพน้ำใต้ดินอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นน้ำบริโภค มีเพียงค่าความเป็นกรดด่าง (4.6-6.2) เท่านั้นที่อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์

5) ภูมิอากาศ ฝนตกชุกถึงหนักประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนมีนาคม และฤดูแล้งเริ่มจากกลางเดือนมีนาคมถึงต้นเดือนพฤษภาคม

6) อุทกวิทยา ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่สถานีวัดน้ำก่ำ อำเภอนาแก ตั้งแต่ พ.ศ. 2510-2533 มีค่าเฉลี่ยรายปี 840.79 ล้าน ลบ.ม.

#### 2.1.3.2 ทรัพยากรนิเวศวิทยา

1) ทรัพยากรนิเวศวิทยาในแหล่งน้ำ ประกอบด้วยการศึกษา แพลงค์ตอน สัตว์หน้าดิน พันธุ์ไม้น้ำ

2) การประมง การประมงเป็นระดับเพื่อยังชีพเท่านั้น ส่วนฤดูทำการประมงจะทำตลอดปีโดยจะชุกชุมในหน้าแล้งเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้เป็นเครื่องมือขนาดเล็ก แต่ปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ในฤดูฝนมีมากกว่าในฤดูแล้ง โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำในช่วงที่ระดับน้ำในแม่น้ำโขงสูงขึ้น

3) นิเวศวิทยาบนบก

- ป่าไม้ ส่วนใหญ่เป็นป่าริมน้ำ ป่าแคระ ป่าไม้ในพื้นที่นาลุ่ม ป่าไม้ในพื้นที่นาดอน ป่าเต็งและพื้นที่อยู่อาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัตว์ป่า ที่สำรวจพบประกอบด้วยสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 9 ชนิด สัตว์เลื้อยคลาน 18 ชนิด นก 38 ชนิด และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 4 ชนิด พบว่าตะกวดเป็นสัตว์ชนิดเดียวที่มีสถานะภาพถูกคุกคาม

**2.1.4 แผนการติดตามและประเมินผลด้านดินเค็ม**

**2.1.4.1 วัตถุประสงค์**

1) เพื่อสำรวจและจัดทำแผนที่ดินเค็ม น้ำใต้ดินที่เค็มและขอบเขตของดินเค็มที่ระดับความลึกต่างๆ

2) เพื่อคำนวณหาปริมาณเกลือใต้ดินของพื้นที่ดินเค็ม

3) เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของชั้นเกลือหินและ Salt Dome ที่อยู่ใต้พื้นที่ศึกษาว่ามีความต่อเนื่องและเป็นแหล่งต้นทุนเกลือให้แก่พื้นที่ดินเค็มบนผิวดินหรือไม่

4) เพื่อหามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมในการที่จะยับยั้งการแพร่กระจายของดินเค็ม

5) เพื่อศึกษาและประสานงานด้านวิชาการกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการฟื้นฟูดินที่เสื่อมโทรมเนื่องจากดินเค็ม

**2.1.4.2 วิธีการดำเนินการ**

1) ตรวจสอบคุณสมบัติของดินอย่างละเอียด เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลดินต่างๆ เช่น เนื้อดิน การระบายน้ำของดิน การนำไฟฟ้า และบริเวณเกลือ

2) ทดสอบหา Soil Permeability ในระดับความลึก 5 เมตร โดยทำการวัดอัตราการไหลซึมของน้ำในระดับต่างๆ กันคือ 1,2,3,และ 5 เมตร ตามลำดับ

3) ศึกษาการนำไฟฟ้าของ Substratum โดยเครื่องมือ EM 34 ในระดับความลึก 30 เมตร 15 เมตร และ 7.5 เมตรตามลำดับ เพื่อเอาข้อมูลเหล่านี้มาทำแผนที่น้ำเค็มใต้ดินเพื่อคำนวณหาปริมาณเกลือใต้ดินและขอบเขตของเกลือที่ครอบคลุมพื้นที่

4) ติดตั้งเครื่อง Piezometer ตามจุดต่างๆ

5) เจาะดินลึกประมาณ 7.5 เมตร เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำใต้ดิน และเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 7.5 เมตร นำดินมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณการนำไฟฟ้าที่แท้จริง (ECe) ของดินแล้วนำมาเปรียบเทียบกับ ค่าที่เครื่องอ่านได้ (ECe)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาประเมินคุณภาพของน้ำเค็มใต้ดิน ที่ความลึกระดับต่างๆ เพื่อคาดปริมารเกลือจากนอกระบบเข้าสู่ระบบชลประทาน ทั้งนี้เพื่อกำหนดมาตราการต่างๆในการป้องกันต่อไป

## 2.2 การศึกษาชั้นเกลือหินบริเวณโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม (รายงานวิชาการ ฉบับที่ 1/ 2541)

### 2.2.1 ขอบเขตการศึกษา

1) ศึกษาชั้นเกลือหินครอบคลุมพื้นที่โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม มีเนื้อที่ประมาณ 32 ตารางกิโลเมตร

2) ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยา ดังนี้

- ศึกษาลักษณะธรณีวิทยาทั่วไป เพื่อหาขอบเขตของชั้นหินต่างๆ
- ศึกษาลักษณะทางธรณีฟิสิกส์ โดยการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า
- ศึกษาลักษณะทางธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะและทำการตรวจวัดค่า Formation Density Sounds ซึ่งต้องวัดค่า bulk density ของหินแต่ละชนิด เพื่อคำนวณหาความพรุนของหินแต่ละชนิด

3) ศึกษาลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา โดยทำการ Long Term Pumping Test

### 2.2.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

#### 2.2.2.1 วัตถุประสงค์ของการสำรวจ

1) เพื่อศึกษาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างใต้ผิวดิน และข้อมูลที่จะแปลความหมายถึงชั้นเกลือหรือชั้นน้ำเกลือ

2) เพื่อหาความลึกและความหนาของโครงสร้างชั้นหิน หรือชั้นเกลือหิน

3) เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนสำหรับการกำหนดตำแหน่งของจุดเจาะสำรวจต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2.2.2 การดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์**

1) การรวบรวมข้อมูลลักษณะธรณีวิทยา และลักษณะภูมิประเทศ ทำให้คาดหมายว่าลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่รองรับพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่ปกคลุมอยู่ด้วยดินทั้งหมดนี้น่าจะอยู่ในแนวทิศตะวันตก-ตะวันออก ดังนั้นในการศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยา จึงได้วางแนวของการสำรวจในทิศทางที่ตัดขวางกับโครงสร้างทางธรณีวิทยา คือในแนวทิศเหนือ-ใต้

2) การรังวัดตัดแนวสำรวจ ตามที่กำหนดทิศทางของการสำรวจในแนวทิศเหนือ-ใต้ โดยในแต่ละแนวสำรวจกำหนดจุดสำรวจในระยะห่างกัน 50 เมตร ในบริเวณที่จะเป็นอ่างกักเก็บน้ำ และห่างกัน 500 ถึง 1,000 เมตร ในบริเวณที่เป็นขอบอ่าง

3) การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าตามจุดสำรวจที่กำหนดต่างๆ ด้วยวิธีการสำรวจวัดหาข้อมูลตามแนวดิ่ง คือการขยายขั้วไฟฟ้าเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาตามแนวดิ่ง เพื่อหาชั้นความหนาและความลึกของชั้นธรณีวิทยาต่างๆ และใช้วิธีการวางขั้วไฟฟ้าเป็นแบบชลัมเบอร์เจร์ (Shlumberger configulation) ทำการสำรวจทั้งในบริเวณอ่างเก็บน้ำ และขอบอ่างด้านทิศเหนือและใต้ เพื่อเป็นเปรียบเทียบข้อมูลกัน

**2.2.2.3 ผลการสำรวจและสรุป**

ข้อมูลที่ได้จากการอ่านค่าในสนาม จะนำมาทำการคำนวณและประมวณผลขั้นต้นของแต่ละจุดสำรวจก่อนที่จะมีการเสนอข้อมูลในรูปแบบแผนที่แบบต่างๆที่นำมาแปลความหมายข้อมูลในลักษณะธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างต่อไป

ในการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหาข้อมูลในแนวดิ่ง ลงไปในระดับความลึกประมาณ 100 เมตร โดยที่ตำแหน่งจุดของการสำรวจมีลักษณะต่อเนื่องเป็นเส้นสำรวจและครอบคลุมพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง แปลความหมายเป็นลักษณะธรณีวิทยาได้ว่า 1) บริเวณตอนกลางของอ่างเก็บน้ำ ในระดับตื้นๆจะรองรับอยู่ด้วยตะกอนกรวดทรายลึกลงไปเป็นชั้นหินดินดาน โดยที่มีน้ำจืดจะสะสมตัวอยู่ในชั้นตะกอนกรวดทรายและแทรกอยู่ในรอยแตกทั่วไปของหินดินดานในระดับความลึกถึงประมาณ 50 เมตร ลึกลงไปกว่านั้นในชั้นหินดินดานจะเป็นการแทรกตัวอยู่ด้วยน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม และที่ลึกไปกว่า 100 เมตร ในบริเวณตอนกลางอ่างนี้อาจจะรองรับอยู่ด้วยชั้นเกลือหิน หรือชั้นหินทราย 2) บริเวณด้านทิศใต้ของอ่างเก็บน้ำเป็นชั้นหินทรายที่รองรับอยู่ในระดับตื้น 3) บริเวณทางตอนเหนือของอ่างเก็บน้ำอาจเป็นหินดินดานที่มีการแทรกอยู่ด้วยปริมาณน้ำจืดและน้ำกร่อยไม่มากนัก ทั้งสามบริเวณนี้วางตัวอยู่ในแนวทิศประมาณตะวันออก-ตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา

#### 2.2.3.1 การดำเนินงานในโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง

##### 2.2.3.1.1 การเจาะบ่อสำรวจของกองน้ำบาดาล

ฝ่ายพัฒนาน้ำบาดาล 3 (จังหวัดขอนแก่น) ได้ดำเนินการเจาะบ่อสำรวจจำนวน 5 บ่อตามตำแหน่งจุดเจาะที่คณะทำงานโครงการลุ่มน้ำก่ำ ได้กำหนดไว้ให้พร้อมทั้งเจาะบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติมอีก 1 บ่อ ทั้งนี้โดยใช้เครื่องเจาะแบบ Direct Rotary (Top Head Drive) ซึ่งจะได้ตัวอย่างดิน-หินจากการเจาะ (Cutting) เป็นเศษหิน (Chip Samples) ขึ้นมากับกระแสน้ำโคลนหรือกระแสแรงดันลม และดำเนินการจัดเก็บ Cutting ทุกระยะ 1.5 เมตร นอกเหนือจากนี้ กองช่าง กรมทรัพยากรธรณี ดังได้ดำเนินการเจาะบ่อทดสอบเพิ่มเติมอีก 2 บ่อ โดยการเจาะเก็บตัวอย่างแท่งหิน (Core Samples)

##### 2.2.3.1.2 การเจาะบ่อสำรวจของกองช่าง

กองช่าง กรมทรัพยากรธรณี ดำเนินการเจาะบ่อสำรวจเพิ่มเติมอีก 2 บ่อ โดยใช้วิธีการเจาะแบบเก็บตัวอย่างแท่งหิน (Core Samples) และใช้ระบบหมุนเวียนด้วยน้ำมันดีเซล เพื่อให้สามารถเจาะเก็บตัวอย่างแท่งเกลือหินได้ ได้เลือกตำแหน่งที่น่าจะเจาะพบชั้นเกลือหินได้มากที่สุด โดยจุดเจาะจุดแรกบริเวณที่สาธารณะบ้านน้ำบ่อ ตำบลพระซองน้อย อำเภอเรณูนคร บริเวณพื้นที่ดังกล่าวเป็นหย่อมพื้นที่ดินเค็ม ปกคลุมด้วยหิน Mudstone ของหมวดหินสารคาม น้ำผิวดินจากบ่อขุดมีความเค็มจัด ซึ่งในช่วงหน้าแล้ง ชาวบ้านสามารถสูบน้ำเค็มจากบ่อขุดไปต้มเกลือได้ ผลการเจาะบ่อสำรวจ ปรากฏว่าสามารถเจาะเก็บตัวอย่างแท่งหิน (Core Samples) ตลอดความลึกในการเจาะจากผิวดินถึงระดับความลึก 140 เมตร โดยไม่มีตัวอย่างแท่งหินขาดช่วง (Sample loss) และเจาะไม่พบชั้นเกลือแต่อย่างไร

##### 2.2.3.1.3 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ

กรมทรัพยากรธรณีได้ดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะด้วยหัวเจาะ (probe) 3 แบบ 1) หัววัด Formation density sounds (FDGS) เพื่อต้องการวัดค่า bulk density ของแต่ละชนิดของหิน และสามารถคำนวณหาความพรุนของแต่ละชนิดของหินได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หัววัด Neutron-neutron,Self-potential and Single point resistance (NSPR) สำหรับ Neutron-Neutron เพื่อต้องการวัดความพรุนของแต่ละชนิดของหิน ถ้าหากว่ามีค่า count per second (cps) ต่ำ ก็แสดงว่าหินชนิดนั้นมีความพรุนของหินสูง

การวัด Self-potential เป็นการวัดศักดาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

การวัด Single point resistance เป็นการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของหินแต่ละชนิดรอบๆ หลุมเจาะนั้น

**2.2.3.1.4 การตรวจสอบชั้นน้ำโดย Borehole logging**

กองน้ำบาดาลโดยฝ่ายสำรวจน้ำบาดาล ฝ่ายอุทกธรณีวิทยา ได้ประสานกับภาควิชาเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในการจัดทำ Bore hole logging เพื่อตรวจสอบชั้นน้ำ และออกแบบก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล จากบ่อสำรวจต่างๆ

**2.2.3.1.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างดินหินจากการเจาะ**

จากการตรวจวิเคราะห์โดยละเอียด พบว่า ชั้นเกลือหินแสดงลักษณะ Micro Fibrous Structures ค่อนข้างเด่นชัด ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเป็นชั้นเกลือที่เกิดจากการตกตะกอนเกลือ จากน้ำเค็ม (Brine) ที่น้ำละลายออกมาจาก Rock Salt layer ของหมวดหินมหาสารคาม และตกผลึกเกลือเป็นชั้นเกลืออีกครั้งในลักษณะ Secondary Salt layer ก็เป็นได้

**2.2.3.1.6 การจัดทำ Pumping Test**

กองน้ำบาดาล ได้ดำเนินการหาค่า Aquifer's Characteristics ของชั้นน้ำบาดาลต่างๆ ในบริเวณพื้นที่โครงการ โดยจัดทำ Pumping Test จากบ่อสำรวจต่างๆทั้งนี้มีเป้าหมายหลักที่จะหาค่า Permeability ของชั้นน้ำเจ้าพระยา (Flood – Plain Deposits) และชั้นน้ำโคราชตอนบน (Upper Khorat Aquifer) ทั้งค่า Permeability ของชั้นหิน Siltstone , Hard Shale และ Mudstone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2.4 สรุปผล**

1) บริเวณพื้นที่โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม ประกอบด้วยชั้นหินของหมวดหินสารคาม และหมวดหินภูทอกรองรับอยู่ ประกอบด้วยชั้นหินทราย ชั้นหินดินดานหรือหินโคลน และชั้นเกลือหิน วางตัวในแนวตะวันออก-ตะวันตก

2) ข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์แสดงว่า มีแนวรอยเลื่อนระดับที่ลึกภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำนี้ แต่ไม่น่าจะมีผลกระทบต่อการกักเก็บน้ำ

3) การตรวจวัดค่าความซึมผ่าน (Permeability ; K) โดยวิธีการทำ Long Term Pumping Test สามารถตรวจวัดได้ในชั้นกรวดทรายตอนบนของพื้นที่ และชั้นหิน Siltstone ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

4) ในบริเวณที่โครงการฯ จากผลการวัดความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) พบว่าที่ระดับความลึกมากกว่า 50 เมตร มีน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มแทรกอยู่ในชั้นหินดินดาน และปิดทับด้วยชั้นน้ำจืด

5) พบชั้นหินซึ่งเทียบเคียงได้กับชั้นเกลือหินในบริเวณอ่างเก็บน้ำโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง อยู่ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 108 เมตรลงไป

6) ไม่พบชั้นเกลือหินในส่วนบนของหมวดหินสารคาม หรือในหมวดหินอายุอ่อนกว่าและไม่พบว่ามีลักษณะโดมเกลือจากส่วนล่างของหมวดหินสารคาม

7) บริเวณที่กำหนดเป็นอาคารชลประทานที่ตำแหน่งใหม่ ไม่พบว่ามีแอนไฮไดร์ตหรือยิปซั่มในบริเวณดังกล่าว

8) การสร้างอ่างเก็บน้ำไม่น่าจะเกิดผลกระทบของน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มขึ้นมาด้านบนได้

9) การสร้างอ่างเก็บน้ำ จะไม่มีผลกระทบต่อการละลายของชั้นเกลือ เนื่องจากชั้นเกลืออยู่ในระดับลึกกว่า 100 เมตร โดยมีชั้นหินโคลนหรือหินดินดานปิดทับอยู่ข้างบน

**2.3 การจำลองน้ำใต้ดินเชิงคณิตศาสตร์เพื่อจัดการการแพร่กระจายน้ำเค็มและดินเค็ม ในพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม (รายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานหลัก 2545 )**

**2.3.1 วัตถุประสงค์**

1.เพื่อศึกษาสภาพธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และระบบอุทกธรณีวิทยา ของพื้นที่โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง

2.จำลองการไหลของน้ำใต้ดินเชิงมโนทัศน์ (conceptual groundwater flow modeling) และการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินเค็มเชิงคณิตศาสตร์ (numerical groundwater flow modeling) ในพื้นที่โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.นำแบบจำลองที่เหมาะสมหลังจากการศึกษา มาจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินและการแพร่กระจายของน้ำเค็มใช้เป็นเครื่องมือในการคาดคะเนการเกิดน้ำเค็มและแนวโน้มการเกิดน้ำเค็ม

4.เพื่อนำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนงานขั้นรายละเอียด เพื่อการแก้ปัญหาหรือหลีกเลี่ยงผลกระทบและติดตามตรวจสอบการแพร่กระจายของน้ำเค็มและดินเค็ม ที่อาจจะเกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

**2.3.2 การสำรวจทางธรณีวิทยาและธรณีฟิสิกส์ (ศูนย์วิจัยน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2544)**

**2.3.2.1 ผลสำรวจทางธรณีฟิสิกส์**

การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ของพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง ได้ทำการสำรวจวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าและการวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ

ผลของหลุมเจาะที่เจาะลึก 300 เมตร จากผิวดินพบชั้นเกลือหินของหน่วยหินชุดมหาสารคามที่ระดับ 87.87 – 190.15 เมตร จากผิวดิน ถัดจากชั้นเกลือหินเป็นหินทรายแป้งและหินทรายของหน่วยหินชุดโคกกรวด เมื่อนำผลของหลุมเจาะมาเทียบเคียงกับผลการสำรวจวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ พบชั้นเกลือหินที่แสดงคุณสมบัติความแตกต่างค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนสูงและสามารถแยกออกได้ชัดเจน

**2.3.2.2 การสำรวจทางธรณีวิทยา**

การศึกษาข้อมูลธรณีวิทยาทั่วไปประกอบกับการศึกษาภาคสนาม ข้อมูลการเจาะสำรวจฐานรากประตูระบายน้ำโครงการน้ำก่ำตอนล่าง ข้อมูลจากบ่อบาดาล ข้อมูลการสำรวจโครงการน้ำก่ำตอนล่างและข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ของกรมทรัพยากรธรณี พบว่าพื้นที่บริเวณน้ำก่ำตอนล่างตั้งอยู่ในแอ่งน้ำก่ำ ซึ่งรองรับด้วยตะกอนที่ราบลุ่มน้ำท่วม และหินชุดมหาสารคาม ชั้นหินวางตัวเทประมาณ 10 องศา ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่กลางแอ่งน้ำก่ำ

**2.3.2.3 ผลการศึกษา**

การจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการแพร่กระจายของน้ำเค็มซึ่งอาศัยข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมทางอุทกธรณีวิทยา เช่น อุทกวิทยา ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา สภาพภูมิประเทศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 389.5 ตารางกิโลเมตร การสร้าง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ที่มีการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพื้นที่ที่เชื่อถือได้ในระดับหนึ่งแล้ว และได้นำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจำลองสภาพการกักเก็บของน้ำในอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากการกักเก็บของน้ำจากฝายที่คาดว่าจะสร้างในบริเวณบ้านโนนสังข์แก่งโพธิ์ซึ่งมีแผนการเก็บกักน้ำที่ระดับ +136.5 , +138.5 และ +140.5 เมตร รทก.

ผลการจำลองการแพร่กระจายของน้ำเค็มในพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง พบว่าในกรณีที่ไม่มีการกักเก็บน้ำ พื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็มเพิ่มขึ้นจากเดิมบ้างเล็กน้อย แต่ไม่ปรากฏการแพร่กระจายของน้ำเค็ม จากปัจจุบันจนถึง 10 ปี และหลังจาก 10 ปีไปจนถึง 100 ปี จะพบพื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็มเพิ่มจากเดิม(บ้านพระซองน้อย) ได้แก่ บริเวณบ้านพิมานท่า (พื้นที่ 250 ไร่) และบริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของดงขุนคราม (พื้นที่ 325 ไร่) ส่วนการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินกร่อย (ปริมาณสารละลายมวลรวมประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร) ของพื้นที่ที่อยู่ในระดับความสูง 120-130 เมตร รทก. มีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นน้ำกร่อยภายในระยะเวลา 10 ปี จำนวน 5 แห่ง และหลังจาก 10 ปี ถึง 100ปี จำนวน 7 แห่ง ได้แก่ 1)บ้านพระซองน้อยถึงบ้านพิมานท่า 2)บ้านหนองแต้ถึงบ้านดอนขาว 3)บ้านดอนแต้ 4)ลำน้ำก่ำบริเวณบ้านโคกสว่าง และ5)บ้านศิลาถึงบ้านธาตุพนม

**2.4 สรุปโครงการพัฒนาลุ่มน้ำก่ำสำนักบริหารโครงการ(กรมชลประทานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ,2547)**

**2.4.1 วัตถุประสงค์**

1) เพื่อพัฒนาแหล่งน้ำในบริเวณโครงการ สำหรับช่วยเหลือราษฎรให้มีน้ำใช้ทำการเกษตรและอุปโภค บริโภค ในช่วงฤดูแล้งซึ่งราษฎรต้องประสบปัญหาขาดแคลนน้ำเป็นประจำทุกปี

2) เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาน้ำท่วมพื้นที่เพาะปลูกบริเวณสองฝั่งลำน้ำก่ำในช่วงฤดูฝนให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด โดยพิจารณาก่อสร้างระบบระบายน้ำตามความเหมาะสม

3) เพื่อพัฒนาการเกษตรกรรม จัดการเกษตรแบบผสมผสาน ระดมการสนับสนุนการพัฒนาจากหน่วยงานต่างๆทั้งของรัฐและเอกชน รวมทั้งการให้ราษฎรในโครงการได้มีบทบาทและส่วนร่วมด้วย

4) เพื่อการพัฒนาสังคม และสิ่งแวดล้อม คุณภาพชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายน้ำเค็มจากชั้นเกลือหิน

ตารางที่2.1 แสดงพื้นที่ที่ศักยภาพน้ำใต้ดินเค็ม(ไร่)

| กรณี | ไม่มีอ่าง | 136.5 ม.รทก. | 137.5 ม.รทก. | 138.5 ม.รทก. | 140.5 ม.รทก. |
|---|---|---|---|---|---|
| ปัจจุบัน | 850 | 850 | 850 | 850 | 850 |
| อนาคต 10 ปี | 850 | 780 | 820 | 860 | 860 |
| อนาคต 100 ปี | 1,425 | 1,430 | 1,280 | 1,130 | 1,331 |

ตารางที่2.2 แสดงพื้นที่ที่ศักยภาพน้ำใต้ดินกร่อย(ไร่)

| กรณี | ไม่มีอ่าง | 136.5 ม.รทก. | 137.5 ม.รทก. | 138.5 ม.รทก. | 140.5 ม.รทก. |
|---|---|---|---|---|---|
| ปัจจุบัน | 1,750 | 1,750 | 1,750 | 1,750 | 1,750 |
| อนาคต 10 ปี | 4,345 | 4,270 | 4,303 | 4,335 | 3,672 |
| อนาคต 100 ปี | 16,066 | 15,620 | 15,188 | 14,755 | 14,020 |

จากตารางที่ 2.1 และ 2.2 ทั้งแสดงศักยภาพน้ำใต้ดินเค็มและน้ำใต้ดินกร่อยแสดงให้เห็นว่าการสร้างอ่างเก็บน้ำจะไม่เป็นการเพิ่มการแพร่กระจายของความเค็มในช่วงเวลาอนาคต 100 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# หลักการและทฤษฎี

## 3.1 ความหมายและประเภทของดิน

ดินเกิดจากการกัดกร่อน ผุพัง และแตกสลายของหินต่างๆ โดยธรรมชาติ ทั้งจากอิทธิพลของดิน ฟ้าอากาศ อุณหภูมิห้อง ความชื้น ความกดดัน แรงดึงดูดของโลก และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้ว มีการเคลื่อนย้ายพัดพา โดยตัวกลางต่างๆ เช่น ลม น้ำ ธารน้ำแข็ง เป็นต้น นำไปตกตะกอนทับถมในที่ต่างๆ เป็นชั้นดินขึ้นมา ทำให้คุณสมบัติของดินในแต่ละชั้นแต่ละแห่งแตกต่างกันไปไม่เหมือนกันวิศวกรได้แบ่งวัสดุที่ตกตะกอนทับถมกันเป็นผิวโลกออกเป็นดินและหิน ดิน คือส่วนที่ตกตะกอนทับถมกันไม่แน่น สามารถแยกออกจากกันได้ง่ายๆ เช่น นำไปละลายน้ำ เป็นต้น หิน คือ ส่วนที่แข็งและยึดจับตัวกันแน่นมาก ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ง่ายๆ เหมือนดิน ดังนั้น ความหมายของดินในทางวิศวกรรม คือ วัสดุอะไรก็ตามที่ตกตะกอนและทับถมกันไม่แน่น เช่น กรวด (Gravel) ทราย (Sand) ตะกอนทราย (Silt) และ ดินเหนียว (Clay) หรือส่วนผสมของสิ่งเหล่านี้ ซึ่งอาจเป็นพวกที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesion) หรือไม่มีความเชื่อมแน่น (Cohesionless) ก็ได้ โดยมีประเภทของดินคือ Residual soil คือ ดินส่วนที่ยังไม่ถูกเคลื่อนย้ายหรืออยู่ไม่ห่างจากแหล่งกำเนิด

ดินประกอบด้วยเนื้อดินหรือเม็ดดินและช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ซึ่งในช่องว่างอาจจะเต็มไปด้วยน้ำหรืออากาศ อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือมีทั้งน้ำและอากาศปนกัน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ดินประกอบด้วย

1. ของแข็ง คือเนื้อดินหรือเม็ดดิน โดยปกติจะเป็นแร่ธาตุต่างๆ
2. ของเหลว ซึ่งอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยปกติจะเป็นน้ำ
3. ก๊าซ ซึ่งอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยปกติจะเป็นอากาศ

ถ้าช่องว่างเต็มไปด้วยอากาศเรียกว่า ดินแห้ง (Dry soil) ถ้าช่องว่างเต็มไปด้วยน้ำเรียกว่า ดินอิ่มตัว (Saturated soil)ถ้าช่องว่างมีทั้งน้ำและอากาศเรียกว่า ดินชื้นหรือดินเปียก (Partially saturated soil หรือ Moist soil หรือ Wet soil)

เม็ดดินมีหลายชนิด ตั้งแต่ขนาดหยาบ (Coarse grained) เช่น พวกหิน (Boulder หรือ Cobble) กรวด และ ทราย จนถึงขนาดละเอียด (Fine grained) เช่น พวกตะกอนทราย ดินเหนียว และพวกแขวนลอย (Colloids) การแบ่งขนาดของเม็ดดินเหล่านี้ แต่ละสถาบันจะกำหนดขึ้นมาและใช้เป็นมาตรฐาน ซึ่งแตกต่างกันออกไป ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ขนาดของเม็ดดิน ( มณเฑียร กังศศิเทียม, 2547 )

| ชนิดของดิน | ช่วงของขนาดเม็ดดิน มม. |
|---|---|
| หิน | ใหญ่กว่า 75 (3") |
| กรวดหยาบ | 75 – 19 (3/4") |
| กรวดละเอียด | 19 – 4.75 (# 4) |
| ทรายหยาบ | 4.75 – 2 (# 10) |
| ทรายปานกลาง | 2 – 0.425 (# 40) |
| ทรายละเอียด | 0.425 – 0.075 (# 200) |
| ตะกอนทราย | 0.075 – 0.005 หรือ 0.002 |
| ดินเหนียว | 0.005 หรือ 0.002 – 0.001 |
| แขวนลอย | เล็กกว่า 0.001 |

**3.1.1 รูปร่างของเม็ดดิน**

เนื่องจากเม็ดดินประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ มารวมตัวกัน ดังนั้นจึงมีรูปร่างต่างกันออกไป รูปร่างของเม็ดดินจะมีอิทธิพลทำให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินเปลี่ยนไป โดยทั่วไปส่วนใหญ่รูปร่างของเม็ดดินจะเป็นดังนี้

• เป็นก้อนหรือเป็นเม็ด (Bulky หรือ Equidimension grains) อาจมีลักษณะกลม กลมมน เหลี่ยมมน และเหลี่ยมคม ดินพวกเม็ดหยาบ เช่น กรวด-ทราย ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุพวก Quartz และ Feldspar ดินที่ประกอบด้วยรูปร่างของเม็ดดินชนิดนี้สามารถจะรับน้ำหนักได้มากและยุบตัวน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ารูปร่างเป็นแบบเหลี่ยมคม แรงสั่นสะเทือนและแรงกระแทกทำให้มันอัดตัวกันแน่นได้ง่าย

• เป็นแผ่นหรือเป็นเกล็ด (Flakey หรือ Plate-like grains) มีลักษณะเป็นแผ่นแบนและบางคล้ายใบไม้ ได้แก่ พวกเม็ดละเอียด เช่น ตะกอนทราย ดินเหนียว ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุพวก Mica และ Clay minerals เช่น Kaolinite ดินที่ประกอบด้วยรูปร่างของเม็ดดินชนิดนี้จะถูกอัดและยุบตัวได้ง่ายภายใต้น้ำหนักคงที่ คล้ายใบไม้แห้งหรือกระดาษหลวมๆ ในตะกร้า แต่จะมั่นคงต่อแรงกระแทกหรือแรงสั่นสะเทือนมากกว่า

• เป็นเส้น (Elongated หรือ Needle-like grains) มีลักษณะยาวคล้ายเข็ม ส่วนมากจะเป็น รูปร่างของพวก Clay mineral ชนิด Halloysite พวกใยหิน ขี้เถ้าภูเขาไฟบางชนิด และพวกอินทรีย์สารเช่น Peat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2 สถานภาพของดิน

ดินพวกเม็ดละเอียดโดยเฉพาะดินเหนียว จะมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปตามจำนวนน้ำที่มีอยู่ในดิน และจำนวนน้ำในดินนี้จะมีความสำคัญต่อสถานภาพของดิน เพราะจะทำให้ดินอยู่ในสภาพต่างๆ กัน เช่น ดินอาจมีสถานภาพเป็นของเหลว (Liquid state) เมื่อมีน้ำมากจนกระทั่งเนื้อดินมีลักษณะคล้ายของเหลวข้นไม่สามารถทรงรูปอยู่ได้ และเมื่อปริมาณน้ำลดลงดินก็จะมีสถานภาพเป็นพลาสติก (Plastic state) มีลักษณะเหนียว สามารถปั้นเป็นรูปต่างๆ ได้ง่ายโดยไม่มีรอยแตกร้าว และเมื่อปริมาณน้ำลดลงอีก ดินก็จะมีสถานภาพเป็นวัสดุกึ่งของแข็ง (Semi-solid state) เปราะ ปั้นเป็นรูปต่างๆ ได้ยาก มักจะมีรอยแตกร้าว จนในที่สุดอาจมีสถานภาพเป็นของแข็ง (Solid state) เมื่อมีปริมาณน้ำน้อยมากหรือไม่มีเลย ปริมาณน้ำที่เป็นจุดแบ่งสถานภาพต่างๆ ของดินนี้เรียกว่า Consistency Limits หรือ Atterberg's Limits ได้แก่

• Liquid Limit (L.L.) คือ ปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสถานภาพจากของเหลวเป็นพลาสติก หรือคือปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ดินสามารถไหลไปได้ด้วยน้ำหนักของดิน

• Plastic Limit (P.L.) คือ ปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสถานภาพจากพลาสติกเป็นวัสดุกึ่ง ของแข็ง หรือคือปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ดินสามารถถูกคลึงเป็นเส้นกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) ได้โดยไม่เกิดรอยแตกที่ผิว

• Shrinkage Limit (S.L.) คือปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากวัสดุกึ่งของแข็งเป็นของแข็ง หรือคือปริมาณน้ำที่มากที่สุดซึ่งถึงแม้ว่าจะมีการสูญเสียน้ำอีกต่อไปก็ไม่ทำให้ดินหดตัวหรือลดปริมาตรลง

### 3.2 การจำแนกประเภทของดินในระบบ Unified

การจำแนกประเภทของดินโดยวิธีนี้ เป็นที่นิยมแพร่หลายมากกว่าวิธีอื่น เหมาะกับงานวิศวกรรมทั่วๆ ไป เช่น งานดินถมและฐานราก เป็นต้น โดยแบ่งดินออกเป็นกลุ่มๆ ใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์แทนชื่อกลุ่มของดิน แต่ละกลุ่มจะมีอักษรอย่างน้อย 2 ตัว ตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลัก และตัวที่สองจะเป็นกลุ่มย่อยลงไป ซึ่งตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมายในตัวของมันเอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

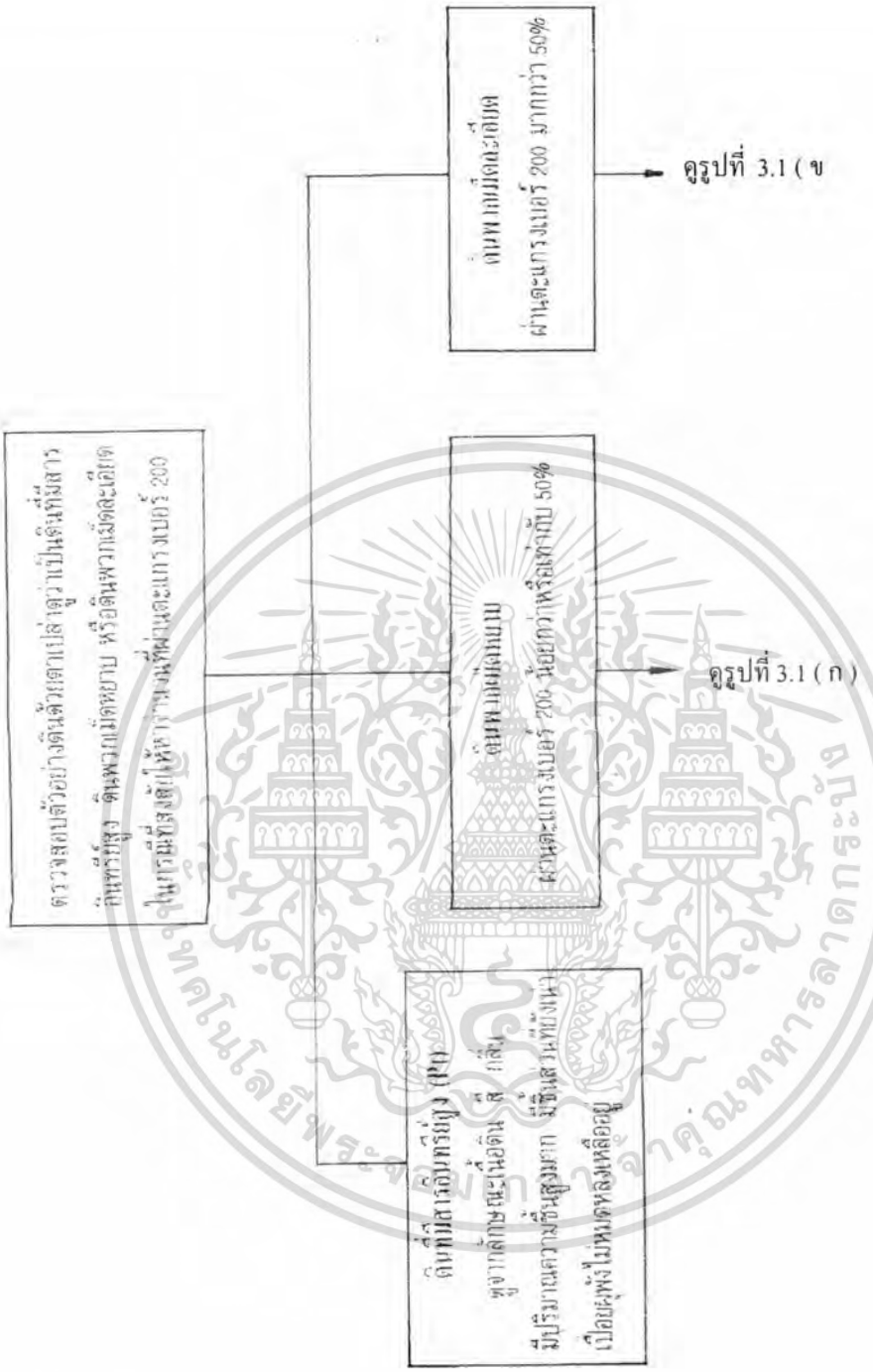
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

84466

ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดิน โดยระบบ Unified( มณเฑียร กังศศิเทียม, 2547 )

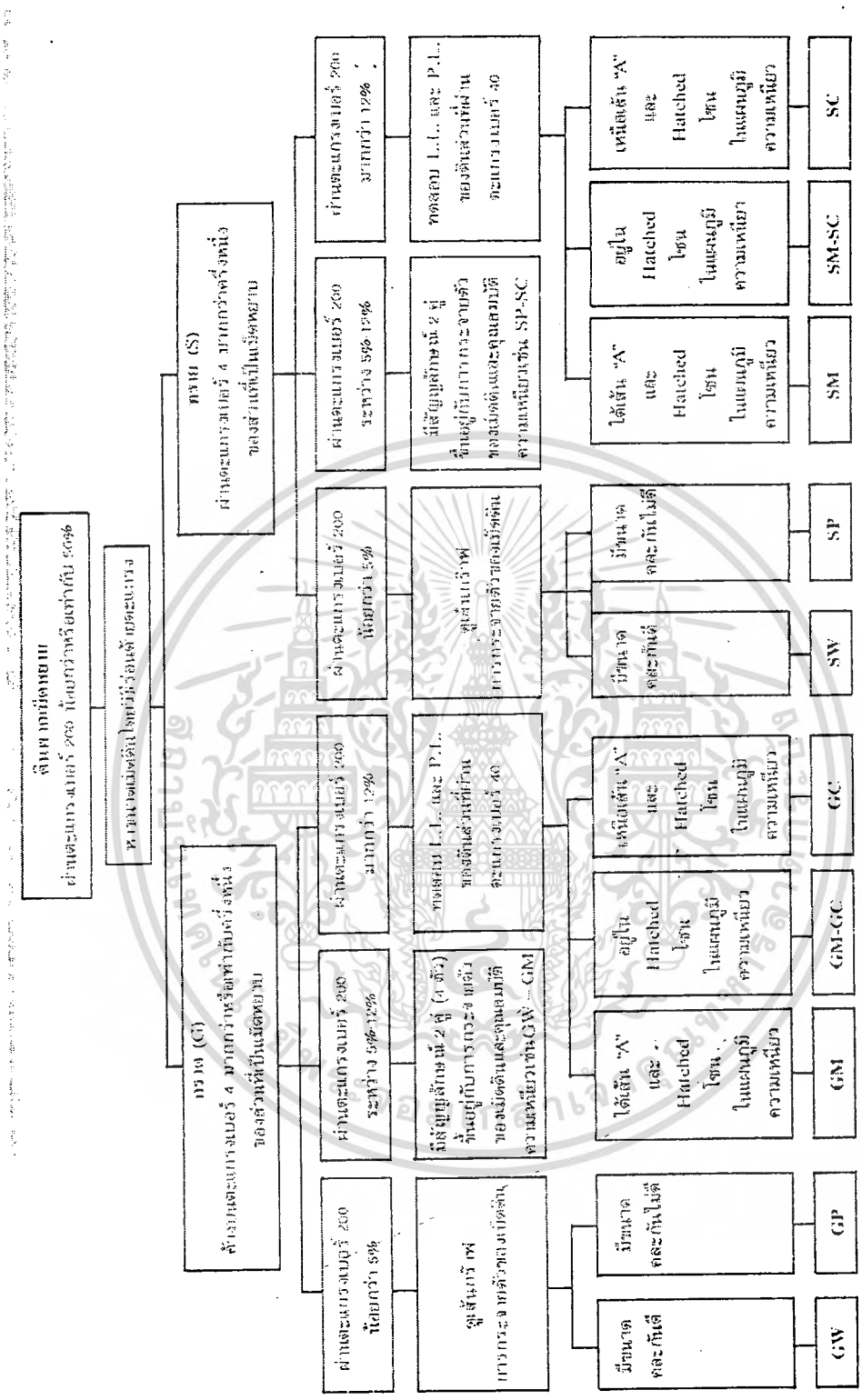
| สัญลักษณ์ | ลักษณะดิน | ย่อมาจาก |
|---|---|---|
| G | พวกกรวด | Gravel |
| S | พวกทราย | Sand |
| M | พวกตะกอนทราย | Mo = Silt |
| C | พวกดินเหนียว | Clay |
| O | พวกสารอินทรีย์ | Organic |
| Pt | มีสารอินทรีย์สูง | Peat |
| W | มีขนาดคละกันดี | Well graded |
| P | มีขนาดคละกันไม่ดี | Poorly graded |
| L | L.L. น้อยกว่า 50% | Low Liquid Limit |
| H | L.L. มากกว่า 50% | High Liquid Limit |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified
( มณเฑียร กังศศิเทียม, 2547 )

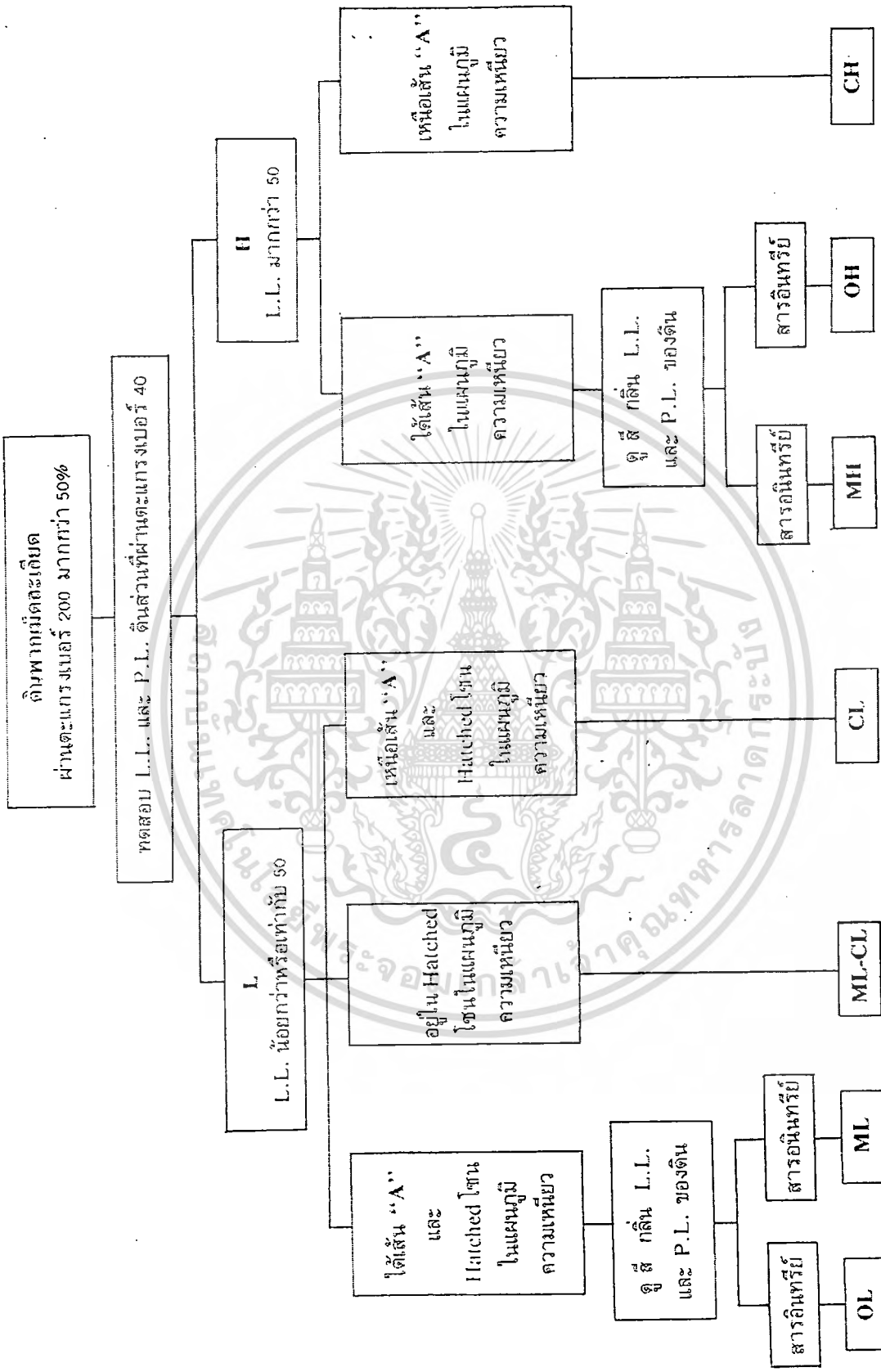
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ( ก. ) แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินเม็ดหยาบ

( มณเฑียร กังศศิเทียม, 2547 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

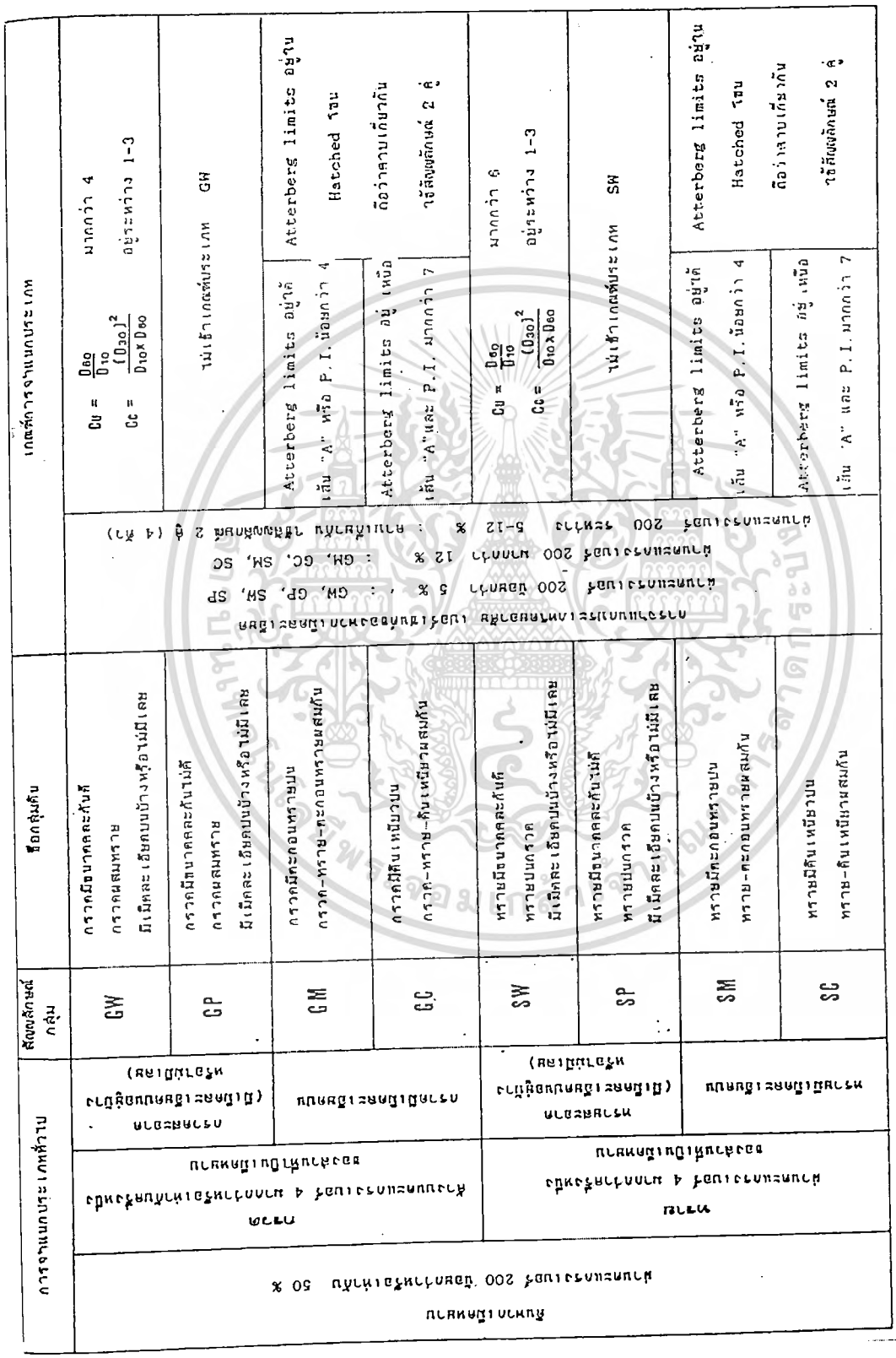



รูปที่ 3.1 ( ข ) แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินเม็ดละเอียด
( มณเฑียร กังศศิเทียม, 2547 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินเม็ดหยาบ

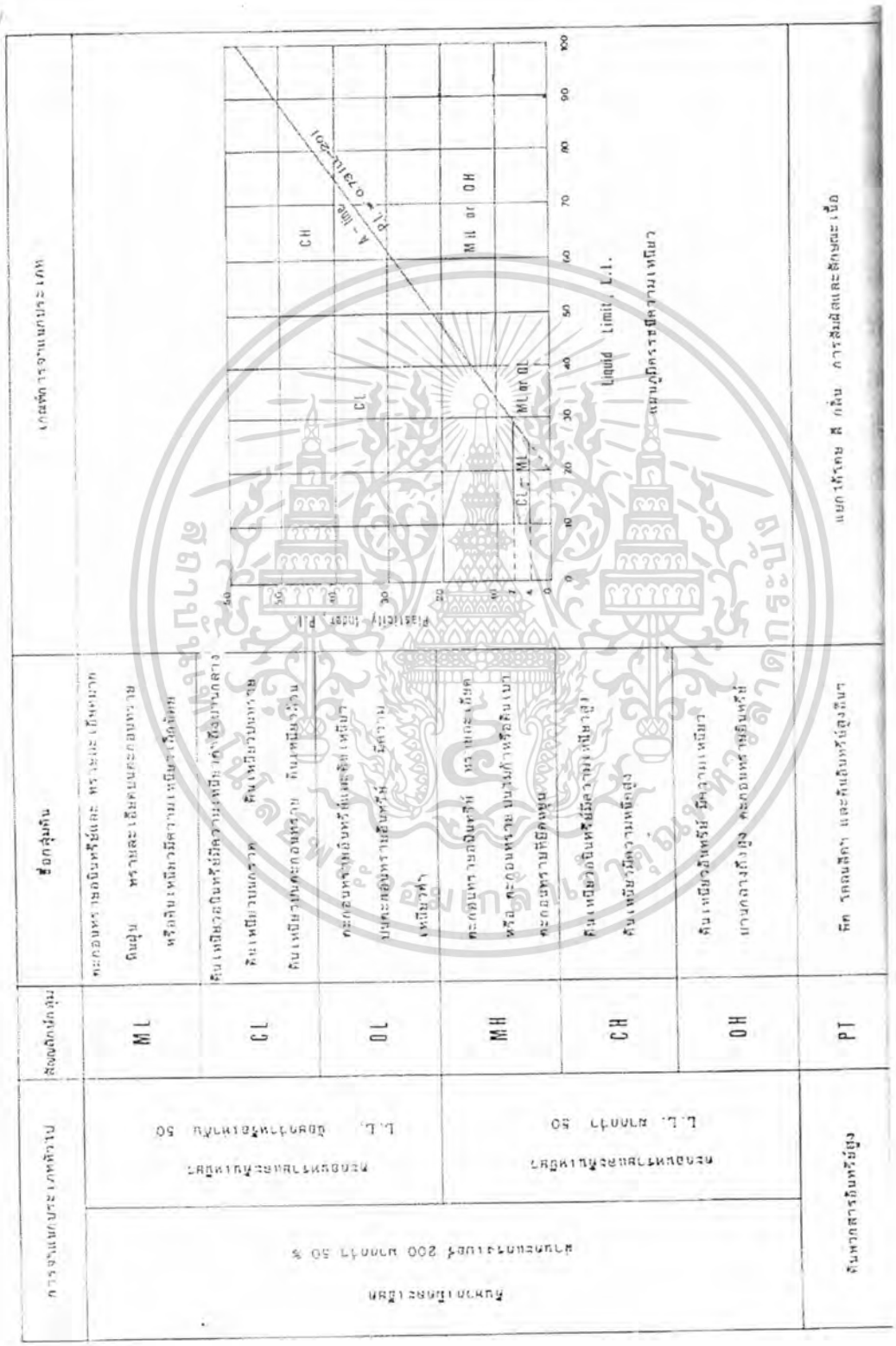
( มณเฑียร กังศศิเทียม, 2547 )




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินเม็ดละเอียด

( มณเฑียร กังศศิเทียม, 2547 )




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเค็มของดินและน้ำใต้ดิน

ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีประมาณ 17.8 ล้านไร่ จากการสำรวจโดยใช้ภาพดาวเทียมใน พ.ศ. 2518 และ 2519 พบว่ามีพื้นที่ดินเค็มในจังหวัดนครราชสีมา ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีษะเกษ ยโสธร อุบลราชธานี สกลนคร หนองคาย อุดรธานี และนครพนม

### 3.3.1 ลักษณะพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลักษณะของดินเค็มที่สังเกตได้คือ จะเห็นขุยเกลือขึ้นตามผิวดินและมักเป็นที่ว่างเปล่าไม่มีเกษตรกรรม หรือถ้าไม่เห็นขุยเกลือขึ้นก็จะเป็นที่ว่างเปล่า ไม่มีพืชอื่นขึ้นได้ยกเว้นวัชพืชที่ชอบเกลือ เช่น หนามแดง หรือ วัชพืชทนเค็ม เช่น หนามปี เป็นต้น พื้นที่ดินเค็มจัดบางแห่งมีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ตื้นประมาณ 1-2 เมตร จากผิวดิน ลักษณะของดินเค็มอีกประการหนึ่งคือ ความเค็มจะไม่มีความสม่ำเสมอกันในพื้นที่เดียวกัน และความเค็มจะเปลี่ยนไปสะสมในชั้นของดินต่างๆ ไม่เท่ากันตามฤดูกาล ในฤดูฝนเกลือจะถูกชะล้างไปสะสมที่ชั้นล่างของดิน ในฤดูแล้งเกลือจะระเหยขึ้นมากับน้ำสะสมอยู่ที่ดินชั้นบนสลับกันด้วยเหตุที่ลักษณะเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย การขึ้นลงของเกลือตามชั้นของดินจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่มีลักษณะเป็นดินเหนียว ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความเค็มไม่สม่ำเสมอกันมากกว่าดินเค็มชายทะเล เพราะความซาบซึมน้ำดีกว่าจึงเปลี่ยนทิศทางการไหลและการสะสมของเกลือได้เร็วกว่า นอกจากนี้ดินเค็มบางแห่งมีสภาพเป็นกรดก็จะมีปัญหาเกี่ยวกับธาตุอะลูมินัมเพิ่มเติมอีก ถ้ามีการจัดการดิน และน้ำให้พื้นที่ดินเค็มไม่ดีพอ หรือทำโดยไม่ถูกวิธีจะทำให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายดินเค็มอย่างรุนแรงได้ เช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ดินเค็มและการทำลายป่าในบริเวณที่เป็นแหล่งแพร่กระจายเกลือ

ปัญหาโดยทั่วไปของเกษตรกรในเขตดินเค็ม คือ ปลูกพืชไม่ได้ ผลผลิตต่ำ พืชบางชนิดที่ขึ้นได้ก็จะมีลักษณะบางอย่างเปลี่ยนแปลงไป เช่น ใบหนาขึ้น มีสารพวกไขเคลือบหนาขึ้น พืชบางชนิดก็ใบไหม้ พืชส่วนมากที่ปลูกในดินเค็มให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำมาก ต้นข้าวในแปลงนาที่เป็นดินเค็มจะมีการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอกัน ต้นแคระแกร็น ไม่แตกกอ ใบแสดงอาการซีดขาว แล้วไหม้ตายไปในที่สุด ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีแหล่งกำเนิดมาจากสาเหตุใหญ่ๆ ดังนี้

1. ชั้นหินเกลือในหน่วยหินมหาสารคาม พบบริเวณตอนกลางของแอ่งสกลนคร และแอ่งโคราช ชั้นหินเหลือนี้อยู่ลึกห่างจากผิวดินมาก เกลือไม่สามารถซึมผ่านขึ้นมาบนผิวดินได้โดยแรงดึงดูดของน้ำ แต่ส่วนใหญ่จะขึ้นมาปรากฏด้วยวิธีการทำเหมืองเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การผุพังสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินทรายและหินดินดาน ที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบอยู่ไม่ห่างจากผิวดินมากนัก ในฤดูฝนจะถูกละลายชะล้างโดยน้ำ เมื่อน้ำระเหยออกมาจะเห็นคราบเกลือตามผิวดินในฤดูแล้ง

3. น้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ระดับตื้นใกล้ผิวดิน ส่วนน้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ลึกจากดินนั้นจะถูกสูบขึ้นมาตากหรือต้มเพื่อทำเกลือ

**3.3.2 ลักษณะการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็ม**

น้ำเป็นตัวการสำคัญในการแพร่กระจายดินเค็ม ลักษณะที่สำคัญของดินเค็มคือการที่อยู่ในสภาพไม่คงที่มีการเคลื่อนที่อยู่เสมอตามสภาพการเคลื่อนที่ของน้ำ เมื่อพบกับสารประกอบเกลือซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ ก็จะนำพาไปตามส่วนต่างๆ และก่อให้เกิดปัญหาแก่พื้นที่บริเวณต่างๆ การแพร่กระจายแบ่งออกได้จากสาเหตุการกระทำของมนุษย์และสาเหตุจากธรรมชาติ

ก. สาเหตุจากธรรมชาติ

1. หินหรือแร่สลายตัวหรือผุพังและเปลี่ยนคุณสมบัติไป โดยขบวนการทางเคมี และทางกายภาพ ก็จะทำให้มีเกลือต่างๆ เกิดขึ้นมา เกลือเหล่านี้อาจสะสมอยู่กับที่หรือสลายตัวไปกับน้ำแล้วซึมลงสู่ชั้นล่างแล้วกลับขึ้นมาสะสมอยู่บนดินชั้นบนอีก โดยน้ำที่ซึมขึ้นมานั้นได้ระเหยแห้งไปโดยใช้แสงแดดหรือถูกพืชนำไปใช้

2. มีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ระดับตื้นใกล้ผิวดิน เมื่อน้ำนี้ซึมขึ้นบนดินก็จะนำเกลือขึ้นมาด้วย ภายหลังจากที่น้ำระเหยแห้งไปแล้วก็จะทำให้มีเกลือเหลือสะสมอยู่บนดินได้

3. บางแห่งเป็นที่ต่ำ เป็นเหตุให้น้ำไหลลงไปรวมกัน น้ำแหล่งนี้ส่วนมากจะมีเกลือละลายอยู่ด้วย เมื่อน้ำระเหยไปจะมีเกลือสะสมอยู่ พื้นที่แห่งนั้นอาจเป็นหนองน้ำ หรือทะเลสาบมาก่อนก็ได้

ข. สาเหตุจากมนุษย์

1. การทำนาเกลือ ทั้งวิธีการสูบน้ำเค็มขึ้นมาตาก หรือวิธีการขูดคราบเกลือจากผิวดินมาต้ม เกลือที่อยู่ในน้ำทิ้งจะมีปริมาณมากพอที่ทำให้พื้นที่บริเวณใกล้เคียงกลายเป็นพื้นที่ดินเค็มหรือแหล่งน้ำเค็มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสร้างอ่างเก็บน้ำบนดินเค็ม หรือมีน้ำใต้ดินเค็ม จะทำให้อ่างเก็บน้ำนั้นและพื้นที่รอบๆ อ่างกลายเป็นน้ำเค็มและดินเค็ม เนื่องจากการยกระดับของน้ำใต้ดินที่เค็มขึ้นมาใกล้เคียงกับระดับน้ำในอ่างหรือใกล้ผิวดิน

3. การตัดไม้ทำลายป่า หรือการปล่อยพื้นที่บริเวณที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายเกลือให้ว่างเปล่า ทำให้เกิดดินเค็มแพร่ไปในบริเวณเชิงเนิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนาข้าว

4. เกิดขึ้นจากการใช้น้ำชลประทาน น้ำชลประทานจากแหล่งต่างๆ ย่อมมีเกลือละลายอยู่เป็นจำนวนมากน้อยต่างๆ กัน ดังนั้นการใช้น้ำชลประทานควรจะต้องมีความระมัดระวังให้ดี การตรวจดินอยู่เรื่อยๆ จะทำให้ไม่เกิดดินเกลือได้ และจะต้องพิจารณาอย่างยิ่งประกอบด้วย เช่น คุณภาพของน้ำ ปริมาณของน้ำที่พืชใช้ และอื่นๆ การระบายน้ำของดิน ชนิดของดิน พืชที่จะปลูก เป็นต้น เกลือจะมีการสะสมอยู่ในดินมากน้อยและรวดเร็วแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ หรือปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำและปริมาณน้ำที่ทดเข้าไปในไร่นาด้วย กรณีที่มีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ไม่ลึกนัก เมื่อมีการใช้น้ำชลประทานก็จะไปยกระดับน้ำเค็มให้ใกล้ผิวดิน ทำให้เกิดดินเค็ม

การจำแนกดินเค็ม

ดินเค็ม คือ ดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช ดินเค็มที่พบโดยทั่วๆ ไป จำแนกได้ตามคุณสมบัติทางเคมีได้ดังนี้

• ดินเค็ม (saline soil) คือ ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำสูงกว่า 2 เดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) ที่อุณหภูมิ 25°C เปอร์เซ็นต์ ของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) น้อยกว่า 15 และ pH มักจะน้อยกว่า 8.5 เกลือที่พบมักเป็นเกลือคลอไรด์และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

• ดินโซดิก หรือ ดินด่าง (sodic soil) คือดินที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) มากกว่า 15 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำต่ำกว่า 2 dS/m ที่ 25°C มีค่า pH ที่วัดได้ อยู่ระหว่าง 8.5-10.0 มักพบในเขตกึ่งแห้งแล้งและเขตแห้งแล้ง เกลือที่พบมักเป็นเกลือคาร์บอเนตของโซเดียมซึ่งก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคดิน ทำให้ดินเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะกับการเคลื่อนที่ของน้ำและการไถพรวน นอกจากนี้การเคลื่อนย้ายของเกลือที่มากเกินไปจะเพิ่มการละลายของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ทำให้ pH เพิ่มขึ้น ในดินด่างจัดจะเกิดการฟุ้งกระจายและการละลายของอินทรียวัตถุออกมาที่ผิวดินโดยการระเหยทำให้เกิดเป็นสีดำขึ้น ถ้ามีเวลามากเพียงพอ สัณฐานของดินจะถูกพัฒนาไป เพราะบางส่วนของอนุภาคดินเหนียวที่อิ่มตัวด้วยโซเดียมจะเกิดการฟุ้งกระจายอย่างรุนแรงและอาจเคลื่อนที่ไปสะสมในดินล่าง ส่งผลให้ดินบนมีเนื้อหยาบร่วน แต่คุณสมบัติในการที่จะยอมให้น้ำผ่านของดินล่างลดลง อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างดิน เช่น columnar และ prismatic structure อย่างไรก็ตามดินโซดิก ไม่จำเป็นต้องมี pH สูง เช่น ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อเมริกาตะวันตก ดินมีค่า ESP มากกว่า 15 แต่มีค่า pH ต่ำกว่า 6 ทั้งนี้เนื่องจากการที่มี exchangeable hydrogen แต่คุณสมบัติทางกายภาพของดินก็ยังถูกควบคุมโดยโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้และก็ยังจัดว่าเป็นดินโซดิก นอกจากนี้จะเกิดความไม่สมดุลของธาตุโดยเฉพาะความเป็นพิษของ B และ Mo หรือการขาดธาตุสังกะสี เป็นต้น

การวัดความเค็มของดินสามารถใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity meter) วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินขณะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกอาจใช้อัตราส่วนของดินต่ำ เช่น 1 : 2 หรือ 1 : 5 ซึ่งในการรายงานจะต้องระบุอัตราส่วนของดินต่อน้ำด้วยเสมอ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) นั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้แล้วยังขึ้นกับอุณหภูมิขณะที่วัดด้วย จึงต้องใช้ค่าที่วัดที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}$C เป็นมาตรฐาน ค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ต่อองศาเซลเซียสที่สูงขึ้น

ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สกัดได้จากดินขณะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) นำมาใช้ประเมินปริมาณเกลือและอิทธิพลของเกลือในดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชพอสังเขปดังนี้

ตารางที่ 3.5 ระดับความเค็มของดินที่มีอิทธิพลต่อพืช (U.S. Soil Salinity Laboratory Staff 1954)

| ECe (dS/m) | เกลือในดิน (%) | ระดับความเค็มของดิน | อิทธิพลต่อพืช |
|---|---|---|---|
| 2 | < 0.1 | ไม่เค็ม | ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช |
| 2 – 4 | 0.10 – 0.2 | เค็มเล็กน้อย | มีผลต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม |
| 4 – 8 | 0.2 – 0.4 | เค็มปานกลาง | มีผลต่อพืชหลายชนิด |
| 8 – 16 | 0.4 – 0.8 | เค็มมาก | พืชทนเค็มเท่านั้นที่ยังเจริญเติบโตได้ดี |
| 16 | > 0.8 | เค็มจัด | พืชทนเค็มน้อยชนิดมากที่เจริญเติบโตได้ |

การวัดค่า ESP ต้องวิเคราะห์หาค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อน ดังนั้นจึงน่าจะใช้ค่า SAR (Sodium Absorption Ratio) แทน ซึ่งมีความสัมพันธ์ ESP

• ดินเค็มน้อย หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดินประมาณ 0.1 – 0.15 เปอร์เซ็นต์ วัดด้วยเครื่องมือวัดความเค็มได้ 2 – 4 เดซิซีเมนต่อเมตร พืชที่ไม่ทนเค็มจะเริ่มแสดงอาการ เช่น การเจริญเติบโตลดลง ใบสีเข้มขึ้น ใบหนาขึ้น ปลายใบไหม้ ปลายใบม้วนงอ ผลผลิตลดลง แต่พืชทนเค็มบางชนิดสามารถขึ้นได้ตามปกติ เช่น คื่นฉ่าย ผักกาด แตงร้าน มะม่วง ส้ม กล้วย ฯลฯ

• ดินเค็มปานกลาง หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดินประมาณ 0.15 – 0.35 เปอร์เซ็นต์ วัดด้วยเครื่องมือวัดความเค็มได้ 4 – 8 เดซิซีเมนต่อเมตร พืชสามัญธรรมดาโดยทั่วๆ ไปจะแสดงอาการบ้าง

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามมิให้ทำการคัดลอก ดัดแปลง เผยแพร่ หรือกระทำการใดๆ ที่ก่อให้เกิดการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็กน้อย เนื่องจากความเค็มในดิน ดังนั้นก่อนมีการปลูกพืชจึงต้องมีการปรับปรุงบำรุงดินเสียก่อนด้วยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยพืชสด แต่ก็มีพืชบางชนิดที่สามารถทนต่อสภาพดินที่มีความเค็มปานกลางนี้ได้ เช่น ข้าวโพด หอมใหญ่ ผักกาดหอม แตงโม สับปะรด ผักชี มะกอก แค

• ดินเค็มมาก หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดินประมาณ 0.5 – 1.0 เปอร์เซ็นต์ วัดด้วยเครื่องมือวัดความเค็มได้ 8 – 16 เดซิซีเมนต่อเมตร มีพืชบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ พืชที่สามารถทนต่อสภาพดินที่มีความเค็ม 0.5 – 0.7% หรือ 8 – 12 เดซิซีเมนต่อเมตร ได้แก่ ผักกาดหอม มะเขือเทศ ข้าวพันธุ์ที่ทนเค็ม มันเทศ ขี้เหล็ก มะม่วงหิมพานต์ พืชที่ทนต่อสภาพดินที่มีความเค็ม 0.75-1.0 เปอร์เซ็นต์ หรือ 12-16 เดซิซีเมนต่อเมตร ได้แก่ หน่อไม้ฝรั่ง คะน้า ผักบุ้งจีน ชะอม ฝ้าย ละมุด พุทรา มะขาม สะเดา สน และพืชที่ขึ้นได้ในพื้นที่มีสภาพความเค็มมากกว่า 1% หรือมากกว่า 16 เดซิซีเมนต่อเมตร ได้แก่ พืชชอบเกลือ เช่น ชะคราม สะเม็ด แสม โกงกาง จัดอยู่ในจำพวกทนเค็มจัด

### 3.3.3 ลักษณะชั้นเกลือใต้ผิวดิน

ชั้นเกลือหินใต้ดินในภาคอีสานมีอยู่ในแอ่งอุดร-สกลนคร และแอ่งโคราช-อุบล โดยทั่วไปจะอยู่ลึกไม่เกินกว่า 1000 เมตรจากระดับผิวดิน ชั้นเกลือหินนี้คือหมวดหินมหาสารคามซึ่งวางตัวอยู่บนหมวดหินโคกกรวด และอยู่ใต้หมวดหินภูทอก ซึ่งมีอิทธิพลต่อลักษณะการวางตัวของชั้นเกลือหินใต้ดิน คือ การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกในระหว่างและภายหลังการสะสมตัวของชั้นเกลือหิน และการเคลื่อนตัวทั้งในแนวระนาบและแนวดิ่งของเกลือหินชั้นล่างสุด ลักษณะชั้นเกลือหินเหล่านี้แบ่งตามรูปร่างได้ คือ พวกที่มีลักษณะเป็นชั้น โดมเกลือหิน และชั้นเกลือหินคดโค้งแทรกดัน

ก. พวกที่มีลักษณะเป็นชั้น

แบ่งออกได้เป็นพวกที่วางตัวในแนวระนาบ ซึ่งมีทั้งที่อยู่ในระดับตื้น และที่อยู่ในระดับลึกจากผิวดินกับพวกที่วางตัวเอียงเท

(1) พวกที่วางตัวในแนวระนาบอยู่ในระดับตื้น หมายถึง กลุ่มของชั้นเกลือหินซึ่งวางตัวในแนวระนาบ และส่วนบนสุดของชั้นเกลือหินจะอยู่ไม่ลึกนักจากระดับผิวดิน อาจจะมีชั้นเกลือหินครบทั้ง 3 ชั้น หรือมีชั้นกลางกับชั้นล่าง แต่โดยทั่วไปแล้วพวกนี้จะมีเกลือหินชั้นล่างเพียงชั้นเดียว ตัวอย่างเช่น ใน Seismic พบว่ามีเฉพาะเกลือหินชั้นล่าง และอยู่ลึกจากระดับผิวดินประมาณ 70 เมตร และ 170 เมตร ตามลำดับ เกลือหินชั้นกลางและชั้นบนได้ถูกกัดเซาะหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) พวกที่วางตัวในแนวระนาบอยู่ในระดับลึก หมายถึงชั้นเกลือหินจะอยู่ลึกจากระดับผิวดิน และจะมีเกลือหินครบทั้ง 3 ชั้น ตัวอย่างเช่นใน Seismic ซึ่งจะพบชั้นเกลือหินที่ความลึกจากระดับผิวดินประมาณ 700 เมตร และ 550 เมตรตามลำดับ วางตัวในแนวเกือบจะระนาบ หรือคดโค้ง หรือมีรอยเลื่อนตัดผ่านเนื่องจากการเคลื่อนตัวของเกลือชั้นล่างสุด

(3) พวกที่วางตัวเอียงเท หมายถึงชั้นเกลือหินจะวางตัวเอียงเททำมุมกับชั้นหินที่ปิดทับอยู่ข้างบน โดยส่วนหนึ่ง หรือทั้งหมดของชั้นเกลือหินที่อยู่ตื้นจะถูกกัดเซาะหายไป ตัวอย่างเช่นใน Seismic และบริเวณที่จะพบลักษณะเช่นนี้ ได้แก่ บริเวณระหว่างขอบแอ่ง และกลางแอ่ง

ข. โดมเกลือหิน

เป็นเกลือหินที่ปูดแทรกดันขึ้นมา ซึ่งมีเห็นทั้งที่เป็นรูปร่างคล้ายหมอน และรูปร่างเหมือนทรงกระบอก และส่วนยอดของโดมก็มีทั้งที่อยู่ลึก และอยู่ตื้นจากระดับผิวดินขนาดที่เห็นได้ใน Seismic ก็แตกต่างกัน โดมเกลือหินเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนตัวขึ้นสู่ที่สูงในแนวดิ่งของเกลือชั้นล่างสุด และมักจะพบมากในบริเวณกลางแอ่ง ตัวอย่างเช่นใน Seismic แนว โดมเกลือหินตัวใหญ่ที่ข้างซ้ายกว้างประมาณ 2.5 กิโลเมตร ส่วนยอดของโดมเกลือหินนี้ อยู่ใกล้กับผิวดินมาก คาดว่าเพียงไม่กี่สิบเมตร โดมเกลือหินตัวเล็กข้างขวากว้างประมาณ 1 กิโลเมตร ส่วนยอดของโดมเกลือหินนี้คาดว่าจะอยู่ลึกจากระดับผิวดินประมาณ 540 เมตร ระหว่างโดมเกลือหินทั้งสองนี้ จะเห็นเป็นโดมเกลือหินที่ค่อนข้างราบยาวมีรูปร่างคล้ายหมอน โดมเกลือหินที่ปูดขึ้นมาอยู่ใกล้กับผิวดินมากๆ มักจะทำให้ระดับผิวดินในบริเวณนั้นต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียงหรือเป็นที่ลุ่ม ทั้งนี้คาดว่าเนื่องจากน้ำใต้ดินละลายเอาเกลือหินส่วนที่ปูดขึ้นมาอยู่ใกล้กับระดับผิวดินออกไป จึงก่อให้เกิดการยุบตัวลงของชั้นดิน และหินที่อยู่ข้างบน แต่ก็มิได้หมายความว่าในบริเวณที่ลุ่มจะแสดงถึงบริเวณยอดของโดมเกลือหินที่อยู่ใกล้ระดับผิวดินในทุกกรณี

ค. ชั้นเกลือหินคดโค้งแทรกดัน

ชั้นหินต่างๆ ของหินชุดมหาสารคาม ก่อตัวเป็นชั้นหินคดโค้งตลบทับทำให้ชั้นเกลือหินพุ่งขึ้นใกล้กับผิวดินและถูกทำลายโดยน้ำบาดาลละลายอยู่ตามผิวหน้าดิน และลึกลงไปอยู่โดยทั่วไป ชั้นหินดังกล่าวได้ข้อมูลจากการเจาะสำรวจโพแทช และเกลือหินในบริเวณอำเภอนาเชือก และโครงสร้างชั้นหินคดโค้งตลบทับ ได้จากการแปลและเปรียบเทียบชั้นหิน จากหลุมเจาะต่างๆ ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.4 กำเนิดของน้ำบาดาล

น้ำบาดาลมีกำเนิดมาจากน้ำฝน น้ำฝนถือว่าเป็นต้นกำเนิดของแหล่งน้ำธรรมชาติทุกชนิด มีความบริสุทธิ์สูงที่สุด สามารถทำคุณประโยชน์อย่างมหาศาลให้แก่มวลมนุษย์ และสรรพสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อาศัยอยู่ในโลก กล่าวได้ว่าถ้าหากขาดน้ำฝนเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ก็จะไม่มีสิ่งมีชีวิตใดดำรงอยู่ได้ ในทางตรงข้าม ถ้าน้ำฝนมีปริมาณมากเกินไปก็จะนำมาซึ่งความหายนะได้เช่นกัน เช่นฝนตกหนักเกิดภาวะน้ำท่วมฉับพลัน ดังที่เคยเป็นข่าวให้เห็นอยู่โดยทั่วไป ฉะนั้นมนุษย์ในยุคปัจจุบันจึงพยายามปรับสภาพความเป็นอยู่ให้สอดคล้องกับธรรมชาติ เช่นติดตามสภาพดินฟ้าอากาศจนสามารถทำนายได้ทันทีว่า บริเวณนั้นมีสภาพภูมิอากาศเป็นเช่นไร ทั้งนี้โดยการติดตั้งสถานีตรวจอากาศ ซึ่งโดยทั่วๆ ไปจะทำการตรวจวัดค่าต่างๆ เหล่านี้ คือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำระเหย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันอากาศ ความเร็วลม เป็นต้น และเฉพาะสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ติดตั้งไว้ตามจุดต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขณะนี้จำนวน 95 สถานี ซึ่งเมื่อรวมถึงสถานีตรวจอากาศขนาดย่อมของหน่วยงานอื่นๆ ด้วยแล้ว จะมีไม่น้อยกว่า 100 สถานี ความสำคัญของสถานีตรวจอากาศเหล่านี้ ไม่เพียงแต่จะเอื้ออำนวยเพื่อทราบถึงสภาพการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศเท่านั้น หากแต่ให้ประโยชน์อเนกอนันต์ ต่อการวางแผนงานพัฒนาด้านอื่นๆ ด้วย เช่น การออกแบบสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ การวางแผนป้องกันน้ำท่วม การวางแผนการเพาะปลูกพืช ผลทางเกษตร การวางแผนป้องกันสภาพน้ำเสีย อากาศ และสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ และแม้กระทั่งการวางแผนการพัฒนาตลอดจนอนุรักษ์แหล่งน้ำใต้ดินด้วยเช่นกัน ฉะนั้น จึงควรเข้าใจลักษณะของดินฟ้าอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือไว้ในเบื้องต้น ทั้งนี้เพราะเป็นแหล่งน้ำที่มีผลต่อการกำเนิดน้ำบาดาลโดยตรง

สภาพของภูมิอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (Tropical Savana) การกระจายตัวของฝนในภูมิภาคนี้ขึ้นอยู่กับลมประจำ ที่พัดผ่าน 3 ชนิด คือลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นลมหนาวจากประเทศจีน พัดเข้ามาในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ไม่มีอิทธิพลให้ฝนตกมากนัก ส่วนลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นลมที่พัดพาฝนมาจากมหาสมุทรอินเดียเข้ามาตกในพื้นที่ระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนตุลาคม ทำให้ฝนตกหนัก หรือหนักมาก ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ แต่จะอ่อนกำลังลงเมื่อพัดผ่านเทือกเขาเพชรบูรณ์เข้าสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนลมฝนชนิดสุดท้ายคือพายุดีเปรสชั่นหรือพายุหมุน เป็นพายุฝนที่เคลื่อนตัวมาจากทะเลจีนใต้ทางอ่าวตังเกี๋ย ผ่านประเทศเวียดนามสู่สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวแล้วจึงเข้าสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจะมีผลทำให้ฝนตกหนักหรือหนักมากเป็นบริเวณกว้าง ช่วงเวลาที่พัดผ่านอยู่ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงเดือนกันยายน พายุฝนชนิดนี้มักมีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น แนนซี่ แคร่ และมักจะทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมฉับพลัน สร้างความเสียหายแก่เกษตรกรเสมอๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณฝนตก จากการตรวจสอบติดตามปริมาณน้ำฝนที่ตกในคาบ 16 ปี (พ.ศ. 2510-2526) สามารถจำแนกปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้เป็นสองลักษณะคือ บริเวณที่ฝนตกเฉลี่ยมากกว่าปีละ 1,600 มิลลิเมตร ได้แก่พื้นที่จังหวัดหนองคาย สกลนคร นครพนม มุกดาหาร อุบลราชธานี และบางส่วนทางตอนใต้ของจังหวัดศรีสะเกษ หรือเป็นพื้นที่ทางด้านเหนือ ด้านตะวันออก และตะวันออกเฉียงใต้ของภาค และบางแห่งในจังหวัดหนองคาย-นครพนม มีปริมาณฝนตกมากกว่าปีละ 3,200 มิลลิเมตร สำหรับบริเวณที่เหลือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีฝนตกน้อยกว่า 1,600 มิลลิเมตร แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในเกณฑ์ 1,500 มิลลิเมตร ยกเว้นบางบริเวณ เช่น เขตเมืองชัยภูมิ 1,368 มิลลิเมตร เขตเมืองมหาสารคาม 1,105 มิลลิเมตร เขตเมืองยโสธร 1,014 มิลลิเมตร และเขตเมืองนครราชสีมา 1,216 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม พื้นที่ที่พบว่ามีความแห้งแล้งกันดารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น ทุ่งกุลาร้องไห้ วัดปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบริเวณอำเภอเกษตรวิสัยได้ 1,700 มิลลิเมตร และมีเกณฑ์เฉลี่ยประมาณ 1,600 มิลลิเมตร ซึ่งนับว่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นๆ ของประเทศที่เขียวชอุ่ม ฉะนั้นสภาพความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงมิใช่มาจากสาเหตุเพราะฝนน้อย หากแต่ขึ้นอยู่กับความสามารถของชั้นดินชั้นหินว่าสามารถอุ้มน้ำไว้ใช้ประโยชน์ได้ยาวนานตลอดปีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของดินว่ามีสารอินทรีย์-อนินทรีย์ เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชเพียงไร ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชผลที่เพาะปลูกนั้นเหมาะสมกับสภาพดินแค่ไหน หรือแม้กระทั่งขึ้นอยู่กับความชื้นของดินและระดับของน้ำบาดาล ฯลฯ

น้ำบาดาลนับว่าเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติอีกประเภทหนึ่ง ที่นักพัฒนามักจะมองข้ามความสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาในพื้นที่เขตเมืองหรือชนบท เช่นการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมหมู่บ้านจัดสรร การเจาะและพัฒนาน้ำบาดาลดังที่กรมทรัพยากรธรณีได้ดำเนินการในภูมิภาคนี้มีตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2497 จนถึงปัจจุบันมีบ่อบาดาลที่ดำเนินการเจาะได้ผลไปแล้ว 15,486 บ่อ รวมกับบ่อบาดาลของหน่วยงานอื่นๆ อีกเป็น 24,566 บ่อ บ่อบาดาลเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของแหล่งน้ำที่สามารถบรรเทาภาวะ การขาดแคลนได้เป็นอย่างดี ทั้งเพื่อการเกษตรกรรมด้วยในบางบริเวณ อย่างไรก็ตาม ความเอื้ออำนวยทางธรรมชาติกลับมีข้อจำกัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าภาคอื่นๆ ของประเทศ พอที่จะสรุปได้ย่อๆ 3 ประการ คือ ความไม่สม่ำเสมอของฝน กล่าวคือ ถึงแม้ว่าจะมีฝนตกเป็นปริมาณมาก แต่เป็นพายุฝนที่พัดมาในช่วงสั้นๆ จึงทำให้ปริมาณน้ำฝนส่วนใหญ่ไหลลงสู่แม่น้ำอย่างรวดเร็ว ผลที่ตามมาคือเกิดความเสียหายน้ำท่วมอย่างฉับพลัน และสภาพความชื้นในดินต่ำ เกิดภาวะแห้งแล้งยาวนาน จากการสำรวจศึกษาพบว่าในปีหนึ่งๆ จะมีปริมาณน้ำฝนไหลเติมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลเพียง 3 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝนตลอดปี ประการที่สอง คือความสมบูรณ์ของอินทรียวัตถุในดินต่ำ ทั้งนี้เพราะดินมีกำเนิดมาจากหินและหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหินทรายเสียส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงมีสภาพดินปนทรายที่ขาดอินทรีย์เคมีมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ ที่สำคัญประการสุดท้ายคือคุณสมบัติทางธรณีวิทยา คือนอกจากพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะเป็นหินทรายแล้ว บริเวณที่ราบลุ่ม

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของภาคยังมีเกลือหินอยู่ที่ระดับตื้นๆ เกลือหินเหล่านี้ถือว่าเป็นอุปสรรคอันสำคัญที่ทำให้การพัฒนาพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอุปสรรค ทั้งการปรับปรุงคุณภาพดิน และคุณภาพของแหล่งน้ำบาดาล แนวทางการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือในขณะนี้ไม่ควรมองข้ามเกลือหิน ทั้งนี้เป็นเพียงการเรียนรู้เพื่อเข้าใจรูปร่างลักษณะและพฤติกรรมที่เห็นว่ามีผลต่อโครงการพัฒนาในด้านต่างๆ จึงขอฝากไว้ว่าหากมีวิธีการใดที่ไม่ให้เกลือหินไปเป็นอุปสรรคต่อดินเค็ม น้ำบาดาลกร่อย ก็นับว่าจะยังประโยชน์ให้กับราษฎรในภูมิภาคนี้ได้มหาศาล

### 3.3.5 การหาปริมาณเกลือในลำน้ำ ณ ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าการหาปริมาณเกลือในลำน้ำ ณ ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำ

| STA. | V (m/s) | A ($m^2$) | Q ($m^3/s$) | ค่าความเค็ม (g/kg) | ปริมาณเกลือ (g/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0.05 | 5.10 | 0.27 | 0.00 | 0.00 |
| A2 | 0.00 | 59.75 | 0.22 | 0.00 | 0.00 |
| A3 | 0.03 | 19.60 | 0.57 | 0.00 | 0.00 |
| A4 | 0.05 | 194.60 | 9.14 | 0.00 | 0.00 |
| A5 | 0.21 | 122.25 | 26.25 | 0.00 | 0.00 |
| A6 | 0.21 | 78.10 | 16.54 | 0.00 | 0.00 |
| B1 | 0.04 | 3.00 | 0.12 | 0.00 | 0.00 |
| B2 | 0.05 | 98.63 | 4.49 | 0.00 | 0.00 |
| C1 | 0.04 | 67.50 | 3.01 | 0.10 | 300.30 |
| C2 | 0.02 | 116.70 | 1.79 | 0.10 | 178.64 |
| D1 | 0.23 | 57.38 | 13.35 | 0.00 | 0.00 |
| D2 | 0.07 | 154.00 | 10.85 | 0.00 | 0.00 |
| E1 | 0.24 | 69.85 | 16.54 | 0.00 | 0.00 |
| E2 | 0.34 | 54.75 | 18.63 | 0.00 | 0.00 |
| E3 | 0.20 | 101.75 | 20.51 | 0.00 | 0.00 |
| E4 | 0.15 | 79.75 | 11.64 | 0.00 | 0.00 |
| F | 0.22 | 46.00 | 10.18 | 0.00 | 0.00 |
| G1 | 0.23 | 66.58 | 15.22 | 0.00 | 0.00 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ปริมาณเกลือ} = Q \times \rho_w \times \text{ค่าความเค็ม}$$

เมื่อ $Q$ = อัตราการไหล, หน่วยเป็นลูกบาศก์ต่อวินาที ($m^3/s$)

$\rho_w$ = ความหนาแน่นของน้ำ มีค่าเท่ากับ 998 $kg/m^3$

ค่าความเค็มมีหน่วยเป็น กรัมต่อกิโลกรัม

## 3.4 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ(Multiple Regression Analysis)

### 3.4.1 ความหมายของกรวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรหลายตัวแปร โดยประกอบด้วย

1.ตัวแปรตาม(Dependent variable) 1 ตัว ต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ซึ่งหมายถึง ตัวแปรสเกลแบบช่วง (Interval scale) หรือสเกลอัตราส่วน(ratio scale)

2.ตัวแปรอิสระ(Independent variables) หรือตัวแปรค้นเหตุ จำนวน k ตัว ($k \geq 2$) โดยตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว นี้อาจเป็นตัวแปรเชิงปริมาณทั้ง k ตัว หรือมีตัวแปรบางตัวเป็นตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรบางตัวเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มหรือตัวแปรเชิงคุณภาพก็ได้

### 3.4.2 การสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

จากสมการซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ k ตัวคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_k X_k + e$$

การใช้ตัวอย่างขนาด k ในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_k$ ด้วย $a, b_1, b_2, \ldots, b_k$ ตามลำดับด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่า $\beta_i$ ด้วย $b_i$ และประมาณค่า $\beta_0$ ด้วย a จะทำให้สมการคววามถดถอยเชิงพหุ

$$\hat{Y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots + b_k x_k$$

โดยที่ $\hat{Y}$= ค่าประมาณ หรือค่าพยากรณ์ของตัวแปรของ Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า $e = Y - \hat{Y}$ = ค่าคลาดเคลื่อนหรือความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์การประมาณ $\beta_i$ ด้วย $b_i$ และปริมาณ $\beta_0$ ด้วย a จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ซึ่งเป็นการหาค่า a , $b_1$ ,..., $b_k$ ที่ทำให้ $\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Yi- \hat{Y})^2$ = มีค่าต่ำสุด

### 3.4.3 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

1.เพื่อศึกษาว่าปัจจัยหรือตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่ส่งผลหรือมีอิทธพลต่อตัวแปรตาม

หรือกล่าวได้ว่า เพื่อศึกษาว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระใดบ้าง เช่น คาดว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนความพึงพอใจ คือ อายุ รายได้ และจำนวนครั้งที่มาใช้บริการ ในที่มีตัวแปรตามคือ คะแนนความพึงพอใจ (Y) ส่วนตัวแปรอิสระมี 3 ตัวคือ อายุ รายได้ และจำนวนครั้งที่เคยมาใช้บริการ สมการที่คาดไว้คือ คะแนนความพึงพอใจ = $a + b_1$อายุ + $b_2$รายได้ + $b_3$จำนวนครั้งที่มาใช้บริการ

2.เพื่อประมาณหรือพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม เมื่อทราบค่าตัวแปรอิสระ

จากวัตถุประสงค์ข้อแรก เมื่อตัดสินใจได้ว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม จะใช้สมการดังกล่าวพยากรณ์ตัวแปรตาม จากตัวอย่างเรื่องความพึงพอใจ เมื่อตรวจสอบความสัมพันธ์หรือทดสอบแล้ว พบว่าคะแนนความพึงพอใจไม่ขึ้นกับอายุ สมการแสดงความสัมพันธ์จะกลายเป็นคะแนนความพึงพอใจ = a+$b_1$รายได้+$b_2$จำนวนครั้งที่มาใช้บริการและจะใช้สมการดังกล่าวพยากรณ์หรือประมาณคะแนนความพึงพอใจของลูกค้า เมื่อทราบรายได้ และจำนวนครั้งที่ลูกค้ามาใช้บริการ

### 3.4.4 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

1. ค่าความคลาดเคลื่อน (error or residual : e) จะต้องมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์
2. ค่าแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนต้องคงที่
3. ค่าคลาดเคลื่อนที่ i และ j ต้องเป็นอิสระกัน
4. ตัวแปรอิสระกันต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน กรณีที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันจะเรียกว่าเกิดปัญหา Multicollinearity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

1. การพิจารณาว่าตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม

2. การสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ ถ้าคาดว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นจะได้สมการดังนี้

กรณีใช้ประชากร : $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_k X_k + e$

กรณีที่ใช้ตัวอย่าง : $\hat{Y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \ldots + b_k x x_k$

3. การใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (1- WAY ANOVA) ตรวจสอบความสัพันธ์ระหว่าง Y กับ $X_1, \ldots, X_k$ โดยตั้งสมการดังนี้

H0 : ตัวแปรตามไม่ขึ้นกับตัวแปนอิสระทั้ง k ตัว

H1 : ตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว

สถิติทดสอบ $F = \frac{\text{"MS Regression"}}{\text{"MS Error"}} = \frac{\text{"MS Regression"}}{\text{"MS Residual"}}$

ซึ่งค่า MS Regression และ MS Error ได้จากตาราง 1- WAY ANOVA ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.7 : 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย

| แหล่งแปรปรวน | องศาอิสระ<br>DF | ผลบวกกำลังสอง<br>SS | ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย<br>MS = SS/DF | F |
|---|---|---|---|---|
| ตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว | k | SS Regression | MS Regression | $\frac{\text{"MS Regression"}}{\text{"MS Residual"}}$ |
| ค่าความคลาดเคลื่อน | n-k-1 | SS Residual | MS Residual | |
| ผลรวม | n-1 | SS Total | | |

การสรุปผลการทดสอบ

- ถ้ายอมรับสมมติฐาน H0 แสดงว่าไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือตัวแปรตามไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวจึงไม่ต้องทำต่อในขั้นที่4

- ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน H0 (ยอมรับสมมติฐาน H1) แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือกล่าวได้ว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว จึงต้องทำการทดสอบต่อไปในขั้นที่ 4 ว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระครั้งละ 1 ตัว โดยต้องทำการทดสอบสมมติฐาน k ครั้ง สำหรับตัวแปรอิสระ k ตัว สำหรับการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X สามารถตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบได้ดังนี้

H0 : ตัวแปรตาม (Y) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวที่ i ($X_i$) ; i = 1,2 ,...,k

H1 : ตัวแปรตาม (X) ขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวที่ i ($X_i$)

สถิติทดสอบ $t = \frac{b_i - 0}{SE(b_i)}$

$SE(b_i)$ = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ $b_i$

การสรุปผลการทดสอบ

- ถ้ายอมรับสมมติฐาน H0 แสดงว่าตัวแปรตามไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระ $X_i$
- ถ้าปฏิเสธสมมตฐาน H0 แสดงว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระ $X_i$

ถ้า k = 10 และผลการทดสอบพบว่าจากตัวแปรอิสระ 10 ตัว มีเพียง 4 ตัวที่มีความสัมพันธ์กับ Y คือ $X_1, X_4, X_7, X_9$ สมการความถดถอยจะเป็น $\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_4 X_4 + b_7 X_7 + b_9 X_9$

5. ศึกษาระดับความสัมพันธ์

จากขั้นที่4 ทำให้ทราบว่ามีตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y จากนั้นจะต้องศึกษาระดับความสัมพันธ์ ในที่นี้จะใช้ $R^2$ หรือ Adjusted $R^2$ ในการหาระดับความสัมพันธ์ โดยที่

$$R^2 = \frac{\text{"SS Regression"}}{\text{"SS Total"}} \quad \text{และ} \quad 0 \le R^2 \le 1$$

- ถ้าค่า $R^2$ หรือ Adjusted $R^2$ มีค่าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระชุดนั้นมี ความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมาก
- แต่ถ้า $R^2$ หรือ Adjusted $R^2$ มีค่าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรอิสระชุดนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามหรือมีความสัมพันธ์น้อยมาก

6. การตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

สมการความถดถอยที่ดีจะต้องเป็นสมการที่ประกอบด้วยตัวแปรอิสระที่จะทำให้ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม Y ใกล้เคียงกับค่าจริงของ Y มากที่สุด

การเลือกตัวแปรอิสระ 4 เทคนิคดังนี้

6.1 Enter

เป็นวิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอย โดยผู้วิจัยจะต้องทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม โดยใช้ F test จากตาราง ANOVA และ t-test ผู้วิจัยจะต้องสรุปผลการทดสอบเองว่าควรจะมีตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม โดยใช้ผลการทดสอบ F – test และ t-test ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 Forward Selection

เป็นวิธีการพิจารณาว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามโดยจะเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยครั้งละ 1 ตัว ซึ่งจะทำการเลือกหลาย ๆ ครั้ง ในแต่ละครั้งจะเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการเพียง 1 ตัว โดยเลือกตัวแปรอิสระตัวที่ทำให้ความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y เพิ่มขึ้นมากที่สุด และจะหยุดนำตัวแปรอิสระเข้าสมการ

6.3 Backward Elimination

เป็นการเลือกตัวอย่างที่ตรงข้ามกับวิธี Forward Selection โดยจะทำการตัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีความสัมพันธ์กับ Y ออกจากสมการถดถอยครั้งละ 1 ตัว

6.4 Stepwise

เป็นการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการ โดยใช้หลักการทั้งวิธี Forward Selection และวิธี Backward Elimination ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ใช้หลัก Forward โดยเลือกตัวแปรอิสระที่สัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดและทดสอบแล้วพบว่ามีความสัมพันธ์จริง (ยอมรับ H1) ดังนั้นจึงมีตัวแปรอิสระในสมการ 1 ตัว

2. ใช้หลักการของวิธี Forward โดยเลือกตัวแปรอิสระตัวที่สองเข้าสมการซึ่งพิจารณาจากตัวแปรที่เหลือทั้งหมดว่าตัวใดมีความสัมพันธ์กับ Y มากที่สุดและทำการทดสอบความสัมพันธ์ด้วย

ขั้นต่อไปจะทำซ้ำขั้นที่ 2 คือเลือกตัวแปรอิสระจากที่เหลือเข้าสมการในขณะเดียวกันก็จะใช้หลักการของวิธี Backward ในการตรวจสอบว่าควรตัดตัวแปรอิสระใดที่อยู่ในสมการออกจากสมการความถดถอยบ้าง สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาว่าควรตัดตัวแปรใดออกจะตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเองที่อยู่ในสมการถดถอย ในการตัดตัวแปรอิสระออกจากสมการจนกระทั่งไม่สามารถเลือกตัวแปรอิสระใดเข้าและไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระใดออกจากสมการได้อีก ก็จะหยุดและจะได้สมการความถดถอยที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# วิธีการดำเนินการ

## 4.1 สถานที่ดำเนินการ

- พื้นที่อ่างเก็บน้ำก่ำตอนล่าง อำเภอธาตุพนม อำเภอนาแก และอำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม
- พื้นที่ชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง อำเภอธาตุพนม อำเภอนาแก และอำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม
- จุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 36 จุด จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำรอบละ 1 ครั้ง ครั้งแรก 20 จุด ครั้งที่สอง 16 จุด โดยในครั้งที่สองจะเก็บซ้ำจุดเก็บตัวอย่างน้ำในครั้งแรก เพื่อนำมาเปรียบเทียบผล ใช้เวลาครั้งละ 2 สัปดาห์และทำการเก็บ 2 รอบ ในเดือน สิงหาคม ตุลาคม

## 4.2 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการเลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่าง

### 4.2.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่จะใช้ในการดำเนินการโครงการจะเป็นการดำเนินการขั้นแรกที่จะต้องทำ เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เลือกจุดเก็บตัวอย่างดินและน้ำได้ตรงกับขอบเขตที่ต้องการศึกษาได้ โดยข้อมูลที่ต้องทำการศึกษา รวบรวมในขั้นต้นนี้ประกอบด้วย

-ข้อมูลทางด้านแผนที่ภูมิศาสตร์ จากกรมแผนที่ทหาร
-ข้อมูลลักษณะชั้นดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน
-ข้อมูลปริมาณน้ำฝน จากกรมอุตุนิยมวิทยา
-ข้อมูลคุณภาพน้ำผิวดิน จากกรมควบคุณมลพิษ
-ข้อมูลทางด้านแผนที่ภูมิศาสตร์ จากกรมแผนที่ทหาร

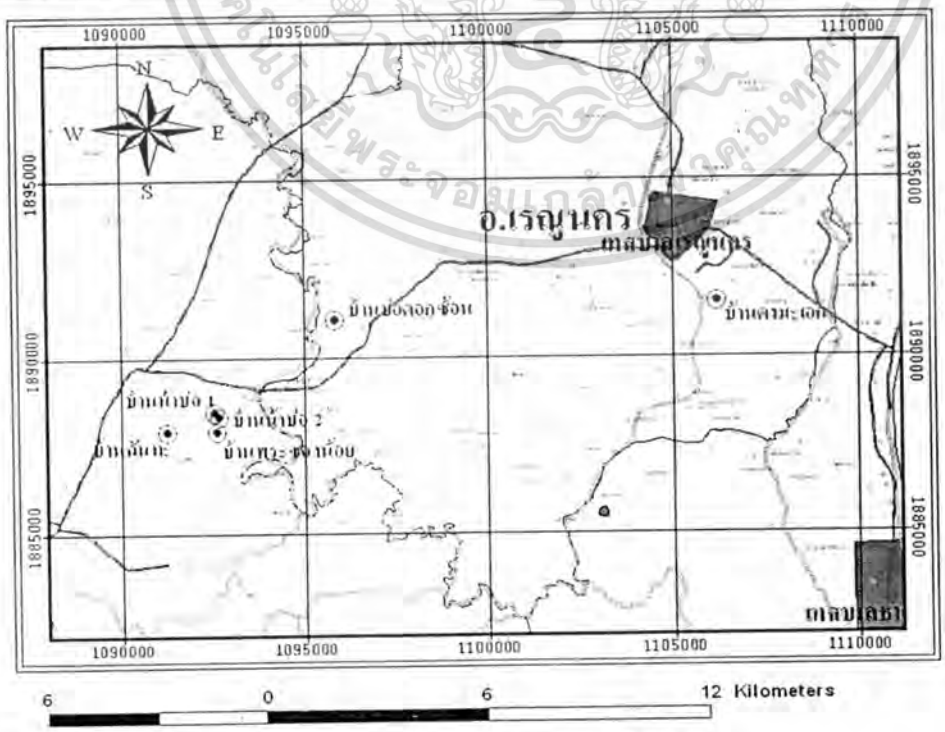
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.2 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน

จากข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมได้ทั้งหมดโดย การนำข้อมูลรายงานสถานที่ที่พบปัญหาสภาพดินเค็มรวมกับลักษณะของชั้นดินสภาพภูมิประเทศ เพื่อใช้ในการเลือกตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดินทั้งในพื้นที่อ่างเก็บน้ำและพื้นที่ชลประทาน โดยตัวอย่างที่เก็บจะพยายามเก็บในจุดที่มีปัญหาดินเค็มแต่มีลักษณะชั้นดินที่แตกต่างกัน และจุดเก็บตัวอย่างต้องครอบคลุมพื้นที่การศึกษาให้มากที่สุด ซึ่งตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ชลประทาน

| ตำแหน่ง | พิกัด (48 Q , UTM) | |
|---|---|---|
| | X | Y |
| บ้านบ่อดอกซ้อน | 456458 | 1882544 |
| บ้านพระซองน้อย | 453117 | 1879496 |
| บ้านน้ำบ่อ1 | 453093 | 1880050 |
| บ้านน้ำบ่อ2 | 453194 | 1879910 |
| บ้านฉันทะ | 451787 | 1879519 |
| บ้านดงมะเอก | 466764 | 1882680 |

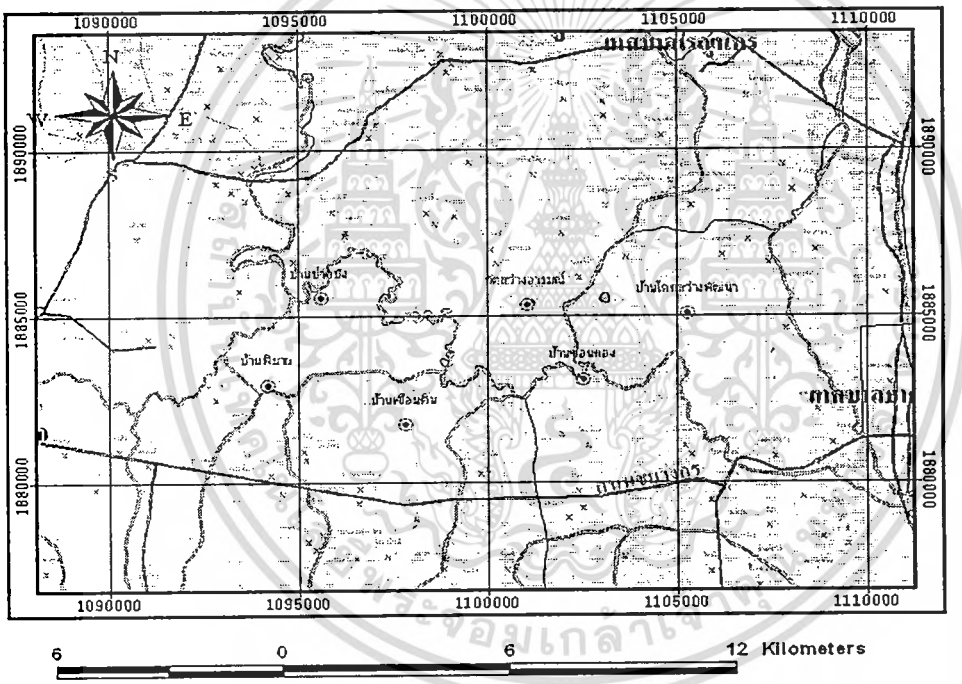



รูปที่ 4.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ชลประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

| ตำแหน่ง | พิกัด (48 Q , UTM) | |
|---|---|---|
| | X | Y |
| เขื่อนดิน | 458135 | 1873201 |
| บ้านปากบัง | 456043 | 1877082 |
| บ้านโคกสว่างพัฒนา | 465689 | 1876304 |
| บ้านพิมาน | 454576 | 1874520 |
| บ้านขอนกอง | 462870 | 1874424 |
| วัดสว่างอารมณ์ | 461447 | 1876694 |




รูปที่ 4.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นอ่างเก็บน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน

จากข้อมูลที่ได้จะต้องนำมาวิเคราะห์เลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำมาทดสอบ โดยจะต้องเลือกบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินชัดเจน ทั้งด้านเกษตรกรรม และบริเวณที่อยู่อาศัยโดยใช้ข้อมูลที่ได้มาการเลือกตำแหน่งเก็บน้ำจะเป็นการวางแผนในขั้นต้นอย่างคร่าวๆ ซึ่งจะต้องทำการสำรวจพื้นที่จริงก่อนเพื่อให้รู้ตำแหน่งที่แน่นอนและเพื่อความปลอดภัยของผู้ทำโครงการเอง ซึ่งตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำแสดงดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

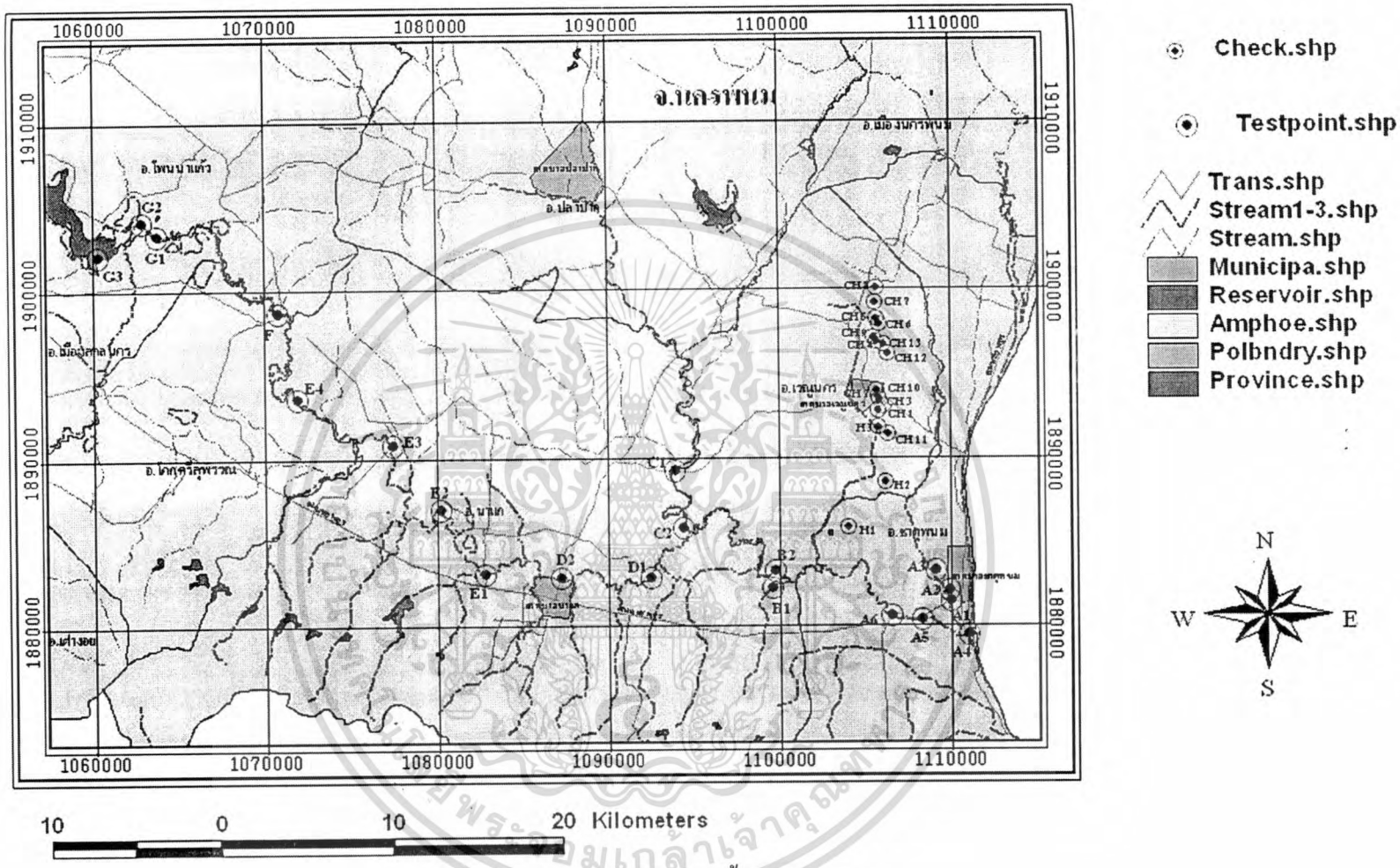
| อำเภอ | สัญลักษณ์ | จุดเก็บน้ำ/วัดน้ำ | พิกัด (48 Q , UTM) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | X | Y |
| ธาตุพนม | A1 | สะพานข้ามห้วยแคน ใกล้โรงพยาบาลยุพราช | 0470279 | 1872455 |
| | A2 | สะพานคอนกรีต ห้วยแคน บ้านดอนกลาง | 0470225 | 1873103 |
| | A3 | สะพานคอนกรีต ห้วยแคน | 0469454 | 1874338 |
| | A4 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านน้ำก่ำ | 0471242 | 1870449 |
| | A5 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหัวดอน | 0468552 | 1871421 |
| | A6 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านดงขุนคราม | 0466860 | 1871720 |
| นาแก | B1 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ ใกล้บ้านนางเลิศ | 0460002 | 1873566 |
| | B2 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ | 0460183 | 1874629 |
| เรณูนคร | C1 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำบัง บ้านสร้างเม็ก | 0454501 | 1880708 |
| | C2 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำบัง บ้านแขนนาง | 0454872 | 1877358 |
| นาแก | D1 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านพิมานท่า | 0452872 | 1874433 |
| | D2 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านนาแก | 0447659 | 1874608 |
| กิ่ง อ.วังยาง | E1 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหนองเรือทอง | 0443285 | 1874980 |
| | E2 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านส้มป่อย | 0440831 | 1878899 |
| | E3 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหัวภูธร | 0438143 | 1882723 |
| | E4 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหนองแคน | 0432700 | 1885655 |
| อ.โพนนาแก้ว จ.สกลนคร | F | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านด่านม่วงคำ | 0431697 | 1890783 |
| อ.เมือง จ.สกลนคร | G1 | สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ ระหว่างบึงไฮกับบึงแดง | 0424911 | 1895646 |

ตารางที่ 4.3 แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำ (ต่อ)

| อำเภอ | สัญลักษณ์ | จุดเก็บน้ำ/วัดน้ำ | พิกัด (48 Q , UTM) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | X | Y |
| | G2 | บึงสูตร (จุดเก็บที่ 1 บริเวณสันฝาย) | 0424071 | 1896476 |
| | G2.1 | บึงสูตร (จุดเก็บที่ 2 บริเวณปากฝาย) | 0424073 | 1896477 |
| | G2.2 | บึงสูตร (จุดเก็บที่ 3 บริเวณประตูระบายน้ำเก่า) | 0423132 | 1895824 |
| | G2.3 | บึงสูตร (จุดเก็บที่ 4 บริเวณเก็บเรือ) | 0425138 | 1895938 |
| | G3 | หนองหาน (จุดเก็บครั้งที่1) | 0421423 | 1894542 |
| | G3.1 | หนองหาน (จุดเก็บครั้งที่2) | 0421630 | 1894600 |
| | G3.2 | หนองหาน(จุดเก็บครั้งที่3) | 0420500 | 1894851 |
| เรณูนคร | H1 | หนองดุ บ้านเหลากกตาล | 0464488 | 1877136 |
| | H2 | สะพานคอนกรีต.วัดประชาสามัคคี | 0466748 | 1879669 |
| | H3 | บ้านบ่อสะอาด | 0466483 | 1882945 |
| | CH 1 | สะพานคอนกรีต โรงเรียนบ้านบ่อสะอาด | 0464500 | 1883900 |
| | CH 2 | สะพานคอนกรีต หน้าศาลปู่ถลา | 0464900 | 1884700 |
| | CH 3 | บ้านดงมะเอก | 0465800 | 1884500 |
| | CH 4 | บ้านโพนสาวเอ้ | 0465500 | 1888000 |
| | CH 5 | สำนักสงฆ์บ้านโพนคำ | 0465700 | 1889300 |
| | CH 6 | บ้านสร้างแป้น | 0467200 | 1889000 |
| | CH 7 | บ้านหนองสระพัง | 0465300 | 1890300 |
| | CH 8 | วัดสวรรค์ทอง | 0465900 | 1891200 |

ตารางที่ 4.3 แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำ (ต่อ)

| อำเภอ | สัญลักษณ์ | จุดเก็บน้ำ/วัดน้ำ | พิกัด (48 Q , UTM) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | X | Y |
| | CH 9 | บ้านโนนคำ | 0464100 | 1888200 |
| | CH 10 | บ้านโนนสวรรค์ | 0464600 | 1885100 |
| | CH 11 | บ้านธาตุศรีบุญเรือง | 0469700 | 1882500 |
| | CH 12 | สะพานคอนกรีต บ้านกุดฉิมใหม่ | 0471200 | 1887200 |
| | CH13 | สะพานคอนกรีต บ้านกุดฉิมพัฒนา | 0469500 | 1887800 |




รูปที่ 4.3 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน

## 4.3 การเก็บตัวอย่าง

### 4.3.1 การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินในระยะความลึกที่เครื่องมือสามารถเจาะถึงระดับดินดานและทำการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

รูปที่ 4.4 ทำการเจาะดินที่ระยะความลึกต่างๆ

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างดินที่ทำการเจาะได้เก็บบรรจุใส่ P.V.C.
เพื่อนำไปหาค่าปริมาณความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

รูปที่ 4.7 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่หน้างาน

จากรูปที่ และ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินแล้ว ทำการทดสอบหาค่าความเค็ม, ค่าการนำไฟฟ้า,ค่า pH และค่า TDS

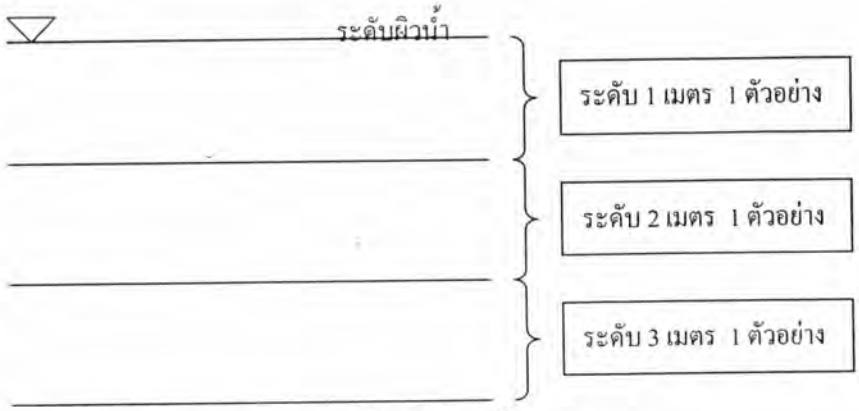
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน

การเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำในจังหวัดสกลนคร- นครพนม จะเก็บด้วยอุปกรณ์เก็บน้ำแนวดิ่ง โดยจะหย่อนอุปกรณ์เก็บน้ำไปที่ความลึกของกึ่งกลางลำน้ำ จากนั้นจะปล่อยตุ้มน้ำหนักกระแทกอุปกรณ์เก็บน้ำเพื่อปิดฝาใต้น้ำเพื่อป้องกันการสัมผัสอากาศ ตัวอย่างที่เก็บมาได้จะเทใส่ขวดแก้ว จุดละ 3 ขวด สำหรับทดสอบเอง

รูปที่ 4.8 อุปกรณ์เก็บน้ำในแนวดิ่ง

ในแต่ละจุดเก็บน้ำนั้นเป็นจุดที่เป็นสะพานข้ามลำน้ำ ซึ่งมีถนนตัดผ่านลำน้ำ เพื่อง่ายต่อการเก็บน้ำของผู้ทำโครงการ แต่บึงขนาดใหญ่ที่เป็นต้นน้ำทางผู้ทำโครงการเลือกที่จะเก็บน้ำแบบ Profile โดยเก็บน้ำที่ระดับความลึก ทุกๆความลึก 1 เมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง และนำค่าการทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบและหาค่าเฉลี่ยในการทดสอบ




รูปที่ 4.9 แสดงการเก็บตัวอย่างน้ำแบบ Profile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3.2.1 การวัดความเร็วของน้ำ**

การวัดความเร็วของน้ำในลำน้ำจะใช้หลักการของการใช้ทุ่นลอยแล้วจับเวลา แต่ในการทำงานจริง จะใช้ใบไม้แทน แล้วนำมาเทียบเคียงปรับแก้กับข้อมูลของการวัดความเร็วของน้ำ ที่ทำได้โดยการหย่อนเครื่องมือวัดความเร็วน้ำแบบใบพัด ประกอบด้วยใบพัดหมุนรอยแกนในแนวราบ ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณกลางลำน้ำ จากนั้นทำการบันทึกค่าที่ได้

รูปที่ 4.10 เครื่องวัดความเร็วน้ำ ยี่ห้อ Mini Air Schiltknnecht

**4.3.2.2 การวัดระดับน้ำ และการหาพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ ณ ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำ**

การวัดระดับน้ำจะใช้อุปกรณ์เก็บน้ำในแนวดิ่ง ที่ทำมาจากท่อพีวีซี ซึ่งมีน้ำหนักพอสมควร แล้วทำเครื่องหมายที่เส้นเชือกยาวทุกๆ 1 เมตร แล้วทำการหย่อนอุปกรณ์ลงไปในน้ำ แล้วทำการบันทึกค่า

ในการหาพื้นที่หน้าตัด จะอาศัยหลักการของวิชาสำรวจเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยการนับก้าว (Passing) ในการวัดระยะความกว้างของลำน้ำ และตำแหน่งแต่ละตำแหน่งที่ทำการวัดระดับน้ำ

**4.3.2.3 การหาอัตราการไหลของน้ำ**

การหาอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำนั้น ได้จากการวัดระดับน้ำ และการหาพื้นที่หน้าตัด โดยจะแสดงข้อมูลในหัวข้อการวิเคราะห์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2.4 สอบถามข้อมูลจากประชากรที่อาศัยโดยรอบโครงการชลประทาน

โดยการจัดทำแบบฟอร์มข้อมูลแบบสอบถาม ให้ประชากรที่อาศัยโดยรอบโครงการชลประทานกรอกข้อมูลเอง และได้ทำการสอบถามเพิ่มเติมโดยการสัมภาษณ์ ซึ่งผู้ทำโครงการได้จำกัดการสอบถามไปที่ องค์การบริหารส่วนตำบลของแต่อำเภอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถาม

| หัวข้อสอบถาม | ต.นาขาม | ต.ฝั่งแดง | ต.นาหนาด | ต.พุ่มแก | ต.สีชมพู | ต.ธาตุพนม | ต.นาคู่ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. อาชีพ | เกษตรกรรม,รับจ้าง, ข้าราชการ | เกษตรกรรม,รับจ้าง, ข้าราชการ | เกษตรกรรม, ข้าราชการ | เกษตรกรรม, ข้าราชการ | เกษตรกรรม,รับจ้าง, ข้าราชการ | เกษตรกรรม,รับจ้าง, ข้าราชการ,ค้าขาย | เกษตรกรรม,รับจ้าง, ข้าราชการ |
| 2. แหล่งน้ำในหมู่บ้าน | หนองเห็น,ลำน้ำก่ำ | ลำน้ำก่ำ,หนองหวาย, หนองเป่ง,ห้วยกุดโดน,ประปา,บาดาล | ห้วยกุดโดน,หนองสระพัง,หนองขี้ทูต, บ่อพุ,น้ำบาดาล | ห้วยเกิ้ง,หนองจาก, ห้วยละเอ,ประปา, บาดาล | ห้วยวังม่วง,หนองบัว ,ห้วยวังบาก,หนองปู่ตา,หนองหญ้าปล้อง, ห้วยวังสิม,หนองขาว ,กุดไส้ไก่ | ห้วยแคน,แม่น้ำโขง, ลำน้ำก่ำ,หนองคุ | ลำน้ำก่ำ,ห้วยน้ำเค็ม, หนองเบ็ญ,หนองสิม, หนองวังยาว |
| 3. ปัจจุบันซื้อน้ำไว้ใช้หรือดื่ม | ทั้งใช้และดื่ม | ทั้งใช้และดื่ม | ทั้งใช้และดื่ม | ทั้งใช้และดื่ม | ทั้งใช้และดื่ม | ส่วนมากไว้ใช้ดื่ม | ทั้งใช้และดื่ม |
| 4. ปัจจุบันจ่ายค่าน้ำประปาเป็นจำนวนเงินเท่าไร/เดือน | ไม่เกิน 300บาท/ครัวเรือน | ไม่เกิน 300บาท/ครัวเรือน | ประมาณ 100-300 บาท/ครัวเรือน | ประมาณ 100-300 บาท/ครัวเรือน | ไม่เกิน 300บาท/ครัวเรือน | ประมาณ 300บาท/ครัวเรือน | ไม่เกิน 300บาท/ครัวเรือน |
| 5. แหล่งน้ำส่วนใหญ่ที่ใช้ในครอบครัวมาจากไหน | ประปาหมู่บ้าน, บาดาล,บ่อน้ำตื้น | ประปาหมู่บ้าน, บาดาล,แม่น้ำลำคลอง | ประปาหมู่บ้าน, บาดาล,แม่น้ำลำคลอง,บ่อน้ำตื้น | ประปาหมู่บ้าน,บ่อน้ำตื้น | ประปาหมู่บ้าน,บ่อน้ำตื้น,บาดาล | ประปาหมู่บ้าน | ประปาหมู่บ้าน, บาดาล,บ่อน้ำตื้น |
| 6. เมื่อเกิดปัญหาขาดแคลนน้ำใช้มีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร | ซื้อน้ำใช้,ใช้บ่อบาดาล,ขอความช่วยเหลือจากราชการ | ซื้อน้ำใช้,ใช้น้ำบ่อ,ใช้น้ำที่กักตุนไว้ | ซื้อน้ำใช้,ขอความช่วยเหลือจากราชการ | ซื้อน้ำใช้,ใช้น้ำบ่อ | ซื้อน้ำใช้,ใช้น้ำบ่อบาดาล,ใช้น้ำที่กักตุนไว้ | จัดหาภาชนะกักเก็บน้ำไว้ใช้ | ขอความช่วยเหลือจากราชการ |
| 7. แหล่งน้ำดื่มที่ใช้ในครอบครัวมาจากไหน | น้ำดื่มบรรจุขวด, ประปา,บ่อน้ำ,น้ำฝน | น้ำดื่มบรรจุขวด, ประปา,บ่อน้ำ | ประปา,บ่อน้ำ,น้ำฝน | ประปา,น้ำฝน | น้ำดื่มบรรจุขวด, ประปา,บ่อน้ำ,น้ำฝน | น้ำดื่มบรรจุขวด, ประปา | น้ำดื่มบรรจุขวด, ประปา,บ่อน้ำ,น้ำฝน |

| หัวข้อสอบถาม | ต.นาขาม | ต.ฝั่งแดง | ต.นาหนาด | ต.พุ่มแก | ต.สีชมพู | ต.ธาตุพนม | ต.นาคู่ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8. มีวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนนำไปดื่ม-ใช้อย่างไร | ต้มน้ำ,กรองน้ำ,พักไว้ในภาชนะกักเก็บ | ต้มน้ำ,กรองโดยใช้สารส้มหินทราย | กรองน้ำ,ปล่อยให้ตกตะกอน | กรองน้ำ | ต้มน้ำ,กรองน้ำ | ต้มน้ำ,ใช้เครื่องกรองน้ำ | ต้มน้ำ,กรองน้ำ,พักไว้ในภาชนะกักเก็บ |
| 9. เมื่อเกิดปัญหาขาดแคลนน้ำดื่มมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร | ซื้อน้ำดื่ม,ขอความช่วยเหลือจากราชการ | ซื้อน้ำดื่ม,เก็บน้ำฝนไว้ดื่ม,ขุดบ่อ | ซื้อน้ำดื่มบรรจุขวด,เก็บกักน้ำฝน,ขุดบ่อ | ซื้อน้ำดื่มบรรจุขวด,ขอความช่วยเหลือจากราชการ | ซื้อน้ำดื่มบรรจุขวด,เก็บกักน้ำฝน,ขุดบ่อน้ำตื้นบ่อบาดาล | ซื้อน้ำดื่มบรรจุขวด,เก็บกักน้ำฝน,ขุดบ่อบาดาล | ซื้อน้ำดื่มบรรจุขวด,เก็บกักน้ำฝน,ขุดบ่อน้ำตื้น |
| 10. ได้ใช้น้ำเพื่อการเกษตรหรือไม่ | ใช้เพื่อการเกษตร | ส่วนใหญ่ใช้เพื่อการเกษตร | ส่วนใหญ่ใช้เพื่อการเกษตร | ส่วนใหญ่ใช้เพื่อการเกษตร | ส่วนใหญ่ใช้เพื่อการเกษตร | ส่วนใหญ่ใช้เพื่อการเกษตร | ใช้เพื่อการเกษตร |
| 11. น้ำที่ใช้เพื่อการเกษตรส่วนใหญ่มาจากไหน | บ่อบาดาล,น้ำฝน,แหล่งน้ำธรรมชาติ | ลำน้ำก่ำ,น้ำฝน,ประปาหมู่บ้าน | น้ำฝน,แหล่งน้ำธรรมชาติ | น้ำฝน,แหล่งน้ำธรรมชาติ,บ่อน้ำ | น้ำฝน,แหล่งน้ำธรรมชาติ,บ่อน้ำบาดาล,ลำห้วย | แหล่งน้ำธรรมชาติ,แม่น้ำโขง,ห้วยแคน | ลำห้วย,น้ำฝน,แหล่งน้ำธรรมชาติ,บ่อน้ำบาดาล |
| 12. แหล่งน้ำในหมู่บ้านประสบปัญหาน้ำเค็มหรือไม่ | ไม่ | ไม่ | ส่วนใหญ่ไม่ประสบปัญหา | ส่วนใหญ่ไม่ประสบปัญหา | ส่วนใหญ่ไม่ประสบปัญหา | ไม่ | ส่วนใหญ่ไม่ประสบปัญหา |
| 13. มีปัญหาดินเค็ม-น้ำเค็มในพื้นที่หรือไม่ | ส่วนใหญ่ไม่ประสบปัญหา | ส่วนใหญ่ไม่ประสบปัญหา | ส่วนใหญ่ไม่ประสบปัญหา | ส่วนใหญ่ไม่ประสบปัญหา | ส่วนใหญ่ไม่ประสบปัญหา | ไม่ | ส่วนใหญ่ไม่ประสบปัญหา |
| 14. อ่างเก็บน้ำที่ใกล้หมู่บ้านที่สุด | หนองหอ | หนองหวาย,ลำน้ำก่ำ | | ห้วยน้างยอด,ห้วยลาดเม็ก | ห้วยวังม่วง,ห้วยน้างยอด,กุดไส้ไก่,อ่างเก็บน้ำบ้านสีชมพู บ้านดอนพัฒนา | ห้วยแคน | เขื่อนลำน้ำก่ำ บ้านนาคู่,ห้วยศรีคุณ |

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลจากแบบสอบถาม (ต่อ)

| หัวข้อสอบถาม | ต.นาขาม | ต.ฝั่งแดง | ต.นาหนาด | ต.พุ่มแก | ต.สีชมพู | ต.ธาตุพนม | ต.นาคู่ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15. อื่นๆ | -จะพบดินเค็มในบางพื้นที่บริเวณ วัดบ้านเห็บ ลักษณะเป็นแห่งเกลือ,บ้านน้ำบ่อ,บ้านบ่อดอกซ้อน | -ส่วนใหญ่น้ำไม่สะอาด น้ำเป็นตะกอนขุ่น<br>-ทิศใต้ของบ้านหัวดอนพบน้ำเค็มใต้บ่อบาดาลลึก 40 เมตร<br>-น้ำลดจะพบคราบเกลือในบริเวณลำน้ำก่ำ<br>-น้ำใช้จะขาดแคลนในหน้าแล้ง | -บ้านขอนกว้างใหญ่ ม.4 บ้านขอนกว้างน้อย ม.5 บ้านใหม่โพธิ์ศรีขาดแคลนน้ำในหน้าแล้ง<br>-บ้านศาลาบ่อบาดาลเก่าลึก 60 เมตรพบน้ำเค็มคราบเกลือ บ่อบาดาลใหม่ลึก 52 เมตรไม่พบน้ำเค็มเจาะห่างจากบ่อเก่า 60 เมตร | -ก่อนสร้างอ่างเก็บน้ำดินมีสภาพแห้งไม่มีน้ำหลังสร้างมีน้ำใช้ตลอดปี<br>-พบดินในนาข้าวมีความเค็มทำให้ข้าวตายวิธีแก้คือ รอให้น้ำท่วม ดินเค็มจึงจะหาย | -หลังสร้างอ่างเก็บน้ำพบว่าสภาพดินดี สภาพน้ำดี | -หลังสร้างอ่างเก็บน้ำพบว่าสภาพดินดี สภาพน้ำดี | -หลังสร้างอ่างเก็บน้ำพบว่าสภาพดินดี สภาพน้ำดี ไม่เกิดปัญหาขาดแคลนน้ำ |

## 4.4 การทดสอบ

### 4.4.1 การทดสอบดิน

#### 1.การทดสอบทางกายภาพ

#### 1.1 การหาพิกัดของอัตตะเบิร์ก ( ASTM D 4318 ASTM D 427 )

ในปี ค.ศ. 1911 Atterberg นักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดนได้เสนอจุดเปลี่ยนสถานภาพ หรือลิมิตของมวลดิน (Atterberg's Limits) ขึ้นมา 5 ลิมิตสำหรับใช้ในงานเกษตรกรรม คือ Cohesion limit, Sticky limit, Shrinkage limit, Plastic limit และ Liquid limit ณ จุดเปลี่ยนสถานภาพดังกล่าวมวลดินจะมีปริมาณน้ำและปริมาตรที่แตกต่างกัน 5 ลิมิต ดังกล่าวมีลักษณะและคุณสมบัติ ดังนี้

1. Cohesion limit คือ ปริมาณน้ำในมวลดินที่ทำให้เศษดิน เริ่มมีการยึดเกาะเข้าด้วยกัน

2. Sticky limit คือ ปริมาณน้ำในมวลดินที่ทำให้มวลดินเริ่มมีการยึดเกาะตัวกับผิวของโลหะ เช่น Spatula blade

3. Shrinkage limit ($W_S$, $W_{SL}$หรือ S.L.) คือปริมาณน้ำในมวลดินที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้มวลดินดังกล่าวเปลี่ยนปริมาตรเมื่อดินแห้งลงไปกว่านี้ หรือความชื้น ณ จุดซึ่งดินเปลี่ยนจากสภาพกึ่งของแข็งเป็นของแข็ง และจะไม่มีการหดตัวต่อไปอีกแล้ว ยิ่งปริมาณลดลงจากจุดนี้ไปอีกฟองอากาศจะเริ่มแทรกเข้าไปในมวลดิน (โดยที่ปริมาตรยังคงที่) และทำให้เกิดสภาวะไม่อิ่มตัวเกิดขึ้น จนกระทั่งไม่มีความชื้นอยู่เลย ดังผังในรูปที่ 2.1, 2.2 และเมื่อปริมาณน้ำน้อยลง สีของมวลดินก็จะอ่อนลง

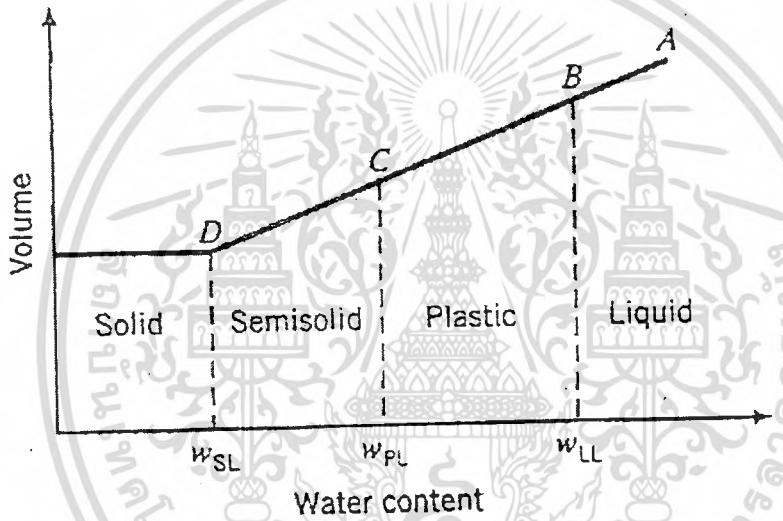
4. Plastic limit ($W_P$, $W_{PL}$หรือ P.L.) คือปริมาณน้ำในมวลดินที่มีเป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะ Plastic กับสถานะ Semi-Solid ของดิน เมื่อดินใดๆ ก็ตามมีปริมาณน้ำเท่ากับ ดินนั้นจะมีสถานะอยู่ระหว่าง กับ สถานะ ถ้ามีปริมาณน้ำในมวลดินมากกว่าขีดจำกัดนี้ ดินจะอยู่ในสถานะเป็น Plastic แต่ถ้าปริมาณน้ำน้อยกว่านี้ ดินก็จะอยู่ในสถานะ Semi-Solid

5. Liquid limit ($W_L$, $W_{LL}$หรือ L.L.) คือ ปริมาณน้ำในดินที่เป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะ Plastic กับสถานะ Liquid ของดิน หรือจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า เป็นปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ทำให้ดินอยู่ในสภาวะไหลตัวได้

ต่อมาในปี ค.ศ. 1932 ได้นำค่าพิกัดมาประยุกต์ใช้ในด้านวิศวกรรมศาสตร์ของดิน โดยได้กำหนดรูปแบบเครื่องมือและวิธีการทดสอบ Liquid limit และ Plastic limit ซึ่งเป็นดัชนีที่สำคัญของดินซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันนิยมนำมาใช้เพียง 3 ลิมิตสุดท้ายเท่านั้น โดยเราสามารถนำค่า Liquid limit และ Plastic limit ไปใช้ในการจำแนกประเภทของดิน (Soil Classification) และคาดคะเนการทรุดตัว (Settement) ของชั้นดิน คาดคะเนการซึมผ่านของน้ำในดิน (Pemeability) ความสามารถในการอัดตัว (Compressibility) ของดิน รวมไปถึงใช้ในการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนัก (Strength) ของดิน ส่วน Shrinkage limit จะบอกถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจากสภาพเปียกเป็นแห้งของดิน เมื่อความชื้นในดินลดลง กำลังดินจะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาตรของดินก็ลดลงเช่นกัน มีผลกระทบในการก่อสร้าง เช่น คันถนน คันทางรถไฟ เขื่อน เป็นต้น




รูปที่ 4.11 กราฟแสดงสถานะต่างๆของดิน

หมายเหตุ วิธีการทดสอบโดยละเอียดศึกษาได้จาก คู่มือปฏิบัติการทดลอง ปฐพีกลศาสตร์ (สุพจน์ ศรีนิล , แหลมทอง เหล่าคงถาวร, และ ชลธี เร่บ้านเกาะ, 2544

### 1.2 ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน ( ASTM D 854 )

ความถ่วงจำเพาะเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของมวลดิน สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) ความพรุน (Porosity) ความอิ่มตัว (Degree of Saturation) หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) และค่าอื่นๆ ได้ รวมทั้งใช้คาดคะเนแร่ธาตุซึ่งเป็นองค์ประกอบของมวลดินนั้น เช่น ดินที่มี Iron อยู่มากจะมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าดินที่มี Silicas เป็นส่วนประกอบ หรือดินเหนียวจะมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าทราย เนื่องจากดินเหนียวมีส่วนประกอบของแร่ธาตุซึ่งหนักกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Quartz) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของทราย นอกจากนั้นค่าความถ่วงจำเพาะยังต้องนำไปใช้ในการทดลองอีกด้วย เช่นใช้ในสูตรการตกตะกอนของเม็ดดินในการวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินด้วย Hydrometer

ค่าความถ่วงจำเพาะของวัตถุใดๆ คือค่าที่แสดงให้เห็นว่าวัตถุนั้นมีความหนาแน่นเป็นกี่เท่าของน้ำ ซึ่งจะเท่ากับอัตราส่วนของน้ำหนักของวัตถุในอากาศ ต่อ น้ำหนักที่อุณหภูมิ 4 องศา ที่มีปริมาตรเท่าวัตถุนั้น

ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน $G_S$ มีค่าเท่ากับ

$$G_S = \frac{\text{น้ำหนักดิน}}{\text{น้ำหนักที่มีปริมาตรเท่ากันที่ 4 }^{\circ}\text{C}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_{w(\text{ที่}4^{\circ}\text{C})}} \qquad (4.5)$$

$$= \frac{W_s / V_s}{W_{w(\text{ที่}4^{\circ}\text{c})} / V_s}$$

$$= \frac{Ws}{W_{w(\text{ที่}4^{\circ}\text{c})}}$$

เมื่อ $\gamma$ = ความหนาแน่นเฉพาะเนื้อดินหรือน้ำ (ไม่รวมช่องว่าง)

$W_s$ = น้ำหนักของเนื้อดิน

$W_w$ = น้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับมวลดินที่อุณหภูมิ 4 องศา

ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน ที่ได้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้น้ำขยายตัว ดังนั้นปริมาตรน้ำในขวดจะสูงขึ้น ซึ่งถ้าอุณหภูมิต่ำจะทำให้ปริมาตรลดลงเช่นกัน เราต้องทำการปรับแก้ค่าปริมาตรน้ำที่ขึ้นกับอุณหภูมิตามสภาวะที่ทำการทดลอง เนื่องจากน้ำหนักน้ำที่ล้นออกมานี้เป็นการทดสอบที่อุณหภูมิในห้องปฏิบัติการ แต่เราต้องการน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับมวลดินที่อุณหภูมิ 4 องศา เราจึงทำการปรับแก้ค่าปริมาตรที่ขึ้นกับอุณหภูมิตามสภาวะที่ทำการทดลองนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ (ค่าองค์ประกอบปรับแก้อุณหภูมิ, $G_t$)

| $^0C$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.9999 | 0.9999 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9998 |
| 10 | 0.9997 | 0.9996 | 0.9995 | 0.9994 | 0.9993 | 0.9991 | 0.9990 | 0.9988 | 0.9986 | 0.9984 |
| 20 | 0.9982 | 0.9980 | 0.9978 | 0.9976 | 0.9973 | 0.9971 | 0.9986 | 0.9965 | 0.9963 | 0.9960 |
| 30 | 0.9957 | 0.9954 | 0.9951 | 0.9947 | 0.9944 | 0.9941 | 0.9937 | 0.9934 | 0.9930 | 0.9926 |
| 40 | 0.9922 | 0.9919 | 0.9915 | 0.9911 | 0.9907 | 0.9902 | 0.9898 | 0.9894 | 0.9890 | 0.9885 |
| 50 | 0.9881 | 0.9876 | 0.9872 | 0.9867 | 0.9862 | 0.9857 | 0.9852 | 0.9848 | 0.9842 | 0.9838 |
| 60 | 0.9832 | 0.9827 | 0.9822 | 0.9871 | 0.9811 | 0.9806 | 0.9800 | 0.9795 | 0.9789 | 0.9784 |
| 70 | 0.9778 | 0.9772 | 0.9767 | 0.9761 | 0.9755 | 0.9749 | 0.9743 | 0.9737 | 0.9731 | 0.9724 |
| 80 | 0.9718 | 0.9712 | 0.9706 | 0.9699 | 0.9693 | 0.9686 | 0.9680 | 0.9673 | 0.9667 | 0.9660 |
| 90 | 0.9653 | 0.9647 | 0.9640 | 0.9633 | 0.9626 | 0.9619 | 0.9612 | 0.9605 | 0.9598 | 0.9591 |

หมายเหตุ ค่าความถ่วงตำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ จะเท่ากับค่าความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วย
ที่มา: คู่มือปฏิบัติการทดลองปฐพีกลศาสตร์

หมายเหตุ วิธีการทดสอบโดยละเอียดศึกษาได้จาก คู่มือปฏิบัติการทดลอง ปฐพีกลศาสตร์
(สุพจน์ ศรีนิล , แหลมทอง เหล่าคงถาวร, และ ชลธี เร่บ้านเกาะ, 2544

**1.3 การหาขนาดเม็ดดิน ( ASTM D-422 )**

การหาขนาดและการกระจายตัวของเม็ดดินทำได้หลายวิธี ตามความเหมาะสมของของขนาดเม็ดดิน และตามชนิดของดิน ดังนี้

1. วิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) สำหรับเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 200 เป็นส่วนใหญ่ (0.075 มม.)
2. วิธีตกตะกอนโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) สำหรับดินที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200 เป็นส่วนใหญ่ (ขนาด 0.075 มม.) เช่น ดินเหนียว (Clay) ดินเหนียวปนตะกอน (Silty Clay) สำหรับดินโดยทั่วไปจะใช้ทั้งสองวิธีร่วมกันในการวิเคราะห์ขนาดของเม็ดดิน

หมายเหตุ วิธีการทดสอบโดยละเอียดศึกษาได้จาก คู่มือปฏิบัติการทดลอง ปฐพีกลศาสตร์
(สุพจน์ ศรีนิล , แหลมทอง เหล่าคงถาวร, และ ชลธี เร่บ้านเกาะ, 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.4 การหาค่าความสามารถในการซึมผ่านของดิน(k)**

ค่าความสามารถในการซึมผ่านของดินหาได้จากการคำนวณโดย $k= (D_{10})^2 / 100$

**2. การทดสอบทางเคมี**

การทดสอบทางด้านเคมีต้องมีการเตรียมตัวอย่างดินก่อนใช้เครื่องมือวัดค่าโดยใช้ดินผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:5 ใช้แท่งแก้วคนดินให้ละลายน้ำจนหมด ทิ้งให้ตกตะกอนแล้วจึงทำการวัดค่าทางเคมี

**2.1 การทดสอบค่าการนำไฟฟ้าของดินและน้ำใต้ดิน**

ค่าการนำไฟฟ้า ที่เรียกว่า Electrical Conductivity (EC) เป็นการวัดปริมาณไอออนของน้ำในรูปแบบของ Micromhos/CM. ซึ่งค่าการนำไฟฟ้านี้จะมีความสัมพันธ์กับค่า TDS มากทีเดียว โดยความสัมพันธ์จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อตัวอย่างน้ำเปลี่ยนจากความเข้มข้นน้อยไปความเข้มข้นมาก โดยที่สภาพการนำไฟฟ้ามีความสำคัญเกี่ยวกับการกัดกร่อนคือเมื่อค่า EC หรือ TDS มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ความรุนแรงของการกัดกร่อนก็ยิ่งมีมากขึ้น ทำให้จำเป็นต้องพิจารณาถึงค่านี้ด้วย ซึ่งค่า EC ยังบ่งบอกถึงความบริสุทธิ์ของน้ำได้ยิ่งมีค่ามากแสดงว่ายิ่งมีสารปนเปื้อนที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้อยู่มาก โดยค่าการนำไฟฟ้าจะแปรผันตามค่าของ TDS

**2.1.1. การทดสอบหาค่า TDS ของดินและน้ำใต้ดิน**

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ( Total Dissolved Solids ) ( TDS ) คือเป็นของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ ไม่สามารถมองเห็นของแข็งประเภทนี้ได้ น้ำที่มีค่า TDS สูงๆอาจมีความใสมากก็ได้ ปริมาณสารเคมีหรือแร่ธาตุต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำเมื่อรวมกันทั้งหมดก็จะเป็นค่าที่ TDS ในหน่วย มก./ลิตร โดยอาจประกอบด้วยทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำอาจไปสัมพันธ์กับค่า BOD ( Biochemical Oxygen Demand ) ได้ และสารอนินทรีย์ก็จะมาจากพวก Alkalinity , Acidity , Salinity , Hardness และอื่นๆ อีกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

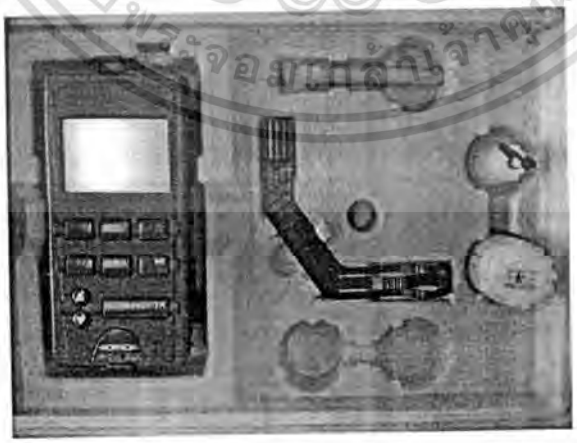
### 2.1.2 การทดสอบหาค่า pH ของดินและน้ำใต้ดิน

ค่าพีเอช ( pH ) ความเป็นกรด – ด่างของน้ำ เกิดจากประจุบวกของ $Ca^{+2}$, $Ma^{+2}$ และ $K^{+2}$ จะเข้าไปสะเทินกับ $H^{+}$ ในสารละลายในดิน ทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะมีผลให้ค่า pH ของน้ำที่ไหลผ่านมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย pH เป็นค่าวัดความเป็นกรด – ด่างในน้ำทั่วไป โดยมีขนาดตั้งแต่ 0 ถึง 14 โดยค่า pH เท่ากับ 0 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นกรดมากๆ และค่า pH เท่ากับ 14 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นด่างมาก ซึ่งแน่นอนค่า pH เท่ากับ 7 หมายถึง น้ำที่มีสภาพเป็นกลาง ถ้าค่า pH ต่างกันเพียง 1 หน่วย จะหมายถึงการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดหรือด่างถึง 10 เท่า ค่า pHจะมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีในกระบวนการผลิตน้ำประปา จากมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวง ค่า pHของน้ำดื่มควรอยู่ในช่วง 6.8 ถึง 8.2

### 4.4.2 การทดสอบน้ำ

#### 1) การทดสอบหาค่า Dissolved Oxygen (DO)

ในการทดสอบค่าเหล่านี้จะใช้เครื่องวัด pH Meter ซึ่งสามารถเปลี่ยนหัวเพื่อทำการวัดค่า Dissolved Oxygen (DO) และค่าความต่างศักย์ไปได้ในตัว การทดสอบนี้จะทำการทดสอบทันทีที่จุดเก็บตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อต้องการค่าที่ถูกต้องและคงความเป็นธรรมชาติเดิมของน้ำให้มากที่สุด โดยจะจุ่มหัวอ่านไปในน้ำตัวอย่างที่เก็บได้ จากนั้นบันทึกค่าที่อ่านได้

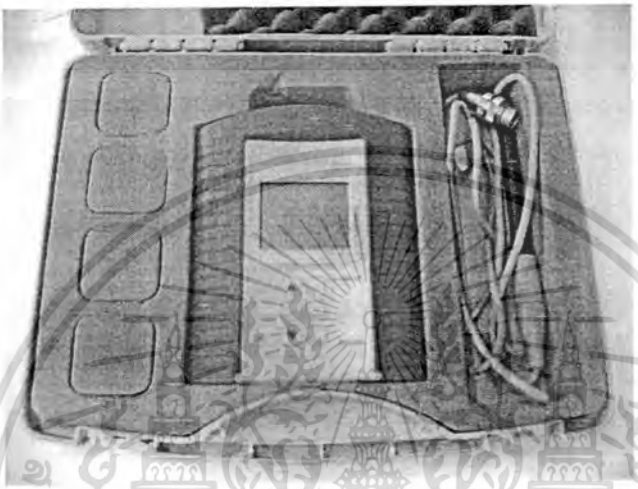


รูปที่ 4.12 เครื่องวัดค่า DO, pH, ค่าความต่างศักย์ ยี่ห้อ WTW รุ่น pH/Oxi340i/SET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2) การทดสอบหาค่า TDS, ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเค็ม**

การหาค่า Parameter ดังกล่าว จะทำการทดสอบที่หน้างานเช่นเดียวกับการหาค่า DO, pH และค่าความต่างศักย์ แต่จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Senso Direct Con200 ทำการตรวจวัดน้ำที่เก็บมาได้จากแหล่งน้ำทันทีที่หน้างานเช่นเดียวกับการหาค่า DO, pH และค่าความต่างศักย์ โดยจะนำหัวสำหรับอ่านค่าจุ่มลงในตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ จากนั้นทำการอ่านค่าที่ได้โดยกดเลือกฟังก์ชันที่ต้องการ แล้วบันทึกผล



รูปที่ 4.13 เครื่องวัดค่า TDS, ค่าความนำไฟฟ้า, และค่าความเค็มด้วยเครื่องยี่ห้อ Senso Direct Con200

รูปที่4.14 เครื่องวัดค่าความเค็มด้วยเครื่อง ยี่ห้อ EUTECH SaltTestr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# ผลการศึกษาและการวิเคราะห์

## 5.1 ผลการทดสอบด้านกายภาพและเคมีของดิน

จากที่ได้ทำการเดินทางไปเก็บตัวอย่างดินและน้ำที่จังหวัดนครพนมที่มีพื้นที่ในการศึกษาทั้งหมด 1,302.4 ตารางกิโลเมตร เพื่อที่นำมาใช้ในการทดสอบ โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างดินมาในบริเวณ 3 อำเภอ คือ อำเภอธาตุพนม อำเภอนาแกและอำเภอเรณูนคร รวมแล้ว 12 หมู่บ้าน 13 หลุมเจาะ

### 5.1.1 บริเวณพื้นที่ชลประทาน

#### 5.1.1.1 ผลการศึกษา

พื้นที่ทำการเก็บตัวอย่าง อยู่ในเขตลุ่มน้ำก่ำตอนล่างซึ่งการเก็บตัวอย่างจะเก็บในเขตอำเภอเรณูนครและธาตุพนม โดยที่พื้นที่การเก็บตัวอย่างดิน คือ พื้นที่สูงกว่าระดับ 138 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ที่บ้านดงมะเอก บ้านบ่อดอกซ้อน บ้านพระซองน้อย บ้านน้ำบ่อ และบ้านนาฉันทะ

##### 5.1.1.1.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ด้านกายภาพ

**1) หมู่บ้านพระซองน้อย**

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านพระซองน้อย

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-1.00 | CL | - | - | - | 30.14 | 49.00 | 18.86 | 2.76 |
| 1.00-2.20 | CL | 35.71 | 1.24 | $1.96 \times 10^{-6}$ | 22.54 | 26.20 | 3.60 | 2.78 |

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจำแนกว่าเป็นดินซึ่งที่ระยะ 0.00– 2.20 ม.จัดอยู่ในประเภท CL เนื่องจากเมื่อนำดินมาผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดินที่ผ่านตะแกรงอยู่มีค่ามากกว่า 12 % ค่า PLและ LL อยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง 20 - 49 ซึ่งจะเป็นดินที่มีความเหนียวล้วนหรือเป็นดินเหนียวที่มีอนินทรีย์ปะปนอยู่ ในระยะ 0.00 – 1.00 ม. ไม่สามารถหาคำนวณหาค่าการซึมได้ของน้ำเนื่องจาก ในขั้นตอนการทดสอบของ Hydrometer เนื่องจากเส้นกราฟมีค่าไม่ถึงค่า D 10 อาจเนื่องมาจากดินเป็นเม็ดละเอียดจึงไม่สามารถตกตะกอนได้ จึงไม่สามารถคำนวณหาค่า Cc, Cu ได้เช่นกัน และจากการหาค่าการซึมได้ของน้ำเป็นดินเหนียวการระบายน้ำจึงซึมผ่านได้ยาก

**2) หมู่บ้านบ่อดอกซ้อน**

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านบ่อดอกซ้อน

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-0.60 | SC | 8.00 | 0.80 | $5.60 \times 10^{-5}$ | 26.24 | 40.8 | 14.56 | 2.60 |
| 0.60-1.50 | SC | 6.92 | 1.53 | $1.40 \times 10^{-4}$ | 31.76 | 48.1 | 16.34 | 2.66 |
| 1.50-2.40 | SP | 10.97 | 1.06 | $6.70 \times 10^{-5}$ | - | - | - | 2.75 |
| 2.40-3.00 | SP | 2.14 | 0.82 | $4.90 \times 10^{-5}$ | - | - | - | 2.72 |

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจำแนกว่าเป็นทราย ที่มีการกระจายตัว ซึ่งที่ระยะ 0.00 – 1.50 ม. จัดอยู่ในประเภท SC เนื่องจากเมื่อนำดินมาผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดินที่ผ่านตะแกรงอยู่ที่ระหว่าง 5% - 12% ค่า Cu อยู่ระหว่างที่ 6 – 8 ค่า Cc มีค่าอยู่ในช่วง 1-3 ดังนั้นจัดอยู่ที่ทรายมีขนาดคละกันดีเป็นดินประเภททรายมีดินเหนียวปนทรายและมีดินเหนียวผสมกัน และที่ระยะ 1.50 – 3.20 ม. จัดเป็นดินประเภท SP เนื่องจาก เมื่อนำดินมาผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดินที่ผ่านตะแกรง 200 ดินที่ผ่านตะแกรงอยู่ที่ระหว่าง 5% - 12% เมื่อพิจารณาจากกราฟการกระจายตัวของดินจะมีขนาดที่คละกันไม่ดีเป็นตะกอนทรายปนกรวดมีเม็ดทรายละเอียดปนอยู่ จึงไม่สามารถนำไปทดสอบหาค่า PL และ LL ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) หมู่บ้านดงมะเอก

ตารางที่ 5.3 แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านดงมะเอก

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-0.45 | SP | 2.67 | 1.13 | $5.63 \times 10^{-5}$ | - | - | - | 2.79 |
| 1.00-6.40 | SP | 17.85 | 0.35 | $1.96 \times 10^{-4}$ | - | - | - | 2.64 |
| 6.40-11.00 | SP | 2.88 | 0.75 | $3.00 \times 10^{-4}$ | - | - | - | 2.73 |

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจำแนกว่าเป็นทราย ซึ่งที่ ระยะ 0.00 – 6.40 ม. จัดเป็นทรายอยู่ในประเภท SP เนื่องจากเมื่อนำดินมาผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดินที่ผ่านตะแกรงอยู่ที่ระหว่าง 5% - 12% เมื่อพิจารณาจากกราฟการกระจายตัวของดินจะมีขนาดที่คละกันไม่ดีเนื่องจากกราฟมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงคือมีกรวดปนในทรายละเอียด จึงไม่สามารถนำไปทดสอบหาค่า PL และ LL ได้ และ ระยะ 6.40 – 11.00 ม. จัดเป็นดินอยู่ในประเภท SP เนื่องจากเมื่อนำดินมาผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดินที่ผ่านมีค่าน้อยกว่า 5% ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกราฟการกระจายตัวของดินจะมีขนาดที่คละกันไม่ดีเนื่องจากกราฟมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงคือเป็นทรายปนกรวดซึ่งทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้าง จึงไม่สามารถนำไปทดสอบหาค่า PL และ LL ได้ และจากการหาค่าการซึมผ่านของน้ำในดินจัดได้ว่าเป็นทรายละเอียดหรือตะกอนทรายหยาบ ความสามารถในการระบายน้ำปานกลาง

### 4) หมู่บ้านนาฉันทะ

ตารางที่ 5.4 แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านนาฉันทะ

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-1.45 | ML | 363.16 | 19.53 | $3.60 \times 10^{-8}$ | 28.33 | 43.80 | 15.47 | 2.75 |
| 1.45-4.00 | ML | 19.67 | 1.15 | $3.70 \times 10^{-5}$ | 30.77 | 40.00 | 9.23 | 2.80 |

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมสามารถจำแนกได้ว่าเป็นดินชนิด ML เนื่องจากเมื่อนำดินมาผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดินที่ผ่านตะแกรงมีมากกว่า 12 % ทุกระยะความลึกที่สามารถเจาะได้ ค่า PL, LL อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง 25 – 45 จึงสามารถจัดได้ว่าเป็นดินเหนียวเล็กน้อยมีตะกอนทราย อนินทรีย์ปะปนอยู่ และจากการหาค่าการซึมได้ของน้ำในดินจัดได้ว่าเป็นตะกอนทราย ความสามารถในการระบายน้ำไม่ดีนัก

**5) หมู่บ้านน้ำบ่อ**

ตารางที่ 5.5 แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านน้ำบ่อ หลุมที่ 1

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-0.45 | CL | 261.54 | 22.62 | $2.00 \times 10^{-8}$ | 17.39 | 30.50 | 13.11 | 2.69 |
| 1.00-1.45 | CL | 15.43 | 1.35 | $1.00 \times 10^{-5}$ | 20.13 | 38.00 | 17.87 | 2.66 |
| 2.00-3.00 | ML | 78.57 | 5.84 | $5.00 \times 10^{-7}$ | 38.36 | 40.44 | 1.84 | 2.77 |

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมที่ระยะความลึก 0.00 – 1.45 ม. สามารถจำแนกได้ว่าเป็นดินชนิด CL เนื่องจากเมื่อนำดินมาผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดินที่ผ่านตะแกรงมีมากกว่า 12 % ทุกระยะความลึกที่สามารถเจาะได้ ค่า PLและLL อยู่ระหว่าง 17 – 45 จึงสามารถจัดได้ว่าเป็นดินเหนียว อนินทรีย์ที่มีความเหนียวต่ำถึงปานกลางเป็นดินเหนียวปนกรวด และที่ระยะ 2.00 - 3.00 ม.สามารถจำแนกเป็นดินประเภท ML เนื่องจากเมื่อนำดินมาผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดินที่ผ่านตะแกรงมีมากกว่า 12 % ทุกระยะความลึกที่สามารถเจาะได้ ค่า PLและLL อยู่ระหว่าง 38 – 40 จึงเป็นดินลักษณะตะกอนทรายอนินทรีย์ หรือ ดินเหนียวมีความเหนียวเล็กน้อย และจากการหาค่าการซึมผ่านได้ของน้ำในดินจัดได้ว่าเป็นดินเหนียวการความสามารถในการระบายน้ำต่ำ

ตารางที่ 5.6 แสดงข้อมูลของดินทางกายภาพในหมู่บ้านน้ำบ่อ หลุมที่ 2

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-1.45 | CL | 127.14 | 1.94 | $4.90 \times 10^{-7}$ | 19.24 | 27.20 | 7.96 | 2.76 |
| 1.45-4.00 | CL | 29.33 | 2.36 | $9.00 \times 10^{-6}$ | 23.36 | 38.50 | 15.14 | 2.80 |

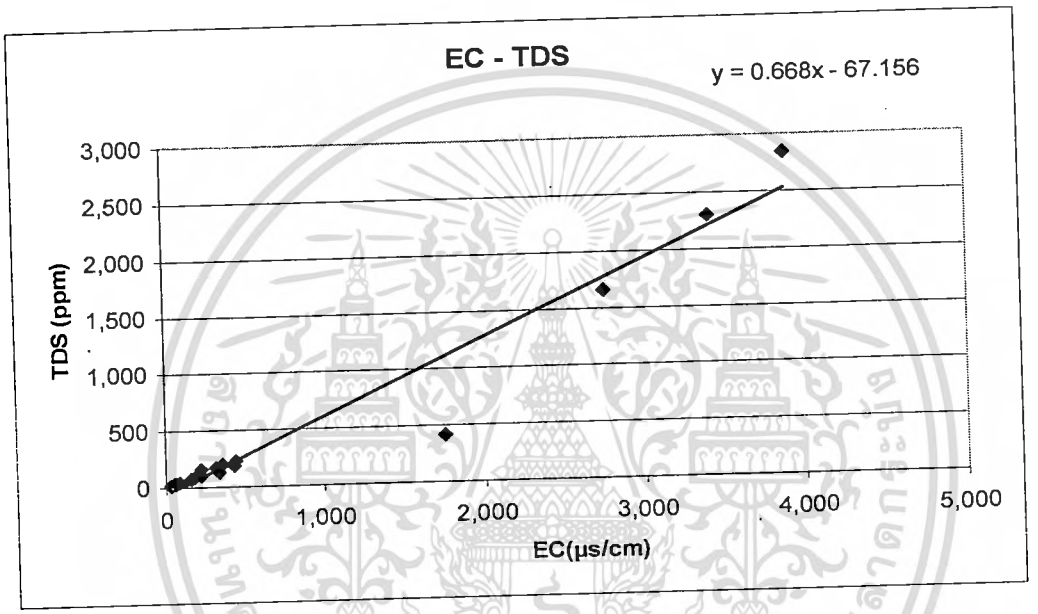
จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมสามารถจำแนกได้ว่าเป็นดินชนิด CL เนื่องจากเมื่อนำดินมาผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดินที่ผ่านตะแกรงมีมากกว่า 12 % ตลอดทุกระยะความลึกที่สามารถทำการเจาะได้ ค่า PL,LL อยู่ที่ระหว่าง 19 – 40 จึงสามารถจัดได้ว่าเป็นดินประเภท ดินเหนียวอนินทรีย์ที่มีความเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำถึงปานกลาง หรือ ดินเหนียวปนกรวด และจากการหาค่าการซึมผ่านได้ของน้ำในดินจัดได้ว่าเป็นดินเหนียว ความสามารถในการระบายน้ำต่ำ

#### 5.1.1.1.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ด้านเคมี

**1. การเปรียบเทียบค่า TDS กับ EC**

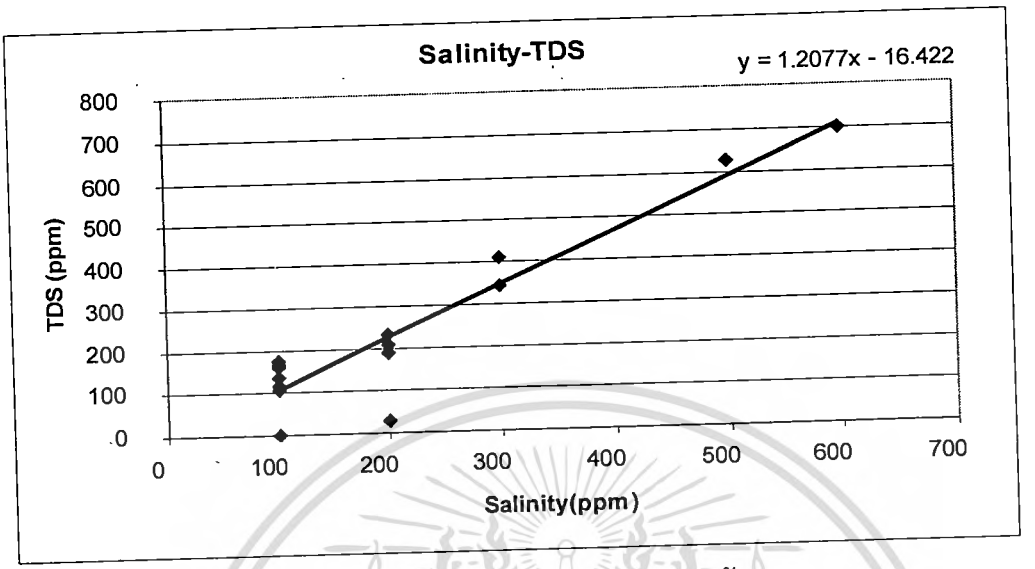



รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า TDS กับ EC

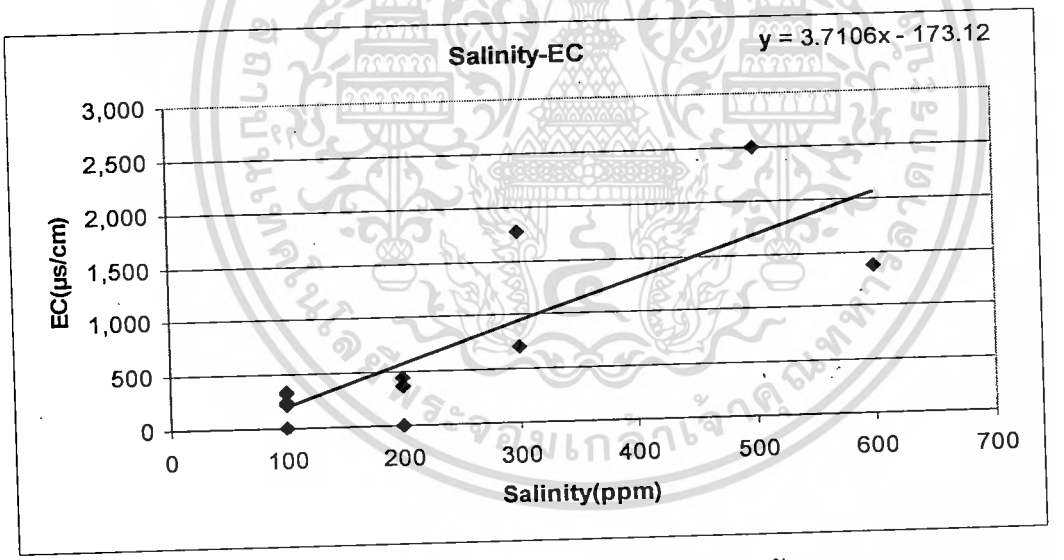
จากรูปที่5.1 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ(TDS) และค่าสภาพการนำไฟฟ้า (EC) โดยการนำข้อมูลของแต่ละหมู่บ้านมารวมกันแล้วเปรียบเทียบบนกราฟเดียวกันเพื่อหาแนวโน้มของกราฟข้อมูล โดยผลที่แสดงออกมาได้อยู่ในกราฟซึ่งจะแสดงให้เห็นว่า ค่าสภาพการนำไฟฟ้า จะมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมาก โดยเมื่อตัวอย่างดินมีการเปลี่ยนแปลงจากความเข้มข้นน้อยไปความเข้มข้นมาก นั่นคือเมื่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ มีค่ามากก็จะทำให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้า มีค่ามากตามไปด้วย หรือจะเรียกได้ว่าค่าสภาพการนำไฟฟ้าจะแปรผันตามค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การเปรียบเทียบค่า Salinity กับ TDS และ EC




รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ TDS



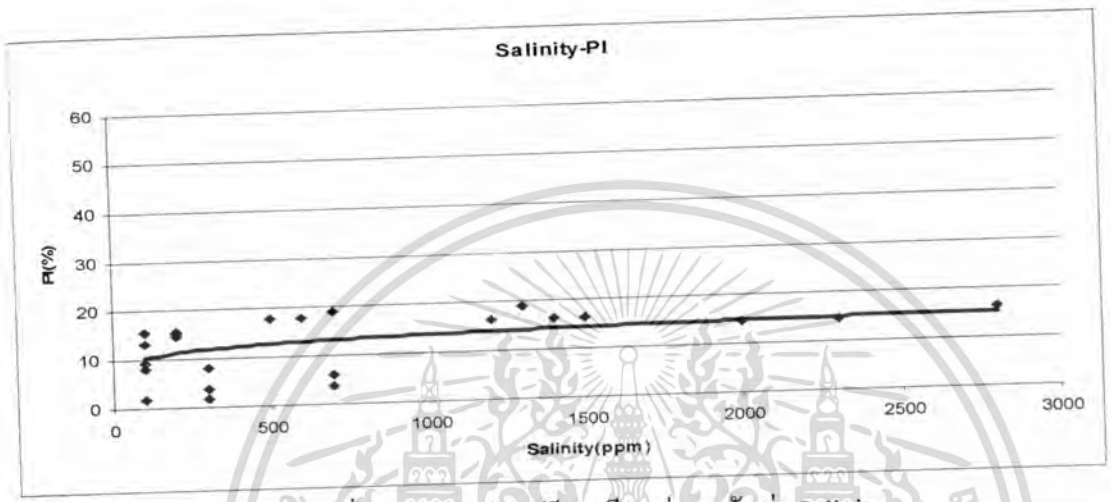

รูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ EC

จากรูปที่5.2 และรูปที่5.3 จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็ม(Salinity) และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ(TDS) โดยการนำข้อมูลของทุกหมู่บ้านในพื้นที่ชลประทานมาเปรียบเทียบเพื่อหาแนวโน้มของกราฟข้อมูลในกราฟเดียวกันเช่นเดียวกับกราฟแรก จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ มีค่ามากก็จะมีผลทำให้ค่าของความเค็ม หรือค่าความเค็ม จะแปรผันตามค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ และจากรูปที่5.2 และรูปที่5.3 จะแสดงความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันของกราฟทั้งสองรูปได้คือ เมื่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่ามากจะทำให้ค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

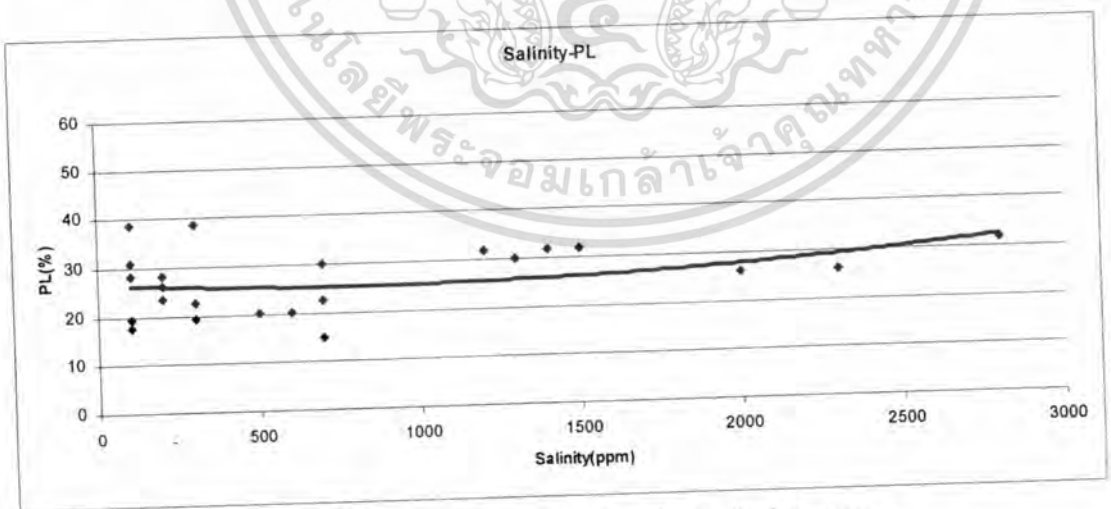
เค็มมากขึ้นและยังทำให้ค่าการนำสภาพการนำไฟฟ้า มีค่ามากขึ้นอีกด้วยหรือจะเรียกได้ว่า ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ค่าของความเค็มและค่าการนำสภาพการนำไฟฟ้า มีการแปรผันตามกัน

### 3. เปรียบเทียบค่า PI,PL และ LL กับค่า Salinity




รูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า PI กับค่า Salinity

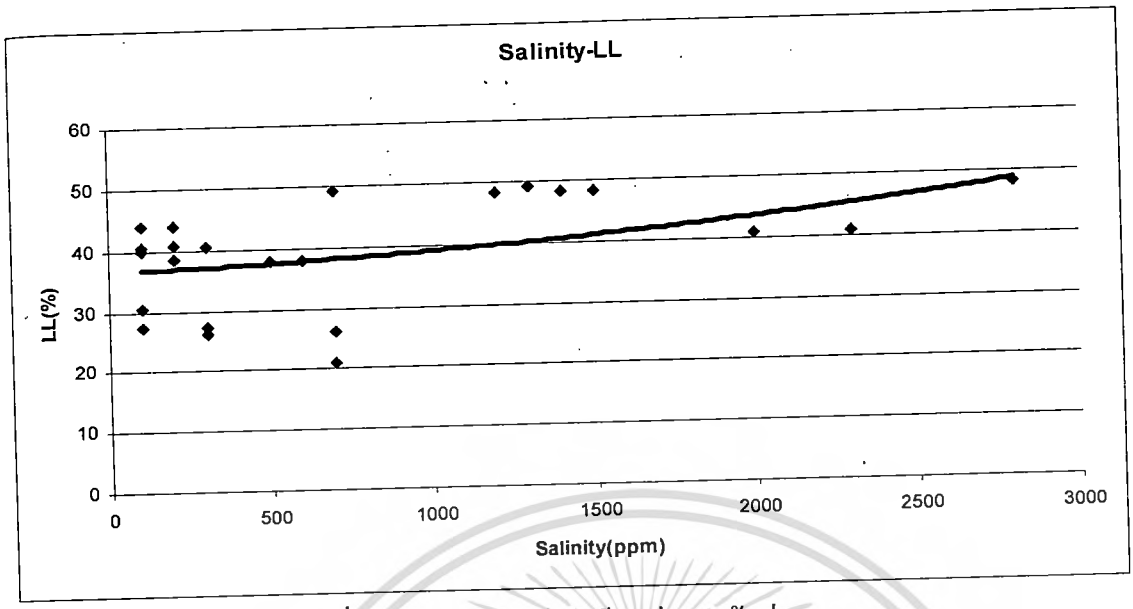
จากรูปที่5.4 ค่าPI ของตัวอย่างดินอยู่ระหว่าง 1-20 % และจากกราฟ กราฟมีแนวโน้มแสดงให้เห็นว่าดินที่มีค่า PI มากกว่าก็จะมีค่าความเค็มมากกว่าในดินที่มีค่า PI น้อย




รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบค่า PL กับค่า Salinity

จากรูปที่5.5 ค่าPLของตัวอย่างดินอยู่ระหว่าง 10-40 % และดินที่พบค่าความเค็มมีค่า PL อยู่ที่ประมาณ 30% ซึ่งจากลักษณะของกราฟจะเห็นได้ว่าค่า PLไม่สามารถที่จะบอกถึงแนวโน้มของความเค็มได้ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบค่า LL กับค่า Salinity

จากรูปที่5.6 ค่าLLของตัวอย่างดินอยู่ระหว่าง 20-50 % และจากกราฟ กราฟจะมีแนวโน้ม แสดงให้เห็นว่าดินที่มีค่าความเค็มดินมีค่าLL มากด้วย หรือกล่าวได้ว่าดินที่มีความเค็มจะมีโอกาสพบในดินที่มีความเหนียวมาก มากกว่าในดินที่มีความเหนียวน้อย

### 5.1.2 บริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

#### 5.1.2.1 ผลการศึกษา

ในบริเวณลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จ. นครพนม จากการเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างดินและนำมาทดสอบหาค่าความเค็มและค่าต่างๆ พบว่าพื้นที่นี้มีความเค็มน้อยมากโดยเก็บตัวอย่างดินและน้ำมาทดสอบทางเคมีและทางกายภาพ ในพื้นที่บริเวณ จังหวัดนครพนม โดยที่พื้นที่การเก็บตัวอย่างดิน คือ พื้นที่ต่ำกว่าระดับ 138 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ที่เชื่อนดิน บ้านปากบัง บ้านโคกสว่างพัฒนา บ้านพิมาน บ้านขอนกอง และวัดสว่างอารมณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1.2.1.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ด้านกายภาพ

#### 1) เขื่อนดิน

ตารางที่ 5.7 แสดงข้อมูลทางกายภาพในเขื่อนดิน

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-0.85 | CL | - | - | - | - | - | - | 2.76 |
| 0.85-1.40 | SC | - | - | - | - | - | - | 2.78 |
| 1.40-1.90 | SC | - | - | - | - | - | - | 2.78 |
| 1.90-2.40 | SC | - | - | - | - | - | - | 2.70 |
| 2.40-2.60 | SC | - | - | - | - | - | - | 2.62 |
| 2.60-3.15 | SM | - | - | - | - | - | - | 2.62 |

**หมายเหตุ** ข้อมูลไม่ครบ(หาค่าจากการทดสอบไม่ได้เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบไม่เพียงพอ)

จากข้อมูลที่ทำการรวบรวมจำแนกได้ว่า ที่ระดับผิวดินมีลักษณะเป็นดินชนิด CL และที่ระดับ 0.85-2.60 เป็นทรายชนิด SC เนื่องจากเมื่อนำดินมาผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ดินที่ผ่านตะแกรงอยู่ที่ระหว่าง 5% - 12% ทรายมีขนาดคละกันดีเป็นดินประเภทดินเหนียวปนทราย โดยที่ชั้นผิวดินนั้นมีรากไม้ผสมอยู่มาก ความสามารถในการระบายน้ำค่อนข้างต่ำ

#### 2) บ้านปากบัง

ตารางที่ 5.8 แสดงข้อมูลทางกายภาพในบ้านปากบัง

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-0.85 | ML | - | - | - | - | - | - | 2.76 |
| 0.85-1.30 | ML | 100.00 | 0.60 | $1.60 \times 10^{-9}$ | 26.00 | 32.50 | 6.50 | 2.85 |
| 1.30-1.75 | CL | 92.86 | 17.23 | $4.90 \times 10^{-9}$ | 16.50 | 23.00 | 6.50 | 2.79 |
| 1.75-2.35 | CL | 76.67 | 2.32 | $3.60 \times 10^{-9}$ | 19.20 | 33.50 | 14.30 | 2.81 |
| 2.35-2.65 | CL | - | - | - | - | - | - | 2.86 |
| 2.65-3.00 | CL | - | - | - | - | - | - | 2.82 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมสามารถจำแนกได้ว่าที่ผิวดินความลึก 0.00-1.30 เมตร เป็นดินชนิด ML และที่ความลึก1.30-3.00 เมตรเป็นดินชนิด CL เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์จะเห็นว่าดินมีการผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50% ทุกช่วงความลึก และมีค่าขีดจำกัดความข้นเหลวที่ใกล้เคียงกัน จากการวิเคราะห์ดินที่ได้เป็นดินเหนียวล้วน และชั้นผิวดินมีซากรากผสมอยู่ ค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.8

### 3) บ้านโคกสว่างพัฒนา

ตารางที่ 5.9 แสดงข้อมูลทางกายภาพในบ้านโคกสว่างพัฒนา

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-060 | CL | - | - | - | 14.30 | 21.00 | 6.70 | 2.77 |
| 0.60-1.35 | CL | 100.00 | 1.10 | $1.60 \times 10^{-9}$ | 21.90 | 36.00 | 14.10 | 2.75 |
| 1.35-1.85 | CL | - | - | - | - | - | - | 2.77 |
| 1.85-2.02 | ML | 45.00 | 27.20 | $4.00 \times 10^{-8}$ | 17.80 | 45.00 | 27.20 | 2.79 |
| 2.02-2.64 | ML | 2.50 | 2.30 | $9.00 \times 10^{-6}$ | 0.20 | 2.50 | 2.30 | 2.86 |

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมสามารถจำแนกดินได้ว่าดินความลึก 0.00-1.85 เมตรเป็นดินชนิด CL และดินที่ความลึก 1.85-2.64 เมตรเป็นดินชนิด ML เมื่อนำดินมาผ่านตระแกรงเบอร์200 ดินผ่านตระแกรงมีมากกว่า 50% ดินมีลักษณะเป็นตะกอนทรายที่มีลักษณะสีดำและจากการทดลองสามารถหาค่าความถ่วงจำเพาะได้ประมาณ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4) บ้านพิมาน

ตารางที่ 5.10 แสดงข้อมูลทางกายภาพในบ้านพิมาน

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-0.45 | SC | 1900.00 | 82.12 | $4.00 \times 10^{-10}$ | 22.60 | 42.80 | 20.20 | 2.79 |
| 0.45-2.45 | SC | 35.74 | 8.23 | $4.90 \times 10^{-7}$ | 22.85 | 40.70 | 17.85 | 2.75 |
| 2.45-6.45 | SP | 2.37 | 1.05 | $3.61 \times 10^{-4}$ | - | - | - | 2.54 |
| 6.45-8.45 | SM | 63.04 | 2.70 | $8.46 \times 10^{-7}$ | 25.82 | 32.90 | 7.08 | 2.80 |
| 8.45-10.45 | SC | 4.27 | 0.77 | $1.21 \times 10^{-4}$ | 24.37 | 45.40 | 21.03 | 2.82 |

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมสามารถจำแนกได้ว่าดินส่วนใหญ่เป็นดินชนิด SC จากการทดสอบจะเห็นว่าดินที่ได้จากหลุมนี้ส่วนมากเป็นดินทรายปนดินเหนียวในชั้นผิวดินจนถึงที่ความลึกประมาณ 2.5 เมตร จากนั้นเป็นทรายที่มีขนาดของเม็ดที่ใหญ่ขึ้น ที่ความลึกประมาณ 2.5-6.5 เมตร และที่ความลึกประมาณ 6.5 เมตร ดินที่ได้นั้นเป็นดินตะกอนทรายและในชั้นความลึกสุดท้ายนั้นดินที่ได้เป็นดินทรายปนดินเหนียว ค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้โดยเฉลี่ยประมาณ 2.7

### 5) บ้านขอนกอง

ตารางที่ 5.11 แสดงข้อมูลทางกายภาพในบ้านขอนกอง

| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-1.45 | SC | 872.34 | 7.50 | $2.21 \times 10^{-6}$ | 20.77 | 37.50 | 16.73 | 2.66 |
| 1.45-3.45 | SC | 977.78 | 23.35 | $2.03 \times 10^{-9}$ | 22.07 | 43.60 | 21.53 | 2.73 |
| 3.45-4.45 | SM | 355.56 | 107.56 | $2.03 \times 10^{-9}$ | 26.09 | 38.20 | 12.11 | 2.79 |
| 4.45-7.45 | SM | 2.67 | 1.04 | $3.60 \times 10^{-5}$ | 26.09 | 38.20 | 12.11 | 2.95 |
| 7.45-10.45 | SW | 1..94 | 0.79 | $2.89 \times 10^{-4}$ | 26.09 | 38.20 | 12.11 | 2.75 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมสามารถจำแนกได้ว่าดินส่วนบนที่ความลึก 0.00-3.45 เมตร เป็นดินชนิด SC มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.7 และที่ความลึก3.45-7.45 เมตรเป็นดินชนิด SM ซึ่งดินที่ได้ส่วนใหญ่เป็นดินตะกอนทรายมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.87 และที่ความลึกชั้นสุดท้ายที่ประมาณ 10 เมตร เป็นดินทรายที่มีขนาดคละทรายมีขนาดเม็ดที่ใหญ่ขึ้น

**6) วัดสว่างอารมณ์**

ตารางที่ 5.12 แสดงข้อมูลทางกายภาพในวัดสว่างอารมณ์

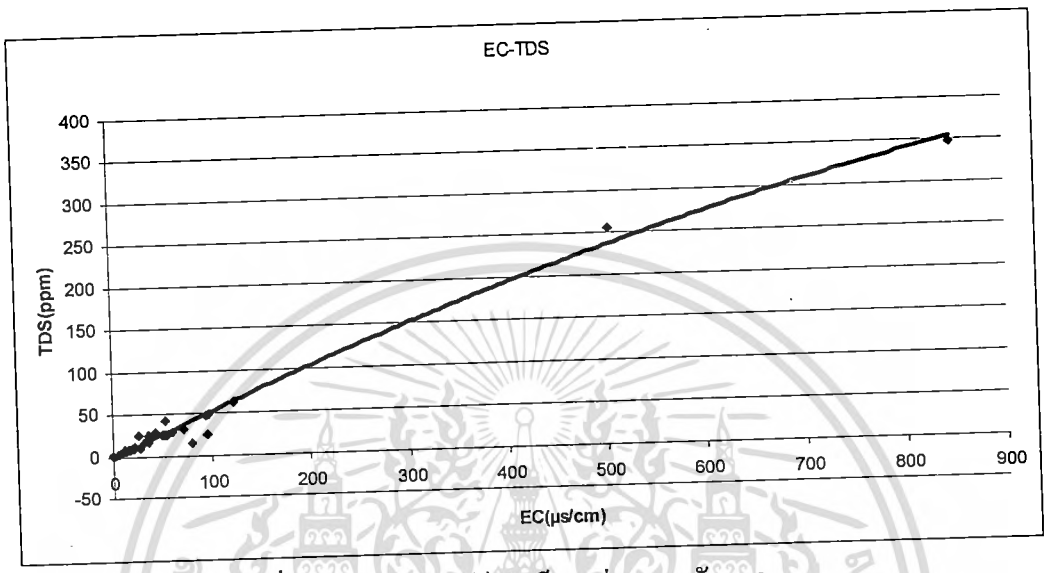
| ความลึก | Type of Soil | Cu | Cc | K ($cm^2$) | Atterberg's Limits | | | Gs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | PL | LL | PI | |
| 0.00-1.45 | SC | 17.86 | 2.86 | $1.96 \times 10^{-6}$ | 19.88 | 33.10 | 13.22 | 2.75 |
| 1.45-4.45 | SC | 6.67 | 1.67 | $9.00 \times 10^{-6}$ | 19.20 | 33.50 | 14.30 | 2.72 |
| 4.45-6.45 | SC | 3.21 | 1.37 | $6.56 \times 10^{-5}$ | 15.80 | 30.00 | 14.20 | 2.75 |
| 6.45-8.45 | SC | 3.28 | 1.46 | $4.10 \times 10^{-5}$ | 13.10 | 27.30 | 14.20 | 2.69 |
| 8.45-10.45 | SM | 1.97 | 0.91 | $5.04 \times 10^{-5}$ | - | - | - | 2.55 |

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมสามารถจำแนกได้ว่าเป็นดินชนิด SC ส่วนมากจะเป็นดินทรายปนดินเหนียว ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ที่ประมาณ 2.7 โดยชั้นของดินนั้นได้มีการเปลี่ยนเป็นดินตะกอนทรายในค่วามลึกที่ประมาณ 9 เมตร และจากการทดลองสามารถหาความถ่วงจำเพาะได้ประมาณ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1.2.1.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ด้านเคมี

#### 1. การเปรียบเทียบค่า TDS กับ EC

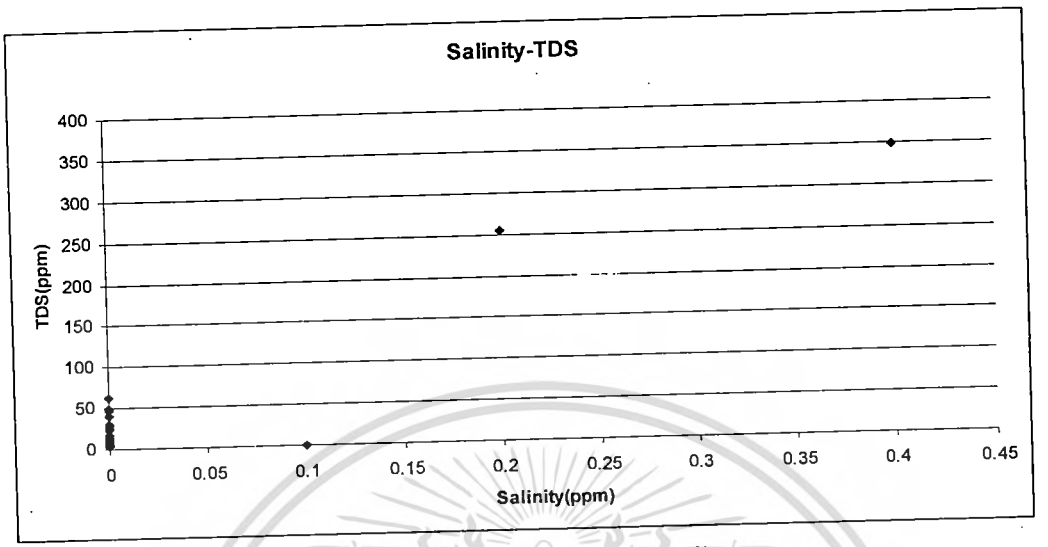



รูปที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า TDS กับ EC

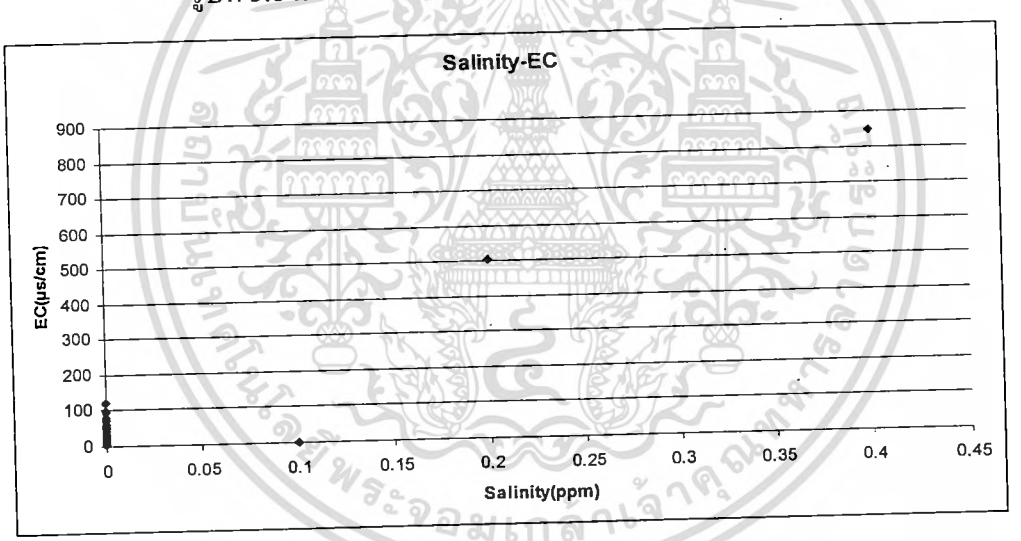
จากรูปที่5.7 เป็นการแสดงความสัมพันธ์กัน ระหว่าง ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ(TDS) และค่าสภาพการนำไฟฟ้า (EC) โดยการนำข้อมูลของแต่ละหมู่บ้านมารวมกันแล้วเปรียบเทียบกราฟเดียวกันเพื่อหาแนวโน้มของกราฟข้อมูล โดยผลที่แสดงออกมาได้อยู่ในกราฟซึ่งจะแสดงให้เห็นว่า ค่าสภาพการนำไฟฟ้า จะมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมาก โดยความสัมพันธ์จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อตัวอย่างดินมีการเปลี่ยนแปลงจากความเข้มข้นน้อยไปความเข้มข้นมาก นั่นคือเมื่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ มีค่ามากก็จะทำให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้า มีค่ามากตามไปด้วย หรือจะเรียกได้ว่าค่าสภาพการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มจะแปรผันตามค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การเปรียบเทียบค่า Salinity กับ TDS และ EC




รูปที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ TDS

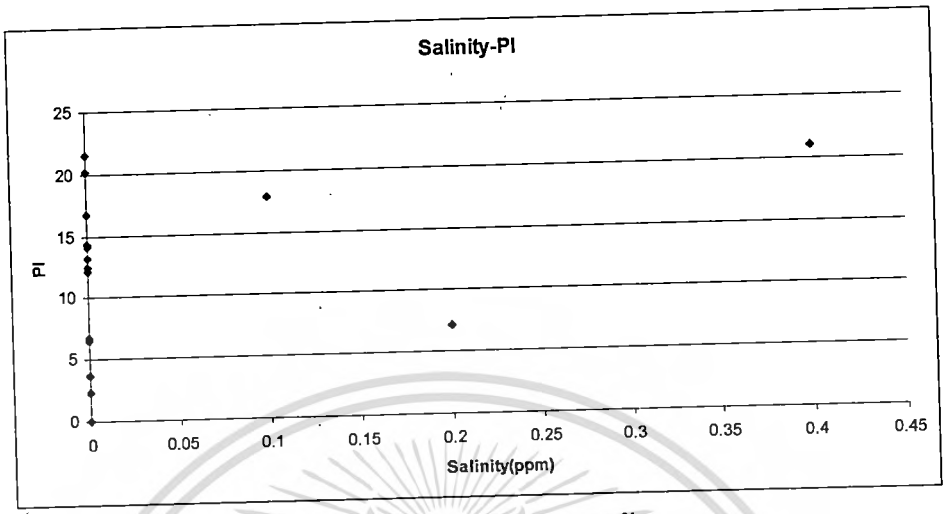



รูปที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ EC

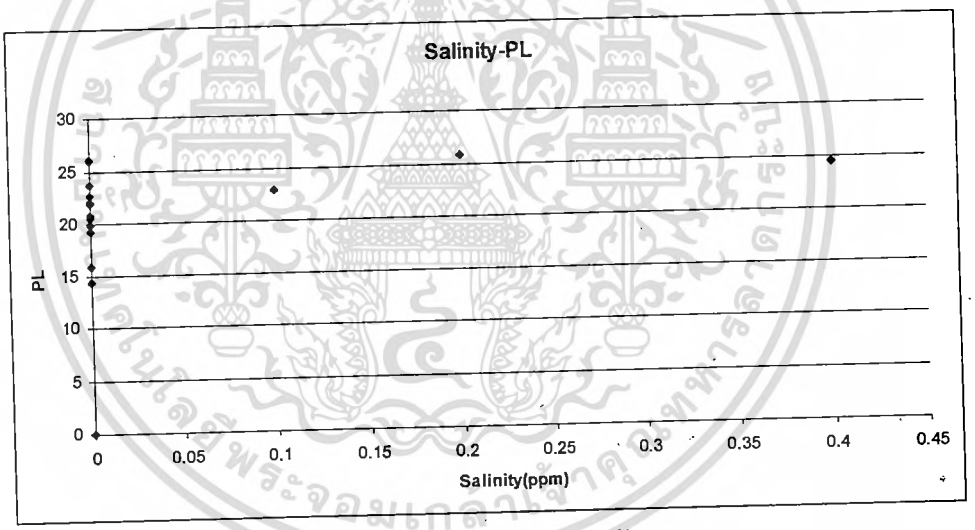
จากรูปที่5.8 และรูปที่5.9 จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็ม(Salinity) และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ(TDS) โดยการนำข้อมูลของทุกหมู่บ้านมาเปรียบเทียบเพื่อหาแนวโน้มของกราฟข้อมูลในกราฟเดียวกันเช่นเดียวกับกราฟแรก จากผลที่ได้จะแสดงในบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำมีค่าความเค็มที่น้อยมากและโดยส่วนใหญ่ไม่พบค่าความเค็มในชั้นดินระดับตื้นจึงไม่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างค่า Salinity กับ TDS และ EC ในบริเวณพื้นที่ในอ่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

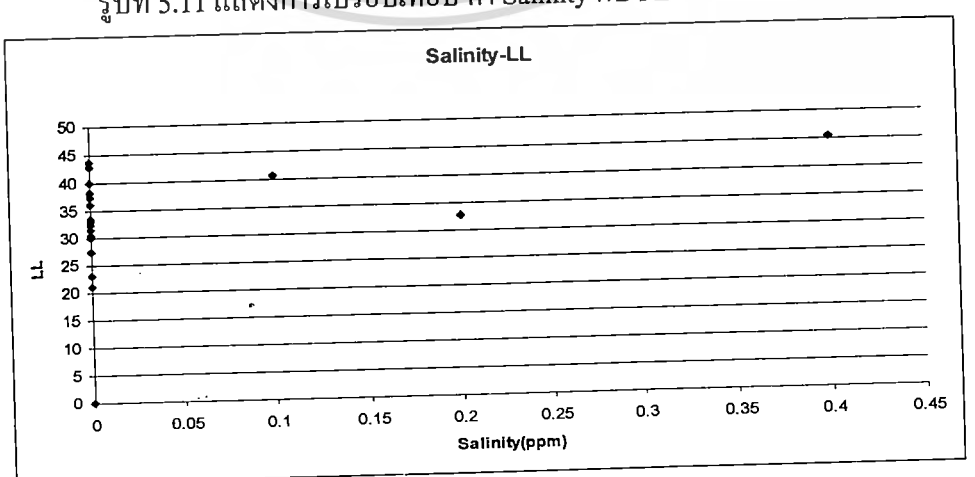
### 3. เปรียบเทียบค่า PI,PL และLLกับค่า Salinity




รูปที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ PI




รูปที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ PL




รูปที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Salinity กับ LL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 5.10, 5.11และ5.12 เปรียบเทียบค่าSalinity กับค่า PI , PL และ LL ตามลำดับ จากผลที่ได้จะแสดงในบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำมีค่าความเค็มที่น้อยมากและโดยส่วนใหญ่ไม่พบค่าความเค็มในชั้นดินระดับตื้นจึงไม่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างค่า Salinity กับ PI , PL และ LL ในบริเวณพื้นที่ในอ่างได้

## 5.2 ผลการทดสอบของน้ำใต้ดิน

### 5.2.1 พื้นที่ชลประทาน

ตารางที่ 5.13 แสดงการสรุปผลของน้ำใต้ดิน(พื้นที่ชลประทาน)

| หมู่บ้าน | ความลึก ( ม. ) | ความเค็ม (ppm) |
|---|---|---|
| พระซองน้อย | 2.10 | 8400 |
| บ่อดอกซ้อน | 1.50 | 7300 |
| ดงมะเอก | 1.20 | 100 |
| นาฉันทะ | บ่อบาดาล | 1800 |
| น้ำบ่อหลุมที่ 1 | 0.85 | 100 |
| น้ำบ่อหลุมที่ 2 | 0.90 | 6800 |

จากตาราง แสดงข้อมูลน้ำใต้ดินในสถานที่ที่พบค่าความเค็มของดินของแต่ละหมู่บ้าน ซึ่งค่าความเค็มสูงสุดของน้ำใต้ดินคือ หมู่บ้านพระซองน้อย ค่าความเค็ม 8400 ppm เมื่อพิจารณาข้อมูลน้ำใต้ดินประกอบกับข้อมูลดินจะเห็นได้ว่า ระดับน้ำใต้ดินที่พระซองน้อยลึกกว่าที่อื่น และดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวหรือเป็นดินที่มีขนาดเม็ดดินละเอียดอาจเนื่องมาจากความเค็มจะแพร่กระจาย ขึ้นมาสะสมอยู่ที่ระดับดินชั้นบน ทำให้มีค่าความเค็มมากกว่าในชั้นผิวดินและค่าความเค็มจะเพิ่มมากขึ้นจากระดับผิวดินเมื่อเข้าใกล้ระดับน้ำใต้ดิน

ดังนั้นถ้ามีการจัดการดินและน้ำในพื้นที่ดินเค็มไม่ดีพอหรือทำโดยไม่ถูกวิธี จากการสร้างอ่างเก็บน้ำจะทำให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายดินเค็มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.2.1 พื้นที่อ่างเก็บน้ำ

ตารางที่ 5.14 แสดงการสรุปผลของน้ำใต้ดิน(พื้นที่อ่างเก็บน้ำ)

| หมู่บ้าน | ความลึก (ม.) | ความเค็ม (ppm) |
|---|---|---|
| เขื่อนดิน | 0.84 | 0.0000 |
| บ้านปากบัง | 1.20 | 0.0001 |
| บ้านโคกสว่าง | 0.40 | *n/a |
| บ้านพิมาน | 0.90 | 0.0001 |
| บ้านขอนกอง | 4.90 | **n/a |
| วัดสว่าง | 1.50 | 0.0000 |

**หมายเหตุ** "*n/a" หมายถึง ดินในพื้นที่สำรวจเป็นดินปนกรวดไม่สามารถเจาะหลุมเก็บตัวอย่างได้ "**n/a" หมายถึง ไม่สามารถเก็บน้ำตัวอย่างได้เนื่องจากการเจาะหลุมใช้น้ำหล่อเครื่องเจาะ ทำให้น้ำที่ใช้ผสมกับน้ำใต้ดิน

จากตาราง แสดงข้อมูลน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่การสร้างอ่างเก็บน้ำ อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม พบว่า มีค่าความเค็มในบางพื้นที่แต่ค่าความเค็มที่ได้มีค่าน้อยมากโดยมีค่ามากที่สุดที่บ้านปากบังและบ้านพิมานมีค่าความเค็ม 0.0001ppm แสดงว่าน้ำใต้ดินระดับตื้นในบริเวณพื้นที่สร้างอ่างเก็บน้ำไม่พบน้ำเค็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.3 ผลการทดสอบของแหล่งน้ำผิวดิน

### 5.3.1 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ต่างๆในน้ำ

ผลการทดสอบที่ได้ทำเป็นตาราง โดยแยกเป็นอำเภอ โดยตัวอักษรตัวแรก หมายถึงอำเภอ หมายเลขถัดมาเป็นหมายเลขตำแหน่งเก็บน้ำที่อำเภอนั้นๆ

| | | |
|---|---|---|
| A | หมายถึง | อำเภอธาตุพนม |
| B | หมายถึง | อำเภอนาแก |
| C | หมายถึง | อำเภอเรณูนคร |
| D | หมายถึง | อำเภอนาแก |
| E | หมายถึง | กิ่ง อำเภอวังยาง |
| F | หมายถึง | อำเภอโพนนาแก้ว จังหวัดสกลนคร |
| G | หมายถึง | อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร |
| H | หมายถึง | อำเภอเรณูนคร จังหวัดสกลนคร |
| CH | หมายถึง | จุดตรวจสอบเพื่อยืนยันว่าลำน้ำสายหลักมีความเค็มจากจุดตรวจสอบนี้หรือไม่ |

การตีความหมายของสัญลักษณ์ เช่น A1 หมายถึง ตำแหน่งเก็บตัวอย่างน้ำในอำเภอธาตุพนม จุดที่ 1

การเก็บตัวอย่างน้ำได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งสิ้น 2 ครั้ง โดยจะอยู่ในช่วงเวลา และฤดูกาลที่แตกต่างกัน ซึ่งช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม และตุลาคม มีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.15 แสดงค่าบันทึกผลตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 1

| วันที่ | เวลา | ตำแหน่ง | ความลึก (m.) | อุณหภูมิ (°C) | pH | TDS (mg/l) | DO (mg/l) | ค่าความนำไฟฟ้า ($\mu s$) | ค่าความเค็ม ppt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 ส.ค. 49 | 09:30 | A1 | 0.40 | 29.57 | 6.61 | 45.67 | 0.083 | 65.47 | 0.10 |
| | 10:15 | A2 | 1.50 | 30.63 | 6.13 | 160.00 | 0.090 | 196.00 | 0.10 |
| | 10:55 | A3 | 1.40 | 30.45 | 6.37 | 166.00 | 0.160 | 350.00 | 0.20 |
| | 13:30 | A4 | 8.50 | 32.83 | 6.2 | 150.00 | 0.230 | 215.00 | 0.10 |
| | 14:00 | A5 | 7.00 | 36.80 | 6.78 | 180.00 | 0.300 | 281.00 | 0.10 |
| | 14:30 | A6 | 6.90 | 31.93 | 6.61 | 48.33 | 0.440 | 69.13 | 0.10 |
| | 15:00 | B1 | 2.00 | 33.17 | 6.46 | 22.00 | 0.403 | 30.73 | 0.00 |
| | 15:30 | B2 | 3.00 | 32.83 | 7.08 | 195.00 | 0.370 | 297.00 | 0.10 |
| | 16:00 | C1 | 3.80 | 31.63 | 6.87 | 30.67 | 0.327 | 43.90 | 0.00 |
| | 16:55 | C2 | 4.00 | 30.33 | 7.14 | 115.00 | 0.300 | 164.20 | 0.10 |
| 12 ส.ค. 49 | 10:00 | D1 | 2.00 | 29.03 | 6.66 | 57.33 | 0.196 | 81.70 | 0.10 |
| | 10:40 | D2 | 4.00 | 30.56 | 6.88 | 55.67 | 0.270 | 79.36 | 0.10 |
| | 11:15 | E1 | 2.00 | 29.80 | 6.99 | 59.33 | 0.210 | 84.33 | 0.10 |
| | 11:45 | E2 | 2.00 | 29.80 | 7.01 | 57.00 | 0.260 | 81.75 | 0.10 |
| | 12:50 | E3 | 3.00 | 29.83 | 6.91 | 130.00 | 0.170 | 193.00 | 0.10 |
| | 13:00 | E4 | 2.00 | 29.65 | 7.34 | 165.00 | 0.180 | 236.00 | 0.10 |
| | 14:00 | F | 1.80 | 30.00 | 6.99 | 175.00 | 0.170 | 260.00 | 0.10 |
| | 14:30 | G1 | 1.50 | 29.80 | 7.27 | 194.00 | 0.210 | 279.00 | 0.10 |
| | 15:00 | G2 | 6.00 | 30.81 | 7.43 | 218.00 | 0.210 | 307.00 | 0.20 |
| | 17:00 | G3 | 3.00 | 29.59 | 8.29 | 44.33 | 0.216 | 86.70 | 0.10 |

ตารางที่ 5.16 แสดงค่าบันทึกผลตัวอย่างน้ำ ครั้งที่ 2

| วันที่ | เวลา | ตำแหน่ง | อุณหภูมิ (°C) | pH | TDS (mg/l) | DO (mg/l) | ค่าความนำไฟฟ้า ( $\mu s$ ) | ค่าความเค็ม (ppt) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29 ต.ค. 49 | 08.30 น. | A1 | 27.10 | 6.50 | 40.67 | 2.07 | 65.87 | 0.00 |
| | 09.45 น. | A2 | 28.97 | 6.59 | 43.67 | 3.30 | 72.87 | 0.00 |
| | 10.25 น. | A3 | 28.03 | 6.56 | 40.67 | 3.08 | 66.63 | 0.00 |
| | 11.05 น. | A4 | 27.83 | 7.18 | 58.00 | 5.64 | 95.10 | 0.00 |
| | 11.50 น. | A5 | 28.56 | 7.18 | 76.33 | 5.77 | 134.06 | 0.00 |
| | 12.00 น. | A6 | 29.06 | 7.25 | 59.67 | 4.06 | 99.17 | 0.00 |
| | 14.05 น. | B1 | 29.95 | 6.42 | 27.00 | 3.74 | 46.35 | 0.00 |
| | 14.40 น. | B2 | 29.73 | 7.14 | 58.00 | 4.10 | 102.40 | 0.00 |
| | 15.05 น. | C1 | 29.50 | 7.35 | 105.3 | 4.23 | 177.17 | 0.10 |
| | 16.00 น. | C2 | 29.13 | 7.15 | 104.30 | 3.72 | 175.40 | 0.10 |
| | 16.35 น. | D1 | 28.53 | 7.23 | 50.00 | 4.17 | 82.53 | 0.00 |
| 30 ต.ค. 49 | 08.35 น. | D2 | 27.53 | 7.29 | 47.67 | 4.21 | 77.80 | 0.00 |
| | 10.00 น. | E1 | 27.90 | 7.19 | 46.67 | 3.91 | 76.37 | 0.00 |
| | 10.35 น. | E2 | 28.20 | 7.16 | 52.67 | 3.87 | 83.63 | 0.00 |
| | 11.25 น. | E3 | 28.30 | 7.30 | 48.00 | 3.89 | 75.00 | 0.00 |
| | 12.04 น. | E4 | 28.06 | 7.11 | 48.00 | 3.75 | 75.06 | 0.00 |
| | 13.00 น. | F | 28.00 | 7.04 | 48.00 | 3.69 | 75.20 | 0.00 |
| | 14.25 น. | G1 | 29.43 | 7.16 | 48.00 | 4.25 | 74.10 | 0.00 |
| | 15.30 น. | G2 | 29.76 | 7.17 | 48.00 | 3.88 | 74.10 | 0.00 |
| | | G2.1 | 28.60 | 7.08 | 48.00 | 3.87 | 72.56 | 0.00 |

ตารางที่ 5.16 แสดงค่าบันทึกผล ครั้งที่ 2 (ต่อ)

| วันที่ | เวลา | ตำแหน่ง | อุณหภูมิ (°C) | pH | TDS (mg/l) | DO (mg/l) | ค่าความนำไฟฟ้า ( $\mu s$ ) | ค่าความเค็ม (ppt) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | G2.2 | 30.30 | 6.89 | 59.00 | 4.35 | 91.40 | 0.0 |
| | | G2.3 | 28.80 | 7.29 | 48.00 | 4.39 | 74.60 | 0.0 |
| | 16.30 น. | G3 | 26.40 | 7.55 | 49.00 | 4.36 | 76.03 | 0.0 |
| | | G3.1 | 25.76 | 7.41 | 47.76 | 4.26 | 73.10 | 0.0 |
| | | G3.2 | 26.20 | 7.66 | 49.00 | 4.34 | 76.27 | 0.0 |
| 31 ต.ค. 49 | 09.00 น. | H1 | 27.40 | 6.76 | 85.67 | 3.33 | 136.50 | 0.0 |
| | 09.30 น. | H2 | 28.17 | 6.93 | 227.67 | 3.18 | 368.67 | 0.1 |
| | 10.00 น. | H3 | 27.37 | 7.03 | 217.67 | 2.94 | 345.67 | 0.2 |
| | 10.25 น. | CH1 | 26.90 | 6.76 | 41.00 | 3.27 | 65.20 | 0.0 |
| | 11.40 น. | CH2 | 29.20 | 7.24 | 56.00 | 4.09 | 92.20 | 0.0 |
| | 11.25 น. | CH3 | 28.45 | 7.28 | 219.00 | 3.02 | 360 | 0.2 |
| | 11.42 น. | CH4 | 27.70 | 7.15 | 143.00 | 4.01 | 230 | 0.1 |
| | 13.25 น. | CH5 | 28.85 | 7.26 | 109.50 | 4.77 | 180.40 | 0.1 |
| | 13.50 น. | CH6 | 30.05 | 7.17 | 37.50 | 5.41 | 60.75 | 0.0 |
| | 14.00 น. | CH7 | 27.60 | 6.15 | 10.00 | 3.48 | 15.50 | 0.0 |
| | 14.20 น. | CH8 | 29.65 | 5.97 | 22.00 | 4.21 | 37.00 | 0.0 |
| | 14.35 น. | CH9 | 30.20 | 5.20 | 11.00 | 5.26 | 18.40 | 0.0 |
| | 15.00 น. | CH10 | 28.55 | 6.14 | 214.50 | 4.47 | 352 | 0.2 |
| | 16.05 น. | CH11 | 29.15 | 7.38 | 62.00 | 4.94 | 103.80 | 0.1 |
| | 16.30 น. | CH12 | 28.20 | 5.20 | 98.00 | 4.21 | 159.50 | 0.1 |
| | 16.50 น. | CH13 | 27.65 | 6.89 | 316.00 | 4.68 | 507.50 | 0.3 |

**5.3.1.1 อุณหภูมิ**

มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินกำหนดค่าอุณหภูมิของแหล่งน้ำให้เป็นไปตามธรรมชาติ โดยทำการวัดอุณหภูมิจากตัวอย่างน้ำที่เก็บมาทันทีโดย Senso Direct Con200

**ครั้งที่ 1** ค่าที่ได้จากค่าที่ได้จากการตรวจวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 29.03 - 37.40 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิต่ำสุดที่ ตำแหน่งเก็บน้ำ D1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านพิมานท่า อำเภอนาแก) และจุดที่อุณหภูมิสูงสุด ที่ตำแหน่งเก็บน้ำ A5 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหัวดอน อำเภอธาตุพนม)

**ครั้งที่ 2** ค่าที่ได้จากการตรวจวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 26.20 – 30.30 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิต่ำสุดที่ ตำแหน่งเก็บน้ำ G3.2 จุดเก็บที่ 3 (หนองหาน อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร) และจุดที่อุณหภูมิสูงสุด ที่ตำแหน่งเก็บน้ำ G2.2 (ประตูระบายน้ำ (เก่า) บึงสูตร)

**5.3.1.2 pH**

มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินกำหนดให้ค่า pH ให้อยู่ในช่วง 6-9

**ครั้งที่ 1** ค่า pH ที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 5.84 – 8.56 โดยตำแหน่งที่มีค่าความเป็นกรดมากที่สุดคือ A3 (สะพานคอนกรีต ห้วยแคน อำเภอธาตุพนม) และตำแหน่งที่มีค่าความเป็นด่างมากที่สุดคือ G3 (หนองหาน อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร) ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย

**ครั้งที่ 2** ค่า pH ที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 5.20 – 7.66 โดยตำแหน่งที่มีค่าความเป็นกรดมากที่สุดคือ CH9 (บ้านโนนคำ), CH12 (สะพานคอนกรีต บ้านกุดฉิมใหม่) และตำแหน่งที่มีค่าความเป็นด่างมากที่สุดคือ G3.2 (จุดเก็บที่ 3 หนองหาน อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร) ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.3.1.3 TDS**

ค่า TDS ไม่มีการกำหนดไว้ในมาตรฐานว่าต้องมีปริมาณเท่าใด

**ครั้งที่ 1** จากการทดสอบพบว่าค่า TDS จะอยู่ในช่วง 22 – 218 mg/l โดยตำแหน่งที่มีค่าต่ำสุดคือ B1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ ใกล้บ้านนางเลิศ อำเภอนาแก) และตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดคือ G2 (บึงสูตร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร)

**ครั้งที่ 2** จากการทดสอบพบว่าค่า TDS จะอยู่ในช่วง 10 - 316 mg/l โดยตำแหน่งที่มีค่าต่ำสุดคือ CH7 (บ้านหนองสระพัง อำเภอเรณูนคร) และตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดคือ CH13 (สะพานคอนกรีต บ้านกุดฉิมพัฒนา อำเภอเรณูนคร)

**5.3.1.4 DO**

โดยปกติปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตามธรรมชาติจะมีค่าไม่เกิน 9 mg/l และมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินกำหนดให้ค่า DO มีค่าไม่น้อยกว่า 2.0 mg/l

**ครั้งที่ 1** จากการทดสอบพบว่าค่า DO จะอยู่ในช่วง 0.083 – 0.455 mg/l โดยตำแหน่งที่มีค่าต่ำสุดคือ A1 (สะพานข้ามห้วยแคน ใกล้โรงพยาบาลยุพราช อำเภอธาตุพนม) และตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดคือ A5 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหัวดอน อำเภอธาตุพนม) (*ค่าที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าที่น่าจะเป็น ซึ่งอาจเกิดจากการผิดพลาดในการวัด)

**ครั้งที่ 2** จากการทดสอบพบว่าค่า DO จะอยู่ในช่วง 2.07 – 5.77 mg/l โดยตำแหน่งที่มีค่าต่ำสุดคือ A1 (สะพานข้ามห้วยแคน ใกล้โรงพยาบาลยุพราช อำเภอธาตุพนม) และตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดคือ A5 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหัวดอน อำเภอธาตุพนม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.3.1.5 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)**

ค่าการนำไฟฟ้าไม่ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานไว้ แต่จะบ่งบอกถึงความบริสุทธิ์ของน้ำได้ ยิ่งมีค่ามากแสดงว่ามีสารปนเปื้อนที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้อยู่มาก โดยค่าการนำไฟฟ้าจะแปรผันตามค่า TDS

**ครั้งที่ 1** ค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 30.73 – 350.00 µS โดยตำแหน่งมี่มีค่าต่ำสุด คือ B1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ ใกล้บ้านนางเลิศ อำเภอนาแก) และตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดคือ A3 (สะพานคอนกรีต ห้วยแคน อำเภอธาตุพนม)

**ครั้งที่ 2** ค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 15.50 – 507.50 µS โดยตำแหน่งมี่มีค่าต่ำสุด คือ CH7 (บ้านหนองสระพัง อำเภอเรณูนคร) และตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดคือ CH13 (สะพานคอนกรีต บ้านกุดฉิมพัฒนา อำเภอเรณูนคร)

**5.3.1.6 ค่าความเค็ม (Salinity)**

ค่าความเค็มไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐาน

**ครั้งที่ 1** ค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 – 0.2 g/Kg ตำแหน่งที่มีค่าต่ำสุดหรือไม่มีความเค็มคือ B1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ ใกล้บ้านนางเลิศ อำเภอนาแก), C1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำบัง บ้านสร้างเม็ก) และตำแหน่งที่มีค่ามากสุดคือ A3 (สะพานคอนกรีต ห้วยแคน อำเภอธาตุพนม), G2 (บึงสูตร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร)

**ครั้งที่ 2** ค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 – 0.3 g/Kg ตำแหน่งที่มีค่าต่ำสุดหรือไม่มีความเค็มคือ A1(สะพานข้ามห้วยแคน ใกล้โรงพยาบาลยุพราช), A2 (สะพานคอนกรีต ห้วยแคน บ้านดอนกลาง), A3 (สะพานคอนกรีต ห้วยแคน), A4 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านน้ำก่ำ), A5 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหัวดอน), A6 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านดงขุนคราม), B1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ ใกล้บ้านนางเลิศ), B2 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ), D1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านพิมานท่า), D2 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านนาแก), E1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรือทอง) , E2 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านส้มป่อย) , E3 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหัวภูธร) , E4 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหนองแคน) , F (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านด่านม่วงคำ) , G1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ ระหว่างบึงไฮกับบึงแดง) , G2 (บึงสูตร (จุดเก็บที่ 1 บริเวณสันฝาย) ) , G2.1 (บึงสูตร (จุดเก็บที่ 2 บริเวณปากฝาย)) , G2.2 (บึงสูตร (จุดเก็บที่ 3 บริเวณประตูระบายน้ำเก่า)) , G2.3 (บึงสูตร (จุดเก็บที่ 4 บริเวณเก็บเรือ)) , G3 (หนองหาน (จุดเก็บครั้งที่1)) , G3.1 (หนองหาน (จุดเก็บครั้งที่2)) , G3.2 (หนองหาน(จุดเก็บครั้งที่3)) , H1 (หนองดุ บ้านเหลากกตาล) , H2 (สะพานคอนกรีต. วัดประชาสามัคคี) , CH1 (สะพานคอนกรีต โรงเรียนบ้านบ่อสะอาด) ,CH2 (สะพานคอนกรีต หน้าศาลปู่ถลา ) , CH6 (บ้านสร้างแป้น) , CH7 (บ้านหนองสระพัง) , CH8 (วัดสวรรค์ทอง) , CH9 (บ้านโนนคำ) และตำแหน่งที่มีค่ามากสุดคือ CH13 (สะพานคอนกรีต บ้านกุดฉิมพัฒนา)

### 5.3.2 ผลการทดสอบการหาอัตราการไหลในลำน้ำ

ผลการทดสอบโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.(แสดงรูปตัดลำน้ำ) และภาคผนวก ข.(แสดงพื้นที่หน้าตัด และอัตราการไหลในลำน้ำ)

สำหรับการคำนวณความเร็วในแต่ละหน้าตัดคำนวณได้จากสูตร

ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำ $V = (CF)V_f$

เมื่อ $V$ คือ ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำ, (m/s)

$V_f$ คือ ความเร็วที่ผิวน้ำ, (m/s)

$CF$ คือ ค่าปรับแก้ความเร็ว ขึ้นอยู่กับความลึกเฉลี่ยของการไหลดังตารางที่ 5.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.17 ค่าปรับแก้ความเร็ว

| ความลึกเฉลี่ย | | CF |
|---|---|---|
| (m) | (ft) | |
| 0.3 | 1.0 | 0.66 |
| 0.6 | 2.0 | 0.68 |
| 0.9 | 3.0 | 0.70 |
| 1.2 | 4.0 | 0.72 |
| 1.5 | 5.0 | 0.74 |
| 1.8 | 6.0 | 0.76 |
| 2.7 | 9.0 | 0.77 |
| 3.7 | 12.0 | 0.78 |
| 4.6 | 15.0 | 0.79 |
| ≥6.1 | ≥20.0 | 0.80 |

จากสูตรการหาความเร็วน้ำในแต่ละหน้าตัด และตารางที่5.17 แสดงค่าปรับแก้ความเร็ว สามารถหาความเร็วของน้ำได้ดังตารางที่ 5.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่5.18 แสดงค่าความเร็วที่ผิวน้ำที่แท้จริง ณ ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

| ตำแหน่ง | ค่าปรับแก้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วน้ำจากเครื่องวัดกับความเร็วน้ำจากใบไม้ | ความเร็วน้ำ (m/s) | | $V_f$ (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| | | จากเครื่องวัดความเร็ว | จากใบไม้ | |
| A1 | - | 0.07 | 0.15 | 0.07 |
| A2 | - | 0.05 | 0.11 | 0.05 |
| A3 | - | 0.04 | 0.10 | 0.04 |
| A4 | 0.60 | - | 0.10 | 0.06 |
| A5 | 0.60 | - | 0.46 | 0.28 |
| A6 | 0.60 | - | 0.46 | 0.28 |
| B1 | - | 0.06 | 0.13 | 0.06 |
| B2 | - | 0.06 | - | 0.06 |
| C1 | 0.60 | - | 0.10 | 0.06 |
| C2 | 0.60 | - | 0.03 | 0.02 |
| D1 | 0.60 | - | 0.51 | 0.31 |
| D2 | 0.60 | - | 0.15 | 0.09 |
| E1 | 0.60 | - | 0.51 | 0.31 |
| E2 | 0.60 | - | 0.73 | 0.44 |
| E3 | 0.60 | - | 0.43 | 0.26 |
| E4 | 0.60 | - | 0.31 | 0.19 |
| F | 0.60 | - | 0.49 | 0.29 |
| G1 | 0.60 | - | 0.49 | 0.30 |

จากตารางค่าความเร็วในลำน้ำไม่มีการกำหนดมาตรฐาน ในการทดสอบได้ทำการทดสอบอย่างละเอียด ณฉพาะในครั้งที่2 ดังนั้นผลที่แสดงจึงเป็นผลของครั้งที่2 โดยที่ตำแหน่งที่มีค่าต่ำสุดคือC2 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำบัง บ้านแขนนาง อำเภอเรณูนคร) และตำแหน่งที่มีค่ามากที่สุดคือ E2(สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านส้มป่อย กิ่งอำเภอวังยาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาอัตาการไหลสามารถหาได้จากสูตร

**อัตราการไหล** $Q = VA$

เมื่อ $Q$ = อัตราการไหล, หน่วยเป็นลูกบาศก์ต่อวินาที ($m^3/s$)

$V$ = ความเร็วของการไหล, หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ($m/s$)

$A$ = พื้นที่หน้าตัดของร่องน้ำ, ตารางเมตร ($m^2$)

จากสูตรการหาอัตราการไหลสามารถหาอัตราการไหลของน้ำได้กัลแสดงในตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 การหาอัตราการไหลของลำน้ำ

| STA. | V (m/s) | A ($m^2$) | Q ($m^3/s$) |
|---|---|---|---|
| A1 | 0.05 | 5.10 | 0.27 |
| A2 | 0.00 | 59.75 | 0.22 |
| A3 | 0.03 | 19.60 | 0.57 |
| A4 | 0.05 | 194.60 | 9.14 |
| A5 | 0.21 | 122.25 | 26.25 |
| A6 | 0.21 | 78.10 | 16.54 |
| B1 | 0.04 | 3.00 | 0.12 |
| B2 | 0.05 | 98.63 | 4.49 |
| C1 | 0.04 | 67.50 | 3.01 |
| C2 | 0.02 | 116.70 | 1.79 |
| D1 | 0.23 | 57.38 | 13.35 |
| D2 | 0.07 | 154.00 | 10.85 |
| E1 | 0.24 | 69.85 | 16.54 |
| E2 | 0.34 | 54.75 | 18.63 |
| E3 | 0.20 | 101.75 | 20.51 |
| E4 | 0.15 | 79.75 | 11.64 |
| F | 0.22 | 46.00 | 10.18 |
| G1 | 0.23 | 66.58 | 15.22 |

หมายเหตุ จุด CH1-CH13 ไม่ได้ทำการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

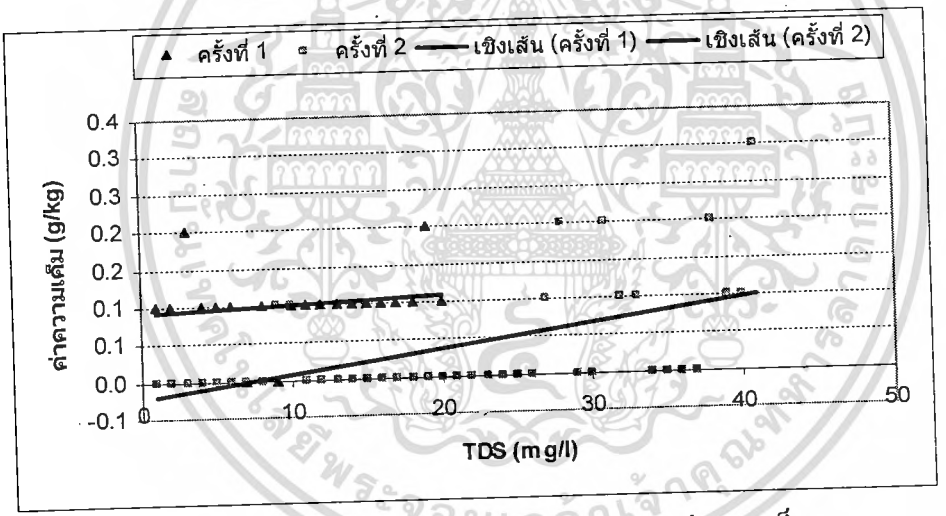
จากตารางที่5.19 แสดงอัตราการไหลของลำน้ำ จุดที่มีอัตราการไหลมากที่สุดคือA5 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหัวดอน) และจุดที่มีอัตราการไหลน้อยที่สุดคือB1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำใกล้บ้านนางเลิศ)

### 5.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

#### 5.3.3.1 แนวโน้มความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์

จากการทดสอบที่ได้สามารถนำค่าต่างๆมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวเนื่องกัน ดังนี้

##### 5.3.3.1.1 แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่าง TDS และ ค่าความเค็ม (Salinity)

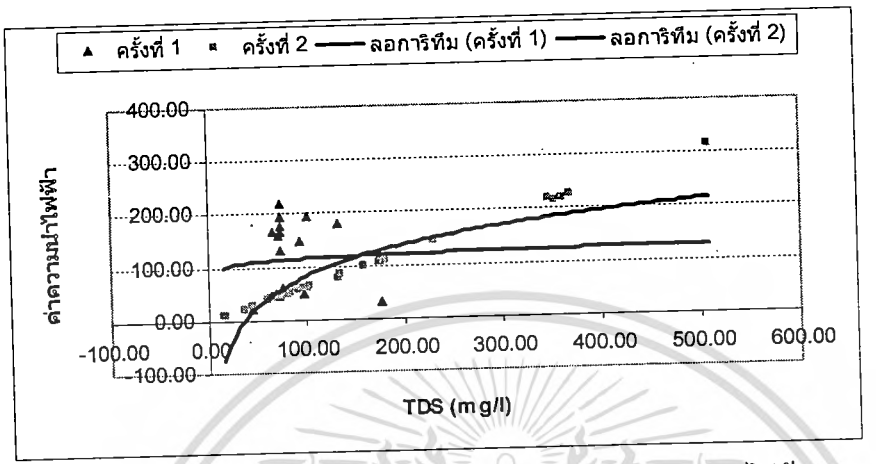



รูปที่ 5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง TDS และค่าความเค็ม

จากรูปที่ 5.13 ค่าที่ได้จากการทดสอบทั้งสองครั้งมีแนวโน้มไปในทางทิศเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าค่าของแข็งที่ละลายในน้ำได้หากมีมากจะทำให้แนวโน้มมีค่าความเค็มในน้ำมากตามไปด้วย เนื่องจากค่าของแข็งที่ละลายในน้ำนั้นจะมีสารประกอบต่างๆผสมอยู่ด้วย ซึ่งมีสารประกอบที่อยู่ในรูปความเค็มที่สามารถละลายน้ำได้ปนอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

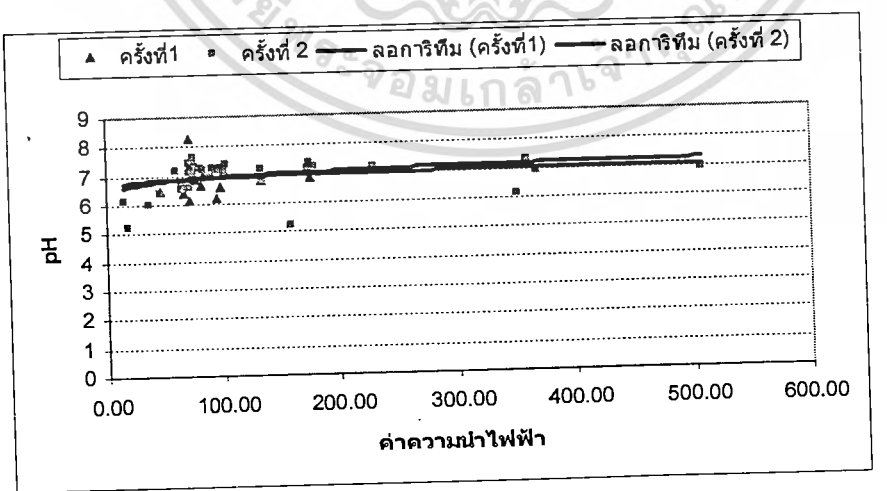
### 5.3.3.1.2 แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่าง TDS และ ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)




รูปที่ 5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS และ ค่าการนำไฟฟ้า

จากรูปที่ 5.14 จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำยิ่งมีมากก็มีแนวโน้มทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีมากขึ้นตามไปด้วย สามารถบ่งบอกถึงความบริสุทธิ์ของน้ำได้ยิ่งมีค่ามากแสดงว่ายิ่งมีสารปนเปื้อนที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้อยู่มาก โดยค่าการนำไฟฟ้าจะแปรผันตามค่าของ TDS

### 5.3.3.1.3 แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) และ ค่า pH




รูปที่ 5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความนำไฟฟ้า และค่า pH

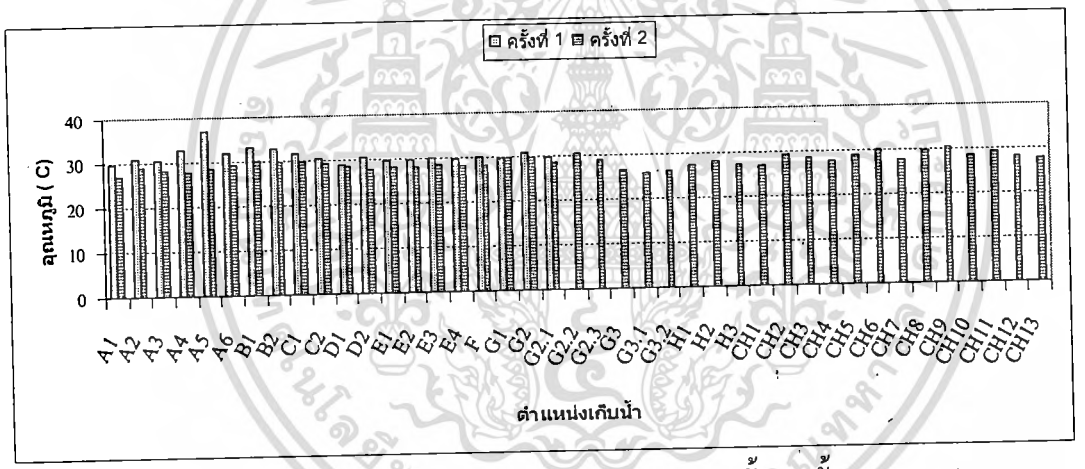
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.15 แสดงให้เห็นว่าค่า pH อยู่ในระดับเดียวกันซึ่งมีค่าอยู่ในระดับปรกติ คือมีสภาพที่ไม่เป็นกรดหรือด่างอย่างชัดเจน แต่ค่าการนำไฟฟ้าจะมีความแตกต่างกันไปในแต่สถานที่ที่เก็บตัวอย่างทดสอบ

### 5.3.3.2 การวิเคราะห์ผลทางเคมีและกายภาพ

การวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์โดยแบ่งตามจำนวนครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาทดสอบ ซึ่งได้ผลการทดสอบน้ำค่าต่างๆดังนี้

#### 5.3.3.2.1 อุณหภูมิ



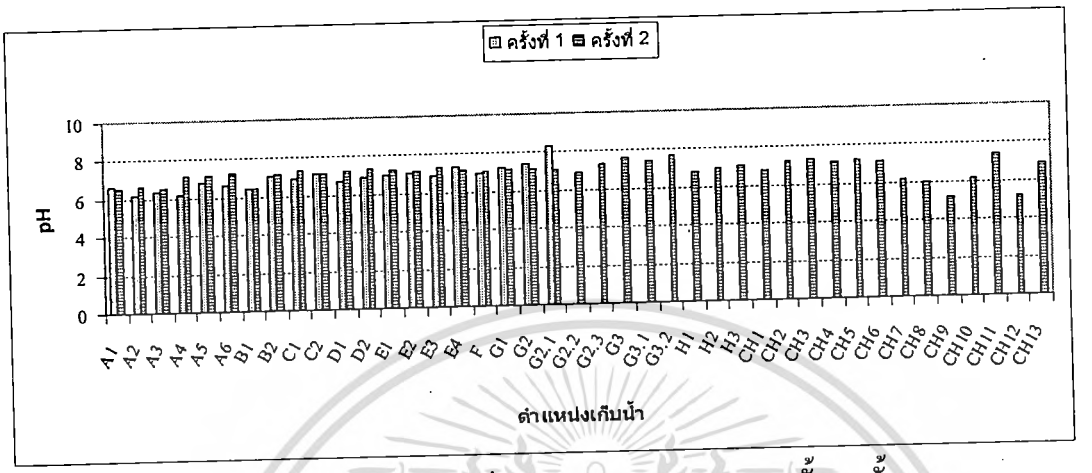

รูปที่ 5.16 แสดงค่าอุณหภูมิจากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

**ครั้งที่ 1** จากการทดสอบอุณหภูมิของน้ำจะมีค่าใกล้เคียงกันทำให้กราฟจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน จุดที่แตกต่างจากกลุ่มอาจจะเป็นเพราะจุดนี้ทำการทดสอบตอนบ่ายทำให้ช่วงนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น

**ครั้งที่ 2** การทดสอบในครั้งที่ 2 ค่าอุณหภูมิทุกจุดมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าอุณหภูมิที่ได้อยู่ในช่วง 30 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศที่อยู่เหนือน้ำ การถ่ายเทความร้อนจากแสงแดด, ฤดูกาล, ระดับความสูง, ลมและการระเหย ในแม่น้ำที่มีร่มเงาของต้นไม้มากน้ำจะมีอุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.3.3.2.2 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)**



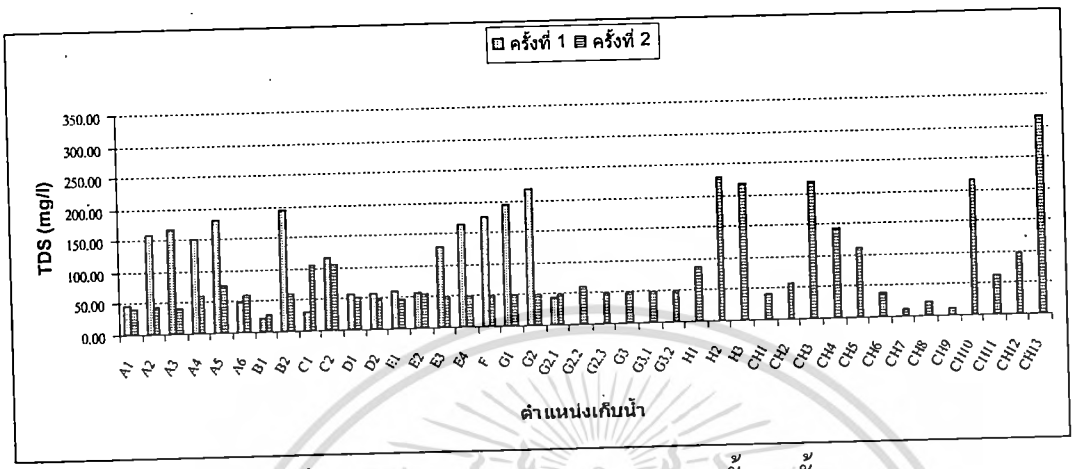

รูปที่ 5.17 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างจากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

**ครั้งที่ 1** จากการทดสอบหาค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ ครั้งที่1 ที่ผ่านมา ค่า pH อยู่ในช่วง 6-8 จากมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินให้ค่า pH อยู่ในช่วง 6- 9 เป็นช่วงที่ปลาและสิ่งมีชีวิตสามารถดำรงอยู่ได้อย่างสบาย

**ครั้งที่ 2** การทดสอบในครั้งที่ 2 ใกล้เคียงกับครั้งที่ 1 แต่จุดที่ CH9 และ CH12 ซึ่งได้ค่า pH = 5.2 ซึ่งน้อยกว่าจุดอื่นๆ อาจเป็นเพราะมีความเป็นกรดมากเนื่องจากบริเวณนั้นทำการเกษตรกรรมและเลี้ยงสัตว์และมีน้ำน้อยส่งผลให้ค่า pH ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3.3.2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TDS)



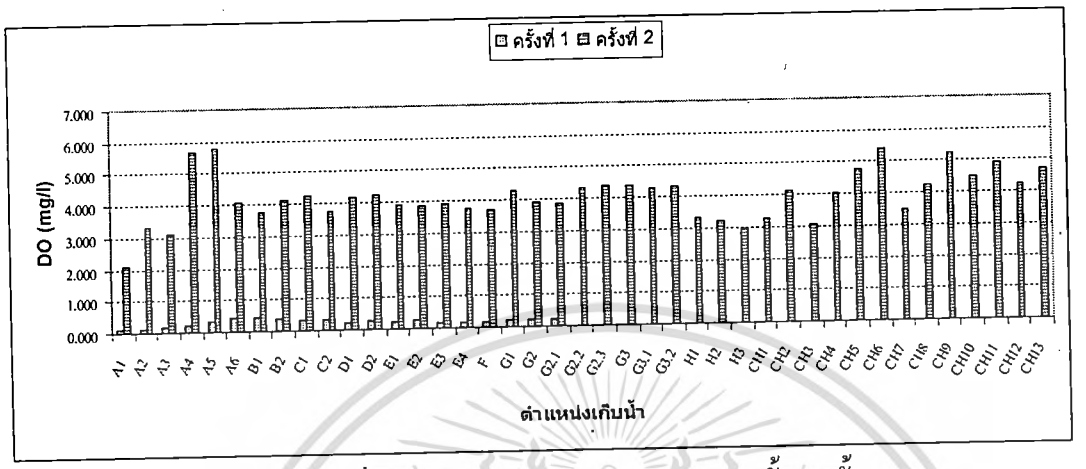

รูปที่ 5.18 แสดงค่า TDS จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

**ครั้งที่ 1** จากกราฟการทดสอบในครั้งที่ 1 ค่า TDS ในที่อยู่อาศัยมีค่า TDS น้อยกว่าเมื่อเทียบกับบริเวณที่ทำการเกษตรกรรม แสดงว่าในจุดที่มี TDS สูงๆ จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำมาก

**ครั้งที่ 2** การทดสอบในครั้งที่ 2 ค่า TDS ที่ทดสอบน้อยกว่าครั้งที่ 1 ในบริเวณจุดที่ทดสอบที่กำหนดตลอดแนวลำน้ำกำ อาจเป็นเพราะในวันที่ทำการทดสอบมีการปล่อยน้ำจากประตูระบายน้ำพอดี ทำให้ค่า TDS ที่ทดสอบได้มีค่าต่ำกว่าครั้งแรก แต่จุดทดสอบที่เพิ่มขึ้นมาในครั้งที่ 2 จุด CH13 เป็นจุดที่มีค่าสูงที่สุดเพราะจุดนี้เป็นจุดที่ทำการเกษตรกรรมกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3.3.2.4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)



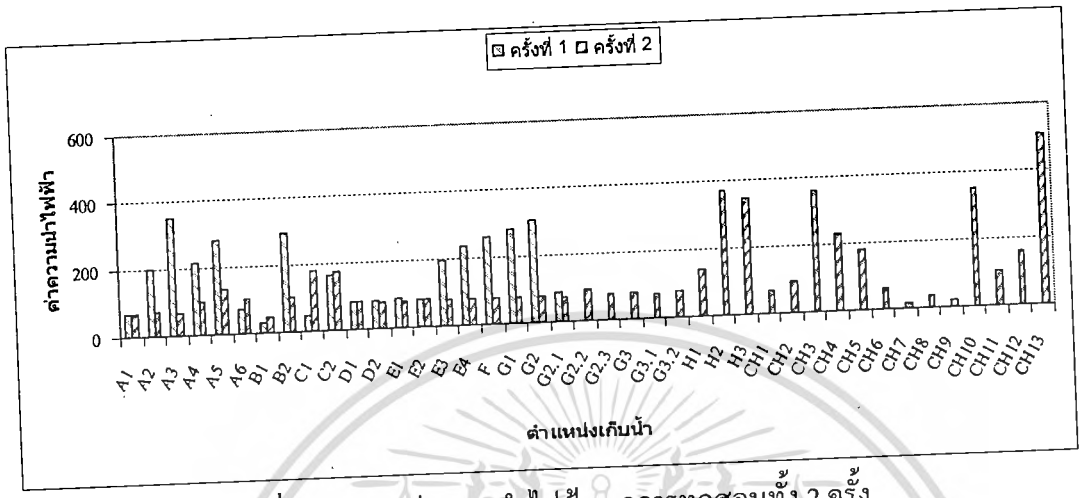

รูปที่ 5.19 แสดงค่า DO จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

**ครั้งที่ 1** การทดสอบหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในช่วงที่ทำการทดสอบมีปริมาณของน้ำน้อย ทำให้ค่า DO มีค่าน้อยลงไปด้วย แสดงว่าน้ำมีปริมาณสารอินทรีย์เจือปนอยู่สูง แต่จากค่าที่วัดได้มีค่าน้อยเกินไปจึงเป็นไปได้ว่ามีความผิดพลาดในการใช้เครื่องมือ

**ครั้งที่ 2** การทดสอบในครั้งที่ 2 ค่า DO มีค่ามากที่สุดที่จุด A5 มีค่าประมาณ 5.9 mg/l และมีค่าน้อยที่สุดที่จุด A1 มีค่าประมาณ 2.1 mg/l จากค่า DO ที่ได้อยู่ในช่วง 2-6 สามารถแบ่งประเภทเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3.3.2.5 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)



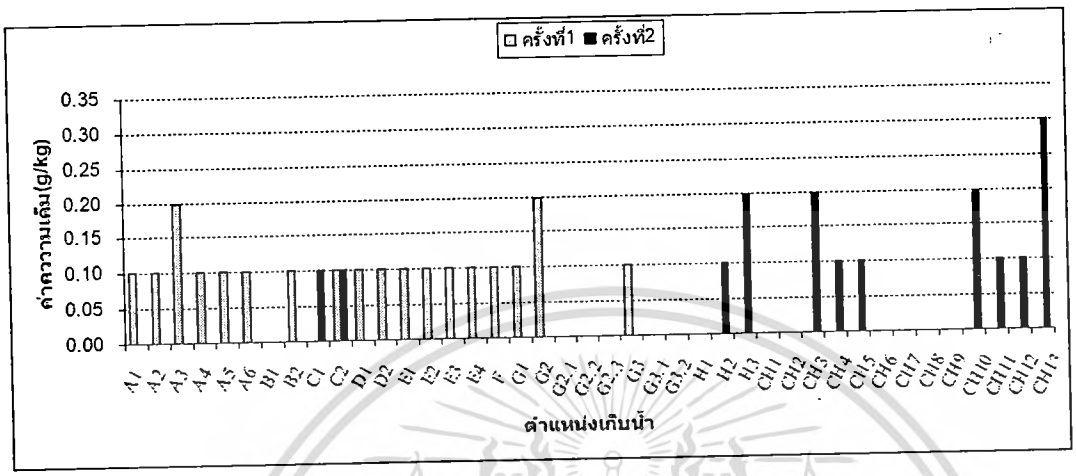

รูปที่ 5.20 แสดงค่าความนำไฟฟ้าจากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

**ครั้งที่ 1** จากทฤษฎีค่าความนำไฟฟ้าจะแปรผันตามค่า ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ (TDS) สามารถบอกถึงความสามารถของตัวอย่างในการนำกระแสไฟฟ้า จุดที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงจะอยู่ที่บริเวณที่มีการทำเกษตรกรรม

**ครั้งที่ 2** การทดสอบครั้งที่ 2 ค่าการทดสอบที่ได้จะต่ำกว่าครั้งแรก เนื่องจากมีการปล่อยน้ำจากประตูระบายน้ำในช่วงวันที่ทำการทดสอบค่าที่ได้จึงต่ำ แต่จุดทดสอบเพิ่มเติมจะมีค่าความนำไฟฟ้าสูงในบางจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.3.3.2.6 ค่าความเค็ม (Salinity)**



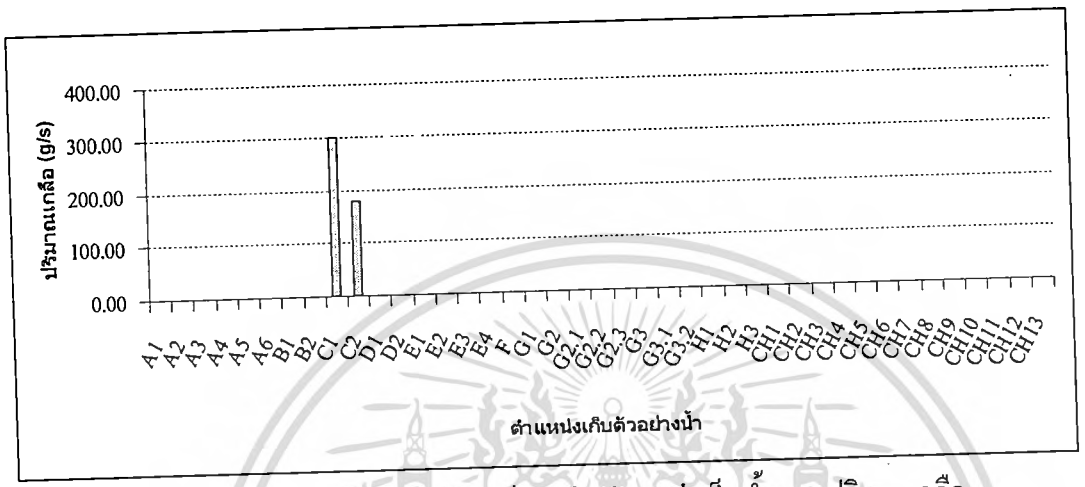

รูปที่ 5.21 แสดงค่าความเค็มจากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

**ครั้งที่ 1** การทดสอบครั้งที่ 1 จะตรวจพบค่าความเค็มประมาณ 0.1 จุดที่ไม่มีค่าความเค็มคือจุด E1(สะพานคอนกรีต ลำน้ำก่ำ บ้านหนองเรือทอง), C1(สะพานคอนกรีต ลำน้ำบัง บ้านสร้างเม็ก)ค่าความเค็มที่ตรวจพบสามารถนำมาวิเคราะห์การกระจายของความเค็มได้

**ครั้งที่ 2** การทดสอบครั้งนี้ได้มีการนำเครื่องมือวัดหาค่าความเค็มโดยเฉพาะทำให้ค่าที่ได้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น ในครั้งนี้ไม่มีการตรวจพบความเค็มตลอดแนวลำน้ำก่ำ จะตรวจพบที่ลำน้ำบังและจุดเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมโดยจะมีค่าสูงสุดที่จุด CH13(สะพานคอนกรีต บ้านกุดฉิมพัฒนา) = 0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3.3.3 การวิเคราะห์อัตราการเกิดปริมาณเกลือ




รูปที่ 5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งเก็บน้ำ และปริมาณเกลือ

จากการหาปริมาณเกลือพบว่ามี2 จุดที่พบปริมาณเกลือที่ค่อนข้างมากคือ C1 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำบัง บ้านสร้างเม็ก), C2 (สะพานคอนกรีต ลำน้ำบัง บ้านแขนนาง)

## 5.4 การวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis)

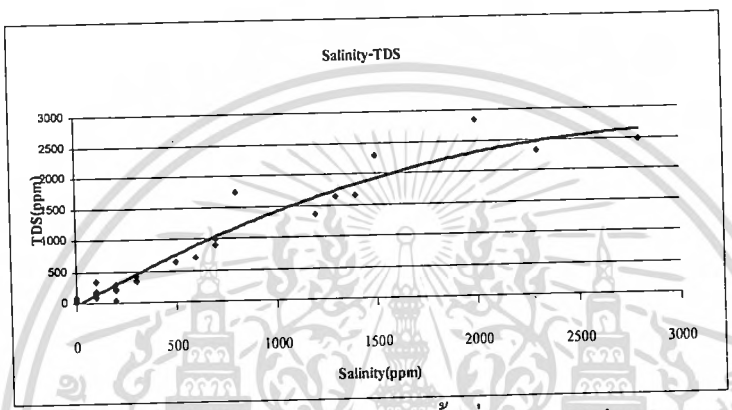
ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความเค็ม มีตัวแปรอิสระคือ water content , GS , LL , Rel.Depth , และ GW TDS มีตัวแปรไม่อิสระคือ ปริมาณสารละลายในดิน(TDS)

เนื่องจากการวัดค่าความเค็มของดินในภาคสนามในบางพื้นที่ค่าความเค็มน้อยมากจนวัดค่าความเค็มของพื้นที่นั้นได้ประมาณศูนย์ แต่เนื่องจากค่าความเค็มของดินมีลักษณะแปรผันตามค่า TDS ของดินดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.23 ดังนั้นในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุจึงใช้ตัวแปรตามเป็นค่า TDS ของดิน แล้วจึงนำค่า TDS ของดินที่ได้ไปหาค่าความเค็มของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.4.1 การวิเคราะห์ผลโดยความสัมพันธ์เชิงเส้น

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์คือการศึกษาเรื่องความเค็มของดิน การวิเคราะห์จึงใช้ข้อมูลเฉพาะจุดที่พบค่าความเค็ม(ข้อมูลตัวอย่างจากพื้นที่สูงกว่า138เมตรจาก รทก.)เป็นหลักในการวิเคราะห์




รูปที่ 5.23 เปรียบเทียบค่า Salinity กับค่า TDS พื้นที่ระดับสูงกว่า 138 เมตร จาก รทก.

จากรูปที่ 5.23 ค่า Salinity มีแนวโน้มในการแปรผันตามค่า TDS โดยจากกราฟแสดงความสัมพันธ์สามรถทำนายค่าความเค็มของดินได้ถ้าทราบค่า TDS โดยที่ Salinity = 0.797 Soil TDS - 19.257

### 5.4.2 ผลการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความเค็ม มีตัวแปรอิสระคือ water content , GS , LL , Rel.Depth , และ GW TDS มีตัวแปรไม่อิสระคือ ปริมาณสารละลายในดิน(TDS)

จากตัวอย่างที่ทำการทดสอบสามารถแสดงผลทางด้านสถิติโดยวิธี การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่5.20 ตารางANOVAจากการวิเคราะห์ด้านสถิติ

**ANOVA**

| | df | SS | MS | F | Significance F |
|---|---|---|---|---|---|
| Regression | 5 | 20839053.95 | 4167810.791 | 16.18778077 | $7.49744 \times 10^{-10}$ |
| Residual | 57 | 14675588.85 | 257466.4711 | | |
| Total | 62 | 35514642.81 | | | |

ตารางที่5.20 เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นที่กำหนดและค่าความเค็มของดิน ซึ่งกำหนด ค่านัยสำคัญ= 0.05 จากตารางค่า Significance F = $7.49744 \times 10^{-10}$ ซึ่งน้อยกว่า ค่านัยสำคัญ คือ ตัวแปรต้นที่กำหนดมีอิทธิพลต่อค่าความเค็มของดิน

ตารางที่5.21 ตารางแสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ

| | Coefficients | Standard Error | t Stat | P-value | Lower 95% | Upper 95% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intercept | 0 | - | - | - | - | - |
| Water content($\theta$) | 23.69852903 | 7.62232592 | 3.109094163 | 0.002927456 | 8.435084769 | 38.96197328 |
| GS | -576.9689036 | 136.8429922 | -4.216283892 | 8.97406E-05 | -850.9922666 | -302.9455405 |
| LL | 33.42934495 | 9.465918762 | 3.531547839 | 0.000826068 | 14.47416973 | 52.38452016 |
| Rel.Depth | -65.10082996 | 30.29328032 | -2.149018835 | 0.035892808 | -125.762077 | -4.439582944 |
| GW TDS | 0.045555419 | 0.012897392 | 3.532141883 | 0.00082455 | 0.019728837 | 0.071382001 |

ตารางที่5.21 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ที่หาได้จากการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ ซึ่งกำหนดค่านัยสำคัญ=0.05 จากตาราง ค่า P-value ของทั้ง5 ตัวแปรอิสระมีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญ คือ ตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวนี้มีอิทธิพลต่อค่าความเค็มของดิน เมื่อนำค่าไปใช้เขียนสมการความสัมพันธ์หาค่าความเค็มของดินโดยหาค่าในรูปของTDS ก่อนแล้วจึงเปลี่ยนค่าที่ได้ไปเป็นค่าความเค็ม ซึ่งสามารถเขียนได้ดังนี้

Soil TDS = 23.699 $\theta$ - 576.969 GS + 33.429 LL - 65.100 Rel. Depth + 0.046 GW TDS

โดยที่ค่า Rel.Depth คือค่าความลึกเทียบวัดจากระดับน้ำใต้ดินที่ตำแหน่งต่างๆ ถ้าตำแหน่งอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินค่า Rel.Depth จะมีค่าเป็นลบ แต่ถ้าตำแหน่งอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน ค่า Rel.Depth จะมีค่าเป็นบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทราบค่า TDS ของดินก็สามารถใช้ความสัมพันธ์ของค่าTDS ของดินหาค่าความเค็มของดิน โดยใช้ วิธี Linear regression ซึ่งจะได้สมการดังนี้ Salinity = 0.797 Soil TDS - 19.257 (ได้มาจากการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง Salinity กับค่า TDS)

สำหรับค่า Coefficients ถ้ามีค่าเป็นบวกแสดงว่ามีความสัมพันธ์ที่แปรตามกับค่าความเค็มของดิน แต่ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงว่ามีความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกับค่าความเค็มของดิน ซึ่งในการทดสอบครั้งนี้พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับค่าความเค็มของดินคือค่า LL หมายความว่าดินที่มีค่า LL มากก็จะมีโอกาสพบความเค็มในดินได้มาก และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับค่าความเค็มของดินคือค่า GS หมายความว่าถ้าดินมีค่า GS มากก็จะมีโอกาสพบความเค็มในดินได้น้อย

ตารางที่5.22 ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ทางสถิติ

| Regression Statistics | |
|---|---|
| Multiple R | 0.766011472 |
| R Square | 0.586773576 |
| Adjusted R Square | 0.540231371 |
| Standard Error | 507.4115402 |
| Observations | 62 |

ตารางที่5.22 แสดงระดับความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าตัวแปรที่กำหนดและค่าความเค็มโดยมีค่า Adjusted $R^2$ = 0.54 หรือ 54% นั่นคือ Water content , GS, LL , Rel.Depth และ GW TDS สามารถอธิบายความค่าความเค็มของดินได้ 54%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6
# สรุปผลการทดลอง

## 6.1 บริเวณพื้นที่ชลประทาน

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินและน้ำใต้ดิน ทั้ง 5 หมู่บ้าน 6 หลุมเจาะสามารถสรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงการสรุปผลของดินและน้ำใต้ดิน

| พื้นที่ | ความลึก (ม.) | ถ.พ. | ความเค็ม (ppm) | TYPE | ความเค็มของน้ำใต้ดิน (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|
| พระซองน้อย | 0.00 – 2.20 | 2.76 – 2.78 | 700 – 1000 | CL | 8400 |
| บ่อดอกซ้อน | 0.00 - 3.20 | 2.60 – 2.75 | 200 - 2800 | SC , SP | 7300 |
| ดงมะเอก | 0.00 – 11.00 | 2.60 – 2.80 | 0.00 | SP | 100 |
| นาฉันทะ | 0.00 – 4.00 | 2.75 – 2.80 | 100 - 200 | ML | 1800 |
| น้ำบ่อหลุมที่ 1 | 0.00 – 3.00 | 2.65 – 2.78 | 100 - 600 | CL ,ML | 100 |
| น้ำบ่อหลุมที่ 2 | 0.00 – 4.00 | 2.75 – 2.80 | 100 - 300 | CL | 6800 |

จากตารางที่ 6.1 แสดงข้อมูลดินในการสำรวจสถานที่ที่พบความเค็ม ซึ่งอยู่ในบริเวณพื้นที่ชลประทาน คือ หมู่บ้านบ่อดอกซ้อน หมู่บ้านพระซองน้อย หมู่บ้านน้ำบ่อ หมู่บ้านดงมะเอก และหมู่บ้านนาฉันทะ โดยค่าความเค็มสูงสุดอยู่ที่หมู่บ้านบ่อดอกซ้อนมีค่าความเค็ม 2800 ppm จากข้อมูลพื้นที่ที่พบความเค็ม ดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวหรือดินทราย ( CL ) เป็นส่วนใหญ่ และในพื้นที่ที่เป็นดินทรายจะพบดินที่มีความเค็มน้อยหรือไม่มีเลย เมื่อพิจารณาค่า PI และ LL แสดงให้เห็นว่าดินที่มีความเค็มจะมีโอกาสพบในดินที่ความเหนียวในระดับปานกลางถึงระดับความเหนียวมาก มากกว่าดินที่มีความเหนียวน้อย ความสัมพันธ์ระหว่าง TDS กับ ค่าความเค็มและค่าการนำไฟฟ้าในพื้นที่จะพบว่าค่าความเค็มมีแนวโน้มแปรผันตามค่าความเค็มและค่าการนำไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจากข้อมูลลักษณะพื้นที่ที่พบความเค็มสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นได้ว่า พื้นที่ที่มีโอกาสพบความเค็มได้มากคือ ดินที่มีลักษณะเม็ดละเอียดปนหยาบเล็กน้อย ดินมีความเหนียว มีสารแขวนลอยปนเปื้อนในดิน และจะพบค่าความเค็มในชั้นดินระดับตื้นจะมีมากเมื่อระดับน้ำผิวดินอยู่ที่ระดับตื้น

## 6.2 บริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

### 6.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดินและน้ำใต้ดิน ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

จากผลการศึกษาได้ทำการเจาะสำรวจในพื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำทั้งหมด 6 หลุมซึ่งกระจายในพื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำซึ่งสามารถสรุป ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.2 แสดงข้อมูลทางกายภาพของดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

| พื้นที่ | ความลึก (ม.) | ถ.พ. | ความเค็ม (ppm) | TYPE | ความเค็มของน้ำใต้ดิน (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|
| เขื่อนดิน | 0.00-3.15 | 2.71 | 0.00 | SC | 0.0000 |
| บ้านปากบัง | 0.00-3.00 | 2.82 | 0.00 | CL | 0.0001 |
| บ้านโคกสว่าง | 0.00-3.90 | 2.79 | 0.00 | CL | *n/a |
| บ้านพิมาน | 0.00-10.45 | 2.74 | 0.00-0.40 | SC | 0.0001 |
| บ้านขอนกอง | 0.00-10.45 | 2.78 | 0.00 | SC | **n/a |
| วัดสว่าง | 0.00-10.45 | 2.69 | 0.00 | SC | 0.0000 |

**หมายเหตุ** "*n/a" หมายถึง ดินในพื้นที่สำรวจเป็นดินปนกรวดไม่สามารถเจาะหลุมเก็บตัวอย่างได้ "**n/a" หมายถึง ไม่สามารถเก็บน้ำตัวอย่างได้เนื่องจากการเจาะหลุมใช้น้ำหล่อเครื่องเจาะ ทำให้น้ำที่ใช้ผสมกับน้ำใต้ดิน

จากการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพของดินในบริเวณพื้นที่การสร้างอ่างเก็บน้ำ อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม พบว่า ดินที่ได้จากการเจาะสำรวจในแต่ละพื้นที่นั้นมีความสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของดินกับความลึกของการเจาะ เนื่องจากการศึกษาพบว่าชนิดของดินในชั้นผิวดินนั้นส่วนมากจะมีดินเหนียวเป็นส่วนประกอบเป็นส่วนใหญ่และในชั้นความลึกที่มากขึ้นก็จะมีส่วนประกอบของทรายตะกอนสลับกับดินเหนียวเป็นชั้นๆ และค่าความถ่วงจำเพาะของดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำโดยเฉลี่ยอยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 2.7 และจากการศึกษาพบอีกว่าดินและน้ำในบริเวณพื้นที่การสร้างอ่างเก็บน้ำนั้นไม่มีความเค็มอยู่เลย

การศึกษาผลการแพร่กระจายของดินและน้ำเค็มนั้นอาจกล่าวได้ว่าน้ำใต้ดินภายในบริเวณพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำที่ไม่มีความเค็มอยู่อาจแพร่กระจายออกไปเป็นบริเวณกว้างรอบๆพื้นที่อ่างเก็บน้ำ เนื่องจากน้ำหนักของน้ำในอ่าง แต่เนื่องจากน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำไม่มีความเค็มจึงไม่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำและดินเค็มออกไปนอกบริเวณของพื้นที่อ่างเก็บน้ำดังที่เคยสมมุติฐานไว้

ดังนั้นการแพร่กระจายของดินและน้ำเค็มนั้นน่าจะมีสาเหตุการแพร่กระจายตัวในบริเวณพื้นที่ที่มีความเค็มของดินและน้ำอยู่แล้วออกไปสู่บริเวณรอบๆที่ไม่มีความเค็มอยู่ โดยไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสร้างอ่างเก็บน้ำและการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำเลย

## 6.3 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดิน

### 6.3.1 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดินในพื้นที่ชลประทาน

ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มในบริเวณพื้นที่ชลประทาน จ. นครพนม จากการเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างดินและน้ำมาทดสอบหาค่าความเค็มและค่าต่างๆ พบว่าพื้นที่ในบางหมู่บ้านมีค่าความเค็มของดิน คือ บ้านพระซองน้อย บ้านบ่อดอกซ้อน บ้านฉันทะ และบ้านน้ำบ่อ จากข้อมูลลักษณะพื้นที่ที่พบความเค็มสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นได้ว่า พื้นที่ที่มีโอกาสพบความเค็มได้มาก คือ ดินที่มีลักษณะเม็ดละเอียดปนหยาบเล็กน้อย ดินมีความเหนียว มีสารแขวนลอยปนเปื้อนในดิน และจะพบค่าความเค็มในชั้นดินระดับตื้นจะมีมากเมื่อระดับน้ำผิวดินอยู่ที่ระดับตื้น ซึ่งการแพร่กระจายของความเค็มอาจมีการแพร่กระจายสู่พื้นที่ข้างเคียงได้โดยน้ำใต้ดินหรือน้ำผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มในบริเวณอ่างเก็บน้ำก่ำตอนล่าง จ. นครพนม จากการเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างดินและน้ำมาทดสอบหาค่าความเค็มและค่าต่างๆ พบว่าพื้นที่นี้มีความเค็มน้อยมาก และในบริเวณพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงไม่มีพื้นที่ที่มีลักษณะการเกิดดินและการกระจายดินเค็มในพื้นที่นี้ พบว่าเกลือชนิดต่างๆ เป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ดี ดังนั้นจึงเป็นตัวการหรือพาหนะในการนำเกลือไปด้วยและนำไปสะสมในที่ต่างๆ ที่น้ำไหลผ่าน

### 6.3.3 สาเหตุของการเกิดการแพร่กระจายดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

**สาเหตุจากธรรมชาติ**

1. หินหรือแร่ที่อมเกลืออยู่เมื่อสลายตัวหรือพุพังไปโดยขบวนการทางเคมีและทางกายภาพ ก็จะปลดปล่อยเกลือต่างๆออกมา เกลือเหล่านี้อาจสะสมอยู่กับที่หรือเคลื่อนตัวไปกับน้ำแล้ว ซึมลงสู่ชั้นล่างหรือซึมกลับขึ้นมาบนพื้นดินได้โดยการระเหยของน้ำไปโดยพลังแสงแดดหรือถูกพืชนำไปใช้
2. น้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ระดับตื้นใกล้ผิวดินเมื่อน้ำนี้ซึมขึ้นบนดิน ก็จะนำเกลือขึ้นมาด้วย ภายหลังจากที่น้ำระเหยแห้งไปแล้วก็จะมีการทำให้เกลือเหลือสะสมอยู่บนดินได้
3. ที่ลุ่มต่ำที่เป็นแหล่งรวมของน้ำ น้ำแหล่งนี้ส่วนมากจะมีเกลือละลายอยู่เพียงเล็กน้อยก็ได้นานๆ เข้าก็เกิดการสะสมของเกลือ โดยการระเหยของน้ำ พื้นที่แห่งนั้นอาจเป็นหนองน้ำหรือทะเลสาบเก่าก็ได้

**สาเหตุเกิดจากการกระทำของมนุษย์**

1. การทำนาเกลือทั้งวิธีการสูบน้ำเค็มขึ้นมาตาก หรือวิธีการสูบคราบเกลือจากผิวดินมาต้ม เกลือที่อยู่ในน้ำทิ้งจะมีปริมาณมากพอที่จะทำให้พื้นที่บริเวณใกล้เคียงกลายเป็นพื้นที่ดินเค็ม หรือแหล่งน้ำเค็มได้
2. การสร้างอ่างเก็บน้ำบนพื้นที่ดินเค็ม หรือที่มีน้ำใต้ดินเค็มทำให้เกิดการยกระดับของน้ำใต้ดินขึ้นมาทำให้พื้นที่โดยรอบ และบริเวณใกล้เคียงเกิดเป็นพื้นที่ดินเค็มได้
3. การชลประทานที่ขาดการวางแผนในเรื่องผลกระทบของดินเค็ม มักจะก่อให้เกิดปัญหาของพื้นที่ ซึ่งใช้ประโยชน์จากระบบชลประทานนั้นๆ แต่ถ้ามีการคำนึงถึงสภาพพื้นที่และการศึกษาเรื่องปัญหาดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.4 สรุปผลการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

จากการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุสามารถสรุปได้ว่าค่า Water content ,GS LL , ความลึกเทียบ และ GW TDS มีความสัมพันธ์กับค่าคววามเค็มของดิน โดยสามาถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Soil TDS = 23.699 $\theta$ - 576.969 GS + 33.429 LL - 65.100 Rel. Depth + 0.046 GW TDS

Salinity = 0.797 Soil TDS - 19.257

ซึ่งสมการดังกล่าวสามารถอธิบายความค่าความเค็มของดินได้ 54%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# หนังสืออ้างอิง

- สุพจน์ ศรีนิล , แหลมทอง เหล่าคงถาวร, และ ชลธี เร่บ้านเกาะ, 2544. คู่มือปฏิบัติการทดลอง ปฐพีกลศาสตร์. กรุงเทพฯ. แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- มณเฑียร กังศศิเทียม, 2538. กลศาสตร์ของดิน. กรุงเทพฯ: สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์.
- มณเฑียร กังศศิเทียม, 2547. กลศาสตร์ของดินทางด้านวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร : สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์
- เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ (ดินเค็ม), 2542 กลุ่มปรับปรุงดินเค็ม กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- เอกสารสรุปโครงการพัฒนาลุ่มน้ำก่ำสำนักบริหารโครงการ , 2547 กรมชลประทานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กีรติ ลีวัจนกุล, 2543. อุทกวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต.
- กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์, มลพิษทางน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 3 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). พิมพ์ที่ โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม.
- โกศล วงศ์สวรรค์, สถิต วงศ์สวรรค์ และ สุธีลา ตุลยะเสถียร, มลพิษสิ่งแวดล้อม (ปัญหาสังคมไทย). พิมพ์ครั้งที่ 2. พิมพ์ที่ อมรการพิมพ์.
- วริชา จิระพินทุ, ภิตินันต์ ชาตะโชติ และ สุเมธ สันทัดวัฒนา, 2548. การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินของจังหวัดนครนายก. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- วิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์, ธงชัย พรรณสวัสดิ์, คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 3. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- สกุล ห่อวโนทยาน, ชลศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. แผนกตำราคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- กรมธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม, 2541. การศึกษาชั้นหินเกลือ บริเวณโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม. ฉบับที่ 1. พิมพ์ที่ บริษัท ประชาชน จำกัด.
- รศ. ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา , 2549 พิมพ์ครั้งที่ 2 ,สถิติสำหรับงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

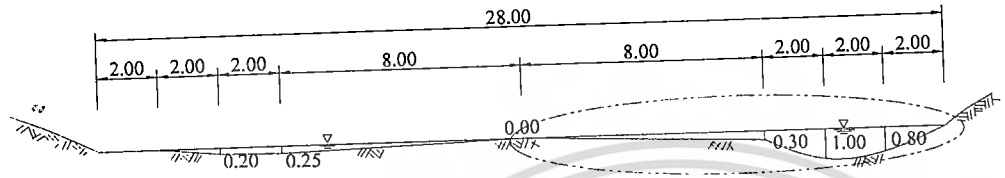
- ศูนย์วิจัยน้ำบาดาลภาค วิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยมหาวิทยาลัยขอนแก่น , 2544, การศึกษาผลกระทบของโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง การจำลองน้ำใต้ดินเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อจัดการการแพร่กระจายน้ำเค็มและดินเค็ม พื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง อำเภอธาตพนม จังหวัดนครพนม
- กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ,2547 , สรุปโครงการพัฒนาลุ่มน้ำก่ำ สำนักบริหารโครงการ
- กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม ,2541, การศึกษาชั้นเกลือหิน บริเวณโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม
- กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , 2538 ,รายงานแผนแก้ไขลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและแผนติดตามตรวจสอบ การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม
- กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , 2538 ,รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก.

## รูปตัดลำน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




** กิดเฉพาะที่วงกลมเพราะวัดความเร็วฝั่งเดียว **

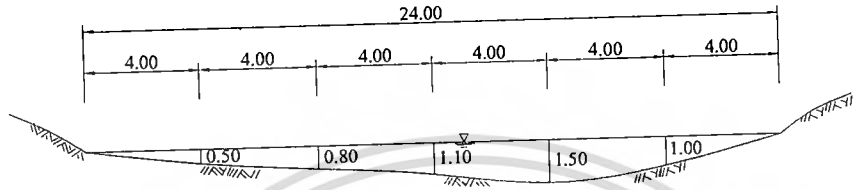
(A1)

รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง A1

(A2)

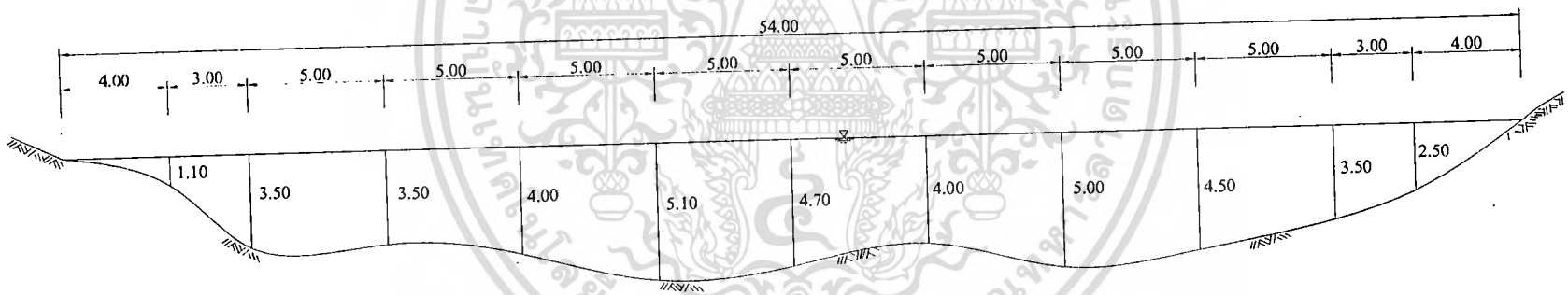
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง A2

* หมายเหตุ หน่วยที่วัด เมตร(m)




(A3)

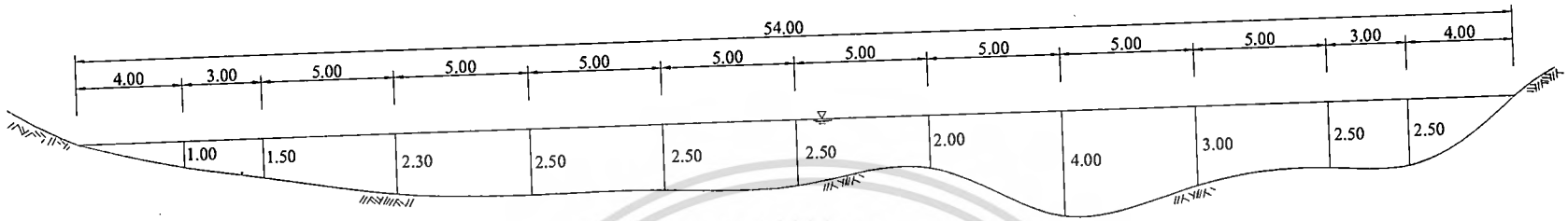
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง A3




(A4)

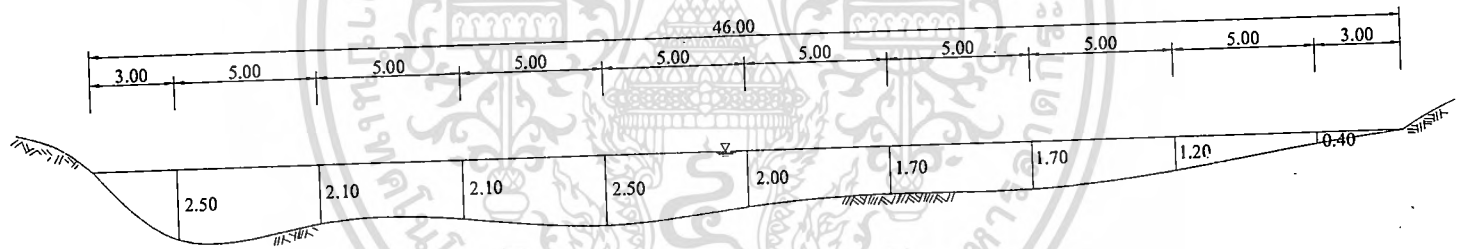
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง A4

* หมายเหตุ หน่วยที่วัด เมตร(m)




(A5)

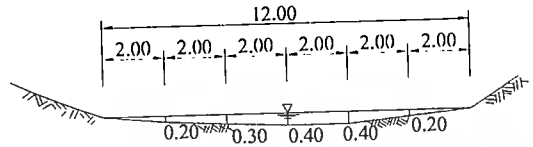
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง A5




(A6)

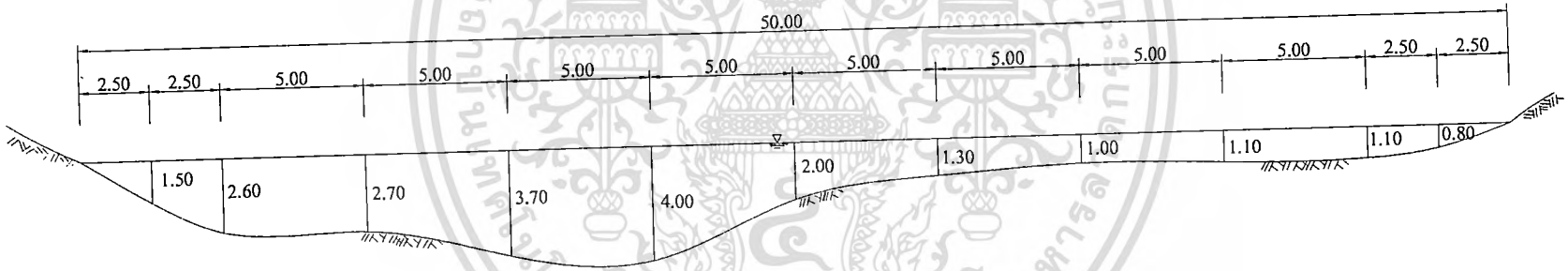
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง A6

* หมายเหตุ หน่วยที่วัด เมตร(m)




B1

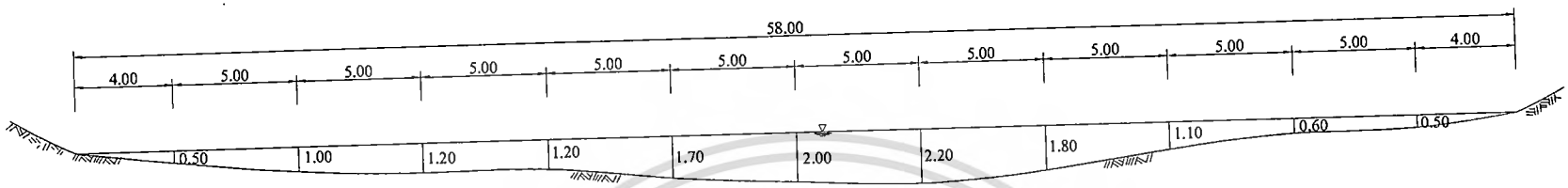
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง B1




B2

รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง B2

* หมายเหตุ หน่วยที่วัด เมตร(m)



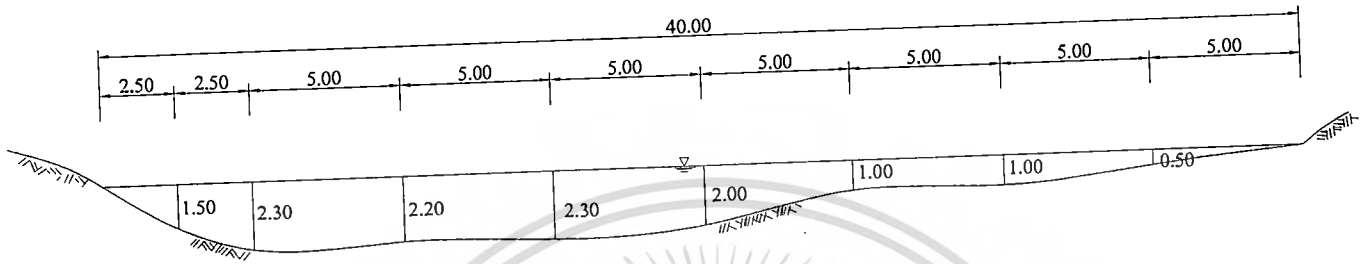

C1

รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง C1

C2

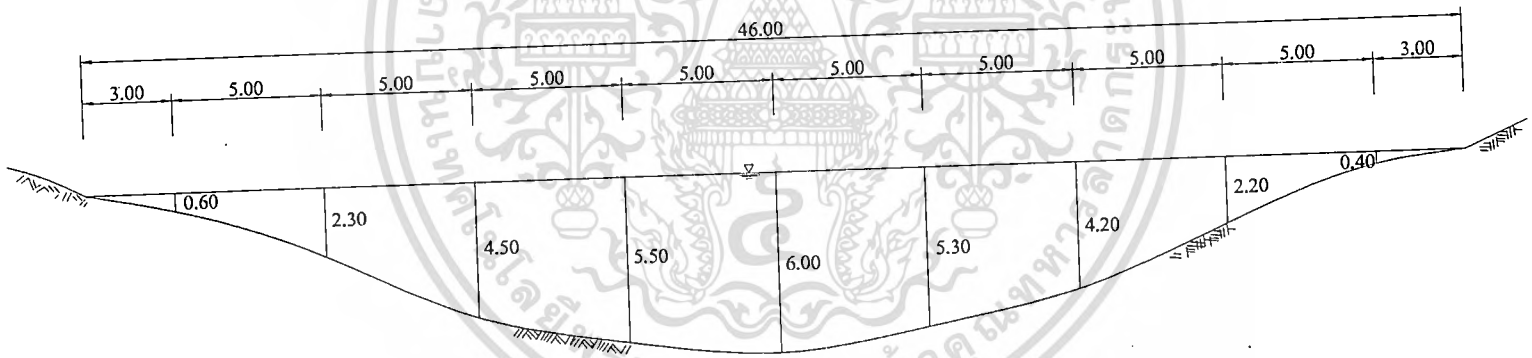
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง C2

* หมายเหตุ หน่วยที่วัด เมตร(m)




D1

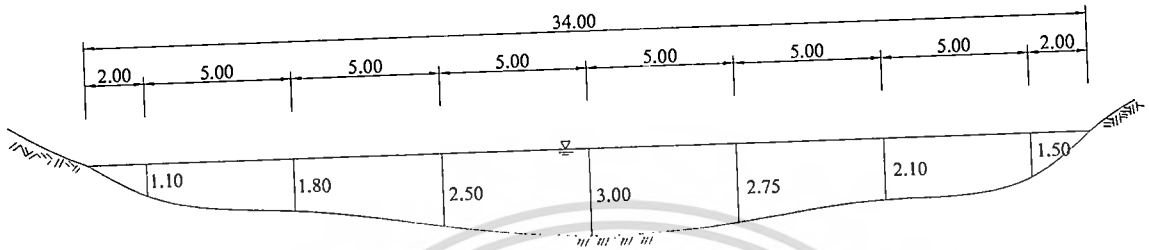
รูปตัดลำน้ำตำแหน่งD1




D2

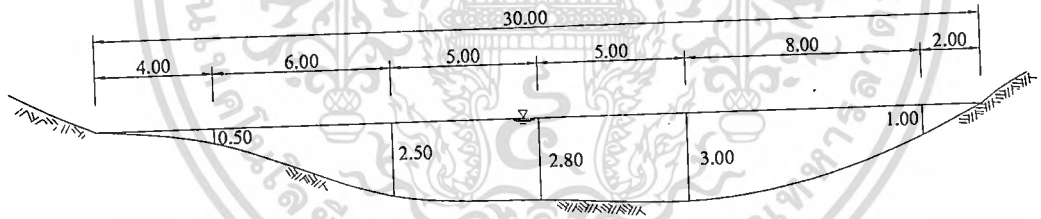
รูปตัดลำน้ำตำแหน่งD2

* หมายเหตุ หน่วยที่วัด เมตร(m)




(E1)

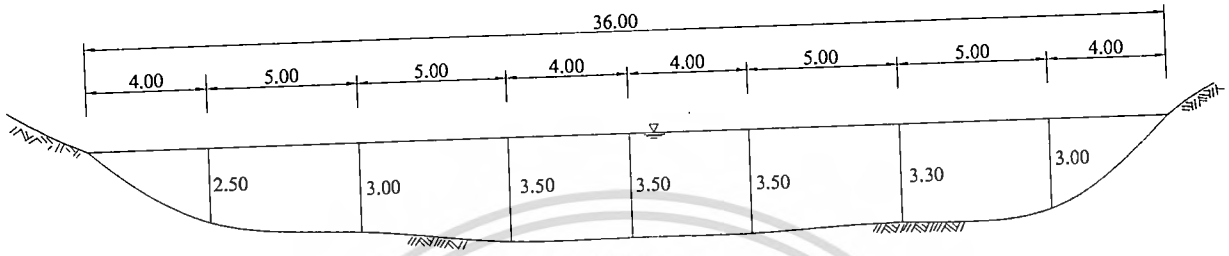
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง E1




(E2)

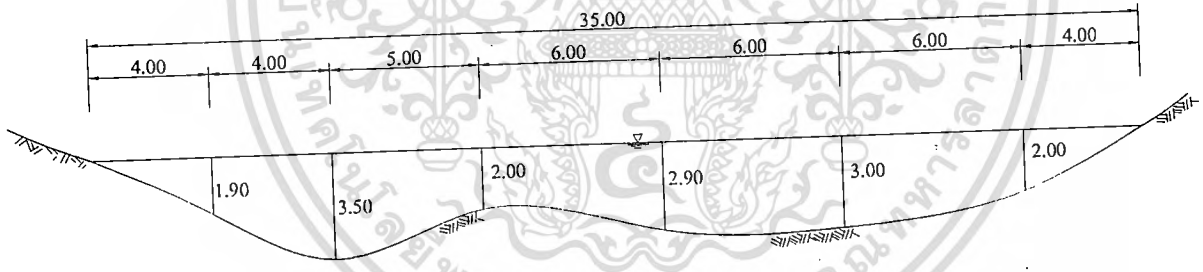
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง E2

หมายเหตุ หน่วยที่วัด เมตร(m)




E3

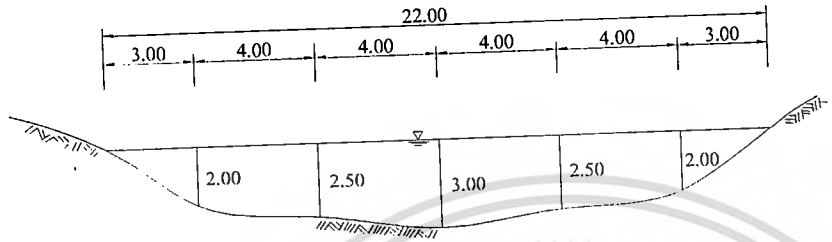
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง E3




E4

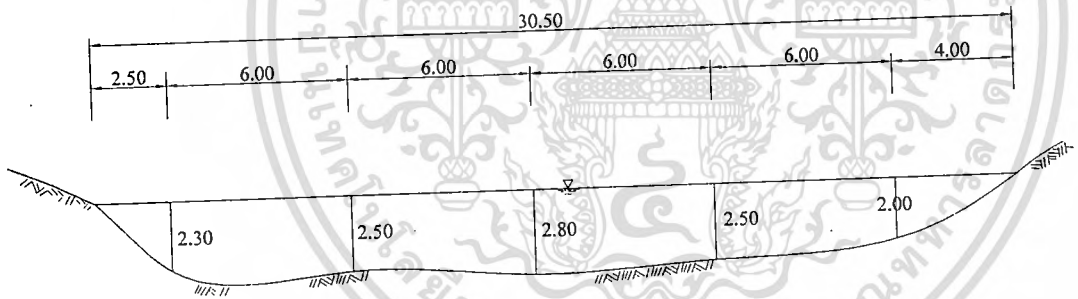
รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง E4

* หมายเหตุ หน่วยที่วัด เมตร(m)




F

รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง F




G1

รูปตัดลำน้ำตำแหน่ง G1

เหตุ หน่วยที่วัด เมตร(m)

# ภาคผนวก ข.

# ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง A1

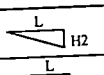
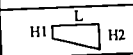
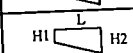
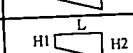
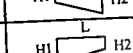
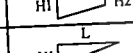
| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_f$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 0.30 | 8.00 | 1.20 | 0.15 | 0.00 | 0.07 | 0.07 | 0.08 |
| 2 | | 0.30 | 1.00 | 2.00 | 1.30 | 0.65 | 0.69 | 0.07 | 0.05 | 0.06 |
| 3 | | 1.00 | 0.80 | 2.00 | 1.80 | 0.90 | 0.70 | 0.07 | 0.05 | 0.09 |
| 4 | | 0.80 | 0.00 | 2.00 | 0.80 | 0.40 | 0.67 | 0.07 | 0.05 | 0.04 |
| รวม | | | | | 5.10 | | | | | 0.27 |

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง A2

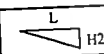
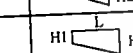
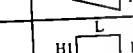
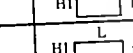
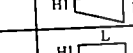
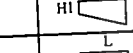
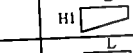
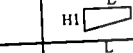
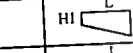
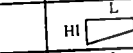
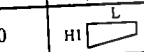
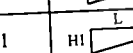
| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_f$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 0.90 | 4.00 | 1.80 | 0.45 | 0.67 | 0.05 | 0.03 | 0.06 |
| 2 | | 0.90 | 1.50 | 4.00 | 4.80 | 1.20 | 0.72 | 0.05 | 0.04 | 0.17 |
| 3 | | 1.50 | 1.80 | 4.00 | 6.60 | 1.65 | 0.74 | 0.05 | 0.04 | 0.24 |
| 4 | | 1.80 | 1.50 | 4.00 | 6.60 | 1.65 | 0.74 | 0.05 | 0.04 | 0.24 |
| 5 | | 1.50 | 2.00 | 4.00 | 7.00 | 1.75 | 0.75 | 0.05 | 0.04 | 0.26 |
| 6 | | 2.00 | 1.70 | 5.00 | 9.25 | 1.85 | 0.75 | 0.05 | 0.04 | 0.35 |
| 7 | | 1.70 | 1.20 | 8.00 | 11.60 | 1.45 | 0.74 | 0.05 | 0.04 | 0.43 |
| 8 | | 1.20 | 1.20 | 4.00 | 4.80 | 1.20 | 0.72 | 0.05 | 0.04 | 0.17 |
| 9 | | 1.20 | 1.00 | 3.00 | 3.30 | 1.10 | 0.72 | 0.05 | 0.04 | 0.12 |
| 10 | | 1.00 | 0.50 | 3.00 | 2.25 | 0.75 | 0.69 | 0.05 | 0.03 | 0.08 |
| 11 | | 0.50 | 0.00 | 7.00 | 1.75 | 0.25 | 0.00 | 0.05 | 0.05 | 0.09 |
| รวม | | | | | 59.75 | | | | | 2.22 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง A3

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 |  | 0.00 | 0.50 | 4.00 | 1.00 | 0.25 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| 2 |  | 0.50 | 0.80 | 4.00 | 2.60 | 0.65 | 0.69 | 0.04 | 0.03 | 0.07 |
| 3 |  | 0.80 | 1.10 | 4.00 | 3.80 | 0.95 | 0.71 | 0.04 | 0.03 | 0.11 |
| 4 |  | 1.10 | 1.50 | 4.00 | 5.20 | 1.30 | 0.73 | 0.04 | 0.03 | 0.15 |
| 5 |  | 1.50 | 1.00 | 4.00 | 5.00 | 1.25 | 0.73 | 0.04 | 0.03 | 0.15 |
| 6 |  | 1.00 | 0.00 | 4.00 | 2.00 | 0.50 | 0.67 | 0.04 | 0.03 | 0.05 |
| รวม | | | | | 19.60 | | | | | 0.57 |

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง A4

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 |  | 0.00 | 1.10 | 4.00 | 2.20 | 0.55 | 0.68 | 0.06 | 0.04 | 0.09 |
| 2 |  | 1.10 | 3.50 | 3.00 | 6.90 | 2.30 | 0.77 | 0.06 | 0.05 | 0.32 |
| 3 |  | 3.50 | 3.50 | 5.00 | 17.50 | 3.50 | 0.78 | 0.06 | 0.05 | 0.82 |
| 4 |  | 3.50 | 4.00 | 5.00 | 18.75 | 3.75 | 0.78 | 0.06 | 0.05 | 0.88 |
| 5 |  | 4.00 | 5.10 | 5.00 | 22.75 | 4.55 | 0.79 | 0.06 | 0.05 | 1.08 |
| 6 |  | 5.10 | 4.70 | 5.00 | 24.50 | 4.90 | 0.79 | 0.06 | 0.05 | 1.16 |
| 7 |  | 4.70 | 4.00 | 5.00 | 21.75 | 4.35 | 0.79 | 0.06 | 0.05 | 1.03 |
| 8 |  | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 22.50 | 4.50 | 0.79 | 0.06 | 0.05 | 1.07 |
| 9 |  | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 23.75 | 4.75 | 0.79 | 0.06 | 0.05 | 1.13 |
| 10 |  | 4.50 | 3.50 | 5.00 | 20.00 | 4.00 | 0.78 | 0.06 | 0.05 | 0.94 |
| 11 |  | 3.50 | 2.50 | 3.00 | 9.00 | 3.00 | 0.78 | 0.06 | 0.05 | 0.42 |
| 12 |  | 2.50 | 0.00 | 4.00 | 5.00 | 1.25 | 0.73 | 0.06 | 0.04 | 0.22 |
| รวม | | | | | 194.60 | | | | | 9.14 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง A5

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 1.00 | 4.00 | 2.00 | 0.50 | 0.67 | 0.28 | 0.19 | 0.38 |
| 2 | | 1.00 | 1.50 | 3.00 | 3.75 | 1.25 | 0.73 | 0.28 | 0.20 | 0.77 |
| 3 | | 1.50 | 2.30 | 5.00 | 9.50 | 1.90 | 0.75 | 0.28 | 0.21 | 2.00 |
| 4 | | 2.30 | 2.50 | 5.00 | 12.00 | 2.40 | 0.77 | 0.28 | 0.22 | 2.59 |
| 5 | | 2.50 | 2.50 | 5.00 | 12.50 | 2.50 | 0.77 | 0.28 | 0.22 | 2.70 |
| 6 | | 2.50 | 2.50 | 5.00 | 12.50 | 2.50 | 0.77 | 0.28 | 0.22 | 2.70 |
| 7 | | 2.50 | 2.00 | 5.00 | 11.25 | 2.25 | 0.76 | 0.28 | 0.21 | 2.39 |
| 8 | | 2.00 | 4.00 | 5.00 | 15.00 | 3.00 | 0.78 | 0.28 | 0.22 | 3.28 |
| 9 | | 4.00 | 3.00 | 5.00 | 17.50 | 3.50 | 0.78 | 0.28 | 0.22 | 3.82 |
| 10 | | 3.00 | 2.50 | 5.00 | 13.75 | 2.75 | 0.78 | 0.28 | 0.22 | 3.00 |
| 11 | | 2.50 | 2.50 | 3.00 | 7.50 | 2.50 | 0.77 | 0.28 | 0.22 | 1.62 |
| 12 | | 2.50 | 0.00 | 4.00 | 5.00 | 1.25 | 0.73 | 0.28 | 0.20 | 1.02 |
| รวม | | | | | 122.25 | | | | | 26.25 |

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง A6

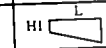
| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 2.50 | 3.00 | 3.75 | 1.25 | 0.73 | 0.28 | 0.20 | 0.77 |
| 2 | | 2.50 | 2.10 | 5.00 | 11.50 | 2.30 | 0.77 | 0.28 | 0.22 | 2.48 |
| 3 | | 2.10 | 2.10 | 5.00 | 10.50 | 2.10 | 0.76 | 0.28 | 0.21 | 2.23 |
| 4 | | 2.10 | 2.50 | 5.00 | 11.50 | 2.30 | 0.77 | 0.28 | 0.22 | 2.48 |
| 5 | | 2.50 | 2.00 | 5.00 | 11.25 | 2.25 | 0.76 | 0.28 | 0.21 | 2.39 |
| 6 | | 2.00 | 1.70 | 5.00 | 9.25 | 1.85 | 0.75 | 0.28 | 0.21 | 1.94 |
| 7 | | 1.70 | 1.70 | 5.00 | 8.50 | 1.70 | 0.75 | 0.28 | 0.21 | 1.79 |
| 8 | | 1.70 | 1.20 | 5.00 | 7.25 | 1.45 | 0.74 | 0.28 | 0.21 | 1.50 |
| 9 | | 1.20 | 0.40 | 5.00 | 4.00 | 0.80 | 0.70 | 0.28 | 0.20 | 0.78 |
| 10 | | 0.40 | 0.00 | 3.00 | 0.60 | 0.20 | 0.00 | 0.28 | 0.28 | 0.17 |
| รวม | | | | | 78.10 | | | | | 16.54 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง B1

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 0.20 | 2.00 | 0.20 | 0.10 | 0.00 | 0.06 | 0.04 | 0.01 |
| 2 | | 0.20 | 0.30 | 2.00 | 0.50 | 0.25 | 0.00 | 0.06 | 0.04 | 0.02 |
| 3 | | 0.30 | 0.40 | 2.00 | 0.70 | 0.35 | 0.66 | 0.06 | 0.04 | 0.03 |
| 4 | | 0.40 | 0.40 | 2.00 | 0.80 | 0.40 | 0.67 | 0.06 | 0.04 | 0.03 |
| 5 | | 0.40 | 0.20 | 2.00 | 0.60 | 0.30 | 0.66 | 0.06 | 0.04 | 0.02 |
| 6 | | 0.20 | 0.00 | 2.00 | 0.20 | 0.10 | 0.00 | 0.06 | 0.04 | 0.01 |
| รวม | | | | | 3.00 | | | | | 0.12 |

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง B2

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 1.50 | 2.50 | 1.88 | 0.75 | 0.69 | 0.06 | 0.04 | 0.08 |
| 2 | | 1.50 | 2.60 | 2.50 | 5.13 | 2.05 | 0.76 | 0.06 | 0.05 | 0.23 |
| 3 | | 2.60 | 2.70 | 5.00 | 13.25 | 2.65 | 0.77 | 0.06 | 0.05 | 0.61 |
| 4 | | 2.70 | 3.70 | 5.00 | 16.00 | 3.20 | 0.78 | 0.06 | 0.05 | 0.75 |
| 5 |  | 3.70 | 4.00 | 5.00 | 19.25 | 3.85 | 0.78 | 0.06 | 0.05 | 0.90 |
| 6 | | 4.00 | 2.00 | 5.00 | 15.00 | 3.00 | 0.78 | 0.06 | 0.05 | 0.70 |
| 7 | | 2.00 | 1.30 | 5.00 | 8.25 | 1.65 | 0.74 | 0.06 | 0.04 | 0.37 |
| 8 | | 1.30 | 1.00 | 5.00 | 5.75 | 1.15 | 0.72 | 0.06 | 0.04 | 0.25 |
| 9 | | 1.00 | 1.10 | 5.00 | 5.25 | 1.05 | 0.71 | 0.06 | 0.04 | 0.22 |
| 10 | | 1.10 | 1.10 | 5.00 | 5.50 | 1.10 | 0.72 | 0.06 | 0.04 | 0.24 |
| 11 | | 1.10 | 0.80 | 2.50 | 2.38 | 0.95 | 0.71 | 0.06 | 0.04 | 0.10 |
| 12 | | 0.80 | 0.00 | 2.50 | 1.00 | 0.40 | 0.67 | 0.06 | 0.04 | 0.04 |
| รวม | | | | | 98.63 | | | | | 4.49 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง C1

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_f$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | L H2 | 0.00 | 0.50 | 4.00 | 1.00 | 0.25 | 0.00 | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| 2 | H1 L H2 | 0.50 | 1.00 | 5.00 | 3.75 | 0.75 | 0.69 | 0.06 | 0.04 | 0.16 |
| 3 | H1 L H2 | 1.00 | 1.20 | 5.00 | 5.50 | 1.10 | 0.72 | 0.06 | 0.04 | 0.24 |
| 4 | H1 L H2 | 1.20 | 1.20 | 5.00 | 6.00 | 1.20 | 0.72 | 0.06 | 0.04 | 0.26 |
| 5 | H1 L H2 | 1.20 | 1.50 | 5.00 | 6.75 | 1.35 | 0.73 | 0.06 | 0.04 | 0.30 |
| 6 | H1 L H2 | 1.50 | 2.00 | 5.00 | 8.75 | 1.75 | 0.75 | 0.06 | 0.05 | 0.39 |
| 7 | H1 L H2 | 2.00 | 2.20 | 5.00 | 10.50 | 2.10 | 0.76 | 0.06 | 0.05 | 0.48 |
| 8 | H1 L H2 | 2.20 | 1.80 | 5.00 | 10.00 | 2.00 | 0.76 | 0.06 | 0.05 | 0.46 |
| 9 | H1 L H2 | 1.80 | 1.10 | 5.00 | 7.25 | 1.45 | 0.74 | 0.06 | 0.04 | 0.32 |
| 10 | H1 L H2 | 1.10 | 0.60 | 5.00 | 4.25 | 0.85 | 0.70 | 0.06 | 0.04 | 0.18 |
| 11 | H1 L H2 | 0.60 | 0.50 | 5.00 | 2.75 | 0.55 | 0.68 | 0.06 | 0.04 | 0.11 |
| 12 | H1 L | 0.50 | 0.00 | 4.00 | 1.00 | 0.25 | 0.00 | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| รวม | | | | | 67.50 | | | | | 3.01 |

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง C2

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_f$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | L H2 | 0.00 | 1.10 | 4.00 | 2.20 | 0.55 | 0.68 | 0.02 | 0.01 | 0.03 |
| 2 | H1 L H2 | 1.10 | 1.10 | 5.00 | 5.50 | 1.10 | 0.72 | 0.02 | 0.01 | 0.08 |
| 3 | H1 L H2 | 1.10 | 2.50 | 5.00 | 9.00 | 1.80 | 0.75 | 0.02 | 0.02 | 0.14 |
| 4 | H1 L H2 | 2.50 | 3.40 | 5.00 | 14.75 | 2.95 | 0.78 | 0.02 | 0.02 | 0.23 |
| 5 | H1 L H2 | 3.40 | 3.50 | 5.00 | 17.25 | 3.45 | 0.78 | 0.02 | 0.02 | 0.27 |
| 6 | H1 L H2 | 3.50 | 2.70 | 5.00 | 15.50 | 3.10 | 0.78 | 0.02 | 0.02 | 0.24 |
| 7 | H1 L H2 | 2.70 | 2.80 | 5.00 | 13.75 | 2.75 | 0.78 | 0.02 | 0.02 | 0.21 |
| 8 | H1 L H2 | 2.80 | 2.60 | 5.00 | 13.50 | 2.70 | 0.77 | 0.02 | 0.02 | 0.21 |
| 9 | H1 L H2 | 2.60 | 2.20 | 5.00 | 12.00 | 2.40 | 0.77 | 0.02 | 0.02 | 0.18 |
| 10 | H1 L H2 | 2.20 | 1.10 | 5.00 | 8.25 | 1.65 | 0.74 | 0.02 | 0.01 | 0.12 |
| 11 | H1 L H2 | 1.10 | 0.50 | 5.00 | 4.00 | 0.80 | 0.70 | 0.02 | 0.01 | 0.06 |
| 12 | H1 L | 0.50 | 0.00 | 4.00 | 1.00 | 0.25 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| รวม | | | | | 116.70 | | | | | 1.79 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง D1

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_f$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 1.50 | 2.50 | 1.88 | 0.75 | 0.69 | 0.31 | 0.21 | 0.40 |
| 2 | | 1.50 | 2.30 | 2.50 | 4.75 | 1.90 | 0.75 | 0.31 | 0.23 | 1.10 |
| 3 | | 2.30 | 2.20 | 5.00 | 11.25 | 2.25 | 0.76 | 0.31 | 0.24 | 2.65 |
| 4 | | 2.20 | 2.30 | 5.00 | 11.25 | 2.25 | 0.76 | 0.31 | 0.24 | 2.65 |
| 5 | | 2.30 | 2.00 | 5.00 | 10.75 | 2.15 | 0.76 | 0.31 | 0.24 | 2.53 |
| 6 | | 2.00 | 1.00 | 5.00 | 7.50 | 1.50 | 0.74 | 0.31 | 0.23 | 1.72 |
| 7 | | 1.00 | 1.00 | 5.00 | 5.00 | 1.00 | 0.71 | 0.31 | 0.22 | 1.10 |
| 8 | | 1.00 | 0.50 | 5.00 | 3.75 | 0.75 | 0.69 | 0.31 | 0.21 | 0.80 |
| 9 | | 0.50 | 0.00 | 5.00 | 1.25 | 0.25 | 0.00 | 0.31 | 0.31 | 0.39 |
| รวม | | | | | 57.38 | | | | | 13.35 |

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง D2

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_f$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 0.60 | 3.00 | 0.90 | 0.30 | 0.66 | 0.09 | 0.06 | 0.05 |
| 2 | | 0.60 | 2.30 | 5.00 | 7.25 | 1.45 | 0.74 | 0.09 | 0.07 | 0.48 |
| 3 | | 2.30 | 4.50 | 5.00 | 17.00 | 3.40 | 0.78 | 0.09 | 0.07 | 1.19 |
| 4 | | 4.50 | 5.50 | 5.00 | 25.00 | 5.00 | 0.79 | 0.09 | 0.07 | 1.78 |
| 5 | | 5.50 | 6.00 | 5.00 | 28.75 | 5.75 | 0.79 | 0.09 | 0.07 | 2.04 |
| 6 | | 6.00 | 5.30 | 5.00 | 28.25 | 5.65 | 0.79 | 0.09 | 0.07 | 2.01 |
| 7 | | 5.30 | 4.20 | 5.00 | 23.75 | 4.75 | 0.79 | 0.09 | 0.07 | 1.69 |
| 8 | | 4.20 | 2.20 | 5.00 | 16.00 | 3.20 | 0.78 | 0.09 | 0.07 | 1.12 |
| 9 | | 2.20 | 0.40 | 5.00 | 6.50 | 1.30 | 0.73 | 0.09 | 0.07 | 0.43 |
| 10 | | 0.40 | 0.00 | 3.00 | 0.60 | 0.20 | 0.00 | 0.09 | 0.09 | 0.05 |
| รวม | | | | | 154.00 | | | | | 10.85 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง E1

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 1.10 | 2.00 | 1.10 | 0.55 | 0.68 | 0.31 | 0.21 | 0.23 |
| 2 | | 1.10 | 1.80 | 5.00 | 7.25 | 1.45 | 0.74 | 0.31 | 0.23 | 1.66 |
| 3 | | 1.80 | 2.50 | 5.00 | 10.75 | 2.15 | 0.76 | 0.31 | 0.24 | 2.53 |
| 4 | | 2.50 | 3.00 | 5.00 | 13.75 | 2.75 | 0.78 | 0.31 | 0.24 | 3.32 |
| 5 | | 3.00 | 2.75 | 5.00 | 14.38 | 2.88 | 0.78 | 0.31 | 0.24 | 3.48 |
| 6 | | 2.75 | 2.10 | 5.00 | 12.13 | 2.43 | 0.77 | 0.31 | 0.24 | 2.89 |
| 7 | | 2.10 | 1.50 | 5.00 | 9.00 | 1.80 | 0.75 | 0.31 | 0.23 | 2.09 |
| 8 | | 1.50 | 0.00 | 2.00 | 1.50 | 0.75 | 0.69 | 0.31 | 0.21 | 0.32 |
| รวม | | | | | 69.85 | | | | | 16.54 |

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง E2

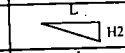
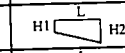
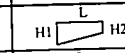
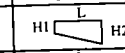
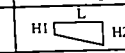
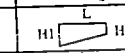
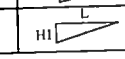
| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 0.50 | 4.00 | 1.00 | 0.25 | 0.00 | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| 2 | | 0.50 | 2.50 | 6.00 | 9.00 | 1.50 | 0.74 | 0.44 | 0.33 | 2.93 |
| 3 | | 2.50 | 2.80 | 5.00 | 13.25 | 2.65 | 0.77 | 0.44 | 0.34 | 4.49 |
| 4 | | 2.80 | 3.00 | 5.00 | 14.50 | 2.90 | 0.78 | 0.44 | 0.34 | 4.98 |
| 5 | | 3.00 | 1.00 | 8.00 | 16.00 | 2.00 | 0.76 | 0.44 | 0.33 | 5.35 |
| 6 | | 1.00 | 0.00 | 2.00 | 1.00 | 0.10 | 0.00 | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| รวม | | | | | 54.75 | | | | | 18.63 |

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง E3

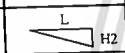
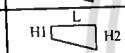
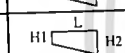
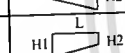
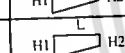
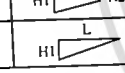
| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 2.50 | 4.00 | 5.00 | 1.25 | 0.73 | 0.26 | 0.19 | 0.95 |
| 2 | | 2.50 | 3.00 | 5.00 | 13.75 | 2.75 | 0.78 | 0.26 | 0.20 | 2.79 |
| 3 | | 3.00 | 3.50 | 5.00 | 16.25 | 3.25 | 0.78 | 0.26 | 0.20 | 3.30 |
| 4 | | 3.50 | 3.50 | 4.00 | 14.00 | 3.50 | 0.78 | 0.26 | 0.20 | 2.84 |
| 5 | | 3.50 | 3.50 | 4.00 | 14.00 | 3.50 | 0.78 | 0.26 | 0.20 | 2.84 |
| 6 | | 3.50 | 3.30 | 5.00 | 17.00 | 3.40 | 0.78 | 0.26 | 0.20 | 3.45 |
| 7 | | 3.30 | 3.00 | 5.00 | 15.75 | 3.15 | 0.78 | 0.26 | 0.20 | 3.19 |
| 8 | | 3.00 | 0.00 | 4.00 | 6.00 | 1.50 | 0.74 | 0.26 | 0.19 | 1.15 |
| รวม | | | | | 101.75 | | | | | 20.51 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

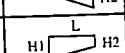
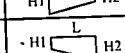
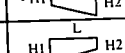
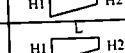
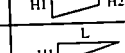
ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง E4

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 |  | 0.00 | 1.90 | 4.00 | 3.80 | 0.95 | 0.71 | 0.19 | 0.13 | 0.51 |
| 2 |  | 1.90 | 3.50 | 4.00 | 10.80 | 2.70 | 0.77 | 0.19 | 0.15 | 1.58 |
| 3 |  | 3.50 | 2.00 | 5.00 | 13.75 | 2.75 | 0.78 | 0.19 | 0.15 | 2.04 |
| 4 |  | 2.00 | 2.90 | 6.00 | 14.70 | 2.45 | 0.77 | 0.19 | 0.15 | 2.15 |
| 5 |  | 2.90 | 3.00 | 6.00 | 17.70 | 2.95 | 0.78 | 0.19 | 0.15 | 2.62 |
| 6 |  | 3.00 | 2.00 | 6.00 | 15.00 | 2.50 | 0.77 | 0.19 | 0.15 | 2.19 |
| 7 |  | 2.00 | 0.00 | 4.00 | 4.00 | 1.00 | 0.71 | 0.19 | 0.13 | 0.54 |
| รวม | | | | | 79.75 | | | | | 11.64 |

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง F1

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 |  | 0.00 | 2.00 | 3.00 | 3.00 | 1.00 | 0.71 | 0.29 | 0.21 | 0.62 |
| 2 |  | 2.00 | 2.50 | 4.00 | 9.00 | 2.25 | 0.76 | 0.29 | 0.22 | 1.98 |
| 3 |  | 2.50 | 3.00 | 4.00 | 11.00 | 2.75 | 0.78 | 0.29 | 0.23 | 2.49 |
| 4 |  | 3.00 | 2.50 | 4.00 | 11.00 | 2.75 | 0.78 | 0.29 | 0.23 | 2.49 |
| 5 |  | 2.50 | 2.00 | 4.00 | 9.00 | 2.25 | 0.76 | 0.29 | 0.22 | 1.98 |
| 6 |  | 2.00 | 0.00 | 3.00 | 3.00 | 1.00 | 0.71 | 0.29 | 0.21 | 0.62 |
| รวม | | | | | 46.00 | | | | | 10.18 |

ข้อมูลและผลการคำนวณอัตราการไหลตำแหน่ง G1

| No. | ลักษณะพื้นที่หน้าตัดย่อย | H1 (m) | H2 (m) | L (m) | A ($m^2$) | ความลึกเฉลี่ย (m) | CF | $V_r$ (m/s) | V (m/s) | Q (cms) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 0.00 | 2.30 | 2.50 | 2.88 | 1.15 | 0.72 | 0.30 | 0.22 | 0.62 |
| 2 |  | 2.30 | 2.50 | 6.00 | 14.40 | 2.40 | 0.77 | 0.30 | 0.23 | 3.33 |
| 3 |  | 2.50 | 2.80 | 6.00 | 15.90 | 2.65 | 0.77 | 0.30 | 0.23 | 3.67 |
| 4 |  | 2.80 | 2.50 | 6.00 | 15.90 | 2.65 | 0.77 | 0.30 | 0.23 | 3.67 |
| 5 |  | 2.50 | 2.00 | 6.00 | 13.50 | 2.25 | 0.76 | 0.30 | 0.23 | 3.08 |
| 6 |  | 2.00 | 0.00 | 4.00 | 4.00 | 1.00 | 0.71 | 0.30 | 0.21 | 0.85 |
| รวม | | | | | 66.58 | | | | | 15.22 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้