โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 19/2555

เรื่อง

การศึกษาการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

Study of Correction of Temperature–Induced errors in Pressure–Type Water Level Gauge

โดย

นายภาณุ บัวทอง

นางสาวนิลปัทม์ บูรณะเจริญ

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พุทธศักราช 2556

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง การศึกษาการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

Study of Correction of Temperature-Induced errors in Pressure-Type Water Level Gauge

รายนามผู้ทำโครงการ นายภาณุ บัวทอง

นางสาวนิลปัทม์ บูรณะเจริญ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

.....

(ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย)

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

กรรมการ

.....

(อ.ดร.จิระกานต์ ศิริวิญชัยไมตรี)

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

หัวหน้าภาควิชา

.....

(ผศ.นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์)

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

บทคัดย่อ

เรื่อง : การศึกษาการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

โดย : นายภาณุ บัวทอง

นางสาวนิลปัทม์ บูรณะเจริญ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน :

.....

(ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย)

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

โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นการศึกษาเพื่อปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดัน การดำเนินงาน ประกอบด้วย การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระดับความลึกน้ำที่มีผลกระทบต่อความแม่นยำของข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน 2 ยี่ห้อ คือ ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS และ ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD การทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิทำการทดลองกับถังอะคริลิคที่มีความสูง 0.5 เมตร ทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยการเติมน้ำร้อนและน้ำเย็นและวัดที่ระดับน้ำคงที่ ส่วนการทดสอบอิทธิพลของระดับความลึกน้ำ ทำการทดลองจากถังน้ำที่มีความสูง 12 เมตร ทดสอบในช่วงความลึก 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 เมตร และวัดที่อุณหภูมิคงที่หรือช่วงเวลาเดียวกันหลาย ๆช่วงเวลา จะได้ค่าความลึกและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน จากนั้นนำมาวิเคราะห์เพื่อหาสมการความคลาดเคลื่อน

ผลการทดลองเปรียบเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ ปรากฏว่า เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series ความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำที่วัดได้มีแนวโน้มลดลงที่อุณหภูมิสูงขึ้นและความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิ (T) และความลึกของน้ำ (Y) มีผลกระทบต่อค่าที่อ่านได้จากตัวเครื่องวัดระดับน้ำ เมื่อได้ผลจากการทดลองแล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ได้สมการความคลาดเคลื่อน คือ E = -0.08793+0.003324T+0.004673Y ส่วนผลการทดสอบ เครื่องวัดระดับน้ำ ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD ระดับน้ำที่วัดได้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนมีค่าคงที่ แต่มีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าความลึกของน้ำ (Y) มีผลต่อค่าที่อ่านได้จากตัวเครื่อง เมื่อได้ผลการทดลองแล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ได้สมการความคลาดเคลื่อน คือ E = 0.004Y-0.001

Abstract

Title : Study of Correction of Temperature-Induced errors in Pressure-Type Water Level Gauge

By : Mr.Panu Buathong
Miss.Ninlapat Buranacharern

Project Advisor :

.....

(Asst Prof Dr.Ekasit Kositsakulchai)

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

This senior project studied the correction of errors in pressure-type water level gauge. The methodology consisted of the calibration of water level gauge and the study of influence of temperature and water depth on accuracy of two water level gauges: Siemens MPS and OTT CTD. The study of temperature influence was conducted on 0.5 m-height acrylic box. Temperature was changed by adding hot or cold water at constant water depth. The influence of water depth was tested on 12-m height tank, The observed water depth is 0.5,1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 and 6.0 m. Temperature was also measured at the same time. Then all observations were analyzed in order to develop the error correction equations.

The results show that measurement errors of Siemens MPS decreased when temperature was high,and increased with depth of water. Therefore, temperature and water depth had effects on measurement errors of Siemens MPS. The error correction equation for Siemens MPS was $E = -0.08793+0.003324T+0.004673Y$. For OTT, measurement errors were invariable with temperature, but increased with depth of water. Only water depth had effect on measurement errors of OTT. The error correction equation for OTT is $E = 0.004Y-0.001$

คำนิยม

ในการจัดทำโครงงานวิศวกรรมชลประทาน ผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ อ.ดร.จิระกานต์ ศิริวิญช์ไมตรี ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำในการจัดทำโครงงานวิศวกรรมชลประทานจนประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่คอยให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอความก้าวหน้าของโครงงาน จึงทำให้การดำเนินงานของโครงงานสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ประโยชน์และคุณความดีทั้งหลายอันพึงจะได้รับจากโครงงานวิศวกรรมชิ้นนี้ผู้จัดทำขอมอบให้แด่บิดาและมารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูมาด้วยความรักอันยิ่งใหญ่ คณาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ความสามารถต่างๆ ให้แก่ผู้จัดทำ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน จนประสบความสำเร็จในการศึกษา

ผู้จัดทำ

นายภาณุ บัวทอง

นางสาวนิลปัทม์ บูรณะเจริญ

มีนาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
คำนิยม	III
สารบัญภาพ	VI
สารบัญ ตาราง	VIII
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	5
เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย	6
เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้ฟองอากาศ	7
เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดัน	7
2.1.3 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด	8
2.2 การเลือกที่ตั้งสถานีวัดน้ำ	9
2.3 ข้อมูลเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD	10
2.3.1 รายละเอียดของระบบการทำงาน	10
2.3.2 การเตรียมการติดตั้ง	11
2.3.3 วิธีการติดตั้ง OTT CTD	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ข้อมูลเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini	15
2.4.1 รายละเอียดของระบบการทำงาน	15
2.4.2 การเตรียมการติดตั้ง	16
2.4.3 วิธีการติดตั้ง OTT Orpheus Mini	17
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	20
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	20
3.2 วิธีการทดลอง	28
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	30
4.1 การทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน	30
4.2 การทดสอบอิทธิพลของระดับน้ำต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน	33
4.3 ปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series	36
4.3.1 การใช้โปรแกรม MATLAB	36
4.3.2 การพิจารณาข้อมูลจากกราฟสามมิติ	39
4.3.3 การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ	41
4.4 ปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD	52
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	60
สรุป	60
ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก ก	63
ภาคผนวก ข	67

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง 4
ภาพที่ 2 เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง 5
ภาพที่ 3 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและลูกตุ้มน้ำหนัก 5
ภาพที่ 4 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย 6
ภาพที่ 5 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้ฟองอากาศ 7
ภาพที่ 6 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดัน 8
ภาพที่ 7 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด 9
ภาพที่ 8 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series 21
ภาพที่ 9 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD 21
ภาพที่ 10 เครื่อง RTU (Remote Terminal Unit) ยี่ห้อ EMBES รุ่น RTU 800 22
ภาพที่ 11 แหล่งจ่ายไฟตรง (Power Supply) ยี่ห้อ INTAW รุ่น S-50-12 22
ภาพที่ 12 โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program 23
ภาพที่ 13 IrDA Link USB 23
ภาพที่ 14 กล่องอะคริลิคสูง 0.5 เมตร 24
ภาพที่ 15 ถังน้ำสูง 12 เมตร 24
ภาพที่ 15 ไม้บรรทัด 25
ภาพที่ 16 เทอร์โมมิเตอร์ 25
ภาพที่ 18 ปลั๊กไฟ 26
ภาพที่ 19 แบตเตอรี่ ขนาด AA จำนวน 3 ก้อน 26
ภาพที่ 20 เทปกาว 27
ภาพที่ 21 คอมพิวเตอร์ 27
ภาพที่ 22 ต่อไฟตรงจากแหล่งจ่ายไฟตรง เพื่อจ่ายไฟให้แก่เครื่อง RTU และเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series 28
ภาพที่ 23 ต่อสาย ACD เพื่อนำข้อมูลจากเครื่องวัดระดับน้ำเข้าเครื่อง RTU สำหรับอ่านค่า 28
ภาพที่ 24 การเชื่อมต่อสาย IrDA Link USB กับคอมพิวเตอร์ 29
ภาพที่ 25 เปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำทั้งสองยี่ห้อกับระดับน้ำจริง ณ อุณหภูมิที่ต่างกัน 32
ภาพที่ 26 หน้าต่างของโปรแกรม MATLAB 2010 36
ภาพที่ 27 ป้อนข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ 37
ภาพที่ 28 หน้าต่าง Surface Fitting Tool 37
ภาพที่ 29 กราฟ Interpolant เมื่อกำหนดตัวแปร X, Y, Z 38
ภาพที่ 30 กราฟ Polynomial เมื่อกำหนดตัวแปร X, Y, Z 38

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 31 กราฟสามมิติ แสดงความคลาดเคลื่อน จากอุณหภูมิและระดับน้ำที่ 0.5 ถึง 6 เมตร 39
ภาพที่ 32 กราฟสามมิติ แสดงความคลาดเคลื่อน จากอุณหภูมิและระดับน้ำที่ 0.5 ถึง 5.5 เมตร 39
ภาพที่ 33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงก่อนปรับเทียบ 42
ภาพที่ 34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริง
(หลังปรับเทียบจากสมการที่ 1) 42
ภาพที่ 35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริง
(หลังปรับเทียบจากสมการที่ 2) 43
ภาพที่ 36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริง
(หลังปรับเทียบจากสมการที่ 3) 43
ภาพที่ 37 กราฟ Polynomial Degree X=1, Y=1 44
ภาพที่ 38 กราฟ Polynomial Degree X=2, Y=1 45
ภาพที่ 39 กราฟ Polynomial Degree X=1, Y=2 46
ภาพที่ 40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อน (m) กับระดับน้ำจริง (m) 55
ภาพที่ 41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงก่อนปรับเทียบ 55
ภาพที่ 42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริง
(หลังปรับเทียบจากสมการที่ 4) 56

สารบัญ ตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน 31
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบอิทธิพลของระดับน้ำต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน 34
ตารางที่ 3 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ จากกราฟ Polynomial Degree X=1,Y=1 48
ตารางที่ 4 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ จากกราฟ Polynomial Degree X=2,Y=1 50
ตารางที่ 5 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ จากกราฟ Polynomial Degree X=1,Y=2 52
ตารางที่ 6 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ OTT รุ่น CTD 57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในระบบชลประทาน ที่จำเป็นต้องมีการควบคุมระดับน้ำด้านเหนือน้ำหรือด้านท้ายน้ำ จึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำเพื่อทำการหาค่าระดับน้ำในแหล่งน้ำนั้น แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดระดับน้ำนั้นมาแปลงเป็นค่าปริมาณน้ำซึ่งเครื่องวัดระดับน้ำแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เครื่องวัดระดับน้ำแบบธรรมดา และ เครื่องวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ

โดยทั้งนี้ ได้มีการศึกษาและทดสอบขึ้น ซึ่งรวบรวมอยู่ในหนังสือ โครงงานวิศวกรรมชลประทาน เรื่อง การทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน จากหนังสือเล่มนี้ทำให้ศึกษาพบว่าในการใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ มีค่าที่วัดได้จากเครื่อง กับค่าที่วัดได้จากระดับน้ำจริงมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น และยังพบว่าบางช่วงเวลาข้อมูลที่อ่านได้จากเครื่องวัดน้ำแบบแรงดันมีความไม่แน่นอน ทั้งนี้หนังสือเล่มนี้ยังทำให้ทราบว่าอุณหภูมิอาจมีผลต่อข้อมูลจริง แต่ในการทดสอบยังมีความสูงของระดับน้ำไม่มากพอ ดังนั้นจึงต้องหาสาเหตุว่า อุณหภูมิของน้ำ มีผลต่อข้อมูลที่วัดได้ของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันอย่างไรบ้าง โดยถ้าเรามีค่าความสูงต่างๆ มากพอก็จะทำให้ได้ข้อมูลที่มากตามไปด้วย และนำค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ดังกล่าวมาใช้เป็นข้อมูล เพื่อหาค่าในการปรับแก้เครื่องวัดระดับน้ำ

โครงงานวิศวกรรมนี้ จึงได้ทำการทดสอบปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ โดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันที่มีความสามารถในการวัดอุณหภูมิได้ และทดสอบว่าอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดแบบแรงดันอย่างไร เพื่อหาค่าปรับแก้ในอุณหภูมิแต่ละช่วงของน้ำที่แตกต่างกัน ของการใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการใช้เครื่องวัดระดับแบบแรงดัน
2. เพื่อศึกษาว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน
3. เพื่อศึกษาว่าระดับน้ำมีอิทธิพลต่อค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน
4. เพื่อศึกษาค่าปรับแก้ที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาวิธีการใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งยี่ห้อSIEMENS รุ่น MPS series และ ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD
2. ศึกษาผลกระทบเนื่องจากอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ
3. ศึกษาผลกระทบเนื่องจากระดับน้ำต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ
4. ศึกษาหาค่าปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อเพื่อให้ค่าใกล้เคียงค่าระดับน้ำจริงให้มากที่สุด

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 การตรวจวัดระดับน้ำในแม่น้ำ

การวัดระดับน้ำในแม่น้ำสามารถวัดได้โดยเทียบกับระดับอ้างอิงที่ใดที่หนึ่ง เช่น การเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level) หรือ เทียบกับระดับท้องน้ำ เป็นต้น

เครื่องมือในการทำการวัดระดับน้ำ มีด้วยกันทั้งหมด 3 ลักษณะ โดยแบ่งจากหน้าที่การใช้งานและวิธีการใช้งานของตัวเครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วย 1. เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบธรรมดา 2. เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ 3. เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด

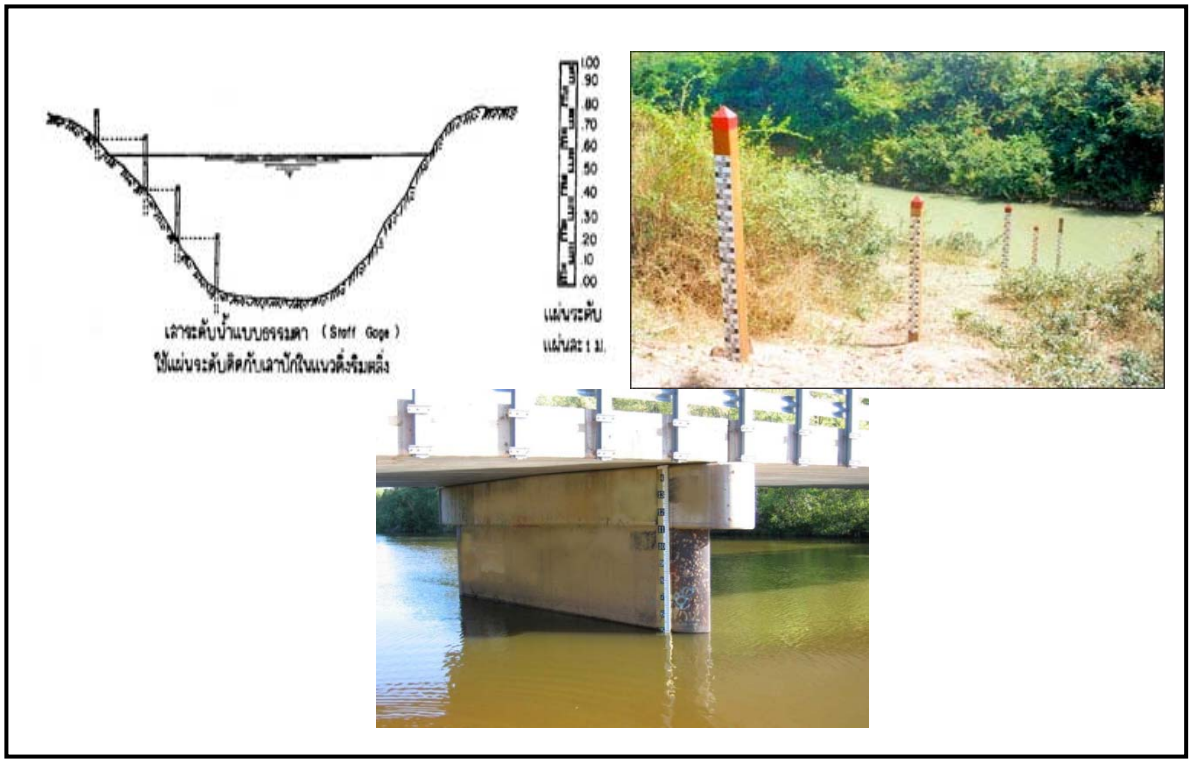
2.1.1 **เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบธรรมดา** เป็นเครื่องมือวัดระดับน้ำที่ติดตั้งอยู่กับที่ หรือนำไปตรวจวัดเป็นครั้งคราว เพื่อต้องการทราบค่าสูง-ต่ำของระดับน้ำเปรียบเทียบกับจุดคงที่ใดๆ ขณะที่ทำการตรวจวัด โดยปกติจะเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level : MSL) หรือค่า รทก. หรือระดับสมมติของสถานีนั้นๆ เครื่องมือในการสำรวจระดับน้ำแบบธรรมดา ได้แก่ 1.เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Vertical staff gauge) 2. เครื่องวัดระดับน้ำแบบเอียง (Slope gage) 3. เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและลูกตุ้มน้ำหนัก (Wire – Weight gauge)

1) เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Vertical staff gauge)

เป็นแผ่นวัดระดับน้ำชนิดที่ใช้วัดระดับน้ำในแนวดิ่ง หรือแนวตั้ง นิยมทำด้วยแผ่นโลหะหรือแผ่นเหล็กเคลือบ (Enamel) ขนาดความยาวแผ่นละ 1.00 เมตร กว้าง 0.15 เมตร แบ่ง Scale สำหรับอ่านค่าทุกๆ 1 หรือ 2 ซม. และเน้นระยะอ่านทุกๆ 10 ซม. และให้สีพื้นของแผ่นแตกต่างจากสีขาวของ Scale โดยเด่นชัดของแผ่นเจาะรูสำหรับติดแผ่นตัวเลขบอกระดับน้ำเป็นเมตร ขนาดแผ่นตัวเลขประมาณ 3 ซม. × 10 ซม. ทำด้วยแผ่นโลหะหรือเหล็กเคลือบชนิดเดียวกับแผ่นวัดระดับ

การใช้งาน

อ่านค่าระดับในแนวดิ่งที่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MSL หรือระดับสมมติของสถานีนั้นๆ ทำได้โดยปักเสาบนตลิ่งแม่น้ำ อาจมีค้ำยันด้วนถ้าจำเป็นและอ่านค่าระดับน้ำได้โดยตรงจากแผ่นระดับที่ติดไว้กับเสา หากไม่สามารถอ่านระดับน้ำตั้งแต่ระดับน้ำต่ำสุด จนถึงระดับน้ำสูงสุดได้ และในขณะเดียวกันที่ระดับน้ำขึ้นสูงยากต่อการอ่าน จะทำการติดตั้งเครื่องวัดไว้ ณ จุดต่างๆ ของลำน้ำ โดยให้เหลื่อมกันแผ่นละประมาณ 50 เซนติเมตร ในแนวรูปตัดขวางเดียวกัน



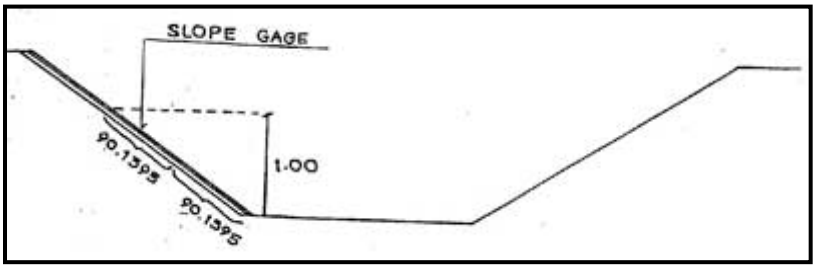
ภาพที่ 1 เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Vertical staff gauge)

2) เครื่องวัดระดับน้ำแบบเอียง (Slope gauge)

เป็นแผ่นวัดระดับน้ำที่ทำการติดตั้งตามความลาดของแม่น้ำลำคลอง โดยเฉพาะที่มีความลาดเอียง 1:1.5 จะวัดความสูงของระดับน้ำ ในแนวตั้งได้ 0.50 เมตร ฉะนั้นจึงต้องติดตั้ง 2 แผ่นต่อกันจึงจะอ่านค่า Scale ในแนวตั้งได้ 1.00 เมตร ส่วน Scale ที่เห็นจะใช้มาตราส่วน 1:1.5 การใช้งานอ่านค่าระดับในแนวดิ่งที่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MSL หรือระดับสมมติของสถานีนั้นๆ

การใช้งาน

อ่านค่าระดับในแนวดิ่งที่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MSL หรือระดับสมมติของสถานีนั้นๆ เสาระดับน้ำต้องใช้คนอ่านค่าระดับน้ำ ใช้กับสถานีในลำน้ำขนาดใหญ่พอสมควร มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำแต่ละวันไม่มากนัก มีสภาพลำน้ำที่สามารถจะติดตั้งเสาระดับได้ และต้องมีคนอยู่อ่านค่าได้วันละหลายครั้ง แต่มาตรฐานที่ใช้อ่านกัน คือ วันละ 2, 3, 5, 16 และ 24 เวลา ขึ้นกับวัตถุประสงค์



ภาพที่ 2 เครื่องวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Slope gauge)

3) เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและลูกตุ้มน้ำหนัก (Wire – Weight gauge)

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและลูกตุ้มน้ำหนัก ประกอบด้วยเส้นลวดที่มีขีดบอกระยะพันอยู่รอบเพลาหมุน โดยที่ปลายเส้นลวดจะมีตุ้มน้ำหนัก เมื่อต้องการวัดระดับน้ำก็ปล่อยตุ้มน้ำหนักลงมาจากระดับอ้างอิง เช่น ระดับสะพาน ระดับตลิ่ง หรือ ระดับอาคาร ที่ยื่นเข้าไปในแม่น้ำลงมาสัมผัสผิวน้ำ จะสามารถอ่านระยะหย่อนตุ้มน้ำหนักได้ เมื่อนำระดับอ้างอิงลบด้วยระยะหย่อนตุ้มน้ำหนัก จะได้ระดับน้ำตามต้องการ

ภาพที่ 3 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้เส้นลวดและลูกตุ้มน้ำหนัก (Wire – Weight gauge)

2.1.2 **เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ** เป็นเครื่องมือที่สามารถบันทึกข้อมูลระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาได้อย่างต่อเนื่อง เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ ได้แก่ 1. เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Floating – gauge recorder) 2. เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้ฟองอากาศ (Bubble gauge) 3. เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดัน (Pressure gauge)

1) เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Floating – gauge recorder)

เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย มักจะติดตั้งอยู่ในอาคารวัดระดับน้ำ ซึ่งมีท่อน้ำเข้าจากแม่น้ำเข้ามายังบ่อน้ำนิ่งที่มีลูกลอยของเครื่องบันทึกระดับน้ำลอยตามการขึ้นลงของระดับน้ำที่ทำการตรวจวัด

เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบใช้ทุ่นลอยแบ่งออกเป็นดังนี้

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

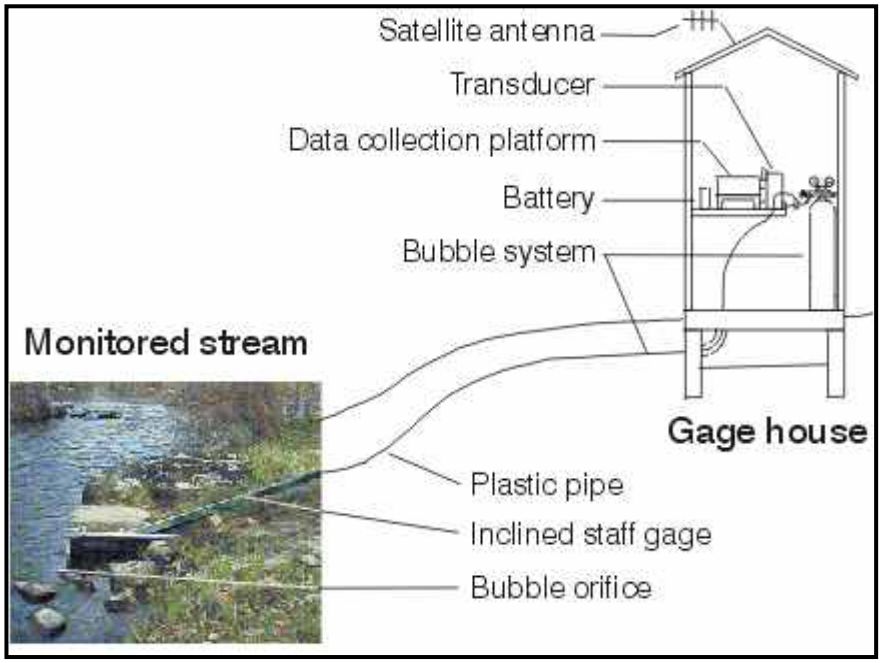
2. แบบ **Fuss 's Type** แบบนี้มีกลไกซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะถูกเขียน หรือบันทึกลงกระดาษที่พันไว้รอบแท่งทรงกระบอกโดยกระดาษที่ใช้บันทึกระดับน้ำ ถูกยึดติดกับลูกกรอก ซึ่งเคลื่อนที่เป็นอัตราส่วนกับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ เมื่อเปรียบเทียบแบบนี้กับ Richard 's Type แล้วจะบันทึกระดับน้ำในทิศทางเดียวกันกับการขึ้นลงของระดับน้ำ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

3. แบบ **Roll 's Type** แบบนี้มีกลไกซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ทำให้ลูกรอกหมุนรอบแกนนั้น จะถูกส่งไปโดยเฟืองตัวหนอน โดยปากกาจะเคลื่อนที่ไปในแนวราบและบันทึกการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ ลงบนกระดาษที่พันไว้รอบแท่งทรงกระบอกที่มีแกนอยู่ในแนวราบ Suikin Type ก็รวมอยู่ในแบบนี้มีปากกา 2 ตัว ตัวหนึ่งมีช่วงบันทึกระดับน้ำ โดยย่อเหลือ 1 เมตร และสามารถบันทึกกลับไปกลับมาได้ในช่วงเวลา 1 เมตร โดยไม่จำกัด ปากกาตัวที่สองมีช่วงบันทึกน้ำถึง 10 เมตร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำถูกบันทึกไว้ด้วยปากกา 2 ครั้ง จึงสามารถบันทึกระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงมากและมีความแม่นยำมากอีกด้วย

ภาพที่ 4 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบลูกลอย (Floating – gauge recorder)

2) เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้ฟองอากาศ (Bubble gauge)

เป็นเครื่องมือวัดระดับน้ำสำหรับบางพื้นที่ที่มีปัญหาตะกอนที่ไหลปนมากับน้ำ ซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบทุ่นลอยเพราะตะกอนจะไหลเข้าไปอุดตันในท่อที่ต่อเข้าในอาคารวัดน้ำ จึงใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้ฟองอากาศ ซึ่งจะใช้ถังบรรจุก๊าซไนโตรเจนแห้ง (dry nitrogen) ปล่อยเป็นแรงดันผ่านท่อที่มีปลายใต้ผิวน้ำ ซึ่งความดันที่ปลายท่อที่ปล่อยฟองอากาศออกมาจะสามารถแปลงเป็นความสูงน้ำ ทำให้ทราบระดับน้ำในเครื่องบันทึกได้



ภาพที่ 5 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบใช้ฟองอากาศ (Bubble gauge)

3) เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดัน (Pressure gauge)

เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการที่เมื่อระดับน้ำเปลี่ยนแปลง จะทำให้ความกดดันของน้ำเปลี่ยนแปลง ทำให้ Transducer เปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณทางไฟฟ้า ของสถานีที่ทำการตรวจวัด จากหลักการนี้ทำให้มีการนำไปทำ Transducer ที่แตกต่างกันได้หลายแบบแต่ก็จะมีหลักการที่นำเอาความกดดันของน้ำนี้มาแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า Transducer ของค่าความกดดันทางไฟฟ้าจะมีหลักการทำงานที่สำคัญอยู่ 2 ประการ คือ ความกดดันซึ่งจะผันแปรกับค่าระดับน้ำ และการแปลงค่าความกดดันเป็นค่าสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งค่าสัญญาณทางไฟฟ้านี้จะนำไปต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลอีกทีหนึ่ง เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดัน มีด้วยกันหลายรูปแบบ จะแตกต่างกันออกไปตามรูปแบบการใช้งานและการออกแบบของบริษัทที่ทำการผลิต

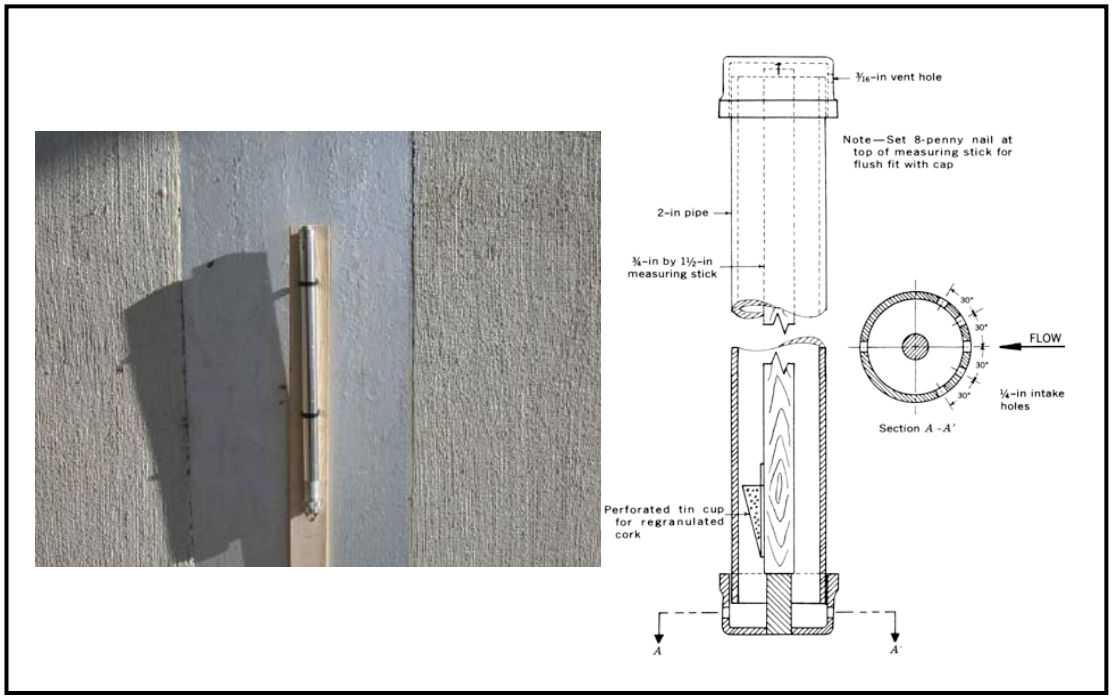
(ก) (ข)

ภาพที่ 6 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดัน (Pressure gauge)
ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series (ก), ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD (ข)

2.1.3 **เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด** (Crest – Stage gauge)

เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุดประกอบด้วยไม้วัดระดับน้ำทั่วไป (Ordinary staff gauge) ที่มีความกว้างและความยาวที่พอเหมาะในการตรวจวัดระดับน้ำสูงสุดในท่อเหล็กอาบสังกะสี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2 นิ้ว โดยท่อเหล็กอาบสังกะสีจะมีหน้าแปลนท่อที่ปลายทั้ง 2 ด้าน และมีการเจาะรูเล็กๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 นิ้ว หลายๆ รูรอบปลายท่อด้านล่าง

การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุดจะเริ่มจากการนำท่อเหล็กอาบสังกะสีไปติดตั้งในลำน้ำ โดยด้านล่างอยู่ที่ระดับอ้างอิงของลำน้ำ (Stream datum) หรือระดับที่เทียบกับระดับอ้างอิงของลำน้ำ จากนั้นก็นำไม้วัดระดับน้ำใส่ลงไปในท่อ แล้วจึงนำเศษไม้ก๊อก (Cork) หรือผงไม้ใส่เข้าไปในท่อเมื่อมีเหตุการณ์น้ำหลากไหลผ่าน น้ำในลำน้ำจะไหลเข้าตามรูเล็กๆ ทำให้เศษไม้ก๊อกหรือผงไม้ลอยขึ้นและไปเกาะที่ไม้วัดระดับน้ำ ทำให้สามารถอ่านระดับน้ำสูงสุดได้ตามต้องการ และเมื่อต้องการตรวจวัดในครั้งต่อไป ก็ทำได้โดยล้างไม้วัดระดับน้ำให้สะอาด แล้วนำไม้วัดระดับน้ำและเศษไม้ก๊อกหรือผงไม้ใส่ลงไปในท่อเหล็กอาบสังกะสีเพื่อวัดระดับน้ำสูงสุดต่อไปได้



ภาพที่ 7 เครื่องมือวัดระดับน้ำสูงสุด (Crest – Stage gauge)

2.2 การเลือกที่ตั้งสถานีวัดน้ำ (Gauging station)

ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงานอุทกวิทยา ซึ่งสถานีวัดน้ำที่ดีต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. การเข้าถึง (accessibility) สถานีวัดน้ำที่ดีควรมีความสะดวกในการตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหลได้ในทุกสภาพอากาศ ไม่ว่าจะเกิดฝนตกหนัก หรือเกิดน้ำท่วมก็สามารถที่จะเข้าวัดระดับน้ำได้โดยไม่มีความขัดข้องเกิดขึ้น
2. ความเพียงพอ (adequacy) สถานีวัดน้ำควรจะสามารถวัดระดับน้ำและอัตราการไหลได้ที่ระดับความสูงน้ำต่างๆ
3. การมีเสถียรภาพ (stability) สถานีวัดน้ำควรจะอยู่ในบริเวณหน้าตัดทางน้ำที่มั่นคง มีเสถียรภาพ และไม่เกิดการกัดเซาะหรือการตกตะกอนในลำน้ำ มีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำคงที่ หรือไม่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย และควรจะอยู่บริเวณลำน้ำที่ไหลตรง
4. ความถาวร (permanency) สถานีวัดน้ำควรตั้งอยู่ในบริเวณที่ไม่ถูกรบกวนจากสาเหตุใดๆ ที่จะมีผลทำให้ข้อมูลผิดพลาดหรือข้อมูลสูญหาย

2.3 ข้อมูลเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD

การตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำโดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD

2.3.1 รายละเอียดของระบบการทำงาน

เครื่องวัดระดับน้ำใต้ดินและสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินแบบต่อเนื่อง ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD มีคุณสมบัติให้การวัดและการบันทึกของระดับน้ำใต้ดินที่แม่นยำ พร้อมกับค่าอุณหภูมิและสภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity) ของน้ำใต้ดิน ซึ่งยังสามารถคำนวณแปลงไปเป็นค่าความเค็ม (Salinity) และค่า TDS (Total Dissolved Solids) ได้อีกด้วย โดยขึ้นอยู่กับข้อมูลเฉพาะที่ต้องการ

หัววัดใช้หลักการวัดความดันของคอลัมน์น้ำเหนือระดับหัววัด เพื่อตรวจสอบและคำนวณแปรผลไปเป็นในรูปของค่าระดับน้ำ โดยมีระบบการชดเชยความดันที่ถูกออกแบบให้มาพร้อมอยู่ภายในสายเคเบิลส่งสัญญาณ เพื่อให้ค่าที่อ่านได้นั้น สามารถชดเชยความดันอากาศให้กับหัววัดแรงดันน้ำ ณ เวลาปัจจุบัน จึงช่วยทำให้ลดค่าผิดพลาดจากผลการวัดได้ เนื่องจากความผันผวนของความดันชั้นบรรยากาศ

OTT CTD มีการวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้า โดยใช้หัววัดการนำไฟฟ้าที่ทำจากกราไฟท์จำนวน 4 ขั้วอิเลคโทรด พร้อมด้วยหัววัดค่าอุณหภูมิเพื่อการชดเชยค่าสภาพนำไฟฟ้าที่วัดได้

ขั้นตอนการ ชดเชยอุณหภูมิในการวัดค่าการนำไฟฟ้า หรือความเค็ม OTT CTD และที่ใช้อ้างอิงเพื่อการชดเชย วิธีการคำนวณระดับน้ำ 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)

OTT CTD สามารถกำหนดค่าอ้างอิง เพื่อให้ผลการวัดสามารถออกมาในรูปแบบของค่าความลึกจากจุดอ้างอิง หรือหากไม่ระบุค่าอ้างอิง ค่าที่วัดได้ก็สามารถอ่านเป็นค่าระดับของแรงดันของช่วงการวัดได้

“OTT CTD Operating program” สำหรับกำหนดการตั้งค่าระบบการทำงานของ OTT CTD ช่วยอำนวยความสะดวก และมีความยืดหยุ่นปรับให้เหมาะสมกับความต้องการที่หลากหลายของการวัด

ซอฟต์แวร์นี้ยังสามารถตั้งค่าขั้นพื้นฐาน เพื่อควบคุมการติดต่อส่งผ่านข้อมูล และช่วยให้การตั้งค่าทั้งหมดมีการปรับเปลี่ยน เพียงภายในหน้าต่างของโปรแกรมเดียว สามารถควบคุมช่วงการวัดของตัวอย่าง และยังสนับสนุนการทำงานของการทดสอบเครื่องสูบน้ำได้อีกด้วย

การเก็บบันทึกค่าที่วัดได้ โดยสามารถดาวน์โหลดผ่านทางอินฟาเรด อินเตอร์เฟซ (IrDA Interface) สำหรับการอ่านข้อมูลแบบไร้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมการดำเนินงาน OTT CTD หรือ OTT Hydras 3 หรือ พีดีเอ กับ OTT Hydras 3 พ็อกเก็ต ร่วมกับฝาด้านบน OTT ITC (อุปกรณ์เสริม)

การถ่ายโอนข้อมูล จากระยะไกลและกำหนดพารามิเตอร์ที่เป็นไปได้ จากระยะไกลผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ GSM (GSM = ระบบการสื่อสารระดับโลกสำหรับมือถือ) การถ่ายโอนข้อมูลจากระยะไกลสามารถเลือกที่จะดำเนินการโดยข้อความ SMS หรือการใช้แพ็คเก็ตที่มุ่งเน้นบริการ GPRS ส่งคลื่นสัญญาณมือถือ (ตามแพ็คเก็ตบริการทั่วไป)

OTT CTD มีลักษณะการติดตั้งโดยวิธีการแขวนไว้ในบ่อสังเกตการณ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในตั้งแต่ 1 นิ้วขึ้นไป

กรณีใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ประเภทลิเธียม 1.5 V (ชนิด AA) จะมีอายุการใช้งานได้นานกว่า 5 ปี หรือหากใช้แบตเตอรี่ประเภทอัลคาไลน์จะมีอายุการใช้งานได้ประมาณ 1.5 ปี (ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างทุกๆ 1 ชั่วโมง, ความยาวสายเคเบิล 50 m)

2.3.2 การเตรียมการติดตั้ง

1. ข้อควรระวัง
    - ควรใช้ประเภทแบตเตอรี่ตามที่ระบุในการสั่งซื้อมา
    - ควรจะใช้แบตเตอรี่ใหม่ทั้งชุด ไม่ควรใช้แบตเตอรี่ยี่ห้ออื่นๆ ผสมกัน
    - ห้ามใช้แบตเตอรี่ต่างผู้ผลิตมาใช้ร่วมกัน
    - ห้ามใช้แบตเตอรี่ประเภทลิเธียมและอัลคาไลน์ร่วมกัน
    - ควรกำจัด / ทิ้งแบตเตอรี่ที่เสื่อมแล้วอย่างถูกวิธี (ไม่ควรรวมไว้ในขยะครัวเรือน)
2. แบตเตอรี่ชนิดที่เหมาะสม

    ได้แก่ แบตเตอรี่ประเภทลิเธียม หรืออัลคาไลน์ alkaline or lithium design (LiFeS;Energizer L91) จำนวน 3 ก้อน ขนาด 1.5 V AA cells (LR6/FR6)
3. วิธีการใส่แบตเตอรี่ ดังต่อไปนี้
    - Slide ท่อครอบของส่วน Communication unit ลงประมาณ 30 ซม. ลงไปในทิศทางของสายเคเบิลด้านหัววัดแรงดัน โดยยึดส่วนหัว IrDA-Interface ไว้
    - ใส่แบตเตอรี่ (LR6/FR AA) จำนวน 3 ก้อน ในช่องใส่แบตเตอรี่
    - ตรวจสอบให้แน่ใจว่าใส่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าถูกต้อง
    - จากนั้นให้ใส่ส่วนท่อ Communication unit กลับคืนเหมือนเดิม

ข้อแนะนำ

- การเริ่มต้นการทำงานของ OTT CTD จะเริ่มภายหลังจากใส่แบตเตอรี่ไม่กี่วินาที (ไม่มีสวิทช์เปิด/ปิด โดยตรง)
- หากจะทำการปิดการทำงานของ OTT CTD ให้ถอดแบตเตอรี่ออก ซึ่งจะช่วยป้องกันแบตเตอรี่จ่ายพลังงานออกไปโดยสิ้นเปลือง และเครื่องจะหยุดการบันทึกข้อมูลใดๆ ที่ไม่ต้องการตรวจวัด
- ระบบบันทึกของ OTT CTD เป็นชนิด non-volatile memory ซึ่งจะช่วยป้องกันการสูญหายของข้อมูลในขณะเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ นอกจากนี้ยังสามารถเก็บรักษาข้อมูลในช่วงเวลายาวนาน เมื่อทำการถอดแบตเตอรี่ออกเมื่อไม่ใช้งานได้ด้วย
- แต่หากมีการใช้เวลานานประมาณ 10 นาที ในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ เวลาและวันที่ อาจจำเป็นจะต้องทำการป้อนใหม่อีกครั้ง
- ขอแนะนำให้ทำการเปลี่ยนแคปซูล “สารดูดความชื้น” พร้อมทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่

4. อายุการใช้งานของแบตเตอรี่

   กรณีเก็บบันทึกทุกๆ 1 ชั่วโมง ด้วยความยาวเคเบิล 50 ม. (กรณีไม่ใช้ร่วมกับOTT ITC)

   - แบตเตอรี่ลิเธียม : อย่างน้อย 5 ปีขึ้นไป
   - แบตเตอรี่อัลคาไลน์ : อย่างน้อย 1.5 ปี ขึ้นไป (ประเภทแบตเตอรี่ที่มีคุณภาพสูง)

   ข้อแนะนำ

   โปรแกรมการดำเนินงาน OTT CTD มีฟังก์ชั่นการคำนวณ ที่กำหนดการแสดงค่าระดับพลังงานที่เหลือ (โดยประมาณ) ของแบตเตอรี่และแสดงประเภทแบตเตอรี่ในโปรแกรมด้วย

5. วิธีตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (Battery Life Time)
   - ให้ทำการตั้งค่าเครื่องคอมพิวเตอร์ / เชื่อมโยง การสื่อสาร OTT CTD
   - เลือกเมนู “OTT CTD”, “View Instantaneous Values” ฟังก์ชัน” เพื่อให้ OTT CTD เริ่มต้นการวัดค่า ณ ปัจจุบันทันที จากนั้นไปที่ “The Observer” หน้าจอโปรแกรมหลักจะแสดงค่ากระแสและระดับพลังงานของแบตเตอรี่
   - ถ้าหากว่าแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ในปัจจุบันน้อยกว่า 3.6 - 3.7 โวลต์ ควรทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่
   - จากนั้นคลิกที่ปุ่ม “Exit” และปิดโปรแกรมการดำเนินงาน

2.3.3 **วิธีการติดตั้ง** OTT CTD

1. กรณีระบบ ความยาว ถึง 100 เมตร

การติดตั้ง OTT CTD จะสามารถดำเนินการได้นั้น จำเป็นจะต้องทราบถึงรูปแบบและปัจจัยหลักๆ ของระบบการทำงานก่อน ได้แก่ รูปแบบการวัด อุปกรณ์เสริมที่จำเป็น และรูปแบบของการติดตั้ง ซึ่งมีความแตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อน้ำใต้ดิน และลักษณะการออกแบบของฝาปิดด้านบนปากบ่อ

2. กรณีการติดตั้งในบ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1, 2, 3, 4, 5 หรือ 6 นิ้ว (โดยใช้แผ่นรองอะแดปเตอร์)

อุปกรณ์ที่ต้องการ ได้แก่ แหวนอะแดปเตอร์ สำหรับบ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว

- ติดตั้งแบตเตอรี่ชุดใหม่ พร้อมตรวจสอบสภาพหัววัด และCalibration ค่าสภาพนำไฟฟ้า
- เปิดผาครอบบ่อออก (ถ้ามี)
- ติดตั้งแผ่นอะแดปเตอร์เข้ากับปากบ่อขนาด 1 นิ้ว โดยมีแหวน O-ring รองด้านใต้ขอบอะแดปเตอร์กั้นกับขอบบ่อไว้
- ตรวจสอบความลึกของบ่อและระดับน้ำ ณ ปัจจุบัน ด้วยเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดินแบบ Contact gauge และทำการจดบันทึก เพื่อตรวจสอบระดับที่ต้องการติดตั้ง
- จับสายเคเบิ้ลแล้วค่อยๆ หย่อนหัววัดลงในบ่อด้วยความระมัดระวังป้องกันมิให้เกิดการกระแทกของ Pressure probe กับขอบผิวของบ่อด้านล่าง
- หย่อนสายเคเบิ้ลลงไปจนใกล้ถึง Communication unit แล้วให้ทำการยกและปล่อยสายขึ้น – ลง ประมาณ 30 ซม. อย่างเร็วต่อเนื่องกันสักพัก เพื่อกำจัดฟองอากาศที่อาจเกาะที่หัววัดได้
- จากนั้นให้หย่อนสายลงไปต่อจนถึง Communication unit และให้ทำการสอดล็อคเข้ากับช่องอะแดปเตอร์ และให้แน่ใจว่ามีการยึดตัวอย่างพอดีกับแผ่นอะแดปเตอร์
- ตรวจสอบค่าความลึกที่วัดได้ ณ ปัจจุบัน และจดบันทึก
- ทำการกำหนดตั้งค่าการทำงานเก็บข้อมูล OTT CTD ใน Operating Program
- ปิดฝาครอบบ่อตรวจวัดลงตามเดิมให้มิดชิด (ข้อควรระวัง: ควรเว้นระยะห่างของฝาด้านในกับอินเตอร์เฟส IrDA ไว้เล็กน้อย เพื่อป้องกันการกระแทกกันขณะปิดฝาครอบ)

3. การติดตั้งในบ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วขึ้นไป (โดยไม่ใช้แผ่นรองอะแดปเตอร์)

อุปกรณ์เสริมที่จำเป็น ได้แก่ ฝาครอบด้านบนแบบมีรูเจาะสกรูได้ และตัวยึดชนิดกันสะเทือน

คำเตือน: จะต้องมีพื้นที่ระยะห่างเพียงพอ ฝาครอบด้านในกับตัวอินเตอร์เฟซ อินฟราเรด IrDA เพื่อป้องกันความเสียหาย เมื่อจะทำการปิดของฝาด้านบน

- ติดตั้งแบตเตอรี่ชุดใหม่ พร้อมตรวจสอบสภาพหัววัด และCalibration ค่าสภาพนำไฟฟ้า

- เปิดฝาครอบบ่อออก (ถ้ามี)
- ติดตั้งฝาครอบพิเศษแบบมีรูเจาะสกรูด้านบนโดยมีแหวน O-ring รองกับขอบปากบ่อไว้
- จากนั้นติดตั้งตัวยึดชนิดกันสะเทือน โดยสกรูขั้นเข้ากับฝาครอบพิเศษที่ขอบปากบ่อ
- ตรวจสอบความลึกของบ่อและระดับน้ำ ณ ปัจจุบัน ด้วยเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดินแบบ Contact gauge และทำการจดบันทึก เพื่อตรวจสอบระดับที่ต้องการติดตั้ง
- จับสายเคเบิ้ลแล้วค่อยๆ หย่อนหัววัดลงในบ่อ ผ่านช่องของตัวยึดด้วยความระมัดระวังป้องกัน มิให้เกิดการกระแทกของ Pressure probe กับขอบผิวของบ่อด้านล่าง
- หย่อนสายเคเบิ้ลลงไปจนใกล้ถึง Communication unit แล้วให้ทำการยกและปล่อยสายขึ้น - ลง ประมาณ 30 ซม. อย่างเร็วต่อเนื่องกันสักพัก เพื่อกำจัดฟองอากาศที่อาจเกาะที่หัววัดได้
- จากนั้นให้หย่อนสายลงไปต่อจนถึง Communication unit และให้ทำการสอดล็อคเข้ากับช่องอะแดปเตอร์ และให้แน่ใจว่ามีการยึดตัวอย่างพอดีกับแผ่นอะแดปเตอร์
- ตรวจสอบค่าความลึกที่วัดได้ ณ ปัจจุบันและจดบันทึก
- ทำการกำหนดตั้งค่าการทำงานเก็บข้อมูล OTT CTD ใน Operating Program
- ปิดฝาครอบบ่อตรวจวัดลงตามเดิมให้มิดชิด (ข้อควรระวัง: ควรเว้นระยะห่างของฝาด้านในกับอินเตอร์เฟส IrDA ไว้เล็กน้อย เพื่อป้องกันการกระแทกกันขณะปิดฝาครอบ)
- ตรวจสอบความลึกในปัจจุบัน การติดต่อ กับวัด และจดบันทึกของเครื่อง
- กำหนดค่าสำหรับการดำเนินงานด้วย Operating Program
- ปิดฝาครอบด้านบน

2.4 ข้อมูลเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini

การตรวจวัดข้อมูลระดับน้ำโดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini

2.4.1 รายละเอียดของระบบการทำงาน

เครื่องวัดระดับน้ำใต้ดินและสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินแบบต่อเนื่อง ยี่ห้อ OTT รุ่น Orpheus Mini มีคุณสมบัติให้การวัดและการบันทึกของระดับน้ำใต้ดินที่แม่นยำ พร้อมกับค่าอุณหภูมิของน้ำใต้ดิน

หัววัดใช้หลักการวัดความดันของคอลัมน์น้ำเหนือระดับหัววัด เพื่อตรวจสอบและคำนวณแปรผลไปเป็นในรูปของค่าระดับน้ำ โดยมีระบบการชดเชยความดันที่ถูกออกแบบให้มาพร้อมอยู่ภายในสายเคเบิลส่งสัญญาณ เพื่อให้ค่าที่อ่านได้นั้นสามารถชดเชยความดันอากาศให้กับหัววัดแรงดันน้ำ ณ เวลาปัจจุบัน จึงช่วยทำให้ลดค่าผิดพลาดจากผลการวัดได้ เนื่องจากความผันผวนของ ความดันชั้นบรรยากาศ

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)

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) การถ่ายโอนข้อมูล

จากระยะไกลสามารถเลือกที่จะดำเนินการโดยข้อความ SMS หรือการใช้แพ็คเก็ตที่มุ่งเน้นบริการ GPRS ส่งคลื่นสัญญาณมือถือ (ตามแพ็คเก็ตบริการทั่วไป)

OTT Orpheus มีลักษณะการติดตั้งโดยวิธีการแขวนไว้ในบ่อสังเกตการณ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในตั้งแต่ 1 นิ้วขึ้นไป

กรณีใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ประเภทลิเธียม 1.5 V (ชนิด AA) จะมีอายุการใช้งานได้นานกว่า 5 ปี หรือหากใช้แบตเตอรี่ประเภทอัลคาไลน์จะมีอายุการใช้งานได้ประมาณ 1.5 ปี (ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างทุกๆ : 1 ชั่วโมง , ความยาวสายเคเบิล 50 m)

2.4.2 การเตรียมการติดตั้ง

1. ข้อควรระวัง
    - ควรใช้ประเภทแบตเตอรี่ตามที่ระบุในการสั่งซื้อมา
    - ควรจะใช้แบตเตอรี่ใหม่ทั้งชุด ไม่ควรใช้แบตเตอรี่ยี่ห้ออื่นๆ ผสมกัน
    - ห้ามใช้แบตเตอรี่ต่างผู้ผลิตมาใช้ร่วมกัน
    - ห้ามใช้แบตเตอรี่ประเภทลิเธียมและอัลคาไลน์ร่วมกัน
    - ควรกำจัด / ทิ้งแบตเตอรี่ที่เสื่อมแล้วอย่างถูกวิธี (ไม่ควรรวมไว้ในขยะครัวเรือน)
2. แบตเตอรี่ ชนิด ที่เหมาะสม

    ได้แก่ แบตเตอรี่ประเภทลิเธียม หรืออัลคาไลน์ alkaline or lithium design (LiFeS;Energizer L91) จำนวน 3 ก้อน ขนาด 1.5 V AA cells (LR6/FR6)
3. วิธีการใส่แบตเตอรี่ ดังต่อไปนี้
    - Slide ท่อครอบของส่วน Communication unit ลงประมาณ 30 ซม. ลงไปในทิศทางของสายเคเบิลด้านหัววัดแรงดัน โดยยึดส่วนหัว IrDA-Interface ไว้
    - ใส่แบตเตอรี่ (LR6/FR AA) จำนวน 3 ก้อน ในช่องใส่แบตเตอรี่
    - ตรวจสอบให้แน่ใจว่าใส่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าถูกต้อง
    - จากนั้นให้ใส่ส่วนท่อ Communication unit กลับคืนเหมือนเดิม

    <u>ข้อแนะนำ</u>
    - การเริ่มต้นการทำงานของ OTT Orpheus Mini จะเริ่มภายหลังจากใส่แบตเตอรี่ไม่กี่วินาที (ไม่มีสวิทช์เปิด/ปิด โดยตรง)
    - หากจะทำการปิดการทำงานของ OTT Orpheus Mini ให้ถอดแบตเตอรี่ออก ซึ่งจะช่วยป้องกันแบตเตอรี่จ่ายพลังงานออกไปโดยสิ้นเปลือง และเครื่องจะหยุดการบันทึกข้อมูลใดๆ ที่ไม่ต้องการตรวจวัด
    - แต่หากมีการใช้เวลานานประมาณ 10 นาที ในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ เวลาและวันที่ อาจจำเป็นจะต้องทำการป้อนใหม่อีกครั้ง

4. อายุการใช้งานของแบตเตอรี่

กรณีเก็บบันทึกทุกๆ 1ชั่วโมง ด้วยความยาวเคเบิล50 ม.(กรณีไม่ใช้ร่วมกับOTT ITC)

- แบตเตอรี่ลิเธียม: อย่างน้อย 5 ปี ขึ้นไป
- แบตเตอรี่อัลคาไลน์: อย่างน้อย 1.5 ปี ขึ้นไป (ประเภทแบตเตอรี่ที่มีคุณภาพสูง)

5. วิธีตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (Battery Life Time)

- ให้ทำการตั้งค่าเครื่องคอมพิวเตอร์ / เชื่อมโยง การสื่อสาร OTT Orpheus Mini
- เลือกเมนู “OTT Orpheus Mini”, “View Instantaneous Values” ฟังก์ชัน” เพื่อให้ OTT Orpheus เริ่มต้นการวัดค่า ณ ปัจจุบันทันที จากนั้นไปที่ “The Observer” หน้าจอโปรแกรมหลักจะแสดงค่ากระแสและระดับพลังงานของแบตเตอรี่
- ถ้าหากว่าแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ในปัจจุบันน้อยกว่า 3.6 - 3.7 โวลต์ ควรทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่
- จากนั้นคลิกที่ปุ่ม “Exit” และปิดโปรแกรมการดำเนินงาน

2.4.3 วิธีการติดตั้ง OTT Orpheus Mini

1. กรณีระบบ ความยาว ถึง 100 เมตร

การติดตั้ง OTT Orpheus Mini จะสามารถดำเนินการได้นั้น จำเป็นจะต้องทราบถึงรูปแบบและปัจจัยหลักๆ ของระบบการทำงานก่อน ได้แก่ รูปแบบการวัด อุปกรณ์เสริมที่จำเป็น และรูปแบบของการติดตั้ง ซึ่งมีความแตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อน้ำใต้ดิน และลักษณะการออกแบบของฝาปิดด้านบนปากบ่อ

2. กรณีการติดตั้งในบ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1, 2, 3, 4, 5 หรือ 6 นิ้ว (โดยใช้แผ่นรองอะแดปเตอร์)

อุปกรณ์ที่ต้องการ ได้แก่ แหวนอะแดปเตอร์ สำหรับบ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว

- ติดตั้งแบตเตอรี่ชุดใหม่ พร้อมตรวจสอบสภาพหัววัด และCalibration ค่าสภาพนำไฟฟ้า
- เปิดผาครอบบ่อออก (ถ้ามี)
- ติดตั้งแผ่นอะแดปเตอร์เข้ากับปากบ่อขนาด 1 นิ้ว โดยมีแหวน O-ring รองด้านใต้ขอบอะแดปเตอร์กั้นกับขอบบ่อไว้
- ตรวจสอบความลึกของบ่อและระดับน้ำ ณ ปัจจุบัน ด้วยเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดินแบบ Contact gauge และทำการจดบันทึก เพื่อตรวจสอบระดับที่ต้องการติดตั้ง
- จับสายเคเบิ้ลแล้วค่อยๆ หย่อนหัววัดลงในบ่อด้วยความระมัดระวังป้องกันมิให้เกิดการกระแทกของ Pressure probe กับขอบผิวของบ่อด้านล่าง

- หย่อนสายเคเบิ้ลลงไปจนใกล้ถึง Communication unit แล้วให้ทำการยกและปล่อยสายขึ้น – ลง ประมาณ 30 ซม. อย่างเร็วต่อเนื่องกันสักพัก เพื่อกำจัดฟองอากาศที่อาจเกาะที่หัววัดได้
- จากนั้นให้หย่อนสายลงไปต่อจนถึง Communication unit และให้ทำการสอดล็อคเข้ากับช่องอะแดปเตอร์ และให้แน่ใจว่ามีการยึดตัวอย่างพอดีกับแผ่นอะแดปเตอร์
- ตรวจสอบค่าความลึกที่วัดได้ ณ ปัจจุบัน และจดบันทึก
- ทำการกำหนดตั้งค่าการทำงานเก็บข้อมูล OTT Orpheus Mini ใน Operating Program
- ปิดฝาครอบบ่อตรวจวัดลงตามเดิมให้มิดชิด (ข้อควรระวัง: ควรเว้นระยะห่างของฝาด้านในกับอินเตอร์เฟส IrDA ไว้เล็กน้อย เพื่อป้องกันการกระแทกกันขณะปิดฝาครอบ)

3. การติดตั้งในบ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วขึ้นไป (โดยไม่ใช้แผ่นรองอะแดปเตอร์)

อุปกรณ์เสริมที่จำเป็น ได้แก่ ฝาครอบด้านบนแบบมีรูเจาะสกรูได้ และตัวยึดชนิดกันสะเทือน

คำเตือน: จะต้องมีพื้นที่ระยะห่างเพียงพอ ฝาครอบด้านในกับตัวอินเตอร์เฟซ อินฟราเรด IrDA เพื่อป้องกันความเสียหาย เมื่อจะทำการปิดของฝาด้านบน

- ติดตั้งแบตเตอรี่ชุดใหม่ พร้อมตรวจสอบสภาพหัววัด และCalibration ค่าสภาพนำไฟฟ้า
- เปิดฝาครอบบ่อออก (ถ้ามี)
- ติดตั้งฝาครอบพิเศษแบบมีรูเจาะสกรูด้านบนโดยมีแหวน O-ring รองกับขอบปากบ่อไว้
- จากนั้นติดตั้งตัวยึดชนิดกันสะเทือน โดยสกรูขั้นเข้ากับฝาครอบพิเศษที่ขอบปากบ่อ
- ตรวจสอบความลึกของบ่อและระดับน้ำ ณ ปัจจุบัน ด้วยเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดินแบบ Contact gauge และทำการจดบันทึก เพื่อตรวจสอบระดับที่ต้องการติดตั้ง
- จับสายเคเบิ้ลแล้วค่อยๆ หย่อนหัววัดลงในบ่อ ผ่านช่องของตัวยึดด้วยความระมัดระวังป้องกัน มิให้เกิดการกระแทกของ Pressure probe กับขอบผิวของบ่อด้านล่าง
- หย่อนสายเคเบิ้ลลงไปจนใกล้ถึง Communication unit แล้วให้ทำการยกและปล่อยสายขึ้น - ลง ประมาณ 30 ซม. อย่างเร็วต่อเนื่องกันสักพัก เพื่อกำจัดฟองอากาศที่อาจเกาะที่หัววัดได้
- จากนั้นให้หย่อนสายลงไปต่อจนถึง Communication unit และให้ทำการสอดล็อคเข้ากับช่องอะแดปเตอร์ และให้แน่ใจว่ามีการยึดตัวอย่างพอดีกับแผ่นอะแดปเตอร์
- ตรวจสอบค่าความลึกที่วัดได้ ณ ปัจจุบันและจดบันทึก

- ทำการกำหนดตั้งค่าการทำงาน เก็บข้อมูล OTT Orpheus ใน Operating Program
- ปิดฝาครอบบ่อตรวจวัดลงตามเดิมให้มิดชิด (ข้อควรระวัง: ควรเว้นระยะห่างของฝาด้านในกับอินเตอร์เฟส IrDA ไว้เล็กน้อย เพื่อป้องกันการกระแทกกันขณะปิดฝาครอบ)
- ตรวจสอบความลึกในปัจจุบัน การติดต่อ กับวัด และจดบันทึกของเครื่อง
- กำหนดค่าสำหรับการดำเนินงานด้วย Operating Program
- ปิดฝาครอบ ด้านบน

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดลองการศึกษาการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุณหภูมิของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันมีอุปกรณ์ที่ใช้ดังนี้

1. เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series (ภาพที่ 8)
2. เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD (ภาพที่ 9)
3. เครื่อง RTU (Remote Terminal Unit) ยี่ห้อ EMBES รุ่น RTU 800 (ภาพที่ 10)
4. แหล่งจ่ายไฟตรง (Power Supply) ยี่ห้อ INTAW รุ่น S-50-12 (ภาพที่ 11)
5. OTT CTD Software เมื่อติดตั้งจะได้โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program (ภาพที่ 12)
6. OTT IrDA Link USB Software และสายเชื่อมต่อ IrDA Link USB (ภาพที่ 13)
7. กล่องอะคริลิคสูง 0.5 เมตร (ภาพที่ 14)
8. ถังน้ำสูง 12 เมตร (ภาพที่ 15)
9. ไม้บรรทัด (ภาพที่ 16)
10. เทอร์โมมิเตอร์ (ภาพที่ 17)
11. ปลั๊กไฟ (ภาพที่ 18)
12. แบตเตอรี่ ขนาด AA จำนวน 3 ก้อน (ภาพที่ 19)
13. เทปกาว (ภาพที่ 20)
14. คอมพิวเตอร์ (ภาพที่ 21)

ภาพที่ 8 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series

ภาพที่ 9 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD

ภาพที่ 10 เครื่อง RTU (Remote Terminal Unit) ยี่ห้อ EMBES รุ่น RTU 800

ภาพที่ 11 แหล่งจ่ายไฟตรง (Power Supply) ยี่ห้อ INTAW รุ่น S-50-12

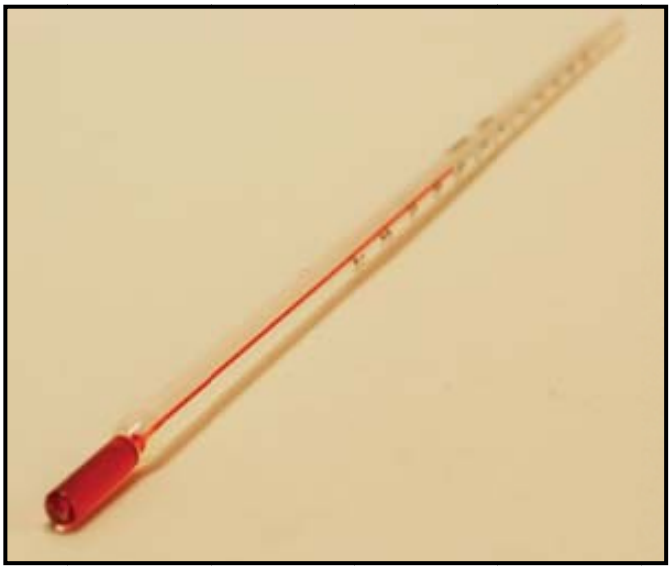
ภาพที่ 12 โปรแกรม OTT Water Logger Operating Program

ภาพที่ 13 IrDA Link USB

ภาพที่ 14 กล่องอะคีลิคสูง 0.5 เมตร

ภาพที่ 15 ถังน้ำสูง 12 เมตร

ภาพที่ 16 ไม้บรรทัด



ภาพที่ 17 เทอร์โมมิเตอร์

ภาพที่ 18 ปลั๊กไฟ

ภาพที่ 19 แบตเตอรี่ ขนาด AA จำนวน 3 ก้อน

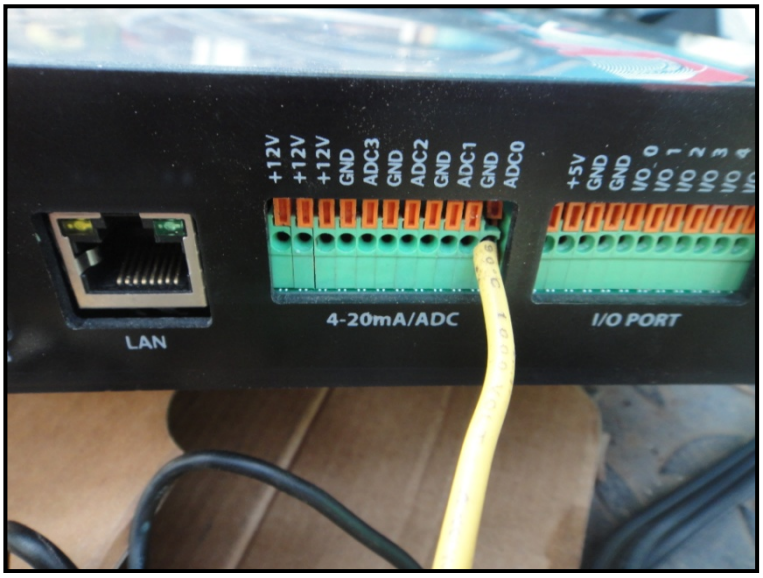
ภาพที่ 20 เทปกาว

ภาพที่ 21 คอมพิวเตอร์

3.2 วิธีการทดลอง

1. นำโพรบทั้งสองยี่ห้อมัดติดกันโดยใช้แผ่นโฟมคั่นกลาง แล้วใช้เทปกาวพันโดยรอบ
2. เชื่อมต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series กับเครื่อง RTU (Remote Terminal Unit) ยี่ห้อ EMBES รุ่น RTU 800 (เมื่อทำการวัดระดับที่มีความลึกตั้งแต่ 3 เมตร ขึ้นไปให้เปลี่ยนตัวจ่ายไฟเป็นแหล่งจ่ายไฟตรง (Power Supply) ยี่ห้อ INTAW รุ่น S-50-12)

ภาพที่ 22 ต่อไฟตรงจากแหล่งจ่ายไฟตรง (Power Supply) ยี่ห้อ INTAW รุ่น S-50-12 เพื่อจ่ายไฟให้แก่เครื่อง RTU และเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series



ภาพที่ 23 ต่อสาย ACD เพื่อนำข้อมูลจากเครื่องวัดระดับน้ำเข้าเครื่อง RTU สำหรับอ่านค่า

****หมายเหตุ สาย สีฟ้า คือ สายADC , สีดำ คือ สาย GND (ขั้ว –) และ สีน้ำตาล คือ สาย +12V (ขั้ว +)***

3. เชื่อมต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD กับ OTT IrDA Link USB Software โดยใช้ร่วมกับสายเชื่อมต่อ IrDA Link USB

ภาพที่ 24 การเชื่อมต่อสาย IrDA Link USB กับคอมพิวเตอร์

4. ทดลองโดยใช้กล่องอะคริลิคสูง 0.5 เมตร หย่อนโพรบทั้งสองยี่ห้อลงในกล่องอะคริลิคสูง 0.5 เมตร โดยทำการทดลองที่ความลึกน้ำ 0.3 เมตร (กำหนดระดับโดยการนำไม้บรรทัดวัดที่ระดับ 0.3 เมตร) และอุณหภูมิอยู่ในช่วงประมาณ 8 ถึง 41 องศาเซลเซียส (เปลี่ยนอุณหภูมิโดยการนำน้ำแข็งและน้ำร้อนเติมลงไปเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่แตกต่าง)

   ทดลองโดยใช้ถังน้ำสูง 12 เมตร (นำเทปกาวพับรอบสายไฟเพื่อกำหนดระดับของโพรบทั้งสองยี่ห้อทุกๆระยะ 0.5 เมตร จนครบ 6 เมตร) หย่อนโพรบทั้งสองยี่ห้อลงในถังน้ำสูง 12 เมตร โดยวัดที่ระดับความลึก 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 เมตร ตามลำดับ
5. บันทึกค่าของความลึกน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ โดยยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series อ่านได้จากเครื่อง RTU (Remote Terminal Unit) ยี่ห้อ EMBES รุ่น RTU 800 และยี่ห้อ OTT รุ่น CTD อ่านได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำการเชื่อมต่อกับ IrDA Link USB โดยอ่านจากโปรแกรม OTT Water Logger Operating Program พร้อมทั้งบันทึกอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่อง OTT รุ่น CTD (นำเทอร์โมมิเตอร์มาวัดอุณหภูมิเพื่อดูว่าค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเครื่องมีความแม่นยำหรือไม่)

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์

4.1 การทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

การทดสอบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน เพื่อศึกษาผลกระทบที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน เนื่องจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง จะทำให้ทราบว่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงนี้เป็นปัจจัยซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจริงหรือไม่ โดยจะทำการทดลองจากการวัดเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ ที่ระดับความลึกน้ำที่ 0.3 เมตร และทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยการเติมน้ำแข็งและน้ำร้อน พร้อมกับวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำยี่ห้อ OTT รุ่น CTD ร่วมกับ เทอร์โมมิเตอร์ ในการเลือกระดับความลึกน้ำที่ทำการทดสอบ 0.3 เมตร เนื่องจากเป็นความลึกที่ไม่มากนัก เพราะระดับความลึกน้ำที่มากอาจเป็นปัจจัยอีกตัวหนึ่งซึ่งทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อน และในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยการเติมน้ำแข็งและน้ำร้อนลงในน้ำที่ทำการทดสอบ เพื่อให้ค่าอุณหภูมิที่สูงและต่ำมีช่วงความแตกต่างที่มากขึ้น ซึ่งจะทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงของค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดระดับน้ำโดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อนี้อย่างชัดเจน

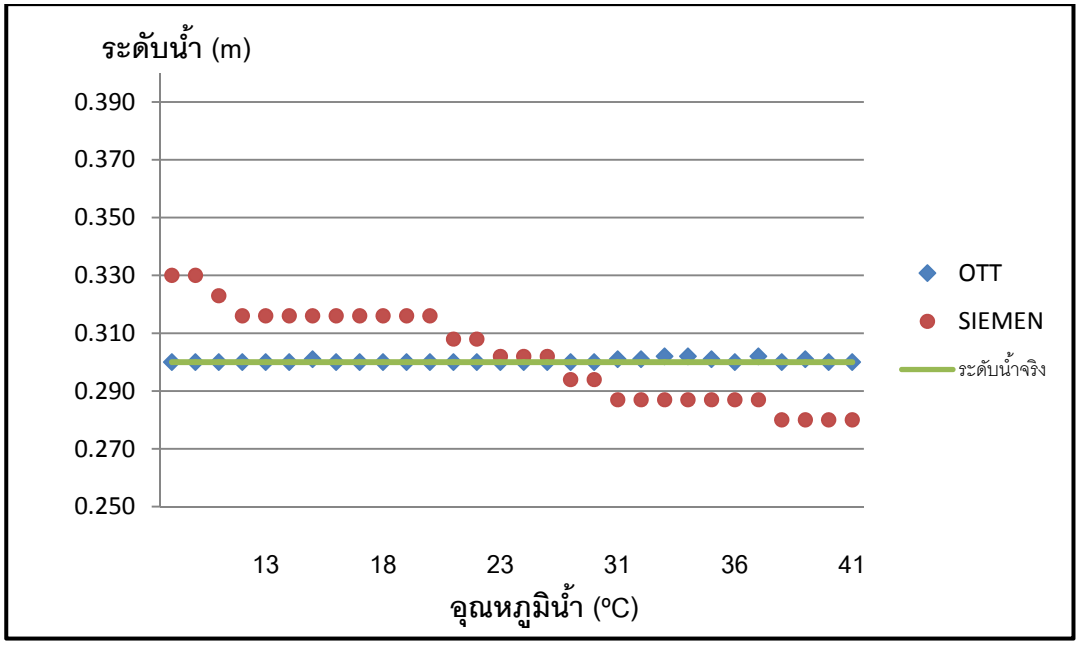
จากการทดสอบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 8 ถึง 41.15 องศาเซลเซียส โดยทดสอบที่ความสูงคงที่ 0.3 เมตร ได้ผลดังตารางที่ 1 นำผลการทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองชนิดในตารางที่ 1 มาสร้างกราฟ เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างค่าระดับน้ำจริงกับระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ ได้ผลดังภาพที่ 25

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากภาพที่ 25 วิเคราะห์ผลการทดลองได้ว่าเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดระดับน้ำ ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยค่าที่อ่านได้จากเครื่องแปรผันกลับกับอุณหภูมิ นั้นคือ เมื่ออุณหภูมิต่ำค่าที่อ่านได้จะมากและเมื่ออุณหภูมิสูงค่าที่อ่านได้จะน้อยลง จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิมีผลกระทบต่อค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series ส่วนค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันยี่ห้อ OTT รุ่น CTD ส่วนใหญ่มีค่าที่คงที่และใกล้เคียงหรือตรงกับค่าระดับน้ำจริงมาก เนื่องจากเครื่องวัดระดับน้ำยี่ห้อ OTT รุ่น CTD มี Sensor สำหรับวัดอุณหภูมิค่าที่ได้ก็จะเกิดการปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิก่อนจะแปลผลออกมาเป็นข้อมูล ดังตารางที่ 1 และจากการทดลองวัดอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์กับค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันยี่ห้อ OTT รุ่น CTD มีค่าเท่ากันจึงสรุปได้ว่า ค่าที่อ่านจากเครื่องมีความแม่นยำ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบอิทธิพลของอุณหภูมิต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

ระดับน้ำจริง (m)	ระดับน้ำที่วัดจากเครื่อง (m)		อุณหภูมิน้ำ (˚C)	ค่าความคลาดเคลื่อน			
	Siemens	OTT		Siemens	เปอร์เซ็นต์	OTT	เปอร์เซ็นต์
0.30	0.280	0.300	41.15	0.020	6.67%	0.000	0.00%
0.30	0.280	0.300	37.35	0.020	6.67%	0.000	0.00%
0.30	0.280	0.301	36.98	0.020	6.67%	-0.001	0.33%
0.30	0.280	0.300	36.50	0.020	6.67%	0.000	0.00%
0.30	0.287	0.302	36.00	0.013	4.33%	-0.002	0.67%
0.30	0.287	0.300	35.50	0.013	4.33%	0.000	0.00%
0.30	0.287	0.301	35.00	0.013	4.33%	-0.001	0.33%
0.30	0.287	0.302	34.00	0.013	4.33%	-0.002	0.67%
0.30	0.287	0.302	33.00	0.013	4.33%	-0.002	0.67%
0.30	0.287	0.301	32.00	0.013	4.33%	-0.001	0.33%
0.30	0.287	0.301	31.00	0.013	4.33%	-0.001	0.33%
0.30	0.294	0.300	28.68	0.006	2.00%	0.000	0.00%
0.30	0.294	0.300	27.35	0.006	2.00%	0.000	0.00%
0.30	0.302	0.300	25.00	-0.002	0.67%	0.000	0.00%
0.30	0.302	0.300	24.00	-0.002	0.67%	0.000	0.00%
0.30	0.302	0.300	23.00	-0.002	0.67%	0.000	0.00%
0.30	0.308	0.300	22.00	-0.008	2.67%	0.000	0.00%
0.30	0.308	0.300	21.00	-0.008	2.67%	0.000	0.00%
0.30	0.316	0.300	20.00	-0.016	5.33%	0.000	0.00%
0.30	0.316	0.300	19.00	-0.016	5.33%	0.000	0.00%
0.30	0.316	0.300	18.00	-0.016	5.33%	0.000	0.00%
0.30	0.316	0.300	16.00	-0.016	5.33%	0.000	0.00%
0.30	0.316	0.301	15.00	-0.016	5.33%	-0.001	0.33%
0.30	0.316	0.300	14.00	-0.016	5.33%	0.000	0.00%
0.30	0.316	0.300	13.00	-0.016	5.33%	0.000	0.00%
0.30	0.316	0.300	12.00	-0.016	5.33%	0.000	0.00%
0.30	0.323	0.300	11.00	-0.023	7.67%	0.000	0.00%
0.30	0.330	0.300	9.00	-0.030	10.00%	0.000	0.00%
0.30	0.330	0.300	8.00	-0.030	10.00%	0.000	0.00%
			Average	±0.014	5.33%	±0.000	0.00%
			SD	0.0158		0.0018	



ภาพที่ 25 เปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำทั้งสองยี่ห้อกับระดับน้ำจริง ณ อุณหภูมิที่ต่างกัน

4.2 การทดสอบอิทธิพลของระดับน้ำต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

การทดสอบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน เพื่อศึกษาผลกระทบที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน เนื่องจากระดับความลึกของน้ำที่เปลี่ยนแปลง จะทำให้ทราบว่าระดับความลึกของน้ำที่เปลี่ยนแปลงนี้เป็นปัจจัยซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจริงหรือไม่ โดยจะทำการทดลองจากการวัดเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ ที่ระดับความลึกน้ำ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 เมตร และทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยอาศัยอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาของวันทำการทดลอง พร้อมกับวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำยี่ห้อ OTT รุ่น CTD ร่วมกับ เทอร์โมมิเตอร์ ในการเลือกระดับความลึกน้ำที่ทำการทดสอบ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 เมตร เนื่องจากค่าระดับความลึกของน้ำที่ต่างกันหลายๆ ค่าจะทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอย่างชัดเจน และในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยอาศัยอุณหภูมิแต่ละช่วงเวลาของวันทำการทดลอง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศในแต่ละวัน เพราะระดับน้ำมีความลึกมากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เช่น การเติมน้ำแข็งและน้ำร้อน สามารถกระทำได้ยาก ในการทดสอบจึงจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิแต่ละช่วงเวลาของวันเพื่อใช้ในการทดสอบ

จากการทดสอบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ ที่ความลึก 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 เมตร โดยอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาของวันที่ทำการทดสอบอยู่ที่ประมาณ 25 ถึง 34 องศาเซลเซียส ได้ผลดังตารางที่ 2

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 2 วิเคราะห์ผลการทดลองได้ว่า ความลึกที่เปลี่ยนมีผลต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ โดยยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series จะสังเกตได้ว่าในอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันแต่ระดับน้ำต่างกันมีค่าความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเมื่อระดับน้ำสูงขึ้น และยี่ห้อ OTT รุ่น CTD มีคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำที่เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบอิทธิพลของระดับน้ำต่อเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน

อุณหภูมิน้ำ(˚C)	ระดับน้ำจริง (m)	ระดับน้ำที่วัดจากเครื่อง (m)		ค่าความคลาดเคลื่อน			
		Siemens	OTT	Siemens	เปอร์เซ็นต์	OTT	เปอร์เซ็นต์
25.78	0.50	0.498	0.501	0.002	0.40%	-0.001	0.20%
27.91	0.50	0.498	0.498	0.002	0.40%	0.002	0.40%
29.60	0.50	0.483	0.499	0.017	3.40%	0.001	0.20%
30.17	0.50	0.491	0.498	0.009	1.80%	0.002	0.40%
31.27	0.50	0.476	0.504	0.024	4.80%	-0.004	0.80%
32.79	0.50	0.476	0.501	0.024	4.80%	-0.001	0.20%
33.62	0.50	0.474	0.501	0.026	5.20%	-0.001	0.20%
25.78	1.00	0.993	0.998	0.007	0.70%	0.002	0.20%
27.69	1.00	0.993	0.998	0.007	0.70%	0.002	0.20%
29.60	1.00	0.993	0.999	0.007	0.70%	0.001	0.10%
30.10	1.00	0.993	0.998	0.007	0.70%	0.002	0.20%
30.71	1.00	0.978	0.999	0.022	2.20%	0.001	0.10%
32.67	1.00	0.978	0.999	0.022	2.20%	0.001	0.10%
33.65	1.00	0.971	0.996	0.029	2.90%	0.004	0.40%
25.78	1.50	1.495	1.496	0.005	0.33%	0.004	0.27%
27.50	1.50	1.488	1.494	0.012	0.80%	0.006	0.40%
29.60	1.50	1.481	1.496	0.019	1.27%	0.004	0.27%
29.95	1.50	1.481	1.494	0.019	1.27%	0.006	0.40%
30.34	1.50	1.473	1.497	0.027	1.80%	0.003	0.20%
32.54	1.50	1.466	1.496	0.034	2.27%	0.004	0.27%
33.65	1.50	1.466	1.497	0.034	2.27%	0.003	0.20%
25.75	2.00	1.991	1.990	0.009	0.45%	0.010	0.50%
27.35	2.00	1.983	1.990	0.017	0.85%	0.010	0.50%
29.60	2.00	1.976	1.993	0.024	1.20%	0.007	0.35%
29.85	2.00	1.976	1.993	0.024	1.20%	0.007	0.35%
30.22	2.00	1.976	1.993	0.024	1.20%	0.007	0.35%
32.42	2.00	1.969	1.990	0.031	1.55%	0.010	0.50%
33.74	2.00	1.969	1.991	0.031	1.55%	0.009	0.45%
25.75	2.50	2.498	2.498	0.002	0.08%	0.002	0.08%
27.25	2.50	2.493	2.487	0.007	0.28%	0.013	0.52%
29.60	2.50	2.479	2.493	0.021	0.84%	0.007	0.28%
29.78	2.50	2.479	2.490	0.021	0.84%	0.010	0.40%

ตารางที่ 2 (ต่อ)

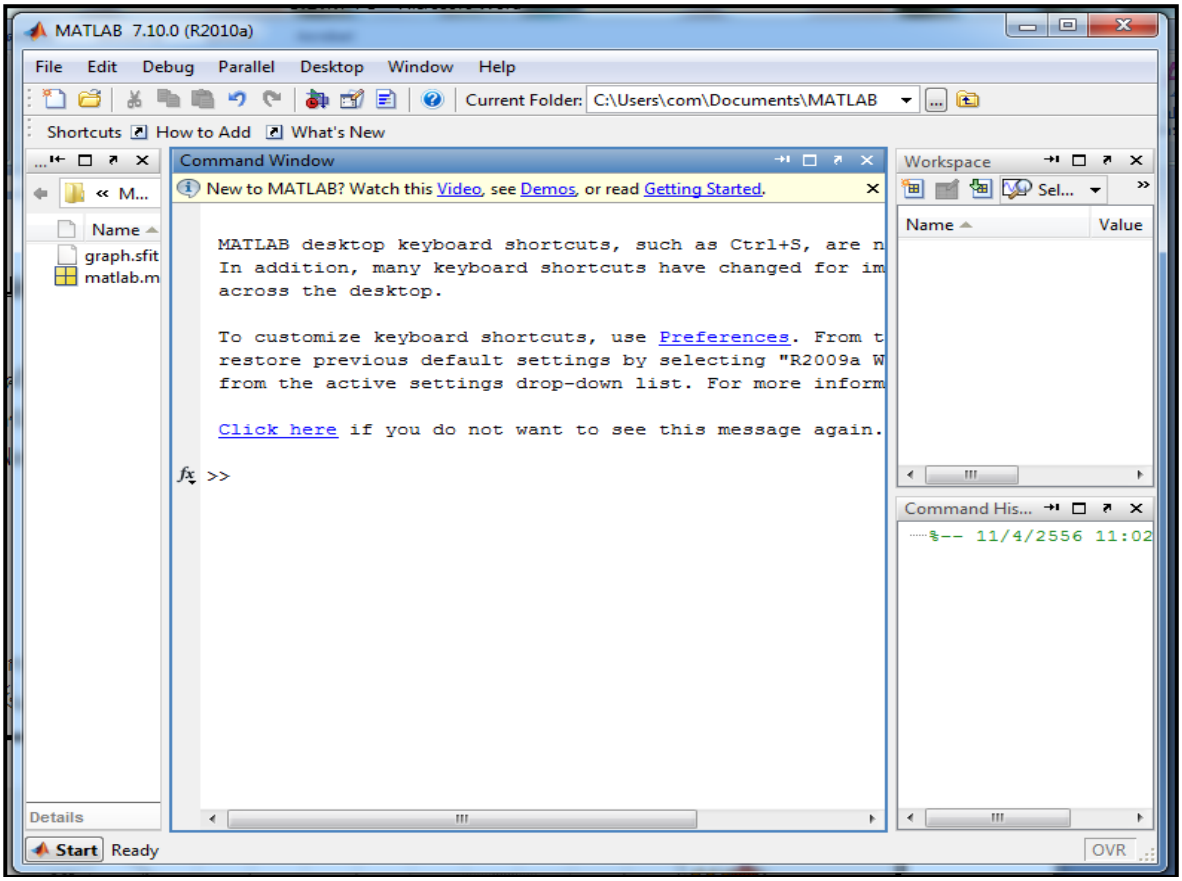
อุณหภูมิน้ำ(˚C)	ระดับน้ำจริง (m)	ระดับน้ำที่วัดจากเครื่อง (m)		ค่าความคลาดเคลื่อน			
		Siemens	OTT	Siemens	เปอร์เซ็นต์	OTT	เปอร์เซ็นต์
32.30	2.50	2.471	2.493	0.029	1.16%	0.007	0.28%
33.76	2.50	2.456	2.491	0.044	1.76%	0.009	0.36%
25.71	3.00	2.995	2.987	0.005	0.17%	0.013	0.43%
27.20	3.00	2.981	2.987	0.019	0.63%	0.013	0.43%
29.56	3.00	2.974	2.987	0.026	0.87%	0.013	0.43%
29.69	3.00	2.974	2.986	0.026	0.87%	0.014	0.47%
30.11	3.00	2.974	2.988	0.026	0.87%	0.012	0.40%
32.19	3.00	2.966	2.986	0.034	1.13%	0.014	0.47%
33.80	3.00	2.959	2.986	0.041	1.37%	0.014	0.47%
29.56	3.50	3.468	3.484	0.032	0.91%	0.016	0.46%
30.05	3.50	3.469	3.484	0.031	0.89%	0.016	0.46%
32.10	3.50	3.469	3.485	0.031	0.89%	0.015	0.43%
29.56	4.00	3.961	3.980	0.039	0.98%	0.020	0.50%
30.00	4.00	3.964	3.981	0.036	0.90%	0.019	0.48%
31.97	4.00	3.971	3.981	0.029	0.72%	0.019	0.48%
29.56	4.50	4.466	4.480	0.034	0.76%	0.020	0.44%
29.97	4.50	4.466	4.478	0.034	0.76%	0.022	0.49%
31.90	4.50	4.466	4.478	0.034	0.76%	0.022	0.49%
29.56	5.00	4.961	4.982	0.039	0.78%	0.018	0.36%
29.90	5.00	4.961	4.981	0.039	0.78%	0.019	0.38%
31.78	5.00	4.961	4.982	0.039	0.78%	0.018	0.36%
33.92	5.00	4.954	4.980	0.046	0.92%	0.020	0.40%
29.56	5.50	5.464	5.480	0.036	0.65%	0.020	0.36%
29.83	5.50	5.464	5.480	0.036	0.65%	0.020	0.36%
31.66	5.50	5.464	5.480	0.036	0.65%	0.020	0.36%
33.93	5.50	5.456	5.480	0.044	0.80%	0.020	0.36%
29.56	6.00	-	5.977	-	-	0.023	0.38%
29.83	6.00	-	5.977	-	-	0.023	0.38%
31.66	6.00	-	5.977	-	-	0.023	0.38%
33.93	6.00	-	5.977	-	-	0.023	0.38%
			Average	±0.025	1.26%	±0.011	0.36%
			SD	0.0276		0.0133	

4.3 ปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series

จากการทดลองในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 จะเห็นว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series มีสองอย่าง คือ 1. อุณหภูมิของน้ำที่ทำการตรวจวัด 2. ระดับความลึกของน้ำที่ทำการตรวจวัด ดังนั้นจึงใช้โปรแกรม MATLAB โดยนำข้อมูลที่ได้มา Plot กราฟสามมิติจาก เครื่องมือ SFTOOL โดยใช้ Degree X = 1 และ 2, Y = 1 และ 2

4.3.1 การใช้โปรแกรม MATLAB

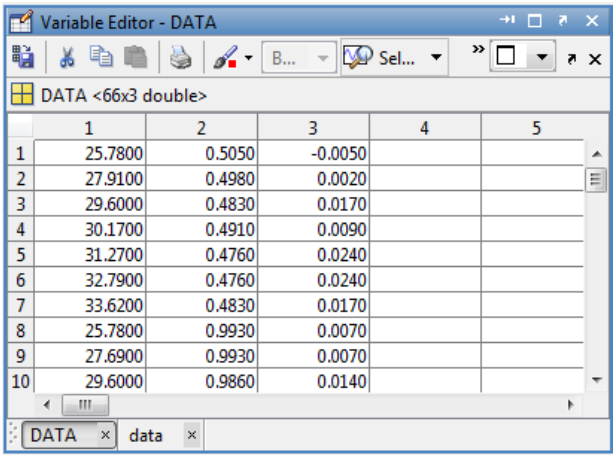
1. เปิดโปรแกรม MATLAB 2010 (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 26 หน้าต่างของโปรแกรม MATLAB 2010

2. ป้อนข้อมูล (DATA)

- พิมพ์ DATA=1; ในหน้าต่าง Command Window
- Double Chick ที่ DATA ในหน้าต่าง Workspace จะได้ หน้าต่าง Variable Editor – DATA
- ใส่ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ (ภาพที่ 27)

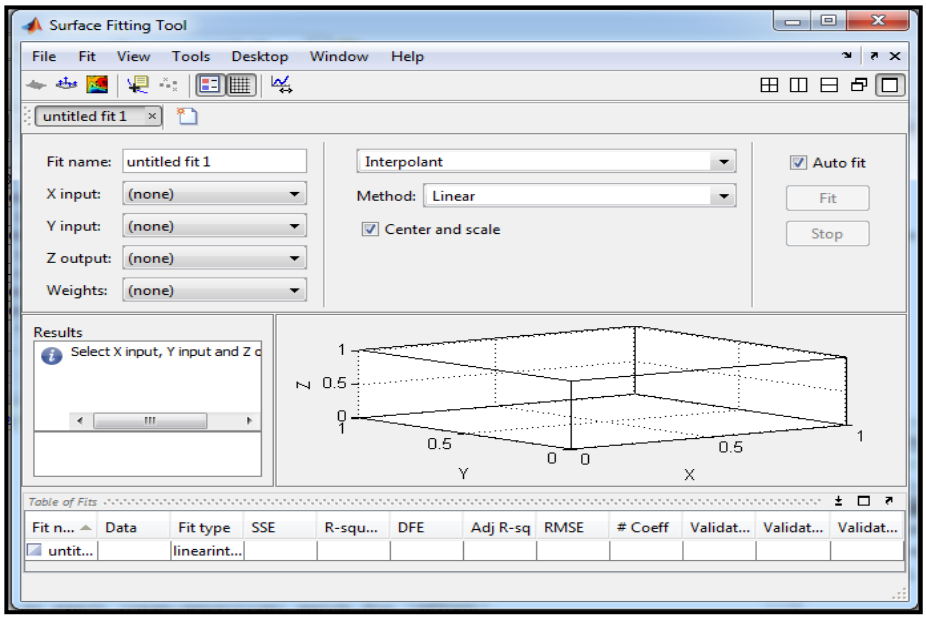


	1	2	3	4	5
1	25.7800	0.5050	-0.0050		
2	27.9100	0.4980	0.0020		
3	29.6000	0.4830	0.0170		
4	30.1700	0.4910	0.0090		
5	31.2700	0.4760	0.0240		
6	32.7900	0.4760	0.0240		
7	33.6200	0.4830	0.0170		
8	25.7800	0.9930	0.0070		
9	27.6900	0.9930	0.0070		
10	29.6000	0.9860	0.0140		

ภาพที่ 27 ป้อนข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์

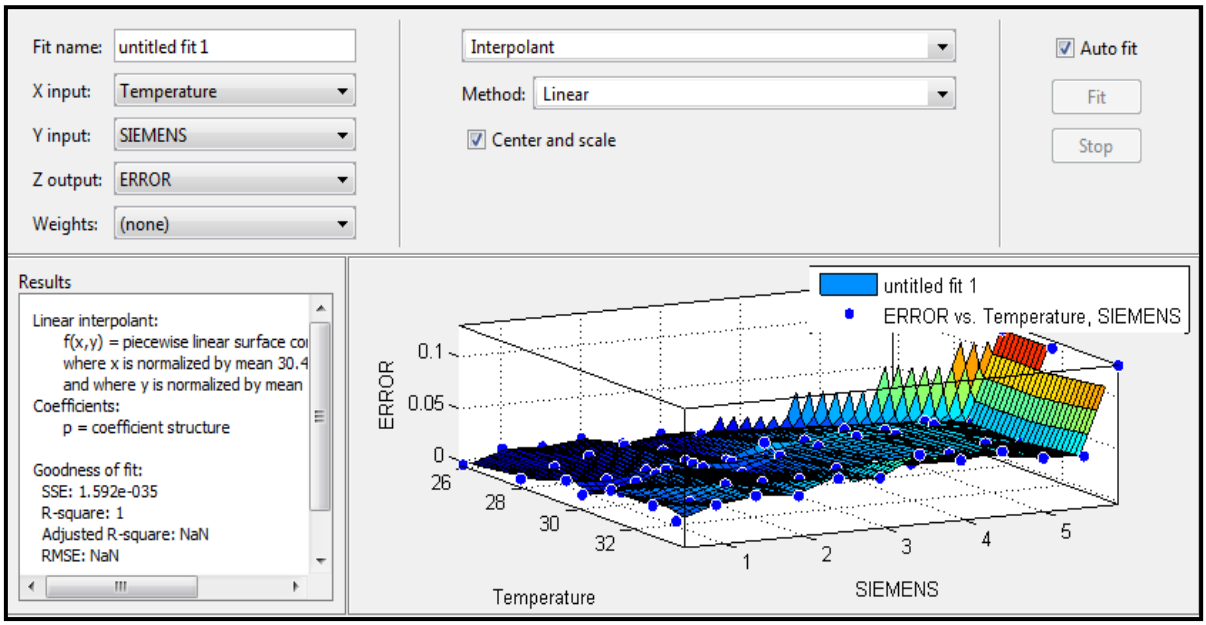
3. กำหนดข้อมูล

- Temperature = DATA(:,1) ในหน้าต่าง Command Window
- SIEMENS = DATA(:,2) ในหน้าต่าง Command Window
- ERROR=DATA(:,3) ในหน้าต่าง Command Window
- SFTOOL และ Enter จะได้หน้าต่าง Surface Fitting Tool

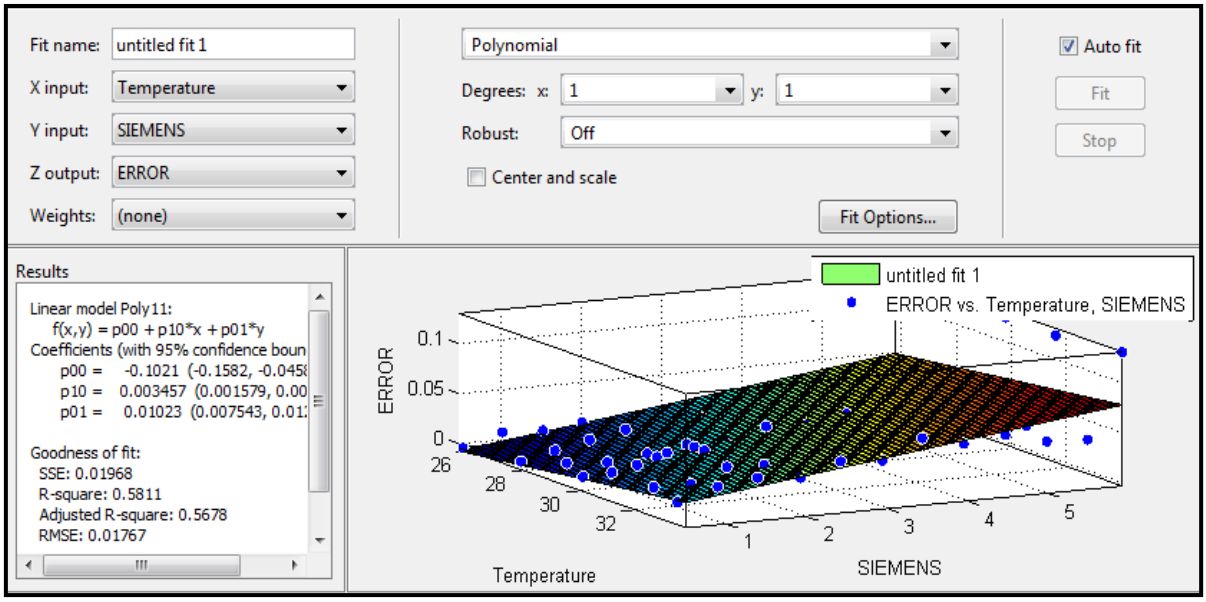


ภาพที่ 28 หน้าต่าง Surface Fitting Tool

4. กำหนดตัวแปรในแกน X, Y, Z Surface Fitting Tool ให้ X=Temperature (°C), Y= SIEMENS (m), Z=Error (m) เลือกใช้กราฟที่จะทำการวิเคราะห์โดยใช้ Interpolant (ภาพที่ 29) และ Polynomial (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 29 กราฟ Interpolant เมื่อกำหนดตัวแปร X, Y, Z



ภาพที่ 30 กราฟ Polynomial เมื่อกำหนดตัวแปร X, Y, Z

4.3.2 การพิจารณาข้อมูลจากกราฟสามมิติ

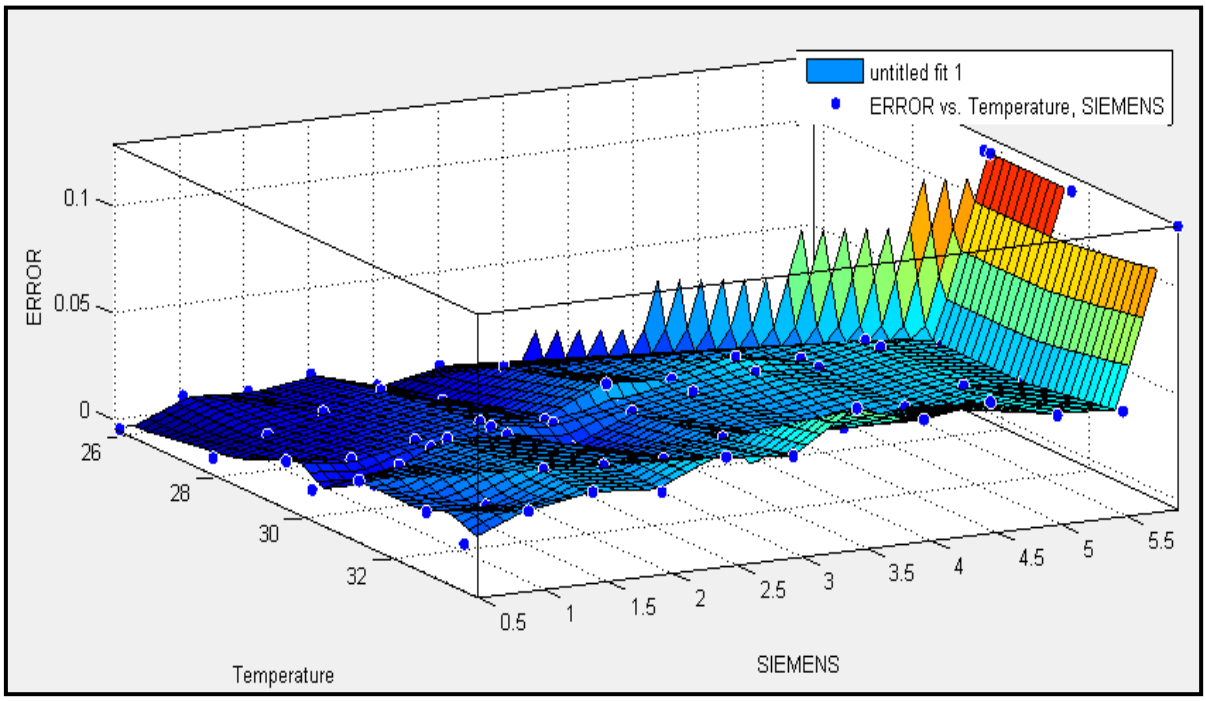
สร้างกราฟสามมิติ ของช่วงอุณหภูมิที่ได้จากการตรวจวัดคือ ประมาณ 25 ถึง 34 องศา และระดับความลึกของน้ำ ตั้งแต่ 0.5 ถึง 6 เมตร จากนั้นทำการวิเคราะห์กราฟสามมิติที่ได้ ว่าค่าที่ได้ไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ (ภาพที่ 29, 30)

การวิเคราะห์กราฟ

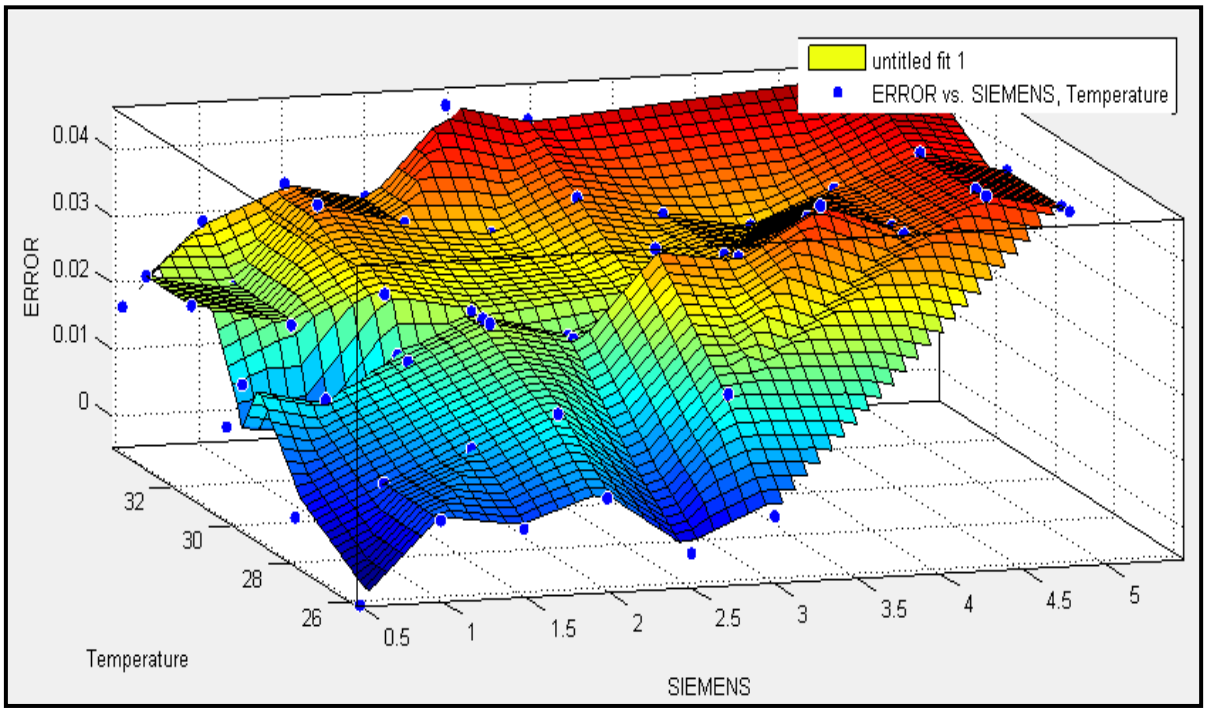
จากภาพที่ 31 เมื่อพิจารณากราฟแล้ว จะเห็นว่าข้อมูลที่ได้มีความผิดปกติในระดับความลึก 6 เมตร จากการที่ข้อมูลเกิดความผิดปกตินี้ อาจจะเกิดมาจากข้อกำหนดของตัวเครื่อง เนื่องจากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series ที่ใช้ในการทดลอง มีข้อจำกัดในการวัดระดับน้ำสูงสุดเท่ากับ 6 เมตร จึงทำให้กราฟที่ได้ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องทำการตัดข้อมูลที่ได้ทำการทดลอง ในระดับความลึก 6 เมตร ออกเพราะหากไม่ทำการตัดข้อมูลชุดนี้ออก สมการที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นมาก จากนั้นทำการพิจารณากราฟหลังจากทำการตัดข้อมูลชุดนี้ออกแล้ว โดยสร้างกราฟสามมิติ ขึ้นใหม่ และใช้ข้อมูลที่ทำการทดลองที่ระดับความลึกตั้งแต่ 0.5 ถึง 5.5 เมตร

การวิเคราะห์กราฟ

จากภาพที่ 32 เมื่อพิจารณากราฟแล้ว จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้ หลังจากทำการตัดข้อมูลที่ทำการวัดระดับน้ำที่มีความลึกเท่ากับ 6 เมตร ออก กราฟที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ที่ช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง 34 องศา และความสูง 0.5 ถึง 5.5 เมตร



ภาพที่ 31 กราฟสามมิติ แสดงความคลาดเคลื่อน จากอุณหภูมิและระดับน้ำที่ 0.5 ถึง 6 เมตร



ภาพที่ 32 กราฟสามมิติ แสดงความคลาดเคลื่อน จากอุณหภูมิและระดับน้ำที่ 0.5 ถึง 5.5 เมตร

4.3.3 การปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ

นำข้อมูลที่ได้จากในตารางที่ 2 มาสร้างกราฟ Polynomial เพื่อหาสมการความคลาดเคลื่อน โดยกำหนดตัวแปรดังต่อไปนี้

T = อุณหภูมิน้ำที่ทำการตรวจวัด (องศาเซลเซียส)

Y = ระดับความลึกของน้ำที่วัดได้ (เมตร)

E = ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น (เมตร)

หาสมการความคลาดเคลื่อน จากกราฟ Polynomial

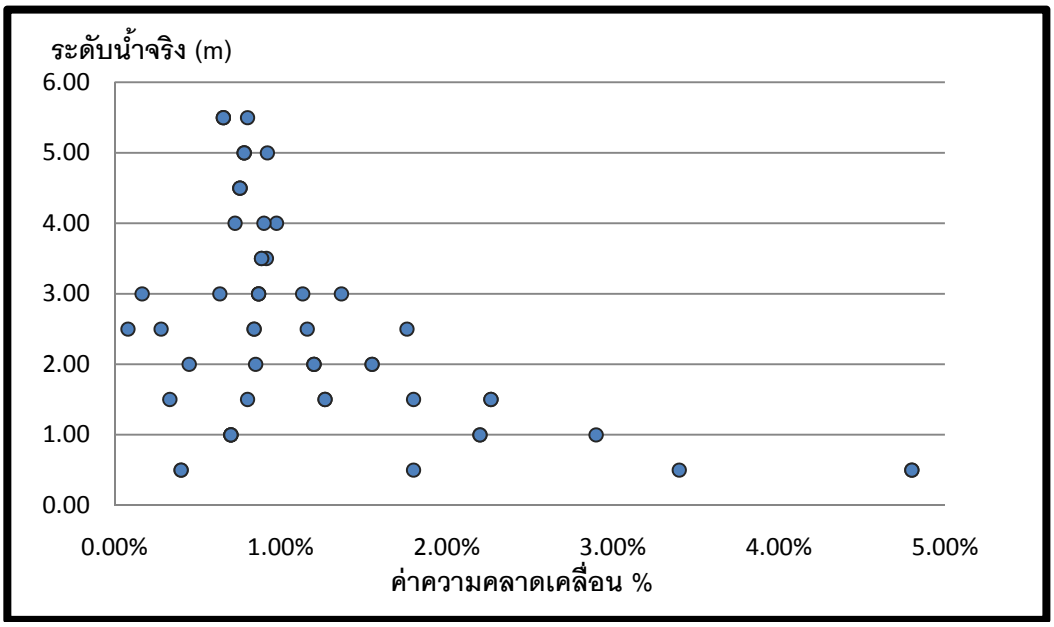
- ครั้งที่ 1 กำหนด Degree X=1, Y=1
- ครั้งที่ 2 กำหนด Degree X=2, Y=1
- ครั้งที่ 1 กำหนด Degree X=1, Y=2

เมื่อได้สมการความคลาดเคลื่อนออกมาแล้ว นำมาแทนค่าอุณหภูมิน้ำที่ทำการตรวจวัด และระดับความลึกของน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ก็จะได้ค่าความคลาดเคลื่อน จากนั้นนำระดับความลึกของน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน มาบวกกับความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้จากสมการ จะได้ค่าระดับน้ำที่ทำการตรวจวัดหลังปรับแก้ ดังตารางที่ 3, 4, 5

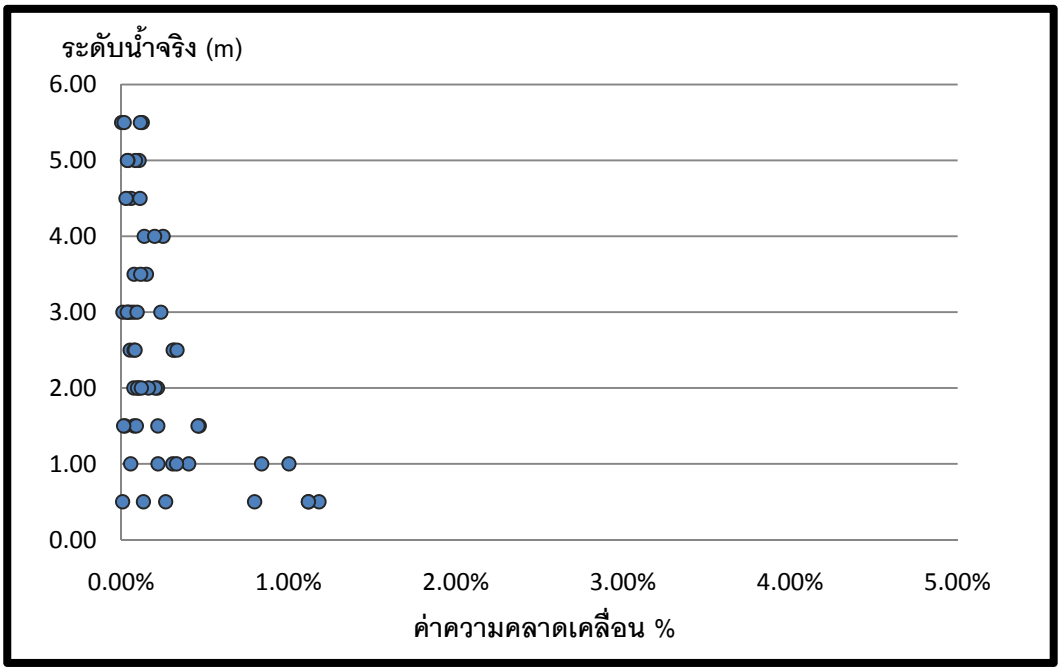
ระดับน้ำปรับเทียบ = ระดับความลึกของน้ำที่วัดได้ (Y) + ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น (E)

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงก่อนปรับเทียบจากสมการความคลาดเคลื่อน เปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงหลังปรับเทียบจากสมการความคลาดเคลื่อนทั้งสามสมการ (ภาพที่ 33, 34, 35, 36)

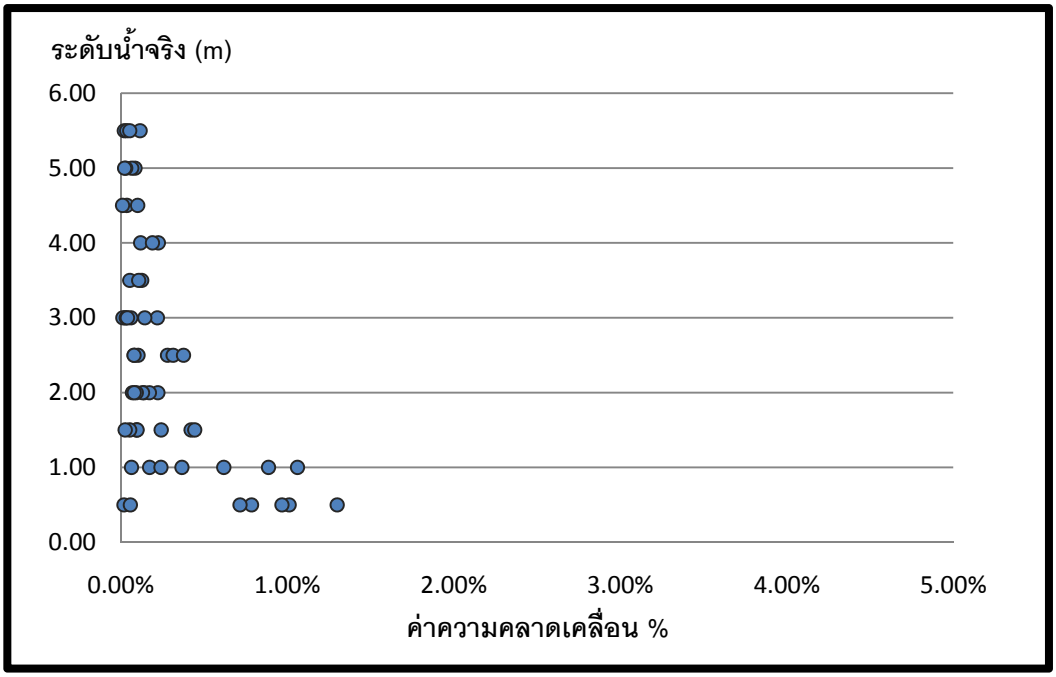
นำสมการความคลาดเคลื่อนที่ได้จากกราฟ Polynomial ทั้งสามสมการมาวิเคราะห์ เพื่อหาสมการที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการปรับเทียบค่าที่อ่านได้จากเครื่อง



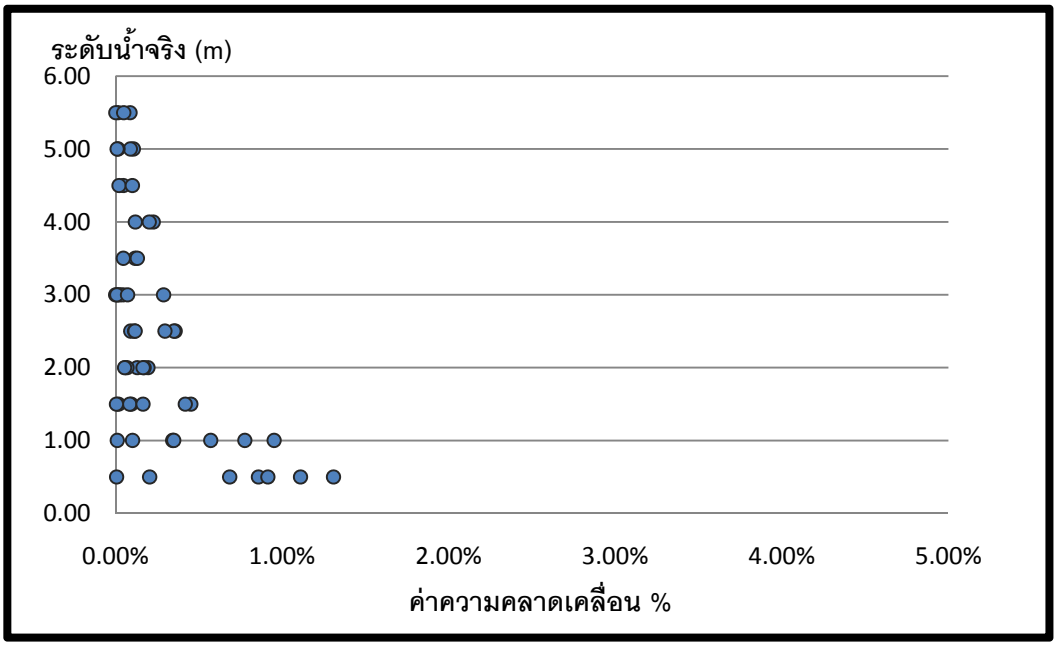
ภาพที่ 33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงก่อนปรับเทียบ



ภาพที่ 34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริง (หลังปรับเทียบจากสมการที่ 1)

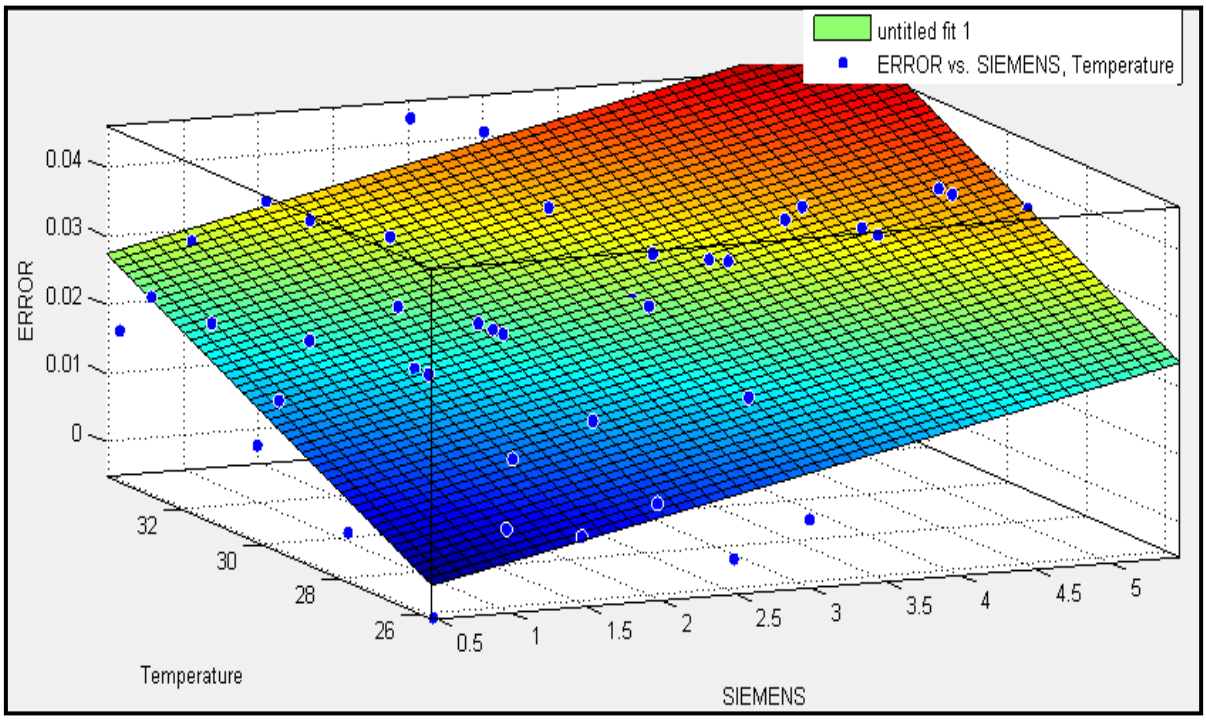


ภาพที่ 35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริง (หลังปรับเทียบจากสมการที่ 2)



ภาพที่ 36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริง (หลังปรับเทียบจากสมการที่ 3)

ครั้งที่ 1 จากกราฟ Polynomial Degree X=1,Y=1 (ภาพที่ 33)



ภาพที่ 37 กราฟ Polynomial Degree X=1,Y=1

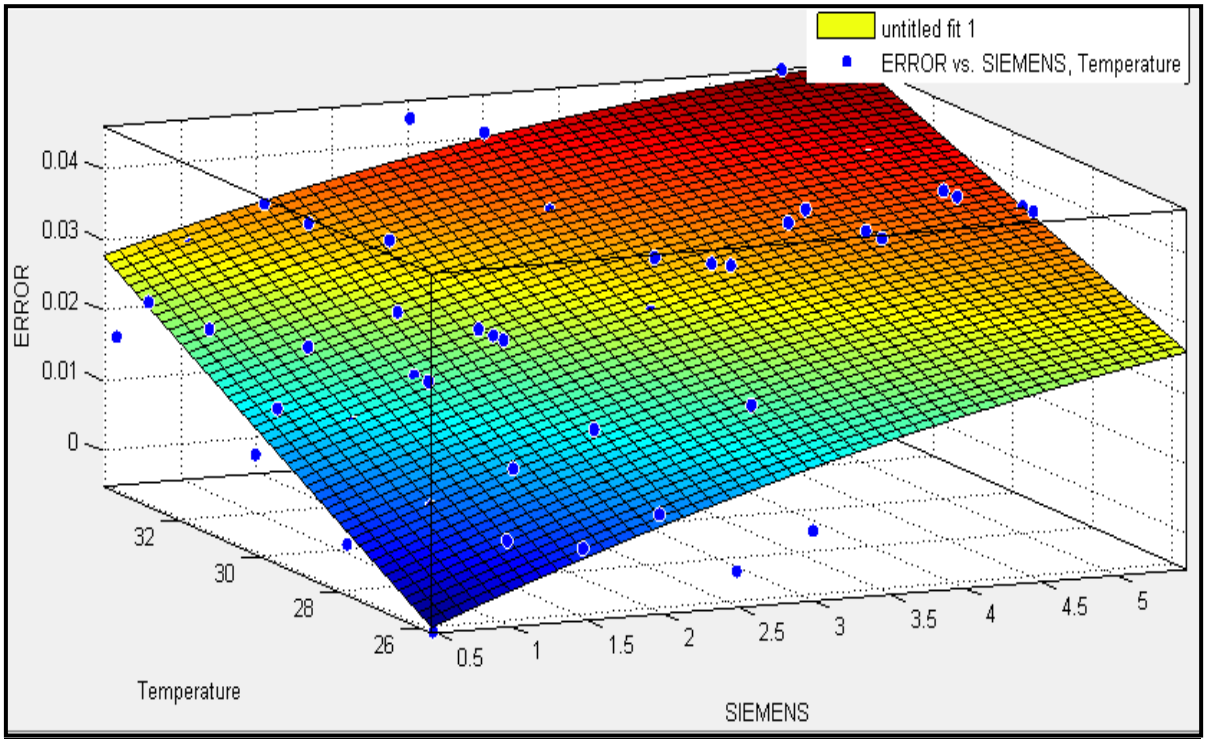
จากกราฟ Polynomial จะได้สมการความคลาดเคลื่อน คือ

$$E = -0.08793+0.003324T+0.004673Y \quad \text{.....สมการที่ (1)}$$

มีค่า R – square = 0.847

นำสมการที่ได้มาหาความคลาดเคลื่อนเพื่อปรับแก้ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำยี่ห้อ SIEMENS ได้ผลการปรับเทียบดังตารางที่ 3

ครั้งที่ 2 จากกราฟ Polynomial Degree X=2,Y=1



ภาพที่ 38 กราฟ Polynomial Degree X=2,Y=1

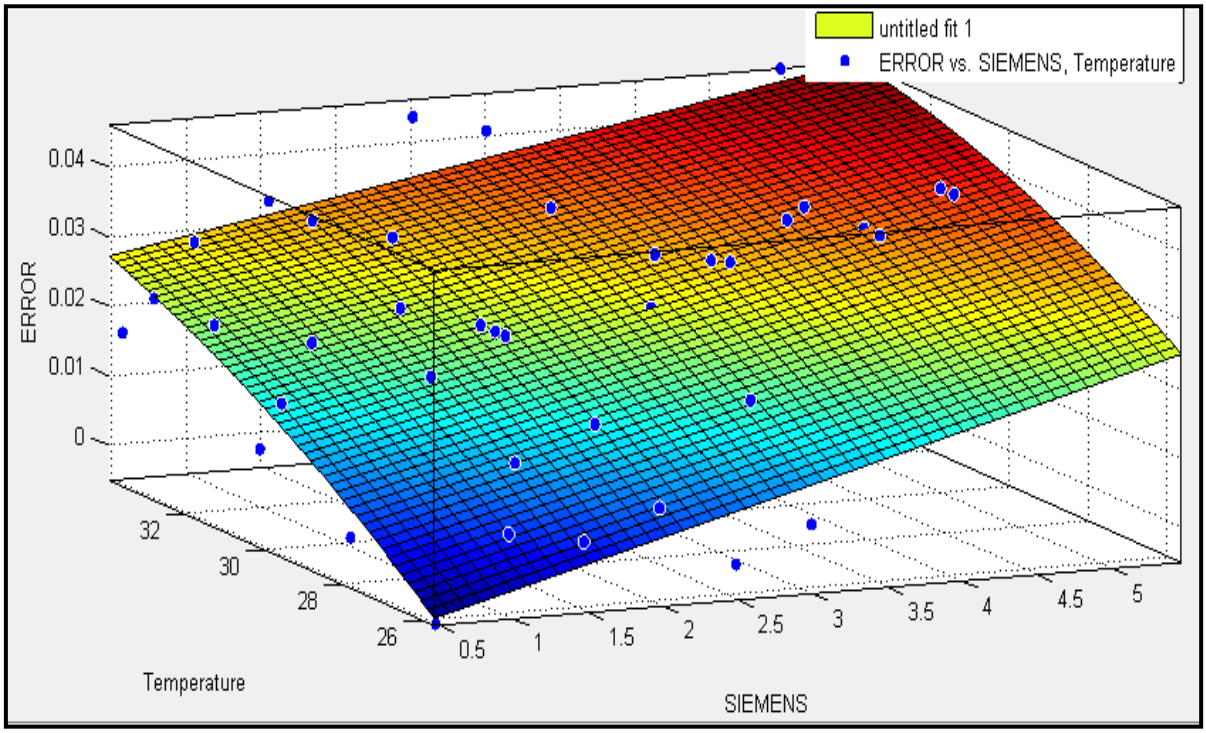
จากกราฟ Polynomial จะได้สมการความคลาดเคลื่อน คือ

$$E = -0.2628+0.01455T+0.01212Y+0.0001784T^2-0.000246TY$$ .....สมการที่ (2)

มีค่า R – square = 0.847

นำสมการที่ได้มาหาความคลาดเคลื่อนเพื่อปรับแก้ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำยี่ห้อ SIEMENS ได้ผลการปรับเทียบดังตารางที่ 4

ครั้งที่ 3 จากกราฟ Polynomial Degree X=1,Y=2



ภาพที่ 39 กราฟ Polynomial Degree X=1,Y=2

จากกราฟ Polynomial จะได้สมการความคลาดเคลื่อน คือ

$$E = -0.1113+0.00401T+0.0161Y-0.0002836TY-0.0004718Y^2$$.....สมการที่ (3)

มีค่า R – square = 0.8614

นำสมการที่ได้มาหาความคลาดเคลื่อนเพื่อปรับแก้ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำยี่ห้อ SIEMENS ได้ผลการปรับเทียบดังตารางที่ 5

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงก่อนปรับเทียบ (ภาพที่ 33) และหลังปรับเทียบทั้งสามสมการ(ภาพที่ 34, 35, 36) จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้หลังจากปรับเทียบทั้งสามสมการมีค่าน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นทั้งสามสมการความคลาดเคลื่อนที่ได้สามารถนำไปใช้เพื่อทำการปรับเทียบค่าระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series ได้ และจากตารางผลการทดลองปรับเทียบสมการความคลาดเคลื่อนทั้งสามสมการ (ตารางที่ 3, 4, 5) ก็จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้หลังจากการปรับเทียบมีค่าเข้าใกล้ระดับน้ำจริงมากยิ่งขึ้น สมการความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 สมการ ได้แก่

สมการที่ 1 $E = -0.08793+0.003324T+0.004673Y$

สมการที่ 2 $E = -0.2628+0.01455T+0.01212Y+0.0001784T^2 -0.000246TY$

สมการที่ 3 $E = -0.1113+0.00401T+0.0161Y-0.0002836TY-0.0004718Y^2$

โดยทั้งสามสมการมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ ±0.0036 ม. , ±0.0035 ม. และ ±0.0034 ม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยก่อนปรับเทียบ (ตารางที่ 2) ซึ่งมีค่าเท่ากับ ±0.0250 ม. และมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่างกันไม่มากนัก แต่สมการที่ใช้ได้ง่ายและไม่ยุ่งยากมากนักคือ สมการที่ 1 ดังนั้นสมการที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานก็คือ สมการที่ 1 $E = -0.08793+0.003324T+0.004673Y$

ตารางที่ 3 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ จากกราฟ Polynomial Degree X=1, Y=1

อุณหภูมิน้ำ(˚C)	ระดับน้ำจริง (m)	Siemens (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการ (m)	ระดับน้ำปรับเทียบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนหลังปรับแก้	
					เมตร	เปอร์เซ็นต์
25.78	0.50	0.498	0.0007	0.4987	0.0013	0.26%
27.91	0.50	0.498	0.0076	0.5056	-0.0056	1.12%
29.60	0.50	0.483	0.0130	0.4960	0.0040	0.80%
30.17	0.50	0.491	0.0149	0.5059	-0.0059	1.18%
31.27	0.50	0.476	0.0184	0.4944	0.0056	1.12%
32.79	0.50	0.476	0.0233	0.4993	0.0007	0.13%
33.62	0.50	0.474	0.0260	0.5000	0.0000	0.01%
25.78	1.00	0.993	0.0030	0.9960	0.0040	0.40%
27.69	1.00	0.993	0.0092	1.0022	-0.0022	0.22%
29.60	1.00	0.993	0.0154	1.0084	-0.0084	0.84%
30.10	1.00	0.993	0.0170	1.0100	-0.0100	1.00%
30.71	1.00	0.978	0.0189	0.9969	0.0031	0.31%
32.67	1.00	0.978	0.0253	1.0033	-0.0033	0.33%
33.65	1.00	0.971	0.0284	0.9994	0.0006	0.06%
25.78	1.50	1.495	0.0053	1.5003	-0.0003	0.02%
27.50	1.50	1.488	0.0109	1.4989	0.0011	0.08%
29.60	1.50	1.481	0.0177	1.4987	0.0013	0.09%
29.95	1.50	1.481	0.0188	1.4998	0.0002	0.01%
30.34	1.50	1.473	0.0200	1.4930	0.0070	0.47%
32.54	1.50	1.466	0.0271	1.4931	0.0069	0.46%
33.65	1.50	1.466	0.0307	1.4967	0.0033	0.22%
25.75	2.00	1.991	0.0075	1.9985	0.0015	0.07%
27.35	2.00	1.983	0.0127	1.9957	0.0043	0.22%
29.60	2.00	1.976	0.0200	1.9960	0.0040	0.20%
29.85	2.00	1.976	0.0208	1.9968	0.0032	0.16%
30.22	2.00	1.976	0.0220	1.9980	0.0020	0.10%
32.42	2.00	1.969	0.0291	1.9981	0.0019	0.10%
33.74	2.00	1.969	0.0334	2.0024	-0.0024	0.12%
25.75	2.50	2.498	0.0099	2.5079	-0.0079	0.32%
27.25	2.50	2.493	0.0147	2.5077	-0.0077	0.31%

ตารางที่ 3 (ต่อ)

อุณหภูมิน้ำ(˚C)	ระดับน้ำจริง (m)	Siemens (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการ (m)	ระดับน้ำปรับเทียบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนหลังปรับแก้	
					เมตร	เปอร์เซ็นต์
29.60	2.50	2.479	0.0223	2.5013	-0.0013	0.05%
29.78	2.50	2.479	0.0229	2.5019	-0.0019	0.08%
32.30	2.50	2.471	0.0310	2.5020	-0.0020	0.08%
33.76	2.50	2.456	0.0357	2.4917	0.0083	0.33%
25.71	3.00	2.995	0.0121	3.0071	-0.0071	0.24%
27.20	3.00	2.981	0.0168	2.9978	0.0022	0.07%
29.56	3.00	2.974	0.0245	2.9985	0.0015	0.05%
29.69	3.00	2.974	0.0249	2.9989	0.0011	0.04%
30.11	3.00	2.974	0.0263	3.0003	-0.0003	0.01%
32.19	3.00	2.966	0.0330	2.9990	0.0010	0.03%
33.80	3.00	2.959	0.0382	2.9972	0.0028	0.09%
29.56	3.50	3.468	0.0268	3.4948	0.0052	0.15%
30.05	3.50	3.469	0.0284	3.4974	0.0026	0.08%
32.10	3.50	3.469	0.0350	3.5040	-0.0040	0.11%
29.56	4.00	3.961	0.0291	3.9901	0.0099	0.25%
30.00	4.00	3.964	0.0305	3.9945	0.0055	0.14%
31.97	4.00	3.971	0.0369	4.0079	-0.0079	0.20%
29.56	4.50	4.466	0.0314	4.4974	0.0026	0.06%
29.97	4.50	4.466	0.0327	4.4987	0.0013	0.03%
31.90	4.50	4.466	0.0390	4.5050	-0.0050	0.11%
29.56	5.00	4.961	0.0337	4.9947	0.0053	0.11%
29.90	5.00	4.961	0.0348	4.9958	0.0042	0.08%
31.78	5.00	4.961	0.0409	5.0019	-0.0019	0.04%
33.92	5.00	4.954	0.0478	5.0018	-0.0018	0.04%
29.56	5.50	5.464	0.0360	5.5000	0.0000	0.00%
29.83	5.50	5.464	0.0369	5.5009	-0.0009	0.02%
31.66	5.50	5.464	0.0429	5.5069	-0.0069	0.12%
33.93	5.50	5.456	0.0502	5.5062	-0.0062	0.11%
				Average	±0.0036	0.23%
				SD	0.0045	

ตารางที่ 4 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ จากกราฟ Polynomial Degree X=2,Y=1

อุณหภูมิน้ำ(˚C)	ระดับน้ำจริง (m)	Siemens (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการ (m)	ระดับน้ำปรับเทียบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนหลังปรับแก้	
					เมตร	เปอร์เซ็นต์
25.78	0.50	0.498	-0.0019	0.4961	0.0039	0.78%
27.91	0.50	0.498	0.0071	0.5051	-0.0051	1.01%
29.60	0.50	0.483	0.0134	0.4964	0.0036	0.72%
30.17	0.50	0.491	0.0155	0.5065	-0.0065	1.30%
31.27	0.50	0.476	0.0192	0.4952	0.0048	0.97%
32.79	0.50	0.476	0.0239	0.4999	0.0001	0.02%
33.62	0.50	0.474	0.0263	0.5003	-0.0003	0.06%
25.78	1.00	0.993	0.0008	0.9938	0.0062	0.62%
27.69	1.00	0.993	0.0087	1.0017	-0.0017	0.17%
29.60	1.00	0.993	0.0159	1.0089	-0.0089	0.89%
30.10	1.00	0.993	0.0176	1.0106	-0.0106	1.06%
30.71	1.00	0.978	0.0196	0.9976	0.0024	0.24%
32.67	1.00	0.978	0.0257	1.0037	-0.0037	0.37%
33.65	1.00	0.971	0.0284	0.9994	0.0006	0.06%
25.78	1.50	1.495	0.0036	1.4986	0.0014	0.09%
27.50	1.50	1.488	0.0105	1.4985	0.0015	0.10%
29.60	1.50	1.481	0.0182	1.4992	0.0008	0.05%
29.95	1.50	1.481	0.0194	1.5004	-0.0004	0.03%
30.34	1.50	1.473	0.0207	1.4937	0.0063	0.42%
32.54	1.50	1.466	0.0274	1.4934	0.0066	0.44%
33.65	1.50	1.466	0.0304	1.4964	0.0036	0.24%
25.75	2.00	1.991	0.0062	1.9972	0.0028	0.14%
27.35	2.00	1.983	0.0125	1.9955	0.0045	0.22%
29.60	2.00	1.976	0.0206	1.9966	0.0034	0.17%
29.85	2.00	1.976	0.0214	1.9974	0.0026	0.13%
30.22	2.00	1.976	0.0226	1.9986	0.0014	0.07%
32.42	2.00	1.969	0.0292	1.9982	0.0018	0.09%
33.74	2.00	1.969	0.0326	2.0016	-0.0016	0.08%
25.75	2.50	2.498	0.0090	2.5070	-0.0070	0.28%
27.25	2.50	2.493	0.0148	2.5078	-0.0078	0.31%

ตารางที่ 4 (ต่อ)

อุณหภูมิน้ำ(˚C)	ระดับน้ำจริง (m)	Siemens (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการ (m)	ระดับน้ำปรับเทียบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนหลังปรับแก้	
					เมตร	เปอร์เซ็นต์
29.60	2.50	2.479	0.0230	2.5020	-0.0020	0.08%
29.78	2.50	2.479	0.0236	2.5026	-0.0026	0.10%
32.30	2.50	2.471	0.0310	2.5020	-0.0020	0.08%
33.76	2.50	2.456	0.0346	2.4906	0.0094	0.38%
25.71	3.00	2.995	0.0116	3.0066	-0.0066	0.22%
27.20	3.00	2.981	0.0172	2.9982	0.0018	0.06%
29.56	3.00	2.974	0.0252	2.9992	0.0008	0.03%
29.69	3.00	2.974	0.0256	2.9996	0.0004	0.01%
30.11	3.00	2.974	0.0269	3.0009	-0.0009	0.03%
32.19	3.00	2.966	0.0328	2.9988	0.0012	0.04%
33.80	3.00	2.959	0.0367	2.9957	0.0043	0.14%
29.56	3.50	3.468	0.0276	3.4956	0.0044	0.13%
30.05	3.50	3.469	0.0291	3.4981	0.0019	0.05%
32.10	3.50	3.469	0.0347	3.5037	-0.0037	0.11%
29.56	4.00	3.961	0.0300	3.9910	0.0090	0.23%
30.00	4.00	3.964	0.0313	3.9953	0.0047	0.12%
31.97	4.00	3.971	0.0366	4.0076	-0.0076	0.19%
29.56	4.50	4.466	0.0324	4.4984	0.0016	0.04%
29.97	4.50	4.466	0.0336	4.4996	0.0004	0.01%
31.90	4.50	4.466	0.0386	4.5046	-0.0046	0.10%
29.56	5.00	4.961	0.0348	4.9958	0.0042	0.08%
29.90	5.00	4.961	0.0357	4.9967	0.0033	0.07%
31.78	5.00	4.961	0.0404	5.0014	-0.0014	0.03%
33.92	5.00	4.954	0.0449	4.9989	0.0011	0.02%
29.56	5.50	5.464	0.0372	5.5012	-0.0012	0.02%
29.83	5.50	5.464	0.0379	5.5019	-0.0019	0.03%
31.66	5.50	5.464	0.0424	5.5064	-0.0064	0.12%
33.93	5.50	5.456	0.0469	5.5029	-0.0029	0.05%
				Average	±0.0035	0.24%
				SD	0.0043	

ตารางที่ 5 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ จากกราฟ Polynomial Degree X=1, Y=2

อุณหภูมิน้ำ(˚C)	ระดับน้ำจริง (m)	Siemens (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการ (m)	ระดับน้ำปรับเทียบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนหลังปรับแก้	
					เมตร	เปอร์เซ็นต์
25.78	0.50	0.498	-0.0023	0.4957	0.0043	0.86%
27.91	0.50	0.498	0.0054	0.5034	-0.0034	0.69%
29.60	0.50	0.483	0.0115	0.4945	0.0055	1.11%
30.17	0.50	0.491	0.0136	0.5046	-0.0046	0.91%
31.27	0.50	0.476	0.0175	0.4935	0.0065	1.31%
32.79	0.50	0.476	0.0230	0.4990	0.0010	0.21%
33.62	0.50	0.474	0.0260	0.5000	0.0000	0.01%
25.78	1.00	0.993	0.0013	0.9943	0.0057	0.57%
27.69	1.00	0.993	0.0080	1.0010	-0.0010	0.10%
29.60	1.00	0.993	0.0148	1.0078	-0.0078	0.78%
30.10	1.00	0.993	0.0165	1.0095	-0.0095	0.95%
30.71	1.00	0.978	0.0186	0.9966	0.0034	0.34%
32.67	1.00	0.978	0.0255	1.0035	-0.0035	0.35%
33.65	1.00	0.971	0.0289	0.9999	0.0001	0.01%
25.78	1.50	1.495	0.0047	1.4997	0.0003	0.02%
27.50	1.50	1.488	0.0106	1.4986	0.0014	0.09%
29.60	1.50	1.481	0.0177	1.4987	0.0013	0.08%
29.95	1.50	1.481	0.0189	1.4999	0.0001	0.00%
30.34	1.50	1.473	0.0202	1.4932	0.0068	0.45%
32.54	1.50	1.466	0.0277	1.4937	0.0063	0.42%
33.65	1.50	1.466	0.0315	1.4975	0.0025	0.16%
25.75	2.00	1.991	0.0078	1.9988	0.0012	0.06%
27.35	2.00	1.983	0.0131	1.9961	0.0039	0.19%
29.60	2.00	1.976	0.0206	1.9966	0.0034	0.17%
29.85	2.00	1.976	0.0214	1.9974	0.0026	0.13%
30.22	2.00	1.976	0.0226	1.9986	0.0014	0.07%
32.42	2.00	1.969	0.0299	1.9989	0.0011	0.05%
33.74	2.00	1.969	0.0343	2.0033	-0.0033	0.17%
25.75	2.50	2.498	0.0109	2.5089	-0.0089	0.36%
27.25	2.50	2.493	0.0158	2.5088	-0.0088	0.35%

ตารางที่ 5 (ต่อ)

อุณหภูมิน้ำ(˚C)	ระดับน้ำจริง (m)	Siemens (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการ (m)	ระดับน้ำปรับเทียบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนหลังปรับแก้	
					เมตร	เปอร์เซ็นต์
29.60	2.50	2.479	0.0233	2.5023	-0.0023	0.09%
29.78	2.50	2.479	0.0238	2.5028	-0.0028	0.11%
32.30	2.50	2.471	0.0319	2.5029	-0.0029	0.12%
33.76	2.50	2.456	0.0366	2.4926	0.0074	0.30%
25.71	3.00	2.995	0.0137	3.0087	-0.0087	0.29%
27.20	3.00	2.981	0.0182	2.9992	0.0008	0.03%
29.56	3.00	2.974	0.0256	2.9996	0.0004	0.01%
29.69	3.00	2.974	0.0260	3.0000	0.0000	0.00%
30.11	3.00	2.974	0.0273	3.0013	-0.0013	0.04%
32.19	3.00	2.966	0.0338	2.9998	0.0002	0.01%
33.80	3.00	2.959	0.0388	2.9978	0.0022	0.07%
29.56	3.50	3.468	0.0279	3.4959	0.0041	0.12%
30.05	3.50	3.469	0.0294	3.4984	0.0016	0.05%
32.10	3.50	3.469	0.0356	3.5046	-0.0046	0.13%
29.56	4.00	3.961	0.0300	3.9910	0.0090	0.23%
30.00	4.00	3.964	0.0313	3.9953	0.0047	0.12%
31.97	4.00	3.971	0.0371	4.0081	-0.0081	0.20%
29.56	4.50	4.466	0.0319	4.4979	0.0021	0.05%
29.97	4.50	4.466	0.0331	4.4991	0.0009	0.02%
31.90	4.50	4.466	0.0386	4.5046	-0.0046	0.10%
29.56	5.00	4.961	0.0337	4.9947	0.0053	0.11%
29.90	5.00	4.961	0.0346	4.9956	0.0044	0.09%
31.78	5.00	4.961	0.0397	5.0007	-0.0007	0.01%
33.92	5.00	4.954	0.0456	4.9996	0.0004	0.01%
29.56	5.50	5.464	0.0352	5.4992	0.0008	0.01%
29.83	5.50	5.464	0.0359	5.4999	0.0001	0.00%
31.66	5.50	5.464	0.0408	5.5048	-0.0048	0.09%
33.93	5.50	5.456	0.0467	5.5027	-0.0027	0.05%
				Average	±0.0034	0.23%
				SD	0.0044	

4.4 ปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD

จากการทดลองในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไม่มีผลกระทบต่อการวัดระดับน้ำของเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันยี่ห้อ OTT รุ่น CTD แต่มีปัจจัยที่ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อน คือ ระดับความลึกของน้ำที่ทำการตรวจวัด ดังนั้นจึงทำการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันโดยการสร้างกราฟเพื่อหาสมการค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากระดับความลึกของน้ำที่ทำการตรวจวัด ดังภาพที่ 40

เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงที่ทำการตรวจวัดแล้วจะได้สมการค่าความคลาดเคลื่อนออกมาซึ่งนำมาใช้ในการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันยี่ห้อ OTT รุ่น CTD ได้สมการค่าความคลาดเคลื่อนคือ

$$E = 0.004Y-0.001 \quad \text{.....สมการที่ (4)}$$

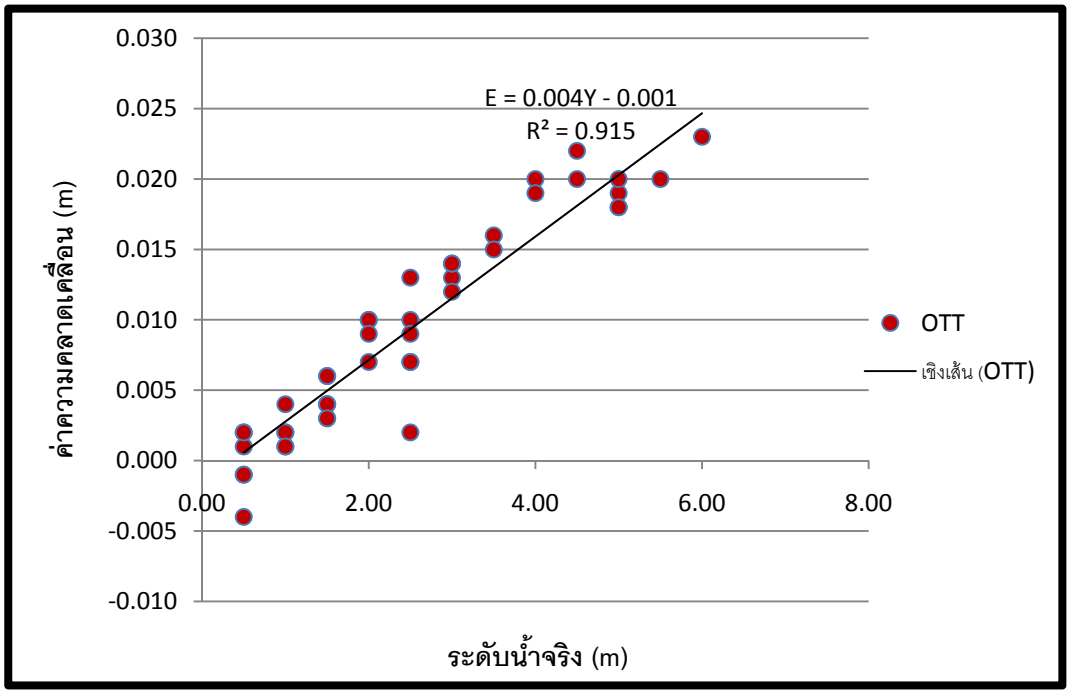
มีค่า R-square = 0.915

เมื่อ E = ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น (เมตร)

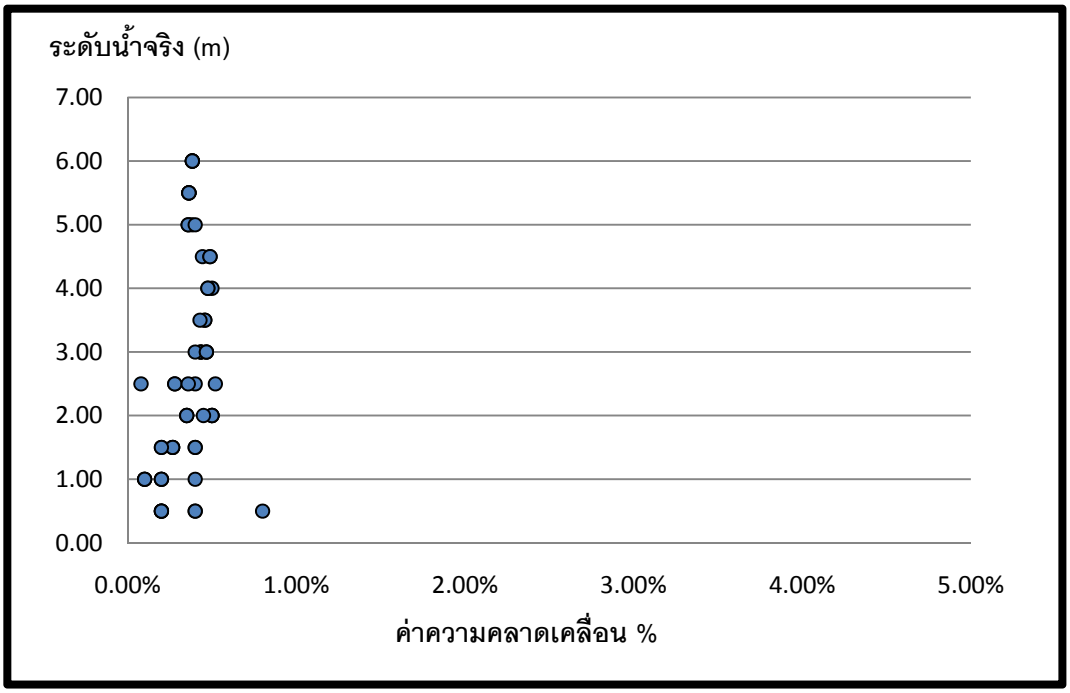
Y = ระดับความลึกของน้ำที่วัดได้ (เมตร)

นำสมการที่ได้มาทำการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำยี่ห้อ OTT รุ่น CTD แล้วได้ค่าดังตารางที่ 6

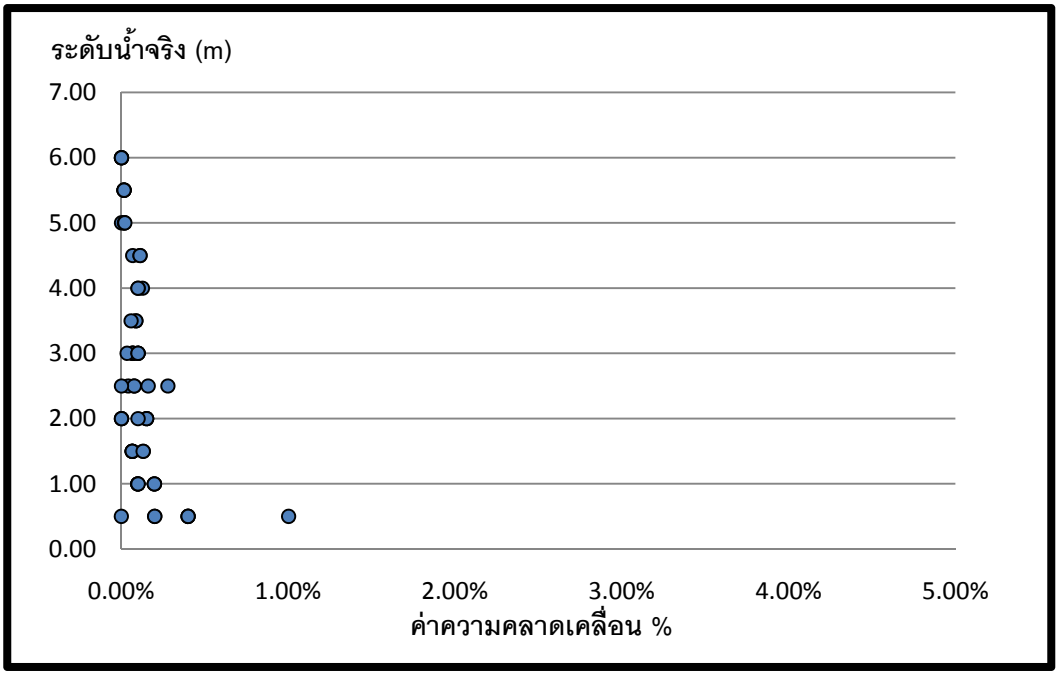
สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงก่อนปรับเทียบจากสมการความคลาดเคลื่อน เปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงหลังปรับเทียบจากสมการความคลาดเคลื่อนในสมการที่ 4 (ภาพที่ 41, 42) เพื่อนำมาวิเคราะห์สมการความคลาดเคลื่อนที่ได้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานหรือไม่



ภาพที่ 40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อน (m) กับระดับน้ำจริง (m)



ภาพที่ 41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงก่อนปรับเทียบ



ภาพที่ 42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริง (หลังปรับเทียบจากสมการที่ 4)

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับระดับน้ำจริงก่อนปรับเทียบและหลังหรับเทียบ (ภาพที่ 39 , 40) จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนหลังปรับเทียบจากสมการที่ 4 มีค่าน้อยลง ดังนั้นสมการค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับเทียบค่าที่วัดได้จากการวัดระดับน้ำยี่ห้อ OTT รุ่น CTD ได้ และจากตารางผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ OTT รุ่น CTD (ตารางที่ 6) โดยใช้สมการ E = 0.004Y-0.001 จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ ±0.0012 ม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยก่อนปรับเทียบ (ตารางที่ 2) ซึ่งมีค่าเท่ากับ ±0.0110 ม.

ตารางที่ 6 ผลการทดลองปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ OTT รุ่น CTD

ระดับน้ำจริง (m)	OTT	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการ (m)	ระดับน้ำปรับเทียบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนหลังปรับแก้	
				เมตร	เปอร์เซ็นต์
0.50	0.501	0.0010	0.5020	-0.0020	0.40%
0.50	0.498	0.0010	0.4990	0.0010	0.20%
0.50	0.499	0.0010	0.5000	0.0000	0.00%
0.50	0.498	0.0010	0.4990	0.0010	0.20%
0.50	0.504	0.0010	0.5050	-0.0050	1.00%
0.50	0.501	0.0010	0.5020	-0.0020	0.40%
0.50	0.501	0.0010	0.5020	-0.0020	0.40%
1.00	0.998	0.0030	1.0010	-0.0010	0.10%
1.00	0.998	0.0030	1.0010	-0.0010	0.10%
1.00	0.999	0.0030	1.0020	-0.0020	0.20%
1.00	0.998	0.0030	1.0010	-0.0010	0.10%
1.00	0.999	0.0030	1.0020	-0.0020	0.20%
1.00	0.999	0.0030	1.0020	-0.0020	0.20%
1.00	0.996	0.0030	0.9990	0.0010	0.10%
1.50	1.496	0.0050	1.5010	-0.0010	0.07%
1.50	1.494	0.0050	1.4990	0.0010	0.07%
1.50	1.496	0.0050	1.5010	-0.0010	0.07%
1.50	1.494	0.0050	1.4990	0.0010	0.07%
1.50	1.497	0.0050	1.5020	-0.0020	0.13%
1.50	1.496	0.0050	1.5010	-0.0010	0.07%
1.50	1.497	0.0050	1.5020	-0.0020	0.13%
2.00	1.990	0.0070	1.9970	0.0030	0.15%
2.00	1.990	0.0070	1.9970	0.0030	0.15%
2.00	1.993	0.0070	2.0000	0.0000	0.00%
2.00	1.993	0.0070	2.0000	0.0000	0.00%
2.00	1.993	0.0070	2.0000	0.0000	0.00%
2.00	1.990	0.0070	1.9970	0.0030	0.15%
2.00	1.991	0.0070	1.9980	0.0020	0.10%

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ระดับน้ำจริง (m)	OTT	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการ (m)	ระดับน้ำปรับเทียบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนหลังปรับแก้	
				เมตร	เปอร์เซ็นต์
2.50	2.498	0.0090	2.5070	-0.0070	0.28%
2.50	2.487	0.0089	2.4959	0.0041	0.16%
2.50	2.493	0.0090	2.5020	-0.0020	0.08%
2.50	2.490	0.0090	2.4990	0.0010	0.04%
2.50	2.493	0.0090	2.5020	-0.0020	0.08%
2.50	2.491	0.0090	2.5000	0.0000	0.00%
3.00	2.987	0.0109	2.9979	0.0021	0.07%
3.00	2.987	0.0109	2.9979	0.0021	0.07%
3.00	2.987	0.0109	2.9979	0.0021	0.07%
3.00	2.986	0.0109	2.9969	0.0031	0.10%
3.00	2.988	0.0110	2.9990	0.0010	0.03%
3.00	2.986	0.0109	2.9969	0.0031	0.10%
3.00	2.986	0.0109	2.9969	0.0031	0.10%
3.50	3.484	0.0129	3.4969	0.0031	0.09%
3.50	3.484	0.0129	3.4969	0.0031	0.09%
3.50	3.485	0.0129	3.4979	0.0021	0.06%
4.00	3.980	0.0149	3.9949	0.0051	0.13%
4.00	3.981	0.0149	3.9959	0.0041	0.10%
4.00	3.981	0.0149	3.9959	0.0041	0.10%
4.50	4.480	0.0169	4.4969	0.0031	0.07%
4.50	4.478	0.0169	4.4949	0.0051	0.11%
4.50	4.478	0.0169	4.4949	0.0051	0.11%
5.00	4.982	0.0189	5.0009	-0.0009	0.02%
5.00	4.981	0.0189	4.9999	0.0001	0.00%
5.00	4.982	0.0189	5.0009	-0.0009	0.02%
5.00	4.980	0.0189	4.9989	0.0011	0.02%
5.50	5.480	0.0209	5.5009	-0.0009	0.02%
5.50	5.480	0.0209	5.5009	-0.0009	0.02%

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ระดับน้ำจริง (m)	OTT	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการ (m)	ระดับน้ำปรับเทียบ (m)	ค่าความคลาดเคลื่อนหลังปรับแก้	
				เมตร	เปอร์เซ็นต์
5.50	5.480	0.0209	5.5009	-0.0009	0.02%
6.00	5.977	0.0229	5.9999	0.0001	0.00%
6.00	5.977	0.0229	5.9999	0.0001	0.00%
6.00	5.977	0.0229	5.9999	0.0001	0.00%
6.00	5.977	0.0229	5.9999	0.0001	0.00%
			Average	±0.0012	0.11%
			SD	0.0025	

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การทดลองเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ ได้ทำการทดสอบเพื่อหาปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ซึ่งได้แก่อุณหภูมิของน้ำที่ทำการตรวจวัดและระดับความลึกของน้ำที่ทำการตรวจวัด โดยการทดสอบปัจจัยที่เกิดจากอุณหภูมิของน้ำที่ทำการตรวจวัด ทำได้จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำที่ทำการตรวจวัดและกำหนดให้ระดับความลึกของน้ำคงที่ และการทดสอบปัจจัยที่เกิดจากระดับความลึกของน้ำที่ทำการตรวจวัด ทำได้จากการวัดระดับน้ำที่ 0.5 , 1.0 , 1.5, 2.0 , 2.5 , 3.0 3.5 , 4.0 , 4.5 ,5.0 , 5.5 , 6.0 เมตร ตามลำดับในช่วงเวลาเดียวกัน จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาสมการความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

จากการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดันทั้งสองยี่ห้อ ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องวัดระดับน้ำยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series และ ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าระดับน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำแบบแรงดัน ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series มีอยู่ด้วยกันสองปัจจัย คือ อุณหภูมิน้ำที่ทำการตรวจวัด กับระดับความลึกของน้ำที่ทำการตรวจวัด ซึ่งหลังจากที่ทำการปรับเทียบแล้วมีค่าเข้าใกล้ค่าระดับน้ำจริง โดยสมการความคลาดเคลื่อนที่เหมาะสมต่อการใช้งาน คือสมการ $E = -0.08793+0.003324T+0.004673Y$ มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ ±0.0036 ม. ส่วนยี่ห้อ OTT รุ่น CTD ที่ได้ทำการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ ±0.0110 ม. ซึ่งเมื่อทำการปรับเทียบแล้วมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ ±0.0012 ม. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยลดลงจึงถือว่าสมการที่ได้จากการทดลองนำไปใช้ในการปรับเทียบข้อมูลที่ได้จากการวัดระดับน้ำ ยี่ห้อ OTT รุ่น CTD ได้ โดยสมการค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ คือ $E = 0.004Y-0.001$

ข้อเสนอแนะ

1. ในการใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบแรงดันยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series ในการวัดระดับน้ำที่มีความลึกตั้งแต่ 3 เมตร ขึ้นไปควรเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟตรง ที่มีความสามารถในการจ่ายไฟให้แก่เครื่องอย่างเพียงพอ และควรใช้ความต่างศักย์ 12 V เท่านั้นเพื่อป้องกันการเสียหายของเครื่อง
2. ระดับน้ำปรับเทียบที่ได้จากสมการที่ 1, 2 , และ 3 ของการวัดระดับน้ำจากเครื่องมือวัดระดับน้ำยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MPS series ควรใช้ปรับเทียบในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25 ถึง 34 องศาเซลเซียส และระดับความลึกของน้ำ ตั้งแต่ 0.5 ถึง 5.5 เมตร
3. ระดับน้ำปรับเทียบที่ได้จากสมการที่ 4 ของการวัดระดับน้ำจากเครื่องมือวัดระดับน้ำยี่ห้อ OTT รุ่น CTD ควรใช้ปรับเทียบในช่วงระดับความลึกของน้ำตั้งแต่ 0.5 ถึง 6 เมตร
4. หากต้องการทำการปรับเทียบเครื่องวัดระดับน้ำ ควรมีการทดสอบในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากกว่านี้ หรืออยู่ในช่วงประมาณ 18 ถึง 40 องศาเซลเซียส เพื่อให้ครอบคลุมทั้งหน้าหนาวและหน้าร้อน

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

© Siemens AG 2011

SITRANS P MPS (submersible sensor)
Transmitter for hydrostatic level

Overview

SITRANS P MPS pressure transmitters are submersible sensors for hydrostatic level measurements.

The SITRANS P MPS pressure transmitters are available for various measuring ranges and with explosion protection as an option.

A junction box and a cable hanger are available as accessories for simple installation.

Benefits

- Compact design
- Simple installation
- Small error in measurement (0,3 %)
- Degree of protection IP 68

Application

SITRANS P MPS pressure transmitters are used in the following branches for example:

- Oil and gas industries
- Shipbuilding
- Water supply

Design

SITRANS P MPS pressure transmitters have a front-flush piezo-resistive sensor with stainless steel diaphragm.

These pressure transmitters are equipped with an electronic circuit fitted together with the sensor in a stainless steel housing. The cable also contains a strength cord and vent pipe.

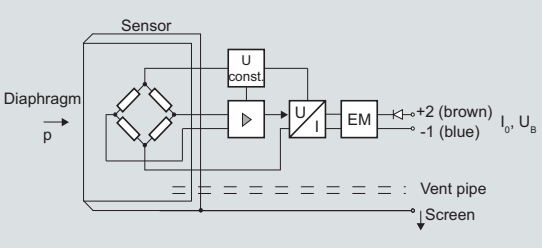
The diaphragm is protected against external influences by a protective cap.

The sensor, electronic circuit and cable are sealed in a common housing of small dimensions.

The pressure transmitter is temperature-compensated for a wide temperature range.

Function

SITRANS P MPS pressure transmitters are for measuring the liquid levels in wells, tanks, channels and dams.



SITRANS P MPS pressure transmitter, mode of operation and wiring diagram

On one side of the sensor, the diaphragm is exposed to the hydrostatic pressure which is proportional to the submersion depth. This pressure is compared with atmospheric pressure. Pressure compensation is carried out using the vent pipe in the connection cable.

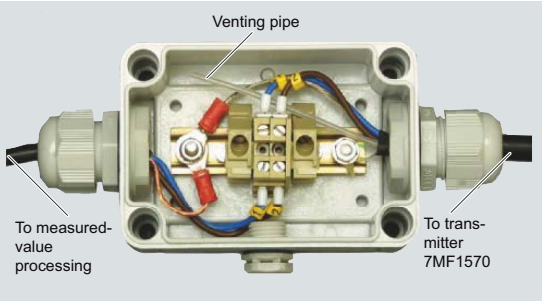
The hydrostatic pressure of the liquid column acts on the sensor diaphragm, and transmits the pressure to the piezo-resistive bridge in the sensor.

The output voltage of the sensor is applied to the electronic circuit where it is converted into an output current of 4 to 20 mA.

The cable of the 7MF1570 transmitter must always be connected in the supplied junction box. The junction box has to be installed near the measuring point.

If the medium is anything other than water, it is also necessary to check compatibility with the specified materials of the transmitter.

Integration



Junction box 7MF1570-8AA, opened

© Siemens AG 2011

SITRANS P MPS (submersible sensor)
Transmitter for hydrostatic level

Measuring point setup, in principle

Technical specifications

SITRANS P MPS pressure measurement transmitter (submersible sensor)	
Mode of operation	
Measuring principle	piezo-resistive
Input	
Measured variable	Hydrostatic level
Measuring range	Maximum operating pressure
• 0 ... 6 ftH_2O (0 ... 2 mH_2O)	• 20.3 psi (1.4 bar) (corresponds to 42 ftH_2O (14 mH_2O))
• 0 ... 12 ftH_2O (0 ... 4 mH_2O)	• 20.3 psi (1.4 bar) (corresponds to 42 ftH_2O (14 mH_2O))
• 0 ... 15 ftH_2O (0 ... 5 mH_2O)	• 20.3 psi (1.4 bar) (corresponds to 42 ftH_2O (14 mH_2O))
• 0 ... 18 ftH_2O (0 ... 6 mH_2O)	• 43.5 psi (3.0 bar) (corresponds to 90 ftH_2O (30 mH_2O))
• 0 ... 30 ftH_2O (0 ... 10 mH_2O)	• 43.5 psi (3.0 bar) (corresponds to 90 ftH_2O (30 mH_2O))
• 0 ... 60 ftH_2O (0 ... 20 mH_2O)	• 87.0 psi (6.0 bar) (corresponds to 180 ftH_2O (60 mH_2O))
Output	
Output signal	4 ... 20 mA
Measuring accuracy	Acc. to EN 60770-1
Error in measurement (including non-linearity, hysteresis and repeatability, at 25 °C (77 °F))	0.3% of full-scale value (typical)
Influence of ambient temperature	
Zero and span	
• 1 ... 6 mH_2O (3 ... 18 ftH_2O)	0.45 %/10 K of full-scale value
• ≥ 6 mH_2O (≥ 18 ftH_2O)	0.3 %/10 K of full-scale value
Long-term stability	
Zero and span	
• 1 ... 6 mH_2O (3 ...18 ftH_2O)	0.25 % of full-scale value/year
• ≥ 6 mH_2O (≥ 18 ftH_2O)	0.2 % of full-scale value/year
Rated conditions	
Ambient conditions	
• Process temperature	-10 ... +80 °C (14 ... 176 °F)
• Storage temperature	-40 ... +100 °C (-40 ... +212 °F)
Degree of protection to DIN EN 60529	IP68
Design	
Weight	
• Pressure transmitter	≈ 0.4 kg (≈ 0.88 lb)
• Cable	0.08 kg/m (≈ 0.054 lb/ft)
Electrical connection	Cable with 2 conductors with screen and vent pipe, strength cord (max. 300 N (67.44 lbf)
Material	
• Seal diaphragm	Stainless steel, mat. no. 316L/ 316 Ti
• Enclosure	Stainless steel, mat. no. 316L/ 316 Ti
• Gasket	Viton
• Connecting cable	Either PE/HFFR sheath (non-halogen) or FEP sheath
Power supply	
Terminal voltage on pressure transmitter U_B	10 ... 36 V DC
Certificates and approvals	
The transmitter is not subject to the pressure equipment directive (PED 97/23/EC)	
Explosion protection	
• Intrinsic safety "i"	TÜV 03 ATEX 2004X
- Marking	Ex II 1 G EEx ia IIC T4
Junction box	
Application	for connecting the transmitter cable
Design	
Weight	0.2 kg (0.44 lb)
Electrical connection	2 x 3-way (28 to 18 AWG)
Cable entry	2 x M20 x 1.5
Enclosure material	polycarbonate
Vent pipe for atmospheric pressure	
Screw for cable strength cord	
Rated conditions	
Degree of protection to DIN EN 60529	IP54
Cable hanger	
Application	for mounting the transmitter
Design	
Weight	0.16 kg (0.35 lb)
Material	Galvanized steel, polyamide

© Siemens AG 2011

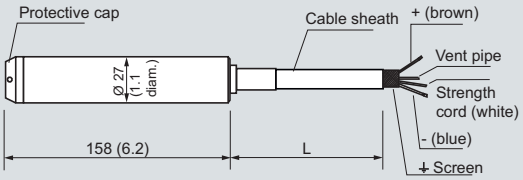
Selection and Ordering data		Order No.	Order code
SITRANS P MPS pressure transmitter for gauge pressure (submersible sensor) C)		**7MF1570-**	**A0**
2-wire system			
Note: Junction box and cable hanger included in delivery			
Connection cable material			
PE			**1**
FEP			**5**
Measuring range	**Cable length L**		
0 ... 2 mH_2O	10 m		**C**
0 ... 4 mH_2O	10 m		**D**
0 ... 5 mH_2O (with PE cable only)	25 m		**B**
0 ... 6 mH_2O	25 m		**E**
0 ... 10 mH_2O	25 m		**F**
0 ... 20 mH_2O	25 m		**G**
0 ... 6 ftH_2O	32 ft		**K**
0 ... 12 ftH_2O	32 ft		**L**
0 ... 18 ftH_2O	82 ft		**M**
0 ... 30 ftH_2O	82 ft		**N**
0 ... 60 ftH_2O	82 ft		**P**
Special measuring range/ special cable length) Specify measuring range and cable length in plain text[1]			**Z** **J 1 Y**
Explosion protection			
• None			**1**
• with type of protection "intrinsic safety" (Ex II 1 G EEx ia IIC T4)			**2**
Further designs		Order code	
Factory calibration certificate, add Z to order no. and add order code.		**C11**	
		Order No.	
Quality inspection certificate (factory calibration) to IEC 60770-2 supplied later, in this case state manufacturing number of transmitter.		**7MF1564-8CC11**	
Accessories (as spare part)			
Junction box for connecting the transmitter cable		**7MF1570-8AA**	
Cable hanger For attachment of transmitter		**7MF1570-8AB**	

Power supply units see Chap. 8 "Supplementary Components".

[1] Special measuring ranges of between 0 ... 1 mH_2O (0 ... 3 ftH_2O) and 0 ... 200 mH_2O (0 ... 656 ftH_2O) and special cable lengths of up to 1000 m (3281 ft) are possible. With Ex versions the max. custom cable length is 50 m (150 (ft). The length of free-hanging cable should not exceed 375 m (1230 ft).

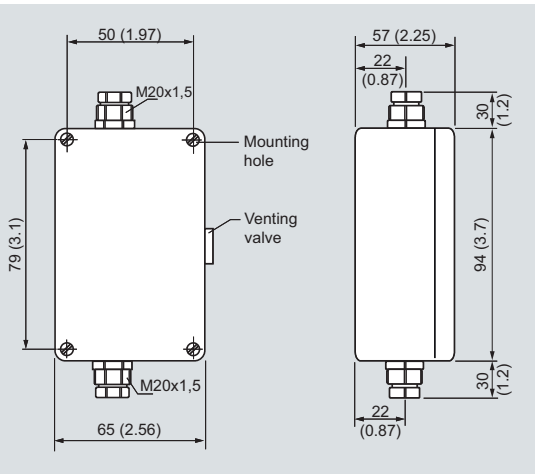
C) Subject to export regulations AL: N, ECCN: EAR99.

Dimensional drawings

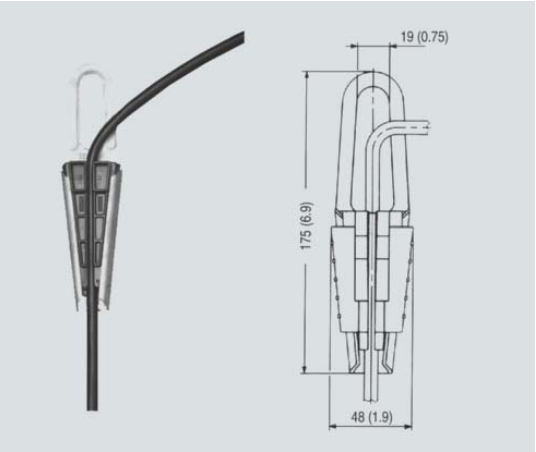


Cable sheath 8.3 (0.33) diam. (black or blue, PE/HFFR)
Flexible cable with 0.5 mm^2 (0.00078 $inch^2$) cross-section
Vent pipe 1 (0.04) diam. (inner diameter)
Protective cap with 4 x 3 diam. (4 x 0.12 diam.) holes (black, PA)

SITRANS P MPS pressure transmitters, dimensions in mm (inch)



Junction box, dimensions in mm (inch)



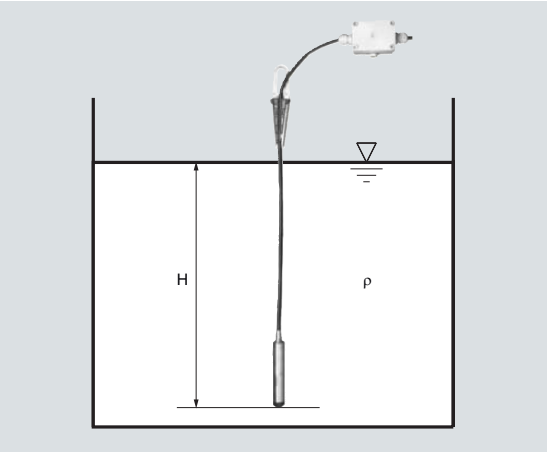
Cable hanger, dimensions in mm (inch)

© Siemens AG 2011

SITRANS P MPS (submersible sensor)
Transmitter for hydrostatic level

More information

Determination of the measuring range in case of media with a density ≠ 1000 kg/m3 (medium ≠ water)



Calculation of the measuring range:

p = ρ x g x H

with:

ρ = density of medium

g = local acceleration due to gravity

H = maximum level

Example:

Medium: Diesel fuel, ρ = 850 kg/m^3

Acceleration due to gravity: 9.81 m/s^2

Start-of-scale: 0 m

Maximum level: 6.2 m

Calculation:

p = 850 kg/m^3 x 9.81 m/s^2 x 6.2 m

p = 51698.7 N/m^2

p = 517 mbar

Transmitter to be ordered:

7MF1570-5ZA02-Z

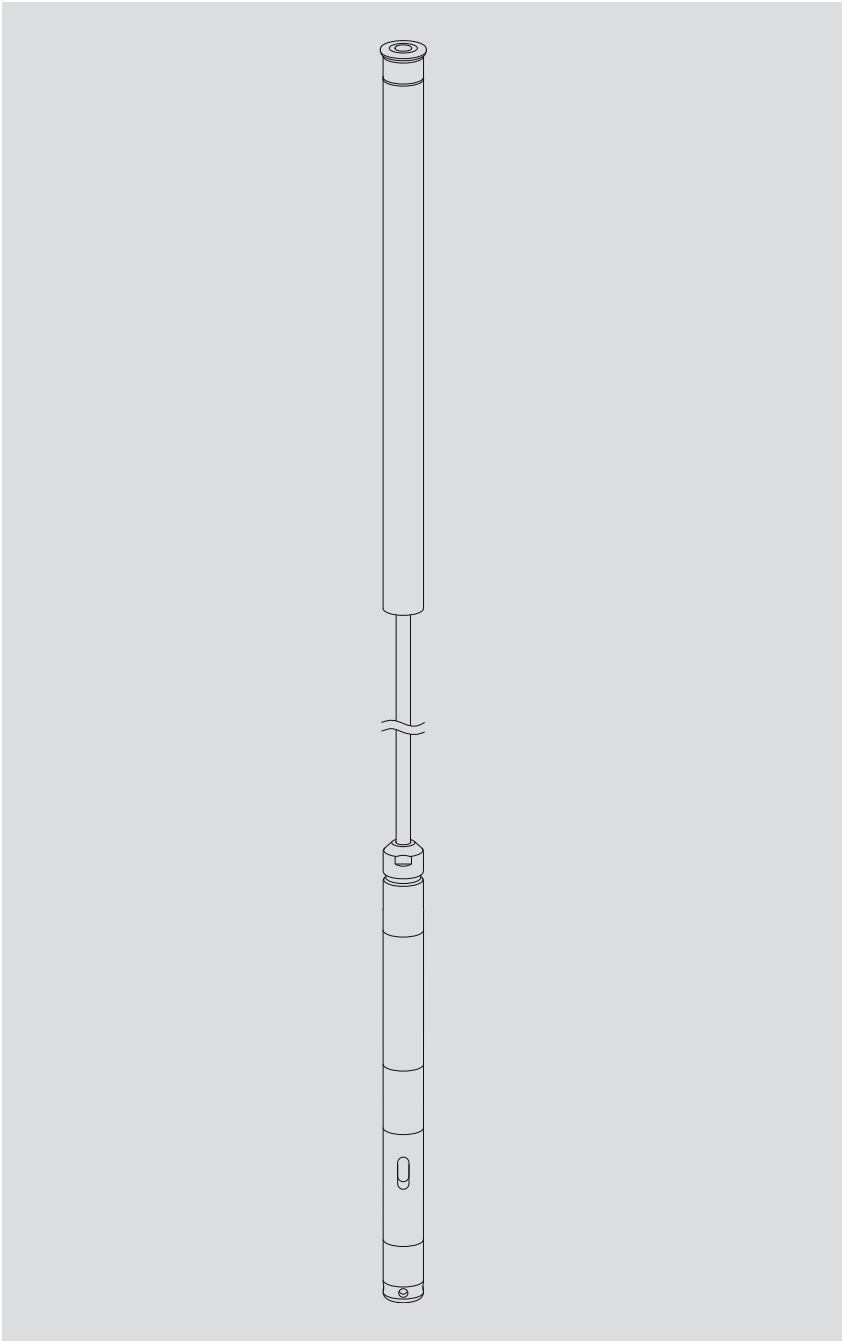
J1Y: 0 ... 517 mbar; cable length e.g. 8 m

ภาคผนวก ข

Operating instructions

Groundwater datalogger OTT CTD

English



These operating instructions (version "01-1009") cover the OTT CTD software versions

- OTT CTD firmware from **V 1.00.0**
- OTT CTD operating program from **V 1.50.0**

The OTT CTD firmware version can be found in the "Advanced operation" mode, "OTT CTD" window of the operating program. The version of the operating program can be found via the "Info" function in the "Help" menu.

We reserve the right to make technical changes and improvements without notice.

Table of contents

1 Scope of supply 4

2 Order numbers 4

3 Safety information 5

4 Introduction 6

5 Installing, checking, and exchanging batteries 8

6 Installing the OTT CTD 10

6.1 Installing in 1" observation wells 12
6.2 Installing in 2", 3", 4", 5" or 6" observation wells, top cap with adapter plate recess 13
6.3 Installing in observation wells beginning at 2" diameter, top cap without adapter plate recess 15
6.4 Installing in observation wells beginning at 2" diameter without a top cap 17

7 Setting OTT CTD operating parameters 18

7.1 Installing the OTT CTD operating program 18
7.2 Establishing a communication link from PC to OTT CTD 18
7.3 Setting OTT CTD operating parameters 20
7.4 Saving/loading OTT CTD configuration 24
7.5 Importing/exporting OTT CTD configuration 24

8 Determining and displaying instantaneous values (observer function) 26

9 Reading out data 28

10 Exporting data 29

11 Displaying data 30

12 Protecting the OTT CTD and OTT CTD operating program with a password 31

13 Date and time settings 33

14 Deleting the data memory 34

15 Installing new OTT CTD firmware 34

16 Maintenance work 35

16.1 Cleaning the pressure probe 35
16.2 Replacing the desiccant capsules 36
16.3 Checking/replacing the batteries 36
16.4 Calibrating the conductivity sensor 36

17 Error messages 38

18 Troubleshooting/fault correction 38

19 Repair 40

20 Notes about the disposal of old units 40

21 Technical data 41

Appendix A – Declaration of conformity for OTT CTD 43

1 Scope of supply

▶ OTT CTD

– 1 groundwater datalogger consisting of a communication unit with installed O-ring, pressure probe cable with pressure compensation capillary and Kevlar core for longitudinal stabilization, 2 desiccant capsules, pressure probe with integrated conductivity sensor and datalogger
– 3 x 1.5 V batteries, alkaline (LR6 · AA) or lithium design (FR6 · AA)
– 1 brief Instructions
– 1 factory acceptance test certificate (FAT)

2 Order numbers

▶ OTT CTD	**Groundwater datalogger** Information needed for order – Measuring range: 0 … 4 m; 0 … 10 m; 0 … 20 m; 0 … 40 m; 0 … 100 m – System length: 1,5 … 200 m (±1 % ±5 cm) – Battery type: alkaline, lithium	55.445.001.9.0
▶ Accessories	**Installation kit** consisting of: adapter ring 1", adapter plates 2", 4", 6", suspension bracket	55.440.025.9.2
	Adapter plates 3" and 5"	55.440.444.4.1
	Suspension brackets for top caps starting at 2" without recess and for universal installation	55.440.450.4.1
	Cable suspension unit for OTT CTD system lengths of > 100 m	on request
	CD-ROM „OTT CTD Software“ OTT CTD operating program for PC	56.571.000.9.7
	Top cap with integrated fastening hook – for 2" observation wells – for 4" observation wells – for 6" observation wells	 24.220.052.9.5 24.220.054.9.5 24.220.057.9.5
	Intelligent top cap OTT ITC for GSM remote data transfer	55.530.0xx.3.2
	5-sided key to lock OTT top caps	20.250.095.4.1
	Optical OTT Duolink reading head	55.520.017.4.2
	Optical OTT IrDA link USB reading head	55.520.026.9.2
	Calibration container	55.445.025.9.2

▶ **Replacement parts/ Consumable materials**	**Alkaline battery** LR6 · AA; 3 units required	96.800.004.9.5
	Lithium battery FR6 · AA; 3 units required	97.800.008.9.5
	Desiccant capsules 2 in aluminum bags	97.100.280.9.5
	Conductivity calibration solution	
	– 0,1 mS/cm; 1000 ml	55.495.350.9.5
	– 0,5 mS/cm; 946 ml	55.495.351.9.5
	– 1,412 mS/cm; 1000 ml	55.495.352.9.5
	– 12,856 mS/cm; 946 ml	55.495.353.9.5
	– 47,6 mS/cm; 1000 ml	55.495.354.9.5

3 Basic safety information

- Read these operating instructions before using the OTT CTD for the first time! Become completely familiar with the installation and operation of the OTT CTD and its accessories! Retain these operating instructions for later reference.
- The OTT CTD is used to measure groundwater levels, the water temperature and the specific conductivity of the groundwater. Only use the OTT CTD as described in these operating instructions!
  For further information, → see Chapter 4, "Introduction".
- Note all the detailed safety information given within the individual work steps. All safety information in these operating instructions are identified with the warning symbol shown here.
- Ensure the electrical, mechanical, and climatic specifications listed in the technical data are adhered to.
  For further information → see Chapter 11, "Technical data".
- Handle the pressure probe cable carefully: Do not kink the cable or pull it across sharp edges!
- Do not make any changes or retrofits to the OTT CTD. If changes or retrofits are made, all guarantee claims are voided.
- Have a faulty OTT CTD inspected and repaired by our repair center. On no account carry out repairs yourself!
  For further information → see Chapter 19, "Repair".
- Dispose of the OTT CTD properly after taking out of service. On no account put the OTT CTD into the normal household waste.
  For further information → see Chapter 20, "Notes about the disposal of old units".

4 Introduction

The OTT CTD groundwater datalogger provides precise measurement and recording of groundwater levels and temperatures, as well as the specific electrical conductivity of the groundwater. The OTT CTD also calculates the salinity and a TDS value (Total Dissolved Solids) based on the specific conductivity.

The pressure probe uses the hydrostatic pressure of the water column above a relative pressure measuring cell to determine the water level. A pressure compensation capillary in the pressure probe cable gives the measuring cell the current ambient air pressure as a reference. Erroneous measurement results due to atmospheric air pressure fluctuations are thus eliminated. The OTT CTD measures the specific electrical conductivity using a 4-electrode conductivity sensor with integrated temperature sensor. The measurement electrodes are made of graphite.

The temperature compensation process for the conductivity measurement and the reference temperature used can be chosen as well as the calculation method for the salinity.

The OTT CTD is available with five water level measuring ranges:

- 0 … 4 m water column (0 ... 0.4 bar)
- 0 … 10 m water column (0 ... 1 bar)
- 0 … 20 m water column (0 ... 2 bar)
- 0 … 40 m water column (0 ... 4 bar)
- 0 … 100 m water column (0 ... 10 bar)

With the help of a reference value that is input during startup, the OTT CTD's standard setting provides measurement results in the form of depth values. Alternatively, measured values can be levels or pressures. The measurement intervals (sample intervals) can be preselected as necessary.

The operating parameters are adjusted with the "OTT CTD Operating program" PC software. This software allows the system to be conveniently and flexibly tailored to a wide range of measurement requirements. The software can be set to provide a basic or an advanced operator interface. The basic operator interface allows all settings to be adjusted within a single program window. In the advanced operator interface, the sample interval can be controlled with limit events, for example. The software also supports the execution of pump tests.

The stored measured values are made available through an infrared interface (IrDA) for wireless readout by a PC with OTT CTD Operating program or OTT Hydras 3 or by a PDA with OTT Hydras 3 Pocket.

Together with an OTT ITC intelligent top cap (accessory), remote data transfer and remote parameter input is possible via the GSM mobile telephone network (GSM = global system for mobile communications). The remote data transfer can be optionally carried out by SMS text messages or using the packet oriented mobile radio transmission service GPRS (general packet radio service).

The OTT CTD is installed simply by hanging it in observation wells of 1" in diameter and larger. Various adapters/suspension brackets are available as accessories for this purpose. Three 1.5 V lithium batteries (type AA) provide an operating life of over five years (sample interval: 1 hour; system length: 50 m). Alternatively, alkaline batteries with a limited working life can be used.

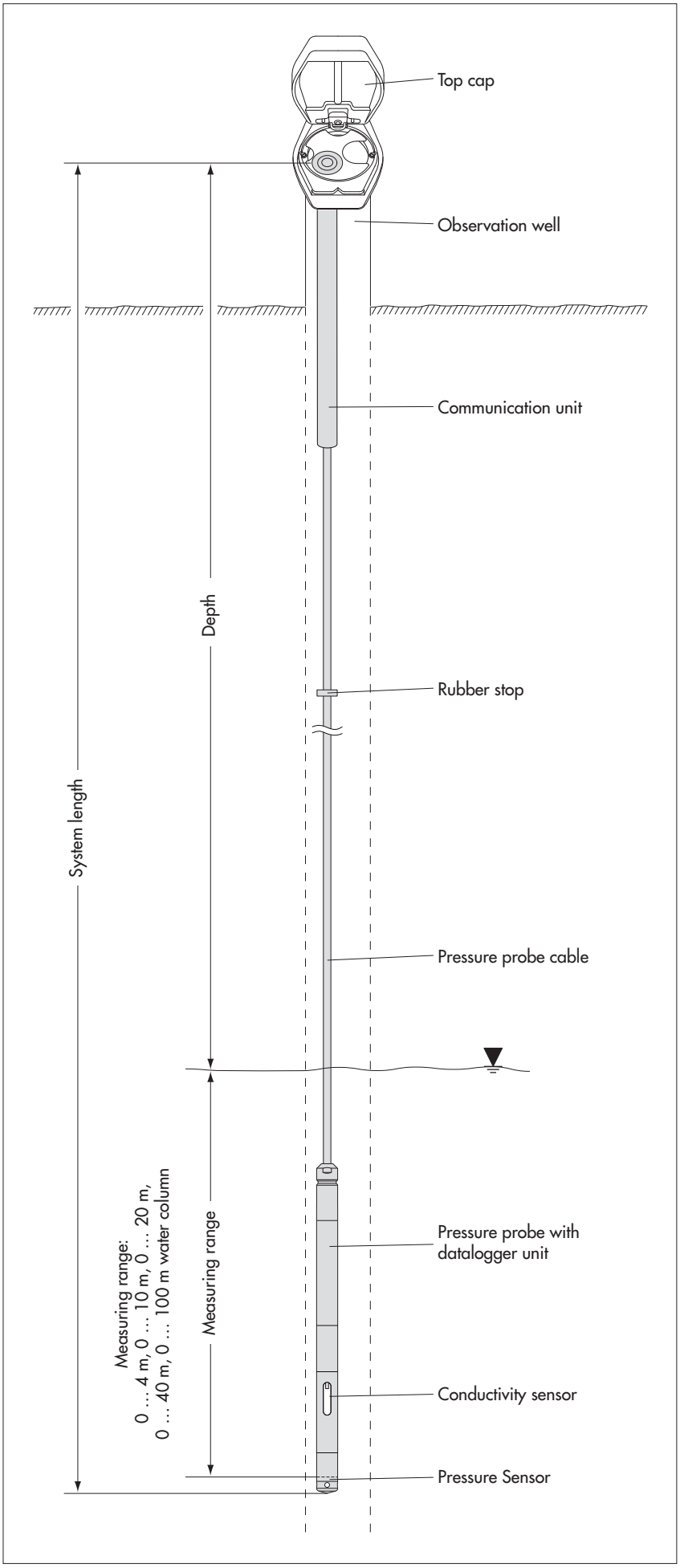
The communication unit of the OTT CTD can withstand temporary flooding (for details, see chapter 21, "Technical data").

Fig. 1: Setting up a groundwater measurement station with the OTT CTD.

The OTT CTD essentially consists of three components: Communication unit, pressure probe cable and pressure probe with datalogger.

OTT CTD system length = length of communication unit + cable length + length of pressure probe with datalogger. (The system length is required when ordering an OTT CTD. When setting the OTT CTD operating parameters the system length is not required.)

(The rubber stop attached to the pressure probe cable prevents the pipe casing from falling when the communication unit is open. Do not move the rubber stop!)



5 Installing, checking, and exchanging batteries

Please note

- Only use the battery types indicated (no rechargeable batteries)!
- Always use brand new batteries! Do not mix used and new batteries!
- Do not mix batteries of different manufacturers!
- Do not mix lithium and alkaline batteries!
- Properly dispose of dead batteries! Do not include in household waste!

Suitable battery types

3 x 1.5 V AA cells (LR6/ FR6),
alkaline or lithium design (LiFeS; Energizer L91)

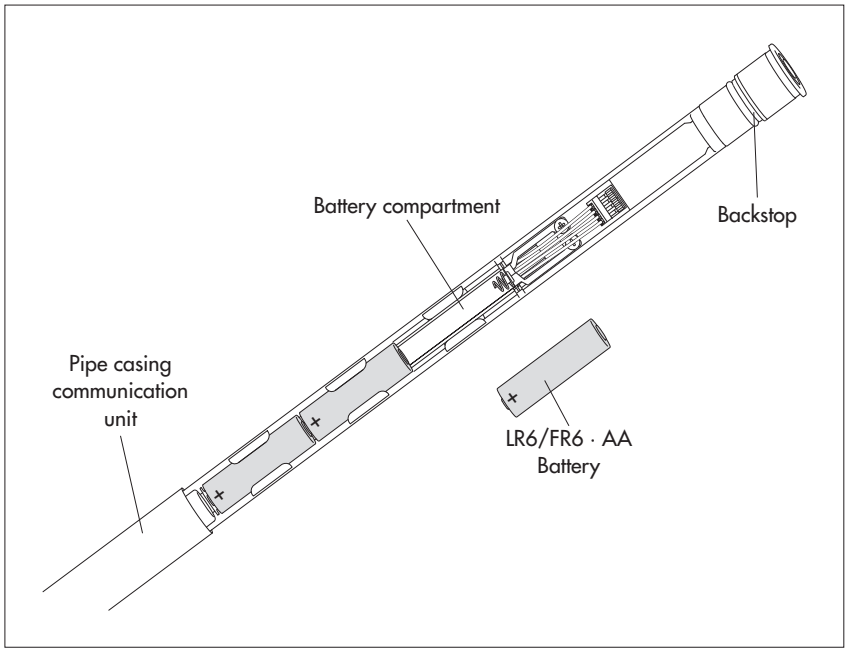
Insert the batteries as follows

1. Slide the pipe casing of the communication unit approximately 30 cm in the direction of the pressure probe cable.
2. Insert 3 batteries (LR6/FR6 · AA) in the battery compartment as shown in Figure 2. Ensure that the polarity is correct!
3. Screw the pipe casing of the communication unit back on.

Notes

- The OTT CTD begins measurements within a few seconds of the batteries being inserted (there is no on/off switch).
- If the OTT CTD is to be shut off → remove the batteries. This will prevent the batteries from draining prematurely and will stop any recording of unusable measurements.
- When bringing back into operation it takes – dependent on how much data is stored – up to 7 minutes until the OTT CTD begins measurements again.

Fig. 2: Installing batteries.



Battery life

For a 1 hour sample interval an 50 m system length (without ITC).

- Lithium batteries: at least 5 years
- Alkaline batteries: at least 1.5 years (high quality battery types)

Notes

- The operating program has a calculation function that determines the approximate battery life based on the operating parameters currently set. The basis for this are lithium batteries!
- Due to their design, at 0 °C, alkaline batteries drop to 50 % of their original 20 °C capacity and at –10 °C they drop to approximately 35 %. If ambient temperatures are expected to drop below 0 °C at the measurement station, it is recommended that lithium batteries be used.

Check the battery voltage as follows

- Set up the PC/OTT CTD communication link (see Chapter 7.2).
- Select the "OTT CTD" menu, "View Instantaneous values" function [1] → the OTT CTD starts an instantaneous value measurement → the "Observer" window indicates the current battery voltage and the energy withdrawn from the batteries so far in Ah.
- If the battery voltage is ≤ 3.6 to 3.7 volts → replace the batteries.
- Click on the "Exit" button.
- Close the operating program.

[1] With suitable settings (Menu "File", Function "Options"), the operating program starts with the "Observer" window.

Replace dead batteries as follows

- Open the top cap/observation well cover.
- Pull the communication unit approximately 80 cm out of the observation well and hold (a second person would be useful).
- Slide the pipe casing of the communication unit approximately 30 cm in the direction of the pressure probe cable. (The rubber stop located on the pressure probe cable (see Fig. 1) prevents the pipe casing from falling. Do not move the rubber stop!)
- Remove dead batteries.
- Insert 3 new batteries (LR6/FR6 · AA) into the battery compartment as shown in Figure 2 within 10 minutes. Ensure that the polarity is correct!
- Slide the pipe casing of the communication unit back on until it stops.
- Slowly and carefully place the communication unit back into the observation well.
- Close the top cap/observation well cover.

Notes

- The OTT CTD stores the measured values in a non-volatile memory. This prevents any data loss when replacing the batteries. This also applies to storage over a long time period with the batteries removed.
- If it takes longer than approx. 10 minutes to replace dead batteries, the time (and possibly the date) will have to be re-entered (see Chapter 13, "Date and time settings"). Furthermore, it takes – dependent on how much data is stored – up to 7 minutes until the OTT CTD begins measurements again.
- When replacing the batteries, we recommend changing the desiccant capsules at the same time (see Chapter 16.2, "Replacing the desiccant capsules").

6 Installing the OTT CTD

System length up to 100 meters
The installation of the OTT CTD is carried out by suspending it in the observation well. In the process, the necessary accessories and type of installation varies depending on the diameter of the observation well and the design of the top cap:

- 1" observation wells see 6.1
- 2", 3", 4", 5" or 6" observation wells, OTT top caps **with** recess for adapter plate see 6.2
- Observation wells beginning at 2" in diameter, top caps **without** recess for adapter plate see 6.3
- Special case: Observation wells beginning at 2" in diameter without top cap see 6.4

System length over 100 meters
For installation of an OTT CTD with a system length of more than 100 meters, there is a special cable suspension unit available (see accessories). This suspension unit is described separately.

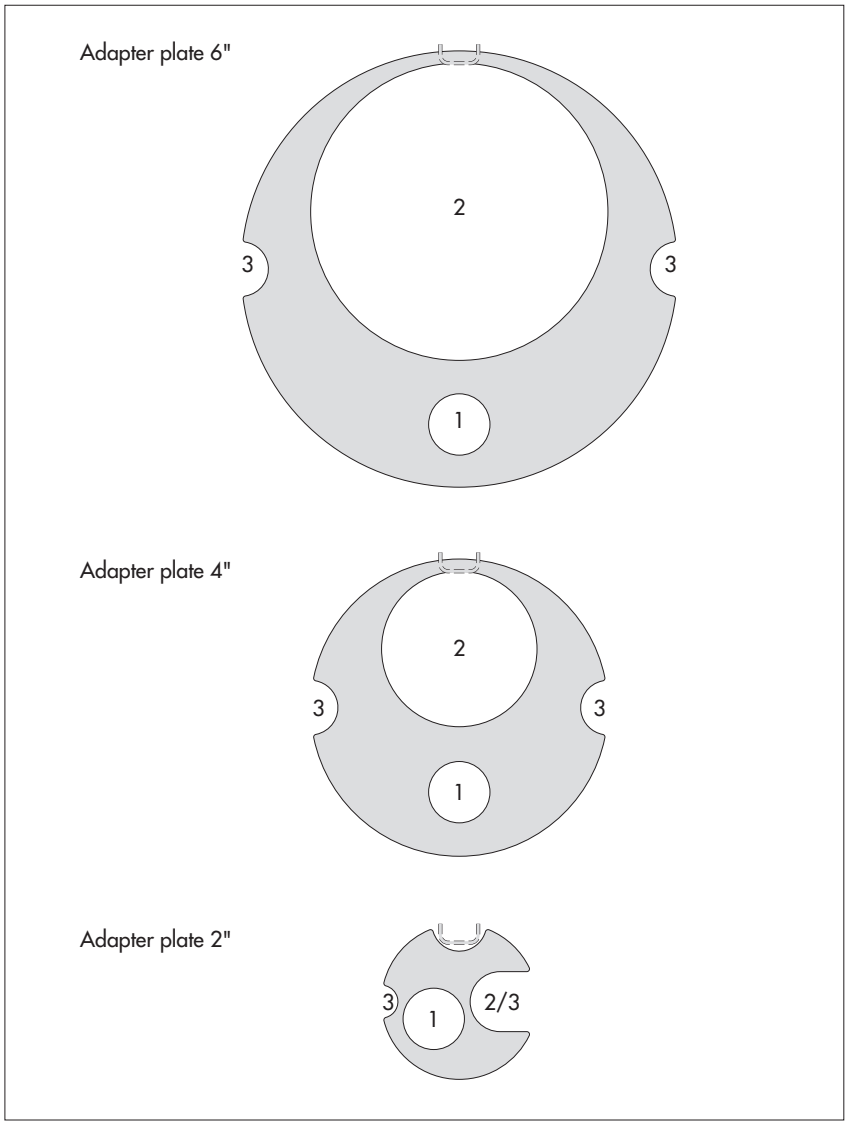


Fig. 3: Installation accessory set – Part 1.
1 = hole for OTT CTD
2 = hole for contact gauge
3 = recess for screws on the top cap

Fig. 4: Installation accessory set – Part 2.

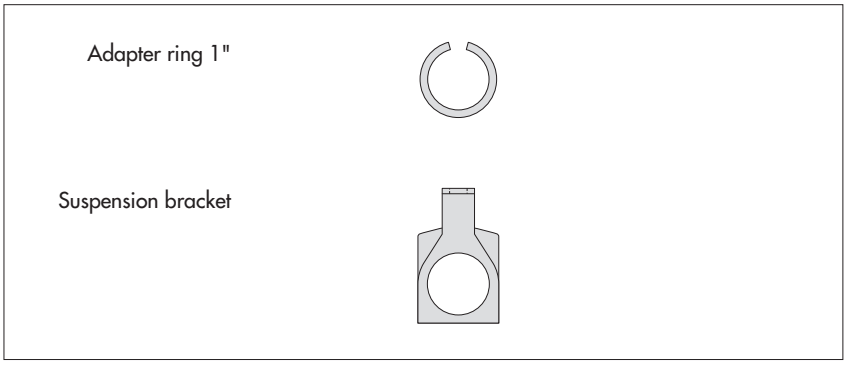
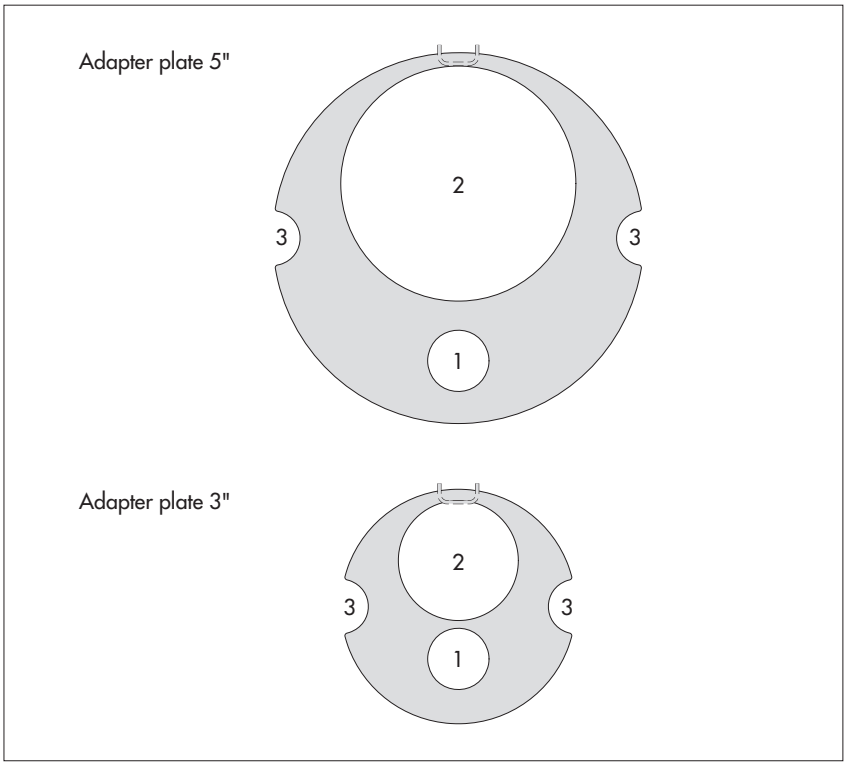


Fig. 5: Adapter plate accessories 3" and 5".

1 = hole for OTT CTD
2 = hole for contact gauge
3 = recess for screws on the top cap



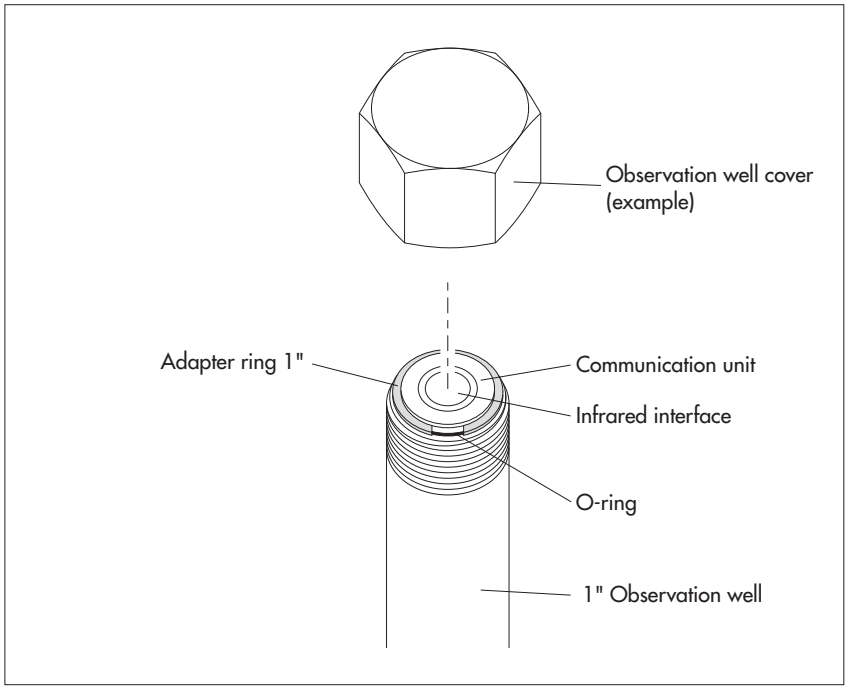
6.1 Installing in 1" observation wells

▶ Required accessories: Adapter ring for 1" observation wells.

Install the OTT CTD as follows

- Preliminary work: If not already done, install batteries (see Chapter 5).
- Open the observation well cover.
- Determine the current depth with a contact gauge and make a note of it.
- Slide O-ring from the communication unit onto the pressure probe cable.
- Place adapter ring over the pressure probe cable and slide it until it comes to rest against the communication unit.
- Slide O-ring back onto the communication unit.
- Place the pressure probe in the observation well.
- **Slowly** and **carefully** lower the pressure probe with the pressure probe cable!
- Feed the communication unit into the observation well until the O-ring sits on the observation well (see Figure 6).
- Raise and lower the pressure probe in quick succession approx. 30 cm → this removes any air bubbles in the conductivity sensor.
- Set operating parameters (see Chapter 7).
- Close the observation well cover carefully. **Caution:** Do not damage the infra-red interface (maintain correct spacing)!

Fig. 6: Installing the OTT CTD in 1" observation well.



6.2 Installing in 2", 3", 4", 5" or 6" observation wells, top cap with adapter plate recess

▶ Required accessories: OTT top cap with appropriate sized recess and the matching adapter plate.

Install the OTT CTD as follows

- Preliminary work: If not already done, install batteries (see Chapter 5).
- Open the top cap cover.
- Insert correctly sized adapter plate into top cap.
- Pass pressure probe through the hole in the adapter plate.
- **Slowly** and **carefully** lower the pressure probe into the observation well with the pressure probe cable (see Fig. 8)!
- Raise and lower the pressure probe in quick succession approx. 30 cm → this removes any air bubbles in the conductivity sensor.
- Pass the communication unit through the hole in the adapter plate until the O-ring sits on the adapter plate (see Fig. 7).
- Determine the current depth with a contact gauge and make a note of it.
- Set operating parameters (see Chapter 7).
- Close the top cap.

Fig. 7: Installing the OTT CTD in 2", 3", 4", 5" or 6" observation wells.

Example: 2" observation well

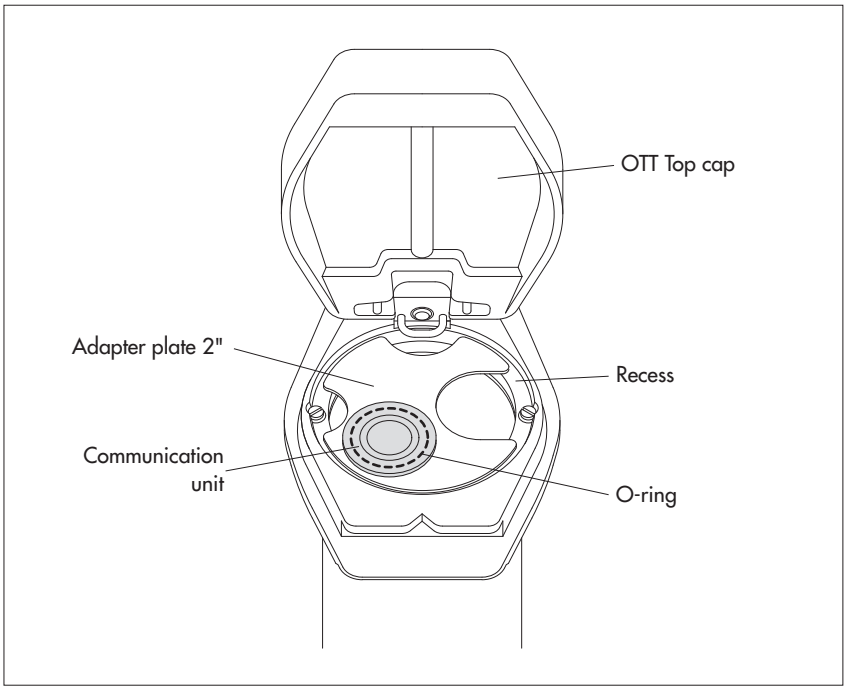
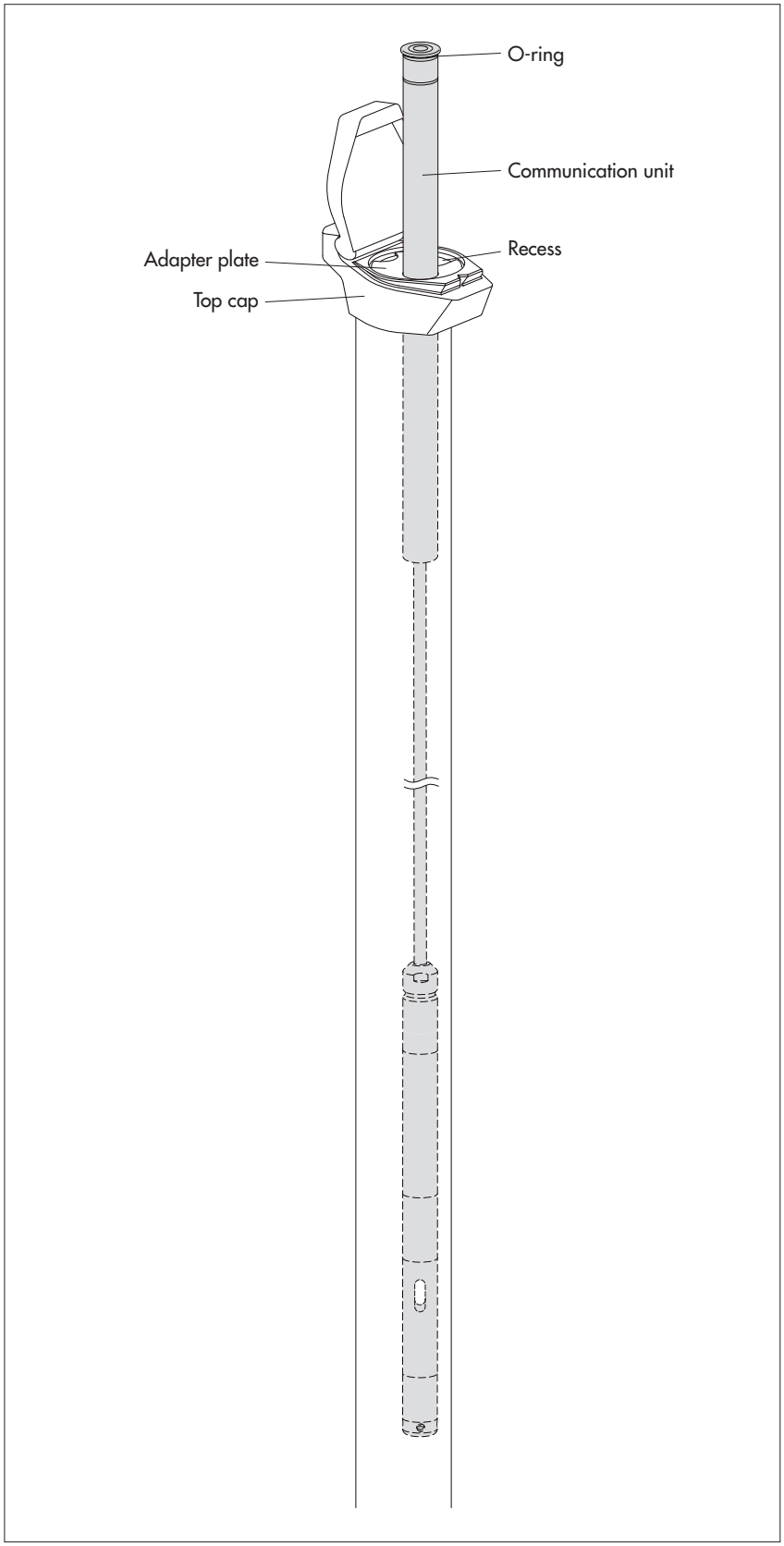


Fig. 8: Installing the OTT CTD.



6.3 Installing in observation wells beginning at 2" in diameter, top cap without adapter plate recess

▶ Required accessories: Top cap with attachment screw for the top of the top cap.
Suspension bracket.

Caution: There must be sufficient space in the top cap for the infrared interface to not be damaged when the top of the top cap is closed!

Install the OTT CTD as follows

- Preliminary work: If not already done, install batteries (see Chapter 5).
- Open the top cap cover.
- Remove the upper part of the top cap (see Fig. 9).
- Place the suspension bracket on the screw (see Fig. 9).
- Reattach the upper part of the top cap (see Fig. 9).
- Pass the pressure probe through the holes in the suspension bracket.
- **Slowly** and **carefully** lower the pressure probe into the observation well with the pressure probe cable!
- Raise and lower the pressure probe in quick succession approx. 30 cm → this removes any air bubbles in the conductivity sensor.
- Pass the communication unit through the holes in the suspension bracket until the O-ring sits on the suspension bracket (see Fig. 10).
- Determine the current depth with a contact gauge and make a note of it.
- Set operating parameters (see Chapter 7).
- Close the top cap.

Fig. 9: Installing the suspension bracket in observation wells beginning at 2" diameter with a top cap without a recess.

Example: 4" observation well

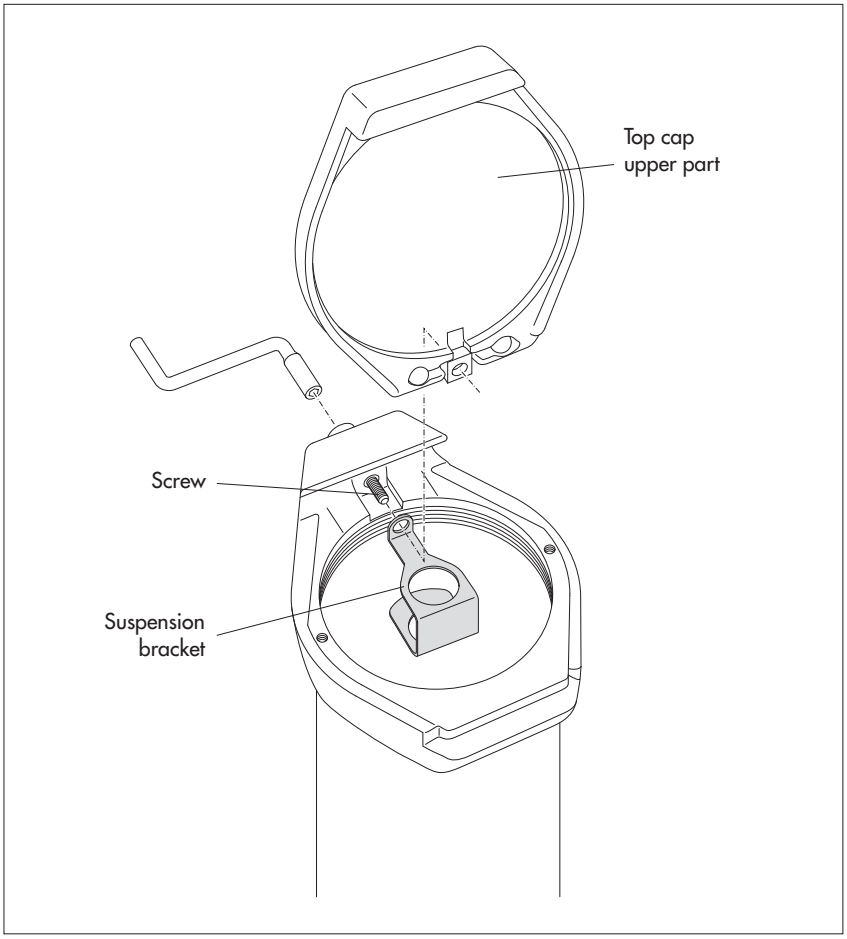
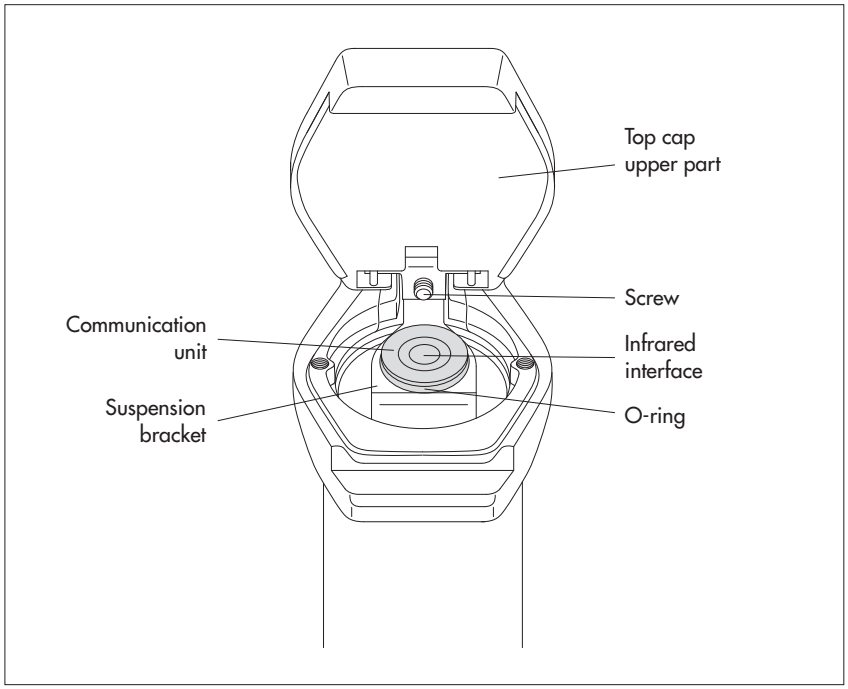


Fig. 10: Installing the OTT CTD in observation wells beginning at 2" diameter with a top cap without a recess.

Example: 2" observation well



Caution: For top caps with installed suspension brackets, **never** completely remove the screw in the top cap! Otherwise, the suspension bracket and the OTT CTD will fall into the observation well!

6.4 Installing in observation wells beginning at 2" diameter without a top cap

For this installation case, an individual solution to fasten the OTT CTD must be found depending on the measurement station. Example: fix a suspension bracket with an M6 hex bolt/nut laterally at the upper end of the observation well.

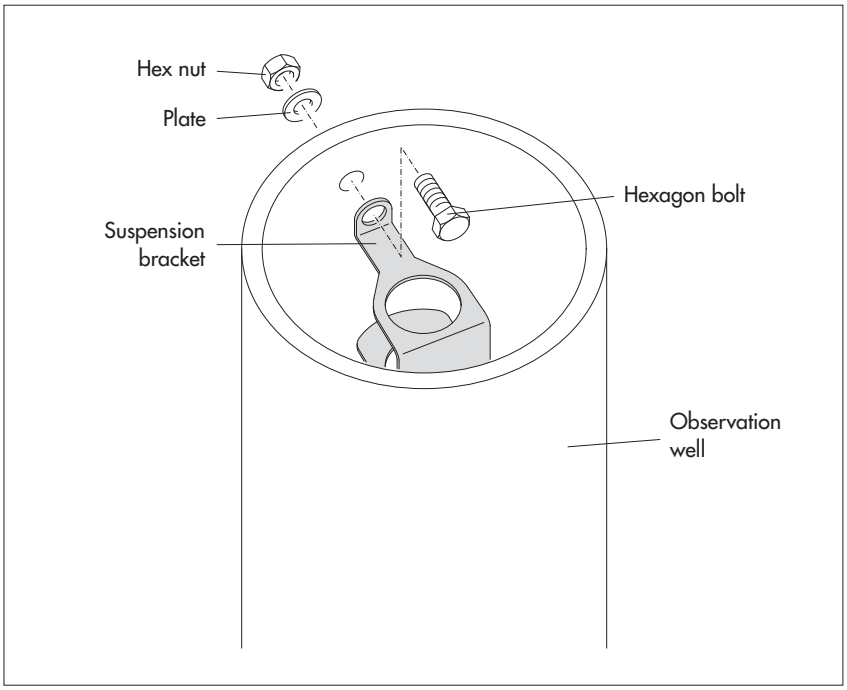
▶ Required accessories: Suspension bracket; for example: M6 hex bolt, plate and M6 hex nut.

Install the OTT CTD as follows (example)

- Preliminary Work: If not already done, install batteries (see Chapter 5).
- Make a hole (Ø 6.5 mm) laterally at the upper end of the observation well.
- Attach the suspension bracket with an M6 hex bolt and M6 hex nut (both stainless steel) to the observation well (see Fig. 11).
- Pass the pressure probe through the holes in the suspension bracket.
- **Slowly** and **carefully** lower the pressure probe into the observation well with the pressure probe cable!
- Raise and lower the pressure probe in quick succession approx. 30 cm → this removes any air bubbles in the conductivity sensor.
- Pass the communication unit through the holes in the suspension bracket until the O-ring sits on the suspension bracket (see Fig. 10).
- Determine the current depth with a contact gauge and make a note of it.
- Set operating parameters (see Chapter 7).

Fig. 11: Example installation of an OTT CTD in an observation well beginning at 2" diameter.

Proceed similarly for other local conditions!



7 Setting OTT CTD operating parameters

To set the OTT CTD operating parameters you need the PC software "OTT CTD Operating program" (WBSPL0.exe). This software is contained on the "OTT CTD Software" CD-ROM (accessory).

Hardware and software requirements: see CD insert.

7.1 Installing the OTT CTD operating program

Install the OTT CTD operating program as follows

- Insert the OTT CTD Software CD-ROM into the drive of the PC.
- Start the "setup.exe" file in the "\Software\Deutsch" [1] directory (e.g. double click on the file symbol) → the Setup Assistant opens and guides you through the installation.
- Follow the installation instructions on the screen.

[1] Alternatively: "\English" or "\Français" or "\Español"

7.2 Establishing a communication link from PC to OTT CTD

In the following chapters, establishing a communication connection between the OTT CTD and a PC is a pre-requisite for the subsequent steps. The following description illustrates the various methods of setting up this communication link.

The communication between the OTT CTD and a PC is established without contact via invisible infrared light (IrDA interface).

Required accessories:

- OTT Duolink reading head [1] or
- OTT IrDA-Link USB reading head

[1] with PCB version "b": see label on the connection line

Note

- Together with a modem and the OTT ITC intelligent top cap, it is possible to establish a remote communication connection. See online help.

How to establish a communication link

- Start the OTT CTD operating program.
- Change the language for the OTT CTD operating program as required: Press function key "F3" (multiple times) until the required language appears.
- In the start window, press the "Setup device" button → the operating program displays the "Basic operation" window. No operating parameters for the OTT CTD are visible yet.

– Setting up a communication link with the OTT Duolink reading head:

- Connect the OTT Duolink reading head to a serial PC interface (COM1, etc.).
- Place the OTT DuoLink reading head on the OTT CTD infrared interface (see Fig. 12).
- In the OTT CTD operating program, select the communication path "IrDA – OTT DuoLink" and the serial interface used (COM1, etc.).

– Setting up a communication link with the OTT IrDA-Link USB reading head:

- Connect the OTT IrDA-Link USB reading head to a USB interface on the PC. (USB interface drivers must be installed, see separate installation instructions.)
- Place the OTT IrDA-Link USB reading head on the OTT CTD infrared interface (see Fig. 12).
- Select the communication path "IrDA – OTT IrDA-Link" in the operating program.

Notes

- The integrated infrared interface of a PC (standard for many notebooks) can only be used with the Windows 95 and Windows NT operating systems!
- The OTT CTD infrared interface has a radiation angle of approx. ±15 °.
- **Caution:** OTT CTD connected to OTT ITC: Establishing a communication connection can take up to a minute! (This is always the case if the OTT CTD attempts to communicate with the OTT ITC (e.g. SMS message) and the OTT ITC is open at the time.)

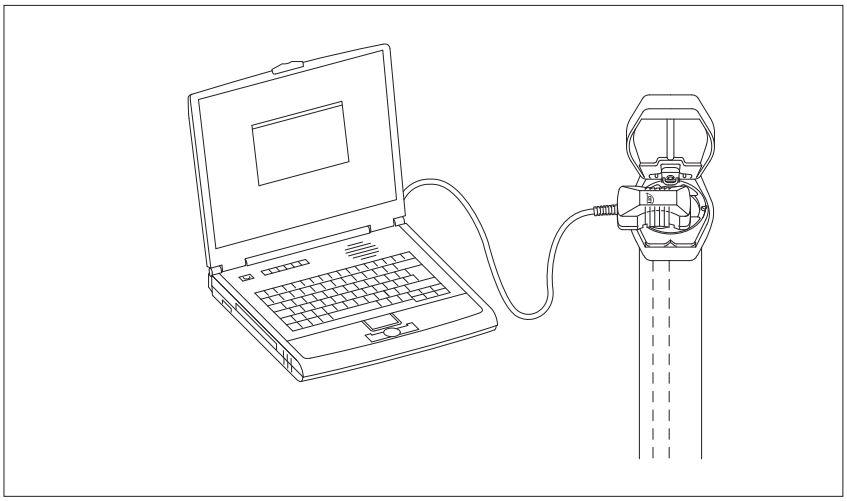


Fig. 12: Establishing a communication link PC/OTT CTD.

7.3 Setting OTT CTD operating parameters

How to set the OTT CTD operating parameters

- Click the "Read" button (alternatively: Menu "OTT CTD", function "Read") → the operating program reads the current operating parameters of the OTT CTD.
- Adjusting operating parameters (see overview on page 21).
- If necessary: „Set up cyclical data transfer with SMS text message in combination with an OTT ITC intelligent top cap“ or „Set up cyclical data transfer using GPRS in combination with an OTT ITC intelligent top cap“ – see below.
- Set time: adjust the proposed PC date/time or individually set date/time using "Set date/time" (see also Chapter 13).

Caution: The operating program automatically corrects any summer time PC adjustments.

- Click the "Program" button→ "Warning: Reset the OTT CTD and delete data memory additionally?" Confirm with "Yes" (recommended for initial installation and reinstallations).

Caution: All measured values collected until now will be permanently lost!

- Check the level of the adjusted measured value (pressure sensor). See Chapter 8.
- Remove OTT DuoLink.
- Close the top cap/observation well cover.

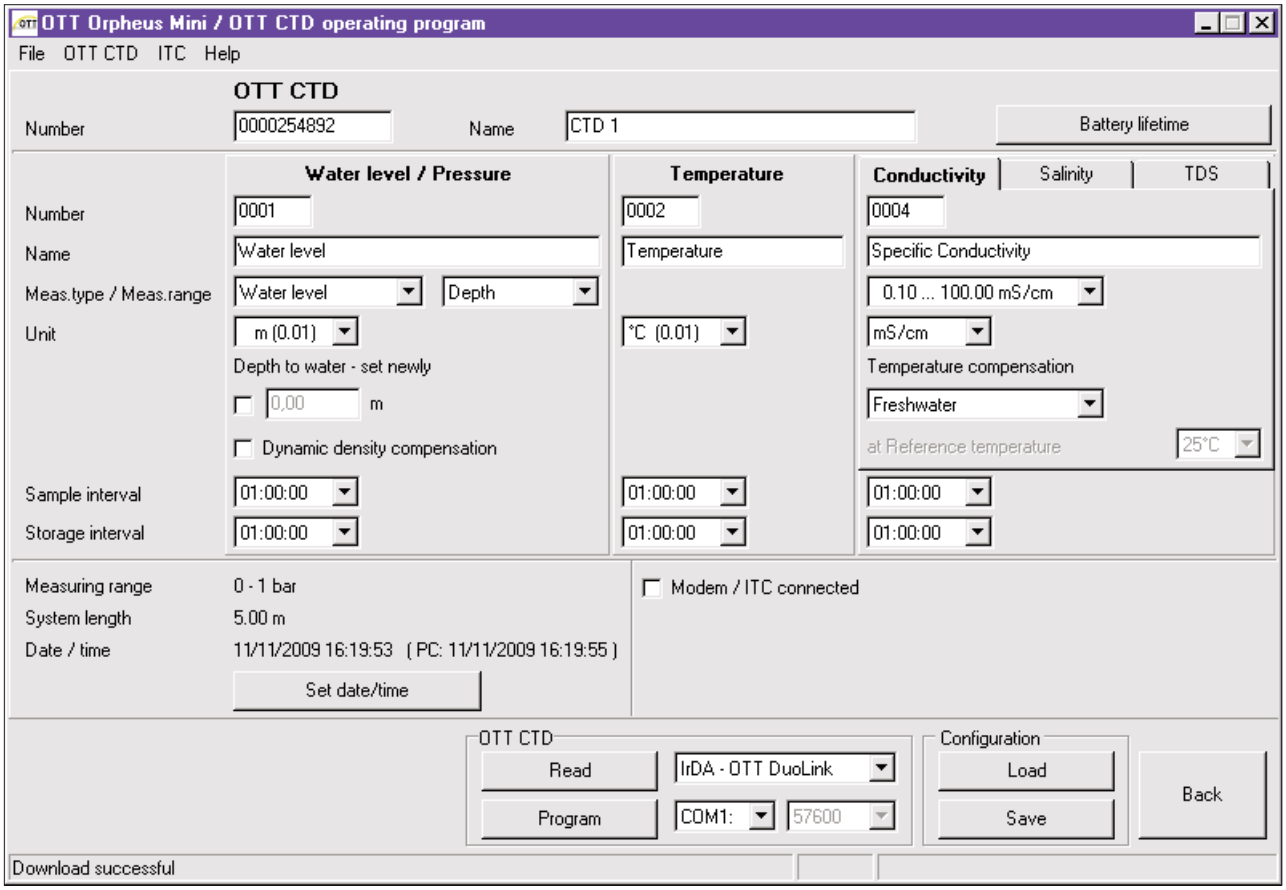
If necessary: Set up cyclical data transfer with SMS text message in combination with an OTT ITC intelligent top cap [1)]

- Activate check box "Modem/ITC connected".
- Activate check box "SMS data transmission active".
- Click on the "ITC settings" button → the operating program starts an Assistant for setting all the necessary operating parameters.
- Enter the receiver phone no. for the data SMS. (phone number of a large account or for a PC with GSM modem.)
- Click on the "Next" button.
- Enter SIM PIN (4-digit) of the SIM card.
- Click on the "Next" button.
- Set or enter the SMS-C phone no. of the network operator. (Phone number of the SMS service center. The SMS-C phone number is normally already saved on the SIM card → in this case, set to "SIM card".)
- Click on the "Next" button.
- Select the SMS transfer mode.
- Click on the "Next" button.
- Set the interval for transmission of the storage values.
- Click on the "Next" button.
- Set the offset time for the transmission interval.
- Click on the "Exit" button.
- Check the settings afterwards and correct as necessary.
- Click on the "OK" button.

If necessary: Set up cyclical data transfer using GPRS in combination with an OTT ITC intelligent top cap [1)]

- Activate check box "Modem/ITC connected".
- Activate check box "GPRS data transmission active".
- Click on the "ITC settings" button → the operating program opens a window with several tabs for setting all the necessary operating parameters.
- Make the required settings in the "General", "Operator", "FTP" and "Time sync." tabs. **Caution:** The SIM PIN for the SIM card used should be deactivated! Otherwise enter the SIM PIN in the "Modem/ITC" tab (advanced operation mode).
- Click on the "OK" button.

[1)] For further information, refer to the online help



OTT CTD

- Number — Station number, 10 characters (alphanumeric)
- Name — Station name, max. 40 characters (alphanumeric)

Water level / Pressure + Temperature + Conductivity

- Number — Sensor number, 4 characters (alphanumeric)
- Name — Sensor name, max. 40 characters (alphanumeric)
- Meas. type/Meas.range
  - Water level: Depth or level pressure
  - Conductivity 0.001 … 2.000 mS/cm · 0.10 … 100.00 mS/cm
  - Salinity: 2 … 42.00 PSU · 2 … 60.00 ppt
- Units
  - Pressure sensor: m, cm, feet, inch / bar, psi
  - Temperature: °C · °F
  - Conductivity: mS/cm · µS/cm
  - Salinity: PSU · ppt
  - TDS: mg/l
- Decimal places — fixed specification, depending on the units and measuring range
  - m: 3 or 2; cm: 1 or 0; feet: 2 or 1, inch: 1 or 0
  - bar: 4 or 3, psi: 3 or 2
  - °C: 2 or 1, °F: 2 or 1
- Depth to water – set newly — for the depth output type: ☑ input contact gauge value
- Water level – set newly — for the level output type: ☑ enter staff gauge value (generate reference to the level zero)
- Pressure value – set newly — for the pressure output type: ☑ input reference pressure
- Sample interval — 5 s … 24 h; time delay at which the OTT CTD records measured values and stores them (store only if sample interval = mean interval). The sample interval setting is at a fixed time raster (e.g. sample interval of 10 minutes, time raster …, 00:10, 00:20, 00:30, …).
- Storage interval — 5 s … 24 h; time delay during which the OTT CTD calculates an arithmetic mean from the sample interval values and stores it. The storage interval must be equal to or larger than the sample interval. The sample interval must divide exactly into the storage interval (e.g. sample interval: 10 minutes; storage interval: 1 hour → the OTT CTD stores an arithmetic mean from 6 sample interval values each hour).

Additional settings for conductivity, salinity and TDS

▶ Temperature compensation (Conductivity)	the mathematical algorithm on which the calculation of the specific conductivity at a defined reference temperature is based. Possibilities: "Freshwater"; Saltwater"; Standard method 2510"; "ISO 7888/EN 27888"; "---" (none). For the "Standard method 2510", the reference temperature can be selected: 20 °C or 25 °C.
▶ Calculation method (Salinity)	the mathematical algorithm on which the calculation of the salinity is based. Possibilities: "Standard method"; "USGS 2311". With the calculation method USGS 2311, the unit is "ppt"; with the standard method the unit "PSU" is fixed.
▶ Store salinity Store TDS	With the check box activated, the datalogger saves the values. With the check box deactivated, the instantaneous values are still visible in the observer window.

Other displays in the "Basic operation" window

▶ Measuring range	Measuring range of the pressure probe – see Fig. 1
▶ System length	Cable length including communication unit / pressure probe (see Fig. 1)
▶ Date/time	Internal date/time of the OTT CTD

Detailed information on the "Advanced operation" function can be found in the online help.

Factory settings

OTT CTD

▶ Number	Serial number
▶ Name	OTT CTD 1

	Water level/Pressure	**Temperature**
▶ Number	0001	0002
▶ Measurement type	Water level	Temperature
▶ Type of output	Water level/depth	
▶ Unit	m	°C
▶ Decimal places	3/2	2
▶ Sample interval	1 h	1 h
▶ Storage interval	1 h	1 h

	Conductivity	**Salinity**	**TDS**
▶ Number	0004	0005	0006
▶ Name	Specific Conductivity	Salinity	TDS
▶ Unit	mS/cm	PSU	mg/l
▶ Decimal places	2		
▶ Measuring range	0.10 ...100.00 mS/cm	2 ... 42.00 PSU	
▶ Temperature compensation		Fresh water	
▶ Calculation method		Standard method	
▶ Sample interval	1 h	1 h	1h
▶ Storage interval	1 h	1 h	1h

▶ Modem/ITC connected	deactivated

7.4 Saving/loading OTT CTD configuration

The functions "Load" and "Save" are provided to archive the OTT CTD configuration on a PC. For example, you can provide multiple OTT CTDs with the same configuration.

To store a configuration

- Select the "Save configuration" function in the "File" menu (or use the button) → the operating program stores the configuration under the name and number of the OTT CTD. When changes are made to a configuration that has already been saved, confirm the window that appears: "Warning, this configuration name already exists! Overwrite?" with "Yes" (otherwise save the configuration under a different station number).

To load a configuration, proceed as follows

- Select the "Load configuration" function in the "File" menu (or use the button).
- For an already opened configuration, confirm "Ignore changes?" message with "Yes" (if necessary, save configuration previously).
- In the "Saved OTT CTD Configurations" window, select the configuration by double-clicking it → the operating program loads the configuration.

7.5 Importing/exporting an OTT CTD configuration

To transfer an OTT CTD configuration, via diskette or E-mail for example, the functions Import/Export are available. Likewise, a configuration can be sent via Export as an XML file to the OTT Hydras 3 user software. In the process, the OTT Hydras 3 user software completely applies all of the measurement stations / sensor configurations to an OTT Hydras 3 operating range.

Available export/import formats

- Export ("BIN" file)
- Export to a text file
- Export for the OTT Hydras 3 user software

- Import ("BIN" file)

The operating program stores all the necessary data of a configuration depending on the export type in its own "*.BIN", "*.TXT" or "*.XML" file.

Export a configuration as follows ("*.BIN" file)

This export type is required to transfer an OTT CTD configuration as a "*.BIN" file. The configuration can be read back into the OTT CTD operating program via the "Import configuration" function.

- Select the "Export configuration" function in the "File" menu.
- In the "OTT CTD export configuration" window, edit the file name if necessary, select the memory location and click on "Save" → the operating program stores the configuration in a "*.BIN" file.

Note

- The file name of the "*.BIN" file is arbitrary. The operating program suggests a combination of station number and station name.

To export a configuration (text file)
This export type is required to transfer an OTT CTD configuration for documentation purposes as a "*.TXT" file. This "*.TXT" file can be opened with any text editor or text processing program.

- Select the "Export text file" function in the "File" menu.
- In the "OTT CTD export configuration" window, edit the file name if necessary, select the memory location and click on Save → the operating program stores the configuration in a "*.TXT" file.

Note

▶ The file name of the "*.TXT" file is arbitrary. The operating program suggests a combination of station number and station name.

To export a configuration (OTT Hydras 3)
This export type is required to transfer an OTT CTD configuration to the OTT Hydras 3 user software. This "*.XML" file is read in via the Hydras 3 function "File", "Import Station Configuration (XML)".

- Select the "Export Hydras 3 (XML)" function in the "File" menu.
- In the "OTT CTD XML configuration" window, check the file name, select the memory location and click on Save → the operating program stores the configuration in a "*.XML" file.

Note

▶ The file name of the "*.XML" file is arbitrary. To avoid affecting later data transfer, it should not be changed. The operating program proposes a combination of measurement station number and measurement station name along with the ending "*.STATION.XML".

To import a configuration
- Select the "Import Configuration" function in the "File" menu.
- In the "OTT CTD Import Configuration" window, select the appropriate "*.BIN" file and click on Open → the operating program reads in the configuration from the *.BIN" file. (Prior to this, save any configuration that is already open).

Note

▶ The standard factory configuration can be found on the CD-ROM "OTT CTD Software".

8 Determining and displaying instantaneous values (observer function)

The operating program has a so-called "Observer" to enable the determination and display of instantaneous values. The observer also makes it possible to enter a manually determined measurement, e.g. contact gauge value, into the datalogger (observer registration).

Various options can be set concerning the observer:

- Selection possibility in the start window of the OTT CTD operating program:
  – direct and sole call of the observer, or
  – calling a window to set the operating parameters
- Effect of an optionally entered observer registration (pressure sensor):
  – observer registration is used solely as a check value, or
  – observer registration leads to a change in the value (setting offset)
- Suppress the display of the instantaneous value (pressure sensor) prior to the input of an observer registration

Set the observer options as follows

- Start the OTT CTD operating program.
- Select the "Options" function in the "File" menu. (If the option dialog cannot be called, a password must first be entered. See Chapter 12)
- Activate the check box(es) for the observer option(s) required:
  – Only observer mode
  – Do not calculate manual input value with scaling (only check value/no value change)
  – Suppress previous instantaneous value display
- Click on the "OK" button.

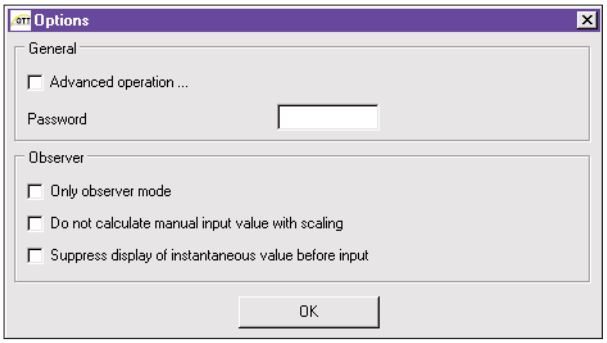


Fig. 14: Input window to establish options for the observer.

For further information on protecting the OTT CTD operating program with a password, see Chapter 12.

The combination of "Only observer mode" with a password protects the operating program against unauthorized input of operating parameters.

The "Advanced operation ..." option displays an additional button in the window for setting the operating parameters.

Call the observer function as follows

- Start the OTT CTD operating program.
- Set up the PC/OTT CTD communication link (see Chapter 7.2).
- Depending on the option set: In the start window of the OTT CTD operating program, either select "View Instantaneous Values" or "Setup device" and in the subsequent window select the "View Instantaneous Values" function in the "OTT CTD" menu → the OTT CTD starts an instantaneous value measurement and the "Observer" window opens:

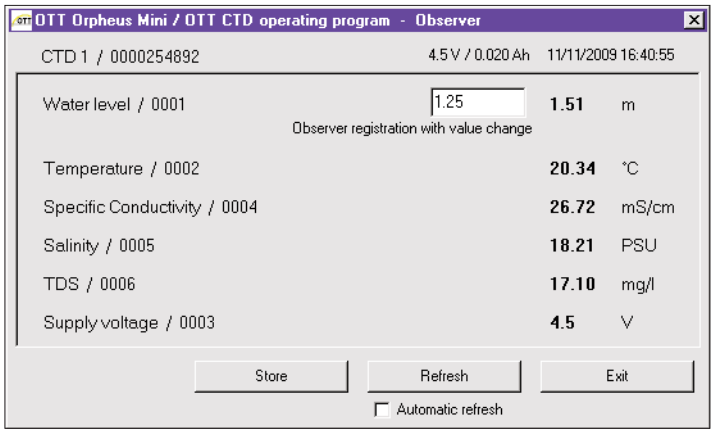


Fig. 15: Display/input window "OTT CTD operating program – observer".

The window displays the current instantaneous value for all measurements. Furthermore, the window displays the window sensor number/name, the current battery voltage, the amount of power used from the batteries up to now, and the date and time.

- If necessary: Input observer registration into the entry field of the pressure sensor and click on the "Save" button.
- If necessary: Start new instantaneous value measurement: click on the "Refresh" button ("☑ Automatic refresh" automatically starts an instantaneous value measurement every 5 seconds).
- End the observer function: click on the "Exit" button and close the OTT CTD operating program.

Notes

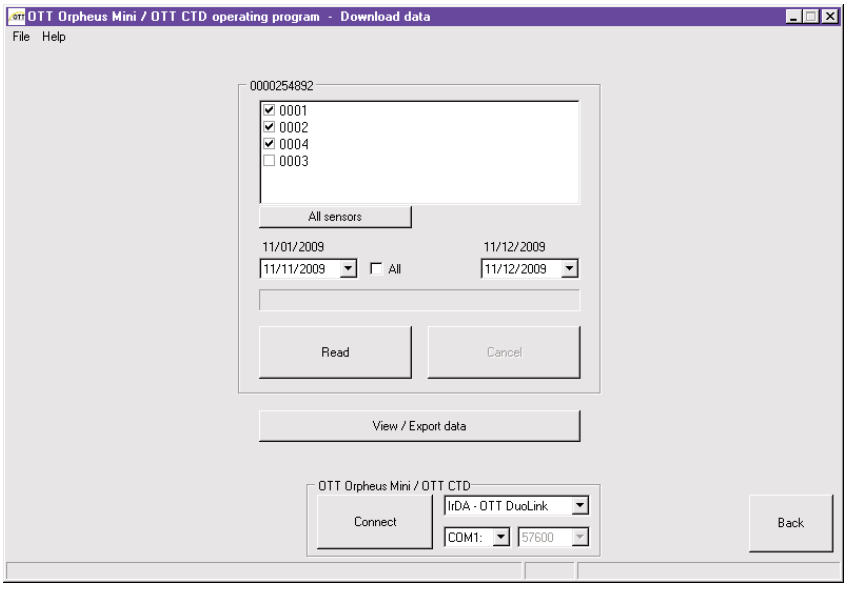
- The OTT CTD stores each time the observer function is called in an info channel with the date and time of day. After reading in and accepting into the OTT Hydras 3 user software, this information can be displayed in the evaluation window of a sensor using the "Info Data | Station | Displays" function ("Observer registration general"). They are likewise visible via the "View data", "Table" function of the OTT CTD operating program.
- If the "Do not calculate manual input value with scaling" check box in the "Options" window is activated, the OTT CTD also stores the input check value, as well as the current instantaneous value. After reading in and accepting into the OTT Hydras 3 user software, this information can be displayed in the evaluation window of a sensor using the "Info Data" | "Sensor" | "Displays" function ("Observer registration with check value"). They are likewise visible via the "View data", "Table" function of the OTT CTD operating program.

9 Reading out data

Read out data as follows (on location)

- Start the OTT CTD operating program.
- Set up the PC/OTT CTD communication link (see Chapter 7.2).
- Press the "Download Data" button in the start window → the operating program shows the available sensors and the possible read period. If these parameters are not visible: press the "Connect" button.
- Select the required sensors or "All sensors".
- Select the required read period or "All".
- Click the "Read out" button → the operating program copies the measured values from the OTT CTD to the PC. The data are then available in the program directory of the operating program.
- If necessary: Display measurements via the "View/export data" function and/or export to a software application.
- Click on the "Back" button.

Fig. 16: Read out data.



Alternative possibilities for readouts:

- **With the OTT CTD operating program and an OTT ITC**
  In conjunction with a modem and the OTT ITC intelligent top cap, it is also possible to establish a remote communication link. See online help.
- **With the PC application "OTT Hydras 3 (Basic)"**
  (Select the required station in the tree display by double-clicking, make the required settings in the subsequent window and click on the "Start" button). For further information, see the online help for the OTT Hydras 3 (Basic) software.
- **With a Pocket PC and the "OTT Hydras 3 Pocket" software.**
  For further information, see the OTT Hydras 3 Pocket operating instructions.

10 Exporting data

After reading out into the OTT CTD operating program, the measurement and information data can be found in the "RAWDATA" sub-directory of the program directory (standard setting: "C:\Program files\OTT\OrpheusMini_CTD\RAWDATA"). To transfer to an external application, you can export the data in various formats:

- CSV – structured text file in CSV format (Comma-Separated Values)
- Excel – Microsoft Excel spreadsheet program
- OTT Hydras 3 – raw data format for the OTT Hydras 3 user software
- OTT MIS – OTT-specific file format for automatically importing into the measurement database of the OTT Hydras 3 user software

Using the "Export Options" dialog window, you can set the location for saving and, with CSV format, various export parameters also. The data remain in the sub-directory after export. If necessary, you can specifically delete them.

Info data can only be exported to the OTT Hydras 3 user software.

How to export the data

Step 1 – Make export settings:

- Click on the "View/export data" button in the start window.
- In the "View/export data" window, click on the "Export Options" button (see Figure 17).
- Enter the path to the storage location of the required export format (standard setting: "C:\Program files\OTT\OrpheusMini_CTD\Export"). No path can be set for the "Excel" format: the operating program automatically opens Microsoft Excel during the export and displays the data in a new worksheet. In format "Hydras 3" the "?" button can be used to automatically find the installation directory of OTT Hydras 3.
- In format "CSV": set the "Field separator", "Dec. separator", "Date format" and "Time format". For the date and time formats, the typical windows place-holders can be used.

Step 2 – Exporting data:

- Select the required station/sensor in the list (multiple selection possible).
- Click on the "Export ..." button.
- Confirm message about successful export with "OK".
- If necessary, delete the exported data: click on the "Delete" button.
- Confirm the message with "Yes".

11 Displaying data

After reading out into the OTT CTD operating program, the measurement and information data can be found in the the "RAWDATA" sub-directory of the program directory (standard setting: "C:\Program files\OTT\OrpheusMini_CTD\RAWDATA"). For an initial check, you can display the data graphically and numerically and print them out if necessary.

How to display the data graphically

- Click on the "View/export data" button in the start window.
- Select the required station/sensor in the list (multiple selection possible – info data can only be displayed numerically).
- Click on the "Graphic" button → the operating program displays the window with the graphical view of the selected data;
  – Show ruler: function key "F10"; Move ruler: arrow keys ← →;
  – Zoom in: draw the required area by dragging with the mouse;
  – Zoom out: function key "F12".
- Print graphic: Select the "Print" function in the "File" menu.
- Close graphic: Select the "Exit" function in the "File" menu (or ☒).

How to display the data numerically

- Click on the "View/export data" button in the start window.
- Select the required station/sensor in the list (multiple selection possible).
- Click on the "Table" button → the operating program displays the window with the numerical view of the data in the OTT data protocol;
  – Only display measured values: select "Values";
  – Highlight special areas (only with information data): Select "Observer & operation", "Alarm & limit", "Communication & error", "Error & service log".
- Print numerical display: Select the "Print" function in the "File" menu.
- Close numerical display: Select the "Exit" button (or ☒).

How to delete the data

- Select the required station/sensor in the list (multiple selection possible).
- Click on the "Delete" button.
- Confirm the confirmation message with "OK".

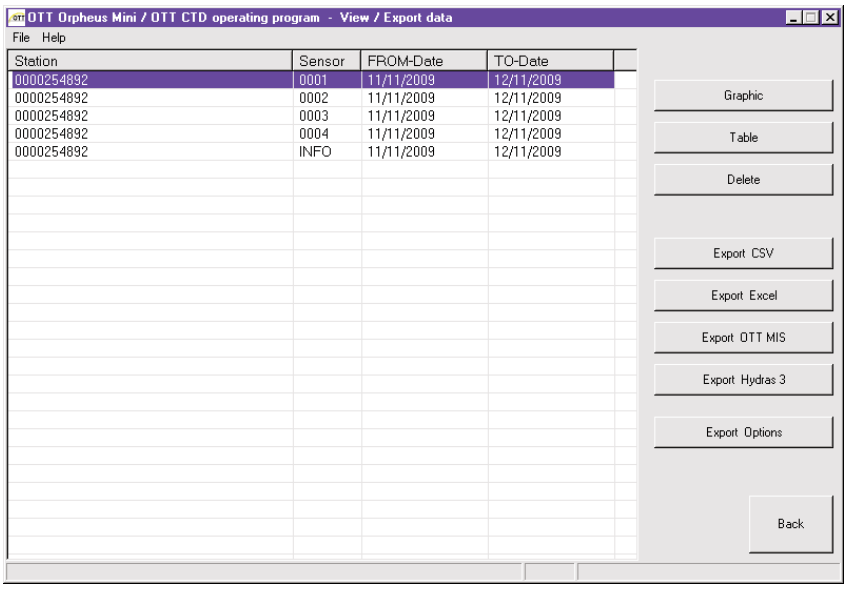


Fig. 17: Display/export data.

12 Protecting the OTT CTD and OTT CTD operating program with a password

To prevent any unauthorized input of operating parameters, you can

- protect the OTT CTD and
- OTT CTD operating program

with a password for each.

How to protect the OTT CTD operating program with a password

- Start the OTT CTD operating program.
- Select the "Options" function in the "File" menu.
- Enter a maximum eight-digit password in the "Password" input field. Permitted characters 0 … 9, A … Z. (This password is independent of the OTT CTD password.)
- Activate check box "Only observer mode".
- Click on the "OK" button.
- Close the operating program → the operating program is now protected: the "Setup device" button in the start window is no longer visible.

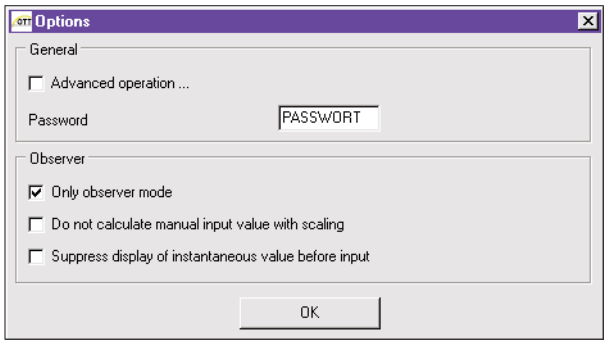


Fig. 17: Protecting the OTT CTD operating program with a password – input window to establish a password.

A password-protected OTT CTD operating program only makes sense if the operating program starts in observer mode (activate check box "Only observer mode")!

Caution:

- If the password is lost, you can no longer configure or parameterize the OTT CTD on this PC. If this occurs, contact the OTT HydroService.
- The password assigned here only pertains to the OTT CTD operating program installed on this PC. The OTT CTD itself is not protected by this!

How to release a password-protected OTT CTD operating program

- Start the OTT CTD operating program.
- Select the "Options" function in the "File" menu.
- Enter the password in the "OTT CTD" window.

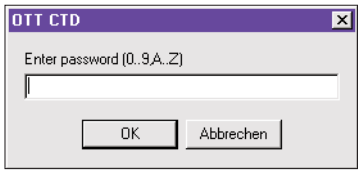


Fig. 18: OTT CTD operating program release – password input window.

- Click on the "OK" button.
- Deactivate the "Only observer mode" check box.
- Remove the entry in the "Password" field.
- Click on the "OK" button → the operating program is released.

How to protect the OTT CTD with a password:

- Start the OTT CTD operating program.
- Set up the PC/OTT CTD communication link (see Chapter 7.2).
- Click on the "Setup device" button in the start window.
- Click on the "Advanced operation …" button.
  (Button not visible? → activate the check box "Advanced operation ..." in the "Options" function in the "File" menu.)
- Click on the "Read" button.
- In the tree view, select "Communication Interface".
- Enter a maximum eight-digit password in the "Password" input field. Permitted characters 0 … 9, A … Z. (This password is independent of the OTT CTD operating program password.)
- Click on the "Program" button.
- Warning: "Reset OTT CTD and delete data memory additionally?" Confirm with "No" → the OTT CTD is now protected against unauthorized operation.

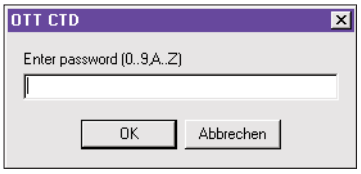
Fig. 19: Protect the OTT CTD with a password – input window to establish a password.

Caution: If the password is lost, you can no longer configure or parameterize the OTT CTD. If this occurs, contact the OTT HydroService.

How to release a password-protected OTT CTD

- Start the OTT CTD operating program.
- Set up the PC/OTT CTD communication link (see Chapter 7.2).
- Click on the "Setup device" button in the start window.
- Select the "Enter password" function in the "OTT CTD" menu.
- Enter password.
- Click on the "OK" button.
- Confirm message "Password accepted! OTT CTD unlocked" with "OK".
- Click on the "Read" button.→ the operating program reads in the current OTT CTD operating parameters.

Fig. 20: OTT CTD release – password input window.



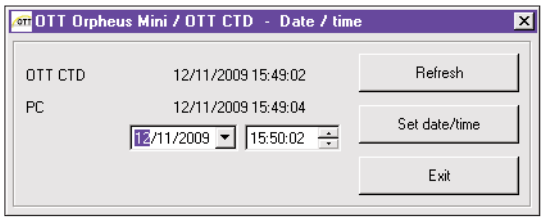
13 Date and time settings

The internal clock of the OTT CTD is a high-accuracy, realtime clock. It runs as soon as batteries are installed in the OTT CTD. After the batteries are removed, the clock will continue to run for approximately 10 more minutes. For longer periods of power interruption, the OTT CTD loses the date and time. When batteries are re-installed, the OTT CTD assumes the date and time of the last stored measured value, with one minute added to the stored time. The date and time are set using the OTT CTD operating program.

Set the date and time as follows

- Start the OTT CTD operating program.
- Set up the PC/OTT CTD communication link (see Chapter 7.2).
- Click on the "Setup device" button in the start window.
- Select the "Date/time" function in the "OTT CTD" menu → the operating program reads the date and time out from the OTT CTD and opens the "OTT CTD – date/time" window.

Fig. 21: OTT CTD date and time settings.



- If necessary: click on the "Refresh" button → the OTT CTD reads out the date and time again.
- If necessary: set the values required in the two input fields.
- Click on the "Set date/time" button → the operating program sets the OTT CTD date and time to the PC time/date or the values set.

Caution: If the PC is on summer time mode (ID: PC (DST)), the operating program automatically uses the standard time without summer correction (winter time). To receive continuous time series, it is a good idea not to use summer time in the OTT CTD.
In connection with a GPRS remote data transfer and the "Time synchronization" function, it is necessary to refer the time to UTC/GMT and to set the time zone of the station in the "Advanced operation" | "OTT CTD" window. (see online help)

- Click on the "Exit" button. The "OTT CTD – date/time" window closes.

14 Deleting data memory

Caution: The stored measured values in the OTT CTD are permanently lost when deleting the data memory! If necessary read out measured values before deleting!

Delete the data memory as follows

- Start the OTT CTD operating program.
- Set up the PC/OTT CTD communication link (see Chapter 7.2).
- Click on the "Setup device" button in the start window.
- Select the "Delete data memory" function in the "OTT CTD" menu.
- Acknowledge the warning "Are you sure you want to delete data memory?" with "Yes "→ the operating program deletes the complete data memory of the OTT CTD (all measurement channels including the info channel). Afterwards the OTT CTD determines and saves the water level, the water temperature and the specific conductivity again in accordance with the sample interval set.

15 Update OTT CTD firmware

If necessary, you have the possibility to update the OTT CTD firmware (operating system). This makes sense if, for example, devices delivered at different times are to receive the same operating system version. Updating is carried out via the OTT CTD operating program. According to availability, an updated version of the OTT CTD firmware can be found on the internet site "www.ott.com".

How to update the firmware

- Download the new version of the firmware (file: e.g. "OTT_CTD_V1.00.3.bin") from the Internet site.
- Copy the file "OTT_CTD_VX.XX.X.bin" to the directory in which the OTT CTD operating program is located.
- Set up the PC/OTT CTD communication link (see Chapter 7.2).
- Select the "Firmware update" function in the "OTT CTD" menu.
- Confirm message with "Yes" → the operating program copies the new firmware to the OTT CTD. Afterwards the OTT CTD determines and saves the water level, the water temperature and the specific conductivity again in accordance with the sample interval set.
  Caution: During the update, avoid breaking the communication link (e.g by accidentally removing the OTT DuoLink from the infrared interface of the OTT CTD.) If the communication link is broken, the firmware will no longer run! In the same way, no other programs should be started or files opened during the copying process!

Notes

- If there are multiple ".bin" files in the directory, you will have to manually select the required file.
- The measurements saved in the OTT CTD are not lost after an update.

16 Maintenance work

16.1 Cleaning the pressure probe

Recommended interval: every 12 months
with difficult local measuring conditions (heavy deposits): as required every 4 to 6 months.
(Measurements that are inaccurate or not plausible indicate a soiled pressure sensor.)

How to clean the pressure probe

- Open the top cap/observation well cover.
- Completely remove the OTT CTD from the observation well.
- Remove the black protective cap.
- Clean the pressure sensor carefully using a brush and water.
  Clean graphite electrodes and temperature sensors for the conductivity sensor with soapy water and cotton buds. Lime scale deposits can be removed using a common household scale remover. Make sure to follow the use and safety instructions of the scale remover!
- Rinse the pressure probe **thoroughly** with clear water.
- Reattach the black protective cap.
- Recommendation: Calibrate the conductivity sensor (see Chapter 16.4).
- Reinstall OTT CTD (see Chapter 6).
- Determine current reference value with a contact gauge and enter it (see Chapter 7.3 or 8).
- Close the top cap/observation well cover.

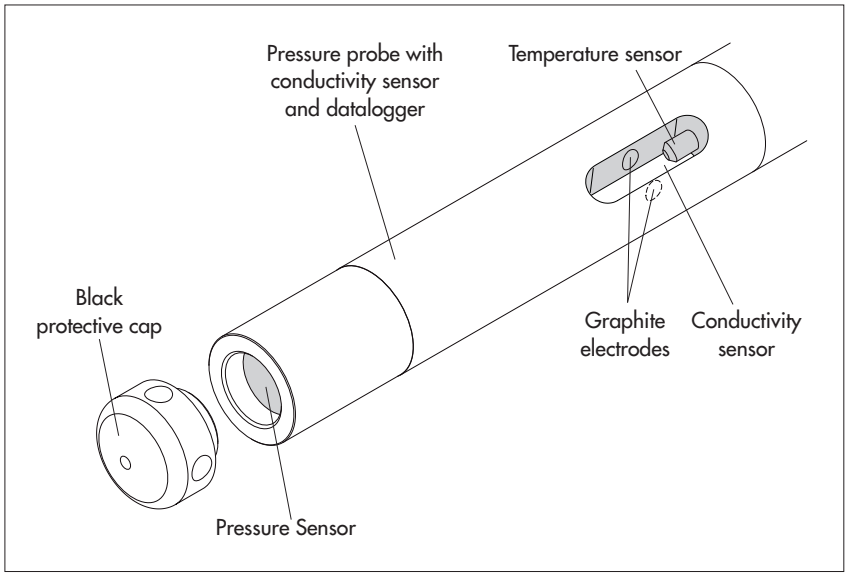


Fig. 22: Cleaning the pressure probe.

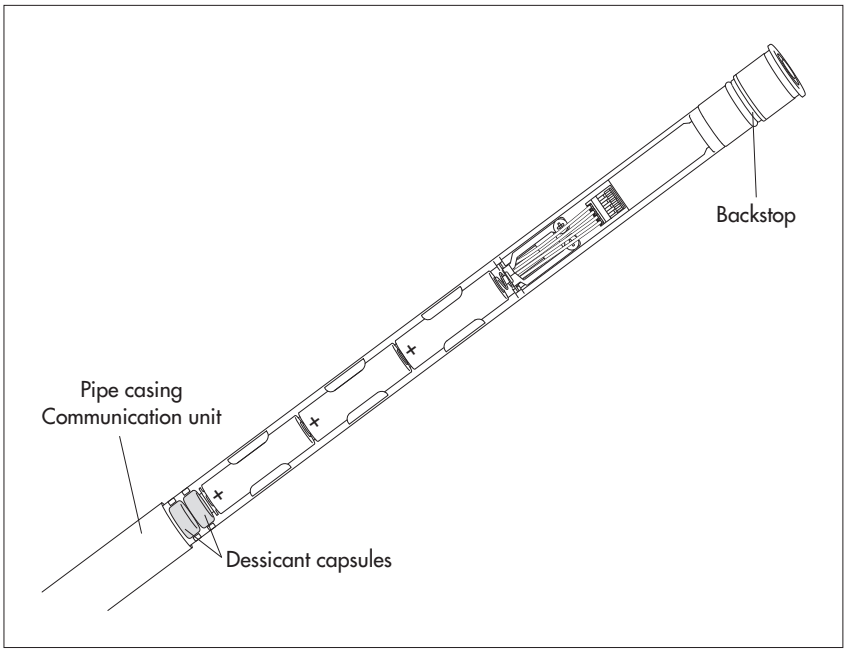
16.2 Replacing the desiccant capsules

Recommended interval: Depending on the level of air humidity at the station every 12 to 24 months and when replacing the batteries.

How to replace the desiccant capsules

- Open the top cap/observation well cover.
- Pull the communication unit approximately 80 cm out of the observation well and hold (a second person would be useful).
- Slide the pipe casing of the communication unit approximately 30 cm in the direction of the pressure probe cable. (The rubber stop located on the pressure probe cable (see Fig. 1) prevents the pipe casing from falling.)
- Remove used desiccant capsules.
- Install 2 new desiccant capsules.
- Slide the pipe casing of the communication unit back on until it stops.
- Slowly and carefully replace the communication unit into the observation well.
- Close the top cap/observation well cover.

Fig. 23: Replacing the desiccant capsules



16.3 Checking/replacing the batteries

See Chapter 5

16.4 Calibrating the conductivity sensor

The goal of the calibration is to determine the so-called "cell constant" for the conductivity sensor. To do this, it is necessary to check the zero point and to carry out a conductivity measurement with a standardized calibration solution.

The cell constant – as well as the unchanging geometric measurements, the materials used and the construction of the conductivity sensor – takes account of the aging process of the electrodes.

Recommended interval: every 12 months (after every cleaning)
with difficult local measuring conditions (heavy deposits): as required every 4 to 6 months

Required accessories: standardized calibration solution, calibration container (see Chapter 2, "Order numbers")

Caution: For an optimum calibration process, the OTT CTD and the calibration solution must be at the surrounding temperature!

How to calibrate the conductivity sensor

- Carefully clean the pressure probe and dry well (see Chapter 16.1).
- Start the OTT CTD operating program.
- Set up the PC/OTT CTD communication link (see Chapter 7.2).
- Press the "Setup device" button. (Button not visible? → deactivate the "Only observer mode" check box in the "Options" function in the "File" menu and restart the operating program.)
- Select the "Calibrate conductivity sensor" function in the "OTT CTD" menu.
- Press the "Start zero point test" button. The operating program starts an instantaneous value measurement and updates this every 5 to 6 seconds. If the measurement result displayed (blue triangle) is not in the green area → clean the conductivity sensor again and dry it well.
- Press the "End zero point test" button.
- Select the calibration solution used. Alternatively, select "Other ..." and enter the appropriate conductivity value.
- Add the calibration solution to the calibration container (filling height approx. 3/4).
- Place the OTT CTD into the calibration container (screw-on cover in place) and tighten the screw-on cover by hand. **Caution:** There must not be any air bubbles in the slot of the conductivity sensor! If necessary, lightly shake the calibration container.
- Press the "Start calibration" button. The operating program starts the instantaneous value measurement again and continuously updates it.
- Wait until the values for conductivity and temperature do not change for several updates. The operating program displays the current and newly calculated cell constant. **Caution:** Temperature values shown in red → the conductivity sensor is not at the temperature of the calibration solution! New cell constant shown in red → the cell constant lies outside the valid range.
- Press the "End calibration" button.
- Confirm the resulting question: "Save new cell constant?":
  – cell constant is within the tolerance range → "No" (conductivity value is in the green area)
  – Cell constant is outside the tolerance range and within the valid range → "Yes" (conductivity value is in red area + current cell constant is shown in black)

  If the cell constant is outside the valid range → error message.
- Close the OTT CTD operating program.
- Rinse the pressure probe thoroughly with clear water!
- Reinstall OTT CTD (see Chapter 6).
- Determine current reference value with a contact gauge and enter it (see Chapter 7.2 or 8).
- Close the top cap/observation well cover.
- Dispose of the used calibration solution!

Notes

- Only use the calibration solution once!
- Always store the calibration solution in a closed container! (The carbon dioxide in the surrounding air and evaporation can change the conductivity value.)
- Avoid water entering the calibration solution! Always dry the calibration container carefully after calibration.
- Calibration solution can be disposed of in the normal public sewer system!
- The OTT CTD saves the last three cell constants in a history (see "Advanced operation ...", channel "Conductivity").

17 Error messages

If erroneous measurements occur, or if an operating fault occurs, the OTT CTD stores one of the following error messages in the data memory instead of a measured value.

- Err 00 internal error (automated measurement)
- Err 01 internal error (AD conversion error)
- Err 03 Exceeded measuring range
- Err 05 An input value required for the measurement calculation is not in the valid range (example: the temperature value needed for the calculation of the salinity (standard method) is outside of the valid range : 0 °C ≤ t ≤ 35.0 °C)
- Err 06 An input value for the measurement calculation is missing
- Err 10 Measured value (still) not recorded

Internal errors indicate a device defect if they occur repeatedly.

18 Troubleshooting/fault correction

No communication possible (operating program/OTT CTD)

- Password programmed?
  → input correct password.
- Batteries installed?
  → install batteries.
- Battery voltage lower than about 3.6 V?
  → insert new batteries.
- Battery contacts corroded?
  → carefully clean the battery contacts.
- Pressure probe cable damaged?
  → send OTT CTD to the factory for repair.
- Infrared interface dirty?
  → clean the infrared interface carefully with a damp, soft cloth.
- Setting measured value not possible?
  → scaling module missing. Check configuration*
  (for advanced operation, see online help).

Communication starts and then breaks off

- Battery voltage lower than about 3.6 V?
  → insert new batteries.
- Distance from readout unit/IrDA interface to OTT CTD too small/large?
  → maintain correct distance (see Chapter 7.2).

Erroneous measured values

- Temperature values erroneous
  → check configuration* (for advanced operation, see online help).
- Pressure sensor values erroneous
  → check configuration* (for advanced operation, see online help).
  → check the pressure compensation capillary in the communication unit (blocked?). If necessary, clean.
  → check pressure sensor for contamination. Clean if necessary.

* The standard factory configuration is located on the "OTT CTD software" CD-ROM .

▶ Conductivity values erroneous
→ check configuration* (for advanced operation, see online help).
→ check conductivity sensor for contamination. If necessary, clean and then recalibrate
▶ Calculated salinity values erroneous (Err 05)
→ check configuration* (for advanced operation, see online help).
→ input value is outside valid range:
– salinity by standard method
1.0 °C ≤ t ≤ 35.0 °C for salinity 2.0 PSU ≤ salinity ≤ 42.0 PSU
– Salinity by "USGS 2311" method
0 °C ≤ t ≤ 30.0 °C for salinity 2.0 ppt ≤ salinity ≤ 60.0 ppt
▶ Observer does not display calculated salinity values
→ values lie outside the valid range:
– salinity according to standard method
2.0 PSU ≤ salinity ≤ 42.0 PSU
– salinity according to "USGS 2311" method
2.0 ppt ≤ salinity ≤ 60.0 ppt

No measured values in database

▶ Configuration incorrect?
→ check configuration* (for advanced operation, see online help).
▶ Battery voltage lower than about 3.6 V?
→ insert new batteries.

* The standard factory configuration is located on the "OTT CTD software" CD-ROM .

19 Repair

- With a problem with the device, use Chapter 18, Troubleshooting/fault correction to see if you can resolve the problem yourself.
- In case of device defects, please contact the repair center of OTT:

OTT MESSTECHNIK GmbH & Co. KG
Repaircenter
Ludwigstraße 16
87437 Kempten · Germany
Telephone +49 831 5617-433
Fax +49 831 5617-439
repair@ott.com

Caution: Only have a defective OTT CTD checked and repaired by the OTT repair center. Under no circumstances carry out any repairs yourself. Any repairs or attempted repairs carried out by the customer will result in the loss of any guarantee rights.

20 Notes about the disposal of old units

Within the member countries of the European Union
In accordance with the European Union guideline 2002/96/EC, OTT takes back old devices within the member countries of the European Union and disposes of them in an appropriate way. The devices concerned by this are marked with the symbol shown aside.

- For further information on the return procedure, please contact your local sales contact. You will find the addresses of all sales partners in the internet on "www.ott.com". Please take into consideration also the national implementation of the EU guideline 2002/96/EC of your country.

For all other countries
- Dispose of the OTT CTD properly after taking out of service.
- Observe the regulations valid in your country for the disposal of electronic devices.
- Never put the OTT CTD into the normal household waste.

Materials used
See Chapter 21, Technical data

21 Technical data

Water level

Measuring range	0 … 4 m water column (0 ... 0.4 bar) 0 … 10 m water column (0 ... 1 bar) 0 … 20 m water column (0 ... 2 bar) 0 … 40 m water column (0 ... 4 bar) 0 … 100 m water column (0 ... 10 bar)
Resolution*	0.001 m; 0.1 cm; 0.01 ft; 0.1 inch 0.0001 bar; 0.001 psi
Accuracy (linearity + hysteresis)	± 0.05 % full scale
Long-term stability (linearity + hysteresis)	± 0.1 %/a full scale
0-Point	± 0.1 % full scale
Overload safe without permanent mechanical damage	
0 ... 0.4 bar	4 bar
0 ... 1 bar	10 bar
0 ... 2 bar	15 bar
0 ... 4 bar	25 bar
0 ... 10 bar	40 bar
Units	m, cm, ft, inch, bar, psi
Pressure sensor	ceramic; temperature-compensated
Temperature-compensated operating range	–5 °C … +45 °C (ice free)

Temperature

Measuring range	–25 °C … +70 °C
Resolution	0.01 °C
Accuracy	± 0.1 °C
Units	°C · °F

Conductivity

Measuring ranges	0.001 … 2.000 mS/cm 0.10 … 100.00 mS/cm
Resolution	
0.001 …2.000 mS/cm	0.001 mS/cm
0.10 …100.00 mS/cm	0.01 mS/cm
Accuracy	
0.001 …2.000 mS/cm	±0.5 % of measured value (at least ±0.001 mS/cm)
0.10 …100.00 mS/cm	±1.5 % of measured value (at least ±0.01 mS/cm)
Units	
0.001 …2.000 mS/cm	mS/cm · µS/cm
0.10 …100.00 mS/cm	mS/cm
Power supply	3 x 1.5 V batteries (LR6 · AA, FR6 · AA) alkaline or lithium design (LiFeS; Energizer L91)
Current consumption	
active, measurement	55 mA
active, communication	65 mA
passive	23 µA
Lifetime (1 h sample interval; 50 m system length; w/o ITC)	
with lithium batteries	at least 5 years
with alkaline batteries	at least 1.5 years (high quality battery types)
Clock	
Design	real time clock
Accuracy	±1 minute/month (at +25 °C)
Buffer period for battery replacement	approx. 10 minutes
Interface	Infrared (IrDA)
Storage temperature	–40 °C … +85 °C

* at a value range of ±32.750 m; ±3275.0 cm; ±327.50 ft; ±3275.0 inch; ±3.2750 bar; ±32.750 psi

Data memory

Measurement memory	4 MB
Number of measurements	approx. 500,000
Number of logical channels	9 + 1 Info channel
Physical channels (input signals)	Water level/pressure Temperature Conductivity Supply voltage
Sample interval	5 seconds … 24 hours
Storage interval (mean interval)	5 seconds … 24 hours
Individually configurable functions	– Simple or advanced operation – 5 extended sample intervals with start/stop time indication, support of pump tests – Selection of units – Pressure/level measurement or depth measurement – With consideration of the local gravitational acceleration – Compensate for water density using salinity and temperature – Temperature compensation for conductivity. Options: Freshwater; Saltwater; Standard method 2510 (reference temperature: 25 °C or 20 °C); ISO 7888 / EN 27888; none – Salinity (standard method or USGS 2311) – Display of instantaneous values with level monitoring function – Password protection – Measured value processing: Calculation of mean; delta storage; scaling function; extreme value storage; limit control of the sample interval – Virtual sensor/virtual terminal – Together with OTT ITC: alarm management; remote data transfer

Mechanical Data

Can be installed in observation wells	
– with adapter ring	1"
– with adapter plates for top caps with recess (OTT, HT)	2", 3", 4", (4,5"), 5", 6"
– with suspension brackets for top caps without recess/universal installation	≥ 2"
Dimensions	
Communication unit L x Ø	400 mm x 22 mm
Pressure probe (L x Ø)	317 mm x 22 mm
System length (cable length including communication unit/pressure probe)	1,5 … 200 m ±1 % ±5 cm
Weight	
communication unit (incl. batteries)	approx. 0.410 kg
pressure probe	approx. 0.430 kg
Pressure probe cable	approx. 0.082 kg/m
Material	
Pressure probe housing	ABS, POM, stainless steel 1.4539 (904 L)
Cable jacket	PUR
Communication unit	ABS, PC, stainless steel 1.4539 (904 L)/ 1.4462 (UNS S31803)
Protection class	
Communication unit	IP 67 (submersion depth max. 2 m; submersion duration max. 24 h)
Pressure probe	IP 68

EMC limits

– Resistance to electrostatic discharge (ESD)	complies with EN 61000-4-2 (4 kV contact discharge)
– Resistance to electromagnetic fields	complies with EN 61000-4-3 (10 V/m)
– Resistance to transient fields (burst)	complies with EN 61000-4-4 (2 kV)
– Resistance to surge	complies with EN 61000-4-5 (4 kV)
– Resistance to HF, asymmetric	complies with EN 61000-4-6 (10 V)
– Line-borne and radiated interference	complies with EN 55022 Class B (30 … 1000 MHz)

Appendix A – Declaration of conformity for OTT CTD

Konformitätserklärung
Declaration of Conformity
Declaration de Conformité

Wir/ We/ Nous Anschrift/ Address/ Adresse	OTT Messtechnik GmbH & Co. KG Ludwigstraße 16 D-87437 Kempten

erklären, daß das Produkt/ declare, that the product/ declarons, que le produit

Bezeichnung/ Name/ Nom	**OTT CTD**
Artikel- Nr./ Article No./ No. d' Article	**55.445.001.9.0**

mit den Anforderungen der Normen/ fulfills the requirements of the standard/ satisfait aux exigences des normes

EG (2004/108/EG):

national:	international:
EN 61000-6-4	IEC 61000-6-4
Störaussendung/ emission/ émission	
Klasse/ class/ classe B	class/ classe B
Störfestigkeit/ noise immunity/ immunité	
EN 61000-6-2	IEC 61000-6-2
EN 61000-4-2 (4 kV/8 kV)	IEC 61000-4-2 (4 kV/8 kV)
EN 61000-4-3 (10 V/m)	IEC 61000-4-3 (10 V/m)
EN 61000-4-4 (1 kV/2 kV)	IEC 61000-4-4 (1 kV/2 kV)
EN 61000-4-6 (10 V)	IEC 61000-4-6 (10 V)

und den hinterlegten Prüfberichten übereinstimmt und damit den Bestimmungen entspricht/
and the taken test reports and therefore corresponds to the regulations of the Directive/
et les rapports d'essais notifiés et, ainsi, correspond aux réglement de la Directive.

Ort und Datum der Ausstellung/
Place and Date of Issue/
Lieu et date d' établissement

Kempten, den 05/10/09

Name und Unterschrift des Befugten/
Name and Signature of authorized person/
Nom et signature de la personne autorisée

Dr. Anton Felder
(CEO)

OTT MESSTECHNIK GmbH & Co. KG
Postfach 21 40 · 87411 Kempten
Ludwigstraße 16 · 87437 Kempten
Tel.: +49(0)831/5617-0
Fax: +49(0)831/5617-209
info@ott-hydrometry.de
www.ott-hydrometry.de

Geschäftsführer: Dr.-Ing. Anton Felder · Persönlich haftende Gesellschafterin: **OTT** MESSTECHNIK Verwaltungs GmbH
Sitz der Ges.: Kempten · Registergericht Kempten HRB 7687 und HRA 3807 · USt.-ID.-Nr. DE 128 780 710 · Steuer-Nr. 127/171/51206

Commerzbank AG München (BLZ 733 400 46) · Kto.Nr. 775 0649 00 · BIC: COBADEFF733 · IBAN: DE13 7334 0046 0775 0649 00
LBBW Kempten (BLZ 600 501 01) · Kto.Nr. 4546443 · BIC: SOLADEST · IBAN: DE81 6005 0101 0004 5464 43
Sparkasse Allgäu (BLZ 733 500 00) · Kto.Nr. 18 861 · BIC: BYLADEM1ALG · IBAN: DE24 7335 0000 0000 0188 61
Postbank München (BLZ 700 100 80) · Kto.Nr. 933 53 809 · BIC: PBNKDEFF · IBAN: DE57 7001 0080 0093 3538 09

Document number
55.445.002.B.E 01-1009

OTT MESSTECHNIK GmbH & Co. KG

Ludwigstrasse 16
87437 Kempten · Germany
Tel. +49 831 5617-0
Fax +49 831 5617-209

info@ott.com · www.ott.com