โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 13/2556

เรื่อง

การออกแบบอุปกรณ์ลดการกระเพื่อมในท่อน้ำนิ่ง

Design of device for attenuation of ripple effect in still - pipe

โดย

นายปิยะวุทธิ์ แสงไกร

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พุทธศักราช 2556

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง การออกแบบอุปกรณ์ลดการกระเพื่อมในท่อน้ำนิ่ง

Design of device for attenuation of ripple effect in still - pipe

รายนามผู้ทำโครงการ นายปิยะวุทธิ์ แสงไกร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

.....

(ผศ.ดร. เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย)

...../...../.....

กรรมการ

.....

(อ.ดร. สถาพร เตมีพัฒนพงษา)

...../...../.....

หัวหน้าภาควิชา

.....

(ผศ. นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์)

...../...../.....

บทคัดย่อ

เรื่อง : การออกแบบอุปกรณ์ลดการกระเพื่อมในท่อน้ำนิ่ง
โดย : นายปิยะวุทธิ์ แสงไกร

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน :

.....

(ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย)
...../...../.....

โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นการศึกษาออกแบบอุปกรณ์เพื่อลดผลการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่ง ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนการศึกษา ขั้นตอนแรกคือการศึกษาเทคนิคการติดตั้งท่อเพื่อลดผลการกระเพื่อมในท่อน้ำนิ่งขนาด 6นิ้ว และ 10นิ้ว การศึกษาให้แนวทางสำหรับการติดตั้งท่อน้ำนิ่งเพื่อลดผลการกระเพื่อมของน้ำในท่อ ได้มีการทดสอบติดตั้งท่อน้ำนิ่ง 8 แบบในคลองทดลอง ระดับการกระเพื่อมของน้ำถูกบันทึกด้วยเครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย ขั้นตอนการศึกษาต่อไปคือการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของรูเจาะและอัตราการลดลงของระดับน้ำในท่อ 6 นิ้ว การศึกษาขั้นที่สองมีจุดมุ่งหมายที่จะอธิบายการตอบสนองของระดับน้ำในท่อน้ำนิ่งเมื่อระดับน้ำที่อยู่ด้านนอกท่อมีการเปลี่ยนแปลง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดลงและจำนวนของรูเจาะ ได้ทดลองโดยการระบายน้ำจากความลึกเริ่มต้นของน้ำ2 เมตร การทดลองได้ทดลองกับรูเจาะในจำนวน 1, 4, 8, 12 รูของท่อ 6 นิ้ว

จากขั้นตอนการศึกษาขั้นแรก พบว่าท่อน้ำนิ่งแบบท่อ6 นิ้วปิดก้นท่อและเจาะรู 8 รูมีประสิทธิภาพลดการกระเพื่อมของน้ำในท่อได้ดีที่สุด ให้ค่าระดับน้ำที่วัดได้ค่อนข้างคงที่และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดจากการศึกษาการลดลงของระดับน้ำในท่อ6 นิ้ว ในขั้นตอนการศึกษาขั้นที่สอง อัตราการลดลงของน้ำในท่อสามารถอธิบายได้ โดยสมการลอการิทึม สมการนี้สามารถนำมาใช้สำหรับการเลือกจำนวนที่เหมาะสมของรูเจาะ สรุปได้ว่า การปิดก้นท่อและการเจาะรู โดยมีจำนวนที่เหมาะสม สามารถลดผลของการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งได้

Abstract

Title : Design of device for attenuation of ripple effect in still - pipe

By : Mr.Piyawut Sangkai

Project Advisor :

……..

(Asst Prof Dr.Ekasit Kositsakulchai)

……/……/……

This senior project was the study of device for attenuation of ripple effect in still-pipe, which consisted of two experimental steps. The first step was to study the pipe installation technique for attenuating the ripple effect in 6-in and 10-in PVC pipes. It provided a guideline for still-pipe installation in order to minimize the ripple of the water in the pipe. Eight installation types were tested in the experimental canal. The ripple effects were observed from a floating-type water level recorder. The next experimental step was to study the relationship between the numbers of drilled hole and the falling rate of water level in 6-in pipe. The second study intended to explain the response of water level in still-pipe when the water level outside the pipe had changed. The relationship between the falling rate and numbers of drilled hole was tested by draining water from the starting depth of 2 meter. The tests were conducted with 1, 4, 8, and 12 drilled holes of 6-inch pipe.

From the first step of the experiment, it was found that the 6-in PVC pipe closed at the bottom end and 8-drilled holes had the best performance in water ripple attenuation. The measured water level was relatively constant and had the least standard deviation. From the test of the falling water in 6-in pipe in the second step, the falling rate was described by logarithmic equations. These equations can be applied for selecting the suitable number of drilled hole. In conclusion, the closure at the bottom end and the suitable number of drilled hole can reduce the effect of water ripple in still-pipe.

คำนิยม

ในการจัดทำโครงงานวิศวกรรมชลประทาน ผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ อ.ดร. สถาพร เตมีพัฒนพงษา ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำในการจัดทำโครงงานวิศวกรรมชลประทานจนประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่คอยให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอความก้าวหน้าของโครงงาน จึงทำให้การดำเนินงานของโครงงานสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ประโยชน์และคุณความดีทั้งหลายอันพึงจะได้รับจากโครงงานวิศวกรรมชิ้นนี้ผู้จัดทำขอมอบให้แด่ บิดาและมารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูมาด้วยความรักอันยิ่งใหญ่ คณาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ความสามารถต่างๆ ให้แก่ผู้จัดทำ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน จนประสบความสำเร็จในการศึกษา

ผู้จัดทำ

นาย ปิยะวุทธิ์ แสงไกร

กรกฎาคม 2557

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract II

คำนิยม III

สารบัญภาพ VI

สารบัญ ตาราง X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 บทนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 3

2.1 การตรวจวัดระดับน้ำในแม่น้ำ 3

2.1.1 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบธรรมดา 3

เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง 3

เครื่องวัดระดับน้ำแบบเอียง 4

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและลูกตุ้มน้ำหนัก 5

2.1.2 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ 6

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย 6

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้ฟองอากาศ 10

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดัน 11

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบคลื่นสะท้อน 12

เครื่องมือวัดน้ำแบบเรดาห์ 13

2.1.3 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด 13

2.2 การเลือกที่ตั้งสถานีวัดน้ำ 15

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 16

3.1 อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง 16

3.1.1 การทดลองการวัดระดับการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่ง 16

3.1.2 การทดลองการลดระดับของน้ำที่มีความสูง 2 เมตร 17

3.2 หลักการทำงานและคุณสมบัติของเครื่องมือวัดระดับน้ำ 24

3.2.1 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes 24

3.2.2 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini 25

3.3 การติดตั้งและการใช้งานโปรแกรม 27

3.3.1 โปรแกรมHydras 3 (ใช้งานกับเครื่องวัดน้ำแบบลูกลอยยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes 27

3.3.2 โปรแกรม IrDALinkUSB (ใช้งานกับสายเชื่อมสัญญาณ IrDALinkUSB) 34

3.3.3 โปรแกรม DuoSens (ใช้เชื่อมสัญญาณ IrDALinkUSB เข้ากับโปรแกรม Hydras) 36

3.3.4 โปรแกรมOTT Water Logger Operating Program 39

(ใช้กับเครื่องมือวัดน้ำแบบใต้ดินOTTรุ่น Orpheus Mini)

3.4ขั้นตอนการทดลอง 4 3

3.4.1 การทดลองเพื่อศึกษาการกระเพื่อมของน้ำและออกแบบท่อน้ำนิ่ง 43

3.4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของน้ำกับจำนวนรูเจาะของท่อขนาด 6 นิ้ว 49

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ 53

4.1 การทดลองออกแบบท่อน้ำนิ่งเพื่อลดการกระเพื่อมของน้ำในท่อ 53

4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของน้ำกับจำนวนรูเจาะของท่อขนาด 6 นิ้ว 62

4.2.1 การใช้สมการลอการิทึมหาระยะเวลาที่น้ำลดลงจนหมดท่อที่ความสูงใดๆ 68

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 69

สรุป 69

ข้อเสนอแนะ 72

เอกสารอ้างอิง 73

ภาคผนวก ก 74

ภาคผนวก ข 95

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง 4
ภาพที่ 2 เครื่องวัดระดับน้ำแบบเอียง 5
ภาพที่ 3 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและลูกตุ้มน้ำหนัก 5
ภาพที่ 4 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย 6
ภาพที่ 5 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยแบบ Richard's Type 7
ภาพที่ 6 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบ Fuss 's Type 7
ภาพที่ 7 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบ Roll 's Type 8
ภาพที่ 8 สเกตของบ่อวัดระดับน้ำ 9
ภาพที่ 9 บ่อวัดระดับน้ำเชื่อมโยงแบบ USBR 10
ภาพที่ 10เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบใช้ฟองอากาศ 10
ภาพที่ 11 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบการใช้ความดันของน้ำ 11
ภาพที่ 12 เครื่องมือวัดน้ำแบบเสียงสะท้อน 12
ภาพที่ 13 เครื่องมือวัดน้ำแบบเรดาร์ 13
ภาพที่ 14 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด 14
ภาพที่ 15 เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย ยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes 18
ภาพที่ 16 เครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini 18
ภาพที่ 17โปรแกรม hydras 3 18
ภาพที่ 18โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program 18
ภาพที่ 19สายเชื่อมต่อ IrDA Link USB 19
ภาพที่ 20คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง 19
ภาพที่ 21 คอมพิวเตอร์ 19
ภาพที่ 22สว่านและดอกสว่าน 1 เซนติเมตร 20
ภาพที่ 23เลื้อยมือ 20
ภาพที่ 24เลื้อยวงเดือน 20
ภาพที่ 25 ลูกลอยวัดระดับน้ำ 21

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 26 ท่อ PVC ขนาด 10 นิ้ว 21
ภาพที่ 27 ท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว 21
ภาพที่ 28 แผ่นพลาสติกใส 5 แผ่น 22
ภาพที่ 29 ซิลิโคน 22
ภาพที่ 30 ฝาครอบท่อขนาด 6 นิ้ว 22
ภาพที่ 31 จุกยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร 23
ภาพที่ 32 เหล็กฉาก 23
ภาพที่ 33 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes 24
ภาพที่ 34 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini 25
ภาพที่ 35 โปรแกรมHydras 3 27
ภาพที่ 36 ไฟล์ติดตั้งโปรแกรมHydras 3 27
ภาพที่ 37 หน้าแรกโปรแกรมติดตั้งโปรแกรมHydras 3 28
ภาพที่ 38 ข้อตกลงทางลิขสิทธิ์ของโปรแกรมติดตั้งโปรแกรมHydras 3 28
ภาพที่ 39 การเลือกไดร์ฟติดตั้งโปรแกรมติดตั้งโปรแกรมHydras 3 28
ภาพที่ 40 หน้าจอแสดงการติดตั้งโปรแกรมHydras 3 29
ภาพที่ 41 การสร้างไฟล์งานและที่เก็บไฟล์ 29
ภาพที่ 42 หน้าจอแสดงการสร้างไฟล์สำเร็จ 29
ภาพที่ 43 การเลือกฟังก์ชันตั้งค่าเครื่องวัดระดับแบบลูกลอย 30
ภาพที่ 44 การเซตค่าโปรแกรมให้เข้ากับเครื่องมือ 30
ภาพที่ 45 หน้าจอแสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย 31
ภาพที่ 46 หน้าแสดงช่วงเวลาในการดึงข้อมูลจากเครื่องวัดระดับแบบลูกลอย 32
ภาพที่ 47 ฟังก์ชันในการดึงข้อมูลจากเครื่องวัดระดับแบบลูกลอย 32
ภาพที่ 48 หน้าจอแสดงชุดข้อมูลของเครื่องวัดระดับแบบลูกลอย 33
ภาพที่ 49 หน้าจอแสดงข้อมูลค่าระดับของเครื่องวัดระดับแบบลูกลอย 33
ภาพที่ 50 ไฟล์โปรแกรมติดตั้ง IrDALinkUSB 34

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 51 หน้าจอแสดงการอ่านข้อมูลโปรแกรมติดตั้ง 34
ภาพที่ 52 หน้าจอแสดงการติดตั้ง IrDALinkUSBสำเร็จ 35
ภาพที่ 53 หน้าจอแสดงการเปลี่ยนพอร์ตของ IrDALinkUSB 35
ภาพที่ 54 การเลือกพอร์ต (พอร์ต1หรือ 2) 36
ภาพที่ 55 โปรแกรม DuoSens 36
ภาพที่ 56 ไฟล์ติดตั้งโปรแกรม DuoSens 37
ภาพที่ 57 หน้าแรกโปรแกรมติดตั้งโปรแกรม DuoSens 37
ภาพที่ 58 หน้าจอแสดงการติดตั้งโปรแกรม 37
ภาพที่ 59 หน้าจอแสดงการสิ้นสุดการติดตั้ง 38
ภาพที่ 60 การสร้างไฟล์งานของ DuoSens 38
ภาพที่ 61 เลือกสายเชื่อมต่อสัญญาณในโปรแกรม 38
ภาพที่ 62 โปรแกรมOTT Water Logger Operating Program 39
ภาพที่ 63 โปรแกรมติดตั้งOTT Water Logger Operating Program 39
ภาพที่ 64 โปรแกรมติดตั้งOTT Water Logger Operating Program 40
ภาพที่ 65 โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program 40
ภาพที่ 66 หน้าแสดงการตั้งค่าเครื่องวัดระดับแบบใต้ดิน 40
ภาพที่ 67 หน้าจอตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องวัดระดับน้ำแบบใต้ดิน 41
ภาพที่ 68 โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program 42
ภาพที่ 69 หน้าจอแสดงการโหลดข้อมูลจากหัวเซนเซอร์ 42
ภาพที่ 70 หน้าจอแสดงข้อมูลค่าระดับน้ำของเครื่องวัดระดับแบบใต้ดิน 43
ภาพที่ 71 การทดลองท่อน้ำนิ่งขนาด 10 นิ้วที่ประกอบเครื่องมือเสร็จแล้ว 44
ภาพที่ 72 ท่อPVC ที่ตัดแล้วขนาด 10 นิ้วและ 6 นิ้ว 45
ภาพที่ 73 ท่อ PVC ติดตั้งกับโครงเหล็ก 45
ภาพที่ 74 ก้นท่อสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร 45
ภาพที่ 75 การตั้งค่าเครื่องวัดแบบลูกลอยโดยการเชื่อมสัญญาณจาก IrDAlinkUSB 46

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 76 การกระเพื่อมในท่อ 47
ภาพที่ 77 การติดตั้งท่อคู่ขนาด 6 นิ้ว 47
ภาพที่ 78 การทดลองท่อคู่ขนาด 6 นิ้ว 48
ภาพที่ 79 ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรูและท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู 48
ภาพที่ 80 ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 4 รูและท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 4 รู 49
ภาพที่ 81 ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รูและท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รู 49
ภาพที่ 82 ท่อเดี่ยว 10 นิ้วปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รู 50
ภาพที่ 83 ท่อคู่ 6 นิ้วปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รู 50
ภาพที่ 84 ท่อ 6 นิ้ว ใส่ฝาครอบท่อพร้อมเจาะรู 52
ภาพที่ 85 การติดตั้งท่อเพื่อทดลองการลดลงของน้ำ 52
ภาพที่ 86 การอุดรูเจาะด้วยจุกยาง 53
ภาพที่ 87 การติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำแบบใต้ดิน 53
ภาพที่ 88 การเชื่อมต่อ IrDAlinkUSB กับหัววัดระดับน้ำแบบใต้ดิน 54
ภาพที่ 89 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D10OH0 58
ภาพที่ 90 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D6OH0 58
ภาพที่ 91 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D10OH4 58
ภาพที่ 92 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D6OH4 59
ภาพที่ 93 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D10OH8 59
ภาพที่ 94 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D6OH8 59
ภาพที่ 95 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D10CH8 60
ภาพที่ 96 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D6CH8 60
ภาพที่ 97 กราฟค่าระดับน้ำที่ลดลงเมื่อปล่อยน้ำจาก 1 รู 67
ภาพที่ 98 กราฟค่าระดับน้ำที่ลดลงเมื่อปล่อยน้ำจาก 4 รู 67
ภาพที่ 99 กราฟค่าระดับน้ำที่ลดลงเมื่อปล่อยน้ำจาก 8 รู 68
ภาพที่ 100 กราฟค่าระดับน้ำที่ลดลงเมื่อปล่อยน้ำจาก 12 รู 68

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 101 กราฟสมการลอการิทึม 72
ภาพที่ 102 ภาพจำลองการติดตั้งท่อน้ำนิ่งแบบคู่ 6 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รูในทางน้ำจริง 74
ภาพที่ 103 ท่อ 6 นิ้วปิดก้นด้วยฝาครอบเจาะรูรอบบริเวณฝาครอบ 74

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่า Standard deviation ของท่อน้ำนิ่งทั้ง 8 แบบ 61
ตารางที่ 2 ตัวย่อแทนรูปแบบท่อน้ำนิ่งทั้ง 8 แบบ 61
ตารางที่ 3 ค่าระดับน้ำในการทดลองท่อน้ำนิ่งทั้ง 8 แบบ 62
ตารางที่ 4 ระดับที่ลดลงของน้ำจากรูเจาะของท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว 69

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในระบบชลประทาน ที่จำเป็นต้องมีการควบคุมระดับน้ำด้านเหนือน้ำหรือด้านท้ายน้ำ จึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำเพื่อทำการหาค่าระดับน้ำในแหล่งน้ำนั้น แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดระดับน้ำนั้นมาแปลงเป็นค่าปริมาณน้ำ ซึ่งเครื่องวัดระดับน้ำแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เครื่องวัดระดับน้ำแบบธรรมดาและเครื่องวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

โดยทั้งนี้ ได้มีการติดตั้งท่อ PVC แบบคู่ขนาด 6 นิ้วเปิดก้นท่อและท่อ PVC ขนาด10นิ้วเปิดก้นท่อในโครงการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดบันทึกข้อมูลอัตโนมัติเพื่อการบริหารจัดการน้ำเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดอัตโนมัติแบบลูกลอยยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes จากการตรวจวัดพบว่ามีการแกว่งตัวขึ้นลงของลูกลอยตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือน้อยลงและการแกว่งตัวตลอดเวลาอาจทำให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องมือได้ ดังนั้นจึงต้องหาว่า การแกว่งตัวของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบลูกลอยที่ติดตั้งภายในท่อ PVC ขนาด 6 นิ้วและ 10 นิ้วเกิดจากการออกแบบท่อ PVC หรือไม่และการออกแบบท่อที่เหมาะสมควรเป็นเช่นไร

โครงงานวิศวกรรมนี้ จึงได้ศึกษาและทำการออกแบบท่อ PVC ที่ติดตั้งลูกลอยใหม่และทดสอบพร้อมกับท่อ PVC แบบเดิมที่ติดตั้งอยู่ในโครงการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดบันทึกข้อมูลอัตโนมัติเพื่อการบริหารจัดการน้ำเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และสังเกตพฤติกรรมการแกว่งตัวของลูกลอยในท่อ โดยได้ทดลองท่อน้ำนิ่งในคลองส่งน้ำจำลองในรูปแบบท่อต่างๆ แล้วนำค่าการวัดระดับน้ำในการทดลองที่เก็บได้มาเปรียบเทียบเวลาในการทดลอง เพื่อสร้างกราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อ PVC และเพื่อหาการออกแบบท่อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการตรวจวัด ทั้งนี้เพื่อหาความสอดคล้องของการลดลงของน้ำในท่อและการลดลงของน้ำในทางน้ำจริง ได้ทำการทดลองหาการไหลออกของน้ำซึ่งไหลออกทางรูเจาะด้านข้างของท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว โดยกำหนดให้น้ำมีความสูง 2 เมตร และปล่อยน้ำให้ไหลออกตามรูเจาะที่ได้ออกแบบไว้ 4 แบบ เก็บค่าระดับที่ลดลงด้วยเครื่องวัดระดับน้ำแบบใต้ดินซึ่งจะได้ความสัมพันธ์เป็นกราฟความสูงของน้ำที่ลดลงกับเวลาที่ใช้ในการลดลงของน้ำ นำไปเทียบหาสมการที่สอดคล้องกับกราฟ

1.2 วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาลักษณะการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่ง

2. เพื่อออกแบบอุปกรณ์ลดการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่ง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ท่อ PVC ขนาด 6 นิ้วและ 10 นิ้ว
2. เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย ยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes
3. เครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดิน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini
4. สถานที่ทดลองอาคารทดลองทางชลศาสตร์

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 การตรวจวัดข้อมูลน้ำในแม่น้ำ

ข้อมูลในระดับน้ำเป็นข้อมูลที่ตรวจวัดได้ง่าย เห็นได้จากในต่างประเทศมีการจดบันทึกข้อมูลระดับน้ำสูงสุดย้อนหลังไปได้หลายร้อยปี แม้แต่ในประเทศไทยก็มีข้อมูลระดับน้ำท่วมสูงสุดในสมัยกรุงศรีอยุธยา ระดับน้ำที่ทำการบันทึกจะอ้างอิงอยู่กับระดับเฉลี่ยของน้ำทะเลปานกลาง เรียกระดับน้ำทะเลปานกลาง (รทก.) หรือ Mean Sea Level (MSL.) เครื่องมือที่ใช้มี 3 ลักษณะ คือ

1.เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบธรรมดา ได้แก่ เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Vertical staff gage) เครื่องวัดระดับน้ำแบบเอียง (Slope gage) เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและตุ้มน้ำหนัก (Wire-weight gauge)

2.เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ ได้แก่ เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Float gage) เครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบ Pressure gage หรือ Pressure transducers เครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบ Water surface detector

3.เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด (Crest - stagegauge)เป็นเครื่องมือที่อ่านได้เฉพาะระดับน้ำสูงสุด ในแต่ช่วงเวลา (กีรติ, 2537)

2.1.1 เครื่องวัดระดับน้ำแบบธรรมดา

เป็นเครื่องมือวัดระดับน้ำที่ติดตั้งอยู่กับที่ หรือนำไปตรวจวัดเป็นครั้งคราวเพื่อต้องการทราบค่าสูง - ต่ำของระดับน้ำเปรียบเทียบกับจุดคงที่ใด ๆขณะที่ทำการตรวจวัดโดยปกติจะเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำทะเลกลาง (Mean Sea Level หรือใช้ตัวย่อ MSL.) หรือค่า รทก. หรือระดับสมมุติของสถานีนั้นๆ ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือได้หลายชนิด ดังนี้

เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Vertical staff gauge)

เป็นแผ่นวัดระดับน้ำชนิดที่ใช้วัดระดับน้ำในแนวดิ่ง หรือแนวตั้งนิยมทำด้วยแผ่นโลหะหรือแผ่นเหล็กเคลือบ (Enamel) ขนาดความยาวแผ่นละ 1.00 เมตร กว้าง 0.15 เมตร แบ่ง Scale สำหรับอ่านค่าทุก ๆ 1 หรือ 2 ซม. และเน้นระยะอ่านทุก ๆ 10 ซม.และให้สีพื้นของแผ่นแตกต่างจากสีขาวของ Scale โดยเด่นชัดของแผ่นเจาะรูสำหรับติดแผ่นตัวเลขบอกระดับน้ำเป็นเมตรขนาดแผ่นตัวเลขประมาณ 3 ซม.X 10 ซม.ทำด้วยแผ่นโลหะหรือเหล็กเคลือบชนิดเดียวกับแผ่นวัดระดับ

<u>การใช้งาน</u>

อ่านค่าระดับในแนวดิ่งที่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MSL หรือระดับสมมุติของสถานีนั้น ๆทำได้โดยปักเสาบนตลิ่งแม่น้ำ อาจมีค้ำยันด้วนถ้าจำเป็นและอ่านค่าระดับน้ำได้โดยตรงจากแผ่นระดับที่ติดไว้กับเสา หากไม่สามารถอ่านระดับน้ำตั้งแต่ระดับน้ำต่ำสุด จนถึงระดับน้ำสูงสุดได้และในขณะเดียวกันที่ระดับน้ำขึ้นสูงยากต้อการอ่าน จะทำการติดตั้งเครื่องวัดไว้ ณ จุดต่าง ๆ ของลำน้ำ โดยให้เหลื่อมกันแผ่นละประมาณ 50 เซนติเมตร ในแนวรูปตัดขวางเดียวกัน ดังแสดงภาพ

(สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ)

ภาพที่ 1 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Vertical staff gauge)

ที่มา : http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=84

เครื่องวัดระดับน้ำแบบเอียง (Slope gage)

เป็นแผ่นวัดระดับน้ำที่ทำการติดตั้งตามความลาด ของแม่น้ำลำคลองโดยเฉพาะที่มีความลาดเอียง 1: 1.5 จะวัดความสูงของระดับน้ำ ในแนวตั้งได้ 0.50 เมตร ฉะนั้นจึงต้องติดตั้ง 2 แผ่น ต่อกันจึงจะอ่านค่า Scale ในแนวตั้งได้ 1.00 เมตร ส่วน Scale ที่เห็นจะใช้มาตรา 1: 1.5

<u>การใช้งาน</u>

อ่านค่าระดับในแนวดิ่งที่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MSL. หรือระดับสมมุติของสถานีนั้น ๆเสาระดับน้ำต้องใช้คนอ่านค่าระดับน้ำ ใช้กับสถานีในลำน้ำขนาดใหญ่พอสมควรมีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำแต่ละวันไม่มากนักมีสภาพลำน้ำที่สามารถจะติดตั้งเสาระดับได้ และต้องมีคนอยู่อ่านค่าได้วันละหลายครั้งแต่มาตรฐานที่ใช้อ่านกัน คือ วันละ 2, 3, 5, 16 และ 24 เวลาขึ้นกับวัตถุประสงค์ (สุเทพ, 2521)

ภาพที่ 2 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบเอียง (Slope gage)

ที่มา : สุเทพ, 2521

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและตุ้มน้ำหนัก (Wire-weight gauge)

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบนี้ ประกอบด้วยตุ้มน้ำหนักและเส้นลวดที่พันอยู่รอบดรัม (drum) ซึ่งมีเส้นรอบวงเท่ากับหนึ่งฟุต ดังแสดงในภาพ

<u>การใช้งาน</u>

การวัดระดับน้ำ จะปล่อยตุ้มน้ำหนักลงจากระดับอ้างอิง เช่น สะพาน ระดับตลิ่ง หรือระดับอาคาร ที่ยื่นเข้าไปในแม่น้ำลงมาสัมผัสผิวน้ำ จะสามารถอ่านระยะหย่อนตุ้มน้ำหนักได้ เมื่อนำระดับน้ำอ้างอิงมาลบด้วยระยะหย่อนตุ้มน้ำหนัก จะได้ระดับน้ำที่ต้องการ (นิตยา, 2551)

ภาพที่ 3เครื่องวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและตุ้มน้ำหนัก (Wire-weight gauge)

ที่มา : นิตยา, 2551

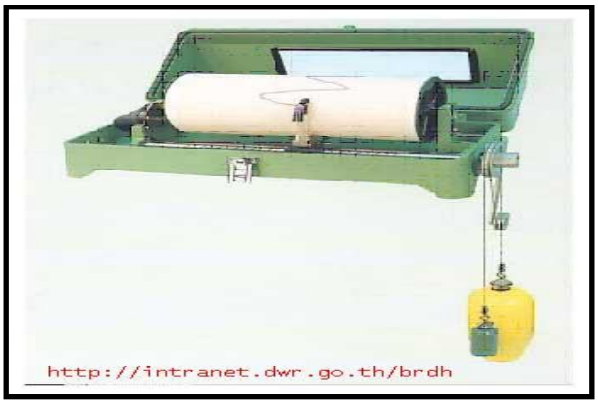
2.1.2 เครื่องวัดระดับน้ำแบบบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

เครื่องมือวัดน้ำระดับน้ำแบบที่ใช้อ่านได้โดยตรงต้องมีคนไว้คอยอ่านระดับน้ำ ดังนั้นจึงไม่สามารถเก็บสถิติระดับน้ำ ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ต่อเนื่องกัน จึงต้องติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติเพื่อให้สามารถเก็บสถิติระดับน้ำได้อย่างได้อย่างต่อเนื่องกัน เช่น

เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Float gage)

เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Float gage) จะถูกปล่อยให้ลอยบนผิวน้ำ การขึ้นลงของระดับน้ำจะถูกบันทึกหรือเขียนไว้บนกระดาษบันทึกระดับน้ำ เมื่อระดับน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วยอาการขึ้นลงของระดับน้ำเป็นการหมุนของปากกาที่ใช้เขียนหรือบันทึกระดับน้ำหรือ เป็นการเคลื่อนไหลผ่านลวดเส้นเล็ก ๆ

กระดาษบันทึกจะถูกหมุนไปรอบ ๆ แกนด้วยความเร็วสม่ำเสมอโดยใช้นาฬิกาจึงจะสามารถทราบระดับน้ำที่เวลาใด ๆ ก็ได้



ภาพที่ 4 เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Float gage)

ที่มา : สุเทพ, 2521

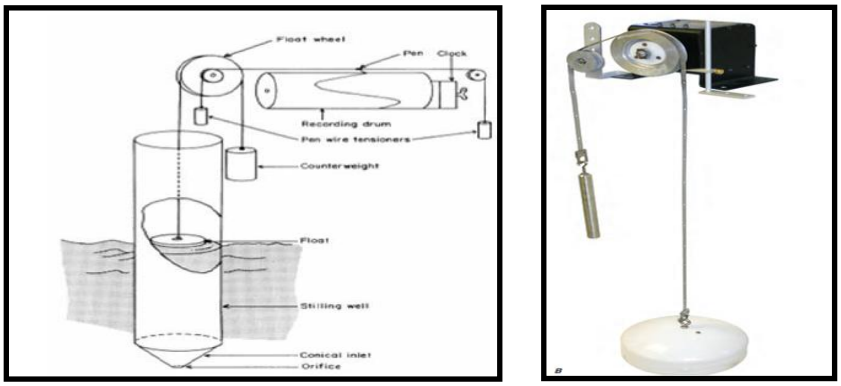
เครื่องมือระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบ่งออกเป็นดังนี้

1.แบบ **Richard's Type** แบบนี้มีกลไกซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะถูกเขียน หรือบันทึกลงกระดาษที่พันไว้รอบแท่งทรงกระบอกที่มีแกนทำให้ทรงกระบอกหมุนในแนวตั้งด้วยนาฬิกา โดยการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นการหมุนรอบแกนปากกาที่ใช้บันทึกระดับน้ำ ดังแสดงในภาพ

ภาพที่ 5 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยแบบ Richard’s Type

ที่มา : สุเทพ, 2521

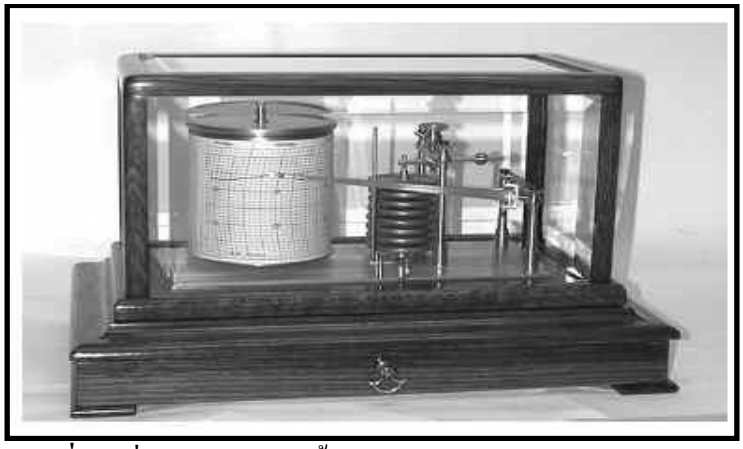
2. แบบ **Fuss’s Type**แบบนี้มีกลไกซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะถูกเขียน หรือบันทึกลงกระดาษที่พันไว้รอบแท่งทรงกระบอกโดยกระดาษที่ใช้บันทึกระดับน้ำ ถูกยึดติดกับลูกกรอก ซึ่งเคลื่อนที่เป็นอัตราส่วนกับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ เมื่อเปรียบเทียบแบบนี้กับ Richard‘s Type แล้วจะบันทึกระดับน้ำในทิศทางเดียวกันกับการขึ้นลงของระดับน้ำ ซึ่งทำให้อ่านได้ง่าย และสามารถเลือกช่วงที่จะบันทึกระดับน้ำได้ ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 6 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบ Fuss **’s** Type

ที่มา : สุเทพ, 2521

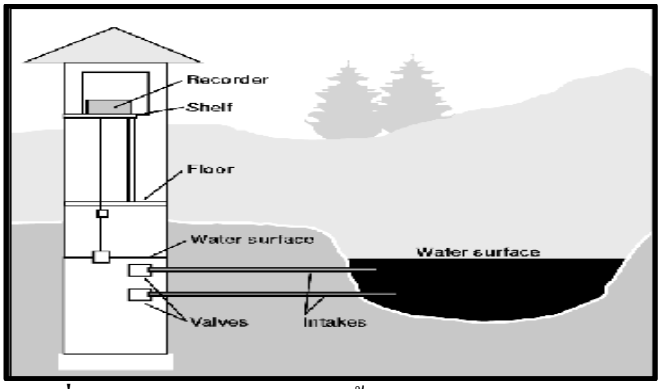
3. แบบ **Roll’s Type**แบบนี้มีกลไกซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ทำให้ลูกรอกหมุนรอบแกนนั้นจะถูกส่งไปโดยเฟืองตัวหนอน โดยปากาจะเคลื่อนที่ไปในแนวราบ และบันทึกการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ ลงบนกระดาษที่พันไว้รอบแท่งทรงกระบอกที่มีแกนอยู่ในแนวราบ Suikin type ก็รวมอยู่ในแบบนี้ มีปากกา 2 ตัว ตัวหนึ่งมีช่วงบันทึกระดับน้ำ โดยย่อเหลือ 1 เมตร และสามารถบันทึกกลับไปกลับมาได้ในช่วงเวลา 1 เมตร โดยไม่จำกัด ปากกาตัวที่สองมีช่วงบันทึกน้ำถึง 10 เมตร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำถูกบันทึกไว้ด้วยปากกา 2 ครั้ง จึงสามารถบันทึกระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงมากและมีความแม่นยำมากอีกด้วย ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 7 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบ Roll **'s** Type

ที่มา : สุเทพ, 2521

4. บ่อวัดระดับน้ำ ทุ่นลอยเครื่องวัดระดับน้ำต้องได้รับการป้องกันจากคลื่นและกระแสน้ำด้วยการสร้างบ่อวัดระดับน้ำ บ่อนี้นอกจากจะมีขนาดแข็งแรงพอแล้วยังต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตพอสำหรับ ขนาดทุ่นของลอย น้ำหนักถ่วง และช่องว่างเผื่อไว้อีกเล็กน้อย(ประมาณ 10 เซนติเมตร) ในกรณีบ่อวัดระดับน้ำเอียง ถึงแม้จะจะมีช่องว่างเผื่อไว้สำหรับทุ่นลอยกับผนังบ่อขณะ ที่ระดับน้ำต่ำอยู่แล้วก็ตาม ปรากฏว่า เมื่อระดับน้ำสูงขึ้นทุ่นลอยจะแตะกับผนังบ่อได้ ฉะนั้นต้องระมัดระวังเอาไว้ด้วย ดังแสดงในภาพที่ 8(สุเทพ, 2521)



ภาพที่ 8 สเกตของบ่อวัดระดับน้ำ

ที่มา : http://www.vcharkarn.com/varticle/38212

บ่อวัดระดับน้ำเชื่อมโยง

บ่อวัดระดับน้ำเชื่อมโยง ให้ต่อเนื่องกับแม่น้ำได้โดยท่อนอนอีกอันหนึ่ง ถ้าท่อนอนมีขนาดโตเกินไปแต่ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (เช่น คลื่น) ก็จะถูกบันทึกลงกระดาษหมด ทำให้อ่านค่าระดับน้ำเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเกินไป ทำให้อุดตันได้ง่าย และทำให้น้ำในแม่น้ำไหลเข้ามาในบ่อวัดระดับน้ำช้าเกินไป U.S.B.R. ใช้พื้นที่หน้าตัดของท่อเท่ากับ 1/1000 ของพื้นที่หน้าตัดของบ่อวัดระดับน้ำ ในกรณีที่ท่อนอนยาวมากก็ให้เพิ่มพื้นที่หน้าตัด ตามตารางที่ 1 (นิตยา, 2551)

ตารางที่ 1พื้นที่หน้าตัดของบ่อวัดระดับน้ำ ในกรณีที่ท่อนอนยาวมากก็ให้เพิ่มพื้นที่หน้าตัด

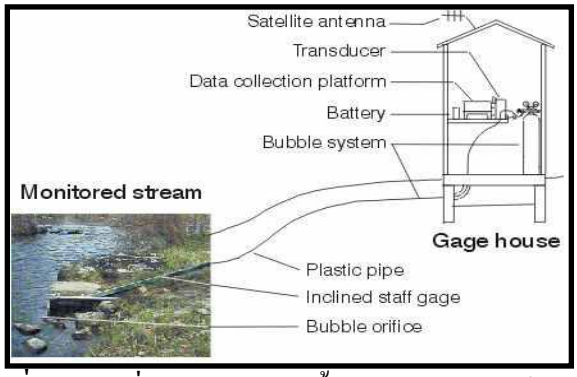
ขนาดชองบิวัดระดับน้ำ (ซม.)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูรับน้ำ (ซม.)	ขนาดของท่อรับน้ำ (ซม.) ยาว 5-10 ม.
เส้นผ่าศูนย์กลาง 30	1.2	1.2
40	1.2	2.0
50	1.5	2.0
60	2.0	2.5
75	2.5	4.0
90	3.0	5.0
รูปสี่เหลี่ยม 0.9x0.9 ม.	3.0	5.0
1.2x0.9 ม.	4.0	7.5
1.2x1.5 ม.	5.0	10

ภาพที่ 9 บ่อวัดระดับน้ำเชื่อมโยงแบบ USBR

ที่มา : http://pubs.usgs.gov/circ/circ1123/collection.html

แบบใช้ฟองอากาศ (Bubble type)

แบบใช้ฟองอากาศ (Bubble type) ก๊าซเป็นต้นว่าอากาศภายใต้ความดันถูกปล่อยออกทางปลายของท่อเล็กใต้ผิวน้ำ สามารถหาค่าระดับน้ำได้จากการเปลี่ยนแปลงความดันของก๊าซ ซึ่งขึ้นอยู่กับความดันของน้ำที่ปลายท่อนั้น ดังที่แสดงในรูปเป็นของ Neypricเป็นแบบเก่า แรงดันแก๊สด้านต่อเข้าเครื่องวัดนำไปต่อเข้ากับ Manometer ที่ใช้ปรอทส่วนกระบอกท่อของ Manometer จะมีความยาวสอดคล้องกับช่วงระดับน้ำที่ต้องการวัดแรงดันของน้ำจะเท่ากับแรงดันเนื่องจากความสูงของปรอทในกระบอกของ Manometer .ในกระบอกของ Manometer จะมีลูกลอยต่อด้วยสายสลิงไปยังลูกถ่วงน้ำหนักคล้องพาดอยู่บนปูเลย์เช่นเดียวกับเครื่องวัดระดับน้ำแบบ Float การขึ้น-ลงของระดับน้ำจะส่งแรงดันทำให้ปรอทใน Manometer ขึ้น-ลงตามไปด้วยซึ่งจากปูเลย์จะถูกเปลี่ยนโดยระบบ Machine ไปยังเข็มบันทึกซึ่งมีระบบขับเคลื่อนกระดาษกราฟรองรับด้วยปากกาบันทึกโดยระบบนาฬิกาเป็นระบบขับเคลื่อน (สุเทพ, 2521)

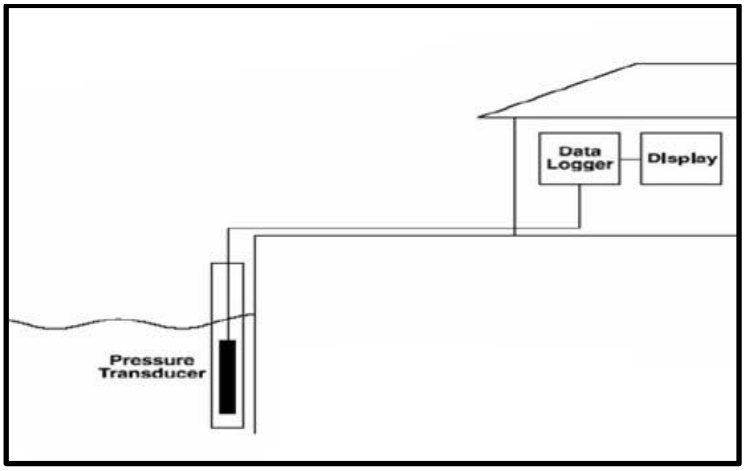


ภาพที่ 10เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบบใช้ฟองอากาศ (Bubble type)

ที่มา : http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=84

แบบการใช้ความดันของน้ำ (Water pressure type)

แบบการใช้ความดันของน้ำ (Water pressure type) ถ้าไม่คลื่นและอื่นๆ แล้วความดันของน้ำเปลี่ยนแปลงโดยตรงกับระดับน้ำจึงทำให้วัดการเปลี่ยนแปลงของวัดระดับน้ำได้ โดยการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันไว้ที่ท้องน้ำ ส่วนประกอบที่ใช้วัดความดันไม่กีดขวางการไหลของน้ำ และสามารถถ่ายเทความดันของน้ำมาตามท่อความดันได้เนื่องจากเราสามารถติดตั้งเครื่องวัดความดันไว้ที่บริเวณที่ลึกที่สุดของลำน้ำได้ จึงใช้เครื่องมือชนิดนี้ลำน้ำขนาดเล็ก ในบริเวณที่เป็นภูเขาซึ่งในหน้าแล้งมีน้ำน้อยมาก ถ้าเปรียบเทียบกับแบบทุ่นลอยแล้ว เครื่องมือแบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้บ่อวัดระดับน้ำและค่าใช้จ่ายทั้งหมดก็น้อยกว่าด้วย



ภาพที่ 11 เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบการใช้ความดันของน้ำ (water pressure type)

ที่มาhttp://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/ /index.php

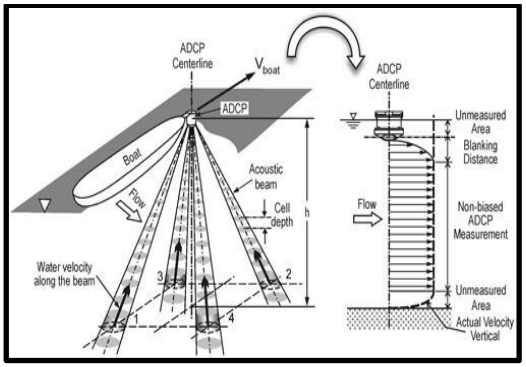
เครื่องวัดระดับน้ำแบบความดัน เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการที่เมื่อระดับน้ำเปลี่ยนแปลงจะทำให้ความกดดันของน้ำเปลี่ยนแปลง ทำให้ Transducer เปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณทางไฟฟ้าของสถานีที่ทำการตรวจวัดจากหลักการนี้ทำให้มีการนำไปทำ Transducer ที่แตกต่างกันได้หลายแบบแต่ก็จะมีหลักการที่นำเอาความกดดันของน้ำนี้มาแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า Transducer ของค่าความกดดันทางไฟฟ้าจะมีหลักการทำงานที่สำคัญอยู่ 2 ประการคือความกดดันซึ่งจะผันแปรกับค่าระดับน้ำ และการแปลงค่าความกดดันเป็นค่าสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งค่าสัญญาณทางไฟฟ้านี้จะนำไปต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลอีกทีหนึ่ง ยกตัวอย่าง Transducer ที่แตกต่างกันมี 3 แบบ คือ

1. แบบช่องอากาศ จะอาศัยเทียบกับความกดดันของบรรยากาศ
2. แบบช่องอากาศปิด จะอาศัยเทียบกับค่าความกดดันที่คงที่
3. แบบ Absolute จะอาศัยสุญญากาศ

เครื่องวัดระดับน้ำแบบนี้ ใช้หลักการที่ระดับน้ำเปลี่ยนแปลง จะทำให้ความดันของน้ำเปลี่ยนแปลง เหมาะสมกับการใช้งานวัดระดับน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หรือลำน้ำปิด สามารถวัดกระแสน้ำได้ในช่วงเวลาต่าง ๆ คือ 0-4 m , 0-10 m, 0-20 m, และ 0-40 m, มีความถูกต้อง ±0.05**%** ตัวหัววัดสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -25°C ถึง 70°C มีระบบชดเชยอุณหภูมิในขณะทำงานอัตโนมัติ หัววัดเป็นชนิด Ceramic ที่ออกแบบมาให้ใช้งานได้ทนทาน และชดเชยกับค่าอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี สามารถเชื่อมกับการส่งสัญญาณได้หลากหลายเช่น 4-20 mA, SDI-12, RS-485(สุเทพ, 2521)

เครื่องมือวัดน้ำแบบคลื่นเสียงสะท้อน

เครื่องมือวัดน้ำแบบคลื่นเสียงสะท้อนเป็นเครื่องมือวัดระดับน้ำที่ประกอบไปด้วย หัวส่งคลื่นเสียงไปยังผิวน้ำ คลื่นเสียงจะสะท้อนกลับมายังภาครับเมื่อเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางจากอุปกรณ์ส่งและเดินทางกลับมายังอุปกรณ์ภาครับปละหากทราบความเร็วเสียงในน้ำ ณ เวลาตรวจวัดระดับน้ำจะสามารถคำนวณหาระยะทางที่คลื่นเสียงเดินทางได้ ในทางทฤษฎีแล้ว เครื่องวัดระดับน้ำแบบนี้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเหนือน้ำได้ อย่างไรก็ตามหากผิวน้ำมีคลื่นมาก สัญญาณที่สะท้อนกลับมาอาจมาสมบรูณ์ได้และเนื่องจากความเร็วเสียงมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (0.17%ต่อ 1 องศาเซลเซียส) ดังนั้นจึงนิยมติดตั้งในท่อที่สามารถลดคลื่นได้และป้องกันอุปกรณ์รับ-ส่ง คลื่นเสียงได้ และมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิติดตั้งตลอดความยาวท่อ วิธีที่แม่นยำคือติดแผ่นสะท้อนเสียงที่ระยะห่างที่แน่นอนเพื่อสามารถปรับเทียบความเร็วเสียงได้โดยตรง (USGS, 2553)

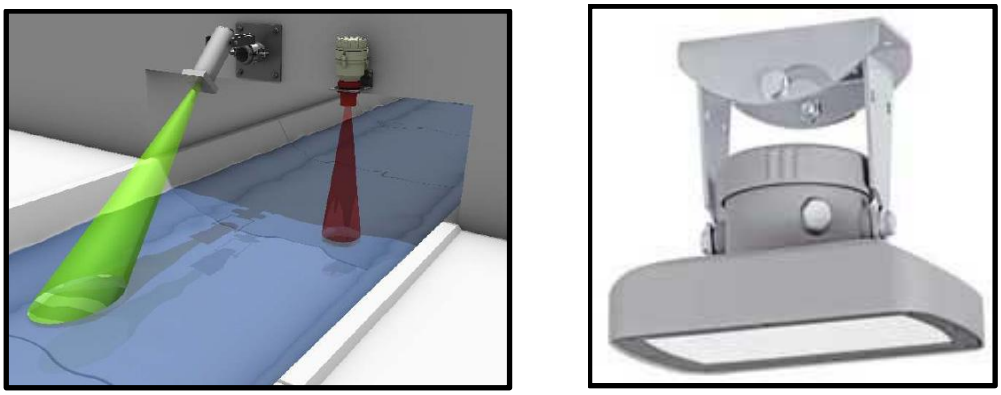


ภาพที่ 12เครื่องมือวัดน้ำแบบเสียงสะท้อน

ที่มา : http://www.vcharkarn.com/varticle/38212

เครื่องมือวัดน้ำแบบเรดาร์

เครื่องมือวัดน้ำแบบเรดาร์เป็นเครื่องมือที่ระดับวัดน้ำที่มีหลักการทำงานเดียวกันกับเครื่องวัดน้ำแบบเสียงสะท้อน แต่ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแทนคลื่นเสียง มีข้อได้เปรียบคืออุณหภูมิและความดันมีผลต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าน้อยมาก แต่มีข้อเสียคือโดยทั่วไปจะมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมากซึ่งเป็นข้อจำกัดในการติดตั้งระบบเรดาร์วัดน้ำในที่ห่างไกลจากแหล่งพลังงานที่เหมาะสม(USGS, 2553)



ภาพที่ 13เครื่องมือวัดน้ำแบบเรดาร์

ที่มา : http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=84

2.1.3 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด (Crest-stage gauge)

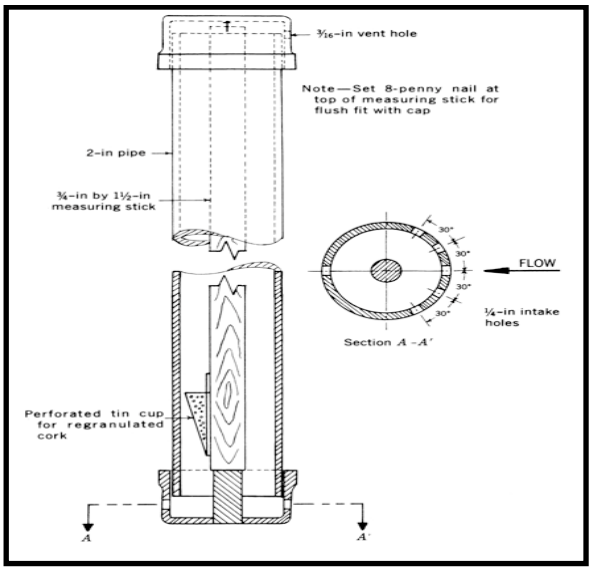
เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุดประกอบด้วยไม้วัดระดับน้ำทั่วไป (Ordinary staff gauge) ที่มีความกว้างและความยาวที่พอเหมาะในการตรวจวัดระดับน้ำสูงสุดในท่อเหล็กอาบสังกะสี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 นิ้ว โดยท่อเหล็กอาบสังกะสีจะมีหน้าแปลนท่อที่ปลายทั้ง 2 ด้าน และมีการเจาะรูเล็กๆขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 นิ้ว หลายๆรูรอบท่อด้านล่าง

<u>การใช้งาน</u>

การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุดจะเริ่มจากการนำท่อเหล็กอาบสังกะสีไปติดตั้งในลำน้ำ โดยด้านล่างอยู่ที่ระดับอ้างอิงของลำน้ำ (Stream datum) หรือระดับที่เทียบกับระดับน้ำอ้างอิงของลำน้ำ จากนั้นก็นำไม้วัดระดับน้ำใส่ลงไปในท่อ แล้วจึงนำเศษไม้ก๊อก (cork) เมื่อเหตุการณ์น้ำหลาไหลผ่าน น้ำในลำน้ำจะไหลเข้าตามรูเล็กๆ ทำให้เศษไม้ก๊อกหรือผงเศษไม้ลอยขึ้นและไปเกาะที่ไม้วัดระดับน้ำ ทำให้สามารถอ่านระดับน้ำสูงสุดได้ตามต้องการ และเมื่อต้องการวัดระดับน้ำครั้งต่อไป ก็ทำได้โดยล้างไม้วัดระดับน้ำให้สะอาด แล้วนำไม้วัดระดับน้ำและเศษไม้ก๊อกหรือเศษไม้ใส่ลงไปในท่อเหล็กอาบสังกะสีเพื่อวัดระดับน้ำสูงสุดต่อไป (กีรติ, 2537)

ภาพที่ 14 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด (Crest-stage gauge)

ที่มา : กีรติ , 2537



ภาพที่ 15รายละเอียดการเจาะท่อเครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด

ที่มา : http://www.vcharkarn.com/varticle/38212

2.2 การเลือกที่ตั้งสถานีวัดน้ำ (Gauging station)

ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงานอุทกวิทยา ซึ่งสถานีวัดน้ำที่ดีต้องมีลักษณะดังนี้

1. การเข้าถึง (Accessibility) สถานีที่ดีควรจะเข้าไปตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำ และอัตราการไหลได้ในทุกสภาพอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลาที่มีฝนตกหนัก หรือเกิดน้ำท่วม เป็นต้น
2. ความเพียงพอ (Adequacy) สถานีวัดน้ำควรจะสามารถวัดระดับน้ำและอัตราการไหลที่ระดับความสูงน้ำต่างๆ
3. การมีเสถียรภาพ (Stability) สถานีวัดน้ำควรจะอยู่ในบริเวณหน้าตัดทางน้ำที่มั่นคง มีเสถียรภาพ ไม่เกิดการกัดเซาะหรือการตกตะกอนในลำน้ำ มีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำคงที่หรือไม่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย และควรจะอยู่บริเวณลำน้ำที่ไหลตรง
4. ความถาวร (Permanency) สถานีวัดน้ำควรตั้งอยู่ในบริเวณที่ไม่ถูกรบกวนจากเหตุใดๆ ที่จะมีผลทำให้ข้อมูลผิดพลาดหรือข้อมูลสูญหาย (กีรติ, 2537)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองและศึกษาออกแบบอุปกรณ์ลดการกระเพื่อมในท่อน้ำนิ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองคือ 1.การทดลองการวัดระดับน้ำโดยเครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอยที่ติดตั้งในท่อน้ำนิ่ง 8 แบบ

2.การทดลองการลดลงของระดับน้ำจากความสูง 2 เมตร โดยไหลออกจากทางด้านข้างท่อ pvc 6 นิ้ว มีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ดังนี้

1. การทดลองการวัดระดับน้ำโดยเครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอยที่ติดตั้งในท่อน้ำนิ่ง 8 รูปแบบ

วัสดุ

1.1. ท่อ PVC ขนาด 6 นิ้วและ 10 นิ้ว ยาว 4 เมตร

1.2 พลาสติกใสแบบบาง 5 แผ่น

1.3 ซีลิโคน 1 หลอด

1.4 เหล็กฉากบาง 4 เมตร

เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1 เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย ยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes

2.2 OTT Thalimedes Software เมื่อติดตั้งจะได้โปรแกรม Hydras 3

2.3 OTT IrDA Link USB Software และสายเชื่อมต่อ IrDA Link USB

2.4 คอมพิวเตอร์ 1เครื่อง

2.5 สว่านไฟฟ้าและดอกสว่านขนาด 1 เซนติเมตร

2.6 เลื่อยมือ

2.7 เลื่อยวงเดือน

2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของน้ำกับจำนวนรูเจาะของท่อขนาด 6 นิ้ว

วัสดุ

1.1 ท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ความยาว 2 เมตร

1.2 ฝาครอบท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว จำนวน 1 ฝา

1.3 จุกยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร

เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1 เครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini

2.2 OTT CTD Software เมื่อติดตั้งจะได้โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program

2.3 OTT IrDA Link USB Software และสายเชื่อมต่อ IrDA Link USB

2.4 คอมพิวเตอร์ 1เครื่อง

2.5 ลูกน้ำวัดระดับ

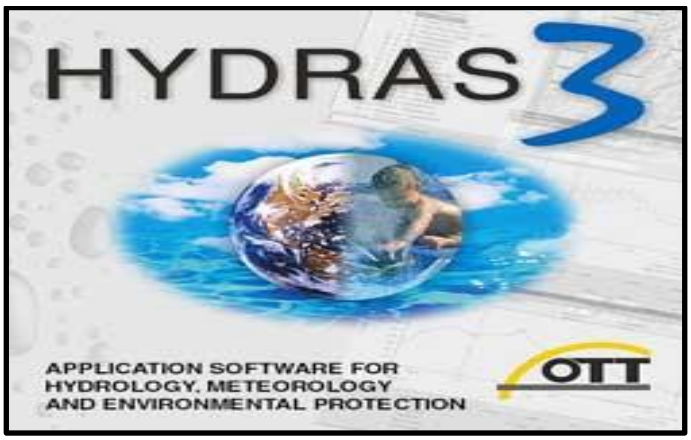
2.6 สว่านไฟฟ้าและดอกสว่านขนาด 1 เซนติเมตร

2.7 เลื่อยมือ

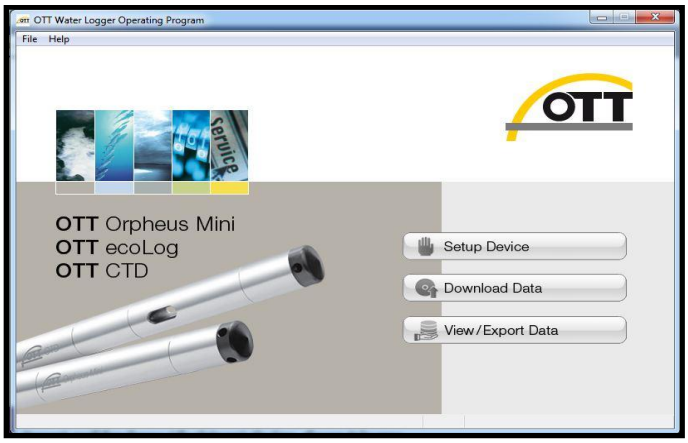
เครื่องมือและอุปกรณ์

ภาพที่ 16 เครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย ยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes

ภาพที่ 17 เครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini



ภาพที่ 18 โปรแกรม hydras 3



ภาพที่ 19 โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program

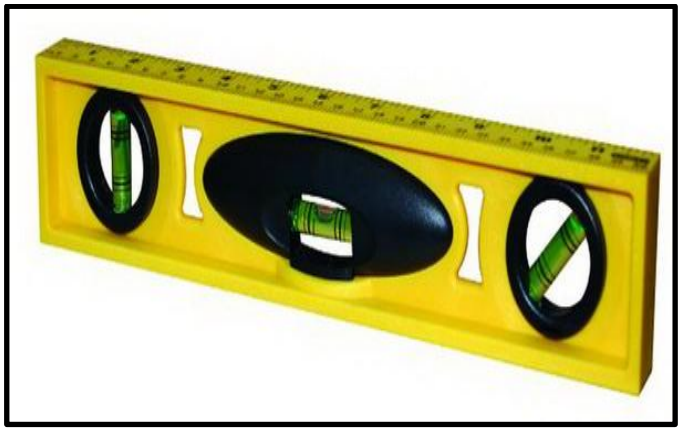
ภาพที่ 20 สายเชื่อมต่อ IrDA Link USB

ภาพที่ 21 คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

ภาพที่ 22 สว่านและดอกสว่าน 1 เซนติเมตร

ภาพที่ 23 เลื่อยมือ

ภาพที่ 24 เลื่อยวงเดือน



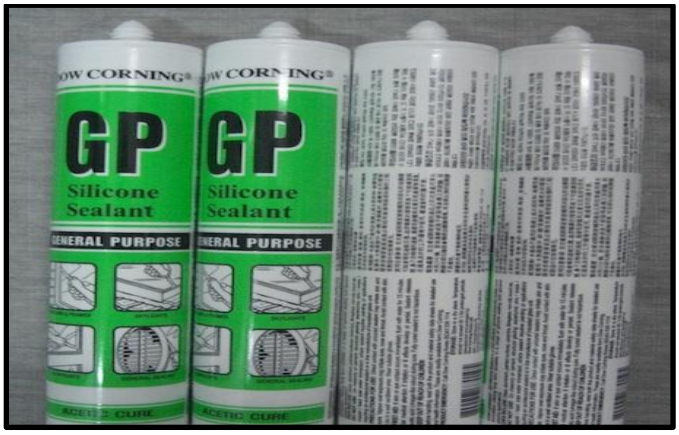
ภาพที่ 25 ลูกลอยวัดระดับน้ำ

วัสดุ

ภาพที่ 26 ท่อ PVC ขนาด 10 นิ้ว

ภาพที่ 27 ท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว

ภาพที่ 28 แผ่นพลาสติกใส 5 แผ่น



ภาพที่ 29 ซิลิโคน

ภาพที่ 30 ฝาครอบท่อขนาด 6 นิ้ว

ภาพที่ 31 จุกยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร

ภาพที 32 เหล็กฉาก

3.2 หลักการทำงานและคุณสมบัติของเครื่องมือวัดระดับน้ำ

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยยี่ห้อOTT รุ่น Thalimedes

ภาพที่ 33 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes

รายละเอียดการทำงานของเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย ยี่ห้อ OTT รุ่น Thalimedes มีคุณสมบัติให้การวัดและการบันทึกของระดับน้ำที่แม่นยำ โดยโปรแกรมจะเปลี่ยนข้อมูลรอบการหมุนของแกนหมุนเป็นรหัสคอมพิวเตอร์ซึ่งจะเก็บในตัวเก็บข้อมูล(data-logger)และจะแปลงรหัสให้เป็นตัวเลขระดับน้ำแสดงทาง หน้าจอแสดงผลโดยจะเก็บข้อมูลและประมวลผลในตัวเอง ส่งสัญญาณทางไกลโดยอินฟาเรด (irDA) การถ่ายโอนข้อมูลจากระยะไกลและกำหนดพารามิเตอร์ที่เป็นไปได้จากระยะไกลผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ GSM (GSM = ระบบการสื่อสารระดับโลกสำหรับมือถือ) การถ่ายโอนข้อมูลจากระยะไกลสามารถเลือกที่จะดำเนินการโดยข้อความ SMS หรือการใช้แพ็ คเกต ที่มุ่งเน้นบริการ GPRS ส่งคลื่นสัญญาณมือถือ (ตามแพ็คเกตบริการทั่วไป)

การเก็บบันทึกค่าที่วัดได้ โดยสามารถดาวน์โหลดผ่านทางอินฟาเรด อินเตอร์เฟซ(IrDA Interface) สำหรับการอ่านข้อมูลแบบไร้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมการดำเนินงาน OTT Hydras 3

คุณสมบัติ

- หากเก็บค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง แบตเตอรี่จะใช้ได้นาน 15 เดือน
- ความละเอียดของข้อมูลรอบแกนหมุนละเอียดถึงหน่วย mm
- ความลึกการวัดมี 2 ช่วง

  1. 0 – 20 m

  2. 0 – 200 m

- ความละเอียดในการอ่านค่า 1mm
- max error เท่ากับ +/- 2 mm

- memoryเป็นแบบEPROM
- ช่วงเวลาในการวัด 1 min - 24 hr.
- อินฟาเรด ที่ 4-20 mA
- .ใช้แบตเตอรี่ที่ 1.5 v.หรือจากแบตเตอรี่ข้างนอก
- อุณหภูมิที่ทำงานได้ -20...70 c
- ขนาด 244 x 47 dia
- หนัก 320 กรัม

เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini

ภาพที่ 34 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini

รายละเอียดการทำงานของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อOTT รุ่น Orpheus Mini

เครื่องวัดระดับน้ำใต้ดินและสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินแบบต่อเนื่อง ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini มีคุณสมบัติให้การวัดและการบันทึกของระดับน้ำใต้ดินที่แม่นยำ พร้อมกับค่าอุณหภูมิของน้ำใต้ดิน

หัววัดใช้หลักการวัดความดันของคอลัมน์น้ำเหนือระดับหัววัด เพื่อตรวจสอบและคำนวณแปรผลไปเป็นในรูปของค่าระดับน้ำ โดยมีระบบการชดเชยความดันที่ถูกออกแบบให้มาพร้อมอยู่ภายในสายเคเบิลส่งสัญญาณ เพื่อให้ค่าที่อ่านได้นั้นสามารถชดเชยความดันอากาศให้กับหัววัดแรงดันน้ำ ณ เวลาปัจจุบัน จึงช่วยทำให้ลดค่าผิดพลาดจากผลการวัดได้ เนื่องจากความผันผวนของ ความดันชั้นบรรยากาศ

OTT Orpheus Mini สามารถกำหนดค่าอ้างอิง เพื่อให้ผลการวัดสามารถออกมาในรูปแบบของค่าความลึกจากจุดอ้างอิง หรือหากไม่ระบุค่าอ้างอิงค่าที่วัดได้ก็สามารถอ่านเป็นค่าระดับของแรงดันของช่วงการวัดได้

“OTT Orpheus Mini Operating program” สำหรับกำหนดตั้งค่าระบบการทำงานของ OTT Orpheus Mini ช่วยให้อำนวยความสะดวก และมีความยืดหยุ่นปรับให้เหมาะสมกับความต้องการที่หลากหลายของการวัด

ซอฟต์แวร์นี้ยังสามารถตั้งค่าขั้นพื้นฐาน เพื่อควบคุมการติดต่อส่งผ่านข้อมูล และช่วยให้การตั้งค่าทั้งหมดมีการปรับเปลี่ยน เพียงภายในหน้าต่างของโปรแกรมเดียว สามารถควบคุมช่วงการวัดของตัวอย่าง และยังสนับสนุนการทำงานของการทดสอบเครื่องสูบน้ำได้อีกด้วย

การเก็บบันทึกค่าที่วัดได้ โดยสามารถดาวน์โหลดผ่านทางอินฟาเรด อินเตอร์เฟซ (IrDA Interface) สำหรับการอ่านข้อมูลแบบไร้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมการดำเนินงาน OTT Orpheus Mini หรือ OTT Hydras 3 หรือ พีดีเอ กับ OTT Hydras 3 พ็อกเก็ตร่วมกับฝาด้านบน OTT ITC (อุปกรณ์เสริม)

การถ่ายโอนข้อมูลจากระยะไกลและกำหนดพารามิเตอร์ที่เป็นไปได้จากระยะไกลผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ GSM (GSM = ระบบการสื่อสารระดับโลกสำหรับมือถือ) การถ่ายโอนข้อมูลจากระยะไกลสามารถเลือกที่จะดำเนินการโดยข้อความ SMS หรือการใช้แพ็คเก็ตที่มุ่งเน้นบริการ GPRS ส่งคลื่นสัญญาณมือถือ
(ตามแพ็คเก็ตบริการทั่วไป)

คุณสมบัติ

- OTT Orpheus Mini สามารถใช้ได้กับการวัดระดับน้ำใน 5 ช่วงการวัด ได้แก่
    - 0…4 ม. คอลัมน์ – น้ำ (0…0.4 บาร์)
    - 0…10 ม. คอลัมน์ – น้ำ (0…1.0 บาร์)
    - 0…20 ม. คอลัมน์ – น้ำ (0…2.0 บาร์)
    - 0…40 ม. คอลัมน์ – น้ำ (0…4.0 บาร์)
    - 0…100 ม. คอลัมน์ – น้ำ (0…10 บาร์)
- หากเก็บค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง แบตเตอรี่จะใช้ได้นาน 15 เดือน
- ความละเอียดในการอ่านค่า 1mm
- ช่วงเวลาในการวัด 5 sec - 24 hr.

3.3 การติดตั้งและการใช้งานโปรแกรม

3.3.1 โปรแกรมHydras 3 (ใช้งานกับเครื่องวัดน้ำแบบลูกลอยยี่ห้อOTT รุ่น Thalimedes)

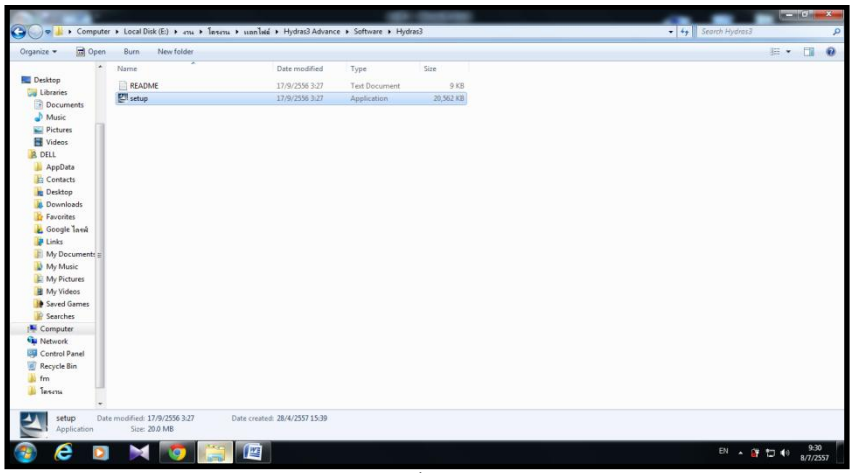
ภาพที่ 35 โปรแกรมHydras 3

ระบบที่โปรแกรมต้องการ

- คอมพิวเตอร์ที่มีระบบ Windows NT/2000/XP/Vista machine
- ขนาด 32 บิต

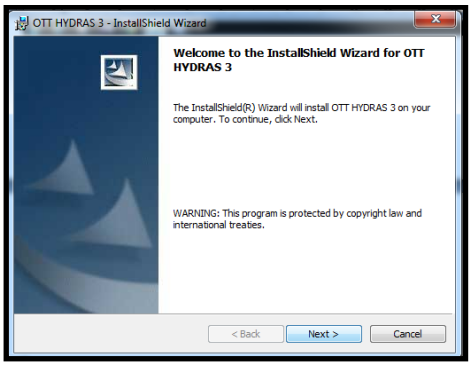
ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

1.เปิดไฟล์ setup ที่ในแฟ้ม Hydras3 Advance\Software\Hydras3



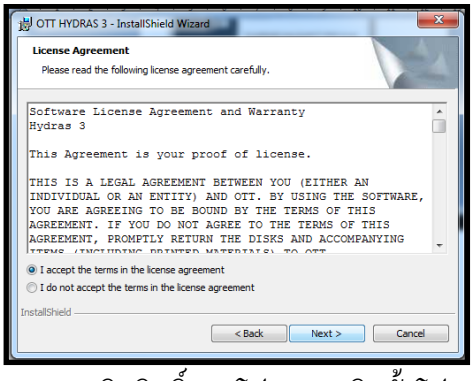
ภาพที่ 36 ไฟล์ติดตั้งโปรแกรมHydras 3

2. ทำการเปิดไฟล์ติดตั้งโปรแกรมและกด Next



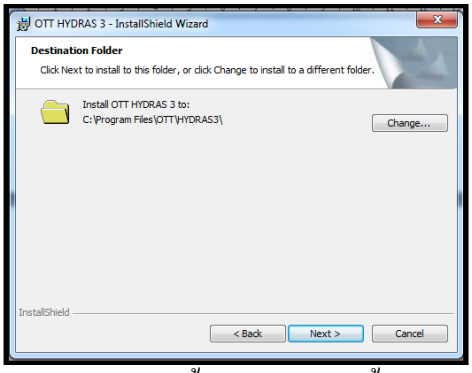
ภาพที่ 37 หน้าแรกโปรแกรมติดตั้งโปรแกรมHydras 3

3. กดคำสั่ง I accept terms in the license agreement และกดปุ่ม Next



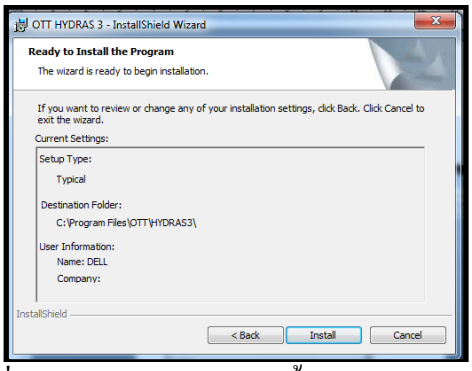
ภาพที่ 38 ข้อตกลงทางลิขสิทธิ์ของโปรแกรมติดตั้งโปรแกรมHydras 3

4.เลือกไดร์ฟที่จะติดตั้งโปรแกรมและกดปุ่ม Next



ภาพที่ 39 การเลือกไดร์ฟติดตั้งโปรแกรมติดตั้งโปรแกรมHydras 3

5.กดปุ่ม Install เพื่อติดตั้ง



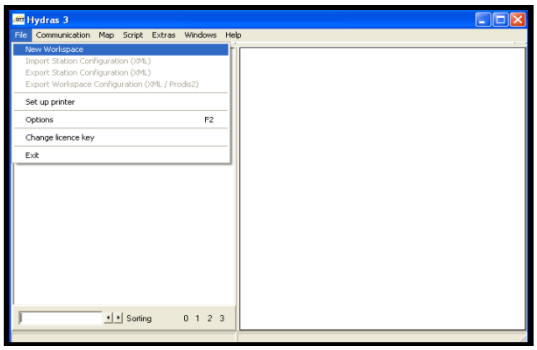
ภาพที่ 40 หน้าจอแสดงการติดตั้งโปรแกรมHydras 3

6.รอโปรแกรมติดตั้งเสร็จ

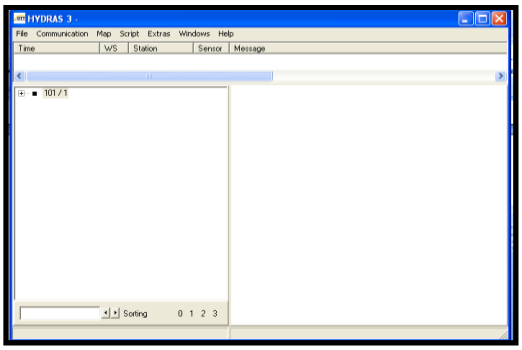
การใช้งานโปรแกรม

1.การใช้งานโปรมแกรมสำหรับตั้งค่าเครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอยรุ่นThalimedes

1.1.ทำการตั้งค่าโดยเปิดHydras 3โดยสร้างไฟล์งานกดfileแล้วเลือกNew workspaceจะได้ไฟล์ดังรูป

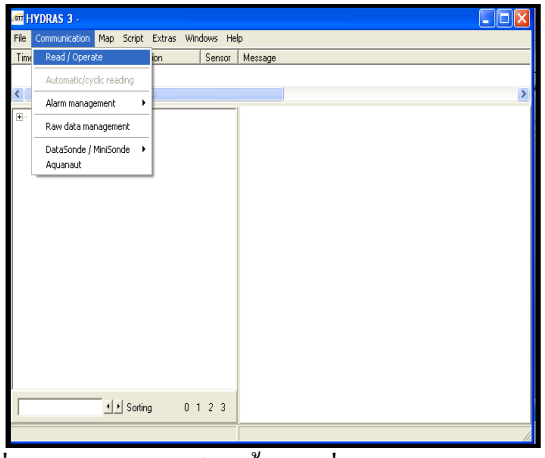


ภาพที่ 41 การสร้างไฟล์งานและที่เก็บไฟล์



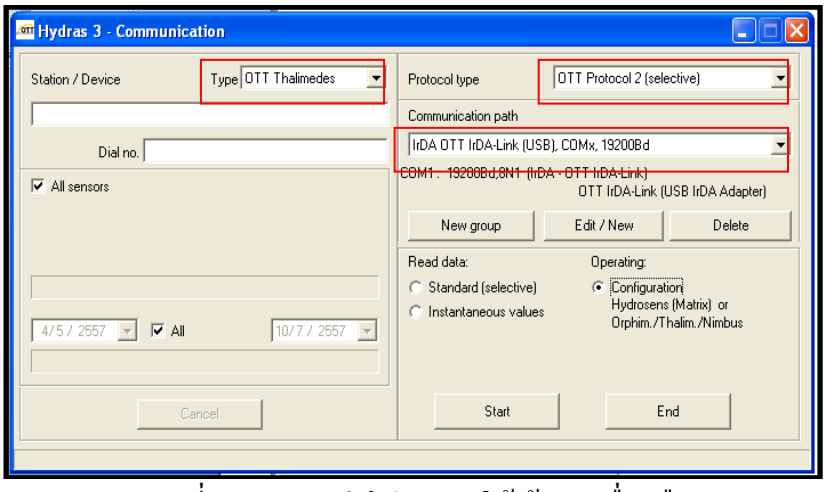
ภาพที่ 42 หน้าจอแสดงการสร้างไฟล์สำเร็จ

1.2.และเลือก communication เลือก Read/operateตั้งค่าตามกรอบสีแดงเลือก Configuration แล้วกด start



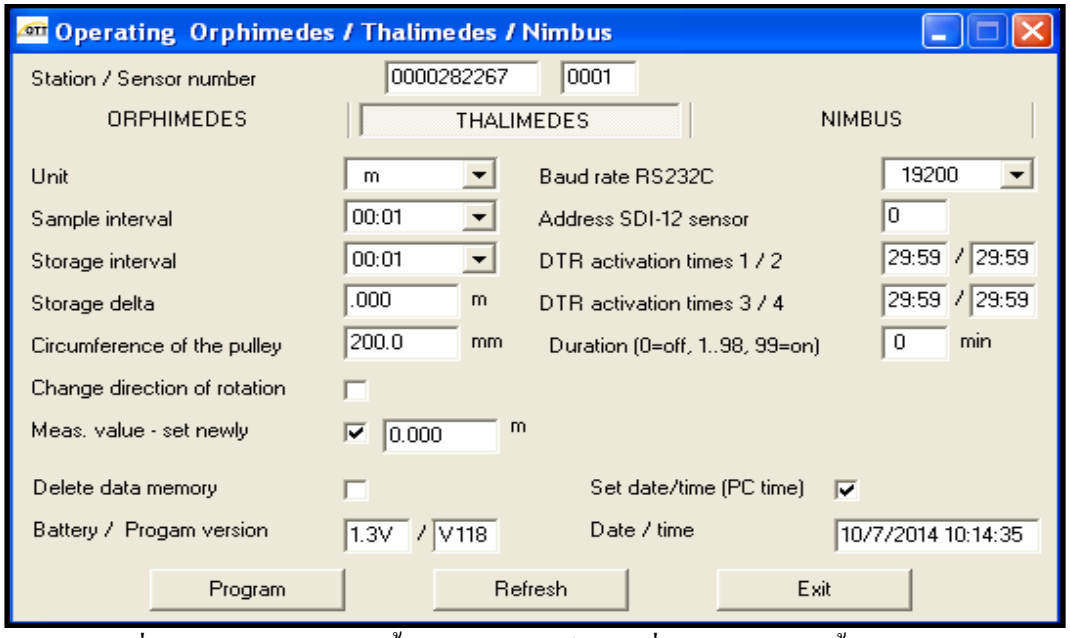
ภาพที่ 43 การเลือกฟังก์ชันตั้งค่าเครื่องวัดระดับแบบลูกลอย

1.3. ตั้งค่าตามกรอบ



ภาพที่ 44 การเซตค่าโปรแกรมให้เข้ากับเครื่องมือ

1.4.หลังจากกด start จะขึ้นหน้าจอตั้งค่าให้ตั้งค่าตามรูปภาพในกรอบ (ตั้งเวลาเก็บค่าระดับทุกๆ 1 นาที) เสร็จแล้วกด Program เพื่อ save



ภาพที่ 45 หน้าจอแสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย

Unit ใช้ตั้งค่าหน่วยวัดระดับ ในที่นี้ใช้หน่วยเมตร

Sample interval .ใช้ในการตั้งค่าเก็บตัวอย่างระดับน้ำใช้งานสัมพันธ์กับ Storage interval

Storage interval ใช้ตั้งเวลาในการเก็บข้อมูลทั้งหมดก่อนนำข้อมูลมาเฉลี่ย

ยกตัวอย่าง ตั้ง Sample ไว้ที่ 1 นาทีและ Storageไว้ที่ 15 นาที ระบบจะเก็บค่าทุกๆ 1 นาที และนำค่าที่เก็บได้ทั้งหมดใน 15 นาทีมาเฉลี่ยออกเป็นค่าๆเดียว หรือก็คือนำ 15 ค่าที่เก็บทุกๆ1 นาทีมาหาค่าเฉลี่ยที่ 15 นาที

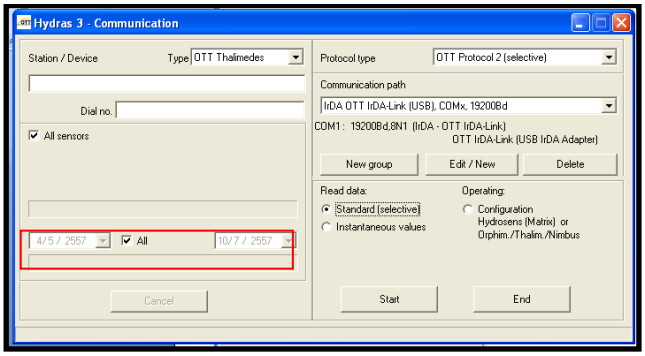
Storage delta ระยะห่างระหว่างค่าระดับที่เก็บตัวหน้าและตัวหลังต้องไม่เกินค่า Storage delta ที่ตั้งไว้ (ถ้าใส่เป็น 0.000 m ทำให้ระบบเก็บค่าระดับทุกค่าโดยไม่สนระยะห่างของข้อมูล)

Circumference of the pulley ใช้ตั้งเส้นวงรอบลูกรอกเพื่อนำไปคำนวณหาค่าระดับโดยในคู่มือของเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย รุ่น Thalimedes มีค่า 200 mm

Meas.value-set newly ใช้ตั้งค่าระดับอ้างอิง ซึ่งในการทดลองนี้จะตั้งค่าไว้ที่ 0.000 m เพื่อแทนระดับพื้นดินของทางน้ำ (ต้องคลิกเครื่องหมายถูกก่อนจึงตั้งค่าได้)

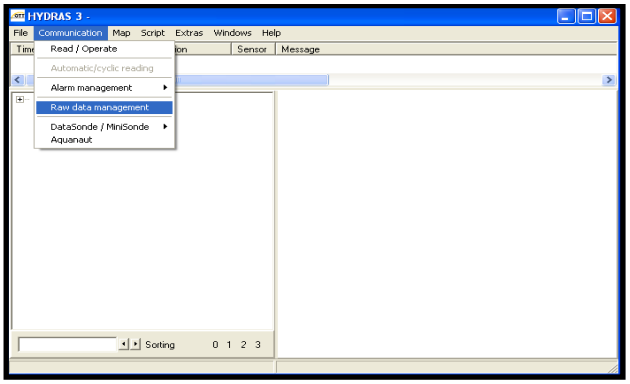
2.การใช้งานโปรมแกรมสำหรับโหลดข้อมูลจากเครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอยรุ่นThalimedes

2.1.ทำการดึงข้อมูลจากเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย โดยเปิดโปรแกรม Hydras 3 แล้วเลือก communication เลือก Read/operateตั้งค่าดังรูปเลือกstandard เลือกช่วงเวลาของข้อมูลที่จะดึงออกมา (ในกรอบ หากกด All ระบบจะดึงข้อมูลทั้งหมดออกมา) เสร็จกด start



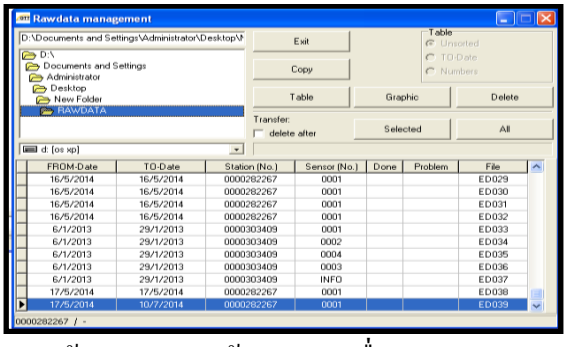
ภาพที่ 46 หน้าแสดงช่วงเวลาในการดึงข้อมูลจากเครื่องวัดระดับแบบลูกลอย

2.2.เปิดcommunication เลือก Raw data management เพื่อดึงข้อมูลออกมาดู กดRaw data managementจะขึ้นหน้าข้อมูล



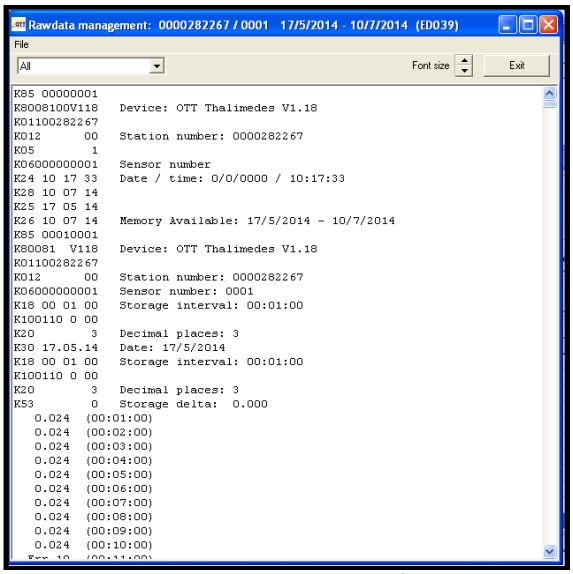
ภาพที่ 47 ฟังก์ชันในการดึงข้อมูลจากเครื่องวัดระดับแบบลูกลอย

2.3.หน้าจอแสดงผลค่าระดับที่เก็บไว้



ภาพที่ 48 หน้าจอแสดงชุดข้อมูลของเครื่องวัดระดับแบบลูกลอย

2.4.เลือกชุดข้อมูลที่ต้องการและกดคำสั่ง Table เพื่อดึงข้อมูลออกมาดูดังรูป



ภาพที่ 49 หน้าจอแสดงข้อมูลค่าระดับของเครื่องวัดระดับแบบลูกลอย

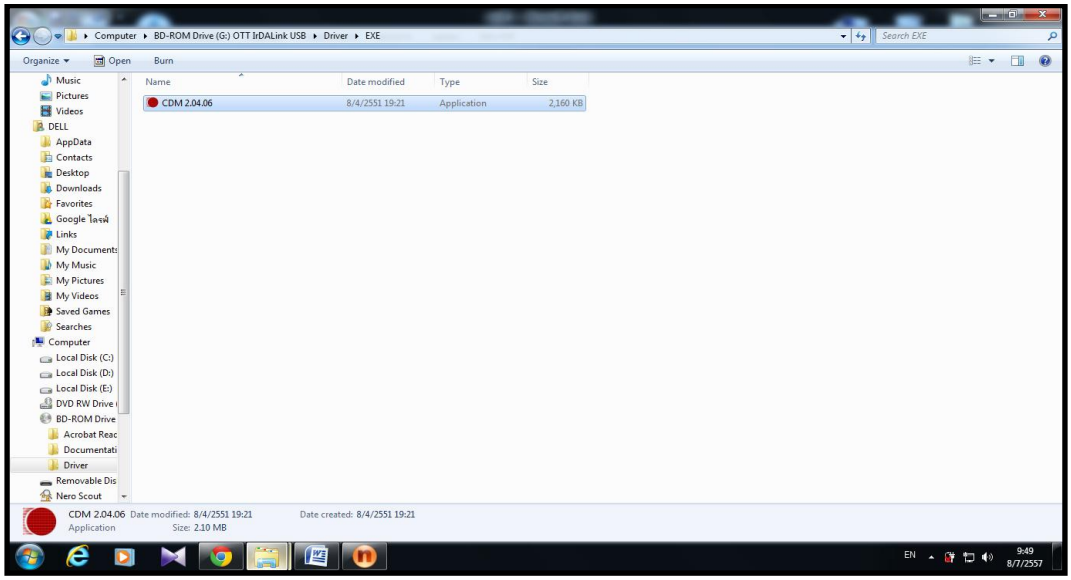
3.3.2 โปรแกรม IrDALinkUSB (ใช้งานกับสายเชื่อมสัญญาณ IrDALinkUSB)

ระบบที่โปรแกรมต้องการ

- คอมพิวเตอร์ที่มีระบบ Windows NT/2000/XP/Vista machine
- ขนาด 32 บิต

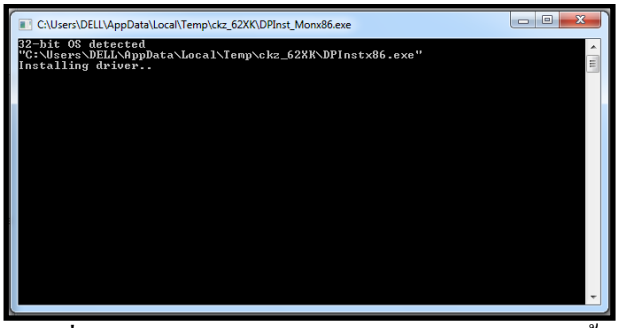
ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

1.เปิดแฟ้ม Driver\EXE



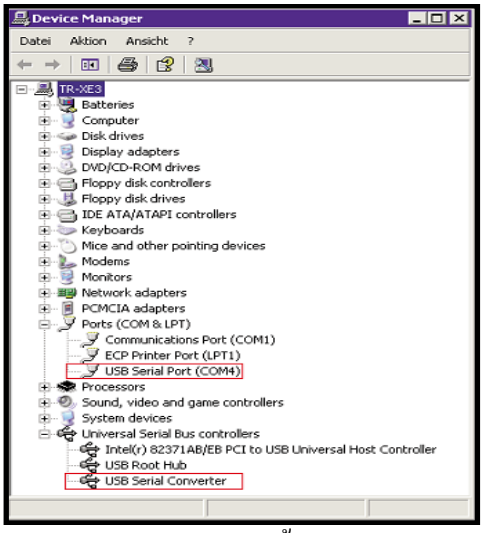
ภาพที่ 50 ไฟล์โปรแกรมติดตั้ง IrDALinkUSB

2.เปิดโปรแกรม CDM 2.04.06 เพื่อติดตั้ง



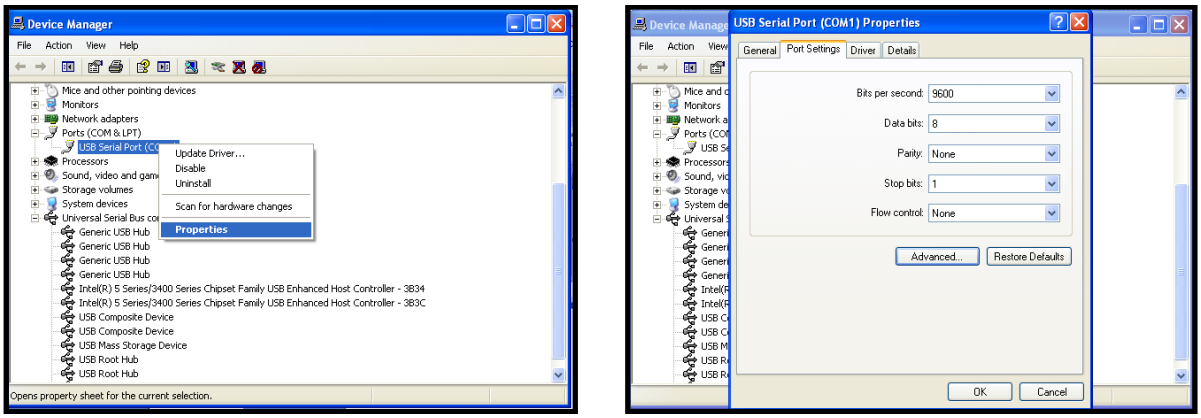
ภาพที่ 51 หน้าจอแสดงการอ่านข้อมูลโปรแกรมติดตั้ง

3.กด start ->Control Panel->System->Hard-ware->Device Manager เช็คว่าโปรแกรมได้ติดตั้งหรือไม่โดยต้องมีโปรแกรมในกรอบปรากฏให้เห็น (ต้องต่อสายเชื่อมสัญญาณ IrDALinkUSB กับคอมพิวเตอร์ก่อน)



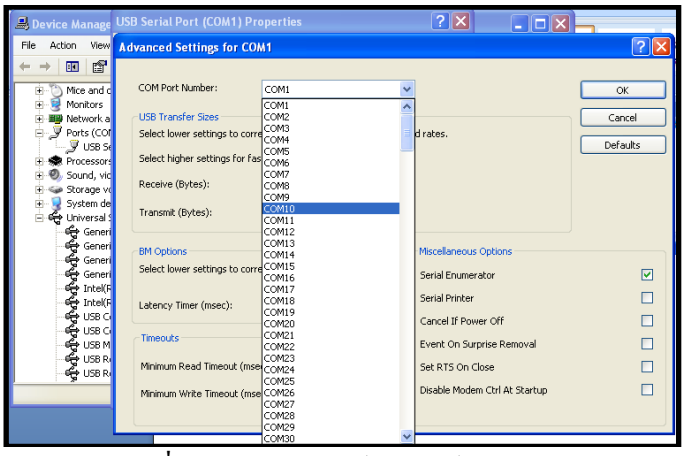
ภาพที่ 52 หน้าจอแสดงการติดตั้ง IrDALinkUSBสำเร็จ

4.การเปลี่ยนPort USBจาก(COMxx)ให้เป็นCOM1 หรือ COM2 โดยคลิกขวาที่ USB Serial Port (COMxx)เลือกpropertiesแล้วเลือกPort Settings



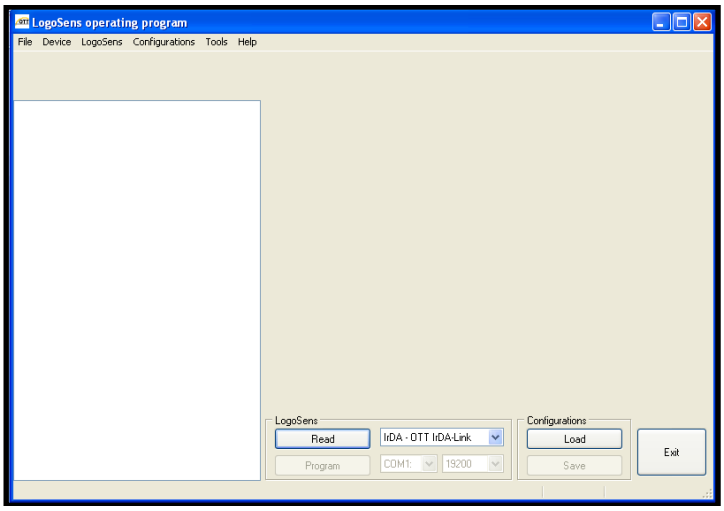
ภาพที่ 53 หน้าจอแสดงการเปลี่ยนพอร์ตของ IrDALinkUSB

5.กดปุ่ม Advanced เลือก COM1 หรือ COM2 แล้วกด OK



ภาพที่ 54 การเลือกพอร์ต (พอร์ต1หรือ 2)

3.3.3 โปรแกรม DuoSens (ใช้เชื่อมสัญญาณ IrDALinkUSB เข้ากับโปรแกรม Hydras)



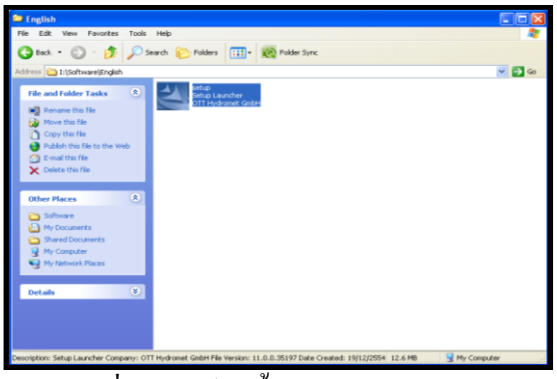
ภาพที่ 55 โปรแกรม DuoSens

ระบบที่โปรแกรมต้องการ

- คอมพิวเตอร์ที่มีระบบ Windows NT/2000/XP/Vista machine
- ขนาด 32 บิต

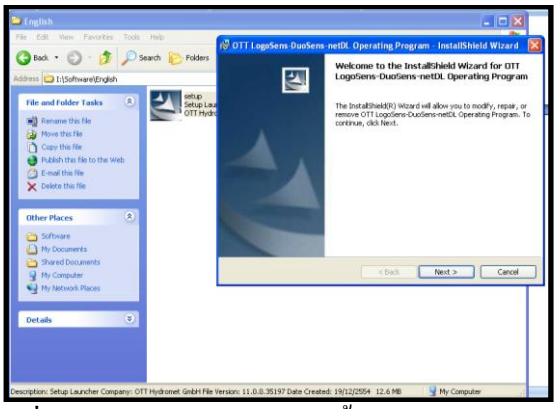
ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

1.เปิดไฟล์ DuoSens \Software\English เพื่อติดตั้ง



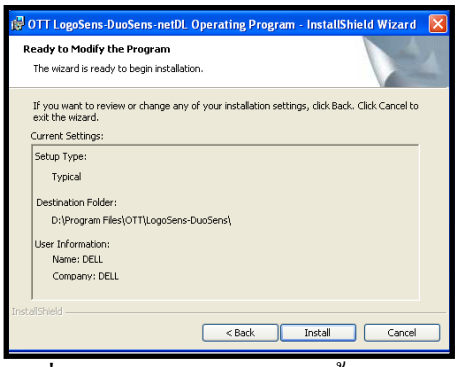
ภาพที่ 56 ไฟล์ติดตั้งโปรแกรม DuoSens

2.กด Setup



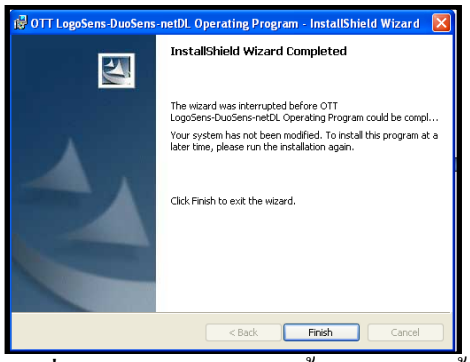
ภาพที่ 57 หน้าแรกโปรแกรมติดตั้งโปรแกรม DuoSens

3.กด Next ไปจนถึงหน้าจอติดตั้ง



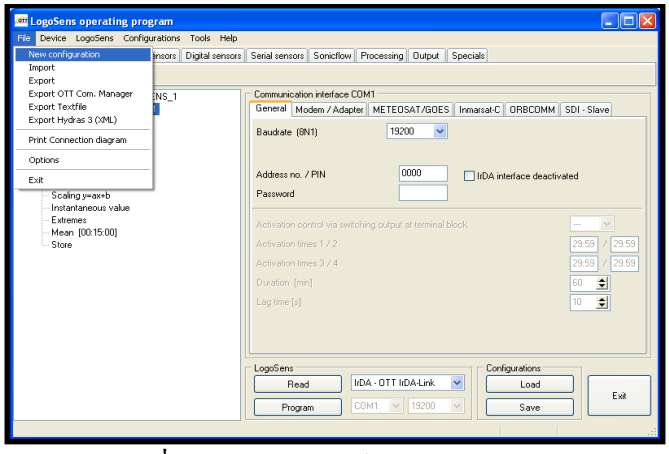
ภาพที่ 58 หน้าจอแสดงการติดตั้งโปรแกรม

4.กดติดตั้งและรอจนลงโปรแกรมเสร็จ



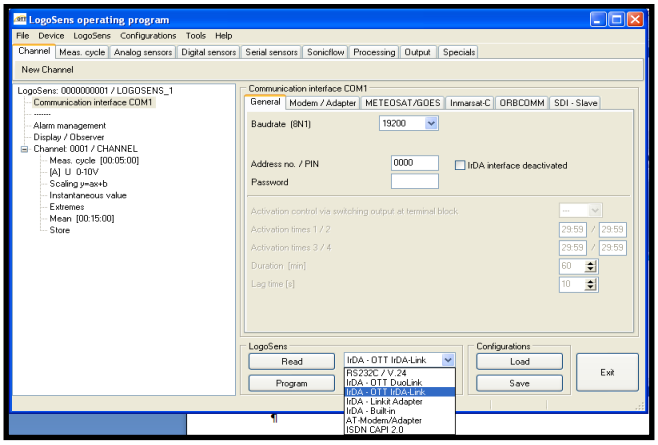
ภาพที่ 59 หน้าจอแสดงการสิ้นสุดการติดตั้ง

5.เปิดโปรแกรม Logosens-Duosens เลือก file เลือก new configuration



ภาพที่ 60 การสร้างไฟล์งานของ DuoSens

6.เลือกชนิดสายเชื่อมต่อเป็น IrDALinkUSB ดังรูปและกด save ดังรูป



ภาพที่ 61 เลือกสายเชื่อมต่อสัญญาณในโปรแกรม

3.3.4 โปรแกรมOTT Water Logger Operating Program(ใช้กับเครื่องมือวัดน้ำแบบใต้ดินOTT รุ่น Orpheus Mini)

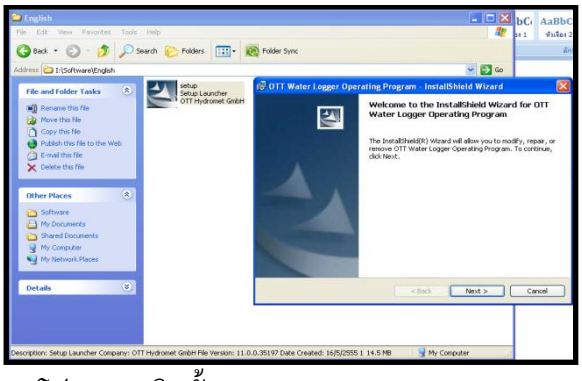
ภาพที่ 62 โปรแกรมOTT Water Logger Operating Program

ระบบที่โปรแกรมต้องการ

- คอมพิวเตอร์ที่มีระบบ Windows NT/2000/XP/Vista machine
- ขนาด 32 บิต

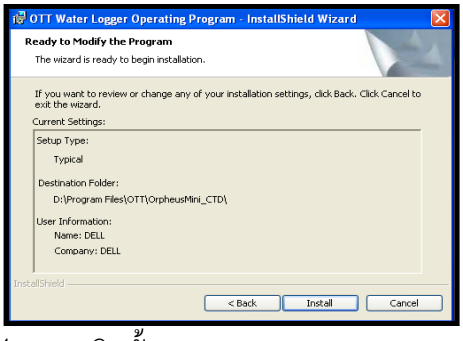
ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

1.เปิดไฟล์ Setup และกดติดตั้ง



ภาพที่ 63 โปรแกรมติดตั้งOTT Water Logger Operating Program

2.กด Next ไปจนถึงหน้าจอติดตั้ง

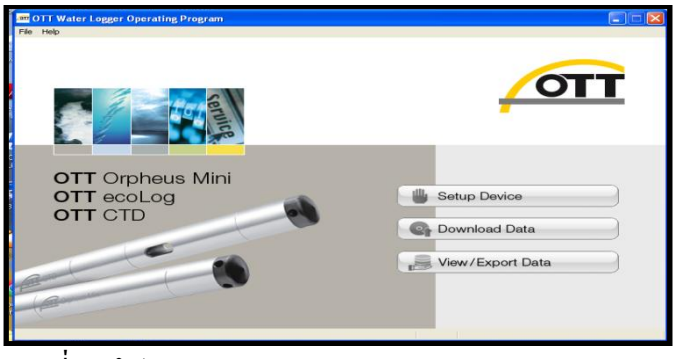


ภาพที่ 64 โปรแกรมติดตั้งOTT Water Logger Operating Program

การใช้งานโปรแกรม

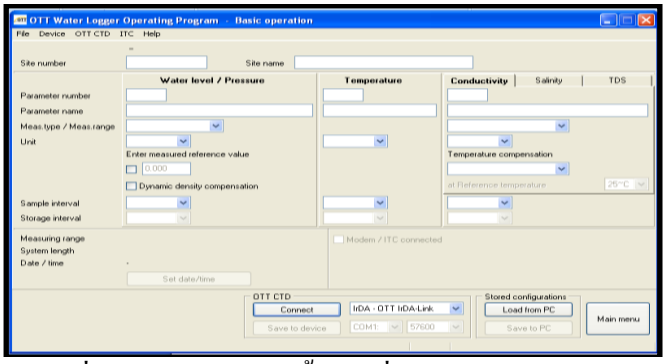
1.การใช้งานโปรมแกรมสำหรับตั้งค่าเครื่องวัดระดับน้ำแบบใต้ดินรุ่นOrpheus Mini

1.1 ทำการตั้งค่าโดยเปิดโปรแกรม OTT Water Logger Operating Program เลือก Setup Device



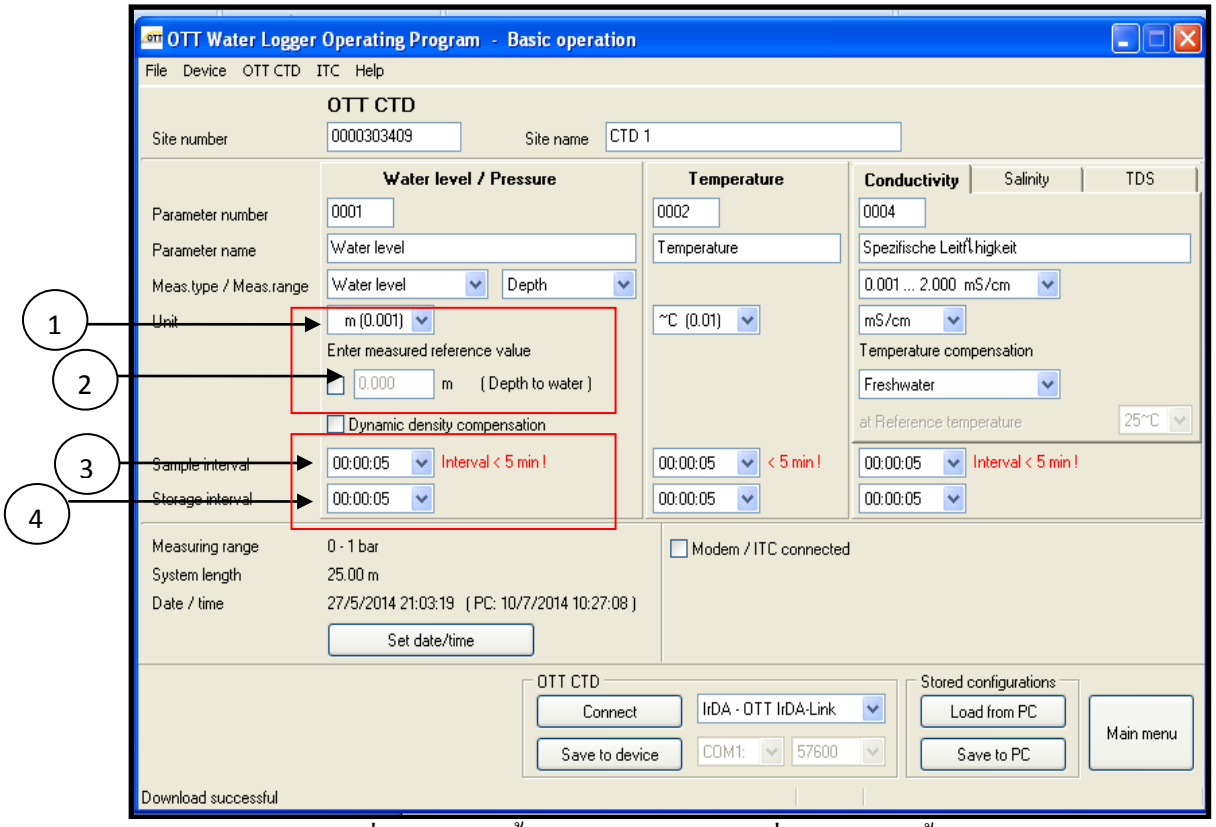
ภาพที่ 65 โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program

1.2 หน้าจอแสดงการเข้าโปรแกรมตั้งค่ากด Connect เพื่อเชื่อมสัญญาณกับเครื่องมือ



ภาพที่ 66 หน้าแสดงการตั้งค่าเครื่องวัดระดับแบบใต้ดิน

1.3 หน้าจอแสดงการเชื่อมสัญญาณเรียบร้อย



ภาพที่ 67 หน้าจอตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องวัดระดับน้ำแบบใต้ดิน

1.4 ทำการตั้งค่าในกรอบ(ตั้งเก็บค่าระดับทุกๆ 5 วินาที)

หมายเลข 1 คือการตั้งหน่วยวัดที่จะใช้ ในที่นี้ใช้หน่วยเมตร

หมายเลข 2 คือการตั้งค่าระดับอ้างอิง ในที่นี้จะตั้งค่าเป็น 0.000 m เพื่อแทนระดับพื้นท่อ

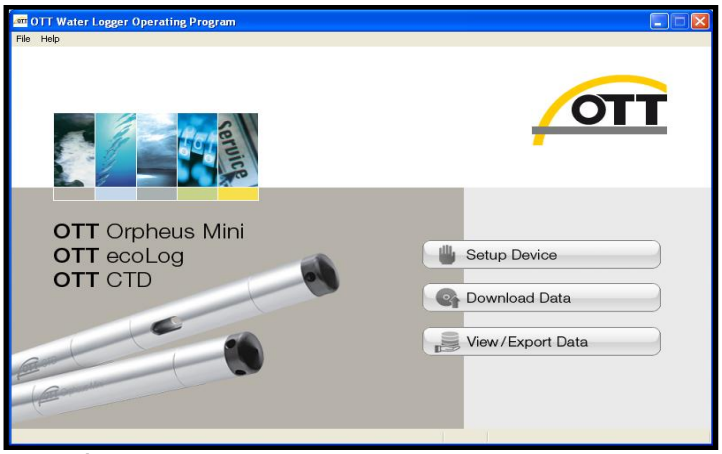
หมายเลข 3 คือ Sample interval .ใช้ในการตั้งค่าเก็บตัวอย่างระดับน้ำใช้งานสัมพันธ์กับ Storage interval

หมายเลข 4 คือ Storage interval ใช้ตั้งเวลาในการเก็บข้อมูลทั้งหมดก่อนนำข้อมูลมาเฉลี่ย

ยกตัวอย่าง ตั้ง Sample ไว้ที่ 1 นาทีและ Storageไว้ที่ 15 นาที ระบบจะเก็บค่าทุกๆ 1 นาทีและนำค่าที่เก็บได้ทั้งหมดใน 15 นาทีมาเฉลี่ยออกเป็นค่าๆเดียว หรือก็คือนำ 15 ค่าที่เก็บทุกๆ1 นาทีมาหาค่าเฉลี่ยที่ 15 นาที

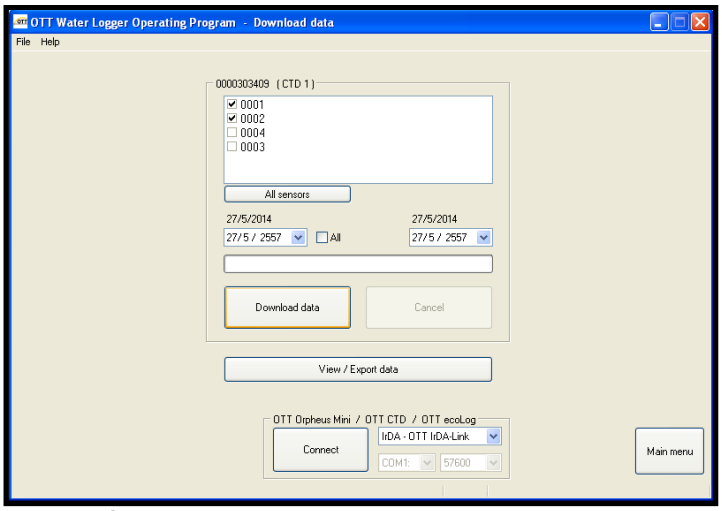
2.การใช้งานโปรมแกรมสำหรับโหลดข้อมูลจากเครื่องวัดระดับน้ำแบบใต้ดินรุ่นOrpheus Mini

2.1ทำการดึงข้อมูลจากเครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดิน โดยต่อสายเชื่อมสัญญาณ IrDAlinkUSBกับคอมพิวเตอร์และนำ IrDAlinkUSB ไปประกบกับตัวส่งสัญญาณอินฟาเรดของเครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดิน รุ่น Orpheus แล้วเปิดโปรแกรม OTT Water Logger Operating Program แล้วเลือกปุ่ม download data(หากกดแล้วไม่สามารถโหลดข้อมูลได้ให้เลื่อน IrDAlinkUSB ออกแล้วประกบใหม่ลอง download dataอีกครั้ง)



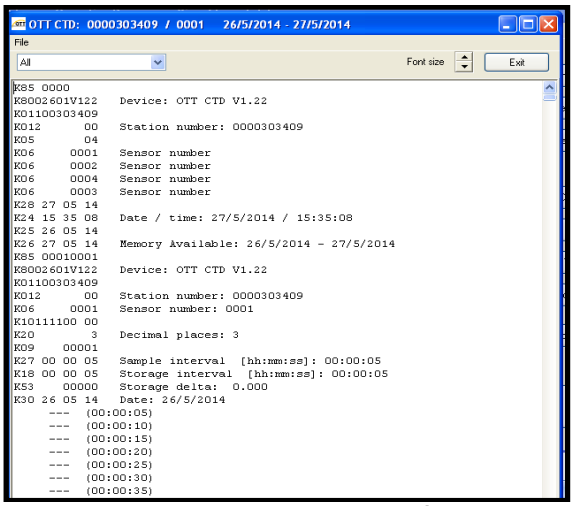
ภาพที่ 68 โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program

2.2หน้าจอแสดงชุด Sensors เก็บข้อมูล 4 แบบ เลือก 001และ 002



ภาพที่ 69 หน้าจอแสดงการโหลดข้อมูลจากหัวเซนเซอร์

2.3กด download data รอจนโหลดข้อมูลเสร็จกด Export dataจะโชว์ข้อมูลที่เก็บมา



ภาพที่ 70 หน้าจอแสดงข้อมูลค่าระดับน้ำของเครื่องวัดระดับแบบใต้ดิน

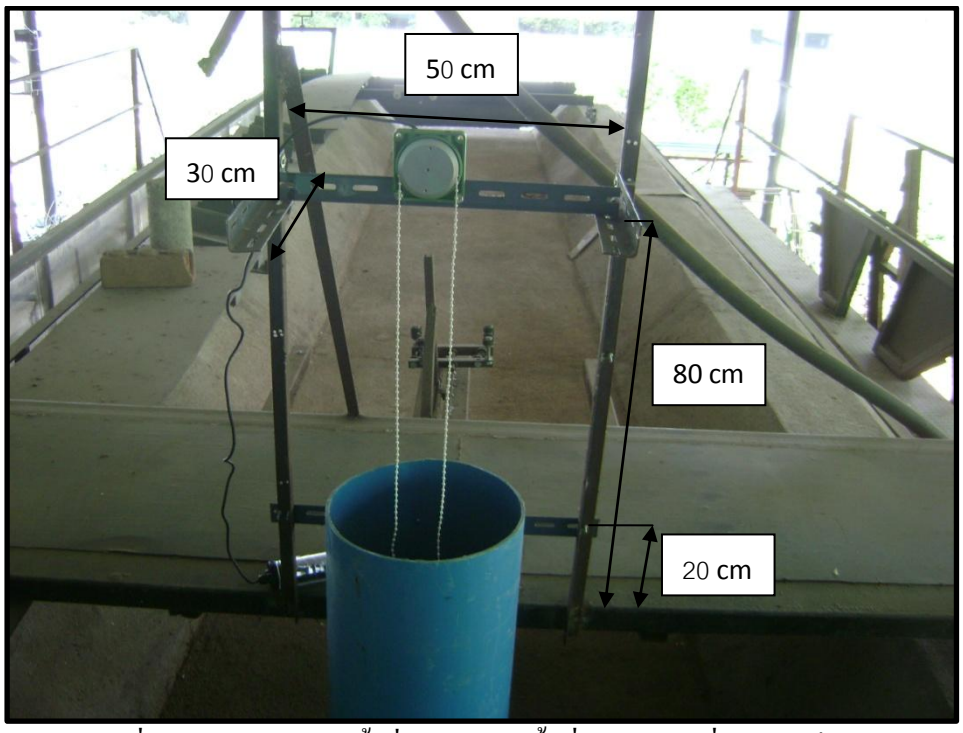
3.4ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลองคือ 1. การทดลองเพื่อศึกษาการกระเพื่อมของน้ำและออกแบบท่อน้ำนิ่ง

2.การทดลองศึกษาการลดลงของน้ำที่มีความสูง 2 เมตรจากด้านข้าง ของท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว

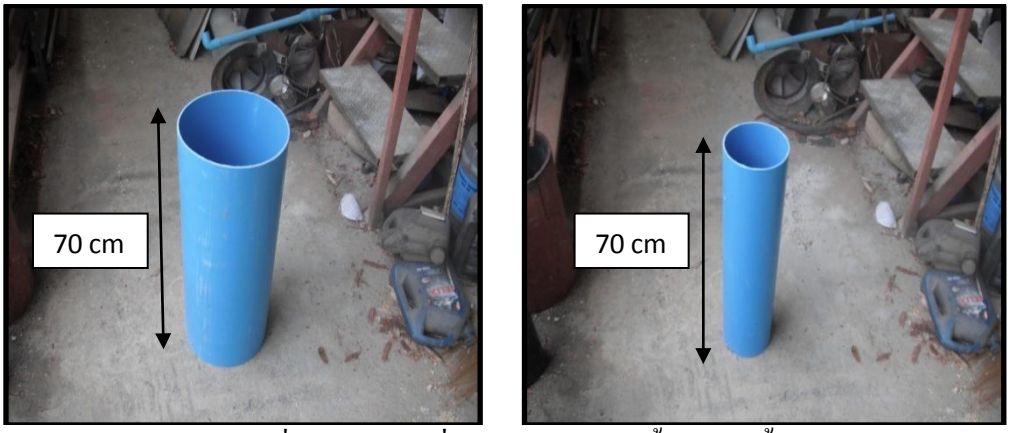
3.4.1การทดลองเพื่อศึกษาการกระเพื่อมของน้ำและออกแบบท่อน้ำนิ่ง

1. สร้างโครงเหล็กเพื่อเป็นที่ยึดท่อน้ำนิ่งและติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยดังในรูป



ภาพที่ 71 การทดลองท่อน้ำนิ่งขนาด 10 นิ้วที่ประกอบเครื่องมือเสร็จแล้ว

2.ตัดท่อPVC ขนาด 6 นิ้วและ 10 นิ้ว ให้ได้ความยาว 70 cm ขนาดละ 2 ท่อน

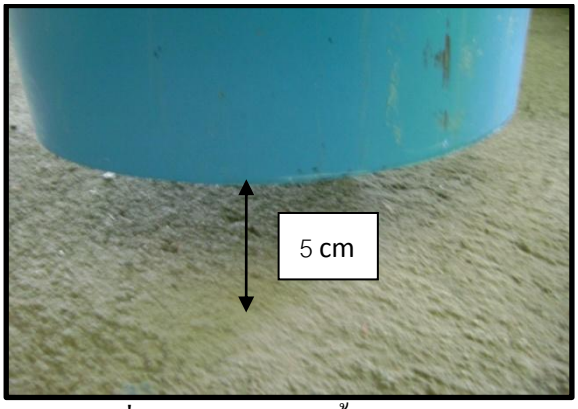


ภาพที่ 72 ท่อPVC ที่ตัดแล้วขนาด 10 นิ้วและ 6 นิ้ว

3.ทำการทดลองท่อน้ำนิ่งแบบเปิดก้นไม่เจาะรูที่ขนาดท่อ PVC 10 นิ้ว ติดตั้งแบบท่อเดี่ยว

ภาพที่ 73 ท่อ PVC ติดตั้งกับโครงเหล็ก

4.ติดตั้งท่อโดยด้านล่างท่อห่างจากพื้น 5 เซนติเมตรและเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยดังรูป



ภาพที่ 74 ก้นท่อสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร

5.ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำแบบลูกลอยโดยใช้โปรแกรม Hydras 3 โดยต่อสาย IrDAlinkUSB กับคอมพิวเตอร์และนำสาย IrDAlinkUSB ไปวางประกบกับตัวปล่อยอินฟาเรดของเครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอย

ภาพที่ 75 การตั้งค่าเครื่องวัดแบบลูกลอยโดยการเชื่อมสัญญาณจาก IrDAlinkUSB

6.ทำการตั้งค่าโดยเปิด Hydras 3 และตั้งค่าเครื่องมือวัดน้ำแบบลูกลอย โดยตั้งค่า

Unit เป็น m

Sample interval เป็น 00:01

Storage interval เป็น 00:01

Circumference of the pulley เป็น 200 mm

Meas.value-set newly 0.000 m

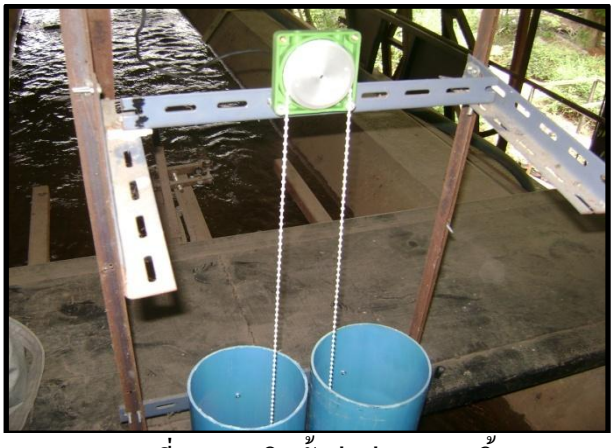
***หมายเหตุ ตั้งค่าเพื่อเก็บข้อมูลค่าระดับน้ำทุกๆ 1 นาที

7.ทำการเปิดน้ำให้ไหลในคลองส่งน้ำจำลองเป็นเวลา1ชั่วโมง สังเกตการณ์กระเพื่อมในท่อด้วยสายตาแล้วจดบันทึกสิ่งที่เห็น

ภาพที่ 76 การกระเพื่อมในท่อ

8.ปิดน้ำแล้วทำการเปิด Hydras3 เพื่อโหลดข้อมูลค่าระดับน้ำจากเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย

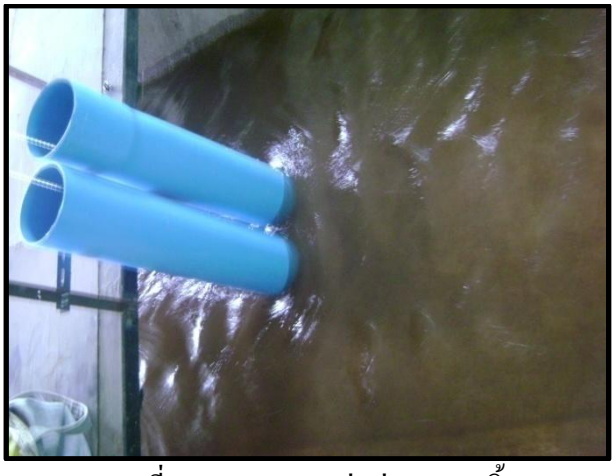
9.เปลี่ยนการทดลองเป็นท่อน้ำนิ่งขนาด 6 นิ้วแบบคู่เปิดก้นไม่เจาะรู



ภาพที่ 77 การติดตั้งท่อคู่ขนาด 6 นิ้ว

10.ทำการตั้งค่าเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยใหม่อีกครั้งโดยทำตามข้อ 6-7

11.ทำการเปิดน้ำให้ไหลในคลองส่งน้ำจำลองเป็นเวลา1ชั่วโมง สังเกตการณ์กระเพื่อมในท่อด้วยสายตาแล้วจดบันทึกสิ่งที่เห็น



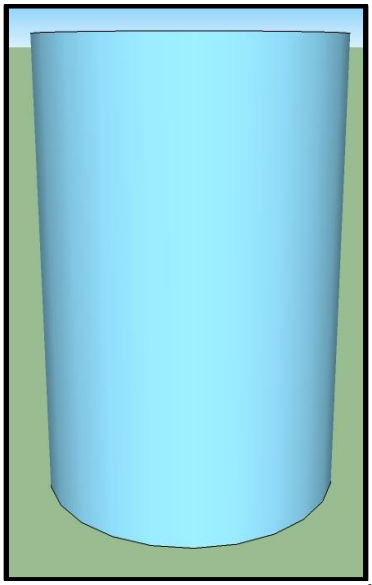
ภาพที่ 78 การทดลองท่อคู่ขนาด 6 นิ้ว

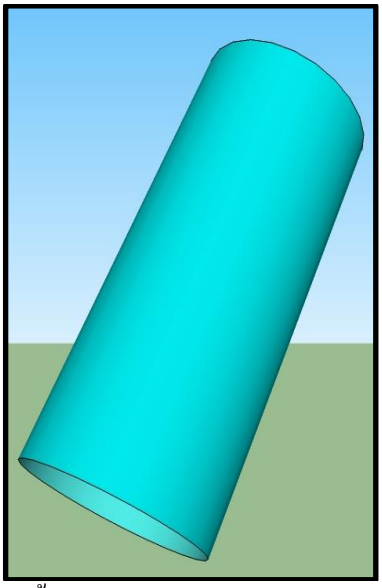
12.ปิดน้ำแล้วทำการดึงข้อมูลจากเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอยโดยการดึงข้อมูลโดยใช้โปรแกรมในข้อ 8

13.เปลี่ยนการทดลองเป็นท่อน้ำนิ่งแบบต่างๆแล้วตั้งค่าและทดลองดังข้อ 6-8

โดยมีท่อน้ำนิ่งที่ออกแบบไว้ 8 แบบ คือ

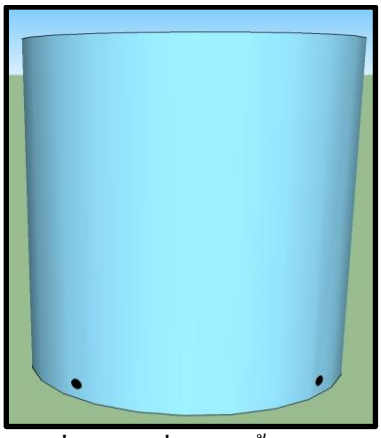
1.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู 2.ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู

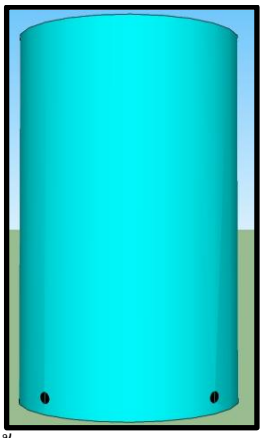




ภาพที่ 79 ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรูและท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู

3.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 4 รู 4.ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 4 รู

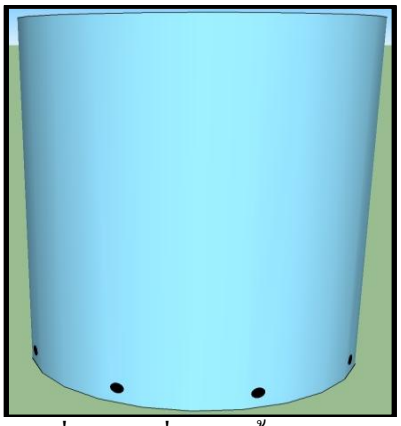


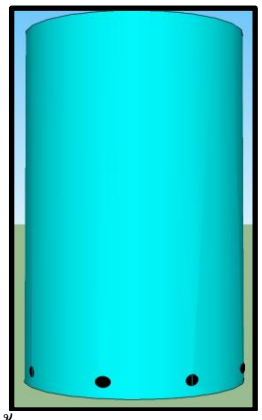


ภาพที่ 80 ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 4 รูและท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 4 รู

***หมายเหตุ เจาะ 4 รู ระยะห่างรูเจาะเท่ากันและรูเจาะสูง 2 cmจากก้นท่อ

5.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รู 6.ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รู

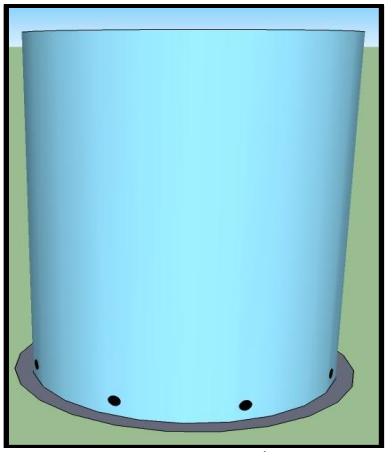


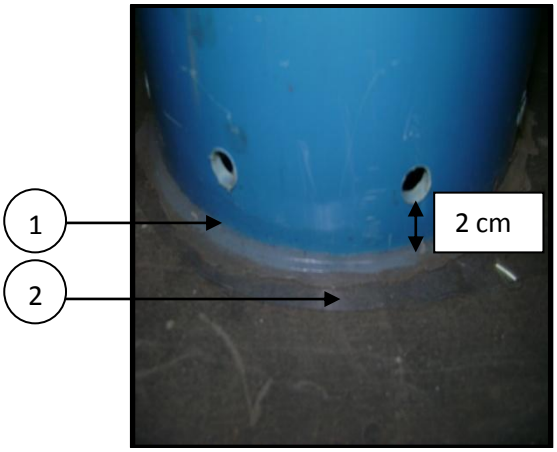


ภาพที่ 81 ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รูและท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รู

***หมายเหตุ เจาะ 8 รู ระยะห่างรูเจาะเท่ากันและรูเจาะสูง 2 cm จากก้นท่อ

7.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รู



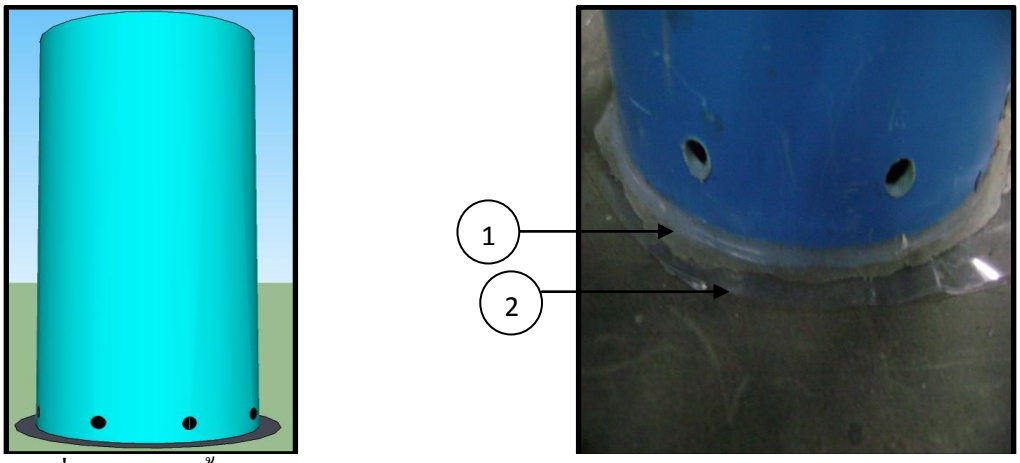


ภาพที่ 82 ท่อเดี่ยว 10 นิ้วปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รู

1.ซิลิโคนยางแนวรอบท่อเพื่อกันน้ำ 2.พลาสติกใสประกบด้านล่างท่อเพื่อปิดไม่ให้น้ำเข้า

***หมายเหตุ เจาะ 8 รู ระยะห่างรูเจาะเท่ากันและรูเจาะสูง 2 cm จากก้นท่อ

8.ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 1cm 8 รู



ภาพที่ 83 ท่อคู่ 6 นิ้วปิดก้นเจาะรู 1 cm 8 รู

1.ซิลิโคนยางแนวรอบท่อเพื่อกันน้ำ 2.พลาสติกใสประกบด้านล่างท่อเพื่อปิดไม่ให้น้ำเข้า

***หมายเหตุ เจาะ 8 รู ระยะห่างรูเจาะเท่ากันและรูเจาะสูง 2 cm จากก้นท่อ

14.นำข้อมูลการวัดระดับน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบต่างๆไปพล๊อตเป็นกราฟใน Excel โดยพล๊อตระดับน้ำที่เก็บได้เปรียบเทียบกับเวลาในการวัด

15.นำกราฟการกระเพื่อมของท่อแบบต่างๆมาวิเคราะห์หาท่อน้ำนิ่งที่เหมาะสม

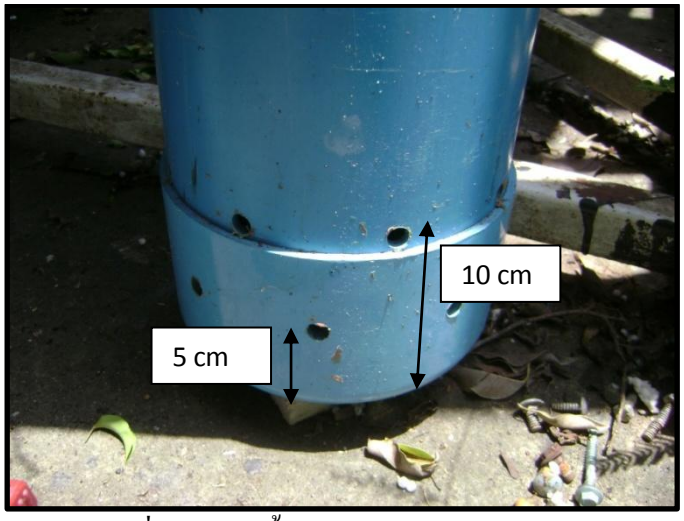
3.4.2การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของน้ำกับจำนวนรูเจาะของท่อขนาด 6 นิ้ว

1.ตัดท่อ PVC ขนาด 6 นิ้วให้มีความยาว 2 เมตรแล้วใส่ฝาครอบท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว

2.เจาะรูที่ด้านที่มีฝาครอบโดยแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ

1.เจาะที่ระดับ 5 เซนติเมตรจำนวน 6 รู ขนาดรูเจาะ 1 เซนติเมตร

2.เจาะที่ระดับ 10 เซนติเมตรจำนวน 6 รู ขนาดรูเจาะ 1 เซนติเมตร



ภาพที่ 84 ท่อ 6 นิ้ว ใส่ฝาครอบท่อพร้อมเจาะรู

3.ติดตั้งท่อกับเสาเหล็กและนำลูกน้ำวัดระดับมาวัดให้ท่อได้ระดับตั้งฉากกับพื้น

ภาพที่ 85 การติดตั้งท่อเพื่อทดลองการลดลงของน้ำ

4.อุดรูท่อด้วยจุกยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร .ให้หมดทั้ง 12 รู

ภาพที่ 86 การอุดรูเจาะด้วยจุกยาง

5.ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน รุ่น Orpheus Mini โดยหย่อนหัววัดระดับน้ำใต้ดินลงไปในท่อที่ติดตั้งไว้กับเสาเหล็กให้หัววัดสัมผัสกับพื้นท่อพอดี

ภาพที่ 87 การติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำแบบใต้ดิน

6.ตั้งค่าเครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดิน รุ่น Orpheus Mini โดยใช้โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program โดยต่อสายเชื่อมสัญญาณ IrDAlinkUSBกับคอมพิวเตอร์และนำ IrDAlinkUSB ไปประกบกับตัวส่งสัญญาณอินฟาเรดของเครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดิน รุ่น Orpheus Mini

ภาพที่ 88 การเชื่อมต่อ IrDAlinkUSB กับหัววัดระดับน้ำแบบใต้ดิน

7. ทำการเปิดโปรแกรม OTT Water Logger Operating Program เพื่อตั้งค่าเครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดินรุ่น Orpheus Mini โดยตั้งค่าดังนี้

Unit เป็น m

Sample interval เป็น 00:00:05

Storage interval เป็น 00:00:05

Enter measured. reference value- 0.000 m

8.ค่อยๆเติมน้ำจนเต็มท่อรอจนน้ำเต็มให้ปิดน้ำแล้วจับเวลา 5 วินาทีเพื่อให้เครื่องมือวัดน้ำใต้ดินเก็บค่าระดับน้ำสูงสุด

9.ดึงจุกยางออกเพื่อปล่อยน้ำให้ไหลออก(เวลาที่ใช้ดึงจุกยางออกไม่ควรเกิน 5 วินาที)

10.สังเกตการณ์การไหลของน้ำและจดบันทึก

11.เมื่อน้ำไหลออกหมดให้ทำการดึงข้อมูลจากเครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดิน โดยต่อสายเชื่อมสัญญาณ IrDAlinkUSBกับคอมพิวเตอร์และนำ IrDAlinkUSB ไปประกบกับตัวส่งสัญญาณอินฟาเรดของเครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดิน รุ่น Orpheus แล้วเปิดโปรแกรม OTT Water Logger Operating Program แล้วเลือกปุ่มdownload data(หากกดแล้วไม่สามารถโหลดข้อมูลได้ให้เลื่อน IrDAlinkUSB ออกแล้วประกบใหม่ลอง download dataอีกครั้ง)

12.การทดลองแบบเดิมแต่เปลี่ยนจำนวนรูออก โดยในการทดลองนี้มีจำนวนรูออก 4 แบบ คือ

1.รูออก 1 รู

2.รูออก 4 รู

3.รูออก 8 รู

4.รูออก 12 รู

13.นำข้อมูลการลดลงของน้ำไปพล๊อตเป็นกราฟใน Excel โดยพล๊อตระดับน้ำที่ลดลงเปรียบเทียบกับเวลาในการลดลง

14.นำกราฟที่ได้มาหาสมการที่เหมาะสมและสะท้อนการลดลงของน้ำได้ดีที่สุดโดยใช้ 3 สมการในการวิเคราะห์ คือ สมการ เอ็กซ์โพเนนเชียล สมการลอการิทึมและสมการยกกำลัง

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์

4.1 การทดลองออกแบบท่อน้ำนิ่งเพื่อลดการกระเพื่อมของน้ำในท่อ

การทดลองการทดลองออกแบบท่อน้ำนิ่งเพื่อลดการกระเพื่อมของน้ำในท่อ เพื่อออกแบบท่อน้ำนิ่งที่ลดการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งได้ดีที่สุด โดยได้ทดลองติดตั้งท่อน้ำนิ่งแบบปกติ (ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรูและท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู) และเปิดให้น้ำไหลผ่านและวัดการกระเพื่อมในท่อน้ำนิ่งด้วยเครื่องมือวัดน้ำแบบลูกลอย รุ่น Thalimedes พร้อมทั้งสังเกตการณ์กระเพื่อมในท่อนำข้อมูลที่ได้นำมาออกแบบท่อน้ำนิ่งโดยได้ออกแบบท่อน้ำนิ่งไว้จำนวน 6 แบบ รวมท่อที่ทดลองทั้งหมด 8 แบบ ดังนี้

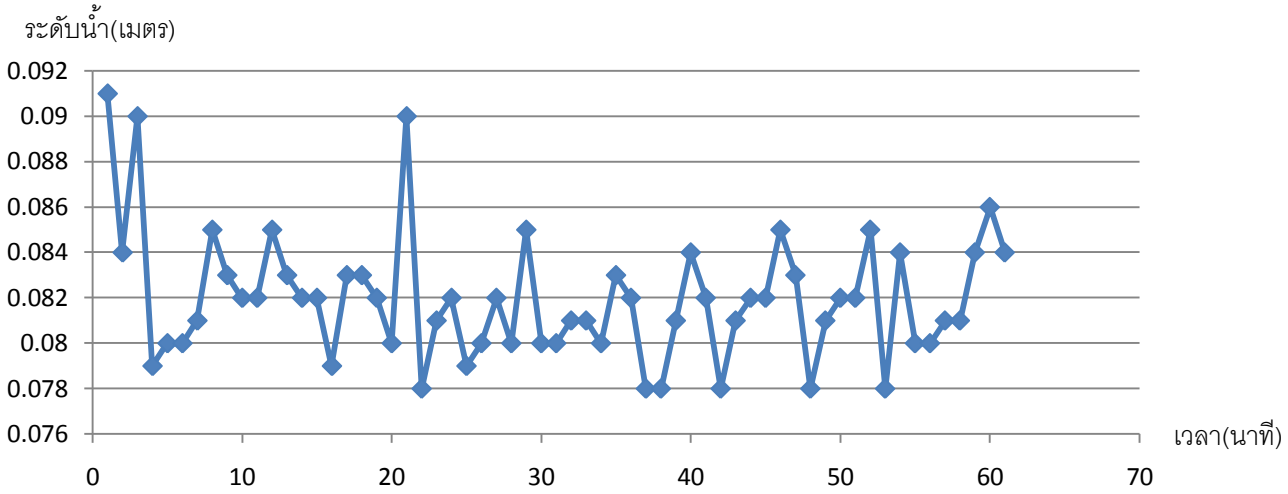
1.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู
2.ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู
3.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดเจาะรู 4 รู
4.ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 4 รู
5.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 8 รู
6.ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 8 รู
7.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รู
8.ท่อคู่ 6 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รู

นำท่อน้ำนิ่งที่ออกแบบไว้ไปติดตั้งและทดลองให้น้ำไหลผ่านพร้อมทั้งติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำแบบลูกลอย OTT รุ่น Thalimedes เพื่อวัดค่าการกระเพื่อมและข้อมูลจากการสังเกตซึ่งจะนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาแบบท่อน้ำนิ่งที่ลดการกระเพื่อมได้ดีที่สุด

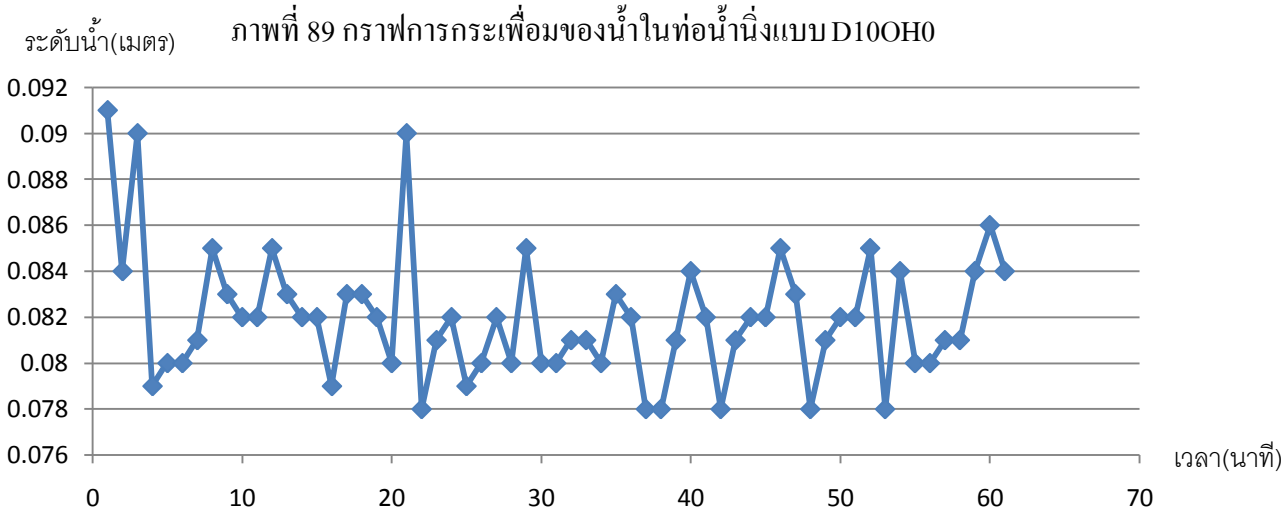
จากการทดลองติดตั้งท่อน้ำนิ่งทั้ง 8 แบบโดยใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย OTT รุ่น Thalimedes ได้ผลค่าการวัดระดับน้ำดังตารางที่ 1-8 และนำระดับที่วัดได้มาสร้างกราฟค่าระดับ (แกนY) กับเวลาที่เก็บค่าระดับ (แกน X) ดังกราฟรูปที่ 1-8

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

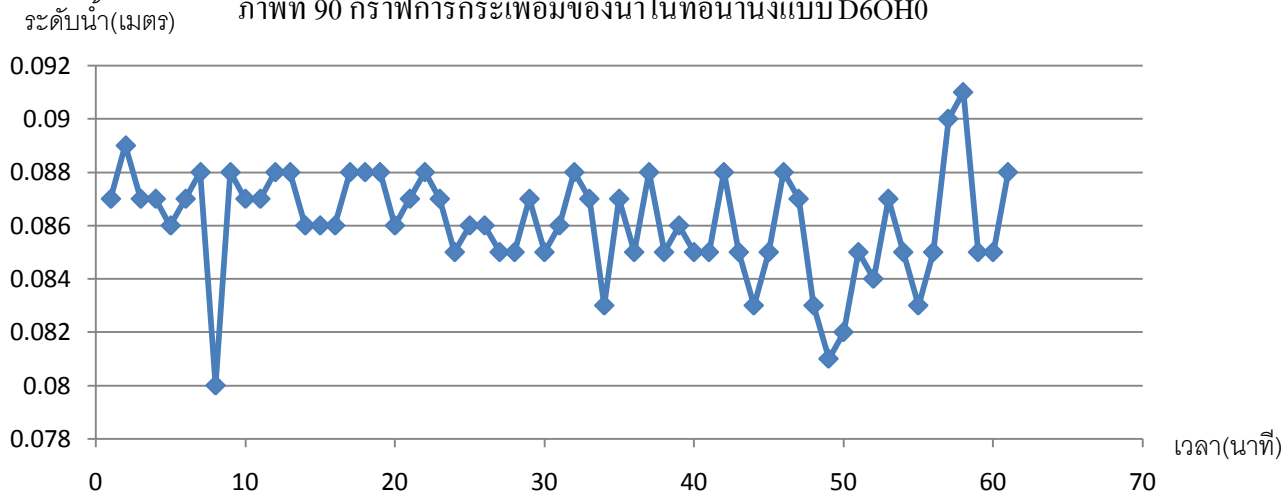
จากการสังเกตการกระเพื่อมของน้ำในท่อทำให้ทราบว่าการกระเพื่อมของน้ำเกิดจากกระแสการไหลของน้ำในท่อที่ไม่สัมพันธ์กับกระแสการไหลของน้ำภายนอกท่อ โดยเกิดจากการที่น้ำในท่อไม่มีทางออก เนื่องจากมวลน้ำในท่อไปกระแทกพนังท่อทำให้เกิดการปั่นป่วนของกระแสการไหล จึงไม่สัมพันธ์กับกระแสการไหลภายนอกท่อ ทำให้เกิดการกระเพื่อมของน้ำในท่อ จึงได้ออกแบบให้ท่อมีรูเจาะบริเวณผนังท่อ เพื่อให้มวลน้ำในท่อมีช่องทางออกและลดการปั่นป่วนของกระแสการไหลของน้ำในท่อและได้ออกแบบให้มีการปิดก้นท่อ เพื่อป้องกันน้ำไม่ให้เข้าทางก้นท่อและลดอิทธิพลของกระแสการไหลจากภายนอกท่อ จากกราฟที่ 1-8 ให้ผลปรากฏว่า กราฟที่ 8 ของท่อคู่ 6 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รู ให้กราฟการกระเพื่อมที่ค่าระดับน้ำค่อนข้างคงที่และค่าค่า Standard deviation ที่น้อยที่สุด คือ 0.00069 m ซึ่งท่อแบบ ท่อคู่ 6 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รู มีทั้งการเจาะรูท่อที่ผนังท่อและการปิดก้นท่อ จึงทำให้ทราบว่าการปิดก้นท่อและการเจาะรูที่ผนังท่อสามารถลดการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งได้ ข้อควรระวัง คือการเจาะรูที่ผนังท่อช่วยลดการกระเพื่อมได้ แต่กรณีของการทดลองท่อแบบท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 4 รู เมื่อวิเคราะห์ผลการกระเพื่อมจะได้ว่ามีการกระเพื่อมที่สูงกว่าท่อต้นแบบ คือ ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู และ ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู ดังนั้นจึงอธิบายได้ว่าท่อแบบท่อคู 6นิ้ว ทำลดการกระเพื่อมด้วยวิธีการเจาะรูนั้นต้องคำนึงถึงจำนวนรูที่เจาะถ้าเจาะน้อยไปจะเกิดการกระเพื่อมของน้ำในท่อเพิ่มมากขึ้น ผู้ทำโครงงานวิศวกรรมนี้แนะนำเจาะรู 8 รูขึ้นไปสำหรับท่อคู่ 6 นิ้ว



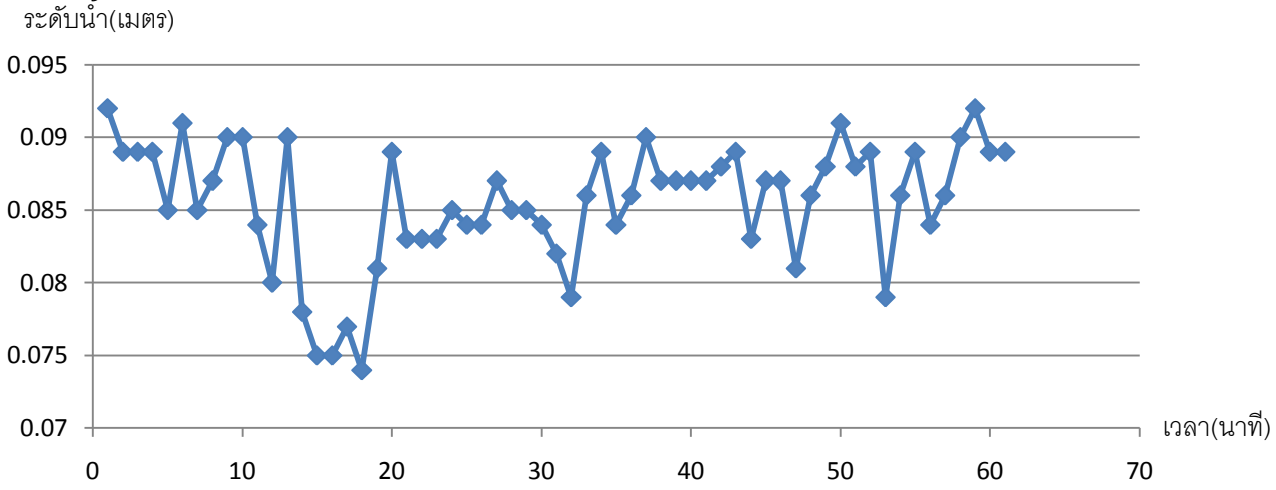
ภาพที่ 89 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D10OH0



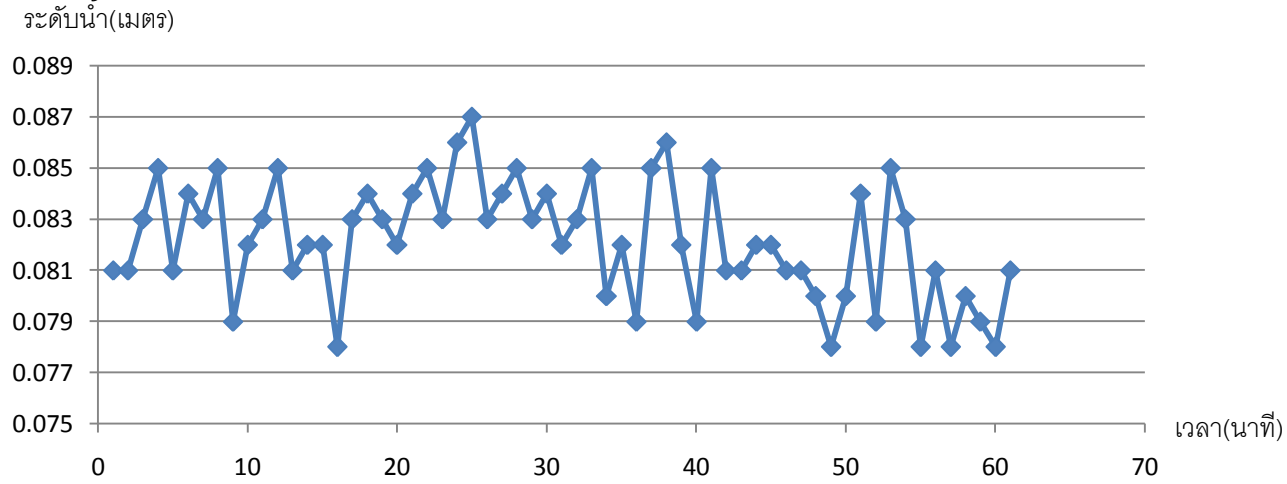
ภาพที่ 90 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D6OH0



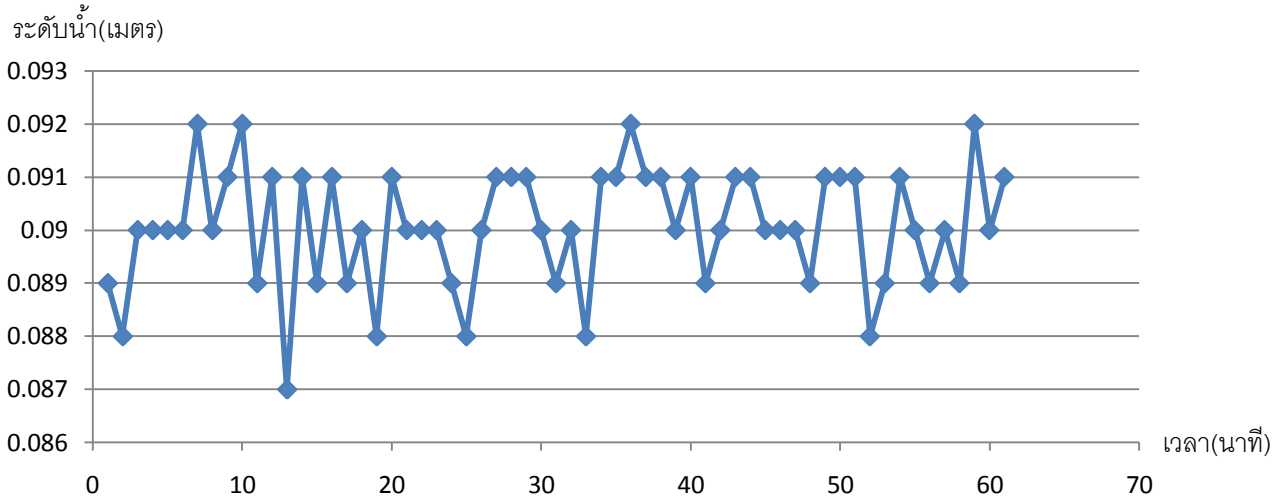
ภาพที่ 91 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D10OH4



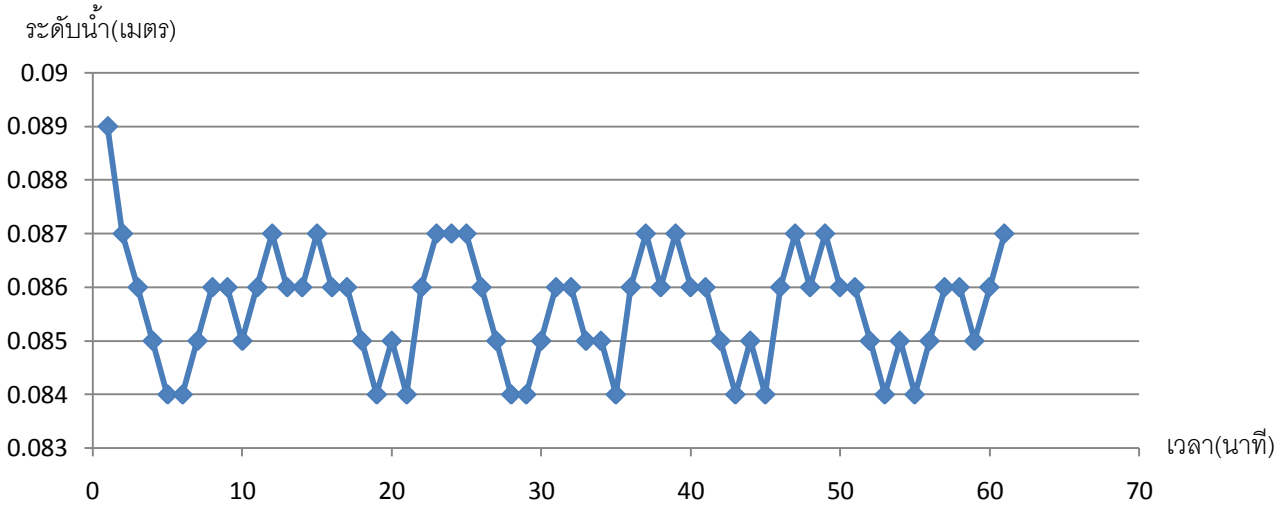
ภาพที่ 92 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D6OH4



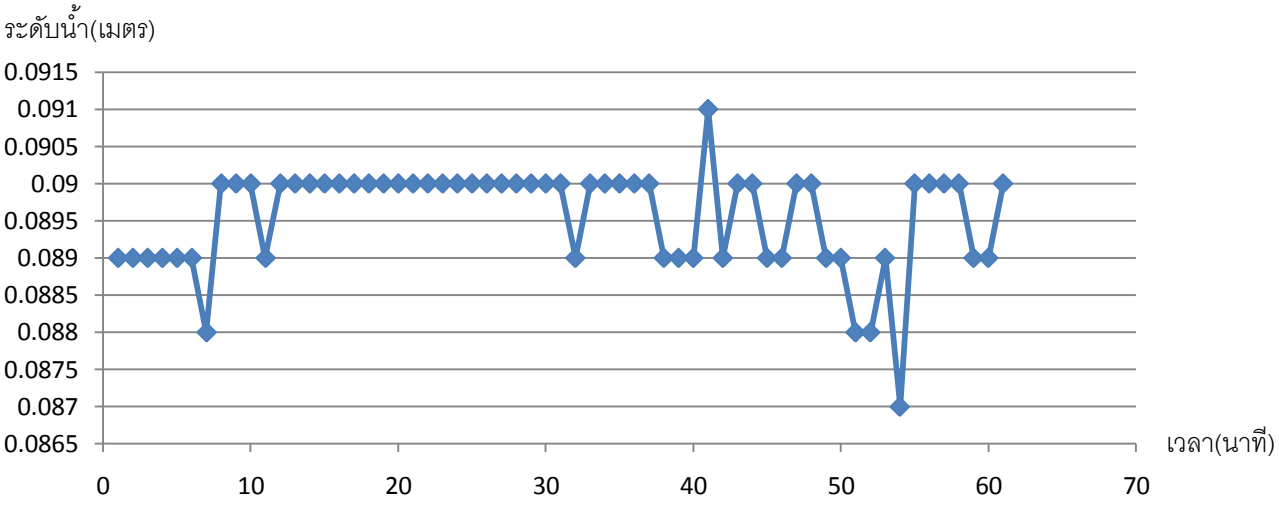
ภาพที่ 93 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D10OH8



ภาพที่ 94 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D6OH8



ภาพที่ 95 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D10CH8



ภาพที่ 96 กราฟการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่งแบบ D6CH8

ตารางที่ 1 ค่า Standard deviation ของท่อน้ำนิ่งทั้ง 8 แบบ

รูปแบบท่อต่างๆ	Standard deviation (m)	ค่าเฉลี่ย (m)
ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู	0.00269	0.032
ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดเจาะรู 4 รู	0.00242	0.038
ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 8 รู	0.00227	0.032
ท่อเดี่ยว 10 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รู	0.00108	0.036
ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู	0.00207	0.036
ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 4 รู	0.00427	0.036
ท่อคู่ 6 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 8 รู	0.00111	0.040
ท่อคู่ 6 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รู	0.00069	0.039

ตารางที่ 2 ตัวย่อแทนรูปแบบท่อน้ำนิ่งทั้ง 8 แบบ

	ท่อคู่ 6 นิ้ว (D6)	ท่อเดี่ยว 10 นิ้ว (D10)
เปิดก้นท่อ (Open, (O))	ไม่เจาะรู (H0)	ไม่เจาะรู (H0)
	เจาะ 4รู (H4)	เจาะ 4 รู (H4)
	เจาะ 8 รู (H8)	เจาะ 8 รู (H8)
ปิดก้นท่อ(Close, (C))	เจาะ 8 รู (H8)	เจาะ 8 รู (H8)

ตารางที่ 3 ค่าระดับน้ำในการทดลองท่อน้ำนิ่งทั้ง 8 แบบ

เวลา (นาที)	D10OH0	D6OH0	D10OH4	D6OH4	D10OH8	D6OH8	D10CH8	D6CH8
1	0.091	0.087	0.086	0.092	0.081	0.089	0.089	0.089
2	0.084	0.089	0.09	0.089	0.081	0.088	0.087	0.089
3	0.09	0.087	0.087	0.089	0.083	0.09	0.086	0.089
4	0.079	0.087	0.09	0.089	0.085	0.09	0.085	0.089
5	0.08	0.086	0.086	0.085	0.081	0.09	0.084	0.089
6	0.08	0.087	0.089	0.091	0.084	0.09	0.084	0.089
7	0.081	0.088	0.087	0.085	0.083	0.092	0.085	0.088
8	0.085	0.08	0.086	0.087	0.085	0.09	0.086	0.09
9	0.083	0.088	0.091	0.09	0.079	0.091	0.086	0.09
10	0.082	0.087	0.086	0.09	0.082	0.092	0.085	0.09
11	0.082	0.087	0.089	0.084	0.083	0.089	0.086	0.089
12	0.085	0.088	0.092	0.08	0.085	0.091	0.087	0.09
13	0.083	0.088	0.097	0.09	0.081	0.087	0.086	0.09
14	0.082	0.086	0.087	0.078	0.082	0.091	0.086	0.09
15	0.082	0.086	0.088	0.075	0.082	0.089	0.087	0.09
16	0.079	0.086	0.086	0.075	0.078	0.091	0.086	0.09
17	0.083	0.088	0.087	0.077	0.083	0.089	0.086	0.09
18	0.083	0.088	0.09	0.074	0.084	0.09	0.085	0.09
19	0.082	0.088	0.084	0.081	0.083	0.088	0.084	0.09
20	0.08	0.086	0.091	0.089	0.082	0.091	0.085	0.09
21	0.09	0.087	0.088	0.083	0.084	0.09	0.084	0.09
22	0.078	0.088	0.091	0.083	0.085	0.09	0.086	0.09
23	0.081	0.087	0.089	0.083	0.083	0.09	0.087	0.09
24	0.082	0.085	0.087	0.085	0.086	0.089	0.087	0.09
25	0.079	0.086	0.087	0.084	0.087	0.088	0.087	0.09
26	0.08	0.086	0.089	0.084	0.083	0.09	0.086	0.09
27	0.082	0.085	0.085	0.087	0.084	0.091	0.085	0.09

เวลา (นาที)	D10OH0	D6OH0	D10OH4	D6OH4	D10OH8	D6OH8	D10CH8	D6CH8
28	0.08	0.085	0.088	0.085	0.085	0.091	0.084	0.09
29	0.085	0.087	0.087	0.085	0.083	0.091	0.084	0.09
30	0.08	0.085	0.086	0.084	0.084	0.09	0.085	0.09
31	0.08	0.086	0.089	0.082	0.082	0.089	0.086	0.09
32	0.081	0.088	0.085	0.079	0.083	0.09	0.086	0.089
33	0.081	0.087	0.09	0.086	0.085	0.088	0.085	0.09
34	0.08	0.083	0.088	0.089	0.08	0.091	0.085	0.09
35	0.083	0.087	0.093	0.084	0.082	0.091	0.084	0.09
36	0.082	0.085	0.087	0.086	0.079	0.092	0.086	0.09
37	0.078	0.088	0.089	0.09	0.085	0.091	0.087	0.09
38	0.078	0.085	0.086	0.087	0.086	0.091	0.086	0.089
39	0.081	0.086	0.087	0.087	0.082	0.09	0.087	0.089
40	0.084	0.085	0.088	0.087	0.079	0.091	0.086	0.089
41	0.082	0.085	0.091	0.087	0.085	0.089	0.086	0.091
42	0.078	0.088	0.089	0.088	0.081	0.09	0.085	0.089
43	0.081	0.085	0.091	0.089	0.081	0.091	0.084	0.09
44	0.082	0.083	0.089	0.083	0.082	0.091	0.085	0.09
45	0.082	0.085	0.093	0.087	0.082	0.09	0.084	0.089
46	0.085	0.088	0.087	0.087	0.081	0.09	0.086	0.089
47	0.083	0.087	0.089	0.081	0.081	0.09	0.087	0.09
48	0.078	0.083	0.088	0.086	0.08	0.089	0.086	0.09
49	0.081	0.081	0.091	0.088	0.078	0.091	0.087	0.089
50	0.082	0.082	0.087	0.091	0.08	0.091	0.086	0.089
51	0.082	0.085	0.089	0.088	0.084	0.091	0.086	0.088
52	0.085	0.084	0.088	0.089	0.079	0.088	0.085	0.088
53	0.078	0.087	0.089	0.079	0.085	0.089	0.084	0.089
54	0.084	0.085	0.085	0.086	0.083	0.091	0.085	0.087
55	0.08	0.083	0.089	0.089	0.078	0.09	0.084	0.09
56	0.08	0.085	0.088	0.084	0.081	0.089	0.085	0.09

เวลา (นาที)	D10OH0	D6OH0	D10OH4	D6OH4	D10OH8	D6OH8	D10CH8	D6CH8
57	0.081	0.09	0.087	0.086	0.078	0.09	0.086	0.09
58	0.081	0.091	0.085	0.09	0.08	0.089	0.086	0.09
59	0.084	0.085	0.09	0.092	0.079	0.092	0.085	0.089
60	0.086	0.085	0.083	0.089	0.078	0.09	0.086	0.089
61	0.084	0.088	0.087	0.089	0.081	0.091	0.087	0.09

4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของน้ำกับจำนวนรูเจาะของท่อขนาด 6 นิ้ว

การทดลองการลดลงของระดับน้ำจากระดับน้ำสูง 2 เมตร โดยไหลออกจากรูเจาะของท่อ PVC 6 นิ้ว เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูเจาะและเวลาที่ใช้ในการลดลงของน้ำในท่อและเพื่อให้ทราบว่าการลดลงของน้ำในท่อมีความสอดคล้องกับการลดระดับของน้ำในทางน้ำจริง กำหนดให้ระดับน้ำสูง 2 เมตร ทำการเพิ่มจำนวนรูเจาะในแต่ละครั้งของการทดลอง ทำการทดลองกับรูเจาะ 4 แบบ โดยการเจาะรูได้นำท่อ PVC 6 นิ้ว ยาว 2 เมตรมาใส่ฝาครอบท่อ แล้วเจาะรูบริเวณเหนือก้นท่อที่ ตำแหน่ง 5 เซนติเมตรจำนวน 6 รู และ 10 เซนติเมตรจำนวน 6 รู ทำการเติมน้ำจนเต็มท่อแล้วเปิดรูเจาะเพื่อปล่อยน้ำและวัดการลดลงของน้ำ ใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบใต้ดินเก็บค่าระดับน้ำที่ลดลง นำค่าระดับน้ำที่ลดลงและเวลาที่ใช้ในการลดลงมาสร้างกราฟและหาสมการที่สอดคล้อง โดยได้ทดลองเปิดรูเจาะไว้ 4 แบบ คือ

1. เปิดรู 1 รู
2. เปิดรู 4 รู
3. เปิดรู 8 รู
4. เปิดรู 12 รู

นำค่าระดับการลดลงไปสร้างกราฟ โดยให้ค่าระดับที่ลดลงเป็นแกน Y และเวลาที่ใช้ในการลดลงเป็นแกน X

วิเคราะห์ผลการทดลอง

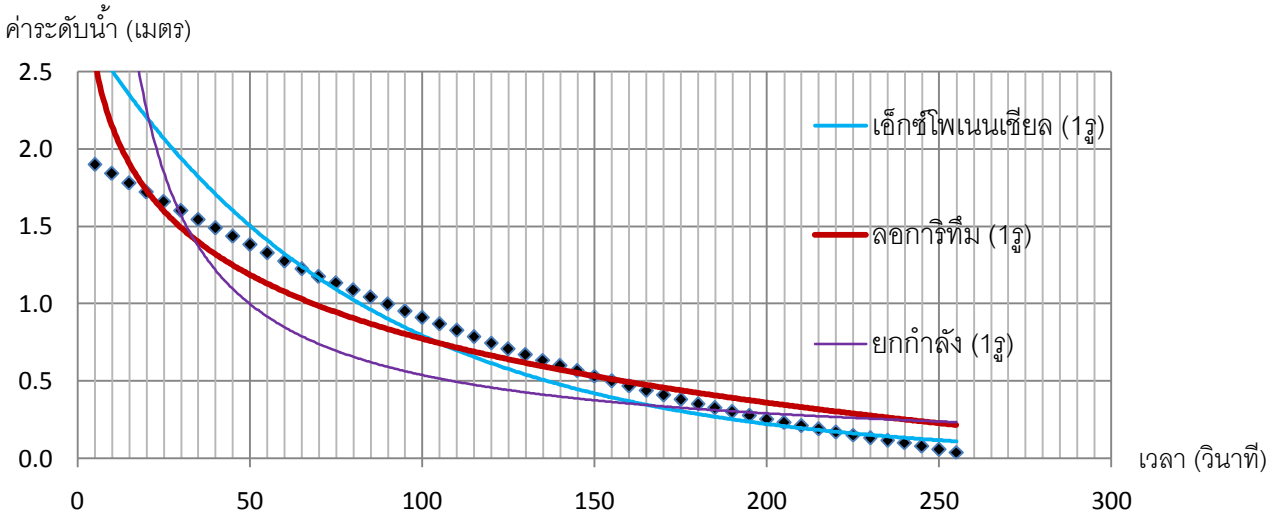
เมื่อนำระดับน้ำที่ลดลงและเวลาในการลดของระดับน้ำมาสร้างกราฟ โดยให้ค่าระดับของน้ำที่ลดลงเป็น Y และเวลาในการลดลงของน้ำเป็นแกน X จะได้กราฟซึ่งมีลักษณะโค้งเว้าเป็นรูประฆังหงายเพียงซีกเดียว โดยระดับน้ำจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาเริ่มแรกของกราฟและมีระดับที่ค่อยๆลดลงในตอนท้ายของกราฟ และเมื่อเพิ่มรูออกของน้ำทำให้กราฟมีลักษณะใกล้เคียงกับเส้นตรงมากขึ้น เมื่อนำกราฟที่ได้ไปเปรียบเทียบกับสมการ 3สมการ คือ

1.เอ็กซ์โพเนนเชียล

2.ลอการิทึม

3.ยกกำลัง

ซึ่งทั้ง 3 สมการมีลักษณะของสมการใกล้เคียงกับลักษณะโค้งเว้าของกราฟ แต่สมการลอการิทึมให้ผลที่สอดคล้องกับกราฟมากที่สุด ในทุกชุดการทดลองดังนั้นความสัมพันธ์การลดลงของน้ำในท่อPVC ขนาด 6 นิ้ว ที่ระดับ 2 เมตร ควรใช้สมการลอการิทึมในการหาความสัมพันธ์การลดลงของน้ำในท่อเพื่อให้การลดลงของน้ำในท่อสอดกับการลดลงของน้ำในทางน้ำจริง

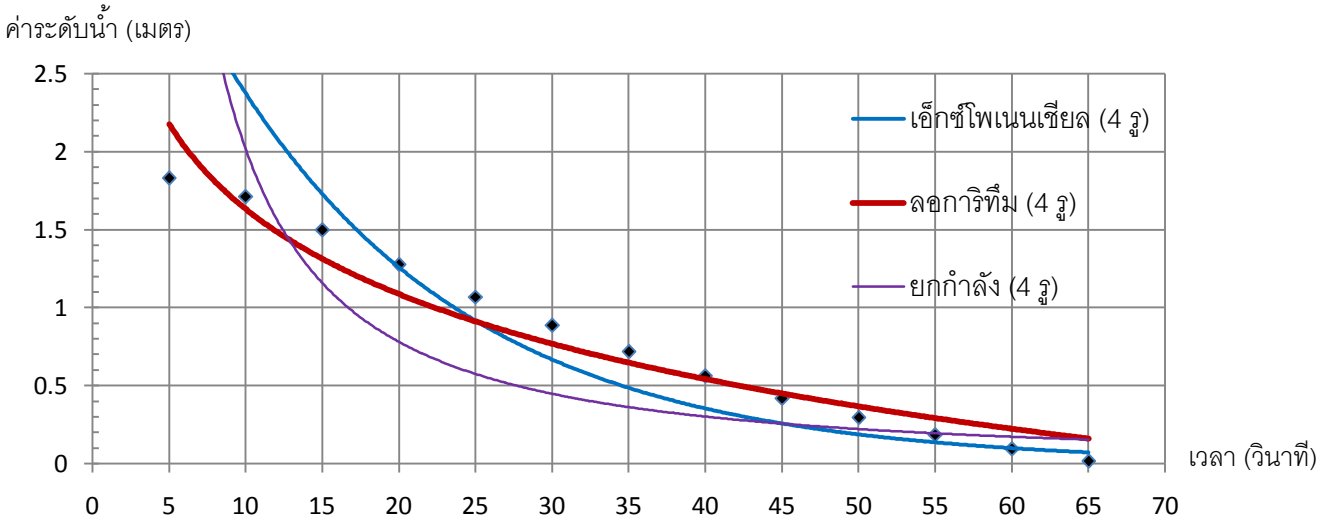


ภาพที่ 97 กราฟค่าระดับน้ำที่ลดลงเมื่อปล่อยน้ำจาก 1 รู

สมการเอ็กซ์โพเนนเชียล $y = 2.847e^{-0.01x}$ มีค่า $R^2 = 0.913$

สมการลอการิทึม $y = -0.59\ln(x) + 3.519$ มีค่า $R^2 = 0.933$

สมการยกกำลัง $y = 32.81x^{-0.89}$ มีค่า $R^2 = 0.654$

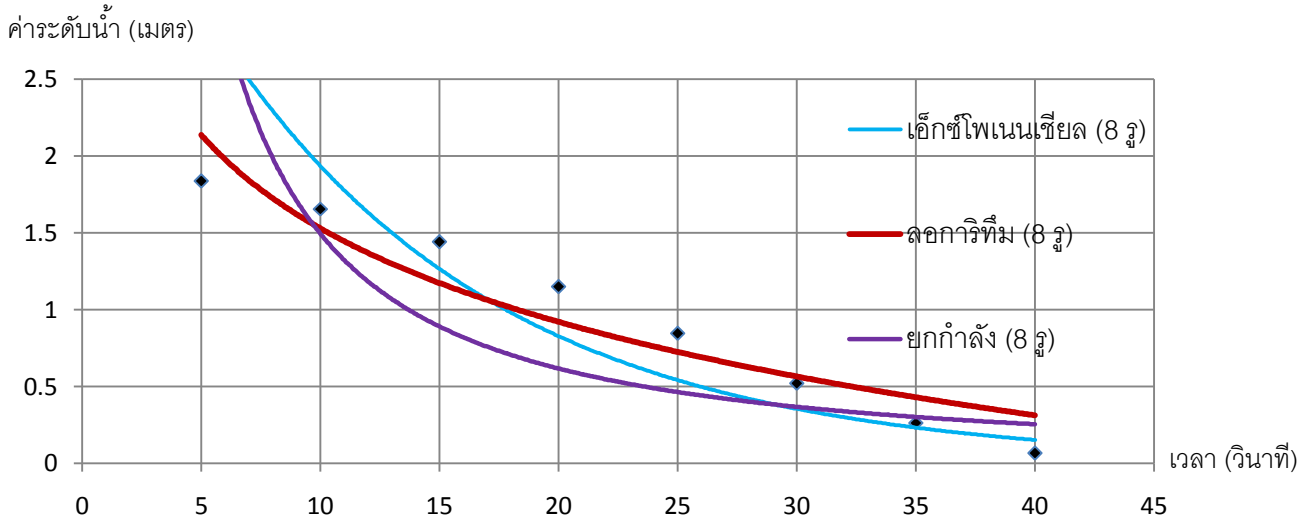


ภาพที่ 98 กราฟค่าระดับน้ำที่ลดลงเมื่อปล่อยน้ำจาก 4 รู

สมการเอ็กซ์โพเนนเชียล $y = 4.476e^{-0.06x}$ มีค่า $R^2 = 0.833$

สมการลอการิทึม $y = -0.78\ln(x) + 3.439$ มีค่า $R^2 = 0.936$

สมการยกกำลัง $y = 46.95x^{-1.36}$ มีค่า $R^2 = 0.597$

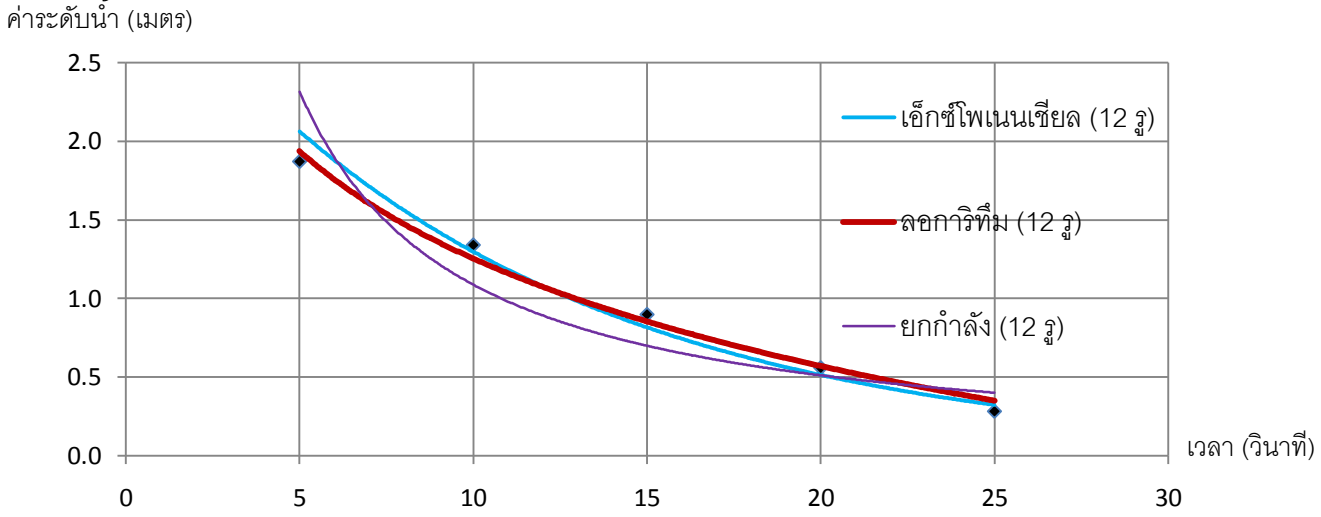


ภาพที่ 99 กราฟค่าระดับน้ำที่ลดลงเมื่อปล่อยน้ำจาก 8 รู

สมการเอ็กซ์โพเนนเชียล $y = 4.526e^{-0.08x}$ มีค่า $R^2 = 0.843$

สมการลอการิทึม $y = -0.87\ln(x) + 3.554$ มีค่า $R^2 = 0.888$

สมการยกกำลัง $y = 28.14x^{-1.27}$ มีค่า $R^2 = 0.625$



ภาพที่ 100 กราฟค่าระดับน้ำที่ลดลงเมื่อปล่อยน้ำจาก 12 รู

สมการเอ็กซ์โพเนนเชียล $y = 3.283e^{-0.09x}$ มีค่า $R^2 = 0.980$

สมการลอการิทึม $y = -0.98\ln(x) + 3.526$ มีค่า $R^2 = R^2 = 0.988$

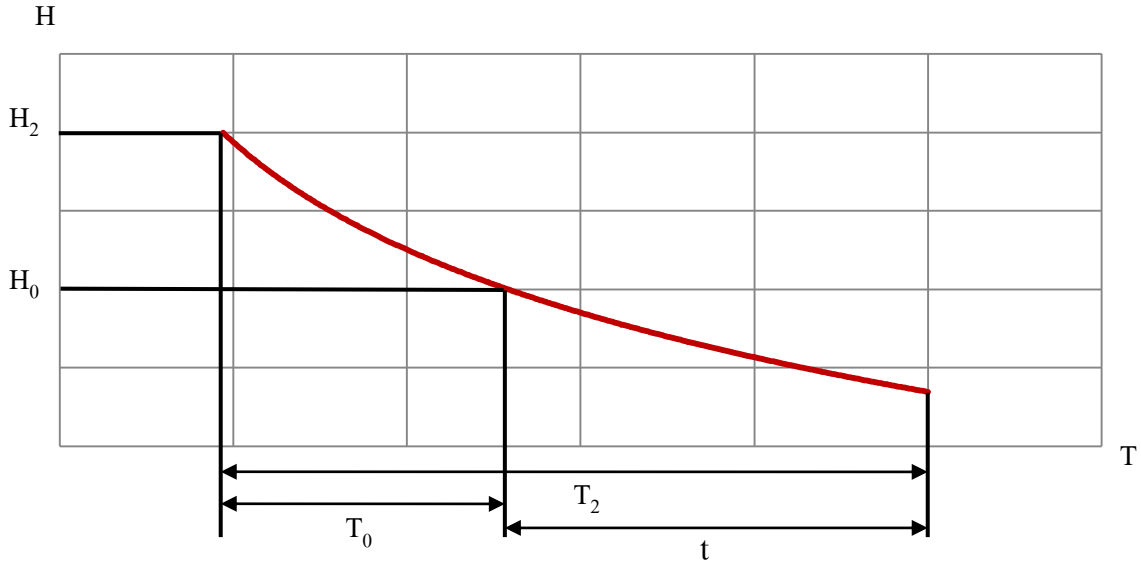
สมการยกกำลัง $y = 13.39x^{-1.09}$ มีค่า $R^2 = 0.873$

ตารางที่ 4 ระดับที่ลดลงของน้ำจากรูเจาะของท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว

เวลา (วินาที)	ระดับน้ำที่ลดลงของรูเจาะ 1 รู (m)	ระดับน้ำที่ลดลงของรูเจาะ 4 รู (m)	ระดับน้ำที่ลดลงของรูเจาะ 8 รู (m)	ระดับน้ำที่ลดลงของรูเจาะ 12 รู (m)
5	1.9	1.829	1.839	1.873
10	1.843	1.713	1.657	1.342
15	1.782	1.4995	1.443	0.9
20	1.721	1.2765	1.152	0.561
25	1.662	1.0695	0.847	0.284
30	1.604	0.888	0.521	-
35	1.547	0.718	0.265	-
40	1.491	0.562	0.067	-
45	1.436	0.421	-	-
50	1.382	0.2965	-	-
55	1.329	0.187	-	-
60	1.277	0.095	-	-
65	1.226	0.0165	-	-
70	1.177	-	-	-
75	1.134	-	-	-
80	1.09	-	-	-
85	1.043	-	-	-
90	0.999	-	-	-
95	0.954	-	-	-
100	0.911	-	-	-
105	0.869	-	-	-
110	0.828	-	-	-
115	0.787	-	-	-
120	0.748	-	-	-
125	0.71	-	-	-
130	0.672	-	-	-
135	0.636	-	-	-

เวลา (วินาที)	ระดับน้ำที่ลดลงของรูเจาะ 1 รู (m)	ระดับน้ำที่ลดลงของรูเจาะ 4 รู (m)	ระดับน้ำที่ลดลงของรูเจาะ 8 รู (m)	ระดับน้ำที่ลดลงของรูเจาะ 12 รู (m)
140	0.601	-	-	-
145	0.567	-	-	-
150	0.533	-	-	-
155	0.501	-	-	-
160	0.469	-	-	-
165	0.438	-	-	-
170	0.41	-	-	-
175	0.381	-	-	-
180	0.354	-	-	-
185	0.327	-	-	-
190	0.303	-	-	-
195	0.278	-	-	-
200	0.255	-	-	-
205	0.233	-	-	-
210	0.211	-	-	-
215	0.19	-	-	-
220	0.171	-	-	-
225	0.152	-	-	-
230	0.135	-	-	-
235	0.118	-	-	-
240	0.103	-	-	-
245	0.08	-	-	-
250	0.06	-	-	-
255	0.04	-	-	-

4.2.1 การใช้สมการลอการิทึมหาระยะเวลาที่น้ำลดลงจนหมดท่อที่ความสูงใดๆ



ภาพที่ 101 กราฟสมการลอการิทึม

ให้ T_2 เป็นเวลาที่น้ำไหลออกหมดจนหมดท่อ

ให้ T_0 เป็นเวลาที่ความสูงน้ำสูงสุดลดระดับจนถึงความสูงใดๆของน้ำ

ให้ t เป็นเวลาที่ความสูงใดๆของน้ำไหลออกจนหมดท่อ

ให้ H_2 เป็นความสูงน้ำสูงสุด

ให้ H_0 เป็นความสูงใดๆของน้ำ

ดังนั้นระยะเวลาที่น้ำลดลงจนหมดท่อที่ความสูงใดๆจะได้ว่า

$$t = T_2 - T_0$$

จากการกลับข้างสมการลอการิทึมของการทดลองทั้ง 4 การทดลอง จะได้สมการเอ็กซ์โพเนนเชียลเพื่อหาเวลาในการลดระดับน้ำ ค่า x แทนเวลา (T) และค่า y แทนระดับน้ำที่ลดลง (H) มีสมการดังนี้

สมการเอ็กซ์โพเนนเชียลที่การทดลอง 1 รู $x = 326.8e^{-1.53y}$

สมการเอ็กซ์โพเนนเชียลที่การทดลอง 4 รู $x = 74.68e^{-1.19y}$

สมการเอ็กซ์โพเนนเชียลที่การทดลอง 8 รู $x = 50.36e^{-1.01y}$

สมการเอ็กซ์โพเนนเชียลที่การทดลอง 12 รู $x = 35.15e^{-1.00y}$

ดังนั้นการหาระยะเวลาที่ระยะเวลาที่น้ำลดลงจนหมดท่อที่ความสูงใดๆจะได้สมการดังนี้

ที่ 1 รู $x_{(t)} = (326.8e^{-1.53(2)})_{(T2)} - (326.8e^{-1.53(y\text{ เป็นความสูงน้ำใดๆ})})_{(T0)}$

ที่ 4 รู $x_{(t)} = (74.68e^{-1.19(2)})_{(T2)} - (74.68e^{-1.19(y\text{ เป็นความสูงน้ำใดๆ})})_{(T0)}$

ที่ 8 รู $x_{(t)} = (50.36e^{-1.01(2)})_{(T2)} - (50.36e^{-1.01(y\text{ เป็นความสูงน้ำใดๆ})})_{(T0)}$

ที่ 12 รู $x_{(t)} = (35.15e^{-1.00(2)})_{(T2)} - (35.15e^{-1.00(y\text{ เป็นความสูงน้ำใดๆ})})_{(T0)}$

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1.การศึกษาออกแบบท่อน้ำนิ่งลดการกระเพื่อมของน้ำในท่อน้ำนิ่ง เพื่อหารูปแบบท่อน้ำนิ่งที่เหมาะสมในการลดการกระเพื่อมของน้ำในท่อ การศึกษาท่อน้ำนิ่งแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1.การศึกษาท่อน้ำนิ่งแบบท่อเดี่ยวขนาด 10 นิ้ว จำนวน 4 รูปแบบ มีรูปแบบดังนี้

1.1.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู 1.2.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 4 รู

1.3.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 8 รู 1.4ท่อเดี่ยว 10 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รู

โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. ติดตั้งท่อน้ำนิ่งในคลองส่งน้ำพร้อมติดเครื่องวัดระดับน้ำแบบลูกลอยในท่อ
2. เปิดน้ำให้ไหลผ่านคลองและวัดระดับน้ำในท่อ
3. เก็บข้อมูลระดับน้ำจากเครื่องมือมาสร้างกราฟการกระเพื่อมของน้ำ
4. วิเคราะห์กราฟและค่า Standard deviation ของข้อมูลระดับน้ำจากท่อน้ำนิ่งแต่ละแบบ

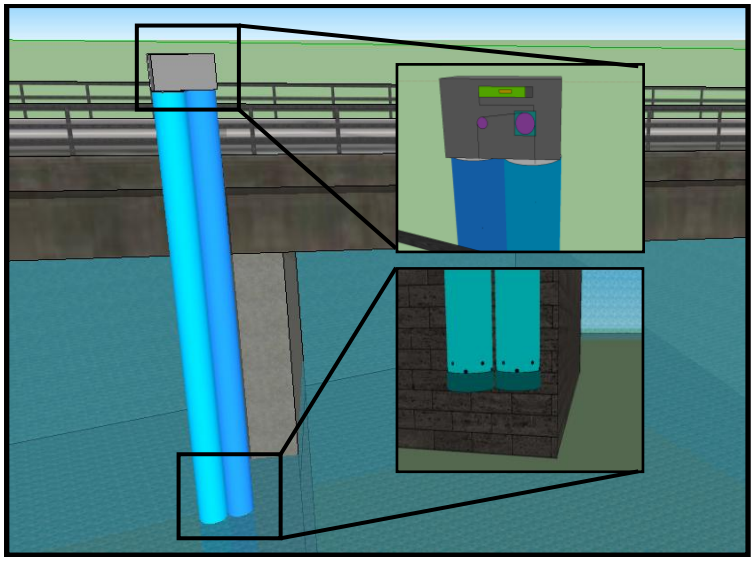
2.การศึกษาท่อน้ำนิ่งแบบท่อคู่ขนาด 6 นิ้ว จำนวน 4 รูปแบบ มีรูปแบบดังนี้

2.1.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นไม่เจาะรู 2.2.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 4 รู

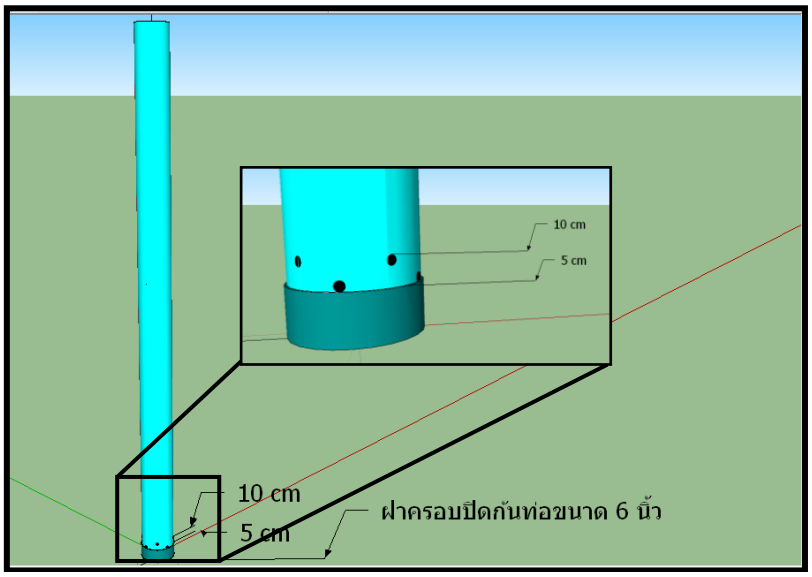
2.3.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วเปิดก้นเจาะรู 8 รู 2.4.ท่อเดี่ยว 10 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รู

ขั้นตอนการศึกษามีขั้นตอนเหมือนกับการศึกษาท่อน้ำนิ่งแบบท่อเดี่ยว 10 นิ้ว

ผลการทดลอง ปรากฏว่า ท่อแบบ D6CH8 (ท่อคู่ 6 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รู) ให้ค่าระดับน้ำที่ค่อนข้างคงที่และค่า Standard deviation ที่น้อยและการติดตั้งแบบท่อคู่จะทำให้ลูกลอยและลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักอยู่แยกท่อกัน จึงสามารถตัดปัญหาการพันกันของสายที่ใช้แขวนลูกลอยและลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักได้



ภาพที่ 102 ภาพจำลองการติดตั้งท่อน้ำนิ่งแบบคู่ 6 นิ้วปิดก้นเจาะรู 8 รูในทางน้ำจริง



ภาพที่ 103 ท่อ 6 นิ้วปิดก้นด้วยฝาครอบเจาะรูรอบบริเวณฝาครอบ

2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของน้ำกับจำนวนรูเจาะของท่อขนาด 6 นิ้วเพื่อหาความตอบสนองของการเพิ่มขึ้นหรือการลดลงของน้ำในท่อน้ำนิ่งขนาด 6 นิ้ว ขั้นตอนการศึกษามีดังนี้

1.ปิดก้นท่อPVC 6 นิ้ว ด้วยฝาครอบท่อ

2.เจาะรูขนาด 1 cm รอบบริเวณฝาครอบท่อ โดยเจาะ 6 รูที่ 5 cm จากก้นท่อและเจาะอีก 6 รูที่ 10 cm จากก้นท่อ

3.วางท่อในแนวดิ่งให้ตั้งฉากกับพื้นพร้อมทั้งติดเครื่องวัดระดับน้ำแบบใต้ดินในท่อ

3.อุดรูเจาะและเติมน้ำจนระดับน้ำมีความสูง 2 เมตร

4.เปิดรูเจาะและวัดการลดระดับของน้ำ

5.สร้างกราฟและหาสมการที่สอดคล้องกับกราฟ

ทำการศึกษาการลดระดับของน้ำ 4 แบบ คือ

1.ลดระดับน้ำโดยการเปิดรูเจาะ 1 รู 2.ลดระดับน้ำโดยการเปิดรูเจาะ 4 รู

3.ลดระดับน้ำโดยการเปิดรูเจาะ 8 รู 4.ลดระดับน้ำโดยการเปิดรูเจาะ 12 รู

ผลการทดลอง ปรากฏว่า สมการที่มีความสอดคล้องกับลักษณะการลดลงของกราฟมี 3 สมการ คือ1. สมการเอ็กซ์โพเนนเชียล 2.สมการลอการิทึม 3.สมการยกกำลัง แต่สมการที่สอดคล้องมากที่สุด คือ สมการลอการิทึม โดยให้การ R^2 ที่มากที่สุดในทุกชุดการทดลอง ดังนั้นควรใช้สมการลอการิทึมในการแสดงความตอบสนองของการเพิ่มขึ้นหรือการลดลงของน้ำในท่อน้ำนิ่งขนาด 6 นิ้ว เพื่อหาจำนวนรูเจาะที่ให้ระยะเวลาในการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของน้ำในท่อน้ำนิ่งสัมพันธ์กันกับการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของน้ำในทางน้ำ ซึ่งสมการลอการิทึมจะแทนเวลาในสมการแล้วจะได้ความสูงของระดับน้ำ ซึ่งในทางปฏิบัติการแทนค่าเวลาเป็นไปได้ยาก เนื่องจากการเก็บค่าเวลาในการลดระดับของน้ำในทางน้ำนั้นทำได้ยาก จึงควรใส่ค่าที่ทราบได้ง่ายกว่า คือ ค่าระดับน้ำใดๆของทางน้ำ ดังนั้นต้องกลับข้างสมการลอการิทึมซึ่งจะได้สมการเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยสมการในการหาระยะเวลาลดระดับของน้ำที่ความสูงใดๆของน้ำ มีดังนี้

ที่ 1 รู $x_{(t)} = (15.323) - (326.8e^{-1.53(y)})$

ที่ 4 รู $x_{(t)} = (6.912) - (74.68e^{-1.19(y)})$

ที่ 8 รู $x_{(t)} = (6.681) - (50.36e^{-1.01(y)})$

ที่ 12 รู $x_{(t)} = (4.757) - (35.15e^{-1.00(y)})$

เมื่อ $x_{(t)}$ คือ ระยะเวลาที่น้ำลดระดับจนหมดท่อ และ y คือ ระดับความสูงใดๆของน้ำ

ข้อเสนอแนะ

1.ควรทำการทดลองการไหลเข้าท่อ 6 นิ้วของน้ำ โดยไหลเข้าทางรูเจาะบริเวณก้นท่อ

2.ควรทำการศึกษาท่อน้ำนิ่ง เมื่อน้ำในทางน้ำมีความลึกมากๆ

3.ควรศึกษาการตกตะกอนในท่อ เพื่อจะทราบระยะเวลาการบำรุงรักษาและทำความสะอาดท่อ

เอกสารอ้างอิง

กีรติ ลีวัจนกุล. 2537. **อุทกวิทยา**. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. กรุงเทพมหานคร

สุเทพ ติงศภัทิย์ และ เคนซากุ ทาเคดะ. 2521. **คู่มืออุทกวิทยาสำหรับงานชลประทาน**. สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ. กรุงเทพมหานคร

อนิวรรต คงสกูล และ จินตหรา ผุดผ่อง. 2554. การทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน. **โครงงานวิศวกรรมชลประทาน** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม

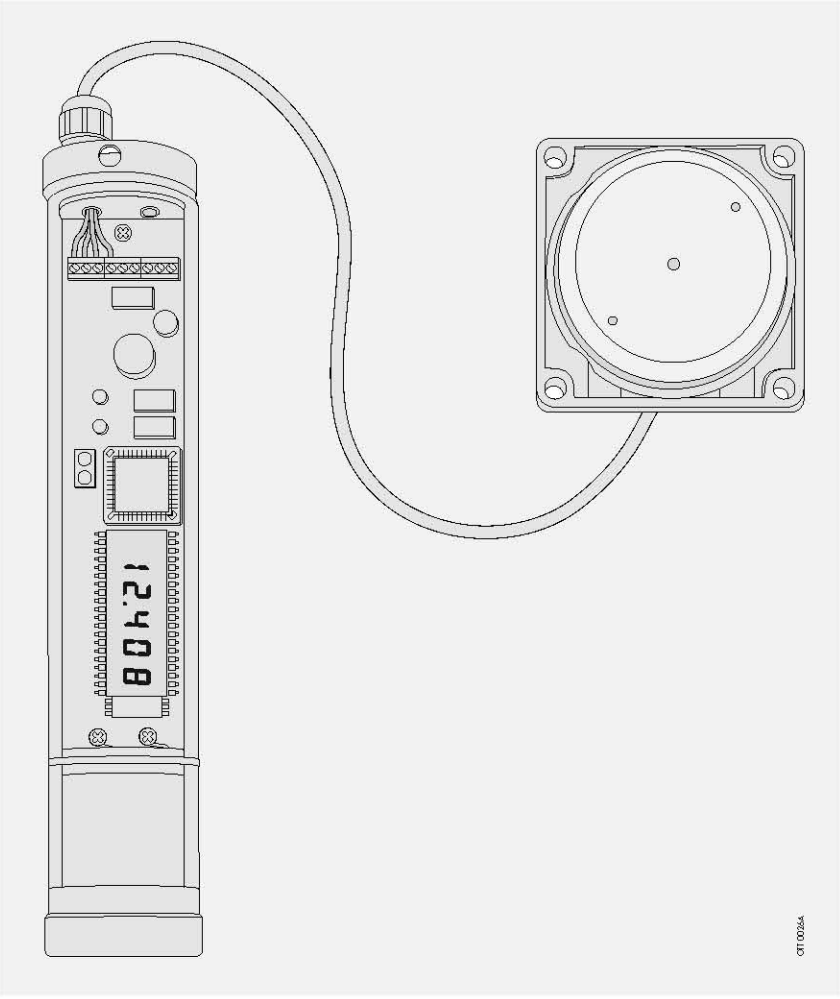
ภาคผนวก ก

OTT HYDROMETRIE

Operating Instructions

Shaft Encoder with Data Logger Thalimedes

English



Contents

Contents 2

Order numbers 2

1 Introduction 3

2 Installing the Thalimedes 4

2.1 Installation as stand-alone device 4
2.2 Installation as attachment device 6
2.3 Installation in well pipe 11

3 Commissioning the Thalimedes 13

3.1 Fitting the battery 13
3.2 Activating the Thalimedes 14
3.3 Setting operating parameters 15

4 Reading out stored measured values from Thalimedes 19

5 Connecting Thalimedes RS 232-interface 20

6 Error messages on display 21

7 Technical data 22

Scope of delivery

Thalimedes

– 1 shaft encoder with data logger consisting of:
Encoder unit, transducer cable + data logger unit
– 1 battery (1.5 V); C-cell
– 1 attachment kit
– 1 Operating Instructions

Order numbers

Thalimedes	**Shaft Encoder with Data Logger**	55.430.001.3.2
Accessories	**Float** – 80 mm Ø	27.001.071.3.5
	Counterweight – 0,100 kg	27.050.013.4.2
	Float cable 10 m **30 m** **50 m** **100 m** – 1 mm in diameter; Nirosta – Crimp sleeves	27.150.040.9.2 27.150.041.9.2 27.150.042.9.2 27.150.043.9.2
	Well pipe assembly kit for 4"; 4,5"; 5" + 6"	55.430.050.3.2
	Communication program HYDRAS II	56.PKH.01M.O.0
	Infrared-interface adapter Linkit (IrDA)	97.961.066.9.5

1 Introduction

The Thalimedes is a float-operated shaft encoder with data logger, used to continuously measure ground and surface water levels.

Changes in water level are transferred via a float-cable-counterweight-system to the float pulley on the encoder unit. The rotation caused by this action is converted to an electrical signal, which is transferred by the transducer cable to the data logger and then saved as a measured value. The storage intervals may be preset in accordance with the hydrological measured values required.

An attachment kit is included in the scope of delivery, facilitating easy installation either as a "stand-alone" unit or in combination with any water level recorders from OTT or other manufacturers. A well pipe assembly kit (accessories) permits installation in pipes of between 4" and 6" in diameter.
The current water level, date, time and battery status can be read off a display at any time. The stored values may be read out from either an infrared (IrDA) or RS 232-interface. Remote data sampling is possible via these interfaces.
A single 1.5 V C-type cell powers the unit for up to 15 months.

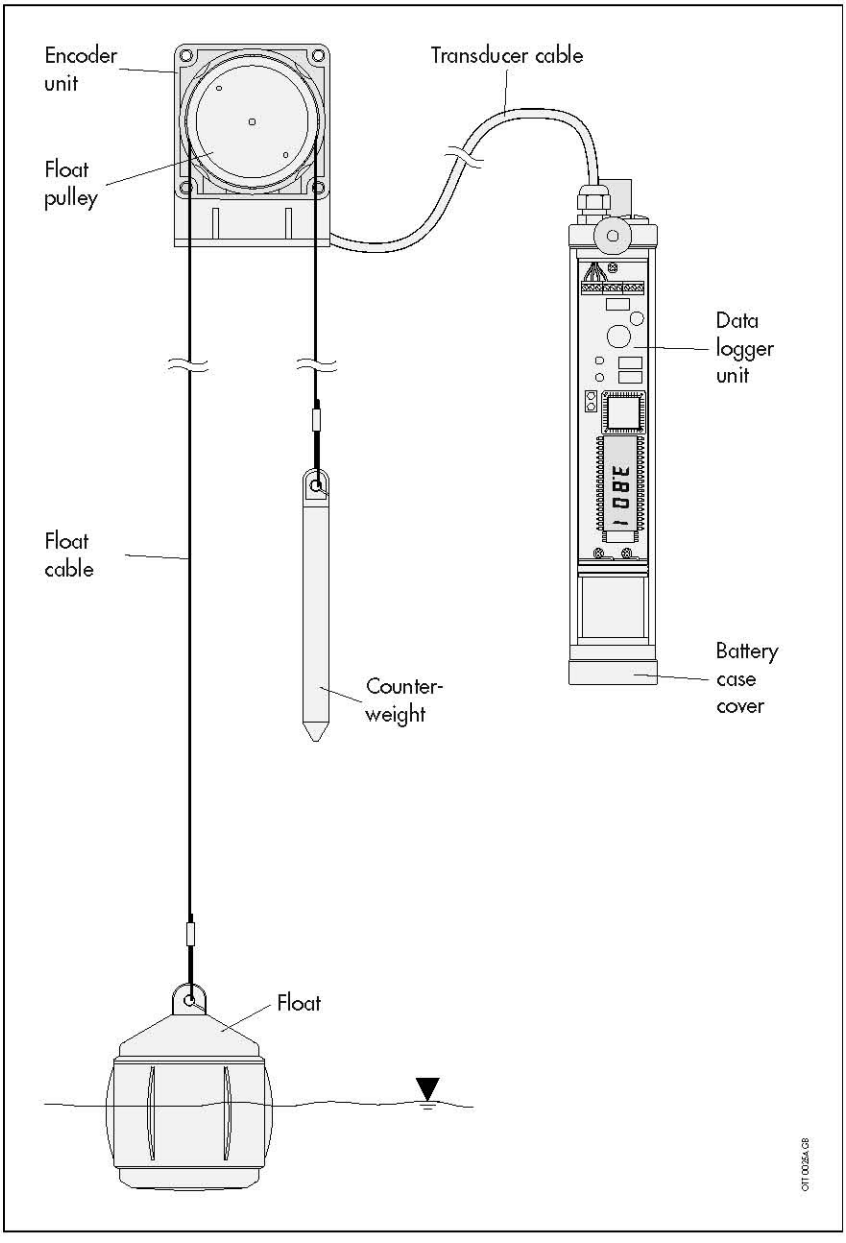


Fig. 1: Layout of a water level station with the OTT Thalimedes Shaft Encoder with Data Logger

2 Installing the Thalimedes

The Thalimedes may be installed in one of the three following ways:

- As a **stand-alone device**
- As an **attachment device** on any mechanical water level recorder
  – Variant 1: existing float cable is fed through the Thalimedes float pulley
    or
  – Variant 2: Thalimedes float pulley is connected to the float pulley on the water level recorder by means of a carrier unit
- In a **4"; 4,5"; 5"** or **6" well pipe**

An attachment kit with all of the required parts is supplied with the Thalimedes for assembly either as a stand-alone device or as an attachment (see fig. 2).

Other accessories required
- Stand-alone device: float, cable, counterweight
- Well pipe: Well pipe assembly kit, float, cable, counterweight

2.1 Installation as stand-alone device

Please refer to Figs. 2 + 3 and follow the steps below:

Attach encoder unit
- Screw on encoder unit with connection angle B ③ (M 6 x 25 + washers); attach connection angle B on level base with double-sided adhesive strip ⑨ (attach with screws if necessary)

Attach data logger unit
- Adjust the position of the data logger unit as desired so that the display is clearly legible.
- Attach holder ④ to level base with double-sided adhesive strip ⑨ (attach with screws if necessary, hole diameter: 5.2 mm).
- Fix the data logger unit onto the holder and fasten with the nut for holder ⑥.

Assemble float unit
- Determine distance between minimum (deepest) water level to upper edge of encoder unit and add approx. 50 cm to this value = length of float cable; cut float cable to length.
- Form loops at either end of the float cable; slip the sleeves over the loops and pinch with a flat nose pliers; suspend float and counterweight inside the loops.
- Place the float cable over the float pulley; allow the float unit to stabilise.

Now turn to Chapter 3.

Fig. 2: Thalimedes attachment kit

The adhesive strips can be cut to the required size with a scissors.

Position ⑥ has two functions:
– either as base for the carrier unit
or
– as nut for holder ④ (instead of a hexagonal nut)

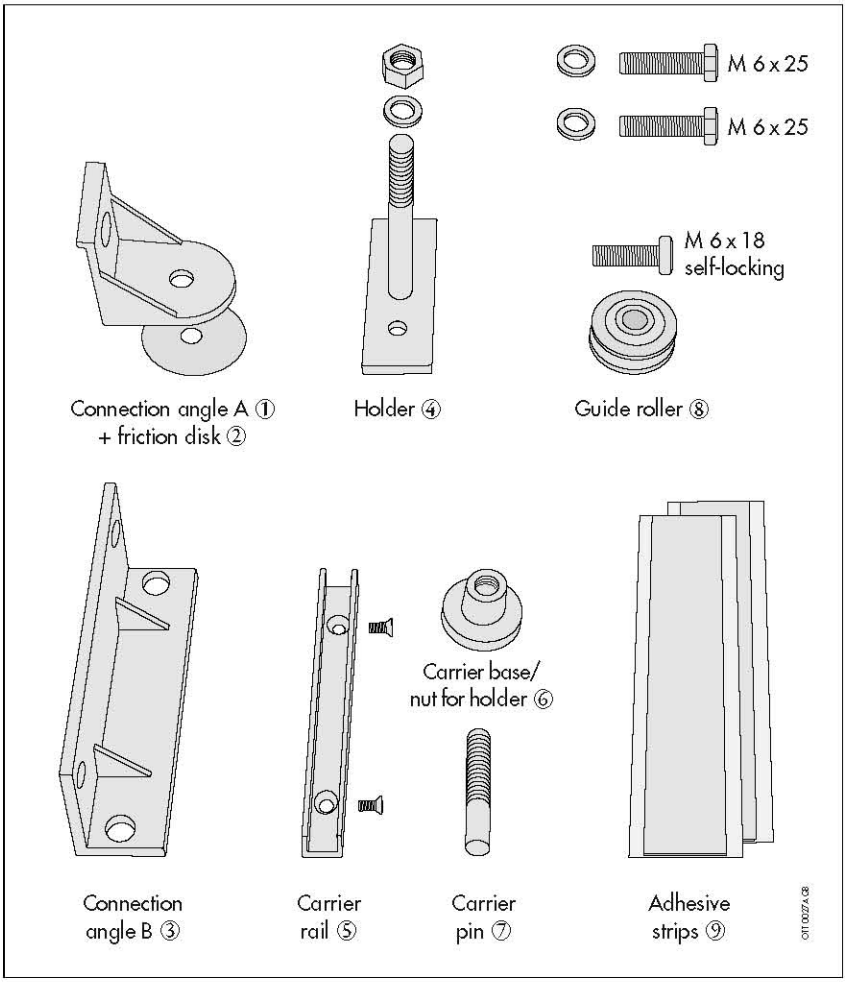
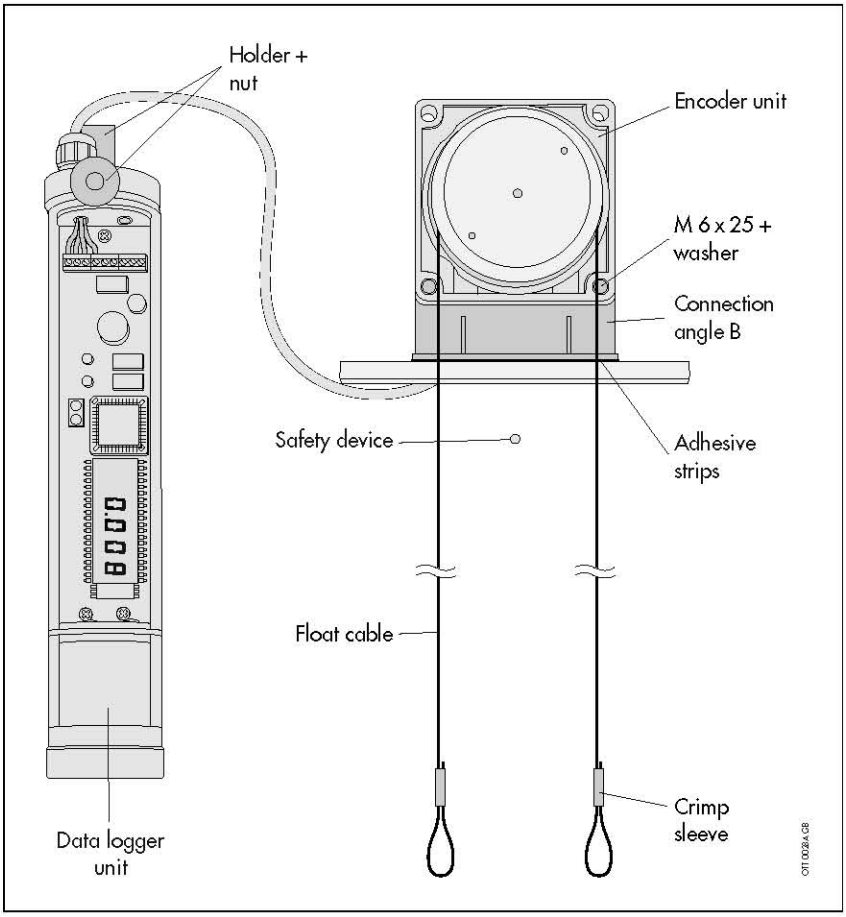


Fig. 3: Installing the Thalimedes as a stand-alone device

A safety device (e. g. a hook or screw) prevents the float and counterweight from being lost during assembly.

Mount connection angle B so that it faces towards the front.



2.2 Installing as attachment device

Figs. 4 to 9 are examples of different methods of attaching the unit to mechanical water level recorders. The diagrams show which parts from the attachment kit are used in each case.

Select the relevant diagram for your purposes and follow the steps below:

Attach encoder unit

- If carrier unit is fitted (Fig 8 + 9): Attach carrier rail ⑤ to Thalimedes float pulley with two flat-head screws; attach carrier base ⑥ to float pulley opposite (mechanical water level recorder) with double-sided adhesive strip; twist carrier pin ⑦ into the carrier base.
- Depending on the type of level recorder used, attach the encoder using either
  – connection angle A ① with friction disc ② fitted underneath or
  – with connection angle B ③ (M 6 x 25 + washers); connection angle B on level base support with double-sided adhesive strip ⑨ (attach with screws if necessary).
- Place existing float cable over both float pulleys or connect float pulleys by means of the carrier pin and carrier rail.

Attach data logger unit

- Adjust the position of the data logger unit as desired so that the display is clearly legible.
- Attach holder ④ to level base with double-sided adhesive strip ⑨ (attach with screws if necessary, hole diameter: 5.2 mm)
- Fix the data logger unit onto the holder and fasten with the nut for holder ⑥.

Now turn to Chapter 3.

Fig. 4: Example of attachment to OTT R20 Strip-Chart Recorder

Float cable also fed through Thalimedes float pulley

Pass the transducer cable through the hole in the recorder housing. Fit cable gland, if applicable. To do so, remove the transducer cable temporarily from the data logger unit and then reconnect. Check that the terminal strip is correctly configured.

Do not fasten the guide roller screw too tightly.

Parts required:
Connection angle A ①
+ friction disk ②
Holder ④
Nut for holder ⑥
Guide roller ⑧
Adhesive strip ⑨

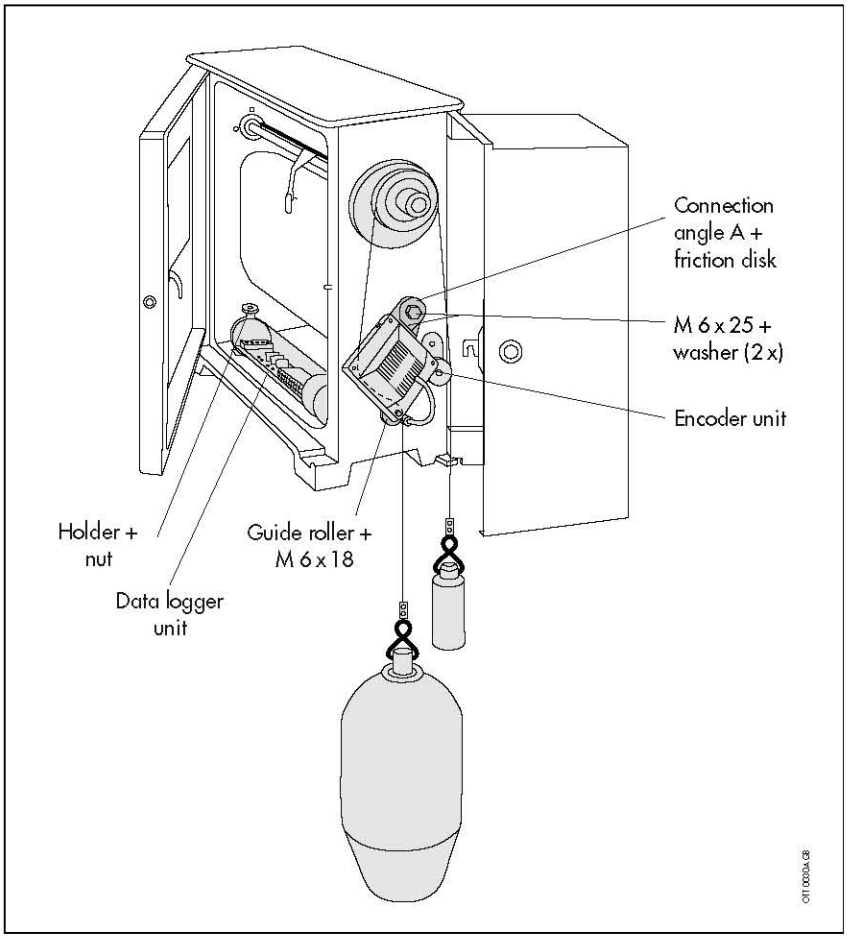


Fig. 5: Example of attachment to OTT Horizontal Water Level Recorder Type X

Float cable also fed through Thalimedes float pulley

If space permits, mount the data logger unit beside the level recorder. This prevents the data logger unit from slipping when the level recorder is opened.

Do not tighten the guide roller screw too tightly.

Parts required:
Connection angle A ①
+ friction disk ②
Holder ④
Nut for holder ⑥
Guide roller ⑧
Adhesive strip ⑨

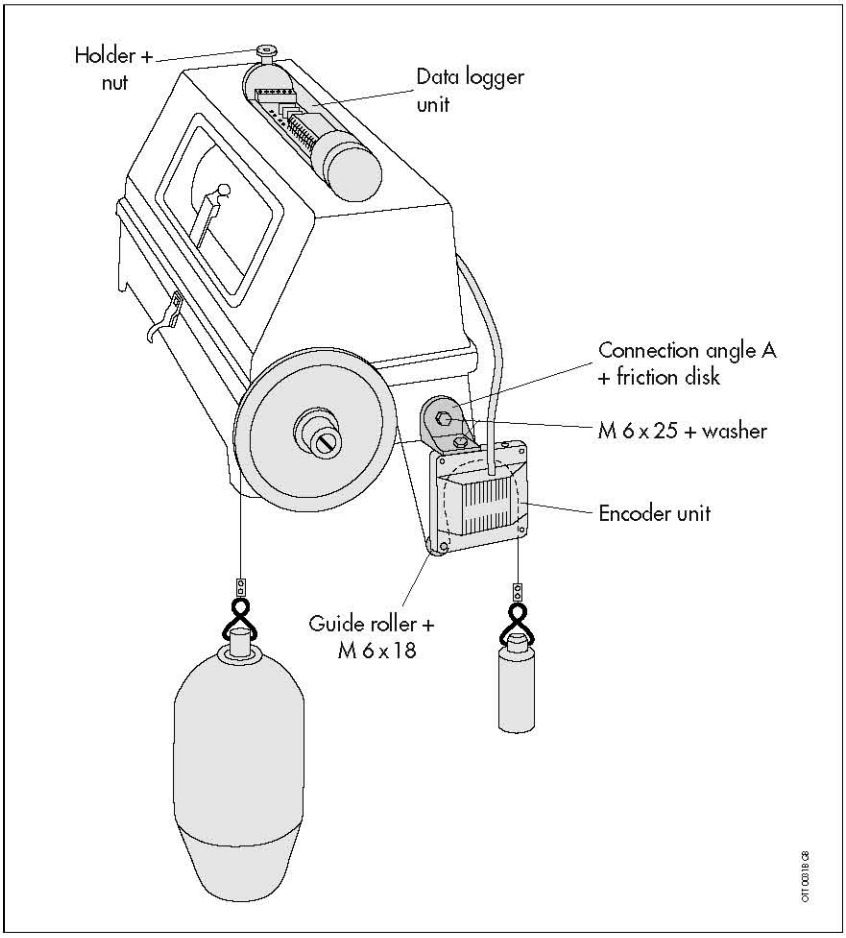


Fig. 6: Example of attachment to OTT R16 Vertical Water Level Recorder

Float cable also fed through Thalimedes float pulley

Float pulley circumference: set to 198.7 mm (0.6 mm float cable)

Do not tighten the guide roller screw too tightly.

Parts required:
Connection angle A ①
+ friction disk ②
Holder ④
Nut for holder ⑥
Guide roller ⑧
Adhesive strip ⑨

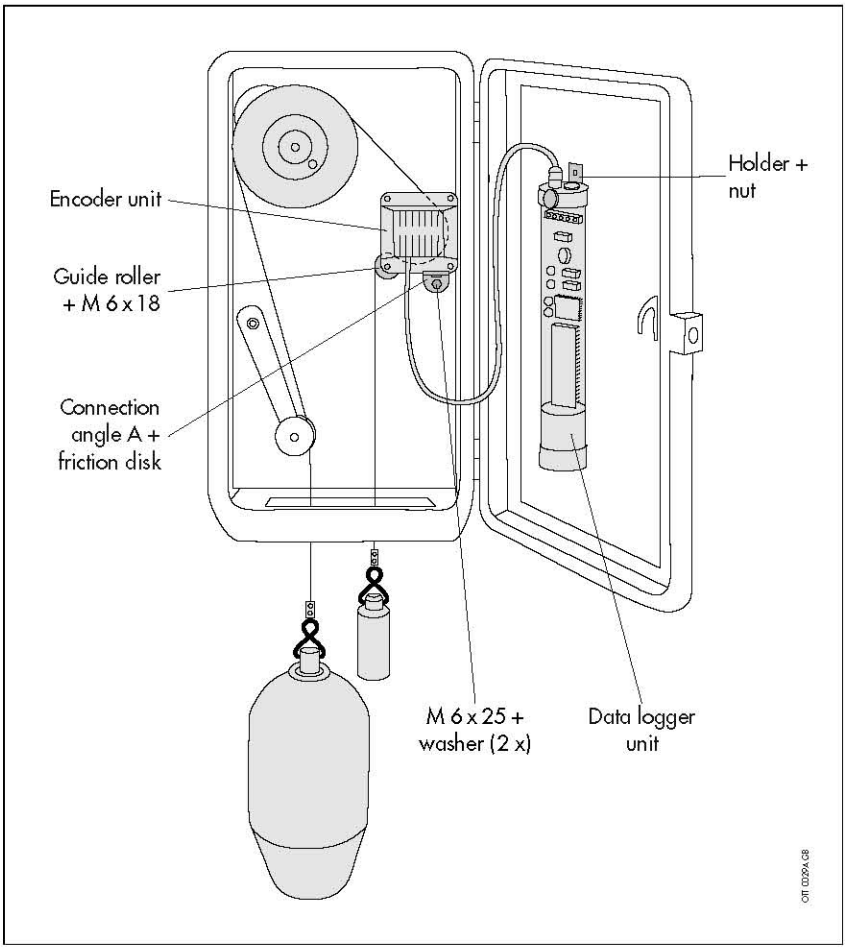


Fig. 7: Example of attachment to Strip-Chart Recorder from another manufacturer

Float cable also fed through Thalimedes float pulley

Do not tighten the guide roller screw too tightly.

Parts required:

Connection angle A ①
+ friction disk ②
Holder ④
Nut for holder ⑥
Guide roller ⑧
Adhesive strip ⑨

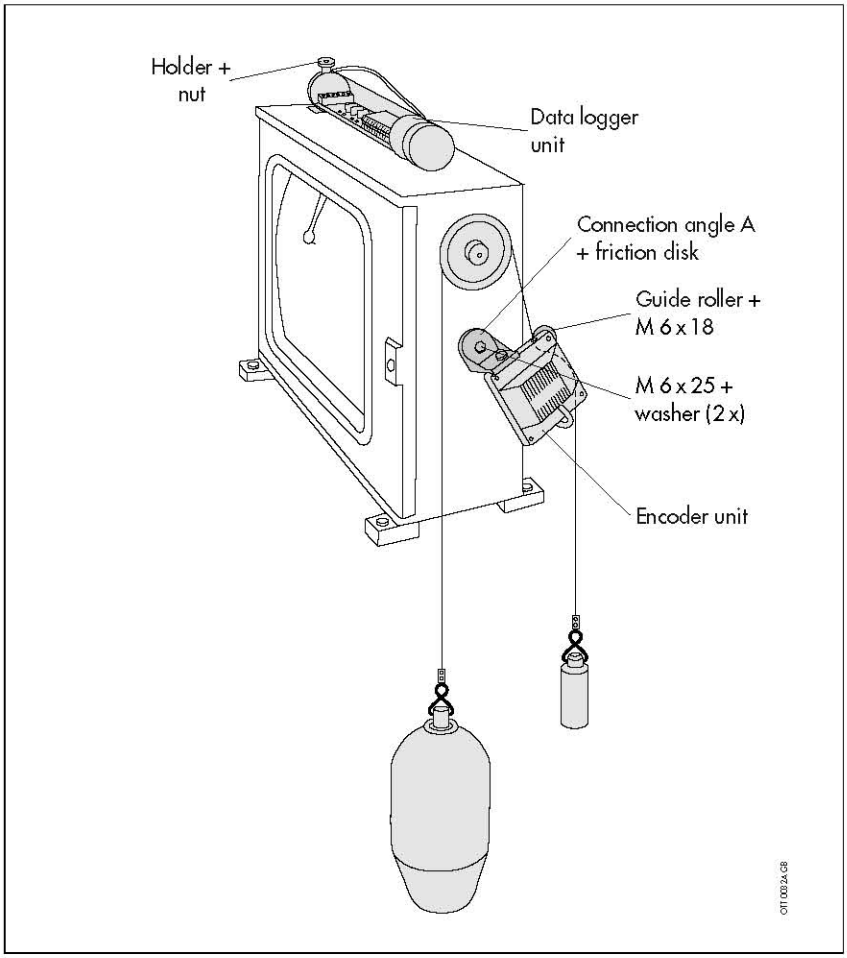


Fig. 8: Example of attachment to Vertical Drum Recorder from another manufacturer

Connecting the Thalimedes by means of a carrier unit

Attach the carrier base to the float pulley so that it can rotate freely. There is no need to adjust the attachment point exactly, because of the way the carrier unit functions.

Parts required:

Connection angle B ③
Holder ④
Carrier rail ⑤
Carrier base ⑥
Carrier pin ⑦
Adhesive strip ⑨

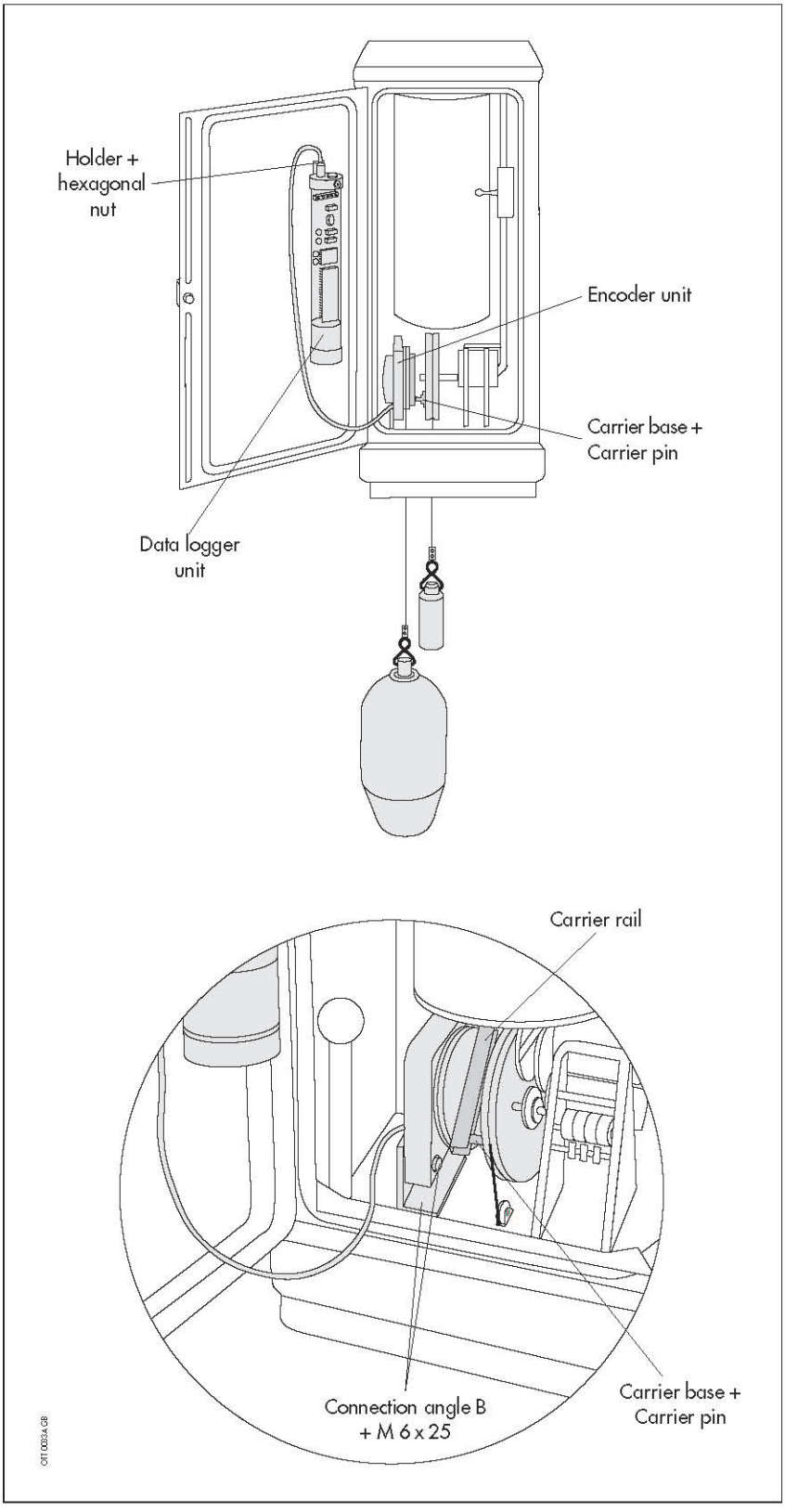
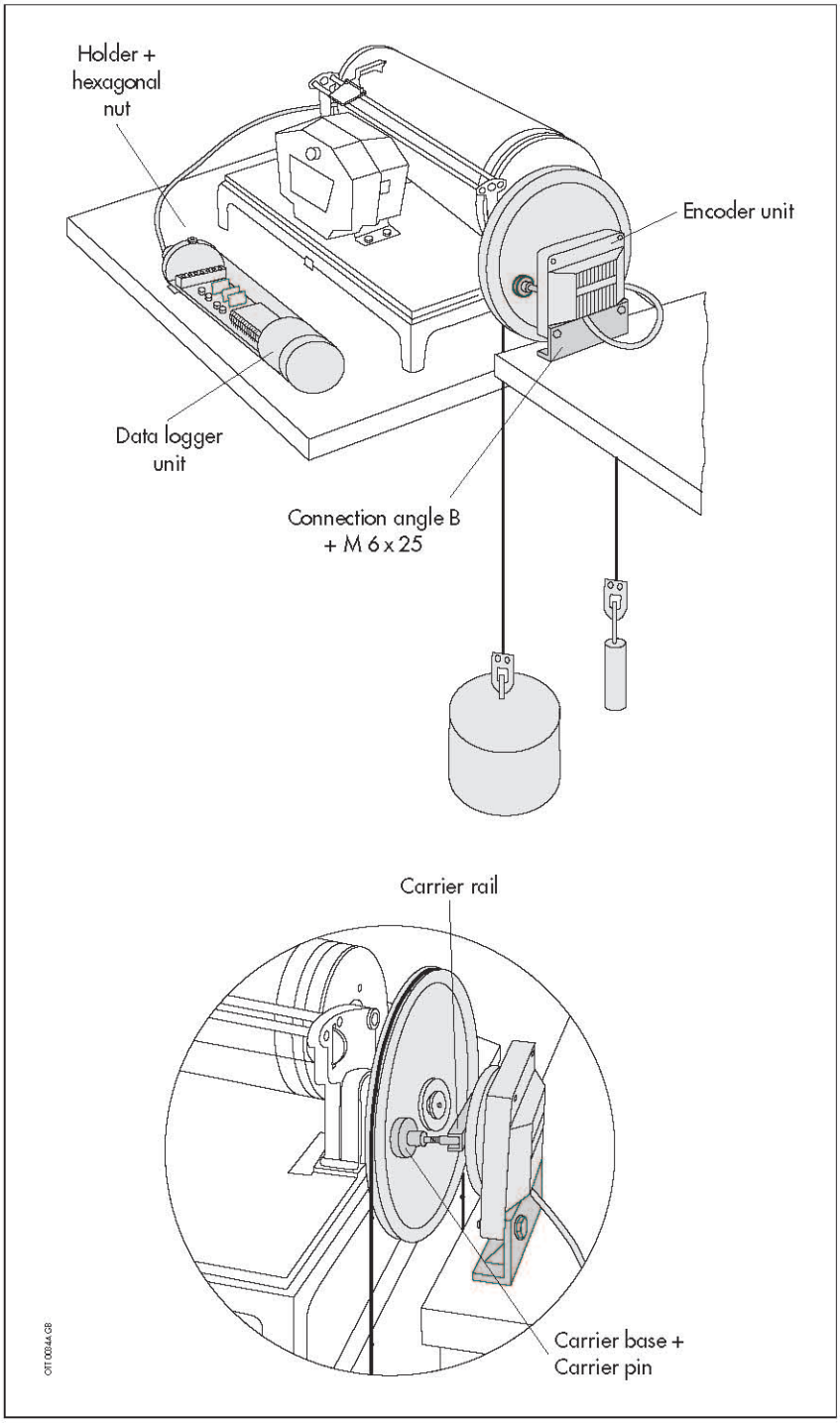


Fig. 9: Example of attachment to horizontal drum level recorder from another manufacturer

Connecting the Thalimedes by means of a carrier unit

Parts required:
Connection angle B ③
Holder ④
Carrier rail ⑤
Carrier base ⑥
Carrier pin ⑦
Adhesive strip ⑨



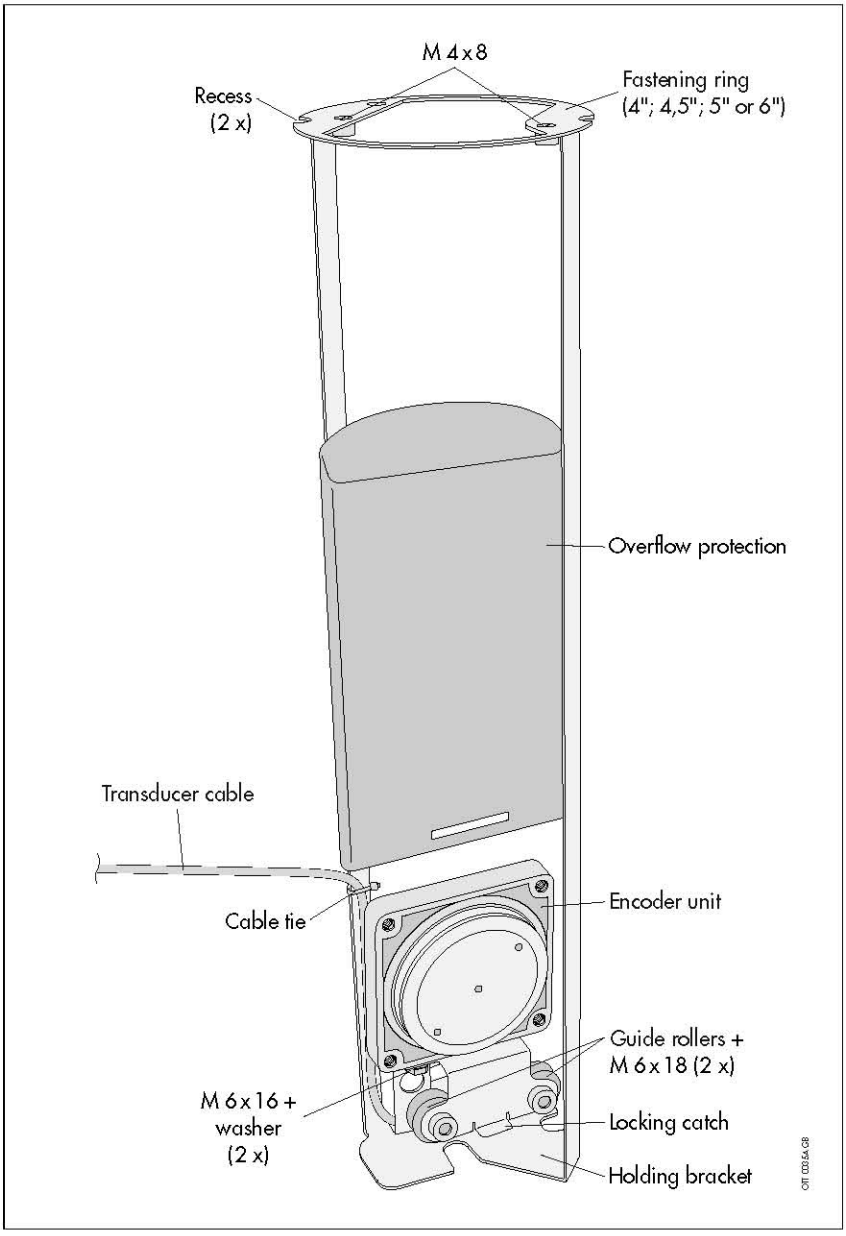
2.3 Installation in well pipe

Using the well pipe assembly set (accessories), the Thalimedes can also be installed in 4"; 4.5"; 5" or 6" pipes.
Top caps from OTT or HT are to be used to seal the pipes (others available on request). The holding bracket of the well pipe assembly set is designed so that the data logger unit may be easily removed during read out of the Thalimedes. An electric contact gauge may also be used without difficulty when the well pipe assembly kit is in place. The measuring tape is then passed in front of the holding bracket.

Follow the steps for assembly below:

- Select a fastening ring to suit the well pipe used.
- Fit the well pipe assembly kit and encoder unit – as shown in Fig.10; make sure to mount fastening ring as shown.
  The socket head cap screw with hexagon socket are supplied for the guide rollers; only fasten the screws (self-locking) lightly.
- Use a cable tie to attach the transducer cable to the holding bracket.

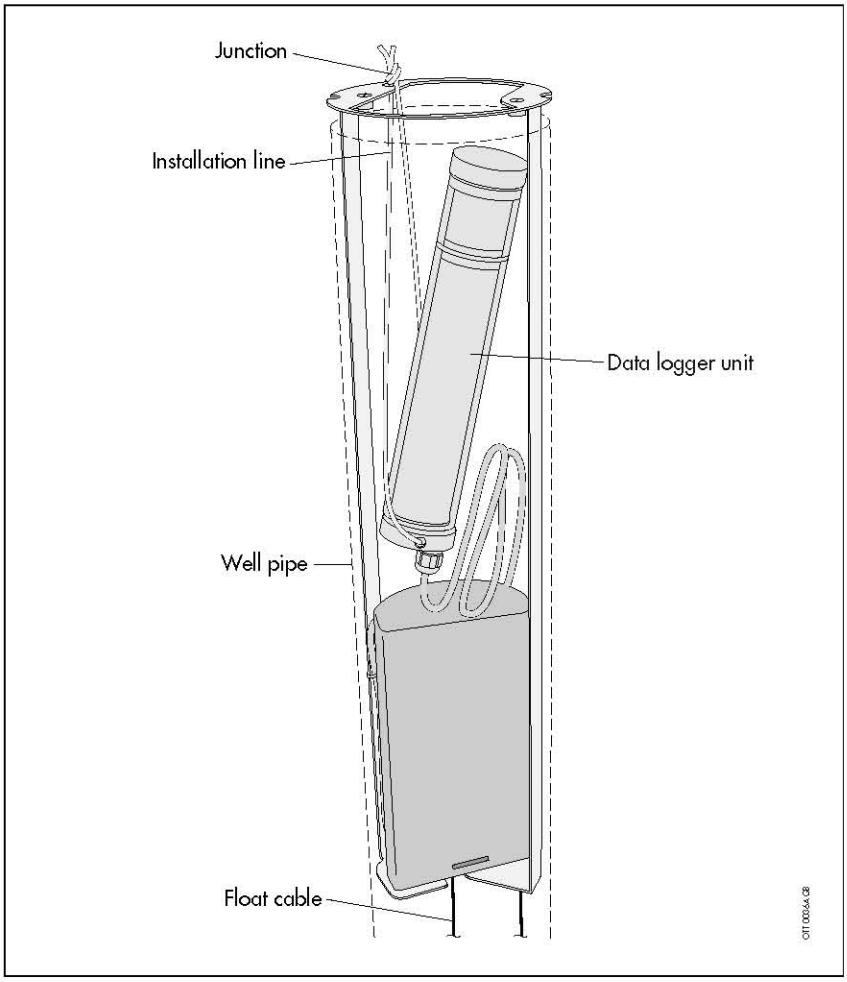
Fig. 10: Assembling Thalimedes Well Pipe installation kit



- Secure the data logger unit to the holding bracket with the installation line (see Fig. 11); the logger unit should remain outside holding bracket.
- Place float cable over the float pulley.
- Push overflow protection (functions using diving bell principle) over the encoder unit until it engages with both locking catches.
- Carefully lower float, then entire well pipe assembly kit and counterweight into the well pipe; the fastening ring will then come to rest on the bottom part of the top cap; the data logger unit remains outside the well pipe (in OTT top caps: Turn the fastening ring so that there is a recess on the suspension bracket of the top cap).
- Set Thalimedes operating parameters as described in Chapter 3.3
- Suspend Thalimedes in well pipe (see Fig.11).
- Close top cap

Fig. 11: Pipe assembly kit fitted with Thalimedes in a well pipe

For the sake of clarity, the top cap is not illustrated



3 Commissioning the Thalimedes

3.1 Fitting the battery

Follow the steps below:

- Detach the data logger unit from holder ④
- Unscrew the battery case cover
- Insert the battery as indicated on the label; use only the following type of battery: 1.5 V C-cell (LR 14 C AM 2); alkaline type
- Screw on the battery case cover and tighten securely; the Thalimedes briefly shows all display segments (during commissioning and if the battery is removed for more than 20 minutes).

The Thalimedes is now switched on and calculates measured values using the operating parameters set in the factory.

Battery life: up to 15 months depending on ambient temperature

- The battery must be replaced if the battery voltage falls below 1 V. It is especially important to change the battery in good time if the ambient temperature is below 0 °C and if inspection is only carried out at extended intervals. Battery service life is greatly reduced at temperatures below 0 °C. Depending on their design, alkaline batteries retain approx. 50 % of their original capacity (taken at 20 °C) at 0 °C and only approx. 25 % at –20°C.

Measured values saved in the Thalimedes are stored in a non-volatile memory. This prevents data loss during battery change, or when the device is stored without batteries for an extended period.

If changing a battery at a later stage takes longer than approx. 20 minutes, the time and the zero point must be reset (setting operating parameters: set time + measured value). This is the only instance where the measured values of the current day are not saved.

- Please remove the battery if decommissioning the Thalimedes. This will prevent the battery from being discharged prematurely and irrelevant measured values from being stored.

3.2 Activating the Thalimedes

The Thalimedes display is switched off in measuring mode. To read off the current measured value, you must activate (awake) the Thalimedes. The Thalimedes must also be activated when setting the operating parameters and reading out the measured values.

- To activate the Thalimedes, place your hand over the motion sensor until the display is visible (approx. 2 to 4 seconds). The display now indicates the current measured value.
- Place your hand briefly over the sensor again to consecutively display the values Time, Date, Battery voltage.
- The display switches off three minutes after the last time the sensor was activated by hand.

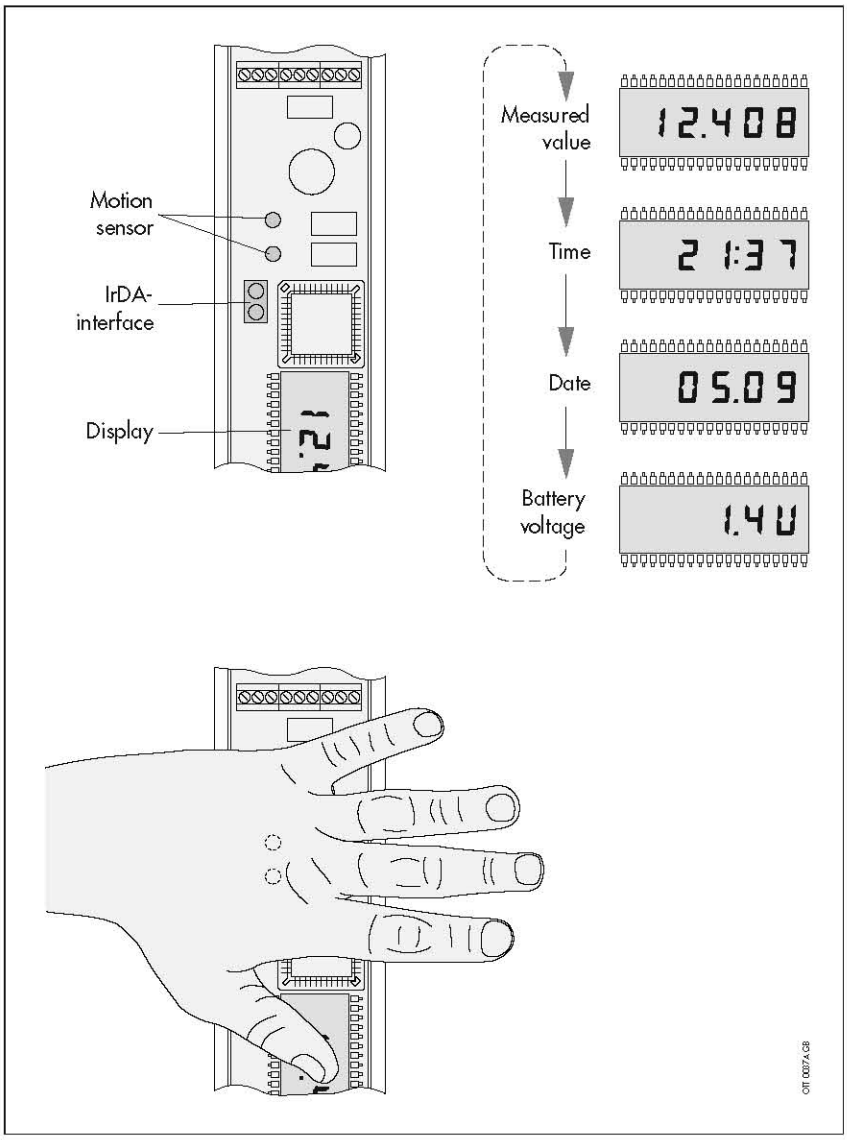


Fig. 12: Position of motion sensor/ display value sequence

The Thalimeds motion sensor only reacts to changes. This prevents objects which are permanently located near the sensor from accidentally activating the device (e. g. pipe inner wall).

The IrDA-interface is used to set the operating parameters and to read out the measured values.

3.3 Setting operating parameters

Various operating parameters must be set when commissioning the Thalimedes (Configuring Thalimedes).

The following equipment is required:

- A PC with infrared interface or with Linkit interface adapter (accessories); also the communication program HYDRAS II (KH2); version upwards of X1.35

or

- the OTT Multifunctional Unit VOTA with Linkit-interface adapter (accessories)

No direct contact is required to set parameters: they are set with an invisible infrared beam (IrDA-interface).

Setting parameters with a PC

Follow the steps below:

- Start communication program on the PC.
- Activate Thalimedes.
- Align the PC infrared interface in the direction of the Thalimedes; distance maximum 1 metre.
- Press function key F5 (Menu Special program/Thalimedes configuration)
- Press function key F1 (read); the software calls up the current (factory preset) settings; the parameter setting window appears:

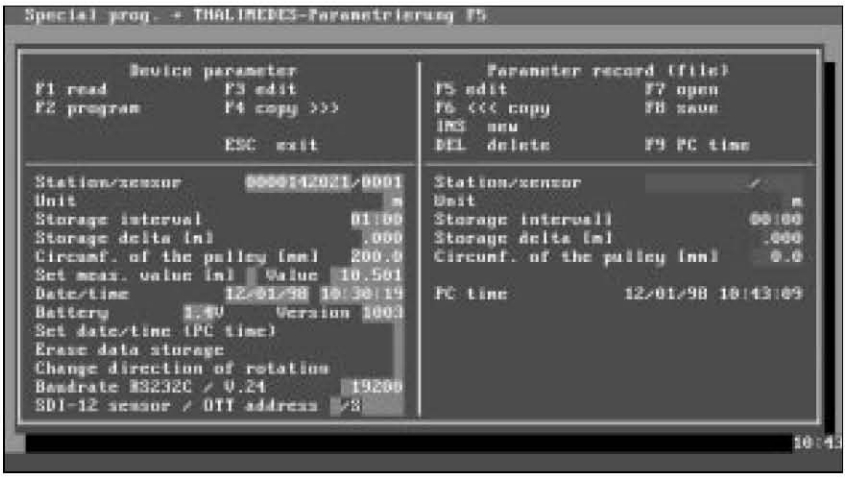


Fig. 13: Configuration window of communication program HYDRAS II

- Press function key F3 (edit) and enter the required values.
  The meaning of the various fields is explained on the following pages.
- Check: Thalimedes still active?; infrared interface still aligned?
- Press function key F2 (program); the operating parameters are now permanently stored in the Thalimedes.

Setting parameters with VOTA

Follow the steps below:

- Refer also to the VOTA operating manual.
- Prepare VOTA (see operating manual) and switch on.
- Activate Thalimedes.
- Align the VOTA infrared interface in the direction of the Thalimedes; distance maximum 1.5 metres.
- Select first menu item "Configuration" and "IrDA" ; the configuration window appears on the VOTA display.

Fig. 14: Configuration window of multifunctional unit VOTA

Press "extended" to call up the extended configuration window.

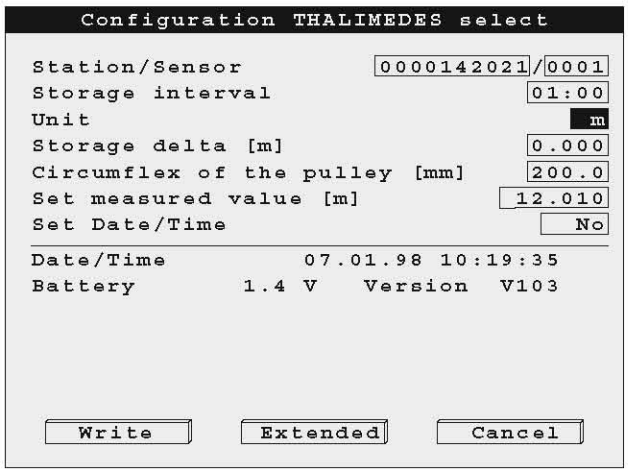
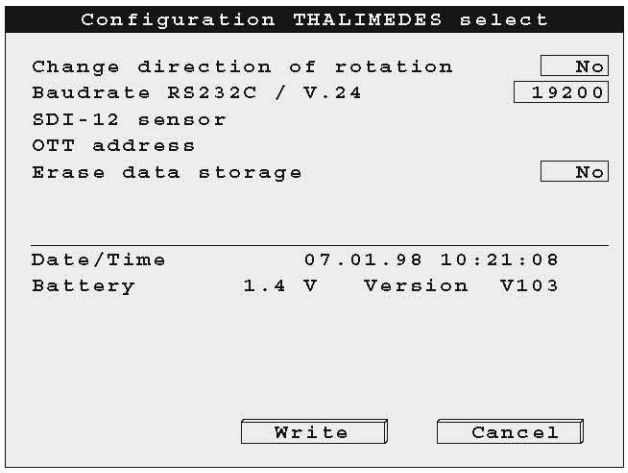


Fig. 15: Configuration window of multifuctional unit VOTA

Window with extended selection



- Enter the desired values. The meaning of the various fields is explained on the following pages.
- Check: Thalimedes still active?; infrared interface still aligned?
- Select "Write"; the operating parameters are now permanently stored in the Thalimedes.

Meaning of various input fields

- Station/sensor: Alphanumeric input according to individual requirements
- Unit: Either m, cm or ft (see table 1 on page 18!)
- Storage interval: Interval at which the Thalimedes calculates the measured values.
- Storage delta: The measured value is not stored if the difference between the previous stored value and the current measured value is less than the storage delta → aperiodic measured values. If 0 is entered here, the Thalimedes will store all measured values regardless of their magnitude → periodic measured values. Careful setting of the storage delta can filter out irrelevant fluctuations, such as wave motion. Aperiodic measured values also save storage space.
- Circumf. of the pulley: Circumference of the float pulley in operation; Thalimedes float pulley: 200 mm (1 mm float cable diameter); if the Thalimedes is connected to the level recorder with the carrier unit: Enter the circumference of the level recorder float pulley.
- Set meas. value: "Value" field: Establish relation to zero point → enter calculated measured value with staff gauge/electric contact gauge; Select "√" to adopt the value. (for VOTA: simply enter new value)
- Date/time: Display of Thalimedes time and date
- Battery: Anzeige der Batteriespannung in Volt
- Version: Display of battery voltage in volts
- Set date/time: Sets the Thalimedes time (uses PC/VOTA time)
- Erase data storage: Completely deletes Thalimedes measured value storage
- Change direction of rotation: Changes the effect of the float pulley direction of rotation on the measured value (count up/down); Select "√" to change the current effect (for VOTA: select "yes")
- Baudrate RS232C/V.24: The communication speed at which the integral RS 232-interface sends/receives (e. g. for modem operation).
- SDI-12 sensor/ OTT address: This function applies to future Thalimedes versions (US standard).

Factory settings

- Station/sensor: Device serial number/0001
- Unit: m
- Storage interval: 01:00 h
- Storage delta: 0.000 m
- Circumf. of the pulley: 200.0 mm
- Date/time: 01.01/00:00 (time starts when battery inserted)
- Baudrate RS232C/V.24: 19200

Setting measuring mode for level or depth measurement

Use the function "Change direction of rotation" to select between level and depht measurement.
This function simultaneously adjusts the effect of the float pulley-rotation direction on the measured value (count up/down). It depends on which end of the float cable the float and the counterweight are located respectively.

- Select the setting for function "Change direction of rotation" so that the following conditions are met:

	Water level	Measured value
Depht measurement	rises ↑	decreases ↓
	falls ↓	increases ↑
Level measurement	rises ↑	increases ↑
	falls ↓	decreases ↓

- You can test this setting by manually moving the float cable. The measured value on the display must react in accordance with the desired measuring mode.

Range of values for storage delta, float pulley circumference and measured value

Choosing a particular measuring unit means that the range of values for

- storage delta
- float pulley circumference
- measurement value

and the resolution possible are automatically set by the Thalimedes.

The following table indicates the corresponding value ranges:

Table 1: Possible settings for Unit/ Storage delta/Float pulley circumference and related measurement range, plus resolution which may be achieved

Unit	Storage delta	Float pulley circumference	Measurement value	Reso-lution
m	0–0.255 m	1.0–999.9 mm	0–±19.999 m	1 mm
cm	0–255 cm	1.0–999.9 mm	0–±19 999 cm	1 cm
ft	0–2.55 ft	0.010–9.999 ft	0–±199.99 ft	0.01 ft

4 Reading out stored measured values from Thalimedes

Follow the steps below (the prerequisites are the same as for point 3.3):

Readout with PC

- Start communication program on the PC.
- Activate Thalimedes.
- Align the PC infrared interface in the direction of the Thalimedes; distance maximum 1 metres.
- Press function key F3 (Menu Reading/all devices via IrDA).
- Measured values are copied to the PC from the Thalimedes. During this process "IrDA" appears on the Thalimedes display.

Readout with VOTA

- Refer also to the VOTA operating manual!
- Prepare VOTA (see operating manual) and switch on.
- Activate Thalimedes.
- Align the VOTA infrared interface in the direction of the Thalimedes; distance maximum 1.5 metres.
- Select menu item "Download data" and "IrDA".
- Measured values are copied from the Thalimedes to the VOTA; during this process "IrDA" appears on the Thalimedes display.

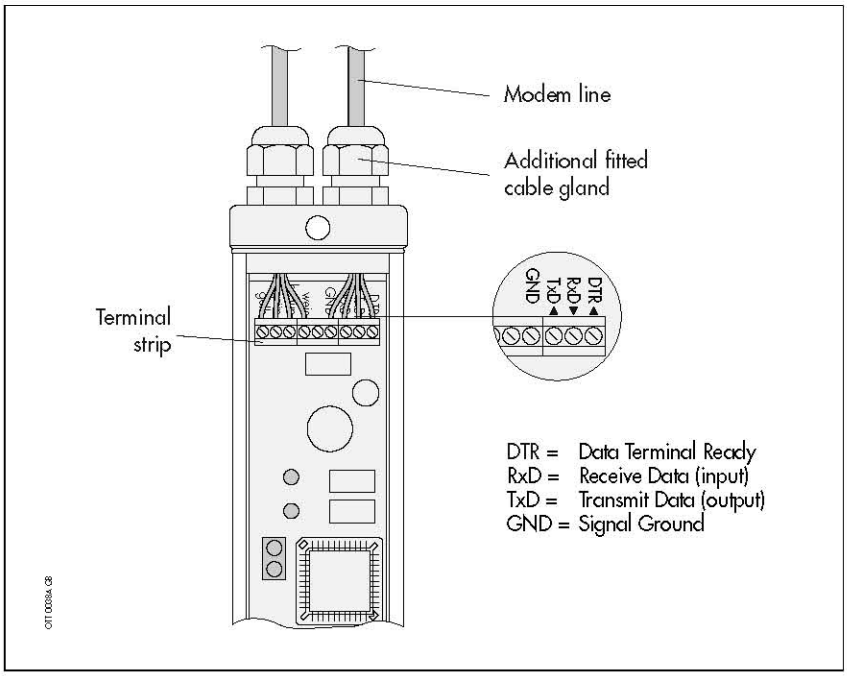
5 Connecting the Thalimedes RS 232-interface

It is possible to connect a modem to the serial RS 232-interface for remote sampling.
Fig. 16 displays the configuration of the terminal strip.

- Remove the welch plug from the data logger unit and attach the cable gland supplied.
- Attach modem connection.
- Initialise modem:
  – Take calls ATS0=2
  – DTR ignore = AT&D0
  – Command echo Off = ATE0
  – Checkback signals Off = ATQ1
  – Save settings = AT&W
  The modem communication speed must match the speed of the Thalimedes. Standard 19 200 bit/s (for high-speed modems 57 600 bit/s). Settings of serial interface: data bits: 8; parity: none; stop bits: 1; (8N1).
- Connect signal lines DTR + DSR and RTS + CTS of the modem.

Special modem initialisations available on request.

Fig. 16: Thalimedes terminal strip configuration



6 Error messages on display

If a measurement error or operational fault occurs, one of the following error messages appears on the display:

- **Err3** Measured value overflow
  The measuring range set has been been exceeded (measured value ≥ 20 m; ≥ 200 m; ≥ 200 ft). In this case the Thalimedes continues to count – from zero – and indicates the measured value and Err3 on the display alternately.
  This occurs, for example, when insufficient allowance has been made for fluctuations in the water level.
  If the water level returns to the valid range, the Thalimedes will once again calculate the correct measured values.
  - Select another measurement range, if applicable.
  - Check that float/float cable/float pulley/counterweight are not damaged and are functioning correctly.
- **Err4 Err5 Err6** Transducer cable either not properly connected or broken.
  - Check that transducer cable is properly connected to terminal block.
  - If transducer cable is broken: ask for replacement from manufacturer.
- **Err10** Measured value not calculated
  Measured value may not be calculated due to empty battery, e. g. severly depleted battery at lower ambient temperature
  - Replace battery

The Thalimedes saves these error messages instead of a measured value in data storage.

7 Technical data

Measurement range switch-selectable	± 19.999 m	± 199.99 m	± 199.99 ft
Resolution	0.001 m	0.01 m	0.01 ft
Maximum measuring error [1]	± 0.002 m ± 1 Digit	± 0.002 m ± 1 Digit	± 0.0066 ft ± 1 Digit

Data logger unit

Display	1 line LCD, 4 1/2 positions, 12 mm character height
Memory	approx. 30 000 measured values (EEPROM)
Sampling interval	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 min 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 h 0 = OFF
Interfaces	RS 232 C + infrared (IrDA)
Voltage supply	1 x 1,5 V „C-cell" (LR 14 C AM 2) alkaline type (excluding battery power supply)
Dimensions L x diameter	244 mm x 47 mm
Weight (ind. battery)	0.320 kg
Housing material	plastic
System of Protection	IP 68
Temperature range	–20 to +70 °C

Encoder unit

Float pulley circumference	200 mm
Standard float cable	1 mm diameter other diameters can be adjusted; e. g. 0.6 mm float cable diameter → set float pulley diameter to 198.7 mm
Dimensions L x W x H	82 mm x 82 mm x 34 mm
Weight	0.140 kg
Housing material	plastic
System of Protection	IP 54
Temperature range	–20 to +70 °C

Transducer cable

Length	1 m

EMI limit values

– Immunity to electrostatic discharge (ESD)	fulfills EN 61000-4-2 Intensity 2 (4 kV contact discharge)
– Immunity to electromagnetic fields (EMF)	fulfills EN 61000-4-3 Intensity 3 (10 V/m)
– Immunity against transient interference (burst)	fulfills EN 61000-4-4 Intensity special (4 kV)
– Immunity to lightning impulse voltages (surge)	fulfills EN 61000-4-5 Intensity 2 (1 kV)
– Conducted and radiated interference emission	fulfills EN 55022 class B

[1] Basic accuracy encoder unit (without float/float cable/counterweight)

OTT MESSTECHNIK GmbH & Co. KG

P.O. Box 21 40 · D-87411 Kempten
Ludwigstrasse 16 · D-87437 Kempten
Phone ++49(0)8 31 56 17-0
Fax ++49(0)8 31 56 17-2 09

e-mail: info@ott-hydrometry.de
Internet: http://www.ott-hydrometry.de

Publication number
55.430.000.B.E 03-0398

ภาคผนวก ข