กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับสมบูรณ์ เล่มที่ 7/10

โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

ชุดคู่มือการปฏิบัติงาน ด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 1000-2550 ถึง 12000-2550

จัดทำโดย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ธันวาคม 2551

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

รายงานฉบับสมบูรณ์ (เล่มที่ 7/10)

โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

ชุดคู่มือ

การปฏิบัติงานด้านการเจาะ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 1000-2550 ถึง 12000-2550

จัดทำโดย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ธันวาคม 2551

ข้อมูลบรรณานุกรม

เจ้าของ : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ชื่อเรื่อง : รายงานฉบับสมบูรณ์ (เล่มที่ 7/10)
ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
คู่มือ ทบ พ 1000-2550 ถึง 12000-2550
โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
พิมพ์ครั้งที่ 1 : เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2551 จำนวน 500 เล่ม
โรงพิมพ์ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา 232/199 ม. 6
ถ. ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
ISBN 978-974-286-587-0

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2539

ชุดคู่มือ
การปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
คู่มือ ทบ พ 1000-2550 ถึง 12000-2550

เจ้าของโครงการ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จัดทำโดย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กระทรวงศึกษาธิการ

คณะที่ปรึกษาโครงการ

นางสาวสมคิด	บัวเพ็ง	อธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
นายอนันต์	เกตุเอม	รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
นายโชติ	ตราชู	รองอธิบดีกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

คณะกรรมการพิจารณาดำเนินการจ้างโดยวิธีตกลง

1. นายปราณีต	ร้อยบาง	ประธานกรรมการ
2. นายบรรจง	พรมจันทร์	กรรมการ
3. นายอำนาจ	เยาวสุต	กรรมการ
4. นายสุทธิพล	เอี่ยมประเสริฐกุล	กรรมการ
5. นางสาวอุไร	บางยี่ขัน	กรรมการ

คณะกรรมการตรวจสอบงาน

1. นายสุพจน์	เจิมสวัสดิ์พงษ์	ประธานกรรมการ
2. ดร.อรนุช	หล่อเพ็ญศรี	กรรมการ
3. นายสุนทร	ปัญจาสุธารส	กรรมการ
4. นายประกอบ	อยู่คง	กรรมการ
5. นางศจีรัตน์	อุ่นประเสริฐสุข	กรรมการ

คณะทำงานตรวจสอบมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล

1. นายกมลศักดิ์	บัวอ่อน	ประธานคณะทำงาน
2. นางสาววิลาวัณย์	ไทยสงคราม	คณะทำงาน
3. นายประกอบ	อยู่คง	คณะทำงาน
4. นายวสันต์	จันทร์แสง	คณะทำงานและเลขานุการ

คณะทำงานตรวจสอบมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานด้านการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล

1. นายสัมฤทธิ์	ชุษณะทัศน์	ประธานคณะทำงาน
2. นายสุนทร	ปัญจาสุธารส	คณะทำงาน
3. นายเทิดศักดิ์	ทรัพย์ทวีวัง	คณะทำงานและเลขานุการ

คณะทำงานตรวจสอบมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

1. นายสุพจน์	เจิมสวัสดิ์พงษ์	ประธานคณะทำงาน
2. นายสำเริง	สโมทัย	คณะทำงาน
3. นายพันธ์ศักดิ์	ธีรปัญญาภรณ์	คณะทำงาน
4. นายสุวัฒน์	เปี่ยมปัจจัย	คณะทำงาน
5. นายอุโรม	แก้วจันทร์	คณะทำงานและเลขานุการ

คณะทำงานตรวจสอบมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล

1. นายชัยพร	ศิริพรไพบูลย์	ประธานคณะทำงาน
2. นายอดิสัย	จารุรัตน์	คณะทำงาน
3. ดร.อรัญญา	เฟื่องสวัสดิ์	คณะทำงาน
4. นางโศภิษฐ์	ภิรมย์เลิศ	คณะทำงาน
5. ดร.อรนุช	หล่อเพ็ญศรี	คณะทำงานและเลขานุการ

คณะทำงานตรวจสอบคู่มือการปฏิบัติงานด้านระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศน้ำบาดาล

1. นายไพศาล	ลักขณานุรักษ์	ประธานคณะทำงาน
2. นายเทิดศักดิ์	ทรัพย์ทวีวัง	คณะทำงาน
3. นายบุญเลิศ	เลิศพฤกษ์สุกิจ	คณะทำงาน
4. นายธนจักร	ริจิรวนิช	คณะทำงานและเลขานุการ

คณะทำงาน

1.	รศ.ดร.เกรียงศักดิ์	ศรีสุข	หัวหน้าโครงการและผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
2.	นายสมชัย	วงศ์สวัสดิ์	รองหัวหน้าโครงการและผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
3.	นายเจริญ	เชื่อมไธสง	ผู้เชี่ยวชาญด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
4.	นายวิฑิต	ศิริโภคากิจ	ผู้เชี่ยวชาญด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยา
5.	นายธีรวัชร	อินทรสูต	ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
6.	นายเจตต์	จุลวงษ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
7.	นายธีรศักดิ์	ตั้งสุทธินนท์	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา
8.	รศ.ดร.วิชัย	ศรีบุญลือ	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ
9.	รศ.ฉลอง	บัวผัน	ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกธรณีวิทยา
10.	ผศ.หล้า	อาจวิชัย	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา
11.	ผศ.ดร.ศรัญญา	พรหมโคตร์	ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีเคมี
12.	รศ.ดร.อลิศรา	เรืองแสง	ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม
13.	ดร.พิพัธน์	เรืองแสง	ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศน้ำบาดาล
14.	นายพรศักดิ์	อรุณกิจกำจร	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกล
15.	ผศ.ดร.อุมา	สีบุญเรือง	ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม
16.	นายโพยม	สราภิรมย์	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโยธา
17.	นางกฤษณี	คชสาร	ผู้ประสานงานโครงการ
18.	น.ส.ศิริรัตน์	อุปสิทธิ์	นักอุทกธรณีวิทยาและผู้ประสานงานโครงการ
19.	น.ส.ธิดารัตน์	โคตนนท์	นักอุทกธรณีวิทยา
20.	นายสุวันชัย	นาดี	วิศวกรเกษตร
21.	นายสหราช	ทวีพงษ์	นักอุทกธรณีวิทยา
22.	นายประยุทธ	เสนชัย	นักธรณีวิทยา
23.	น.ส.เกวรี	พลเกิ้น	วิศวกรเกษตร
24.	นางนันทนา	ศรีบุญลือ	เจ้าหน้าที่การเงิน
25.	น.ส.ปิยะมาศ	ลีทองดี	เจ้าหน้าที่ธุรการ

คำนำ

น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีพโดยเฉพาะชุมชนที่แหล่งน้ำอื่นมีไม่เพียงพอกับความต้องการ รวมทั้งเป็นแหล่งน้ำทางเลือกสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมและการเกษตร ดังนั้นหากกระบวนการปฏิบัติงานด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล เช่น การพัฒนาน้ำบาดาล การสำรวจและประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล และการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาลไม่ดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐานทางวิชาการ อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรน้ำบาดาลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพยากที่จะแก้ไขได้ ในอดีตที่ผ่านมาการปฏิบัติงานด้านทรัพยากรน้ำบาดาลยังขาดแนวทางปฏิบัติที่ได้มาตรฐานตามหลักวิชาการ ดังนั้นในปีงบประมาณ 2550 กรมทรัพยากรน้ำบาดาลซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลของประเทศได้ว่าจ้างมหาวิทยาลัยขอนแก่น ให้เป็นผู้ดำเนินงานโครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล เพื่อจัดทำมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานครอบคลุมการปฏิบัติงานด้านต่างๆ ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล 5 ด้าน คือ (1) มาตรฐานและหรือคู่มือการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (2) มาตรฐานและหรือคู่มือการปฏิบัติงานด้านการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล (3) มาตรฐานและหรือคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (4) มาตรฐานและหรือคู่มือการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล และ (5) คู่มือการปฏิบัติงานด้านระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศน้ำบาดาล โดยกระบวนการยกร่างโดยผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ และการนำร่างมาตรฐานและคู่มือเข้าสู่กระบวนการระดมสมองเพื่อรับฟังความคิดเห็นต่อร่างมาตรฐานและคู่มือต่างๆ ก่อนปรับปรุงแก้ไขเป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ ซึ่งประกอบด้วยรายงานทั้งหมด 10 เล่ม ได้แก่ รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร จำนวน 1 เล่ม ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงาน 4 เล่ม (รวม 25 มาตรฐาน) และชุดคู่มือการปฏิบัติงาน 5 เล่ม (รวม 34 เรื่อง) การตีพิมพ์ชุดมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานครั้งนี้เป็นการจัดทำขึ้นเป็นครั้งแรก หากผู้ใช้พบว่ามีเนื้อหาส่วนใดยังไม่ครบสมบูรณ์ มีข้อผิดพลาดที่ควรแก้ไขหรือประสงค์จะเสนอแนะความคิดเห็นประการใด โปรดแจ้งให้กรมทรัพยากรน้ำบาดาลทราบ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาแก้ไขปรับปรุงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ขอขอบคุณคณะผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ซึ่งประกอบด้วย เจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลจากฝ่ายต่างๆ ตัวแทนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สมาชิกสมาคมน้ำบาดาลไทย การประปาส่วนภูมิภาค การประปานครหลวง กรมทรัพยากรน้ำ สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด สมาชิกชมรมช่างเจาะน้ำบาดาลแห่งประเทศไทย ตัวแทนบริษัทที่ปรึกษาด้านน้ำบาดาล ตัวแทนผู้ใช้น้ำบาดาลภาคเอกชน และนักวิชาการจากสถาบันการศึกษาต่างๆ ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการจัดทำมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงาน ซึ่งจัดทำขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2550 นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้ให้ความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

เล่มที่ 1/10 รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

เล่มที่ 2/10 ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 ถึง 4000-2550)

(1) มาตรฐาน ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน

(2) มาตรฐาน ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

(3) มาตรฐาน ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

(4) มาตรฐาน ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

(5) มาตรฐาน ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

(6) มาตรฐาน ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

(7) มาตรฐาน ทบ ส 3000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

(8) มาตรฐาน ทบ ส 4000-2550 การจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา

เล่มที่ 3/10 ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการสำรวจอุทกธรณีวิทยาและแผนที่น้ำบาดาล (คู่มือ ทบ ส 1000-2550 ถึง 4000-2550)

(1) คู่มือ ทบ ส 1000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาบนผิวดิน

(2) คู่มือ ทบ ส 2001-2550 การคัดเลือกวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

(3) คู่มือ ทบ ส 2002-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

(4) คู่มือ ทบ ส 2003-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

(5) คู่มือ ทบ ส 2004-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

(6) คู่มือ ทบ ส 2005-2550 การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการตรวจวัดแรงโน้มถ่วงจุลภาค

(7) คู่มือ ทบ ส 3000-2550 การสำรวจอุทกธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

(8) คู่มือ ทบ ส 4000-2550 การจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา

เล่มที่ 4/10 ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ ป 3001-2550 ถึง 3008-2550)

(1) มาตรฐาน ทบ ป 3001-2550 การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์

(2) มาตรฐาน ทบ ป 3002-2550 การเลือกใช้แบบจำลองน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์

(3) มาตรฐาน ทบ ป 3003-2550 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล

(4) มาตรฐาน ทบ ป 3004-2550 การจำลองการไหลของน้ำบาดาลและการเคลื่อนที่ของมวลสาร

(5) มาตรฐาน ทบ ป 3005-2550 การประยุกต์ใช้แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลตามสภาพปัญหาของพื้นที่

(6) มาตรฐาน ทบ ป 3006-2550 การปรับเทียบผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล

(7) มาตรฐาน ทบ ป 3007-2550 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล

(8) มาตรฐาน ทบ ป 3008-2550 การจัดทำรายงานผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล

เล่มที่ 5/10 ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ ป 1000-2550 ถึง 3000-2550)

(1) คู่มือ ทบ ป 1000-2550 การประเมินแหล่งน้ำต้นทุนของแอ่งน้ำบาดาล

(2) คู่มือ ทบ ป 2000-2550 การประเมินศักยภาพน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลและการจัดทำแผนการใช้น้ำบาดาล

(3) คู่มือ ทบ ป 3000-2550 การจัดทำแบบจำลองน้ำบาดาลเชิงคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้

เล่มที่ 6/10 ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 ถึง 7000-2550)

(1) มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

โครงการจัดทำมาตรฐานการเจาะ สำรวจ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

เล่มที่ 6/10 ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 ถึง 7000-2550) (ต่อ)

(2) มาตรฐาน ทบ พ 2000-2550 การใช้และการแปลค่าข้อมูลหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ
(3) มาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล
(4) มาตรฐาน ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
(5) มาตรฐาน ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
(6) มาตรฐาน ทบ พ 6000-2550 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ
(7) มาตรฐาน ทบ พ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล

เล่มที่ 7/10 ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ พ 1000-2550 ถึง 12000-2550)

(1) คู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
(2) คู่มือ ทบ พ 2000-2550 การใช้และการแปลค่าข้อมูลหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ
(3) คู่มือ ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล
(4) คู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
(5) คู่มือ ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
(6) คู่มือ ทบ พ 6000-2550 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ
(7) คู่มือ ทบ พ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล
(8) คู่มือ ทบ พ 8000-2550 การคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ
(9) คู่มือ ทบ พ 9000-2550 การบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล
(10) คู่มือ ทบ พ 10000-2550 การออกแบบก่อสร้างและบริหารจัดการระบบประปาบาดาล
(11) คู่มือ ทบ พ 11000-2550 การพิจารณาตัดสินใจสำหรับผู้ว่าจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล
(12) คู่มือ ทบ พ 12000-2550 การประเมินราคากลางการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

เล่มที่ 8/10 ชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ อ 1000-2550 และ 6000-2550)

(1) มาตรฐาน ทบ อ 1000-2550 การวางเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์ การติดตามระดับ และคุณภาพน้ำบาดาล
(2) มาตรฐาน ทบ อ 6000-2550 การอุดกลบบ่อน้ำบาดาล

เล่มที่ 9/10 ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ อ 1000-2550 ถึง 7000-2550)

(1) คู่มือ ทบ อ 1000-2550 การวางเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์ การติดตามระดับและคุณภาพน้ำบาดาล
(2) คู่มือ ทบ อ 2000-2550 การประเมินความเสี่ยงการปนเปื้อนของแหล่งน้ำบาดาล
(3) คู่มือ ทบ อ 3000-2550 การประเมินผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาลเกินสมดุล
(4) คู่มือ ทบ อ 4001-2550 การเติมน้ำลงแหล่งน้ำบาดาล
(5) คู่มือ ทบ อ 4002-2550 การสร้างระบบกักเก็บน้ำใต้ดินด้วยเขื่อนใต้ดิน
(6) คู่มือ ทบ อ 4003-2550 การควบคุมการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน
(7) คู่มือ ทบ อ 4004-2550 การฟื้นฟูเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลโดยวิธีการทางเคมีและชีวภาพ
(8) คู่มือ ทบ อ 5000-2550 การอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล
(9) คู่มือ ทบ อ 6000-2550 การอุดกลบบ่อน้ำบาดาล
(10) คู่มือ ทบ อ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล

เล่มที่ 10/10 ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ ฐ 1000-2550)

(1) คู่มือ ทบ ฐ 1000-2550 การปฏิบัติงานด้านระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศน้ำบาดาล

สารบัญ

หน้า

คู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล **1**

1. บทนำ 1
2. ขอบเขต 1
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 1
4. ศัพท์บัญญัติ 1
5. ความสำคัญและการใช้งาน 2
6. คำอธิบายวิธีการ 2
7. เครื่องจักรกล เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุ 2
   - 7.1 เครื่องเจาะแบบหมุนตรง 2
   - 7.2 เครื่องเจาะแบบกระแทก 11
   - 7.3 เครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับ 17
   - 7.4 เครื่องเจาะผสม 18
8. ขั้นตอนการดำเนินงาน 20
9. ความปลอดภัย 21
10. บุคลากร 21
11. เอกสารอ้างอิง 21

คู่มือ ทบ พ 2000-2550 การใช้และแปลค่าข้อมูลหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ **22**

1. บทนำ 22
2. ขอบเขต 22
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 22
4. ศัพท์บัญญัติ 23
5. ขั้นตอนในการดำเนินงาน 23
   - 5.1 การหยั่งวัดความต้านทานไฟฟ้าด้วยวิธี SPR 23
   - 5.2 การหยั่งวัดศักย์ไฟฟ้าหลุมเจาะ 23
   - 5.3 การหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้า 25
   - 5.4 การหยั่งวัดแกมม่าธรรมชาติ 26
   - 5.5 การแปลความหมายของกราฟผลการหยั่งธรณีหลุมเจาะ 26
6. เอกสารอ้างอิง 27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

คู่มือ ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล **31**

1. บทนำ 31
2. ขอบเขต 31
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 31
4. ศัพท์บัญญัติ 31
5. ความสำคัญและการใช้งาน 32
6. คำอธิบายวิธีการ 32
7. เครื่องจักรกล เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ 32
8. ขั้นตอนการดำเนินการ 32
   - 8.1 การออกแบบบ่อ 32
   - 8.2 งานเจาะขยายหลุมหรือการคว้านบ่อ 32
   - 8.3 การเลือกท่อกรุ ท่อกรองหรือท่อเซาะร่อง และท่อรับทราย 33
   - 8.4 ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำแบบหินร่วน 33
   - 8.5 ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลใน หินแข็ง 41
9. ความปลอดภัย 41
10. บุคลากร 43
11. เอกสารอ้างอิง 43
12. ภาคผนวก 43

คู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล **50**

1. บทนำ 50
2. ขอบเขต 50
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 50
4. ศัพท์บัญญัติ 51
5. วัตถุประสงค์ 51
6. เครื่องจักรกลและอุปกรณ์ 51
7. ขั้นตอนในการดำเนินงาน 51
   - 7.1 การพัฒนาบ่อบาดาลด้วยวิธีการตักน้ำ 54
   - 7.2 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการเป่าอัดกวนน้ำและสูบออกด้วยลม 57

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

7.3 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการอัดและดึงน้ำด้วยลูกสูบ 60
7.4 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการดึงน้ำด้วยกระบอกกวาด 62
7.5 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการฉีดล้างด้วยลม 64
7.6 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการฉีดล้างด้วยน้ำ 65
7.7 การสูบด้วยอัตราสูงกว่าอัตราให้น้ำของบ่อ 65
7.8 การพัฒนาบ่อบาดาลด้วยวิธีล้างย้อนกลับ 66
7.9 การใช้สารประกอบโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟส 66
7.10 เกณฑ์อนุโลมปริมาณทรายละเอียดที่ปนขึ้นมากับน้ำ 66
7.11 รายงานสรุป 67
8. ความปลอดภัย 67
9. บุคลากร 67
10. เอกสารอ้างอิง 69

คู่มือ ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล **70**

1. บทนำ 70
2. ขอบเขต 70
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 70
4. ศัพท์บัญญัติ 71
5. ความสำคัญและการใช้งาน 71
6. วิธีการและขั้นตอนการสูบทดสอบ 71
6.1 การสูบทดสอบเพื่อทราบปริมาณน้ำและประสิทธิภาพของบ่อน้ำบาดาล 71
6.2 การสูบทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ 72
6.3 ระยะเวลาการสูบทดสอบ 73
6.4 การบันทึกข้อมูลประวัติบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ 73
6.5 การเลือกชนิดและขนาดเครื่องสูบน้ำ 73
6.6 การเลือกบ่อที่จะทำการสูบทดสอบ 74
6.7 บ่อสูบทดสอบ 74
6.8 บ่อสังเกตการณ์ 75
6.9 การวัดระดับน้ำและอัตราการสูบน้ำ 76
6.10 การวัดอัตราการสูบทดสอบ 78
6.11 การวัดคุณภาพน้ำในสนามและเก็บตัวอย่างน้ำ 83
6.12 ไฟแสงสว่างและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 83

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.13 ระบบระบายน้ำ 83
6.14 แบบฟอร์มการสูบทดสอบและกราฟ 83
7. การวิเคราะห์ข้อมูลการสูบทดสอบ 85
7.1 ข้อสมมุติฐาน 85
7.2 สมการพื้นฐานเกี่ยวกับการไหลของน้ำ 85
7.3 การไหลของน้ำเข้าบ่อในสภาวะคงที่ 86
7.4 การไหลของน้ำแบบสภาวะคงที่ในหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน 86
7.5 การวิเคราะห์การไหลของน้ำเข้าบ่อแบบภาวะไม่คงที่ 86
7.6 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบสูบน้ำด้วยปรับอัตราการสูบ 89
7.7 การวิเคราะห์หาค่า B และ C 91
8. การประเมินประสิทธิภาพของบ่อ 91
9. เครื่องมือและอุปกณ์ 91
10. ความปลอดภัย 92
11. บุคลากร 92
12. เอกสารอ้างอิง 92
13. ภาคผนวก 92

คู่มือ ทบ พ 6000-2550 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ 96

1. บทนำ 96
2. ขอบเขต 96
3. เอกสารที่ใช้ประกอบการจัดทำ 96
4. ศัพท์บัญญัติ 96
5. ความสำคัญและการใช้งาน 97
6. วิธีการเก็บตัวอย่างตะกอนหรือเศษหิน 97
6.1 การเจาะแบบหมุนตรงหรือหมุนดูดกลับโดยใช้น้ำโคลน 97
6.2 การเจาะแบบหมุนตรงโดยใช้ลมเจาะ 98
6.3 การเจาะแบบหมุนตรงเก็บแท่งตัวอย่าง 98
6.4 การวิเคราะห์ขนาดตัวอย่างตะกอน 99
6.5 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ตะกอน 100
6.6 การออกแบบบ่อแบบไม่กรุกรวด 100
6.7 การออกแบบบ่อแบบกรุกรวด 102
7. เอกสารอ้างอิง 103

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

คู่มือ ทบ พ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล **105**

1. บทนำ 105
2. ขอบเขต 105
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 105
4. การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล 106
5. ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล 108
   - 5.1 การวัดระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาล 108
   - 5.2 การถ่ายน้ำขังออกจากบ่อ 108
   - 5.3 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่างน้ำบาดาล 112
6. การประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพ 112
7. เอกสารอ้างอิง 118

คู่มือ ทบ พ 8000-2550 การคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ **120**

1. บทนำ 120
2. ขอบเขตการใช้งาน 120
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 120
4. ศัพท์บัญญัติ 120
5. ความสำคัญและการใช้งาน 121
6. ประเภทของเครื่องสูบสำหรับบ่อน้ำบาดาล 121
   - 6.1 เครื่องสูบประเภทลูกสูบ 121
   - 6.2 เครื่องสูบน้ำประเภทหอยโข่ง 122
   - 6.3 เครื่องสูบประเภทเจท 124
   - 6.4 เครื่องสูบน้ำประเภทแรงลม 124
7. ขั้นตอนการดำเนินงาน 125
   - 7.1 เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลบ่อ น้ำบาดาล 125
   - 7.2 รวบรวมข้อมูลทางด้านพลังงาน 125
   - 7.3 อัตราการสูบน้ำและเส้นทางการส่งน้ำ 126
   - 7.4 การคัดเลือกเครื่องสูบน้ำ 126
   - 7.5 การติดตั้งเครื่องสูบน้ำ 134
   - 7.6 องค์ประกอบอื่นๆ 137
   - 7.7 การบันทึก 137

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

8. เครื่องจักรกล เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุ 137
9. ความปลอดภัย 137
10. บุคลากร 138
11. เอกสารอ้างอิง 138

คู่มือ ทบ พ 9000-2550 การบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล 139

1. บทนำ 139
2. ขอบเขต 139
3. รายชื่อเอกสารที่เกี่ยวข้อง 139
4. ศัพท์บัญญัติ 139
5. ความสำคัญและการใช้งาน 140
6. สาเหตุที่ทำให้ปริมาณน้ำสูบได้จากบ่อลดลง 140
7. ขั้นตอนการดำเนินงาน 141
   - 7.1 เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 141
   - 7.2 ตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำและบ่อน้ำบาดาล 142
   - 7.3 การเตรียมแผนสำหรับการบำรุงรักษาบ่อ 143
   - 7.4 การซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล 143
   - 7.5 การบันทึก 145
8. เครื่องจักรกล เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุ 145
9. ความปลอดภัย 145
10. บุคลากร 145
11. เอกสารอ้างอิง 145

คู่มือ ทบ พ 10000-2550 การออกแบบก่อสร้างและบริหารจัดการระบบประปาบาดาล 147

1. บทนำ 147
2. ขอบเขตการใช้งาน 147
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 148
4. ศัพท์บัญญัติ 148
5. ความสำคัญและการใช้งาน 148
6. คำอธิบายและวิธีการ 149
7. เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ 149
8. หลักการออกแบบระบบประปาบาดาล 149

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

9. องค์ประกอบของระบบประปาบาดาล 150
10. การออกแบบก่อสร้างระบบประปาบาดาล 152
11. รายละเอียดการออกแบบก่อสร้าง 155
12. งบประมาณการก่อสร้างระบบประปาบาดาล 160
13. การปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาบาดาลสำหรับดื่ม 160
14. การบริหารจัดการระบบประปาชนบท 167
15. เอกสารอ้างอิง 172
16. ภาคผนวก 172

คู่มือ ทบ พ 11000-2550 การพิจารณาตัดสินใจสำหรับผู้ว่าจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล 197

1. บทนำ 197
2. ขอบเขต 197
3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 197
4. ศัพท์บัญญัติ 198
5. ความสำคัญและการใช้งาน 198
6. ข้อแนะนำก่อนเจาะบ่อน้ำบาดาล 199
7. การแบ่งกลุ่มผู้ประกอบการเจาะบ่อน้ำบาดาล 199
8. ขั้นตอนและแนวทางประกอบการตัดสินใจว่าจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล 201
9. เอกสารอ้างอิง 202
10. ภาคผนวก 202

คู่มือ ทบ พ 12000-2550 การประเมินราคากลางการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล 242

1. บทนำ 242
2. ขอบเขต 242
3. ศัพท์บัญญัติ 242
4. ความสำคัญและการใช้งาน 242
5. ขั้นตอนในการดำเนินงาน 243
   - 5.1 องค์ประกอบ 243
   - 5.2 วิธีการคิดราคา 243
6. เอกสารอ้างอิง 247

คู่มือ ทบ พ 1000-2550
การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 1000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง "2550" หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย [(ก)] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย [(ป)] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

คู่มือเล่มนี้กล่าวถึงการเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ซึ่งจะไม่รวมเรื่องการออกแบบบ่อบาดาล การลงท่อกรุท่อกรอง ซึ่งจัดทำไว้ในมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล และคู่มือ ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

การเจาะบ่อน้ำบาดาลมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องนำมาพิจารณาก่อนที่จะทำการเจาะ หรือว่าจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล ปัจจัยหลัก ๆ ที่สำคัญคือ ชนิดของหินที่กักเก็บน้ำบาดาล ศักยภาพของแหล่งน้ำบาดาล ความลึกของชั้นน้ำบาดาล การเลือกชนิดเครื่องเจาะ การเตรียมอุปกรณ์ช่วยเจาะ การเตรียมบุคลากร การประเมินค่าใช้จ่าย การเตรียมการในสนาม เทคนิคหรือวิธีการเจาะ และความปลอดภัยในการเจาะ ฉะนั้นวัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือฉบับนี้เพื่อให้ผู้ประกอบอาชีพเจาะน้ำบาดาลหรือผู้ที่สนใจใช้เป็นแนวทางในการเจาะบ่อน้ำบาดาล ให้ผลการเจาะมีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นไปตามมาตรฐาน

2. ขอบเขต

2.1 คู่มือนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการปฏิบัติงานด้านการเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามหลักวิชาการ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลสัมฤทธิ์ดีที่สุด

2.2 หน่วยวัดที่ใช้เป็นหน่วยวัดระบบเมตริก

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 6000-2550 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ
- คู่มือ ทบ พ 6000-2550 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ

3.2 American Water Work Association, 2003. Groundwater: Manual of Water Supply Practices.

3.3 American Society for Testing and Materials (ASTM), D2113: Standard practice for diamond core drilling for site investigation.

3.4 National Groundwater Association, (NGWA), 1998, Manual of Well Construction Practices 2nd Edition, NGWA Press Westerville, OH.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 การเจาะบ่อสำรวจน้ำบาดาล (test-well drilling) เป็นการเจาะสำรวจดินหรือหินให้เป็นรูตามขนาดและความลึก

คู่มือ ทบ พ 1000-2550
การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 1000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง "2550" หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย [(n)] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย [(ป)] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

คู่มือเล่มนี้กล่าวถึงการเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ซึ่งจะไม่รวมเรื่องการออกแบบบ่อบาดาล การลงท่อกรุท่อกรอง ซึ่งจัดทำไว้ในมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล และคู่มือ ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

การเจาะบ่อน้ำบาดาลมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องนำมาพิจารณาก่อนที่จะทำการเจาะ หรือว่าจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล ปัจจัยหลัก ๆ ที่สำคัญคือ ชนิดของหินที่กักเก็บน้ำบาดาล ศักยภาพของแหล่งน้ำบาดาล ความลึกของชั้นน้ำบาดาล การเลือกชนิดเครื่องเจาะ การเตรียมอุปกรณ์ช่วยเจาะ การเตรียมบุคลากร การประเมินค่าใช้จ่าย การเตรียมการในสนาม เทคนิคหรือวิธีการเจาะ และความปลอดภัยในการเจาะ ฉะนั้นวัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือฉบับนี้เพื่อให้ผู้ประกอบอาชีพเจาะน้ำบาดาลหรือผู้ที่สนใจใช้เป็นแนวทางในการเจาะบ่อน้ำบาดาล ให้ผลการเจาะมีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นไปตามมาตรฐาน

2. ขอบเขต

2.1 คู่มือนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการปฏิบัติงานด้านการเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามหลักวิชาการ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลสัมฤทธิ์ดีที่สุด

2.2 หน่วยวัดที่ใช้เป็นหน่วยวัดระบบเมตริก

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 6000-2550 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ
- คู่มือ ทบ พ 6000-2550 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ

3.2 American Water Work Association, 2003. Groundwater: Manual of Water Supply Practices.

3.3 American Society for Testing and Materials [ASTM], D2113: Standard practice for diamond core drilling for site investigation.

3.4 National Groundwater Association, [NGWA], 1998, Manual of Well Construction Practices 2nd Edition, NGWA Press Westerville, OH.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 การเจาะบ่อสำรวจน้ำบาดาล (test-well drilling) เป็นการเจาะสำรวจดินหรือหินให้เป็นรูตามขนาดและความลึก

4.1 การเจาะบ่อน้ำบาดาล (water-well drilling) เป็นการเจาะดินหรือหินให้เป็นรูตามขนาดและความลึกของบ่อน้ำบาดาลที่ต้องการ

4.2 เครื่องเจาะน้ำบาดาล (drilling rig) เป็นเครื่องจักรที่ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ที่สามารถใช้เจาะบ่อน้ำบาดาลได้

4.3 น้ำโคลน (drilling mud) เป็นเหลวที่ใช้ในการเจาะ ประกอบด้วยน้ำ โคลนผง ดินเหนียว แบไรต์ และสารเพิ่มประสิทธิภาพ

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 คู่มือฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นตามหลักการขั้นตอน ตลอดจนวิธีการดำเนินการเจาะบ่อน้ำบาดาล เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้ใช้เป็นคู่มือปฏิบัติงาน ให้เป็นไปตามหลักวิชาการและวิศวกรรม ตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

5.2 เป็นคู่มือแนะนำรายละเอียดของเครื่องเจาะประเภทต่างๆ วิธีการใช้งาน และการเลือกเครื่องเจาะให้เหมาะสมกับสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่

5.3 เป็นคู่มือแนะนำเกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงานซึ่งมีวัตถุประสงค์ให้ผู้ปฏิบัติงานและบุคคลที่เกี่ยวข้องได้รับความปลอดภัยอันเนื่องมาจากการเจาะบ่อบาดาลในขณะปฏิบัติงาน

6. คำอธิบายวิธีการ

การเจาะสำรวจ หมายถึง การเจาะเพื่อให้ได้ข้อมูล ตัวอย่างตะกอนดินหรือหิน ระดับน้ำบาดาล ตัวอย่างน้ำบาดาล คุณภาพน้ำบาดาล การหยั่งธรณีหลุมเจาะ และรวมถึงการสูบทดสอบเพื่อศึกษาคุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำ ส่วนการเจาะเพื่อพัฒนาบ่อน้ำบาดาลเป็นการเจาะเพื่อให้ได้หลุมเจาะที่มีขนาดความลึกสำหรับพัฒนาเป็นบ่อผลิต ซึ่งประกอบด้วยการติดตั้งท่อกรุท่อกรอง และเครื่องสูบน้ำโดยใช้เครื่องเจาะบ่อน้ำบาดาล ตามที่กล่าวไว้ในมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

7. เครื่องจักรกล เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุ

เครื่องเจาะและอุปกรณ์การเจาะกำหนดไว้ในมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล แยกได้เป็น 4 ประเภท คือ เครื่องเจาะแบบหมุนตรง เครื่องเจาะแบบกระแทก เครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับ และเครื่องเจาะแบบผสม

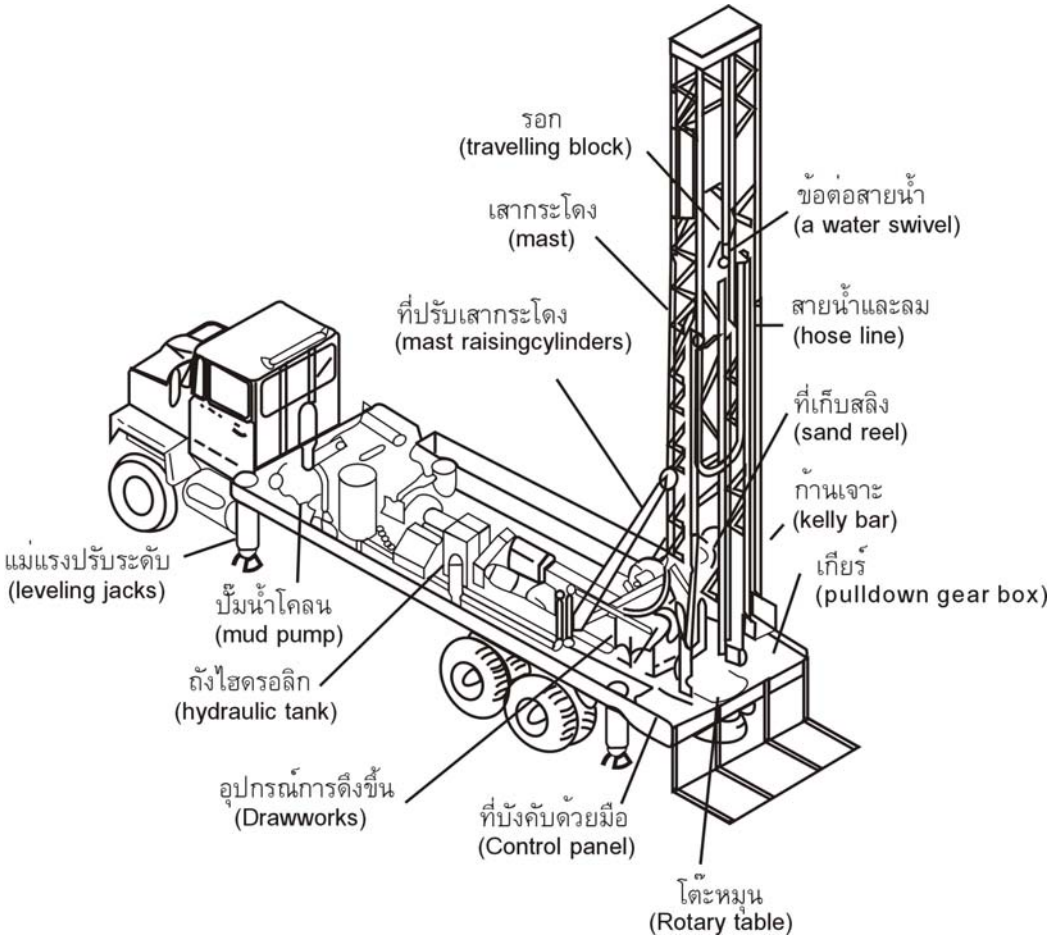
7.1 เครื่องเจาะแบบหมุนตรง

เครื่องเจาะแบบหมุนตรงเป็นเครื่องเจาะที่นิยมใช้มากที่สุดเพราะเจาะได้เร็วและมีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะในหินร่วน นอกจากนั้นยังเคลื่อนย้ายได้สะดวกและมีอุปกรณ์ครบชุดดังแสดงในรูปที่ 1 หลักการของเครื่องเจาะประเภทนี้ใช้น้ำโคลนอัดลงไปทางรูก้านเจาะผ่านทางหัวเจาะ และน้ำโคลนจะไหลขึ้นสู่ผิวดินทางช่องว่างระหว่างก้านเจาะกับผนังบ่อเจาะพร้อมกับอุ้มเอาเศษหินขึ้นมาแล้วไหลเวียนต่อไปลงสู่บ่อโคลน การเจาะแบบหมุนตรง ประกอบด้วย ระบบก้านเจาะ ระบบน้ำโคลน มีรายละเอียดดังนี้

7.1.1 ระบบก้านเจาะ

ระบบก้านเจาะ (drill string) ถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างสิ้นเปลืองต้องเปลี่ยนการใช้งานบ่อย ๆ และยังมีราคาแพง ฉะนั้นการใช้จะต้องใช้ให้ถูกวิธีและรู้จักวิธีดูแลบำรุงรักษา ปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ คือ การคดงอ การสึกหรอหัวเฟืองและเกลียว ข้อต่อ และระบบลูกปืน

ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบก้านเจาะ มีดังนี้ ก้านนำเจาะ (kelly) ก้านเจาะ (drill pipe) ท่อถ่วง (drill collar) และหัวเจาะ (bits) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของรถเจาะแบบหมุน (โครงการร่วมไทย-ออสเตรเลีย, 2528)

(1) ก้านนำเจาะ (kelly) และแท่นหมุน (rotary table) ก้านนำเจาะเป็นแท่งเหล็กที่อยู่ท่อนบนสุดในระบบก้านเจาะต่อตรงเข้ากับข้อต่อหมุน (swivel) และต่อเข้ากับก้านเจาะที่อยู่ด้านล่าง ตัวก้านนำเจาะอาจจะเป็นเหล็กรูปสี่เหลี่ยมหรือเป็นเหล็กกลมกลวง หน้าที่ของก้านนำเจาะจะเป็นตัวนำในการหมุนซึ่งถูกบังคับการหมุนโดยแท่นหมุน (rotary table) ที่มีรูปเหลี่ยมหรือสันจับก้านนำเจาะให้หมุนไปด้วยกันตลอด แรงบิดที่เกิดจากการหมุนของก้านนำเจาะจะทำให้ก้านนำเจาะ ก้านถ่วง และหัวเจาะหมุนไปด้วย ฉะนั้นก้านนำเจาะจะต้องมีความแข็งแรงทนทานต่อแรงบิดสูง ปัญหาที่มักเกิดกับก้านนำเจาะ คือ ก้านแตกหรือเกลียวสึก ฉะนั้นในการควบคุมแรงบิดจึงมีความ สำคัญอย่างมากต่อการเจาะที่เจาะโดยวิธีนี้ จุดอ่อนที่มักพบเสมอที่ก้านนำเจาะนี้คือ เกลียวก้านเจาะสึกกร่อนมาก มีโอกาสขาดได้เมื่อใช้งานหนักไปนานๆ

(2) ก้านเจาะ (drill pipe) ก้านเจาะเป็นเหล็กกลวงกลม ทำด้วยเหล็กเหนียวอย่างดีจึงสามารถทนแรงดึงและแรงบิดได้มาก ปกติความยาวจะถูกบังคับโดยความสูงของเสากระโดง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่นิยมใช้ในการเจาะบ่อน้ำบาดาลมี 3 ขนาด คือ 60 มม. (มม. หรือ 2 3/8 นิ้ว) 70 มม. (2 7/8 นิ้ว) และ 8.9 มม. (3 1/2 นิ้ว) ก้านเจาะที่อยู่ท่อนบนสุดจะต่อเข้ากับก้านนำเจาะ ส่วนท่อนล่างสุดจะต่อเข้าท่อถ่วง (drill collar) ในการตรวจสอบความลึกในการเจาะจะใช้การนับก้านเจาะที่วัดความยาวไว้แต่ละท่อนเป็นตัวบ่งบอก ซึ่งก้านเจาะแต่ละท่อนจะมีความยาวที่ต่างกันบ้างนิดหน่อยขึ้นกับระยะเวลาการใช้งาน ในการจัดเตรียมก้านเจาะก่อนเจาะนั้นก้านเจาะจะถูกจัดเรียงไว้อย่างเป็นระเบียบเพื่อสะดวกต่อการหยิบใช้งานและง่ายต่อการตรวจเช็ค ก้านเจาะควรจัดเตรียมมามากกว่าความลึกของบ่อ

การเริ่มเจาะครั้งแรกต้องใช้หัวเจาะต่อเข้ากับก้านนำเจาะโดยตรงก่อน เมื่อเจาะจนสุดความยาวของก้านนำเจาะแล้วจึงเอาก้านนำเจาะขึ้น แล้วต่อก้านเจาะเข้ากับก้านนำเจาะ ส่วนปลายล่างของก้านเจาะจะต่อเข้ากับท่อถ่วงหรือหัวเจาะ เมื่อเจาะหมดก้านเจาะแต่ละท่อนก็ต่อก้านใหม่ต่อเข้าที่ก้านนำเจาะเหมือนเดิมไปเรื่อยๆ จนได้ความลึกตามกำหนด ช่างเจาะที่มีประสบการณ์สูงย่อมรู้ดีว่าก้านเจาะที่ใช้อยู่เป็นประจำนั้น ยังคงสภาพดีสามารถเจาะบ่อบาดาลต่อไปได้อีกหรือไม่ แต่สิ่งที่ควรทราบเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้งานของก้านเจาะคือ (1) น้ำหนักต่อก้านหรือต่อเมตร (2) ขนาดความชิดทั้งภายนอกและภายใน (3) ความหนา (4) ชนิดและขนาดของเกลียวก้านเจาะ (5) แรงลอยตัวเมื่อจมในน้ำโคลน

(3) ท่อถ่วง (drill collar) เป็นท่อเหล็กกลมกลวงมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ท่อถ่วงที่มีความเหมาะสมกับงานเจาะน้ำบาดาลนั้นจะหนักไม่น้อยกว่า 500 กิโลกรัม (กก.) ต่อท่อนความยาวท่อนละ 3-6 เมตร น้ำหนักจากท่อถ่วงจะช่วยกดหัวเจาะให้เจาะได้ลึกและเร็วขึ้น และยังช่วยให้หลุมเจาะตรงดิ่งไม่เกิดการคดหรือเอียงขณะเจาะด้วย

ช่างเจาะบ่อบาดาล (ไทย) มักไม่นิยมใช้ท่อถ่วง เพราะ (1) มีน้ำหนักมากขนย้ายลำบาก (2) ต้องมีข้อต่อ (sub-socket) เพิ่มอีก 1-2 ชิ้น เพื่อต่อเข้ากับ หัวเจาะซึ่งยุ่งยาก

แต่การเจาะบ่อน้ำบาดาลที่ถูกต้องแท้จริงนั้นต้องใช้ท่อถ่วงน้ำหนักเพราะมีประโยชน์ดังนี้ (1) เป็นตัวถ่วงหรือดึงให้ก้านเจาะอยู่ในแนวตรงดิ่งตั้งแต่ปากบ่อจนถึงหัวเจาะ (2) ทำให้หลุมเจาะตรงตามแนวดิ่ง (3) ท่อถ่วงเป็นตัวช่วยให้การกำหนดน้ำหนักบนหัวเจาะได้ถูกต้อง (4) ท่อถ่วงช่วยให้การเจาะทะลุทะลวงในชั้นหินได้เร็ว (5) ท่อถ่วงช่วยยืดเวลาการใช้หัวเจาะ เพราะช่วยควบคุมน้ำหนักที่กดทับหัวเจาะได้

(4) หัวเจาะ (bits) หน้าที่ของหัวเจาะคือ การบดและตัดชั้นดิน-หินที่อยู่ก้นบ่อ และเป็นหัวฉีดน้ำโคลนที่ถูกอัดจากเครื่องสูบน้ำโคลนไปยังชั้นดิน-หิน สำหรับหัวเจาะของเครื่องเจาะแบบหมุนตรงโดยระบบน้ำโคลนในงานเจาะน้ำบาดาลนิยมใช้กัน 3 ประเภท คือ (1) หัวเจาะรูปร่างคล้ายหางปลา (drag or fishtail bits) (2) หัวเจาะระบบหมุนด้วยลูกปืน (roller or tricone bits) จึงต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องกับชนิดและประเภทของชั้นหิน-ดินที่จะทำการเจาะ (3) หัวเจาะคว้านบ่อ (ream bit) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

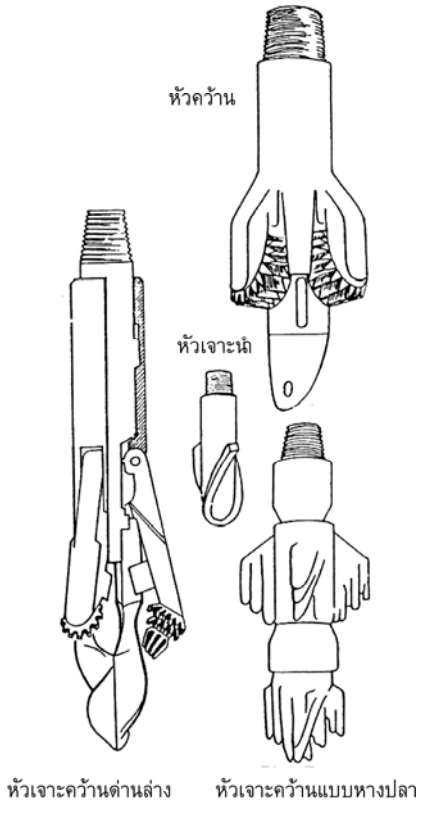
(4.1)หัวเจาะรูปร่างคล้ายหางปลา (drag bits) มีลักษณะปลายบานเป็นปีก ซึ่งมีตั้งแต่ 2 ปีกขึ้นไป ปลายและคมปีกแต่ละปีกฝังโลหะแข็ง เช่น ทังสะเตนคาร์ไบด์ ดังตัวอย่างใน (รูปที่ 2) ที่หัวเจาะจะมีรูหรือร่องน้ำออกมาทางปีก ทั้งนี้เพื่อให้น้ำโคลนฉีดล้างทำความสะอาดและหล่อเย็นหัวเจาะอยู่ตลอดเวลาในขณะทำการเจาะหัวเจาะจะหมุนไปทั้งตัวไม่แยกกัน หมุนขนาดของหัวเจาะมีหลายขนาดตั้งแต่ 100-800 มม. ซึ่งช่างเจาะสามารถเพิ่มลดขนาดเองได้ หัวเจาะประเภทนี้เหมาะสมที่จะเจาะในหินร่วน ประเภทกรวดทราย และดินเหนียวเท่านั้น แต่สามารถตัดเก็บตัวอย่างเศษดินเห็นได้ดี ซึ่งตัวอย่างจะถูกทำลายน้อยกว่าหัวเจาะชนิดหมุนด้วยลูกปืน

(4.2)หัวเจาะหมุนด้วยลูกปืน (roller bits) หรืออีกชื่อหนึ่งเรียกว่า tricone bits ดังตัวอย่างอยู่ใน (รูปที่ 2 บน) หัวเจาะลักษณะนี้จะแตกต่างกับหัวเจาะประเภท drag bit เวลาเจาะชิ้นส่วนของหัวหมุน (roller) ของหัวเจาะจะแยกกันหมุนโดยอิสระ ขณะอัดน้ำโคลนลงบ่อ หัวหมุน จะมีลักษณะหมุนเป็นลูกกลิ้งมีฟันเฟืองรอบด้าน ตรงกลางหัวเจาะจะมีรูสำหรับให้น้ำโคลนไหลออก หัวเจาะหนึ่งๆ อาจจะมีลูกกลิ้ง 2 ถึง 4 ลูก แล้วแต่บริษัทผู้ผลิต และลักษณะของฟันเฟืองจะออกแบบให้เหมาะสมสำหรับการเจาะในหินแต่ละประเภท

ระบบการหมุนตัวของกรวยฟันเฟืองของหัวเจาะหมุนด้วยลูกปืนมี 2 ระบบด้วยกัน คือระบบหมุนตัวที่ใช้ลมเป็นตัวหล่อลื่น (ระบบเปิด) และระบบหมุนตัวที่ใช้จารบีเป็นตัวหล่อลื่น (ระบบปิด) ระบบหมุนที่ใช้ลมเป็นตัวหล่อลื่นซึ่งเป็นระบบเปิดนั้น หากใช้ในกรณีที่น้ำโคลนมีทรายปนอยู่ อายุการใช้งานจะสั้น แต่จะใช้งานได้ดีถ้าใช้ลม ละอองน้ำหรือฟองเคมีเป็นตัวหล่อลื่นแทนน้ำโคลน ปัจจุบันหัวเจาะชนิดเจาะหิน (rock bits) นี้สามารถเจาะได้ทั้งในประเภทหินร่วน หินแข็งน้อย แข็งปานกลาง และหินแข็งมาก และรูสำหรับให้น้ำโคลนไหลออกมีการเพิ่มปริมาณขึ้นอีก 3 รูหรือ 4 รูด้านข้าง เพิ่มประสิทธิภาพในการเจาะได้ดียิ่งขึ้น

(4.3)หัวเจาะสำหรับงานเจาะคว้านบ่อ (ream bit) หัวเจาะสำหรับงานเจาะคว้านบ่อ (ream bit) หัวเจาะคว้านหลุมใช้สำหรับการเจาะคว้านบ่อหรือเจาะขยายหลุมสำหรับบ่อน้ำบาดาลที่มีขนาดใหญ่ เพื่อให้มีช่องว่างระหว่างท่อกรุและผนังบ่อ หัวเจาะสำหรับคว้านในการเจาะแบบหมุนตรงนั้นมีทั้งชนิดแบบเกลียวหมุน และชนิดแบบ 3 แฉก และหัวเจาะคว้านแบบปลายขยายบ่อได้ ซึ่งต่างจากหัวเจาะชนิดอื่นซึ่งหัวเจาะชนิดนี้จะดันหัวคว้านให้ขยายตัวได้ด้วยความดันน้ำโคลน เมื่อขยายตัวแล้วหัวคว้านบ่อจะล็อคอยู่ในตำแหน่งนั้นจนกว่าจะถอนขึ้นผ่านท่อกรุ ซึ่งจะหุบเข้าเหมือนเดิม ในการเจาะโดยใช้หัวเจาะชนิดนี้โดยทั่วไปจะใช้ชนิดหางปลา (drag bit) หรือหัวเจาะระบบหมุนด้วยลูกปืน (rock bit) เจาะนำก่อนเนื่องจากใช้กำลังเครื่องยนต์ขับเคลื่อนน้อยกว่าและเจาะได้เร็วกว่า ชุดหัวเจาะสำหรับคว้านบ่อแบบต่างๆ แสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 2 ชุดหัวเจาะแบบหมุนตรง (Eggington, 1985)



รูปที่ 3 ชุดหัวเจาะสำหรับคว้านบ่อ
(Eggington, 1985)

7.1.2 ระบบน้ำโคลน

ระบบน้ำโคลน (mud system) ถือว่ามีความสำคัญต่อการเจาะบ่อน้ำบาดาลแบบเจาะหมุนตรงและดูดกลับ ประกอบด้วย (1) ปั๊มน้ำโคลน (mud pump) (2) บ่อน้ำโคลน และ (3) คุณสมบัติของน้ำโคลน

(1) ปั๊มน้ำโคลน (mud pump) มีหน้าที่สูบอัดหรือดูดน้ำโคลนให้เกิดการหมุนเวียนขณะทำการเจาะบ่อน้ำบาดาล ขนาดของปั๊มน้ำโคลนสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและความลึกของบ่อบาดาลที่ต้องการเจาะ ประเด็นสำคัญของปั๊มน้ำโคลนเน้นที่ความเร็วของน้ำโคลนที่ไหลผ่านผนังหลุมเจาะระหว่าง 20 - 25 เมตร/วินาที

(2) บ่อน้ำโคลน (mud pit) หน้าที่ของบ่อน้ำโคลน คือ

(2.1) เป็นที่สำรองน้ำโคลนที่ผสมแล้วเพื่อเตรียมอัดลงบ่อขณะเจาะ

(2.2) ป้องกันการปนเปื้อนของน้ำโคลนไปยังแหล่งน้ำข้างเคียง

(2.3) รองรับตะกอนที่ขึ้นมาจากก้นบ่อ

(2.4) เป็นบ่อพักตะกอนเพื่อป้องกันไม่ให้เศษดินเศษหินไหลเวียนกลับเข้าหลุมเจาะ

บ่อน้ำโคลนมี 2 ประเภท ได้แก่ แบบบ่อขุด (mud pit) และแท็งก์น้ำโคลนสำเร็จรูป (mud tank) ดังแสดงในรูปที่ 4

(3) คุณสมบัติที่ควรรู้ของน้ำโคลน

(3.1) แรงดันน้ำโคลน ณ ช่วงความลึกหนึ่งๆของบ่อ

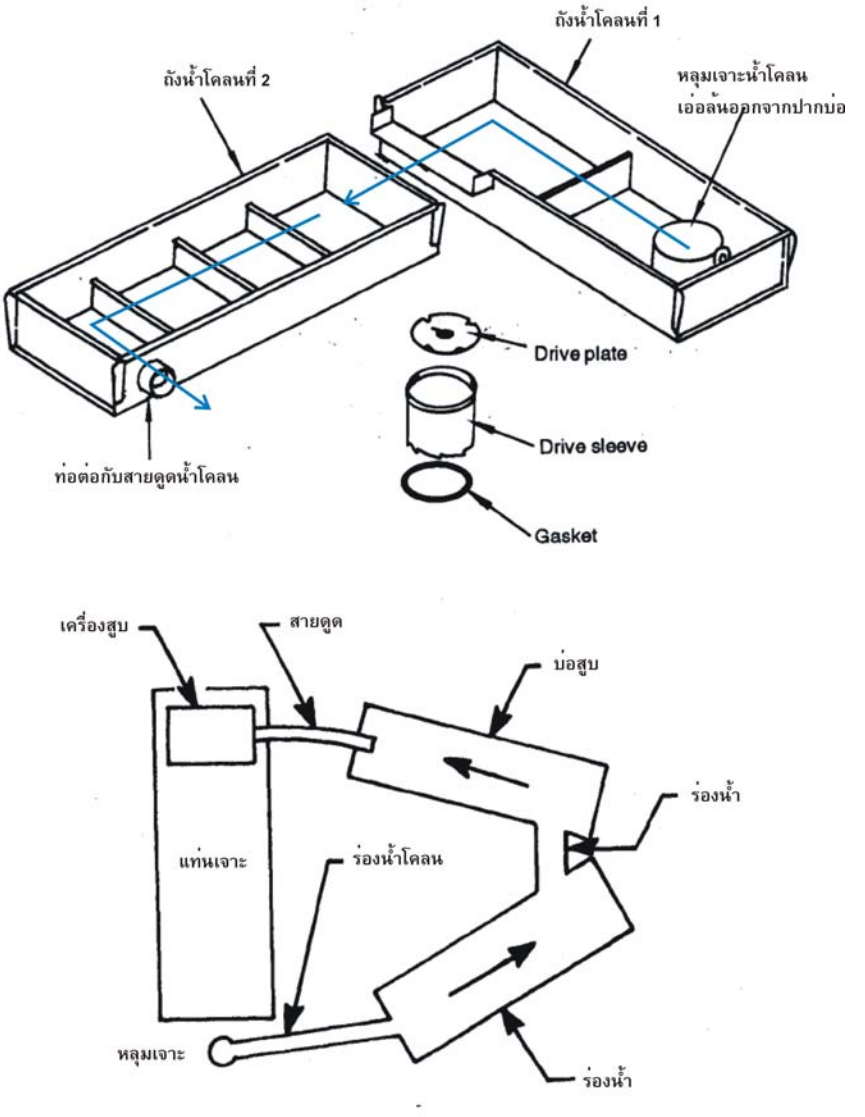
(3.2) แรงดันน้ำโคลน ณ ระดับความดันบรรยากาศ

(3.3) ความหนืดและความหนาแน่นของน้ำโคลน (รูปที่ 3)

(3.4) แรงดันของชั้นหินที่ระดับความลึกต่างๆ

(3.5) อัตราสูบปั๊มน้ำโคลน

(3.6) ความเร็วของน้ำโคลนที่ไหลผ่านหลุมเจาะ หน้าที่ของน้ำโคลนที่สำคัญ คือ (1) ใช้หมุนเวียนขณะทำการเจาะบ่อบาดาล (2) ช่วยพยุงผนังหลุมเจาะไม่ให้พังทลาย (3) ช่วยหล่อเย็นหัวเจาะให้มีอายุใช้งานได้นาน (4) ใช้ความนำไฟฟ้าของน้ำโคลนเจาะเป็นค่าอ้างอิงสำหรับแปลค่าผลหยั่งธรณีหลุมเจาะ



รูปที่ 4 บ่อน้ำโคลนแบบบ่อขุดและแท็งก์น้ำโคลนสำเร็จรูป

รูปที่ 5 แสดงการตรวจวัดความหนืดของน้ำโคลน (NGWA, 2006)

ตารางที่ 1 ความหนืดของน้ำโคลนในการเจาะหินชนิดต่างๆ

ชนิดชั้นดินชั้นหิน	ค่าความหนืด (เซ็นติพอยต์)
ดินเหนียว - ทรายละเอียด	30 - 45
ทรายขนาดปานกลาง	45 – 55
ทรายหยาบ	55 – 65
กรวด	65 – 75
กรวดหยาบ - ใหญ่	75 – 85

(จาก NGWA, 2006)

7.1.3 ขั้นตอนการเจาะ

ขั้นตอนการเจาะแบ่งเป็น 2 วัตถุประสงค์ คือ การเจาะเพื่อสำรวจและศึกษาคุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำ และการเจาะเพื่อพัฒนาเป็นบ่อผลิตน้ำบาดาล

(1) การเจาะเพื่อสำรวจและศึกษาคุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำ เมื่อพิจารณาเลือกเครื่องเจาะที่เหมาะสมกับสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ได้แล้ว ต่อไปเป็นขั้นตอนการเจาะเพื่อให้ได้ตัวอย่างตะกอนดินหรือหิน ระดับน้ำบาดาล ตรวจวัดด้วยการหยั่งธรณีหลุมเจาะ เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการเจาะสำรวจนำไปใช้เจาะบ่อผลิต โดยดำเนินการตามมาตรฐานและคู่มือ ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

(2) การเจาะเพื่อพัฒนาเป็นบ่อผลิตน้ำบาดาล เมื่อพิจารณาเลือกเครื่องเจาะที่เหมาะสมกับสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ได้แล้ว ต่อไปเป็นขั้นตอนการเจาะบ่อนำร่อง จนกระทั่งถึงความลึกของชั้นน้ำที่ต้องการ ทำการคัดเลือกชั้นน้ำคุณภาพดีโดยวิธีการหยั่งธรณีหลุมเจาะ โดยดำเนินการตามมาตรฐานและคู่มือ ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

7.1.4 งานติดตั้งแท่นเจาะและติดตั้งท่อกันพัง

การเจาะและติดตั้งท่อกันพัง ในเบื้องต้นก่อนเริ่มทำการเจาะ ต้องตรวจสอบเครื่องมืออุปกรณ์ทั้งหมดให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ระบบน้ำโคลนประเภทเบนโทไนต์ต้องผสมไว้แล้วก่อนทำการเจาะอย่างน้อย 24 ชั่วโมง (ชม.) จะต้องติดตั้งแท่นเจาะหรือเครื่องเจาะให้ตรงกับตำแหน่งที่กำหนดไว้และแท่นเจาะต้องอยู่ในแนวระดับ และในกรณีที่พื้นดินบริเวณที่ทำการเจาะเป็นดินหลวม ควรติดตั้งแท่นเจาะบนแผ่นเหล็กหรือลานคอนกรีตป้องกันการทรุดตัว และควรตอกเสาเข็มในกรณีใช้แท่นเจาะขนาดใหญ่มีน้ำหนักมาก

การติดตั้งท่อกันพัง มีความจำเป็นอย่างมากในพื้นที่ที่มีชั้นดินชั้นหินช่วงบน ที่ระดับความลึกประมาณ 1 - 15 เมตร (ม.) เป็นชั้นดินร่วน เป็นชั้นกรวด ชั้นทราย หรือเป็นชั้นหินร่วนที่ยังไม่แข็งตัวดีนัก จำเป็นที่จะต้องทำการเจาะติดตั้งท่อกันพังก่อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนเหล่านั้นพังทลาย อันเป็นสาเหตุที่ทำให้บ่อพังหรือฐานเจาะเอียงในภายหลัง เพราะงานบ่อน้ำบาดาลบางแห่งเจาะอาจต้องใช้

เวลานาน ขนาดและความลึกของท่อกันพังจะขึ้นอยู่กับขนาดของหลุมเจาะที่กำหนดและสภาพชั้นดินชั้นหินที่เจาะผ่าน โดยทั่วๆ ไปขนาดท่อกันพังจะมีขนาดใหญ่กว่าบ่อเจาะประมาณ 3 - 4 เท่า ส่วนวัสดุที่ใช้ทำบ่อกันพัง นิยมใช้เป็นท่อเหล็กแต่อาจเป็น ท่อพีวีซี ท่อซีเมนต์สำเร็จรูป หรือทำการหล่อเทคอนกรีตในพื้นที่นั้น ๆ เลยก็ได้

7.1.5 บ่อเจาะสำรวจ

บ่อเจาะเพื่อการสำรวจต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 6 นิ้ว และมีความลึกตามสภาพอุทกธรณีวิทยา แล้วทำการเก็บตัวอย่างตะกอนดินหินทุกๆ ระยะ 1 เมตร บันทึกข้อมูลอัตราการเจาะ (drilling speed) การสูญเสียน้ำโคลน (mud loss circulation) และตรวจสอบการหยั่งธรณีหลุมเจาะ (electric logging) จากนั้นนำข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ไปวิเคราะห์เพื่อแยกชั้นน้ำบาดาล กรณีที่ไม่มั่นใจสภาพชั้นน้ำ ให้ทำการทดสอบชั้นน้ำบาดาลนั้นๆ ด้วยวิธีการแบ่งสูบทดสอบ (packer test)

การเลือกชั้นน้ำที่ต้องการทดสอบพิจารณาจาก (1) โครงสร้างของบ่อน้ำบาดาล เช่น จากช่องความลึกระดับท่อกรุท่อกรอง กรณีที่เป็นบ่อน้ำบาดาลที่ก่อสร้างไว้แล้ว และ (2) จากผลการหยั่งอุทกธรณีวิทยาหลุมเจาะบ่อน้ำบาดาล

การทดสอบชั้นน้ำบาดาลในบ่อน้ำบาดาลที่ก่อสร้างไว้แล้ว กระทำได้โดยการหยั่งหัวอุดยาง (packer) ลงไปปิดกั้นชั้นน้ำบาดาลบริเวณท่อเซาะร่องที่ต้องการ แล้วใช้เครื่องอัดลมหรือเครื่องอัดน้ำลงไปเบ่งลูกยางให้เปล่งออกจนคับท่อกรุทั้งบนและล่าง จากนั้นสูบน้ำบาดาลออกจากท่อดูดด้วยเครื่องอัดลมหรือเครื่องสูบน้ำ หรือใช้กระบวยหรือกระบอกตักเพื่อให้ได้น้ำที่เป็นตัวแทนชั้นน้ำนั้นๆ ไปตรวจวิเคราะห์

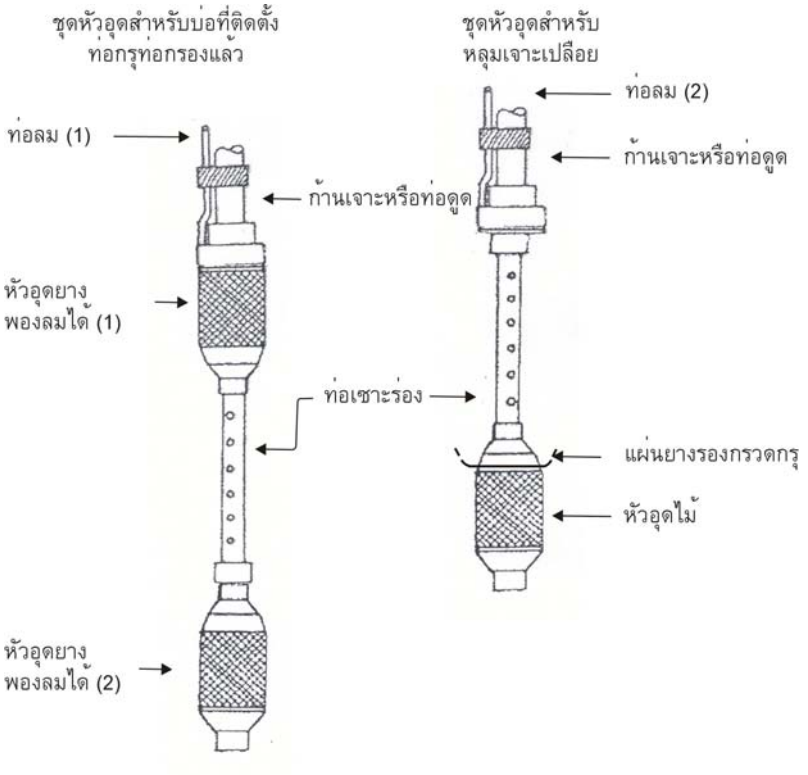
การทดสอบชั้นน้ำบาดาลในหลุมเจาะเปลือย (open hole) เมื่อทราบระดับความลึกของชั้นน้ำบาดาลแต่ละชั้นเป็นที่แน่นอนแล้ว จึงกำหนดชั้นน้ำที่จะทำการแบ่งสูบทดสอบทำได้โดยหย่อนหัวอุดยางไปที่ระดับด้านล่างของชั้นน้ำที่ต้องการ จากนั้นเทกรวดลงไปจนท่วมท่อเซาะร่อง ผนึกดินเหนียวแล้วสูบน้ำบาดาลออกจากท่อดูดโดยวิธีเป่าลม (airlift) จนน้ำใสแล้วจึงเก็บน้ำตัวอย่างไปทำการตรวจวิเคราะห์

การแบ่งสูบทดสอบชันน้ำ ต้องวัดระดับน้ำ EC และ pH ของชั้นน้ำบาดาลนั้นๆ ด้วย การแบ่งสูบทดสอบชั้นน้ำด้วยวิธีนี้เมื่อได้ผลสำเร็จที่ชั้นน้ำหนึ่งๆ แล้วให้ถอนชุด packer นี้ขึ้นสู่ปากบ่อทันที packer เป็นท่อนไม้จะหลุดค้างไว้ในหลุมเจาะซึ่งเจาะทิ้งภายหลังได้ ชุดอุปกรณ์สำหรับการแบ่งทดสอบชั้นน้ำ แสดงในรูปที่ 6

7.1.6 การกำหนดอัตราเร็วของการหมุนและแรงกด

การกำหนดอัตราเร็วของการเจาะ (เมตร/นาที) ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ขนาดและกำลังเครื่องเจาะ ขนาดและความลึกของหลุมเจาะ และสภาพของชั้นดิน-หินที่จะทำการเจาะในกรณีที่ชั้นดิน-หินเป็นชั้นที่อ่อนเป็นชั้นกรวดทราย ดินเหนียว หรือหินดินดาน ความเร็วของการเจาะจะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของการหมุน หมายถึง หากหมุนก้านเจาะเร็วก็จะสามารถเจาะได้ความลึกมากแต่ทั้งนี้ต้องใช้แรงกดที่หัวเจาะให้เหมาะสมและระบบน้ำโคลนต้องมีประสิทธิภาพให้สามารถอุ้มเอาเศษตะกอนขึ้นมาได้ทั้งหมด

ในกรณีการเจาะในหินแข็ง การกำหนดความเร็วของการหมุนของหัวเจาะมักเกิดปัญหาเนื่องจากหินที่เจาะผ่านแตกไม่สม่ำเสมอ หัวเจาะจะหมุนฟรีเป็นบางจังหวะ และน้ำโคลนอุ้มเอาเศษ



รูปที่ 6 อุปกรณ์สำหรับการแบ่งทดสอบชั้นน้ำ (ดัดแปลงจาก Stein, 1997)

ตะกอนกันบ่อขึ้นมาไม่หมด ทำให้การเจาะทะลุทะลวงได้ช้าลง การเจาะที่มีประสิทธิภาพต้องไม่ใช้แรงกดและความเร็วของการหมุนมากเกินไป เพราะอาจทำให้ก้านเจาะคดและเกิดการแกว่ง และส่งผลให้หลุมเจาะเอียงได้ เพราะถ้าเพิ่มความเร็วของการหมุนขึ้น 100 เปอร์เซ็นต์จะเจาะได้เร็วขึ้นเพียง 30 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่อายุการใช้งานของหัวเจาะจะลดลงถึงครึ่งหนึ่ง เพราะเกิดการสึกหรอของหัวเจาะ โดยเฉพาะหัวเจาะระบบหมุนด้วยลูกปืน (roller bit) จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วของการหมุนหัวเจาะ ฉะนั้นในการเจาะควรรักษาทั้งแรงกดและความเร็วของการหมุนให้อยู่ระดับที่ปลอดภัย ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด อนึ่งหัวเจาะชนิด roller bit ผู้ผลิตจะกำหนดน้ำหนักที่เหมาะสมไว้ จึงแนะนำให้ปฏิบัติตามนั้น ดูตารางที่ 2 และ 3 ประกอบ

7.2 เครื่องเจาะแบบกระแทก

เครื่องเจาะแบบกระแทกเป็นใช้ในการเจาะบ่อน้ำบาดาลขนาดใหญ่และลึก บ่อที่มีเส้นผ่าศูนย์-กลางตั้งแต่ 8 - 60 ซม. สามารถเจาะในหินแข็งได้ลึกถึง 600 ม. เครื่องเจาะประเภทนี้เจาะได้ทั้งในหินร่วนและหินแข็ง แต่เมื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมแล้ว ใช้ในการเจาะในหินแข็งจะดีกว่า

7.2.1 หลักการสำคัญของเครื่องเจาะแบบกระแทก

(1) การใช้ลวดสลิงไปร้อยกับหัวเจาะซึ่งมีลักษณะเหมือนสิ่ว (รูปที่ 7 และรูปที่ 8) หัวเจาะจะมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก การเจาะบ่อน้ำบาดาล

กระทำโดยการยกสลิงหรือหัวเจาะขึ้นลง เพื่อกระแทกให้หินแตกและใช้จังหวะการบิดตัวของลวดสลิงหมุนหัวเจาะและคว้านให้รูกลม เศษหินจะแตกออก และเศษหินที่แตกจะนำขึ้นมาโดยใช้กระบอกตัก หัวเจาะส่วนใหญ่ออกแบบให้แข็งเป็นพิเศษและมีขนาดใหญ่และเล็กหลายขนาดตามที่ต้องการได้ซึ่งสามารถเจาะได้ในหินทุกชนิด การทำงานใช้เครื่องยนต์และเครื่องผ่อนแรงเป็นระบบอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามการเจาะกระแทกในปัจจุบันมีระบบหัวเจาะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเจาะ

(2) กระบอกตัก (bailer) เป็นเครื่องมือสำหรับตักเศษหินที่ได้จากการเจาะ หลักการตักมีลักษณะเหมือนการใช้เชือกผูกกระป๋องตักน้ำในบ่อ เพียงแต่ใช้ระบบคว้านเครื่องยนต์แทน เมื่อหย่อนกระบอกตักลงไปถึงก้นหลุม ลิ้นจะเปิดให้เศษหินซึ่งปนอยู่กับน้ำเข้าไปทางก้นกระบอกขณะเจาะถ้ายังไม่ถึงชั้นน้ำต้องหาน้ำใส่ในบ่อตลอดเวลา เพื่อให้เศษหินแตกปนอยู่ในน้ำและใช้น้ำหล่อลื่นหัวเจาะด้วย ในจังหวะที่ยกกระบอกตักขึ้น ลิ้นจะปิด เมื่อมาถึงผิวดินก็ถ่ายเทเอาเศษหินปนน้ำออกทางก้นกระบอกโดยกระแทกให้ลิ้นเปิดออก

(3) ระบบหัวเจาะ (drill tools) ประกอบด้วย 4 ส่วน นับตั้งแต่ตอนบนสุดซึ่งต่อกับลวดสลิงไปจนถึงหัวเจาะจริง ได้แก่ ข้อต่อสลิง (rope socket) ตะบัน (jars) ก้านเจาะ (drill stem) หัวเจาะ (drill bit) ทั้งหมดนี้ต่อรวมกันเป็นทอด ๆ โดยเกลียวตัวผู้และตัวเมียมีน้ำหนักมากเพราะทำด้วยเหล็กกล้า

ส่วนสำคัญที่สุดของระบบหัวเจาะนี้ได้แก่ หัวเจาะซึ่งเป็นตัวกระแทกและกัดหิน มีความยาวตั้งแต่ 1 - 3 ม. หนักสูงสุดคือ 1,500 กก. หัวเจาะโดยปกติมีลักษณะแบนๆ กลมๆ ส่วนปลายที่กัดหินตกแต่งให้เป็นรูปต่างๆ ตามความเหมาะสมของชนิดและความแข็งของชั้นหิน เช่น ถ้าเจาะในหินแข็งไม่มากปลายหัวเจาะค่อนข้างกลมคล้ายสิ่ว

ถ้าเจาะในหินแข็งหัวเจาะก็จะมีลักษณะค่อนข้างป้านทู่ๆ สำหรับก้านเจาะมีลักษณะเป็นเหล็กตันท่อนยาวๆ ทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มน้ำหนักให้กับหัวเจาะ และบังคับให้หัวเจาะตั้งตรงในแนวดิ่ง จึงมีความยาวมาก เช่น อาจยาวถึง 10 ม. และมีขนาดตั้งแต่ 6.25 - 15 ซม. มีน้ำหนักตั้งแต่ 40-150 กก. ส่วนตะบัน (jar) ประกอบด้วยเหล็ก 2 ท่อน ต่อกันด้วยห่วงยาวๆ สองห่วงคล้ายกับลูกโซ่ จึงทำให้ยืดหรือหดให้สั้นได้เท่ากับความลึกของบ่อน้ำบาดาล ตะบัน (jar) ใช้สำหรับช่วยจังหวะการดึงของสลิงเมื่อหัวเจาะติดในหิน กล่าวคือในขณะที่สลิงยกระดับหัวเจาะขึ้นในจังหวะปกติ ตะบันจะยืดออกเท่ากับความยาวของห่วง ในจังหวะที่สลิงปล่อยหัวเจาะลงตัวตะบันจะหดเข้าให้ห่วงซ้อนกัน ส่วนข้อต่อสลิงมีหน้าที่โดยตรงในการต่อระบบหัวเจาะเข้ากับสลิง

7.2.2 เทคนิคการเจาะด้วยเครื่องเจาะกระแทก

การเจาะด้วยเครื่องเจาะกระแทกให้ได้ผลขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

(1) การเลือกใช้หรือตกแต่งหัวเจาะให้เหมาะสมกับลักษณะชั้นหิน ตัวประกอบที่สำคัญของหัวเจาะแบบกระแทกมีอยู่ 8 ประการ (รูปที่ 9) ในการเลือกใช้หัวเจาะพิจารณา ดังนี้

(1.1) มุมของการคว้าน (angle of clearance) เป็นมุมอยู่ด้านนอกหัวเจาะ มุมนี้จะเป็นมุมกว้างเพื่อให้การเจาะทะลุทะลวงชั้นหินได้ดี และไม่มีผิวหน้าที่สึกกร่อน

(1.2) มุมของการทะลุทะลวง (angle of penetration) รอยบากบนมุมที่ใช้คว้านเพื่อเจาะทะลุชั้นหินใต้ก้นของบ่อ

(1.3) ผิวหน้าที่สึกกร่อน (wearing surface) เป็นพื้นที่อยู่ด้านข้างของหัวเจาะซึ่งมีส่วนโค้งสัมผัสกับผนังบ่อ

ตารางที่ 2 ข้อแนะนำการกำหนดรอบความเร็วต่อนาทีของหัวเจาะชนิดต่าง ๆ กับหินแต่ละประเภท

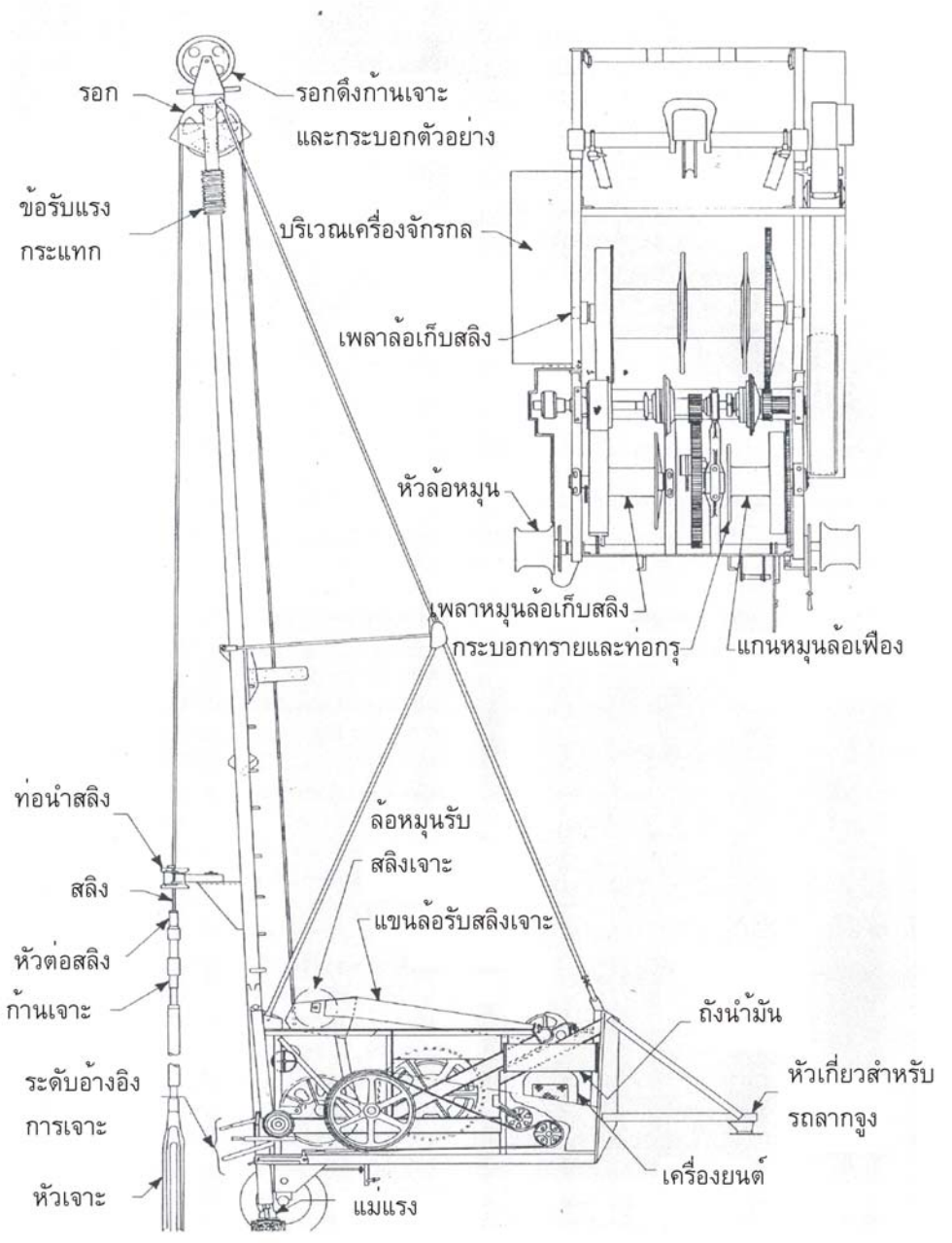
ขนาดหัวเจาะ	ชนิดหัวเจาะ	ความเร็วในการเจาะหินแต่ละประเภท (รอบ/นาที)					
		ดินเหนียว	ทรายละเอียดหรือทรายปนดินเหนียว	หินดินดานแข็ง	หินทรายแข็งหรือหินดินดานแข็งมาก	หินทรายแข็งมาก	หินดินดานหินปูนแข็งแต่เปราะ
32.5-50 ซม. (13-20 นิ้ว)	Drag bit	100-130	100-130	-	-	-	-
	Rock bit (rolling cutter)	-	120-200	100-200	60-125	40-60	40-150
25-32.5 ซม. (10-13 นิ้ว)	Drag bit	100-175	100-300	-	-	-	-
	Rock bit (rolling cutter)	-	150-30	100-250	80-120	40-80	60-150
20-25 ซม. 8-10 นิ้ว	Drag bit	125-200	100-200	-	-	-	-
	Rock bit (rolling cutter)	-	150-300	100-250	80-125	40-100	60-200

(จาก Eggington, 1985)

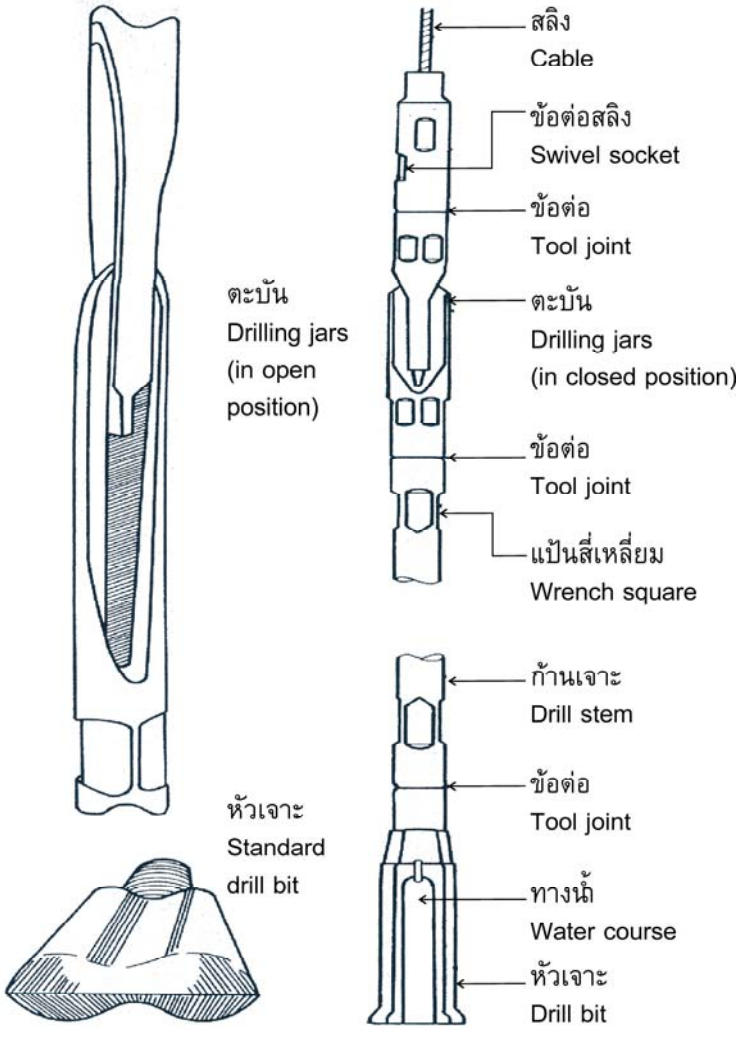
ตารางที่ 3 ข้อแนะนำในการกำหนดน้ำหนักหรือแรงกดบนหัวเจาะและรอบความเร็วของหัวเจาะ

ชนิดของหัวเจาะ	แรงกดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางหัวเจาะ		ความเร็ว (รอบ/นาที)
	ปอนด์/นิ้ว	กก./ซม.	
หัวเจาะชนิดอ่อน	3400-6750 4050-7800	609-1210 725-1400	250-100 180-60
หัวเจาะชนิดแข็ง	4500-9000	806-1610	120-40
หัวเจาะชนิดแข็งมาก	5600-11250	1000-2010	70-35
หัวเจาะชนิดแข็งมาก	2250-5600 4500-9000	403-1000 806-1610	70-35 65-35
หัวเจาะชนิดแข็งมาก	4500-6750	806-1210	60-35

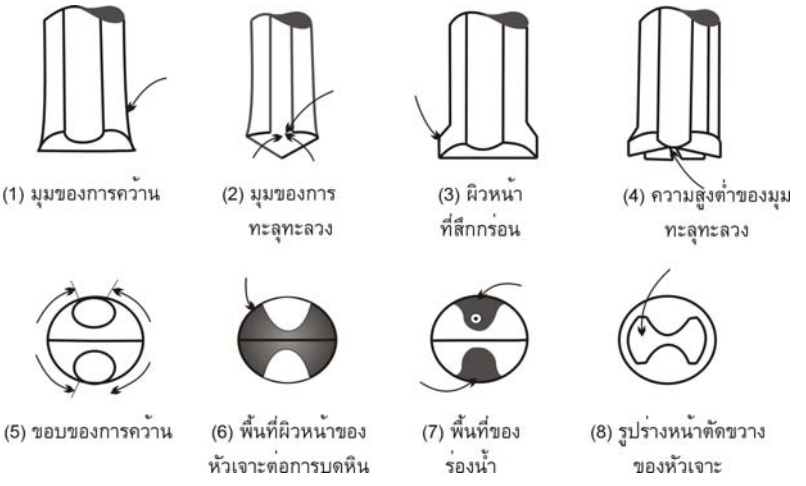
(จาก Eggington, 1985)



รูปที่ 7 ชุดเครื่องเจาะแบบกระแทก (Eggington, 1985)



รูปที่ 8 ระบบก้านเจาะและหัวเจาะแบบกระแทก (Eggington, 1985)



รูปที่ 9 ส่วนประกอบของหัวเจาะแบบกระแทก (NWWA, 1982)

(1.4) ความสูงต่ำของมุมทะลุทะลวง (contour of penetrating edge) ความสูงต่ำของมุมทะลุทะลวงอาจจะเป็นรูปโค้งนูน โค้งเว้าหรือเส้นตรง ความสูงต่ำของมุมจะขึ้นอยู่กับการลากเส้นตรงด้านข้างผ่านปลายหัวเจาะ ดังในรูปจะเห็นเป็นรูปขอบโค้งเว้า

(1.5) ขอบของการคว้าน (reaming edge) ขอบด้านนอกโดยวัดเส้น รอบวงและคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังในรูปค่าของมุมคว้านประมาณ 80 %

(1.6) พื้นที่ผิวหน้าของหัวเจาะต่อการบดหิน ประกอบด้วย พื้นที่ผิวหน้าของหัวเจาะที่ใช้ในการบดหินคิดเป็นร้อยละของพื้นที่หัวเจาะทั้งหมด

(1.7) พื้นที่ของร่องน้ำ (area of water channel) เป็นพื้นที่ส่วนล่างของหัวเจาะ ที่ไม่มีการบดหิน เป็นพื้นที่ที่น้ำ ดิน หิน จะผ่านช่องนี้ พื้นที่สีดำ

(1.8) รูปร่างหน้าตัดขวางของหัวเจาะ (cross section of drilling bit) แสดงขนาดของหัวเจาะที่ใช้บดหินจริงๆ

การเลือกรูปร่างและชนิดของหัวเจาะควรให้เหมาะสมกับชนิดและความแข็งของดิน- หินที่ทำการเจาะ เช่น หัวเจาะชนิดที่เป็นกระเปาะเหมาะสำหรับเจาะทรายและดินเหนียว หัวเจาะแบบแฉกรูปดาว ใช้ได้ดีในการเจาะกระแทกกรวดขนาดใหญ่ และเจาะได้ดีในหินแข็ง เช่น หินปูน หินทราย และหินดินดาน

(2) การเลือกใช้ระยะความยาวช่วงชักให้ถูกต้องกับความแข็งของหิน เป็นต้นว่าในหินแข็งต้องใช้ช่วงสั้นๆ ถ้าหินไม่แข็ง ให้ใช้ช่วงชักยาวๆ เครื่องเจาะธรรมดามักมีที่ให้เปลี่ยนช่วงชักได้ 3 ขนาดเท่านั้น เช่น 25, 35, 40 ซม. หรือ 30, 40, 50 ซม.

(3) การใช้เครื่องเจาะแบบกระแทกในหินร่วนมีปัญหาในส่วนของบ่อน้ำบาดาล ฉะนั้นวิธีแก้ไขทำได้โดยใส่ท่อกันพัง ท่อกันพังจะต้องมีขนาดใหญ่กระชับแน่นกับผนังบ่อ การใส่ท่อจำเป็นต้องตอกกระแทกลงไป การใส่ท่อกันพังนี้มีประโยชน์ในการป้องกันไม่ให้บ่อพังทลายและคดงอด้วยการควบคุมระยะของลวดสลิง การหย่อนลวดสลิงลงบ่อมากเกินไปจะทำให้ลวดสลิงไม่ตึงทำให้หัวเจาะเอียงจนบ่อคดได้ ฉะนั้นขณะเจาะต้องคอยจับลวดสลิงไว้เสมอ เพื่อให้เกิดความรู้สึกจากความลึกที่

มือลวดสลิงมีการบิดตัวและทราบว่าหัวเจาะกำลังเจาะหินอยู่จริง

7.2.3 ข้อดีข้อเสียของเครื่องเจาะแบบกระแทก

(1) ข้อดีของเครื่องเจาะแบบกระแทก ได้แก่

(1.1) เจาะได้ในหินทุกชนิด

(1.2) ทราบได้ทันทีเมื่อเจาะถึงชั้นน้ำบาดาล

(1.3) เก็บตัวอย่างดินและหินได้ตามความลึกที่ถูกต้อง

(1.4) ไม่ต้องใช้น้ำมากในการเจาะ

(1.5) ราคาต้นทุนในการเจาะค่อนข้างถูกและง่ายต่อการบำรุงรักษาเครื่องเจาะ

(2) ข้อเสียของเครื่องเจาะแบบกระแทก ได้แก่

(2.1) ถ้าเจาะในหินร่วนและหินอ่อน บ่อจะพังง่ายต้องมีท่อกันพังด้วย

(2.2) เจาะได้ช้า

(2.3) ถ้าชั้นหินไม่อยู่ในแนวราบหรือชั้นหินมีมุมเฉียง จะทำให้หัวเจาะไถลเลื่อนออกไปทางด้านข้างตามการวางตัวของชั้นหินทำให้บ่อคด และเอียงซึ่งเป็นอุปสรรคในการลงท่อกรุท่อกรอง การติดตั้งเครื่องสูบ

7.3 เครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับ

7.3.1 หลักการสำคัญของเครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับ

เครื่องเจาะชนิดนี้เป็นเครื่องที่ดัดแปลงจากเครื่องเจาะหมุนตรงแตกต่างกันตรงที่ทิศทางการเดินของน้ำโคลนที่ใช้ในการเจาะ หลักการคือในระบบหมุนตรงทำให้การอัดน้ำโคลนที่มีแรงดันสูงหย่อนลงไปทางก้านนำเจาะ ก้านเจาะและหัวเจาะแล้วให้ไหลกลับพร้อมอุ้มเศษหินขึ้นทางช่องว่างระหว่างก้านเจาะกับผนังบ่อ แต่ในเครื่องเจาะหมุนแบบดูดกลับ (รูปที่ 10) เป็นการปล่อยให้น้ำไหลลงไปเองทางช่องว่างระหว่างผนังบ่อกับก้านเจาะ แล้วดูดน้ำโคลนพร้อมทั้งเศษดินเศษหินขึ้นทางก้านเจาะเพื่อปล่อยลงบ่อเก็บน้ำให้เศษหินตกลงก้นพร้อมเศษหินเล็กๆ ที่ยังไม่ตกตะกอนจะถูกปล่อยให้ไหลกลับลงไปข้างบ่อแล้วดูดขึ้นอีกเรื่อยๆ ไป จากลักษณะการหมุนเวียนของน้ำโคลน เครื่องเจาะระบบนี้สามารถเจาะในหินร่วนที่ต้องการรูเจาะและบ่อเจาะที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่ เช่น ขนาดของบ่อตั้งแต่ 400 มม. จนถึงขนาด 1,500 มม. และสามารถเจาะได้ลึกถึง 500 เมตร

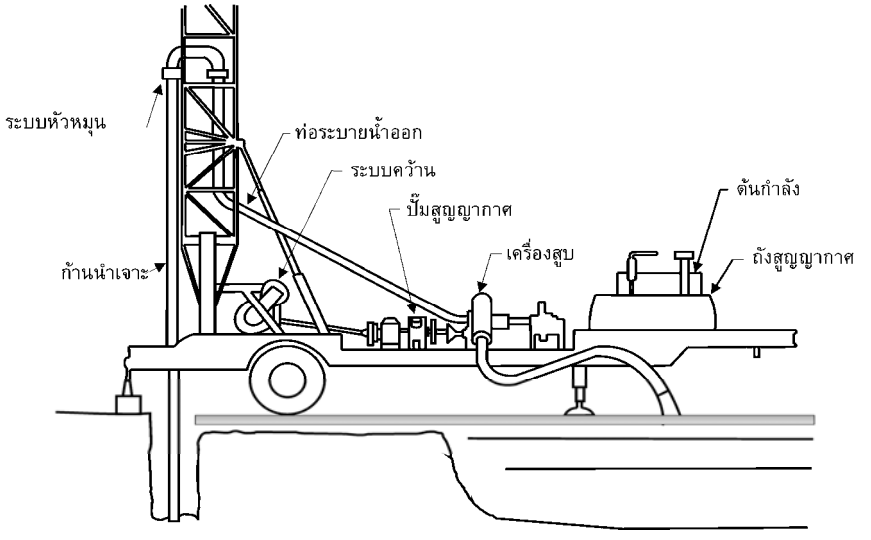
7.3.2 เทคนิคการเจาะแบบหมุนดูดกลับ

(1) การเจาะโดยวิธีนี้ต้องเตรียมสถานที่เจาะที่มีบริเวณกว้างเพราะมีอุปกรณ์การเจาะมาก และสิ่งสำคัญอันดับแรกคือ ต้องมีน้ำที่นำมาใช้ในการเจาะ เพราะการเจาะโดยวิธีนี้ใช้น้ำมาก

(2) การเจาะในหินร่วนที่มีความพรุนสูงต้องผสมโคลนเจาะให้มีความหนืดสูงเพื่อช่วยปิดผนังบ่อไม่ให้พังและป้องกันการสูญเสียของน้ำ

(3) บ่อโคลนจำเป็นต้องเป็นบ่อโคลนขนาดใหญ่ให้มีปริมาณมากเพียงพอที่จะใช้หมุนเวียนในระบบเจาะกล่าวคือ ระบบหมุนเวียนของน้ำโคลนทั้งในบ่อและบ่อน้ำโคลนต้องเต็มตลอดเวลา ฉะนั้นการเตรียมการเจาะที่สำคัญ คือ การเตรียมแหล่งน้ำ เช่น ปริมาณน้ำที่สูบมาใช้ได้ต้องไม่น้อยกว่า 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ลบ.ม./ชม.)

(4) หากต้องการเจาะบ่อลึกมากๆ การเจาะโดยใช้น้ำโคลนเพียงอย่างเดียวอาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร สามารถใช้วิธีใช้เครื่องอัดลมช่วยเจาะได้ โดยใช้ท่อลมใส่ลงในก้านเจาะ โดยวิธีนี้สามารถเจาะบ่อน้ำบาดาลระดับลึกมากๆ ได้



รูปที่ 10 การเจาะแบบหมุนดูดกลับ (Eggington, 1985)

7.3.3 ข้อดีข้อเสียการเจาะแบบหมุนดูดกลับ

(1) ข้อดีของการเจาะแบบระบบหมุนดูดกลับ ได้แก่

(1.1) เจาะได้บ่อขนาดใหญ่ (120 - 150 ซม.)

(1.2) มักจะได้น้ำมากกว่าเครื่องเจาะหมุนตรง

(1.3) ไม่ต้องใส่ท่อกรุกันพัง

(1.4) ถ้าบ่อพัง อาจจะใช้น้ำโคลนจากดินเหนียวท้องนาได้

(2) ข้อเสียของการเจาะแบบระบบหมุนดูดกลับ ได้แก่

(2.1) เจาะได้เฉพาะในบ่อหินร่วน

(2.2) ต้องใช้น้ำมากในการเจาะเพราะต้องให้น้ำเติมบ่ออยู่ตลอดเวลา

(2.3) ไม่ค่อยมีอุปกรณ์ครบครันในการพัฒนาบ่อ

7.4 เครื่องเจาะผสม

7.4.1 หลักการสำคัญของเครื่องเจาะผสม

การเจาะผสมเป็นการดัดแปลงหัวเจาะให้สามารถทำงานแบบกระแทกและแบบหมุนไปพร้อมๆ กัน โดยใช้กำลังลมดันไปที่กระบอกตอก (hammer) ซึ่งจะตอกกระแทกลงไปบนหัวเจาะ (hammer bit) เพื่อบดให้หินแตกออกเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ เศษหินจะถูกเป่าขึ้นสู่ปากบ่อด้วยกำลังลมทำให้การเจาะทะลุทะลวงได้ผลดีและเร็วมากโดยเฉพาะในหินแข็ง เครื่องเจาะแบบหมุนตรงทุกขนาดสามารถที่จะดัดแปลงเป็นเครื่องเจาะลมได้โดยเพิ่มเครื่องอัดลมมาเพิ่ม 1 เครื่อง และหัวเจาะลมอีก 1 ชุด

อุปกรณ์หลักของเครื่องเจาะระบบนี้ คือ เครื่องอัดลมและหัวเจาะกระแทกแบบใช้ลม (down the hole hammer) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

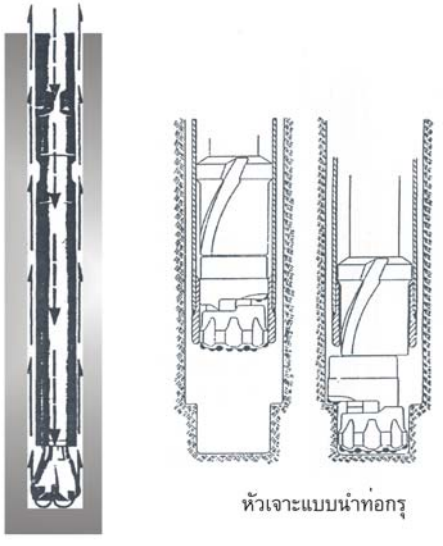
(1) เครื่องอัดลม

การเลือกเครื่องอัดลมควรเลือกให้เหมาะสมกับความลึก ขนาดของรูเจาะ และความแข็ง

ของหิน ตัวอย่างเครื่องเจาะผสมแบบใช้น้ำโคลนและลมของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล รุ่น top 300 ผลิตโดยบริษัท สยามโทเนะ (ประเทศไทย) สามารถเจาะด้วยน้ำโคลนได้ลึก 500 ม. หัวเจาะขนาด 150 มม. (6 นิ้ว) ก้านเจาะขนาด 72 มม. (2.875 นิ้ว) และเครื่องอัดลมขนาดแรงอัดลม 1,020 ลบ.ม./ซม. (600 ลบ.ฟ./นาที) แรงดัน 7 - 8 กก./ตร.ซม. (100 - 125 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) แต่ถ้าใช้ก้านเจาะขนาด 100 มม. (4 นิ้ว) สามารถใช้เครื่องอัดลมขนาด 350 ลบ.ฟ./นาที แรงดัน 7 - 8 กก./ตร.ซม. (100-125 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

(2) ชุดหัวเจาะ

ชุดหัวเจาะที่ใช้ในการเจาะแบบผสม ได้แก่ หัวเจาะกระแทกแบบใช้ลม (รูปที่ 11) หัวเจาะแบบหัวปุ่ม (button bit) หัวเจาะแบบลูกเบี้ยว (eccentric bit) หัวเจาะแบบนำท่อกรุ (sim-cas หรือ casing hammer) ซึ่งสามารถเจาะไปพร้อมกับการลงท่อกรุบ่อ



รูปที่ 11 หัวเจาะกระแทกแบบใช้ลมและหัวเจาะแบบนำท่อกรุ (Eggington, 1985)

7.4.2 เทคนิคการเจาะ

(1) การเจาะกระแทกแบบใช้ลม (down the hole hammer) เป็นการเจาะแบบหมุนตรงโดยใช้ลมในการช่วยเจาะและนำเศษดินเศษหินขึ้นมาจากหลุมเจาะ อุปกรณ์สำคัญประกอบด้วยเครื่องอัดลมและชุดหัวเจาะ ส่วนการเจาะผสม กล่าวคือ ขณะที่หัวเจาะกระแทกกับหินหัวเจาะจะหมุนไปด้วยทำให้สามารถเจาะในหินแข็งได้ดี

(2) การเจาะเพื่อติดตั้งท่อกันพัง เมื่อเริ่มเจาะเพื่อเปิดบ่อให้ลดความดันอากาศอัดลงเพื่อไม่ให้ผนังบ่อพัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเจาะในชั้นหินร่วน เมื่อเจาะลงไปแล้วอาจต้องลงท่อกันพังแล้วจึงปรับความดันให้ทำงานในระดับปกติ

(3) การเจาะในบ่อที่มีน้ำ หลังจากหยุดเจาะประจำวันหรือหยุดเจาะเป็นระยะเวลานานให้ถอนก้านเจาะขึ้นมาอยู่เหนือระดับน้ำในบ่อประมาณ 3 ม. เพื่อป้องกันผนังบ่อพังทับก้านเจาะและชุดเจาะ

(4) การใช้หัวเจาะขนาดใหญ่จะทำให้ความเร็วที่ปากบ่อ (uphole velocity) ต่ำลง ดังนั้นต้องทำความสะอาดบ่อให้มากกว่าปกติโดยการอัดอากาศ ปริมาตรอากาศควรเป็นสองเท่าของปกติเพื่อไล่เศษหินขึ้นมาทิ้งปากบ่อให้สมบูรณ์

(5) การเจาะใต้น้ำเมื่อจะเปลี่ยนก้านเจาะควรให้หัวเจาะวางอยู่บนกันหลุมเจาะเพื่อไม่ให้เศษหินไหลย้อนพร้อมกับน้ำลงไปในชุดกระบอกเจาะ

(6) การใช้โฟมช่วยเจาะในกรณีเจาะด้วยหัวเจาะขนาดใหญ่ ความดันในการเจาะต่ำ หรือเจาะภายใต้ความดันของน้ำในบ่อ โฟมจะช่วยทำความสะอาดบ่อได้ดีขึ้น

(7) ความเร็วรอบในการเจาะและแรงกดบนหัวเจาะจะต้องสัมพันธ์กันเพื่อให้ชุดกระบอกเจาะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

(8) ความเร็วรอบในการเจาะที่เหมาะสมควรพิจารณาจากขนาดของหัวเจาะ (ตารางที่ 4) และประเภทของชั้นหิน กรณีที่เจาะในชั้นหินแข็งความเร็วรอบที่สูงเกินไปจะทำให้หัวเจาะสึกหรออย่างรวดเร็ว หากความเร็วรอบต่ำเกินไปตุ่มด้านล่างของหัวเจาะกระแทกซ้ำที่จุดเดิม ทำให้อัตราการเจาะช้าลง

ตารางที่ 4 ความเร็วรอบในการเจาะที่เหมาะสมตามขนาดของหัวเจาะ

ขนาดของหัวเจาะ (มม.)	ความเร็วสูงสุด (รอบต่อนาที)
70 - 90	35
105 - 120	25
127 - 165	20
200 - 254	15
279 - 445	10

(จาก NGWA, 2006)

(9) แรงกดบนหัวเจาะต้องเหมาะสม หากแรงกดมากเกินไปอาจทำให้ชิ้นส่วนของกระบอกเจาะเสียหาย ในขณะเดียวกันหากแรงกดน้อยเกินไปจะทำให้การทำงานของชุดกระบอกเจาะไม่สม่ำเสมอ เกิดการสั่นสะเทือนทำให้ก้านเจาะได้รับความเสียหาย

8. ขั้นตอนการดำเนินงาน

การเจาะเพื่อการสำรวจและพัฒนา มีขั้นตอนสำคัญการดำเนินงาน ดังนี้

8.1 การเลือกตำแหน่งจุดเจาะ พิจารณาตามความเหมาะสมของชุมชน สภาพอุทกธรณีวิทยา และเงินทุน

8.2 กำหนดขนาดและความลึกบ่อน้ำบาดาล พิจารณาตามข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยา ชนิดชั้นดิน ชั้นหิน ปริมาณและคุณภาพน้ำที่คาดว่าจะได้รับ

8.3 เลือกชนิดเครื่องเจาะและวิธีการเจาะ บ่อน้ำบาดาล ให้เหมาะสมกับงบประมาณ ขนาด และความลึกของบ่อ ส่วนวิธีการเจาะแบบหมุนตรง แบบกระแทก แบบหมุนดูดกลับ หรือเจาะแบบผสมขึ้นอยู่กับสภาพอุทกธรณีวิทยา

8.4 การออกแบบบ่อน้ำบาดาลและการหยั่งธรณีหลุมเจาะ หลังจากเจาะบ่อนำ (pilot hole) ได้ความลึกที่ต้องการแล้วให้หยั่งธรณีหลุมเจาะเพื่อนำผลไปใช้ในการออกแบบบ่อน้ำบาดาล โดยพิจารณาร่วมกับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินหรือหิน กรณีที่ไม่มีความมั่นใจในการเลือกชั้นน้ำคุณภาพดี ให้ดำเนินการแยกทดสอบชั้นน้ำจากผลการแปลค่ากราฟหยั่งธรณีหลุมเจาะ

8.5 การเลือกวัสดุที่ใช้ก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล วัสดุก่อสร้างน้ำบาดาล ประกอบด้วย ท่อกรุ ท่อกรอง อาจเลือกใช้ชนิด PVC หรือ เหล็ก หรือเหล็กไร้สนิม

8.6 การติดตั้งท่อกรุ ท่อกรอง และอื่นๆเมื่อได้ควานหรือขยายหลุมเจาะแล้ว ทำการติดตั้งท่อกรุ ท่อกรอง โครงบังคับบ่อ ซึ่งสามารถต่อเชื่อมเข้าด้วยกันด้วยวิธีขันเกลียวหรือเชื่อมด้วยไฟฟ้า เป็นต้น

8.7 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ประกอบด้วยขั้นตอนการเติมกรวดกรุบ่อ การผนึกผนังบ่อ การเป่าล้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้น้ำบาดาลที่ปราศจากตะกอนไหลเข้าสู่บ่อ และการฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น

8.8 การสูบทดสอบและการวิเคราะห์ผล

8.9 การคัดเลือกชนิดและขนาดของเครื่องสูบน้ำ

คู่มือฉบับนี้เน้นรายละเอียดเฉพาะในหัวข้อ 8.3 และ 8.4 ส่วนหัวข้ออื่นๆ ได้กล่าวไว้แล้วในคู่มือ ทบ พ 3000–2550 คู่มือ ทบ พ 4000–2550 คู่มือ ทบ พ 5000–2550 และคู่มือ ทบ พ 8000–2550

9. ความปลอดภัย

ความปลอดภัยเป็นเรื่องสำคัญสำหรับการเจาะบ่อน้ำบาดาล ซึ่งประกอบด้วย

9.1 ความปลอดภัยของบุคลากร

9.1.1 ช่างเจาะควรมีอุปกรณ์ป้องกันเพื่อไม่ให้ช่างเจาะเป็นอันตรายเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้น อุปกรณ์ที่จำเป็นประกอบด้วย หมวกนิรภัย แว่นตา ชุดเข็มขัดนิรภัย รองเท้า เครื่องป้องกันหู โซ่นิรภัย เป็นต้น

9.1.2 เวลาการปฏิบัติงานของช่างเจาะ ควรพิจารณาให้เหมาะสมเช่น ไม่เกิน 6 ชั่วโมงต่อวัน

9.1.3 ความพร้อมทั้งด้านร่างกายและจิตใจของช่างเจาะ

9.2 ความปลอดภัยของเครื่องจักร

9.2.1 ต้องตรวจสอบสภาพเครื่องเจาะและอุปกรณ์ช่วยเจาะทุกชิ้นให้อยู่ในสภาพใช้การได้และปลอดภัย

9.2.2 ระบบต่างๆ ของเครื่องเจาะที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่ช่างเจาะต้องให้เป็นตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

10. บุคลากร

ได้กำหนดไว้ในมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

11. เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548. คู่มือเทคโนโลยีการพัฒนาน้ำบาดาล, โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนา ซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาลและระบบประปาชนบทให้แก่องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

โครงการร่วมไทย - ออสเตรเลีย, 2528. คู่มือการเจาะบ่อบาดาลโครงการร่วมไทย - ออสเตรเลียเพื่อจัดหาน้ำอุปโภคบริโภคสำหรับหมู่บ้าน จ. ขอนแก่น.

American water work Association [AWWA], 1982. ANSI/AWWA 15-03, Standard for water well, Denver.

Eggington, H.F., 1985. Australian Drillers Guide, Australian Drilling Industry Training Committee Limited, Macquarie Centre, NSW 2113, Australia, pp. 451-452.

National Groundwater Association [NGWA], 2006. Procedures for Well Drilling Operations (CD), ISBN1-56034-122-X, Westervile, OH, U.S.A.

Stein, J., 1997. Drilling, The manual of methods, applications, and management, New York : Lewis publishers.

คู่มือ ทบ พ 2000-2550
การใช้และการแปลค่าข้อมูลหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ

คู่มือ ทบ พ 2000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย [(n)] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย [(1)] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

งานตรวจวัดชั้นน้ำด้วยเครื่องหยั่งธรณีในงานน้ำบาดาลเป็นการสำรวจข้อมูลหลุมเจาะหรือบ่อบาดาลเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการออกแบบและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล เป็นการหย่อนอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าทางฟิสิกส์ลงไปในหลุมเจาะน้ำบาดาลเพื่อให้ได้ค่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของชั้นตะกอน ชั้นหิน คุณภาพน้ำ มีลักษณะการบ่งชี้ปริมาณน้ำ ความลึกและความหนาของชั้นน้ำและชั้นหิน ตลอดจนโครงสร้างของหลุมเจาะ เป็นต้น ค่าข้อมูลที่ได้จากเทคนิคของการตรวจวัดดังกล่าวเป็นข้อมูลต่อเนื่องในรูปเส้นกราฟบนจอคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถเก็บบันทึกเป็นไฟล์ข้อมูล (data file) ได้ ข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้หาความสัมพันธ์เปรียบเทียบกับตัวอย่างดินและหินซึ่งเก็บจากหลุมเจาะนั้นๆ ได้

คู่มือเรื่องนี้จะได้กล่าวถึง การตรวจวัดด้วยหัววัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ (SP) ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะด้วย Single-point resistance (SPR) ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะด้วยหัววัดขนาด 16 นิ้ว (short-normal, R(16N)) และขนาด 64 นิ้ว (long-normal, R(64N)) และค่ากัมมันตรังสีธรรมชาติ (Natural Gamma, GR)

2. ขอบเขต

2.1 คู่มือนี้กำหนดขึ้นสำหรับใช้เป็นแนวทางการเลือกวิธีการหยั่งธรณีหลุมเจาะเพื่อเลือกชั้นน้ำบาดาลที่เหมาะสมทั้งเพื่อการสำรวจและพัฒนาน้ำบาดาล

2.2 กำหนดวิธีการใช้และการแปลค่าข้อมูลที่เป็นมาตรฐานและยอมรับกันทั่วไป

2.3 หน่วยวัดที่ใช้ในมาตรฐานเป็นหน่วยวัดในระบบเมตริก

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 American Society of Testing and Materials (ASTM) :

- D 5753-95 Standard guide for planning and conducting borehole geophysical logging
- D 6274-98 (2004) Standard guide for conducting borehole geophysical logging-Gamma
- D 6167-97 (2004) Standard guide for conducting borehole geophysical logging-Mechanical Caliper
- D 6726-01 Standard guide for conducting borehole geophysical logging-Electro-magnetic Induction
- D 6727-01 Standard guide for conducting borehole geophysical logging-neutron

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 เครื่องหยั่งธรณีหลุมเจาะ (geophysical logs) หมายถึง เครื่องมือสำหรับตรวจวัดคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของชั้นดินและหินในหลุมเจาะ

4.2 ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (resistivity) หมายถึง ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินและหิน ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยเกี่ยวข้อง คือ น้ำหรือโคลนเจาะในหลุม ชนิดของดินหรือหินโดยตรง และขนาดของหลุมเจาะ มีหน่วยวัดเป็น โอห์ม-เมตร (omh-m)

4.3 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (self potential) หมายถึง ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในชั้นดินและหิน เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ของสาร 2 ชนิดสัมผัสกัน มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์

4.4 รังสีแกมมา (gamma ray) หมายถึง การวัดปริมาณกัมมันตรังสีธรรมชาติที่ปล่อยจากแร่ซึ่งมีส่วนประกอบของธาตุโพแทสเซียม (K) ยูเรเนียม (U) และธอเรียม (Th) ซึ่งปกติมีอยู่ในชั้นดินเหนียวหินดินดานสูงกว่าในชั้นทรายและหินอื่นๆ มีหน่วยวัดเป็นเซ็นติพ้อยต่อวินาที (cps)

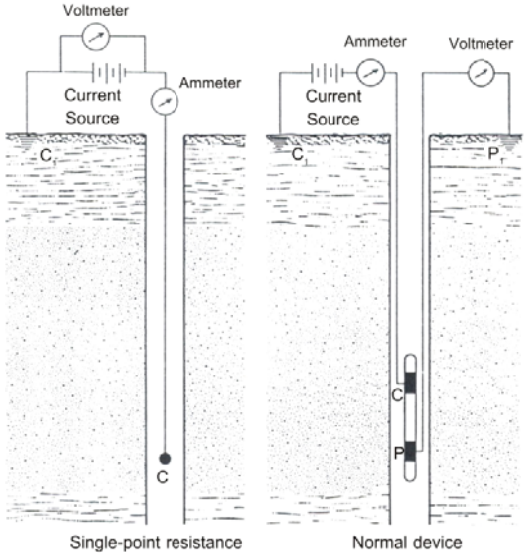
5. ขั้นตอนในการดำเนินงาน

5.1 การหยั่งวัดความต้านทานไฟฟ้าด้วยวิธี single-point resistance

การหยั่งวัดความต้านทานไฟฟ้า ด้วยวิธี sigle-point resistance (SPR) ดังแสดงในรูปที่ 1 มีหลักการ ดังนี้

5.1.1 มีขั้วไฟฟ้า (current electrode) สองขั้ว คือ บวกและลบติดอยู่ที่ปลายสายไฟฟ้า ขั้วหนึ่งถูกหย่อนลงไปในหลุมเจาะ

5.1.2 หลุมเจาะต้องมีน้ำหรือโคลนอยู่เต็มเพื่อเป็นสื่อทางไฟฟ้า



รูปที่ 1 การจัดขั้วไฟฟ้าสำหรับการหยั่งวัดค่าความต้านทานในหลุมเจาะ (Driscoll, 1987)

5.1.3 ปล่อยและวัดกระแสไฟฟ้า (ammeter) หรือค่าความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าในชั้นหิน ขณะหย่อนขั้วหัวหยั่งลงหรือดึงขึ้นจากหลุมเจาะ ค่าดังกล่าวจะถูกรายงานต่อเนื่องในรูปของกราฟ ซึ่งเรียกว่า electric log หรือ resistivity log

5.1.5 ค่าความต้านทานที่ได้เป็นผลเนื่อง จากอิทธิพลของน้ำหรือโคลนเจาะในหลุมเจาะต่อชั้นหินและต่อความกว้างของหลุมเจาะโดยตรง

5.1.6 ประโยชน์ของการตรวจวัดวิธี SPR คือ ได้ข้อมูลที่ดีตามแนวดิ่งตลอดความลึก ใช้งานสะดวก

5.2 การหยั่งวัดศักย์ไฟฟ้าหลุมเจาะ

การหยั่งวัดศักย์ไฟฟ้าหลุมเจาะ (self potential, SP) มีหลักการ ดังนี้

5.2.1 ศักย์ไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติในชั้นดินชั้นหินภายใต้เปลือกโลก เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ของสารสองชนิด

สัมผัสกัน เช่น ระหว่างแนวสัมผัสของชั้นดินเหนียวกับชั้นทรายหรือระหว่างชั้นทรายกับหินอัคนี เป็นต้น

5.2.2 ศักย์ไฟฟ้าในหลุมเจาะเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างโคลนเจาะกับชั้นหิน และระหว่างโคลนเจาะกับโคลนที่ฉาบผนังบ่อ (mud cake) หรือระหว่างโคลนเจาะกับน้ำบาดาลในชั้นน้ำ

5.2.3 การหยั่งวัดศักย์ไฟฟ้าที่ความลึกต่างๆ ในหลุมเจาะ ใช้หลักการเดียวกันกับที่กล่าวในข้อ 5.1 แต่ใช้เครื่องวัดเป็น voltmeter มีหน่วยวัดเป็นมิลลิโวลต์

5.2.4 ต้องป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกผ่านเข้าสู่วงจรของเครื่องขณะตรวจวัด

5.2.5 เปิดเครื่องวัด voltmeter และค่อยๆ หย่อนขั้วไฟฟ้าลงไปที่ก้นหลุมหรือดึงขึ้นจากก้นหลุมสู่ปากบ่อ

5.2.6 ค่าศักย์ไฟฟ้าจะถูกรายงานต่อเนื่องในรูปของกราฟบนกระดาษตามความลึกของหลุมเจาะ

5.2.7 ค่าความต่างศักย์ มีตั้งแต่ศูนย์ถึงหลายร้อยมิลลิโวลต์ คิดเป็น + หรือ - จากแนวเส้นที่มีค่าต่ำสุด (baseline หรือ shale-line) และสัมพันธ์กับความลึกของชั้นดินชั้นหินแต่ละชั้น

5.2.8 เครื่องหมายของศักย์ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างค่าความต้านทานของน้ำโคลนที่ใช้เจาะและค่าความต้านทานของน้ำในชั้นดินชั้นหินตามสมการ

$$SP = -(64.3 + 0.2397T)log(\rho_f/\rho_w) \qquad (1)$$

เมื่อ SP คือ ค่าความต่างศักย์ ρ_f คือ ค่าความต้านทานของน้ำโคลน มีหน่วยเป็นโอห์ม-เมตร (omh-m) ρ_w คือ ค่าความต้านทานของน้ำบาดาล มีหน่วยเป็นโอห์ม-เมตร และ T คือ อุณหภูมิในหลุมเจาะ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ดังนั้นเมื่อเราทราบค่า SP อ่านจากกราฟ E-logs ค่า ρ_f หาได้จากการใช้เครื่องมือวัดความต้านทานของน้ำโคลน T อ่านได้จากเส้นกราฟของ E-logs ใช้คำนวณหาความต้านทานหรือค่าความเค็มของน้ำบาดาลได้จากสมการ (1)

อย่างไรก็ตามสมการดังกล่าว มีข้อจำกัดการใช้ได้เฉพาะกรณีน้ำบาดาลเค็มมากๆ เท่านั้น และโคลนเจาะจะต้องไม่มีการเติมสารปรุงแต่ง (no additive)

5.2.9 ประโยชน์และการแปลความหมายของ SP-curve และข้อควรสังเกต

(1) เป็นการยากในการแปลความหมายของ SP-curve ที่ระดับความลึกใกล้ผิวดิน ในขณะที่ SP-curve จะมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจนขึ้น เมื่อความลึกหลุมเจาะมากขึ้นๆ เพราะน้ำบาดาลที่ระดับลึกมีแร่ธาตุเจือปนมากขึ้นด้วย

(2) ในการแปลความหมายจำเป็น ต้องลากเส้น baseline ขึ้นก่อนเสมอ สำหรับกรณีที่ชั้นดินชั้นหิน ไม่มีชั้นดินเหนียวหรือชั้นหินดินดานหรือมีตลอดความลึก SP-curve อาจลดความสำคัญต่อการแปลความหมายลง หรือไม่ใช้ประโยชน์เลย

(3) ลักษณะการตีออกทางซ้าย (-) หรือตีออกทางขวา (+) ของ SP-curve โดยเทียบจาก baseline แปลความได้ว่าถ้า SP-curve ตีไปทางซ้ายของ baseline (มีค่า-) แสดงว่าน้ำบาดาลมีสารละลายเคมีสูง กว่าน้ำบาดาลในชั้นแสดง และถ้าSP-curve ไปทางขวาของbaseline (มีค่า+) แสดงว่าน้ำบาดาลมีสารละลายเคมีต่ำ SP-curve ที่มีค่าเป็นบวกมากๆ บ่งบอกว่าเป็นชั้นน้ำจืด อย่างไรก็ตามการตีไปทางซ้ายและทางขวาของ SP-curve จะใช้ประโยชน์ได้น้อยหรือไม่มีความหมายเลย ถ้าหากชั้นดินชั้นหิน มีความหนาต่ำกว่า 1.0 ม.

(4) ข้อสรุปของการแปลความหมายต่างๆ ของ SP-curve โดยปกติจะต้องมีการแปลความหมายควบคู่กับกราฟความต้านทาไฟฟ้า (SPR) เสมอ

(5) เส้น baseline อาจจะค่อยๆ เปลี่ยนฐาน (shift) หรือเปลี่ยนอย่างทันทีก็ได้ ตามความลึกของบ่อโดยปราศจากเหตุผลอธิบาย

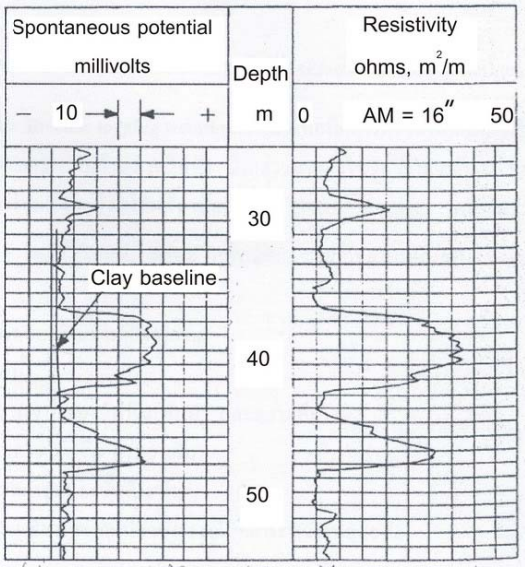
(6) ให้ระลึกไว้เสมอว่า SP-curve จะถูกใช้แปลความหมายควบคู่กับกราฟ e-logs อื่นๆ เช่น single point resistance, natural gamma, short normal, long normal หากพิจารณา SP-curve อย่างเดียวแปลค่าจะสร้างความยุ่งยากและผิดพลาดได้

(7) อิทธิพลของโคลนเจาะต่อ SP-curve ที่สำคัญคือ กรณีใช้น้ำจืดผสมโคลนเจาะ SP-curve ในน้ำบาดาลเค็มจะตีออกซ้ายมาก (highly negaitve) เทียบจาก baseline ส่วนในชั้นน้ำบาดาลจืด SP-curve จะตีออกซ้ายเพียงเล็กน้อย (slightly negative) เทียบจาก baseline ตัวอย่างรูปที่ 2

กรณีใช้น้ำโคลน (salt-base bentonite) หรือกรณีการเจาะผ่านชั้นน้ำเค็มที่อยู่บนชั้นน้ำจืด หรือเติมเกลือแกงเข้าไปผสมในโคลนเจาะ (salted drilling fluid) เกลือแกงที่เติมในน้ำโคลนจะไปทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้ากลับกัน ทำให้การแปลค่ามีความยุ่งยากและผิดพลาดได้

5.3 การหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้า

หลักและเทคนิคการหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้า (electric logging techniques) เป็นเทคนิคการตรวจวัดหลุมเจาะโดยรวมเอาการหยั่งวัดศักย์ไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งกล่าวมาแล้วในข้อ 5.1 และข้อ 5.2 โดยการหย่อนขั้วลงจากปากบ่อหรือดึงขึ้นจากก้นบ่อพร้อมกัน โดยใช้เครื่องมือเรียกว่า electric logging เครื่องตรวจจะบันทึกกราฟ 2 เส้น คือ SP และ SPR



รูปที่ 2 ตัวอย่าง SP-curve

โดยอัตโนมัติพร้อมๆ กับบอกความลึกของชั้นดินชั้นหินแล้วนำกราฟที่ได้ไปแปลค่า

- ชนิดของดินหินที่เจาะผ่าน
- ชั้นน้ำ
- ความหนาของชั้นหิน ชั้นน้ำและความลึก
- คุณภาพน้ำจืด กร่อย เค็ม
- ความพรุนของชั้นดินชั้นหิน
- ความสัมพันธ์ต่อเนื่องทางธรณีวิทยาระหว่างบ่อต่อบ่อ

ประโยชน์ของการหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้า ได้แก่

- การออกแบบสร้างบ่อน้ำบาดาล
- กำหนดตำแหน่งและความยาวของท่อกรุท่อกรอง
- กำหนดตำแหน่งการอุดซีเมนต์หรือดินเหนียวเพื่อกั้นน้ำที่ไม่พึงประสงค์ เช่น น้ำกร่อยเค็มน้ำเสียเข้าบ่อน้ำบาดาล
- ข้อจำกัด คือ ใช้ตรวจวัดกับบ่อที่ไม่มีน้ำหรือบ่อที่ใส่ท่อกรุท่อกรองแล้วไม่ได้

5.4 การหยั่งวัดแกมม่าธรรมชาติ

หินแต่ละชนิดจะมีปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่แตกต่างกัน กัมมันตภาพรังสีที่สามารถตรวจวัดในบ่อน้ำบาดาลได้ คือ การวัดแกมม่าธรรมชาติ (natural-gamma) จะได้ natural-gamma curve หรือ gamma-ray curve ซึ่งต่างจากการวัดรังสีแกมม่า-แกมม่า (gamma-gamma) การวัดรังสีนิวตรอน (neutron) แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการวัดแกมม่าธรรมชาติ

การหยั่งวัดแกมม่าธรรมชาติ (natural-gamma) ดังแสดงในรูปที่ 3 มีหลักการดังนี้

5.4.1 ในธรรมชาติหินเกือบทุกชนิดจะปล่อย natural gamma ออกมาจากแร่ที่มีส่วนประกอบของธาตุโพแทสเซียม ยูเรเนียม และธอเรียม ซึ่งปกติจะมีอยู่มากในชั้นดินเหนียว ในหินดินดาน และมากกว่าในชั้นทราย หินทราย และหินปูน

5.4.2 รังสีแกมม่ามีคุณสมบัติสามารถแผ่กระจายและทะลุทะลวงผ่านวัตถุต่างๆ ได้แม้กระทั่งบ่อเจาะที่ลงท่อกรุท่อกรองแล้ว ทั้งที่เป็นท่อเหล็กและท่อพีวีซี โดยตรวจวัดได้ในระยะห่างประมาณ 15 - 30 ซม. จากผนังท่อกรุ

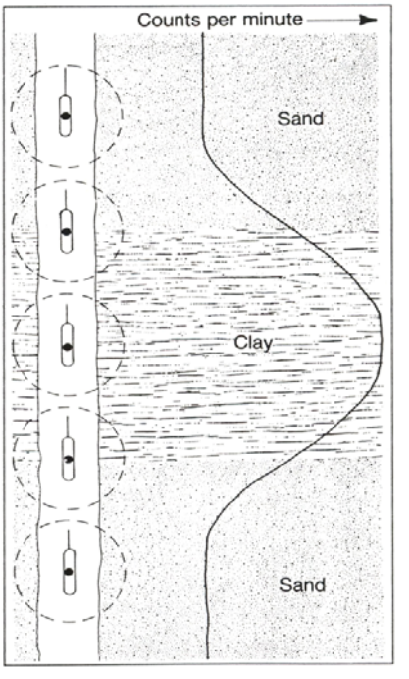
5.4.3 ผลการหยั่งวัดในรูปของnatural-gamma curve ทางด้านน้ำบาดาล นำไปแปลค่าเพื่อแบ่งแยกดินเหนียวจากชั้นกรวดทราย หรือชั้นน้ำ หรือแยกชั้นหินดินดานออกจากชั้นหินทราย เป็นต้น

5.4.4 natural-gamma curveไม่สามารถบอกรายละเอียดเกี่ยวกับคุณภาพน้ำได้

5.5 การแปลความหมายของกราฟผลการหยั่งธรณีหลุมเจาะ

ในทางปฏิบัติกราฟผลการหยั่งธรณีหลุมเจาะ รวม 5 กราฟที่กล่าวมาแล้ว คือ SP และ GR ปรากฏอยู่ทางซ้ายมือ ส่วนค่า SPR ค่า R(16N) และค่า R(64N) ปรากฏอยู่ทางขวามือ การแปลความหมายส่วนใหญ่สามารถทำได้ในเชิงเปรียบเทียบ (quail-tative interpretation) มากกว่าในเชิงปริมาณหรือการคำนวณซึ่งความถูกต้องแม่นยำจะต้องอาศัยปัจจัยต่อไปนี้

- นำกราฟหลายๆ ชนิดมาพิจารณาร่วมกัน
- ความรู้เกี่ยวกับธรณีวิทยาของพื้นที่นั้นๆ
- ความชำนาญ ประสบการณ์ และศิลปะของผู้แปล
- ตัวอย่างดินหรือหินของหลุมเจาะ และข้อมูลข้างเคียง
- รายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่ของหลุมเจาะ
- ความถูกต้องในการหยั่งวัดหลุมเจาะ



รูปที่ 3 การหยั่งวัดแกมม่าธรรมชาติ (Driscoll, 1987)

5.5.1 การหารอยสัมผัสระหว่างชั้นดินชั้นหินจากเส้นกราฟ SP และ SPR รอยสัมผัสระหว่างชั้นหินจะอยู่ตรงจุดกึ่งกลางของส่วนโค้งชั้นที่สุดของกราฟซึ่งเปลี่ยนแนวโค้ง (maximum curvature) ทั้งในกราฟ SP และ SPR จะอยู่ตรงกัน แต่ถ้าเหลื่อมกันให้ยึดถือกราฟ SPR เป็นสำคัญ (รูปที่ 4)

5.5.2 การแปลค่าชนิดของหิน โดยพิจารณาจากเส้นกราฟ SP SPR R(16N) และ R(64N) ร่วมกัน โดยยึดหลักว่าเมื่อกราฟ SP ขยับออกจากแนวเส้นที่มีค่าต่ำสุด (baseline) บ่งบอกว่าบริเวณนี้มีชั้นดินเหนียวแทรกสลับกับชั้นกรวดทราย หรือมีชั้นหินดินดานแทรกสลับชั้นหินทราย (เจริญ เพียรเจริญ, 2540) หรือแยกชั้นน้ำจืดออกจากชั้นน้ำเค็ม ดังสรุปในตารางที่ 1 และรูปที่ 5

ตารางที่ 1 การแปลผลการหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้าในหลุมเจาะด้วยน้ำโคลนจืด

ชั้นดินชั้นหิน	ค่า SP-log	ค่า R-logs
1. ชั้นดินเหนียวหรือหินดินดาน	ไม่มีเลย (0)	ต่ำ
2. ชั้นทรายน้ำจืด	ปานกลาง (-) หรือ (+)	ปานกลางหรือสูง
3. ชั้นตะกอนหรือหินน้ำเค็ม	สูง	ต่ำ
4. ชั้นหินทราย	ต่ำ	สูง
5. หินปูนไม่มีรอยแตก ชั้นยิปซัม ถ่านหิน แอนไฮไดรท์ หินเกลือ	ต่ำ	สูง
6. ชั้นหินมีน้ำมันหรือแก๊สธรรมชาติ	สูง	ต่ำ
7. หินเนื้อแน่นทุกประเภท	ต่ำ	สูงมาก

(ดัดแปลงจาก เจริญ เพียรเจริญ, 2540)

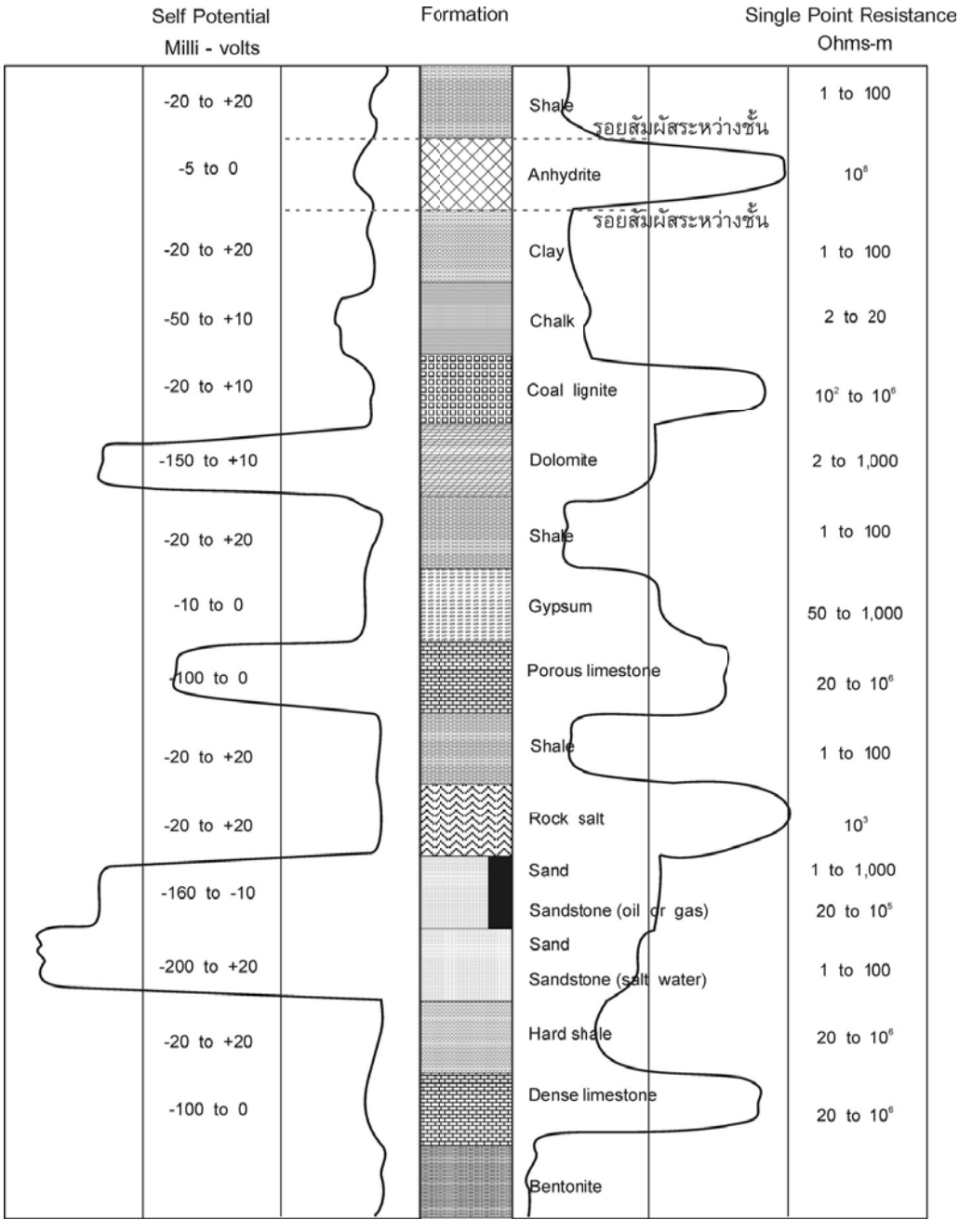
5.5.3 การแปลค่าชนิดของชั้นตะกอนจาก E-logs ซึ่งมีกราฟ SP และ GR ทางซ้ายมือ และกราฟ SPR R(16N) และ R(64N) ทางด้านขวามือเพื่อแบ่งแยกชั้นดินเหนียวจากชั้นกรวดทรายหรือชั้นน้ำ หรือแยกชั้นหินดินดานจากชั้นหินทราย ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งถ้าพิจารณาที่ค่าแกมม่าชี้ให้เห็นว่าชั้นดินเหนียวจะปล่อยรังสีแกมม่าธรรมชาติมากกว่าของชั้นกรวดทราย

6. เอกสารอ้างอิง

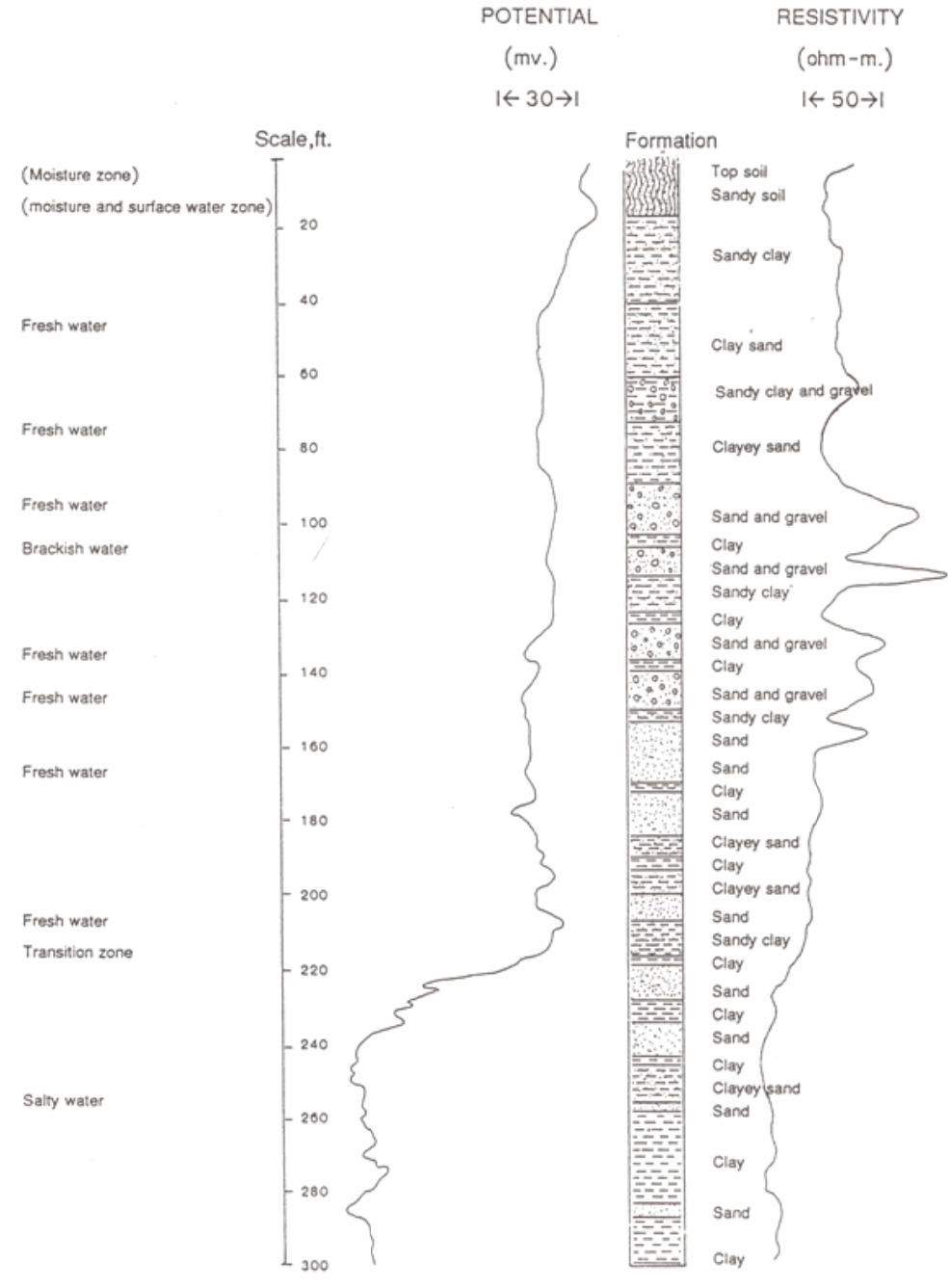
กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548. คู่มือเทคโนโลยีการพัฒนาน้ำบาดาล, โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนา ซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล และระบบประปาชนบท ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ศูนย์ทรัพยากรน้ำบาดาล ภาค 6, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2549 หน้า 50 - 52.

เจริญ เพียรเจริญ, 2540. น้ำบาดาล-บ่อบาดาล, พิมพ์ครั้งที่ 3, กองควบคุมกิจการน้ำบาดาล, กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ.

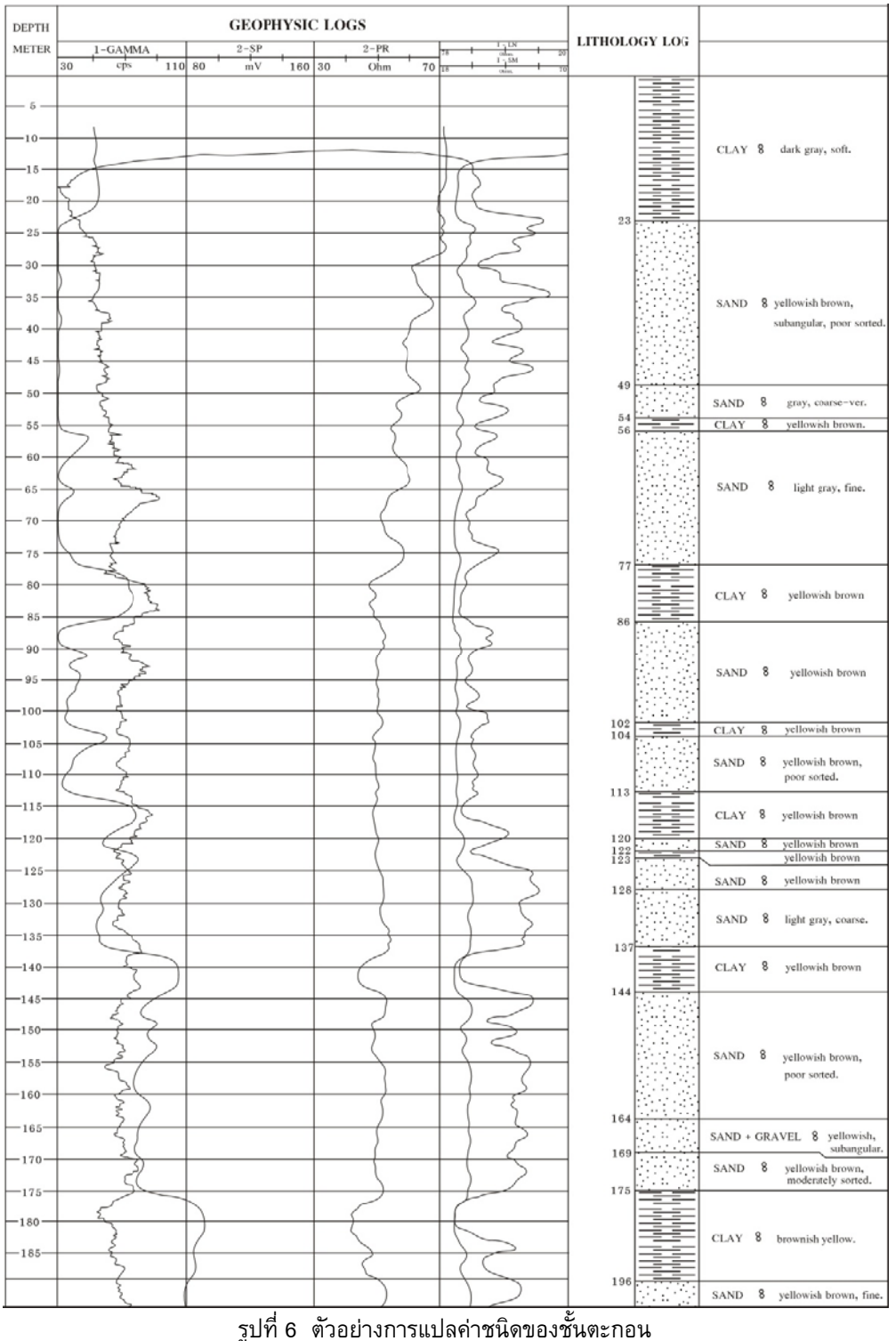
Driscoll, F. G., 1987. Groundwater and Wells, Second Edition, Johnson Division, St. Paul, Minnesota 55112.



รูปที่ 4 ตัวอย่างผลการหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ (เจริญ เพียรเจริญ, 2540)



รูปที่ 5 ตัวอย่างผลการหยั่งวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้า



รูปที่ 6 ตัวอย่างการแปลค่าชนิดของชั้นตะกอน

คู่มือ ทบ พ 3000-2550
การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 3000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง "2550" หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย [(n)] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย [(ป)] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลเป็นงานที่ต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนหลังจากเจาะพบชั้นน้ำบาดาลแล้วเพราะต้องใช้เวลาในการพยุงหลุมเจาะให้สั้นที่สุดโดยเฉพาะชั้นหินอุ้มน้ำประเภทหินร่วน การออกแบบบ่อน้ำบาดาลเพื่อกำหนดรายละเอียดและเพื่อการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล ให้เหมาะสมกับปริมาณและคุณภาพน้ำของชั้นหินอุ้มน้ำที่จะพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ รวมทั้งให้ได้บ่อที่มีประสิทธิภาพในการจ่ายน้ำสูงสุด และมีความแข็งแรงมีอายุการใช้งานยาวนาน ได้มาตรฐาน เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการเจาะบ่อน้ำบาดาล

2. ขอบเขต

คู่มือฉบับนี้ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล ซึ่งประกอบด้วย

2.1 งานเจาะขยายหลุมหรือคว้านบ่อ

2.2 การเลือกและงานเตรียมท่อกรุ ท่อกรอง ท่อรับทราย

2.3 งานลงท่อกรุท่อกรองและการกรุบ่อด้วยกรวดกรุ ดินเหนียว หรือซีเมนต์

2.4 หน่วยวัดที่ใช้เป็นระบบเมตริก

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 6000-2550 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ
- คู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 6000-2550 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ

3.2 American National Standard Institute, 1935. Pipe Standard ANSI, New York.

3.3 U.S. Geological Survey [USGS], 1997. Guidelines and Standard Procedures for Studies of Ground-Water Quality : Selection and Installation of Well, and Supporting Documentation, U.S. Geological Survey, Water-Resource Investigations Report 96-4233, Reston, Virginia.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 บ่อน้ำบาดาล (groundwater well) หมายถึง บ่อที่เจาะลงไปใต้ดินและพบชั้นน้ำบาดาลมีปริมาณ

มากเพียงพอที่จะสูบขึ้นมาใช้ได้ และทำการลงท่อกรุ ท่อกรอง และวัตถุประกอบอื่นๆ

4.2 ท่อกรอง (well screen) หมายถึง ท่อกรุบ่อที่มีช่องว่างให้น้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำไหลเข้าบ่อน้ำบาดาล มีทั้งแบบพันด้วยลวดและแบบเซาะร่อง

4.3 กรวดกรุบ่อ (gravel packed) หมายถึง กรวดแม่น้ำที่มีการคัดขนาดเหมาะสมกับขนาดของช่องว่างของท่อกรองและขนาดของกรวดทรายที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ใช้สำหรับผนึกข้างบ่อระหว่างผนัง ท่อกรอง และผนังบ่อ เพื่อกรองน้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 คู่มือการออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลเป็นเอกสารวิชาการและขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้ได้บ่อน้ำบาดาลที่ได้มาตรฐาน โดยปฏิบัติตามมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

5.2 เป็นคู่มือสำหรับผู้ปฏิบัติงานในด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ทั้งนี้ในคู่มือนี้ได้แนะนำแนวทางการดำเนินการออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลไว้โดยละเอียด ผู้ประกอบกิจการน้ำบาดาลสามารถนำไปใช้เพื่อให้ได้ผลงานที่ได้รับความเชื่อถือจากผู้ว่าจ้าง

6. คำอธิบายวิธีการ

เป็นการนำเอาหลักการทางวิชาการมาใช้เพื่อดำเนินการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลให้เป็นไปตามขั้นตอนเพื่อให้ได้บ่อน้ำบาดาลที่มีความคงทน มีอายุการใช้งานยาวนาน วิธีการและขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล ได้รวบรวมมาจากเอกสารที่จัดทำโดยบุคคลหรือองค์กรที่ได้รับการยอมรับและเป็นไปตามมาตรฐานสากล

7. เครื่องจักรกล เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุ

7.1 งานขยายหลุมหรือกว้านบ่อใช้เครื่องมือตามมาตรฐานหรือคู่มือการเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (ทบ พ 1002-2550)

7.2 อุปกรณ์สำหรับก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลประกอบด้วย ท่อกรุ ท่อกรอง กรวดกรุบ่อ และวัสดุผนึกข้างบ่อ

8. ขั้นตอนการดำเนินการ

8.1 การออกแบบบ่อ

การออกแบบบ่อให้ดำเนินการตามมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 โดยทั่วไปการออกแบบบ่อจะดำเนินการภายหลังการเจาะสำรวจหรือเจาะหลุมนำ (investigation or pilot hole) และได้ทำการตรวจสอบคุณสมบัติชั้นน้ำเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ประกอบการออกแบบบ่อน้ำบาดาลคือ (1) ข้อมูลจากช่างเจาะ (ความเร็วเจาะ การสูญเสียน้ำโคลน รอยแตก โพรง ตัวอย่างดิน ทราย หรือหิน ความเข้มข้นของน้ำโคลน เป็นต้น) (2) ข้อมูลการแปลผลการหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ (3) ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลบริเวณข้างเคียง (รูปแบบบ่อน้ำบาดาล ดังแสดงในภาคผนวก) เมื่อทำการออกแบบบ่อน้ำบาดาลโดยระบุขนาดบ่อ ขนาดหลุมเจาะขยาย ความลึกท่อกรุ และท่อกรองแล้วจึงก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลต่อไป

8.2 งานเจาะขยายหลุมหรือการคว้านบ่อ

การขยายหลุมเจาะ (reaming hole) ควรจะดำเนินการทันทีเมื่อได้ทำการออกแบบและกำหนดขนาดและความลึกของบ่อบาดาลแล้ว การคว้านหลุมเจาะควรคว้านไปจนทะลุชั้นน้ำ ระดับความลึกที่กำหนดไว้ตามแบบและต้องเว้นช่วงไว้สำหรับติดตั้งท่อรับทราย โดยทั่วไปท่อรับทรายจะอยู่เหนือก้นหลุมที่คว้านไม่ต่ำกว่า 3 เมตร หรือขึ้นอยู่กับโครงสร้างธรณีวิทยาหากความลึกของบ่อเจาะสำรวจมากกว่า

ความลึกบ่อที่ต้องติดตั้งท่อกรุท่อกรองจะต้องอุดกลบและอัดแน่นหลุมเจาะในส่วนที่ลึกกว่าทั้งหมด

การขยายหลุมเจาะควรให้ขนาดของรูควักว้านเหมาะสมกับประเภทของบ่อหลุมเจาะขนาดใหญ่และใส่กรวดกรุบ่อหนาๆ ย่อมกรองน้ำได้ดี เพราะหากเป็นบ่อบาดาลแบบเติมกรวด (gravel pack well) จะมีขนาดของรูควักว้านที่ใหญ่กว่าบ่อบาดาลแบบไม่เติมกรวด (natural pack well) ตามมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550

8.3 การเลือกท่อกรุ ท่อกรองหรือท่อเซาะร่องและท่อรับทราย

หลังจากควักว้านบ่อได้ขนาดและความลึกตามที่กำหนดไว้ในแบบแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการติดตั้งท่อกรุ ท่อกรอง หรือท่อเซาะร่อง และท่อรับทราย รวมทั้งโครงบังคับบ่อซึ่งในการเลือกขนาดและชนิดของท่อจะต้องเป็นไปตามแบบบ่อที่กำหนดไว้และมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 เช่น หากมีชั้นน้ำเค็มไม่ควรเลือกท่อบาง เช่น BSL แต่ควรเลือกท่อ BSM (ดู พ.ร.บ. น้ำบาดาล ข้อ 7 (2) ท่อกรุบ่อ) BSH หรือท่อ ASTM sch.40 ซึ่งเป็นท่อหนา ถ้าชั้นน้ำบาดาลเป็นชั้นกรวดทรายน้ำจืดควรเลือกท่อกรองประเภทแกนโครงพันลวด (stainless steel screen) หรือท่อเซาะร่อง (perforated pipe) ซึ่งชั้นน้ำบาดาลหากเป็นชั้นทรายละเอียดให้เลือกขนาดของช่องทางน้ำเข้า (slot number) ขนาดเล็ก ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในงานวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนตามมาตรฐาน ทบ พ 6000-2550

8.4 ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำแบบหินร่วน

ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำแบบหินร่วน (NGWA, 1998) มีดังนี้

8.4.1 การเตรียมท่อกรุท่อกรองและท่อรับทราย

การเตรียมท่อกรุท่อกรองและท่อรับทรายโดยการทำความสะอาดท่อและการต่อท่อกรุและท่อรับทรายรวมไปถึงงานทาสีกันสนิม (epoxy) ซึ่งปกติก่อนทำการลงท่อกรุ ท่อกรอง และท่อรับทรายจะต้องมีการตรวจสอบสภาพของท่อก่อน ซึ่งท่อกรุบ่อต้องเป็นของใหม่ ไม่มีรอยร้าว ไม่มีสนิมหรือชำรุดเสียหาย ท่อแต่ละท่อนต้องมีเครื่องหมายหรือตราประทับ (marking) ที่ผิวด้านนอกแสดงชื่อหรือประเภทท่อชัดเจน (manufacturer's name) ขนาดและเกรด (mark nominal diameter and grade) และผลการทดสอบแรงดัน (test pressure) ก่อนลงท่อต้องทำความสะอาดท่อทั้งภายนอกและภายในเสียก่อน แล้วจึงเคลือบผิวนอกของท่อกรุและท่อรับทรายด้วยสีกันสนิมหรือ epoxy 2 ชั้น สำหรับกรณีที่เป็นท่อกรุแบบใช้เกลียวต่อต้องมีหัวครอบเกลียวไว้ก่อน และระวังไม่ให้เกลียวขูดขีดหรือเสียหายได้ ส่วนการต่อท่อกรุแบบเชื่อมต้องใช้ท่อประกับแนว (coupling pipe) ที่มีคุณสมบัติเดียวกับท่อกรุ เป็นตัวบังคับท่อ และทาสีเหมือนท่อกรุด้วย โดยทั่วไปตัวท่อประกับแนวจะมีรูขนาดประมาณ 12.7 มม. (1/2 นิ้ว) อยู่กึ่งกลางของตัวท่อเพื่อไว้เช็คดูว่าขณะต่อท่อท่อกรุอยู่กึ่งกลางและมาชนกันสนิทที่จุดๆ นั้นหรือไม่ก่อนทำการเชื่อมท่อและประโยชน์ของท่อประกับแนวยังเป็นตัวช่วยบังคับท่อกรุให้ตรงขณะเชื่อมเพราะขณะที่รอกหรือเครนยกท่อกรุเพื่อเชื่อมต่อกันจะต้องอาศัยเวลาในการเชื่อมซึ่งท่อต้องอยู่ในแนวดิ่งและนิ่งเท่านั้น มิฉะนั้นอาจเกิดการคดงอบริเวณรอยเชื่อมซึ่งผลที่ตามมาคือบ่อคดหรือลงท่อไม่ได้นั่นเอง

8.4.2 งานติดตั้งท่อกรุ ท่อกรอง

ก่อนทำการติดตั้งท่อจะต้องขนย้ายท่อกรุ ท่อกรอง และท่อรับทรายมาวางเรียงกัน จัดทางเข้าออกของรถยกรถเครนให้เหมาะสมเพราะอาจเกิดอันตรายจากการเคลื่อนย้ายหรือเหวี่ยงท่อขณะยกท่อกรุท่อกรองขึ้นก็ได้ การเรียงท่อควรเรียงจากท่อที่จะติดตั้งไว้ล่างสุดให้อยู่ใกล้ เช่น วางท่อรับทราย

จากนั้นก็เป็นท่อกรองและท่อกรุตามลำดับ ขั้นตอนในการลงท่อถือว่ามีความสำคัญอย่างมาก เพราะถ้าหากมีความผิดพลาดเกิดขึ้นแล้วการกู้คืนหรือถอนท่อถือว่าเป็นปัญหาที่หนักมากสำหรับช่างเจาะบ่อน้ำบาดาล สิ่งที่ต้องควรระวังในการลงท่อก็คือท่อไม่ตรงดิ่ง การคำนวณตำแหน่งวางท่อผิดพลาดโดยเฉพาะท่อกรองหรือท่อเซาะร่อง การลงท่อไม่ต่อเนื่อง หรือบ่อพังขณะลงท่อ สิ่งต่างๆ เหล่านี้ถือเป็นปัญหาที่อาจทำให้ต้องสูญเสีย ทั้งเงินทองและเวลา หรืออาจจะได้บ่อที่ไม่มีประสิทธิภาพก็ได้

(1) การเตรียมการในการก่อสร้างบ่อ

(1.1) จัดทำแบบฟอร์มการลงท่อ (ตารางที่ 1) และจัดเตรียมช่างเจาะ ช่างกล ช่างเชื่อม เฉพาะช่างเชื่อมควรมีอย่างน้อย 2 คนไว้คอยผลัดเปลี่ยนกันหากการติดตั้งท่อต้องใช้เวลานาน

(1.2) เขียนหมายเลขกำกับไว้บนท่อแต่ละท่อนตามลำดับท่อที่ลงก่อนหลังให้ชัดเจน

(1.3) ตรวจวัดความยาวของท่อแต่ละท่อน แล้วคำนวณตำแหน่งความลึกท่อกรองว่าตรงตามที่กำหนดไว้ในแบบบ่อหรือไม่

(1.4) เตรียมโครงบังคับท่อ (centralizer) ให้พร้อมโดยระยะห่างจากการใส่โครงบังคับท่อแต่ละช่วงไม่เกิน 30 เมตรและไม่ควรใส่โครงบังคับที่ท่อรับทรายเพราะในกรณีที่เป็นบ่อเติมกรวด เม็ดกรวดที่ใส่จะกดทับโครงบังคับทำให้เกิดการดึง ยึด หรือหลุดที่บริเวณเกลียวข้อต่อของท่อกรอง ทั้งนี้ท่อกรองควรเป็นท่อเกลียวหยาบ

(2) การดำเนินการ

การลงท่อของบ่อน้ำบาดาลแบบเติมกรวด ท่อที่ลงไปในบ่อเป็นท่อนแรกคือท่อรับทราย (sand collection pipe) ซึ่งอยู่ล่างสุดของบ่อน้ำบาดาล ใช้ท่อที่มีมาตรฐานเดียวกับท่อกรุและควรมีขนาดเดียวกันกับท่อกรอง มีความยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร ปลายล่างของท่อรับทรายให้เชื่อมปิดด้วยแผ่นเหล็กหรือทำเป็นท่อปลายแหลม และเป็นวัสดุที่มีมาตรฐานเดียวกันกับท่อกรุ ส่วนปลายท่อด้านบนจะต้องทำเป็นเกลียวรับเพื่อสวมกับท่อกรองที่อยู่ด้านบน โดยจำนวนและขนาดเกลียวจะต้องเท่ากันกับเกลียวท่อกรอง ซึ่งการต่อท่อด้วยวิธีขันเกลียวนั้น จะต้องทำความสะอาดเกลียวอย่างดีและทาด้วยน้ำยาขันเกลียว (threaded compound) แล้วจึงค่อยขันเกลียวเข้าด้วยกันจนสุดเกลียว

กรณีบ่อบาดาลแบบไม่เติมกรวด (natural pack) ท่อรับทราย และท่อกรองจะถูกติดตั้งทีหลังโดยจะติดตั้งท่อกรุแล้วอัดซีเมนต์หรือดินเหนียวข้างบ่อและรอจนซีเมนต์แห้งก่อนค่อยเจาะบ่อต่อและติดตั้งท่อรับทรายและท่อกรองต่อไป

ในการติดตั้งท่อกรุท่อกรองทั้ง 2 กรณีจะต้องให้ท่อได้แนวดิ่งควรเชื่อมท่อให้รอบไม่ควรเชื่อมแบบแต้ม ซึ่งก่อนเชื่อมต้องแน่ใจก่อนว่าท่อได้จรดกันสนิทแล้วโดยดูที่ช่องตรวจสอบที่ท่อประกับแนว จากนั้นก็เชื่อมปิดช่องดังกล่าวแล้วหลังจากที่เชื่อมเสร็จก็จะต้องมีการทาสี epoxy ทับก่อนอย่างน้อย 2 รอบแล้วหย่อนท่อลงในบ่อ

8.4.3 การกรุบ่อน้ำบาดาลแบบเติมกรวด

การกรุบ่อน้ำบาดาลแบบเติมกรวดมีขั้นตอนการกรุบ่อน้ำบาดาล การตรวจวัดกรวดกรุที่เติม การผนึกผนังบ่อด้วยดินเหนียว การผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์ (Todd, 1980) ดังนี้

(1) ขั้นตอนการดำเนินงาน

(1.1) การใส่กรวดกรุในบ่อน้ำบาดาลระดับลึกจะต้องกระทำทันทีที่ลงท่อกรุท่อกรองเสร็จไม่ควรทิ้งค้างคืน และควรเติมผ่านท่อเติมกรวด (tremie pipe) ดังรูปที่ 2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5 ซม. ขึ้นไป ซึ่งต้องต่อลงไปจนถึงระดับท่อกรอง (ดูรายละเอียดในมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างบันทึกการติดตั้งท่อกรุ ท่อกรอง ท่อรับทราย และโครงบังคับสำหรับบ่อชนิดเติมกรวด

PRODUCTION WELL SCREEN INSTALLATION FOR WELL No.DW08

DATE (d/m/y)	TIME	PIPE NO.	LENGTH (m)	TOTAL DEPTH (m)	WELL CONSTRUCTION			TYPE PIPE	SIZE (Inc.)	CENTRALIZER (Piece)
					PIPE NO.	PIPE TYPE	TOTAL			
27/10/00	09.30	1	3.28	3.28						
	10.05	2	3.19	6.47						
	10.25	3	3.15	9.62		**				
	10.40	4	3.14	12.76	26		2.50	Casing	8	
	10.55	5	3.15	15.91	25		8.56	Casing	8	6
	11.55	6	3.15	19.06	24		20.69	Casing	8	
	12.05	7	3.15	22.21	23		32.83	Casing	8	
	12.17	8	3.14	25.35	22		45.01	Casing	8	5
	13.00	9	3.19	28.54	21		57.16	Casing	8	
	14.25	10	12.42	40.96	20		69.28	Casing	8	
	14.55	11	12.20	53.16	19		81.43	Casing	8	4
	15.18	12	12.40	65.56	18		93.64	Casing	8	
	15.42	13	12.15	77.71	17		105.75	Casing	8	
	16.12	14	12.20	89.91	16		117.93	Casing	8	3
	16.40	15	12.15	102.06	15		130.08	Casing	8	
	17.05	16	12.18	114.24	14		142.28	Casing	8	
	17.30	17	12.11	126.35	13		154.43	Casing	8	2
	18.17	18	12.21	138.56	12		166.83	Casing	8	
	18.42	19	12.15	150.71	11		179.03	Casing	8	
	19.05	20	12.12	162.83	10		191.45	Casing	8	1
	20.28	21	12.15	174.98	9		194.64	Screen#40	8	
	21.08	22	12.18	187.16	8		197.78	Screen#40	8	
	21.50	23	12.14	199.30	7		200.93	Screen#40	8	
	22.05	24	12.13	211.43	6		204.08	Screen#40	8	
	23.50	25	6.06	217.49	5		207.23	Screen#40	8	
28/10/00	01.09	26	2.5	219.99	4		210.37	Screen#40	8	
					3		213.56	Screen#40	8	
					2		216.71	Screen#40	8	
					1		219.99	Sand collecto	8	

ซึ่งถ้าหากใช้วิธีการเทกรวดจากปากบ่ออาจจะทำให้เม็ดกรวดไม่ลงไปเรียงตัวรอบท่อกรองก็ได้ ซึ่งอาจจะค้างอยู่ที่ชั้นบนๆ หรือบริเวณที่เป็นโพรงหรือแขวนลอยอยู่กับน้ำโคลน

(1.2) ขณะที่ทำการเติมกรวดจะต้องผสมหรือทำให้น้ำโคลนในบ่อให้เจือจางลงให้มีความหนืดประมาณ 32 - 35 เซนติพอยต์ ตามหน่วยวัดกรวย เพื่อเม็ดกรวดจะได้ตกลงไปจัดเรียงตัวง่ายขึ้นในการเติมน้ำควรเติมผ่านท่อเติมกรวดถึงจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

(1.3) โดยทั่วไปแล้วเม็ดกรวดจะไม่วางอยู่รอบท่อกรองอย่างสม่ำเสมอนักเพราะการเติมผ่านท่อเป็นการเติมเพียงฝั่งเดียว ดังนั้นระดับบนสุดของกรวดกรุจะต้องอยู่สูงจากระดับบนของท่อกรองไม่ควรน้อยกว่า 3 เมตรในบ่อขนาดไม่เกิน 150 มม. หรือไม่ควรน้อยกว่า 5 เมตรในท่อบ่อบาดาลที่มีท่อกรองขนาดตั้งแต่ 200 มม. ขึ้นไป ทั้งนี้จะต้องดูที่ชั้นน้ำเป็นสำคัญหากชั้นน้ำมีความหนามากและมีช่วงห่างระหว่างชั้นมากกว่า 9 เมตร แนะนำว่าในช่วงระหว่างระดับสูงสุดของชั้นน้ำและระดับบนสุดของท่อกรองควรใส่กรวดกรุให้สูงขึ้นกว่านี้ก็ได้แต่ถ้าหากชั้นน้ำบางมากมีช่วงระยะห่างดังกล่าวเหลือน้อยควรใส่กรวดกรุให้อยู่เหนือท่อกรองให้น้อยด้วยเช่นกัน เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้กรวดกรุไปวางตัวอยู่ในชั้นน้ำชั้นอื่นซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดการปนเปื้อนกันระหว่างชั้นน้ำภายหลังได้

(1.4) สำหรับระดับต่ำสุดของกรวดกรุอย่างน้อยต้องอยู่ที่ระดับต่ำสุดของท่อกรองหรือถ้าหากอยู่ที่ระดับล่างสุดของท่อรับทรายได้ยิ่งดีหากไม่มีปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำบาดาล

(1.5) ปลายท่อเติมกรวดควรอยู่สูงกว่าตำแหน่งกรวดกรุเล็กน้อย ซึ่งการเติมกรวดหากมีช่วงห่างมากจะต้องขยับท่อเติมขึ้นเป็นช่วงๆ เพื่อให้กรวดสามารถเรียงตัวได้สะดวก

(1.6) ที่ปลายท่อเติมกรวดด้านบนควรทำกรวยติดปลายท่อเพื่อความสะดวกในการเทกรวด

(2) วิธีการตรวจวัดกรวดกรุที่เติม

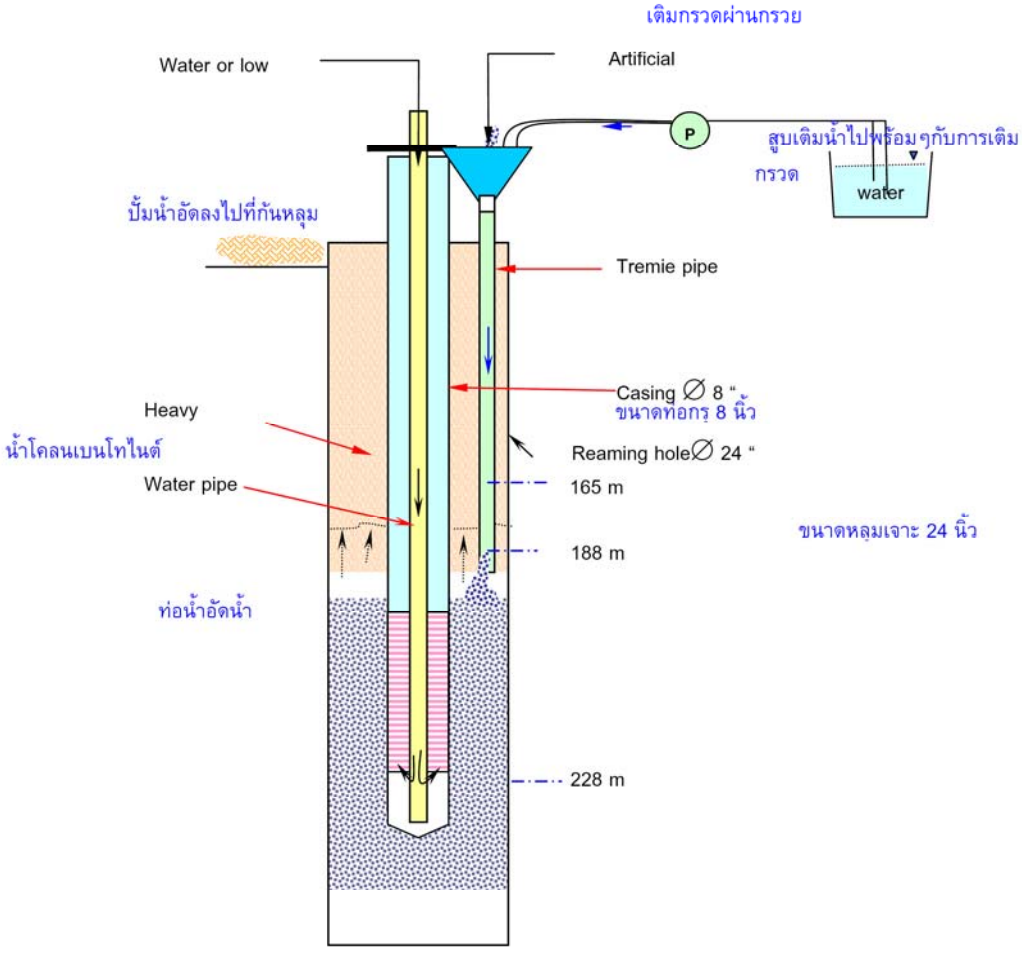
(2.1) ในการเติมกรวดไม่สามารถที่จะทำให้กรวดจัดเรียงตัวได้ระดับตามที่ออกแบบได้ร้อยเปอร์เซ็นต์แต่เมื่อเติมกรวดแล้วจะต้องมีการตรวจสอบระดับเม็ดกรวดที่เติมโดยการวัดระดับ ซึ่งควรวัดผ่านท่อเติมกรวดเพราะหากวัดรอบๆ ท่อกรุสายดิ่งที่หย่อนลงอาจติดตรงข้อต่อ (coupling) หรือติดที่โครงบังคับบ่อ (centralizer) ก็ได้ ยิ่งบ่อมีความลึกมากยิ่งมีปัญหามาก

(2.2) การคำนวณปริมาณช่องว่างรอบๆ บ่อเป็นวิธีการตรวจสอบในเบื้องต้น ซึ่งเป็นตัวกำหนดปริมาณกรวดที่จะเติมได้เช่นกัน เช่น หากคำนวณช่องว่างที่ต้องเติมกรวดได้ 10 ลบ.ม. ควรสั่งกรวดมาเผื่อเป็น 12 ลบ.ม. เพราะอาจจะพบโพรงช่วงที่บ่อพังเม็ดกรวดที่เติมก็จะต้องก็จะต้องเพิ่มปริมาณขึ้นอีก

(2.3) วิธีการสังเกตน้ำโคลนที่ไหลออกทางปากบ่อเป็นการตรวจสอบแทนการที่ของกรวดกับน้ำโคลนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากก่อนเติมกรวดกรุจะมีน้ำโคลนอยู่เต็มบ่ออยู่ตลอด ทั้งรอบๆ ท่อกรุ และท่อกรอง หากมีการเติมกรวดลงไปแทนที่น้ำโคลนตรงบริเวณที่ว่างรอบๆ ท่อกรองจะมีผลทำให้น้ำโคลนไหลเข้ารูเปิดท่อกรองแล้วไหลออกมาให้เห็นที่ปลายท่อกรุด้านบนสุด และหากกรวดกรุแทนที่หรือวางตัวจนท่วมท่อกรองแล้ว น้ำโคลนดังกล่าวก็จะหยุดไหลออกทางปลายท่อกรุแต่จะไหลออกข้างๆ ท่อกรุแทน จัดได้ว่าเป็นวิธีที่ง่ายต่อการสังเกตในขณะปฏิบัติงาน

(3) การผนึกผนังบ่อด้วยดินเหนียว

การผนึกผนังบ่อด้วยดินเหนียว จุดประสงค์ก็เพื่อกั้นไม่ให้น้ำในชั้นน้ำข้างบนไหลลงมาปะปนกับชั้นน้ำที่เลือกและยังเป็นการกั้นน้ำปูนซีเมนต์



รูปที่ 2 แสดงวิธีการเติมกรวดกรุผ่านท่อเติมกรวด (Driscoll, 1987)

ที่จะอัด หากการผนึกข้างบ่อมีการใช้ซีเมนต์เพิ่มด้วย ไม่ให้ไหลเข้ามาอุดช่องว่างในเม็ดกรวดกรุที่เติม สำหรับคุณสมบัติของดินเหนียวที่เหมาะสมนั้นจะต้องเป็นดินเหนียวน้ำจืดเนื้อเนียนไม่มีเม็ดทราย ไม้ ราก ไม้ เศษวัตถุอย่างอื่นเจือปน และไม่มีกลิ่นอันน่ารังเกียจ การอุดกลบด้วยดินเหนียวจะใช้วิธีหย่อนลงข้างท่อหรือข้างบ่อก็ได้ ก่อนหย่อนจะต้องปั้นเป็นก้อนกลมๆ ขนาด 2 เซนติเมตร แล้วตากแห้งก่อนการใส่จะต้องใส่รอบๆ บ่อให้ดินเหนียวอยู่เหนือกรวดกรุขึ้นมาไม่น้อยกว่า 5 เมตร แล้วค่อยอุดกลบด้วยดินตะกอนหรือน้ำปูนซีเมนต์ต่อไป

(4) การผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์

การผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์ (cement grouting) โดยทั่วไปการอัดน้ำซีเมนต์จะมีจุดประสงค์เพื่อปิดกั้นชั้นน้ำที่ไม่ต้องการและเพื่ออุดกลบหลุมเจาะในส่วนที่ลึกเกินกว่าความลึกที่จะใส่ท่อกรอง ทั้งยังเป็นการห่อหุ้มท่อกรุเพื่อป้องกันน้ำเค็มมากัดกร่อนท่อและยังช่วยพยุงท่อกรุบ่อให้แขวนหรือทรงตัวอยู่ในระดับที่ต้องการ ในการเติมซีเมนต์จะต้องเติมผ่านทางท่ออัดซีเมนต์ (grout pipe) ซึ่งต่อจากปากบ่อลงไปจนถึงระดับต่ำสุดของบริเวณที่จะทำการอุดหรือผลึกข้างบ่อ ในกรณีที่บ่อน้ำบาดาลลึกมากควรมีการถอนท่ออัดซีเมนต์ขึ้นเป็นช่วงๆ เพื่อเป็นการลดแรงดันที่เกิดได้ การเลือกใช้ปูนซีเมนต์ควรใช้ปูนซีเมนต์ประเภทซิลิก้าซีเมนต์ หรืออื่นๆ ที่มีคุณภาพเทียบเท่ากัน การผสมให้ละลายผงปูนในน้ำด้วยอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักหรือเมื่อผสมเสร็จแล้วจะต้องมีค่าความหนาแน่นประมาณ 1,420-1,540 กก./ลบ.ม. (12-13 ปอนด์/แกลลอน) ซึ่งโดยปกติน้ำเปล่าจะมีค่าความหนาแน่น 970 กก./ลบ.ม. (8.2 ปอนด์/แกลลอน) และปูนซีเมนต์ผงที่ยังไม่ได้ผสมจะมีค่าความหนาแน่น 1,090 กก./ลบ.ม. (9.2 ปอนด์/แกลลอน) (AWWA, 2006) ส่วนผสมกำหนดไว้ในมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 (รูปที่ 3)

การตรวจสอบการอัดซีเมนต์มีวิธีการดังนี้

(4.1) น้ำปูนที่อัดลงไปจะมีน้ำหนักมากกว่าน้ำโคลนฉะนั้นน้ำปูนจะเป็นตัวดันน้ำโคลนให้ไหลออกมารอบๆ ท่อกรุปรากฏเห็นได้ชัด น้ำหนักของน้ำปูนจะช่วยกดทับดินเหนียวและกรวดกรุที่เติมให้แน่นขึ้นทำให้น้ำโคลนส่วนหนึ่งไหลออกทางปากท่อกรุเนื่องจากแรงกดนี้และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำปูนจะทำให้น้ำโคลนไหลสะดวกมากขึ้น

(4.2) น้ำปูนที่อัดแต่ละช่วงควรแบ่งใส่กระป๋องหรือภาชนะไว้ตรวจสอบระยะเวลาในการแข็งตัว เพื่อเป็นข้อมูลในการบอกเวลาที่จะต้องถอนท่ออัดซีเมนต์ขึ้น

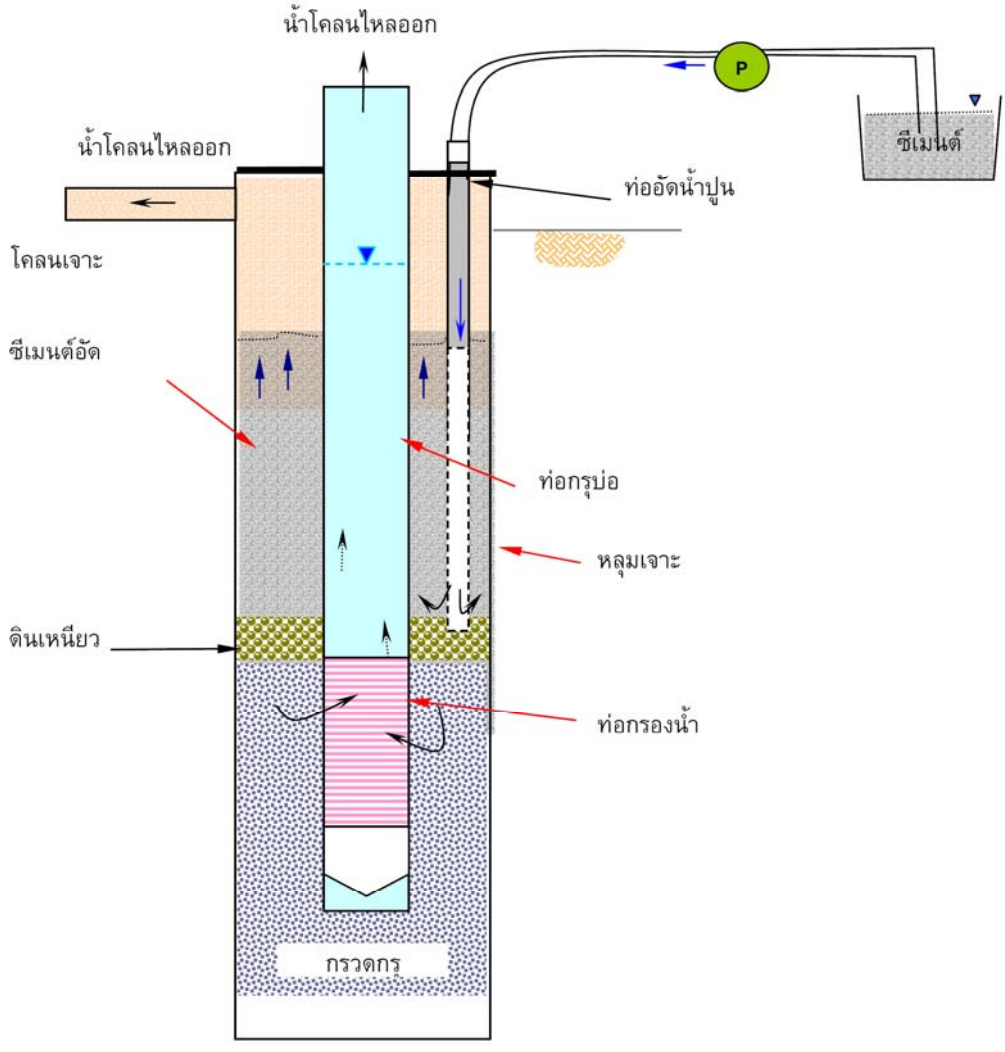
(4.3) น้ำปูนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำโคลนจึงมีผลทำให้น้ำโคลนที่อยู่ใกล้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วย

(4.4) เมื่ออัดน้ำปูนเต็มแล้วจะพบว่ามีน้ำปูนไหลออกมาข้างบ่อซึ่งจะต้องรอจนกระทั่งน้ำโคลนไหลออกจนหมดจึงหยุดแล้วถอนท่ออัดซีเมนต์ขึ้นจากนั้นรอให้ซีเมนต์แข็งตัวก่อนซึ่งจะมีการยุบตัวของน้ำปูนซีเมนต์ด้วย จากนั้นค่อยเติมน้ำปูนอีกครั้งโดยการเทที่ปากบ่อแทนการอัดผ่านท่อก็ได้

(4.5) ในการเติมซีเมนต์ต้องมีการคำนวณปริมาณซีเมนต์ที่เติมโดยคำนวณจากปริมาณช่องว่างที่เหลือเพื่อเป็นข้อมูลยืนยันว่างานอัดซีเมนต์เสร็จสิ้นสมบูรณ์ได้ปริมาณตามต้องการ

8.4.4 การกรุบ่อน้ำบาดาลแบบไม่เติมกรวด

การกรุบ่อน้ำบาดาลแบบไม่เติมกรวดมีขั้นตอนการกรุบ่อน้ำบาดาล การตรวจวัดกรวดกรุที่เติม การผนึกผนังบ่อด้วยดินเหนียว การผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์ (Todd, 1980) ดังนี้



รูปที่ 3 แสดงรูปแบบการอัดน้ำปูน (ซีเมนต์) ผ่านท่ออัดสำหรับบ่อน้ำบาดาลชนิดเติมกรวด (Driscoll, 1987)

(1) ขั้นตอนการดำเนินงาน

การก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลกรณีนี้จะไม่มีการเติมกรวดกรุแต่จะอัดดินเหนียวหรือการอัดซีเมนต์ซึ่งจะทำหลังจากที่ลงท่อกรุและหัว หัวฉีดน้ำปูนซีเมนต์ (cement shoe) เสร็จแล้วจากนั้นค่อยเจาะหัวฉีดน้ำปูนและติดตั้งท่อรับทรายต่อไปซึ่งมีขั้นตอนการก่อสร้างบ่อดังนี้

(1.1) ติดตั้งท่อกรุพร้อมหัวฉีดน้ำปูน

(1.2) อัดซีเมนต์ข้างบ่อ

(1.3) ติดตั้งท่อกรองและท่อรับทราย

(2) การติดตั้งท่อกรุและหัวลอย

การติดตั้งท่อกรุบ่อบาดาลแบบไม่เติมกรวดจะใช้ขบวนการเดียวกับการติดตั้งแบบบ่อเติมกรวดแต่จะเพิ่มการติดตั้งหัวลอย (รูปที่ 4) เพื่อให้ทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันการไหลย้อนกลับ (check valve) กันไม่ให้ซีเมนต์ที่จะอัดและน้ำโคลนที่อยู่ในหลุมเจาะไหลเข้าท่อกรุซึ่งหัวลอยจะอยู่ส่วนล่างสุดของการติดตั้งท่อกรุต่อเข้ากับท่อกรุโดยวิธีการขันเกลียวหรือการเชื่อม หัวลอยทำจากพีวีซีและมี ball ยางทำหน้าที่เป็น check valve โดยหล่อซีเมนต์หุ้มอยู่

หัวลอยที่ต่ออยู่ปลายล่างท่อกรุเมื่อติดตั้งเสร็จ จะต้องวางอยู่ที่ระดับเหนือชั้นน้ำที่เลือก หรืออยู่เหนือตำแหน่งที่จะวางท่อกรองอยู่ไม่น้อยกว่า 3 เมตร ทั้งนี้เผื่อว่าในการอัดซีเมนต์ซึ่งอัดผ่านหัวลอยนั้น จะมีน้ำปูนซีเมนต์บางส่วนถูกดันลงไปในหลุมเจาะซึ่งคาดว่าไม่เกิน 3 เมตร และน้ำปูนซีเมนต์เหล่านี้จะไปอุดชั้นน้ำ จึงควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งท่อกรองที่ระดับความลึกดังกล่าว

(3) งานอัดน้ำปูน (ซีเมนต์)

การอัดน้ำปูนในบ่อบาดาลมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้ผนังบ่อสัมผัสกับน้ำในชั้นน้ำบาดาลชั้นต่างๆ ที่ไม่ต้องการ เหมือนกับการผนึกผนังบ่อ การอัดน้ำปูนทำได้หลายวิธี สำหรับบ่อบาดาลระดับลึก (ลึกกว่า 400 - 500 เมตร) เป็นบ่อแบบไม่เติมกรวดจะมีวิธีดำเนินการโดยเฉพาะ ดังนี้

- ขณะที่ติดตั้งท่อกรุบ่อให้ติดตั้งหัวอัดน้ำปูนไว้ที่ก้นบ่อ (รูปที่ 5)
- ติดตั้งท่ออัดน้ำปูนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 ซม. (2.5 นิ้ว) โดยปลายท่อต้องไปบรรจบกับท่ออัดน้ำปูนโดยวิธีขันเกลียวหรืออัดแน่น
- สูบอัดน้ำโคลนผ่านท่อและหัวอัดน้ำซีเมนต์ เจือจางน้ำโคลนให้มีความหนืด 32 - 35 เซนติพอยต์ ตามวิธีวัดโดย marsh funnel
- เตรียมน้ำปูนโดยการผสมปูนผงและน้ำอัตราส่วน 1:1 ตามปริมาณที่คำนวณไว้และเพิ่มเติมอีกประมาณ 15 % อาจเติมผงเบนโทไนต์ 1 - 3 % เพื่อป้องกันการแข็งตัวเร็วของน้ำปูน
- สูบอัดน้ำซีเมนต์ด้วยเครื่องสูบแรงดันสูงและต่อเนื่องจนน้ำซีเมนต์เอ่อล้นขึ้นมาที่ระดับผิวดิน

รูปที่ 4 ตัวอย่างหัวลอย (Driscoll, 1987)

- ถอนท่ออัดน้ำซีเมนต์แล้วทำความสะอาดขณะถอนต้องสังเกตว่าไม่มีการไหลย้อนกลับของน้ำปูนเข้าท่อกรุ และมั่นใจว่าวาล์วปิดเปิดที่หัวอัดน้ำซีเมนต์ทำงานปกติ

จากนั้นก็ใช้หัวเจาะทำการเจาะเอา cement shoe ออก แล้วเจาะต่อลงไปอีกในความลึกที่ต้องการวางท่อกรองและท่อรับทรายต่อไป (รูปที่ 5)

(4) งานติดตั้งท่อกรองและท่อรับทราย

การกำหนดขนาดของท่อกรองและท่อรับทรายในบ่อชนิดไม่เติมกรวดนี้ ท่อกรองจะมีขนาดน้อยกว่าท่อกรุประมาณ 5 ซม.เพื่อความสะดวกในการติดตั้งการติดตั้งจะเป็นลักษณะการนำท่อรับทรายที่เชื่อมต่อกับท่อกรองเรียบร้อยแล้ว ไปวางในชั้นน้ำที่กำหนด โดยอาศัยการต่อท่อส่งหรือก้านนำจากปากบ่อ (รูปที่ 5)

8.5 ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลในหินแข็ง

ตามที่กล่าวในมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 เกี่ยวกับมาตรฐานบ่อน้ำบาดาลในหินแข็ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ บ่อน้ำบาดาลใส่ท่อกรุท่อกรองตลอดความลึกบ่อและบ่อน้ำบาดาลใส่ท่อกรุเฉพาะส่วนที่เป็นหินร่วนที่ไม่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำ และในหินแข็งซึ่งเป็นชั้นหินอุ้มน้ำจะไม่ใส่ท่อกรุท่อกรอง (open hole)

8.5.1 ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลที่ใส่ท่อกรุท่อกรองตลอดความลึกบ่อ

(1) หลุมเจาะมีขนาดเพียงพอที่จะใส่ท่อกรุท่อกรองให้มีช่องว่างระหว่างท่อกรุและผนังบ่อ 2.5 ซม.

(2) การลงท่อกรุท่อกรองมีขั้นตอนเช่นเดียวกับบ่อบาดาลชนิดเติมกรวด แต่เว้นช่องว่างระหว่างท่อกรุท่อกรองจะไม่เติมกรวด แต่จะผนึกดินเหนียวหรือซีเมนต์ในส่วนที่เป็นชั้นหินร่วนและผนึกซีเมนต์ช่วงความลึก 0-6 เมตร จากผิวดิน เพื่อป้องกันน้ำสกปรกไหลเข้าบ่อ สำหรับการลงท่อกรองให้ตรงกับชั้นให้น้ำ

(3) การเลือกชั้นน้ำบาดาล เป็นไปตามผลที่ได้จากการบันทึกข้อมูล ระหว่างการเจาะ และอาจใช้เครื่องหยั่งธรณีหลุมเจาะประกอบ

8.5.2 ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลที่เป็นแบบบ่อเปิด

(1) ใส่ท่อกรุบ่อหรือท่อกันพังเฉพาะที่เป็นหินร่วน ทั้งนี้โดยใช้ท่อกรุ ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูหลุมเจาะที่เป็นหินแข็ง

(2) ช่องว่างระหว่างท่อกรุกับผนังบ่อที่เป็นหินร่วน ผนึกด้วยดินเหนียวหรือซีเมนต์

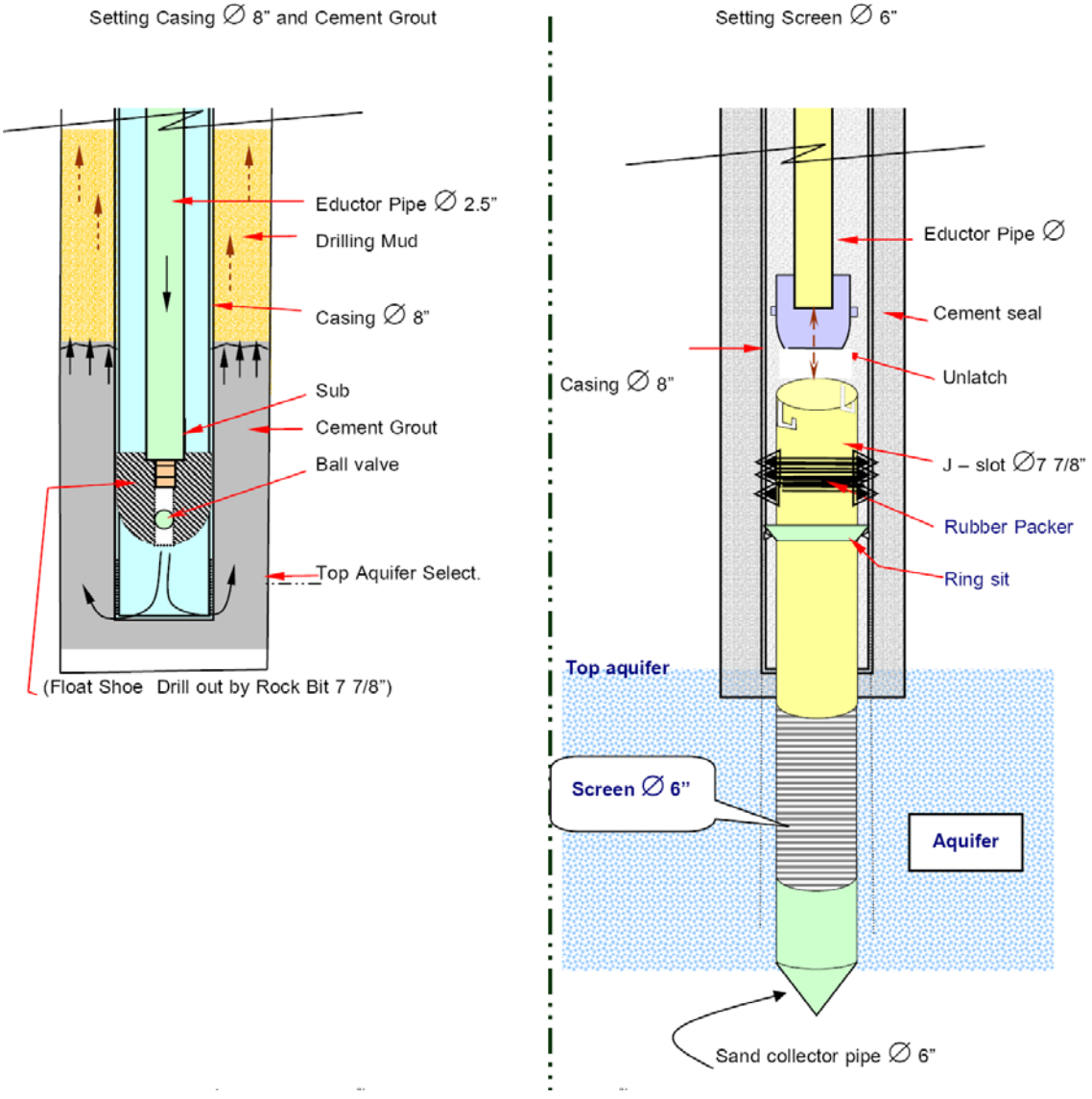
8.5.3 การก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลที่ชั้นน้ำมีแรงดันสูง

ชั้นน้ำบาดาลที่มีแรงดันสูงเมื่อเจาะถึงชั้นน้ำบาดาลแล้วน้ำจะพุหรือพุงขึ้นมา ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของหินหรือชั้นน้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาลมีแรงดันสูงมีทั้งน้ำร้อนและเย็น

การก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลเพื่อป้องกันไม่ให้นำไหลซึมจากข้างบ่อต้องมีการผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์ ตามวิธีที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อการอัดน้ำปูนและมีระบบป้องกันไม่ให้น้ำไหลล้นปากบ่อโดยมีระบบวาล์วปิด

9. ความปลอดภัย

ความปลอดภัยใช้มาตรฐานความปลอดภัยในมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล



รูปที่ 5 การอัดน้ำปูน (ซ้าย) การติดตั้งท่อกรองและท่อรับทราย (ขวา)
ของบ่อชนิดไม่เติมกรวด (Driscoll, 1987)

10. บุคลากร

10.1 บุคลากรสำหรับการออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลใช้ชุดเดียวกับมาตรฐานและคู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาลและมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

10.2 ผู้ชำนาญการเฉพาะควรมีคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน ทบ พ 3000-2550

11. เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548. คู่มือเทคโนโลยีการพัฒนาน้ำบาดาล โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนา ซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล และระบบประปาชนบท ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น, ศูนย์ทรัพยากรน้ำบาดาล ภาค 6 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2549, หน้า 50 - 52.

American Water Works Association [AWWA], 2003. Ground Water, Manual of Water Supply Practices, American Water Works Association, Denver.

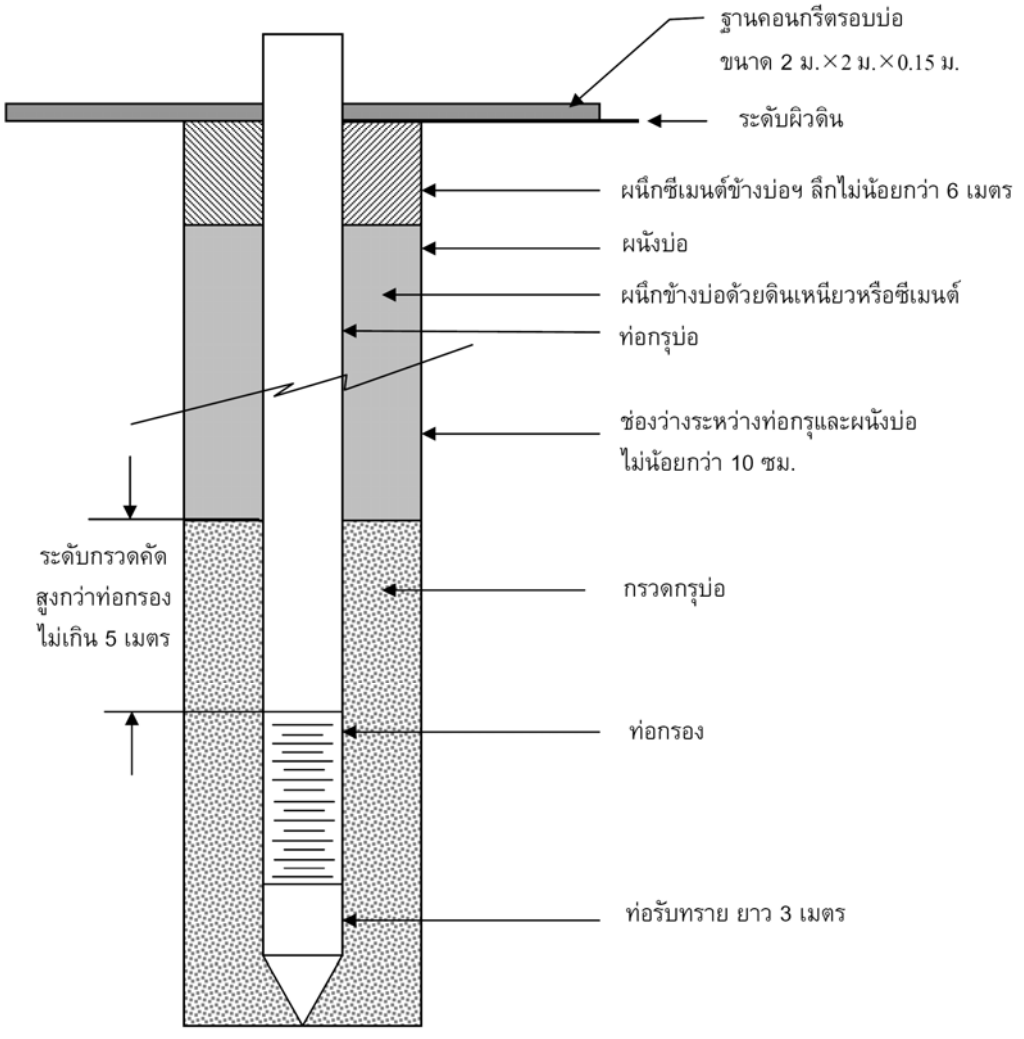
Driscoll, F.G., 1987. Groundwater and wells, 2nd Edition, Johnson Division St. Paul, Minnesota.

National Groundwater Association [NGWA], 1998, Manual of water well construction Practices Press, NGWA Press.

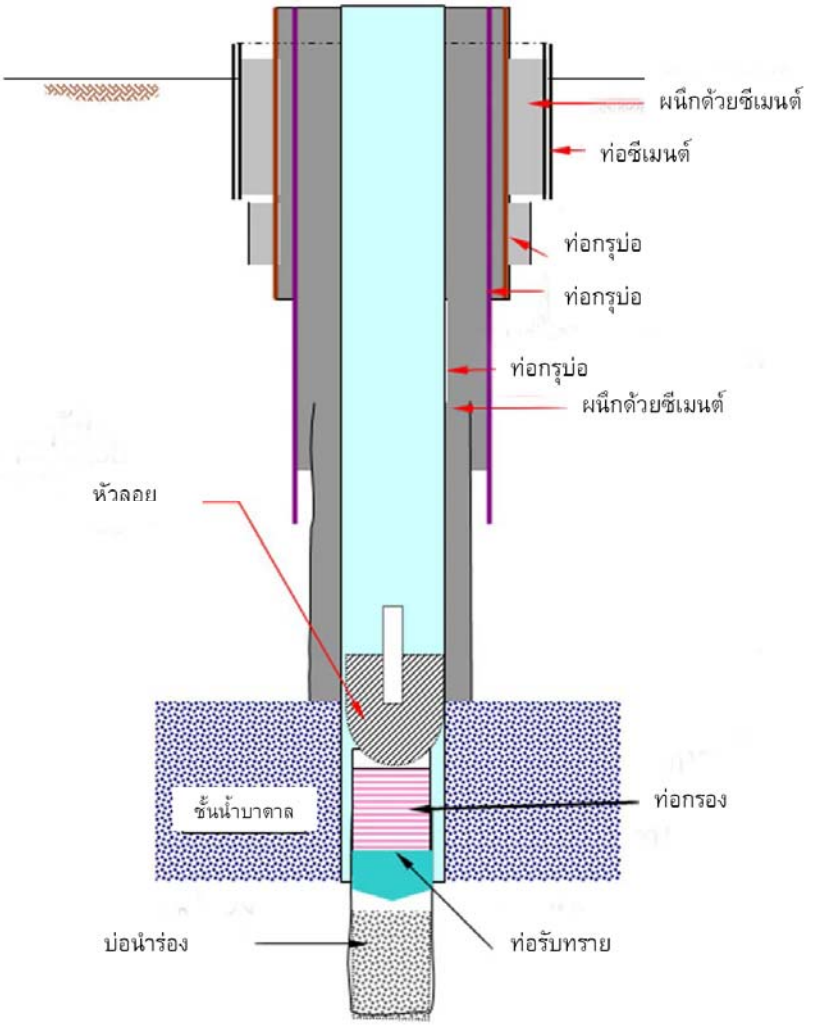
Todd, D.K., 1980. Groundwater Hydrology, 2nd Edition, John Willey and son.

12. ภาคผนวก

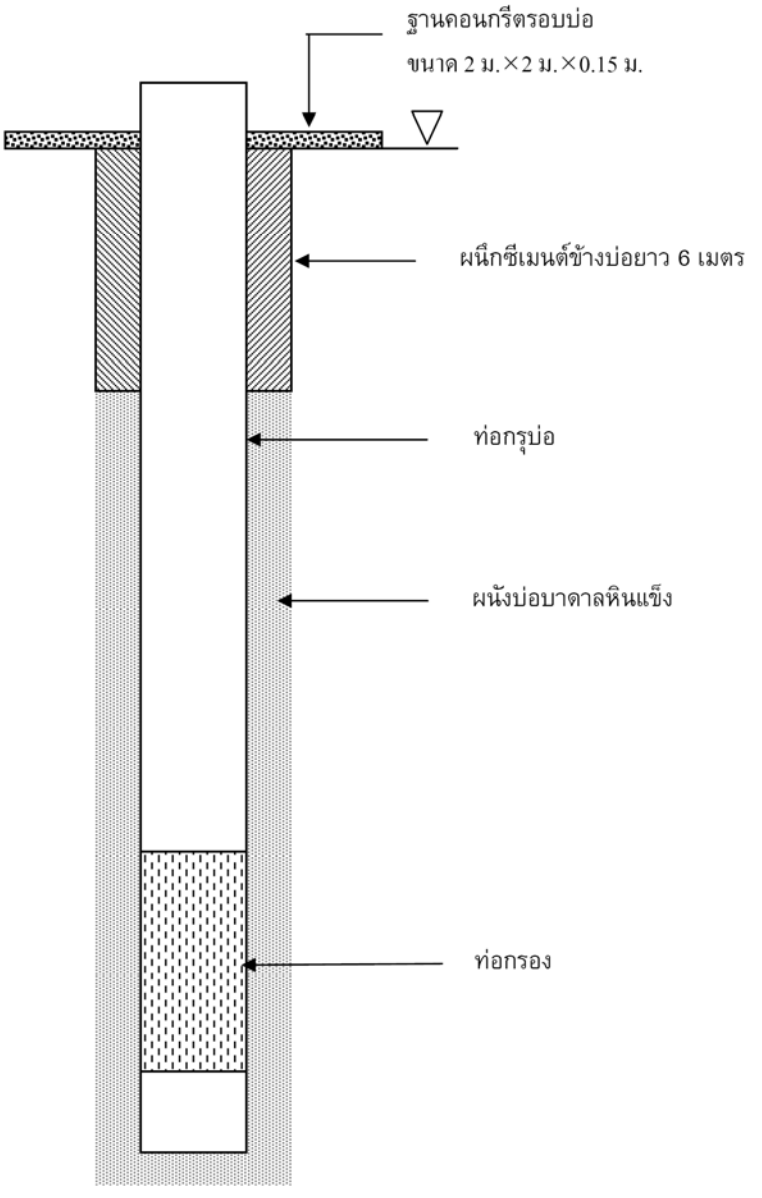
ตัวอย่างรูปแบบบ่อบาดาล (1) แบบกรุกรวด (2) แบบไม่เติมกรวด (3) บ่อน้ำบาดาลในหินแข็งชนิดใส่ท่อกรองตลอดความลึกบ่อ (4) บ่อน้ำบาดาลในหินแข็งชนิดบ่อเปิด (5) บ่อน้ำบาดาลในหินแข็งแบบที่มีแรงดันสูงและแบบบ่อเปิด และ (6) บ่อแบบลดขนาด



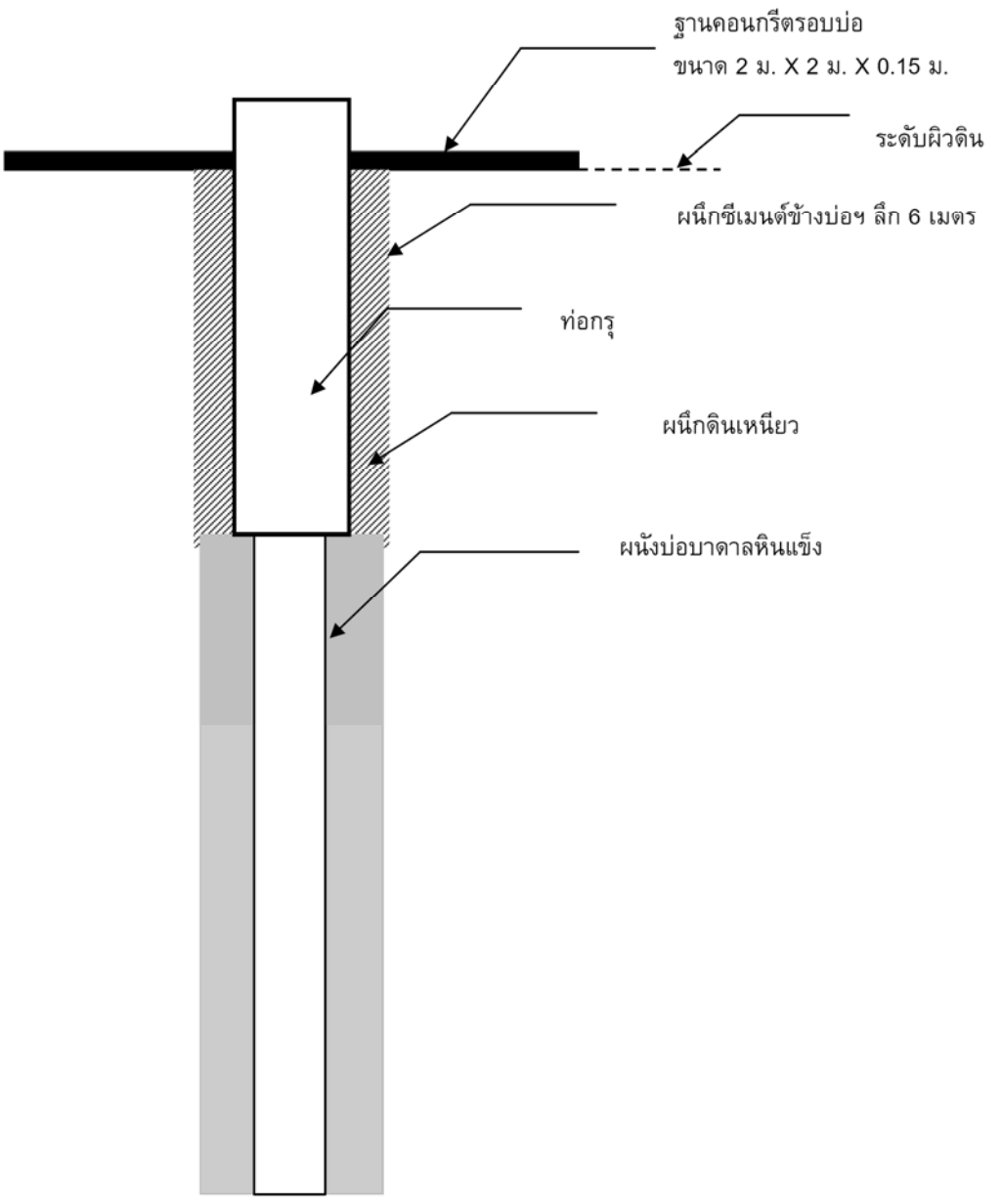
รูปที่ 1 ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาลแบบกรุกรวดของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล



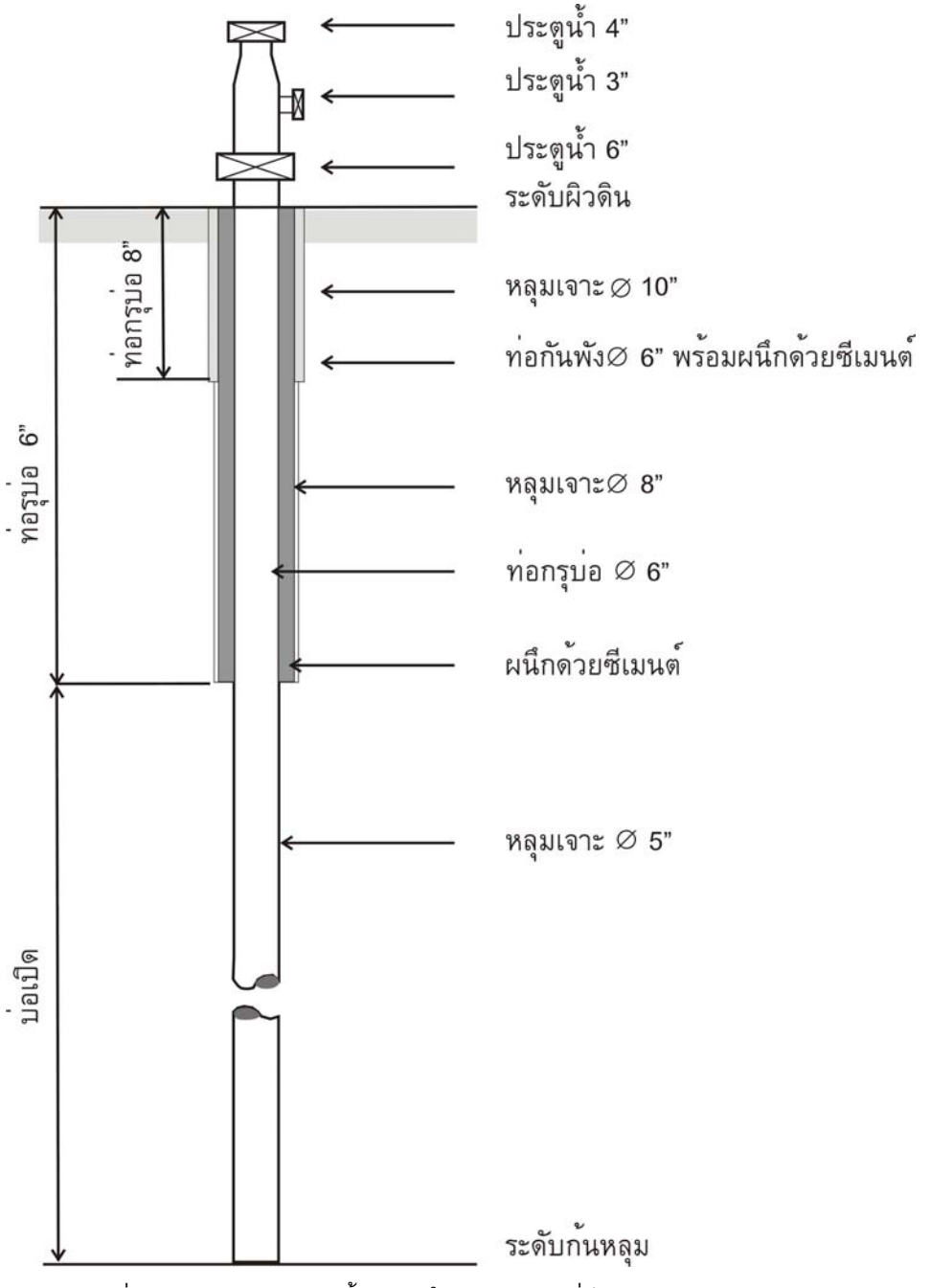
รูปที่ 2 ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาลแบบไม่เติมกรวด



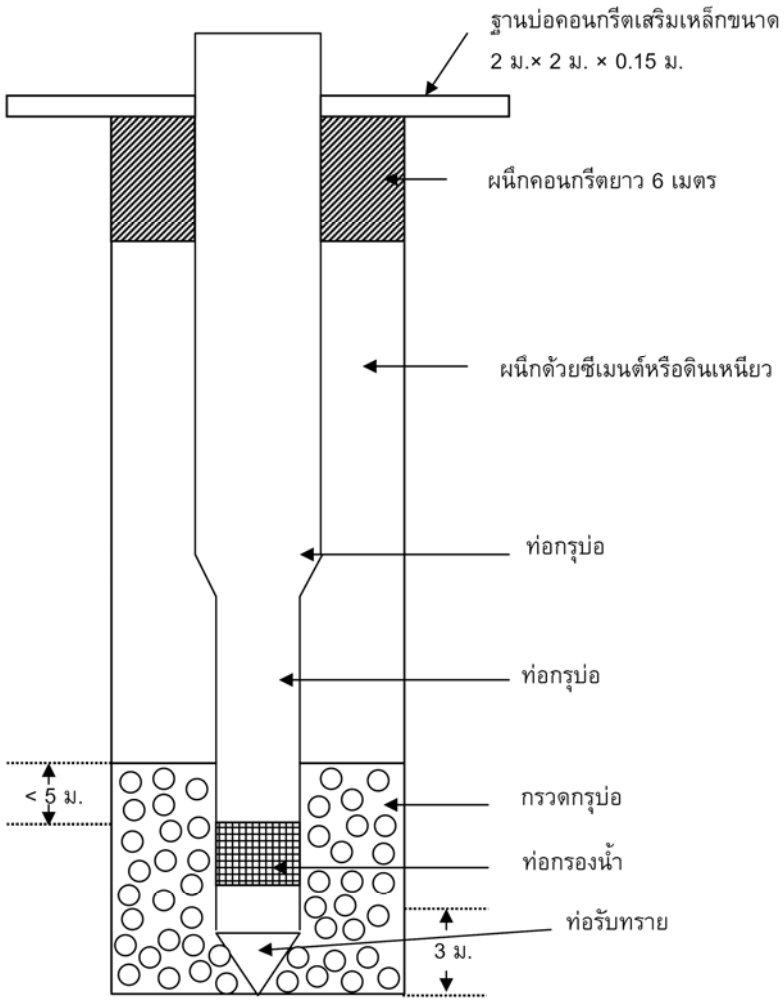
รูปที่ 3 ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาลในหินแข็งชนิดใส่ท่อกรองตลอดความลึกบ่อ



รูปที่ 4 ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาลในหินแข็งชนิดบ่อเปิด



รูปที่ 5 ตัวอย่างรูปแบบบ่อน้ำบาดาลในหินแข็งแบบที่มีแรงดันสูงและแบบบ่อเปิด



รูปที่ 6 ตัวอย่างรูปแบบบ่อแบบลดขนาด

คู่มือ ทบ พ 4000-2550
การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 4000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย (ก) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย (ป) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

คู่มือการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลได้รวบรวมขั้นตอนและวิธีการทั้งในด้านทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อให้การดำเนินงานถูกต้องตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ทำให้บ่อน้ำบาดาลมีคุณภาพและประสิทธิภาพการให้น้ำที่ดี ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน

2. ขอบเขต

2.1 คู่มือนี้จัดขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับพัฒนาบ่อน้ำบาดาลตามมาตรฐาน ทบ พ 4000-2550 หลังการเจาะ ออกแบบ และก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 และคู่มือ ทบ พ 3000-2550) และก่อนทำการทดสอบปริมาณน้ำ (มาตรฐาน ทบ พ 5000-2550)

2.2 แนวทางปฏิบัติที่กล่าวในคู่มือนี้ไม่ครอบคลุมความหมายความต้องรับผิดชอบและหรือมีพันธะใดๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น ทั้งนี้ หน่วยงานใดและหรือบุคลากรใดที่จะใช้คู่มือนี้ ต้องศึกษาทำความเข้าใจ และมีช่างผู้ชำนาญการในการปฏิบัติงาน

2.3 คู่มือนี้ครอบคลุมถึงการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลที่เจาะใหม่ บ่อเก่า และบ่อสังเกตการณ์

2.4 หน่วยวัดที่ใช้ในคู่มือนี้เป็นหน่วยวัดระบบเมตริก

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล :

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 1000-2550 กาasเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
- คู่มือเทคโนโลยีการพัฒนาน้ำบาดาล โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนา ซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล และระบบประปาชนบท ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (2548)

3.2 U.S. Geological Survey, 1997. Guidelines and Standard Procedures for Studies of Ground-Water Quality : Selection and Installation of Well,

and Supporting Documentation, Water-Resource Investigations Report 96-4233, Reston, Virginia.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล หมายถึง การดูแลรักษาหรือซ่อมบำรุงบ่อน้ำบาดาลเพื่อให้บ่อมีประสิทธิภาพการให้น้ำสูงสุด โดยการทำความสะอาดหรือซ่อมแซมบริเวณผนังบ่อเจาะซึ่งอาจจะมีการอุดตันจากกระบวนการเจาะหรือจากการเสื่อมสภาพเนื่องจากใช้งานมานาน ให้กลับเข้าสู่สภาพเดิมให้มากที่สุด ขณะเดียวกันการพัฒนาบ่อจะทำให้กรวดทราย (กรวดกรุ) หรือชั้นหินที่อยู่รอบๆบ่อ มีความโปร่ง ปราศจากสิ่งอุดตัน ทำให้น้ำสามารถไหลผ่านเข้าบ่อได้ดี

4.2 ท่อกรอง (well screen) หมายถึง ท่อที่มีช่องว่างให้น้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำไหลเข้าบ่อน้ำบาดาล มีทั้งแบบพันด้วยลวดและแบบเซาะร่อง

4.3 ระดับน้ำปกติ (static water level) คือระดับน้ำในบ่อบาดาล ที่ยังไม่ถูกกระทบจากการสูบน้ำบาดาลซึ่งจะมีความดันที่ผิวน้ำเท่ากับความดันของบรรยากาศ

4.4 ระยะน้ำลด (drawdown) คือ ระยะที่ระดับน้ำบาดาลลดลงจากระดับปกติ เนื่องจากการสูบน้ำออกจากบ่อน้ำบาดาล

5. วัตถุประสงค์

เพื่อให้บ่อน้ำบาดาลที่เจาะและก่อสร้างมีขีดความสามารถผลิตน้ำได้สูงสุดและอื่นๆ ดังนี้

5.1 การพัฒนาบ่อจะทำให้คุณสมบัติแรงดันน้ำธรรมชาติ (natural hydraulic properties) บริเวณผนังหลุมเจาะ (borehole wall) ในชั้นน้ำบาดาล (aquifer) ที่ได้รับผลกระทบจากขบวนการเจาะบ่อให้กลับสู่สภาวะสูงสุดหรือใกล้เคียงกับแรงดันน้ำธรรมชาติเดิม และการพัฒนาบ่อ จะทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดทรายรอบๆ ท่อกรอง (well screen) มีสภาพโปร่ง ทำให้การไหลของน้ำเข้าสู่บ่อน้ำบาดาลคล่องตัวยิ่งขึ้น ทำให้บ่อน้ำบาดาลมีประสิทธิภาพการให้น้ำสูง ลดโอกาสการอุดตันของท่อกรอง การตกตะกอนที่ก้นบ่อ ทำให้อายุการใช้งานของบ่อยืนยาว

5.2 บ่อที่มีประสิทธิภาพการให้น้ำที่ดีมีระยะน้ำลด (drawdown) น้อย ช่วยให้ประหยัดค่าพลังงานในการสูบน้ำ

5.3 การพัฒนาบ่อที่ดีจะทำให้ปราศจากตะกอนทรายเข้าบ่อขณะสูบน้ำ เป็นการป้องกันเครื่องสูบน้ำไม่ให้เกิดความเสียหาย

5.4 เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับกำหนดอัตราสูบที่เหมาะสมในการทดสอบปริมาณน้ำ

อย่างไรก็ตาม ถ้าการเจาะบ่อบาดาล หรือการออกแบบและก่อสร้างบ่อบาดาลหรือการใส่ท่อกรุท่อกรองไม่ดีจะพัฒนาบ่อด้วยวิธีใดๆ ก็ไม่สามารถทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานของบ่อบาดาลนั้นดีขึ้นได้

6. เครื่องจักรกลและอุปกรณ์

เครื่องจักรกลและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ส่วนใหญ่เป็นชุดเดียวกับชุดเจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล ซึ่งแต่ละประเภทเครื่องเจาะ จะเหมาะสำหรับแต่ละวิธีพัฒนาบ่อที่แตกต่างกันหรืออาจจะใช้ร่วมกันได้ สิ่งที่สำคัญ คือ อุปกรณ์สำหรับแต่ละวิธีซึ่งได้สรุปไว้ในตารางที่ 1

7. ขั้นตอนในการดำเนินงาน

การพัฒนาบ่อเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อให้บ่อที่เจาะลงท่อกรุท่อกรองเสร็จแล้วได้มาตรฐานและมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นก่อนดำเนินงานควรพิจารณาข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 1 เครื่องมือและอุปกรณ์ใช้สำหรับการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

วิธีการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล	รายการเครื่องมือและอุปกรณ์	
	อุปกรณ์หลัก	อุปกรณ์เฉพาะ
1. การตักน้ำ (bailing)	ตามรายการเครื่องจักรกลและอุปกรณ์เจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล แบบเจาะกระแทก หรือแบบเจาะหมุนตรง ตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550	- กระบอกตักน้ำ ทำด้วยโลหะ ขนาดเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางในของท่อกรอง ประมาณ 51 มม. (2 นิ้ว) ความยาว 1 - 6 ม.
2. การเป่ากวนน้ำและสูบออกด้วยลม (air surging and lifting)	ตามรายการเครื่องจักรกลและอุปกรณ์เจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล แบบเจาะหมุนตรงหรือแบบเจาะหมุนดูดกลับ ตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550	- เครื่องอัดลม (air compressor) ขนาด ไม่น้อยกว่า 7 กก/ตร.ซม. (102 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ปริมาณลมไม่น้อยกว่า 420 ลบ.ม./ชม. (220 ลูกบาศก์ฟุต/นาที) - ท่อลมขนาด (air line) ขนาด ∅ 13 - 102 มม. - ท่อสูบน้ำ (eductor pipe) ขนาด ∅ 51 – 305 มม.
3. การอัดและดึงน้ำด้วยลูกสูบ (mechanical surging)	ตามรายการเครื่องจักรกลและอุปกรณ์เจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล แบบเจาะหมุนตรงหรือแบบเจาะหมุนดูดกลับ ตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550	- ลูกสูบ (plunger หรือ surge block) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก กระชับกับเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อกรุบ่อ - เครื่องอัดลม ขนาดแรงดัน ไม่น้อยกว่า 7 กก./ตร.ซม. (7 บาร์ หรือ 102 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ปริมาณลมไม่น้อยกว่า 420 ลบ.ม./ชม. (220 ลูกบาศก์ฟุต/นาที) - ท่อลมขนาด ขนาด ∅ 13 - 25 มม. - ก้านเจาะหรือท่อสูบน้ำ ขนาด ∅ 51 - 102 มม.
4. การดึงน้ำด้วยกระบอกกวาด (swabbing)	ตามรายการเครื่องจักรกลและอุปกรณ์เจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล แบบเจาะกระแทก หรือแบบเจาะหมุนตรง ตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550	- ตัวกวาด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก มีความกระชับกับเส้นผ่าศูนย์กลางในท่อกรอง ส่วนกระบอก มีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางในของท่อกรอง ประมาณ 51 มม. (2 นิ้ว) - เครื่องอัดลมขนาดแรงดันไม่น้อยกว่า 7 กก./ตร.ซม (7 บาร์ หรือ 102 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ปริมาณลมไม่น้อยกว่า 420 ลบ.ม./ชม. (220 ลูกบาศก์ฟุต/นาที) - ท่อลมขนาด ขนาด ∅ 13 – 25 มม. - ท่อสูบน้ำ ขนาด ∅ 51 - 102 มม.
5. การฉีดล้างด้วยลม (air jetting)	ตามรายการเครื่องจักรกลและอุปกรณ์เจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล แบบเจาะหมุนตรงหรือแบบเจาะหมุนดูดกลับ ตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550	- หัวฉีด (nozzle jetting tool) เป็นแบบ 4 รูฉีด (nozzle) แต่ละรู มีขนาด ∅ 4.7 – 13 มม. และหัวฉีดมีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อกรอง ประมาณ 25 มม. - เครื่องอัดลม ขนาดแรงดัน ไม่น้อยกว่า 14 กก ./ตร.ซม. (14 บาร์ หรือ 200 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ปริมาณลมไม่น้อยกว่า 420 ลบ.ม./ชม. (220 ลูกบาศก์ฟุต/นาที) - ท่อลม ขนาด ∅ 13 - 25 มม. - ก้านเจาะหรือท่อสูบน้ำ ขนาด ∅ 51 - 102 มม.

ตารางที่ 1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (ต่อ)

วิธีการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล	รายการเครื่องมือและอุปกรณ์	
	อุปกรณ์หลัก	อุปกรณ์เฉพาะ
6. การฉีดล้างด้วยน้ำ (water jetting)	ตามรายการเครื่องจักรกลและอุปกรณ์เจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล แบบเจาะหมุนตรงหรือแบบเจาะหมุนดูดกลับ ตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550	- หัวฉีด (nozzle jetting tool) เป็นแบบ 4 รูฉีด (nozzle) แต่ละรู มีขนาด ∅ 4.7 – 13 มม. และหัวฉีดมีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อกรอง ประมาณ 25 มม. - เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง (reciprocating pump หรือ mud pump) ขนาดแรงดันน้ำไม่น้อยกว่า 7 กก/ตร.ซม. (102 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ปริมาณน้ำไม่น้อยกว่า 10 ลบ.ม./ชม. (5.3 ลูกบาศก์ฟุต/นาที) - เครื่องอัดลม ขนาดแรงดันไม่น้อยกว่า 7 กก./ตร.ซม. (7 บาร์ หรือ 102 ปอนด์/ตารางนิ้ว) และปริมาณลมไม่น้อยกว่า 420 ลบ.ม./ชม. - ท่อลม ขนาด ∅ 13 - 25 มม. - ก้านเจาะหรือท่อสูบน้ำ ขนาด ∅ 51 - 102 มม.
7. การสูบด้วยอัตราสูงกว่าอัตราให้น้ำของบ่อ (over pumping)	ตามรายการเครื่องจักรกลและอุปกรณ์เจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล แบบเจาะหมุนตรงหรือแบบเจาะหมุนดูดกลับ ตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550	- เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ (vertical turbine line shaft) พร้อมท่อสูบน้ำ ขนาด 102 - 305 มม. - เครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 90 - 260 แรงม้า - หัวเกียร์ (angle gear) ทดรอบ 1 : 2 - ประตูน้ำ เครื่องมือวัดความดัน อัตราการไหลของน้ำ (orifice หรือ weir) - อุปกรณ์วัดระดับน้ำในบ่อ (electric tape) - และอื่นๆ ตามอุปกรณ์การสูบทดสอบปริมาณน้ำ มาตรฐาน ทบ พ 5000-2550
8. ล้างย้อนกลับ (backwashing)	เหมือนข้อ 7.	เหมือนข้อ 7. หรือข้อ 2.

- ลักษณะของชั้นน้ำบาดาล
- วิธีการเจาะ
- ขนาดและความลึกของบ่อเจาะ
- ขนาดและช่วงความลึกของท่อกรุและท่อกรองที่ติดตั้ง
- ชนิดของท่อกรุและท่อกรองประเภทท่อกรอง
- การผนึกข้างบ่อ
- สภาพพื้นที่
- สภาพอากาศ
- แหล่งน้ำจืดสะอาดที่สามารถหาได้ในบริเวณใกล้เคียง
- ในกรณีเป็นบ่อเก่าซึ่งสูบใช้งานมาก่อนให้ตรวจสอบระดับน้ำปกติ ปริมาณการให้น้ำของบ่อ หรืออัตราการสูบ ระยะน้ำลด และคุณภาพน้ำที่สูบได้

ขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 1 และการเลือกวิธีการพัฒนาบ่อที่เหมาะสมสรุปไว้ในตารางที่ 2 ตัวอย่างการเลือกวิธีการพัฒนาบ่อ เช่น ถ้าบ่อบาดาลเจาะและก่อสร้างด้วยระบบเจาะหมุนตรงในชั้นน้ำหินร่วนโดยใช้น้ำโคลนช่วยเจาะ ติดตั้งท่อกรุท่อกรองพีวีซีในชั้นน้ำที่หนา ระยะท่อกรองยาวหรือหลายช่วงความลึก วิธีการพัฒนาที่เหมาะสมมี 3 วิธี ได้แก่ การตักน้ำ การเป่ากวนน้ำและสูบออกด้วยลม และการฉีดล้างด้วยน้ำ ระหว่างดำเนินงานต้องบันทึกผลการปฏิบัติงานตามแบบรายงานการเจาะประจำวัน (มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550)

7.1 การพัฒนาบ่อบาดาลด้วยวิธีการตักน้ำ

การพัฒนาบ่อบาดาลด้วยวิธีการตักน้ำโดยใช้กระบอกตัก (bailer) ซึ่งทำจากท่อเหล็กเหนียว (mild steel) หรือเหล็กไร้สนิม (stainless steel) มีลักษณะรูปทรงกระบอกมีความยาว 1-6 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อกรองไม่เกิน 51 มม. (2 นิ้ว) ปลายก้นของกระบอกตักจะติดลิ้นกันกลับไว้ (รูปที่ 2) ที่ส่วนบนของกระบอกตักมีหูต่อกับลวดสลิงไปยังกว้านของเครื่องเจาะ

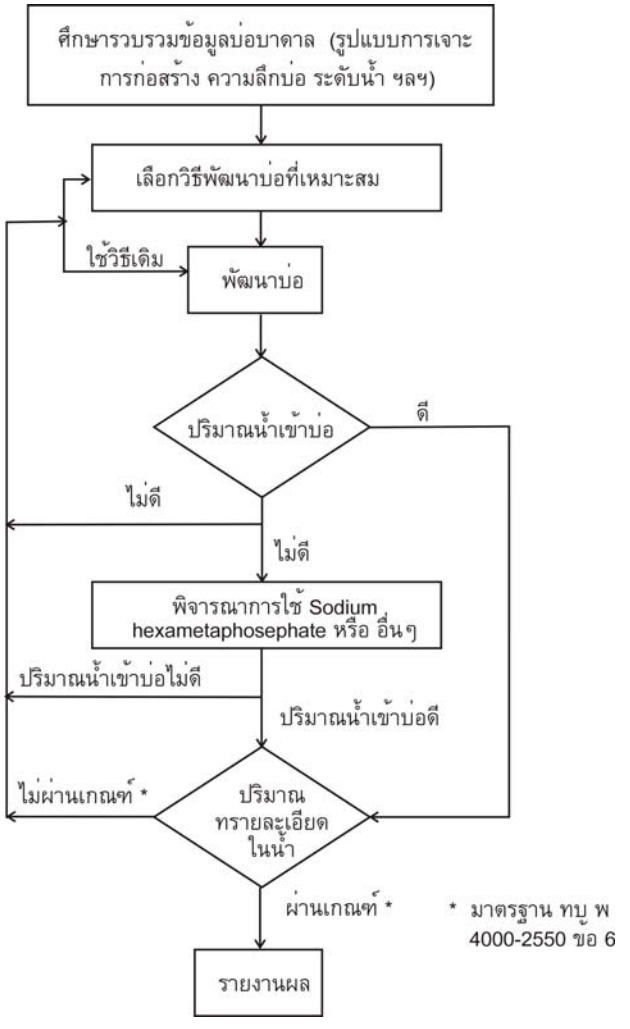
หย่อนกระบอกตักน้ำลงในบ่อบาดาลจนถึงก้นบ่อแล้วตักน้ำออกหรือหย่อนลงที่ระดับใต้ท่อกรองแล้วดึงขึ้นและหย่อนลงในช่วงความลึกของท่อกรอง จังหวะที่ดึงกระบอกตักน้ำจะถูกดึงจากชั้นน้ำบาดาลผ่านกรวดกรุและผ่านช่องเปิดของท่อกรองพาเอาน้ำโคลนหรือทรายละเอียดเข้ามาในบ่อ ขณะเดียวกับจังหวะที่หย่อนลง น้ำจะถูกดันผ่านช่องเปิดของท่อกรองกรวดกรุและผนังหลุมเจาะของชั้นน้ำบาดาล

การกระทำดังกล่าวจะทำให้น้ำโคลนและทรายละเอียดในกรวดกรุหลุดเข้าในบ่อ ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดกรุโปร่ง น้ำไหลเข้าบ่อได้ดี และเกิดการจัดขนาดการเรียงตัวของเม็ดกรวดทราย และกั้นไม่ให้ทรายละเอียดเข้าบ่อได้อีก

ในกรณีที่ลงท่อกรองไว้หลายช่วงความลึก ควรจะพัฒนาท่อกรองที่อยู่บนสุดก่อน จากนั้นจึงพัฒนาท่อกรองที่อยู่ลึกถัดไป เมื่อสิ้นสุดการพัฒนาท่อกรองท่อนสุดท้ายแล้วจึงทำการหย่อนกระบอกตักจนถึงก้นบ่อเพื่อตักเก็บตะกอนน้ำโคลนและทรายละเอียดออกให้หมดจนได้ระดับความของลึกจริงของบ่อและตักได้น้ำใสปราศจากตะกอนขุ่นหรือทรายเจือปน

การพัฒนาบ่อด้วยกระบอกตักนี้เหมาะสำหรับชุดเจาะกระแทกเพราะมีเครื่องมืออุปกรณ์และกระบอกตัก (bailer) ประจำในชุดเจาะและมีขีดความสามารถที่เหมาะสมกว่าเครื่องเจาะอื่นๆ

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาบ่อโดยการตักน้ำนั้น เป็นเพียงวิธีขั้นพื้นฐาน อุปกรณ์และกรรมวิธีไม่สลับซับซ้อน และมีข้อจำกัด เหมาะสำหรับบ่อน้ำบาดาลที่มีปริมาณการสูบน้ำไม่มาก และติดตั้งเครื่องสูบน้ำมือโยกหรือเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มขนาดเล็ก (submersible pump)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

ตารางที่ 2 การเลือกวิธีพัฒนาบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม

ข้อมูลของการเจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล											วิเคราะห์เลือกการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม							
เครื่องเจาะที่ใช้พัฒนา	ชั้นน้ำบาดาล		ระบบน้ำหมุนเวียนการเจาะ				วัสดุท่อกรุท่อกรอง		ช่วงความลึกท่อกรอง		วิธีการพัฒนา							
	หินร่วน	หินแข็ง	ไม่ใช้	น้ำ	โคลน	ลม	เหล็ก	พี วี ซี	ช่วงเดียว	หลายช่วง	1	2	3	4	5	6	7	8
กระแทก		△	△				△		△		□			□			□	
		△	△				△			△	□			□				
		△	△					△	△		□						□	
		△	△					△		△	□							
หมุนตรง	△				△		△		△		□	□	□	□	□	□	□	□
	△				△		△			△	□	□		□	□	□		
	△				△			△	△		□	□				□	□	□
	△				△			△		△	□	□				□		
		△		△			△		△		□	□	□	□	□	□	□	□
		△		△			△			△	□	□		□	□	□		
		△		△				△	△		□	□				□	□	□
		△		△				△		△	□	□				□		
		△				△	△		△		□	□	□	□	□	□	□	□
		△				△	△			△	□	□		□	□	□		
		△				△		△	△		□	□				□	□	□
		△				△		△		△	□	□				□		
หมุนดูดกลับ	△				△		△		△			□	□		□	□	□	□
	△				△		△			△		□			□	□		
	△				△			△	△			□				□	□	□
	△				△			△		△		□				□		
		△		△		△	△		△			□	□		□	□	□	□
		△		△		△	△			△		□			□	□		
		△		△		△		△	△			□				□	□	□
		△		△		△		△		△		□				□		

หมายเหตุ : **1** = การตักน้ำ (bailing) **2** = การเป่าอัดกวนน้ำและสูบออกด้วยลม(air surging and lifting)

3 = การอัดและดึงน้ำด้วยลูกสูบ (mechanical surging) **4** = การดึงน้ำด้วยกระบอกกวาด (swabbing)

5 = การฉีดล้างด้วยลม (air jetting) **6** = การฉีดล้างด้วยน้ำ (water jetting)

7 = การสูบด้วยอัตราสูงกว่าสูบใช้จริง (over pumping) **8** = การล้างย้อนกลับ (backwashing)

△ : ข้อมูลที่ได้จากการเจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล □ : วิธีการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม

◯ : แสดงขั้นตอนการเลือกวิธีการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม จากข้อมูลการเจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

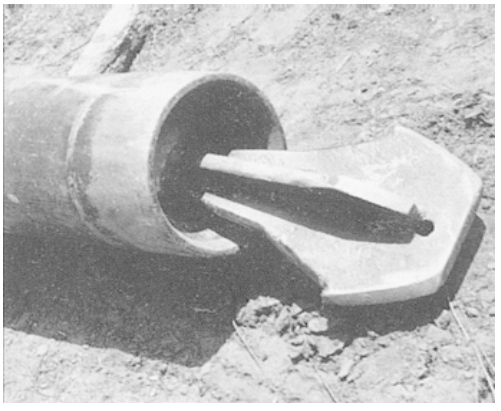
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

(1) กรณีบ่อน้ำบาดาลตื้นแต่มีระดับน้ำปกติลึก หรือมีค่าระยะน้ำลดมาก การพัฒนาบ่อด้วยวิธีเป่าอัดกวนน้ำและสูบออกด้วยลม จะไม่เหมาะสม

(2) กรณีบ่อน้ำบาดาล ที่ติดตั้งท่อกรองบ่อแบบเซาะร่อง การพัฒนาบ่อด้วยวิธีฉีดล้างด้วยน้ำหรือลม อาจจะไม่ค่อยเหมาะสม

(3) การวิเคราะห์เลือกวิธีพัฒนาที่เหมาะสม ใช้เกณฑ์พิจารณาเบื้องต้น จากอุปกรณ์ที่มีประจำอยู่ในแต่ละประเภทของเครื่องเจาะ เช่น ชุดเจาะกระแทกมักจะไม่มี

(4) เครื่องอัดลมและก้านเจาะอยู่ประจำ ชุดเจาะหมุนดูดกลับมักจะไม่มีระบบกว้านที่มีความเร็วสูง เป็นต้น



รูปที่ 2 ลิ้นกันกลับที่ปลายกระบอกตักน้ำ
(Driscoll, 1987)

7.2 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการเป่าอัดกวนน้ำและสูบออกด้วยลม

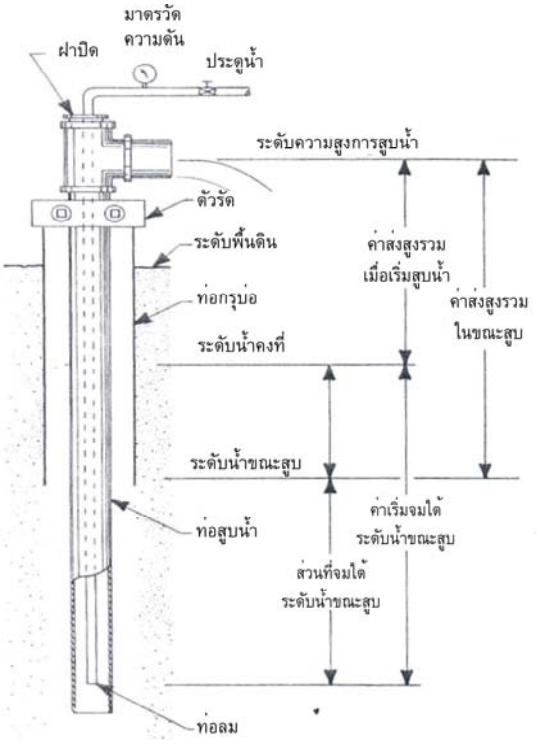
การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการเป่าอัดกวนน้ำและสูบออกด้วยลม (air surging and lifting) อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการพัฒนาบ่อ คือ เครื่องอัดลม ท่อลม (air line) และท่อสูบน้ำ (eductor pipe) ขนาดที่จะต้องใช้ขึ้นอยู่กับความลึกบ่อ ขนาดบ่อกับระดับน้ำปกติ ระดับความลึก ปริมาณที่ต้องการเป่า และวัสดุท่อกรุและท่อกรอง

การลงท่อสูบน้ำให้ปลายท่ออยู่ที่ระดับของท่อกรองและลงท่อลมในท่อสูบน้ำ (รูปที่ 3) ให้ปลายท่อลมอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำขณะสูบประมาณ 30 - 60 % ของความลึกของท่อลมทั้งหมดที่ติดตั้งในบ่อ

ส่วนปลายของท่อสูบน้ำ ควรออกแบบลักษณะเป็นหัวเจาะปีกเล็กๆ (เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเป่าเก็บทรายที่ก้นบ่อ) และเชื่อมด้านในเป็นตระแกรงขนาดประมาณ 13 มม. (0.5 นิ้ว) เพื่อความปลอดภัย ในกรณีที่ท่อลมเกิดหลุดขาดก็จะค้างอยู่ในท่อสูบน้ำ ส่วนที่ปากบ่อจะติดตั้งท่อสามทาง (T-head) พร้อมเกจ์วัดความดันและประตูน้ำสำหรับควบคุมการอัดลมเข้าตามความดันที่ต้องการและควบคุมการปิดเปิดน้ำขณะเป่าออก

เมื่อติดตั้งระบบเข้ากับเครื่องอัดลมแล้ว เริ่มต้นด้วยการอัดลมเข้าท่อลมแต่ปิดประตูน้ำไม่ให้น้ำออกทางท่อสูบน้ำ ปริมาณและแรงดันลมจะดันออกทางปลายท่อลมและดันน้ำส่วนหนึ่งขึ้นตามท่อสูบน้ำ (น้ำส่วนหนึ่งจะสะสมอยู่ในท่อสูบน้ำเพราะประตูน้ำปิด) จนกระทั่งแรงดันของน้ำและอากาศในท่อสูบน้ำเท่ากับแรงดันของน้ำที่ปลายท่อสูบน้ำ แรงดันของลมที่อัดจะค่อยๆ ดันน้ำที่อยู่ระหว่างช่องว่างท่อสูบน้ำและท่อกรุ จนถึงจุดที่ลมดันมีปริมาณที่สะสมมากพอก็จะดันน้ำที่สะสมไว้ขึ้นและออกทางปากบ่อ จังหวะที่น้ำกำลังจะขึ้นถึงระดับปากบ่อให้ทำการปิดลมไม่ให้เข้าท่อลม น้ำในส่วนที่กำลังจะออกที่ปากบ่อจะไหลกระแทกกลับลงบ่อและเกิดแรงดันให้น้ำโคลนและทรายละเอียดที่ค้างอยู่ในกรวดกรุ เกิดการแตกตัวและไม่เกิดการอัดแน่นของทราย (sand bridge) ในกรวดกรุและเมื่อสลับกับการเปิดประตูลมให้ลมดันเข้าไปในท่อลม (ซึ่งในระยะเวลาที่ปิดประตูลมให้น้ำไหลกระแทกกลับ เครื่องอัดลมจะสร้างแรงดันและปริมาณลมสะสมไว้ในถังอัดลม) แรงดันลมที่สูงและปริมาณที่สะสมมากขึ้นจะยกน้ำให้ขึ้นทางปากบ่ออย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำโคลนและทรายละเอียดถูกดึงเข้ามาในบ่อ

ดำเนินการตามวิธีที่ได้กล่าวนี้หลายๆ ครั้ง และดึงขยับปลายท่อสูบน้ำขึ้นมาครั้งละ 1 ม. แล้วดำเนินตามขั้นตอนดังกล่าวจนสุดความยาวของท่อกรอง อาจจะใช้เวลาประมาณ 1 ชม. หรือนานกว่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความลึกบ่อและขนาดบ่อน้ำบาดาลที่พัฒนา ในกรณีที่ติดตั้งท่อกรองไว้หลายช่วงควรจะทำการพัฒนาท่อนบนสุดก่อน แล้วจึงพัฒนา ที่อยู่ลึกถัดไปเรื่อยๆ เมื่อสิ้นการสุดพัฒนาท่อกรอง ท่อนสุดท้ายแล้ว จึงหย่อนท่อสูบน้ำให้ปลายท่ออยู่เหนือตะกอนทรายละเอียด ทำการเปิดประตูน้ำที่ท่อสูบน้ำและอัดลมเข้าทางท่อลม แรงดันและปริมาณลมจะอัดน้ำที่อยู่ในท่อลมและท่อสูบน้ำให้พ่นออกปากท่อสูบน้ำขณะที่เป่าเก็บทรายก้นบ่อทำการหมุนท่อสูบน้ำพร้อม



รูปที่ 3 การติดตั้งท่อสูบน้ำและท่อลมในบ่อน้ำบาดาล สำหรับการพัฒนาบ่อด้วยวิธีเป่าอัดกวนน้ำและสูบออกด้วยลม (Ingersoll-Rand, 1971)

ขยับขึ้นลงอย่างช้าๆ เพื่อให้ปลายท่อสูบน้ำที่เป็นหัวเจาะปีกเล็กๆ ทำหน้าคุ้ยตะกอน น้ำโคลน และทรายที่กันบ่อให้ฟุ้งกระจายทำให้การเป่าเก็บทรายในบ่ออย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว จนกระทั่งได้ความลึกถึงก้นบ่อและที่น้ำที่สูบออกปราศจากความขุ่นหรือทรายเจือปน

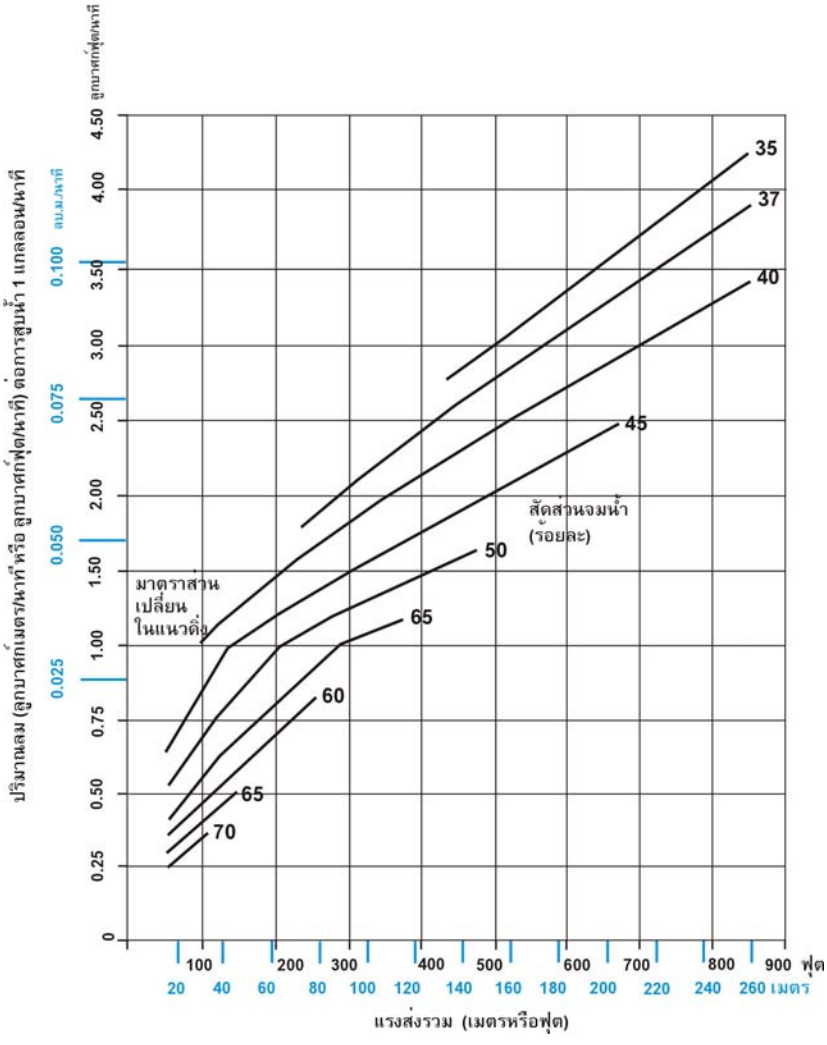
กรณีที่มีน้ำขุ่นและทรายเข้าบ่อมากในขณะพัฒนาท่อกรองช่วงบน และมีการตกตะกอนมากที่ก้นบ่อและอาจท่วมท่อกรองท่อนที่อยู่ลึกถัดไป ควรทำการเก็บทรายให้หมด ก่อนดำเนินการพัฒนาท่อกรองท่อถัดลงไปอีกเรื่อยๆ

การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลโดยวิธีเป่าอัดกวนน้ำสูบออกด้วยลมนี้ แม้จะเป็นวิธีที่ให้ผลดีแต่ก็ยังมีข้อจำกัด เมื่อระดับน้ำปกติอยู่ตื้นและระยะน้ำลดมาก ขณะพัฒนาหรือบ่อมีความลึกจำกัดจะทำให้ท่อสูบน้ำจมอยู่ใต้ระดับน้ำขณะสูบ (pumping submergence) น้อยกว่า 30% ทำให้ใช้เวลาในการพัฒนาบ่อนาน อีกทั้งการเริ่มต้นการเป่าดันน้ำต้องใช้แรงดันสูง เนื่องจากค่าแรงส่งสูงในบ่อมาก กรณีนี้จะทำให้ค่าใช้จ่ายในด้านแรงงาน พลังงาน ความสึกหรอของเครื่องมือและอุปกรณ์สิ้นเปลืองมากขึ้น

กำลังแรงดันและปริมาณลมที่ใช้จะเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาบ่อ โดยทั่วไปใช้แรงดันไม่น้อยกว่า 7 กก./ตร.ซม. (7 บาร์ หรือ 100 ปอนด์ / ตารางนิ้ว) สำหรับบ่อลึกประมาณ 80 ม. และปริมาตรลมประมาณ 6 - 10 เท่า ของปริมาณน้ำที่สูบออก เช่น ปริมาณน้ำที่สูบออก 70 ลบ.ม./ชม. ปริมาณลมที่ใช้ประมาณ 420 - 700 ลบ.ม./ชม. โดยความลึกของท่อลมจมในน้ำขณะสูบที่ระดับเหมาะสม (ประมาณ 60%)

ปริมาณลมที่ต้องใช้ในการสูบน้ำขึ้นอยู่กับแรงส่งสูงรวม (total pumping lift) ค่าความลึกของท่อลมจมในน้ำขณะสูบและพื้นที่หน้าตัดระหว่างท่อสูบน้ำและท่อกรุบ่อ (หรือระหว่างท่อลมกับท่อสูบน้ำ) ซึ่งสามารถประมาณได้จากกราฟในรูปที่ 4 ในกรณีบ่อลึกและระดับน้ำคงที่ลึก ปริมาณลมที่ใช้อาจเพิ่มเป็น 2 หรือ 3 เท่า ของปริมาณลมที่อ่านได้จากกราฟตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งจะทำให้น้ำที่สูบมีการไหลที่ราบเรียบและสม่ำเสมอ (steady flow)

ตัวอย่างการคำนวณความลึกท่อลมจมในน้ำขณะสูบ ปริมาณ และแรงดันลมที่ใช้ เช่น บ่อน้ำบาดาลลึก 124 ม. (405 ฟุต) ระยะท่อกรองลึก 110 -124 ม. (360 - 405 ฟุต) ขนาดท่อกรองบ่อ 254 มม. (10 นิ้ว) ระดับน้ำคงที่ 30.5 ม. (100 ฟุต) ประเมินอัตราการสูบน้ำที่ 136 ลบ.ม./ชม (600 แกลลอน/นาที) และให้ระดับน้ำขณะสูบ 61 ม. (200 ฟุต) ดูรูปที่ 5



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าปริมาณลมที่ต้องใช้ต่อการสูบน้ำ 1 แกลลอน/นาที ที่มีค่าแรงส่งรวม และความลึกของท่อลมจมในน้ำขณะสูบ (%) แตกต่างกัน (ดัดแปลงจาก Ingersoll-Rand, 1971)

ขั้นตอนการพิจารณาและคำนวณขนาดอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะต้องใช้จะเป็นดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกขนาดท่อลมและท่อสูบน้ำ (ถ้าจำเป็น) และเมื่อพิจารณาในตารางที่ 3 จะได้ขนาดของท่อลมและท่อสูบน้ำที่เหมาะสม คือ ขนาด 76 มม. (3 นิ้ว) และ 203 มม. (8 นิ้ว) ตามลำดับ จะเลือกใช้ท่อลมที่มีขนาดเล็กกว่าก็ได้แต่ต้องใช้กำลังแรงลมมากขึ้นเพราะต้องต้านแรงเสียดทานในเส้นท่อที่สูงขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อพิจารณาจากความลึกบ่อและช่วงความลึกท่อกรองแล้วสามารถติดตั้งท่อสูบน้ำที่ความลึก 122 ม. (400 ฟุต) และท่อลมลึก 121 ม. (395 ฟุต) เพื่อให้ได้ค่าความลึกของท่อลมจมในน้ำขณะสูบที่ดีที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าความลึกของท่อลมจมใต้ระดับน้ำขณะสูบ ดังนี้

ความลึกของท่อลมจมในน้ำขณะสูบ (%)
= (ช่วงความยาวท่อลมที่จมน้ำขณะสูบ x 100) / ความยาวรวมของท่อลม
= [(121 - 61) x100] / 121 = 49.59 %
(ประมาณ 50%)

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณปริมาณลมที่ต้องการใช้ในการสูบน้ำจากค่าแรงส่งสูงรวม 61 ม. (200 ฟุต)

ตัวอย่างการใช้กราฟในรูปที่ 4 เช่น ให้ค่าความลึกของท่อลมจมในน้ำขณะสูบประมาณ 50% อ่านปริมาณลมที่ต้องใช้ 0.28 ลบ.ม./นาที (1 ลูกบาศก์ฟุต/นาที) ต่อการสูบน้ำ 0.22 ลบ.ม./ชม. (1 แกลลอน/นาที) หรือแสดงว่าถ้าต้องการสูบน้ำ 136 ลบ.ม./ชม จะต้องใช้ปริมาณลม 168 ลบ.ม./นาที (ประมาณ 600 ลูกบาศก์ฟุต/นาที)

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาแรงดันลมขั้นต่ำที่ต้องใช้จากสูตร จะเป็นดังนี้

แรงลมขั้นต่ำที่ต้องใช้ (ปอนด์/ตารางนิ้ว)
= [ความยาวรวมท่อลม (ฟุต)
- ระดับน้ำคงที่ (ฟุต)] / 2.31
= (395 – 100) / 2.31
= 128 ปอนด์ / ตารางนิ้ว
= 9 กก./ตร.ซม.

แรงดันลมขั้นต่ำที่คำนวณได้ควรเผื่อค่าความปลอดภัย (safety factor) 25 %

ดังนั้น แรงดันลมที่ต้องการใช้
= 9 x 1.25 = 11.25 กก./ตร.ซม.

การประยุกต์วิธีพัฒนาบ่อเป็นแบบเป่าระเบิดน้ำและสูบออกด้วยลม (air bursting and lifting) เหมาะสำหรับบ่อที่ไม่ลึกมากและมีเครื่องอัดลมที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถพัฒนาบ่อในช่วงความลึกใดช่วงความลึกหนึ่งของท่อกรองได้โดยใช้ตัวอุดสองชั้น (double packer) ดังแสดงในรูปที่ 6

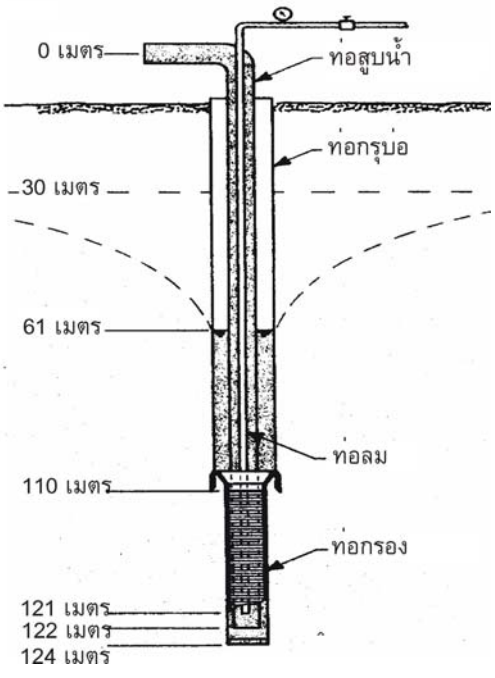
7.3 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการอัดและดึงน้ำด้วยลูกสูบ

การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการอัดและดึงน้ำด้วยลูกสูบ (mechanical surging) อุปกรณ์เฉพาะคือ ลูกสูบ (plunger หรือ surge block) ทำด้วยแผ่นเหล็กหรือไม้ที่มีความหนาและแข็งแรง (รูปที่ 7) เจาะรูขนาด 13 - 25 มม. (1/2 -1 นิ้ว) จำนวน 1 รู ประกับแผ่นยางหนา 10 - 20 มม. และมีขนาดกระชับกับเส้นผ่าศูนย์กลางในของท่อกรุ จำนวน 2- 4 แผ่น ส่วนบนลูกสูบจะประกบด้วยแผ่นยางบางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับลูกสูบทำหน้าที่เปิดปิดรูของลูกสูบ เมื่อดึงลูกสูบขึ้นรูนี้จะปิดเพื่อเพิ่มแรงดึงน้ำแต่จะเปิดขณะกดลงเพื่อลดแรงต้านของน้ำ

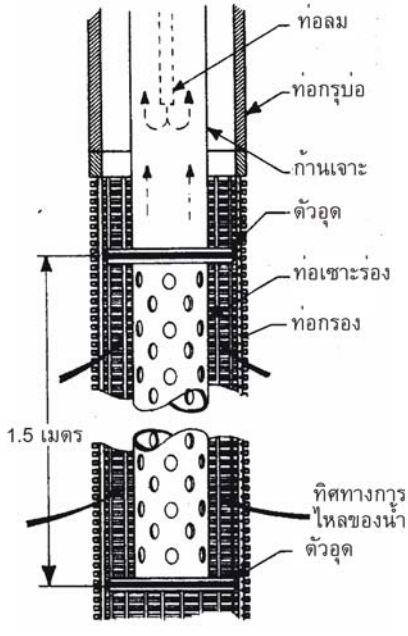
ตารางที่ 3 แสดงขนาดท่อสูบน้ำที่เหมาะสมสำหรับการสูบแบบใช้ท่อลม

อัตราการสูบ*		ขนาดท่อกรุบ่อ (สำหรับบ่อที่ต้องใส่ท่อสูบน้ำลงไปในบ่อ)		ขนาดท่อสูบน้ำ (หรือขนาดท่อกรุกรณีไม่ใช้ท่อสูบน้ำ)		ขนาดท่อลมที่เล็กที่สุดที่จะใช้ได้	
แกลลอน/นาที	ลบ.ม./วัน	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.
30-60	164 - 327	4	102 หรือใหญ่กว่า	2	51	1/2	13
60-80	327 - 436	5	127 หรือใหญ่กว่า	3	76	1	25
80-100	436 - 545	6	152 หรือใหญ่กว่า	3 1/2	89	1	25
100-150	545 - 818	6	152 หรือใหญ่กว่า	4	102	1 1/4	32
150-250	818 - 1,360	8	203 หรือใหญ่กว่า	5	127	1 1/2	38
250-400	1,360 - 2,180	8	203 หรือใหญ่กว่า	6	152	2	51
400-700	2,180 - 3,820	10	254 หรือใหญ่กว่า	8	203	3	64
700-1,000	3,820 - 5,450	12	305 หรือใหญ่กว่า	10	254	3	64
1,000-1,500	5,450 - 8,180	16	406 หรือใหญ่กว่า	12	305	4	102

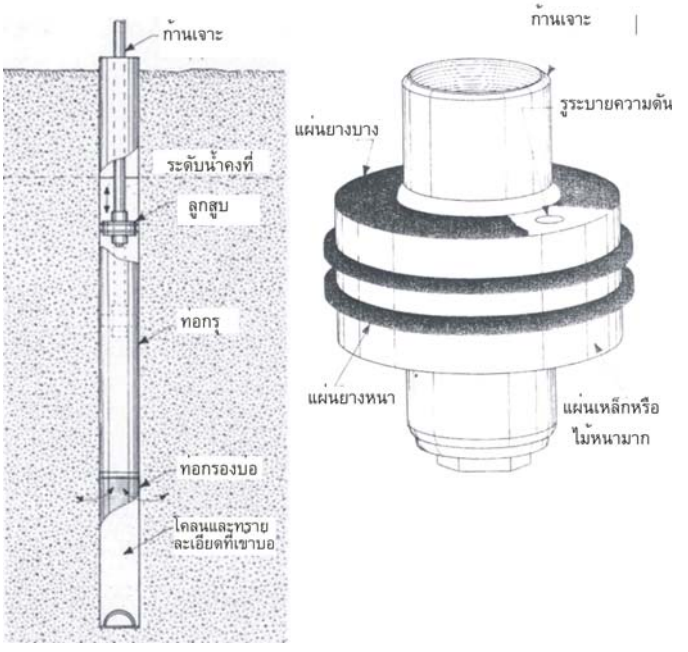
หมายเหตุ : * อัตราการสูบขึ้นอยู่กับร้อยละการจมของท่อลม (จาก Driscoll, 1987)



รูปที่ 5 ความลึกของท่อลมจมในน้ำขณะสูบ
(Driscoll, 1987)



รูปที่ 6 ตัวอุดสองชั้น
(Driscoll, 1987)



รูปที่ 7 ลักษณะของลูกสูบและการพัฒนาบ่อด้วยลูกสูบ (Driscoll, 1987)

ต่อลูกสูบเข้ากับก้านเจาะ (ในกรณีที่ใช้ลวดสลิง ลูกสูบต้องมีน้ำหนักเพียงพอที่จะดึงตัวเองลงขณะอัดน้ำ) หย่อนลูกสูบลงในบ่อน้ำบาดาลให้อยู่ที่ระดับ 3 – 4 ม. ใต้ระดับน้ำคงที่ (หลีกเลี่ยงตำแหน่งข้อต่อท่อ) ทำการกดและดึงลูกสูบขึ้นอย่างช้าๆ ขณะกดลง น้ำจะดันผ่านช่องเปิดท่อกรอง กรวดกรุ และผนังบ่อเจาะ ทำให้น้ำโคลนและทรายละเอียดแตกตัว สลายการอัดแน่นของทราย และมีการจัดเรียงตัวในกรวดกรุ และในขณะดึงขึ้น น้ำจะไหลพาน้ำโคลนและทรายละเอียดเข้าบ่อ ดำเนินการดังกล่าวหลายๆ ครั้ง แล้วจึงถอนลูกสูบออกจากบ่อ ทำการสูบน้ำขุ่นและตะกอนดินทรายในบ่อทิ้งโดยวิธีสูบด้วยลมหรือใช้กระบอกตักทำการพัฒนาบ่อดังกล่าวสลับกับการสูบน้ำขุ่นและตะกอนออกหลายๆ ครั้งจนน้ำที่สูบได้ใสปราศจากทรายหรือมีทรายเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจใช้เวลาในการพัฒนาบ่อเพียงไม่กี่ชั่วโมงจนถึงหลายวัน ถ้าเป็นบ่อน้ำบาดาลขนาดใหญ่หรือระยะท่อกรองยาวมาก

ข้อควรระวังสำหรับการพัฒนาบ่อด้วยวิธีนี้ คือ จังหวะการดึงลูกสูบขึ้นต้องกระทำอย่างช้าๆ เพราะถ้าเร่งความเร็วเกินไปอาจจะทำให้เกิดสภาพสุญญากาศข้างล่างของลูกสูบและเกิดแรงดึงกลับสูงมาก อาจจะส่งผลให้ปั้นจั่นและเครื่องเจาะพับหรือเสียหายได้ หากชั้นน้ำบาดาลประกอบด้วยดินเหนียวและทรายละเอียดมาก ดินเหนียวอาจถูกดันเข้าไปในกรวดกรุหรือในชั้นน้ำบาดาล มีโอกาสเกิดการอุดตันแน่น ความพรุนของชั้นน้ำจะลดลงทำให้ประสิทธิภาพของบ่อลดลงด้วย

7.4 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการดึงน้ำด้วยกระบอกกวาด

กรณีที่ติดตั้งท่อกรองหลายช่วงหรือยาว การพัฒนาบ่อด้วยวิธีการในข้อ 7.3 ได้ผลเฉพาะ

ท่อกรองท่อนบนเท่านั้น ดังนั้นจึงใช้กระบอกกวาด (swab) ในการพัฒนาบ่อแทน

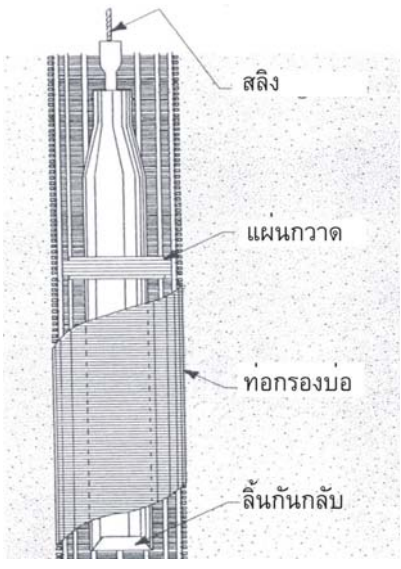
อุปกรณ์เฉพาะ คือ กระบอกกวาดเป็นกระบอกตักน้ำขนาด 76 - 102 มม. (3 - 4 นิ้ว) ยาวประมาณ 3 ม. มีน้ำหนักพอถ่วงในจังหวะหย่อนลง ลักษณะพิเศษคือปลายด้านบนของกระบอก ติดแผ่นยาง ขนาด 3 - 5 มม. หลายแผ่น (ประกับยึดด้วยแผ่นโลหะเหล็ก) มีขนาดเท่าเส้นผ่าศูนย์กลางในของท่อกรอง (รูปที่ 8)

ขั้นตอนการพัฒนาบ่อ คือ หย่อนกระบอกกวาดลงในบ่อน้ำบาดาลที่ระดับใต้ท่อกรอง ทำเครื่องหมายที่ลวดสลิงและดึงกระบอกกวาดขึ้นมาที่อยู่เหนือท่อกรองน้ำและทำเครื่องหมายที่ลวดสลิงทำการดึงและหย่อนกระบอกกวาดขึ้นลงในช่วงท่อกรอง

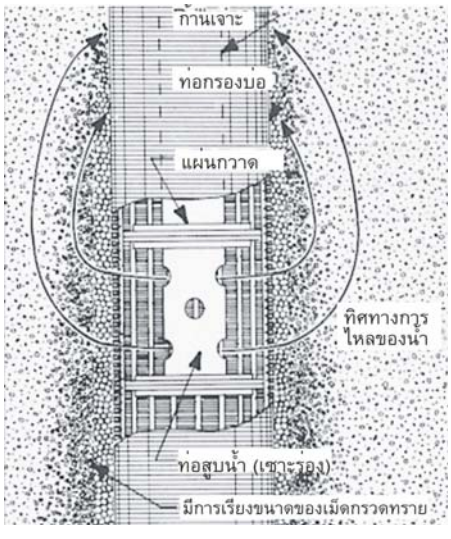
ตามตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้ ความเร็วในการดึงขึ้น ควรประมาณ 0.9 ม./วินาที ขณะดึงขึ้นน้ำจะวิ่งผ่านท่อกรองไปยังกรวดกรุ และจังหวะที่ลงน้ำโคลนและทรายละเอียดจะเข้าบ่อ กระทำดังกล่าวหลายๆ ครั้งและต่อเนื่อง สลับกับสูบน้ำขุ่นออก หยุดการพัฒนาบ่อ เมื่อสูบได้น้ำใสปราศจากตะกอนทราย

การพัฒนาบ่อด้วยวิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับบ่อที่ลงท่อกรุท่อกรองชนิดพีวีซี หรือชั้นน้ำบาดาลที่มีค่าความพรุนต่ำหรือท่อกรองถี่มีขนาดร่องเปิดไม่เกิน 0.25 มม. (0.010 นิ้ว หรือ #10)

มีการพัฒนาเป็นกระบอกกวาดสองชั้น (double-flanged swab) ทำการอัดน้ำ (รูปที่ 9) และยกสลับหย่อนกระบอกกวาดอย่างช้าๆ ซึ่งเป็นวิธีพัฒนาบ่อที่ได้ผลดีและสามารถเลือกพัฒนาเฉพาะช่วงความลึกได้ แต่มีข้อเสีย คือ ต้องมีน้ำจืดใสสะอาดใช้ในการดำเนินงาน



รูปที่ 8 กระบอกกวาด (Driscoll, 1987)



รูปที่ 9 การใช้กระบอกกวาดสองชั้นผสมกับการสูบอัดน้ำ (Driscoll, 1987)

7.5 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการฉีดล้างด้วยลม

การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการฉีดล้างด้วยลม (air jetting) มีอุปกรณ์เฉพาะ คือ หัวฉีด (nozzle jetting tool) เครื่องอัดลม ท่อลม (air line) และก้านเจาะหรือท่อสูบน้ำ ลักษณะของหัวฉีดจะมีรูสำหรับฉีดน้ำจำนวน 4 รู (รูปที่ 10) ทำจากโลหะเหล็กเหนียว ส่วนที่เป็นรูฉีด (nozzle) มักทำจากเหล็กไร้สนิม ขนาดของหัวฉีดต้องให้ได้ระยะห่างจากรูฉีดถึงผนังท่อกรองประมาณ 13 มม. (1/2 นิ้ว) รูเปิด (nozzle orifice) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 – 13 มม. (3/16 – 1/2 นิ้ว) ปลายล่างหัวฉีด จะมีลิ้นกันกลับ ท่อสูบน้ำใช้ก้านเจาะเพราะมีความแข็งแรงและสะดวก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 - 102 มม. (2 1/2 - 4 นิ้ว) โดยให้มีขนาดโตเพื่อลดแรงเสียดทานของลม

ตำแหน่งหัวฉีดให้ติดตั้งอยู่ใต้ระดับท่อกรอง อัดลมผ่านก้านเจาะ (ปิดประตูน้ำที่ก้านเจาะ) ให้ความเร็วและปริมาณลมพุ่งออกที่รูฉีด 45 – 90 ม./วินาที (ตารางที่ 4) ความดันลมที่ใช้ประมาณ 14 กก/ตร.ซม. (14 บาร์ หรือ 200 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ขณะอัดลม ให้หมุนและยกหัวฉีด ขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงเหนือระดับบนสุดของท่อกรองให้หมุนและหย่อนลงอย่างช้าๆ ถึงใต้ระดับล่างสุดของท่อกรอง ดำเนินการดังกล่าวหลายๆ ครั้งและต่อเนื่องสลับกับสูบน้ำขุ่นออกจากบ่อ โดยเปิดประตูน้ำที่ก้านเจาะ ดำเนินการซ้ำหลายๆ ครั้ง และหยุดเมื่อน้ำใสสะอาดปราศจากตะกอนทราย การพัฒนาบ่อด้วยวิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับท่อกรองพีวีซี

รูปที่ 10 ลักษณะของหัวฉีด (Driscoll, 1987)

ตารางที่ 4 ความเร็วและปริมาณลมต่อ 1 รูฉีด

ขนาดรูฉีด (มม.)	ความดันในแต่ละรูฉีด									
	7 กก./ตร.ซม. (100 ปอนด์/ตร.นิ้ว)		10.5 กก./ตร.ซม. (150 ปอนด์/ตร.นิ้ว)		14 กก./ตร.ซม. (200 ปอนด์/ตร.นิ้ว)		17.5 กก./ตร.ซม. (250 ปอนด์/ตร.นิ้ว)		21 กก./ตร.ซม. (300 ปอนด์/ตร.นิ้ว)	
	ความเร็ว (ม. /นาที)	อัตราการไหล (ลบ.ม. / วัน)	ความเร็ว (ม. /นาที)	อัตราการไหล (ลบ.ม. / วัน)	ความเร็ว (ม. /นาที)	อัตราการไหล (ลบ.ม. / วัน)	ความเร็ว (ม. /นาที)	อัตราการไหล (ลบ.ม. / วัน)	ความเร็ว (ม. /นาที)	อัตราการไหล (ลบ.ม. / วัน)
4.8	30.5	44	36.6	55	42.7	65	47.3	71	51.8	82
6.4	30.5	82	36.6	98	42.7	114	47.3	131	51.8	142
9.5	30.5	185	36.6	223	42.7	262	47.3	289	51.8	316
12.7	30.5	327	36.6	398	42.7	458	47.3	512	51.8	561

หมายเหตุ : ในทางปฏิบัติความเร็วและปริมาณลมที่พุ่งผ่านรูฉีดตามขนาดรูฉีดและแรงดันลมที่ใช้ต่อ 1 รูฉีด ควรเผื่อประมาณ 20% (จาก Driscoll, 1987)

7.6 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการฉีดล้างด้วยน้ำ

อุปกรณ์เฉพาะ ได้แก่ เครื่องสูบน้ำแรงอัดสูง (reciprocating pump) สำหรับอัดน้ำแทนการอัดด้วยลม ขั้นตอนเหมือนการดำเนินงานในข้อ 7.5 แตกต่างที่ใช้น้ำฉีดแทนลม ในกรณีท่อกรองพีวีซี ความดันลมที่ใช้ไม่ควรเกิน 7 กก./ตร.ซม. (7 บาร์ หรือ 100 ปอนด์/ตารางนิ้ว) การพัฒนาบ่อด้วยวิธีนี้มีข้อจำกัด คือ ต้องมีแหล่งน้ำจืดใสสะอาดเพื่อใช้ในการพัฒนาบ่อ

7.7 การสูบด้วยอัตราสูงกว่าอัตราให้น้ำของบ่อ

อุปกรณ์เฉพาะ คือ เครื่องสูบน้ำ ปกติแล้วจะใช้เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ (vertical line shaft pump) ขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ดีเซล (เพื่อสะดวกต่อการปรับอัตราการสูบที่แปรผันตรงกับรอบหมุนของเครื่องสูบน้ำ) หัวเกียร์ทดรอบหมุน 1 : 2 (เครื่องยนต์ : เครื่องสูบน้ำ) เลือกเครื่องสูบน้ำที่มีขนาดอัตราการสูบสูงกว่าอัตราที่ต้องการสูบใช้จริงประมาณ 50 % ในกรณีที่ไม่สามารถหาเครื่องยนต์และหัวเกียร์ได้นั้น สามารถใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนและใช้ประตูน้ำเป็นตัวควบคุมอัตราการสูบน้ำแทนการปรับรอบเครื่องยนต์ ปลายล่างของเครื่องสูบน้ำไม่ควรมีลิ้นกันกลับ (เช็ควาล์ว) เพื่อให้น้ำไหลกลับลงบ่อได้เมื่อหยุดสูบ

ควรติดตั้งท่อวัดระดับน้ำเพื่อสะดวกในการวัดระดับน้ำก่อนสูบและขณะสูบในแต่ละอัตราการสูบพัฒนา ทำการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ลงท่อดูดให้อยู่เหนือระดับท่อกรองน้ำ เริ่มสูบด้วยปริมาณน้อยๆ ในอัตราประมาณ 40 % ของอัตราที่ต้องการสูบจริง (ถ้ารอบของเครื่องยนต์สามารถทำงานได้) น้ำที่สูบได้ในช่วงแรกจะขุ่นมากและจะลดน้อยลงตามระยะเวลาสูบ ขณะทำการสูบพัฒนานั้น เมื่อน้ำเริ่มใสขึ้นให้หยุดสูบ เพื่อให้มวลน้ำไหลกระแทกกลับเข้าไปกวนในกรวดกรุ ทำให้น้ำโคลนและทรายละเอียดแตกตัวและเรียงตัวใหม่ กระทั่งน้ำที่สูบได้เริ่มใส มีทรายน้อยลง จึงเพิ่มอัตราการสูบให้สูงขึ้น คราวละ 20% และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อน้ำที่สูบได้ใสขึ้น และหยุดการสูบพัฒนาเมื่ออัตราการสูบที่ 120 % และน้ำที่สูบได้ใสปราศจากทราย หลังจากนั้นถอนเครื่องสูบน้ำและวัดความลึกก้นบ่อ ถ้าหากมีทรายตกสะสมมากให้ทำการเก็บทราย

ออกจากบ่อด้วยวิธีการตักน้ำ (bailing) หรือด้วยวิธีใช้ลม (air lifting)

ข้อเสียของการพัฒนาบ่อด้วยวิธีนี้ คือ ประสิทธิผลที่เกิดขึ้นอยู่ช่วงบนของท่อกรองเท่านั้น และขนาดของบ่อน้ำที่จะพัฒนาตั้งแต่ 152 มม. (6 นิ้ว) ขึ้นไป เนื่องจากจำกัดด้วยขนาดของหัวสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์

7.8 การพัฒนาบ่อบาดาลด้วยวิธีล้างย้อนกลับ

การพัฒนาบ่อบาดาลด้วยวิธีล้างย้อนกลับมีขั้นตอนเหมือนกับการพัฒนาบ่อบาดาลด้วยวิธีการสูบด้วยอัตราสูงกว่าอัตราให้น้ำของบ่อ (หัวข้อ 7.7) สิ่งที่ต้องเพิ่มเติม คือ ความถี่ของการหยุดสูบมากขึ้นเมื่อจังหวะน้ำถูกยกตัวถึงบริเวณปากบ่อให้หยุดสูบทันที เพื่อให้มวลน้ำไหลกระแทกกลับ ทำการสูบและหยุดสูบหลายๆ ครั้ง กระทั่งน้ำที่สูบได้ใสปราศจากทราย ทำการสูบน้ำทิ้งต่ออีกระยะเวลาหนึ่งแล้วถอนเครื่องสูบน้ำ เก็บทรายก้นบ่อ

ข้อควรระวัง คือ ก่อนทำการสูบสลับกับการหยุดสูบนั้นต้องให้น้ำที่สูบได้เริ่มใสเพราะว่าขณะน้ำขุ่นอาจจะมีทรายละเอียดทำให้เพลาเครื่องสูบน้ำติดขัด และห้ามสูบน้ำในขณะที่น้ำกำลังไหลย้อนกลับเพราะจะทำความเสียหายต่อเครื่องสูบน้ำ

การพัฒนาบ่อด้วยวิธีล้างย้อนกลับนี้สามารถใช้การสูบน้ำด้วยลมแทนการสูบด้วยเครื่องสูบน้ำ แต่ควรใช้ท่อสูบน้ำที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 102 มม. เพื่อให้มีมวลน้ำมากพอที่จะไหลกระแทกกลับลงไปในช่วงท่อกรอง

7.9 การใช้สารประกอบ โซเดียมเฮกซาเมตา ฟอสเฟส

การพัฒนาบ่อน้ำบาดาลในบางครั้งทำได้ลำบากและอาจจะต้องใช้เวลานานเนื่องจากช่างเจาะใช้น้ำโคลนที่มีความหนืดสูง (high viscosity) เกินไป หรืออาจจะเกิดจากชั้นหินอุ้มน้ำมีชั้นดินเหนียวและกระเปราะดินเหนียวแทรกสลับอยู่มาก ทำให้น้ำโคลนหรือดินเหนียวเหล่านี้จับตัวอยู่ในกรวดกรุหรืออาจจะเคลือบอยู่บริเวณผนังบ่อตรงตำแหน่งช่วงความลึกท่อกรองน้ำ เกิดการอุดตัน ดังนั้นโซเดียมเฮกซาเมตฟอสเฟส (sodium hexametaphosphate) จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ทำปฏิกิริยากับโคลนหรือดินเหนียวให้เกิดการแตกตัว

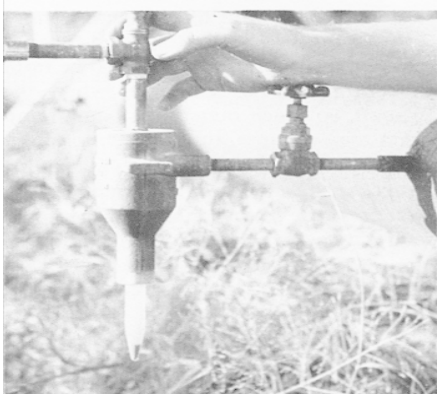
วิธีการ คือ ละลายเกล็ดของสารประกอบฟอสเฟสในอัตราส่วนสารฟอสเฟส 1.7 กก. ต่อ ปริมาณน้ำในบ่อ (เฉพาะช่วงท่อกรอง) 0.1 ลบ.ม. (100 ลิตร) และควรใส่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite) 0.23 กก. (ความเข้มข้นของสารละลายคลอรีน 3 - 15 %) ด้วย เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย สารประกอบฟอสเฟสนี้ควรเตรียมเป็นสารละลายก่อนแล้วเติมลงในบ่อทางท่อนำ (tremie pipe) ควรหลีกเลี่ยงการใช้สารละลายฟอสเฟสที่มีความเข้มข้นสูงเกินไปเพราะมีโอกาสตกผลึกในน้ำที่มีสภาพเย็นจัดหรือเกิดเป็นวุ้นทำให้เกิดการอุดตันที่ท่อกรองและกรวดกรุได้ (Driscoll, 1987)

ข้อควรระวังในการละลายหรือผสมสารประกอบเคมีต้องใส่เสื้อแขนยาว สวมถุงมือยางแว่นตา ผ้ากรองอากาศที่จมูก และเตรียมน้ำสำหรับล้างและอาบที่หน้างานในกรณีฉุกเฉิน ข้อปฏิบัติด้านความปลอดภัยให้ปฏิบัติตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

7.10 เกณฑ์อนุโลมปริมาณทรายละเอียดที่ปนขึ้นมากับน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำหลังจากพัฒนาบ่อเพื่อตรวจสอบปริมาณทรายที่อาจจะปนขึ้นมากับน้ำ สามารถเก็บโดยใช้เครื่องวัดปริมาณทรายแบบกรวยอิมฮอฟ (Imhoff cone) หรือแบบรอสซั่ม (Rossum sand tester) ดังแสดงในรูปที่ 11 และรูปที่ 12 ตามลำดับ

รูปที่ 11 เครื่องวัดปริมาณทรายแบบกรวยอิมฮอฟ (Driscoll, 1987)



รูปที่ 12 เครื่องวัดปริมาณทรายแบบรอสซั่ม (Driscoll, 1987)

เครื่องวัดปริมาณน้ำแบบกรวยอิมฮอฟเหมาะสำหรับอัตราการสูบน้ำน้อย เช่น น้อยกว่า 4.54 ลบ.ม./ชม. (20 แกลลอน/ นาที) ส่วนแบบรอสซั่มเหมาะสำหรับอัตราการสูบที่สูงกว่า

การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลให้เก็บในปริมาณ 0.83 ลิตรของอัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ชม.) เช่น อัตราการสูบน้ำ 50 ลบ.ม./ชม. ปริมาณน้ำตัวอย่าง = 50 x 0.83 = 41.6 ลิตร แต่ถ้าอัตราการสูบมากกว่า 227.27 ลบ.ม./ชม. (1,000 แกลลอน/ นาที) ให้เก็บตัวอย่างน้ำ 189 ลิตร (50 แกลลอน) และถ้าอัตราการสูบน้อยกว่า 4.54 ลบ.ม./ชม. (20 แกลลอน/ นาที) ให้เก็บตัวอย่างน้ำ 18.9 ลิตร (5 แกลลอน)

บ่อน้ำบาดาลที่เจาะ ออกแบบ ก่อสร้าง และพัฒนาได้ตามมาตรฐาน น้ำที่สูบได้จากบ่อต้องมีความใสสะอาดและปราศจากทราย ยกเว้นในบางบริเวณที่เจาะและก่อสร้างบ่อในชั้นน้ำที่ประกอบด้วยแร่ เช่น แร่ดินขาว (kaolinite) ซึ่งเป็นดินเหนียวที่ผุพังมาจากแร่หินฟันม้า (weathered feldspars) เป็นต้น ทำให้น้ำมีสีขุ่นเนื่องจากมีสารแขวนลอยของแร่ดังกล่าว แต่บางครั้งอาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนในขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้างหรือพัฒนาบ่อที่ไม่ดีพอทำให้น้ำที่สูบได้อาจมีทรายปะปนบ้างแต่สามารถยอมรับไว้เป็นบ่อผลิตน้ำได้ตามแต่ละวัตถุประสงค์การใช้งานตามเกณฑ์กำหนดที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 5.8 ของมาตรฐาน ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

7.11 รายงานสรุป

รายงานผลการพัฒนาเป็นส่วนหนึ่งของงานเจาะเพื่อพัฒนาบ่อน้ำบาดาลใหม่หรือเปรียบเทียบผลก่อนและหลังพัฒนาในบ่อบาดาลเดิม แล้วส่งมอบให้ผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของบ่อบาดาลและนักอุทกธรณีหรือนักธรณีที่ปรึกษาตามแบบการรายงานที่แสดงในรูปที่ 13

8. ความปลอดภัย

ข้อปฏิบัติด้านความปลอดภัยให้ปฏิบัติตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

9. บุคลากร

ตามรายละเอียดในมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

รายงานการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

โครงการ.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

สถานที่.....หมายเลขบ่อ (ตามใบอนุญาต).....พิกัดเหนือ..... ออก.....

ข้อมูลการเจาะและก่อสร้างบ่อ

ลักษณะชั้นน้ำบาดาล ❍ หินร่วน ❍ หินแข็ง ❍ กึ่งหินแข็ง

สภาพอากาศและสภาพพื้นที่บริเวณข้างเคียง

อุณหภูมิ.....°ซ ทางระบายน้ำ ❍ มี ❍ ไม่มี

วิธีการเจาะ ❍ กระแทก ❍ หมุนตรง ❍ หมุนดูดกลับ ❍ กระแทกด้วยลม ❍ อื่นๆ.....

ความลึกบ่อ ท่อกรุ Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม. ท่อกรอง Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.

ท่อกรุ Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม. ท่อกรอง Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.

ท่อกรุ Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม. ท่อกรอง Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.

ท่อรับทราย Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.

ชนิดท่อกรุบ่อ ❍ พีวีซี ❍ แสตนเลส ❍ เหล็ก ❍ เหล็กชุบสังกะสี อื่นๆ .....

ชนิดท่อกรองบ่อ ❍ พีวีซี ❍ แสตนเลส ❍ เหล็ก ❍ เหล็กชุบสังกะสี อื่นๆ .....

ประเภทท่อกรอง ❍ เซาะร่อง ❍ พันลวด ❍ พันลวดรอบท่อเซาะร่อง ❍ บานเกล็ด อื่นๆ .....

การกรุกรวด ❍ กรุกรวด ❍ แบบธรรมชาติ อื่นๆ .....

การอุดข้างบ่อ ❍ ดินเหนียว ❍ ซีเมนต์ ❍ ซีเมนต์/โคลน ❍ บานเกล็ด อื่นๆ .....

สภาพบ่อ ❍ บ่อเจาะใหม่ ❍ บ่อเก่า (ปี พ.ศ. .....) และสาเหตุที่ต้องพัฒนา.....

พัฒนาบ่อด้วยวิธี.....อัตราการไหล.....ลบ.ม/ชม. รวม.....ชม. ใช้สารเคมีร่วม.....

ข้อมูลการให้น้ำของบ่อก่อนและหลังพัฒนา.....

รายการ	ก่อนพัฒนา	หลังพัฒนา	สรุปผลและข้อเสนอแนะ
ความลึกบ่อ (ม.)			
ระดับน้ำปกติ (ม.)			
อัตราการสูบ (ลบ./ชม.)			
ระยะน้ำลด (ม.)			
ปริมาณทราย (มก./ล.)			
ความเป็นกรดด่าง (pH)			
ปริมาณสารละลายรวม (มก./ลิตร			

ขั้นตอนความปลอดภัย ❍ ชุดปฏิบัติงานได้ทำความเข้าใจ/รับการอบรม และเตรียมพร้อมอุปกรณ์และเครื่องมือแล้ว

....

หัวหน้าชุดปฏิบัติงานและผู้รับรายงาน เจ้าของโครงการหรือผู้ว่าจ้าง นักอุทกธรณีหรือนักธรณีที่ปรึกษา

บริษัท..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

รูปที่ 13 แบบรายงานการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

10. เอกสารอ้างอิง

Driscoll, F. G., 1987. Groundwater and Wells, Second Edition, Johnson Division, St. Paul, Minnesota 55112.

Ingersoll-Rand Company, 1971. Compressed Air and Gas Data, Second Edition, C.W. Gibbs, Editor, NJ : Woodcliff Lake.

U.S. Geological Survey, 1997. Guidelines and Standard Procedures for Studies of Ground Water Quality : Selection and Installation of Well, and Supporting Documentation, Water-Resource Investigations Report 96-4233, Reston, Virginia.

คู่มือ ทบ พ 5000-2550
การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 5000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย (ก) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย (ป) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

การสูบทดสอบน้ำจากบ่อบาดาลมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำตลอดความหนาของหินอุ้มน้ำ (transmissivity) ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ (storage coefficient) และขอบเขตของหินอุ้มน้ำ เช่น การรั่วซึมของน้ำสู่หินอุ้มน้ำ รอยเลื่อนหรือรอยแตกของหินและความหนาของชั้นหิน และเพื่อคำนวณอัตราการให้น้ำของบ่อบาดาล (well yield)

ก่อนดำเนินการสูบทดสอบควรตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของบ่อและหินให้ชัดเจน เช่น ชนิดของหินอุ้มน้ำและความลึก ความหนาและขอบเขตของหินอุ้มน้ำ (aquifer) หินต้านน้ำ (aquitard) และหินกั้นน้ำ (aquiclude)

การวัดระดับน้ำลดของบ่อสูบในช่วงเวลาต่าง ๆ ขณะที่ทำการสูบทดสอบและนำค่าตัวแปรต่างๆ มาประเมินความสามารถของบ่อ มีประโยชน์ต่อการวางแผนการใช้น้ำและคัดเลือกติดตั้งเครื่องสูบน้ำประจำบ่อ

การสูบทดสอบปริมาณน้ำมีข้อจำกัดโดยสมมุติให้หินอุ้มน้ำมีความกว้างหรือแผ่กระจายในแนวด้านข้างอย่างไม่มีขอบเขตจำกัด (infinite boundary) ในสภาพธรรมชาติขอบเขตของหินอุ้มน้ำอาจจะถูกปิดกั้นด้วยบริเวณข้างเคียงที่เป็นหินที่ไม่มีรูพรุนหรือถูกเพิ่มเติมจากแม่น้ำในบริเวณข้างเคียง ดังนั้นการสูบทดสอบน้ำและการวิเคราะห์ทางชลศาสตร์จึงเป็นการประเมินคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำในเบื้องต้น

2. ขอบเขต

2.1 คู่มือนี้จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับการสูบทดสอบปริมาณน้ำเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการให้น้ำของบ่อและชั้นหินอุ้มน้ำ

2.2 คู่มือนี้เป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานและคู่มือการเจาะและการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

2.3 แนวทางปฏิบัติที่ระบุในคู่มือฉบับนี้ไม่อาจครอบคลุมไปถึงความรับผิดชอบที่อาจจะเกิดขึ้น ทั้งนี้หน่วยงานใดและหรือบุคลากรใดที่จะใช้คู่มือนี้ต้องศึกษาทำความเข้าใจและมีช่างผู้ชำนาญการในการปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินทุกขั้นตอน

2.4 หน่วยวัดที่ใช้ในคู่มือนี้เป็นหน่วยระบบเมตริก

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

- คู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

- คู่มือ ทบ พ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล

- คู่มือ ทบ พ 8000-2550 การคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (hydraulic conductivity, K) หมายถึง อัตราการไหลของน้ำผ่านหน้าตัดหนึ่งตารางหน่วยตั้งฉากกับทิศทางการไหลภายใต้ความลาดชลศาสตร์ (hydraulic gradient) หนึ่งหน่วย มีหน่วยเป็น ลบ.ม./วัน/ตร.ม. หรือ ม./วัน

4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำไหลผ่านตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ (transmissivity, T) หมายถึง ปริมาณการไหลของน้ำผ่านตัวกลางในหนึ่งหน่วยเวลาและหนึ่งหน่วยความกว้างของชั้นหินอุ้มน้ำ ภายใต้ความลาดทางชลศาสตร์ (hydraulic gradient) หนึ่งหน่วย, ตัวพารามิเตอร์ที่เกี่ยวเนื่องกับความยากง่ายของการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านชั้นหินให้น้ำในแนวระนาบ

4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ (storage coefficient) หมายถึง ปริมาณของน้ำที่กักเก็บในหินที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำ สามารถกักเก็บหรือปล่อยออกมาจากชั้นหินต่อพื้นที่หน้าตัด 1 หน่วยและต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ (head) 1-หน่วย

4.4 ระดับน้ำปกติ (static water level) หมายถึง ระดับน้ำในบ่อบาดาล ที่ยังไม่ถูกกระทบจากการสูบน้ำบาดาล ซึ่งจะมีความดันที่ผิวน้ำเท่ากับความดันของบรรยากาศ

4.5 ระยะน้ำลด (drawdown) หมายถึง ระยะที่ระดับน้ำบาดาลลดลงจากระดับปกติ เนื่องจากการสูบน้ำออกจากบ่อบาดาล

4.6 ระดับน้ำคืนตัว (recovery level) หมายถึง ระดับน้ำในบ่อบาดาลหลังหยุดสูบ

4.7 ปริมาณการให้น้ำ (yield) คือปริมาณการให้น้ำบาดาลของชั้นหินอุ้มน้ำ

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 คู่มือนี้จะช่วยให้ผู้ใช้น้ำบาดาลหรือเจ้าของบ่อเกิดความเข้าใจและใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ปริมาณการสูบน้ำอย่างเหมาะสมที่สูบขึ้นมาใช้ในแต่ละวันและประเมินปริมาณน้ำบาดาลที่คาดว่าสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ภายในพื้นที่ของโครงการ

5.2 คู่มือนี้จะช่วยให้หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนหรือบุคลากรที่สนใจและเกี่ยวข้องกับบ่อน้ำบาดาลเกิดความเข้าใจในเรื่องการสูบทดสอบน้ำบาดาล

5.3 กลุ่มที่ปรึกษาหรือผู้ออกแบบทางด้านวิศวกรรมธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับงานเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาลเกิดความเข้าใจและสามารถทราบถึงปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ในแต่ละบ่อของพื้นที่โครงการ

5.4 คู่มือนี้อาจยังมีบางส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขและเพิ่มเติมให้เป็นไปตามเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าขึ้นในอนาคตหรือพัฒนาให้สอดคล้องตามมาตรฐานสากลเป็นที่ยอมรับเสมอ

6. วิธีการและขั้นตอนการสูบทดสอบ

โดยทั่วไปการสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาลมีจุดประสงค์เพื่อหาข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์ผลที่มีลักษณะแตกต่างกันซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 วิธี ดังนี้

6.1 การสูบทดสอบเพื่อทราบปริมาณน้ำและประสิทธิภาพของบ่อน้ำบาดาล

การสูบทดสอบเพื่อทราบปริมาณน้ำและประสิทธิภาพของบ่อน้ำบาดาลสามารถดำเนินการได้อีก 2 วิธี ได้แก่

- การสูบทดสอบแบบอัตราคงที่ต่อเนื่องระยะสั้น (constant-rate test) ไม่ต่ำกว่า 6 ชั่วโมงหรือสูบจนกว่าระดับน้ำคงที่ต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 3 ชั่วโมง

6.1.1 วิธีสูบทดสอบแบบอัตราสูบคงที่ต่อเนื่องระยะสั้น

วิธีสูบทดสอบแบบอัตราสูบคงที่ต่อเนื่องระยะสั้น (constant rate test or short term pumping test) เป็นการสูบทดสอบบ่อไม่ต่ำกว่า 6 ชั่วโมงหรือสูบจนกว่าระดับน้ำคงที่ต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 3 ชั่วโมง ด้วยเครื่องสูบน้ำเทอร์ไบน์ (turbine pump) หรือเครื่องสูบไฟฟ้าแบบจุ่ม (submersible pump) เพื่อเป็นแนวทางสำหรับกำหนดขนาด อัตรา และความลึกของเครื่องสูบที่ติดตั้งประจำบ่อ โดยปกติจะเป็นการสูบทดสอบเพื่อหาข้อมูลสำหรับการสูบน้ำใช้ภายในครัวเรือน

การบันทึกข้อมูลระดับน้ำในขณะสูบต้องวัดระดับน้ำบาดาลตามเวลาที่ระบุไว้ในมาตรฐาน ส่วนการสูบทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลสำหรับศึกษาวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพการให้น้ำของบ่อและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำนั้นจะทำควบคู่ทั้งวิธีสูบทดสอบแบบอัตราสูบคงที่ต่อเนื่องระยะยาว (long term pumping test) และวิธีสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบ (step drawdown test) (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 6.1.2 และ 6.2.1)

กรณีบ่อน้ำบาดาลตื้นและให้น้ำน้อย สามารถทดสอบปริมาณน้ำโดยใช้กระบอกตัก (bailer) ตักน้ำอย่างต่อเนื่อง เช่น ทุก 2 นาทีต่อหนึ่งกระบอกตัก และควรทดสอบ 1 - 3 ชั่วโมง อัตราการตักน้ำสามารถเพิ่มหรือลดตามความเหมาะสมกับประสิทธิภาพการให้น้ำของบ่อ

6.1.2 วิธีสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบ

วิธีสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบ (step drawdown test) เป็นการหาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในบ่อตลอดระยะเวลาการสูบทดสอบ โดยเริ่มจากอัตราสูบน้อยไปหามากและต่อเนื่องอย่างน้อย 4 อัตราสูบ อัตราสูบละหนึ่งชั่วโมง การประมาณอัตราสูบต่ำสุดประมาณ 50% ของศักยภาพการให้น้ำของบ่อซึ่งสามารถประเมินได้จากข้อมูลการเป่าล้างพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ พ 4000-2550) จากนั้นให้เพิ่มอัตราสูบที่เหมาะสมจาก 50% เป็น 75% 100% และ 125% ทุกอัตราสูบต้องใช้เวลาเท่ากัน ทั้งนี้บ่อที่จะสูบทดสอบโดยวิธีนี้ได้ควรมีปริมาณน้ำไม่น้อยกว่า 20 ลบ.ม./ชม.

6.2 การสูบทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ

การสูบทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำเป็นการสูบทดสอบในอัตราคงที่ สูบต่อเนื่อง 24 - 72 ชั่วโมง และต้องมีบ่อสังเกตการณ์อย่างน้อย 1 บ่อ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

6.2.1 วิธีสูบทดสอบแบบต่อเนื่อง

การสูบทดสอบแบบต่อเนื่องเป็นการหาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในบ่อบาดาลตลอดช่วงระยะเวลาการสูบทดสอบด้วยอัตราสูบเหมาะสม (optimum yield) ที่ได้จากผลการสูบทดสอบในข้อ 2 และเป็นการสูบทดสอบต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 24 - 72 ชั่วโมง

การบันทึกข้อมูลระดับน้ำในขณะสูบให้มีความถี่ตามตารางที่1 และ 2 (มาตรฐาน ทบ พ 5000-2550)

ผลที่ได้จากการสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบและแบบต่อเนื่องจะทราบถึงประสิทธิการให้น้ำของบ่อ ใช้เป็นข้อกำหนดขนาดและความลึกของเครื่องสูบผลิตน้ำที่จะติดตั้งได้อย่างเหมาะสม สามารถทำการ

วางแผนการสูบผลิตน้ำได้อย่างต่อเนื่องนานนับเดือน และกำหนดระยะห่างระหว่างบ่อผลิตน้ำที่จะทำการเจาะใหม่ให้เหมาะสม เช่น บ่อที่ใช้ผลิตน้ำประปาชลประทาน เป็นต้น หรือใช้คำนวณหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำไหลผ่านตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำหรือสามารถประมาณขอบเขตของหินอุ้มน้ำ

องค์ประกอบที่สำคัญในการสูบทดสอบแบบต่อเนื่องเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางชลศาสตร์นั้น ต้องมีบ่อสังเกตการณ์ (observation well) ร่วมด้วยอย่างน้อย 1 บ่อ ส่วนขนาด ตำแหน่งและความลึกบ่อจะถูกกำหนดให้ตามสภาพทางลักษณะอุทกธรณีวิทยาในแต่ละพื้นที่

6.3 ระยะเวลาการสูบทดสอบ

ระยะเวลาการทดสอบสูบน้ำขึ้นกับชนิดของหินอุ้มน้ำที่จะทำการทดสอบ วัตถุประสงค์ ชนิดของบ่อตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ชนิดเครื่องสูบน้ำ ระยะเวลาที่ใช้ในการสูบทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามควรจะทำการสูบทดสอบจนกว่าระดับจะคงที่หรือจนกว่าจะได้รับข้อมูลของคุณสมบัติของหินอุ้มน้ำได้ถูกต้องตามความต้องการและควรพล๊อตข้อมูลระดับน้ำลดในระหว่างการทดสอบสูบน้ำ

ตารางที่ 3 ระยะเวลาที่ใช้ในการสูบทดสอบ

ชนิดของบ่อ (แบ่งตามการใช้งาน)	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสูบน้ำ (ชม.)	ช่วงเวลาที่ใช้วัดระดับน้ำคืนตัว (ชม.)
1. ครัวเรือน	4 - 6	2 - 4
2. ชลประทาน	24	6
3. ระบบประปา	100	24
4. การวัดค่าใหม่	2	2

(จาก Hazel, 1975)

6.4 การบันทึกข้อมูลประวัติบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์

6.4.1 ข้อมูลบันทึกการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาลของบ่อสูบทดสอบ (pumped well) ได้แก่

- ตำแหน่งบ่อ
- ขนาดและช่วงความลึกของท่อกรุท่อกรอง
- ชนิดและความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ
- วันเวลา ระดับน้ำคงที่ ปริมาณน้ำ ระยะน้ำลด (ถ้ามี) และวิธีการพัฒนาบ่อ พร้อมขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้

6.4.2 ข้อมูลบันทึกการเจาะบ่อสังเกตการณ์แต่ละบ่อ มีดังนี้

- ตำแหน่งและระยะห่างจากบ่อสูบทดสอบ
- ขนาดและช่วงความลึกของท่อกรุท่อกรอง
- ชนิดและความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ
- ระดับน้ำปกติ

6.5 การเลือกชนิดและขนาดเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 ชนิด คือ แบบเทอร์ไบน์ (turbine pump) ใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนสามารถปรับอัตราการสูบอย่างหยาบได้ด้วยรอบของเครื่องยนต์ และเครื่องสูบน้ำแบบซับเมอร์ซิเบิล (submersible pump) ซึ่งสามารถเพิ่มและลดอัตราการสูบได้ด้วยการใช้ประตูน้ำควบคุม (valve) อาจใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งก็ได้ถ้าระดับน้ำขณะสูบไม่ลึกเกินกว่า 6.0 เมตร หรือสามารถประยุกต์รูปแบบบ่อที่เหมาะสม ตามที่ได้กล่าวในคู่มือการคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ (คู่มือ ทบ พ 8000-2550)

การเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้จากข้อมูลระดับน้ำปกติ ปริมาณการให้น้ำ ระยะน้ำลด หรืออาจนำข้อมูลจากการพัฒนาบ่อด้วยการสูบด้วยอัตราสูงกว่าอัตราการให้น้ำของบ่อหรือด้วยวิธีการเป่ากวนน้ำและสูบออก

ด้วยลม แต่ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ เช่น การจุ่มน้ำของท่อลมและท่อสูบน้ำ และขนาดของเครื่องอัดลมที่ใช้ เช่น ถ้าใช้เครื่องอัดลมมีขนาดแรงดัน 9 บาร์ หมายความว่าสามารถหย่งท่อลมลงไปในน้ำได้ไม่เกิน 90 เมตรซึ่งเป็นแรงดันสูงสุดที่เครื่องอัดลมสามารถทำงานได้และทำการตวงวัดปริมาณน้ำหลังจากเป่าลมผ่านไปแล้วกว่า 1 ชั่วโมง

ความลึกการติดตั้งเครื่องสูบน้ำควรอยู่ในส่วนของท่อกรุและเหนือระดับท่อกรอง

ช่องว่างระหว่างผนังท่อกรุบ่อและท่อสูบน้ำมีช่องเพียงพอให้หัวหย่งของเครื่องวัดระดับน้ำหย่อนลงไปถึงระดับน้ำในบ่อได้โดยสะดวกเพื่อมั่นใจว่าสามารถวัดระดับน้ำได้ถูกต้องแท้จริง การวัดระดับน้ำผ่านท่อนำ (conductor pipe) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 - 20 มม. ที่ติดตั้งควบคู่ไปพร้อมกับท่อสูบจะทำให้การวัดระดับน้ำถูกต้องมากยิ่งขึ้น บ่อบาดาลบางบ่อได้ติดตั้งท่อวัดระดับน้ำนี้แนบไปกับผนังบ่อด้านนอกขณะทำการก่อสร้างแต่ต้องมีความลึกเท่าระยะท่อกรองหรือเท่าระดับกรวดกรุบ่อ

6.6 การเลือกบ่อที่จะทำการสูบทดสอบ

การเลือกบ่อหรือบริเวณที่จะทำการสูบทดสอบมีหลักการดังนี้

6.6.1 สภาพอุทกธรณีวิทยาของบริเวณใกล้เคียงที่มีสภาพใกล้เคียงกันให้มากที่สุดเพื่อจะใช้เป็นบ่อแทนบริเวณข้างเคียงได้ดี

6.6.2 บ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ไม่ควรอยู่ในบริเวณใกล้กับสถานีรถไฟ ถนนซูเปอร์ไฮเวย์ หรือบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น เพราะจะมีผลต่อข้อมูลการวัดระดับน้ำที่จะขึ้นลงผิดจากสภาพธรรมชาติ

6.6.3 น้ำที่สูบออกจากบ่อควรจะสามารถต่อท่อหรือสายให้ไกลจากบ่อสูบเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำเข้าบ่อสูบทดสอบ

6.6.4 เลือกบริเวณที่มีระดับน้ำ (water table) ที่มีความเอียงน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

6.6.5 เป็นบริเวณที่เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ สามารถเข้าถึงได้สะดวก การเลือกบ่อที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ดีทำให้ลดปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในขณะเก็บข้อมูล

6.7 บ่อสูบทดสอบ

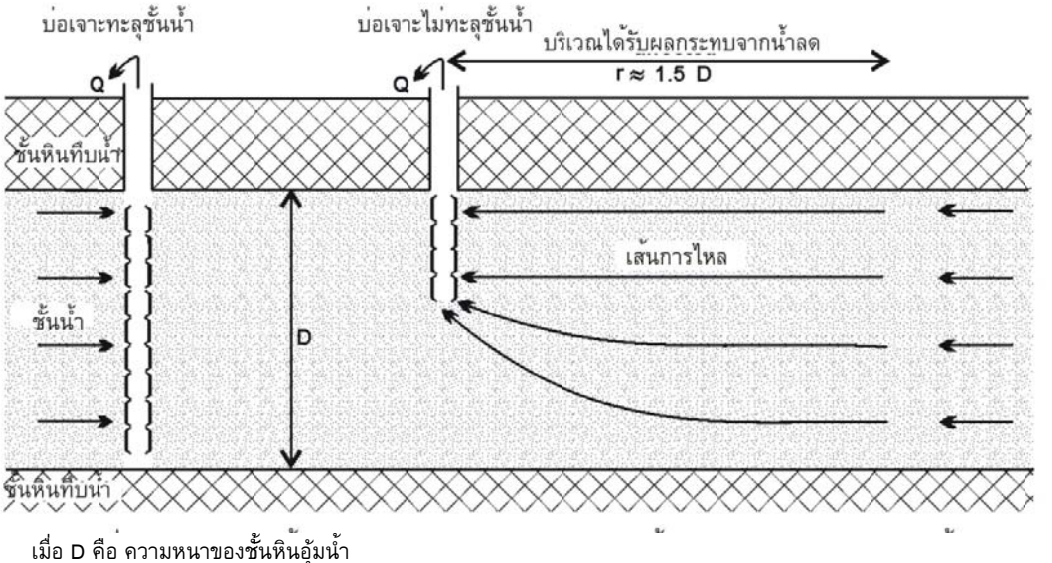
บ่อสูบทดสอบ (pumping well) ควรจะเป็นบ่อที่คุณสมบัติดังนี้

6.7.1 บ่อควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่พอที่จะทำการหย่อนเครื่องสูบน้ำลงได้และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรองควรจะมีขนาดเท่ากันตลอดความหนาหินอุ้มน้ำ

6.7.2 ความลึกของบ่อสูบทดสอบควรเจาะทะลุความหนาของหินอุ้มน้ำเพื่อจะให้น้ำได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้และสามารถติดตั้งเครื่องสูบน้ำได้สะดวก

6.7.3 ความยาวของท่อกรอง ถ้าขยายเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกรองอีกเท่าตัวหรือบ่อที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิมสองเท่าสามารถให้น้ำเข้าบ่อเพิ่มขึ้นเพียง 10% เท่านั้น แต่ถ้าเพิ่มความยาวของท่อกรองประมาณ 70 - 80 % ของความหนาของหินอุ้มน้ำจะทำให้สูบน้ำออกจากบ่อได้ประมาณ 90% ของน้ำที่เข้าบ่อ ถ้าท่อกรองมีความยาวตลอดชั้นหินอุ้มน้ำจะทำให้น้ำไหลเข้าบ่อในแนวราบ ถ้าความยาวของท่อกรองสั้นกว่าความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำมากจะทำให้น้ำไหลเข้าบ่อในแนวดิ่ง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านดังแสดงในรูปที่ 1

6.7.4 บ่อบาดาลส่วนใหญ่จะทำการเจาะและใส่ท่อกรองไม่ตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ ดังนั้นการทำการสูบทดสอบจากบ่อเหล่านี้ควรคำนึงถึง



เมื่อ D คือ ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ

รูปที่ 1 การไหลของน้ำเข้าบ่อในกรณีบ่อเจาะทะลุหินอุ้มน้ำและบ่อเจาะไม่ทะลุหินอุ้มน้ำ (Kruseman and Ridder, 1990)

(1) กรณีที่หินอุ้มน้ำชนิดแบบไร้แรงดัน (unconfined aquifer) ระดับน้ำบาดาลอาจจะลดต่ำกว่าชั้นบนของหินอุ้มน้ำ การกำหนดความยาวของท่อกรองอาจจะสั้นกว่าครึ่งหนึ่งหรือ 1/3 ของความหนาของหินอุ้มน้ำได้

(2) ในกรณีที่หินอุ้มน้ำมีความหนามากๆ การใส่ท่อกรองอาจไม่ทะลุหินอุ้มน้ำ เมื่อความยาวของท่อกรองสั้นกว่าร้อยละ 80 ของความหนาของหินอุ้มน้ำถือว่าเป็นบ่อแบบใส่ท่อกรองไม่ทะลุชั้นหินอุ้มน้ำ (partially penetrating well) การสูบน้ำจากบ่อประเภทนี้จะเกิดน้ำไหลเข้าบ่อในแนวดิ่งในระยะทางรอบ ๆ บ่อโดยมีระยะทางประมาณเท่ากับความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ การเลือกขนาดรูเปิดของท่อกรอง (screen opening area) ไม่ควรให้กว้างมากเพื่อไม่ให้น้ำไหลเข้าบ่อเร็วเกินไปหรือความเร็วของน้ำผ่านท่อควรน้อยกว่า 3 ซม./วินาที มิฉะนั้นน้ำที่ไหลเข้าบ่อจะไหลแรง (jet flow) หรือมีความเร็วไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะทำให้ผลการวิเคราะห์เกิดความผิดพลาดได้

6.8 บ่อสังเกตการณ์

การติดตั้งบ่อสังเกตการณ์เพื่อทำการวัดระดับน้ำลด บ่อสังเกตการณ์ควรจะอยู่รอบๆ บ่อสูบ บ่อสังเกตการณ์ควรมีมากกว่า 1 บ่อ โดยมีระยะทางห่างจากบ่อสูบและทิศทางจากบ่อสูบต่างกัน การวางบ่อสังเกตการณ์ควรอยู่ไม่ไกลหรือใกล้จากบ่อสูบทดสอบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของหินอุ้มน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน การวางตัวของชั้นหิน (stratification) ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

6.8.1 ชนิดของหินอุ้มน้ำ

หากเป็นชั้นหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน (confined aquifer) การวางบ่อสังเกตการณ์ควรห่างจากบ่อสูบทดสอบน้ำมากกว่าบ่อที่เจาะในชั้นหินอุ้มน้ำแบบไร้แรงดัน เนื่องจากการหดตัวหรือยืดหยุ่นของหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดันจะทำให้สูญเสียน้ำมากกว่าทำให้ระดับน้ำลดเกิดเป็นบริเวณกว้างถึง 100 เมตร หรือหลายร้อยเมตร ส่วนบ่อที่เจาะในหินอุ้มน้ำแบบ

ไร้แรงดัน การลดระดับน้ำในหินอุ้มน้ำจะค่อย ๆ เกิดขึ้น และมีการหดตัวเล็กน้อยเพียงส่วนบน ดังนั้นบ่อสังเกตการณ์ไม่ควรห่างจากบ่อสูบทดสอบ

6.8.2 ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านสูง แสดงว่าระดับน้ำลดรอบ ๆ บ่อไม่มากหรือระดับน้ำลดอยู่ในแนวราบ เพราะฉะนั้นบ่อสังเกตการณ์ควรจะอยู่ห่างจากบ่อสูบพอประมาณ เช่น 50 เมตร และ 100 เมตร หรือถ้ามีบ่อสังเกตการณ์หลายบ่อควรอยู่ห่างจากบ่อสูบไม่เท่ากันและในทิศทางต่างกัน

6.8.3 อัตราการสูบน้ำ

ถ้าอัตราการสูบน้ำสูงจะเกิดกรวยน้ำลดขนาดใหญ่และชัน การวางบ่อสังเกตการณ์ควรอยู่ไม่ไกลจากบ่อสูบทดสอบ

6.8.4 ความยาวของท่อกรองน้ำ

ท่อกรอง (screen) ควรมีความยาวไม่น้อยกว่า 80% ของความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ จึงถือว่าการใส่ท่อกรองทะลุชั้นหินอุ้มน้ำ แต่ถ้าความยาวของท่อกรองน้อยกว่า 80% ของความหนาของหินอุ้มน้ำ บ่อสูบเป็นบ่อที่เจาะไม่ทะลุชั้นหินอุ้มน้ำ บ่อที่ทำการสูบและบ่อสังเกตการณ์ที่นำข้อมูลวัดระดับน้ำลดเวลา ความลึกของบ่อ ท่อกรอง ควรนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้วิธี partially penetrating well (Kruseman and Ridder, 1990)

6.8.5 การเรียงลำดับของชั้นหิน

ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีความหนาและเนื้อหินสม่ำเสมอหาได้ยาก ส่วนใหญ่อนุมานจากความหนาของหินอุ้มน้ำหลัก ดังนั้นข้อมูลที่นำมาคำนวณจึงมีข้อจำกัด อย่างไรก็ตามหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นไม่มีกฎตายตัวในการคำนวณตำแหน่งของบ่อสังเกต-การณ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของนักอุทกธรณีวิทยาในภาคสนาม

6.8.6 ความลึกของบ่อสังเกตการณ์

ความลึกของบ่อสังเกตการณ์มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าระยะห่างของบ่อสังเกตการณ์จากบ่อสูบทดสอบ ในกรณีที่หินอุ้มน้ำมีเนื้อหินสม่ำเสมอควรวางท่อกรองและความลึกของบ่อสังเกตการณ์ตรงกลางของชั้นหินอุ้มน้ำ แต่ถ้าในกรณีที่หินอุ้มน้ำมีชั้นดินเหนียวแทรกสลับ การลงท่อกรองอาจจะเป็นช่วง ๆ การสูบทดสอบในกรณีนี้ควรจะมีการทดสอบชั้นหินอุ้มน้ำเป็นช่วง ๆ ซึ่งเทคนิคการปิดอัดหินอุ้มน้ำทั้งด้านบนและล่างโดยอาจใช้ลูกยางปิดกั้น (packer) และทำการสูบทดสอบเป็นช่วง ๆ ของชั้นหินแต่ละช่วง

6.8.7 การสร้างบ่อสังเกตการณ์

การวัดระดับน้ำที่แม่นยำและรวดเร็วจะได้ระดับน้ำที่ถูกต้องโดยใช้บ่อสังเกตการณ์มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก ถ้าบ่อสังเกตการณ์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดเวลาล่าช้า (lag time) ของน้ำเข้าบ่อและทำให้ค่าระดับน้ำที่วัดผิดพลาดได้ บ่อสังเกตการณ์ควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 100 มม. (4 นิ้ว) บริเวณรอบ ๆ ท่อกรองของบ่อสังเกตการณ์ ควรจะลงด้วยกรวดกรุขนาดสม่ำเสมอและล้อมรอบด้วยวัสดุกรองสารขนาดเล็ก ๆ เช่น ผ้าลินินหรือพันด้วยตาข่ายลวดหรือในล่อน ดังแสดงในรูปที่ 2 - 4

6.9 การวัดระดับน้ำและอัตราการสูบน้ำ

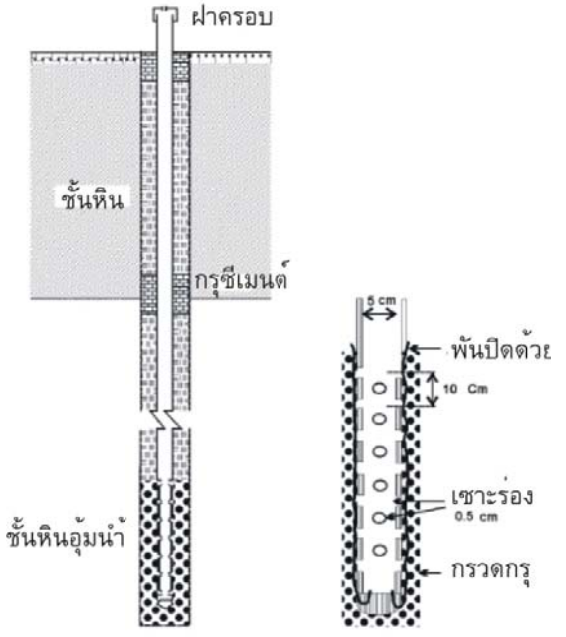
6.9.1 ตัวแปรที่สำคัญที่ทำการวัดในขณะที่สูบทดสอบประกอบด้วย

(1) ระดับน้ำในบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์

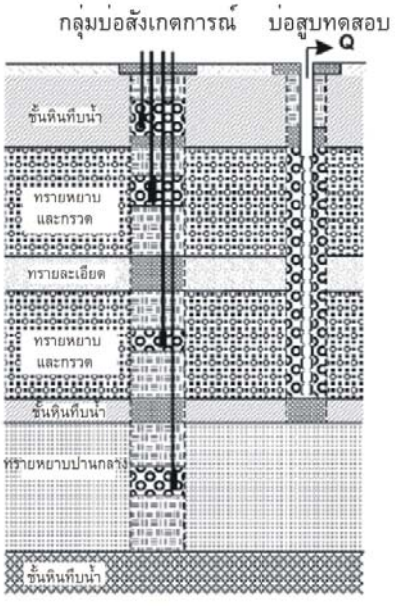
(2) อัตราการสูบน้ำจากบ่อสูบทดสอบโดยทำการวัดเป็นช่วง ๆ ในขณะที่สูบ

(3) ระยะเวลาที่ทำการสูบทดสอบ

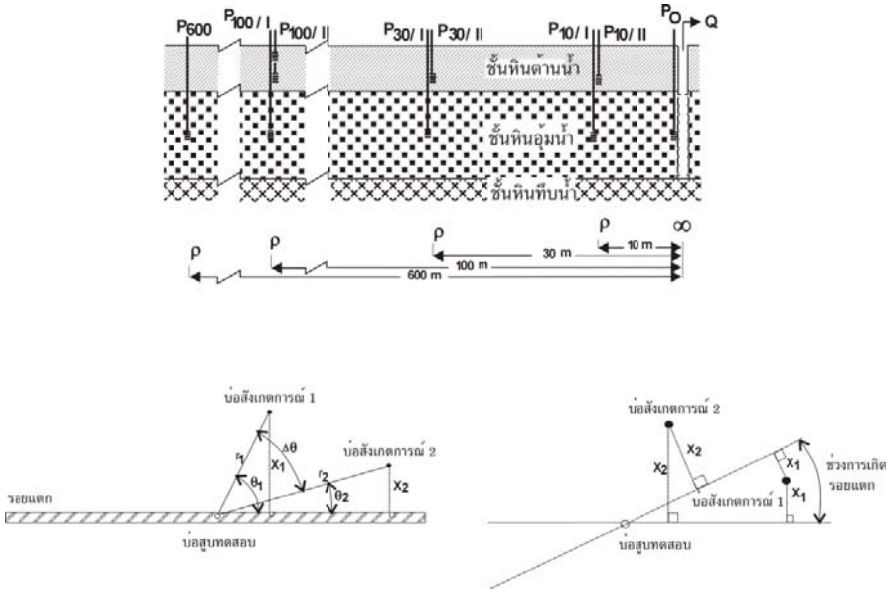
(4) ระยะทางและทิศทางของบ่อสังเกต-การณ์จากบ่อสูบทดสอบ



รูปที่ 2 ตัวอย่างบ่อสังเกตการณ์และตำแหน่งของท่อกรอง (Kruseman and Ridder, 1990)



รูปที่ 3 การสร้างบ่อสังเกตการณ์แบบเป็นกลุ่มในหินอุ้มน้ำที่มีชั้นดินเหนียวแทรกสลับ (Kruseman and Ridder, 1990)



รูปที่ 4 การเจาะบ่อสังเกตการณ์และตำแหน่งของบ่อสังเกตการณ์ (Kruseman and Ridder, 1990)

(5) ความลึกและขนาดของบ่อและท่อกรอง ทั้งบ่อสังเกตการณ์และบ่อสูบทดสอบ

(6) ขนาดและชนิดของเครื่องสูบ ความลึกของการหย่อนเครื่องสูบ

6.9.2 การวัดระดับน้ำในบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์

การวัดระดับน้ำในบ่อนิยมใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น

(1) เทปเหล็ก (steel tape) หรือการวัดแบบเทปเปียก (wet tape method) โดยใช้เทปวัดระยะทางที่มีน้ำหนักถ่วงที่ปลายเทปใช้ชอล์กทาที่ปลายเทปขึ้นมาระยะหนึ่ง เพื่อใช้อ่านค่าส่วนที่เปียก โดยประมาณให้ปลายเทปจมในน้ำประมาณ 1 เมตร แล้วอ่านตัวเลขที่ปากบ่อ ค่าที่อ่านได้เมื่อนำไปลบกับส่วนที่เปียกจะเป็นค่าที่แท้จริงของระดับน้ำ วิธีนี้ไม่นิยมวัดในบ่อสูบทดสอบแต่จะใช้วัดในบ่อสังเกตการณ์เท่านั้น (ดูรูปที่ 5 ก)

(2) เทปไฟฟ้า (electric tape) เครื่องมือเทปไฟฟ้าประกอบด้วยสายไฟฟ้าบอกระยะ ส่วนใหญ่บอกเป็นช่วง ๆ ละ 5 ฟุต หรือช่วงละ 1 เมตร ส่วนปลายเป็นขั้วไฟฟ้า สายไฟจะต่อไปยังแบตเตอรี่ เมื่อกระแสไฟฟ้าเดินครบวงจรเข็มจะกระดิก มีเสียง หรือไฟกระพริบ วิธีนี้ใช้วัดทั้งบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ (ดูรูปที่ 5 ข)

(3) ท่อลมเป็นท่อเหล็กหรือทองแดงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.64 ซม. (1/4 นิ้ว) ติดตั้งโดยให้ปลายท่ออยู่ต่ำกว่าระดับน้ำในบ่อ ปลายบนติดอยู่กับเครื่องวัดความดัน ค่าความดันที่อ่านได้มีหน่วยเป็นกก./ตร.ซม. สามารถคำนวณระยะที่น้ำถูกดันออกไปได้ (ดูรูปที่ 5 ค) เช่น ท่อลมยาว 125 ฟุต ค่าความดันสูงสุดอ่านได้ 21.0 ปอนด์/ตารางนิ้ว หรือ 21.0 x 2.31 = 46.2 ฟุต ดังนั้นระดับน้ำในบ่อ = 125 - 46.2 = 78.8 ฟุต (24.02 เมตร) เป็นต้น

(4) การวัดแบบใช้เครื่องบันทึกระดับน้ำ (water level recorder) ประกอบด้วยลูกลอย สายเคเบิลที่ต่อขึ้นมาพาดอยู่บนรอก เมื่อระดับน้ำในบ่อเปลี่ยนแปลง ลูกลอยจะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามและรอกจะหมุนตามไปด้วย การลดหรือเพิ่มของระดับน้ำดังกล่าวจะบันทึกลงบนกระดาษบันทึกซึ่งมีอยู่ในเครื่องมือนี้ เครื่องมือนี้สามารถวัดระดับน้ำได้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานและใช้ได้ดีเฉพาะบ่อสังเกตการณ์ (รูปที่ 5 ง)

6.10 การวัดอัตราการสูบทดสอบ

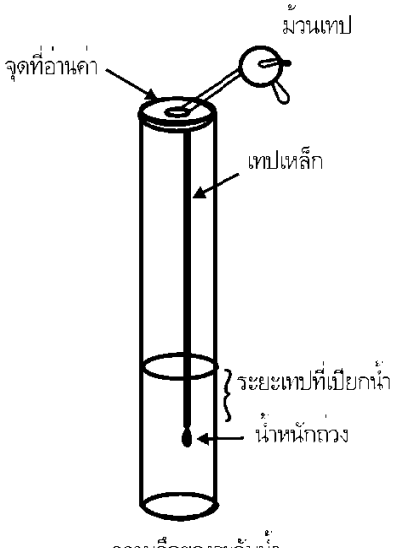
การวัดอัตราการสูบน้ำควรปฏิบัติดังนี้

- ควบคุมอัตราการสูบน้ำให้คงที่ตลอดเวลา
- วัดระยะน้ำลดของบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้
- เมื่อหยุดสูบให้วัดระดับน้ำคืนตัวตามระยะเวลาที่กำหนดไว้
- บ่อบาดาลข้างเคียงควรหยุดสูบน้ำในในขณะสูบทดสอบ

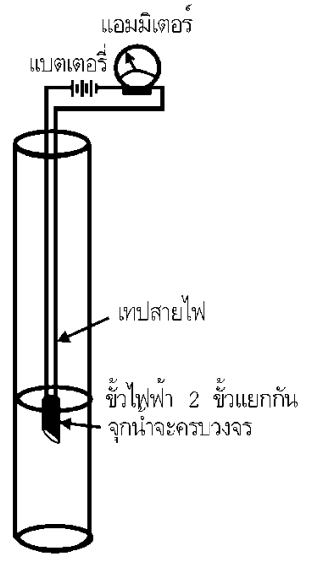
วิธีการวัดปริมาณน้ำในขณะสูบทดสอบได้แก่ การวัดปริมาณน้ำด้วยถังตวง การวัดปริมาณน้ำด้วยมาตรวัดน้ำ การวัดปริมาณน้ำด้วยออริฟิซ การวัดปริมาณน้ำแบบถังติดตั้งออริฟิซ การวัดปริมาณน้ำที่ไหลพุ่งหรือน้ำพุ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

6.10.1 การวัดปริมาณน้ำด้วยถังตวง

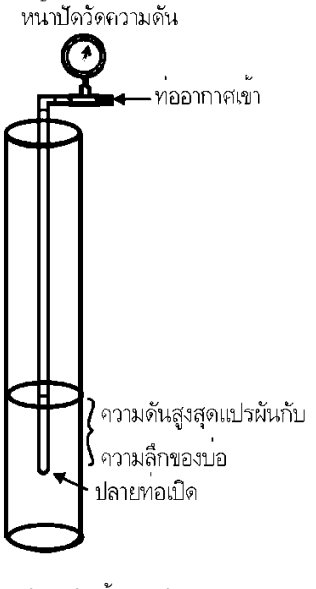
อุปกรณ์ที่จำเป็น คือ ถังตวงหรือภาชนะบรรจุน้ำที่รู้ความจุและนาฬิกาจับเวลา เริ่มจากการใช้ถังตวงรองน้ำที่ปลายท่อจ่ายน้ำที่สูบจากบ่อ จับเวลาจนกระทั่งน้ำเต็มถังก็จะทราบอัตราการสูบน้ำให้ทำหลายๆ ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย กรณีที่ปริมาณน้ำจากการสูบทดสอบมาก เช่น 100 ลบ.ม./ชม. ต้องใช้ถังขนาดไม่น้อยกว่า 1 ลบ.ม. (1,000 ล.) เป็นต้น



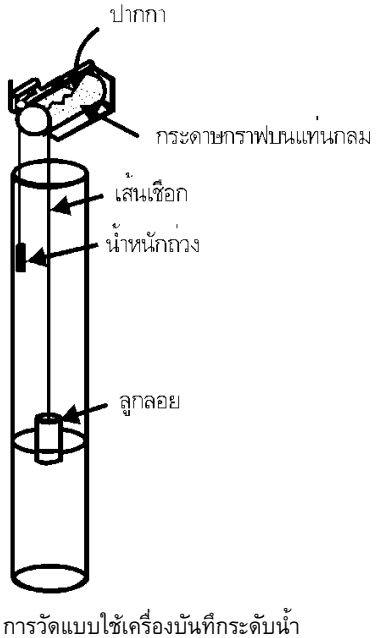
ก. การวัดระดับน้ำด้วยเทปเหล็ก



ข. การวัดระดับน้ำด้วยเทปไฟฟ้า



ค. การวัดระดับน้ำแบบอัดลม



ง. การวัดแบบใช้เครื่องบันทึกระดับน้ำ

รูปที่ 5 วิธีการวัดระดับนำบาดาล (ดัดแปลงจาก Todd, 1980)

6.10.2 การวัดปริมาณน้ำด้วยมาตรวัดน้ำ

อ่านปริมาณน้ำที่ไหลผ่านมาตรวัดน้ำและจับเวลาจะได้ค่าอัตราการไหลของน้ำ ขนาดมาตรวัดน้ำต้องเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่สูบด้วย

6.10.3 การวัดปริมาณน้ำด้วยออริฟิช

เครื่องมือได้แก่ออริฟิช (orifice) ท่อจ่ายน้ำ (discharge pipe) ที่เหมาะสมกับเครื่องสูบ ท่อดังกล่าวต้องมีความยาวอย่างน้อย 1.2 ม. (4 ฟุต) เจาะรูให้ตั้งฉากกับแนวแกนกลางของบ่อให้ห่างจากปลายท่อซึ่งจะติดออริฟิชประมาณ 60 ซม. รูดังกล่าวจะต้องมีขนาดและเกลียวพอดีที่จะใส่นิปเปิล (nipple) ขนาด 0.32 ซม. (1/5 นิ้ว) ได้โดยให้ปลายนิปเปิลด้านที่ใส่ในท่อเสมอระดับเดียวกับผิวท่อด้านใน ต่อปลายนิปเปิลด้วยท่อยางหรือท่อพลาสติกให้ยาวอย่างน้อย 1.5 ม. (5 ฟุต) ก่อนการสูบน้ำต้องวางแนวท่อจ่ายน้ำจากเครื่องให้ได้ระดับและหมุนท่อให้แนวแกนกลางของนิปเปิลขนานกับแนวระดับพร้อมกับยกท่อยางหรือท่อพลาสติกให้สูงขึ้นตามแนวดิ่ง เมื่อน้ำไหลออกจากท่อจ่ายน้ำ ปริมาณน้ำทั้งหมดจะถูกกั้นไว้และไหลออกได้เฉพาะทางรูออริฟิช อีกส่วนหนึ่งจะดันให้สูงขึ้นทางนิปเปิลและท่อยางหรือท่อพลาสติก ถ้าวัดความสูงของน้ำในท่อยางหรือท่อพลาสติกจากจุดแกนกลางของนิปเปิลได้ ก็สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่ทำการสูบในขณะนั้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 6

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$Q = 8.025 \times K \times A \times H^{1/2} \qquad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำที่ทำการสูบคิดเป็นแกลลอนต่อนาที A คือ พื้นที่หน้าตัดของรูออริฟิชมีหน่วยเป็นตารางนิ้ว H คือ ความสูงของน้ำในบ่อท่อยางจากแนวแกนกลางของนิปเปิลมีหน่วยเป็นนิ้ว และ K คือ ค่าคงที่ซึ่งหาได้จากกราฟในรูปที่ 7

ด้วยวิธีนี้จะเห็นได้ว่าค่า K และคือ A เป็นค่าคงที่แน่นอนสำหรับออริฟิชชุดหนึ่งชุดใดที่หาค่าล่วงหน้าได้ ส่วนค่าหรือตัวเลขที่ต้องวัดหาในสนามก็มีค่า H ค่าเดียว ถ้าวัดค่า H ที่ได้ก็จะคำนวณปริมาณน้ำได้ทันที ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้ท่อจ่ายน้ำขนาด 4 นิ้ว และใช้ออริฟิชเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 นิ้ว จะได้ค่าคงที่ไว้แล้วคือ

K = 0.70 (จากกราฟ)

A = 7.068 ตารางนิ้ว ($A = \pi R^2$)

แทนค่าในสมการที่ (1)

$Q = 8.025 \times 0.70 \times 7.068 \times H^{½}$

$Q = 39.70 \times H^{½}$

สมมุติวัดค่า H ในสนามได้ 36 นิ้ว

ปริมาณน้ำที่สูบได้ คือ

$Q = 39.70 (36^{½}) = 39.70 \times 6$

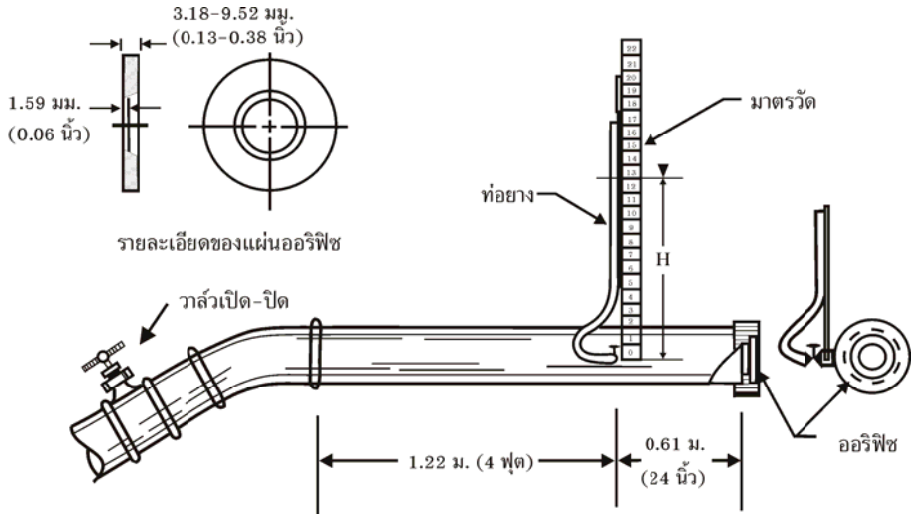
= 238.20 แกลลอน/นาที

หรือ 1.08 ลบ.ม./นาที

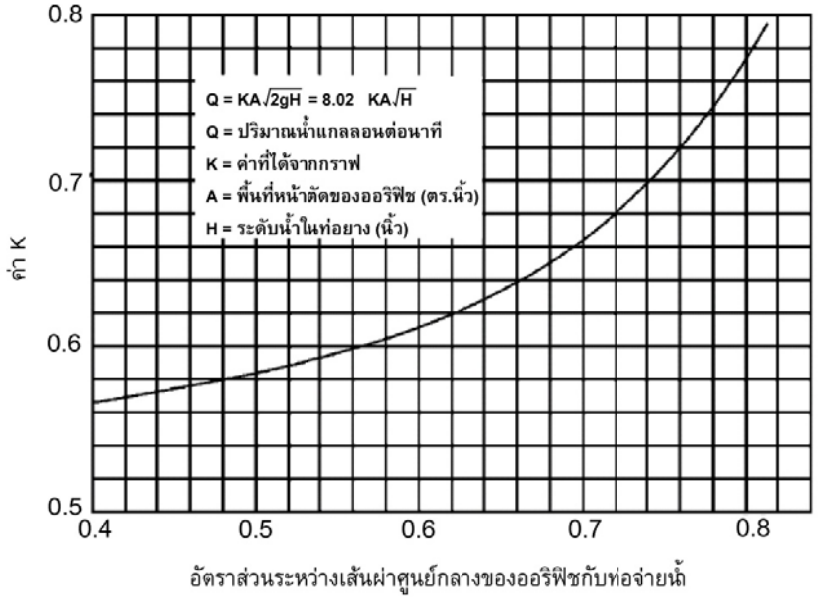
6.10.4 การวัดปริมาณน้ำแบบถังติดตั้งออริฟิช

การวัดปริมาณน้ำแบบถังติดตั้งออริฟิช (orifice bucket) ประกอบด้วย ถังรูปทรงกระบอกดังแสดงในรูปที่ 8 และมีรูปิดเปิดรูปวงกลมอยู่ก้นถังทำหน้าที่เป็นออริฟิช ข้างถังมีมาตรวัดระดับน้ำ เมื่อน้ำเต็มถังหรือถึงระดับหนึ่ง แล้วปล่อยน้ำออกทางออริฟิช น้ำที่สูบจะถูกปล่อยเข้าถึงระดับน้ำในหลอดแก้วจะบ่งชี้ว่าปริมาณน้ำไหลออกเท่ากับปริมาณน้ำที่สูบเข้าถัง การหาปริมาณน้ำของบ่อโดยอ่านระดับน้ำในหลอดแก้วแล้วนำไปเทียบในแผนภาพรูปที่ 9

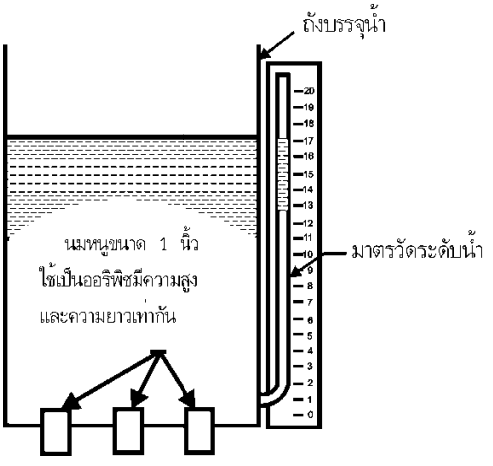
การใช้ถังติดออริฟิช ค่าที่อ่านได้จากท่อพลาสติกหรือหลอดแก้วจะมีการคำนวณหา Q หรืออัตราการให้น้ำโดยเทียบจากมาตรฐานในแผนภาพดังรูปที่ 9 ค่าของออริฟิชขนาด 1 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว เทียบค่า



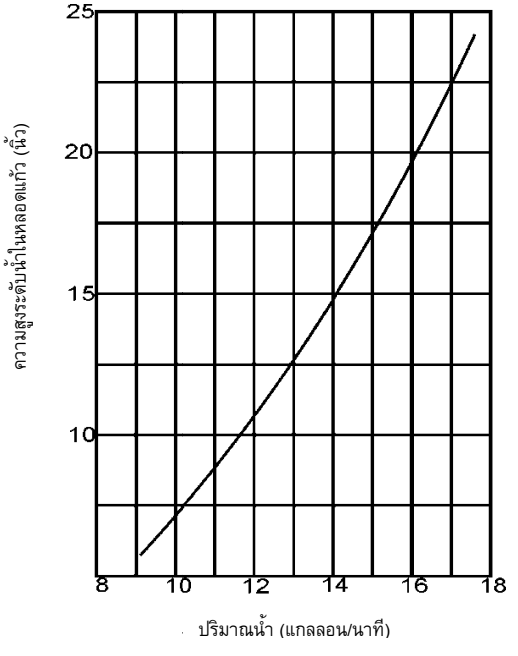
รูปที่ 6 ส่วนประกอบของเครื่องวัดปริมาณน้ำแบบออริฟิซ (เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี, 2517)



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า K และอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลาง ของออริฟิซกับท่อจ่ายน้ำ (เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี, 2517)



รูปที่ 8 ถังติดออริฟิซ 3 ตัว พร้อมหลอดแก้ว และมาตรวัดระดับน้ำ (เจริญ เพียรเจริญ และ จเร ตันติเสรี, 2517)



กราฟสำหรับออริฟิซที่มีรูขนาด 1 นิ้วติดกันถัง

รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในหลอดแก้วและปริมาณน้ำ (เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี, 2517

ของระดับน้ำในหลอดแก้ว ดังนั้นปริมาณของน้ำในแต่ละออริฟิซคูณจำนวนออริฟิซก็จะได้อัตราการให้น้ำทั้งหมด ตัวอย่างเช่น ถ้าระดับน้ำในหลอดแก้วสูง 16 นิ้ว จากรูปที่ 9 อัตราการไหลของน้ำ = 14.4 แกลลอนต่อนาที ถ้าใช้ออริฟิซ 3 ตัว ปริมาณของน้ำทั้งหมดเท่ากับ 3 x 14.4 = 43.2 แกลลอนต่อนาที หรือ 0.2 ลบ.ม./นาที การใช้ถังติดออริฟิซจะวัดค่าให้สม่ำเสมอเหมาะสำหรับการใช้วัดอัตราการจ่ายน้ำของเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบชัก

6.10.5 การวัดปริมาณน้ำที่ไหลพุ่งหรือน้ำพุ

การวัดปริมาณน้ำที่ไหลพุ่ง (jet stream flow) ในกรณีที่เจาะในหินอุ้มน้ำชนิดมีแรงดัน (confined aquifer) และได้บ่อน้ำพุ การวัดความสูงของน้ำที่พุ่งขึ้นมาจากปลายท่อในแนวดิ่งและในแนวราบ วิธีการวัดความสูงของน้ำในแนวดิ่งวัดความสูงของน้ำที่พุ่งขึ้นจากปลายท่อ (h) (รูปที่ 10) แล้วนำไปหาค่าอัตราการให้น้ำของบ่อจากตารางที่ 1

การวัดปริมาณน้ำจากบ่อในแนวนอน โดยการติดตั้งท่อจ่ายน้ำให้อยู่ในแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 11 วัดระยะในแนวราบ (ระยะ X) โดยเริ่มวัดจากปลายท่อถึงจุด P ซึ่งจุด P ทำได้จากการวัดระยะจากแนวเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อลงมา 30 ซม. (12 นิ้ว) แล้วกำหนดจุด P ตรงจุดกึ่งกลางสายน้ำที่ไหลออกจากท่อดังรูปที่ 11 เมื่อได้ระยะ X นำไปเทียบกับเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อจะหาค่าปริมาณน้ำได้จากตารางที่ 2

6.10.6 การวัดปริมาณน้ำโดยใช้เวีย

การวัดปริมาณน้ำโดยใช้เวีย (weir) นิยมใช้วัดปริมาณน้ำในลำห้วยขนาดเล็กที่มีอัตราการไหลประมาณ 100 -1,000 ลบ.ม./ชม. กรณีการวัดปริมาณน้ำจากบ่อน้ำบาดาลทำได้โดยการสูบน้ำใส่ถังสี่เหลี่ยมขนาด 1 ลบ.ม. มีช่องเปิดให้น้ำไหลล้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมกว้าง 2.54-30 ซม. (1-12 นิ้ว) ติดไม้บรรทัด

บอกระยะความสูงน้ำ ปริมาณน้ำสามารถคำนวณได้จากสมการของ Francis (Driscoll,1987)

$$Q = 1495 \times L \times h \times \sqrt{h} \qquad (2)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำมีหน่วยเป็นแกลลอนต่อนาที L คือ ความยาวของหน้าตัดมีหน่วยเป็นฟุต h คือ ความแตกต่างของระดับน้ำบนเวียและระดับน้ำที่ไหลผ่านเวียมีหน่วยเป็นฟุต (รูปที่ 12)

6.11 การวัดคุณภาพน้ำในสนามและเก็บตัวอย่างน้ำ

ระหว่างสูบน้ำจากบ่อทดสอบควรตรวจวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า และอุณหภูมิ ทุก 1 ชม. เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ การเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ให้เก็บในช่วง 10 - 30 นาทีก่อนหยุดสูบ ปริมาณอย่างน้อย 1,000 มล. (1.0 ลิตร) ปิดผนึกและเขียนข้อมูลบ่อน้ำบาดาลที่ฉลากขวดน้ำตัวอย่าง (ตามคู่มือ ทบ พ 7000-2550)

6.12 ไฟแสงสว่างและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

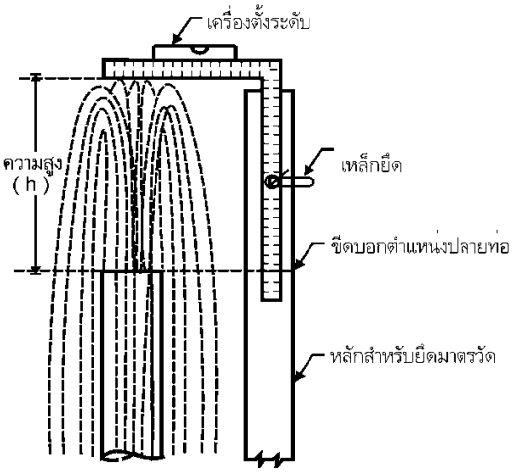
การสูบทดสอบต้องดำเนินงานต่อเนื่องใช้เวลานานและอาจมากกว่า 24 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นจึงต้องมีไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำและอำนวยความสะดวกให้กับผู้ปฏิบัติงาน จึงจำเป็นต้องมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองไว้ในสนาม

6.13 ระบบระบายน้ำ

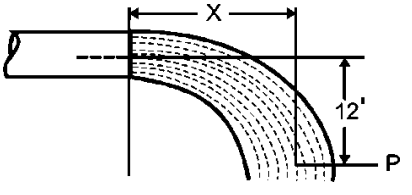
น้ำที่สูบจากบ่อสูบทดสอบต้องปล่อยทิ้งไปให้ไกล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องสูบทดสอบในบ่อบาดาลของชั้นน้ำชนิดไร้แรงดัน จนมั่นใจว่าไม่ไหลกลับลงไปสู่บ่อสูบและบ่อสังเกตการณ์ ดังนั้นอาจจะต้องขุดรางหรือต่อท่อระบายไปสู่ลำรางสาธารณะ อีกทั้งมั่นใจว่าไม่ทำลายแหล่งเกษตรกรรม ปศุสัตว์ สิ่งปลูกสร้าง และเป็นผลเสียหายต่อนิเวศน์วิทยาของสิ่งแวดล้อม

6.14 แบบฟอร์มการสูบทดสอบและกราฟ

ตารางแบบฟอร์มที่จะใช้บันทึกผลการสูบทดสอบทั้งของบ่อสูบทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ ใช้แบบที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ทบ พ 5000-2550

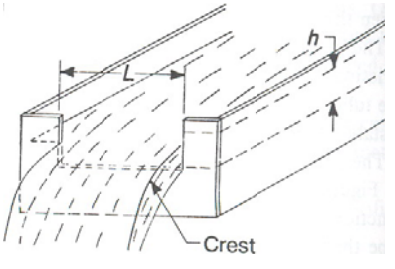


รูปที่ 10 การวัดความสูงของน้ำที่พุ่งขึ้นจากท่อในแนวดิ่ง (เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี, 2517)



เมื่อ X คือ ระยะในแนวราบ P คือ ระยะ ....

รูปที่ 11 การวัดระยะที่น้ำไหลจากท่อในแนวราบ (เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี, 2517)



รูปที่ 12 การปริมาณการไหลของน้ำโดยใช้เวีย (Driscoll, 1987)

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำจากท่อในแนวดิ่ง

ความสูงของน้ำ		ปริมาณน้ำจากท่อในแนวดิ่ง											
		ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ											
		2 นิ้ว (51 มม)		3 นิ้ว (76 มม.)		4 นิ้ว (102 มม.)		5 นิ้ว (127 มม.)		6 นิ้ว (152 มม.)		8 นิ้ว (203 มม.)	
(นิ้ว)	(ซม.)	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที
1	2.54	22	0.10	43	0.20	68	0.31	85	0.39	110	0.50	160	0.73
2	5.08	26	0.12	55	0.25	93	0.42	120	0.55	160	0.73	230	1.05
3	7.62	33	0.15	74	0.34	130	0.59	185	0.84	250	1.14	385	1.75
4	10.16	38	0.17	88	0.40	155	0.70	230	1.05	320	1.45	520	2.36
5	12.70	44	0.20	99	0.45	175	0.80	270	1.23	380	1.73	630	2.86
6	15.24	48	0.22	110	0.50	190	0.86	300	1.36	430	1.95	730	3.32
8	20.32	56	0.25	125	0.57	225	1.02	360	1.64	510	2.32	900	4.09
10	25.40	62	0.28	140	0.64	255	1.16	400	1.82	580	2.64	1050	4.77
12	30.48	69	0.31	160	0.73	280	1.27	440	2.00	640	2.91	1150	5.23
15	31.10	78	0.35	175	0.80	315	1.43	500	2.27	700	3.18	1300	5.91
18	45.72	85	0.39	195	0.89	350	1.59	540	2.45	780	3.55	1400	6.36
21	53.34	93	0.42	210	0.95	380	1.73	595	2.70	850	3.86	1550	7.05
24	60.96	100	0.45	230	1.05	400	1.82	640	2.91	920	4.18	1650	7.50

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำจากท่อในแนวราบ

ระยะทางแนวราบ *		ปริมาณน้ำจากท่อในแนวราบ											
		ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ											
		2 นิ้ว (51 มม)		3 นิ้ว (76 มม.)		4 นิ้ว (102 มม.)		5 นิ้ว (127 มม.)		6 นิ้ว (152 มม.)		8 นิ้ว (203 มม.)	
(นิ้ว)	(ซม.)	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที	แกลลอนต่อนาที	ลบ.ม./นาที
6	15.24	21	0.10	46	0.21	80	0.36	125	0.57	181	0.82	312	1.42
7	17.78	24	0.11	54	0.25	93	0.42	146	0.66	211	0.96	364	1.65
8	20.32	28	0.13	61	0.28	106	0.48	167	0.76	242	1.10	416	1.89
9	22.86	31	0.14	69	0.31	119	0.54	188	0.85	272	1.24	468	2.13
10	25.40	35	0.16	77	0.35	133	0.60	208	0.95	302	1.37	520	2.36
11	27.94	38	0.17	84	0.38	146	0.66	229	1.04	332	1.51	572	2.60
12	30.48	42	0.19	92	0.42	159	0.72	250	1.14	362	1.65	624	2.84
15	38.10	52	0.24	115	0.52	199	0.90	313	1.42	453	2.06	780	3.55
20	50.80	70	0.32	154	0.70	26	0.12	417	1.90	604	2.75	1040	4.73

หมายเหตุ : พิจารณาประกอบรูปที่ 11

7. การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ตัวแปรทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ เช่น ค่าค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำไหลผ่านตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ (transmissivity, T) ค่าการซึมได้ (permeability, k) สัมประสิทธิ์การกักเก็บ (storage coefficients, S) (รูปที่ 13) และแนวโน้มการลดระดับของน้ำบาดาลเนื่องจากการทดสอบสูบน้ำในบ่อและบริเวณข้างเคียง การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบน้ำมีสมมุติฐานว่า “น้ำที่ไหลในหินอุ้มน้ำอยู่ในแนวราบและมีขอบเขตไม่จำกัด (infinite boundary) สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งการไหลของน้ำแบบสภาวะคงที่และไม่คงที่” ซึ่งวิเคราะห์ได้หลายวิธี ดังนี้

7.1 ข้อสมมุติฐาน

7.1.1 หินอุ้มน้ำควรมีขอบเขตไม่จำกัดหรือมีการขยายในแนวด้านข้างโดยไม่มีขอบเขตจำกัด (infinite areal extent)

7.1.2 หินอุ้มน้ำต้องมีลักษณะเนื้อหินหรือความพรุนสม่ำเสมอและมีการไหลของน้ำในทิศทาง x, y, z เท่าๆ กัน (homogeneous and isotropic aquifer) และมีความหนาที่สม่ำเสมอในรัศมีของอิทธิพลระดับน้ำลดในขณะที่ทำการทดสอบสูบน้ำ ชั้นหินต้องอยู่ในแนวระนาบ

7.1.3 ก่อนสูบทดสอบระดับน้ำบาดาลควรอยู่ในแนวราบ

7.1.4 อัตราการสูบน้ำควรจะคงที่ตลอดการสูบทดสอบ

7.1.5 บ่อน้ำบาดาลที่ใช้เป็นบ่อสูบทดสอบควรเจาะทะลุความหนาของหินอุ้มน้ำ (fully penetrating well) และใส่ท่อกรองยาวไม่น้อยกว่า 80% ของความหนาของหินอุ้มน้ำ

7.2 สมการพื้นฐานเกี่ยวกับการไหลของน้ำ

กฎดาร์ซี่เป็นกฎพื้นฐานที่นำมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำผ่านหินอุ้มน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 14

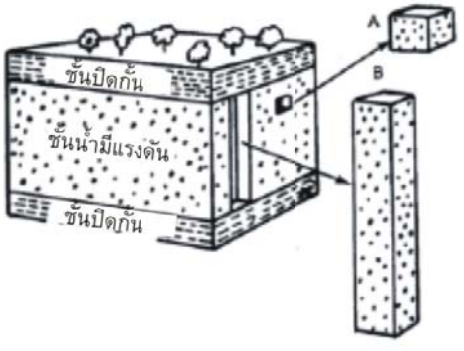
ปริมาณน้ำไหลเข้า = ปริมาณน้ำไหลออก

ตัวอย่างปริมาณการไหลในแนวแกน X

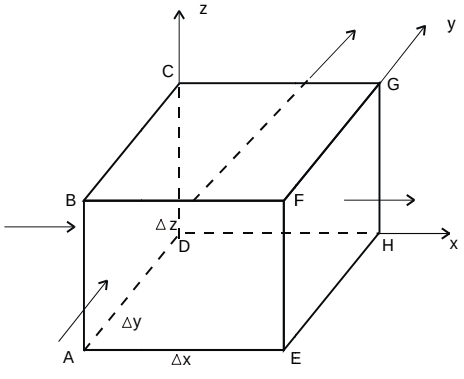
$$V_x \cdot dy \cdot dz = (V_x + dv_x / d_x) \cdot dy \cdot dz$$

ปริมาณการไหลในแนวแกน y และ z ทำนองเดียวกัน เมื่อแทนค่าความสัมพันธ์จะได้ดังนี้

$$K_x \frac{d^2h}{dx^2} + K_y \frac{d^2h}{dy} + K_x \frac{d^2h}{dz} = 0 \qquad (2)$$



รูปที่ 13 ค่าการซึมได้ (A) และค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำไหลผ่านตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ (B)



รูปที่ 14 การไหลของน้ำสามทิศทาง (Todd, 1980)

7.3 การไหลของน้ำเข้าบ่อในสภาวะคงที่

การไหลของน้ำเข้าบ่อในสภาวะคงที่ (steady-redial flow to a well) เมื่อสูบน้ำๆ จะไหลเข้าสู่บ่อจากหินอุ้มน้ำรอบๆ บ่อ ระดับน้ำจะลดลงจากระดับน้ำปกติ เรียกว่า ระยะน้ำลด (drawdown, s) ลักษณะของระยะน้ำลดเกิดขึ้นรอบๆ บ่อ ถ้ามองในรูปสามมิติและจะเกิดเป็นรูปกรวยน้ำลด (cone of depression) บริเวณอยู่นอกกรวยน้ำลดเป็นพื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของบ่อ ดังแสดงในรูปที่ 15

7.4 การไหลของน้ำแบบสภาวะคงที่ในหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน

ตัวอย่างการคำนวณระดับน้ำจากรูปที่ 16 แสดงภาพตัดขวางของหินอุ้มน้ำ ตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ และบ่อสูบน้ำ อัตราการสูบ 788 ลบ.ม./วัน 14 ชั่วโมง ระดับน้ำลดจากการสูบเป็นดังนี้

บ่อสังเกตการณ์	H 0.8	H 30	H 90	H 215
ระดับน้ำลด (ม.)	2.236	1.088	0.716	0.250

การวิเคราะห์การไหลของน้ำเข้าบ่อแบบสภาวะคงที่โดยวิธีของ Thiem สามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$Q = 2\pi T(sm_1 - sm_2)/\ ln(r_2/r_1) \quad (7)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการสูบน้ำจากบ่อ (ลบ.ม./วัน) T คือ ค่าค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำไหลผ่านตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ (ตร.ม./วัน) sm_1 และ sm_2 คือ ระดับน้ำลดในบ่อสังเกตการณ์ที่ 1 และ 2 ส่วน r_1 และ r_2 คือ ระยะทางระหว่างบ่อสังเกตการณ์และบ่อสูบ (ม.)

บ่อสังเกตการณ์ห่างจากบ่อสูบทดสอบ 30 ม. และ 90 ม. สามารถแทนค่าในสมการ (6) เพื่อหาค่า T ได้ โดยแทนค่า Q = 788 ลบ.ม./วัน r_1= 30 ม. sm_1 = 1.088 ม. r_2 = 90 ม. และ sm_2 = 0.716 ม. ได้ T = 370 ตร.ม./วัน

7.5 การวิเคราะห์การไหลของน้ำเข้าบ่อแบบสภาวะไม่คงที่

เมื่อสูบทดสอบน้ำออกจากหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน ดังแสดงในรูปที่ 16 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีของ Theis วิธีของ Jacob เป็นต้น

7.5.1 การวิเคราะห์โดยวิธีของ Theis

การไหลของน้ำเข้าบ่อในสภาวะไม่คงที่ในกรณีที่อัตราการสูบน้ำออกจากบ่อคงที่ สามารถแสดงดังสมการ

$$\frac{d^2h}{dr_2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{dh}{dr} = \frac{S}{T} \cdot \frac{dh}{dt} \quad (7)$$

Theis (1935) ได้พัฒนาสมการการไหลของน้ำเข้าบ่อจาก Jacob (1940) พบว่า

$$S = Q/4TW(u) \quad (8)$$

เมื่อ $U = r^2S/4Tt$ (9)

หรือ $S = 4Ttu/r^2$ (10)

สมการที่ (8) และ (9) เรียกว่า Theis's Equation ค่า W(u) สำหรับค่าของ u แสดงในตารางที่ 3 เมื่อ W(u) คือ well function of u ค่า s คือ ระดับน้ำลด (drawdown) และ t คือ เวลา

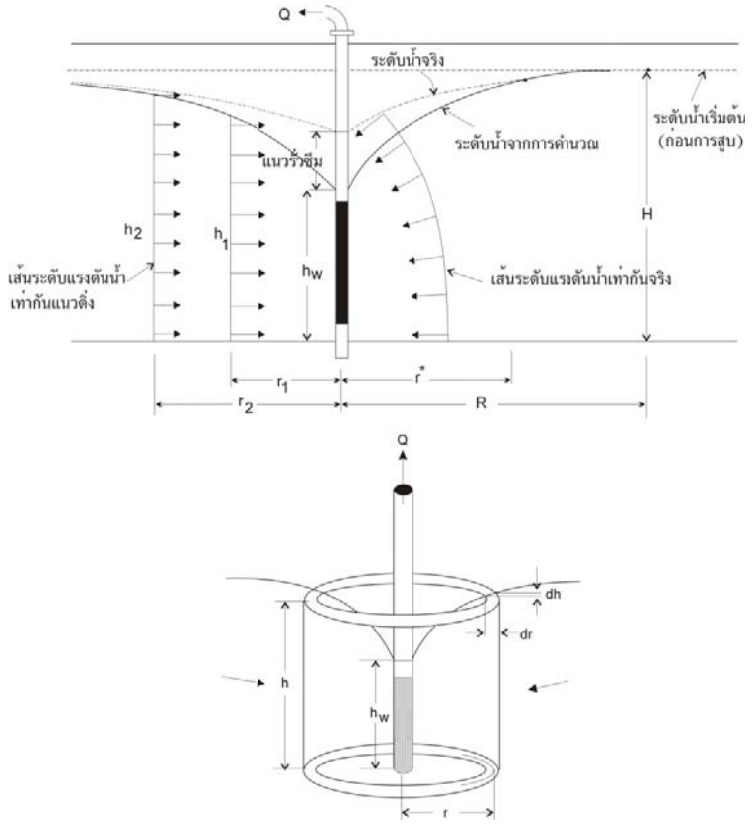
การวิเคราะห์ค่า T และ S โดยวิธีของ Theis มีข้อสมมุติฐานเพิ่มเติม ดังนี้

(1) หินอุ้มน้ำเป็นหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน

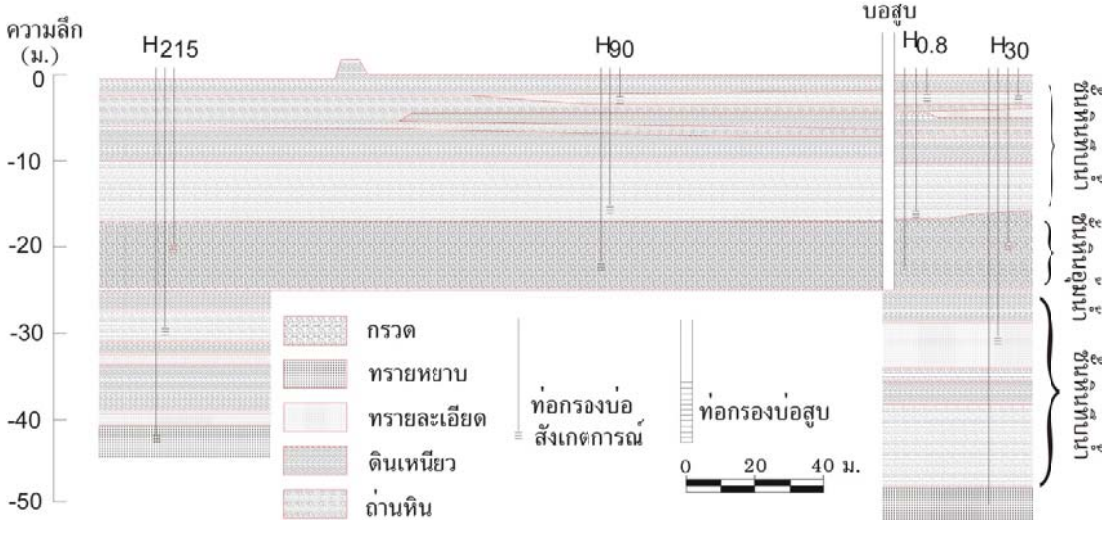
(2) การไหลของน้ำเข้าบ่อเป็นแบบสภาวะไม่คงที่

(3) เมื่อน้ำไหลออกจากหินอุ้มน้ำจะทำให้แรงดัน (head) ลดลงทันที

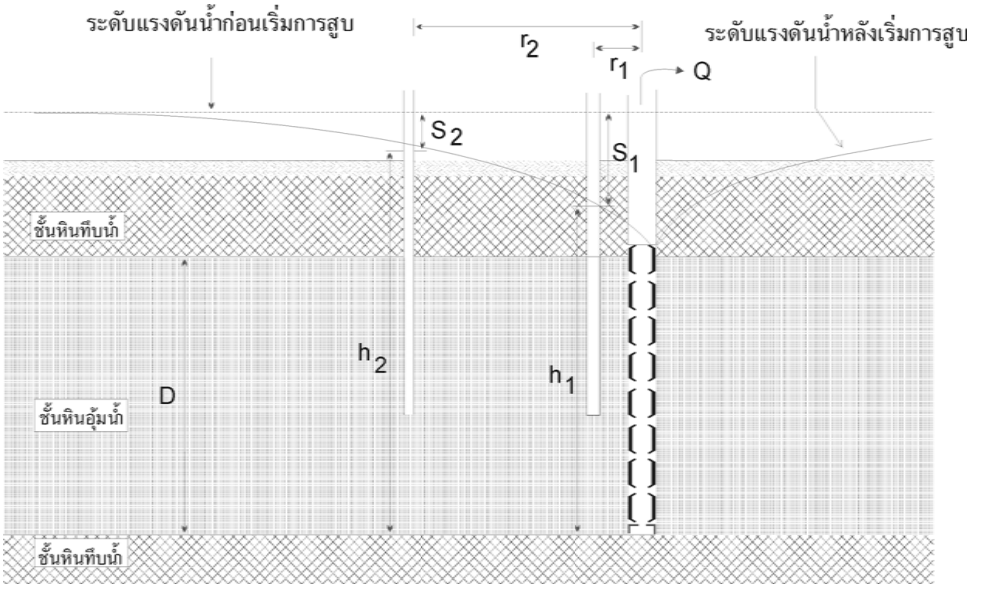
(4) เส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อต้องมีขนาดเล็กดังนั้นค่าการกักเก็บในบ่อมีค่าน้อยมาก



รูปที่ 15 การไหลของน้ำเข้าบ่อแบบสภาวะคงที่ผ่านหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน (Kresic, 1997)



รูปที่ 16 ภาพตัดขวางของหินอุ้มน้ำและระดับน้ำลดในบ่อสังเกตการณ์ (Kruseman and Ridder, 1990)



รูปที่ 17 การสูบน้ำจากบ่อที่เจาะในหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน (Kruseman and Ridder, 1990)

ตารางที่ 3 ค่าของ W(u) สำหรับค่าของ u

		1/u=	n	n(1)	n(2)	n(3)	n(4)	n(5)	n(6)	n(7)	n(8)	n(9)	n(10)
n	N	u =	N	N(–1)	N(–2)	N(–3)	N(–4)	N(–5)	N(–6)	N(–7)	N(–8)	N(–9)	N(–10)
1.000	1.0	W(u)=	2.194(–1)	1.823	4.038	6.332	8.633	1.094(1)	1.324(1)	1.544(1)	1.784(1)	2.015(1)	2.245(1)
0.833	1.2		1.584(–1)	1.660	3.858	6.149	8.451	1.075(1)	1.306(1)	1.536(1)	1.766(1)	1.996(1)	2.227(1)
0.666	1.5		1.000(–1)	1.465	3.637	5.927	8.228	1.053(1)	1.283(1)	1.514(1)	1.744(1)	1.974(1)	2.204(1)
0.500	2.0		4.890(–2)	1.223	3.355	5.639	7.940	1.024(1)	1.255(1)	1.485(1)	1.715(1)	1.945(1)	2.176(1)
0.400	2.5		2.491(–2)	1.044	3.137	5.417	7.717	1.002(1)	1.232(1)	1.462(1)	1.693(1)	1.923(1)	2.153(1)
0.333	3.0		1.305(–2)	9.057(–1)	2.959	5.235	7.535	9.837	1.214(1)	1.444(1)	1.674(1)	1.905(1)	2.135(1)
0.286	3.5		6.970(–3)	7.942(–1)	2.810	5.081	7.381	9.683	1.199(1)	1.429(1)	1.659(1)	1.889(1)	2.120(1)
0.250	4.0		3.779(–3)	7.024(–1)	2.681	4.948	7.247	9.550	1.185(1)	1.415(1)	1.646(1)	1.876(1)	2.106(1)
0.222	4.5		2.073(–3)	6.253(–1)	2.568	4.831	7.130	9.432	1.173(1)	1.404(1)	1.634(1)	1.864(1)	2.094(1)
0.200	5.0		1.148(–3)	5.598(–1)	2.468	4.726	7.024	9.326	1.163(1)	1.393(1)	1.623(1)	1.854(1)	2.084(1)
0.166	6.0		3.601(–4)	4.544(–1)	2.295	4.545	6.842	9.144	1.145(1)	1.375(1)	1.605(1)	1.835(1)	2.066(1)
0.142	7.0		1.155(–4)	3.738(–1)	2.151	4.392	6.688	8.990	1.129(1)	1.360(1)	1.590(1)	1.820(1)	2.050(1)
0.125	8.0		3.767(–5)	3.106(–1)	2.027	4.259	6.555	8.856	1.116(1)	1.346(1)	1.576(1)	1.807(1)	2.037(1)
0.111	9.0		1.245(–5)	2.602(–1)	1.919	4.142	6.437	8.739	1.104(1)	1.334(1)	1.565(1)	1.795(1)	2.025(1)

(จาก Kruseman and Ridder, 1990)

7.5.2 ขั้นตอนและวิธีวิเคราะห์

(1) เตรียม type curve ของ Theis well function บนกระดาษกราฟ log-log ที่พล๊อตค่า W (u) ต่อค่า u หรือการทำ “normal type curve” เพื่อสะดวกในการคำนวณจึงใช้ reverse-type curve โดยพล๊อต W (u) ต่อ 1/u ดังในรูปที่ 18

(2) พล๊อตค่าระยะน้ำลด (drawdown, s) ต่อ t/r^2 หรือ s ต่อ t บนกระดาษกราฟ log-log อีกแผ่นหนึ่งซึ่งมีมาตราส่วนเท่ากันกับ type curve

(3) วางกราฟที่พล๊อตข้อมูลจากข้อมูลในข้อ (2) ลงบน type curve โดยจัดให้แกนทั้ง x, y ของกราฟทั้ง 2 แผ่น ขนานกัน ปรับให้ curve ทั้งสองแผ่นซ้อนทับกันดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ดังในรูปที่ 19

(4) เลือกจุด match point ตรงไหนก็ได้ ตัวอย่างในรูปที่ 19 ตรงจุด A อ่านค่าของ W (u) และ 1/u บน type curve และอ่านค่าของ s และ t/r^2 หรือ t บนกระดาษกราฟของ A และ t ณ จุด match point เพื่อให้สะดวกในการคำนวณ ควรเลือก match point ตรงค่า W (u) = 1 และ 1/u = 10 นำมาแทนค่าในสูตร

$$T=Q \cdot W(u)/4\pi S$$

$$U = r^2 S / 4Tt$$

เมื่อ T คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำไหลผ่านตลอดชั้นหินอุ้มน้ำ (ตร.ม./วัน) S คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บ Q คือ อัตราการสูบน้ำแบบคงที่ (ลบ.ม./วัน), s คือ ระยะน้ำลด (ม.) r คือ ระยะห่างระหว่างบ่อสังเกตการณ์และบ่อสูบ (ม.) t คือ ระยะเวลาการสูบน้ำ (วัน) และ W(u) คือ well function of u

7.6 การวิเคราะห์ข้อมูลสูบทดสอบแบบวิธีปรับอัตราการสูบ

การทดสอบสูบน้ำแบบปรับอัตราการสูบเป็นการสูบน้ำออกจากบ่อทดสอบในอัตราการสูบแบบปรับระดับหลายๆ ค่า ทำการทดสอบในบ่อน้ำในอัตราที่คงที่อัตรา Q1 ในเวลาหนึ่งแล้วเพิ่มอัตราการสูบ Q2 ในระยะเวลาหนึ่งและเพิ่มอัตราการสูบเป็น Q3 ในระยะเวลาหนึ่ง ในแต่ละขั้นตอนทำการวัดระดับน้ำในบ่อสูบ การทดสอบสูบน้ำเพื่อใช้ตรวจสอบ

- สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียน้ำในบ่อ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธ์การสูญเสียน้ำจากชั้นหิน B (formation loss coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียน้ำจากบ่อ C (well loss coefficient)

- หาประสิทธิภาพของบ่อน้ำที่ใช้

- ทดสอบปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถสูบออกได้ในเวลาใดเวลาหนึ่งและกำหนดให้ระดับน้ำลดระยะใดระยะหนึ่ง

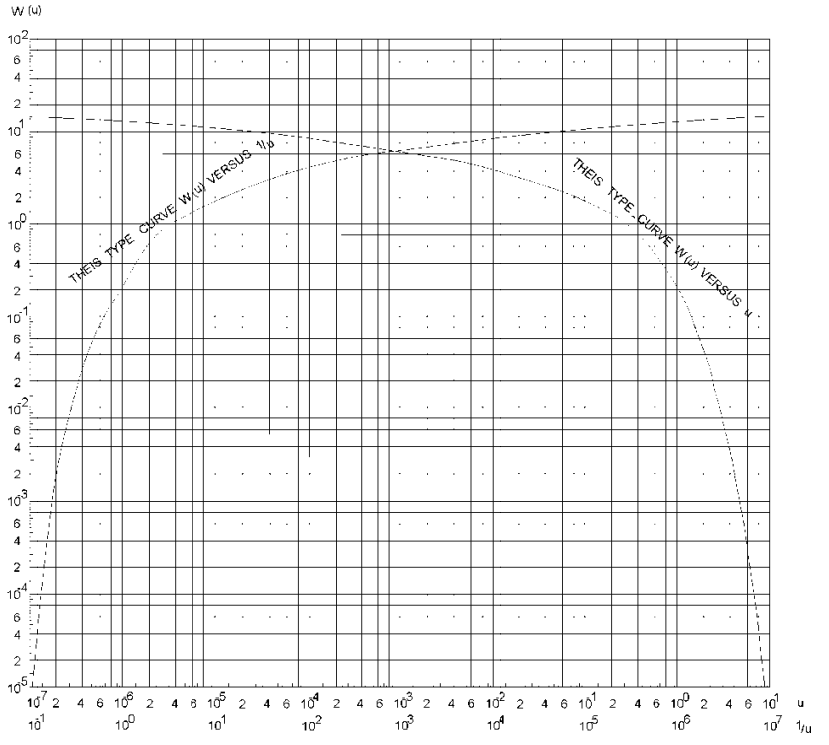
เมื่อพิจารณาระยะน้ำลดในบ่อจะพบว่าระยะน้ำลดในบ่อ (S_w) เกิดจาก

- การสูญเสียน้ำจากชั้นหิน (formation loss, BQ) เป็นผลมาจากการไหลของน้ำผ่านชั้นหินจะทำให้สูญเสียพลังงานเพื่อทะลุแรงเสียดทาน และ

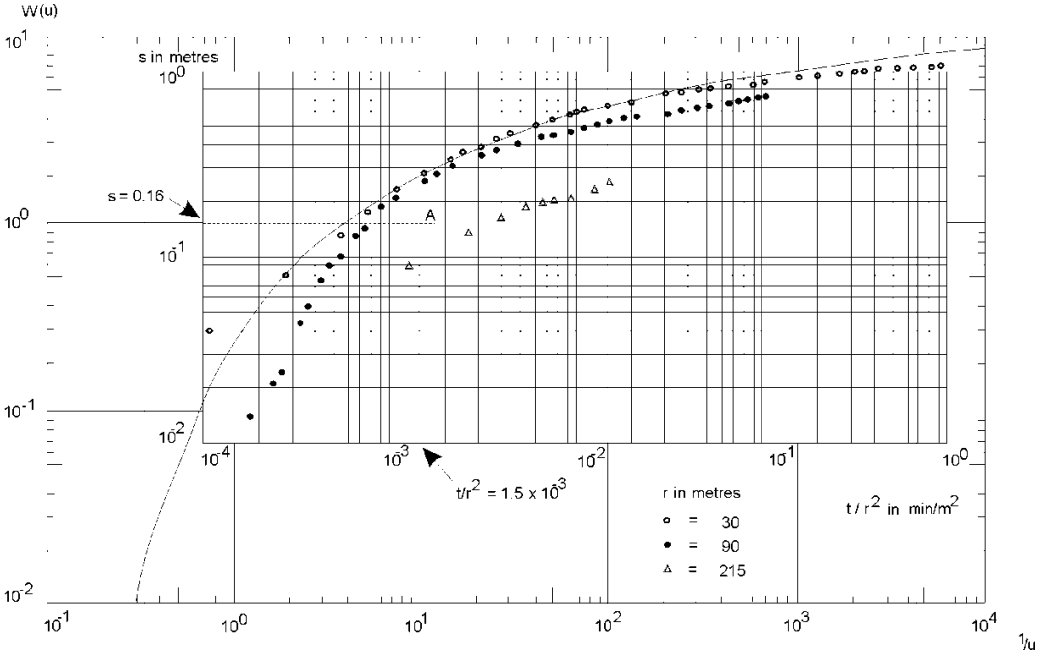
- การสูญเสียน้ำจากบ่อสูบเอง (well loss, CQ^2) เกิดจากขณะที่น้ำผ่านชั้นหินแล้วจะผ่านเข้าท่อกรองเกิดการไหลอย่างรุนแรง ระดับน้ำในบ่อจึงลดลงทันทีทันใดโดยเฉพาะช่วงแรกของการสูบ บางบ่อเกิดการสูญเสียน้ำขึ้นได้ตั้งแต่นาทีสองนาทีแรกจนถึงเวลาหลายๆ ชั่วโมง ดังนั้นการประเมินหาค่าของ C จึงเป็นเครื่องชี้ถึงคุณภาพของบ่อว่ามีการก่อสร้างถูกวิธีหรือมีอายุการใช้งานมากเพียงใด จำเป็นต้องมีการพัฒนาบ่อหรือไม่

ดังนั้นระยะน้ำลดในบ่อตั้งแต่สูบเริ่มต้นไปจนถึงระยะเวลาหนึ่ง (รูปที่ 20) คำนวณได้ดังนี้

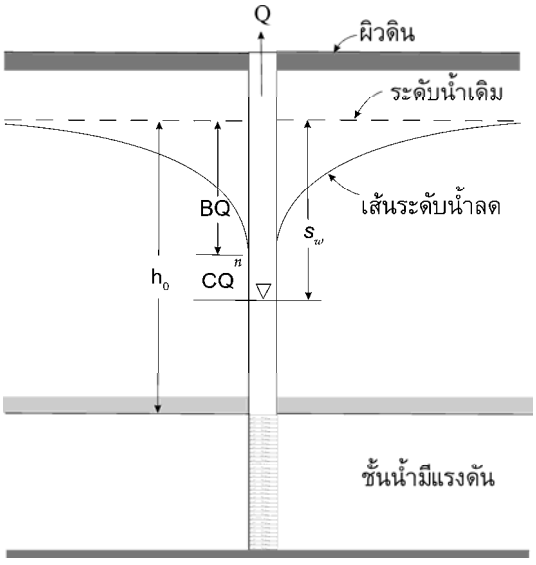
$$S_w = BQ + CQ^2 \qquad (10)$$



รูปที่ 18 ลักษณะของ type curve (Kruseman and Ridder, 1990)



รูปที่ 19 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการปรับค่าข้อมูลและ type curve (Kruseman and Ridder, 1990)



รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ของระดับน้ำลด
ในบ่อสูบทดสอบ (Todd, 1980)

7.7 การวิเคราะห์หาค่า B และ C

7.7.1 นำค่าระดับน้ำลดในบ่อมาพล็อตในกระดาษ semilog เทียบกับระยะเวลา ดังในรูปที่ 21

7.7.2 ทำการประมาณระยะเวลาที่เกิดการสูญเสียน้ำจากบ่อ (well loss) หมดไป อาจใช้เวลาหลังจากสูบแล้ว 100 นาที หรือมากกว่า (t_1 100 นาที) หาระดับน้ำลดในบ่อ S_w (100) ของแต่ละอัตราการสูบ (Q_1, Q_2, Q_3)

7.7.3 นำค่า S_w (100)/Q_n มาพล็อตกับค่า Q ในกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 21

7.7.4 ค่า B คือ จุดตัดเส้นตรงที่ลากจาก curve มาตัดแกน y ส่วนค่า C คือ ค่าจากความลาดชัน (slope) ของ curve ดังแสดงในรูปที่ 21

8. การประเมินประสิทธิภาพของบ่อ

การประเมินประสิทธิภาพของบ่อสามารถทำได้หลายวิธี คือ

- ใช้ค่า specific capacity (SC – s/Q)
- ใช้อัตราส่วนของระดับน้ำลด (คล้ายกับวิธีแรก)

$$e = \frac{s_{act}}{s_{theo}} \quad (11)$$

- หาอัตราส่วนของระดับน้ำลดในขณะที่บ่อไม่เกิด well loss กับระดับน้ำลด เมื่อเกิด well loss

$$e_w = \frac{BQ}{BQ + CQ^2} \times 100 \quad (12)$$

- ตรวจสอบค่าของสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียน้ำในบ่อ หรือค่า C ซึ่งประมาณได้จากตารางที่ 4 ดังต่อไปนี้

สาเหตุที่ทำให้บ่อน้ำมีประสิทธิภาพลดลงเกิดขึ้นได้หลายประการ กล่าวคือ

- ลักษณะของหินอุ้มน้ำ มีคุณภาพของน้ำไม่ดีหรือสกปรก
- การสร้างบ่อและวัสดุที่ใช้ไม่ถูกต้องตามหลักการ
- การพัฒนาบ่อหลังจากสร้างบ่อเสร็จเรียบร้อยได้บ่อคุณภาพไม่ดี
- เครื่องสูบน้ำที่ใช้ไม่เหมาะสมกับสภาพของหินอุ้มน้ำและปริมาณน้ำที่ได้จากหินอุ้มน้ำ

9. เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการสูบทดสอบปริมาณน้ำควรประกอบด้วย

- เครื่องสูบน้ำซึ่งอาจเป็นแบบเทอร์ไบน์หรือแบบจุ่มใต้น้ำ
- อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำตามความเหมาะสมดังรายรายเอียดที่กล่าวไว้ในข้อ 6.12
- อุปกรณ์วัดระดับน้ำ
- นาฬิกาจับเวลา
- สายวัดระยะ
- แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการสูบทดสอบ
- ไฟและระบบส่องสว่าง

10. ความปลอดภัย

ให้ปฏิบัติตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

11. บุคลากร

ใช้บุคลากร ชุดเดียวกันกับพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยเครื่องสูบน้ำ มาตรฐาน ทบ พ 4000-2550

12. เอกสารอ้างอิง

เจริญ เพียรเจริญ และจเร ตันติเสรี, 2517. คู่มือการวัดปริมาณน้ำด้วยวิธี Orifice, ฝ่ายอุทกวิทยา กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

Driscoll, F. G., 1987. Groundwater and Wells, Second Edition, Johnson Division, St. Paul, Minnesota 55112.

Hazel, C.P., 1975. Groundwater Hydraulics, Groundwater school Adelaide.

Helwey, O.J. and Scott, V.H., 1983. Improving Well and Pumping Efficiency, American Water Works Ass, 158 p.

John Div., UOP. INC., 1972. Groundwater and Wells, 2nd ed., Edward E. Johnson, st. Paul, Minn., 440p.

Kresic, N., 1997. Quantitative Solutions in HYDROGEOLOGY AND GROUNDWATER MODELING, Lewis Publishers, New York, 461p.

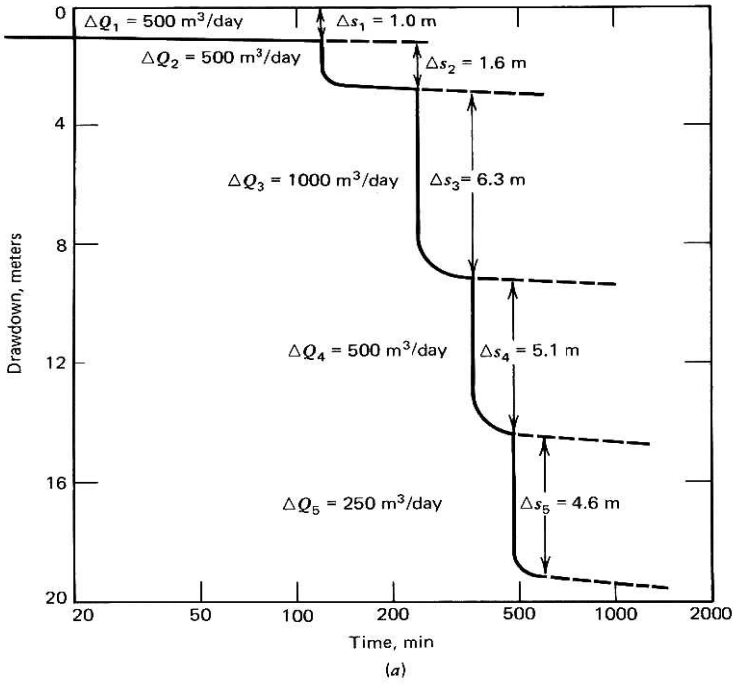
Kruseman, G. P., and N. A. de Ridder, 1990. Analysis and evaluation of pumping test data: International institute for Land Reclamation and improvement/ILRI, Publ. 47, Wageningen, 377p

Stanley N. Davis and Roger J.M. DeWiest, 1966. Hydrogeology, John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney.

Todd, D.K., 1980. Groundwater Hydrology, 2nd edition, John Wiley and sons, 535.

13. ภาคผนวก

ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานการสูบทดสอบปริมาณน้ำ



รูปที่ 21 การพล๊อตค่า s และเวลาในบ่อสูบน้ำแบบ step test (Todd, 1980)

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของค่า C และสภาพของบ่อสูบ

C		สภาพบ่อสูบ
(d^2/m^5)	(min^2/m^5)	
1.4×10^{-4}	0.5	บ่อสร้างได้ดีและพัฒนาบ่อได้ดี
1.4×10^{-4} - 2.8×10^{-3}	0.5 - 1.0	บ่อเริ่มมีการอุดตันหรือเกิดการกัดกร่อนของท่อกรองเล็กน้อย
-2.8×10^{-3} - 1.1×10^{-3}	1.0 - 4.0	บ่อมีการอุดตัน
1.1×10^{-3}	4.0	บ่อที่ไม่สามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเหมือนเดิม

รายงานการสูบทดสอบ

บริษัท ปูนซีเมนต์เอเชีย จำกัด (มหาชน)

สถานที่ ต.พุกร่าง อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรี

บ่อหมายเลข P1

ความลึก 82.00 เมตร ขนาดบ่อ 6 นิ้ว

อัตราการสูบ 57.00 ลบ.ม./ชม.

ระดับน้ำก่อนสูบ 3.57 เมตร ระดับน้ำลด 0.46 เมตร

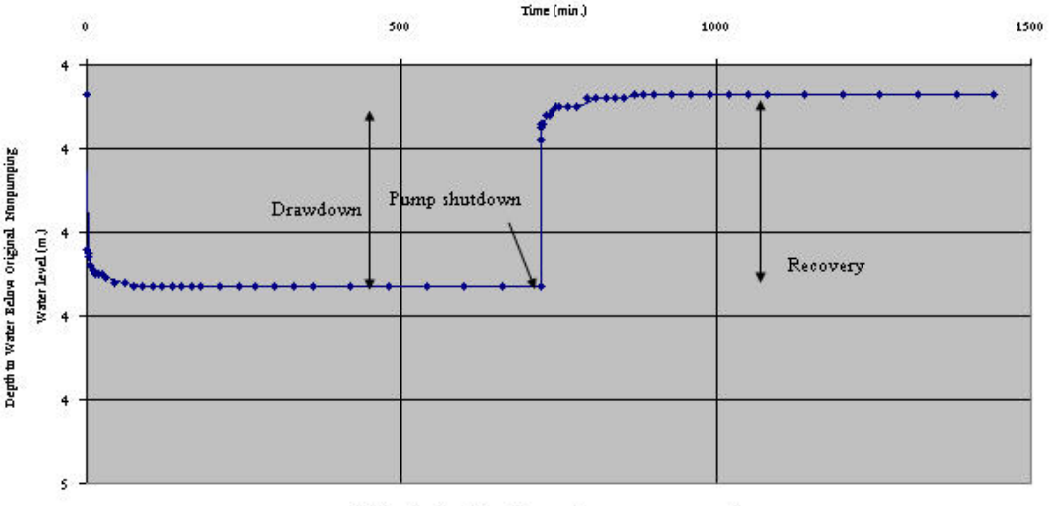
ระดับความสูงฐานบ่อ 0.32 เมตร

วันที่ทดสอบ 16/11/2550 ผู้ทดสอบ นายพยุง สุขใจ

เวลา-นาที ตั้งแต่เริ่มสูบ (t)	เวลา-นาที ตั้งแต่หยุดสูบ (t')	อัตราส่วน (t/t')	ระดับน้ำบาดาล เมตร	ระยะน้ำคืนตัว เมตร (s')	ระยะน้ำลด เมตร (s)	ระยะน้ำคืนตัว คำนวณ (s-s') เมตร
0			3.570		0.000	
1			3.940		0.370	
2			3.950		0.380	
3			3.950		0.380	
4			3.960		0.390	
5			3.980		0.410	
10			3.990		0.420	
720	0	0.00	4.030	0.460		0.000
720	1	720.00	3.680	0.110		0.350
1200	480	2.50	3.570	0.000		0.460
1260	540	2.33	3.570	0.000		0.460
1320	600	2.20	3.570	0.000		0.460
1380	660	2.09	3.570	0.000		0.460
1440	720	2.00	3.570	0.000		0.460

กราฟแสดงผลการสูบทดสอบ บ่อ P1

บ. ปูนซีเมนต์เอเชีย จำกัด (มหาชน) ต.พุคล้า อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรี



คู่มือ ทบ พ 6000-2550
การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ

คู่มือ ทบ พ 6000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย [ก] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย [ป] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

ในการออกแบบบ่อน้ำบาดาลตามมาตรฐาน 1000-2550 หรือการออกแบบบ่อสำหรับสูบทดสอบ (test wells) ให้สามารถสูบน้ำได้ปริมาณสูงสุดและมีประสิทธิภาพสูงสุดตามคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำนั้นๆ ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ คือ มีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะอย่างถูกต้องในทุกๆ ขั้นตอน มีการตรวจวัดและแปลค่ากราฟผลหยั่งธรณีหลุมเจาะอย่างถูกต้องตลอดจนมีการวิเคราะห์หาขนาดตะกอนโดยใช้ตะแกรงร่อนที่ถูกต้องและเทียบหาขนาดเบอร์ของท่อกรองอย่างถูกต้องด้วย

2. ขอบเขต

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะมีขอบเขตของงานดังนี้

2.1 หน่วยวัดที่ใช้ในคู่มือนี้เป็นระบบเมตริก

2.2 การเก็บตัวอย่างตะกอนและหินจากการเจาะโดยเครื่องเจาะแบบหมุนตรงใช้น้ำโคลน

2.3 การเก็บตะกอนและหินตัวอย่างจากการเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบหมุนดูดกลับ

2.4 การเก็บแท่งตัวอย่างจากการเจาะโดยเครื่องเจาะแบบหมุนตรงใช้น้ำโคลน

2.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอน การวิเคราะห์เกล็ดหินตัวอย่างและการวิเคราะห์แท่งตัวอย่าง

3. เอกสารที่ใช้ประกอบการจัดทำ

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 2000-2550 การใช้และการแปลค่าข้อมูลหยั่งธรณีหลุมเจาะ
- มาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออก-แบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 2000-2550 การใช้และการแปลค่าข้อมูลหยั่งธรณีหลุมเจาะ
- คู่มือ ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวของตะกอน (grain-size analysis curve or aquifer curve) หมายถึง กราฟที่ได้จากการนำผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอนด้วยตะแกรงร่อนหาความสัมพันธ์ระหว่าง

ร้อยละของผลรวมของน้ำหนักตัวอย่างที่ตกค้างในตะแกรงแต่ละอันกับขนาดช่องเปิดของตะแกรง

4.2 กราฟแสดงขนาดกรวดกรุหรือทรายกรุ (filter-packed curve or gravel packed curve) หมายถึง กราฟที่แสดงการกระจายตัวของขนาดกรวดกรุ กราฟนี้ได้จากการคำนวณช่วงกลางของ aquifer curve โดยใช้ 5D70 5D50 5D40 และ 5D30 เส้นกราฟที่ได้คือ filter-packed curve ที่เกือบขนานกับ aquifer curve และใช้พิจารณาขนาดกรวดกรุที่เหมาะสมกับชั้นน้ำและเป็นขนาดที่สามารถหาได้ในท้องที่นั้นๆ

4.3 กรวดกรุหรือทรายกรุ (filter pack or gravel pack or sand pack) หมายถึง กรวดหรือทรายคัดขนาดอย่างดีและได้สัดส่วนกับร่องเปิดท่อกรอง (5D50) ต้องเป็นกรวดหรือทรายแม่น้ำมีความกลมกลึงดี มีองค์ประกอบของแร่ควอรตซ์สูงและมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.5 ใช้กรุระหว่างท่อกรองกับผนังบ่อน้ำบาดาล

4.4 การกรุกรวดโดยวิธีธรรมชาติ (natural packing) หมายถึง วิธีการก่อสร้างและพัฒนาบ่อน้ำบาดาลโดยไม่ต้องกรุกรวดข้างบ่อ กรณีชั้นน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอมากกว่า 3 คือประกอบด้วยตะกอนขนาดแตกต่างกันมาก โดยการออกแบบขนาดร่องเปิดท่อกรองเป็นมิลลิเมตรจาก D50 จากกราฟการกระจายตัวของเม็ดตะกอนชั้นน้ำ (aquifer curve)

4.5 การกรุข้างบ่อโดยทรวดคัดขนาด (artificial filter packing) หมายถึง วิธีการก่อสร้างและพัฒนาบ่อน้ำบาดาลโดยต้องเติมกรวดข้างบ่อ กรณีชั้นน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอน้อยกว่า 3 คือประกอบด้วยตะกอนขนาดไล่เลี่ยกัน โดยการออกแบบขนาดกรวดกรุเท่ากับ 5 เท่าของ D50 จากกราฟการกระจายตัวของเม็ดตะกอนชั้นน้ำและขนาดร่องเปิดท่อกรองเป็นมิลลิเมตรจาก D90 ของกราฟการกระจายตัวของกรวดกรุ (gravel packed curve)

4.6 ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีขนาดตะกอนแตกต่างกันมาก (non-uniform aquifers) หมายถึง ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (D40/D90) มากกว่า 3

4.7 ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีขนาดตะกอนไล่เลี่ยกัน (uniform aquifers) หมายถึง ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (uniformity coefficient, UC = D40/D90) น้อยกว่า 3

4.8 ขนาดช่องตะแกรงหรือร่องเปิดท่อกรองที่กรองตะกอนชั้นน้ำไว้ร้อยละ 90 (effective size) หมายถึง ขนาดช่องตะแกรงร่อนที่กรองได้ร้อยละ 90 ของตัวอย่างตะกอน

5. ความสำคัญและการใช้งาน

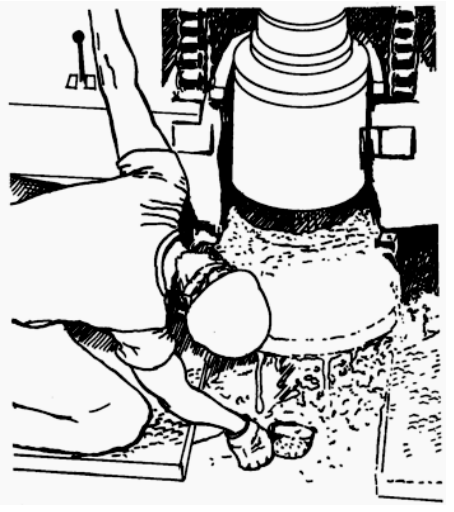
5.1 ใช้เป็นคู่มือเพื่อกำหนดหลักการ ขั้นตอนและวิธีการเก็บตัวอย่าง จากการเจาะผ่านชั้นตะกอนและชั้นหินแข็ง

5.2 ใช้เป็นคู่มือเพื่อกำหนดหลักการและขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอน (soil samples) ตัวอย่างเกล็ดหินจากหลุมเจาะ (cutting samples) แท่งตัวอย่าง (core samples) และขนาดตัวอย่างตะกอน (sieve analysis)

6. วิธีการเก็บตัวอย่างตะกอนหรือเศษหิน

6.1 การเจาะแบบหมุนตรงหรือหมุนดูดกลับโดยใช้น้ำโคลน

6.1.1 วิธีการเก็บตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างตะกอนหรือเศษหินจากการเจาะด้วยเครื่องเจาะแบบหมุนตรงหรือหมุนดูดกลับโดยใช้น้ำโคลนให้พนักงานเก็บตัวอย่างจากร่องดักตะกอนซึ่งอยู่ระหว่างปากหลุมเจาะกับบ่อโคลน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วิธีการเก็บตัวอย่างตะกอน
หรือเศษหินจากหลุมเจาะ

6.1.2 ระยะเก็บหรือความถี่ในการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมคือทุก 1.0 ม. โดยทำเครื่องหมายไว้ที่ก้านเจาะทุกระยะที่ได้ออกแบบไว้

6.1.3 เวลาเก็บต้องกะระยะเวลาและคอยสังเกตเครื่องหมายบอกความลึกที่ก้านเจาะ (ข้อ 6.1.2) ลงไปอยู่ที่จุดอ้างอิงอาจเป็นแท่นหมุน (rotary cable) ให้หยุดเจาะแต่ระบบหัวเจาะและก้านเจาะยังทำงานหมุนอยู่เพื่อทำการไล่น้ำโคลนและเศษตะกอนขึ้นมายังปากบ่อและไหลผ่านร่องดักตะกอน

6.1.4 จุดเก็บ ให้เก็บ ณ ร่องดักตะกอน

6.1.5 ปริมาณตัวอย่าง ของแต่ละช่วงความลึกต้องไม่น้อยกว่า 500 กรัม

6.1.6 ถาดเรียงตัวอย่าง ตัวอย่างที่เก็บได้ให้เรียงไว้ในถาดเรียงตัวอย่างพร้อมทั้งเขียนป้ายบอกระยะที่เก็บ เช่น 0.0 - 1.0 ม. 1.0 - 2.0 ม. เป็นต้น ตากให้แห้งและเรียงไว้ให้นักอุทกธรณีหรือวิศวกรหรือผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบในสนาม

6.2 การเจาะแบบหมุนตรงโดยใช้ลมเจาะ

ให้พนักงานเก็บตัวอย่างที่ปากบ่อ ณ ปลายท่อซึ่งลมใช้เจาะอุ้มเศษหินขึ้นมาโดยดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ดังที่กล่าวไว้ในข้อ 6.1.2 ถึง 6.1.6 ตามลำดับ

6.3 การเจาะแบบหมุนตรงเก็บแท่งตัวอย่าง

ในด้านน้ำบาดาลการเก็บแท่งตัวอย่างของชั้นหินอุ้มน้ำที่เป็นหินแข็ง ถือว่าเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายพอสมควร ผู้ประกอบการที่มีความพร้อมและมีอุปกรณ์สำหรับเก็บแท่งตัวอย่าง ต้องลงทุนซื้อและจำเป็นต้องมีไว้หรืออาจเช่าจากบริษัทอื่นที่มีอาชีพในการเจาะแท่งหินตัวอย่างก็ได้ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บแท่งตัวอย่างเพื่อการศึกษาวิจัยด้านน้ำบาดาลที่เหมาะสม คือ การเจาะเก็บแท่งหินตัวอย่างโดยระบบไวร์ไลน์ (wire line) ซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างประมาณ 50 - 100 มม. โดยมีวิธีการดังนี้

6.3.1 กำหนดระยะความลึกของแท่งตัวอย่างที่ต้องการเก็บโดยอาศัยข้อมูลจากบ่อเก่าที่อยู่ใกล้เคียงหรือจากการศึกษาสภาพอุทกธรณีวิทยาของบริเวณนั้นๆ

6.3.2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแท่งตัวอย่างขึ้นกับระบบไวร์ไลน์ที่ใช้ประมาณ 50 - 100 มม.

6.3.3 เมื่อทำการเจาะบ่อสำรวจ (test hole) หรือบ่อนำ (pilot hole) ถึงความลึกที่ต้องการแท่งตัวอย่างหินหรือดินที่กำหนดไว้ตามข้อ 6.3.1 ให้หยุดเจาะ

6.3.4 ปรับน้ำโคลน กรณีเจาะด้วยน้ำให้ปรับน้ำโคลนจนใสพอเหมาะเพื่อเก็บแท่งตัวอย่าง

6.3.5 ถอนก้านเจาะขึ้น ในการเจาะเก็บแท่งตัวอย่างหินโดยทั่วไปจะต้องใช้ก้านแบบข้อต่อเรียบ (flush-joint drill pipes)

6.3.6 เจาะเก็บตัวอย่าง ดำเนินการเจาะเก็บแท่งตัวอย่างตามเทคนิคและขั้นตอนของการเจาะเก็บแท่งตัวอย่าง (coring) จนถึงความลึกที่กำหนด แล้วจึงถอนถอนก้านเจาะพร้อมอุปกรณ์เก็บแท่งตัวอย่างขึ้นมาเก็บใส่ลังแท่งตัวอย่าง (core boxes)ไว้ตรวจวิเคราะห์ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2

6.4 การวิเคราะห์ขนาดตัวอย่างตะกอน

การวิเคราะห์ขนาดตัวอย่างตะกอน (sieve or screen analysis) มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขนาดร่องเปิดท่อกรอง (slot number of screen) และขนาดของกรวดกรุที่เหมาะสมในกรณีที่ต้องก่อสร้างบ่อแบบเติมกรวด (gravel-packed well) มีขั้นตอนดังนี้

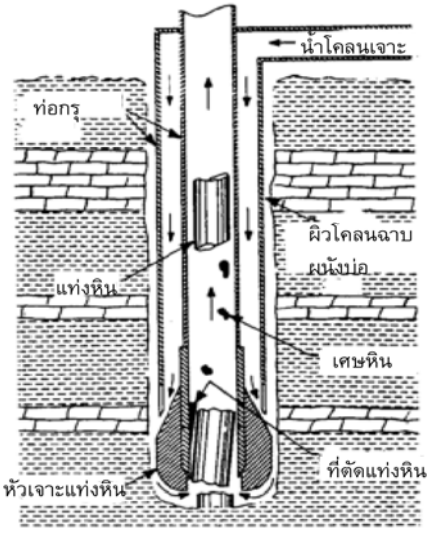
6.4.1 รวบรวมตัวอย่างตะกอนในช่วงความลึกของชั้นน้ำ เช่น จากความลึก 120 - 140 ม. โดยให้ได้น้ำหนักรวมประมาณ 1,200 กรัม

6.4.2 นำตัวอย่างตามข้อ 6.4.1 ไปอบให้แห้งในเตาอบหรือคั่วในกระทะแล้วทุบตัวอย่างให้เม็ดตะกอนไม่เกาะตัวกัน

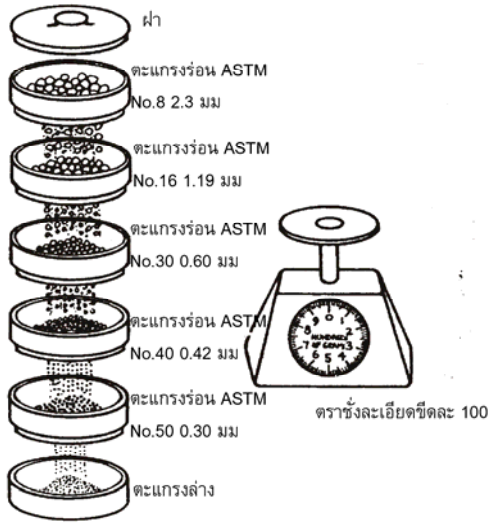
6.4.3 แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน เลือกเอา 1 ส่วนไปแบ่งเป็นอีก 4 ส่วน แล้วเลือกเอา 2 ส่วนด้านตรงข้ามกันซึ่งจะได้ตัวแทนตัวอย่างที่ถูกต้อง (quartering method)

6.4.4 นำตัวอย่างตัวแทนไปชั่งน้ำหนักและเทลงบนตะแกรงชั้นที่1 (บนสุด) ของตะแกรงร่อนที่มี 5 ชั้น พร้อมฝาปิดและถาดรองอยู่ชั้นล่างสุดโดยมีตะแกรงเรียงตามเบอร์จากบนไปล่าง ประกอบด้วยตะแกรงเบอร์ 8 16 30 40 และ 50 ซึ่งมีขนาดของตาตะแกรง 2.38 มม. 1.19 มม. 0.602 มม. 0.42 มม. และ 0.30 มม. ตามลำดับ (รูปที่ 3)

6.4.6 ร่อนตัวอย่างโดยเปิดเครื่องเขย่าตะแกรงไปจนแน่ใจว่าตัวอย่างขนาดต่างๆ ลอดผ่านตะแกรงแล้วค้างอยู่ที่ตะแกรงชั้นที่ 1 ถึง 5 และมีบางส่วนของตะกอนขนาดเล็กสุดลงไปรวมอยู่ที่ถาดรองล่างสุด ตัวอย่างการวิเคราะห์ขนาดตะกอนดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 แสดงการเจาะเก็บแท่งตัวอย่าง

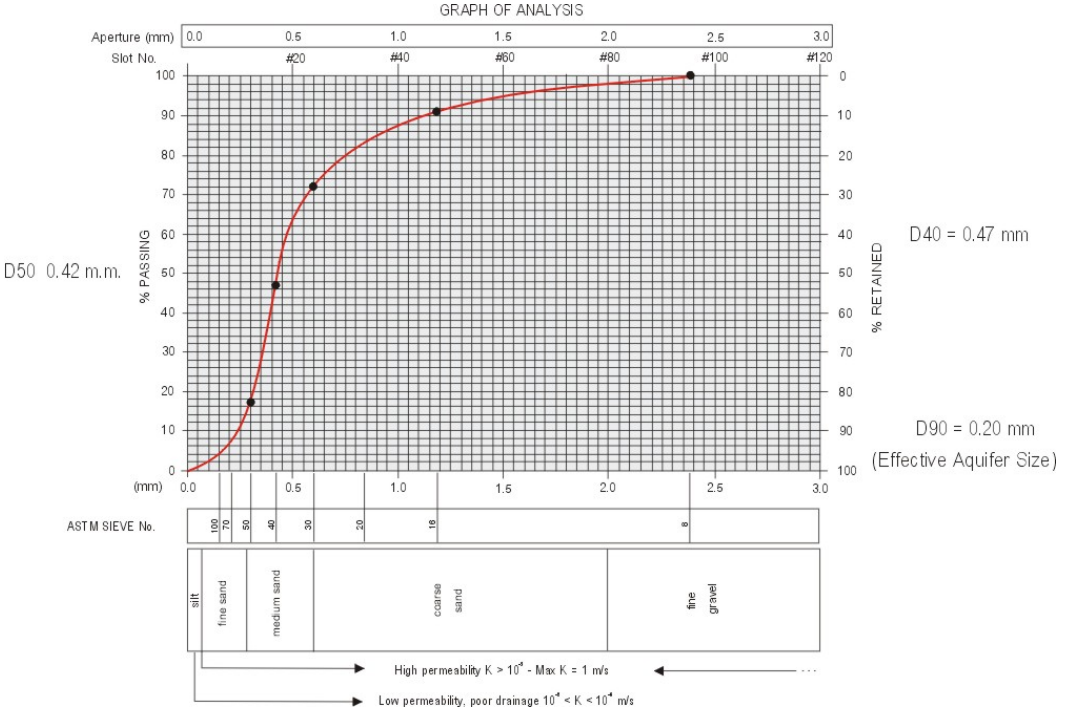


รูปที่ 3 ตะแกรงร่อน (ดัดแปลงจาก Australian Drilling Industry Training Committee Ltd., 1996)

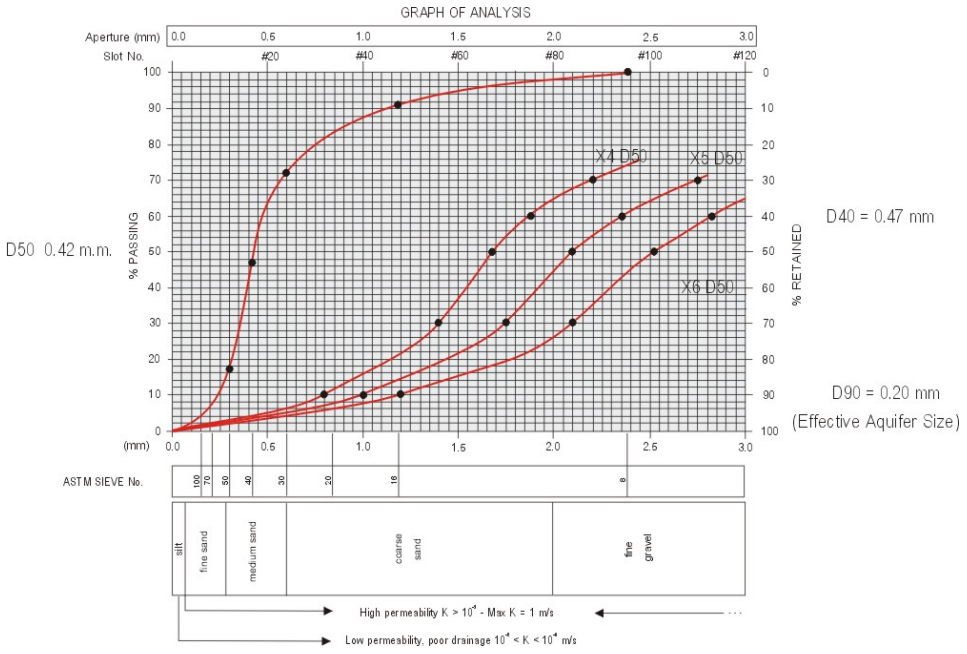
6.5 การแสดงผลการวิเคราะห์ตะกอน

การพล๊อตข้อมูลเพื่อแสดงผลการวิเคราะห์ตะกอน (aquifer curve) สามารถพล๊อตได้ทั้งกราฟธรรมดา (arithmetic scale) กราฟแบบกึ่งล็อก (semi log scale) (หัวข้อ 6.7.2) ในการพล๊อตกราฟจะกำหนดให้แกนตั้ง (แกน Y) แสดงเปอร์เซ็นต์สะสมตัวของตะกอนบนตะแกรงที่ 1 (#8) ที่ 2 (#16) ที่ 3 (# 30) ที่ 4 (#40) และที่ 5 (#50) ตามลำดับ และแกนนอน (แกน X) แสดงขนาดรูเปิดของตะแกรงที่ใช้ร่อน เช่น 0.5 มม. 1.0 มม. 1.5 มม. 2.0 มม. และ 2.5 มม. ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4 กราฟที่พล็อตได้จะแสดงถึงสัดส่วนของน้ำหนักของขนาดตะกอนต่าง ๆ ตั้งแต่ขนาดหยาบจนถึงละเอียดและความสม่ำเสมอของการคัดขนาดตะกอนของชั้นน้ำ เช่น มีการคัดขนาดดีมาก ดี หรือไม่ดี เป็นต้น

6.6.2 การหาขนาดร่องเปิดของท่อกรอง จากตัวอย่างดังกล่าวนี้ ขนาดร่องเปิด คือ D50 ตัดแกนขนาดช่องตะแกรงที่ 0.35 มม. (opening size = median size of sand) ซึ่งอยู่ระหว่างตะแกรงร่อนเบอร์ 40 และเบอร์ 50 (ดังตารางที่ 1)



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่องตะแกรงและเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตะกอนสะสมบนตะแกรง
(ดัดแปลงจาก Australian Drilling Industry Training Committee Ltd., 1996)



รูปที่ 5 แสดงการหาขนาดกรวด/ทรายกรุและขนาดร่องเปิดหรือเบอร์ท่อกรอง

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการวิเคราะห์ขนาดตะกอนด้วยตะแกรงร่อนและการบันทึกข้อมูล

ชื่อบ่อ..... สถานที่.....
ช่วงเก็บตัวอย่าง 110 - 125 ม. น้ำหนักรวม 463 กรัม
ประเภทชั้นหินอุ้มน้ำ Qlt

ชั้นตะแกรง		นน.ค้าง (กรัม)	นน.ค้างสะสม (กรัม)	นน.สะสมร้อยละ
ASTM No.	ขนาด (มม.)			
1 # 8	2.38	0	0	0
2 # 16	1.19	40	40	8.64
3 # 30	0.60	90	130	28.08
4 # 40	0.42	118	248	53.56
5 # 50	0.30	134	382	82.51
ถาดรอง		81	463	100

(ดัดแปลงจาก Australian Drilling Industry Training Committee Ltd., 1996)

ในทางปฏิบัติจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของบ่อจากการยอมให้ตะกอนหยาบกว่าค้างอยู่รอบๆ ท่อกรองประมาณ 50 - 60 % การเพิ่มความพรุนและอัตราการซึมผ่านของน้ำจากชั้นน้ำเข้าบ่อผ่านกรวดทราย ผ่านท่อกรอง และเข้าบ่อได้สะดวกในอัตราเร็วที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น กรณีชั้นน้ำมีการคัดขนาดไม่ดีควรกำหนดขนาดร่องเปิดให้มากกว่าเล็กน้อย ถ้าชั้นน้ำมีการคัดขนาดดีควรกำหนดขนาดร่องเปิดให้เล็กลงเล็กน้อย เพราะมักมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นเสมอจากการเก็บตัวอย่างซึ่งส่วนใหญ่จะเก็บได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ในปริมาณสูงกว่าตะกอนขนาดเล็กหรือกรณีพัฒนาบ่อบาดาลในชั้นน้ำมีสภาพกัดกร่อน (corrosive) สูง ควรเลือกร่องเปิดท่อกรองให้เล็กลงเพื่อวัตถุประสงค์ให้น้ำที่กัดกร่อนไหลเข้าบ่อช้าเป็นต้น

6.7 การออกแบบบ่อแบบกรุกรวด

การออกแบบบ่อแบบกรุกรวด (artificial pack well) มีขั้นตอนการหาขนาดกรวดกรุและขนาดร่องเปิดของท่อกรอง ดังนี้

6.7.1 การหาขนาดของกรวดกรุหรือทรายกรุ (gravel or sand pack) จากกรณีตัวอย่างโดยใช้กราฟธรรมดา มีขั้นตอนดังนี้

(1) การหา modal grain size จากปริมาณตะกอนที่ค้างในตะแกรงสะสมมากที่สุด ตามตัวอย่าง คือ # 50 (0.30 มม.) น้ำหนักตะกอนสะสม 382 กรัมหรือประมาณร้อยละ 82 ของทรายชั้นน้ำซึ่งเป็นทรายหยาบ คือ modal grain size หรือส่วนประกอบหลักของตะกอนชั้นน้ำ (ตารางที่ 1)

(2) ขนาดกรวดกรุหรือทรายกรุคำนวณได้จาก modal size x 5 (ห้าเท่า) = 0.30 มม. x 5 = 1.5 มม. ซึ่ง 1.5 มม. คือ ขนาดทรายหยาบมาก (very coarse sand) ใช้เป็นทรายกรุรอบท่อกรองซึ่งต้องเลือกหรือคัดขนาดให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

6.7.2 กราฟแบบกึ่งล็อก (semi log scale) ตามแบบของผู้ผลิตท่อกรอง เช่น Sure screen (รูปที่ 5)

(1) นำค่าร้อยละของน้ำหนักตะกอนที่ค้างสะสมอยู่ในตะแกรงร่อนแต่ละเบอร์จากตารางที่ 1 ไปพล็อตกราฟแบบ semi log scale ที่เตรียมไว้

(2) ลักษณะกราฟของชั้นน้ำ (aquifer curve) ที่ได้จะแสดงลักษณะการกระจายตัวของตะกอน ซึ่งบอกลักษณะของชั้นน้ำว่าเป็นชั้นทรายละเอียดปนทรายหยาบ หรือทรายหยาบปนกรวดละเอียดปนดิน เป็นต้น

(3.2) หาค่าความสม่ำเสมอของเม็ดตะกอน (UC) จาก aquifer curve โดยใช้สูตรคำนวณ UC=D40/D90 ซึ่ง D40 หาได้จากกราฟโดยลากเส้นตรงจาก 40 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนที่ค้างอยู่ไปตัดแกน X ที่แสดงขนาดช่องเปิดของตะแกรงร่อนมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร D40 = 0.47 มม. ดังนั้น UC = 2.35 ซึ่งน้อยกว่า 3.0 ดังนั้นต้องสร้างบ่อแบบเติมกรวด

(3.3) การออกแบบบ่อโดยใช้ค่า UC

(3.3.1) บ่อบาดาลแบบไม่กรุกรวดเมื่อ UC>3.0 ชั้นน้ำมีขนาดตะกอนที่แตกต่างกันมาก (non-uniform aquifers) ควรออกแบบสร้างบ่อและพัฒนาบ่อบาดาลแบบไม่กรุกรวด โดยการเป่าเอาทรายขนาดเล็กออกและยังเหลือทรายหยาบคงค้างอยู่รอบๆ ท่อกรองเพื่อให้มันทำหน้าที่แทนกรวดกรุได้ดี ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบดังกล่าวแล้วในข้อ 6.7

(3.3.2) บ่อบาดาลแบบกรุกรวด เมื่อ UC<3.0 ชั้นน้ำมีตะกอนขนาดใกล้เคียงกัน (uniform aquifers) ควรออกแบบก่อสร้างและพัฒนาบ่อแบบกรุกรวด จำเป็นต้องหากรวดหรือทรายหยาบที่คัดขนาดแล้วเติมลงข้างบ่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกรองและความพรุนรอบๆ ท่อกรอง

(4) การเลือกขนาดกรวดกรุหรือทรายกรุบ่อ จาก aquifer curve ค่า D50 = 0.45 มม. ขนาดกรวดหรือทรายกรุเท่ากับ 4 เท่า 5 เท่า และ 6 เท่าของ D50 ซึ่งเท่ากับ 1.80 มม. 2.25 มม. และ 2.27 มม. ตามลำดับ ซึ่งเป็นขนาดของทรายหยาบมาก

(5) การออกแบบกรวดกรุหรือทรายกรุสามารถพิจารณาและดำเนินการได้หลายวิธี ดังนี้

(5.1) กรณีชั้นหินอุ้มน้ำประกอบด้วยตะกอนขนาดเม็ดเล็กแต่สม่ำเสมอให้ใช้ขนาดทรายกรุเท่ากับ 3 หรือ 4 หรือ 5 เท่าของ D50 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

(5.2) กรณีชั้นหินอุ้มน้ำประกอบด้วยตะกอนขนาดเม็ดหยาบแต่ไม่สม่ำเสมอให้ใช้กรวดกรุหรือทรายกรุเท่ากับ 4 หรือ 5 หรือ 6 เท่าของ D70 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

(5.3) ค่า UC ของกรวดกรุหรือทรายกรุต้องไม่เกิน 2.5

(5.4) ในทางปฏิบัติจะต้องสร้างกราฟ gravel pack curve ขึ้นให้เกือบขนานกับ aquifer curve ทั้งนี้กราฟที่ได้จะบอกย่านของกรวดกรุ ให้พิจารณาเลือกขนาดที่เหมาะสม ซึ่งอาจคำนวณจากช่วงกลางของ aquifer curve คือ 4D70 4D50 4D40 4D30 เส้นหนึ่ง และ 6D70 6D50 6D40 6D30 อีกเส้นหนึ่ง หรือเลือกใช้ gravel pack curve เพียงเส้นเดียวคือ 5D70 5D50 5D40 5D30 ซึ่งได้ผลใกล้เคียงกัน

(6) การเลือกขนาดร่องเปิดของท่อกรอง (slot number or slot opening) ตามตัวอย่างให้ใช้ D90 ของ gravel pack curve ซึ่งอ่านค่าได้ 1.1 มม. เทียบเบอร์ท่อกรองมาตรฐานคือเบอร์ #40

กรณีที่ไม่มี semi log scale ก็สามารถประยุกต์ใช้กับกราฟ arithmetic scale ได้ ดังแสดงในรูปที่ 6

(7) การเลือกใช้เบอร์ท่อกรองและขนาดกรวดกรุโดยทั่วไปเป็นการเลือกตามขนาดตะกอนของชั้นหินอุ้มน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2

7. เอกสารอ้างอิง

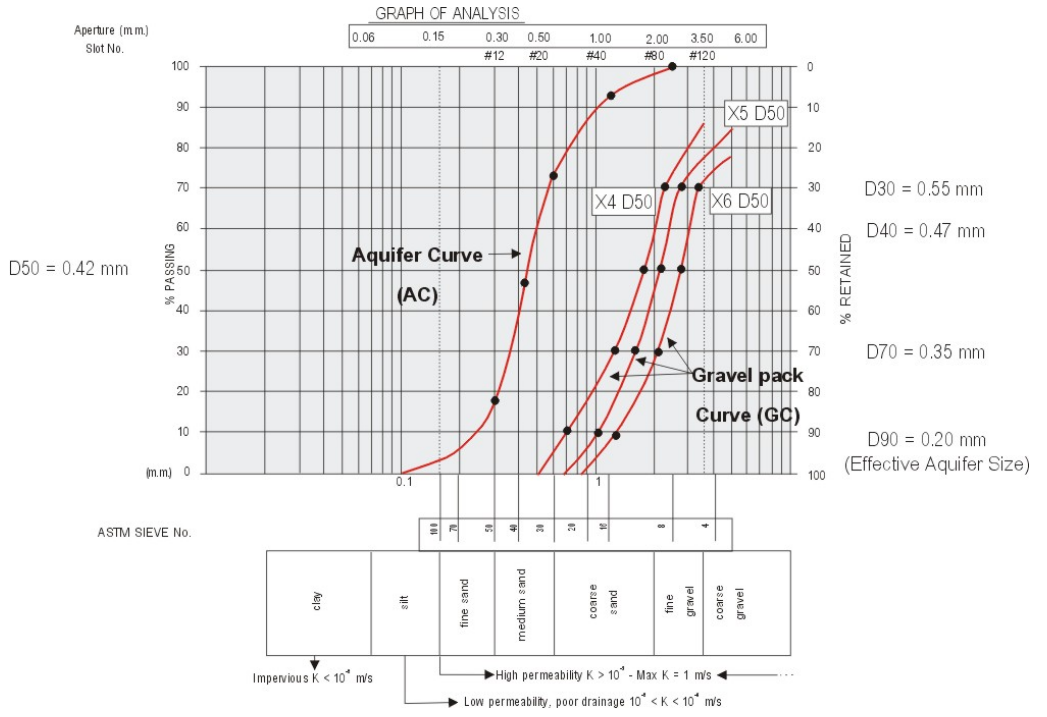
เจริญ เชื่อมไธสง, 2544. หลักสูตรพื้นฐานการเจาะและพัฒนาน้ำบาดาล, บริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน).

ไพบูลย์ ไตรธรรม และคณะ, 2539. ความรู้พื้นฐานการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลและเทคนิคการเจาะบ่อบาดาล, กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย.

บริษัท วอเตอร์ รีซอร์ช เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด, 2544. เทคนิคการเจาะพัฒนาบ่อน้ำบาดาลระดับลึก.

American Water Works Association [AWWA], 2006. Water wells. AWWA Standard : A100-06, American Water Works Association. Denver, USA.

Pressington, R., 1996. Field Hydrogeology, John Wiley and Sons, Chic Hester . New York. Brisbane. Toronto. Singapore.



รูปที่ 6 แสดงการหาขนาดกรวดกรุหรือทรายกรุและขนาดร่องเปิดหรือเบอร์ท่อกรอง

ตารางที่ 2 การเลือกใช้เบอร์ท่อกรองและขนาดกรวดกรุตามลักษณะตะกอนชั้นน้ำ

ลำดับที่	ชั้นหินอุ้มน้ำ	กรวดกรุ (D50 x 5)	ท่อกรอง	
			ร่องเปิด (มม.)	เบอร์ (1/1000 นิ้ว)
1	ทรายหยาบมาก (1. 0-2.0 มม.)	กรวดขนาดกลาง (4-8 มม.)	4.00	#160
2	ทรายหยาบ (0.5-1.0 มม.)	กรวดละเอียด (2-4 มม.)	2.00	#80
3	ทรายกลาง (0.25-0.5 มม.)	ทรายหยาบมาก (1.0-2.0 มม.)	1.00	#40
4	ทรายละเอียด (0.125-0.25 มม.)	ทรายหยาบ (0.5-1.0 มม.)	0.50	#20
5	ทรายละเอียดมาก (0.06-0.125 มม.)	ทรายกลาง (0.25-0.5 มม.)	0.25	#10

หมายเหตุ : ตัวอย่างการเลือกขนาดของกรวดกรุควรเลือกใหญ่กว่าขนาดตะกอนของชั้นน้ำอีก 2 ขั้น เช่น D50 ชั้นน้ำเป็นทรายกลาง (ลำดับที่ 3) ให้ใช้เบอร์ท่อกรอง #40 และกรุข้างบ่อด้วยทรายหยาบมาก (ลำดับที่ 1) เป็นต้น

คู่มือ ทบ พ 7000-2550
การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 7000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง "2550" หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย (ก) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย (ป) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลมีขั้นตอนที่ซับซ้อนและมีความแตกต่างอย่างมากจากการเก็บตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำประเภทอื่นๆ คู่มือ ทบ พ 7000-2550 นี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในด้านการเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลสำหรับเจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล โดยการรวมรวมข้อมูลจากกฎหมาย คู่มือการดำเนินงานและตำราที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ

วิธีการที่แสดงในคู่มือนี้เป็นวิธีการมาตรฐานที่ใช้เป็นแนวทางในการนำไปปฏิบัติงานจริง อย่างไรก็ตาม สำหรับแต่ละพื้นที่หรือแต่ละกรณีศึกษา อาจมีการปรับเปลี่ยนวิธีการ เพื่อให้เหมาะสมตามดุลยพินิจของผู้ปฏิบัติในการทำงานจริงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของคุณภาพน้ำบาดาลของแหล่งน้ำนั้นๆ

2. ขอบเขต

2.1 คู่มือนี้จัดขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางตามมาตรฐานการเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลโดยเน้นในเรื่องการเก็บตัวอย่างน้ำและการวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล คู่มือนี้ควรใช้ร่วมกับมาตรฐาน ทบ พ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล

2.2 แนวทางปฏิบัติที่กล่าวในคู่มือนี้ครอบคลุมเฉพาะตัวอย่างน้ำบาดาลจากการพัฒนาหรือเป่าล้างบ่อน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคเท่านั้น ทั้งนี้หน่วยงานใดและหรือบุคลากรใดที่จะใช้คู่มือนี้ต้องศึกษามีความเข้าใจและมีบุคลากรผู้ชำนาญการในการปฏิบัติงาน

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- คู่มือ ทบ อ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล

3.2 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 112 ตอนที่ 29 ง ลงวันที่ 13 เมษายน 2542

3.3 ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

3.4 ประกาศกรมทรัพยากรธรณี ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2542) ออกตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

3.5 สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2545. คู่มือการเก็บตัวอย่างมลพิษ (น้ำ อากาศ ดิน กากอุตสาหกรรม), สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.

3.6 กรมควบคุมมลพิษ, 2547. คู่มือการตรวจสอบการปนเปื้อนน้ำใต้ดินจากสถานที่กำจัดมูลฝอย, กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

4. การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลมีข้อพิจารณาดังนี้

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง

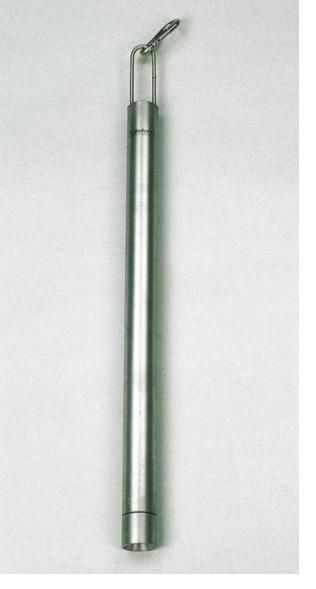
การคัดเลือกอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ คือ ความลึกของบ่อน้ำบาดาล ขนาดบ่อน้ำบาดาล พารามิเตอร์ที่ต้องการวิเคราะห์ และความสะดวก

4.1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (grab sampler) ได้แก่ กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำและเครื่องสูบน้ำแบบต่างๆ เช่น เบลเลอร์ (bailer) เครื่องสูบน้ำแบบรีด (peristaltic pump) และเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำ (submersible pump) เป็นต้น

(1) เบลเลอร์ เป็นเครื่องเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล (รูปที่ 1) ที่ประกอบด้วย ท่อกลวงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 19 - 40 ม.ม. ยาวประมาณ 1-2 ม. และมีวาล์วปิด (check valve) ป้องกันน้ำไหลออกมีทั้งชนิดที่มีวาล์วเดียวและ 2 วาล์วที่เหมาะในการใช้งานที่ต้องการตรวจสอบสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOC) เนื่องจากสามารถป้องกันการผสมของน้ำตัวอย่างที่ความลึกที่เจาะจงกับน้ำในความลึกอื่นกับอากาศขณะเก็บตัวอย่างได้ เบลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้อย่างแพร่หลายในการเก็บตัวอย่างน้ำโดยทั่วไป และในกรณีที่บ่อมีขนาดเล็กและไม่ลึกมากสามารถใช้ในการถ่ายน้ำบาดาลออกจากบ่อได้ด้วย

การใช้เบลเลอร์เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลมีข้อได้เปรียบ คือ ราคาไม่แพง สามารถประดิษฐ์ขึ้นใช้เองได้ ทนทาน ทำความสะอาดง่าย ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับความลึก พกพาสะดวก และไม่ใช้พลังงานไฟฟ้า และมีข้อจำกัด คือ อาจเกิดการสูญเสียสมดุลของสภาพน้ำ เช่น สารอินทรีย์ระเหย และมีการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์รีดอกซ์ (redox potential) อาจเกิดการรบกวนตะกอนแขวนลอย ใช้เวลานานในบ่อที่ลึกมากๆ และอาจมีการปนเปื้อนของน้ำที่ติดอยู่กับเชือกที่ใช้ดึงเบลเลอร์



รูปที่ 1 เบลเลอร์ที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

(2) เครื่องสูบแบบรีดเป็นเครื่องสูบเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล (รูปที่ 2) ที่สูบน้ำด้วยการรีดเส้นท่อให้เกิดการไหลของน้ำตัวอย่าง สูบได้ในอัตราการสูบต่ำและสูบได้ไม่ลึกมาก นิยมใช้ในการตรวจสอบสารอินทรีย์ระเหย เพราะมีผลกระทบกับกับคุณภาพตัวอย่างน้ำบาดาลน้อย เครื่องสูบแบบนี้มีข้อได้เปรียบ คือ ใช้งานง่ายและพกพาได้สะดวก ปรับอัตราการไหลได้ง่าย และมีความน่าเชื่อถือสูง และมีข้อจำกัด คือ ใช้พลังงานไฟฟ้า เหมาะกับการสูบน้ำจากระดับตื้น (ไม่ควรเกิน 6-9 ม.) และหากเกิดการเสียหายในสนามซ่อมแซมได้ยาก

(3) เครื่องสูบแบบจุ่มใต้น้ำ เป็นเครื่องสูบเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล ที่สูบน้ำด้วยแรงเหวี่ยงจากมอเตอร์ หัวสูบแขวนติดกับสายไฟและท่อสูบ ภายในจะมีชุดใบพัดหมุนโดยมอเตอร์กันน้ำ ทำให้น้ำหมุนออกจากศูนย์กลางเคลื่อนที่ไปตามเส้นท่อ (รูปที่ 3) ส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 46 มม. (1.8 นิ้ว) ข้อได้เปรียบของเครื่องสูบแบบนี้ คือ ที่อัตราการสูบต่ำจะได้ตัวอย่างน้ำที่ดี ได้น้ำที่มีความขุ่นต่ำ ไม่ต้องเติมน้ำในสายก่อนการทำงาน สามารถใช้ตัวกรองแบบกรองในสายได้ และสามารถติดตั้งไว้ประจำบ่อน้ำบาดาลได้ และมีข้อจำกัด คือ บางเครื่องที่มีอัตราการสูบสูงมากไม่สามารถเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยได้ ใช้เวลานานในการเคลื่อนย้ายและทำความสะอาด เคลื่อนย้ายยาก อาจมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำได้จากการทำงานของปั๊ม และต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน

4.1.2 ภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำบาดาล

ประเภทภาชนะบรรจุน้ำขึ้นกับพารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นภาชนะแก้วหรือพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (polyethylene bottles) เช่น ขวดแก้วปากกว้างจะใช้ในการเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาค่าปริมาณน้ำมันและไขข้น ขวดพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนจะใช้ในการเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ทั่วๆ ไป เป็นต้น ขวดเก็บน้ำตัวอย่างที่ใช้จะต้องสะอาดและมีฝาเกลียวปิดมิดชิด ก่อนนำขวดเก็บน้ำตัวอย่างไปใช้จะต้องล้างทำความสะอาดก่อน

4.1.3 อุปกรณ์อื่นๆ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล ได้แก่ ภาชนะที่ใช้ในการผสมน้ำ ตัวอย่างกระบอกตวง ถังน้ำแข็งเพื่อแช่ตัวอย่างน้ำบาดาล เครื่องวัดอุณหภูมิ ฉลากปิดข้างขวด และสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง เป็นต้น ทั้งนี้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ทุกประเภทที่ใช้จะต้องทำการปรับเทียบ (calibration) ทุกครั้งก่อนใช้งาน

รูปที่ 2 เครื่องสูบแบบรีดที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

รูปที่ 3 เครื่องสูบแบบจุ่มที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

4.2 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลในดำเนินการตามที่ระบุในตารางที่ 1

4.2.1 การเก็บตัวอย่างแบบจ้วง

การเก็บตัวอย่างแบบจ้วงจะได้ตัวแทนของแหล่งน้ำจริงในบริเวณที่เก็บและอ้างอิงถึงเฉพาะในวันและเวลาที่เก็บตัวอย่างเท่านั้น มักนิยมใช้กับน้ำจากบ่อน้ำบาดาลที่มีคุณสมบัติค่อนข้างคงที่

4.2.2 การเก็บตัวอย่างแบบผสม

การเก็บตัวอย่างแบบผสมเป็นการเก็บน้ำตัวอย่างที่ได้จากการสูบน้ำบาดาลเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากต้องการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณ-สมบัติน้ำอย่างต่อเนื่อง น้ำตัวอย่างที่เก็บในแต่ละช่วงของอัตราการไหลของน้ำจะนำมารวมกัน การเก็บตัวอย่างแบบผสมนี้อาจใช้วิธีการเก็บน้ำตัวอย่างในหลายวิธีร่วมกันก็ได้

4.3 การรักษาสภาพตัวอย่างน้ำบาดาล

ตัวอย่างน้ำบาดาลที่เก็บจะต้องเป็นตัวแทนของน้ำในบ่อน้ำบาดาลนั้นจริง ดังนั้นหากไม่สามารถดำเนินการวิเคราะห์ได้ในทันทีต้องทำการรักษาสภาพให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพน้อยที่สุดโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 °ซ เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ชะลอปฏิกิริยาชีวภาพ และชะลอการเปลี่ยนแปลงสารประกอบในน้ำโดยกระบวนการไฮโดรไลซีส (hydrolysis reaction)

การรักษาสภาพน้ำตัวอย่างขึ้นอยู่กับพารา-มิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด บางครั้งต้องใช้สารเคมีในการรักษาสภาพ แนวทางการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำบาดาลแสดงในตารางที่ 1

5. ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล

5.1 การวัดระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาล

การวัดระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาลเป็นขั้นตอนแรกที่ดำเนินการก่อนการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล เนื่องจากมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์ทิศทางและอัตราการไหลของน้ำบาดาล ในการใช้งานข้อมูลต่อไป และเป็นประโยชน์ในการวางท่อดูดน้ำในกรณีที่ใช้เครื่องสูบในการเก็บตัวอย่าง

5.2 การถ่ายน้ำขังออกจากบ่อ (purging)

เพื่อให้มั่นใจว่าตัวอย่างน้ำในบ่อน้ำบาดาลเป็นตัวแทนน้ำที่จะนำไปวิเคราะห์หาคุณภาพน้ำที่แท้จริง ต้องสูบน้ำเก่าที่ค้างในบ่อน้ำบาดาลทิ้งก่อนการเก็บตัวอย่าง

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในขั้นตอนนี้เพื่อให้แน่ใจว่าตัวอย่างน้ำที่เก็บขึ้นมาเป็นน้ำที่อยู่ในชั้นน้ำที่ต้องการและไม่ใช่น้ำที่ขังแช่ในบ่อน้ำบาดาล การสูบน้ำเก่าทิ้งสามารถดำเนินการได้โดยใช้เครื่องมือหลากหลายชนิดขึ้นกับพารามิเตอร์ที่จะวิเคราะห์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อน้ำบาดาล ระดับน้ำ และสภาพสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ของบ่อน้ำบาดาล เช่น เครื่องสูบน้ำแบบรีดและเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำในการสูบน้ำเก่าทิ้งก่อนสูบตัวอย่างน้ำบาดาลมีหลักเกณฑ์ดังนี้

5.2.1 วิธีที่ 1 การถ่ายน้ำออกแบบปกติ โดยจะสูบทิ้งประมาณ 3-5 เท่าของปริมาตรน้ำในบ่อ หรือจนกว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (±0.04) ค่าการนำไฟฟ้า (±5%) และอุณหภูมิ (±0.1°ซ) คงที่หรือเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ ๆ วิธีนี้จะเลือกใช้กรณีที่ปริมาณน้ำในบ่อมีปริมาณไม่มากเกินไปจนทำให้เสียเวลาในการถ่ายน้ำขัง โดยประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล กำหนดเวลาที่ต้องใช้ในการสูบน้ำเพื่อการเก็บตัวอย่างไว้ดังนี้

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและการเก็บรักษาสภาพ

พารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด	ประเภทภาชนะบรรจุ	ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มล.)	วิธีการเก็บตัวอย่าง	วิธีการรักษาสภาพน้ำตัวอย่าง	ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำไว้ได้	ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างไว้ได้นานที่สุด
คุณลักษณะทางกายภาพ						
สี (color)	พลาสติก, แก้ว	500	แบบจ้วง, แบบผสม	แช่เย็นที่ 4 °ซ	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
ความขุ่น (turbidity)	พลาสติก, แก้ว	100	แบบจ้วง, แบบผสม	แช่เย็นที่ 4 °ซ เก็บไว้ในที่มืด	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	พลาสติก, แก้ว	50	แบบจ้วง	วิเคราะห์ทันที	0.25 ชั่วโมง	0.25 ชั่วโมง
คุณลักษณะทางเคมี						
เหล็ก (Fe)	พลาสติก PE	1,000	แบบจ้วง, แบบผสม	เติม HNO_3 ให้ pH < 2	6 เดือน	6 เดือน
มังกานีส (Mn)	พลาสติก PE	1,000	แบบจ้วง, แบบผสม	เติม HNO_3 ให้ pH < 2	6 เดือน	6 เดือน
ทองแดงโดยวิธีเทียบสี	พลาสติก PE	1,000	แบบจ้วง, แบบผสม	เติม HNO_3 ให้ pH < 2	6 เดือน	6 เดือน
สังกะสี (Zn)	พลาสติก PE	1,000	แบบจ้วง, แบบผสม	เติมHNO_3 ให้ pH < 2	6 เดือน	6 เดือน
ซัลเฟต (SO_4)	พลาสติก PE	250	แบบจ้วง, แบบผสม	แช่เย็นที่ 4 °ซ	28 วัน	28 วัน
คลอไรด์ (Cl)	พลาสติก PE	125	แบบจ้วง, แบบผสม	ไม่ต้องรักษาสภาพ	7 วัน	7 วัน
ฟลูออไรด์ (Fluoride)	พลาสติก	100	แบบจ้วง, แบบผสม	ไม่ต้องรักษาสภาพ	28 วัน	28 วัน
ไนเตรต (Nitrate)	พลาสติก, แก้ว	125	แบบจ้วง, แบบผสม	เติม H_2SO_4 เข้มข้น ให้ pH < 2 แช่เย็นที่ 4 °ซ	48 ชั่วโมง	7 วัน
ความกระด้าง (hardness)	พลาสติก, แก้ว	100	แบบจ้วง, แบบผสม	ไม่ต้องรักษาสภาพ	7 วัน	7 วัน
คุณลักษณะสารพิษ						
สารหนู (As)	พลาสติก, แก้ว	200	แบบจ้วง, แบบผสม	เติม HNO_3 ให้ pH < 2	6 เดือน	6 เดือน
ไซยาไนด์ ทั้งหมด (total cyanide)	พลาสติก, แก้ว	1,000	แบบจ้วง, แบบผสม	เติม NaOH ให้ pH >2 แช่เย็นในที่มืด	24 ชั่วโมง	14 วัน; 24 ชั่วโมง ถ้ามีซัลไฟด์

หมายเหตุ PE คือ polyethylene HNO_3 คือ กรดไนตริก H_2SO_4 คือ กรดซัลฟูริก NaOH คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์
(ดัดแปลงจาก Arnold et al., 2005, Nielsen and Nielsen,2007 และ สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2545)

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและการเก็บรักษาสภาพ (ต่อ)

พารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด	ประเภทภาชนะบรรจุ	ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มล.)	วิธีการเก็บตัวอย่าง	วิธีการรักษาสภาพน้ำตัวอย่าง	เวลาที่ควรเก็บตัวอย่างไว้ได้	เวลาที่เก็บตัวอย่างไว้ได้นานที่สุด
คุณลักษณะสารพิษ (ต่อ)						
ตะกั่ว (Pb)	พลาสติก หรือแก้ว	1,000	แบบจ้วง, แบบผสม	เติม HNO_3 ให้ pH < 2	6 เดือน	6 เดือน
ปรอท (Hg)	พลาสติก หรือแก้ว	500	แบบจ้วง, แบบผสม	เติม HNO_3 ให้ pH < 2, แช่เย็น	28 วัน	28 วัน
แคดเมียม (Cd)	พลาสติก หรือแก้ว	1,000	แบบจ้วง, แบบผสม	เติม HNO_3 ให้ pH < 2	6 เดือน	6 เดือน
ซิลิเนียม (Se)	พลาสติก หรือแก้ว	1,000	แบบจ้วง, แบบผสม	เติม HNO_3 ให้ pH < 2	6 เดือน	6 เดือน
คุณลักษณะทางบักเตรี						
บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธี Standard plate count	พสาสติก, แก้ว (โบโรซิลิเกต) ปลอดเชื้อ	100	แบบจ้วง, แบบผสม	แช่ในน้ำแข็ง	วิเคราะห์ทันที	6 ชั่วโมง
บักเตรีที่ตรวจพบโดยวิธี Most Probable Number (MPN)	พสาสติก, แก้ว (โบโรซิลิเกต) ปลอดเชื้อ	100	แบบจ้วง, แบบผสม	แช่ในน้ำแข็ง	วิเคราะห์ทันที	6 ชั่วโมง
อี.โคไล (E.coli)	พสาสติก, แก้ว (โบโรซิลิเกต) ปลอดเชื้อ	100	แบบจ้วง, แบบผสม	แช่ในน้ำแข็ง	วิเคราะห์ทันที	6 ชั่วโมง

หมายเหตุ PE คือ polyethylene HNO_3 คือ กรดไนตริก H_2SO_4 คือ กรดซัลฟูริก NaOH คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์
(ดัดแปลงจาก Arnold et al., 2005, Nielsen and Nielsen,2007 และ สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2545)

(1) การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลจากบ่อน้ำบาดาลที่เจาะใหม่ ให้เก็บในขณะทำการทดสอบปริมาณน้ำโดยเก็บก่อนการหยุดสูบประมาณ 15 นาที

(2) การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลจากบ่อน้ำบาดาลที่ได้รับใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลแล้ว ให้เก็บหลังจากการเริ่มสูบน้ำใช้ในวันที่จะเก็บตัวอย่างน้ำไปแล้วไม่น้อยกว่า 15 นาที

ประโยชน์ทางอ้อมของการถ่ายน้ำนอกจากจะได้ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ระหว่างการสูบน้ำออกแล้ว การเปลี่ยนแปลงของค่าพารา-มิเตอร์อาจบอกถึงสภาพของบ่อน้ำบาดาลว่ามีความเสียหายรวมทั้งบ่งชี้สภาพพื้นฐานทางเคมีของน้ำได้ ดังนี้

- ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) โดยมากจะไม่แตกต่างมากนักระหว่างน้ำที่ถูกขังในบ่อน้ำบาดาลและน้ำในชั้นน้ำโดยรอบแต่จะถูกวัดเสมอเนื่องจากเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการแปลผลคุณภาพน้ำโดยเฉพาะความสามารถในการละลายของสาร-ประกอบโลหะ

- สภาพการนำไฟฟ้ามักจะเป็นค่าหลักที่ใช้เนื่องจากให้ค่าที่ค่อนข้างคงที่และเป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณของสารที่แตกตัวในรูปไอออน ในกรณีที่ค่าสภาพนำไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นในระหว่างการถ่ายน้ำแสดงว่าอาจมีการรั่วไหลของน้ำจากชั้นน้ำอื่นเข้ามาในบ่อ จากการรั่วซึมของวัสดุผนึกข้างบ่อหรือมีการปนเปื้อนของวัสดุผนึกข้างบ่อเข้ามาในบ่อน้ำบาดาล (สัญญา สิริวิทยาปกรณ์, 2550)

- อุณหภูมิ การวัดอุณหภูมิไม่ได้เป็นการวัดความเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยตรง จึงอาจจะไม่ใช่ค่าที่จะใช้แยกแยะระหว่างน้ำที่ขังในบ่อหรือน้ำที่อยู่ในชั้นน้ำโดยรอบได้ดีนัก อย่างไรก็ตามถือว่าเป็นค่าพื้นฐานที่ควรวัดเพื่อประกอบการแปลผลและมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมี ค่าอุณหภูมิที่คงที่ยังแสดงว่าการเก็บมีการสัมผัสกับสภาพสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิแปรปรวนน้อย

ข้อควรระวังอีกประการของการสูบน้ำขังที่ค้างในบ่อน้ำบาดาล คือ จะต้องไม่สูบน้ำขังออกจนหมดแล้วปล่อยให้น้ำใหม่ไหลเข้ามาเนื่องจากน้ำใหม่ที่ไหลเข้ามาจะสัมผัสกับอากาศและมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีได้ ดังนั้นต้องระวังไม่ให้ระดับน้ำลดลงต่ำกว่าระดับท่อกรองของบ่อน้ำบาดาล (สัญญา สิริวิทยาปกรณ์, 2550)

5.2.2 วิธีที่ 2 การถ่ายน้ำออกที่อัตราการไหลต่ำ (low flow/micro purging) วิธีนี้ควรเลือกใช้กรณีที่มีปริมาณน้ำที่ต้องถ่ายออกเป็นจำนวนมาก ซึ่งการสูบน้ำออกในปริมาณมากอาจจะทำให้เสียเวลาและอาจจะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานในกรณีน้ำปนเปื้อนและอาจจะมีผลต่อการกระจายตัวของสารปนเปื้อนในพื้นที่ด้วย การถ่ายน้ำออกที่อัตราการไหลต่ำจะรบกวนสภาพการไหลของน้ำน้อยกว่าวิธีการสูบน้ำออกเป็นจำนวนเท่าของปริมาณน้ำในบ่อน้ำบาดาล (วิธีที่ 1) โดยอาศัยหลักการว่าน้ำบาดาลสามารถเคลื่อนที่ผ่านท่อกรองและชะล้างในบริเวณนั้นตลอดเวลา น้ำที่อยู่ในท่อกรองจึงไม่เป็นน้ำนิ่งขัง ส่วนน้ำนิ่งขังจะอยู่ที่ช่วงอื่นของบ่อที่ไม่มีท่อกรอง ยกเว้นในกรณีที่ความสามารถในการซึมผ่านของชั้นน้ำต่ำมาก ทำให้เกิดการแพร่ (diffusion) อาจจะทำให้คุณภาพน้ำทั้งบ่อมีลักษณะใกล้เคียงกันเนื่องจากน้ำในบ่อจะค่อนข้างนิ่ง

การถ่ายน้ำด้วยวิธีนี้จะทำที่ความลึกในช่วงระดับท่อกรองของบ่อน้ำบาดาลเพื่อลดผลกระทบจากน้ำนิ่งที่ไม่อยู่ในช่วงช่องกรองของบ่อที่จะไหลเข้ามาผสมกับน้ำใหม่ (Puls and Barcelona, 1996) โดยไม่มีการกำหนดอัตราการสูบน้ำและปริมาตรน้ำเก่าที่จะต้องถ่ายออกอย่างตายตัว แต่จะใช้วิธีการวัดระดับน้ำที่ลดลงเป็นระยะๆ เพื่อให้มั่นใจว่าระดับน้ำลดลงจากเดิมไม่เกิน 10 ซ.ม. คุณภาพน้ำที่สูบออกมาจะถูกวัดอย่างต่อเนื่องจนค่าความเป็นกรดด่าง (±0.04) ค่า

การนำไฟฟ้า (±5%) และอุณหภูมิ (±0.1 °ซ) คงที่ จากนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

5.3 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่างน้ำบาดาล

การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่างน้ำบาดาล ดำเนินการตามประกาศกรมทรัพยากรธรณี ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2542) ออกตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล โดยมีขั้นตอนดังนี้

(1) ผู้เก็บตัวอย่างต้องใส่ถุงมือสะอาดชนิดไม่มีแป้งก่อนเก็บตัวอย่าง

(2) การเก็บตัวอย่างเริ่มจากสารกลุ่มที่มีแนวโน้มที่จะระเหยออกจากตัวอย่างหรือทำปฏิกิริยากับอากาศได้ง่ายที่สุดเป็นลำดับแรกโดยจะเริ่มเก็บตัวอย่างสำหรับตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยก่อน จากนั้นเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์โลหะหนักและไอออนหลักอื่นๆ ตามลำดับ โดยใช้เครื่องสูบน้ำตามความเหมาะสม

(3) เติมสารเคมีรักษาสภาพตัวอย่าง

(4) ติดฉลากแสดงรายละเอียดตัวอย่าง บันทึกรายละเอียดลงในใบกำกับตัวอย่างและสมุดบันทึกภาคสนาม (แสดงในรูปที่ 4 และ 5)

(5) รักษาสภาพตัวอย่างน้ำโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4±2 °ซ

(6) ทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทุกชิ้นที่หย่อนลงไปในบ่อน้ำบาดาลหรือสัมผัสกับตัวอย่างน้ำ รวมถึงเชือก หรือสายไฟที่เชื่อมกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างและตรวจวัดต่างๆ

(7) กรณีใช้เครื่องสูบแบบรีด สายยางที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำ จะใช้สายยางหนึ่งเส้นต่อหนึ่งบ่อ เพื่อป้องกันการเกิดการปนเปื้อนจากบ่อตรวจสอบคุณภาพน้ำหนึ่งไปยังบ่ออื่นๆ

6. การประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพ

การดำเนินการมาตรการรับประกันคุณภาพ (Quality Assurance, QA) และควบคุมคุณภาพ (Quality Control, QC) ก็เพื่อเป็นการรับประกันข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้จากการเก็บตัวอย่างให้เป็นที่ยอมรับและเพิ่มความน่าเชื่อถือของกระบวนการตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยทั่วไป QA/QC จะดำเนินการใน 2 ขั้นตอน คือการรับประกันและควบคุมคุณภาพในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์กับในภาคสนาม ในที่นี้จะเน้นในขั้นตอนการควบคุมคุณภาพในสนาม (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ดังนี้

6.1 การควบคุมคุณภาพในภาคสนาม

การควบคุมคุณภาพในภาคสนามมีความสำคัญต่อผลการวิเคราะห์มาก เริ่มตั้งแต่การเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์เก็บตัวอย่างและภาชนะบรรจุตัวอย่าง การวางแผนการเก็บที่แน่นอน ซึ่งการวางแผนการเก็บตัวอย่างต้องคำนึงถึงกำลังคน เวลา ค่าใช้จ่าย จำนวนตัวอย่างที่จะเก็บ สถานที่เก็บ และจุดที่เก็บตัวอย่าง จึงควรมีการศึกษาและสำรวจก่อนว่าสามารถปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ได้หรือไม่ ตัวอย่างที่เก็บจะมีการบันทึกรายละเอียดต่างๆ ครบถ้วนตามสมควร และเจ้าหน้าที่เก็บตัวอย่างในภาคสนามควรมีลักษณะดังนี้

(1) ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ จริง ทั้งสภาพแวดล้อมบริเวณนั้น และตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง

(2) ได้รับการฝึกอบรมถึงเทคนิคการเก็บตัวอย่างมาอย่างดี

(3) มีความชำนาญในการใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างและเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพภายในภาคสนามแต่ละประเภท

ตัวอย่างฉลากปิดขวดตัวอย่างน้ำบาดาล

หมายเลขตัวอย่าง……แหล่งเก็บน้ำตัวอย่าง (บ่อ).....
สถานที่เก็บ.....
ตำแหน่ง (พิกัด)……ระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาล.....
วันที่เก็บน้ำตัวอย่าง.....เวลา.....
ลักษณะทางธรณีวิทยาชั้นน้ำ.....
วิธีการเก็บ.....วิธีการรักษาสภาพ.....
พารามิเตอร์ที่ตรวจวัดในภาคสนาม
ค่าความนำไฟฟ้า (EC, µS/cm)……ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)……..
อุณหภูมิของน้ำ (Temperature °ซ)……ค่าศักย์รีดอกซ์ (Eh, mV).....
ผู้เก็บตัวอย่าง……หน่วยงาน.....
พารามิเตอร์ที่ต้องการวิเคราะห์.....

รูปที่ 4 ตัวอย่างฉลากปิดขวดตัวอย่างน้ำบาดาล

ตัวอย่างใบส่งตัวอย่างน้ำบาดาล

โครงการ ……
วันที่.....เวลา.....
สถานที่เก็บ……
ตำแหน่ง (พิกัด).....
พารามิเตอร์พื้นฐาน:
ค่าความนำไฟฟ้า (EC, µS/cm)……
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)……
อุณหภูมิของน้ำ (°ซ)……
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)……
ค่าศักย์รีดอกซ์ (Eh) .....
พารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด

( ) Na	( ) K	( ) Mg	( ) Ca
( ) SO_4^{2-}	( ) HCO_3^-	( ) Cl^-	( ) NO_3^-

ระบุพารามิเตอร์อื่น ๆ .....
การรักษาสภาพ.....
วันที่ส่งน้ำตัวอย่าง……
ผู้เก็บตัวอย่าง ……

รูปที่ 5 ตัวอย่างใบส่งน้ำตัวอย่าง

(4) มีความซื่อสัตย์ในการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่าง เช่น สถานที่ เวลา วิธีการเก็บ สภาพแวดล้อมต่างๆ ตามความเป็นจริง ซึ่งผู้เก็บตัวอย่างต้องเป็นผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับข้อมูลต่างๆ ในภาคสนามด้วย เพราะเมื่อได้ผลการวิเคราะห์แล้วสามารถนำไปใช้บังคับหรือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของสถานที่เก็บตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพการควบคุมคุณภาพในภาคสนามควรดำเนินการดังนี้

6.1.1 การเตรียมอุปกรณ์และภาชนะเก็บตัวอย่าง

การเตรียมอุปกรณ์และภาชนะในการเก็บตัวอย่าง เป็นกระบวนการเบื้องต้นที่สำคัญที่จะป้องกันการปนเปื้อนที่มีผลต่อการวิเคราะห์ โดยอุปกรณ์และภาชนะทุกชิ้นที่นำไปใช้ในภาคสนามจะต้องผ่านการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาทำความสะอาดหรือน้ำยาล้างเครื่องแก้ว ล้างด้วยน้ำสะอาดและน้ำกลั่นบริสุทธิ์ในขั้นตอนสุดท้าย จากนั้นคว่ำให้แห้งและเก็บในห้องที่สะอาดปราศจากฝุ่นละออง ในกรณีที่จะใช้ขวดเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ภาชนะบรรจุน้ำจะต้องผ่านการฆ่าเชื้อเสียก่อน

6.1.2 การควบคุมคุณภาพในภาคสนามโดยระบบเอกสาร

ขั้นตอนในการควบคุมคุณภาพ คือ การควบคุมคุณภาพโดยระบบเอกสาร อันได้แก่ การควบคุมด้วยแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลในระหว่างการเก็บตัวอย่าง (field log sheet) และแบบบันทึกข้อมูลการครอบครองตัวอย่าง (chain of custody) ดังนี้

(1) แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลในระหว่างการเก็บตัวอย่าง เป็นเอกสารที่จะใช้บันทึกข้อมูลต่างๆ ภายในแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลในระหว่างการเก็บตัวอย่างจะประกอบด้วย ชื่อและที่อยู่ของจุดเก็บตัวอย่าง ชนิดของตัวอย่าง วิธีเก็บ วันและเวลาที่เก็บตัวอย่าง สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับจุดที่เก็บตัวอย่างจะมีการบันทึกโดยอ้างถึงจุดเก็บตัวอย่างบนแผนที่ตลอดจนสิ่งที่สังเกตได้ในบริเวณที่เก็บตัวอย่าง รวมทั้งผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพต่างๆ ทั้งนี้เพราะสภาพต่างๆ ในขณะเก็บตัวอย่างอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ตลอดเวลา สำหรับการเก็บรักษาแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลในระหว่างการเก็บตัวอย่างต้องเก็บอย่างดีและระวังมิให้เปียกน้ำ

(2) แบบบันทึกข้อมูลการครอบครองตัวอย่าง เป็นการกำกับตัวอย่างด้วยการบันทึกข้อมูลตั้งแต่การเก็บตัวอย่างไปจนถึงการรายงานผล ในเอกสารบันทึกการเก็บและขนส่งตัวอย่างน้ำจะมีชื่อผู้ครอบครองตัวอย่างระบุอยู่ทุกขั้นตอน ตั้งแต่การเก็บตัวอย่าง การรักษาตัวอย่าง ไปจนเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ เมื่อมีการเก็บตัวอย่าง ทุกตัวอย่างจะมีข้อมูลบันทึกไว้ในเอกสารบันทึกการเก็บและขนส่งตัวอย่างน้ำ โดยข้อมูลในเอกสารบันทึกการเก็บและขนส่งตัวอย่างน้ำ มีหมายเลขตัวอย่าง ชนิดตัวอย่าง วันเวลาและจุดเก็บตัวอย่าง การเก็บรักษาตัวอย่าง และลายมือชื่อผู้เก็บตัวอย่าง ปรากฏอยู่ในเอกสารบันทึกการเก็บและขนส่งตัวอย่างน้ำ

(3) แบบฟอร์มตรวจสอบขั้นตอนการทำงาน (procedure check sheet) เป็นแบบฟอร์มที่ใช้ตรวจสอบการทำงานสำรวจเก็บตัวอย่าง ให้เป็นไปตามขั้นตอน โดยจะเป็นการตรวจสอบว่ามีการปรับเทียบเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ในภาคสนาม เช่น เครื่องวัด pH ความเค็ม ความนำไฟฟ้า และอุณหภูมิ ข้อมูลการรักษาสภาพตัวอย่างในภาคสนาม เพื่อเป็นการมั่นใจว่าการเก็บตัวอย่างในภาคสนามจะมีความสมบูรณ์

(4) ฉลากตัวอย่างน้ำ ตัวอย่างน้ำบาดาลที่เก็บในสนามทุกครั้งจะต้องปิดฉลาก เพื่อป้องกันการสับสนของตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ฉลากที่ระบุควรประกอบด้วย หมายเลขน้ำตัวอย่าง ชื่อของผู้เก็บ

น้ำตัวอย่าง วันและเวลาที่เก็บ สถานที่เก็บและการรักษาสภาพตัวอย่าง การปิดฉลากจะต้องกระทำทันทีหลังจากการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล (รูปที่ 8)

(5) ใบส่งน้ำตัวอย่าง น้ำตัวอย่างที่เก็บในสนามจะต้องส่งไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจะต้องมีใบส่งตัวอย่างด้วย (รูปที่ 9) โดยจะต้องมีรายละเอียดของผู้ส่งตัวอย่าง ฉลากน้ำตัวอย่าง พารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด และวันที่ส่งตัวอย่าง

(6) การควบคุมคุณภาพตัวอย่างในภาคสนามด้วยแบลงค์ (Blanks) เพื่อให้การศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำมีความถูกต้อง มีความน่าเชื่อถือสูง จึงควรควบคุมการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยเพิ่มจำนวนตัวอย่างแบลงค์ (หรือตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบการดำเนินการ) ชนิดต่างๆ ได้แก่ field blank, trip blank และ equipment blank โดยนำตัวอย่างแบลงค์ ทั้งหมดส่งกลับห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่างที่ติดตามตรวจสอบ เพื่อนำมาเปรียบเทียบความถูกต้องและความผิดพลาดในขณะทำการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม ความเสถียรของตัวอย่าง ความสะอาดของภาชนะบรรจุ การปนเปื้อนในสารที่ใช้รักษาสภาพตัวอย่าง แบลงค์ประกอบด้วย

- field blank เป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมและสารเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพตัวอย่างขณะเก็บตัวอย่าง โดยใช้ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นนำไปในภาคสนาม แล้วเปิดภาชนะที่ภาคสนามในสภาพแวดล้อมเดียวกับตัวอย่างที่จะเก็บ ทำการรักษาสภาพตัวอย่างตามแต่ละพารามิเตอร์ทำ Field Blank จำนวน 1 ตัวอย่าง ต่อการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 20 ตัวอย่าง

- trip blank เป็นการตรวจสอบที่จะบอกให้ทราบถึงการปนเปื้อนของภาชนะบรรจุการปนเปื้อนจากการขนส่งหรืออื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้โดยใช้ภาชนะบรรจุน้ำกลั่นนำไปในภาคสนาม โดยไม่เปิดภาชนะนั้นแล้วนำกลับมาที่ห้องปฏิบัติการทำ trip blank จำนวน 1 เที่ยวของการเดินทาง

- equipment blank เป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนที่เกิดจากการล้างอุปกรณ์เก็บตัวอย่างไม่สะอาดพอ เพื่อตรวจสอบการเกิดการปนเปื้อนของตัวอย่างระหว่างจุดเก็บ (cross contamination) โดยเก็บตัวอย่างน้ำกลั่นที่เป็นน้ำล้างอุปกรณ์ขั้นสุดท้าย ทำการรักษาสภาพตัวอย่างตามแต่ละพารามิเตอร์ ทำ Equipment Blank จำนวน 1 ตัวอย่าง ต่อการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 10 ตัวอย่าง

(7) การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำขณะขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ เมื่อเจ้าหน้าที่เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลและแบลงค์ต่างๆ ในภาคสนามเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการรักษาสภาพตัวอย่างให้เหมาะสมของแต่ละพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ การรักษาสภาพตัวอย่างจะช่วยให้คุณภาพของตัวอย่างคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด นำขวดตัวอย่าง และแบลงค์ใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงให้แน่น เพื่อป้องกันน้ำจากการละลายของน้ำแข็งปนเปื้อน และขณะทำการขนส่งตัวอย่างมายังห้องปฏิบัติการ ต้องระวังไม่ให้เกิดความเสียหายระหว่างทางที่ส่งมายังห้องปฏิบัติการโดยต้องใช้กล่องโฟมที่เหมาะสม จัดเรียงภาชนะเก็บตัวอย่างให้เป็นระเบียบ ระวังอย่าให้ภาชนะตัวอย่างล้มหรือแตก ใส่น้ำแข็งพร้อมตรวจสอบอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ให้ได้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 2 - 6 °ซ และใส่พลาสติกกันกระแทก ต้องระวังอย่าใส่จนล้นหรือมากเกินไป

นำแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลในระหว่างการเก็บตัวอย่าง แบบฟอร์มตรวจสอบขั้นตอนการทำงานและเอกสารบันทึกการเก็บและขนส่งตัวอย่างน้ำ ระบุเวลาที่ส่งตัวอย่างและใส่ในซองพลาสติกกันน้ำแนบมาด้านในฝากล่องโฟม และปิดกล่องโฟมให้เรียบร้อยพัน

รอบฝากล่องด้วยเทปให้แน่นเพื่อป้องกันน้ำซึมออกมาระหว่างขนส่ง

6.2 การควบคุมคุณภาพในห้องปฏิบัติการ

การควบคุมคุณภาพในห้องปฏิบัติการมีการเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างตลอดระยะเวลาที่ดำเนินไปตามขั้นตอนของการวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้จะทำให้การวิเคราะห์ตัวอย่างมีความถูกต้องแม่นยำสำหรับทุกตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ซึ่งการควบคุมคุณภาพภายในที่ดำเนินการ ประกอบด้วยขั้นตอนการรับตัวอย่างจากภาคสนามทันทีที่ถึงห้องปฏิบัติการ ขั้นตอนการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ และการประเมินคุณภาพของผลการตรวจวิเคราะห์

6.2.1 การรับตัวอย่างจากภาคสนาม

ทันทีที่ตัวอย่างจากภาคสนามถูกส่งกลับมาถึงฝ่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พร้อมกับแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลในระหว่างการเก็บตัวอย่าง ข้อมูลภาคสนามและแบบบันทึกข้อมูลการครอบครองตัวอย่าง เจ้าหน้าที่ผู้รับตัวอย่างจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของตัวอย่างโดยละเอียด เช่น จำนวนตัวอย่างที่ส่งมอบตามแบบบันทึกข้อมูลการครอบครองตัวอย่าง สภาพของภาชนะที่เก็บตัวอย่างสมบูรณ์ ระบุหมายเลขปฏิบัติการของแต่ละตัวอย่างพร้อมบันทึกลงในคอมพิวเตอร์และจัดส่งแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลในระหว่างการเก็บตัวอย่าง ใบนำส่งตัวอย่างของห้องปฏิบัติการก่อนส่งไปเก็บในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 4 °ซ ก่อนที่จะส่งต่อไปยังฝ่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ กรณีที่มีพารามิเตอร์ที่ต้องวิเคราะห์ทันทีให้แจ้งเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างทันที

6.2.2 การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

(1) การตรวจสอบ Method Blank ให้ตรวจสอบแบลงค์พร้อมกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง ผลการทำแบลงค์ของตัวอย่างต่างๆ จะถูกนำไปประเมินการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นจากสารเคมีหรือการปนเปื้อนระหว่างการเตรียมตัวอย่าง โดยในแต่ละชุดของตัวอย่างจะทำแบลงค์ จำนวน 1 ตัวอย่างต่อการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลทุก 10 ตัวอย่างของแต่ละพารามิเตอร์ ค่าที่วัดได้ควรจะต้องมีค่าน้อยกว่าค่าที่ต่ำที่สุดที่ตรวจวัดได้ของวิธีการ (method detection limit, MDL) กรณีมีค่ามากกว่า MDL ค่าที่ได้ต้องไม่มากกว่าขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (limit of quantitation, LOQ)

(2) การตรวจสอบซ้ำในห้องปฏิบัติการ (laboratory replicate) การตรวจสอบตัวอย่างที่วิเคราะห์ซ้ำโดยวิธีเดิมเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของการวิเคราะห์ โดยควรทำซ้ำจำนวน 1 ตัวอย่างต่อการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาล 10 ตัวอย่าง ค่า relative percent difference (RPD) ของพารามิเตอร์ทั่วไปควรน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของโลหะหนักควรน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

(3) การตรวจสอบค่า correlation coefficient (r) ของกราฟมาตรฐาน การสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) จะใช้สารที่มีความเข้มข้นต่างๆ อย่างน้อย 3 ความเข้มข้นจะต้องเป็นเส้นตรงที่มีค่า $r > 0.995$

(4) การวิเคราะห์การเติมสารที่ทราบมาตรฐาน การตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์โลหะหนักจะดำเนินการโดยเติมสารมาตรฐาน (matrix spike) ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์โดยการทำ matrix spike จำนวน 1 ตัวอย่างต่อการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลทุก 20 ตัวอย่าง โดยค่า %recovery ที่ได้ควรมีค่าอยู่ในช่วง 85-115 %

(5) การตรวจสอบด้วย continuing calibration standard (CCS) การสร้างกราฟมาตรฐาน CCS สำหรับการวิเคราะห์โลหะจะมีการตรวจสอบ

ความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่นำมาใช้เตรียมกราฟมาตรฐานโดยการนำสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นตรงกลาง ที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน มาทำการวิเคราะห์ทุกครั้งหลังจากสร้างกราฟมาตรฐาน ค่าความเข้มข้นที่จะยอมรับได้ ควรอยู่ในช่วง ±5% ของค่าจริง (% recovery อยู่ในช่วง 95-105%)

(6) การตรวจสอบด้วย calibration very-fycation standard (CVS) เป็นการตรวจเปรียบเทียบสารละลายโลหะมาตรฐานจากแหล่งที่มาต่างจากสารละลายโลหะมาตรฐานที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยใช้ความเข้มข้นตรงกลางที่ใช้สร้างกราฟมาตรฐานทำการวิเคราะห์ต่อจาก CCS และตอนสิ้นสุดการวิเคราะห์ (หลังจากวิเคราะห์ตัวอย่างทุก 10 ตัวอย่าง) ค่าที่ยอมรับได้จะต้องอยู่ในช่วง ±10% ของ 100% recovery ของค่าจริง (% recovery อยู่ในช่วง 90-110%)

(7) การใช้สารมาตรฐานที่มีการรับรอง (certified reference materials, CRM) การใช้สารมาตรฐานที่มีการรับรองในการตรวจวิเคราะห์จะใช้สารมาตรฐานที่ได้รับรองความถูกต้องจากสถาบันที่เป็นมาตรฐานในการตรวจสอบวิธีวิเคราะห์โดยการตรวจสารมาตรฐานที่มีการรับรอง 1 ตัวอย่างต่อการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทุก 10 ตัวอย่าง ค่าที่ยอมรับได้จะต้องอยู่ในช่วงที่ได้รับการรับรอง

(8) การตรวจสอบด้วย laboratory control standard (LCS) เป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนสารละลายโลหะมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยการเติมสารละลายโลหะมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นลงในน้ำกลั่น มาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ทุกขั้นตอนเช่นเดียวกับตัวอย่าง ค่าที่ยอมรับได้ต้องมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง ±15% ของค่าจริง (% recovery อยู่ในช่วง 85-115%)

(9) การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการ (method validation) เป็นกระบวนการตรวจสอบที่จัดทำเพื่อพิสูจน์อุปกรณ์ กระบวนการวิเคราะห์สารเคมีที่ใช้หรือปัจจัยสภาวะแวดล้อมต่างๆ ว่าให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้อง (accuracy) แม่นยำ (precision) และมีความเหมาะสมเป็นไปตามวัตถุประสงค์

(10) การทำแผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือทางสถิติที่ใช้ควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์มีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) จะมีพารามิเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้อง 2 ค่า คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) มีการกระจายรอบๆ ค่าเฉลี่ยช่วง +3SD และ -3SD ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.9974 ใช้สำหรับควบคุมคุณภาพของเครื่องชั่งโดยการทำ control chart ของการชั่งตุ้มน้ำหนักอย่างน้อยสามค่า และนำไปหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยค่าที่ได้ต้องอยู่ในช่วง +3SD

6.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

นอกเหนือจากกระบวนการควบคุมในห้องปฏิบัติการทางด้านการตรวจสอบแล้ว เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งภายนอกและภายในห้องปฏิบัติการ ต้องเหมาะสมและถูกต้องสำหรับการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ได้รับมีคุณภาพสูง มีปัจจัยที่ต้องพิจารณา ดังนี้

(1) ห้องเครื่องมือวิเคราะห์ต้องมีการแบ่งเป็นสัดส่วนเพื่อป้องกันการปนเปื้อนหรือรบกวนซึ่งกันและกัน โดยแยกจากพื้นที่เตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์เนื่องจากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง บางขั้นตอนมีการระเหยสารหรือไอกรดด่างอาจไปกัดกร่อนเครื่องมือหรือปนเปื้อนในขณะทำการวัดตัวอย่าง เช่น

- ห้องสำหรับวิเคราะห์โลหะหนัก (atomic absorption spectrophotometer)

- ห้องสำหรับวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ โดยใช้ gas chromatography (GC)

- ห้องสำหรับวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยใช้ gas chromatography/ mass spectrometer (GC/MS) เป็นต้น

- ห้องสำหรับวิเคราะห์ไอกรด โดยใช้ Ion Chromatography (IC)

(2) ห้องเครื่องมือต้องมีการดูแลอย่างมีระเบียบ สะอาดตลอดเวลา และเหมาะสมสำหรับเครื่องมือนั้นๆ เครื่องมือวิเคราะห์แต่ละเครื่องมีการคำนึงถึงความสั่นสะเทือน อุณหภูมิ ความชื้น พร้อมทั้งมีการเฝ้าระวัง ควบคุม และบันทึกสภาวะแวดล้อมต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในเกณฑ์กำหนดของแต่ละเครื่องมือและวิธีทดสอบ

(3) เครื่องมือวิเคราะห์ มีการปรับเทียบและสอบเทียบ (calibration) ทวนสอบ (verification) อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และตรวจสอบระหว่างใช้งาน (intermediate check) อย่างสม่ำเสมอตามแผนการที่กำหนดไว้ และมีเอกสารแสดงอย่างชัดเจน มีการจัดแผนการบำรุงรักษา การทวนสอบและการสอบเทียบ และประเมินผลการสอบเทียบว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามวิธีการเก็บตัวอย่าง และการทดสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือที่ใช้งานมีประสิทธิภาพสูง วิเคราะห์ได้ถูกต้องพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา

6.2.4 การฝึกอบรมบุคลากร

บุคลากรเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อคุณภาพของข้อมูล ห้องปฏิบัติการควรมีจำนวนเจ้าหน้าที่เพียงพอสำหรับการทดสอบให้ครอบคลุมทุกพารามิเตอร์ ตั้งแต่เจ้าหน้าที่เตรียมอุปกรณ์และภาชนะ เจ้าหน้าที่รับตัวอย่าง เจ้าหน้าที่เก็บตัวอย่าง เจ้าหน้าที่ทดสอบ เจ้าหน้าที่ที่ใช้เครื่องมือเฉพาะและเจ้าหน้าที่ประเมินผล และต้องผ่านการฝึกอบรมตามแผนการฝึกอบรมประจำปีอย่างสม่ำเสมอ ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพทั้งด้านวิชาการและด้านระบบบริหารงานคุณภาพ จนมีความรู้ความชำนาญ และประสบการณ์ในการปฏิบัติงานต่างๆ

7. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, 2547. คู่มือการตรวจสอบการปนเปื้อนน้ำใต้ดินจากสถานที่กำจัดมูลฝอย, กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากร-ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สัญญา สิริวิทยาปกรณ์, 2550. แนวทางการปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2545. คู่มือการเก็บตัวอย่างมลพิษ (น้ำ อากาศ ดิน กากอุตสาหกรรม), สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม

Arnold et al., 2005. Standard Methods, for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environmental Federation, Maryland: United Book Press, Inc.

Nielsen, M. D. and Nielsen, G. L., 2007, The Essential Handbook of Ground-Water Sampling, CRC Press; Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL, USA.

Puls, R.W. and Barcelona, M.J., 1996, Low-flow (minimal drawdown) groundwater sampling procedures: Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid

Waste and Emergency Response, EPA Ground Water Issue, EPA/540/S-95/504, 12 pp.

คู่มือ ทบ พ 8000-2550
การคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ

คู่มือ ทบ พ 8000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย [ก] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย [ป] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

เมื่อทราบอัตราการให้น้ำของบ่อน้ำบาดาลจากการสูบทดสอบปริมาณน้ำแล้ว การคัดเลือกชนิด ขนาด และความลึกของเครื่องสูบน้ำที่จะทำการติดตั้งในบ่อน้ำบาดาลเพื่อสูบผลิตน้ำบาดาลนั้นมีสำคัญเป็นอย่างยิ่งเพราะจะได้เครื่องสูบน้ำที่เหมาะสม ประหยัดพลังงาน และอายุการใช้งานของบ่อน้ำบาดาลยืนยาว

2. ขอบเขตการใช้งาน

2.1 คู่มือนี้จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับคัดเลือก ชนิด ขนาด และความลึกของเครื่องสูบน้ำที่จะติดตั้งและสูบน้ำในแต่ละบ่อน้ำบาดาลให้มีความเหมาะสมเกิดประโยชน์สูงสุด

2.2 แนวทางปฏิบัติที่ระบุในคู่มือฉบับนี้ไม่ครอบคลุมถึงความรับผิดชอบที่อาจจะเกิดขึ้น ทั้งนี้หน่วยงานใดและหรือบุคลากรใดที่จะใช้มาตรฐานนี้ต้องศึกษาทำความเข้าใจและมีช่างผู้ชำนาญการในการปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินทุกขั้นตอน

2.3 หน่วยวัดที่ใช้ในคู่มือนี้เป็นหน่วยวัดระบบเมตริก

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือเทคโนโลยีการพัฒนาน้ำบาดาล โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนา ซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล และระบบประปาชนบทให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (2548)

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 ท่อคอคอด (Venturi tube) หมายถึง ท่อที่คิดค้นโดย Venturi, G.B. มีลักษณะคอคอด จะเกิดแรงดูดเมื่อน้ำไหลผ่านด้วยความเร็ว (สอ เสถบุตร, 2522)

4.2 ท่อกรุ (casing) หมายถึง ท่อโลหะหรือพีวีซีที่ใช้ใส่ลงไปในหลุมเจาะหรือบ่อเจาะในระหว่างการเจาะหรือหลังการเจาะ แล้วอัดซีเมนต์เข้าไปเพื่อให้อยู่กับที่ เป็นท่อที่ป้องกันบ่อพัง ป้องกันการสูญเสียน้ำ

โคลนเจาะ หรือป้องกันของไหลที่ไม่ต้องการจากชั้นหินเข้าสู่หลุมเจาะ

4.3 ท่อกรอง (well screen) หมายถึง ท่อที่มีร่องขนาดเล็กอาจเป็นร่องในแนวนอนหรือแนวดิ่งใช้สำหรับกรองไม่ให้เม็ดตะกอนจากชั้นน้ำบาดาลหรือกรวดกรุบ่อผ่านเข้ามาในบ่อ

4.4 ระดับน้ำปกติ (static water level) หมายถึง ระดับน้ำในบ่อบาดาลที่ยังไม่ถูกกระทบจากการสูบน้ำบาดาลซึ่งจะมีความดันที่ผิวน้ำเท่ากับความดันของบรรยากาศ

4.5 ระยะน้ำลด (drawdown) หมายถึง ระยะที่ระดับน้ำบาดาลลดลงจากระดับปกติเนื่องจากการสูบน้ำออกจากบ่อบาดาล

4.6 ปริมาณน้ำจำเพาะ (specific capacity) หมายถึง อัตราการสูบต่อหน่วยระยะลดในบ่อมีหน่วยเป็น ลบ.ม./ชม./ม.

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 คู่มือนี้จะช่วยให้ผู้ใช้น้ำบาดาลเกิดความเข้าใจ สามารถใช้เป็นแนวทางการคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำในแต่ละบ่อน้ำบาดาลที่ต้องการสูบน้ำขึ้นมาใช้

5.2 คู่มือนี้สามารถปรับปรุงแก้ไขและเพิ่มเติมได้ตามข้อมูลเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าขึ้นในอนาคต

6. ประเภทของเครื่องสูบสำหรับบ่อน้ำบาดาล

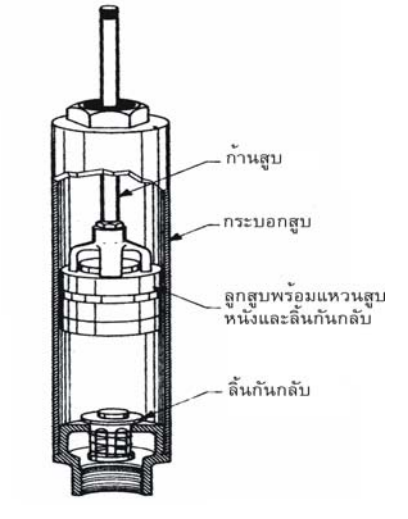
เครื่องสูบสำหรับบ่อน้ำบาดาลที่นิยมใช้ในปัจจุบัน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548) มีดังต่อไปนี้

6.1 เครื่องสูบประเภทลูกสูบ

เครื่องสูบประเภทลูกสูบ (piston pump) มีหลักในการสูบน้ำโดยแรงดูดของลูกสูบ (เมื่อถูกดึงขึ้น) ที่อยู่ภายในกระบอกสูบ ลิ้นกันกลับ (check valve) ที่ปลายกระบอกสูบจะเปิด น้ำจะผ่านเข้ามาในกระบอกสูบ (รูปที่ 1) เมื่อกดลูกสูบลง ลิ้นกันกลับที่ปลายกระบอกจะปิด แต่ลิ้นกันกลับที่ส่วนบนลูกสูบจะเปิด น้ำจะผ่านลูกสูบ และเมื่อดึงลูกสูบอีก น้ำในบ่อจะถูกดูดเข้ากระบอก และน้ำส่วนที่อยู่บนลูกสูบก่อนหน้านี้จะถูกยกขึ้นมาตามท่อดูดและส่งน้ำ การสูบน้ำจึงเกิดจากจังหวะการกดสลับกับดึงลูกสูบที่กระทำอย่างต่อเนื่อง

โดยทั่วไปจะติดตั้งให้กระบอกสูบอยู่ในแนวดิ่ง แต่สามารถประยุกต์ใช้ ให้กระบอกอยู่ในแนวนอน สูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาล โดยติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่ปากบ่อบาดาล หรือที่เรียกกันทั่วไป ว่าแบบปั๊มชัก ข้อจำกัด คือ ระดับน้ำขณะสูบ ต้องไม่อยู่ต่ำกว่าตัวลูกสูบ ประมาณ 6 ม.

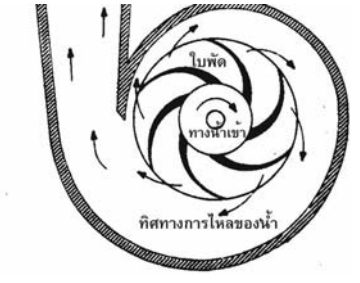
ข้อดีของเครื่องสูบน้ำประเภทนี้ คือ ราคาไม่แพง ดูแลรักษาง่าย ค่าบำรุงรักษาน้อย สามารถขับเคลื่อนด้วย กำลังคนหรือกังหันลม ส่วนข้อเสีย คือ การไหลออกของน้ำจะเป็นช่วงๆ ตามจังหวะการเปิดปิดของลิ้นกันกลับ อัตราการสูบน้ำไม่มาก และไม่สามารถใช้ท่อยางอ่อนเป็นท่อดูดน้ำ เพราะท่อยางอ่อนจะตีบในช่วงจังหวะดูดน้ำ



รูปที่ 1 เครื่องสูบน้ำประเภทลูกสูบ (Driscoll, 1987)

6.2 เครื่องสูบน้ำประเภทหอยโข่ง

เครื่องสูบน้ำประเภทหอยโข่ง (centrifugal pump) เป็นเครื่องสูบแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์ มีหลักการในการสูบน้ำ คือ เมื่อหมุนใบพัด (impeller) ของเครื่องสูบน้ำที่มีน้ำอยู่เต็มกระพ้อ (pump bowl) จะทำให้น้ำที่อยู่ในกระพ้อถูกเหวี่ยงออกทางท่อส่งน้ำ เกิดสุญญากาศในกระพ้อและดึงน้ำเข้ามาทางท่อดูดน้ำ การสูบน้ำจึงเกิดขึ้นเมื่อมีการหมุนใบพัดอย่างต่อเนื่อง ข้อสำคัญอย่างยิ่ง คือก่อนเดินเครื่องสูบน้ำต้องให้ระบบในเครื่องสูบน้ำจากปลายท่อดูดน้ำถึงระดับท่อส่งน้ำเหนือกระพ้อ มีน้ำอยู่เต็ม ปราศจากอากาศ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 เครื่องสูบน้ำประเภทหอยโข่ง (Driscoll, 1987)

เครื่องสูบน้ำประเภทนี้ มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถทำการสูบน้ำได้ เมื่อระดับน้ำขณะสูบ อยู่ต่ำกว่าใบพัด ประมาณ 6 ม. ดังนั้น เกษตรกรจึงได้แก้ไขปัญหา โดยการขุดฝังท่อบ่อคอนกรีต (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 1 ม) ลึกลงไปจากระดับพื้นดิน เพื่อวางเครื่องสูบน้ำให้ใกล้กับระดับน้ำขณะสูบมากที่สุด แต่มีการประยุกต์เครื่องสูบน้ำประเภทนี้เพื่อติดตั้งในบ่อน้ำบาดาล ที่มีระดับน้ำขณะสูบลึก โดยพัฒนาเป็นเครื่องสูบน้ำประเภทใบพัดจุ่มอยู่ใต้น้ำ ซึ่งมีใช้กันอยู่ 2 แบบ คือเครื่องสูบแบบเทอร์ไบน์ (turbine pump) และแบบซับเมอร์ซิเบิล (submersible pump) เครื่องสูบน้ำทั้งสองแบบนี้ จะมีการไหลของน้ำที่สูบได้อย่างสม่ำเสมอ อัตราการสูบและแรงส่งสูง

6.2.1 เครื่องสูบแบบเทอร์ไบน์

เครื่องสูบแบบเทอร์ไบน์ มีส่วนประกอบหลักใหญ่ๆ ของเครื่องสูบน้ำ สามารถแยกออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นใบพัด เพลา ท่อสูบน้ำ และมอเตอร์ โดยมีมอเตอร์ติดตั้งบนปากบ่อ หมุนเพลาขับใบพัด แล้วส่งน้ำขึ้นมาทางท่อสูบน้ำ

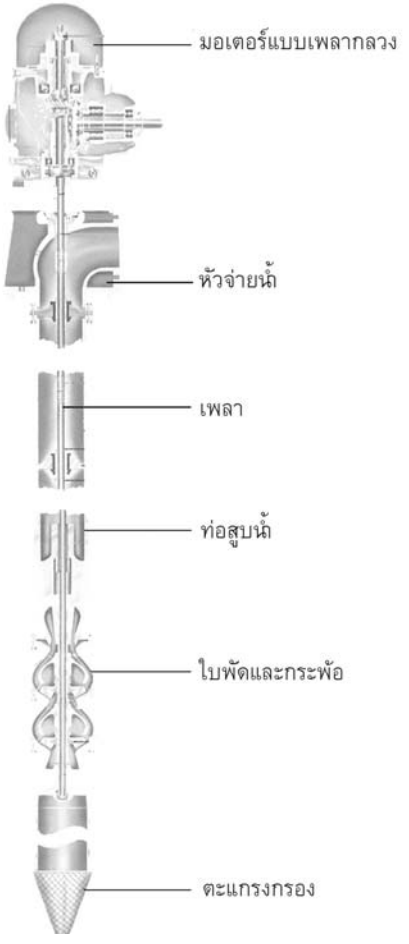
มอเตอร์ที่ใช้โดยทั่วไป จะเป็นแบบเพลากลวง (hollow shaft motor) ขับเพลาในแนวดิ่ง แต่เนื่องจากไม่ค่อยจะมีของในตลาด ต้องใช้เวลาการสั่งซื้อ และราคาค่อนข้างแพง จึงมีใช้มอเตอร์แบบเพลาตัน (solid shaft motor) ที่ขับเพลาในแนวราบ ซึ่งหาซื้อได้สะดวกและราคาไม่แพงมาประยุกต์ใช้แทน แต่ความคงทนในการใช้งาน มอเตอร์แบบเพลากลวงจะดีกว่า

ชิ้นส่วนประกอบอื่นๆของเครื่องสูบแบบเทอร์ไบน์ ได้แสดงในรูปที่ 3 เป็นแบบหล่อเย็นเพลาด้วยน้ำ และในรูปที่ 4 เป็นแบบหล่อเย็นเพลาด้วยน้ำมัน

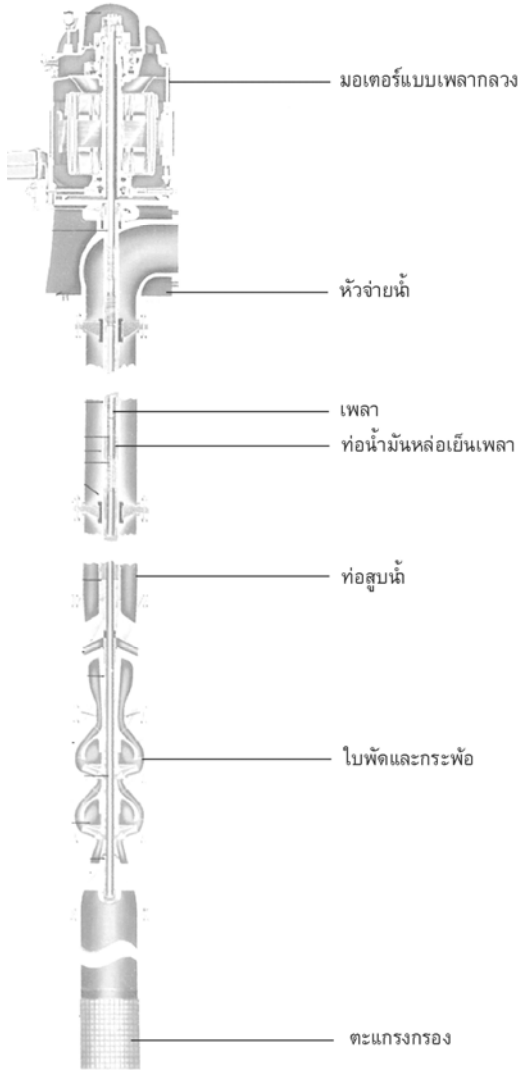
ข้อดีของเครื่องสูบแบบเทอร์ไบน์ คือ สามารถซ่อม บำรุงรักษามอเตอร์ได้ง่าย ส่วนข้อเสียคือ มีการบำรุงรักษาส่วนของเพลา แบริ่งทองเหลือง (bronze bearing) และปลอกยาง (rubber bush) ค่อนข้างยุ่งยาก ราคาแพง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบที่หล่อเพลาด้วยน้ำมันนั้น จะไม่นิยมใช้ในประเทศไทย เพราะต้องมีการบำรุงรักษาที่ค่อนข้างละเอียดอ่อน และมีโอกาสเกิดการปนเปื้อนจากน้ำมันที่ใช้หล่อเพลา แต่มีความเหมาะสมในบางประเทศ ที่ระดับน้ำบาดาลอยู่ลึกมาก เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับเพลา ในกรณีที่ลิ้นกันกลับใต้ใบพัด (foot valve) เก็บน้ำไม่อยู่

6.2.2 เครื่องสูบแบบจุ่มใต้น้ำ

ส่วนประกอบหลักของเครื่องสูบน้ำสามารถแยกออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นมอเตอร์พร้อมใบพัด สายไฟกันน้ำ และท่อสูบน้ำ โดยมีมอเตอร์พร้อมใบพัดติดตั้งใต้ระดับน้ำในบ่อ (รูปที่ 5)



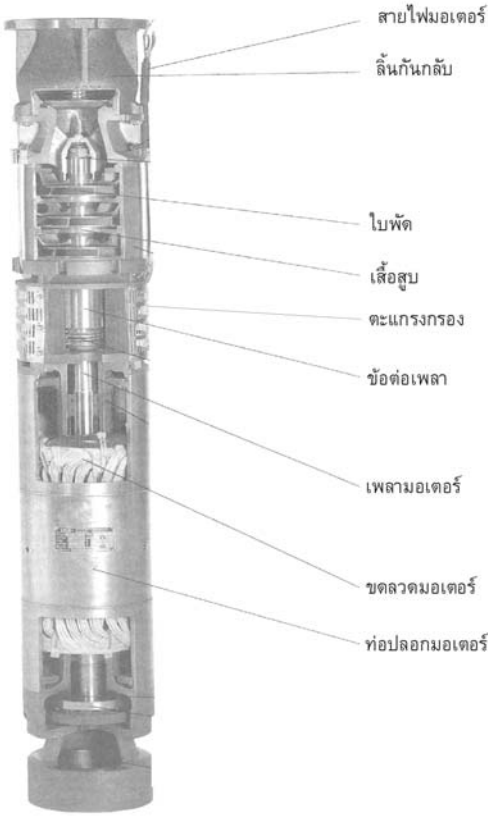
รูปที่ 3 เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์
หล่อเย็นเพลาด้วยน้ำ (Driscoll, 1987)



รูปที่ 4 เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์
หล่อเพลาด้วยน้ำมัน (Driscoll, 1987)

ข้อดีของเครื่องสูบแบบนี้ คือ การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยากและไม่สิ้นเปลือง ส่วนข้อเสีย คือ จะต้องถอนเครื่องสูบทุกครั้ง ที่มีการตรวจสอบหรือซ่อมบำรุงในส่วนของมอเตอร์หรือสายไฟกันน้ำ

หากเปรียบเทียบเครื่องสูบทั้งสอง แบบแล้ว สรุปได้ว่า เครื่องสูบแบบเทอร์ไบน์ มีความเหมาะสมกับการสูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาล เพราะสามารถสูบได้มากสำหรับบ่อที่มีระดับน้ำตื้น ระยะน้ำลดน้อย (น้อยกว่า 70 ม.) ส่วนเครื่องสูบแบบจุ่มใต้น้ำจะเหมาะสมกับอัตราการสูบที่น้อย ระดับน้ำและระยะน้ำลดมาก



รูปที่ 5 เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำ (EMU Data Booklet)

6.3 เครื่องสูบน้ำประเภทเจท

เครื่องสูบน้ำประเภทเจท (jet pump) เป็นเครื่องสูบน้ำที่มีการทำงานร่วมระหว่างสูบหอยโข่งและหัวฉีด (รูปที่ 6) มีหลักการทำงาน คือ เมื่อใบพัดดันน้ำออกทางท่อจ่ายน้ำ (ที่จุด C) น้ำส่วนหนึ่งจะถูกดันไหลย้อนกลับลงทางคอคอดของ ที่ต่อกับโคนหัวฉีด และผ่านรูหัวฉีด ที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กลง และเพิ่มความเร็วน้ำที่ไหลผ่าน ทำให้แรงดันของน้ำลดลงที่บริเวณจุด A เมื่อแรงดันน้ำลดลง น้ำในบ่อจะถูกดึงเข้าแทนที่ และไหลผ่านท่อคอคอด (Venturi tube) การเพิ่มขยายพื้นที่หน้าตัดของท่อคอคอด จะทำให้ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านค่อยๆ ลดลง และเมื่อถึงจุด B ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดโตขึ้นเท่ากับท่อดูดน้ำ แรงดันน้ำจากหัวฉีดจะช่วยพยุงน้ำให้สูงขึ้นไปอีก จนถึงระดับแรงดูดของใบพัด เครื่องสูบจะดูดน้ำขึ้นถึงระดับปกติ น้ำที่สูบได้ส่วนหนึ่งจะออกทางท่อจ่ายน้ำ อีกส่วนหนึ่งจะวนกลับไปยังหัวฉีดและต่อๆ ไป (เจริญ เพียรเจริญ, 2540) ซึ่งสามารถควบคุมอัตราการสูบน้ำโดยใช้ประตูน้ำที่จุด C เครื่องสูบน้ำประเภทนี้ จะมีทั้งแบบท่อคู่และแบบท่อเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 7

6.4 เครื่องสูบน้ำประเภทแรงลม

เครื่องสูบน้ำประเภทแรงลม (air lift pump) มีหลักการทำงาน คือ เมื่ออัดลมเข้าทางท่อลม ปริมาณและแรงดันลมจะดันออกทางปลายท่อลม เมื่อสะสมปริมาณลมและแรงดันมากพอ ก็จะดันน้ำขึ้นตามท่อสูบน้ำออกทางปากบ่อ เครื่องสูบน้ำประเภทแรงลมจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก คือ เครื่องอัดลม ท่อลม และท่อส่งน้ำ (รูปที่ 8) ในกรณีที่ท่อกรุน้ำบาดาลมีขนาดเล็ก สามารถใช้ท่อกรุเป็นท่อส่งน้ำ สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาในการสูบน้ำด้วยแรงลม คือ ขนาดของเครื่องอัดลม ขนาดท่อลมและท่อส่งน้ำ และความลึกของท่อลมที่จะติดตั้ง ให้มีความเหมาะสมกับอัตราการสูบน้ำ

ในแต่ละบ่อ ซึ่งสามารถดูรายละเอียดการสูบน้ำด้วยแรงลมได้ในการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยวิธีการเป่ากวนน้ำและสูบออกด้วยลม (คู่มือ ทบ พ 4000-2550)

7. ขั้นตอนการดำเนินงาน

7.1 เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล

รวบรวมพร้อมวิเคราะห์ข้อมูลบ่อที่จะทำการคัดเลือกและติดตั้ง เครื่องสูบน้ำ ดังนี้

7.1.1 ช่วงความลึกและขนาดของท่อกรุ ท่อกรอง และท่อรับทราย

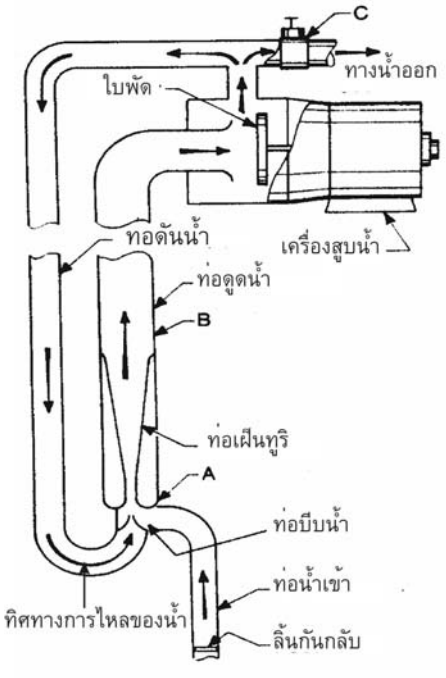
7.1.2 คุณภาพน้ำ เช่น ค่าความเป็นกรดด่าง การนำไฟฟ้าจำเพาะ เป็นต้น

7.1.3 ข้อมูลสูบทดสอบน้ำ (ตามมาตรฐาน ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล) ค่าระดับน้ำปกติ อัตราการสูบน้ำ ระยะน้ำลด และค่าปริมาณน้ำจำเพาะ

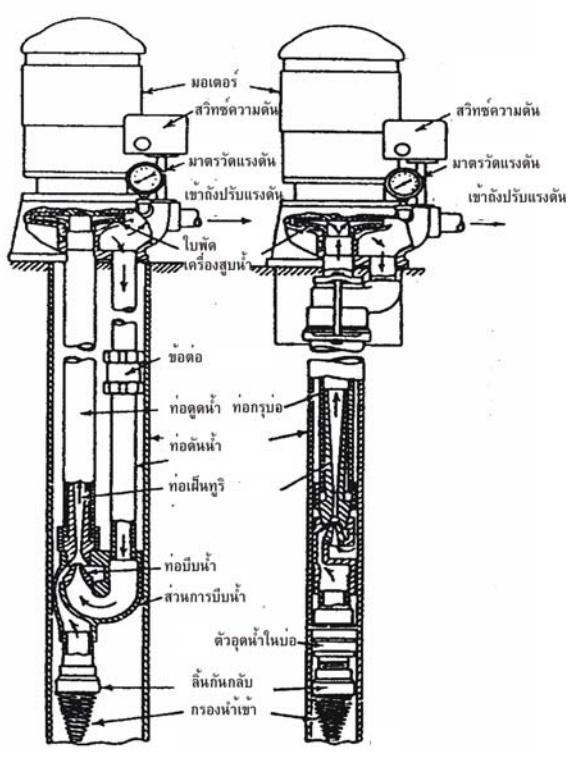
7.2 รวบรวมข้อมูลทางด้านพลังงาน

นอกจากข้อมูลบ่อน้ำบาดาลแล้ว ยังต้องทราบว่าจะใช้พลังงานใดเป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำ ดังนี้

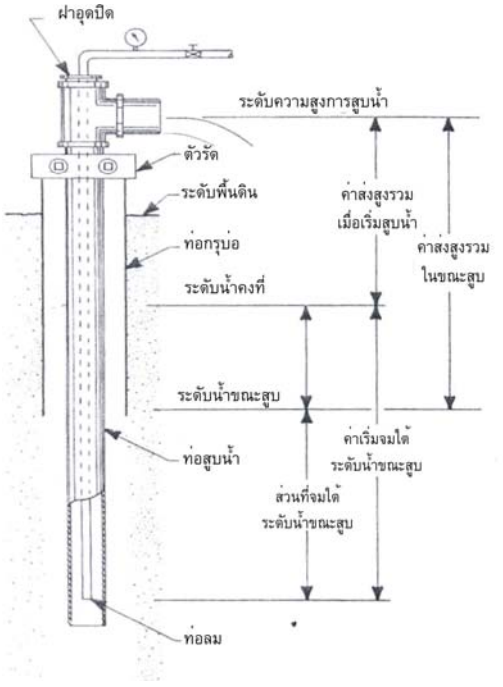
7.2.1 พลังงานไฟฟ้า ตรวจสอบว่าเป็นกระแสแรงดันแบบ 220 โวลต์ หรือ 380 โวลต์ และระยะความยาวของสายไฟที่จำเป็นต้องเชื่อมต่อจากมอเตอร์เครื่องสูบน้ำถึงตู้ควบคุม



รูปที่ 6 แสดงการทำงานของเครื่องสูบเจต (Driscoll, 1987)



รูปที่ 7 เครื่องสูบเจตแบบท่อคู่ (a) และท่อเดี่ยว (b) (ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ และวัชระ เพิ่มชาติ, 2543)



รูปที่ 8 การสูบน้ำด้วยแรงลม (Driscoll, 1987)

7.2.2 พลังงานในรูปแบบอื่นๆ เช่น เครื่องยนต์ กังหันลม พลังงานแสงอาทิตย์ กำลังคน เป็นต้น

7.3 อัตราการสูบน้ำและเส้นทางการส่งน้ำ

7.3.1 อัตราการสูบน้ำ ว่ามีความต้องการสูบน้ำในอัตรากี่ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และระยะเวลาสูบกี่ชั่วโมงต่อวัน (ตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 กำหนดไว้ ไม่เกิน 16 ชม./วัน)

7.3.2 ขนาดและระยะความยาว ในแต่ละช่วงของท่อส่งน้ำ ทั้งในแนวดิ่งและในแนวราบ ตลอดจนขนาดและจำนวนของประตูน้ำ ลิ้นกันกลับ สามทาง ข้องอ ที่จำเป็นต้องติดตั้ง จากเครื่องสูบน้ำถึงปลายท่อส่ง

7.3.3 ชนิดหรือวัสดุของท่อส่งน้ำ เช่น ท่อเหล็ก ท่อพลาสติก

7.3.4 ความต่างของระดับความสูง จากระดับน้ำขณะสูบถึงปลายท่อส่ง

7.4 การคัดเลือกเครื่องสูบน้ำ

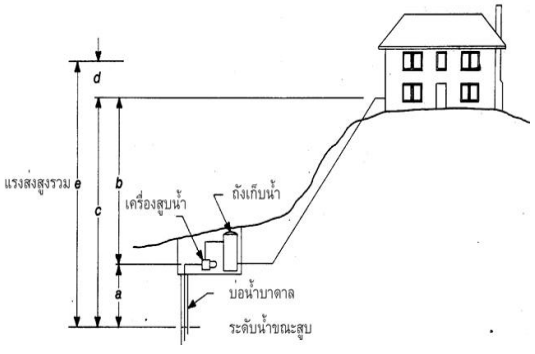
แบบเครื่องสูบน้ำ กำลังขับเคลื่อน ขนาดท่อส่ง ความลึกติดตั้ง สายไฟ และอุปกรณ์อื่นที่จำเป็นต้องติดตั้งนั้น จะมีข้อพิจารณาคัดเลือก ดังนี้

7.4.1 เมื่อทราบอัตราการสูบน้ำที่ต้องการ ตามข้อ 7.3.1 และผลการสูบทดสอบในข้อ 7.1.3 จะประเมินได้ว่าระดับน้ำขณะสูบ ณ.อัตราการสูบที่ต้องการนั้น จะอยู่ที่ความลึกระดับไหน และเมื่อทราบค่าระดับน้ำขณะสูบ ทำให้สามารถตัดสินใจได้ว่า จะใช้เครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งบนผิวดินที่ปากบ่อน้ำบาดาล ได้หรือไม่ โดยยึดเกณฑ์ที่ว่า ถ้าระดับน้ำขณะสูบ ต่ำกว่า 6 ม. จากระดับใบพัดของเครื่องสูบน้ำแล้ว ไม่สามารถกระทำได้ ดังนั้นประเภทเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสม ต้องเลือกประเภทเครื่องสูบน้ำสำหรับบ่อน้ำบาดาล แบบใดแบบหนึ่ง ตามที่ได้กล่าวในข้อ 6 เท่านั้นหรือถ้าระดับน้ำปกติ ตามข้อ 7.1.3 อยู่ต่ำกว่า 6 ม. จากระดับพื้นดิน ก็ควรเลือกประเภทเครื่องสูบน้ำ ตามที่ได้กล่าวในข้อ 6 เช่นกัน

7.4.2 การหาค่าแรงส่งสูงรวม (total dynamic head) เมื่อพิจารณาจากลักษณะการสูบและส่งน้ำ จากบ่อน้ำบาดาล ผ่านท่อส่งถึงปลายท่อส่ง ตามรูปที่ 9 สามารถคำนวณหาค่าแรงส่งสูงรวม ดังนี้

แรงส่งสูงรวม (e) = ระดับน้ำขณะสูบถึงปลายท่อส่ง (c) + แรงฝืดรวมในเส้นท่อ (d) (1)

ค่าแรงฝืดรวมในท่อ ขึ้นอยู่กับ อัตราการสูบน้ำ ชนิด ขนาด และความยาวของท่อส่งน้ำ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ติดตังตั้ง เช่น ประตูน้ำ ลิ้นกันกลับ สามทาง ข้องอ เป็นต้น ซึ่งหาค่าได้จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2



รูปที่ 9 การหาค่าแรงสูงส่งรวม

ตัวอย่างการหาค่าแรงส่งสูงรวม เช่น ต้องการสูบน้ำด้วยอัตรา 9 ลบ.ม./ชม. ในบ่อบาดาล ที่มีค่าระดับน้ำปกติ 20 ม. มีค่าระยะน้ำลด 10 ม. (เมื่อสูบ 9 ลบ.ม./ชม.) ผ่านท่อส่งน้ำทำด้วยโลหะเหล็ก ขนาด 52 มม. (2 นิ้ว) ยาว 200 ม. และติดตั้งประตูน้ำแบบเกลียว 1 ตัว ลิ้นกันกลับ 1 ตัว และข้องอ 90 องศา 5 ตัว ส่งน้ำขึ้นหอถังสูง 20 ม. จากระดับพื้นดิน

ความสูงจากระดับน้ำขณะสูบถึงปลายท่อส่ง (c) = ระดับคงที่ + ระยะน้ำลด + ความสูงหอถัง = 20 + 10 + 20 ม. = 50 ม.

หาค่าแรงฝืดรวมในท่อส่ง จากตารางที่ 1 การสูญเสียแรง เนื่องจากความฝืดในเส้นท่อเหล็ก ที่อัตราการไหลของน้ำ 9 ลบ.ม./ชม. อ่านค่าได้ 3.903 ม. ต่อ ท่อส่งยาว 100 ม. หรือ เท่ากับ 0.039 ม. ต่อ ท่อส่งยาว 1 ม.

ดังนั้นค่าแรงฝืดรวมในท่อส่งยาว 200 ม. = 200 x 0.039 ม. = 7.8 ม.

อ่านค่าแรงที่สูญเสียในอุปกรณ์ ข้องอ 1 ตัว หรือประตูน้ำ 1 ตัว จะเทียบเท่ากับ แรงที่สูญเสียในท่อส่งยาว 1.4 ม. และอ่านค่าแรงที่สูญเสียในลิ้นกันกลับ 1 ตัว เทียบเท่ากับ แรงที่สูญเสียในท่อส่งยาว 5.0 ม.

คำนวณหาแรงที่สูญเสียในข้องอ 5 ตัว ประตูน้ำ 1 ตัว และในลิ้นกันกลับ 1 ตัว = (1.4 x 5) + (1.4 x 1) + (5.0 x 1) ม. = 7 + 1.4 + 5 ม. = แรงที่สูญเสียในท่อส่งยาว 13.4 ม.

ดังนั้น ค่าแรงฝืดรวมในข้องอ ประตูน้ำและลิ้นกันกลับ = 13.4 x 0.039 ม. = 0.52 ม.

ค่าแรงฝืดรวมในเส้นท่อ (d) = 7.8 + 0.52 ม. = 8.32 ม.

ดังนั้น แรงส่งสูงรวม (e) = 50 + 8.3/ ม.
= 58.32 ม.

โดยปกติแล้ว ความเร็วของน้ำที่ไหลในเส้นท่อ ไม่ควรเกิน 1.5 ม./วินาที (5 ฟุต/วินาที) แต่จากค่าความเร็วของน้ำในท่อส่ง ที่อ่านได้ในตารางที่ 1 = 1.154 ม./วินาที ซึ่งน้อยกว่า 1.5 ม./วินาที แสดงว่าท่อส่งขนาด 52 มม. เป็นขนาดที่เหมาะสม ท่อที่มีขนาดใหญ่กว่า ย่อมเกิดแรงฝืดในท่อที่น้อยกว่า สามารถประหยัดพลังงานในการส่งน้ำ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายการลงทุนของท่อส่ง และระยะเวลาการใช้งาน

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเร็วและแรงฝืดในเส้นท่อเหล็กและอุปกรณ์ตามอัตราการสูบน้ำและขนาดของท่อ

อัตราการไหลของน้ำ			ความเร็ว (ตัวเลขบน เป็น ม./วินาที) และแรงฝืด (ตัวเลขล่าง เป็น ม. ต่อ ท่อยาวตรง 100 ม). ในเส้นท่อขนาดต่างๆ											
			ขนาดท่อ หน่วยเป็น นิ้ว และมิลลิเมตร											
ม^3/ชม.	ลิตร/นาที	ลิตร/วินาที	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	3½"	4"	5"	6"
			15.75	21.25	27.00	35.75	41.25	52.50	68.00	80.25	92.50	105.0	130.0	155.5
0.6	10	0.16	0.855 9.910	0.470 2.407	0.292 0.784									
0.9	15	0.25	1.282 20.11	0.705 4.862	0.438 1.570	0.249 0.416								
1.2	20	0.33	1.710 33.53	0.940 8.035	0.584 2.588	0.331 0.677	0.249 0.346							
1.5	25	0.42	2.138 49.93	1.174 11.91	0.730 3.834	0.415 1.004	0.312 0.510							
1.8	30	0.50	2.565 69.34	1.409 16.50	0.876 5.277	0.498 1.379	0.374 0.700	0.231 0.223						
2.1	35	0.58	2.993 91.54	1.644 21.75	1.022 6.949	0.581 1.811	0.436 0.914	0.269 0.291						
2.4	40	0.67		1.879 27.66	1.168 8.820	0.664 2.290	0.499 1.160	0.308 0.368						
3.0	50	0.83		2.349 41.40	1.460 13.14	0.830 3.403	0.623 1.719	0.385 0.544	0.229 0.159					
3.6	60	1.00		2.819 57.74	1.751 18.28	0.996 4.718	0.748 2.375	0.462 0.751	0.275 0.218					
4.2	70	1.12		3.288 76.49	2.043 24.18	1.162 6.231	0.873 3.132	0.539 0.988	0.321 0.287	0.231 0.131				
4.8	80	1.33			2.335 30.87	1.328 7.940	0.997 3.988	0.616 1.254	0.367 0.363	0.263 6.164				
5.4	90	1.50			2.627 38.30	1.494 9.828	1.122 4.927	0.693 1.551	0.413 0.449	0.269 0.203				
6.0	100	1.67			2.919 46.49	1.660 11.90	1.247 5.972	0.770 1.875	0.459 0.542	0.329 0.244	0.248 0.124			
7.5	125	2.08			3.649 70.41	2.075 17.93	1.558 8.967	0.962 2.802	0.574 0.809	0.412 0.365	0.310 0.185	0.241 0.101		
9.0	150	2.50				2.490 25.11	1.870 12.53	1.154 3.903	0.668 1.124	0.494 0.506	0.372 0.256	0.289 0.140		
10.5	175	2.92				2.904 33.32	2.182 16.66	1.347 5.179	0.803 1.488	0.576 0.670	0.434 0.338	0.337 0.184		
12	200	3.33				3.319 42.75	2.493 21.36	1.539 6.624	0.918 1.901	0.659 0.855	0.496 0.431	0.385 0.234	0.251 0.084	
15	250	4.17				4.149 64.86	3.117 32.32	1.924 10.03	1.147 2.860	0.823 1.282	0.620 0.646	0.481 0.350	0.314 0.126	
18	300	5.00					3.740 45.52	2.309 14.04	1.377 4.009	0.988 1.792	0.744 0.903	0.577 0.488	0.377 0.175	0.263 0.074
24	400	6.67					4.987 78.17	3.078 24.04	1.836 6.828	1.317 3.053	0.992 1.530	0.770 0.829	0.502 0.294	0.351 0.124
30	500	8.33						3.848 36.71	2.295 10.40	1.647 4.622	1.240 2.315	0.962 1.254	0.628 0.445	0.439 0.187
36	600	10.0						4.618 51.84	2.753 14.62	1.976 6.505	1.488 3.261	1.155 1.757	0.753 0.623	0.526 0.260
42	700	11.7							3.212 19.52	2.306 8.693	1.736 4.356	1.347 2.345	0.879 0.831	0.614 0.347
48	800	13.3							3.671 25.20	2.635 11.18	1.984 5.582	1.540 3.009	1.005 1.066	0.702 0.445
54	900	15.0							4.130 31.51	2.964 13.97	2.232 6.983	1.732 3.762	1.130 1.328	0.790 0.555
60	1000	16.7							4.589 38.43	3.294 17.06	2.480 8.521	1.925 4.595	1.256 1.616	0.877 0.674
75	1250	20.8								4.117 26.10	3.100 13.00	2.406 7.010	1.570 2.458	1.097 1.027
90	1500	25.0								4.941 36.97	3.720 18.42	2.887 9.892	1.883 3.468	1.316 1.444
105	1750	29.2									4.340 24.76	3.368 13.30	2.197 4.665	1.535 1.934
120	2000	33.3									4.960 31.94	3.850 17.16	2.511 5.995	1.754 2.496
150	2500	41.7										4.812 26.26	3.139 9.216	2.193 3.807
180	3000	50.0											3.767 13.05	2.632 5.417
240	4000	66.7											5.023 22.72	3.509 8.926
300	5000	83.3												4.386 14.42
ข้องอ 90° ประตูน้ำ			1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	2.0	2.5
สามทาง ประตูลิ้นกันกลับ			4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	7.0	8.0	9.0
ลิ้นกันกลับแบบฟุตวาล์ว			8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0	12.0	12.0	12.0	14.0	16.0	18.0

หมายเหตุ : ตัวเลขของแรงสูญเสียในข้องอ สามทาง ลิ้นกันกลับ ฯลฯ (3 บรรทัดล่าง) ใช้เทียบเท่ากับความยาวท่อส่ง
(จาก Grundfos pump)

ตารางที่ 2 แสดงค่าความเร็วและแรงฝืดในเส้นท่อพลาสติก ตามอัตราการสูบน้ำและขนาดของท่อ

อัตราการไหลของน้ำ			ความเร็ว (ตัวเลขบน เป็น ม./วินาที) และแรงฝืด (ตัวเลขล่าง เป็น ม. ต่อ ท่อยาวตรง 100 ม). ในท่อ พีอี ขนาดต่างๆ											
			ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอกและใน ของท่อพีอี (PN 10) หน่วยเป็น มม.											
ม^3/ชม.	ลิตร/นาที	ลิตร/วินาที	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180
			20.4	26.2	32.6	40.8	51.4	61.4	73.6	90.0	102.2	114.6	130.8	147.2
0.6	10	0.16	0.49	0.30	0.19	0.12								
			1.8	0.66	0.27	0.085								
0.9	15	0.25	0.76	0.46	0.3	0.19	0.12							
			4.0	1.14	0.6	0.18	0.63							
1.2	20	0.33	1.0	0.61	0.39	0.25	0.16							
			6.4	2.2	0.9	0.28	0.11							
1.5	25	0.42	1.3	0.78	0.5	0.32	0.2	0.14						
			10.0	3.5	1.4	0.43	0.17	0.074						
1.8	30	0.50	1.53	0.93	0.6	0.38	0.24	0.17						
			13.0	4.6	1.9	0.57	0.22	0.092						
2.1	35	0.58	1.77	1.08	0.69	0.44	0.28	0.2						
			16.0	6.0	2.0	0.70	0.27	0.12						
2.4	40	0.67	2.05	1.24	0.80	0.51	0.32	0.23	0.16					
			22.0	7.5	3.3	0.93	0.35	0.16	0.063					
3.0	50	0.83	2.54	1.54	0.99	0.63	0.4	0.28	0.2					
			37.0	11.0	4.8	1.40	0.50	0.22	0.09					
3.6	60	1.00	3.06	1.85	1.2	0.76	0.48	0.34	0.24	0.16				
			43.0	15.0	6.5	1.90	0.70	0.32	0.13	0.050				
4.2	70	1.12	3.43	2.08	1.34	0.86	0.54	0.38	0.26	0.18				
			50.0	18.0	8.0	2.50	0.83	0.38	0.17	0.068				
4.8	80	1.33		2.47	1.59	1.02	0.64	0.45	0.31	0.2				
				25.0	10.5	3.00	1.20	0.50	0.22	0.084				
5.4	90	1.50		2.78	1.8	1.15	0.72	0.51	0.35	0.24	0.18			
				30.0	12.0	3.50	1.30	0.57	0.26	0.092	0.05			
6.0	100	1.67		3.1	2.0	1.28	0.8	0.56	0.39	0.26	0.2			
				39.0	16.0	4.6	1.80	0.73	0.30	0.12	0.07			
7.5	125	2.08		3.86	2.49	1.59	1.00	0.70	0.49	0.33	0.25	0.20		
				50.0	24.0	6.6	2.50	1.10	0.50	0.18	0.10	0.055		
9.0	150	2.50			3.00	1.91	1.20	0.84	0.59	0.39	0.30	0.24		
					33.0	8.6	3.5	1.40	0.63	0.24	0.13	0.075		
10.5	175	2.92			3.5	2.23	1.41	0.99	0.69	0.46	0.36	0.28		
					38.0	11.0	4.3	1.80	0.78	0.30	0.18	0.09		
12	200	3.33			3.99	2.55	1.60	1.12	0.78	0.52	0.41	0.32	0.25	
					50.0	14.0	5.5	2.40	1.0	0.40	0.22	0.12	0.065	
15	250	4.17				3.19	2.01	1.41	0.98	0.66	0.51	0.40	0.31	0.25
						21.0	8.0	3.70	1.50	0.57	0.34	0.18	0.105	0.06
18	300	5.00				3.82	2.41	1.69	1.18	0.78	0.61	0.48	0.37	0.29
						28.0	10.5	4.60	1.95	0.77	0.45	0.25	0.13	0.085
24	400	6.67					3.21	2.25	1.57	1.05	0.81	0.65	0.50	0.39
							19.0	8.0	3.60	1.40	0.78	0.44	0.23	0.15
30	500	8.33					4.01	2.81	1.96	1.31	1.02	0.81	0.62	0.49
							28.0	11.5	5.0	2.0	1.20	0.63	0.33	0.21
36	600	10.0					4.82	3.38	2.35	1.57	1.22	0.97	0.74	0.59
							37.0	15.0	6.6	2.60	1.50	0.82	0.45	0.28
42	700	11.7					5.64	3.95	2.75	1.84	1.43	1.13	0.87	0.69
							47.0	24.0	8.0	3.50	1.90	1.10	0.60	0.40
48	800	13.3						4.49	3.13	2.09	1.62	1.29	0.99	0.78
								26.0	11.0	4.5	2.60	1.40	0.81	0.48
54	900	15.0						5.07	3.53	2.36	1.83	1.45	1.12	0.08
								33.0	13.5	5.5	3.20	1.70	0.95	0.58
60	1000	16.7						5.64	3.93	2.63	2.04	1.62	1.24	0.96
								40.0	16.0	6.7	3.90	2.2	1.2	0.75
75	1250	20.8							4.89	3.27	2.54	2.02	1.55	1.22
									25.0	9.0	5.0	3.0	1.6	0.95
90	1500	25.0							5.88	3.93	3.05	2.42	1.86	1.47
									33.0	13.0	8.0	4.1	2.3	1.40
105	1750	29.2							6.86	4.59	3.56	2.83	2.17	1.72
									44.0	17.5	9.7	5.7	3.2	1.9
120	2000	33.3								5.23	4.06	3.23	2.48	1.96
										23.0	13.0	7.0	4.0	2.4
150	2500	41.7								6.55	5.08	4.04	3.10	2.45
										34.0	18.0	10.5	6.0	3.5
180	3000	50.0								7.86	6.1	4.85	3.72	2.94
										45.0	27.0	14.0	7.6	4.4
240	4000	66.7									8.13	6.47	4.96	3.92
											43.0	24.0	13.0	7.5
300	5000	83.3										8.08	6.2	4.89
												33.0	18.0	11.0

หมายเหตุ : แรงที่สูญเสียในอุปกรณ์ เช่น ข้องอ สามทาง ให้ใช้ตามสามบรรทัดล่างของตารางที่ 1 (จาก Grundfos pump)

กรณีที่ท่อส่งน้ำเป็นพลาสติก พีอี หรือ พีวีซี การคำนวณค่าแรงฝืด ให้ใช้ตารางที่ 2

อย่างไรก็ตาม ค่าที่ได้จากการคำนวณดังกล่าว เพียงใช้สำหรับงานทางด้านปฏิบัติที่เกิดผลเท่านั้น ทั้งนี้การคำนวณหาค่าที่ละเอียด ที่ใช้ในด้านการศึกษาและวิจัยนั้น ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ เช่น อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ความถ่วงจำเพาะของน้ำหรือของเหลว แรงโน้มถ่วง เป็นต้น

7.4.3 ขนาดเครื่องสูบน้ำ ในปัจจุบันเครื่องสูบน้ำบ่อบาดาลที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุด จะเป็นแบบจุ่มใต้น้ำ และรองลงมาคือแบบเทอร์ไบน์ ส่วนแบบลูกสูบก็มีใช้ในบางโอกาส

เมื่อทราบอัตราการสูบที่ต้องการและค่าแรงส่งสูงรวม (ตามที่ได้กล่าวในข้อ 7.4.1 และ 7.4.2) ก็จะสามารถเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำได้ จากกราฟและหรือตารางแสดงความสามารถของเครื่องสูบน้ำตามที่ผู้ผลิตได้ทำการทดสอบไว้ในแต่ละรุ่น เช่น แบบจุ่มใต้น้ำ ดังแสดงในรูปที่ 10 และรูปที่ 11

จากตัวอย่าง อัตราการสูบน้ำ 9 ลบ.ม./ชม. ที่แรงส่งสูงรวมที่คำนวณได้ 58.32 ม. เมื่อพิจารณาในรูปที่ 10 เครื่องสูบน้ำรุ่นที่เหมาะสม จะเป็นรุ่น SP 8A–15 (มี 15 ใบพัด) สามารถสูบในอัตรา 8.8 ลบ.ม./ชม. ที่แรงส่งสูง ประมาณ 58 ม. และต้องใช้กำลังขับเคลื่อน ประมาณ 0.2 แรงม้า ต่อ 1 ใบพัด หรือ ประมาณ 0.2 แรงม้า/ใบพัด x 15 ใบพัด หรือ ประมาณ 3 แรงม้า โดยมีประสิทธิภาพ 60 %

หรือพิจารณาจากรูปที่ 11 จะเห็นว่า เครื่องสูบน้ำรุ่น SP 8A-15 นั้น ต้องใช้มอเตอร์ 2.2 กิโลวัตต์ หรือ ประมาณ 3 แรงม้า มีขนาดเส้นผ่าศูนย์นอก (D) = 95 มม. และขนาดชุดใบพัดเครื่องสูบน้ำรวมชุดป้องกันสายไฟ (E) = 101 มม.

เครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ ตัวอย่างกราฟแสดงความสามารถของเครื่องสูบน้ำ (Hydro-Flow pump) ดูรูปที่ 12 ซึ่งมีอัตราการสูบ 24 – 66 ลบ.ม./ชม. (105 - 290 แกลลอน/นาที) ที่ประสิทธิภาพ 60 - 76 % โดย 1 ใบพัดของเครื่องสูบน้ำ สามารถส่งน้ำได้สูงสุด 15.2 ม. (50 ฟุต)

ตัวอย่าง เช่น ถ้าต้องการสูบน้ำด้วยอัตรา 45.5 ลบ.ม./ชม. (200 แกลลอน/นาที) ที่แรงส่งสูงรวม 70 ม. จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำที่มี 8 ใบพัด เพราะ 1 ใบพัด สามารถส่งสูง 9.1 ม. (30 ฟุต) และต้องใช้กำลังขับเคลื่อน เท่ากับ 18.4 แรงม้า (8 ใบพัด x 2.3 แรงม้าต่อใบพัด) หรือใช้มอเตอร์ 20 แรงม้า โดยมีประสิทธิภาพ 76 %

ในกรณีที่อัตราการสูบน้อย และใช้เครื่องสูบน้ำแบบชัก ขนาดของเครื่องสูบน้ำสามารถพิจารณาจาก ตารางที่ 3 และยกตัวอย่าง เช่น ต้องการสูบน้ำ 3.5 ลบ.ม./ชม. ที่แรงส่งสูง 70 ม. สามารถเลือกเครื่องสูบที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) ช่วงชัก 228 มม. (9 นิ้ว) ความถี่ 40 ครั้ง/นาที และใช้กำลังขับเคลื่อน 3 แรงม้า

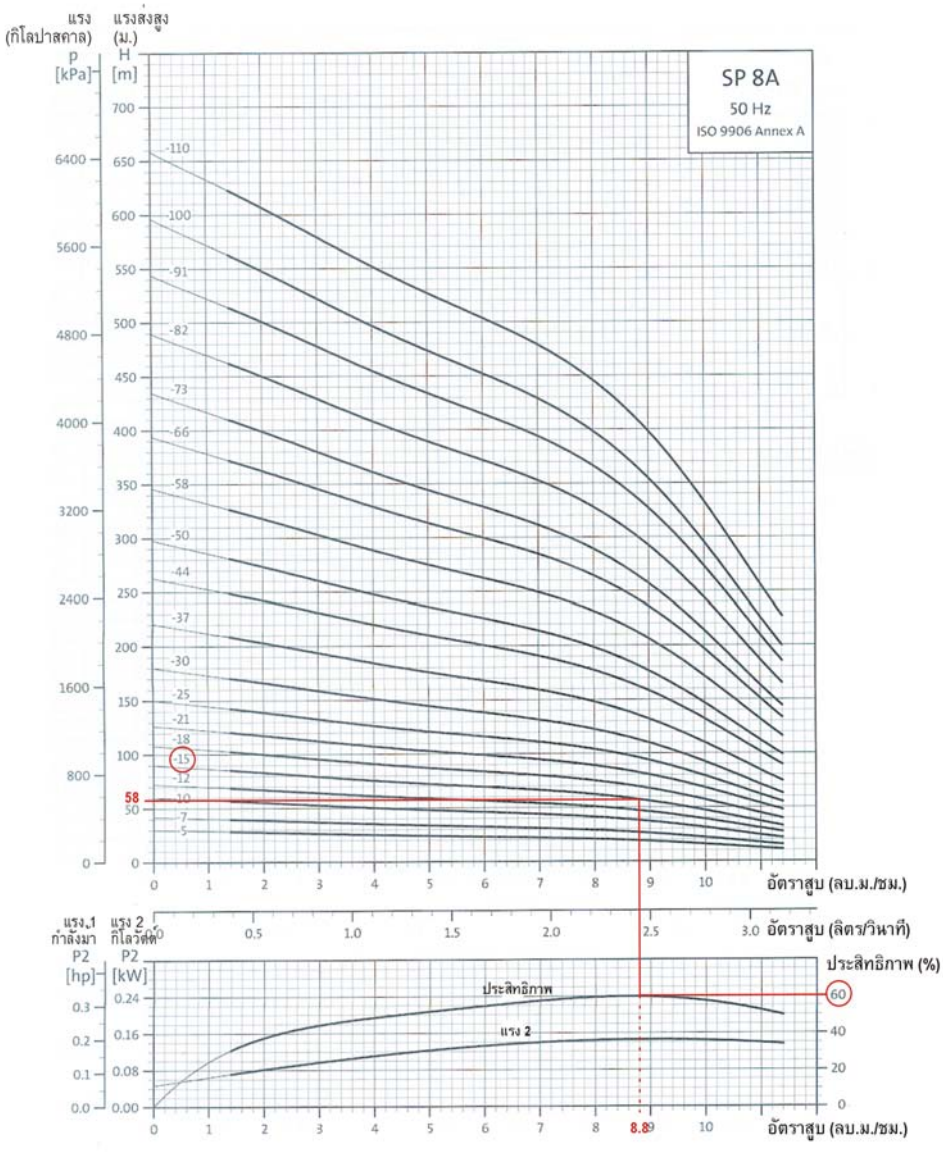
นอกจากนี้แล้ว การหาขนาดกำลังขับเครื่องสูบน้ำ (brake horse power, Bhp) ยังสามารถหาได้จากสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$Bhp = \frac{Q \times TDH}{270 \times E} \qquad (2)$$

เมื่อ *Bhp* คือ กำลังขับเครื่องสูบน้ำ (แรงม้า) Q คือ อัตราการสูบน้ำ (ลบ.ม./ชม.) *TDH* (Total Dynamic Head) คือ แรงส่งสูงรวม (ม.) และ *E* (Efficiency) คือ ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ (%)

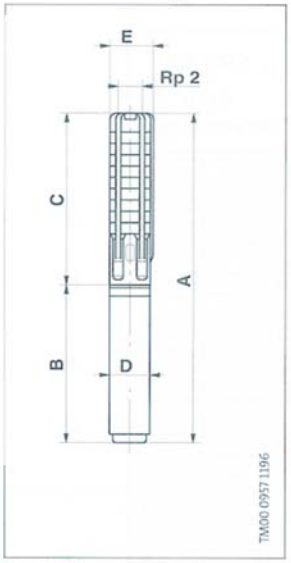
ตัวอย่าง เช่น ต้องการหากำลังม้าของเครื่องสูบน้ำ เมื่อสูบด้วยอัตรา 8.8 ม^3/ชม. ที่แรงส่งสูงรวม 58 ม. และเครื่องสูบน้ำมีประสิทธิภาพ 60 %

กำลังขับเครื่องสูบน้ำ = (8.8 x 58) / (270 x 0.60) แรงม้า = 3.15 แรงม้า



รูปที่ 10 กราฟแสดงประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำและกำลังมอเตอร์ต่อหนึ่งใบพัด (Grundfos Data Booklet)

ขนาดของเครื่องสูบน้ำ

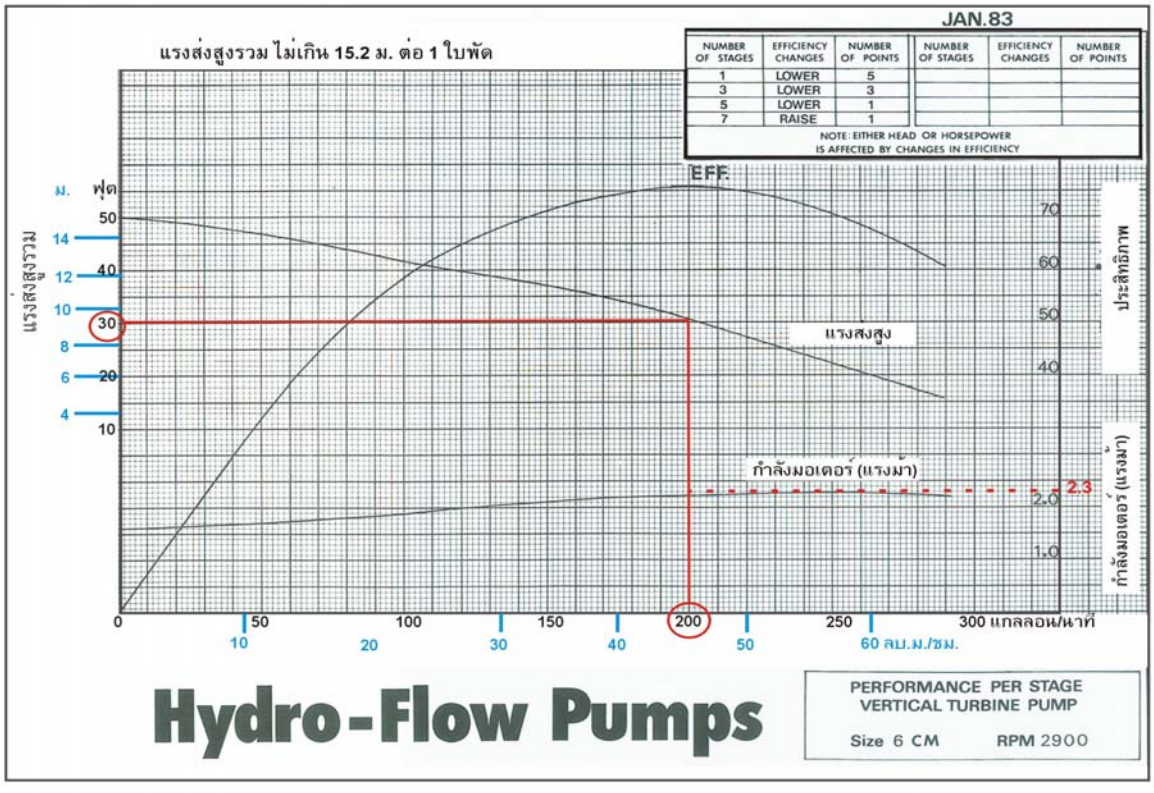


SP 8A-58(N) to SP 8A-110(N) are mounted in sleeve for R 2 connection.

รุ่น	มอเตอร์		ขนาด (มม.)							น้ำหนักสุทธิ (กก.)	
	รุ่น	กำลัง (กิโลวัตต์)	C	B		A		D	E		
				1x230V	3x230V 3x400V	1x230V	3x230V 3x400V			1x230V	3x230V 3x400V
SP 8A-5	MS 402	0.75	409	306	276	715	685	95	101	15	13
SP 8A-5N (R)	MS 4000R	2.2	409	573		982		95	101	27	
SP 8A-5N (R)	MS 4000R	0.75	409		398		807	95	101		19
SP 8A-7	MS 402	1.1	493	346	306	839	799	95	101	17	16
SP 8A-7N (R)	MS 4000R	2.2	493	573		1066		95	101	28	
SP 8A-7N (R)	MS 4000R	1.1	493		413		906	95	101		21
SP 8A-10	MS 402	1.5	619	346	346	965	965	95	101	19	19
SP 8A-10N (R)	MS 4000R	2.2	619	573		1192		95	101	30	
SP 8A-10N (R)	MS 4000R	1.5	619		413		1032	95	101		23
SP 8A-12	MS 4000	2.2	703	573		1276		95	101	30	
SP 8A-12	MS 402	2.2	703		346		1049	95	101		21
SP 8A-12N (R)	MS 4000R	2.2	703	573	453	1276	1156	95	101	30	25
SP 8A-15	MS 4000	2.2	829	573		1402		95	101	32	
SP 8A-15	MS 402	2.2	829		346		1175	95	101		23
SP 8A-15N (R)	MS 4000R	2.2	829	573	453	1402	1282	95	101	32	27
SP 8A-18	MS 4000	3.0	955		493		1448	95	101		29
SP 8A-18N (R)	MS 4000R	3.0	955		493		1448	95	101		29
SP 8A-21	MS 4000	4.0	1081		573		1654	95	101		35
SP 8A-21N (R)	MS 4000R	4.0	1081		573		1654	95	101		35
SP 8A-25	MS 4000	4.0	1249		573		1822	95	101		37
SP 8A-25N (R)	MS 4000R	4.0	1249		573		1822	95	101		37
SP 8A-30	MS 4000	5.5	1459		673		2132	95	101		45
SP 8A-30N (R)	MS 4000R	5.5	1459		673		2132	95	101		45
SP 8A-37	MS 4000	5.5	1753		673		2426	95	101		49
SP 8A-37N (R)	MS 4000R	5.5	1753		673		2426	95	101		49
SP 8A-30	MS 6000	5.5	1521		541		2062	138	138		56
SP 8A-30N	MS 6000R	5.5	1521		541		2062	138	138		56
SP 8A-37	MS 6000	5.5	1815		541		2356	138	138		60
SP 8A-37N	MS 6000R	5.5	1815		541		2356	138	138		60
SP 8A-44	MS 4000	7.5	2051		773		2824	95	101		60
SP 8A-44N	MS 4000	7.5	2051		773		2824	95	101		60
SP 8A-44	MS 6000	7.5	2109		571		2680	138	138		66
SP 8A-44N	MS 6000R	7.5	2109		571		2680	138	138		66
SP 8A-50	MS 4000	7.5	2303		773		3076	95	101		64
SP 8A-50N	MS 4000	7.5	2303		773		3076	95	101		64
SP 8A-50	MS 6000	7.5	2361		571		2932	138	138		70
SP 8A-50N	MS 6000R	7.5	2361		571		2932	138	138		70
SP 8A-58	MS 6000	9.2	3013		601		3614	138	140		104
SP 8A-58N	MS 6000R	9.2	3013		601		3614	138	140		104
SP 8A-66	MS 6000	11.0	3349		631		3980	138	140		114
SP 8A-66N	MS 6000R	11.0	3349		631		3980	138	140		114
SP 8A-73	MS 6000	11.0	3643		631		4274	138	140		120
SP 8A-73N	MS 6000R	11.0	3643		631		4274	138	140		120
SP 8A-82	MS 6000	13.0	4021		661		4682	138	140		131
SP 8A-82N	MS 6000R	13.0	4021		661		4682	138	140		131
SP 8A-91	MS 6000	15.0	4399		696		5095	138	140		143
SP 8A-91N	MS 6000R	15.0	4399		696		5095	138	140		143
SP 8A-100	MS 6000	15.0	4777		696		5473	138	140		150
SP 8A-100N	MS 6000R	15.0	4777		696		5473	138	140		150
SP 8A-110	MS 6000	18.5	5197		751		5948	138	140		164
SP 8A-110N	MS 6000R	18.5	5197		751		5948	138	140		164

E = รวมถึงความหนาของตัวป้องกันสายไฟ

รูปที่ 11 แสดงขนาดและข้อมูลทางไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำและมอเตอร์ (Grundfos pump)



รูปที่ 12 กราฟแสดงอัตราสูบที่แรงส่งสูงต่างๆ ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ และกำลังมอเตอร์ต่อหนึ่งใบพัด ของเครื่องสูบน้ำรุ่น 6 CM (Hydro-Flow pump)

ตารางที่ 3 แสดงกำลังมอเตอร์ ที่ใช้สำหรับสูบแกนชัก ตามขนาดลูกสูบและอัตราสูบต่างๆ

ช่วงชัก (มม,)	จำนวนชักครั้งต่อนาที	กำลังม้า (Hp.)	Ø ลูกสูบ (มม.)	76	89	102	114	127
			ลบ.ม./ชม.	2.0	2.7	3.5	4.4	5.5
228	40	2	แรงส่งสูง (ม.)	68.9	54.3	43.6	35.7	29.3
		3	แรงส่งสูง (ม.)	96.0	78.0	64.3	53.6	45.1
		5	แรงส่งสูง (ม.)	114.9	93.6	77.1	64.3	54.3

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มและแบบเทอร์ไบน์ปกติจะมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 55 - 85 % (Grundfos Data Booklet และ EMU Data Booklet)

7.4.4 ขนาดสายไฟที่ใช้สำหรับเครื่องสูบบ่อน้ำบาดาล โดยทั่วไปจะเป็นสายลวดทองแดง มีฉนวนหุ้มแบบกันน้ำ สามารถทนแรงกดดันของน้ำในบ่อน้ำบาดาลที่ระดับลึกๆ ได้

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ใช้กับเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำ ขนาดของสายไฟ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก คือ กำลังมอเตอร์ ความยาวของสายระหว่างมอเตอร์ถึงตู้ควบคุม และความต่างศักย์ของไฟกำลังที่จะใช้

กรณีไฟฟ้าระบบ 3 x 380 โวลต์ 50 เฮิทซ์ ขนาดสายไฟตามความยาวของสายที่เชื่อมต่อจากมอเตอร์ถึงตู้ควบคุม หาขนาดได้จากตารางที่ 4

ตัวอย่าง เช่น เลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่มีมอเตอร์ (3 x 380 โวลต์ 50 เฮิทซ์) ขนาด 15 กิโลวัตต์ หรือ 20 แรงม้า และความยาวของสายไฟจากมอเตอร์ถึงตู้ควบคุม 90 ม. เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4 พบว่าสายไฟที่เหมาะสม คือ 10 ตร.มม.

ส่วนในกรณีไฟฟ้าระบบ 1 x 220 โวลต์ 50 เฮิทซ์ ขนาดความยาวของสายไฟ จากมอเตอร์ถึงตู้ควบคุม สามารถประมาณได้จากตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ขนาดและความยาวสูงสุดของสายไฟที่ยอมรับได้ ตามขนาดของมอเตอร์ สำหรับไฟฟ้าระบบ 1 x 220 โวลต์ 50 เฮิรทซ์

มอเตอร์ (กิโลวัตต์)	ขนาดสายไฟ (ตร.มม.)				
	1.5	2.5	4	6	10
0.37	111	185	295	440	723
0.55	80	133	211	315	518
0.75	58	96	153	229	377
1.1	48	79	127	190	316
1.5	34	57	92	137	228
2.2		43	68	102	169

ตัวอย่างเลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่มีมอเตอร์ใช้ระบบไฟฟ้า 1x220 โวลต์ 50 เฮิทซ์ ขนาด 2.2 กิโลวัตต์ หรือ 3 แรงม้า และความยาวของสายไฟจากมอเตอร์ถึงตู้ควบคุม 90 ม. เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5 พบว่า สายไฟที่เหมาะสม คือ 6 ตร.มม.

7.5 การติดตั้งเครื่องสูบน้ำ

ความลึกของการติดตั้งเครื่องสูบน้ำควรพิจารณาจากข้อมูลการสูบทดสอบ และสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่

7.5.1 เครื่องสูบแบบจุ่มใต้น้ำ

(1) ควรติดตั้งมอเตอร์และใบพัดให้อยู่เหนือระดับท่อกรองหรือในช่วงท่อกรุ เพื่อให้มีการระบายความร้อนที่มอเตอร์ในขณะสูบน้ำ หรือกระชากน้ำจากชั้นน้ำ

ถ้าหากมีความจำเป็นต้องติดตั้งในช่วงท่อกรองหรือที่ระดับใกล้กันบ่อ ให้ติดตั้งท่อปลอก (sleeve) ครอบมอเตอร์ และทางน้ำเข้า (strainer) เพื่อระบายความร้อนของมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 13

(2) การต่อสายไฟ ให้หล่อเคลือบสายไฟด้วยน้ำยากันน้ำ ในกรณีที่สายไฟมีขนาดเล็ก อาจจะใช้เทปกันน้ำ

(3) การต่อท่อสูบน้ำด้วยวิธีขันเกลียวหรือแบบหน้าแปลน พร้อมสายไฟและท่อวัดระดับน้ำ

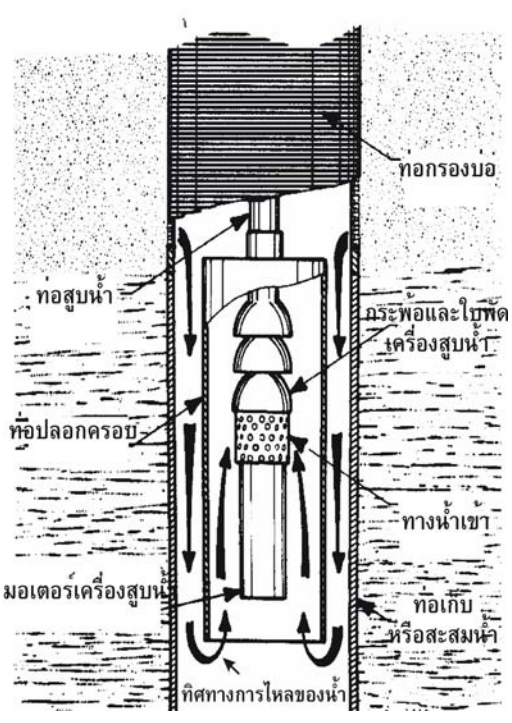
(4) การต่อท่อแต่ละท่อน ต้องตรวจสอบการรั่วของท่อสูบ และของระบบไฟฟ้า

(5) การติดตั้งอุปกรณ์ปากบ่อ เช่น มาตรวัดความดัน ลิ้นกันกลับ ประตูน้ำ มาตรวัดน้ำ ท่อสายอ่อน เพื่อป้องกันแรงกระแทกกลับของน้ำ

ตารางที่ 4 ขนาดและความยาวสูงสุดของสายไฟที่ยอมรับได้ ตามขนาดของมอเตอร์ สำหรับไฟฟ้าระบบ 3 x 380 โวลต์ 50 เฮิทซ์ (แรงส่งไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน 3%)

มอเตอร์				ขนาดสายไฟ (มม^2)														
มม.	กิโลวัตต์	แอมป์	Cos φ 100%	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
95	0.37	1.4	0.64	576	955														
95	0.55	2.2	0.64	366	608	966													
95	0.75	2.3	0.72	312	518	824													
95	1.1	3.4	0.72	211	350	558	830												
95	1.5	4.2	0.75	164	273	434	646												
95	2.2	5.5	0.82	115	191	304	453	748											
95	3.0	7.85	0.77	86	142	226	337	555	872										
95	4.0	9.6	0.8	67	112	178	266	438	689										
95	5.5	13	0.81	49	82	130	194	320	504	768									
95	7.5	18.8	0.78		59	93	139	229	360	548	745								
138	5.5	13.6	0.77	49	82	131	195	320	503	765									
138-144	7.5	17.6	0.8	37	61	97	145	239	376	573	781								
138-144	9.2	21.8	0.81		49	78	116	191	300	458	625	860							
138-144	11	24.8	0.83		42	67	99	164	258	395	540	744	995						
138-144	13	30	0.81			56	84	139	218	333	454	625	833						
138-144	15	34	0.82				73	121	191	291	397	547	731	938					
138-144	18.5	42	0.81				60	99	156	238	324	446	595	763	913				
138-144	22	48	0.84					84	132	202	276	382	511	659	792	935			
138-144	26	57	0.84					71	111	170	233	321	431	555	667	788	913		
138-144	30	66.5	0.83						96	147	201	277	371	477	573	676	782	925	
138-144	37	85.5	0.79							119	162	223	296	378	451	529	608	713	806
192	22	48	0.84					84	132	202	276	382	511	659	792	935			
192	26	56.5	0.85					70	111	170	233	322	432	557	671	794	922		
192	30	64	0.85						98	150	205	284	381	492	592	701	814	967	
192	37	78.5	0.85						80	122	168	232	311	401	483	572	664	789	903
192	45	96.5	0.82							102	140	193	257	330	396	466	539	635	723
192	55	114	0.85								115	159	214	276	333	394	457	543	622
192	63	132	0.83									140	187	240	289	340	394	466	531
192	75	152	0.86									119	160	206	249	295	343	409	469
192	92	186	0.86										130	169	203	241	281	334	383
192	110	224	0.87											140	169	200	233	279	321
237	75	156	0.84										157	203	244	288	334	395	452
237	92	194	0.82										128	164	197	232	268	316	360
237	110	228	0.84											139	167	197	228	271	309
237	132	270	0.84												141	166	193	228	261
237	147	315	0.81													143	165	194	221
237	170	365	0.81															168	190
237	190	425	0.79															143	162
286	147	305	0.83													147	170	202	230
286	170	345	0.85														151	179	205
286	190	390	0.84															158	181
286	220	445	0.85																159
286	250	505	0.85																
กระแสไฟสูงสุด (แอมป์)				18.5	25	34	43	60	80	101	126	153	196	38	276	319	364	430	497

(จาก Grundfos pump)



รูปที่ 13 แสดงปลอกคุมส่วนของมอเตอร์
เพื่อระบายความร้อน (Driscoll, 1987)

(6) ตรวจสอบระบบไฟฟ้า สายไฟมอเตอร์ และตู้ควบคุม จากนั้น ให้ทำการสูบทดสอบวัดระดับน้ำขณะสูบ ค่ากระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในขณะสูบน้ำ และเปรียบเทียบกับข้อมูลของเครื่องสูบน้ำ ตามที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 7.4.3 และ 7.4.4

(7) หากบ่อไม่มีท่อวัดระดับน้ำให้เจาะรู พร้อมน็อตอุดที่ฝาปิดบ่อ สำหรับใช้วัดระดับน้ำ

7.5.2 เครื่องสูบแบบเทอร์ไบน์หล่อลื่นเพลาด้วยน้ำ

(1) ส่วนของใบพัด ควรติดตั้งให้อยู่เหนือระดับท่อกรองหรือในช่วงท่อกรุ เพื่อไม่ให้เกิดการกระชากน้ำโดยตรงจากชั้นน้ำบาดาลเมื่อเริ่มสูบน้ำ

(2) ท่อสูบน้ำและเพลา ต่อเข้าด้วยแบบใช้เกลียวและข้อต่อ การขันเกลียวเพลานั้น ต้องให้ปลายเพลาที่ต่อชนซึ่งกันและกัน หรือแต่ละปลาย นั่งบนบ่าของข้อต่อเพลา ในกรณีที่จำเป็นหล่อลื่นเกลียวท่อสูบหรือเพลา ให้ใช้น้ำยาล้างจาน พยายามหลีกเลี่ยงการใช้จารบีหรือน้ำมันหล่อลื่น พร้อมลงท่อวัดระดับน้ำ (ถ้ามี)

(3) ตรวจสอบการรั่วของท่อสูบน้ำ โดยเติมน้ำลงในท่อสูบหากมีการรั่ว ต้องไล่ถอน ขึ้นมาแต่ละท่อนเพื่อแก้ไข

(4) หลังจากติดตั้งท่อสูบน้ำ และท่อวัดระดับน้ำแล้ว ทำการติดตั้งหัวส่งและมอเตอร์ สิ่งสำคัญคือ การตั้งระยะใบพัดในกระพ้อ (pump bowl) ให้หมุนเกลียวเพลาจนกระทั่งใบพัดนั่งที่ฐานกระพ้อ จากนั้นหมุนเพลากลับทางพร้อมนับรอบหมุน เพื่อยกใบพัดขึ้นจนกระทั่งติดเพดานกระพ้อ แล้วทำการหมุนเพลาเพื่อให้ใบพัดอยู่ ณ ตำแหน่งประมาณ 40-50 % ของระยะห่างจากฐานถึงเพดานของกระพ้อ แล้วล็อกแกนเพลาบนสุดกับมอเตอร์

(5) การติดตั้งอุปกรณ์ปากบ่อ เช่น มาตรวัดความดัน ลิ้นกันกลับ ประตูน้ำ มาตรวัดน้ำ ท่อสายอ่อน เพื่อป้องกันแรงกระแทกกลับของน้ำ

(6) ตรวจสอบระบบไฟฟ้า สายไฟมอเตอร์ และตู้ควบคุม จากนั้น ให้ทำการสูบทดสอบวัดระดับน้ำขณะสูบ ค่ากระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในขณะสูบน้ำ และเปรียบเทียบกับข้อมูลของเครื่องสูบน้ำ ตามที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 7.4.3 และ 7.4.4

ในพื้นที่ที่ยังไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง สามารถใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำ โดยใช้เฟืองทด (angle gear) และเครื่องยนต์แทนมอเตอร์ไฟฟ้า อัตราการทดรอบ ระหว่างรอบเครื่องยนต์และเฟืองทด ควรเป็น 1 : 2

7.5.3 เครื่องสูบมือโยกหรือแบบลูกสูบ

(1) ส่วนของกระบอกสูบ ควรติดตั้งให้อยู่เหนือระดับท่อกรองหรือในช่วงท่อกรุ เพื่อไม่ให้เกิดการกระชากน้ำโดยตรงจากชั้นน้ำบาดาลเมื่อเริ่มสูบน้ำ

(2) ท่อสูบน้ำและแกนชัก ต่อเข้าด้วยแบบใช้เกลียวและข้อต่อ การขันเกลียวแกนชักนั้น ต้องให้ปลายแกนที่ต่อชนซึ่งกันและกัน หรือแต่ละปลาย นั่งบนบ่าของข้อต่อ ในกรณีที่จำเป็นหล่อลื่นเกลียวท่อสูบหรือเพลา ให้ใช้น้ำยาล้างจาน พยายามหลีกเลี่ยงการใช้จารบีหรือน้ำมันหล่อลื่น

(3) ตรวจสอบการรั่วของท่อสูบน้ำ โดยเติมน้ำลงในท่อสูบหากมีการรั่ว ต้องไล่ถอน ขึ้นมาแต่ละท่อนเพื่อแก้ไข

(4) หลังจากติดตั้งท่อสูบน้ำ ให้ทำการปรับและตัดแกนชักให้มีช่วงชักที่เหมาะสมกับกระบอกสูบและระดับในการโยก ติดตั้งหัวโยก เจาะรูพร้อมปลั๊กอุด ที่ฝาปิดบ่อหรือฐานหัวโยก เพื่อใช้หย่อนสายวัดระดับน้ำ

ในกรณีที่ใช้พลังงานจากไฟฟ้าหรือลม ก็ติดตั้งมอเตอร์หรือกังหันและชุดอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็นแทนหัวโยก

(5) ในกรณีที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ให้ตรวจสอบระบบไฟฟ้า สายไฟ มอเตอร์ และตู้ควบคุม จากนั้น ให้ทำการสูบทดสอบ วัดระดับน้ำขณะสูบ ค่ากระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในขณะสูบน้ำ และเปรียบเทียบกับข้อมูลของเครื่องสูบน้ำ ตามที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 7.4.3 และ 7.4.4

7.5.4 แบบเจต

วิธีการเช่นเดียวกันกับการติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งและการติดตั้งท่อสูบน้ำแบบซับเมอร์ซิเบิล แต่มีสิ่งที่สำคัญ คือการรั่วของระบบต้องไม่มี และต้องมีระบบท่อเติมน้ำให้เต็มกระพ้อของเครื่องสูบหอยโข่ง ก่อนเดินเครื่องสูบ

7.5.5 เครื่องสูบลม

วิธีเดียวกันที่ได้กล่าวมาแล้วในรายละเอียดการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลโดยใช้แรงอัดลม ตามคู่มือ ทบ พ 4000-2550

7.6 องค์ประกอบอื่นๆ

7.6.1 ช่องว่างระหว่างมอเตอร์และท่อกรุ (หรือท่อครอบเพื่อระบายความร้อน) ต้องมีพื้นที่หน้าตัดพอเหมาะกับความเร็วของน้ำที่วิ่งผ่าน (ประมาณ 0.15 ม./วินาที) และสามารถระบายความร้อนให้กับมอเตอร์เครื่องสูบแบบจุ่มใต้น้ำได้ดีขึ้น

7.6.2 กรณีบ่อที่มีอุณหภูมิน้ำสูงกว่า 40 °ซ ให้ใช้มอเตอร์ที่มีขนาดกำลังม้าสูงขึ้น หรือใช้มอเตอร์ชนิดที่ออกแบบเป็นพิเศษ

7.6.3 กรณีน้ำกร่อยหรือมีค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะสูง ควรพิจารณาใช้ท่อโพลิเมอร์ แทนท่อเหล็กและไม่เหมาะกับเครื่องสูบแบบเทอร์ไบน์

7.6.4 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการควบคุมระบบไฟฟ้าและอื่นๆ ควรติดตั้งให้ครบถ้วน เช่น อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำลดขณะสูบไม่ให้ต่ำกว่ามอเตอร์ และอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น

7.7 การบันทึก

ต้องบันทึกรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสูบน้ำที่คัดเลือกและติดตั้ง ตามรายงานของคู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการซ่อมแซมบำรุงรักษาต่อไป

8. เครื่องจักรกล เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุ

ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ร่วมในคู่มือการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ พ 4000-2550)

9. ความปลอดภัย

คู่มือการคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำนี้ ให้ปฏิบัติตามเรื่องความปลอดภัย ตามมาตรฐาน ทบ พ

1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

10. บุคลากร

ใช้บุคลากรเดียวกันกับที่ได้กล่าวใน คู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

11. เอกสารอ้างอิง

ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ และ วัชระ เพิ่มชาติ, 2543. เครื่องสูบในงานวิศวกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Driscoll, F. G., 1987. Groundwater and Wells, Second Edition, Johnson Division, St. Paul, Minnesota 55112.

Eggington, H.F., 1985. Australian Drillers Guide, Australian Drilling Industry Training Committee Limited, Macquarie Centre, NSW 2113, Australia, pp. 451 - 452.

Grundfos Data Booklet, SP A, SP., Submersible pumps, motors and accessories, 50 Hz., GRUNDFOS A/S. DK-8850 Bjerringbro, Denmark.

EMU Data Booklet, Pumps for watersupply, lowering of water level and booster plants, EMU Unterwasserpumpen GmbH, Heimgartenstraße 1 - 3 D-95030 Hof/Saale.

Hydro-Flow, 2526. Vertical turbine pumps for irrigation and industries, บริษัท บาดาลและวิศวกรรม จำกัด ถนนลาดพร้าว เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ.

คู่มือ ทบ พ 9000-2550
การบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 9000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง "2550" หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย [(n)] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย [(ป)] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

การบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาลเป็นเรื่องปกติที่ต้องดำเนินการ เพราะเมื่อมีการใช้บ่อไปนานๆ บ่อจะเกิดการชำรุดสึกหรอ ซึ่งอาจเป็นไปได้ทั้งในรูปของการผุพังของท่อกรุ ท่อกรองหรือฐานบ่อ ปริมาณการให้น้ำของบ่อลดลง หรือคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลง เพื่อให้อายุการใช้งานของบ่อนานยิ่งขึ้น การบำรุงรักษาและซ่อมแซมบ่อจึงเป็นสิ่งจำเป็น

2. ขอบเขต

2.1 คู่มือนี้จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดเป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาลภายหลังจากสูบน้ำขึ้นมาใช้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

2.2 แนวทางปฏิบัติที่ระบุในคู่มือฉบับนี้ ไม่อาจครอบคลุมไปถึงความรับผิดชอบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน ทั้งนี้หน่วยงานใดและหรือบุคลากรใดที่จะใช้คู่มือนี้ ต้องศึกษาทำความเข้าใจและมีช่างผู้ชำนาญการในการปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินทุกขั้นตอน

2.3 หน่วยวัดที่ใช้ในคู่มือนี้ เป็นหน่วยวัดระบบเมตริก

3. รายชื่อเอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

3.2 Eggington, H.F., 1985. Australian Drillers Guide, Australian Drilling Industry Training Committee Limited, Macquarie Centre, NSW 2113, Australia, pp. 451 - 452.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 ท่อเก็บทราย (sand collector pipe) เป็นท่อกรุบ่อที่ติดตั้งไว้ที่ระดับก้นบ่อน้ำบาดาล เพื่อรองรับทรายละเอียดที่อาจจะเข้าบ่อในขณะสูบน้ำไม่ให้ทรายท่วมในช่วงท่อกรองและเกิดการอุดตัน

4.2 ระดับน้ำปกติ (static water level) คือ ระดับน้ำในบ่อบาดาล ที่ยังไม่ถูกกระทบจากการสูบน้ำบาดาล ซึ่งจะมีความดันที่ผิวน้ำเท่ากับความดันของบรรยากาศ

4.3 อัตราการสูบน้ำ (pumping rate) คือ ปริมาตรน้ำที่สูบออกจากบ่อน้ำบาดาลในเวลาหนึ่ง

4.4 ระยะน้ำลด (drawdown) คือ ระยะความลึกใดความลึกหนึ่งที่ลดระดับลงจากระดับน้ำปกติเมื่อมีการสูบน้ำบาดาลด้วยอัตราใดอัตราหนึ่งมีระยะความลึก วัดระหว่างระดับน้ำปกติและผิวของกรวยน้ำลด

(cone of depression) ซึ่งกรวยน้ำลดมีลักษณะเป็นรูปกรวยหงาย เกิดรอบบ่อน้ำบาดาลขณะทำการสูบน้ำ

4.5 ปริมาณน้ำจำเพาะของบ่อน้ำบาดาล (well specific capacity) คือ อัตราหรือปริมาณน้ำที่สูบได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลาต่อระยะน้ำลดหนึ่งหน่วย มีหน่วยเป็น ลบ.ม./ชม./ม.

4.6 ท่อกรองแบบบานเกล็ด (shutter screen) เป็นท่อกรองแบบหนึ่ง ที่มีลักษณะร่องเปิดในแนวนอนเอียงคว่ำและยื่นออกเล็กน้อย คล้ายบานเกล็ดหน้าต่างที่เปิดแง้มไว้

4.7 โคลนผง (bentonite) เป็นผงสารประกอบที่มีส่วนผสมของเบนโทไนท์ สำหรับผสมน้ำให้เป็นน้ำโคลนในการเจาะบ่อน้ำบาดาล

4.8 การตรวจสอบท่อกรุท่อกรองน้ำบาดาลด้วยการส่องกล้อง (down hole TV inspection) เป็นวิธีการใช้กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ หย่อนลงในบ่อน้ำบาดาล เพื่อถ่ายภาพลักษณะ สภาพ พร้อมแสดงตำแหน่งช่วงความลึก ของผนังท่อกรุท่อกรอง แล้วส่งสัญญาณภาพมายังจอภาพบนพื้นดิน

4.9 การแก้ไขการอุดตันบ่อโดยใช้แปรง (brushing) เป็นวิธีการใช้แปรงที่มีขนแปรงลวดสลิงหรือไนล่อน หมุนขึ้นลงในบ่อน้ำบาดาล ทำให้ผนังท่อกรุท่อกรองสะอาดและลดการอุดตันที่ร่องเปิดของท่อกรอง

4.10 การแก้ไขการอุดตันบ่อโดยใช้ระเบิด (blasting) เป็นวิธีการใช้แรงระเบิดทำให้ตระกรันที่ผนังท่อกรองหลุดออก และลดการอุดตันที่ร่องเปิดได้

4.11 การแก้ไขการอุดตันบ่อโดยใช้คลื่นโซนาร์ (sonar jet) เป็นการประยุกย์ใช้คลื่นโซนาร์ไปกระเทาะตะกรันที่อุดตันตามร่องเปิดของท่อกรองให้หลุดออก

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 เป็นแนวทางสำหรับบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล ให้บ่อคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพการให้น้ำสูงสุด มีอายุการใช้งานของบ่อยืนยาว

5.2 คู่มือนี้มีประโยชน์เพื่อใช้เป็นแนวทางการบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาลกับผู้ใช้ ดังนี้

5.2.1 ช่วยให้หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนหรือบุคลากร ที่ใช้น้ำจากบ่อน้ำบาดาลเกิดความเข้าใจและสามารถใช้เป็นแนวทางปฏิบัติการบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล

5.2.2 กลุ่มที่ปรึกษาทางด้านวิศวกรธรณีวิทยาหรือผู้ออกแบบซึ่งเกี่ยวข้องกับงานเจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลเกิดความเข้าใจในส่วนของการบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล มากยิ่งขึ้น

5.2.3 มาตรฐานนี้ยังมีบางอย่างที่ยังต้องปรับปรุง แก้ไข และเพิ่มเติม ซึ่งเป็นไปตามกาลเวลาและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าขึ้นในอนาคตและยังมีความจำเป็นต้องพัฒนาให้ได้ตามหลักวิชาการและหลักปฏิบัติเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่าย

6. สาเหตุที่ทำให้ปริมาณน้ำสูบได้จากบ่อลดลง

6.1 ประสิทธิภาพการให้น้ำของบ่อลดลงเนื่องจากเกิดการอุดตันของตะกรันจากปฏิกิริยาทางเคมี (chemical incrustation) หรือเกิดการอุดตันจากคราบเมือก จากปฏิกิริยาทางชีวเคมี

6.1.1 ตะกรันหินปูน (carbonate incrustation) มีโอกาสเกิดในขณะสูบน้ำบาดาลโดยแคลเซียมไบคาร์บอนเนต (calcium bicarbonate, $CaHCO_3$) ที่ละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอนเนต (calcium carbonate, $CaCO_3$) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide gas, CO_2) และในขณะที่ความดันของน้ำในบ่อลดลงแคลเซียมคาร์บอนเนตจะตกตะกอนและค่อยๆ เป็นตะกรันเคลือบบริเวณรอบๆ ท่อกรอง ส่วนก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์จะระเหยขึ้นสู่ผิวน้ำ ในกรณีของแมกนีเซียมไบคาร์บอนเนต (magnesium bicarbonate, $MgHCO_3$) ก็จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเช่นเดียวกัน ต่างกันคือโอกาสการตกตะกอนน้อยกว่าเพราะละลายน้ำได้ดีกว่า (Driscoll, 1987)

น้ำบาดาลที่มีความกระด้างมากกว่า 250 มก./ลิตร และมีสภาพเป็นกรด-ด่างมากกว่า 8 มีโอกาสเกิดตะกรันรอบๆ ท่อกรอง (Eggington, 1985)

6.1.2 ตะกรันเหล็กและแมงกานีส (iron and manganese incrustation) มีโอกาสเกิดในสภาพน้ำเป็นกรด ที่ pH น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 และมีธาตุเหล็กหรือแมงกานีสละลายอยู่ ขณะทำการสูบน้ำจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เหล็กหรือแมงการีสเกิดเป็นสารประกอบเหล็กไฮดรอกไซด์ (iron hydroxide, $Fe(OH)_2$) หรือแมงกานีสไฮดรอกไซด์ (manganese hydroxide, $Mn(OH)_4$) ซึ่งมีลักษณะเป็นวุ้น และแข็งตัวขึ้นเป็นตะกรัน เคลือบบริเวณรอบๆท่อกรอง ต่อมาเมื่อเกิดปฏิกิริยามีออกซิเจนเป็นตัวกำหนดและสภาพน้ำมีค่า pH สูงขึ้น เหล็กที่ละลายในน้ำ (ferrous iron, Fe^{+2}) จะรวมกับออกซิเจน กลายเป็นตะกอนเหล็กออกไซด์ (ferric iron, Fe^{+3}) (Driscoll, 1987)

น้ำบาดาลที่มีเหล็กประกอบมากกว่า 0.3 มก./ลิตร หรือแมงกานีสมากกว่า 0.15 มก./ลิตร และมีสภาพเป็นกรดด่างน้อยกว่า 6 มีโอกาสเกิดตะกรันรอบๆ ท่อกรอง (Eggington, 1985)

6.1.3 ตะกรันแบคทีเรียเหล็ก (iron bacteria) หรือคราบเมือกสารอินทรีย์ (bio fouling) เกิดขึ้นในบ่อน้ำบาดาลที่มีเชื้อโรคปนเปื้อน เนื่องจากเมื่อก่อสร้างบ่อแล้วเสร็จ ไม่มีการฆ่าเชื้อในบ่อหรือทำการฆ่าเชื้อไม่ดีพอ หรือปนเปื้อนจากเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งในบ่อ และเมื่อสภาพน้ำอยู่ในสภาวะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย จะเกิดสารประกอบของแบคทีเรียหรือสารอินทรีย์เคมี ในลักษณะเป็นตะกรันและคราบเมือกบริเวณรอบๆ ท่อกรองและภายในผิวท่อกรุ เช่น แบคทีเรียเหล็ก เช่น Gallionella, genera Clenothrix, genera Leptothrix เป็นต้น

6.2 การอุดตันจากทรายละเอียดหรือดินเหนียว ในขณะสูบน้ำ มีโอกาสเกิดการอุดตันรอบๆ ท่อกรองจากดินทรายละเอียดที่อาจหลงเหลือจากการพัฒนาบ่อหรือตามธรรมชาติของชั้นน้ำบาดาลในชั้นหินร่วน หรือจากตะกอนดินทรายที่สะสมตัวในรอยแตกของชั้นน้ำบาดาลในหินแข็ง

6.3 เกิดจากการสูบทรายละเอียดเข้าบ่อ (sand pumping) ดินและทรายละเอียดที่เข้าบ่อขึ้นมากับน้ำที่สูบได้ อาจเนื่องจากการออกแบบบ่อ ก่อสร้างบ่อ พัฒนาบ่อไม่ดีหรือสูบน้ำในอัตราที่สูงเกินกว่าประสิทธิภาพการให้น้ำของบ่อ หรือเกิดการอุดตันท่อกรองบางส่วน ทำให้น้ำไหลผ่านร่องเปิดของท่อกรองด้วยความเร็วสูงเกินไป ทำให้เม็ดทรายละเอียดกัดกร่อนร่องเปิดให้มีขนาดโตขึ้น เม็ดทรายขนาดปานกลางหรือทรายหยาบสามารถเข้าบ่อได้

6.4 ท่อกรุหรือท่อกรองยุบตัว (collapse of well casing or screen) บ่อที่น้ำมีสภาพเป็นกรดและมีสารละลายและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำสูง ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางด้านไฟฟ้าและเกิดการกัดกร่อน (electrolytic corrosion) ที่บริเวณผิวท่อกรุท่อกรอง การกัดกร่อนพบมากที่ช่วงความลึกของระดับน้ำปกติถึงระดับน้ำขณะสูบ (ในช่วงความลึกของระยะน้ำลด)

6.5 แรงดันน้ำในชั้นน้ำบาดาลลดลง (declining water table) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำตามธรรมชาติหรือผลกระทบจากการสูบน้ำปริมาณสูงมากในบริเวณพื้นที่ข้างเคียง

7. ขั้นตอนการดำเนินงาน

7.1 เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บรวบรวมพร้อมวิเคราะห์ข้อมูลบ่อ

น้ำบาดาลที่ทำการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งในบ่อและข้อมูลอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ในบริเวณข้างเคียง ดังนี้

7.1.1 ประวัติการเจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

(1) คุณลักษณะชั้นน้ำบาดาลเจาะในชั้นน้ำบาดาลแบบใดในชั้นหินร่วน หินแข็ง หรือกึ่งหินแข็ง ชนิดของหิน เช่น หินปูน หินทรายสีแดงที่ประกอบด้วยแร่เหล็กสูง เป็นต้น ขนาดของเม็ดกรวดทราย และส่วนประกอบของกรวดทราย เช่น เป็นสารประกอบซิลิก้าหรือคาร์บอนเนต เป็นต้น

(2) วิธีการเจาะ เช่น เจาะแบบหมุนตรงใช้น้ำโคลนหมุนเวียน ด้วยแรงลม หรือวิธีกระแทก

(3) ช่วงความลึกและขนาดของท่อกรุ ท่อกรอง และท่อเก็บทราย (sand collector pipe)

(4) คุณภาพน้ำที่สูบได้ เช่น ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) การนำไฟฟ้าจำเพาะ ความกระด้าง เหล็ก แมงกานีส เป็นต้น

(5) ข้อมูลสูบทดสอบน้ำ ค่าระดับน้ำปกติ (static water level) อัตราการสูบน้ำ (pumping rate) ระยะน้ำลด (drawdown) และปริมาณน้ำจำเพาะของบ่อน้ำบาดาล ตามมาตรฐาน ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล

(6) วัสดุท่อกรุ ท่อกรอง และท่อเก็บทราย เช่น เหล็กเหนียว เหล็กอาบสังกะสี เหล็กไร้สนิม หรือท่อพีวีซี

(7) ชนิดท่อกรองน้ำ (well screen) เป็นแบบเซาะร่อง (perforated) แบบพันลวดตัววี แบบพันลวดตัววีมีท่อเซาะร่องเป็นแกน (pipe base) แบบบานเกล็ด (shutter screen)

(8) การผนึกข้างบ่อ (well sealing) อุดข้างบ่อด้วยวัสดุใด เช่น ดินเหนียว ซีเมนต์ หรือโคลนผง (bentonite)

7.1.2 ข้อมูลการสูบน้ำ

ข้อมูลที่บันทึกได้ ในช่วงเวลาที่มีการสูบน้ำขึ้นมาใช้ ดังนี้

(1) ความลึกของบ่อ บ่ออาจตื้นขึ้นเนื่องจากมีการตกตะกอนของดินทรายที่เข้าบ่อในขณะสูบน้ำ ดังนั้นต้องตรวจสอบว่ามีทรายปนขึ้นมากับน้ำหรือไม่

(2) คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่

(3) การเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำปกติ ระยะน้ำลดหรือไม่ค่าปริมาณน้ำจำเพาะของบ่อยังคงเดิมหรือไม่

(4) ปริมาณน้ำที่สูบได้และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่

(5) ข้อมูลประมาณการสูบน้ำของบ่อน้ำบาดาลในบริเวณใกล้เคียง (ถ้ามี)

7.1.3 สภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ

หากที่ตั้งบ่อบาดาลอยู่ใกล้ทะเล เหมืองเกลือ หรือไอความเค็ม ควรหลีกเลี่ยงการใช้ท่อเหล็กบาง เช่น ท่อเหล็กอาบสังกะสีขนาดบางตามมาตรฐาน British standard light grade (BSL) หรือท่อหนาปานกลางตามมาตรฐาน British standard medium grade (BSM) เป็นต้น

7.2 ตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำและบ่อน้ำบาดาล

ก่อนบำรุงรักษาหรือฟื้นฟูสภาพบ่อน้ำบาดาลต้องทำการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำและบ่อ ดังนี้

7.2.1 การตรวจสอบสภาพเครื่องสูบน้ำบาดาล

ก่อนถอนเครื่องสูบควรวัดระดับน้ำปกติเดินเครื่องสูบน้ำ วัดอัตราการไหลของน้ำที่สูบได้ ระดับน้ำขณะสูบ ค่ากระแสไฟฟ้า ตะกอนดินทรายปน

ใช้เวลาสูบประมาณ 1 ชม. เพื่อให้ระดับน้ำขณะสูบเกือบคงที่ แล้วนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปเปรียบเทียบกับข้อมูลด้านวิศวกรรมของเครื่องสูบที่ออกแบบไว้ประจำบ่อก่อนหน้านั้น ทำการวัดระดับน้ำคืนตัว ถอนเครื่องสูบ ตรวจสอบสภาพท่อสูบน้ำ

7.2.2 การตรวจสอบสภาพบ่อน้ำบาดาล

หลังจากถอนเครื่องสูบน้ำแล้วควรทำการวัดความลึกบ่อ ตรวจสอบสภาพท่อกรุช่วงความลึกก่อนถึงระดับน้ำในเบื้องต้นด้วยกระจกเงาและอาจตรวจสอบด้วยกล้องทีวีวงจรปิด

นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 7.2.1 และ 7.2.2 ไปคำนวณค่าประสิทธิภาพของบ่อ โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมในข้อ 7.1 สามารถสรุปปริมาณน้ำที่สูบได้ลดลงเกิดจากบ่อน้ำบาดาล หรือเครื่องสูบน้ำ หรือชั้นน้ำบาดาล

7.3 การเตรียมแผนสำหรับการบำรุงรักษาบ่อ

การที่จะทำรายการบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาลนั้นค่อนข้างทำได้ยาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

7.3.1 คุณภาพของน้ำมีค่าความเป็นกรดด่างสูง ประกอบกับเหล็ก แมงกานีส หรือความกระด้างที่ละลายอยู่ในน้ำสูง

7.3.2 ค่าปริมาณน้ำจำเพาะของบ่อลดลง ถ้าค่าปริมาณน้ำจำเพาะของบ่อลดลง 25% จากเดิมควรทำการเป่าล้างทำความสะอาดและพัฒนาบ่อ (Driscoll, 1987)

ปริมาณน้ำที่สูบได้จากบ่อลดลง อาจไม่ได้เกิดจากปริมาณน้ำจำเพาะของบ่อลดลงเสมอไป ทั้งนี้ต้องทราบประวัติข้อมูลการสูบน้ำขึ้นมาใช้ และพิจารณาจากค่าระดับน้ำปกติ ระยะน้ำลด และอัตราการสูบ เพราะปริมาณน้ำที่สูบได้ลดลง อาจเนื่องมาจากประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำลดลง หรือเกิดการรั่วที่ท่อดูดหรือท่อส่งน้ำหรืออาจมาจากผลกระทบการเพิ่มปริมาณการสูบน้ำของบ่อในบริเวณรอบข้าง

7.3.3 พิจารณาจากระดับตะกอนดินและทรายที่กันบ่อ ควรทำการพัฒนาบ่อหรือบำรุงรักษาบ่อ ก่อนระดับตะกอนจะท่วมเหนือระดับปลายล่างสุดของท่อกรอง

7.4 การซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล

7.4.1 การซ่อมบำรุงรักษาเบื้องต้น บริเวณปากบ่อและโดยรอบ ควรดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) ตัดหญ้าและวัชพืชบริเวณรอบบ่อบาดาล ตรวจสภาพฐานคอนกรีตบ่อ และจัดทำทางระบายน้ำเพื่อไม่ให้น้ำท่วมขัง

(2) ยกฐานบ่อให้พ้นจากระดับน้ำท่วมถึงหรือถ้าไม่มีข้อมูลระดับน้ำท่วมถึงดังกล่าว ให้ผนึกช่องว่างที่ปากบ่อเพื่อป้องกันน้ำไหลลงสู่บ่อน้ำบาดาลในกรณีที่เกิดน้ำท่วมถึงบ่อ

(3) หากท่อกรุด้านบนเกิดการโยกคลอนอาจเนื่องจากดินทรุดตัวรอบบ่อให้ทำการผนึกหรืออุดข้างบ่อใหม่ด้วยดินเหนียวหรือซีเมนต์

(4) ป้องกันการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นจากสัวมซึม หลุมกลบขยะ บ่อน้ำตื้นหรือบ่อน้ำบาดาลที่เลิกใช้แล้วและแหล่งน้ำเสียไม่ให้ไหลลงสู่บ่อน้ำบาดาล

7.4.2 การซ่อมบำรุงรักษาภายในบ่อน้ำบาดาลที่อุดตัน ชำรุด หรือมีทรายเข้าบ่อนั้น เกิดจากสาเหตุต่างๆ กัน และความถี่การบำรุงรักษาในแต่ละบ่อย่อมแตกต่างกัน (ตารางที่ 1) การซ่อมบำรุง รักษาบ่อในแต่ละกรณี พอสรุปได้ดังนี้

(1) สภาพบ่ออุดตันเนื่องจากตะกรัน (incrustation) การป้องกันการเกิดตะกรันของท่อกรองยังไม่มีวิธีใดที่ได้ผลดีที่สุด แต่มีวิธีการลดปริมาณสารเหล็กและแมงกานีสที่ก่อตะกรันในท่อกรองด้วยการ

ตารางที่ 1 สาเหตุที่ทำให้ปริมาณน้ำที่สูบได้จากบ่อลดลง และความถี่การบำรุงรักษา

ชนิดชั้นน้ำบาดาล	สาเหตุที่ทำให้ปริมาณน้ำที่สูบได้จากบ่อลดลง *	ความถี่การบำรุงรักษา (ปี) **
หินร่วน	อุดตันจากดินทราย ตะกอนเหล็ก ตะกรันที่ท่อกรอง โคนเมือกของเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ ปริมาณน้ำของชั้นน้ำบาดาลมีจำกัด ท่อกรุแตก	2 – 5
หินทราย	อุดตันในแนวแตก ทรายเข้าบ่อ ท่อกรุแตกหรือเกิดการกัดกร่อน	6 – 10
หินปูน	อุดตันในแนวแตกด้วยดินเหนียว ทราย และปูนคาร์บอนเนต	6 – 12
หินบะซอลท์	อุดตันในแนวแตกและรูช่องว่างเล็กๆ ด้วยดินเหนียว ทรายละเอียด และตะกอนเคลือบ	6 – 12
ชั้นแทรกสลับของหินทรายและหินดินดาน	ปริมาณการให้น้ำต่ำ มีจำกัด การอุดตันในแนวแตกด้วยดินและทราย ท่อกรุแตก	4 – 7
หินแปร	ปริมาณการให้น้ำต่ำ อุดตันในแนวแตกด้วยดินทรายและเกลือแร่	12 – 15
หินแข็ง	อุดตันในแนวแตกด้วยเหล็กและเกลือแร่ ปริมาณการให้น้ำต่ำถึงปานกลาง	6 – 8
กึ่งหินแข็งถึงแข็ง	อุดตันจากดิน ทราย ตะกรันที่ท่อกรองในบ่อชั้นน้ำบาดาลที่เป็นกรวดทราย อุดตันในแนวแตกของชั้นน้ำบาดาลที่เป็นหินปูน ในชั้นแทรกสลับของชั้นกรวดทราย ปูน ดินเหนียว คราบเมือกของเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ ตะกอนเหล็ก	5 – 8

หมายเหตุ : * ไม่รวมถึงเครื่องสูบน้ำ และการลดลงของระดับน้ำปกติ

** ความถี่การบำรุงรักษา พิจารณาจาก (1) อัตราการสูบน้ำสูงสุดอย่างต่อเนื่อง (2) การบำรุงรักษาบ่อ ถ้าปริมาณการให้น้ำบ่อลดลง 75% จากปริมาณเดิมที่สูบได้ (3) ค่าใช้จ่ายสำหรับการบำรุงรักษาบ่อประมาณ 10% ของค่าเจาะและก่อสร้างบ่อในปัจจุบัน (ไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาปลีกย่อยอื่น) และ (4) การก่อสร้างบ่อเป็นไปตามแบบที่ใช้ทั่วไปในปัจจุบัน

เติมน้ำออกซิเจนโดยการเจาะบ่ออัดน้ำ (injection well) รอบบ่อผลิต แล้วอัดน้ำออกซิเจนเพื่อให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายเหล็กและแมงกานีส กระบวนการนี้ทำให้เกิดสภาวะแบคทีเรียเหล็กและแมงกานีสเติบโตในบริเวณบ่ออัดน้ำ ทำให้เหล็กและแมงกานีสที่จะเข้าถึงบ่อผลิต มีปริมาณลดลง เป็นการชะลอการเกิดตะกรันในบ่อ นอกจากวิธีที่กล่าวแล้วยังมีวิธีอื่นอีก เช่น การสร้างบ่อโดยใช้ท่อกรองที่มีช่องเปิดโตขึ้น วิธีการเป่าล้างบ่ออย่างสม่ำเสมอ เป็นต้น

สำหรับบ่อที่มีตะกรันของหินปูน (calcium carbonate) และเกลือซัลเฟต (sulfate) การฟื้นฟูใช้กรดเกลือ กรดซัลฟามิค (sulfamic, H_3NO_3S) กรดไฮดร็อคซี่ เอซิติก (hydroxyacetic, $C_2H_4O_3$) ลงไปละลาย โดยเทลงในบ่อผ่านท่อนำที่ช่วงความลึกของท่อกรอง ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมเมื่อกรดผสมน้ำในบ่อแล้ว (สำหรับกรดเกลือให้มีความเข้มข้นประมาณ 5 % เมื่อผสมกับน้ำในช่วงท่อกรอง) แล้วกวนน้ำเพื่อให้กรดกระจายตัวเป็นระยะๆ หลายครั้ง จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 16 ชั่วโมง จึงเป่าล้างบ่อ

ด้วยเครื่องอัดลม หรือเครื่องสูบน้ำ จนกระทั่งสภาพน้ำในบ่อหมดฤทธิ์กรด

สำหรับตะกรันที่เกิดจากสารทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรียเหล็ก สามารถใช้สารคลอรีนกำจัด หลังจากนั้นเป่าล้างบ่อด้วยเครื่องอัดลม

(2) สภาพบ่อชำรุดเนื่องจากมีสนิมเหล็กไปอุดตันท่อกรอง หรือบ่อยครั้งไปอุดตันท่อดูดน้ำ จนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อดูดเหลือเล็กลงหรือตัน หรือบางแห่งท่อขาด ท่อกรุท่อกรองที่ผุและแตกอันเนื่องมาจากอายุการใช้งาน หรือท่อกรุสัมผัสกับน้ำเค็มหรือน้ำบาดาลที่มีฤทธิ์เป็นกรด

การแก้ไขปัญหาอันเนื่องจากมีสนิมเหล็กและทำให้ท่อกรุท่อกรองผุแตกดังกล่าว ยังไม่มีวิธีใดที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นการป้องกันจึงเป็นวิธีที่ดีที่สุด โดยใช้ท่อชนิดที่ทนทานต่อการเป็นสนิมและใช้ท่อกรุท่อกรองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ขึ้น เช่น ขนาด 200 มม. ขึ้นไป และเมื่อเกิดปัญหา ก็สามารถแก้ไขได้โดยสอดท่อกรุท่อกรองขนาดเล็กลง เช่น 150 มม. ลงไปในท่อเดิม และอุดช่องว่างระหว่างท่อทั้งสองด้วยซีเมนต์

(3) การฟื้นฟูแก้ไขการอุดตันจากตะกรันในท่อกรองน้ำ นอกจากวิธีใช้กรดที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีวิธีอื่น เช่น ขัดด้วยแปรง วิธีระเบิดด้วยน้ำแข็งแห้ง วิธีสั่นสะเทือนด้วยคลื่นโซนาร์ เป็นต้น

(4) การแก้ไขปัญหาทรายเข้าบ่อ ซึ่งอาจเกิดจากชั้นน้ำบาดาลเป็นชั้นทรายละเอียด หรือการสร้างบ่อและใช้กรวดกรุที่ไม่ได้มาตรฐาน เป็นต้น สามารถแก้ไขได้โดยการเป่าล้างบ่อด้วยเครื่องอัดลม (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในคู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล)

7.5 การบันทึก

การบันทึกรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล จะนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการซ่อมบำรุงรักษาในครั้งต่อไป (ดูตัวอย่างรายงานการบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล)

8. เครื่องจักรกล เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุ

ตามในมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล และคู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

9. ความปลอดภัย

มาตรฐานการพัฒนาบ่อน้ำบาดาลนี้ ให้ปฏิบัติตามเรื่องความปลอดภัย ตามมาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

10. บุคลากร

บุคลากรที่ปฏิบัติงานเป็นบุคคลชุดเดียวกับบุคลากรด้านการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล มาตรฐาน ทบ พ 4000-2550

11. เอกสารอ้างอิง

Driscoll, F.G., 1987. Groundwater and Wells, Second Edition, Johnson Division, St. Paul, Minnesota 55112., pp. 630 - 669.

ตัวอย่างรายงานการบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล

โครงการ.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....
สถานที่.....หมายเลขบ่อ (ตามใบอนุญาต).....พิกัดเหนือ..... ออก.....
ข้อมูลเดิมของการเจาะและก่อสร้างบ่อ
ลักษณะชั้นน้ำบาดาล ❍ หินร่วน ❍ หินแข็ง ❍ กึ่งหินแข็ง เจาะแล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ.....
วิธีการเจาะ ❍ หินร่วน ❍หมุนตรง ❍ หมุนดูดกลับ ❍ กระแทกด้วยลม ❍ อื่นๆ.....
ความลึกบ่อ ท่อกรุ Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม. ท่อกรอง Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.
ท่อกรุ Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม. ท่อกรอง Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.
ท่อกรุ Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม. ท่อกรอง Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.
ท่อเก็บทราย Ø .....มม. จาก.....ม. ถึง.....ม.
ชนิดท่อกรุบ่อ ❍ พี วี ซี ❍ แสตนเลส ❍ เหล็ก ❍ เหล็กชุบสังกะสี อื่นๆ .....
ชนิดท่อกรองบ่อ ❍ พี วี ซี ❍ แสตนเลส ❍ เหล็ก ❍ เหล็กชุบสังกะสี อื่นๆ .....
ประเภทท่อกรอง ❍ เซาะร่อง ❍ พันลวด ❍ พันลวดรอบท่อเซาะร่อง ❍ บานเกล็ด อื่นๆ .....
การกรุกรวด ❍ กรุกรวด ❍ แบบธรรมชาติ อื่นๆ .....
ชนิดเครื่องสูบ.....สภาพ ❍ ดี ❍ ใช้ได้ ❍ มีปัญหา สาเหตุจาก.....
อายุการใช้งานบ่อ.....ปี บำรุงรักษาบ่อครั้งหลังสุด เมื่อปี พ.ศ.....ความถี่ในการบำรุงรักษาบ่อ.....ปี/ครั้ง
สภาพบ่อในปัจจุบัน ❍ ดี ❍ ใช้ได้ ❍ มีปัญหา สาเหตุจาก.....
มีการพัฒนาหรือทำความสะอาดบ่อ ด้วยวิธี.....
ข้อมูลการให้น้ำของบ่อ ก่อนและหลังบำรุงรักษา.....

รายการ	ก่อนบำรุงรักษา	หลังบำรุงรักษา	สรุปผลและข้อเสนอแนะ
ความลึกบ่อ (ม.)			
ระดับน้ำปกติ (ม.)			
อัตราการสูบ ($ม^3$/ชม.)			
ระยะน้ำลด (ม.)			
ปริมาณทราย (มก./ลิตร)			
ความเป็นกรดด่าง (pH)			
ปริมาณสารละลายรวม (มก./ลิตร			
ความกระด้าง (มก./ลิตร)			
เหล็ก (มก./ลิตร)			
แบคทีเรีย.....			
อื่นๆ.....			

การบำรุงรักษาที่บริเวณฐานและปากบ่อ ❍ ไม่มี ❍ มีด้วย.....
ขั้นตอนความปลอดภัย ❍ ชุดปฏิบัติงานได้ทำความเข้าใจ/รับการอบรม และเตรียมพร้อมอุปกรณ์และเครื่องมือแล้ว

....
หัวหน้าชุดปฏิบัติงานและผู้รับรายงาน เจ้าของโครงการหรือผู้ว่าจ้าง นักอุทกธรณีหรือนักธรณีที่ปรึกษา
บริษัท..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คู่มือ ทบ พ 10000-2550
การออกแบบก่อสร้างและการบริหารจัดการระบบประปาบาดาล

คู่มือ ทบ พ 10000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะ และพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง "2550" หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย [ก] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย [ป] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

การจัดทำคู่มือการออกแบบและบริหารจัดการระบบประปาบาดาล ในครั้งนี้เป็นการรวบรวมหลักการออกแบบการก่อสร้างและบริหารจัดการระบบประปาบาดาลขององค์กรหลักทั้งในอดีตและปัจจุบันของประเทศไทยและจากต่างประเทศ โดยเฉพาะของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำ การประปาส่วนภูมิภาค การประปานครหลวง และกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น

เนื้อหาสาระของคู่มือเน้นการจัดทำประปาบาดาลสำหรับหมู่บ้านซึ่งผู้รับผิดชอบเป็นองค์กรของรัฐ องค์การบริหารส่วนจังหวัดและองค์การบริหารส่วนตำบลและส่วนใหญ่จ้างเหมาบริษัทเอกชน เป็นผู้ดำเนินการก่อสร้างตามแบบที่ผู้รับผิดชอบกำหนด

ระบบประปาบาดาลในประเทศไทยทั้งของภาครัฐและเอกชน มีลักษณะการออกแบบหลากหลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำ รวมทั้งปริมาณและคุณภาพน้ำที่เป็นแหล่งน้ำดิบ สภาพพื้นที่ และงบประมาณ

ระบบประปาชนบทใช้แหล่งน้ำทั้งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล ฉะนั้นรูปแบบของระบบประปาชนบทจึงแตกต่างกันไป แต่องค์ประกอบหลักจะเหมือนกัน สำหรับในการจัดทำคู่มือการออกแบบในครั้งนี้เป็นคู่มือการออกแบบก่อสร้างระบบประปาบาดาลรวมทั้งการบริหารจัดการระบบประปา การออกแบบก่อสร้างระบบประปาบาดามีปัจจัยที่ต้องพิจารณาประกอบด้วย ปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้ คุณภาพของน้ำบาดาล จำนวนประชากรผู้ใช้น้ำ วัตถุประสงค์ของการใช้น้ำ เช่น การใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค หรือใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรม ลักษณะที่ตั้งของสถานที่ที่จะก่อสร้างระบบประปาบาดาล และความพร้อมของประชาชนผู้ใช้น้ำ ซึ่งในรายละเอียดคู่มือได้แนะนำแนวทาง การดำเนินการเกี่ยวกับระบบประปาบาดาลไว้ทั้งหมด ผู้เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. ขอบเขตการใช้งาน

2.1 คู่มือนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบก่อสร้างระบบประปาบาดาล รวมถึงการบริหารระบบประปาบาดาลด้วย ทั้งนี้เพื่อให้การออกแบบก่อสร้างและการบริหารระบบประปาบาดาลมีความเหมาะสมและเป็นไปตามหลักวิชาการ เพื่อให้ผลการดำเนินการมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.2 การจัดทำระบบประปาบาดาล เป็นระบบการจ่ายน้ำและปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกสบายในการใช้น้ำและมีน้ำที่มีคุณภาพดีทั้งเพื่อการอุปโภคและบริโภค รวมทั้งเมื่อมีระบบประปาบาดาลแล้ว ต้องมีระบบบริหารจัดการที่ดีเพื่อให้การใช้งานเป็นไปตามขั้นตอนที่ถูกต้องและเป็นระบบ

2.3 หน่วยวัดที่ใช้ในคู่มือนี้เป็นหน่วยวัดระบบเมตริก

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- คู่มือการบริหารจัดการและการบำรุงรักษาระบบประปาชนบท, โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาลและระบบประปาชนบทแก่องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (2548).

- แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบใช้น้ำบาดาลขนาดกลางของกรมทรัพยากรน้ำ (2546).

- โครงการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับอุปโภคบริโภคทั่วประเทศ (2549).

- แบบมาตรฐานประปาบาดาลขนาดความจุ 12 ลบ.ม. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2551).

3.2 สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท, 2542. คู่มือการใช้และซ่อมบำรุงรักษาระบบประปาชนบท, สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท กระทรวงมหาดไทย.

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 ระบบประปาชนบท หมายถึง ระบบนำน้ำจากใต้ดินหรือแหล่งน้ำผิวดินมาผลิตให้เป็นน้ำสะอาดตามหลักวิชาการ และวิธีการอันเหมาะสมเพื่อใช้ในการอุปโภค-บริโภค โดยการจ่ายน้ำไปตามท่อผ่านมาตรวัดน้ำบริการให้แก่ประชาชนในหมู่บ้าน

4.2 ระบบประปาบาดาล หมายถึง ระบบการนำน้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดิน มาใช้เป็นแหล่งน้ำดิบ ในการใช้ในการผลิตในระบบประปาตามข้อ 4.1

4.3 แหล่งน้ำดิบ หมายถึง บ่อน้ำบาดาลสำหรับทำระบบประปาบาดาล

4.4 หมู่บ้าน หมายถึง หมู่บ้านที่ตั้งอยู่ในเขตชนบทนอกเขตเทศบาล สุขาภิบาล

4.5 ความพร้อมของชุมชน หมายถึง ชุมชนที่พร้อมจะบริหารกิจการและบำรุงรักษาระบบประปาชนบทที่มีอยู่ในชุมชนนั้นๆด้วยตนเอง โดยรัฐให้คำแนะนำปรึกษาช่วยเหลือด้านเทคนิคและอื่นๆเท่าที่จำเป็น

4.6 คณะกรรมการหมู่บ้าน หมายถึง คณะกรรมการหมู่บ้านตามข้อบังคับกระทรวงมหาดไทยว่าด้วยคณะกรรมการหมู่บ้านและคณะกรรมการกลางหมู่บ้านอาสาพัฒนาและป้องกันตนเอง กฎหมายว่าด้วยการจัดระเบียบบริหารหมู่บ้านอาสาพัฒนาและป้องกันตนเอง

4.7 การบริหารกิจการประปาชนบท หมายถึง การจัดระบบการบริหารการใช้น้ำและการดูแลบำรุงรักษาระบบประปาชนบทในเชิงธุรกิจที่ประชาชนดำเนินการเอง หรือในนามคณะกรรมการบริหารประปาชนบท โดยการกำหนดให้เรียกเก็บค่าบริการน้ำประปาจากผู้ใช้น้ำประปาต้องเสียค่าบริการ โดยรัฐจะช่วยเหลือสนับสนุนเฉพาะส่วนที่เกินขีดความสามารถของประชาชน หรือเท่าที่จำเป็น

4.8 ผู้ดูแลประปาหมู่บ้าน หมายถึง ผู้ที่ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการการบริการประปาให้รับผิดชอบเป็นช่างประจำระบบประปาบาดาล

4.9 กลุ่มผู้ใช้น้ำ หมายถึง ผู้ใช้น้ำทุกคนที่ใช้น้ำจากระบบประปาบาดาล

4.10 กองทุนพัฒนาประปาชนบท หมายถึง เงินกองทุนส่วนกลางที่รวบรวมจากกลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อนำมาใช้ในการดำเนินการบริหารกิจการประปา โดยมีสมาชิกผู้ใช้น้ำทุกคนเป็นเจ้าของกองทุน และเงินสมทบจากกำไรสุทธิรายปีของการบริหารประปาชนบทและบริหารการใช้จ่ายเงินกองทุนโดยกลุ่มผู้ใช้น้ำหรือคณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบท

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 คู่มือฉบับนี้ได้กำหนดแนวทางการออกแบบระบบประปาบาดาลและการบริหารการประปาบาดาลไว้เป็นคู่มือสำหรับให้หน่วยงานหรือองค์กรต่างๆ ที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการก่อสร้างระบบประปาบาดาลและประชาชนผู้ใช้น้ำประปาบาดาล

5.2 คู่มือฉบับนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการออกแบบประปาบาดาลเพื่อให้ได้ระบบประปาบาดาลที่เหมาะสมทั้งด้านแหล่งน้ำบาดาล ความต้องการของประชาชนผู้ใช้น้ำเพื่อให้มีระบบประปาที่สมบูรณ์เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ใช้น้ำและประหยัดค่าใช้จ่าย

5.3 คู่มือฉบับนี้จะเน้นเฉพาะเรื่องการออกแบบประปาบาดาล และการก่อสร้างระบบประปาบาดาล

6. คำอธิบายและวิธีการ

คู่มือการออกแบบก่อสร้างและบริหารจัดการระบบประปาบาดาล เป็นการนำเอารูปแบบการออกแบบก่อสร้างและการบริหารจัดการระบบประปาบาดาลทั้งของภาครัฐและเอกชนที่มีอยู่ในปัจจุบันของประเทศไทยมารวบรวมและเรียบเรียง ซึ่งในปัจจุบันรูปแบบของระบบประปาบาดาลมีหลายรูปแบบ แต่หลักการออกแบบคล้ายๆ กัน แต่ที่แตกต่าง คือ หอถังเก็บน้ำซึ่งมีหลายรูปแบบ ทั้งเป็นแบบหอถังเหล็กสำเร็จรูป หอถังปูนคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องสร้างในพื้นที่ และแบบที่ทำด้วยไฟเบอร์กลาส

7. เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์

การจัดทำคู่มือฉบับนี้เป็นการแนะนำการออกแบบก่อสร้างและการบริหารจัดการแบบประปาบาดาล ซึ่งประกอบด้วย ระบบประปาบาดาล บ่อบาดาลและเครื่องสูบน้ำ หอถังเก็บน้ำ ถังกรอง และระบบท่อส่งน้ำซึ่งรายละเอียดของเครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมีมากมาย จึงไม่สามารถระบุไว้ได้ทั้งหมด

8. หลักการออกแบบระบบประปาบาดาล

การออกแบบก่อสร้างจะต้องพิจารณาข้อมูลด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทนำ หลักการออกแบบระบบประปาบาดาลที่สำคัญประการแรกคือ การแบ่งขนาดของระบบประปาบาดาลซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

8.1 ระบบประปาบาดาลขนาดเล็ก

ระบบประปาบาดาลขนาดเล็ก มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

8.1.1 มีบ่อน้ำบาดาลที่สามารถให้ปริมาณน้ำ 2 - 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ลบ.ม./ชม.)

8.1.2 มีบริเวณพื้นที่ที่จะก่อสร้างระบบผลิตประปา ขนาดประมาณ 15 x 15 ตารางเมตร (ตร.ม.)

8.1.3 มีจำนวนผู้ใช้น้ำ 30 - 50 ครัวเรือน

8.1.4 มีคณะกรรมการบริหาร หรือ อบต. รับผิดชอบในการบริหารจัดการ

8.1.5 ประชาชนพร้อมที่จะชำระค่าน้ำประปาตามราคาที่เหมาะสมได้

8.2 ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง

ระบบประปาบาดาลขนาดกลาง มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

8.2.1 มีบ่อน้ำบาดาลที่สามารถให้ปริมาณน้ำ 5-10 ลบ.ม./ชม.

8.2.2 มีบริเวณพื้นที่จะก่อสร้างระบบผลิตประปาขนาดประมาณ 15 x 15 ตร.ม.

8.2.3 มีจำนวนผู้ใช้น้ำตั้งแต่ 51 – 120 ครัวเรือน

8.2.4 มีคณะกรรมการบริหาร หรือ อบต. รับผิดชอบในการบริหารจัดการ

8.2.5 ประชาชนพร้อมที่จะชำระค่าน้ำประปาตามราคาที่เหมาะสมได้

8.3 ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่

ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่ มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

8.3.1 มีบ่อน้ำบาดาลที่สามารถให้ปริมาณน้ำ 10 ลบ.ม./ชม. ขึ้นไป

8.3.2 มีบริเวณพื้นที่ที่จะก่อสร้างระบบผลิตประประปาขนาดประมาณ 20 x 20 ตร.ม.

8.3.3 มีจำนวนผู้ใช้น้ำตั้งแต่ 121-300 ครัวเรือน

8.3.4 มีคณะกรรมการบริหาร หรือ อบต. รับผิดชอบในการบริหารจัดการ

8.3.5 ประชาชนพร้อมที่จะชำระค่าน้ำประปา ในราคาที่เหมาะสมได้

8.4 ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่มาก

ระบบประปาบาดาลขนาดใหญ่มาก มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

8.4.1 มีบ่อน้ำบาดาลที่สามารถให้ปริมาณน้ำ 20 ลบ.ม./ชม. ขึ้นไป

8.4.2 มีบริเวณพื้นที่ที่จะก่อสร้างระบบผลิตประประปาขนาดประมาณ 22 X 22 ตร.ม.

8.4.3 มีจำนวนผู้ใช้น้ำตั้งแต่ 301 - 700 ครัวเรือน

8.4.4 มีคณะกรรมการบริหาร หรือ อบต. รับผิดชอบในการบริหารจัดการ

8.4.5 ประชาชนพร้อมที่จะชำระค่าน้ำประปาในราคาที่เหมาะสมได้

9. องค์ประกอบของระบบประปาบาดาล

9.1 องค์ประกอบของระบบประปาบาดาล

องค์ประกอบของระบบประปาหรือกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในปัจจุบัน ประกอบด้วย

9.1.1 บ่อน้ำบาดาลพร้อมเครื่องสูบเป็นแบบมอเตอร์จุ่มใต้น้ำ จำนวน 1 เครื่อง ขนาดของเครื่องสูบมี 3 ขนาด คือ 1.0, 1.5 หรือ 2.0 แรงม้า โดยพิจารณาติดตั้งขนาดเครื่องสูบจากปริมาณน้ำของบ่อน้ำบาดาล จำนวนผู้ใช้และ ระบบไฟฟ้าในพื้นที่ เช่น (220/380 โวลต์)

9.1.2 หอถังเหล็กเก็บน้ำ รูปแบบหอถังเหล็กด้านบนเป็นทรงกลม เหลี่ยม ประกอบด้วย 5 เหลี่ยมด้านเท่าจำนวน 11 ด้าน รองรับด้วยรูปทรงกระบอกกลวงเชื่อมติดกัน บรรจุน้ำอยู่ภายในตลอดตั้งแต่ฐานถึงรูปทรงกลม ประมาณ 12 ลูกบาศก์เมตร (ลบ.ม.) เฉพาะส่วนทรงกลมขอบเหลี่ยมบรรจุน้ำได้ประมาณ 8 ลบ.ม. ความสูงนับจากแผ่นเหล็กฐานหอถังมีฝาครอบด้านบนประมาณ 12.6 ม.

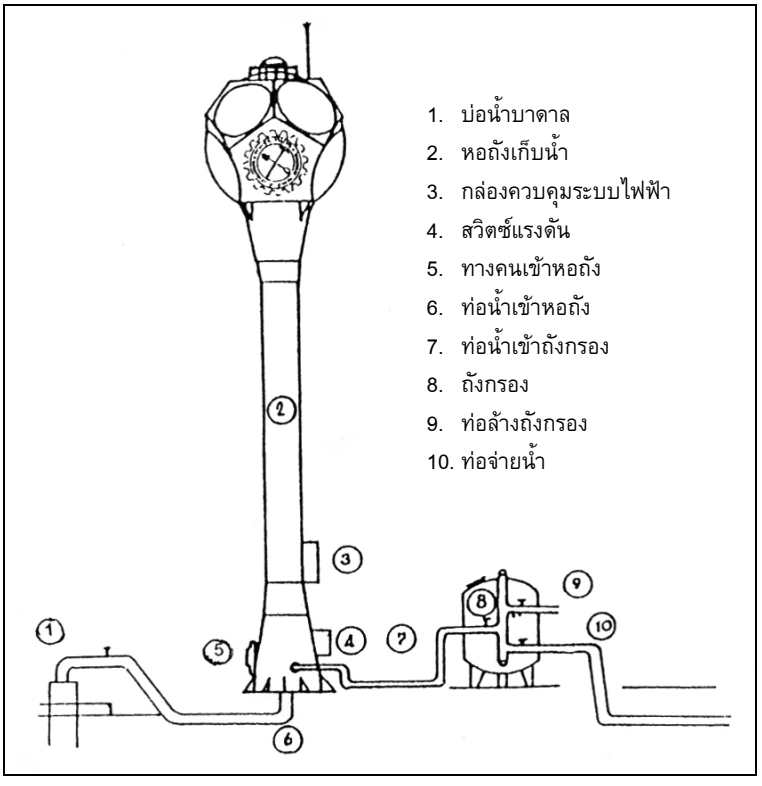
9.1.3 ถังกรองสนิมเหล็ก เป็นถังรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.15 ม. สูง 1.20 ม. ระบบกรองแบบกรองความเร็วภายใต้แรงดัน สามารถใช้แรงดันน้ำล้างทรายได้ในตัว โดยการควบคุมประตูน้ำใช้สำหรับกรองตะกอนต่าง ๆ ความสามารถในการกรองไม่น้อยกว่า 7 ลบ.ม./ชม.

9.1.4 ท่อจ่ายน้ำหลักเป็นท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มม. ความยาวรวมไม่เกิน 1,000 ม. พร้อมด้วยท่อแยกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม. สำหรับท่อจ่ายน้ำเข้าบ้านจำนวน 50 ชุด

9.1.5 มาตรวัดกระแสไฟฟ้า ขนาด 220 โวลต์ 10 - 15 แอมป์ 1 เครื่อง

ระบบประปาบาดาลของกรมทรัพยากรธรณี (เดิม) ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1 ต่อมากรมทรัพยากรธรณี (เดิม) ได้เพิ่มรูปแบบของถังเหล็กเก็บน้ำขนาดบรรจุน้ำได้ 20 ลบ.ม. เป็นรูปทรงแบบถ้วยแชมเปญมีความสูง 20 ม. สำหรับฐานหอถังเหล็กขนาด 12 ลบ.ม. มี 2 แบบ คือ

(1) แบบตอกเสาเข็มก่อนเทฐานคอนกรีต (pile foundation) ในกรณีที่ดินรับน้ำหนักได้น้อยกว่า 3 ตันต่อตารางเมตร (ตัน/ตร.ม.) สร้างฐานสี่เหลี่ยมด้านล่างฝังดินกว้าง 2.40 ม. ยาว 2.40 ม. และด้านบนทรงกระบอกสำหรับรองรับหอถังยึดด้วยแป้นเกลียว (nut) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.50 ม.



รูปที่ 1 ระบบประปาบาดาลของกรมทรัพยากรธรณี (เดิม)
(กรมทรัพยากรธรณี, 2536)

(2) แบบฐานแผ่ไม่ต้องตอกเสาเข็ม (spread foundation) ในกรณีที่ดินรับน้ำหนักได้เกินกว่า 3 ตันต่อตารางเมตร ขนาดพื้นดินดังกล่าว เช่น ดินทราย ดินลูกรัง ดินเหนียวปนทรายที่มีทรายปนอยู่ในปริมาณมาก หรือรองรับด้วยหินแข็ง การสำรวจดินรองรับฐานคอนกรีตต้องดูที่ความลึกจากผิวดินเดิมลงไปประมาณ 1.5 ม. การสังเกตชนิดของดินรองรับฐานคอนกรีตเป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานเท่านั้น การทดสอบการรับน้ำหนักของดินจึงเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับขนาดความกว้างของฐานสี่เหลี่ยมด้านล่างกว้าง 2.75 ม. ยาว 2.75 ม. และด้านบนทรงกระบอกสำหรับรองรับหอถังมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.50 ม.

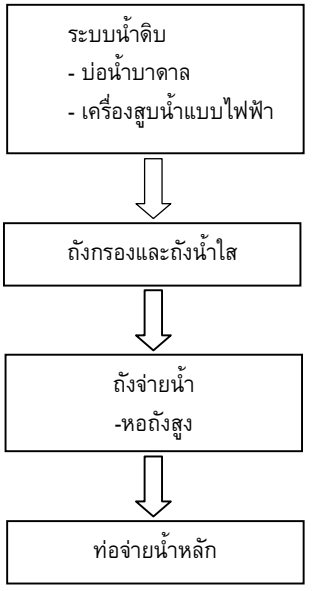
ส่วนฐานหอถังขนาด 20 ลบ.ม. กำหนดไว้ 2 แบบ เช่นกัน คือ

(1) แบบไม่มีเสาเข็มในพื้นที่หินแข็งอยู่ตื้น หรือพื้นผิวทรายเนื้อแน่นที่สามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 8,000 กก./ตร.ม.

(2) แบบมีเสาเข็ม ถ้าพื้นที่หินแข็งอยู่ลึก หรือพื้นผิวดินอ่อนสามารถรับน้ำหนักได้น้อยกว่า 8,000 กก/ตร.ม.

9.2 ระบบประปาบาดาลของทรัพยากรน้ำ

ระบบประปาบาดาลของทรัพยากรน้ำแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 องค์ประกอบแบบมาตรฐานของระบบประปาบาดาล (กรมทรัพยากรน้ำ, 2546)

9.3 รูปแบบถังเก็บน้ำของหน่วยงานต่างๆ

9.3.1 หอถังเหล็กแบบทรงกลมขอบเหลี่ยม

เป็นระบบประปาชนบทตามแบบกรมทรัพยากรธรณี (เดิม) ด้านบนเป็นรูปทรงกลมขอบเหลี่ยม บรรจุน้ำภายในตลอดตั้งแต่ฐานปริมาตร 12 ลบ.ม. (รูปที่ 3)

9.3.2 หอถังเหล็กรูปทรงแชมเปญ

เป็นระบบประปาชนบทตามแบบกรมทรัพยากรธรณี (เดิม) และกรมเร่งรัดพัฒนาชนบท (เดิม) ด้านบนเป็นรูปทรงแชมเปญรองรับด้วยรูปทรงกระบอกกลวงเชื่อมติดกัน บรรจุน้ำภายในตลอดตั้งแต่ฐาน ปริมาตร 20 ลบ.ม. (รูปที่ 4)

9.3.3 ถังบรรจุน้ำติดตั้งบนโครงเหล็ก

ถังบรรจุน้ำติดตั้งบนโครงเหล็กเป็นรูปแบบหอถังเก็บน้ำตามแบบกรมโยธาธิการ (เดิม) ติดตั้งถังเก็บน้ำจำนวน 4 ถัง บนโครงเหล็กความจุรวม 8 และ 10 ลบ.ม. (รูปที่ 5)

9.3.4 ถังคอนกรีตเสริมเหล็ก

ถังคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นรูปแบบถังเก็บน้ำของระบบประปาชนบทของกรมโยธาธิการ (เดิม) และกรมอนามัย (เดิม) มีขนาดความจุน้ำตั้งแต่ 10 - 30 ลบ.ม. (รูปที่ 6)

10. การออกแบบก่อสร้างระบบประปาบาดาล

หลักการออกแบบก่อสร้างระบบประปาบาดาลประกอบด้วย

10.1 กำหนดขนาดของระบบประปาบาดาล

การกำหนดขนาดของระบบประปาบาดาลมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาประกอบด้วย ศักยภาพแหล่งน้ำดิบซึ่งเป็นบ่อบาดาล จำนวนประชาชนผู้ใช้น้ำ หรือจำนวนหลังคาเรือน สภาพและขนาดของพื้นที่ที่จะก่อสร้างระบบประปาบาดาล และการกระจายของตำแหน่งหลังคาเรือน

10.2 กำหนดขนาดและรูปแบบของเครื่องอุปกรณ์ระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล

การกำหนดชนิดของรูปแบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำควรมีข้อมูล ด้านคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำดิบ แร่ธาตุสำคัญที่ควรกำจัดออก เช่น เหล็กและแมงกานีส ความกระด้าง ความกร่อย และฟลูออไรด์

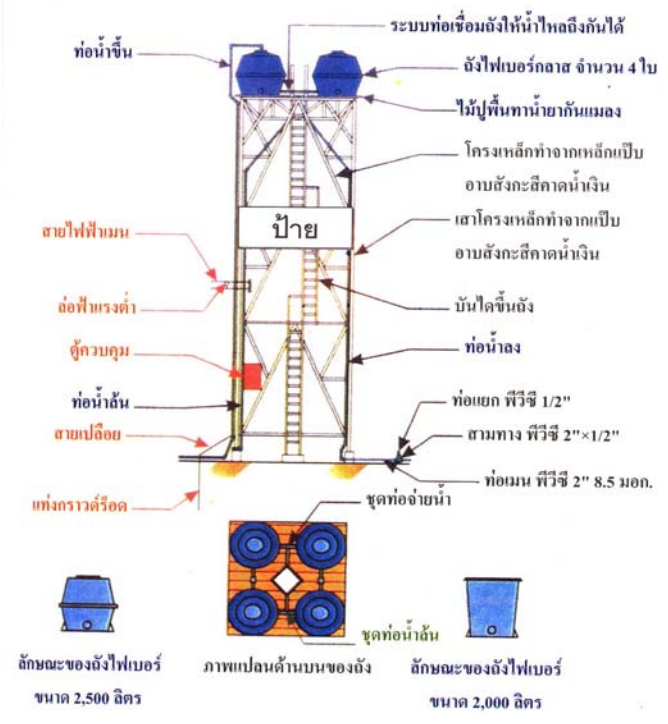
10.3 ตรวจสอบสภาพของชั้นดินที่จะก่อสร้างระบบประปา

การตรวจสอบสภาพของชั้นดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งจุดที่จะก่อสร้างถังเก็บน้ำทั้งนี้เพื่อออกแบบฐานหอถัง ซึ่งมีทั้งแบบไม่ต้องตอกเสาเข็มและตอกเสาเข็ม

รูปที่ 3 หอถังเหล็กแบบทรงกลมขอบเหลี่ยม
(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551)

รูปที่ 4 หอถังเหล็กรูปทรงแชมเปญ
(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551)

รูปที่ 5 หอถังเก็บน้ำตามแบบกรมโยธาธิการ (กรมโยธาธิการ, 2536)



รูปที่ 6 ถังบรรจุน้ำติดตั้งบนโครงเหล็ก (กรมโยธาธิการ, 2536)

10.4 การกำหนดชนิดขนาดรูปแบบและความสูงของหอถังเก็บน้ำ

การกำหนดชนิดขนาดรูปแบบและความสูงของถังเก็บน้ำมีสิ่งที่ต้องพิจารณาดังนี้

(1) ชนิดของหอถังเก็บน้ำมีที่ทำด้วยแม่เหล็ก ไฟเบอร์กลาส หรือถังคอนกรีต (รูปที่ 7) การเลือกชนิดของหอถังขึ้นอยู่กับงบประมาณและความนิยมของผู้เป็นเจ้าของ

(2) ขนาดของถังน้ำขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรที่ใช้หอปริมาณน้ำจากบ่อน้ำบาดาลที่สามารถสูงขึ้นมาใช้ได้

(3) ความสูงของถังเก็บน้ำขึ้นอยู่กับความสูงของจุดจ่ายน้ำ และระยะเวลาจากหอถังน้ำถึงจุดจ่ายน้ำ

10.5 การออกแบบระบบส่งน้ำ

ระบบส่งน้ำ คือ การจ่ายน้ำจากหอถังเก็บน้ำหรือถังกรองน้ำไปยังผู้ใช้น้ำ การออกแบบระบบส่งน้ำ ต้องพิจารณาปัจจัยดังต่อไปนี้

(1) ขนาดของระบบประปาบาดาล ถ้าเป็นระบบประปาขนาดเล็ก สามารถใช้ท่อพีวีซี ขนาด 55 มม.

(2) ความยาวของท่อส่งน้ำขึ้นอยู่กับความสูงของถังเก็บน้ำ และปริมาณน้ำที่ส่งไปยังจุดจ่ายน้ำ

11. รายละเอียดการออกแบบก่อสร้าง

11.1 สำรวจสถานที่ก่อสร้างระบบประปาบาดาล

สถานที่ก่อสร้างต้องมีขนาดพื้นที่เพียงพอที่จะก่อสร้างระบบประปา

11.2 ตรวจสอบสภาพของแหล่งน้ำดิบ

แหล่งน้ำดิบ คือ บ่อน้ำบาดาลและปริมาณน้ำที่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้ และจำนวนครอบครัวที่ใช้น้ำเพื่อกำหนดขนาดของระบบประปาบ่อน้ำบาดาล ถ้าบ่อน้ำบาดาลเก่า ควรทำการเป่าล้างทำความสะอาดและทดสอบปริมาณน้ำที่สมควรสูบขึ้นมาใช้ แต่ถ้ายังไม่มีบ่อน้ำบาดาล ต้องดำเนินเจาะบ่อน้ำบาดาลก่อนที่จะออกแบบก่อสร้างระบบประปาบาดาล

11.3 กำหนดขนาดของเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำควรเป็นเครื่องสูบแบบจุ่มใต้น้ำ (submersible pump) สามารถสูบน้ำได้ในปริมาณที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำของบ่อที่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้ การเลือกขนาดของเครื่องสูบว่าจะใช้แบบใดต้องพิจารณาจากความสูงของน้ำที่จะส่ง เครื่องสูบแบบจุ่มใต้น้ำ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนเครื่องสูบ มีทั้งใช้ระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส หรือ 380 โวลต์ 3 เฟส พร้อมทั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบ

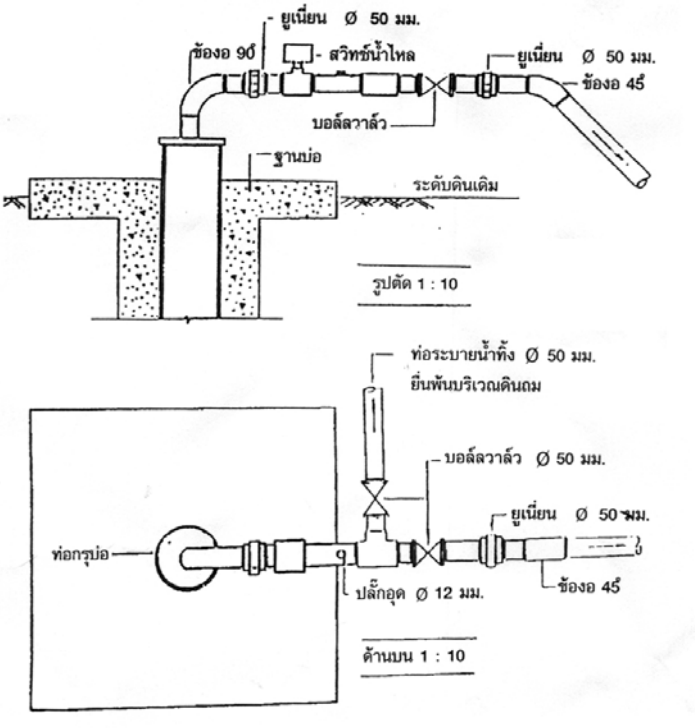
11.4 ชุดประตูน้ำปากบ่อน้ำบาดาล

ชุดประตูน้ำปากบ่อน้ำบาดาลซึ่งต่อจากแผ่นเหล็กรับเครื่องสูบน้ำประกอบด้วย ข้องอ 90° ยูเนียนสองตัวประตูน้ำชนิดของน้ำไหลกลับ ข้อต่อสามทางประตูน้ำแบบบอลล์ ท่อระบายน้ำทิ้ง ข้อต่อสั้น ข้องอ 45° อุปกรณ์ดังกล่าวซึ่งจะมีขนาด 50 มม. หรือตามความเหมาะสม ขนาดของระบบประปาบาดาล และชุดประตูน้ำจะต้องมีสวิทซ์น้ำไหล (flow switch) เพื่อทำหน้าที่ตรวจวัดสภาพการไหลของน้ำ ถ้าน้ำบาดาลไม่ไหลขึ้นมาจากบ่อน้ำบาดาล สวิทซ์จะตัดวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มอเตอร์หยุดทำงาน (รูปที่ 8)

11.5 โรงสูบน้ำ

ระบบประปาบาดาลที่ได้มาตรฐานควรมีโรงสูบน้ำจำนวน 1 หลัง ขนาด 2.50 x 2.50 ตร.ม. ถึง 3.50 x 3.50 ตร.ม. หลังคาเป็นกระเบื้องหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม

รูปที่ 7 ถังคอนกรีตเสริมเหล็ก (กรมอนามัย, 2536)



รูปที่ 8 ชุดประตูน้ำปากบ่อ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551)

11.6 ระบบจ่ายน้ำ

การจ่ายน้ำสู่ท่อหลักมี 2 ระบบคือ (1) ใช้หอถังสูงซึ่งอาจทำด้วยเหล็ก คอนกรีตเสริมเหล็กหรือไฟเบอร์กลาส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม และความต้องการของผู้ใช้ และ (2) ใช้เครื่องสูบแบบแรงดันประกอบกับถังอัดความดัน การเลือกใช้ชนิดและขนาดของหอถังสูง ขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการน้ำที่จะใช้ส่วนความสูงหอถังน้ำ ขึ้นอยู่กับระยะทางจากหอถังถึงผู้ใช้น้ำและความแตกต่างของความสูงหอถังและจุดจ่ายน้ำ

11.7 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลเป็นระบบที่สำคัญระบบหนึ่งเพราะคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ต้องสะอาดได้มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 หรือตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก (WHO) ปัญหาคุณภาพน้ำบาดาลส่วนใหญ่จะมาจากน้ำบาดาลที่มีปริมาณเหล็กสูงกว่ามาตรฐานและยังมีแร่ธาตุอื่นๆ ต้องปรับปรุงคุณภาพก่อนนำไปใช้ เช่น ความกระด้าง ความเค็ม หรือฟลูออไรด์

11.7.1 การกำจัดสนิมเหล็ก

การกำจัดสนิมเหล็กมี 2 วิธีคือระบบถังกรองแบบกรองเร็ว (rapid sand filter) และถังกรองสนิมเหล็กระบบกรองช้า (slow sand filter)"

(1) ถังกรองสนิมเหล็กแบบกรองเร็ว (รูปที่ 9 และ 10) ขนาดของเครื่องกำจัดสนิมเหล็ก ตามของ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล มีรูปเป็นแบบทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.15 ม. สูง 1.20 ม. ระบบกรองแบบใช้แรงดันสามารถล้าง (back wash) ตัวถังที่ควบคุมประตูน้ำทำหน้าที่ขจัดเหล็กและตะกอนต่างๆ จากบ่อน้ำบาดาล ความสามารถในการกรองไม่น้อยกว่า 7 ลบ.ม./ชม. ภายในบรรจุวัสดุ เช่น กรวด ทราย และถ่านโค้ก และมีช่องเติมวัสดุกรองสำหรับเปลี่ยนวัสดุกรอง ภายนอกติดตั้งอุปกรณ์ของประตูน้ำแบบบอลวาล์ว (ball valve)

(2) ถังกรองสนิมเหล็กระบบกรองช้า (slow sand filter) เป็นถังกรองที่ติดตั้งชั้นกระจายน้ำบนถังกรองที่เป็นถาดทำจากอลูมิเนียม ภายในถาดบรรจุถ่านไม้ และถังกรองบรรจุกรวดทรายเป็นชั้นๆ จากล่างถึงบนตามลำดับเพื่อกรองสนิมเหล็กหรือตะกอนดินทรายออกจากน้ำบาดาล (รูปที่ 11)

11.7.2 หลักการกำจัดสารละลายทางเคมี

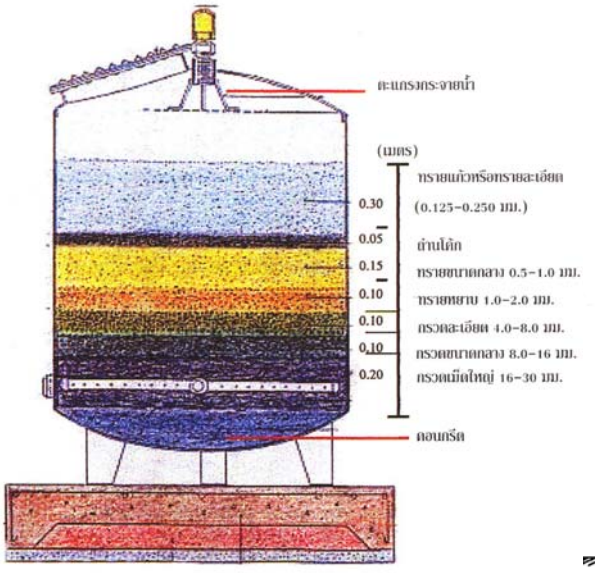
การกำจัดสารละลายทางเคมีในน้ำบาดาลแต่ละชนิดมีกำวิธีแตกต่างกัน ดังนี้

(1) การกำจัดเหล็กและแมงกานีส ที่นิยมใช้มี 2 วิธีคือ

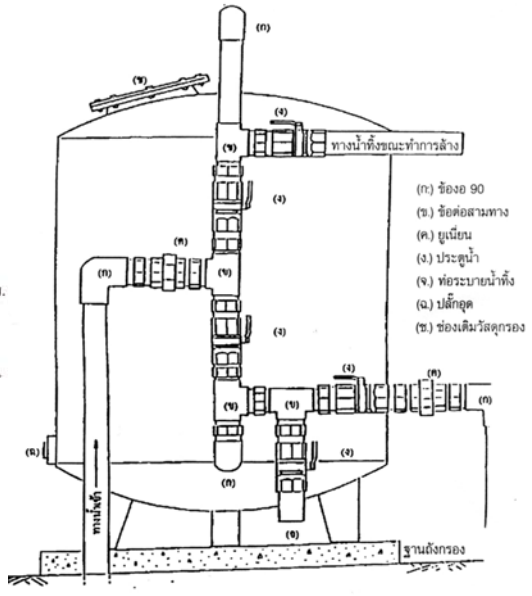
(1.1) ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจากการเปลี่ยนเหล็กที่มีประจุบวก 2 และแมงกานีสที่มีประจุบวก 2 ให้เป็นเหล็กที่มีประจุบวก 3 และแมงกานีสที่มีประจุบวก 4 ซึ่งตกผลึกได้ง่ายกว่า ตัวออกซิไดซ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ ออกซิเจนคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ โซเดียมไฮโพคลอไรด์ หรือด่างทับทิม ปกติใช้ออกซิเจนก่อนเพราะมีอยู่ในอากาศ หรือเรียกว่าวิธีเติมอากาศถ้าใช้ออกซิเจนแล้วยังไม่ได้ผลเท่าที่ควร ก็จำเป็นต้องใช้ตัวออกซิไดซ์ตัวอื่น เพื่อให้เกิดตะกอนสมบูรณ์ขึ้น แล้วจึงผ่านถังกรองเพื่อกรองตะกอนออกเครื่องกรอง อาจใช้ความดันหรือแบบธรรมดาที่มีสารกรองทรายอย่างเดียว

(1.2) วิธีใช้สารกรองซีโอไลต์ (zeolite) ได้แก่ แมงกานีสกรีนแซนด์ (maganese green sand) และแมงกานีสซีโอไลต์ (manganese zeolite)

- แมงกานีสกรีนแซนด์ มีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาลดำมีแมงกานีสไดออกไซด์เคลือบผิวเม็ดทรายทำให้มีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นให้เร็วขึ้นเมื่อมีการเติมคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ โซเดียมไฮโพคลอไรต์ ออกซิเจน หรือด่างทับทิม



รูปที่ 9 อุปกรณ์ภายในของถังกรองสนิมเหล็ก
(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551)



รูปที่ 10 อุปกรณ์ภายนอกของถังกรองสนิมเหล็ก
(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551)

รูปที่ 11 ถังกรองสนิมเหล็กระบบกรองช้า (รพช, 2540)

ใช้เวลาเพียง 5 - 10 วินาทีทำให้เหล็กและแมงกานีสตกตะกอน ซึ่งติดค้างอยู่ในสารกรองได้ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองด้วย เมื่อใช้เครื่องกรองไปนานๆ หรือไม่สามารถใช้งานได้ดีต้องทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพของสารกรอง (regeneration) ด้วยสารละลายด่างทับทิมใช้เวลาประมาณ 1 - 2 ชม. ซึ่งใช้ในระบบความดันปิดได้

- แมงกานีสซีโอไลต์เป็นสารสีม่วงดำสามารถนำมาใช้ในระบบความดันปิดที่ไม่มีอากาศได้ ต้องเติมคลอรีนและด่างทับทิมเพื่อให้เกิดการตกตะกอนและการฟื้นฟูสภาพก่อนผ่านสารกรอง ระบบนี้มีราคาสูงกว่าระบบแมงกานีสกรีนแซนด์แต่มีระบบการใช้งานที่ง่ายกว่า การใช้งานที่นาน และถูกกว่า

(2) การกำจัดความกระด้าง

การกำจัดความกระด้างเป็นการกำจัดสารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายน้ำ วิธีที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันได้แก่ วิธีแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange resin) ซึ่งใช้สารอินทรีย์พอลิเมอร์ที่เรียกว่า เรซิน เรซินที่นำมาใช้กำจัดความกระด้างเป็นชนิดประจุบวก-กรดแก่ (strong acid cation) ใช้ไอออนบวก (Na^+) ของตัวเองแลกกับไอออนบวกของน้ำที่ต้องการปรับปรุงคุณภาพ (Ca^{2+}) กระบวนการกำจัดความกระด้าง (softening process) โดยปล่อยน้ำที่ต้องการกำจัดความกระด้างผ่านถังเรซิน เรซินจะจับ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ไว้ แล้วปล่อยน้ำที่มีเกลือโซเดียมออกมาเป็นน้ำอ่อนซึ่งนำไปใช้ได้ เมื่อเรซินถูกใช้จนหมดประสิทธิภาพแล้วจะปล่อยน้ำเข้าไปล้างย้อนกลับ แล้วผ่านน้ำเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้าไปเพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพของเรซิน ต่อจากนั้นจะปล่อยน้ำเข้าไปล้างน้ำเกลือออกและนำมาใช้งานได้ต่อไป น้ำที่จะกำจัดความกระด้างต้องใส เพราะเรซินไม่มีคุณสมบัติเป็นสารกรอง ถ้าน้ำบาดาลมีเหล็กและความขุ่นสูง ต้องผ่านการกำจัดให้ใสก่อน มิฉะนั้นจะทำให้เรซินเสื่อมคุณภาพจนไม่สามารถใช้งานได้ สำหรับวิธีต้มสามารถกำจัดความกระด้างชั่วคราวซึ่งโดยมากใช้ในครัวเรือนเท่านั้น

(3) การกำจัดความกร่อยหรือความเค็มและสารละลายน้ำอื่นๆ

ความกร่อยหรือความเค็ม หรือสารละลายน้ำอื่นๆ นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถกำจัดได้โดยวิธีดังนี้ คือ

(3.1) วิธีแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) เหมาะสำหรับน้ำที่มีสารละลายทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolve Solids, TDS) น้อยกว่า 700 ส่วนในล้านส่วน (มก./ล. หรือ มก./ล.) วิธีนี้ใช้เรซินสังเคราะห์ซึ่งสามารถกำจัดพวกไอออนประจุบวกน้ำ เช่น แคดเมียม (Cd^{2+}) สังกะสี (Zn^{2+}) ทองแดง (Cu^{2+}) แบเรียม (Ba^{2+}) และไอออนประจุลบ เช่น ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ไนเตรต (NO_3^-) ให้มีคุณสมบัติในการกำจัดไอออนทั้งประจุบวกและประจุลบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น น้ำที่ถูกกำจัดทั้งสารประจุบวกและประจุลบโดยใช้เรซินแล้วจะเป็นน้ำที่มีไอออนละลายอยู่น้อยเรียกว่าน้ำขจัดไอออนแล้วซึ่งเหมาะที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องการใช้น้ำที่มีความบริสุทธิ์มาก

(3.2) วิธีรีเวอร์สออสโมซิส (reverse osmosis) เหมาะสำหรับน้ำที่มี TDS มากกว่า 700 มก./ล. รีเวอร์สออสโมซิสเป็นการใช้แรงดันน้ำที่มีสารละลายเข้มข้นผ่านเยื่อสังเคราะห์แบบพิเศษ (semi-permeable membrane) เพื่อแยกน้ำออกจากสารละลายเข้มข้น ซึ่งสามารถกำจัดความกร่อยหรือความเค็มและลดปริมาณของสารละลายในน้ำต่างๆ ออกได้ นอกจากลดความกระด้าง ลดปริมาณฟลูออไรด์ หรือกำจัดโลหะที่เป็นพิษ สารอินทรีย์ จุลินทรีย์ และไวรัส

11.8 ถังพักน้ำใส

ระบบประปาบาดาลมี 2 ระบบ คือ มีถังพักน้ำใสและแบบไม่มีถังพักน้ำใส กรณีที่มีถังพักน้ำใส น้ำบาดาลจากบ่อถูกสูบเข้าถังกรองหรือถังปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล จากนั้นเข้าสู่ถังพักน้ำใส และสูบขึ้นสู่หอถังเก็บน้ำบาดาล ตามลำดับ ส่วนกรณีที่ไม่มีถังพักน้ำใส น้ำบาดาลจากบ่อถูกสูบขึ้นหอถัง จากนั้นถูกปล่อยให้เข้าสู่ถังกรองสนิมเหล็ก และเข้าสู่ท่อจ่ายน้ำหลัก ตามลำดับ

11.9 ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค

ระบบประปาบาดาลปัจจุบันได้เพิ่มระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยน้ำยาคลอรีนก่อนนำไปใช้เช่นเดียวกับระบบประปาของการประปานครหลวง

11.10 ระบบท่อจ่ายน้ำ

การขุดคูวางท่อต้องมีความกว้างให้เหมาะสมกับขนาดของท่อและสะดวกในการติดตั้ง ด้านข้างของคูต้องพยายามให้เป็นแนวดิ่งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ท้องคูต้องได้ระดับระยะสม่ำเสมอถ้ามีน้ำขังอยู่ในคูต้องทำให้แห้งเสียก่อน หากดินมีลักษณะอ่อนให้ใส่ทรายหยาบหนาประมาณ 10 เซนติเมตร (ซม.) เกลี่ยให้ทั่วกัน

ความลึกของร่องหรือคูไม่น้อยกว่า 40 ซม. ระบบท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 - 100 มิลลิเมตร (มม.) สำหรับท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 - 150 มม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อไม่น้อยกว่า 80 ซม.

12. งบประมาณการก่อสร้างระบบประปาบาดาล

งบประมาณการก่อสร้างระบบประปาบาดาลแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่

12.1 ระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดเล็ก งบประมาณการก่อสร้างประมาณ 1 ล้านบาท (ตารางที่ 1)

12.2 ระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดกลาง งบประมาณการก่อสร้างประมาณ 1.5 ล้านบาท (ตารางที่ 2)

12.3 ระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดใหญ่ งบประมาณการก่อสร้างประมาณ 2.3 ล้านบาท (ตารางที่ 3)

12.4 ระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดใหญ่มาก งบประมาณการก่อสร้างประมาณ 3.5 ล้านบาท (ตารางที่ 4)

13. การปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาบาดาลสำหรับดื่ม

13.1 องค์ประกอบของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาบาดาลสำหรับดื่ม

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลให้เป็นน้ำดื่มตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลกที่มีอัตราการผลิต 500-1,000 ลิตร/ชั่วโมง (ล./ชม.) ปรับปรุงโดยใช้ระบบแลกเปลี่ยนไอออน น้ำดิบต้องมีค่า TDS ต่ำกว่า 1,000 มก./ล. มีค่าความกระด้างทั้งหมด (total hardness) ต่ำกว่า 300 มก./ล. องค์ประกอบของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำตามแบบของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2548) แสดงในรูปที่ 12 มีรายละเอียดดังนี้

13.1.1 ถังบรรจุน้ำดื่ม

ถังบรรจุน้ำดื่มแสตนเลส ขนาด 3,000 ล.

13.1.2 เครื่องสูบน้ำสำหรับสูบน้ำเข้าเครื่องกรอง

เครื่องสูบน้ำเป็นแบบเครื่องสูบหอยโข่ง ตัวเครื่องสูบน้ำ ใบพัด กะพ้อรีดน้ำ และเพลาส่วนที่สัมผัสกับน้ำทำด้วยเหล็กสแตนเลส 316 ระบบป้องกันการรั่วซึมมีหน้าสัมผัสเป็นคาร์บอนและเซรามิค สูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า 3.6 ลบ.ม./ชม. แรงดันส่งรวม 26 ม. ความเร็วไม่เกิน 2,900 - 3,000 รอบ/นาที มีจำนวนใบพัดไม่น้อยกว่า 4 ใบ มอเตอร์เป็นแบบ F IP 55 หรือดีกว่า ขนาดไม่เกิน 550 วัตต์ ใช้กับไฟเฟสเดียว 220 V/50 Hz มอเตอร์ต่อกับเครื่องสูบแบบระบบปิด

ตารางที่ 1 รายการก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดเล็ก

รายการสิ่งก่อสร้าง	ราคาโดยประมาณ (บาท)*
1. โรงสูบน้ำ	70,000
2. ระบบกรองน้ำบาดาล 2.5 ลบ.ม/ชม. ตอนล่างเป็นถังน้ำใส ขนาด 10 ลบ.ม. (ตอกเสาเข็ม)	203,000
3. หอถังสูงขนาด 10 ลบ.ม. (ตอกเสาเข็ม)	270,000
4. เครื่องสูบน้ำบาดาลพร้อมอุปกรณ์ควบคุม จำนวน 1 ชุด	28,000
5. เครื่องสูบน้ำดิบพร้อมอุปกรณ์ควบคุม จำนวน 1 ชุด	22,000
6. ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค	15,000
7. ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ระบบไฟฟ้า ท่อส่งน้ำดิบ การประสานข้อต่อต่างๆ รางระบายน้ำ รั้วและป้ายการประปา	202,000
8. รวมราคาสิ่งก่อสร้างแบบผลิต	810,000
9. ท่อเมนจ่ายน้ำยาว 2,000 ม.	190,000
รวมราคาทั้งโครงการ	1,000,000

หมายเหตุ * ราคานี้จะเปลี่ยนแปลงตามความเปลี่ยนแปลงของค่าแรงและวัสดุก่อสร้าง (จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2549)

ตารางที่ 2 รายการก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดกลาง

รายการสิ่งก่อสร้าง	ราคาโดยประมาณ (บาท) *
1. โรงสูบน้ำ	70,000
2. ระบบกรองน้ำบาดาล 7 ลบ.ม/ชม. (ตอกเสาเข็ม)	168,000
3. ถังน้ำใส ขนาด 15 ลบ.ม. (ตอกเสาเข็ม)	143,000
4. หอถังสูงขนาด 15 ลบ.ม. (ตอกเสาเข็ม)	417,000
4. เครื่องสูบน้ำบาดาลพร้อมอุปกรณ์ควบคุม จำนวน 1 ชุด	35,000
5. เครื่องสูบน้ำดิบพร้อมอุปกรณ์ควบคุม จำนวน 2 ชุด	49,000
6. ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค	15,000
7. ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ระบบไฟฟ้า ท่อส่งน้ำดิบ การประสานข้อต่อต่างๆ รางระบายน้ำ รั้วและป้ายการประปา	348,000
8. รวมราคาสิ่งก่อสร้างแบบผลิต	1,245,000
9. ท่อเมนจ่ายน้ำยาว 2,000 ม.	225,000
รวมราคาทั้งโครงการ	1,500,000

หมายเหตุ * ราคานี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามค่าแรงและค่าวัสดุก่อสร้าง (จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2549)

ตารางที่ 3 รายการก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดใหญ่

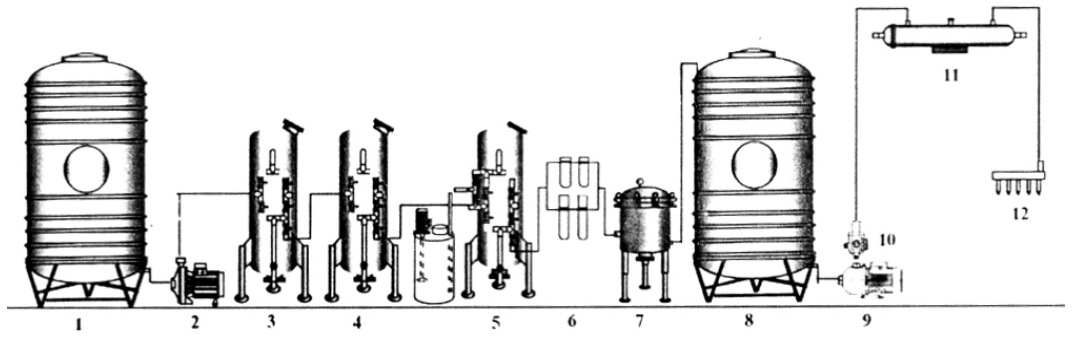
รายการสิ่งก่อสร้าง	ราคาโดยประมาณ (บาท)*
1. โรงสูบน้ำ	96,000
2. ระบบกรองน้ำบาดาล 10 ลบ.ม./ชม. (ตอกเสาเข็ม)	190,000
3. ถังน้ำใส ขนาด 100 ลบ.ม. (ตอกเสาเข็ม)	440,000
4. หอถังสูงขนาด 30 ลบ.ม. (ตอกเสาเข็ม)	560,000
5. เครื่องสูบน้ำบาดาลพร้อมอุปกรณ์ควบคุม จำนวน 1 ชุด	47,000
6. เครื่องสูบน้ำดิบพร้อมอุปกรณ์ควบคุม จำนวน 2 ชุด	69,000
7. ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค	15,000
8. ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ระบบไฟฟ้า ท่อส่งน้ำดิบ การประสานข้อต่อต่างๆ รางระบายน้ำ รั้วและป้ายการประปา	340,000
9. รวมราคาสิ่งก่อสร้างแบบผลิต	1,750,000
10. ท่อเมนจ่ายน้ำยาว 2,000 ม.	550,000
รวมราคาทั้งโครงการ	2,300,000

หมายเหตุ * ราคานี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามค่าแรงและค่าวัสดุก่อสร้าง (จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2549)

ตารางที่ 4 รายการก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านแบบบาดาลขนาดใหญ่มาก

รายการสิ่งก่อสร้าง	ราคาโดยประมาณ
1. โรงสูบน้ำ	96,000
2. ระบบกรองน้ำบาดาล 10 ลบ.ม./ชม. (ตอกเสาเข็ม) ตอนล่างเป็น ถังน้ำใส ขนาด 100 ลบ.ม. (ตอกเสาเข็ม)	850,000
4. หอถังสูงขนาด 45 ลบ.ม. (ตอกเสาเข็ม)	710,000
5. เครื่องสูบน้ำบาดาลพร้อมอุปกรณ์ควบคุม จำนวน 1 ชุด	74,000
6. เครื่องสูบน้ำดิบพร้อมอุปกรณ์ควบคุม จำนวน 2 ชุด	94,000
7. ระบบจ่ายน้ำยาคลอรีนฆ่าเชื้อโรค	15,000
8. ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ระบบไฟฟ้า ท่อส่งน้ำดิบ การประสานข้อต่อต่างๆ รางระบายน้ำ รั้วและป้ายการประปา	511,000
9. รวมราคาสิ่งก่อสร้างแบบผลิต	2,350,000
10. ท่อเมนจ่ายน้ำยาว 2,000 ม.	1,150,000
รวมราคาทั้งโครงการ	3,500,000

หมายเหตุ * ราคานี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามค่าแรงและค่าวัสดุก่อสร้าง (จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2549)



1. ถังเก็บน้ำสแตนเลส ขนาด 3,000 ลิตร
2. เครื่องสูบน้ำเข้าเครื่อง ขนาด 550 วัตต์
3. ถังกรอง Anthracite และ Manganese
4. ถังกรอง Carbon
5. ถังกรอง Resin พร้อมถังบรรจุน้ำเกลือและมอเตอร์กวน
6. ระบบกรองหยาบ 5 ไมครอน 2 ชุด
7. ระบบกรองละเอียด ขนาด 0.3 ไมครอน
8. ถังเก็บน้ำสแตนเลส ขนาด 3,000 ลิตร
9. เครื่องสูบน้ำเข้าเครื่องบรรจุ ขนาด 300 วัตต์
10. ชุดควบคุมอัตโนมัติ
11. เครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเลต (UV)
12. หัวบรรจุขวด 20 หัว

รูปที่ 12 ระบบแลกเปลี่ยนไอออน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

13.1.3 ถังกรองน้ำบาดาล

ถังกรองน้ำบาดาลมีหลายประเภท ได้แก่ ถังกรองถ่านแอนทราไซท์และแมงกานีส (anthracite and manganese) ถังกรองถ่านกัมมันต์ (activated carbon) และถังกรองเรซิน (resin) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

13.1.6 ระบบกรองหยาบ

ระบบกรองหยาบ จำนวน 4 ตัว ประกอบด้วย

- ตัวเครื่องทำด้วยพอลิโพรไพลีน
- ไส้กรองขนาด 5 ไมครอน 2 ชุด
- ไส้กรองขนาด 20 ไมครอน 2 ชุด
- ตัวกรองหยาบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.25 ซม. และยาว 50 ซม.
- ขนาดท่อน้ำเข้า-ออก 1.87 ซม.
- ปุ่มปรับระบายอากาศ

13.1.7 ระบบกรองละเอียด

- ตัวเครื่องเป็นแสตนเลส เกรด 304 ทรงกระบอกแบบรับแรงดัน มีตัวล็อกระหว่างตัวถังและฝาแบบเกลียวติดบานพับพร้อมสปริง
- ตัวกรองละเอียดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 ซม. หนา 2 มม. และสูงรวมทั้งหมด 97 ซม.
- ขนาดท่อน้ำเข้า-ออก 3.75 ซม.
- สามารถกรองน้ำได้ 3,000 ล./ชม.
- ไส้กรองแบบเซรามิคกรองได้ละเอียด 0.3 ไมครอน จำนวน 20 ชุด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 23.75 ซม.
- ฝาครอบไส้กรองเป็นแบบใช้ยางโอริงคู่การใส่และถอดไส้ให้กดเข้าและดึงออกจากตัวเครื่องเพื่อสะดวกในการทำความสะอาดไส้กรอง
- มาตรวัดแรงดันน้ำและวาล์วระบายอากาศ

ตารางที่ 5 ประเภทและคุณสมบัติของถังกรองคุณภาพน้ำบาดาล

ประเภทและคุณสมบัติของถังกรอง	ถังกรองถ่านแอนทราไซท์และแมงกานีส	ถังกรองถ่านกัมมันต์	ถังกรองเรซิน
(1) ความสามารถในการกรอง	กรองสนิมเหล็ก ความขุ่น ตะกอนแขวนลอย และโลหะหนัก	กรองกลิ่น รส ที่เกิดจากสารอินทรีย์ในน้ำ	กำจัดความกระด้าง ($CaCO_3$ และ $MgCO_3$)
(2) ปริมาณของสารกรอง	60 - 70 % ของปริมาตรถังกรอง	60 - 70 % ของปริมาตรถังกรอง	60 % ของปริมาตรถังกรอง
(3) รูปแบบถัง	รูปทรงกระบอก	-	-
(3.1) ชนิดของถังกรอง	แสตนเลส เกรด 304 (ภายในทาสีรองพื้น 2 ชั้น และทาทับด้วยสีอีพ็อกซี่)	-	พอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE บรรจุน้ำเกลือ 100 ลิตร)
(3.2) เส้นผ่าศูนย์กลาง (Ø) (3.3) ความหนา (3.4) ความสูงเฉพาะตัวไม่รวมขา (ความสูงทั้งหมด)	50 ซม. 2.0 มม. 150 ซม. (185 ซม.)	50 ซม. 2.0 มม. 150 ซม. (185 ซม.)	50 ซม. 2.0 มม. 150 ซม. (185 ซม.)
(4) เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อน้ำเข้า-ออก(ท่อพีวีซี)	3.81 ซม.	3.81 ซม.	3.75 ซม.
(5) เส้นผ่าศูนย์กลางของวาล์วพีวีซี	3.81 ซม.	3.81 ซม.	3.75 ซม.
(6) ความสามารถทนแรงดัน	70 ปอนด์/ตารางนิ้ว	70 ปอนด์/ตารางนิ้ว	70 ปอนด์/ตารางนิ้ว
(7) อุปกรณ์ประกอบ			
(7.1) มาตรวัดแรงดัน	1 ชุด	1 ชุด	1 ชุด
(7.2) ก๊อกเก็บตัวอย่างน้ำ	1 ชุด	1 ชุด	1 ชุด
(7.3) อื่นๆ	-	-	- มอเตอร์กวน แบบ TEFC ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ ความเร็วรอบไม่เกิน 1,500 รอบต่อนาที - เพลาและใบกวนแสตนเลส เกรด 304 เพลาขนาด19 มม. ใบกวนขนาด 125 มม. ความยาวทั้งหมด 450 มม. เคลือบด้วยพีอี - หัวฉีดน้ำเกลือขนาด 1.87 ซม. 1 ชุด

ตารางที่ 5 ประเภทและคุณสมบัติของถังกรองคุณภาพน้ำบาดาล (ต่อ)

ประเภทและคุณสมบัติของถังกรอง	ถังกรองถ่านแอนทราไซท์และแมงกานีส	ถังกรองถ่านกัมมันต์	ถังกรองเรซิน
(8) คุณสมบัติของสารกรอง	แอนทราไซท์ - ขนาด 0.8 - 2.0 มม. - fixed carbon 92 - 98 % - ความแข็ง 3 ตามสเกลของโมส์ แมงกานีส - ขนาด 0.8 - 2.0 มม. - ความเป็นกรด-ด่าง 6.2-8.5 - ความถ่วงจำเพาะ 2.4-2.5	ถ่านกัมมันต์ - ขนาด 0.6 - 2.36 มม. - ความกระด้าง > 98 % - ค่าไอโอดีน 1,100 มก./ก. (มก.ของไอโอดีนต่อถ่านกัมมันต์ 1 กรัม) - ความเป็นกรด-ด่าง 9 - 11	เรซิน - ขนาด 16 - 55 เมช (mesh) - ความสามารถในการจับอิออน 1.9 meq/ml - เรซินเป็นชนิดประจุบวก-กรดแก่

13.1.8 เครื่องสูบน้ำเข้าเครื่องบรรจุ

เครื่องสูบน้ำอัตโนมัติสำหรับสูบน้ำเข้าเครื่องบรรจุเป็นเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง เครื่องสูบน้ำใบพัด ใบรีดน้ำ และเพลาส่วนที่สัมผัสกับน้ำทำด้วยเหล็กแสตนเลส เกรด 316 มีระบบป้องกันการรั่วซึมเป็นแบบปิดแน่น จึงมีหน้าสัมผัสถ่านและเซรามิค สูบน้ำได้มากกว่า 3 ลบ.ม./ชม.ที่แรงดันส่ง 11 ม. ความเร็ว 2,900 - 3,000 รอบ/นาที มีจำนวนใบพัดไม่น้อยกว่า 2 ใบ มอเตอร์เป็นแบบ F IP 55 หรือดีกว่า ขนาดของมอเตอร์ต้องไม่เกิน 300 วัตต์ ใช้กับไฟฟ้าเฟสเดียว 220 V/50 Hz มอเตอร์ต่อกับปั๊มแบบระบบปิด

13.1.9 ชุดควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ

ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำอัตโนมัติจะติดตั้งที่ท่อทางออกของเครื่องสูบน้ำ ชุดควบคุมติดตั้งได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอนมีวาล์วกันน้ำไหลกลับและเกจจ์วัดแรงดันอยู่ในตัวสามารถจ่ายน้ำได้อย่างต่อเนื่อง และให้แรงดันน้ำคงที่เมื่อเปิดวาล์วจ่ายน้ำออก ณ อัตราการไหลค่าหนึ่ง เมื่อไม่มีการใช้น้ำชุดควบคุมสามารถหน่วงเวลาให้เครื่องสูบทำงานต่อไปอีกไม่น้อยกว่า 5 วินาทีแล้วจึงสั่งตัดการทำงาน กรณีที่มีน้ำไหลเข้าทางด้านดูดของเครื่องสูบน้ำ ชุดควบคุมต้องสามารถสั่งตัดการทำงานของเครื่องสูบน้ำพร้อมกับมีไฟแสดงสถานะผิดปกติติด และมีความสามารถเดินเครื่องได้เองหลังจากผ่านไป 1 ชั่วโมง หรือสามารถปรับด้วยมือได้ทันที สามารถตั้งแรงดันเริ่มต้นที่ให้เครื่องสูบน้ำเริ่มทำงานได้ตั้งแต่ 1 ถึง 3.5 บาร์ สามารถใช้กับไฟฟ้าเฟสเดียว 220 V/50 Hz และกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 12A และมีอัตราการไหลสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 80 ลิตร ตัวเรือนของชุดควบคุมต้องสามารถป้องกันฝุ่นและน้ำได้ไม่ต่ำกว่ามาตรฐาน IP 65 เป็นสินค้าได้มาตรฐานตามมาตรฐาน ยุโรป หรืออเมริกาไม่ต่ำกว่า 2 มาตรฐาน

13.1.10 ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวี

- ตัวเครื่องทำด้วยเหล็กแสตนเลส เกรด 304
- หลอดอัลตร้าไวโอเลต (หลอดยูวี) ควรมีอย่างน้อย 1 หลอด และหุ้มด้วยหลอดควอรตซ์
- หลอดยูวีใช้ไฟขนาด 39 วัตต์ 220 โวลต์ 50 Hz และสามารถใช้งานสูงถึง 10,000 ชั่วโมง

- อุปกรณ์ทำความสะอาดได้โดยที่ไม่ต้องหยุดการใช้งาน
- ไฟแสดงการทำงานของหลอด
- เครื่องมีความยาว 118.75 ซม. กว้าง 13.75 ซม. สูง 22.50 - 26.25 ซม.
- มีทางน้ำเข้า-ออกขนาด 2.5 ซม.
- ระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องไม่เกิน 2.72 ลบ.ม./ชม.

13.1.11 หัวบรรจุขวด

- หัวบรรจุขวดทำด้วยแสตนเลส เกรด 304 จำนวน 1 หัว
- ลังบรรจุขวดขนาด 20 ขวด จำนวน 1 ลัง
- เครื่องมีความสูง 55 ซม. ยาว 45 ม.
- ขนาดท่อน้ำเข้า 2.5 ซม.
- ขนาดท่อหัวจ่าย 0.62 ซม.
- ขนาดวาล์วควบคุม 1.25 ซม.
- แผ่นล็อกขวดทำด้วยพีวีซีหนา 5 มม. จำนวน 2 แผ่น

13.1.12 ตู้ควบคุมการทำงานทั้งระบบ ประกอบด้วย

- เบรคเกอร์ 220 โวลต์
- โวลต์มิเตอร์, แอมป์มิเตอร์
- ฟิวส์
- ไฟโอเวอร์โหลด
- แมกเนติก
- โอเวอร์โหลด
- ไฟแสดงการทำงานหน้าตู้ทุกตำแหน่ง
- ตู้เหล็กขนาด 35 X52x17 ลบ.ซม.
- Timer rotary ครบชุด
- อุปกรณ์ป้องกันไฟตก

13.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาบาดาลสำหรับดื่ม

ขั้นตอนการทำงานของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาบาดาลสำหรับดื่มตามแบบของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2548) สรุปได้ดังนี้

(1) น้ำบาดาลที่ถูกสูบขึ้นมาจากบ่อบาดาลขึ้นไปเก็บบนถังสูง แล้วมีการปล่อยน้ำลงมาไหลผ่านถังกรองสนิมเหล็กลงเก็บไว้ในถังพักน้ำแสตนเลสใบที่ 1 โดยจะมีบอลวาล์วเป็นตัวเปิด-ปิดน้ำที่เข้าสู่ถัง

(2) หลังจากที่น้ำเข้าถังพักน้ำแล้ว จะมีปั๊มหอยโข่งสำหรับสูบน้ำเข้าเครื่องกรอง ทำหน้าที่สูบน้ำจากถังพักน้ำผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้สะอาดขึ้นโดยจะผ่านระบบถังกรอง เช่น ถังกรอง anthracite และ manganese ถังกรอง activated carbon และถังกรอง resin ฯลฯ จนได้คุณภาพน้ำที่ดีขึ้น สะอาดขึ้น พร้อมที่จะใช้บริโภคได้ เข้าบรรจุไว้ในถังพักแสตนเลสใบที่ 2 ถึงขบวนการทำงานต่างๆ จะเป็นไปโดยอัตโนมัติ กล่าวคือ จะมีการใส่อุปกรณ์ตรวจเช็คระดับน้ำไว้ที่ถังพักแสตนเลสใบที่ 1 และ 2 ไว้ เมื่อใดก็ตาม ที่ระดับน้ำในถังพักใบที่ 2 มีระดับต่ำจนถึงจุดที่ให้ปั๊มสูบน้ำหอยโข่งทำงาน ปั๊มน้ำก็จะทำการสูบน้ำจากถังพักใบที่ 1 ไปเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้น้ำสะอาดเก็บไว้ในถังพักใบที่ 2 จนกระทั่งน้ำในถังพักน้ำมีปริมาณมากเพียงพอถึงจุดสูงสุดที่ตั้งไว้ ปั๊มก็จะหยุดทำงานระบบการทำงานก็ต้องสัมพันธ์กับระดับน้ำในถังพักใบที่1 ด้วยถ้าระดับน้ำในถังพักใบที่1 มีระดับน้ำต่ำ ปั๊มก็จะไม่ทำงาน (ซึ่งสามารถตั้งค่าจุดต่ำสุดที่ต้องให้ปั๊มหยุดทำงานและจุดที่เริ่มทำงานได้) ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ปั๊มเกิดความเสียหายเนื่องจากการวิ่งของเครื่องสูบขาดน้ำ

(3) เมื่อมีการเปิดก๊อกน้ำเพื่อใช้น้ำ จะมีปั๊มน้ำแบบอัตโนมัติสำหรับสูบน้ำเข้าเครื่องบรรจุน้ำ

เป็นตัวช่วยจ่ายน้ำให้มีปริมาณน้ำที่เพียงพอและแรงดันน้ำทั้งที่ เมื่อเปิดก๊อกจ่ายน้ำออก ณ อัตราการไหลค่าหนึ่ง และปั๊มน้ำจะหยุดโดยอัตโนมัติ เมื่อไม่มีการเปิดก๊อกน้ำแล้ว นอกจากนี้ ยังสามารถตัดการทำงานของปั๊มน้ำได้โดยอัตโนมัติ เมื่อปริมาณน้ำในถังพักใบที่ 2 แห้ง ทำให้ไม่มีน้ำไหลผ่านเข้าท่อทางดูดของปั๊มน้ำ เพื่อป้องกันปั๊มน้ำเสียหาย

(4) น้ำที่ถูกบรรจุไว้ถังพักน้ำใบที่ 2 จะเป็นน้ำซึ่งได้ผ่านกรรมวิธีปรับปรุงคุณภาพจนสะอาดสามารถใช้บริโภคได้ แต่เพื่อความมั่นใจในคุณภาพของน้ำ ว่ามีความสะอาดเพียงพอ จนสามารถใช้ดื่มได้ จึงมีกรรมวิธีให้น้ำผ่านแสง UV อีกครั้งหนึ่ง กล่าวคือ เมื่อมีการเปิดน้ำจากหัวก๊อกเพื่อรองน้ำไปบริโภค น้ำที่ไหลออกจากก๊อกน้ำนั้นจะถูกผ่านแสง UV เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคอีกครั้ง โดยหลอดให้กำเนิดแสง UV นี้จะถูกเปิดโดยอัตโนมัติ เมื่อมีการเปิดก๊อกน้ำ และปิดเมื่อก๊อกน้ำถูกปิด

14. การบริหารจัดการระบบประปาชนบท

การบริหารจัดการระบบประปาชนบทหรือประปาบาดาลควรพิจารณาจากรูปแบบของประปาชนบท กลุ่มผู้ใช้น้ำ คณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบท กองทุนพัฒนาประปาชนบท และผู้ดูแลประปาชนบท ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

14.1 รูปแบบประปาชนบท

องค์ประกอบและรูปแบบประปาชนบท ดังแสดงในรูปที่ 13

14.2 การบริหารกิจการประปาชนบท

การบริหารระบบประปาให้มีประสิทธิภาพมีองค์ประกอบ 4 ส่วน คือ กลุ่มผู้ใช้น้ำ คณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบท กองทุนพัฒนาประปาชนบท และผู้ดูแลประปาชนบท (รูปที่ 14)

14.2.1 กลุ่มผู้ใช้น้ำ

กลุ่มผู้ใช้น้ำ หมายถึง ผู้ใช้น้ำทุกคนที่ใช้บริการน้ำจากประปาชนบท มีหน้าที่ดังนี้

(1) ร่วมถือหุ้นเป็นสมาชิกกองทุนพัฒนาประปาชนบท

(2) คัดเลือกตัวแทนเป็นคณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบท

(3) ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับของประปาชนบท

(4) ตรวจสอบการทำงานของคณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบท ตลอดจนทักท้วงเมื่อเห็นว่า คณะกรรมการบริหารไม่ดำเนินการตามนโยบายที่วางไว้

(5) ร่วมมือในการบำรุงรักษาระบบประปาชนบทให้ดำรงอยู่ได้ตลอดไป

14.2.2 คณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบท

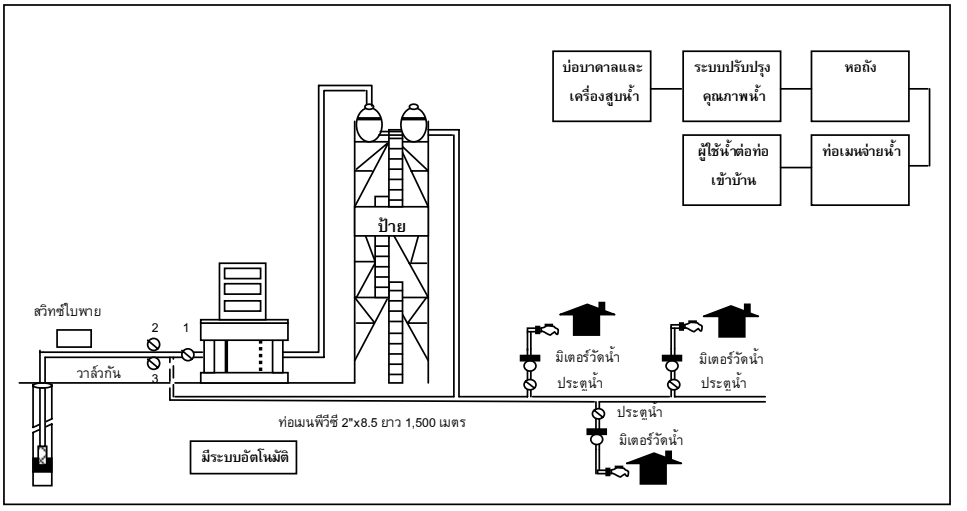
คณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบท เป็นตัวแทนที่ได้รับการคัดเลือกจากกลุ่มสมาชิกผู้ใช้น้ำ ที่เข้ามาเป็นตัวแทนในการบริหารกิจการประปาชนบท หน้าที่และคุณสมบัติของคณะกรรมการมีดังนี้

(1) หน้าที่ของคณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบท

(1.1) ควบคุมบริหารกิจการประปาชนบทและประปาหมู่บ้านให้อยู่ในสภาพดีและมีประสิทธิภาพสามารถจ่ายน้ำให้แก่ผู้ใช้น้ำได้ตลอด 24 ชม.

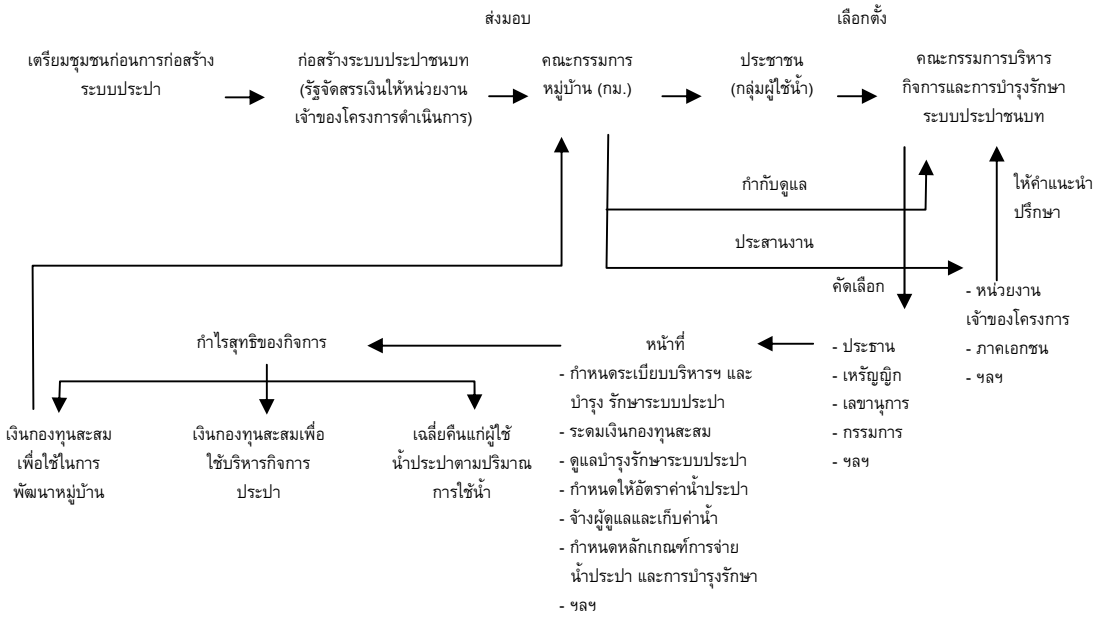
(1.2) ควบคุมการเงิน การจัดทำบัญชีรายรับ-รายจ่ายของกิจการประปาทั้งหมด

(1.3) วางกฎระเบียบข้อบังคับของการประปาชนบท และควบคุมให้เป็นไปตามกฎระเบียบข้อบังคับที่วางไว้



วาล์วหมายเลข 1: ตรงขึ้นถังสูง วาล์วหมายเลข 2: เปิดเพื่อทดสอบปริมาณและคุณภาพน้ำ วาล์วหมายเลข 3: เปิดใช้น้ำกรณีฉุกเฉิน เช่น ซ่อมถังไฟเบอร์ ล้างถังไฟเบอร์ หรือจ่ายน้ำเข้าเส้นท่อในช่วงเวลาที่มีการใช้น้ำมากๆ เช่น 18.00 น เป็นต้น

รูปที่ 13 รูปแบบประปาชนบท (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)



รูปที่ 14 รูปแบบการบริหารกิจการและบำรุงรักษาระบบประปาชนบท (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

(1.4) แจ้งผลการบริหารกิจการประปาชนบทให้สมาชิกทราบเป็นระยะๆ

(1.5) ควบคุมและให้คำแนะนำแก่ผู้ดูแลประปาชนบท

(2) คุณสมบัติของคณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบท

(1) คณะกรรมการต้องเป็นสมาชิกผู้ใช้น้ำจากประปาชนบทนั้นๆ

(2) คณะกรรมการมีจำนวนอย่างน้อย 5 คน ได้แก่ ประธาน รองประธาน เลขานุการ เหรัญญิก และผู้ช่วยเหรัญญิก

(3) ประธานคณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบทต้องมาจากการเลือกตั้ง ส่วนรองประธาน เลขานุการ และเหรัญญิก เป็นบุคคลที่ประธานคัดเลือกขึ้นมาและได้รับความเห็นชอบจากสมาชิกผู้ใช้น้ำไม่ต่ำกว่า 2 ใน 3 ของสมาชิกทั้งหมด

(4) คณะกรรมการมีวาระ 1 ปี

(5) คณะกรรมการหมดสภาพเมื่อหมดวาระการทำงาน ประธานลาออก ตาย ย้ายภูมิลำเนา หรือเจ็บป่วยเรื้อรัง ทำผิดข้อบังคับและกฎระเบียบของการประปาชนบท หรือสมาชิกผู้ใช้น้ำลงคะแนนเสียงไม่ไว้วางใจ

(6) เมื่อคณะกรรมการหมดสภาพต้องดำเนินการเลือกตั้งขึ้นมาใหม่ภายใน 15 วัน

(7) คณะกรรมการจะต้องคัดเลือกผู้ดูแลระบบประปาชนบท จำนวน 2 คน โดยพิจารณาค่าตอบแทนในอัตราที่เหมาะสม และสามารถถอดถอนผู้ดูแลประปาได้หากมีเหตุผลสมควร

(8) คณะกรรมการต้องจัดทำบัญชีรายรับ-รายจ่ายเป็นรายเดือนและประจำปี และมีหลักฐานพร้อมที่จะให้สมาชิกผู้ใช้น้ำตรวจสอบได้ และต้องแสดงรายรับ-รายจ่ายของแต่ละเดือนไว้บนแผ่นป้ายในที่สาธารณะ

(9) เงินกองทุนและเงินจากกิจการประปาชนบท คณะกรรมการต้องนำไปฝากธนาคารในนามของ “กองทุนประปาชนบท กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ปี.... บ้าน ..... หมู่ ..... ตำบล .... อำเภอ .... จังหวัด .... ” และการเบิกจ่ายจะต้องมีคณะกรรมการอย่างน้อย 3 คน เซ็นชื่อรับรอง

(10) คณะกรรมการสามารถมีเงินสดไว้สำรองจ่ายยามฉุกเฉินได้ไม่เกิน ... บาท โดยประธานเป็นผู้รับผิดชอบและการใช้จ่ายต้องให้คณะ กรรมการรับทราบ

(11) ถ้าหากเกิดการผิดพลาดในการใช้จ่ายเงินไม่ว่ากรณีใดๆ คณะกรรมการต้องร่วมกันรับผิดชอบ

(12) เมื่อการประปาชนบทเรียกเก็บเงินค่าน้ำ ค่าธรรมเนียม ค่าปรับ และอื่นๆ จากผู้ใช้น้ำ คณะกรรมการต้องออกใบเสร็จรับเงินให้ผู้ใช้น้ำเก็บไว้เป็นหลักฐานโดยแจ้งรายละเอียดและมีลายเซ็นของประธานบริหารกิจการประปาและผู้เก็บเงิน และเก็บสำเนาใบเสร็จไว้ที่การประปาบาดาล 1 ชุด

(13) ในกรณีผู้ใช้น้ำยื่นรายชื่อเพื่อให้คณะกรรมการชี้แจงข้อข้องใจ คณะกรรมการต้องเรียกประชุมผู้ใช้น้ำและชี้แจงภายใน 7 วัน

(14) หากคณะกรรมการทั้งชุดหรือเฉพาะบุคคลได้รับคะแนนเสียงไว้วางใจไม่เกิน 2 ใน 3 ของที่ประชุมให้ถือว่าหมดสภาพ

14.2.3 กองทุนพัฒนาประปาชนบท

กองทุนพัฒนาประปาชนบท หมายถึง กองทุนที่นำมาใช้ในกิจการประปาชนบท เงินกองทุนได้มาจากการขายหุ้นให้แก่สมาชิกผู้ใช้น้ำในหมู่บ้าน จากการขายน้ำประปาหรือกำไรสุทธิรายปี และจากการขยายกิจการประปาไปยังผู้ใช้น้ำรายอื่นๆ

ประโยชน์ของกองทุนพัฒนาประปาชนบท ได้แก่

(1) กลุ่มสมาชิกผู้ใช้น้ำและผู้ถือหุ้นในกองทุนพัฒนาประปาหมู่บ้านทุกคนจะมีส่วนร่วมเป็นเจ้าของกิจการประปาชนบท

(2) กลุ่มสมาชิกผู้ใช้น้ำและผู้ถือหุ้นทุกคน จะได้รับผลประโยชน์ตอบแทนจากผลกำไรในการจำหน่ายน้ำประปาโดยตรงในลักษณะของเงินปันผลคืนให้แก่ผู้ถือหุ้นตามจำนวนหุ้น และเงินปันผลคืนให้แก่ผู้ใช้น้ำตามปริมาณการใช้โดยวัดจากมาตรวัดน้ำ

(3) ผลกำไรจากการจำหน่ายน้ำประปาส่วนหนึ่งจะนำมารวมอยู่ในเงินกองทุนพัฒนาประปาชนบท ทำให้เงินกองทุนสะสมเพิ่มมากขึ้นตลอดเวลา ซึ่งสามารถนำเงินกองทุนไปใช้ในการปรับปรุงซ่อมแซมระบบประปาชนบทให้ใช้งานได้ดีอยู่เสมอ การขยายกิจการประปาไปยังผู้ใช้น้ำรายอื่นหรือหมู่บ้านอื่น และเพื่อสาธารณะประโยชน์

14.2.4 ผู้ดูแลประปาชนบท

ผู้ดูแลประปาชนบท คือ ผู้ได้รับการคัดเลือกจากคณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบทให้รับผิดชอบเป็นช่างประจำประปาชนบท มีหน้าที่หลักคือ

(1) เปิด-ปิด ควบคุมการทำงานของระบบประปา

(2) ตรวจสอบบำรุงรักษาและซ่อมแซมระบบประปาให้สามารถทำการผลิตน้ำประปาได้อย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ

(3) แจ้งสภาพการทำงานและปัญหาที่เกิดขึ้นของระบบประปาให้คณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบททราบเป็นประจำ

(4) ปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายจากคณะกรรมการบริหารกิจการประปาหมู่บ้าน

(5) แสวงหาความรู้และเทคโนโลยีใหม่เพื่อนำมาใช้หรือพัฒนาระบบประปาชนบทให้ดียิ่งขึ้น

14.3 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าน้ำ

จากการศึกษาต้นทุนค่าน้ำของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลพบว่าหากเก็บค่าใช้น้ำบาดาลได้อย่างน้อยลูกบาศก์เมตรละ 3 บาท ก็เพียงพอสำหรับการบริหารจัดการระบบประปาชนบท ทั้งนี้การกำหนดค่าน้ำควรพิจารณาร่วมกับค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ค่าดูแลรักษา และจำนวนผู้ใช้น้ำ เป็นต้น

ระบบการจัดเก็บค่าใช้น้ำมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนี้

- เจ้าหน้าที่ออกจดหมายเลขมาตรวัดน้ำแล้วนำมาออกใบเสร็จ

- เจ้าหน้าที่การเงินตรวจสอบใบเสร็จว่าถูกต้อง ส่งออกเก็บเงิน แบ่งเป็นเขตหรือหมู่บ้าน

- ใบเสร็จที่เก็บไม่ได้ให้เจ้าของบ้านมาชำระเอง ถ้าเกินกำหนดก็จะต้องตัดการใช้น้ำ

14.5 ระเบียบข้อบังคับและบทลงโทษ

14.5.1 สมาชิกผู้ใช้น้ำทุกรายต้องออกเงินคนละเท่าๆ กัน เพื่อตั้งเป็นกองทุนบริหารกิจการประปาชนบทหรือกรณีที่มีการขายหุ้นตั้งเพื่อจัดตั้งกองทุน สมาชิกผู้ใช้น้ำสามารถซื้อหุ้นได้อย่างน้อย 1 หุ้น แต่ไม่เกิน ... หุ้น และถือว่ามีสิทธิออกเสียงในที่ประชุมได้ 1 เสียง

14.5.2 ผู้มีความประสงค์จะขอใช้น้ำจากการประปาชนบทต้องยื่นคำขอใช้น้ำก่อนจึงจะต่อท่อใช้น้ำได้ (ดังแสดงในรูปที่ 15)

14.5.3 ผู้ที่ต้องการเป็นสมาชิกผู้ใช้น้ำภายหลังจากการตั้งกลุ่มผู้ใช้น้ำและจัดตั้งกองทุนประปาชนบทแล้วจะต้องเสียค่าธรรมเนียมเป็นเงิน ... บาท ยกเว้นผู้ที่ย้ายภูมิลำเนามาใหม่หรือแยกครอบครัวใหม่

14.5.4 ผู้ใช้น้ำทุกรายต้องใช้น้ำผ่านมิเตอร์ และเสียค่าใช้น้ำ หน่วยละ .... บาท

14.5.5 การต่อท่อแยกจากท่อหลักเข้าหมู่บ้าน ผู้ใช้น้ำต้องทำตามแบบที่การประปาชนบทกำหนด และออกค่าใช้จ่ายเองทั้งหมด

14.5.6 คณะกรรมการบริหารกิจการประปาชนบทมีสิทธิตรวจสอบมาตรวัดน้ำได้ทุกเวลาหากพบว่ามีการแก้ไขดัดแปลง คณะกรรมการมีสิทธิงดจ่ายน้ำและถ้าผู้ใช้น้ำขอใช้น้ำต่อไปจะต้องเสียค่าปรับเป็นเงิน ... บาท และต้องจ่ายเงินซื้อมิเตอร์วัดน้ำใหม่

14.5.7 ในกรณีที่ผู้ใช้น้ำพบว่ามาตรน้ำชำรุด ต้องรีบแจ้งคณะกรรมการหรือผู้ดูแลประปาชนบท มิเช่นนั้นจะถือว่ามีเจตนาไม่บริสุทธิ์ และจะถูกลงโทษตามข้อที่ 14.5.6

14.5.8 กรณีท่อส่งน้ำหลักรั่ว คณะกรรมการบริหารระบบประปาเป็นผู้รับผิดชอบซ่อมแซมเองทั้งหมด

14.5.9 การกระทำใดๆ ที่ทำให้ทรัพย์สินของการประปาชนบทเสียหาย หากมีหลักฐานยืนยันได้ ผู้กระทำจะต้องชดใช้ค่าเสียหายทั้งหมดให้แก่การประปาชนบท

14.5.10 หากผู้ใดเจตนาขโมยน้ำหรือใช้น้ำโดยไม่ผ่านมิเตอร์หรือโดยวิธีใดๆ ก็ตาม หากมีหลักฐานชัดเจนจะถูกงดจ่ายน้ำและถ้าต้องการใช้น้ำใหม่ต้องเสียค่าปรับเป็นเงิน .... บาท

14.5.11 ผู้ใช้น้ำต้องชำระค่าน้ำทุกครั้งเมื่อคณะกรรมการบริหารระบบประปาเรียกเก็บ หากค้างชำระติดต่อกันเป็นเวลา ... จะถูกงดจ่ายน้ำทันที และถ้าจะขอใช้ใหม่ต้องชำระหนี้สินก่อน พร้อมค่าปรับอีกเป็นเงิน ...บาท

14.5.12 ถ้าผู้ใช้น้ำต้องการเลิกใช้น้ำต้องแจ้งให้คณะกรรมการทราบเสียก่อน หากไม่แจ้งให้ถือว่ายังคงสภาพเป็นผู้ใช้น้ำอยู่และต้องปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับ

14.5.13 กรณีที่สมาชิกผู้ใช้น้ำเกิดความข้องใจในการทำงานของคณะกรรมการทั้งชุดหรือเฉพาะบุคคล สมาชิกผู้ใช้น้ำมีสิทธิร้องขอให้มีการประชุมชี้แจงโดยลงลายมือชื่อไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของสมาชิกทั้งหมดต่อคณะกรรมการ

14.6 การจัดทำบัญชีรายงานผลการดำเนินงานของประปาชนบท

การจัดทำบัญชีรายงานผลการดำเนินงานของประปาชนบท ประกอบด้วย

14.6.1 บัญชีรายชื่อสมาชิกผู้ใช้น้ำเพื่อทราบถึงจำนวนผู้ใช้น้ำที่แน่นนอน สามารถคำนวณปริมาณน้ำในแต่ละวัน และสามารถกำหนดระยะเวลาในการสูบน้ำได้ (รูปที่ 16)

14.6.2 บัญชีกองทุนประปาชนบททำให้ทราบถึงกองทุนหมุนเวียนที่ใช้ในการบริหารกิจการประปาชนบท (รูปที่ 17)

14.6.3 บัญชีบันทึกการวัดมิเตอร์เพื่อใช้ในการคิดค่าใช้น้ำ (รูปที่ 18)

14.6.4 ใบเสร็จรับเงินเพื่อออกให้เป็นหลักฐานในการชำระเงิน (รูปที่ 19)

14.6.5 บัญชีลูกหนี้ค้างชำระค่าน้ำเพื่อจะได้เก็บค่าน้ำได้ตามกำหนดเวลาที่นัดหมาย (รูปที่ 20)

14.6.6 บัญชีรายรับ-รายจ่ายประจำเดือน (รูปที่ 21) และประจำปี (รูปที่ 22) เพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์เงินในแต่ละปี จะได้นำมาประกอบในการวางแผนบริหารกิจการประปาชนบทได้อย่างมีประสิทธิภาพ

14.6.7 สรุปผลสถานะทางการเงิน (รูปที่ 23) เป็นการสนับสนุนผลการดำเนินงานที่ผ่านมาว่าประสบความสำเร็จหรือไม่ มีผลกำไรหรือขาดทุนอย่างไร และปัจจุบันมีเงินกองทุนอยู่เท่าไหร่

14.6.8 การจัดการบัญชีอาจใช้ระบบมือหรือคอมพิวเตอร์

15. เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำ, 2546. แบบมาตรฐานระบบประปาหมู่บ้าน แบบบาดาลขนาดใหญ่, สำนักบริหารจัดการน้ำ.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548. คู่มือการบริหารจัดการและบำรุงรักษาระบบประปาชนบทโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาลและระบบประปาชนบทให้แก่องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น, กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2549. โครงการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับอุปโภคบริโภคทั่วประเทศ (โครงการน้ำกินน้ำใช้ทั่วไทย), กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2551. คู่มือการบริหารจัดการและบำรุงรักษาระบบประปาชนบทโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาซ่อมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาลและระบบประปาชนบทให้แก่องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น, กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร.

กรมทรัพยากรธรณี, 2536. ข้อกำหนดการก่อสร้างระบบประปาบาดาล, กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมทรัพยากรธรณี, 2543. 100 ปี ที่มั่นคงพร้อมพัฒนาขุมทรัพย์จากแผ่นดินไทยให้ก้าวไกลสู่ความสำเร็จ, กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

16. ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบประปาบาดาลขนาดเล็กตามแบบของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล 2548

ภาคผนวก ข แบบประปาบาดาลขนาดใหญ่ตามแบบของกรมทรัพยากรน้ำ 2546

ตัวอย่าง

คำขอสมัครใช้น้ำประปา

ข้าพเจ้า..... อยู่บ้านเลขที่.....หมู่ที่.....
ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....

มีความประสงค์ขอใช้น้ำประปาจากระบบประปาชนบทแห่งนี้ โดยข้าพเจ้ายินยอมที่จะปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ต่าง ๆที่การประปาชนบทได้กำหนดไว้ โดยไม่มีเงื่อนไขใด ๆทั้งสิ้น

(หมายเหตุ : ต้องลงชื่อสมัครขอใช้น้ำก่อน พร้อมจ่ายค่าสมัคร จึงมีสิทธ์ต่อน้ำใช้ได้)

(ลงชื่อ).....
(.....)
วันที่.....

ความเห็นของคณะกรรมการฯ

คณะกรรมการฯ พิจารณาแล้วเห็นควรให้รับเป็นสมาชิกผู้ใช้น้ำและใช้น้ำจากประปาชนบทแห่งนี้ได้ โดยผู้ยื่นคำขอจะต้องจ่ายค่าธรรมเนียมเป็นจำนวนเงิน.....บาท และจำต้องจ่ายเงินเข้ากองทุนประปาชนบทเป็นจำนวนเงิน.....บาท หรือซื้อหุ้นจากการประปาจำนวน.....หุ้น เป็นเงิน.....บาท

(ลงชื่อ).....
(.....)
วันที่.....

(ให้ผู้ใช้นำลงชื่อสมัครครัวเรือนละ 1 แผ่น)

รูปที่ 15 ตัวอย่างคำขอสมัครใช้น้ำประปา

ตัวอย่าง
รายชื่อสมาชิกผู้ใช้น้ำ

ประปาชนบทบ้าน.....หมู่.....ตำบล.....
อำเภอ.....จังหวัด.....

เลขที่สมาชิก	ชื่อผู้ใช้น้ำ	บ้านเลขที่	จำนวนผู้ใช้น้ำ	หมายเลขมิเตอร์อยู่บริเวณด้านข้างหน้ามิเตอร์

(คณะกรรมการเขียนใส่สมุดไว้เป็นหลักฐาน)

รูปที่ 16 ตัวอย่างบัญชีรายชื่อสมาชิกผู้ใช้น้ำ

ตัวอย่าง

กองทุนประชาชนบทจากสมาชิกผู้ใช้น้ำ

บ้าน.....หมู่ที่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....

เลขที่สมาชิก	ชื่อ-สกุล	บ้านเลขที่	หมู่ที่	ตำบล	อำเภอ	จำนวนเงิน	ลายเซ็นสมาชิก

(คณะกรรมการเขียนใส่สมุดไว้เป็นหลักฐาน)

รูปที่ 17 ตัวอย่างบัญชีกองทุนประปาชนบท

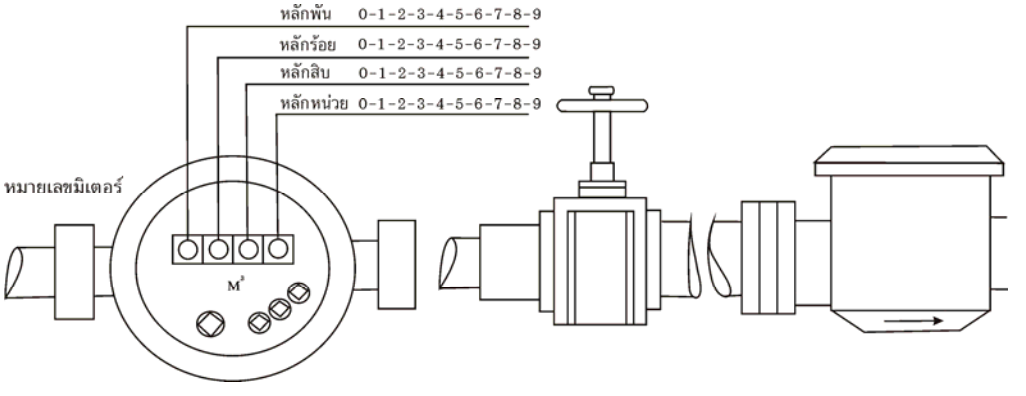
ตัวอย่าง

บันทึกการจดมิเตอร์และคิดค่าน้ำ

ชื่อสมาชิกผู้ใช้น้ำ.....บ้านเลขที่.....
เลขที่สมาชิก.....หมายเลขมิเตอร์.....

วัน เดือน ปี	เลขมิเตอร์	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลบ.ม.)	ลายเซ็นสมาชิก	ลายเซ็นผู้จด	หมายเหตุ

(คณะกรรมการเขียนใส่สมุดผู้ใช้น้ำ 1 ครัวเรือนต่อ 1 หน้า)



วิธีการประกอบ และการอ่านมิเตอร์
ตามรูปแบบต้องมีประตูน้ำประกอบก่อนมิเตอร์
มิเตอร์ทุกตัวจะมีลูกศร ให้ประกอบโดยนำด้านที่มีลูกศรชี้เข้าบ้าน
การอ่านตัวเลขมิเตอร์บนหน้าปัด จะบอกจำนวนตัวเลข 4 หลัก (ถ้ามากกว่าให้อ่านตัวเลขสีดำ)
ตัวเลขขึ้นเป็นตัวเลขอะไรก็ให้อ่านเลขนั้น จะเริ่มจากหลักหน่วยก่อน เช่น ถ้าขึ้นเลข 1 ก็อ่าน 1 หน่วย

รูปที่ 18 ตัวอย่างบัญชีมิเตอร์

ตัวอย่าง

ใบเสร็จรับเงินค่าน้ำประปากรมทรัพยากรน้ำบาดาล

เล่มที่..... เลขที่.....

ระบบประปาชนบทบ้าน.....หมู่ที่.....ตำบล.....

อำเภอ.....จังหวัด.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ได้รับเงินจาก [ ] นาย.....บ้านเลขที่……

[ ] นาง.....

[ ] นางสาว.....

รายการ		จำนวนเงิน
1. ค่าน้ำ จำนวนที่ใช้.....ลบ.ม.	เป็นเงิน	
2. ค่าธรรมเนียม	เป็นเงิน	
3. ค่า.....	เป็นเงิน	
4. ค่า.....	เป็นเงิน	
	รวมเป็นเงิน	

ลงชื่อ.....

(.....)

(ผู้เก็บเงิน)

ลงชื่อ.....

(.....)

(ประธาน)

(คณะกรรมการส่งพิมพ์เพื่อออกใบเสร็จให้เป็นหลักฐาน)

รูปที่ 19 ตัวอย่างใบเสร็จรับเงิน

ตัวอย่าง
บัญชีลูกหนี้

ประปาชนบทบ้าน.....หมู่ที่.....ตำบล.....
อำเภอ.....จังหวัด.....

พ.ศ.		ใบเสร็จ		ชื่อ-สกุล	ค้างชำระ		ชำระ		
เดือน	วันที่	เล่มที่	เลขที่		บาท	สต.	ว.ด.ป.	บาท	สต.

(คณะกรรมการเขียนใส่สมุดไว้เป็นหลักฐาน)

รูปที่ 20 ตัวอย่างบัญชีลูกหนี้ค้างชำระค่าน้ำ

ตัวอย่าง

สรุปรายรับ-รายจ่ายประจำเดือน

ประจำเดือน.....ประปาชนบทบ้าน.....หมู่ที่.....
ตำบล.....อำเภอ .....จังหวัด .....

รายรับ ตังแต่วันที่.....เดือน..... พ.ศ. ..... ถึงวันที่ ..... เดือน..... พ.ศ. .....

รายการ	**จำนวนเงิน**
1. เก็บค่าน้ำ 2. เก็บค่าน้ำค้างชำระ 3. ค่าธรรมเนียม 4. ค่า..... 5. ค่า..... 6. ค่า.....	
รวมรายรับ	

รายรับ ตังแต่วันที่.....เดือน..... พ.ศ. ..... ถึงวันที่ ..... เดือน..... พ.ศ. .....

รายการ	**จำนวนเงิน**
1. เก็บค่าน้ำ	
2. เก็บค่าน้ำค้างชำระ	
3. ค่าธรรมเนียม	
4. ค่า.....	
5. ค่า.....	
6. ค่า.....	
รวมรายรับ	

(คณะกรรมการเขียนใส่สมุด และกระดาษเพื่อติดประกาศไว้เป็นหลักฐานทุกๆเดือน)

รูปที่ 21 ตัวอย่างบัญชีรายรับรายจ่ายประจำเดือน

ตัวอย่าง

สรุปรายรับ-รายจ่ายประจำปี

ประจำปี.....ประปาชนบทบ้าน.....หมู่ที่.....
ตำบล.....อำเภอ ..... จังหวัด .....

ตังแต่เดือน ..... พ.ศ. ..... ถึงวันที่เดือน ..... พ.ศ. .....

เดือน	รายรับ (บาท)	รายจ่าย (บาท)	กำไร (บาท)	ขาดทุน (บาท)	หมายเหตุ

(คณะกรรมการเขียนใส่สมุด และกระดาษเพื่อติดประกาศไว้เป็นหลักฐานทุกๆปี)

รูปที่ 22 ตัวอย่างบัญชีรายรับรายจ่ายประจำปี

ตัวอย่าง

สรุปผลสถานะทางการเงินทุก ๆ ปี

ประปาชนบทบ้าน .....หมู่ที่ ..... ตำบล .....
อำเภอ .....จังหวัด .....ประจำปี .....

กำไร จำนวนเงิน ..... บาท
- เข้ากองทุนประปาชนบท จำนวนเงิน ..... บาท
- ปันผลแก่สมาชิก จำนวนเงิน ..... บาท
- ขยายกิจการประปา จำนวนเงิน ..... บาท
- พัฒนาหมู่บ้าน จำนวนเงิน ..... บาท

ขาดทุน จำนวนเงิน ..... บาท
- เรียกเก็บเงินจากสมาชิกเพิ่มจำนวน ..... ราย จำนวนเงิน ..... บาท
- ขายหุ้นให้แก่สมาชิกเพิ่มจำนวน ..... หุ้น จำนวนเงิน ..... บาท

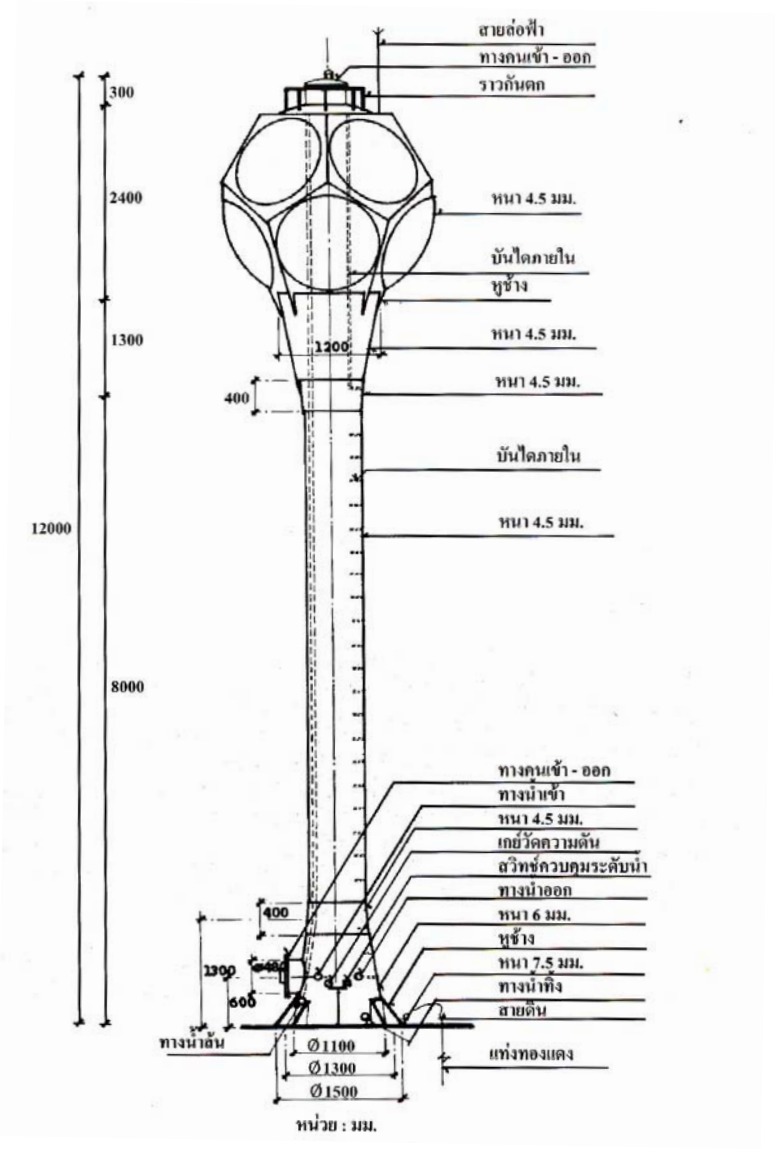
.

ยอดกองทุนรวมประปาชนบท = บาท

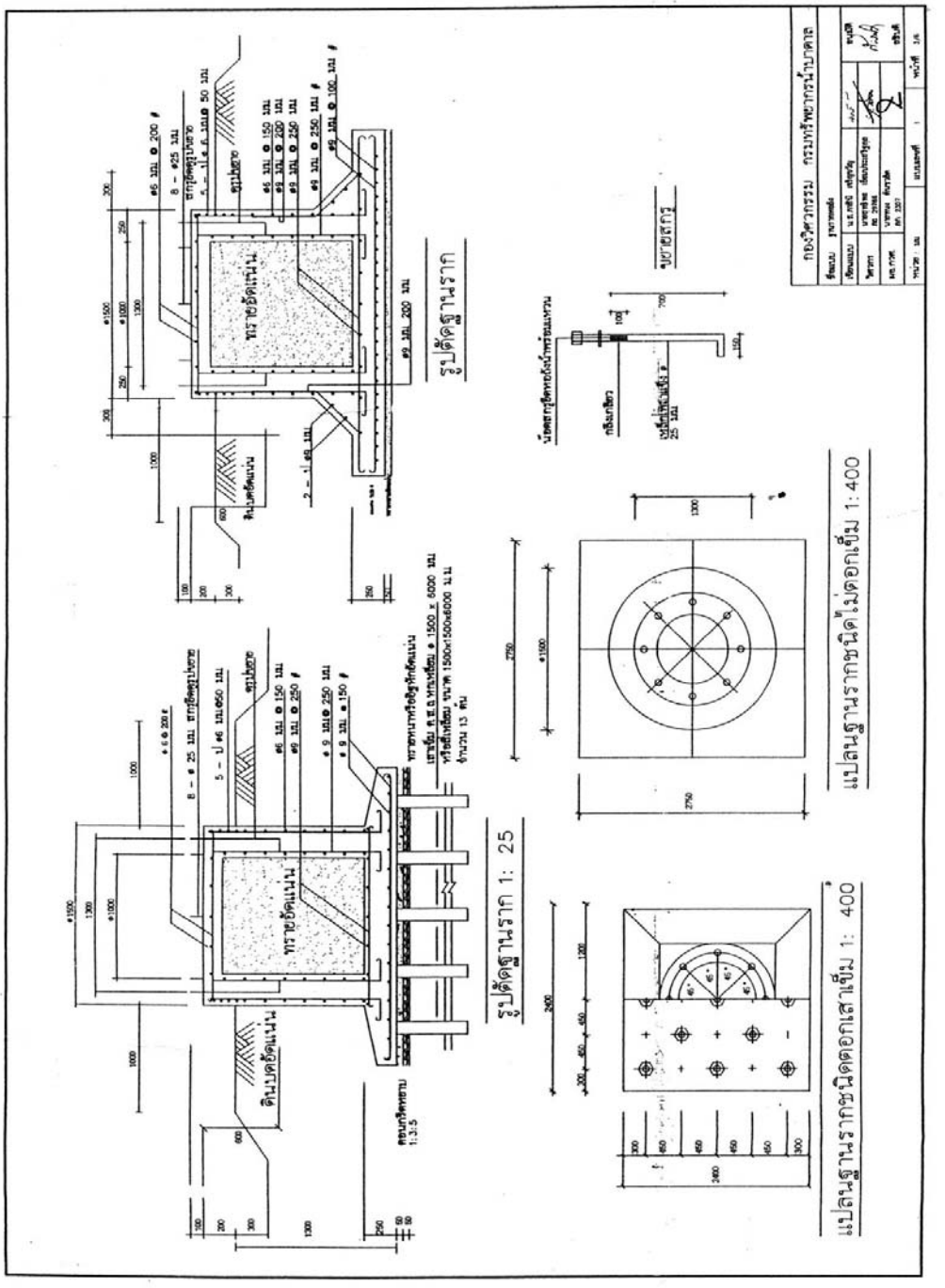
(คณะกรรมการเขียนใส่สมุดไว้เป็นหลักฐานทุกๆ ปี)

รูปที่ 23 ตัวอย่างบัญชีสรุปสถานการเงิน

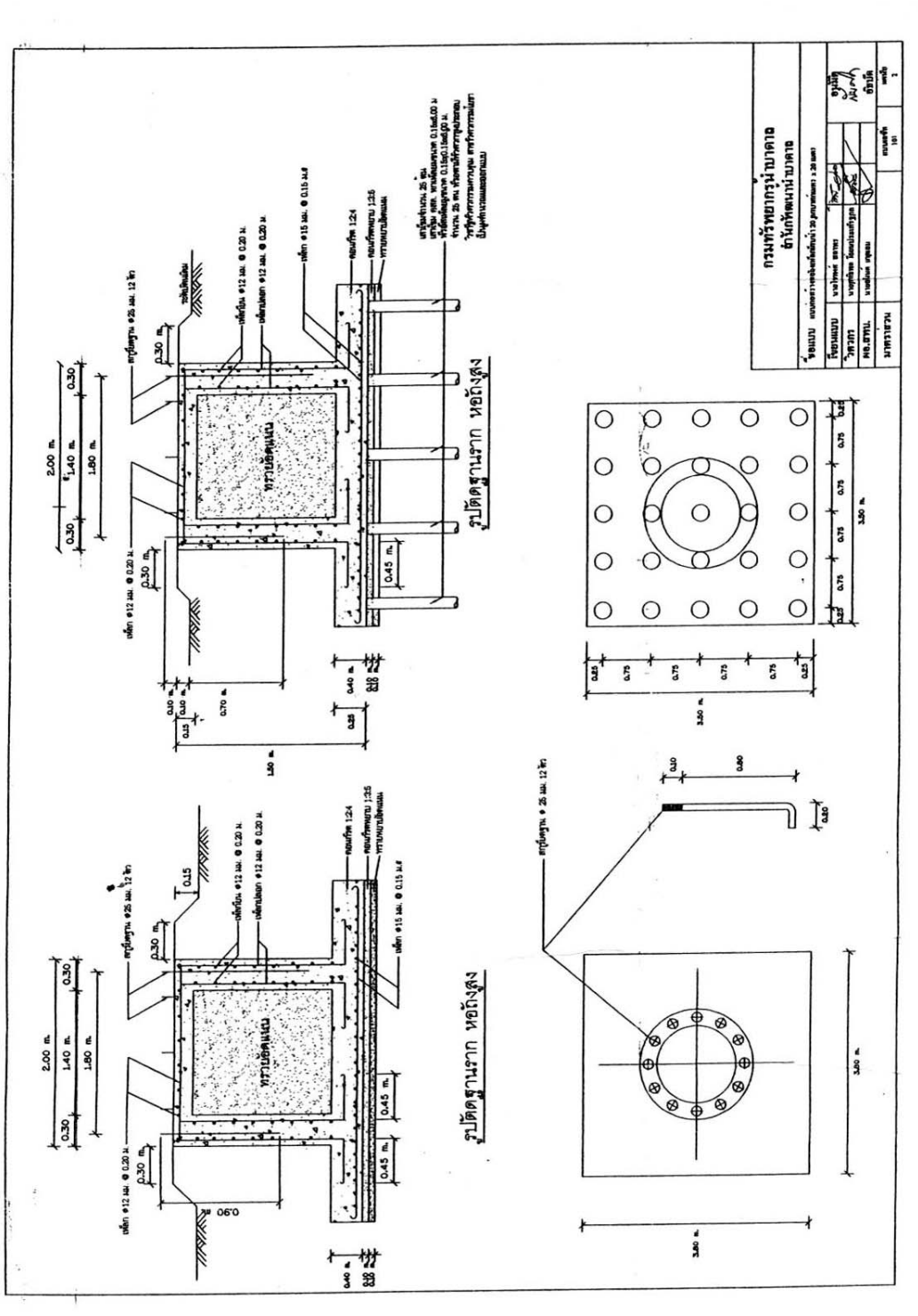
ภาคผนวก ก
แบบประปาบาดาลขนาดเล็กตามแบบของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล



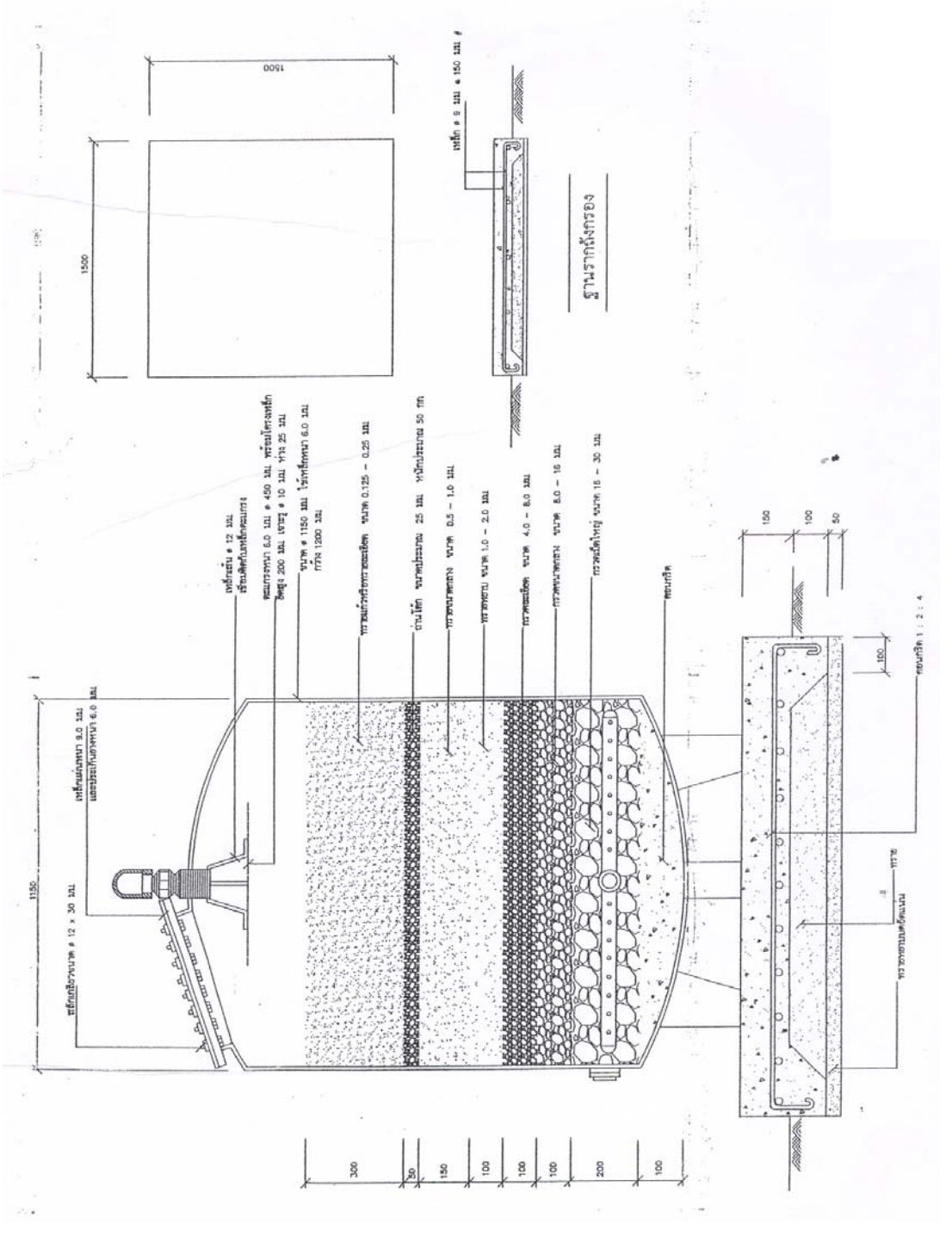
รูปที่ ก-1 แบบก่อสร้างหอถังเหล็กทรงกลมแบบเหลี่ยม



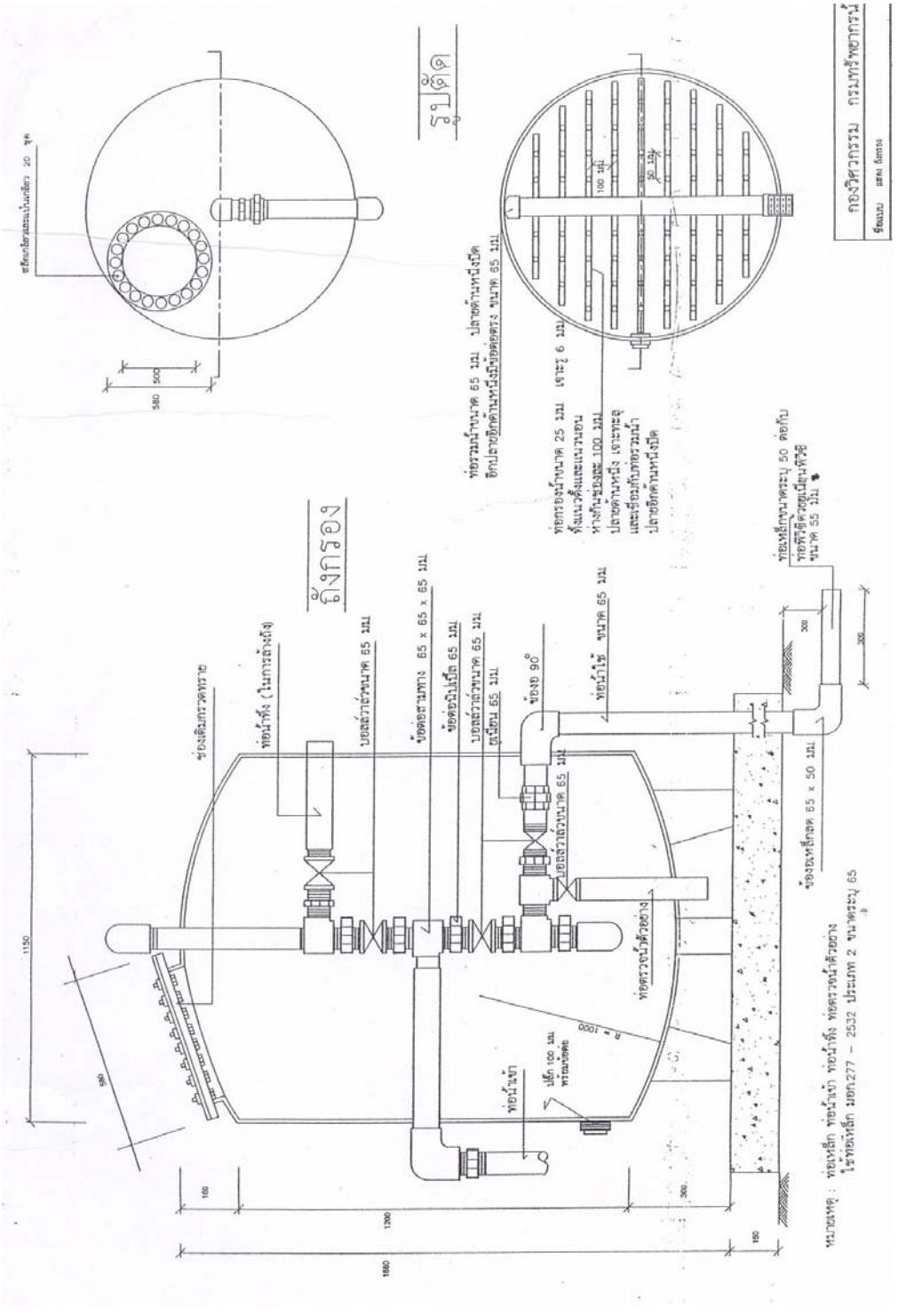
รูปที่ ก-2 แบบก่อสร้างหอถังเหล็กทรงกลมแบบเหลี่ยม



รูปที่ ก-3 แบบก่อสร้างหอถังเหล็กทรงกลมแบบเหลี่ยม



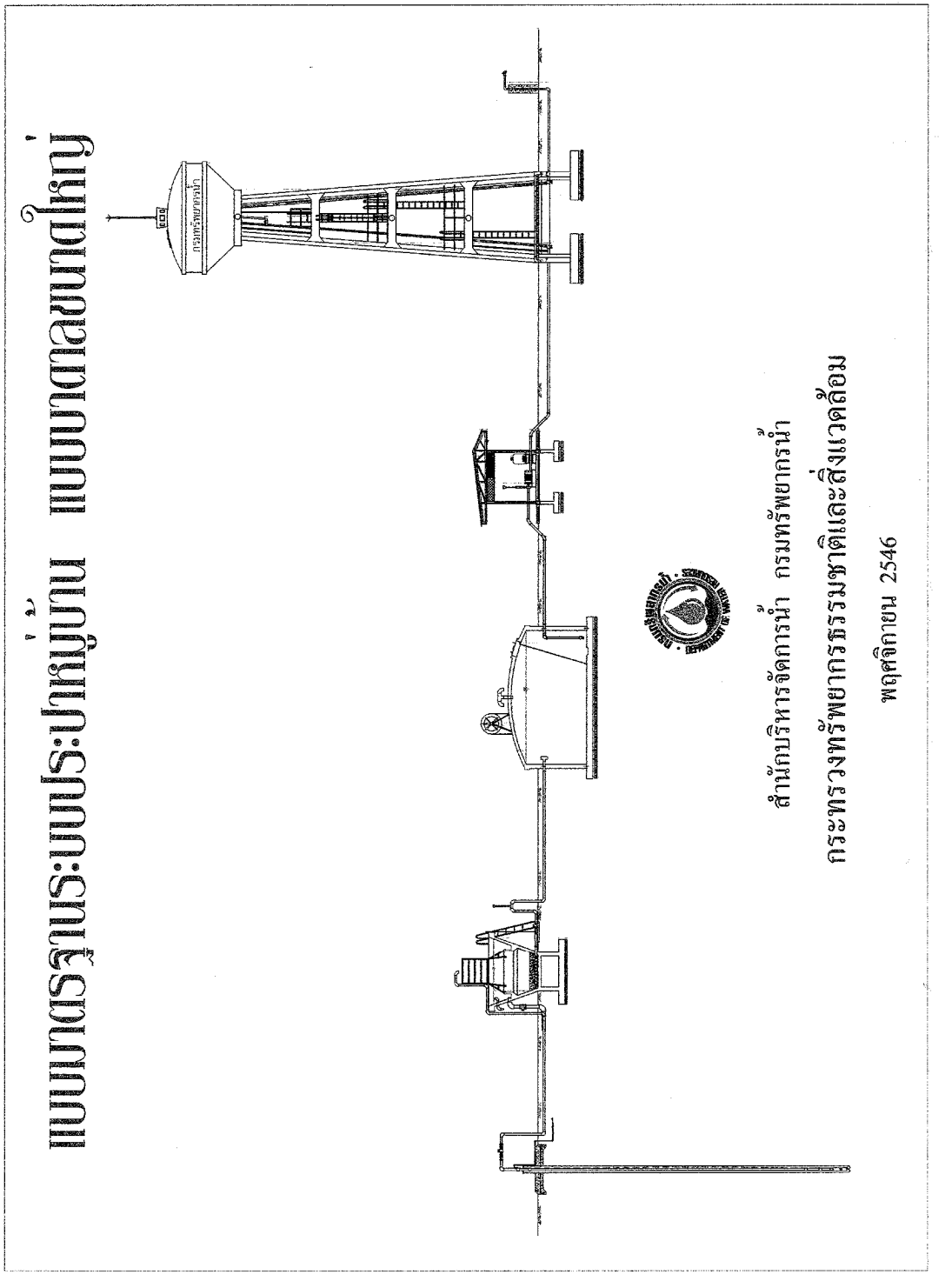
รูปที่ ก-4 แบบถังกรอง กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

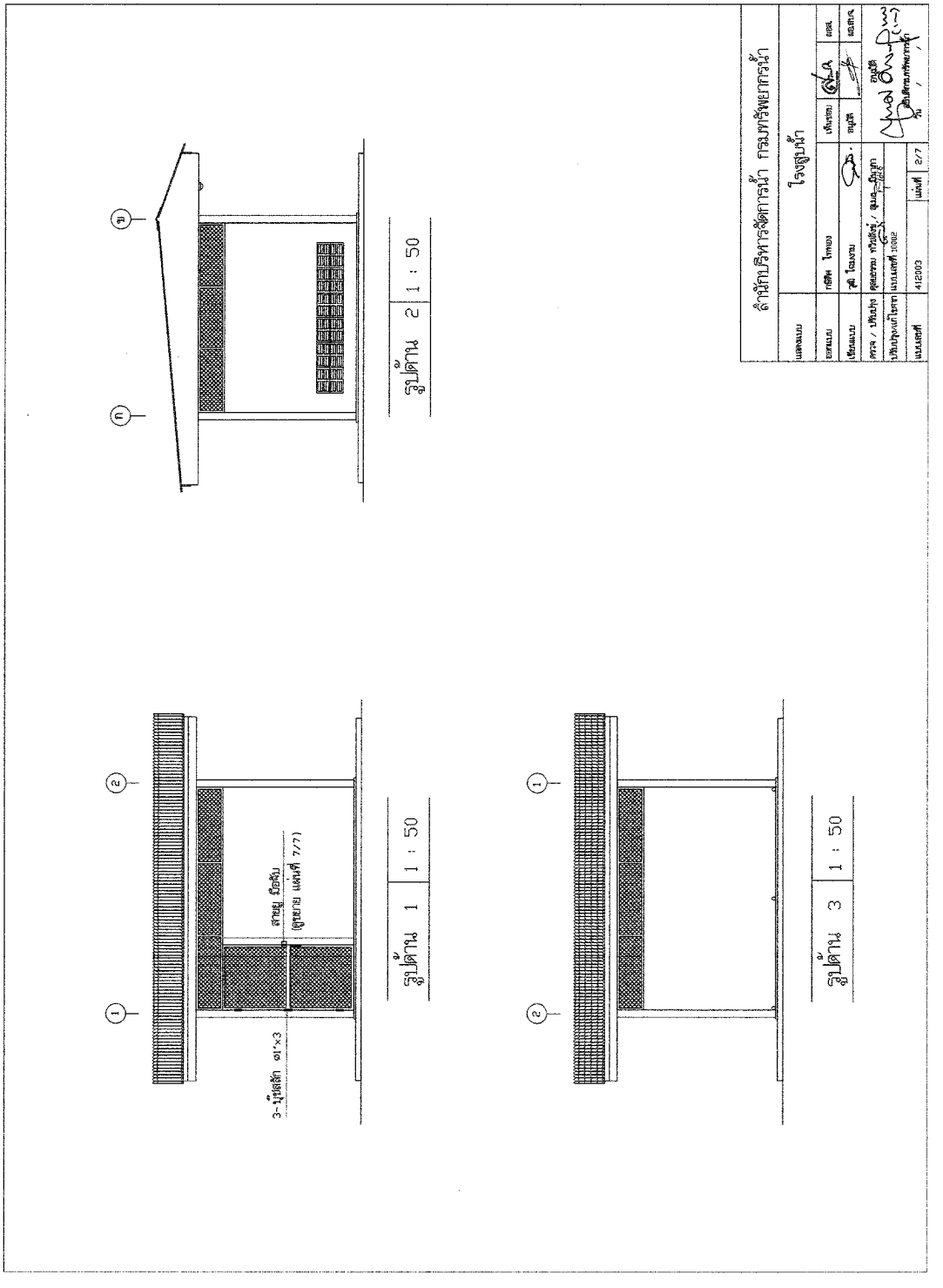


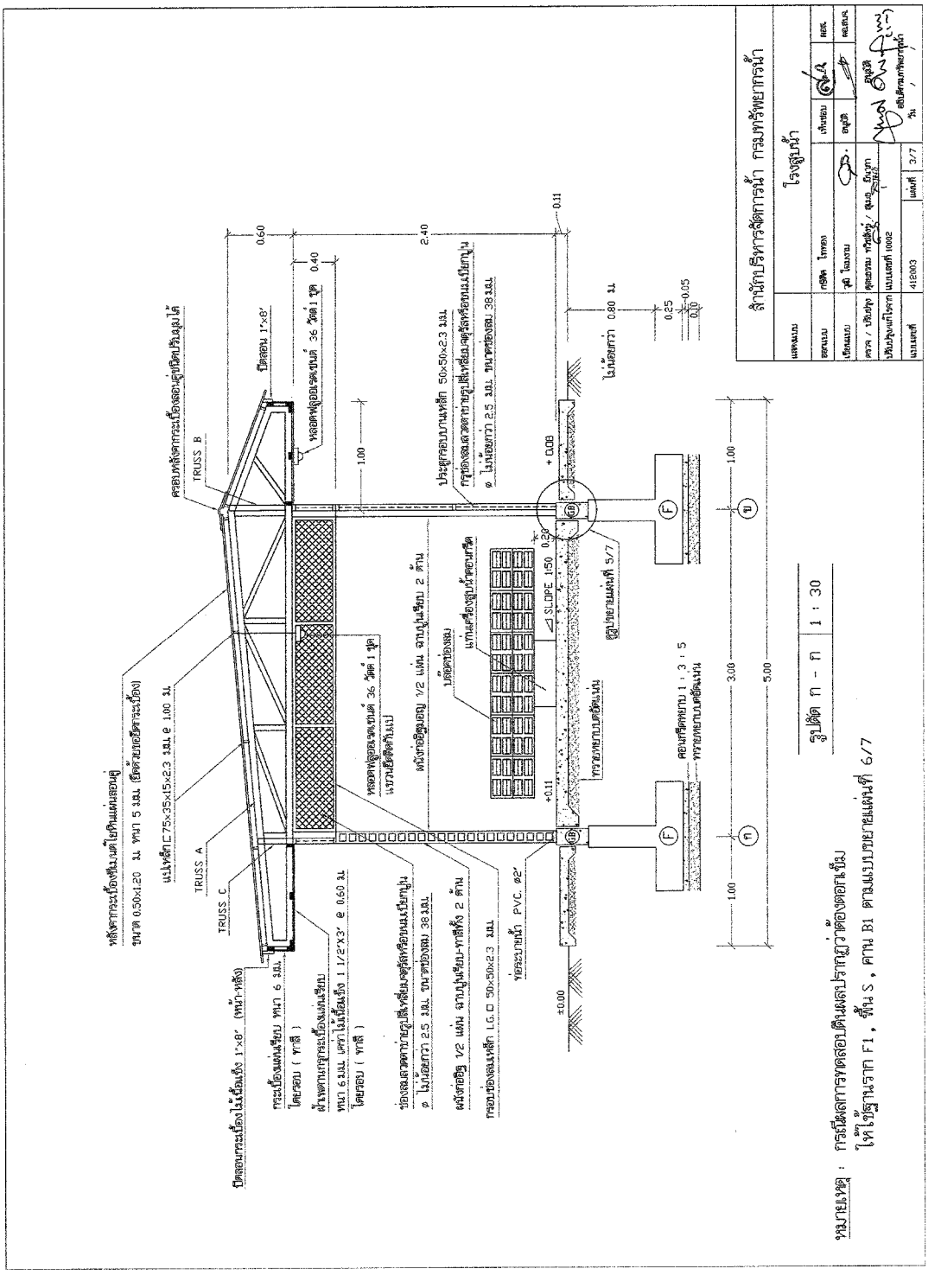
รูปที่ ก-5 แบบฐานรากถังกรอง กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

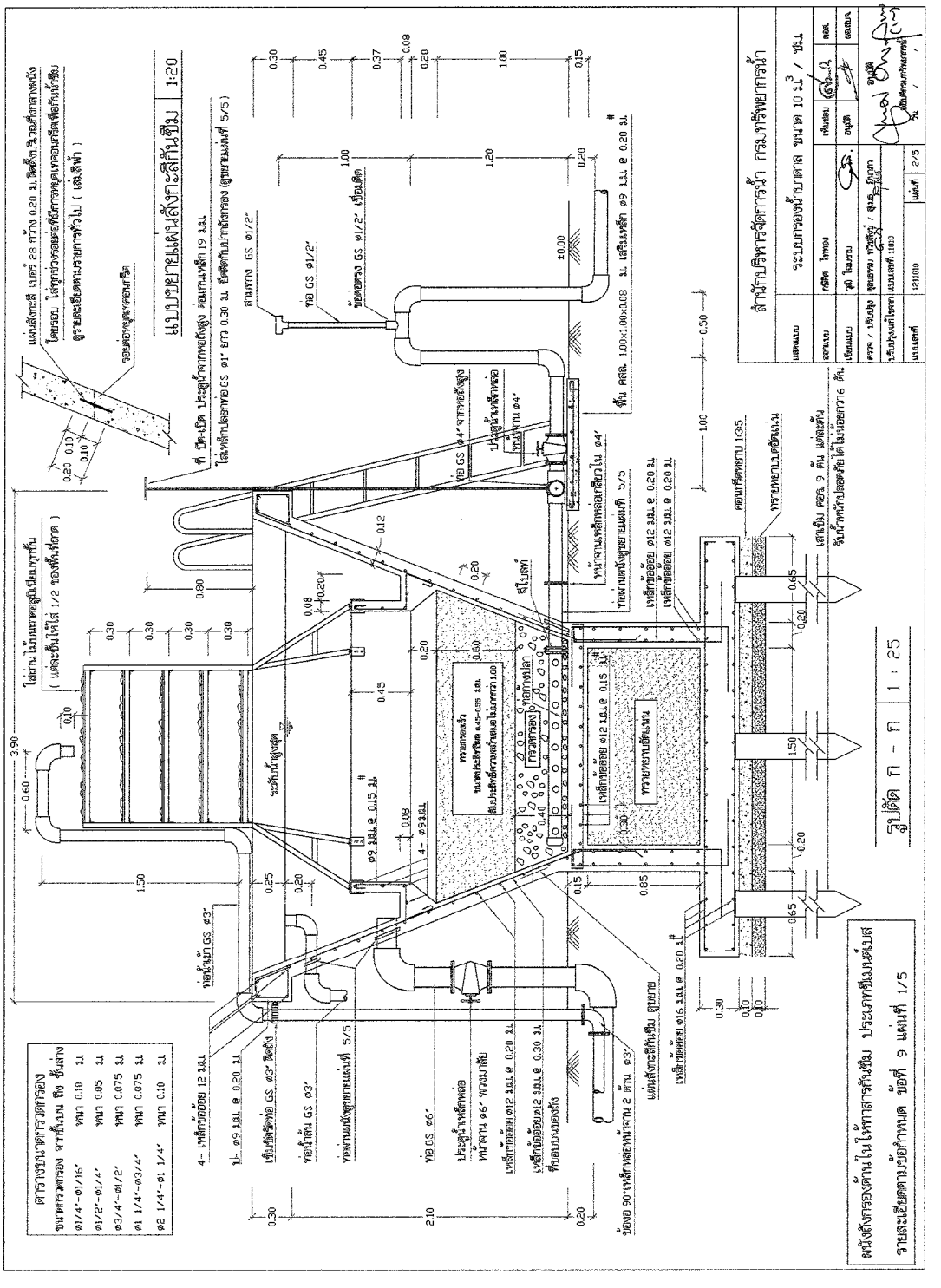
ภาคผนวก ข

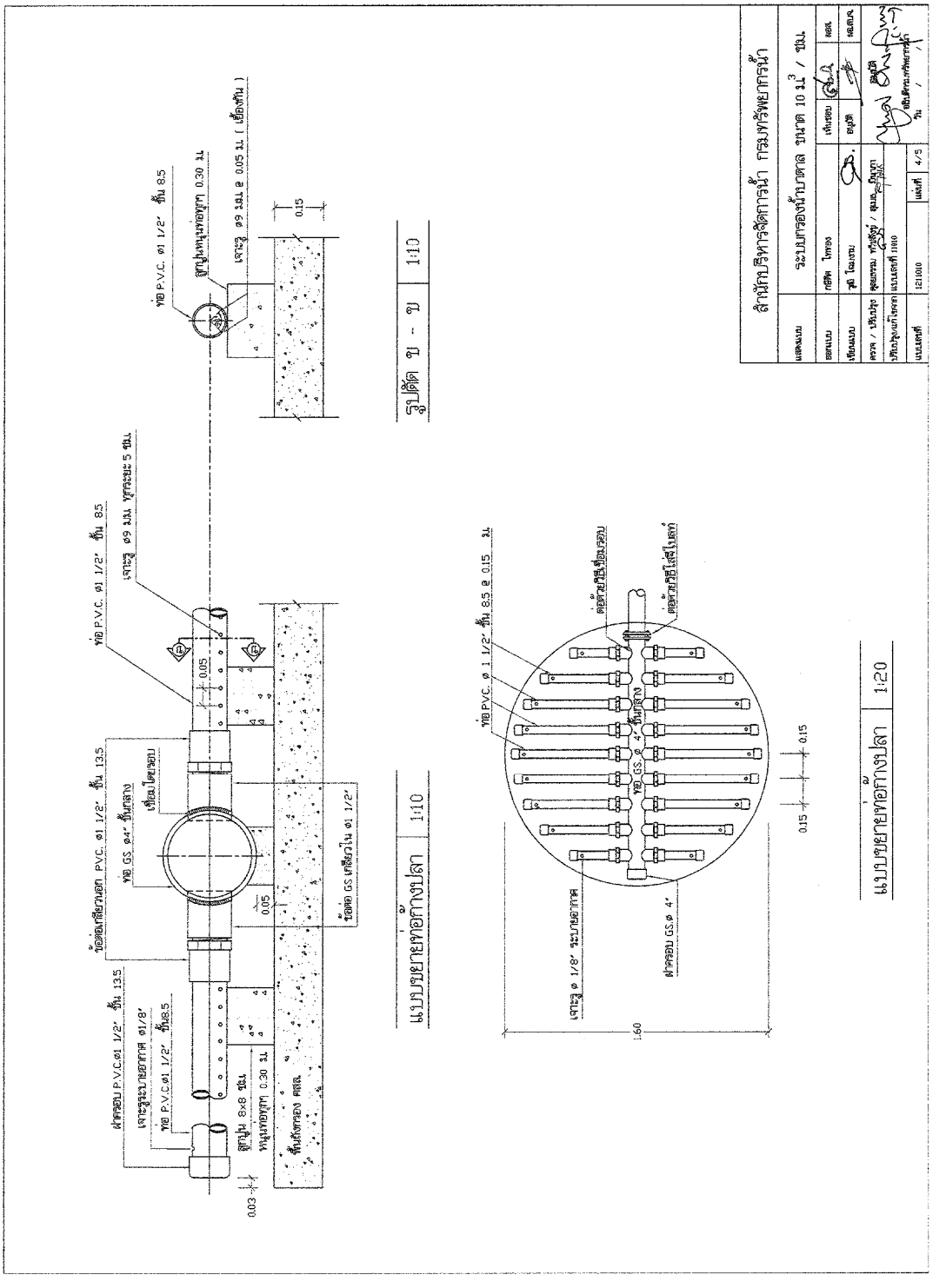
แบบประปาบาดาลขนาดใหญ่ตามแบบของกรมทรัพยากรน้ำ 2546

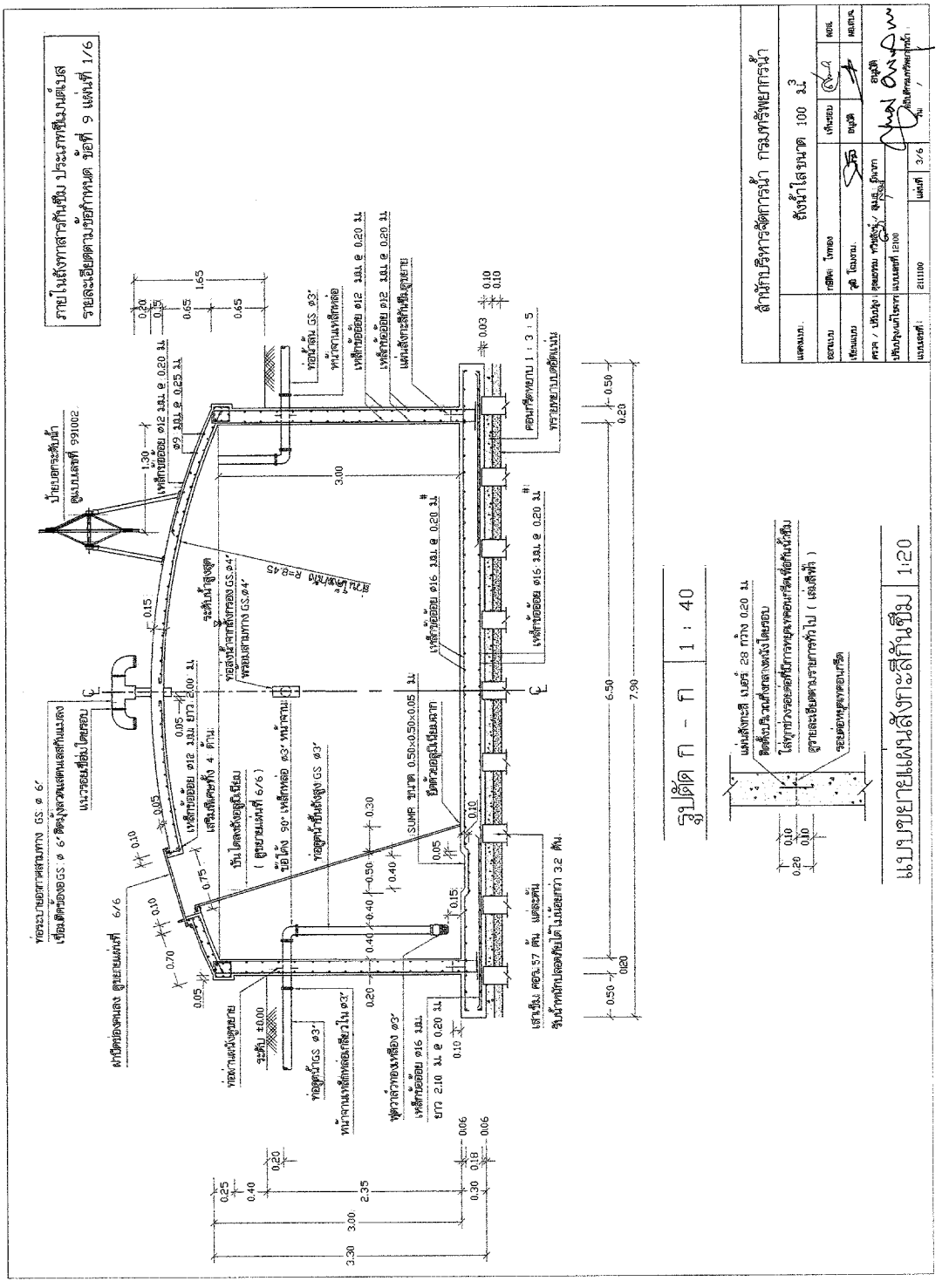

แบบมาตรฐานประปาหมู่บ้าน แบบกลางขนาดใหญ่
สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ
กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
พุทธศักราช 2546

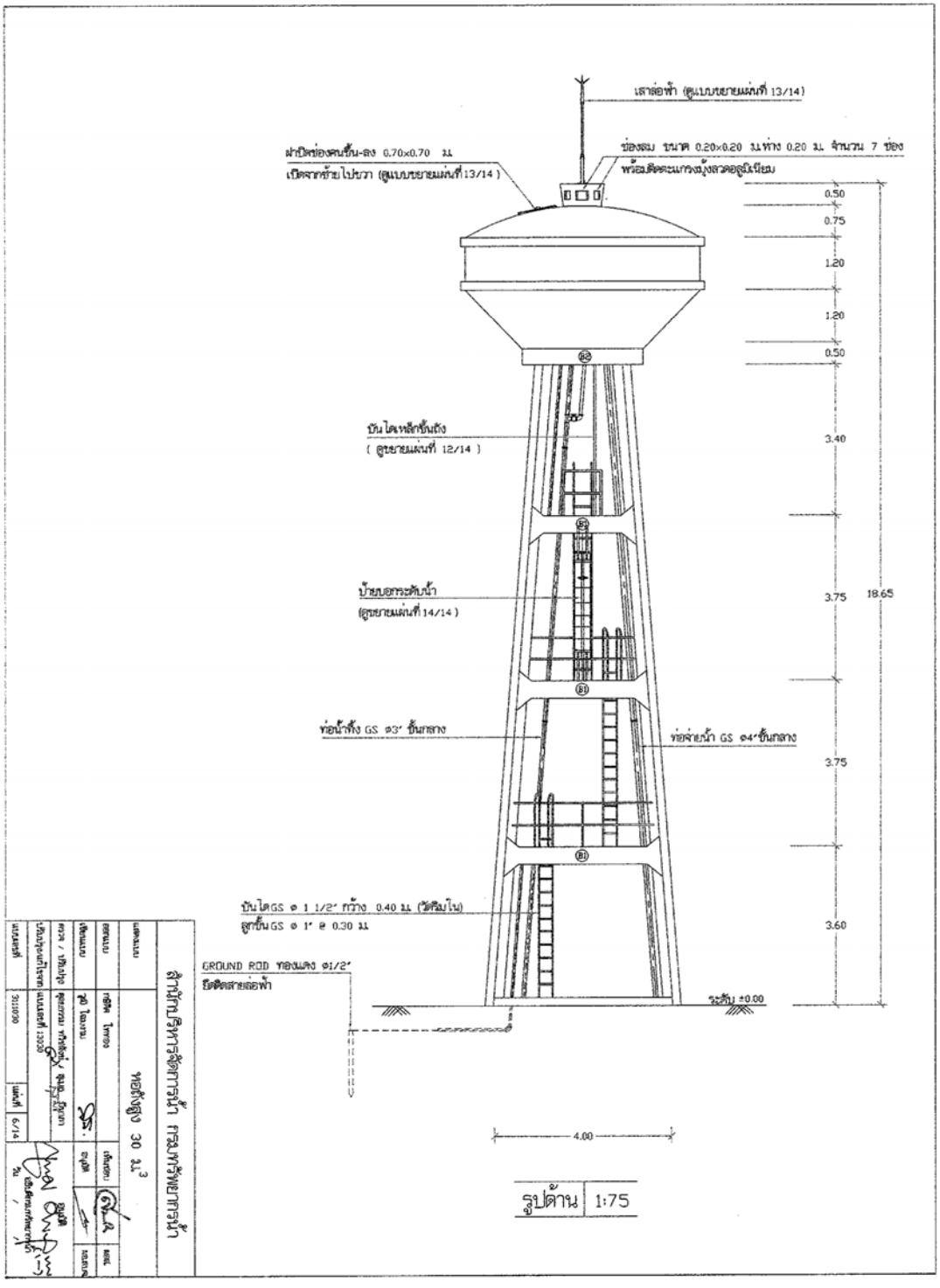

ค่ายทหารศิริหารัชดาการน้ำ กรมการรักษาการน้ำ
โรงสูบน้ำ
รูปด้าน 1 1 : 50
รูปด้าน 2 1 : 50
รูปด้าน 3 1 : 50
412003
2/7

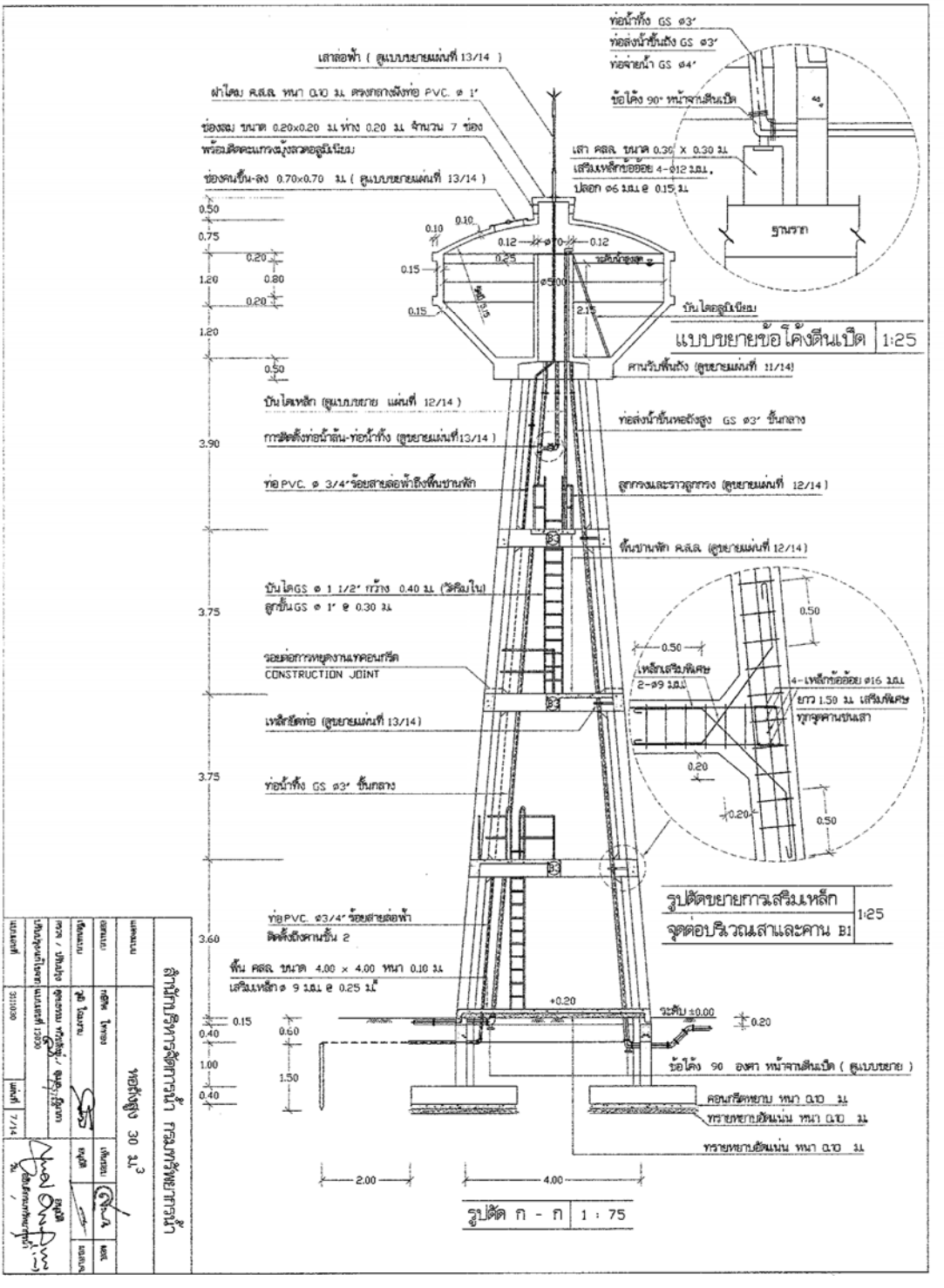

สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ
โรงสูบน้ำ
รูปตัด ก - ก 1 : 30
หมายเหตุ : กระเบื้องลอนคู่ชนิดใยหินผสมลูกฟูกต้องยึดติดกับแป้นเกล็ดให้เรียบร้อย
ให้เข้ารูปรายการ F1 , ที่ฝัน S , ตาม B1 ตามแบบขยายหน้าที่ 6/7


สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ
ระบบกรองน้ำบาดาล ขนาด 10 ลบ.ม. / ชม.
รูปตัด ก - ก 1 : 25
ตารางบันทึกการตรวจวัดกรอง
ผังบังคับการกรองน้ำใน ไม้ทางสาธารณะ ประกาศที่ดินบางแห่งปรับ
รายละเอียดตามบันทึกท้ายแผ่น บันทึกที่ 9 แผ่นที่ 1/5


สำนักโครงการจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ
ระบบการจ่ายน้ำบาดาล ขนาด 10 ม.3 / ชม.
รูปตัด ข - ข 1:10
แปลนขยายหัวท่อก้นปลา 1:10
แปลนขยายหัวท่อก้นปลา 1:20
ท่อ P.V.C. ø1 1/2" ชั้น 8.5
ท่อ P.V.C. ø1 1/2" ชั้น 13.5
ท่อ GS ø4" ชั้นกลาง
ท่อ GS. ø 4" ชั้นกลาง
ท่อ P.V.C. ø 1 1/2" ชั้น 8.5 @ 0.15 ม.
ฝาครอบ P.V.C.ø1 1/2" ชั้น 13.5
ฝาครอบ GS.ø 4"
เจาะรู ø 1/8" ระบายอากาศ
1.60
0.15
0.03
0.05
0.30


รูปตัด ก - ก 1 : 40
แสดงรายละเอียดหัวบ่อ 1:20
สำนักบริหารโครงการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ
ถังน้ำใสขนาด 100 ลบ.ม.


เสาล่อฟ้า (ดูแบบขยายแผ่นที่ 13/14)
ฝาปิดช่องคนขึ้น-ลง 0.70x0.70 ม.
เปิดจากซ้ายไปขวา (ดูแบบขยายแผ่นที่ 13/14)
ช่องลม ขนาด 0.20x0.20 ม.ห่าง 0.20 ม. จำนวน 7 ช่อง
พร้อมติดตะแกงมุ้งลวดอลูมิเนียม
0.50
0.75
1.20
1.20
0.50
3.40
3.75
3.75
3.60
18.65
บันไดเหล็กขึ้นถัง
(ดูขยายแผ่นที่ 12/14)
บ้ายบอกระดับน้ำ
(ดูขยายแผ่นที่ 14/14)
ท่อน้ำทิ้ง GS ø3" ขึ้นกลาง
ท่อจ่ายน้ำ GS ø4"ขึ้นกลาง
บันได GS ø 1 1/2" กว้าง 0.40 ม. (วัดวงใน)
ลูกขั้น GS ø 1" @ 0.30 ม.
GROUND ROD ทองแดง ø1/2"
ยึดติดสายล่อฟ้า
ระดับ ±0.00
4.00
รูปด้าน 1:75
สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ
ถังเก็บน้ำ ทรงสูง ขนาดจุ 30 ม.3


ท่อน้ำทิ้ง GS ø3"
ท่อส่งน้ำขึ้นถัง GS ø3"
ท่อจ่ายน้ำ GS ø4"
ข้อโค้ง 90° หน้าจานดีนเปิด
เสาล่อฟ้า (ดูแบบขยายแผ่นที่ 13/14)
ฝาไดอ. คสล. หนา 0.10 ม. ตรงกลางฝังท่อ PVC. ø 1"
ช่องลม ขนาด 0.20x0.20 ม.พร้อม 0.20 ม. จำนวน 7 ช่อง
พร้อมติดตะแกรงมุ้งลวดอลูมิเนียม
ช่องคนขึ้น-ลง 0.70x0.70 ม. (ดูแบบขยายแผ่นที่ 13/14)
เสา คสล. ขนาด 0.30 X 0.30 ม.
เสริมเหล็กข้ออ้อย 4-ø12 ม.ม.
ปลอก ø6 ม.ม.@ 0.15 ม.
ฐานราก
บันไดอลูมิเนียม
แบบขยายข้อโค้งดีนเปิด 1:25
คานรับพื้นถัง (ดูขยายแผ่นที่ 11/14)
บันไดเหล็ก (ดูแบบขยาย แผ่นที่ 12/14)
ท่อส่งน้ำขึ้นหอถังสูง GS ø3" ชั้นกลาง
การติดตั้งท่อน้ำลัน-ท่อน้ำทิ้ง (ดูขยายแผ่นที่13/14)
ท่อ PVC. ø 3/4"ร้อยสายล่อฟ้าลึงพื้นชานพัก
ลูกกรงและราวลูกกรง (ดูขยายแผ่นที่ 12/14)
พื้นชานพัก คสล. (ดูขยายแผ่นที่ 12/14)
บันไดGS ø 1 1/2" กว้าง 0.40 ม. (วัดริมใน)
สูงชั้นGS ø 1" @ 0.30 ม.
รอยต่อการหยุดงานเทคอนกรีต
CONSTRUCTION JOINT
เหล็กยึดท่อ (ดูขยายแผ่นที่ 13/14)
ท่อน้ำทิ้ง GS ø3" ชั้นกลาง
เหล็กเสริมพิเศษ
2-ø9 ม.ม.
4-เหล็กข้ออ้อย ø16 ม.ม.
ยาว 1.50 ม. เสริมพิเศษ
ทุกจุดคานบนเสา
รูปตัดขยายการเสริมเหล็ก
จุดต่อบริเวณเสาและคาน B1 1:25
ท่อ PVC. ø3/4" ร้อยสายล่อฟ้า
ติดตั้งถึงคานชั้น 2
พื้น คสล. ขนาด 4.00 x 4.00 หนา 0.10 ม.
เสริมเหล็ก ø 9 ม.ม. @ 0.25 ม.
ระดับ ±0.00
ข้อโค้ง 90 องศา หน้าจานดีนเปิด (ดูแบบขยาย)
คอนกรีตหยาบ หนา 0.10 ม.
ทรายหยาบอัดแน่น หนา 0.10 ม.
ทรายหยาบอัดแน่น หนา 0.10 ม.
รูปตัด ก - ก 1 : 75
สำนักสิ่งแวดล้อมและการประปา กรุงเทพมหานคร
หอถังสูง 30 ม.3

คู่มือ ทบ พ 11000-2550
การพิจารณาตัดสินใจสำหรับผู้ว่าจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 11000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง "2550" หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย (ก) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย (ป) เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

แหล่งน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งที่นักอุตสาหกรรม นักเกษตรกรรม ธุรกิจบริการและอื่นๆ นิยมใช้ โดยทั่วๆ ไปผู้ใช้จะว่าจ้างบริษัทเจาะน้ำบาดาลไปทำการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในกิจการต่างๆ โดยตรง ทั้งเพื่อการอุปโภคบริโภค การอุตสาหกรรม การเกษตร การปศุสัตว์ ตลอดจนธุรกิจเกี่ยวกับน้ำบรรจุขวดเพื่อการอุปโภคโดยตรง ทั้งนี้เพราะค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในระยะยาวของน้ำบาดาลถูกกว่าใช้น้ำประปาหรือน้ำผิวดิน แต่สิ่งที่ผู้ประสงค์จะจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาลมักประสบปัญหาเสมอ คือ ไม่สามารถจะว่าจ้างบริษัทที่มีมาตรฐานในการดำเนินงานสร้างความไว้ใจให้กับผู้ว่าจ้างตามวัตถุประสงค์ที่วาง

บริษัทผู้รับจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาลต้องพิจารณาให้รอบคอบเสียก่อนที่จะให้หลักประกันกับผู้ว่าจ้าง จุดมุ่งหมายของการจัดทำคู่มือฉบับนี้เพื่อให้ผู้ที่มีความประสงค์จะเจาะบ่อน้ำบาดาลมีข้อมูลเกี่ยวกับบริษัทรับจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล เพื่อประกอบการตัดสินใจว่าจะเลือกจ้างบริษัทใด หนังสือคู่มือฉบับนี้ได้แบ่งกลุ่มผู้ประกอบการเจาะบ่อน้ำบาดาลตามความพร้อมทั้งเครื่องมือและบุคลากร มีที่อยู่ของสถานประกอบการและหมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถติดตามสอบถามได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้รับจ้างและผู้ว่าจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล

2. ขอบเขต

2.1 คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้น เพื่อรวบรวมบริษัทภาคเอกชนที่รับจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล ซ่อมแซมบำรุงรักษาบ่อน้ำบาดาล ปรับปรุงคุณภาพและเครื่องสูบน้ำ ได้จัดทำทำเนียบผู้ประกอบการรับเหมาเจาะบ่อน้ำบาดาล พร้อมทั้งให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องเจาะและอุปกรณ์

2.2 จัดกลุ่มและจัดอันดับผู้ประกอบการ โดยพิจารณาตามประเภทเครื่องเจาะ เครื่องมือและอุปกรณ์ช่วยเจาะ ประสบการณ์และประวัติผลงานของบุคลากร

2.3 จัดทำทำเนียบผู้จำหน่ายอุปกรณ์เจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

3. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 2000-2550 การใช้และการแปลค่าข้อมูลหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ
- มาตรฐาน ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

- มาตรฐาน ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
- มาตรฐาน ทบ พ 6000-2550 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ
- มาตรฐาน ทบ พ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 2000-2550 การใช้และการแปลค่าข้อมูลหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะ
- คู่มือ ทบ พ 3000-2550 การออกแบบและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 4000-2550 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 5000-2550 การสูบทดสอบปริมาณน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 6000-2550 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนและหินจากหลุมเจาะ
- คู่มือ ทบ พ 7000-2550 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 8000-2550 การคัดเลือกและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ
- คู่มือ ทบ พ 9000-2550 การบำรุง รักษาบ่อน้ำบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 10000-2550 การออกแบบก่อสร้างและบริหารจัดการระบบประปาบาดาล
- คู่มือ ทบ พ 12000-2550 การประเมินราคากลางการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

4. ศัพท์บัญญัติ

4.1 คู่มือประกอบการตัดสินใจของผู้ว่าจ้างเจาะน้ำบาดาล หมายถึง คู่มือสำหรับผู้ว่าจ้างซึ่งประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับผู้รับจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล

4.2 ผู้ประกอบกิจการน้ำบาดาล (drilling contractor) หมายถึง ผู้รับจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาลซ่อมแซมบ่อน้ำบาดาลและเครื่องสูบ

4.3 ผู้จำหน่ายอุปกรณ์การเจาะและก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล (drilling and well construction equipment suppliers) หมายถึง ผู้จำหน่ายหรือตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์เกี่ยวกับเครื่องเจาะและอุปกรณ์ก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

4.4 บ่อน้ำบาดาล (groundwater well) หมายถึง บ่อที่เจาะลงไปใต้ดินและพบชั้นน้ำบาดาลมีปริมาณเพียงพอที่จะสูบขึ้นมาใช้ได้ และทำการลงท่อกรุ ท่อกรองน้ำ และวัตถุประกอบอื่นๆ ความหมายตามพรบ. น้ำบาดาล หมายถึง บ่อน้ำที่เกิดจากการเจาะน้ำบาดาล

4.5 ท่อกรุ (casing) หมายถึง ท่อโลหะหรือพีวีซีที่ใช้ใส่ลงไปในหลุมเจาะหรือบ่อเจาะในระหว่างการเจาะหรือหลังการเจาะ ใช้ซีเมนต์อัดกรุเข้าไปเพื่อให้บ่อติดยึดกับชั้นหิน เป็นท่อที่ป้องกันบ่อพัง ป้องกันการสูญเสียน้ำโคลนเจาะ นอกจากนี้ท่อกรุใช้ป้องกันไม่ให้น้ำบาดาลจากชั้นน้ำบาดาลลงไปปนกับชั้นน้ำบาดาลอื่นๆ

4.7 ท่อกรอง หมายถึง ท่อที่มีช่องว่างให้น้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำไหลเข้าบ่อน้ำบาดาล ช่องว่างของท่อเกิดจากการพันของลวดหรือการเซาะร่องของท่อ

5. ความสำคัญและการใช้งาน

5.1 คู่มือฉบับนี้ได้กล่าวถึงแนวทางสำหรับผู้ว่าจ้างในการพิจารณาจ้างเหมาเจาะบ่อน้ำบาดาลเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดคุ้มค่ากับการลงทุน

5.2 ข้อมูลการจัดกลุ่มของผู้ประกอบการเจาะบ่อน้ำบาดาล

5.3 ควรใช้ควบคู่กับชุดมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการเจาะและการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550 ถึง มาตรฐาน ทบ พ 7000-2550) และ ชุดคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (คู่มือ ทบ พ 1000-2550 ถึง คู่มือ ทบ พ 12000-2550)

5.4 สิทธิและหน้าที่ของทั้งผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล ทั้งนี้เพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520

6. ข้อแนะนำก่อนดำเนินการเจาะบ่อน้ำบาดาล

6.1 ก่อนดำเนินการซื้อที่ดินหรือดำเนินการก่อสร้างเพื่อประกอบธุรกิจใดๆ ที่จำเป็นต้องใช้น้ำบาดาล ควรมีความรู้ด้านแหล่งน้ำของพื้นที่หรือปรึกษาผู้ที่มีความรู้เรื่องแหล่งน้ำบาดาลของพื้นที่เสียก่อน

6.2 ผู้ประกอบการต้องทราบความต้องการใช้น้ำทั้งด้านปริมาณและคุณภาพน้ำตลอดจนมีแผนการใช้น้ำทั้งระยะสั้นและระยะยาว

6.3 ถ้าหากมีความต้องการใช้น้ำบาดาลปริมาณมาก เช่น เพื่อการอุตสาหกรรมหรือธุรกิจบริการ ควรทำการสำรวจหรือประเมินศักยภาพของแหล่งน้ำบาดาลตามหลักวิชาการ

6.4 ข้อกำหนดการเจาะบ่อน้ำบาดาล ควรปรึกษานักอุทกธรณีวิทยาหรือวิศวกรหรือผู้เชี่ยวชาญด้านการเจาะและพัฒนาน้ำบ่อบาดาล หรือหน่วยงานของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในเขตพื้นที่ต่างๆ

6.5 คู่มือฉบับนี้ได้จัดกลุ่มผู้ประกอบการเจาะบ่อน้ำบาดาลไว้สำหรับผู้ว่าจ้างเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาคัดเลือกผู้ประกอบการ

6.6 แนวทางในการเลือกผู้ประกอบการเจาะบ่อน้ำบาดาลแสดงไว้รายละเอียดในตารางที่ 1

6.7 ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องเจาะบ่อน้ำบาดาล อุปกรณ์ก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลได้กล่าวไว้ในมาตรฐานและคู่มือ ทบ พ 1000-2550 การเจาะเพื่อสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

7. การแบ่งกลุ่มผู้ประกอบการเจาะบ่อน้ำบาดาล

บริษัท ห้างหุ้นส่วน หรือผู้ประกอบกิจการน้ำบาดาลจะต้องได้รับการขึ้นทะเบียนผู้ประกอบกิจการน้ำบาดาลกับกรมทรัพยากรน้ำบาดาลหรือหน่วยงานราชการที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลมอบหมาย มีเครื่องเจาะบ่อน้ำบาดาลเป็นของตนเอง รวมทั้งมีบุคลากรพร้อมตามมาตรฐานการเจาะ (มาตรฐาน ทบ พ 1000-2550)

ผู้ว่าจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาลควรใช้เกณฑ์การแบ่งกลุ่มผู้ประกอบการเจาะบ่อน้ำบาดาล ดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับประกอบการพิจารณาว่าจ้างเจาะ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกตามศักยภาพของเครื่องเจาะ (ช่องที่ 3) ว่าเป็นบริษัทที่มีชุดเครื่องเจาะในหินแข็งหรือหินร่วนได้ ตามขนาดและความลึกที่ต้องการเจาะ รวมทั้งขนาดบ่อบาดาลที่ต้องการเจาะด้วย แต่ไม่ควรเลือกชุดเจาะขนาดใหญ่มาก ไปเจาะบ่อบาดาลขนาดเล็ก

ขั้นตอนที่ 2 คัดเลือกระบบการเจาะ (ช่องที่ 1) ผู้ประกอบการต้องเลือกบริษัทผู้รับจ้างที่มีเครื่องเจาะแบบหรือระบบใดแบบหนึ่ง (หรือสอง) ใน 3 แบบ เช่น แบบหมุนตรง แบบกระแทก หรือแบบผสม

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาจากประสบการณ์หรือผลงาน (ช่องที่ 7) เช่น บริษัทที่มีผลงานต่อเนื่องติดต่อกันยาวนาน หรืออย่างน้อย 3 ปีย้อนหลัง ยอมดีกว่ามีผลงานเว้นเป็นช่วง ระยะเวลานานๆ มูลค่าของสัญญาต่อบ่อเป็นเครื่องบ่งบอกปริมาณงานและ

ตารางที่ 1 เกณฑ์การแบ่งกลุ่มผู้ประกอบการเจาะบ่อน้ำบาดาล

ระบบการเจาะ	กลุ่มผู้ประกอบการ	ศักยภาพเครื่องเจาะ		ประสบการณ์บุคลากร (ปี) *		ผลงานต่อบ่อ (ล้านบาท)	การขึ้นทะเบียนกับกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ***
		ชนิดของหิน	ความลึก (ม.)	นักธรณีวิทยาหรือวิศวกร **	ช่างเจาะ **		
แบบหมุนตรง	ระดับ 1	ร่วน	> 300	> 10	> 20	> 2	√
		แข็ง	> 120	> 10	> 20	> 1	√
	ระดับ 2	ร่วน	200-300	> 7	> 15	> 1.5	√
		แข็ง	60-120	> 7	> 15	> 0.5	√
	ระดับ 3	ร่วน	80-200	> 5	> 7	> 0.5	√
		แข็ง	< 60	> 5	> 7	< 0.5	√
	ระดับ 4	ร่วน	< 80	< 5	< 7	-	√
		แข็ง	-	< 5	< 7	-	√
แบบหมุนดูดกลับ	ระดับ 1	ร่วน	> 300	> 10	> 15	> 2	√
	ระดับ 2	ร่วน	150-300	> 7	> 10	> 1	√
	ระดับ 3	ร่วน	<150	> 5	> 7	> 0.5	√
แบบกระแทก	ระดับ 1	แข็ง	> 100	> 5	> 10	> 0.5	√
	ระดับ 2	แข็ง	< 100	< 5	< 10	< 0.5	√

หมายเหตุ : * ตามมาตรฐาน ทบ พ 1002-2550 การเจาะเพื่อบ่อน้ำบาดาล

** บุคลากรที่เป็นนักธรณีวิทยาหรือวิศวกรรวมทั้งช่างเจาะที่มีใบอนุญาตจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ประจำบริษัทหรือห้างหุ้นส่วน

*** ตาม พรบ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520 แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550

ขนาดบ่อ เช่นราคา 5 ล้านบาท/บ่อ หรือ 1 แสนบาท/บ่อ หรือ 1 สัญญาแต่มีจำนวนบ่อมากฯ วงเงินสูง เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาที่ประสบการณ์บุคลากร (ช่องที่ 5 -6) โดยให้น้ำหนักไว้ที่ช่างเจาะมากกว่านักธรณีวิทยาเพราะช่างเจาะบ่อบาดาลที่มีความชำนาญคือผู้ที่ให้ความมั่นใจว่างานเจาะบ่อบดาลได้ผลสำเร็จที่แท้จริง ส่วนนักธรณีวิทยาคือองค์ประกอบส่วนรอง แต่หากผ่านงานมากกว่า 10 ปี ย่อมส่งผลให้ความเชื่อถือต่อบริษัทผู้รับจ้างนั้นๆ ได้สูง

ขั้นตอนที่ 5 พิจารณาการขึ้นทะเบียนกับกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ช่องที่ 8) ในเบื้องต้นนี้ขอเรียนว่า กรมฯ ยังไม่ได้ขึ้นบัญชีผู้ประกอบการ ซึ่งจะต้องดำเนินการในลำดับต่อไป บัญชีผู้ประกอบการในภาคผนวก ค รวบรวมมาจากสำนักควบคุมกิจการน้ำบาดาล ซึ่งต้องปรับปรุงแก้ไขทุก 1-2 ปี ในทันสมัยเสมอ

ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาที่กลุ่มผู้ประกอบการ (ช่องที่ 2) ยกตัวอย่างระดับ 1 คือ ผู้ประกอบการที่มีชุดเจาะขนาดใหญ่ คือ สามารถเจาะบ่อบาดาลได้ทั้งหินร่วนและหินแข็ง ความลึกมากกว่า 300 เมตร ระดับ 2, 3 และ 4 คือผู้ประกอบการที่มีชุดเจาะขนาดเล็ก ตามลำดับ

8. ขั้นตอนและแนวทางประกอบการตัดสินใจว่าจ้างเจาะบ่อน้ำบาดาล

ผู้ประกอบการที่มีความประสงค์เจาะบ่อน้ำบาดาลก่อนดำเนินการควรพิจารณาดังนี้

8.1 ทราบความต้องการใช้น้ำที่แน่นอนก่อนตกลงว่าจ้าง เช่น อัตราการใช้น้ำ ปริมาณและคุณภาพน้ำที่เหมาะสมกับธุรกิจ รวมทั้งแนวโน้มความต้องการน้ำในอนาคต ว่าอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร

8.2 ขอคำแนะนำจากผู้มีความรู้ เช่น หน่วยงานราชการ และบริษัทผู้รับจ้างเจาะบ่อบาดาล หรือบริษัทที่ปรึกษาด้านน้ำบาดาล ในสาระสำคัญเบื้องต้นดังนี้ (1) แหล่งน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ของท่านมีโอกาสสูงที่สามารถเจาะเป็นบ่อน้ำบาดาลได้น้ำตามความต้องการ (2) พื้นที่มีศักยภาพในการให้น้ำประมาณร้อยละเท่าไหร่ (3) ถ้าแหล่งน้ำบาดาลไม่มีศักยภาพเพียงพอต่อความต้องการ ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้ท่านตัดสินใจไม่ควรดำเนินการจัดซื้อที่ดินหรืออาจมีความจำเป็นต้องสำรวจขั้นรายละเอียดต่อไป

8.3 พิจารณาผลการสำรวจหรือประเมินศักยภาพของแหล่งน้ำบาดาลของพื้นที่ที่จะพัฒนาอย่างรอบคอบ ถ้าหากมีความจำเป็นต้องพิจารณารายละเอียดอาจขอความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญ

8.4 ปฏิบัติตามกฎหมายน้ำบาดาล เช่น ต้องมีใบอนุญาตเจาะบ่อน้ำบาดาล และต้องมีใบอนุญาตการใช้น้ำบาดาลจึงจะสามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้

8.5 ตำแหน่งจุดเจาะ ความลึก และขนาดบ่อบาดาล ให้เป็นไปตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญน้ำบาดาล

8.6 วัสดุในการก่อสร้างบ่อ เช่น ท่อกรุ ท่อกรอง ชนิด และขนาดของท่อกรุ ท่อกรอง และวิธีการติดตั้งให้เป็นไปตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญน้ำบาดาล

8.7 ชนิดและขนาดของเครื่องสูบน้ำ และวิธีการติดตั้งให้เป็นไปตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญน้ำบาดาล

8.8 การคัดเลือกผู้รับจ้าง ทำได้โดย (1) ให้ผู้รับจ้างเสนอราคาตามลักษณะรายละเอียดของงานเจาะบ่อบาดาล (2) ให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการและขั้นตอนการเจาะบ่อบาดาล (3) ให้ผู้รับจ้างนำเสนอเครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน (4) ให้ผู้รับจ้างแนบใบรับรองผลงาน 2 ปีย้อนปลัง (5) อื่นๆ

เมื่อที่ปรึกษาได้พิจารณาในเบื้องต้นแล้ว ผู้ประกอบการต้องตัดสินใจเลือกผู้รับจ้างในขั้นสุดท้าย

8.9 สัญญาว่าจ้างงานเจาะบ่อบาดาลเป็นข้อตกลงที่ผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้างยอมรับปฏิบัติตาม มีรายละเอียดตรงตามลักษณะงานที่ต้องปฏิบัติทุกขั้นตอน

8.10 การตรวจรับงานและการส่งมอบงาน การตรวจรับงานบ่อบาดาลควรดำเนินการตั้งแต่เริ่มเคลื่อนย้ายชุดเจาะเข้าปฏิบัติงานจนแล้วเสร็จ ผู้ประกอบการสามารถแต่งตั้งตัวแทนที่เป็นวิศวกรหรือนักอุทกธรณีวิทยาไว้ควบคุมดูแลงานก่อสร้างบ่อบาดาลทุกๆ ขั้นตอน

9. เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548. รายชื่อผู้ประกอบการเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สมาคมน้ำบาดาลไทย, 2547. ทำเนียบสมาชิกสมาคมน้ำบาดาลไทย สมาคมน้ำบาดาลไทย.

10. ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตัวอย่างข้อกำหนดคุณลักษณะการจ้างเหมาเจาะบ่อน้ำบาดาล

ภาคผนวก ข ตัวอย่างข้อกำหนดการจ้างเหมาเจาะบ่อบาดาล โครงการเจาะบ่อบาดาล แบบกรวดกรุรอบท่อ ASTM

ภาคผนวก ค ตัวอย่างข้อกำหนดงานเจาะบ่อน้ำบาดาลพร้อมอุปกรณ์

ภาคผนวก ง ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ

ภาคผนวก จ รายชื่อสมาชิกช่างเจาะน้ำบาดาลแห่งประเทศไทย

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างข้อกำหนดทั่วไปการจ้างเหมาเจาะบ่อน้ำบาดาล

1. วัตถุประสงค์

ข้าพเจ้า.....(ผู้ว่าจ้าง).....มีความประสงค์จ้างเหมาเจาะบ่อน้ำบาดาล จำนวน ..... บ่อ ความลึก.....ม. แต่ละบ่อจะต้องสูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า.....ลบ.ม./ชม.

2. สถานที่เจาะ

(ตามรายละเอียดเอกสารหมายเลข.....)

3. เงื่อนไขทั่วไป

3.1 ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลอุทกธรณีวิทยาที่ชัดเจน ผู้รับจ้างอาจต้องทำการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดินหรือใต้ดินเพิ่มเติม

3.2 บ่อน้ำบาดาลจะต้องสามารถสูบน้ำได้ปริมาณไม่น้อยกว่า.....ลบ.ม./ชม.

3.3 คุณภาพน้ำบาดาลรสจืด (ปริมาณคลอไรด์ไม่เกิน 600 มก./ล.) ใสสะอาด ไม่มีตะกอนขุ่นจากดินและทรายปะปน

3.4 วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้งต้องเป็นของใหม่ ไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อน

3.5 ข้อขัดแย้งซึ่งเกิดขึ้นจากแบบหรือรายการประกอบแบบจะต้องอยู่บนดุลยพินิจ และการตัดสินใจของที่ปรึกษาหรือผู้เชี่ยวชาญที่ขึ้นทะเบียนกับกรมทรัพยากรน้ำบาดาล เพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

3.7 ผู้รับจ้างจะเป็นผู้รับมอบอำนาจจากผู้ว่าจ้างในการยื่นคำขอใบอนุญาตเจาะและใช้น้ำบาดาลตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล

4. รายละเอียดการดำเนินการ

4.1 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์เพื่อตรวจสอบสภาพชั้นน้ำบาดาลและกำหนดจุดเจาะที่เหมาะสมในกรณีที่จำเป็น

4.2 เครื่องเจาะบ่อน้ำบาดาลจะต้องมีสมรรถนะที่สามารถเจาะได้ความลึกและขนาดหลุมเจาะ เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในสัญญา

4.3 บ่อน้ำบาดาลเป็นแบบใส่ท่อกรุตลอดความลึกของบ่อ ไม่น้อยกว่า.....ม.

4.4 ขนาดหลุมเจาะ หลุมเจาะในชั้นดิน กรวด ทราย ต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง มากกว่าท่อกรุ ท่อกรองน้ำ ไม่น้อยกว่า.....มม. (.....นิ้ว) ถ้าเป็นหินแข็งต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่าท่อกรุ ท่อกรองน้ำ ไม่น้อยกว่า .....มม. (.....นิ้ว) ตลอดความลึกของบ่อ

4.5 ผู้รับจ้างต้องเก็บตัวอย่างดินหรือหินที่ได้จากการเจาะทุกๆ ระยะ 1 ม. หรือเมื่อหินเปลี่ยนชั้น ใส่ถาดเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ขนาดตะกอนตามมาตรฐาน ทบ 6000-2550 เพื่อส่งมอบให้ผู้ว่าจ้างและหรือนักธรณีวิทยาตรวจสอบ

4.6 การเลือกชั้นน้ำบาดาล เป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างจะต้องสำรวจเลือกชั้นน้ำบาดาลที่ให้น้ำจืด คุณภาพดี ปริมาณน้ำมาก และปริมาณน้ำไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในสัญญา

4.7 ท่อกรุท่อกรองบ่อน้ำบาดาลในชั้นดิน กรวด ทราย ใช้ท่อกรุ..... ชนิด.....ผลิตตามมาตรฐาน.....ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง.....มม. (.....นิ้ว) ชั้นคุณภาพ.....ท่อกรอง ชนิด .....ผลิตตามมาตรฐาน.....ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง.....มม. (.....นิ้ว) ชั้นคุณภาพ..... ตามความเหมาะสมของขนาดเม็ดทรายและชั้นหิน

4.8 ท่อรับทรายมีขนาดและประเภทเดียวกับท่อกรุ ความยาวไม่น้อยกว่า.....ม. ปลายด้านล่างปิด

4.9 กรวดกรุบ่อใช้กรวดแม่น้ำคัดขนาดตามความเหมาะสมของชั้นหินอุ้มน้ำ ก่อนกรุกรวดต้องล้างทำความสะอาดกรวดด้วยน้ำยาคลอรีนความเข้มข้นประมาณ 75 มก./ล. โดยกรุรอบท่อกรองสูงขึ้นมาเหนือระดับท่อกรองไม่น้อยกว่า 5 ม. หรือตามความเหมาะสมของความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ

4.10 ผนึกข้างบ่อด้วยดินเหนียวน้ำจืดบนกรวดกรุ จนถึงระยะความลึกไม่น้อยกว่า 6 ม. จากผิวดิน ที่เหลือให้ผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์จนถึงระดับผิวดินเพื่อป้องกันน้ำจากภายนอกซึมลงข้างท่อกรุเข้าบ่อน้ำบาดาล

4.11 ลานคอนกรีตฐานบ่อมีขนาด 1.5 ม. x 1.5 ม. x 0.15 ม.

4.12 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ต้องทำการเป่าล้างพัฒนาบ่อน้ำบาดาลด้วยเครื่องอัดลมขนาดแรงลมและแรงดันมากพอหรือวิธีอื่นที่เหมาะสมที่จะทำให้น้ำใสสะอาดและน้ำไหลเข้าบ่อได้ดี

4.13 การสูบทดสอบปริมาณน้ำ

4.13.1 หลังจากได้ทำการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล จนน้ำใสสะอาดแล้วจะต้องปล่อยให้ระดับน้ำคืนตัวสู่ระดับปกติ จึงจะเริ่มทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำได้

4.13.2 ต้องดำเนินการสูบทดสอบปริมาณน้ำโดยวิธีการสูบอัตราคงที่ไม่น้อยกว่า.....ลบ.ม./ชม. โดยสูบอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า.....ชั่วโมง หรือจนกว่าระดับน้ำคงที่แล้วไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง และเก็บบันทึกข้อมูลรายงานต่อผู้ว่าจ้าง

4.13.3 การวัดระดับน้ำให้ใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบไฟฟ้า (electric tape)

4.13.4 การวัดอัตราการไหลของน้ำให้ใช้มาตรวัดน้ำ (flow meter) หรือวัดด้วยวิธีอื่นๆ

4.14 การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำบาดาลเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพ ให้เก็บตัวอย่างในขณะทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำ ตามมาตรฐาน ทบ พ 7000-2550

4.15 การฆ่าเชื้อโรค เมื่อก่อสร้างบ่อเสร็จให้ทำการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนความเข้มข้นประมาณ 75 มก./ล. หรือประมาณ 120 กรัม ต่อน้ำในบ่อ 1,000 ลิตร ใส่ทิ้งในบ่อไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง แล้วเป่าหรือสูบทิ้งจนกระทั่งหมดกลิ่นคลอรีน

4.16 การปรับสภาพพื้นที่ เมื่อได้ทำการเจาะบ่อน้ำบาดาลแล้วผู้รับจ้างจะต้องปรับสภาพพื้นที่ โดยการกลบเกลี่ยผิวดินให้เรียบร้อยตามสภาพผิวดินเดิม

4.17 การรายงานผลการดำเนินการ ผู้รับจ้างต้องรวบรวมข้อมูล และจัดทำรายงานผลการปฏิบัติงาน ตามแบบฟอร์มที่ได้รับจากผู้ว่าจ้าง ซึ่งคณะกรรมการตรวจการจ้างมีสิทธิ์ที่จะเรียกดูได้ตลอดเวลา สิ่งที่ผู้รับจ้างจะต้องส่งมอบก่อนการส่งมอบงานมีดังนี้

4.17.1 ข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์วิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (ถ้ามี)

4.17.2 รายงานการปฏิบัติงานประจำวัน (แบบ นบ./3)

4.17.3 รายงานการทดสอบปริมาณน้ำและการวัดระดับน้ำคืนตัว (นบ./4)

4.17.4 รายงานประวัติบ่อน้ำบาดาล (นบ./5)

4.17.5 ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4.17.6 ตัวอย่างดิน หิน จากการเจาะพร้อมคำบรรยายทางธรณีวิทยา

4.17.7 ตัวอย่างน้ำ

4.18 การขออนุญาตใช้น้ำบาดาลตาม พรบ. น้ำบาดาล 2520 ผู้รับจ้างรับมอบอำนาจจากผู้ว่าจ้างในการยื่นขอใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลต่อพนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่

5. ผู้มีสิทธิ์ประกวดราคา

ผู้มีสิทธิ์ประกวดราคาจะต้องมีคุณสมบัติเพื่อแสดงว่าสามารถที่จะทำการเจาะและก่อสร้างบ่อเป็นไปตามมาตรฐาน พรบ. น้ำบาดาล โดยจะต้องแสดงหลักฐานต่าง ๆ ประกอบการเสนอราคาดังต่อไปนี้ :-

5.1 เป็นบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคล ที่มีทุนจดทะเบียนตามกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ที่กระทรวงพาณิชย์ไม่น้อยกว่า.....ล้านบาท

5.2 เป็นผู้ที่มีอาชีพรับจ้างทำงานด้านสำรวจน้ำบาดาลและเจาะบ่อน้ำบาดาล โดยมีรถเจาะ อุปกรณ์การเจาะ เครื่องสำรวจน้ำบาดาล เป็นของตนเอง โดยแสดงหลักฐานความเป็นเจ้าของรถเจาะและเครื่องสำรวจน้ำบาดาลแนบในใบเสนอราคา

5.3 มีวิศวกรหรือนักธรณีวิทยาและช่างเจาะที่ได้รับหนังสือรับรองจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลไม่เกิน 5 ปี เป็นพนักงานประจำ ทำหน้าที่ควบคุมการเจาะและอุดกลบบ่อน้ำบาดาล ตามหลักเกณฑ์ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ออกตามความในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมตามพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 โดยแนบหนังสือรับรองจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลของวิศวกรหรือนักธรณีวิทยาและช่างเจาะพร้อมหลักฐานแสดงการเป็นพนักงานประจำแนบในใบเสนอราคา

5.4 มีผลงานการสำรวจน้ำบาดาลกับทางราชการหรือเอกชนเป็นมูลค่าไม่น้อยกว่า ..... บาท ภายในระยะเวลาไม่เกิน ..... ปี นับแต่วันยื่นซองประกวดราคา

5.5 มีผลงานการเจาะบ่อน้ำบาดาลกับทางราชการหรือเอกชนเป็นมูลค่าไม่น้อยกว่า .....บาท ภายในระยะเวลา ไม่เกิน ..... ปี นับแต่วันยื่นซองประกวดราคา

5.6 ไม่เป็นผู้ที่ถูกแจ้งเรียนชื่อเป็นผู้ทิ้งงานของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นหรือเอกชน

6. การส่งมอบงานและตรวจการจ้าง

6.1 กำหนดส่งมอบงานภายใน ..... วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

6.2 การส่งมอบงานและการจ่ายเงิน ผู้รับจ้างสามารถส่งมอบงานได้เป็นงวด .....

6.3 ส่งมอบงานแต่ละบ่อ ณ สถานที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล

6.4 การส่งมอบบ่อน้ำบาดาล ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาเครื่องมือวัดความลึกของบ่อ เครื่องวัดระดับน้ำและตรวจวัดต่อหน้าคณะกรรมการ

6.5 คณะกรรมการตรวจการจ้างสงวนสิทธิ์ที่จะให้ผู้รับจ้างทำการทดสอบปริมาณน้ำต่อคณะกรรมการตรวจการจ้างอีกครั้งก็ได้

6.6 กรณีทดสอบปริมาณน้ำได้น้ำน้อยกว่าสัญญา หรือต่ำกว่าร้อยละ....คณะกรรมการตรวจการจ้างสงวนสิทธิ์ที่จะไม่รับบ่อน้ำบาดาลได้แต่หากรับไว้ใช้เป็นบ่อสังเกตุการณ์ได้

6.7 กรณีคุณภาพน้ำบาดาลมีปริมาณคลอไรด์เกิน 600 มก./ล. ให้อ้างอิงบ่อข้างเคียงได้และขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของคณะกรรมการตรวจการจ้าง

7. การจ่ายเงิน

7.1 ผู้ว่าจ้างให้ผู้รับจ้างเป็นงวดเพื่อส่งงานครบจำนวนตามกำหนดในข้อ 6. หรือเมื่อส่งงานครบจำนวนตามสัญญา

7.2 กรณีที่ความลึกบ่อน้อยกว่าสัญญาให้ปรับลดอัตรา.....บาท/ม. และหากได้น้ำน้อยกว่าสัญญาให้ปรับลดอัตรา.....บาท/ ลบ.ม. และหากรับไว้ใช้เป็นบ่อสังเกตุการณ์ให้จ่ายเงินเพียงร้อยละ.....ของสัญญา

8. การปรับ

หากผู้รับจ้างไม่สามารถทำงานให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ในสัญญาและผู้ว่าจ้างยังมิได้บอกเลิกสัญญา ผู้รับจ้างจะต้องชำระค่าปรับให้แก่ผู้ว่าจ้างเป็นรายวัน ในอัตราร้อยละ ..... ของราคางานจ้างนั้น

9. การรับประกันผลงาน

ผู้รับจ้างจะต้องรับประกันความชำรุดบกพร่องของบ่อน้ำบาดาล เนื่องจากการใช้งานตามปกติ เป็นเวลา ..... ปี นับถัดจากวันที่ส่งมอบบ่อน้ำบาดาลให้กับผู้ว่าจ้าง

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างข้อกำหนดคุณลักษณะการจ้างเหมาเจาะบ่อบาดาล
(กรณีใช้ท่อหลายประเภท)

1. วัตถุประสงค์

องค์การบริหารส่วนตำบล..... มีความประสงค์จ้างเหมาเจาะบ่อน้ำบาดาล ตามรูปแบบบ่อน้ำบาดาล จำนวน 1 บ่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มม. ความลึกพัฒนาเฉลี่ย 300 ม. แต่ละบ่อจะต้องสูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า 8 ลบ.ม./ชม.

2. สถานที่เจาะ

บ้าน.....หมู่ที่.....ตำบล.....อำเภอ .....จังหวัด .....

3. รายละเอียดทั่วไป

- ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาแรงงาน วัสดุ เครื่องมือ เครื่องใช้ในการสำรวจเจาะและสร้างบ่อน้ำบาดาลสามารถเจาะบ่อน้ำบาดาล ที่ความลึกพัฒนาเฉลี่ย 300 ม. สามารถให้ปริมาณน้ำได้ไม่น้อยกว่า 8 ลบ.ม./ชม. (จากผลการทดสอบปริมาณน้ำ)
- ผู้รับจ้างต้องทำการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ก่อนทำการเจาะบ่อน้ำบาดาล เพื่อสำรวจสภาพชั้นน้ำบาดาลและกำหนดจุดเจาะความลึกที่เหมาะสม
- บ่อน้ำบาดาลจะต้องสามารถสูบน้ำได้ปริมาณน้ำไม่น้อยกว่า 8 ลบ.ม./ชม. ที่การสูบน้ำอย่างต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 3 ชั่วโมง
- คุณภาพน้ำบาดาลรสจืด ใสสะอาดไม่มีตะกอนขุ่น ปริมาณคลอไรด์ไม่เกิน 600 มก./ล.หรืออยู่ในดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน คณะกรรมการตรวจการจ้างและประชาชนผู้ใช้น้ำในพื้นที่
- ผู้ว่าจ้างจะถือว่าผู้รับจ้างยินยอมปฏิบัติตามข้อกำหนด ในแบบของผู้ว่าจ้างและรายการทุกรายการประการ หากภายหลังมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในด้านปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบเองทั้งสิ้น โดยจะเรียกร้องค่าใช้จ่ายใดๆ มิได้
- วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้งทุกรายการต้องเป็นของใหม่ ไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อน
- หากสิ่งใดไม่ได้ระบุไว้ในแบบและรายการ แต่จำเป็นต้องทำเพื่อให้งานลุล่วง ตามหลักวิชาการและหลักวิศวกรรม ผู้รับจ้างจำเป็นต้องจัดทำโดยไม่คิดมูลค่าใดๆ
- ข้อขัดข้อง ซึ่งเกิดขึ้นจากแบบหรือรายการประกอบแบบจะต้องอยู่ในดุลพินิจและการตัดสินใจของผู้ว่าจ้าง ทั้งนี้เพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยผู้รับจ้าง จะเรียกร้องค่าใช้จ่ายใดๆ เพิ่มเติมมิได้
- ผู้รับจ้างจะเป็นผู้รับมอบอำนาจจากผู้ว่าจ้างในการยื่นขอรับใบอนุญาตเจาะน้ำบาดาล ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ใน พรบ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ค่าธรรมเนียมในการยื่นขอและค่าใบอนุญาต จำนวนเงิน 510 บาท เป็นภาระของผู้รับจ้าง

- ผู้ว่าจ้างสงวนสิทธิที่จะบอกเลิกสัญญาการจ้าง หากการดำเนินการของผู้รับจ้าง เป็นไปด้วยความล่าช้า หรือตรวจสอบแล้วเห็นว่าไม่พร้อมดำเนินการให้เป็นไปตามกำหนดได้ อันจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อทางราชการ

4. รายละเอียดการดำเนินการ

4.1 การสำรวจธรณีฟิสิกส์

ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินกี่สำรวจธรณีฟิสิกส์ เพื่อตรวจสอบสภาพชั้นน้ำบาดาลและกำหนดจุดเจาะที่เหมาะสม โดยวิธีการวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดิน/ชั้นหิน (resistivity sounding) รูปแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจร์ จำนวนไม่น้อยกว่าหมู่บ้านละ 2 จุดสำรวจ โดยแต่ละจุดต้องสำรวจถึงระยะห่างระหว่างขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (AB/2) ไม่น้อยกว่า 300 ม. ทำการแปลความหมายผลการสำรวจของทุกจุดเพื่อกำหนดเจาะบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม ณ หมู่บ้านนั้นๆ โดยมีหลักหมุดแสดงตำแหน่งเจาะน้ำบาดาลที่เห็นได้อย่างชัดเจน พร้อมผังแสดงตำแหน่งจุดสำรวจและจุดกำหนดเจาะบ่อน้ำบาดาลและจัดทำรายงานผลการสำรวจ

หากผลการสำรวจไม่พบชั้นน้ำบาดาล หรือคุณภาพน้ำบาดาล กร่อย เค็ม ไม่มีแหล่งน้ำจืด ให้ทำรายงานผลการสำรวจต่อผู้ควบคุมงานก่อสร้างเพื่อขอเปลี่ยนสถานที่เจาะใหม่

4.2 เครื่องจักรเจาะน้ำบาดาล

- เครื่องจักรเจาะบ่อให้ใช้เครื่องจักรเจาะบ่อน้ำบาดาลแบบหมุนตรง (direct rotary) หรือแบบกระแทก (percussion) หรือแบบผสม (combination) มีเครื่องยนต์เป็นต้นกำลังสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

- มีเสากระโดง (mast) ยาวไม่น้อยกว่า 6 ม. หรือสามารถยกท่อกรุบ่อความยาว 6 ม. ลงบ่อบาดาลหรือถอนขึ้นได้โดยสะดวก

- สามารถเจาะในชั้นกรวดทรายด้วยหัวเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มม. ตลอดความลึกไม่ต่ำกว่า 75 ม. หรือสามารถเจาะในชั้นหินแข็งได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 200 มม. ตลอดความลึกไม่ต่ำกว่า 75 ม.

4.3 การก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

4.3.1 บ่อน้ำบาดาลแบบกรวดกรุรอบท่อให้ใช้กรวดแม่น้ำคัดขนาดตามความเหมาะสมของชั้นน้ำ ใส่รอบท่อกรองในช่วงชั้นกรวดทรายให้น้ำ เหนือกรวดกรุ ใส่ดินเหนียวน้ำจืดทับกรวดกรุจนถึงความลึกไม่น้อยกว่า 6 ม. จากระดับผิวดิน ช่วงที่เหลือผนึกด้วยซีเมนต์จนถึงผิวดินเทลานคอนกรีต เป็นชานบ่อ ขนาด 1.5 ม. x 1.5 ม. x 0.15 ม.

4.3.2 บ่อบาดาลแบบบ่อเปิด (open hole) การสร้างบ่อบาดาลในชั้นหินแข็ง สามารถสร้างบ่อบาดาล แบบบ่อเปิด โดยการลงท่อกรุบ่อจนถึงหินแข็ง โดยที่ผนังบ่อต้องแข็งแรงไม่พังชำรุดในภายหลังและจะต้องผนึกด้วยซีเมนต์ระหว่างท่อกรุกับผนังบ่อ จนถึงความลึก 6 ม. จากผิวดิน และเทลานคอนกรีตเป็นชานบ่อ ขนาด 1.5 ม. x 1.5 ม. x 0.15 ม.

4.4 ขนาดหลุมเจาะ

- บ่อบาดาลแบบ กรวดกรุรอบท่อ หลุมเจาะต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 300 มม. ตลอดความลึก สามารถใส่ท่อกรุ ท่อกรอง ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มม. ได้สะดวกไม่เบียดข้างบ่อ

- บ่อบาดาลแบบบ่อเปิดหลุมเจาะ ต้องไม่น้อยกว่า 150 มม. และผนังบ่อต้องแข็งแรงพอ และไม่ชำรุดภายหลัง หลุมเจาะต้องกลม และตั้งฉากกับผิวดิน

4.5 การเก็บตัวอย่างดิน หรือหิน ให้เก็บตัวอย่างดินหรือหินที่ได้จากการเจาะทุกๆ ระยะ 1.50 ม. ที่เจาะผ่านใส่ภาชนะที่จัดทำเป็นช่องๆ หลังจากเสร็จงานแล้วให้เก็บใส่ถุงพลาสติกอย่างดี ตัวอย่างละประมาณ 300 กรัม พร้อมระบุ ความลึก สถานที่ ของตัวอย่างกำกับลงบนถุงด้วย เพื่อส่งมอบให้ผู้ว่าจ้างตรวจสอบ

4.6 การเลือกชั้นน้ำเป็นหน้าที่ของผู้รับจ้าง ผู้รับจ้างจะรับผิดชอบเกี่ยวกับการวิเคราะห์สภาพชั้นน้ำด้วยเครื่องหยั่งธรณี หรือวิเคราะห์ตามสภาพชั้นดิน ชั้นหิน ที่เจาะผ่าน ขึ้นกับสภาพอุทกธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่ เพื่อเลือกชั้นน้ำที่คาดว่าจะให้น้ำจืด คุณภาพดี และให้ปริมาณน้ำไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในสัญญาเอง

4.7 ท่อกรุบ่อน้ำบาดาล

- บ่อบาดาลแบบกรวดกรุรอบท่อให้ใช้ท่อกรุท่อพีวีซี ขนาด Ø 150 มม. ชั้นคุณภาพ 13.5 ที่ผลิต ตามมาตรฐาน มอก. 17-2532 (สำหรับบ่อที่มีความลึก 0-120 ม.) และใช้ท่อกรุบ่อเหล็กอาบสังกะสี ขนาด Ø 150 มม. ที่ผลิตตามมาตรฐาน ASTM A-120 หรือมาตรฐาน มอก. 277-2532 ประเภท 4 (สำหรับบ่อที่มีความลึกเกิน 120 ม.)

- บ่อบาดาลแบบบ่อเปิด (open hole) ใช้ท่อกรุบ่อเหล็กอาบสังกะสี ขนาด Ø 150 มม. ที่ผลิตตามมาตรฐาน ASTM A-120 หรือมาตรฐาน มอก. 277-2532 ประเภท 4

4.8 ท่อกรองน้ำ ท่อกรองน้ำเป็นแบบเซาะร่อง หรือแบบพันลวดวางท่อกรองน้ำตลอดความหนาของชั้นที่ให้น้ำ และความยาวของท่อกรองรวมกันต้องไม่น้อยกว่า 6 ม.

- บ่อบาดาลแบบกรุรอบท่อ ให้ใช้ท่อกรองน้ำพีวีซี ขนาด Ø 150 มม. ชั้นคุณภาพ 13.5 ที่ผลิตตามมาตรฐาน มอก.17-2532 ขนาดร่องเซาะ 2.4 มม. ห่างกัน 120 มม. หรือท่อเซาะเหล็กชนิดเดียวกับท่อกรุ ขนาด Ø 150 มม. เซาะร่องตามแนวยาวของท่อ ขนาดร่องกว้างไม่เกิน 3 มม. และยาวไม่เกิน 88 มม. แต่ละร่องห่างกันไม่น้อยกว่า 12.5 มม. ในแนวขวาง และ 113 มม. ในแนวดิ่ง

- บ่อบาดาลแบบเปิดถ้าจำเป็นต้องวางท่อกรองน้ำช่วงบน ให้ใช้ท่อกรองแบบเซาะร่องมาตรฐานเดียวกับท่อกรุบ่อ

4.9 ท่อรับทราย บ่อบาดาลแบบกรวดกรุรอบท่อ ใช้ท่อรับทราย ประเภทเดียวกับท่อกรุบ่อ ความยาวไม่น้อยกว่า 3 ม. โดยปลายด้านล่างของท่อรับทรายให้ปิดตัน

4.10 กรวดกรุบ่อ บ่อบาดาลแบบกรวดกรุรอบท่อ ใช้กรวดแม่น้ำคัดขนาดตามความเหมาะสมของชั้นน้ำ โดยกรุกรวดรอบท่อกรองเหนือท่อรับทรายไม่เกิน 5 ม.

4.11 การผนึกข้างบ่อ

- บ่อบาดาลแบบกรวดกรุรอบท่อ ต้องผนึกข้างบ่อด้วยดินเหนียวน้ำจืดเนื้อเนียน ปั้นเป็นเม็ดกระสุนกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. โดยประมาณ ตากแดดให้แห้ง ค่อยๆ หย่อนลงข้างบ่อ ปิดทับกรวดกรุ

จนถึงระยะความลึกไม่น้อยกว่า 6 ม. จากผิวดิน ที่เหลือให้ผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์ล้วน หรือซีเมนต์ผสมทรายจนถึงผิวดิน เพื่อป้องกันมิให้น้ำจากภายนอกไหลซึมลงข้างท่อกรุบ่อ

- บ่อบาดาลแบบเปิด ต้องผนึกข้างบ่อด้วยดินเหนียวน้ำจืดเนื้อเนียนและซีเมนต์เช่นเดียวกับการผนึกข้างบ่อ ของบ่อน้ำบาดาลแบบกรุกรวด ปั้นเป็นเม็ดกระสุนกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร โดยประมาณ ปิดทับกรวดกรุบ่อ จนถึงระยะความลึกไม่น้อยกว่า 6 ม. จากผิวดิน ที่เหลือให้ผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์ล้วน หรือซีเมนต์ผสมทรายจนถนถึงผิวดิน เพื่อป้องกันมิให้น้ำจากภายนอกไหลซึมลงข้างท่อกรุบ่อ

4.12 ลานคอนกรีตชานบ่อ ผู้รับจ้างจะต้องทำลานคอนกรีตเป็นชานบ่อรอบปากบ่อน้ำบาดาล ขนาด 1.5x1.5x0.15 ม. และรอบชานบ่อจะต้องมีทางระบายน้ำออกจากบริเวณบ่อ

4.13 การพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ผู้รับจ้างจะต้องทำการพัฒนาบ่อบาดาล โดยเริ่มจากการตักน้ำขุ่นข้นออกทิ้งจากบ่อด้วยกระบอกตัก จนน้ำค่อนข้างใส แล้วจึงทำการเป่าล้างด้วยลม จนน้ำใสสะอาดและไม่มีทรายเข้าบ่อด้วยเครื่องอัดลมที่มีกำลังผลิตลมไม่น้อยกว่า 175 ลบ.ฟ./นาที ที่แรงดันลมไม่น้อยกว่า 7 กก./ตร.ซม.

4.14 การทดสอบปริมาณน้ำ

4.14.1 ต้องทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำหลังจากไดทำการพัฒนาบ่อบาดาลจนน้ำใสสะอาดแล้วเท่านั้น และปล่อยให้ระดับน้ำคืนตัวสูระดับเดิม

4.14.2 การสูบทดสอบปริมาณน้ำให้ดำเนินการ โดยวิธีสูบน้ำด้วยอัตราคงที่ หรือวิธีเพิ่มอัตราการสูบเป็นขั้นๆ (step drawdown) และเก็บบันทึกข้อมูลการสูบทดสอบตามแบบฟอร์มที่กำหนดไว้ (เอกสารแนบ)

4.14.3 การวัดระดับน้ำให้ใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบไฟฟ้า

4.14.4 อุปกรณ์การวัดปริมาณน้ำ ให้ใช้เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำประเภทเครื่องวัดความเร็วของน้ำ (flow meter) หรือ ออริฟิซ (orifice) หรือ เวีย (weir) แต่ถ้าปริมาณน้อยกว่า 15 ลบ.ม./ชม. ให้ใช้วิธีการตวงด้วยภาชนะที่ทราบปริมาตรแน่นอนแล้วก็ได้

4.14.5 ระยะเวลาการสูบทดสอบต้องสูบไม่น้อยกว่า 8 ชม. โดยระดับน้ำลดลงไปอยู่คงที่ในแต่ละอัตราการสูบแล้ว

4.15 การเก็บตัวอย่างน้ำ ผู้รับจ้างต้องเก็บน้ำตัวอย่างจากบ่อบาดาลเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพน้ำให้เก็บตัวอย่างในขณะทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำโดยให้เก็บก่อนทำการหยุดสูบประมาณ 5 นาที ปริมาณน้ำตัวอย่างที่เก็บอย่างน้อย 2 ลิตร ข้างขวดน้ำตัวอย่างให้ระบุสถานที่ วัน เดือน ปี ที่เก็บให้ชัดเจนแล้วนำส่งเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการโดยนักเคมีต่อไป

4.16 การปรับสภาพพื้นที่เมื่อได้ทำการเจาะบ่อน้ำบาดาลแล้วผู้รับจ้างจะต้องปรับสภาพพื้นที่โดยการกลบเกลี่ยผิวดินให้เรียบร้อยตามสภาพผิวดินเดิม ในกรณีเลิกเจาะเพราะเจาะไม่ได้ผลตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างต้องทำการรื้อถอนและอุดกลบบ่อตามหลักวิชาการ พร้อมทั้งเกลี่ยผิวดินให้อยู่สภาพเดิม

4.17 การรายงานผลการดำเนินงาน

ผู้รับจ้างต้องรวบรวมข้อมูล และจัดทำรายงานผลการปฏิบัติงาน ตามแบบฟอร์มที่ได้รับจากผู้ว่าจ้าง คณะกรรมการตรวจการจ้างมีสิทธิ์ที่จะเรียกดูได้ตลอดเวลา สิ่งที่ผู้รับจ้างจะต้องส่งมอบก่อนการส่งมอบงานมีดังนี้

- ข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ แผนที่ แผนผังจุดสำรวจ และรายงานฉบับสมบูรณ์เป็นรูปเล่มตามมาตรฐานเป็นภาษาไทย จำนวน 1 ชุด

- รายงานการปฏิบัติงานประจำวัน (แบบ นบ./3)

- รายงานการทดสอบปริมาณน้ำ และการวัดระดับน้ำคืนตัว (ตามแบบฟอร์ม)

- รายงานประวัติบ่อน้ำบาดาล (แบบ นบ./1)

- ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลหรือส่วนราชการที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์น้ำ หรือสถาบันเอกชนที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลให้ความเห็นชอบ)

- ตัวอย่างดิน

- ตัวอย่างน้ำ

4.18 การขออนุญาตใช้น้ำบาดาลตาม พรบ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520

ผู้รับจ้างรับมอบอำนาจจากผู้ว่าจ้าง ในการยื่นคำขอใบอนุญาตใช้น้ำบาดาลต่อพนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่ พร้อมผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (กรณีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลแล้วจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลหรือส่วนราชการอื่นๆ หรือองค์กรของรัฐ ที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำหรือสถาบันที่กรมทรัพยากรน้ำบาดาลให้ความเห็นชอบ)

5. เงื่อนไขการเสนอราคา

5.1 ผู้เสนอราคาจะต้องมีเครื่องเจาะพร้อมที่จำเนินการให้ได้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด และเป็นเครื่องเจาะที่มีคุณสมบัติครบถ้วนตามที่กำหนดไว้ในข้อ 4.2 ผู้ว่าจ้างสงวนสิทธิ์ที่จะตรวจสอบเครื่องเจาะน้ำบาดาลของผู้เสนอราคา หากผลการพิจารณาของคณะกรรมการจัดจ้าง เห็นว่าเครื่องเจาะน้ำบาดาลของผู้เสนอราคาไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด หรือมีแต่ไม่พร้อมที่จะดำเนินการ ผู้ว่าจ้างสงวนสิทธิ์ที่จะไม่พิจารณา

5.2 ผู้เสนอราคาจะต้องเป็นผู้มีอาชีพรับจ้างทำงานเจาะบ่อบาดาล จะต้องมีช่างเจาะและวิศวกร หรือนักธรณีวิทยาที่ได้รับหนังสือรับรองจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ทั้งนี้จะต้องแนบสำเนาหนังสือรับรองพร้อมใบเสนอราคาด้วย

5.3 ผู้เสนอราคาจะต้องนำรูปถ่ายเครื่องเจาะและอุปกรณ์ รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์สำรวจพร้อมหลักฐานแสดงความเป็นเจ้าของและ/หรือ หนังสือแสดงการให้ความสนับสนุนหรือร่วมงานของเจ้าของเครื่องมือมาแสดงต่อคณะกรรมการจัดจ้าง

5.4 ผู้เสนอราคาจะต้องไม่เป็นผู้ที่ถูกระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทิ้งงานของทางราชการ

6. การส่งมอบงานและตรวจการจ้าง

6.1 กำหนดส่งมอบงานภายใน 45 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

6.2 การส่งมอบงานและการจ่ายเงิน ผู้รับจ้างสามารถส่งมอบงานได้เป็นงวดๆ งวดละ 1 บ่อ ผู้ว่าจ้างจะจ่ายเงินในแต่ละงวดก็ต่อเมื่อผู้รับจ้างได้ส่งมอบบ่อน้ำบาดาล และเป็นบ่อที่คณะกรรมการตรวจการจ้างตรวจรับถูกต้องเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว

6.3 ส่งมอบงานแต่ละบ่อ ณ สถานที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล

6.4 การส่งมอบบ่อน้ำบาดาล ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาเครื่องมือวัดความลึกของบ่อ เครื่องวัดระดับน้ำและตรวจวัด ต่อหน้าคณะกรรมการตรวจกาจ้างและผู้ควบคุมงาน

6.5 คณะกรรมการตรวจการจ้างสงวนสิทธิ์ที่จะให้ผู้รับจ้าง ทำการทดสอบปริมาณน้ำต่อคณะกรรมการตรวจการจ้างอีกครั้งก็ได้

6.6 กรณีทดสอบปริมาณน้ำได้น้ำน้อยกว่าสัญญา หรือต่ำกว่าร้อยละ....คณะกรรมการตรวจการจ้างสงวนสิทธิ์ที่จะไม่รับบ่อน้ำบาดาลได้ แต่หากรับไว้ใช้เป็นบ่อสังเกตุการณ์ได้

6.7 กรณีคุณภาพน้ำบาดาลมีปริมาณคลอไรด์เกิน 600 มก./ล. ให้อ้างอิงบ่อข้างเคียงได้และขึ้นอยู่กับดุลพินิจของคณะกรรมการตรวจการจ้าง

6.8 ผู้รับจ้างจะต้องมีหนังสือรับรองโดยผู้นำชุมชนและประชาชนในหมู่บ้านที่จะใช้น้ำจากบ่อบาดาลที่เจาะไว้นี้ รวมกันไม่น้อยกว่า 5 คน ยืนยันความลึกของบ่อ ชนิด และจำนวนของท่อกรุกรองน้ำ และความลึกตลอดจนปริมาณน้ำที่สูบได้อย่างต่อเนื่องด้วย

7. การจ่ายเงิน

7.1 หากผู้รับจ้างดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยละเอียดแล้วพบว่าในหมู่บ้านไม่มีจุดเจาะน้ำบาดาลหรือมีจุดเจาะน้ำบาดาลแต่คุณภาพน้ำบาดาล กร่อย เค็ม ไม่มีแหล่งน้ำจืด ให้รายงานต่อผู้ควบคุมงานเพื่อให้ผู้ควบคุมงานกำหนดพื้นที่สำรวจให้ใหม่ หากผู้รับจ้างดำเนินการต่อไปแล้วยังไม่สามารถสำรวจหาจุดที่มีแหล่งน้ำบาดาลได้ ให้รายงานต่อผู้ควบคุมงาน เพื่อให้ผู้ควบคุมงานลงนามรับรองว่า ผู้รับจ้างได้ดำเนินการสำรวจในหมู่บ้านและพื้นที่นั้นๆ โดยละเอียดและเต็มความสามารถแล้ว แต่ไม่มีจุดเจาะบ่อน้ำบาดาลที่เหมาะสม ผู้ว่าจ้างจะจ่ายเงินค่าจ้างให้ตามค่าใช้จ่ายจริงที่ผู้รับจ้างใช้ในการสำรวจธรณีฟิสิกส์ แต่ไม่เกิน 5,000 บาท

7.2 ผู้ว่าจ้างจะจ่ายเงินให้ผู้รับจ้างเป็นงวดเมื่อส่งงานครบจำนวนตามกำหนดในข้อ 6 หรือเมื่อส่งงานครบจำนวนตามสัญญา

7.3 หากความลึกรวมของบ่อน้ำบาดาลที่ส่งมอบน้อยกว่าความลึกเฉลี่ยรวมที่กำหนดไว้ (ความลึกเฉลี่ย X จำนวนบ่อที่ส่งมอบ) ผู้ว่าจ้างจะทำการปรับลดราคา (หักเงินค่าจ้าง) ในส่วนที่ขาด ดังนี้

- บ่อน้ำบาดาลแบบกรุกรวดรอบท่อ ใช้ท่อพีวีซี ปรับลดเมตร 1,600 บาท
- บ่อน้ำบาดาลแบบกรุกรวดรอบท่อ ใช้ท่อเหล็ก ปรับลดตามอัตราที่ใช้ในการกำหนดราคาค่าเจาะ (เมตรละ 2,000 บาท 2,200 บาท 2,500 บาท หรือ 2,700 บาท)

7.4 หากบ่อน้ำบาดาลที่เจาะด้วยระบบลมเจาะและใส่ท่อ ASM A-120 ไม่ตลอดความลึกบ่อ ผู้ว่าจ้างจะทำการปรับลดราคาสำหรับช่วงความลึกที่ไม่ได้ใส่ท่อเมตรละ 800 บาท

7.5 หากความลึกรวมของบ่อน้ำบาดาลที่ส่งมอบ มากกว่าความลึกเฉลี่รวมที่กำหนดไว้ ผู้ว่าจ้างจะไม่จ่ายเงินเพิ่มในส่วนที่เกินแต่อย่างใด

7.6 หากบ่อน้ำบาดาลที่ผู้รับจ้างส่งมอบ มีปริมาณน้ำน้อยกว่าตามที่กำหนดในสัญญา ผู้ว่าจ้างจะทำการปรับลดราคาลงในอัตราปริมาณน้ำที่ต่ำกว่าที่กำหนดลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง 25,000บาท แต่ปริมาณน้ำจะต้องไม่น้อยกว่า 5.60 ลบ.ม./ชม. (70% ของปริมาณน้ำตามสัญญา)

7.2 กรณีที่ความลึกบ่อน้อยกว่าสัญญา หากรับไว้ใช้เป็นบ่อสังเกตุการณ์ให้จ่ายเงินเพียงร้อยละ ..... ของสัญญา

8. การปรับ

หากผู้รับจ้างไม่สามารถทำงานให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ในสัญญา และผู้ว่าจ้างยังมิได้บอกเลิกสัญญา ผู้รับจ้างจะต้องชำระค่าปรับให้แก่ผู้ว่าจ้างเป็นรายวัน ในอัตราร้อยละ 0.10 ของราคางานจ้างนั้น

9. การรับประกันผลงาน

ผู้รับจ้างจะต้องรับประกันความชำรุดบกพร่องของบ่อน้ำบาดาล เนื่องจากการใช้งานตามปกติ เป็นเวลา 1 ปี นับถัดจากวันที่ส่งมอบบ่อน้ำบาดาลให้กับผู้ว่าจ้าง

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างข้อกำหนดงานเจาะบ่อน้ำบาดาลพร้อมอุปกรณ์

ขอบข่ายงานนี้ประกอบด้วยการเจาะสำรวจ และงานขุดเจาะก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล พร้อมอุปกรณ์จำนวน 1 บ่อ ที่ตำบล ..... อำเภอ ..... จังหวัด ..... โดยผู้รับจ้างเป็นผู้จัดหาแรงงานเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆ มาดำเนินการให้แล้วเสร็จตามวัตถุประสงค์

1. ลักษณะงานโดยทั่วไป

1.1 ทำการสำรวจวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้า

1.2 เจาะสำรวจแหล่งน้ำบาดาลเพื่อทำการทดสอบปริมาณน้ำ พร้อมตรวจสอบชั้นน้ำด้วยเครื่องหยั่งธรณีและคุณภาพน้ำ

1.3 เมื่อผลการเจาะสำรวจทดสอบปริมาณน้ำ/คุณภาพน้ำตามข้อ 1.2 เป็นที่ยอมรับในการใช้งานได้ให้ทำการขยายบ่อเจาะสำรวจเพื่อก่อสร้างเป็นบ่อน้ำบาดาลถาวรต่อไป

1.4 ใส่ท่อกรุและท่อกรองน้ำ

1.5 กรุบ่อและอุดช่องว่างรอบบ่อ

1.6 พัฒนาบ่อวัดปริมาณน้ำและทดสอบคุณภาพน้ำ

1.7 ติดตั้งเครื่องสูบน้ำพร้อมอุปกรณ์

2. การเจาะสำรวจแหล่งน้ำบาดาล

2.1 การเจาะสำรวจแหล่งน้ำบาดาล

ผู้รับจ้างจะต้องเจาะสำรวจแหล่งน้ำบาดาลโดยใช้เครื่องยนต์แบบหมุน หรือแบบกระแทก หรือแบบผสม มีเครื่องยนต์หรือเครื่องปั่นไฟฟ้าหรือไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก พร้อมด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับงานเจาะสำรวจแหล่งน้ำบาดาล โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดไม่น้อยกว่า ..... มม. ความลึกประมาณ ..... เมตร หรือ หยุดเมื่อพบชั้นหินแกรนิตและทำการทดสอบปริมาณน้ำ/คุณภาพน้ำ

ในกรณีปริมาณน้ำ/คุณภาพน้ำเป็นที่ยอมรับในการใช้งานได้ ก็จะให้ดำเนินการทำการขยายบ่อเจาะสำรวจนี้เพื่อก่อสร้างเป็นบ่อน้ำบาดาลถาวรต่อไป

2.2 การขุดบ่อน้ำบาดาล

ผู้รับจ้างจะต้องขุดบ่อน้ำบาดาล โดยใช้เครื่องยนต์แบบหมุน หรืออุปกรณ์ตามข้อ 2.1 พร้อมด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับงานขุดบ่อน้ำบาดาล เพื่อทำการคว้านหลุมเจาะสำรวจให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดไม่น้อยกว่า ..... มม.

การเลือกชั้นน้ำให้เป็นหน้าที่ของผู้รับจ้าง และผู้ควบคุมงานซึ่งพิจารณาค่าที่แปลได้จากเครื่องหยั่งธรณี หรือตามคำแนะนำวินิจฉัยจากผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำบาดาล

2.3 การกรุบ่อ

บ่อน้ำบาดาลที่จะสร้างเป็นบ่อแบบกรวดกรุรอบบ่อ ใช้กรวดแม่น้ำคัดขนาดที่มีลักษณะกลมมน และมีขนาดเหมาะสมกับช่องของท่อกรองน้ำ ใส่รอบท่อกรองน้ำในช่วงชั้นทรายเหนือกรวดกรุให้ใส่ดินเหนียว เนื้อเนียนสะอาดปราศจากการเจือปนและจืด หรือซีเมนต์ทับกรวดกรุช่วงท่อที่เหลือผสมซีเมนต์กับน้ำใส่โดยรอบบ่อจนถึงระดับผิวดิน

2.4 การใส่ท่อกรุ

ท่อกรุบ่อให้ใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี มาตรฐาน BS 1387 ประเภท 2 หรือตามมาตรฐาน มอก. 277-2532 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ..... มม. มีความลึกตามความเหมาะสมกับสภาพของชั้นน้ำ

2.5 ท่อกรอง

ท่อกรองน้ำให้ใช้ท่อกรองขนาดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ..... มม. แบบท่อพันลวดแบบเชื่อมต่อทำด้วย สแตนเลสที่มีรูเปิดพอเหมาะกับขนาดของเม็ดทราย ความยาวของท่อกรองน้ำจะต้องเหมาะสมกับสภาพของชั้นให้น้ำและปริมาณน้ำที่ต้องการ ข้อต่อท่อกรองกับท่อกรุบ่อใช้ชนิดขันเกลียว

2.6 ท่อรับทราย

ใช้ท่อมาตรฐานเดียวกับท่อกรุบ่อขนาดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ..... มม. ยาวไม่น้อยกว่า ..... เมตร ต่อกับปลายท่อกรองน้ำ ใช้ข้อต่อชนิดขันเกลียว (threade joint) โดยที่ปลายล่างสุดของท่อรับทรายจะต้องปิดตันก่อนจะนำไปใช้งานต้องทาด้วยวัสดุป้องกันสนิมเช่นเดียวกับท่อกรุบ่อ

2.7 โครงบังคับท่อ

โครงบังคับท่อทำด้วยโลหะเพื่อบังคับให้ท่ออยู่ศูนย์กลางบ่อ ผู้รับจ้างจะต้องติดตั้งหรือเชื่อมโครงบังคับท่อที่ด้านบนและด้านล่างของท่อกรองน้ำในแต่ละชั้นน้ำ

2.8 กรวดกรุ

ต้องเป็นกรวดแม่น้ำคัดขนาดเม็ดกลมมน เม็ดกรวดต้องมีขนาดใหญ่พอเหมาะที่จะกันไม่ให้เม็ดทรายไหลลอดเข้าไปในท่อกรองน้ำได้เกิน 10% กรวดที่ใช้ทั้งหมดก่อนใส่ลงบ่อต้องล้างให้สะอาดระดับกรวดที่ใส่ต้องสูงเหนือระดับบนสุดของท่อกรองน้ำ

2.9 การอุดและการผนึกข้างบ่อ

การอุดบ่อในกรณีที่ไม่ต้องการใช้บ่อส่วนที่เจาะเกินไป หรือในกรณีที่จะทำบ่อที่อยู่ตื้นกว่ารูดินที่เจาะจะต้องอุดด้วยดินเหนียวเนื้อเนียนปราศจากสิ่งเจือปนและจืด หรืออุดมด้วยซีเมนต์ในกรณีที่มีน้ำเค็มอยู่ตอนล่างและใช้ดินเหนียวหรือกรวดอุดในส่วนความลึกที่ไม่ต้องการ

การผนึกข้างบ่อใช้ซีเมนต์หรือดินเหนียวที่มีคุณภาพเหมือนที่ใช้อุดบ่อ การผนึกข้างบ่อด้วยซีเมนต์จะต้องใช้เครื่องสูบ ๆ อัดซีเมนต์ที่ผสมกับน้ำแล้วสูบอัดลงไป ถ้าใช้ดินเหนียวต้องใส่ดินเหนียวที่เตรียมไว้ก่อนแล้ว โดยใส่รอบ ๆ ของท่อกรุอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องจนถึงระดับต่ำกว่าผิวดินตามความเหมาะสม และคอยเติมจนกว่าจะอยู่ตัวหรือจนพัฒนาบ่อเสร็จ

ในกรณีที่มีชั้นน้ำที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมหรือไม่ต้องการใช้อยู่เหนือชั้นที่จะใช้น้ำจะต้องผนึกรอบท่อกรุด้วยซีเมนต์ผสมน้ำ (เช่นเดียวกับการอุดและผนึกข้างบ่อ) โดยใช้ซีเมนต์ 1 ถุง (50 กก.) ต่อน้ำ 30 ลิตร แทนการผนึกด้วยดินเหนียว ช่วงที่ผนึกต้องเหนือจากระดับกรวดกรุตามความเหมาะสมหรืออยู่ในการวินิจฉัยของผู้ควบคุมงาน

2.10 การพัฒนาบ่อ

ผู้รับจ้างจะต้องทำการพัฒนาบ่อโดยการเป่าล้างด้วยลมจนน้ำใสสะอาดและไม่มีทรายเข้าบ่อ และใช้ท่อดูดเพื่อเก็บทรายก้นบ่อและวัดระดับน้ำได้

2.11 การฆ่าเชื้อโรค

หลังจากการพัฒนาบ่อตามข้อ 2.10 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก่อนที่จะติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อทดสอบปริมาณน้ำ ภายในบ่อจะต้องทำการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน ซึ่งมีความเข้มข้นที่จะฆ่าเชื้อได้ และปล่อยให้น้ำยาคลอรีนแช่อยู่ในบ่อไม่ต่ำกว่า 2 ชม. เสียก่อนจึงจะเป่าล้างด้วยลมหรือสูบออก

2.12 การสูบทดสอบ การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์น้ำ

2.12.1 เก็บตัวอย่างน้ำด้วยภาชนะที่สะอาดหลังจากการพัฒนาบ่อเสร็จแล้วไม่น้อยกว่า 3 ลิตร

2.12.2 เก็บตัวอย่างน้ำในขณะทำการสูบทดลองปริมาณน้ำ โดยเก็บก่อนหยุดสูบ 15 นาที พร้อมระบุวัน เดือน ปี ที่เก็บให้ชัดเจนแล้วนำส่ง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำต่อไป การเก็บตัวอย่างน้ำจะต้องกระทำต่อหน้าผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง ค่าใช้จ่ายในการเก็บตัวอย่างน้ำพร้อมทั้งค่าวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง ผู้รับจ้างเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

2.12.3 การส่งตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ต้องเป็นสถาบันวิเคราะห์ที่เชื่อถือได้ พร้อมทั้งให้ระบุผลวิเคราะห์ตัวอย่างนั้นด้วยว่า สามารถใช้บริโภคได้หรือไม่ ถ้าใช้บริโภคไม่ได้จะต้องระบุรายการที่เกินมาตรฐานน้ำดื่มที่จะใช้บริโภคได้ให้เด่นชัด

2.12.4 การปรับสภาพพื้นที่ เมื่อได้ทำการเจาะบ่อน้ำบาดาลแล้วผู้รับจ้างจะต้องปรับสภาพพื้นที่ โดยการกลบเกลี่ยผิวดินให้เรียบร้อยตามสภาพ ผิวดินเดิม ในกรณีเลิกเจาะเพราะเจาะไม่ได้ผลตามข้อกำหนดผู้รับจ้างต้องทำการรื้อถอนและอุดกลบ ถมหลุมพร้อมทั้งเกลี่ยผิวดินให้อยู่สภาพเดิม

2.12.5 ลานคอนกรีตชานบ่อ ผู้รับจ้างจะต้องทำลานคอนกรีตเป็นชานบ่อรอบปากบ่อน้ำบาดาล ขนาด 1.5 ม. x 1.5 ม. x 0.15 ม. และรอบชานบ่อจะต้องมีทางระบายน้ำออกจากบริเวณบ่อ

2.12.6 การทดสอบปริมาณน้ำ

(1) ติดตั้งเครื่องสูบทดสอบน้ำบาดาลขนาดที่เหมาะสมกับการให้น้ำของบ่อบาดาล แต่ไม่น้อยกว่า ..... ลบ.ม./ชม. ทำการสูบต่อเนื่องติดต่อกันไม่น้อยกว่า ..... ชั่วโมง และให้วัดระดับน้ำในบ่อบาดาลด้วย

(2) ต้องทำการสูบทดสอบปริมาณน้ำหลังจากได้ทำการพัฒนาบ่อบาดาลจนน้ำใสสะอาดแล้วเท่านั้น และปล่อยให้ระดับน้ำคืนตัวสู่ระดับเดิม

(3) ต้องดำเนินการสูบทดสอบปริมาณน้ำโดยวิธีสูบแบบอัตราสูบเปลี่ยนแปลง (step drawdown test) โดยการสูบน้ำหลายๆ อัตรา ไม่น้อยกว่า 4 อัตรา โดยใช้อัตราการสูบต่ำในช่วงแรกของการทดสอบ และค่อยๆ เพิ่มขึ้น แต่ละอัตราการสูบจะต้องรักษาให้คงที่ในช่วงเวลาทุก 3 ชั่วโมงหรือจนกว่าระดับน้ำไม่เปลี่ยนแปลง ดำเนินการสูบทดสอบปริมาณน้ำทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน และเก็บบันทึกข้อมูลตามแบบฟอร์มที่กำหนดไว้ (เอกสารแนบ)

(4) การวัดระดับน้ำให้ใช้เครื่องวัดระดับน้ำแบบไฟฟ้า

(5) อุปกรณ์การวัดปริมาณน้ำให้ใช้เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำประเภท flowmeter หรือ orifice หรือ weir แต่ถ้าปริมาณน้อยกว่า ..... ลบ.ม/ชม. ให้ใช้วิธีการตวงด้วยภาชนะที่ทราบปริมาตรแน่นอนแล้วก็ได้

(6) ระยะเวลาการสูบทดสอบต้องสูบไม่น้อยกว่า 12 ชม.โดยระดับน้ำลดลงไปอยู่คงที่ในแต่ละอัตราการสูบแล้ว

2.13 จัดทำและส่งมอบรายงานการเจาะบ่อตามแบบพิมพ์

จัดทำและส่งแบบรายงานการเจาะบ่อตามแบบพิมพ์ นบ./3. นบ./4. และนบ./5. (ตามประกาศกรมทรัพยากรธรณี ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2521 ออกตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ตาม พ.ร.บ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520) พร้อมทั้งดินตัวอย่างที่เก็บไว้ส่งมอบให้แก่ผู้ว่าจ้างในขณะที่ส่งมอบงานงวดสุดท้าย

2.14 เครื่องสูบน้ำและติดตั้ง

2.14.1 เครื่องสูบน้ำเป็นเครื่องสูบชนิดจุ่มใต้น้ำ จะต้องเป็นของใหม่ที่ไม่เคยใช้งานมาก่อน สามารถสูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า .... ลบ.ม./ชม. ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดไม่น้อยกว่า ..... แรงม้า มีแรงส่งรวมไม่น้อยกว่า .... เมตร ในกรณีที่ใช้เครื่องสูบน้ำขนาดสูบน้ำได้..... ลบ.ม./ชม. จะต้องมีความสามารถในการส่งน้ำได้ไม่น้อยกว่า.... เมตร เช่นเดียวกัน

2.14.2 สายไฟต้องเป็นสายไฟชนิดกันน้ำใช้สำหรับเครื่องสูบน้ำบาดาล มีความโตพอเหมาะกับขนาดมอเตอร์ไฟฟ้า และทนความร้อนได้ไม่ต่ำกว่า 75°ซ ยาวไม่น้อยกว่า ..... เมตร

2.14.3 ชุดสวิตช์ควบคุมพร้อมอุปกรณ์ โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ ชุดควบคุมระดับน้ำในถังน้ำใส

2.14.4 อุปกรณ์จำเป็น คือ ประตูน้ำ ลิ้นกันน้ำกลับและสามทางสำหรับระบายน้ำทิ้ง ผู้รับจ้างต้องจัดหาและติดตั้งให้ครบถ้วน พร้อมทั้งมอบเอกสารแสดงรายละเอียดของเครื่องสูบน้ำจำนวน 1 ชุด

ภาคผนวก ง
ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดกระบี่				
1	นาย สุชาติ ขนอม	7 ต.กระบี่ใหญ่ อ.เมือง จ.กระบี่ 81000	087-5622194	โรตารี่เครื่องยนต์ /Top head drive 2 ชุด
กรุงเทพมหานคร				
2	บริษัท กรุนด์ฟอส ประเทศไทย จำกัด	947/168 ม.12 ถ. บางนา-ตราด กม.3 แขวงบางนา เขตบางนา กทม. 10260		
3	นางสาว ขวัญใจ สอนใจ	บริษัท วอเตอร์ รีซอร์ช เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด 117/43 ม.10 แขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กทม. 10230	081-7009162	Direct Circulation
4	นาย ฉกรรจ์ ประยูรชาติ	81/168 ม.5 ถ.วิภาวดีรังสิต ต.ทุ่งสองห้อง อ.หลักสี่ กทม. 10210	081-6410107	
5	นาย ชูศักดิ์ ไตสวัสดิ์พานิช	99/135 ถ.พระราม 2 แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน กทม. 10150	081-8137751	
6	นาย เตาะคี้ แซ่จัง	43/272 ถ.พระราม 2 ม. 7 แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน กทม. 10150	081-6856976	
7	นาย ธนกฤต อารยศักดากุล	151/206 ม.6 แขวง บางไผ่ เขตบางแค กทม. 10160	081-9305891	โรตารี่เครื่องยนต์ตั้งแท่น 3 ชุด
8	นาย นิวัตร์ สุขจิตร	554/16 ถ.ประชาอุทิศ แขวงทุ่งครุ เขตทุ่งครุ กทม. 10140	081-6260024	
9	นาย วจักษ์ อังคศุภรกุล	บริษัท จ.แสงศิริ จำกัด 225(1/20) อ่อนนุช ต.ประเวศ อ.ประเวศ กทม.10250	084-6644070	
10	นาง วรรณพร วรุณกาญจน์	164/18 ม.1 ต.บางไผ่ อ. บางแค กทม. 10160	089-7806123	
11	นาย วัชรินทร์ ตรีรัศมีพร	14/9 ม.1 แขวง บางมด เขตทุ่งครุ กทม. 10140	081-9288130	ตั้งแท่น 3 ชุด
12	นาย วิชัย ชัยกิตติคุณ	10 ถ.ปรินายก แขวง บ้านพานถม เขตพระนคร กทม. 10200	081-8274831	Top head drive 2 ชุด
13	นาย วิวัตน์ ใจดี	79/31 ม.2 ถ.ศรีนครินทร์ แขวงบางบอน เขตประเวศ กทม. 10250	089-2035277	
14	นาย วีรวิชญ์ กวีวงค์สกุล	61/97 ซ.สุขุมวิท (รื่นฤดี) แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กทม.	081-8677577	

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
กรุงเทพมหานคร (ต่อ)				
15	นาย ศุภสิทธิ์ สิมะอารีย์	8/1 ม.7 แขวง บางด้วน เขตภาษีเจริญ กทม. 10160	081-6114184	ขายอะไหล่อุปกรณ์การเจาะ
16	นาย สมเกียรติ สมบัติอนันตกร	104/87 แขวง มีนบุรี เขต มีนบุรี กทม. 10510	081-9408988	ตั้งแท่น 3 ชุด
17	นาย สมบัติ บุญญะโสภัต	15/15 ม.6 แขวง หนองค้างพลู เขต หนองแขม กทม. 10160	089-6882430	โรตารี่เครื่องยนต์ / ตั้งแท่น
18	นาย สมพร พิทักษ์วราพร	บริษัท เวลล์ โฟลว จำกัด 107/499 ม.6 ถนนลาดพร้าว แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กทม.ฯ 10310	081-8248633	reverse circulation
19	นาย สุโนช เข่งคุ้ม	7/531 ม.9 แขวงศาลาธรรมสพน์ เขตทวีวัฒนา กทม. ฯ 10170	089-4557755	
20	นาย สุวัฒน์ สินถิรศักดิ์	602/7 ถ. พุทธมณฑลสาย 2 ม.1 แขวง บางแคเหนือ เขตบางแค กทม. 10160	086-1002149	
21	บริษัท อิตัลไทยอุตสาหกรรม	20/3 ถ.เพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กทม. 10310		
จังหวัดกาญจนบุรี				
22	นาย ตะวัน ใจซื่อ	115/2 ม.4 ต.วังเย็น อ.เมือง จ. กาญจนบุรี 71000	089-5465861	
23	นาย นิพนธ์ คิ้วองอาจ	158 ม.1 ต. หวายเหนียว อ. ท่ามะกา จ. กาญจนบุรี 77120	081-9413833	
24	นาย บุญทรง ผาสุก	164/4 ม.3 ต.จระเข้เผือก อ.ด่าน มะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี 71260	081-2934060	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
25	นาย พนม พานะกิจ	159/3 ม.1 ต.หนองหญ้า อ.เมือง จ.กาญจนบุรี 71000	089-8363297	ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุด
26	นาย พลการ ทองศรี	8/3 ม.2 ต.วังเย็น อ.เมือง จ.กาญจนบุรี 71000	081-1542540	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
27	นาย ไพฑูรย์ ยางสวย	160 ม.3 ต.วังเย็น อ.เมือง จ.กาญจนบุรี 71000	081-8584480	Top head drive 2 ชุด
28	นาย ไพบูลย์ กสิไพศาล	70 ม.3 ต.ทุ่งทอง อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี 71110	081-8289987	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
29	นาย ลือศักดิ์ นิติพันธ์	89/1 ม.8 อ.หนองกุ่ม อ.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี 71160	081-6530349	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
30	นาย วัฒนะ บุญมีสุข	3 ม.3 ต.วังเย็น อ.เมือง จ.กาญจนบุรี 71000	089-5192214	ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุด

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดกาญจนบุรี (ต่อ)				
31	นาย สัจจา รวดเร็ว	164 ม.3 ต.จระเข้เผือก อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี 71260		โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดกำแพงเพชร				
32	นาย ศิริพงษ์ ประทิศ	หจก.พีทีราวด์ วอเตอร์ 27/1 ม.11 ต.ถ้ำกระต่ายทอง อ.พรานกระต่ายทอง จ.กำแพงเพชร	055-762123	
จังหวัดขอนแก่น				
33	นาย ประยงค์ ศรีขาว	113 ม.1 ต.หนองไผ่ อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น 40130	089-2792798	โรตารี่เครื่องยนต์/ Top head drive 1ชุด
34	นาย ปราเมฆ ทองล้น	214 ม.3 ต.หนองแดง อ.สีชมพู จ.ขอนแก่น 40220	089-5709852	โรตารี่เครื่องยนต์
35	นาย สุคนธ์ ศรีเตชะ	316 ม.2 ต.โนนสอาด อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น 40290	089-9424513	โรตารี่เครื่องยนต์
36	นาย สุวิทย์ กองคำ	192 ม.5 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000	081-0585870	ตั้งแท่น 2 ชุด
37	นาย เอกชัย ศรัทธากุล	98/1 ม.8 ต.โนนขัน อ.หนองเรือ จ.ขอนแก่น 40210	089-7119720	โรตารี่เครื่องยนต์/ Top head drive 2 ชุด
จังหวัดจันทบุรี				
38	นาย คำนวณ เจนจัดการ	14 ม.10 ต.กระแจะ อ.นายายอาม จ.จันทบุรี 22170	081-9406502	Top head drive 1 ชุด
39	นาย ฉาบ เลขวัฒนะ	50 ม.4 ต.วังใหม่ อ.นายายอาม จ.จันทบุรี 22170	081-7616890	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
40	นาย ดิเรก อินทชื่น	9 ม.2 ต.กระแจะ อ.นายายอาม จ.จันทบุรี 22170	086-1117097	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
41	นาย ธานินทร์ อิ่มในบุญ	85 ม.4 ต.เขาวัว อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี 22120	081-7827089	โรตารี่เครื่องยนต์
42	นาย บุญเชิด สีบัวสด	1/1 ม.8 ต.แสงลง อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000	089-0534166	ท็อปไฮดรอลิค
43	นาย ประจวบ จันทวาท	21/2 ม.2 ต.กระแจะ อ.นายายอาม จ.จันทบุรี 22170	086-1533913	Top head drive 1 ชุด
44	นาย ประเสริฐ เจนจัดการ	5/2 ม. 10 ต.กระแจะ อ. นายายอาม จ. จันทบุรี 22170	081-9821536	

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดจันทบุรี (ต่อ)				
45	นาย ปัญจะ ไตรรัตน์	100/2 ม.11 ต.นายายอาม อ.นายายอาม จ.จันทบุรี 22160	081-9496779	ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุด
46	นาย ลำพูน เจนจัดการ	12/2 ม.2 ต.กระแจะ อ.นายายอาม จ.จันทบุรี 22160	081-3828571	Top head drive 1 ชุด
47	นาย วิเชียร ใจตรง	184 ม.6 ต.วังใหม่ อ.นายายอาม จ.จันทบุรี 22160	081-3625698	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
48	นาย วิเชียร ริมศีรี	2 ม.5 ถ.จันทบุรี-ตราด ต.ตะบอน อ.ขลุง จ.จันทบุรี 22110	089-8330887	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
49	นาย วิฑูรย์ แย้มผลิ	51 ม.7 ต.เขาบายศรี อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี 22120	089-2512738	ท็อปไฮดรอลิค
50	นาย สมัย อุตโมท	65 ม.8 ต.สนามชัย อ.นายายอาม จ.จันทบุรี 22160	089-2448004	
จังหวัดฉะเชิงเทรา				
51	นาย ชาญวิทย์ ชุณชัชราชัย	125 บางนา-ตราด กม.36 ม.9 ต.บางวัว อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	038-562900	
จังหวัดชลบุรี				
52	นาย กัมพล เพชรปฐมชล	1/15 ม.1 ต.หนองชาก อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี 20170	081-9454651	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค 1ชุด
53	นาย เตชา ห้วยใหญ่	54 ม. 3 ต.ห้วยใหย่ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี		
54	นาย ธีรศักดิ์ พิกุลแก้ว	77 ม.1 ถ.สุขุมวิท ต.นาเกลือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150	081-5577519	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค
55	นาย นคร ห้วยใหญ่	54 ม.3 ต.ห้วยใหญ่ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150	086-7352426	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค
56	นาย ปณิธาน บุญยรัตพันธุ์	480 ม.1 กิ่งอำเภอเกาะจันทร์ จ.ชลบุรี	087-8137722	โรตารี่เครื่องยนต์/ ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
57	นาย ประสงค์ พรมศรี	25/6 ม. 4 ต. ห้วยใหญ่ อ. บางละมุง จ. ชลบุรี 20250	081-6528374	
58	นาย โย หอบอรัญ	198 ม.6 ต.นาเกลือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150	081-9829117	ท็อปไฮดรอลิค
59	นาย สงุ่น ภูมินทร์	43/8 ม.4 ต.สัตหีบ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี 20183	089-0372622	ท็อปไฮดรอลิค

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดชลบุรี (ต่อ)				
60	นาย สมศักดิ์ เหลืองอ่อน	111 ม.9 ต.หนองเรือ อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี 20140	081-7826812	ท็อปไฮดรอลิค
61	นาย สำเนียง คงเลิศ	111 ม.7 ถ.พรประภานิมิตร ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150	081-4487141	โรตารี่เครื่องยนต์
62	นาย สุทธิชัย สิงห์สุทธิ์	79 ม.6 ถ.สุขุมวิท ต.พูลตาหลวง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี 20180	081-7732537	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
63	นาง อุบลรัตน์ ช่วงโชติ	198 ม.6 ต.นาเกลือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150	089-0940199	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค
จังหวัดชุมพร				
64	นาย ชะออ จันทรา	149 ม. 6 ทรัพย์อนันต์ อ.ท่าแซะ จ. ชุมพร		
จังหวัดเชียงใหม่				
65	นาย ประธาน จิณานุกูล	43/13 ม.6 ต. สันกลาง อ.สันกำแพง จ. เชียงใหม่ 50130	081-5300992	
66	นาย โดมชิต พลเภรี	469 ม.16 ต.เวียง อ.เชียงแสน จ.เชียงราย 57150	081-8844618	
67	นาย จรัญ กันทะอินทร์	89 ม.10 ต. เขื่อนผาก อ. พร้าว จ. เชียงใหม่		โรตารีเครื่องยนต์ 1 ชุด
68	นาย จรัส กันทะอินทร์	89 ม.10 ต.เขื่อนผาก อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ 50190		โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
69	นาย ฉลอง ขุมมนตรี	40 ม.7 ต.ร้องวัวแดง อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ 50130	081-9601672	โรตารี่เครื่องยนต์ / 2 ชุด
70	นาย ฉัตรชัย จอมพันธ์	217 ม.1 ต.สองแค กิ่งอำเภอดอนหล่อ จ.เชียงใหม่ 50180	089-1532086	
71	นาย ชิติพงศ์ คำวงษา	11/3 ม.2 ต.บัวมุง อ.สารภี จ.เชียงใหม่ 50140		โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
72	นาย เชิดพงศ์ กิ่งแก้ว	79/1 ต.หายยา อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100	084-0424378	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดกลาง
73	นาย ณรงค์ ตาสุข	159 ม.7 ต.ทุ่งสะโตก อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ 50120	081-7847996	
74	นาย ทวี วงศ์สถาน	117 ม. 8 ต. หนองหาร อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290	081-9809380	

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดเชียงใหม่ (ต่อ)				
75	นาย ทองศิลป์ คำวงษา	11/3 ม. 2 ต. บัวมุง อ. สารภี จ. เชียงใหม่ 50140	081-9807268	
76	นาย ธนัทธ์ชัย ตันใจ	68 ถ.ดอยเก่า-ฮวด ม.1 ต.ท่าเดื่อ อ.ดอยเต่า จ.เชียงใหม่ 50260	081-9934742	ท็อปไฮดรอลิค 1ชุดใหญ่
77	นาย ธนัทธ์ชัย ตันใจ	68 ม. 1 ต. ท่าเดื่อ อ. ดอยเต่า จ. เชียงใหม่	081-9934742	ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุด
78	นาย ธนู วรรวาชิกุล	5810 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ. เมือง จ. เชียงใหม่		
79	นาย นคร รุ่งรัตน์	359 ม.5 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50296	081-9520874	โรตารี่เครื่องยนต์/ท็อปไฮดรอลิค 1ชุด
80	นาย นคร รุ่งรัตน์	359 ม. 5 ต. หนองหาร อ. สันทราย จ. เชียงใหม่	081-9520874	โรตารี่เครื่องยนต์ /ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุด
81	นาย บุญศรี ทากลาง	57/1 ม.4 ถ.โชตนา ต.แม่ข่า อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ 50320	089-9518748	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
82	นาย ประสิทธิ์ อินทรปัญญา	70 ม.7 ถ.ป่าแดด ต.ป่าแดด อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000	081-9523922	โรตารี่เครื่องยนต์
83	นาย ประเสริฐ ทองคำฟู	138 ม.3 ต.สันมหพน อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ 50150		
84	นาง ลัคนา ไตรปิ่น	199/104 ม.2 ต.หนองจ๊อบ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50210	053-215283	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดกลาง
85	นาย วิฑูรย์ อุประแก้ว	47/2 ม.7 ต.ป่าแดด อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100	081-9939904	โรตารี่เครื่องยนต์
86	นาย สมชัย วงศ์สวัสดิ์	78 ม.3 ถ.โชตินา ซอย2 ต.ช้างเผือก อ.เมืองจ.เชียงใหม่ 50000	081-9265300	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
87	นาย สุวัตร ฆ้องเดิม	553 ม.2 ต.เวียง อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ 50110	081-3869572	
88	นาย แสวง เทพฟองคำ	67/1 ม.2 ต. หนองหอย อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50000	081-9503425	
89	นาย อดุล คำซาว	153 ม. 8 ต.ไชยสถาน อ. สารภี จ. เชียงใหม่ 50140	081-9511984	
90	นาย อินทร ใหม่จันทร์แดง	103 ม.2 ต.สันป่าตอง อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ 50120	081-9603504	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
91	นาย อุดร กันทะอินทร์	65/25 ต.บวกค้าง อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ 50130	081-7464403	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดเชียงใหม่ (ต่อ)				
92	นาย อุดร กันทะอินทร์	65/25 ม. 9 ต. บวกค้าง อ. สันกำแพง จ. เชียงใหม่ 50130	081-7464403	โรตารีเครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดตรัง				
93	นาย สมศักดิ์ ยกเซ็น	98/40 ถ.รัชดา ต.ทับเที่ยง อ.เมือง จ.ตรัง 92000	081-7872550	top head drive / โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
จังหวัดนครปฐม				
94	นาย พงศกร รุ่งวิทยากรผดุง	47/22 ม.5 ต.ลำพยา อ.เมือง จ.นครปฐม 73000	081-9423815	โรตารี่เครื่องยนต์/ ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
95	นาย ยุธนา หอมวัฒนวงศ์	21 ม.10 ต.ท่าตลาด อ.สามพราน จ.นครปฐม 73110	081-9424620	ตั้งแท่น 3 ชุด
96	นาย วัชรพล พันธ์จินดาวรรณ	111/2 ม.1 ต.นครปฐม อ.เมือง จ.นครปฐม 73000	081-8698261	ตั้งแท่น 2 ชุด
97	นาย สมศักดิ์ แซ่ตั้น	3 ม.4 ต.ทุ่งน้อย อ.เมือง จ.นครปฐม 73000	081-0070749	
98	นาย สุวัฒน์ มาศภากร	7 ถ.ราชวิถี ต.พระปฐมเจดีย์ อ.เมือง จ.นครปฐม 73000	081-8359371	
99	นาย อนุสรณ์ พวงศรีทอง	11/2 ม.3 ต.สามควายเผือก อ.เมือง จ.นครปฐม 73000	081-7334314	ตั้งแท่น 1 ชุด
100	นาย อาณัติ นิติพันธ์	159 ม.6 ต.สมามจันทร์ อ.เมือง จ.นครปฐม 73000	081-8808353	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดนครราชสีมา				
101	นาย ไพบูลย์ ศิริบุญญานุพาส	87/29 ม. 4 ต. ปรุใหญ่ อ.เมือง จ.นครราชสีมา		
102	นาย มาลัย คำหงษา	1887 ต. ในเมือง อ. เมือง จ.นครราชสีมา		
103	นาย สุรเชษฐ ศรีสิงห์	225/1 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา		
104	นาย เสริม บุตรดี	95/23 นิคมลำตะคลอง 1 ต.หนองสาหร่าย อ.ปากช่อง จ. นครราชสีมา		
จังหวัดนครศรีธรรมราช				
105	นาย สวัสดิ์ ดาด่วน	1 ม.6 ต.ทุ่งใส อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช 80120	081-5979213	

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดนครสวรรค์				
106	นาย ดำรง ปริญญาณัฏฐ์	158 ถ.พหลโยธิน อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์ 60140	081-9726658	Top head drive
107	นาง รุจีภัทร สังกะสี	9 ม. 5 ต.ลำพยนต์ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์		
108	นาง วันเพ็ญ มีมุข	10/2 ม.6 ต.พุนกยูง อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ 60190	081-3798253	ท็อปไฮดรอลิค 1ชุด
109	นาย สุกิจ กุลทิพย์	363/2 ม.5 ต.เขาทอง อ.พยุหะคีรี จ.นครสวรรค์ 60130	087-1976287	ท็อปไฮดรอลิค 1ชุด
จังหวัดนนทบุรี				
110	นาย รวิโรจน์ เกษร	62/2 ม.6 ต.วังใหม่ อ.นายายอาม จ.นนทบุรี 22170	081-8643779	Top head drive 1 ชุด
111	นาย ศุภชัย สิมะอารีย์	44/9 ม.8 ต.บางเขน อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000	081-8689666	ขายอะไหล่อุปกรณ์การเจาะ
112	บริษัท สิมะอารีย์ เอ็นจีเนียริ่ง จำกัด	43/9 ต.บางเขน อ. เมือง จ.นนทบุรี		
จังหวัดนราธิวาส				
113	นาย ดุลรอแมง หะยีเลาะ	168 ต.บาเจาะ อ.บาเจาะ จ.นราธิวาส 96170	081-3289856	
จังหวัดบุรีรัมย์				
114	นาย คมกฤช พิชิตโชคชัย	142 ม.3 ต.บ้านด่าน อ.บ้านด่าน จ.บุรีรัมย์ 31000	087-2567018	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
115	นาย จีรศักดิ์ ถาวร	13 ม.4 ต.ร่อนทอง อ.สตึก จ.บุรีรัมย์ 31150	087-2488482	
116	นาย เชิดศักดิ์ ฤกษ์สกุลเรือง	32/1 ม.9 ต.บ้านด่าน อ.บ้านด่าน จ.บุรีรัมย์ 31000		โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดเล็ก
117	นาย ดิเรก สิมารักษ์	53 ม. 4 ต.สอนทอง อ.สตึก จ. บุรีรัมย์		
118	นาย ประจวบ เกตุหนอง โพธิ์	43 ม.3 ต.หนองกี่ อ. หนองกี่ จ.บุรีรัมย์		
119	นาย พิพัฒน์ วงศ์หวาเจริญ	15 ม.8 ต.โนนขวาง อ.บ้านด่าน จ.บุรีรัมย์ 31000	081-0726234	
120	นาย วิชัย จากรัมย์	167 ม.3 ต.บ้านด่าน อ.บ้านด่าน จ.บุรีรัมย์ 31000		ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุดเล็ก

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดบุรีรัมย์ (ต่อ)				
21	นาย วิธาน เอื้อเฟื้อกลาง	55/1 ม. 6 ต.บุกระสัง อ.หนองกี่ จ.บุรีรัมย์		
122	นาย ศรายุทธ ลิมาภิรักษ์	53 ม.4 ต.ร่วมทอง อ.สตึก จ.บุรีรัมย์ 31150	084-0105000	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดเล็ก
123	นาย สมเกียรติ ศรีปัญญา วิญญู	33 ม. 12 ต.ก้อนทา อ. เมือง จ.บุรีรัมย์		
124	นาย สมจิตร จุลรัมย์	91 ม.15 ต.บ้านยาง อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 37000	081-9672867	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
125	นาย สัญญา ชาญวิเศษ	112 ม.2 ต.ปราสาท กิ่งอำเภอบ้านด่าน จ.บุรีรัมย์ 31000	081-3904678	
126	นาย สิทธิชัย แหวนวิเศษ	8/3-4 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000	081-9672867	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
127	นาย อนันต์ แซ่อึง	60 ม.3 ต.บ้านด่าน อ.บ้านด่าน จ.บุรีรัมย์ 31000		
128	นาย อนันต์ ไชยนอก	13/1 ม. 4 ต.ทุ่งกระตาดพรัมพา อ. หนองกี่ จ.บุรีรัมย์		
129	นาย อัศวิน ตระกูลฉาย	109 ม.1 ต.โนนขวาง อ.บ้านด่าน จ.บุรีรัมย์ 31000	081-7903825	
จังหวัดปทุมธานี				
130	นาย ธเนศ ชาญธนานันท์	4/22-23 ม.3 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี	081-8124622	
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์				
131	นาย กำเนิด ขาวสง่า	102/2 วอนทอง อ.บางสะพาน จ. ประจวบคีรีขันธ์ 77000		
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา				
132	นาย กฤษณะ เสริมสิทธิพร	128/114 ม.3 ต.คลองสวนพพลู อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรี-อยุธยา 13000	089-8015594	ตั้งแท่น 2 ชุด/ โรตารี่เครื่องยนต์1 ชุด
จังหวัดพิจิตร				
133	นาย บรรทิตย์ นาคกร	107 ม.2 ต.เมืองเก่า อ.เมือง จ.พิจิตร 66000	081-5334007	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
134	นาย เมือง ประเทสัง	28/1 ม.2 ต.เมืองเก่า อ.เมือง จ.พิจิตร 66000	081-9723778	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดพิจิตร (ต่อ)				
135	นาย อำพล ประเทสัง	28/1 ม. 2 ต.เมืองเก่า อ. เมือง จ.พิจิตร	081-1201714	
จังหวัดพิษณุโลก				
136	นาย มั่นคง ด่านสว่าง	28/113 ถ.สิงหวัฒน์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000	089-6422513	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
137	นาย วุฒิชัย วรวุฒิเวคิน	277/9 ถ.มิตรภาพ ม.7 ต.สมอแค อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000	081-9728373	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
138	นาย สุรพล ปาปะกาย	63 ม.6 ต.วังน้ำคู้ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65230	081-7859479	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดเพชรบูรณ์				
139	นาย ขาม สุกใสเมือง	387/1 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000	081-9735411	ท็อปไฮดรอลิค 1ชุดกลาง
140	นาง คำไกร อุปรี	252 ม.15 ต.ท่าพล จ.เพชรบูรณ์ 67000	089-7083295	Top head drive / กลาง 3 ชุด
141	นาย คำสิงห์ ลาเนตร์	4 ม. 8 ต.พุขาม อ. วิเชียรบุรี จ. เพชรบูรณ์ 67180		
142	นาย จำลอง แก้วม่วง	10 ม.8 ต.ศิลา อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ 67120	087-1940297	ท็อปไฮดรอลิค 1ชุดกลาง
143	นางสาว วรกานต์ ริจนา	112 ม.4 ต.ห้วยไร่ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ 67110	810433090	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
144	นาย บุญทัน สารภี	145 ม.12 ต.วังบาล อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ 67120	089-5681356	ท็อปไฮดรอลิค 1ชุด
145	นางสาว ปรียาภรณ์ สุวรรณทอง	193 ม.3 ต.โครงปรง อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์ 67130	081-9628731	ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุดเล็ก
146	นาย พัน แก้วแย้ม	75 ม.8 ต.ศิลา อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ 67120	089-5181448	ท็อปไฮดรอลิค 1ชุดกลาง
147	นาง ยุพิน เลิศดี	7 ม.10 ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000	089-5654300	ท็อปไฮดรอลิค 1ชุดเล็ก
148	นาย ลำเภย ด้วงน้อย	250 ม.1 ต.สามแยก อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์ 67130		ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุดเล็ก
149	นาย วันชัย ศรีเหนี่ยง	99/46 ม.9 ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000	089-7062551	

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดเพชรบูรณ์ (ต่อ)				
150	นาย ศุภผล จริงจริต	199 ม. 2 ต. ป่าเลา อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000	081-6740191	โรตารี่เครื่องยนต์/ top head drive
151	นาย สนั่น โม่งปราณีต	1/9 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000	086-2087001	ท็อปไฮดรอลิค 1ชุด
152	นาย สมจิตร ปาคำ	19/1 ม.12 ต.บ้านโคก อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000	086-2071431	ท็อปไฮดรอลิค 1ชุดเล็ก
153	นาย สอน ทองนิล	47/1 ม.3 ต.ท่าพล อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67250	081-9711759	ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด กลาง
154	นาย สุกัญญา อุตแก้ว	156/3 ม.1 ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000	087-2074465	top head drive 1 ชุด
155	ด.ต. สุขสันห์ ภิชัย	170/172 ม.11 ต.สะเดียง จ.เพชรบูรณ์ 67000	081-2834294	
156	นาย สุชาติ กางถิ่น	19 ม.1 ต.ฝายนาแซง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ 67110	081-4746200	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
157	นาย สุชาติ จันทะคุณ	337 ม.8 ต.ศิลา อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ 67120	089-5660376	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดกลาง
158	นาย แสงไทย แสงดา	12/1 ต.หนองไขว่ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ 67110	085-2722768	
159	นาง องุ่น สวิทเซอร์	273 ม.5 ต.น้ำชุน อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ 67110	081-4746418	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดกลาง
160	นาย อุทัยวรรณ แก้วมวง	26/56 ม.2 ต.ท่าพล อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000	089-8597021	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดมหาสารคาม				
161	นาย คำเชียน ไชยคำ	50 ม. 10 ต.เชียงยืน อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม 44160	089-9409170	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
162	นาย ประมวล มือชัยภูมิ	94 ม. 4 ต.เชียงยืน อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม 44160	086-2276394	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
163	นาย สุรนิตย์ สาพิมาน	2 ม.8 ต.ยาง อ.บรบือ จ.มหาสารคาม 44130	081-9754267	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค 3 ชุด
จังหวัดยโสธร				
164	นาย อำนาจ พรพิพัฒน์	193 ถ.อรุณประเสริฐ ม.3 ต.ตาดทอง อ.เมือง จ.ยโสธร 35000	081-8789873	

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดยะลา				
165	นาย ณัฐนันท์ ธวัธไพสิฐ	61/2 เทศบาล 4 ต.สะเตง อ.มือง จ.ยะลา 95000	081-8961914	
จังหวัดร้อยเอ็ด				
166	นาย เกียรติ เกียรติพงษ์ภิญโญ	10 ถ. ลำห้วยเหนือ ต.ในเมือง อ. เมือง จ. ร้อยเอ็ด		
167	นาย ชูศักดิ์ เกียรติพงษ์ภิญโญ	10 ถ.ลำห้วยเหนือ ต.ในเมือง จ.ร้อยเอ็ด 45000	085-9256230	
168	นาย ณัฐวุฒิ มาตชะรา	99 ถ.ราชะการดำเนิน ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ร้อยเอ็ด 45000	089-8621536	
จังหวัดระยอง				
169	นาย ชยุต ชัยตระกูลทอง	293 ม.3 ต.บ้างฉาง อ.บ้านฉาง จ.ระยอง 21130	081-8653827	ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุด
170	นาย โชคชัย ก้องเสนาะ	249 ถ. สุขุมวิท ม. 1 ต. สองสลึง อ. แกลง จ. ระยอง 21120	081-8642976	
171	นาย ทินกร สุวรรณวงศ์	85/9 ม.3 ต.หนองละลอก อ.บ้านค่าย จ.ระยอง 21120	086-3149255	/ท็อปไฮดรอลิค
172	นาย ธีระวัฒน์ อภิบาลศรี	7/2 ซอยข้างอำเภอ ต.เชิงเนิน อ.เมือง จ.ระยอง		
173	นาย วินัย ศิริประทุม	82 ม.4 ต.บางนา อ.นิคมพัฒนา จ.ระยอง 21180		โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค
174	นาย สมเกียรติ ชาวสวน	4/5 ถ.ทางหลวงระยอง ซ.ทุ่งสำนัก-มาบใน ต.มาบข่า อ.นิคมพัฒนา จ.ระยอง 21108	089-4374769	ท็อปไฮดรอลิค
175	นาย สมพงษ์ วัฒน์ชัยพนา	96 ม. 9 ต. ห้วยยาง อ. แกลง จ. ระยอง 21110	081-9464527	
176	นาย สุรพล สูขเจริญ	25/2 ต.วังจันทร์ อ.วังจันทร์ จ.ระยอง 21210		โรตารี่เครื่องยนต์/ ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
177	นาง อรุณ ด่านนคร	60/1 ม.2 ต.บางบุตร อ.บ้านค่าย จ.ระยอง 21120	089-9637931	โรตารี่เครื่องยนต์
จังหวัดราชบุรี				
178	นาง แต๋ว โต้งยงค์	81/3 ม.5 ต.หัวโพ อ.บางแพ จ.ราชบุรี 70160		โรตารี่เครื่องยนต์

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดราชบุรี (ต่อ)				
179	นาย พรชัย เพ็ญพิบูลรัตนา	109/2 ม.6 ต.ดอนกระเบื้อง อ.โพธาราม จ.ราชบุรี 70120	081-4358898	
จังหวัดลพบุรี				
180	นาย คัมภีร์ สันทัด	94 ม.4 ต.ซับจำปา อ.ท่าหลวง จ.ลพบุรี 15230	089-8049439	
181	นาย คำภีร์ พั้นทัด	94 ม. 4 ต. ซับจำปา อ. ท่าหลวง จ.ลพบุรี		
182	นาย สมบัติ จำปาสด	120/2 ม.6 ต.ยางโทน อ.หนองม่วง จ.ลพบุรี 15170		ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุดกลาง
จังหวัดลำปาง				
183	นาย พรชัย ตระกูลทิวากร	43/5 ถ.ฉัตรชัย ต.สบตุ๋ย อ.เมือง ลำปาง จ.ลำปาง 52100	081-8822399	โรตารี่เครื่องยนต์
184	นาย ยงชัย ดำเนินกิตติกุล	135/6 ต.สวนดอก อ.เมือง จ.ลำปาง 52000	081-3223206	top head drive
185	นาย สงวน สินพลัพ	184/1 ม.1 ต.ปงแสนทอง อ.เมือง จ.ลำปาง 52100	089-9540226	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
186	นาย สมเกียรติ ตรียกูล	553 ถ.ประสานไมตรี ต.สบตุ๋ย อ.เมือง ลำปาง จ.ลำปาง 52100	054-241348	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
187	นาย อินทวน เป็นบุญ	198 ม.9 ถ.อาบเทวี ต.บ่อแฮ้ว อ.เมือง จ.ลำปาง 52000	081-8852153	โรตารี่เครื่องยนต์
จังหวัดลำพูน				
188	นาย กมล ขามวะนา	51/1 ม.6 ต.ประตูป่า อ.เมือง จ.ลำพูน 51000	053-500401	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดกลาง
189	นาย บูญธร นันชัย	172/1 ม.9 ต.ประตูป่า อ.เมือง จ.ลำพูน 51000	086-1856007	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดกลาง
190	นาย เปรื่อง อินขะ	23 ม.6 ต.ประตูป่า อ.เมือง จ.ลำพูน 51000	081-9923235	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดกลาง
191	นาย สุภัทร อินขะ	165 ม.6 ต.เหมืองง่า อ.เมือง จ.ลำพูน 51000	081-9513193	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดกลาง
192	นาย อินสน ทาแก้ว	39/1 ม.4 ต.ประตูป่า อ.เมือง จ.ลำพูน 51000	053-531541	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดกลาง

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดเลย				
193	นาง กิ่งแก้ว ศรีนวนแสง	74 ม.7 ต.นาอาน อ.เมือง จ.เลย 42000	089-2748024	โรตารี่เครื่องยนต์/ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
194	นาย คุณธร ภูธนภัทร	315/2 ถ.เลย-ด่านซ้าย ต.กุดป่อง อ.เมือง จ.เลย 42000	081-7397647	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
195	นาย เด่น บุรตปัสสา	85 ม.5 ต.น้ำสวย อ.เมือง จ.เลย 42000	081-9645504	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
196	นาย ยุธพล เจียระพงษ์	68 ต.กุดป่อง อ.เมือง จ.เลย 42000	081-7081821	โรตารี่เครื่องยนต์/ Top head drive 2 ชุด
197	พ.ต.ท. สวัสดิ์ สาระสิทธิ์	463 ม.3 ถ.ภูมิวิถี ต.วังสะพุง อ.วังสะพุง จ.เลย 42130	084-9528031	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
จังหวัดสกลนคร				
198	นาย บุญธรรม รักษาชนม์	433 ม. 3 ต.เมือง อ.เมือง จ.สกลนคร 47000	084-7896840	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
จังหวัดสงขลา				
199	นาย การต์ ทองคำ	57/3 ถ.สงขลา-นาทวี ม.6 ต.เขารูปช้าง อ.เมือง จ.สงขลา 90000	087-8834432	
200	นาย ไพโรจน์ พิทักษ์ธีระบัณฑิต	243 ถ.กาญจนวณิชย์ ต.หาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	081-6095252	โรตารี่เครื่องยนต์/ top head drive 2 ชุด
201	นาย รวิช แก้วล้าน	49 ม.2 ต.ตีหลวง อ.สทิงพระ จ.สงขลา 90190	081-6763363	
จังหวัดสตูล				
202	นาย วิชิต สุวรรณอังกูร	162 ม.10 ต.ปลม์พัฒนา กิ่งอำเภอมะนัง จ.สตูล 91130	087-2684011	
จังหวัดสมุทรปราการ				
203	นาย เจตต์ จุลวงษ์	บริษัท สยามโทเนะ จำกัด 1/15 ม.6 (กม.15) ถนนบางนา-ตราด ต.บางโฉลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540	081-8427905	ทุกระบบ
จังหวัดสมุทรสาคร				
204	นาย สมเกียรติ จิริวิยะวัฒน์	บ.อิตัลไทยอุตสาหกรรม จำกัด 24/18 ถ.พระราม2 ต.นาดี อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000	034-834590	

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดสระแก้ว				
205	นาย สมชาย ศรีทอง	109 ม. 10 ต.หนองบอน อ. เมือง จ. สระแก้ว 27000		
จังหวัดสระบุรี				
206	นาย คเณสร์ บรรพต	230/5 ม.1 ต.หนองยาว อ.เมือง จ.สระบุรี 18000	081-9473672	โรตารี่เครื่องยนต์/ ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
207	นาย ฉวี จีวีระ	35/2 ม.2 ถ.พหลโยธิน ต.หนองนาก อ.หนองแค จ.สระบุรี 18230	089-7440461	
208	นาย พชรศักดิ์ บัวแก้ว	62/1 ม.4 ถ.มิตรภาพ ต.ตาลเดี่ยว อ.แก่งคอย จ.สระบุรี 18110	089-1157069	ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุด
จังหวัดสิงห์บุรี				
209	นาย ธรรมรัตน์ ดีเจริญวิรุพ	749 ม.6 ต.อินทร์บุรี อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี 16110	081-5549334	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดสุโขทัย				
210	นาย วัฒนา เรืองปัญญา วัฒนา	105/1 ม.4 ถ.จรถวิถีคร่อง ต.ธานี อ.เมือง จ.สุโขทัย 64000	081-7856499	ท็อปไฮดรอลิคใหญ่/ เล็ก
211	นาย วัฒนา เรืองปัญญา วัฒนา	105/1 ม.4 ถ.จรดวิถีถ่อง ต.ธานี อ.ธานี จ.สุโขทัย 64000	055-611203-5	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค
จังหวัดสุพรรณบุรี				
212	นาย ฉลองชัย เตชะธนวินท์	138 ม. 10 ต.ด่านช้าง อ. ด่านช้าง จ. สุพรรณบุรี 72180	081-4726162	
213	นาย วิสิทธิ์ ขวัญงาม	41 ม.1 ถ.ด่านช้าง-อู่ทอง ต.บ้านไขว้ อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี 72160	081-8575202	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดสุรินทร์				
214	นาย ทองสาน สาธร	62 ม.11 ต.ตาอ็อง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000	085-0496814	
215	นาย บุญส่ง ศาลาทอง	37 ม.1 ต.หนองขวาง อ.ศีขรภูมิ จ.สุรินทร์ 32110	089-3551652	
216	นาย ประเสริฐ จารัตน์	55 ม.11 ต.ตาอ็อง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000	081-5897385	
217	นาย พณพจน์ เลิศเสาวณิต	277 ม.18 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 22000	089-4249155	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดหนองคาย				
218	นาย ประเสริฐ เมืองแพน	179 ม.3 ต.พระธาตุบังพวน อ.เมือง จ.หนองคาย 43100	081-0472438	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดหนองบัวลำภู				
219	นาย ตระกูล ตรีวรเวทย์	153 ม.3 หนองบัว อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู	081-2610136	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
220	นาย นวรัตน์ อินทะกนก	190 ม.5 ต.นาคำไฮ อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู 39000	089-8412007	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
221	นาย แสวง ชื่นชม	1 ม.5 ต.โนนขมน์ อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู 39000	087-1672977	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดเล็ก
จังหวัดอำนาจเจริญ				
222	นาย ฉกาจ รุ่งเรือง	42 ถ.ศรีมงคล ม.2 ต.น้ำปลีก อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ 37000	086-0131971	
223	นาย บวรศักดิ์ คณาเสน	188/251 ถ.วิชิตสิน ม.9 ต.บ่อ อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ 37000	086-2517528	
224	นาย แมน ธนวงสิทธิ์	24/1 ม.19 ต.บุ่ง อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ 37000	045-451983	
จังหวัดอุดรธานี				
225	ว่าที่ ร.ท. เชิดชัย ไชยรัตนโชติ	99/18 ม.2 ต.บ้านเลื่อม อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000	081-8717543	โรตารี่เครื่องยนต์/ กระแทก 2 ชุด
226	นาย สมคิด อาจเจริญ	177/14 ม.4 ต.หนองบัว อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000	087-2589355	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
227	นาย สุพจน์ ทองทิพย์	125 ต.หายโศก อ.บ้านผือ จ.อุดรธานี 41160	081-2249618	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
จังหวัดตราด				
228	นาย อำนาจ สรรหาธรรม	45/2 ม.9 ต.แสนตุ้ง อ.เขาสมิง จ.ตราด 23150	089-2011246	
จังหวัดอุบลราชธานี				
229	นาย กุหลาบ ศรีจันทร์	90/4 ม.19 ต.ขามใหญ่ อ.เมือง จ. อุบลราชธานี 34000	089-7166709	
230	นาย ชาญกิจ วารี	219/3 กันทรลักษณ์ ต.วารินชำราบ อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190	081-7090902	
231	นาย ณัฐพล รัตนูปการ	19 ซ.พโลชัย 9 ต.ในเมือง จ. อุบลราชธานี 34000	081-7250131	

(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ภาคผนวก จ

ข้อมูลผู้ประกอบการขายวัสดุอุปกรณ์เจาะบ่อบาดาล

ตารางที่ จ-1 ข้อมูลผู้ประกอบการขายวัสดุอุปกรณ์เจาะบ่อบาดาล

ลำดับ	ชื่อ (ตามลำดับอักษร)	ที่อยู่	โทรศัพท์	วัสดุอุปกรณ์
1	บจก. คลินตันอินเตอร์เทรด	2/50 ซ.เพิ่มทรัพย์ ถนนสุขาภิบาล แขวงบางแค เขตบางแค กทม. 10160	0-2802-4213-16	ปั๊มน้ำ มอเตอร์
2	บจก. จ.แสงศิริ		0-2321-5667	ปั๊มน้ำบาดาล
3	บจก. ที.เอ็น.เจนเนอเรเตอร์ ซัพพลาย แอนด์เซอร์วิส	164/317 ม.1 ต.พิมลราช อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110	0-2922-9911	เครื่องอัดลม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
4	บจก. ไทยเจริญสุข เอ็นจิเนียริ่ง	1364 ถนนเพชรเกษม ต.ลำพญา จ.นครปฐม 73000	0-3427-2918-8	ผลิตและจำหน่าย หอถังเก็บน้ำ
5	บจก. ไทยวัฒนาอุปกรณ์และบุตร (1992)	463/2 ถนนลูกหลวง แขวงสี่แยกมหานาค เขตดุสิต กทม.	0-2282-4533-4	อุปกรณ์ไฟฟ้า
6	บจก. พาวเวอร์ปั๊ม แอนด์ แมชชีนเนอรี (ประเทศไทย)	88/2 ม.4 ถนนแสมดำ เขตบางขุนเทียน กทม. 10150	0-2452-8091	เครื่องสูบน้ำบาดาล
7	บจก. ยิม-ยุทธ		0-2899-5241	ผู้นำเข้า-จำหน่าย เครื่องสูบน้ำ
8	บจก. สิทธิยนต์ กรุ๊ป	10 ถนนปรินายก แขวงบ้านพานถม เขตพระนคร กทม. 10200	0-281-1418	อุปกรณ์การเจาะน้ำบาดาล
9	บจก. อิตัลไทยอุตสาหกรรม	24/18 ม.4 ถ.พระราม 2 (กม.26) ต.นาดี อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000	0-3483-4591	ผู้แทนจำหน่าย เครื่องจักรกลหนัก
10	บจก.มินเซนแมชชีนเนอรี่			
11	หจก.ต.เจริญการประปาและการโลหะ	1279/10 ม.6 ต.ท้ายบ้านใหม่ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10280	0-2387-1035	ท่อเหล็ก ท่อกรอง เครื่องสูบน้ำ
12	หจก.มณฑรักษ์ อีเลคทริค		0-3523-0577-8	ตู้ควบคุมมอเตอร์
13	หจก.สิมะอารีย์	8/1 ถนนเพชรเกษม แขวงบางด้วน เขตภาษีเจริญ กทม. 10160	0-2413-0856	ท่อเหล็ก
14	หจก.เอ็มแอนด์ที มุกดาหาร ซัพพลาย	6/1 ถนนสองนางสถิต อ.เมือง จ.มุกดาหาร 49000	0-4261-2328	หัวเจาะแอร์

(จาก สมาคมน้ำบาดาลไทย, 2550)

ภาคผนวก ฉ
ข้อมูลรายชื่อบริษัทที่ปรึกษาน้ำบาดาล

ตารางที่ ฉ-1 ข้อมูลรายชื่อบริษัทที่ปรึกษาน้ำบาดาล

ลำดับ	ชื่อ (ตามลำดับอักษร)	ที่อยู่	โทรศัพท์
1	บริษัท จีเอ็มที คอร์ปอเรชั่น จำกัด	28/72 หมู่ 13 ซอยร่มรื่น ถนลาดพร้าว แขวง ลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กทม. 10230	0-2931-1066-8
2	บริษัท ซันยู คอนซัลแตนท์ส (ประเทศไทย) จำกัด	เลขที่ 1 อาครภูมเดชา ชั้น3 ซ.ประดิพัทธ์ 10 ถ .ประดิพัทธ์ แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	0-2270-1112-5
3	บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด	22 ลาดพราว 35 จันทรเกษม จตุจักร กทม.	0-2938-2480-9
4	บริษัท โปรเกรสเทคโนโลยีคอนซัลแท็นส์ จำกัด	12/14-15 ซอยเกษมสันต์ 1 ถ.พระรามที่ 1 แขวง วังใหม่ เขตปทุมวัน กทม.มหานคร	0-2612-3080-3
5	บริษัท เมทริกซ์ แอสโซซิเอทซ์ จำกัด	อาคารสิรินรัตน์ ชั้น19 ถนนพระราม4 แขวงคลองตัน เขตคลองเตย กทม.ฯ	0-2672-5550
6	บริษัท วอเตอร์ รีซอร์ซ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด	117/43 ม.10 แขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กทม. ฯ 10230	0-2931-7773
7	บริษัท เอ บี อี เอ็น เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด	69/82 หมู่ที่ 2 ถนนติวานนท์ ต.ท่าทราย อ.เมือง นนทบุรี นนทบุรี	0-2759-0140
8	บริษัท เอส เอ็น ที คอนซัลแตนท์ จำกัด	1124/263 ซ.พหลโยธิน 32 (เจนพัฒนา) ถ.พหลโยธิน แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กทม. มหานคร	0-2541-6552

(จาก ศูนย์ข้อมูลที่ปรึกษาไทย กระทรวงการคลัง)

คู่มือ ทบ พ 12000-2550
การประเมินราคากลางการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

คู่มือ ทบ พ 12000-2550 เป็นคู่มือการปฏิบัติงานด้านการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล (พ) ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ทบ) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตัวเลขชุดแรกมี 4 ตำแหน่ง หมายถึง ลำดับของมาตรฐาน ตัวเลขชุดที่สอง “2550” หมายถึง ปี พ.ศ. ที่จัดทำเอกสารต้นฉบับของมาตรฐาน กรณีที่มีการแก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานให้ใส่วงเล็บต่อท้ายและระบุ ปี พ.ศ. ที่แก้ไขปรับปรุง เช่น (แก้ไขปรับปรุง 2555) เป็นต้น โดยมีเครื่องหมาย [ก] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่แก้ไข และมีเครื่องหมาย [ป] เป็นตัวยกกำกับหน้าข้อความที่ปรับปรุงขึ้นใหม่

1. บทนำ

การประเมินราคางานเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาลควรคำนึงถึงองค์ประกอบหลายๆ ด้าน เช่น ขนาดบ่อ ความลึก เครื่องจักร วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ สภาพพื้นที่ สภาพอุทกธรณีวิทยา และความยากง่ายในการดำเนินการรวมทั้งข้อกำหนดต่างๆ ของงาน

งานก่อสร้างบ่อน้ำบาดาลจัดเป็นวิชาชีพ เฉพาะบ่อน้ำบาดาลขนาดเล็กและตื้นอาจไม่มีความจำเป็นต้องมีบุคลากรหรือผู้เชี่ยวชาญแต่บ่อน้ำบาดาลขนาดใหญ่และลึกมากมีต้นทุนการก่อสร้างสูงจำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขาหลายด้าน

รูปแบบบ่อผลิตน้ำบาดาลขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และสภาพอุทกธรณีวิทยา ดังนั้นการกำหนดราคางานจึงต้องแตกต่างกัน ผู้มีประสบการณ์การเจาะบ่อน้ำบาดาลในหลายพื้นที่ย่อมมีโอกาสเสนอราคาได้เหมาะสมและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า

2. ขอบเขต

2.1 คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางการประเมินราคากลางการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ทั้งนี้เพื่อให้ราคาจ้างเหมาในภาคเอกชนหรือการจัดตั้งงบประมาณในภาครัฐเป็นมาตรฐานเดียวกัน

2.2 การกำหนดราคากลางในคู่มือฉบับนี้เป็นเพียงการเสนอตัวอย่างในเบื้องต้นเท่านั้นอย่างไรก็ตามราคากลางดังกล่าวอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

3. ศัพท์บัญญัติ

3.1 ราคากลาง หมายถึง เกณฑ์ราคาที่กำหนดขึ้นที่ใช้ทั่วไปและเป็นที่ยอมรับ

3.2 ค่าแรงเจาะบ่อน้ำบาดาล หมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เป็นค่าแรงงานในการเจาะ การสำรวจและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

3.3 ค่าวัสดุ หมายถึง ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล วัสดุสิ้นเปลือง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล

3.4 การจัดทำรายงาน หมายถึง การจัดทำรายงานผลการเจาะบ่อน้ำบาดาลรวมทั้งรายละเอียดทั้งหมดเกี่ยวกับบ่อน้ำบาดาล ตามแบบฟอร์มที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520

4. ความสำคัญและการใช้งาน

4.1 เอกสารคู่มือฉบับนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้องด้านการประกอบกิจการน้ำบาดาล

4.2 ใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการเสนอและตรวจสอบราคาค่าเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

5. ขั้นตอนในการดำเนินงาน

5.1 องค์ประกอบ

การประเมินราคาค่าเจาะบ่อน้ำบาดาลมีองค์ประกอบหลักเพื่อประกอบการพิจารณาดังนี้

- ขนาดบ่อน้ำบาดาล
- ความลึก
- ชนิดและขนาดของวัสดุ ท่อกรุ ท่อกรอง
- วิธีการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล
- สภาพอุทกธรณีวิทยาของชนิดหินอุ้มน้ำ
- ชุดเครื่องเจาะที่เลือกใช้วัสดุอะไหล่และค่าเสื่อมราคา
- วัสดุสิ้นเปลือง เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง และโคลนเจาะ เป็นต้น
- ข้อกำหนดรายละเอียดอื่นๆ
- ความเสี่ยงและความยุ่งยากที่ไม่อาจคาดคะเนได้
- การบริหารจัดการและอื่นๆ

ตัวอย่างราคากลางแสดงในตารางที่ 1

5.2 วิธีการคิดราคา

5.2.1 งานเอกสาร งานเคลื่อนย้าย งานประกอบและติดตั้งเครื่องจักร

(1) งานเอกสารประกอบด้วยการเตรียมข้อมูลสภาพอุทกธรณีวิทยาและประวัติหลุมเจาะในอดีต เงินประกันซอง เงินประกันสัญญา ค่าธรรมเนียมและค่าดำเนินการขอใบอนุญาตเจาะและใช้น้ำบาดาล อากรแสตมป์ ฯลฯ

(2) ค่าเคลื่อนย้ายวัสดุอุปกรณ์ เมื่อทำการคัดเลือกชนิดเครื่องจักรได้ถูกต้องตามชนิดชั้นหินและรูปแบบบ่อที่ประสงค์จะเจาะแล้ว การเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นต้นทุนที่ต้องนำมาพิจารณา เช่น ขนาดของรถบรรทุก จำนวนเที่ยวรถบรรทุก พิจารณาว่าจุดเจาะนั้นๆ มีถนนเข้าถึงสะดวกหรือไม่ สภาพพื้นที่เป็นที่ลุ่มที่ดอนหรือภูเขาสูงชัน การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์และเครื่องเจาะอาจมีค่าใช้จ่ายสูงถึงร้อยละ 30 ในบางกรณี

(3) ค่าก่อสร้างฐานเครื่องเจาะ จุดเจาะมักถูกกำหนดโดยผู้ว่าจ้าง ดังนั้นต้องพิจารณาออกแบบฐานของแท่นเจาะให้แข็งแรง อาจต้องมีงานรื้อถอนและขนย้ายหรือตอกเข็มและเทฐานคอนกรีต ถ้าชั้นดินมีความอ่อนตัวมาก นอกจากนี้พื้นที่ปฏิบัติการโดยรอบอาจมีความลาดเอียง จำเป็นต้องปรับแก้ให้อยู่ในแนวระนาบและกั้นบริเวณไม่ให้บุคคลภายนอกเข้าพื้นที่ก่อสร้าง

5.2.2 งานเจาะหลุมสำรวจ

(1) ค่าเจาะหลุมสำรวจ ซึ่งเจาะในพื้นที่ที่ไม่ทราบสภาพอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำบาดาลมาก่อนหรือเป็นบ่อที่ผู้ว่าจ้างต้องการทราบรายละเอียดของหลุมเจาะ เช่น การเจาะเพื่อเก็บตัวอย่างชั้นดินหรือแท่งหินหรือการทำแบ่งทดสอบทุกชั้นน้ำ หลุมเจาะสำรวจที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7 - 8 นิ้ว ขนาดหลุมเจาะชนิดหินและวิธีการเจาะคือต้นทุนให้คิดราคาตามจริงเป็นราคาบาท/เมตร-งาน

(2) ค่าเจาะเก็บตัวอย่างดินและหิน ชั้นดินและกรวดทรายที่เจาะผ่านต้องเก็บใส่ภาชนะหรือกล่อง ถุงพลาสติกและระบุความลึกทุกๆ ระยะ 1.0 เมตร รวมทั้งคำบรรยายชนิดดินและหินเหล่านั้น กรณีต้องเจาะเพื่อเก็บตัวอย่างแท่งดินและหิน คิดค่าเจาะเพิ่มมากกว่าการเจาะเพื่อเก็บเศษดินและหินทั่วไป

ตารางที่ 1 ตัวอย่างรายการประมาณราคาเจาะบ่อน้ำบาดาล

รายการที่	รายละเอียดงาน วัสดุ และการติดตั้ง	หน่วย	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวมเป็นเงิน (บาท)
1	**งานเอกสาร / งานเคลื่อนย้าย / ติดตั้ง**				
1.1	งานเอกสาร / เสนอราคา / สัญญาและใบอนุญาต	บ่อ	1		
1.2	ค่าเคลื่อนย้ายไป-กลับ ระหว่างบ่อ	บ่อ	1		
1.3	ค่าก่อสร้างฐานที่ตั้งเครื่องเจาะ/ ค่ารื้อถอนปรับพื้นที่	บ่อ	1		
	รวม (1.1-1.3)				
2	**งานสำรวจ**				
2.1	ค่าสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน				
	2.1.1 งานสำรวจภาคสนาม	งาน	1		
	2.1.2 งานแปลความหมายและจัดทำรายงาน	งาน	1		
2.2	ค่าเจาะหลุมสำรวจขนาด ... มม.	เมตร			
2.3	ค่าเจาะเก็บตัวอย่างดิน/หิน				
	2.3.1 ค่าเจาะเก็บตัวอย่างเกล็ดชั้นดิน/หิน	เมตร	1		
	2.3.2 ค่าเจาะเก็บแท่งตัวอย่างหิน (ถ้าจำเป็น)	เมตร	1		
2.4	ค่างานหยั่งธรณีหลุมเจาะ				
	2.4.1 งานหยั่งธรณีหลุมเจาะ	บ่อ	1		
	2.4.2 งานแปลความหมายและออกแบบ กำหนดตำแหน่งท่อกรุ / ท่อกรอง / ท่อรับทราย	บ่อ	1		
2.5	ค่าแยกทดสอบชั้นน้ำ (packer test)				
	2.5.1 งานเก็บตัวอย่างแต่ละชั้นน้ำ	ตัวอย่าง			
	2.5.2 งานอุดกลบ (ตามข้อตงลง)	เมตร			
	รวม (ข้อ 2.1-2.5)				
3	**งานก่อสร้างบ่อผลิตน้ำบาดาล**				
3.1	ค่าเจาะขยายหลุมขนาด ... มม.	เมตร			
3.2	ค่าวัสดุก่อสร้างบ่อ				
	3.2.1 ท่อกรุ ชนิด ... ขนาด ...	เมตร			
	3.2.2 ท่อกรอง ชนิด ... ขนาด ...	เมตร			
	3.2.3 ท่อรับทราย ชนิด ...ขนาด ...	เมตร			
	3.2.4 โครงบังคับบ่อ	อัน			
	3.2.5 กรวดกรุ	ลบ.ม.			
	3.2.6 ดินเหนียวผนึกรอบบ่อ	ลบ.ม.			
	3.2.7 ซีเมนต์ผนึกรอบบ่อ	ลบ.ม.			
	3.2.8 ค่าแรงก่อสร้างบ่อ	บ่อ			

ตารางที่ 1 ตัวอย่างรายการประมาณราคาเจาะบ่อน้ำบาดาล (ต่อ)

รายการที่	รายละเอียดงาน วัสดุ และการติดตั้ง	หน่วย	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวมเป็นเงิน (บาท)
3.3	งานพัฒนาบ่อน้ำบาดาล				
	3.3.1 การพัฒนาบ่อโดยวิธี ...	บ่อ			
	3.3.2 สารเคมี ... (กรณีที่จำเป็น)	บ่อ			
	3.3.3 ค่าฆ่าเชื้อในบ่อน้ำบาดาล ...	บ่อ	1		
	รวม (ข้อ 3.1-3.3)				
4	**งานทดสอบปริมาณน้ำ**				
4.1	ค่าสูบทดสอบด้วยอัตราการสูบคงที่ ... ชม.	บ่อ			
4.2	ค่าสูบทดสอบประสิทธิภาพบ่อ (step-drawdown test)	บ่อ			
4.3	ค่าการวิเคราะห์ผลการสูบทดสอบ แนะนำชนิดและขนาดเครื่องสูบน้ำ	บ่อ			
4.4	ค่าวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	ตัวอย่าง			
	รวม (ข้อ 4.1-4.4)				
5	**ค่าฐานคอนกรีต หรืออาคาร ขนาด 2 ม. x 2 ม. x 0.15 ม.**	บ่อ			
6	**ค่าฝาปิดบ่อน้ำบาดาล (ถ้ามี)**	บ่อ			
7	**ค่าจัดทำรายงาน**	บ่อ			
	รวม (ข้อ 5-7)				
8	**งานติดตั้งเครื่องสูบน้ำ**				
8.1	ค่าเครื่องสูบน้ำชนิด ... ขนาด ...	ชุด			
8.2	ค่าท่อสูบน้ำชนิด ... ขนาด ...	เมตร			
8.3	ค่าสายไฟฟ้าชนิด ... ขนาด ...	เมตร			
8.4	ค่าตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าเครื่องสูบน้ำ	ชุด			
8.5	ค่ามาตรวัดน้ำและอุปกรณ์ประกอบ	ชุด			
8.6	ค่าท่อและอุปกรณ์วัดระดับน้ำ (ถ้ามี)	ชุด			
8.7	ค่าแรงติดตั้ง	ชุด			
	รวม (ข้อ 8.1-8.7)				
9	**รวมรายการ (ข้อ 1-8)**				
10	**การบริหารจัดการและอื่น ๆ**				
11	**กำไร (ร้อยละ ...)**				
	รวม (ข้อ 9-11)				
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)				
	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น				

(3) ค่าตรวจสอบธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ เป็นการหยั่งธรณีหลุมเจาะด้วยอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและกัมมันตรังสีต้องพิจารณาตามข้อกำหนดให้ละเอียดว่ามีค่าตัวแปรอะไรบ้างที่ต้องดำเนินการขั้นตอนนี้ ราคางานขึ้นอยู่กับจำนวนค่าตัวแปรที่ต้องตรวจวัดและความลึก

การทดสอบและเก็บตัวอย่างน้ำจากชั้นน้ำต่างๆ เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล ณ ที่ชั้นน้ำหนึ่งๆ มีในกรณีการเจาะบ่อในหินร่วนระดับลึกๆ ค่าใช้จ่ายย่อมสูงตามด้วย

(4) การออกแบบบ่อบาดาล ขนาดบ่อ ระดับความลึกของท่อกรุท่อกรอง ขนาดกรวดและการกรุ การผลึกซีเมนต์และดินเหนียว ฯลฯ

(5) ค่าก่อสร้างบ่อสังเกตการณ์และค่าอุดกลบบ่อ เมื่อเจาะบ่อบาดาลที่ปรึกษาและผู้ประกอบการอาจอาจพิจารณาสร้างเป็นบ่อสังเกตการณ์ขนาด 4 นิ้ว หรือก่อสร้างเป็นบ่อผลิตหรือยกเลิกการสร้างบ่อผลิตแล้วอุดกลบ

กรณีที่ 1 บ่อสังเกตการณ์ขนาด 4 นิ้ว สามารถสร้างบ่อได้เมื่อทำการเจาะขยายหลุมเป็นขนาด 8 นิ้ว ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มเติม คือ ค่าท่อกรุ ท่อกรอง และค่าพัฒนาบ่อบาดาล

กรณีที่ 2 ค่าใช้จ่ายในการอุดกลบแยกได้ 3 ส่วน คือ (1) ค่างานเป่าล้างบ่อให้ถึงความลึกที่ต้องการ (2) ค่าวัสดุอุดกลบ เช่น ซีเมนต์ หรือดินเหนียว (3) ค่าแรงอุดกลบ

5.2.3 ค่างานก่อสร้างบ่อผลิตน้ำบาดาล อัตราสูบประมาณ ... ลบ.ม./ชม.

ถ้าหากพบว่าปริมาณและคุณภาพน้ำดีควรก่อสร้างเป็นบ่อผลิต สามารถระบุขนาดบ่อและความลึกที่จะทำการก่อสร้างได้ชัดเจน

(1) ค่าเจาะขยายหลุม ช่างเจาะผู้มีประสบการณ์และเคยผ่านงานบริเวณนั้นๆ มาก่อนย่อมกำหนดความยากง่ายของงานเจาะและประเมินค่าใช้จ่ายต่างๆ รวมทั้งอัตราการเสี่ยงหือความยากง่ายของงาน เช่น เจาะในชั้นกรวดทรายอาจมีการใช้วัสดุกั้นบ่อพังสูงเป็นต้น หรือใช้ท่อกันพังมากกว่าปกติ

(2) ค่าท่อกรุท่อกรองและค่าติดตั้ง ค่าท่อกรุและท่อกรองมีหลายขนาดและชนิด ราคา รวมค่าขนส่ง ดอกเบี้ย และค่าบริการ ส่วนค่าติดตั้งขึ้นอยู่กับความยากง่าย เช่น การติดตั้งท่อพีวีซี ท่อเหล็กขันเกลียว ท่อเหล็กเชื่อม หรือท่อไฟเบอร์กลาส และขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งพร้อมท่อกรุท่อกรองอื่นๆ รวมถึงความลึกของบ่อที่ทำการก่อสร้างด้วย

ค่าท่อกรุ คิดราคาเป็น บาท/เมตร ค่าท่อกรอง คิดราคาเป็น บาท/เมตร

ค่าท่อรับทราย คิดราคาเป็น บาท/เมตร ค่าโคลงบังคับท่อ คิดราคาเป็น บาท/ชิ้น ค่าติดตั้ง คิดราคาเป็น บาท/เมตร หรือ บาท/บ่อ

(3) งานกรุบ่อ งานกรุบ่อในที่นี้หมายถึงการกรุกรวด หรือการเติมกรวดให้รอบท่อกรองน้ำ การผนึกซีเมนต์และดินเหนียว แต่มีบ่อยครั้งที่ต้องอุดบ่อในส่วนที่เจาะลึกเกินไป ซึ่งมีค่าใช้จ่ายด้วย

(3.1) ค่ากรวดคัดขนาดคิดราคาตามจริงบวกค่าขนส่ง ค่าสารคลอรีนล้างกรวด ค่าติดตั้ง ค่าดอกเบี้ยและค่าบริการ โดยทั่วไปปริมาณกรวดที่ซื้อจริงจะมากกว่าที่คำนวณไว้ประมาณ 1.2 เท่า เป็นอย่างน้อย

(3.2) ค่าผนึกบ่อบาดาลด้วยดินเหนียว ใช้หลักการเดียวกับข้อ (3.1)

(3.3) ค่าผนึกบ่อบาดาลด้วยซีเมนต์ใช้หลักการเดียวกับข้อ (1)

(4) ค่างานพัฒนาบ่อน้ำบาดาล บ่อน้ำบาดาลเมื่อกรุกรวดได้ระดับแล้วจะต้องฉีดล้างท่อกรองด้วยสารเคมีชนิดโพลีฟอสเฟต (polyphosphate)

บ่อขนาดใหญ่และมีช่วงท่อกรองยาวต้องใช้สารเคมีมาก จากนั้นจึงฉีดล้างท่อกรองด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ใช้น้ำฉีด การกวนบ่อ และอื่นๆ อีกหลายวิธี ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่าท่อกรอง และชั้นน้ำบาดาลโดยรอบสะอาดโคลนวิทยาศาสตร์ เคลือบปิด ขั้นตอนนี้อาจใช้เวลานาน 1 - 3 วัน แล้วจึงทำการเป่าล้างบ่อบาดาลด้วยเครื่องอัดลม มักเช่าจากแหล่งบริการ ขนาดและกำลังของเครื่องอัดลม ช่างเจาะที่ผ่านประสบการณ์สูงมักให้ความระมัดระวังต่อการทำงานขั้นตอนนี้มาก

(4.1) ค่าล้างโคลนเบนโทไนต์โดยการเติมสารโพลีพอสเพตหรือสารอื่นๆ คิดราคาบาท/บ่อ
ค่ากำจัดโคลนวิทยาศาสตร์โดยการเติมสารโพลีฟอสเฟตหรืออื่นๆ คิดราคาเป็นบาท/บ่อ

(4.2) ค่าพัฒนาบ่อหรือล้างบ่อโดยวิธีต่างๆ คิดราคาบาท/บ่อ

(4.3) ค่าพัฒนาบ่อด้วยเครื่องอัดลมที่มีปริมาณและแรงดันสูง คิดราคาบาท/บ่อ

(4.4) ค่าคลอรีนฆ่าเชื้อโรค คิดราคาบาท/บ่อ

5.2.4 ค่างานสูบทดสอบปริมาณน้ำ

งานสูบทดสอบเป็นงานที่ช่างเจาะปฏิบัติร่วมกับนักอุทกธรณีวิทยา มีวิธีการและข้อกำหนดแตกต่างกันหลายลักษณะดังนี้

(1) ค่าสูบทดสอบด้วยอัตราสูบคงที่ 8 - 24 ชม. หรือ 7 - 10 วัน
(2) ค่าสูบทดสอบแบบปรับอัตราสูบ 4 ขั้นๆ ละ 4 ชม.
(3) ค่าวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
(4) ค่าการวิเคราะห์ผลการสูบทดสอบแนะนำชนิดและขนาดเครื่องสูบน้ำ

5.2.5 ค่าทำคอนกรีตเสริมเหล็กรอบฐานบ่อ ขนาด 2 ม. X 2 ม. X 0.55 ม.

5.2.6 ค่าอุปกรณ์ปิดบ่อ

เมื่อเจาะบ่อบาดาลเสร็จแล้วแต่ยังไม่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำต้องทำฝาปิดบ่อให้แน่นหนาป้องกันบุคคลอื่นๆ ทิ้งวัสดุที่ไม่พึงประสงค์ลงไปในบ่อ ควรล๊อคกุญแจ ราคางานขึ้นอยู่กับวัสดุและรูปแบบ

5.2.7 ค่าทำรายงานบ่อน้ำบาดาล

ช่างเจาะต้องทำรายงานส่งให้วิศวกรหรือนักอุทกธรณีวิทยาเพื่อนำเสนอต่อผู้ว่าจ้างทำการตรวจรับและจ่ายเงินงวดสุดท้าย คิดค่าใช้จ่ายตามจริง

5.2.8 ค่าติดตั้งเครื่องสูบน้ำ

องค์ประกอบของงานติดตั้งเครื่องสูบน้ำประกอบด้วย เครื่องสูบน้ำ ท่อดูด ท่อส่ง สายไฟฟ้า กล่องควบคุมระบบไฟ มิเตอร์ วาล์ว สายวัดแรงดัน ให้คิดค่าใช้จ่ายตามจริง รวมค่าขนส่ง ค่าติดตั้ง ค่าบริการและดอกเบี้ย

6. เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2549. ราคากลางสำหรับการเจาะและพัฒนาน้ำบาดาล โครงการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อการจัดทำระบบประปาจังหวัดเชียงใหม่, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดเลย				
193	นาง กิ่งแก้ว ศรีนวนแสง	74 ม.7 ต.นาอาน อ.เมือง จ.เลย 42000	089-2748024	โรตารี่เครื่องยนต์/ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
194	นาย คุณธร ภูธนภัทร	315/2 ถ.เลย-ด่านซ้าย ต.กุดป่อง อ.เมือง จ.เลย 42000	081-7397647	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
195	นาย เด่น บุรตปัสสา	85 ม.5 ต.น้ำสวย อ.เมือง จ.เลย 42000	081-9645504	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
196	นาย ยุธพล เจียระพงษ์	68 ต.กุดป่อง อ.เมือง จ.เลย 42000	081-7081821	โรตารี่เครื่องยนต์/ Top head drive 2 ชุด
197	พ.ต.ท. สวัสดิ์ สาระสิทธิ์	463 ม.3 ถ.ภูมิวิถี ต.วังสะพุง อ.วังสะพุง จ.เลย 42130	084-9528031	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
จังหวัดสกลนคร				
198	นาย บุญธรรม รักษาชนม์	433 ม. 3 ต.เมือง อ.เมือง จ.สกลนคร 47000	084-7896840	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
จังหวัดสงขลา				
199	นาย การต์ ทองคำ	57/3 ถ.สงขลา-นาทวี ม.6 ต.เขารูปช้าง อ.เมือง จ.สงขลา 90000	087-8834432	
200	นาย ไพโรจน์ พิทักษ์ธีระบัณฑิต	243 ถ.กาญจนวณิชย์ ต.หาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	081-6095252	โรตารี่เครื่องยนต์/ top head drive 2 ชุด
201	นาย รวิช แก้วล้าน	49 ม.2 ต.ตีหลวง อ.สทิงพระ จ.สงขลา 90190	081-6763363	
จังหวัดสตูล				
202	นาย วิชิต สุวรรณอังกูร	162 ม.10 ต.ปลม์พัฒนา กิ่งอำเภอมะนัง จ.สตูล 91130	087-2684011	
จังหวัดสมุทรปราการ				
203	นาย เจตต์ จุลวงษ์	บริษัท สยามโทเนะ จำกัด 1/15 ม.6 (กม.15) ถนนบางนา-ตราด ต.บางโฉลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540	081-8427905	ทุกระบบ
จังหวัดสมุทรสาคร				
204	นาย สมเกียรติ จิริวิยะวัฒน์	บ.อิตัลไทยอุตสาหกรรม จำกัด 24/18 ถ.พระราม2 ต.นาดี อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000	034-834590	

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดสระแก้ว				
205	นาย สมชาย ศรีทอง	109 ม. 10 ต.หนองบอน อ. เมือง จ. สระแก้ว 27000		
จังหวัดสระบุรี				
206	นาย คเณสร์ บรรพต	230/5 ม.1 ต.หนองยาว อ.เมือง จ.สระบุรี 18000	081-9473672	โรตารี่เครื่องยนต์/ ท็อปไฮดรอลิค 2 ชุด
207	นาย ฉวี จีวีระ	35/2 ม.2 ถ.พหลโยธิน ต.หนองนาก อ.หนองแค จ.สระบุรี 18230	089-7440461	
208	นาย พชรศักดิ์ บัวแก้ว	62/1 ม.4 ถ.มิตรภาพ ต.ตาลเดี่ยว อ.แก่งคอย จ.สระบุรี 18110	089-1157069	ท็อปไฮดรอลิค 1 ชุด
จังหวัดสิงห์บุรี				
209	นาย ธรรมรัตน์ ดีเจริญวิรุพ	749 ม.6 ต.อินทร์บุรี อ.อินทร์บุรี จ.สิงห์บุรี 16110	081-5549334	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดสุโขทัย				
210	นาย วัฒนา เรืองปัญญา วัฒนา	105/1 ม.4 ถ.จรถวิถีคร่อง ต.ธานี อ.เมือง จ.สุโขทัย 64000	081-7856499	ท็อปไฮดรอลิคใหญ่/ เล็ก
211	นาย วัฒนา เรืองปัญญา วัฒนา	105/1 ม.4 ถ.จรดวิถีถ่อง ต.ธานี อ.ธานี จ.สุโขทัย 64000	055-611203-5	โรตารี่เครื่องยนต์ / ท็อปไฮดรอลิค
จังหวัดสุพรรณบุรี				
212	นาย ฉลองชัย เตชะธนวินท์	138 ม. 10 ต.ด่านช้าง อ. ด่านช้าง จ. สุพรรณบุรี 72180	081-4726162	
213	นาย วิสิทธิ์ ขวัญงาม	41 ม.1 ถ.ด่านช้าง-อู่ทอง ต.บ้านไขว้ อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี 72160	081-8575202	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดสุรินทร์				
214	นาย ทองสาน สาธร	62 ม.11 ต.ตาอ็อง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000	085-0496814	
215	นาย บุญส่ง ศาลาทอง	37 ม.1 ต.หนองขวาง อ.ศีขรภูมิ จ.สุรินทร์ 32110	089-3551652	
216	นาย ประเสริฐ จารัตน์	55 ม.11 ต.ตาอ็อง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000	081-5897385	
217	นาย พณพจน์ เลิศเสาวณิต	277 ม.18 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 22000	089-4249155	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด

(จาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลรถเจาะบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชนทั่วประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	ที่อยู่	โทรศัพท์	ระบบเครื่องเจาะ
จังหวัดหนองคาย				
218	นาย ประเสริฐ เมืองแพน	179 ม.3 ต.พระธาตุบังพวน อ.เมือง จ.หนองคาย 43100	081-0472438	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุด
จังหวัดหนองบัวลำภู				
219	นาย ตระกูล ตรีวรเวทย์	153 ม.3 หนองบัว อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู	081-2610136	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
220	นาย นวรัตน์ อินทะกนก	190 ม.5 ต.นาคำไฮ อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู 39000	089-8412007	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
221	นาย แสวง ชื่นชม	1 ม.5 ต.โนนขมน์ อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู 39000	087-1672977	โรตารี่เครื่องยนต์ 1 ชุดเล็ก
จังหวัดอำนาจเจริญ				
222	นาย ฉกาจ รุ่งเรือง	42 ถ.ศรีมงคล ม.2 ต.น้ำปลีก อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ 37000	086-0131971	
223	นาย บวรศักดิ์ คณาเสน	188/251 ถ.วิชิตสิน ม.9 ต.บ่อ อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ 37000	086-2517528	
224	นาย แมน ธนวงสิทธิ์	24/1 ม.19 ต.บุ่ง อ.เมือง จ.อำนาจเจริญ 37000	045-451983	
จังหวัดอุดรธานี				
225	ว่าที่ ร.ท. เชิดชัย ไชยรัตนโชติ	99/18 ม.2 ต.บ้านเลื่อม อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000	081-8717543	โรตารี่เครื่องยนต์/ กระแทก 2 ชุด
226	นาย สมคิด อาจเจริญ	177/14 ม.4 ต.หนองบัว อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000	087-2589355	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
227	นาย สุพจน์ ทองทิพย์	125 ต.หายโศก อ.บ้านผือ จ.อุดรธานี 41160	081-2249618	โรตารี่เครื่องยนต์ 2 ชุด
จังหวัดตราด				
228	นาย อำนาจ สรรหาธรรม	45/2 ม.9 ต.แสนตุ้ง อ.เขาสมิง จ.ตราด 23150	089-2011246	
จังหวัดอุบลราชธานี				
229	นาย กุหลาบ ศรีจันทร์	90/4 ม.19 ต.ขามใหญ่ อ.เมือง จ. อุบลราชธานี 34000	089-7166709	
230	นาย ชาญกิจ วารี	219/3 กันทรลักษณ์ ต.วารินชำราบ อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190	081-7090902	
231	นาย ณัฐพล รัตนูปการ	19 ซ.พโลชัย 9 ต.ในเมือง จ. อุบลราชธานี 34000	081-7250131	

(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2548)

ภาคผนวก จ

ข้อมูลผู้ประกอบการขายวัสดุอุปกรณ์เจาะบ่อบาดาล

ตารางที่ จ-1 ข้อมูลผู้ประกอบการขายวัสดุอุปกรณ์เจาะบ่อบาดาล

ลำดับ	ชื่อ (ตามลำดับอักษร)	ที่อยู่	โทรศัพท์	วัสดุอุปกรณ์
1	บจก. คลินตันอินเตอร์เทรด	2/50 ซ.เพิ่มทรัพย์ ถนนสุขาภิบาล แขวงบางแค เขตบางแค กทม. 10160	0-2802-4213-16	ปั๊มน้ำ มอเตอร์
2	บจก. จ.แสงศิริ		0-2321-5667	ปั๊มน้ำบาดาล
3	บจก. ที.เอ็น.เจนเนอเรเตอร์ ซัพพลาย แอนด์เซอร์วิส	164/317 ม.1 ต.พิมลราช อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110	0-2922-9911	เครื่องอัดลม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
4	บจก. ไทยเจริญสุข เอ็นจิเนียริ่ง	1364 ถนนเพชรเกษม ต.ลำพญา จ.นครปฐม 73000	0-3427-2918-8	ผลิตและจำหน่าย หอถังเก็บน้ำ
5	บจก. ไทยวัฒนาอุปกรณ์และบุตร (1992)	463/2 ถนนลูกหลวง แขวงสี่แยกมหานาค เขตดุสิต กทม.	0-2282-4533-4	อุปกรณ์ไฟฟ้า
6	บจก. พาวเวอร์ปั๊ม แอนด์ แมชชีนเนอรี (ประเทศไทย)	88/2 ม.4 ถนนแสมดำ เขตบางขุนเทียน กทม. 10150	0-2452-8091	เครื่องสูบน้ำบาดาล
7	บจก. ยิม-ยุทธ		0-2899-5241	ผู้นำเข้า-จำหน่าย เครื่องสูบน้ำ
8	บจก. สิทธิยนต์ กรุ๊ป	10 ถนนปรินายก แขวงบ้านพานถม เขตพระนคร กทม. 10200	0-281-1418	อุปกรณ์การเจาะน้ำบาดาล
9	บจก. อิตัลไทยอุตสาหกรรม	24/18 ม.4 ถ.พระราม 2 (กม.26) ต.นาดี อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000	0-3483-4591	ผู้แทนจำหน่าย เครื่องจักรกลหนัก
10	บจก.มินเซนแมชชีนเนอรี่			
11	หจก.ต.เจริญการประปาและการโลหะ	1279/10 ม.6 ต.ท้ายบ้านใหม่ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10280	0-2387-1035	ท่อเหล็ก ท่อกรอง เครื่องสูบน้ำ
12	หจก.มณฑรักษ์ อีเลคทริค		0-3523-0577-8	ตู้ควบคุมมอเตอร์
13	หจก.สิมะอารีย์	8/1 ถนนเพชรเกษม แขวงบางด้วน เขตภาษีเจริญ กทม. 10160	0-2413-0856	ท่อเหล็ก
14	หจก.เอ็มแอนด์ที มุกดาหาร ซัพพลาย	6/1 ถนนสองนางสถิต อ.เมือง จ.มุกดาหาร 49000	0-4261-2328	หัวเจาะแอร์

(จาก สมาคมน้ำบาดาลไทย, 2550)

ภาคผนวก ฉ
ข้อมูลรายชื่อบริษัทที่ปรึกษาน้ำบาดาล

ตารางที่ ฉ-1 ข้อมูลรายชื่อบริษัทที่ปรึกษาน้ำบาดาล

ลำดับ	ชื่อ (ตามลำดับอักษร)	ที่อยู่	โทรศัพท์
1	บริษัท จีเอ็มที คอร์ปอเรชั่น จำกัด	28/72 หมู่ 13 ซอยร่มรื่น ถนลาดพร้าว แขวง ลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กทม. 10230	0-2931-1066-8
2	บริษัท ซันยู คอนซัลแตนท์ส (ประเทศไทย) จำกัด	เลขที่ 1 อาครภูมเดชา ชั้น3 ซ.ประดิพัทธ์ 10 ถ .ประดิพัทธ์ แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.	0-2270-1112-5
3	บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด	22 ลาดพราว 35 จันทรเกษม จตุจักร กทม.	0-2938-2480-9
4	บริษัท โปรเกรสเทคโนโลยีคอนซัลแท็นส์ จำกัด	12/14-15 ซอยเกษมสันต์ 1 ถ.พระรามที่ 1 แขวง วังใหม่ เขตปทุมวัน กทม.มหานคร	0-2612-3080-3
5	บริษัท เมทริกซ์ แอสโซซิเอทซ์ จำกัด	อาคารสิรินรัตน์ ชั้น19 ถนนพระราม4 แขวงคลองตัน เขตคลองเตย กทม.ฯ	0-2672-5550
6	บริษัท วอเตอร์ รีซอร์ซ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด	117/43 ม.10 แขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กทม. ฯ 10230	0-2931-7773
7	บริษัท เอ บี อี เอ็น เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด	69/82 หมู่ที่ 2 ถนนติวานนท์ ต.ท่าทราย อ.เมือง นนทบุรี นนทบุรี	0-2759-0140
8	บริษัท เอส เอ็น ที คอนซัลแตนท์ จำกัด	1124/263 ซ.พหลโยธิน 32 (เจนพัฒนา) ถ.พหลโยธิน แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กทม. มหานคร	0-2541-6552

(จาก ศูนย์ข้อมูลที่ปรึกษาไทย กระทรวงการคลัง)

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
49 ชั้น 8 อาคารกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ซอย 30
ถ.พระราม 6 แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพฯ
Website : http://www.dgr.go.th