หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทดสอบ และ การสำรวจข้อมูล

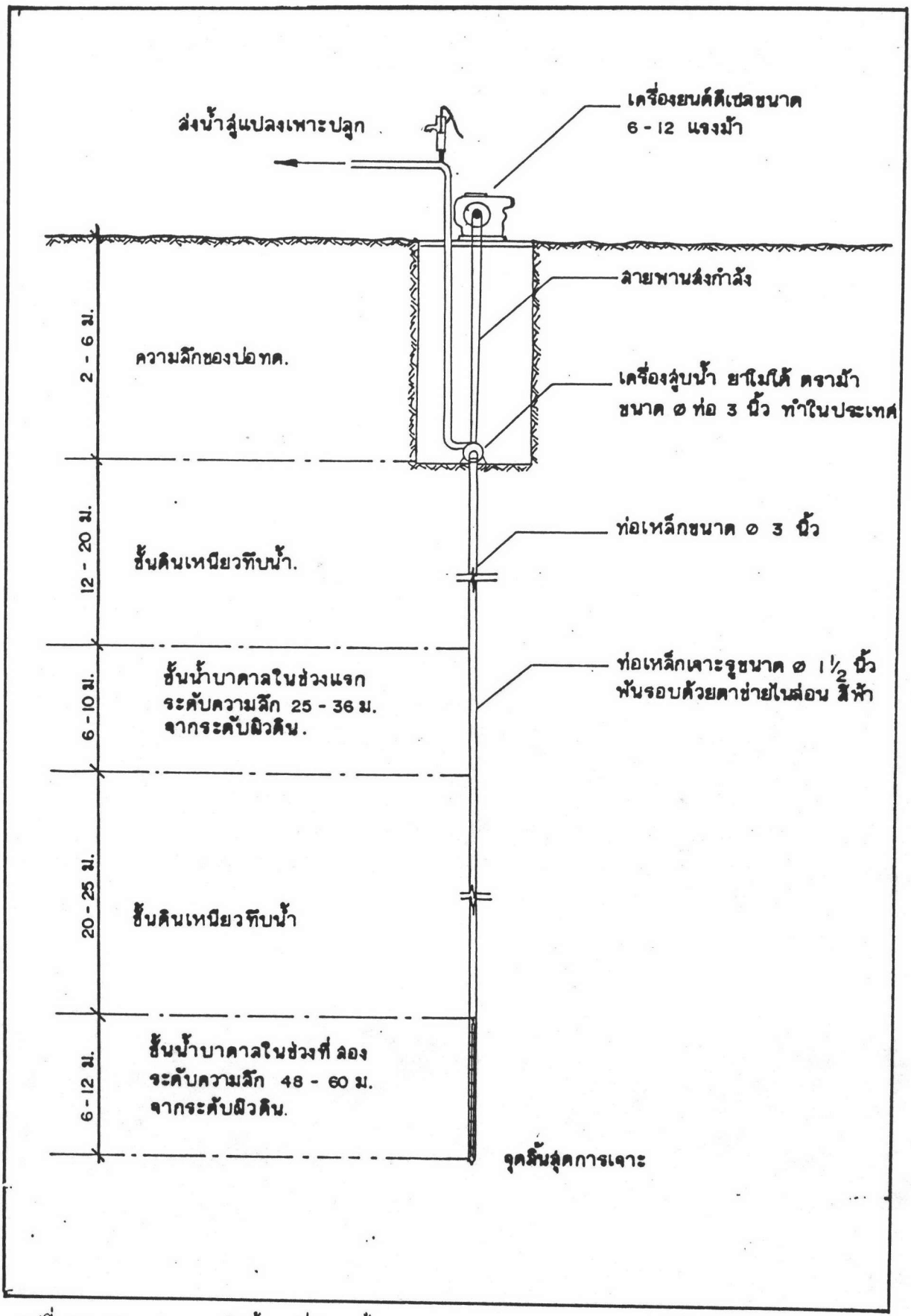
แนวความคิดในการศึกษาก็คือ การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ ที่ชาวบ้านใช้อยู่ และ ปัญหาที่เกิดขึ้นต่อการสูบน้ำบาดาล ในบทนี้จะกล่าวถึง วิธีการทดสอบ และการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ซึ่งจะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบภาคสนามตลอดจนการสัมภาษณ์ในสนาม

4.1 สภาพทั่วไปของการสูบน้ำ

บริเวณพื้นที่ของตำบลบ้านกร่างเป็นพื้นที่ราบขนาดใหญ่ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีสภาพเป็นพื้นที่นา และมีการเจาะบ่อบาดาลเพื่อการเกษตรมากมาย โดยเฉพาะในพื้นที่ของบ้านหมู่ที่ 3 หมู่ที่ 4 และหมู่ที่ 5 ลักษณะของบ่อบาดาลในตำบลบ้านกร่างจะเจาะลึกจากผิวดินลงไปประมาณ 30 - 60 เมตร โดยทั่วไปจะต้องมีการทำบ่อทดดังแสดงในรูปที่ (4 - 1) บ่อทดนี้จะขุดลงไปในดิน โดยใช้ปลอกคอนกรีตที่หล่อสำเร็จตามลงไป เพื่อกันมิให้ดินทรุดเข้าไปในบ่อ บ่อนี้ทำขึ้นเพื่อ ลดหัวพลังงานของท่อดูดลง ความลึกของบ่อทดนี้จะมีความลึกตั้งแต่ 2 เมตรจนถึง 6 เมตร การติดตั้งเครื่องสูบจะติดตั้งที่จุดต่ำสุดภายในบ่อทด ท่อเหล็กที่ใช้ทำบ่อบาดาลโดยทั่วไปจะใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว แต่ก็มีบางบ่อที่ใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 3 นิ้ว ในส่วนปลายที่อยู่ลึกที่สุดจะมีการเจาะรูบนตัวท่อ โดยรูที่เจาะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว เพื่อให้น้ำไหลเข่าสู่บ่อบาดาล ความยาวของท่อในส่วนที่มีการเจาะรูนี้จะยาวตั้งแต่ 6 เมตรขึ้นไป สำหรับท่อในส่วนที่มีการเจาะรูนี้จะถูกหุ้มด้วยตาข่ายไน่ล่อนสีฟ้า 2 ชั้น หรือตะแกรงทองเหลือง เพื่อกันมิให้เศษเม็ดดิน หรือทราย ไหลเข้าไปในตัวท่อได้ เมื่อมีการสูบน้ำ

เครื่องสูบที่ใช้เป็นเครื่องสูบแบบหอยโข่ง ทำในประเทศ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวใบพัด 8.0 นิ้ว มีใบพัดจำนวน 8 ใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อดูด และท่อส่ง 3 นิ้ว ใช้วิธีการส่งกำลังด้วยสายพาน และใช้เครื่องสูบมือโยกเป็นเครื่องมือในการล่อน้ำติดตั้งดังในรูปที่ (4-1)

เครื่องต้นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำ เป็นเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวที่ผลิตภายในประเทศขนาด 6 - 11 แรงม้า มีปริมาตรกระบอกสูบตั้งแต่ 353 ซีซี จนถึง 577 ซีซี ที่ใช้งานอย่างอเนกประสงค์เพื่อการเกษตรโดยทั่วไป



รูปที่ (4-1) แสดงการติดตั้งเครื่องสูบน้ำบาดาลของชาวบ้าน ในเขต ต.บ้านกร่าง อ.กงไกรลาส

4.2 แนวความคิดในการศึกษา

การประเมินประสิทธิภาพในการสูบน้ำ จากสภาพในสนามกระทำได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถนำเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการไปใช้ได้ ดังนั้นในการประเมินประสิทธิภาพในการสูบน้ำจึงอาศัยข้อมูลที่เก็บได้จากในสนาม ไปเปรียบเทียบกับ การทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถปรับสภาพการทดสอบได้หลายสถานะ แล้วจึงทำการวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำในสภาวะต่างๆ

การศึกษาเรื่องการปรับปรุงเทคโนโลยีการสูบน้ำใต้ดินจึงต้องอาศัย ทฤษฎี และ หลักวิชาการ ดังต่อไปนี้

1) ทฤษฎีน้ำใต้ดิน

2) หลักการ และ ทฤษฎีของเครื่องสูบน้ำ

3) ทฤษฎีการใช้น้ำของพืช

การใช้ทฤษฎีน้ำใต้ดินในการศึกษา ก็เพื่อที่จะประเมิน ปริมาณ และ คุณภาพ ของชั้นดินอุ้มน้ำ ในบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ประกอบการพิจารณา ปรับปรุงเทคโนโลยี ซึ่งข้อจำกัดในการสูบน้ำมีสาเหตุมาจากลักษณะทางกายภาพของชั้นดินอุ้มน้ำ และ ระดับน้ำใต้ดิน ในการศึกษาจะอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลชั้นดินในภาคสนาม โดยการเก็บตัวอย่างลักษณะชั้นดินที่ระดับความลึกต่างๆ และ ตัวอย่างดินของชั้นดินอุ้ม เพื่อนำไปวิเคราะห์การให้น้ำของชั้นดินอุ้มน้ำ

การใช้ทฤษฎี และหลักการของเครื่องสูบน้ำ ประเด็นในการศึกษาวิทยานิพนธ์มุ่งที่จะปรับปรุงเทคโนโลยีการสูบน้ำโดยเฉพาะ ดังนั้น ทฤษฎี และหลักการของเครื่องสูบน้ำ จึงนับว่ามีความสำคัญอย่างมากในการศึกษา การศึกษาในส่วนนี้จะอาศัยการทดลองในห้องปฏิบัติการ ตำราทางวิชาการของเครื่องสูบน้ำ และ เอกสารประกอบการเลือกชนิดและขนาดของเครื่องสูบของบริษัทที่ผลิตเครื่องสูบน้ำ โดยจะอาศัยข้อมูลจากการทดสอบภาคสนาม และการทดสอบในห้องปฏิบัติการประเมินประสิทธิภาพการสูบน้ำที่เป็นอยู่ และจะอาศัยข้อมูลจากเอกสาร และ ตำราวิชาการประกอบในการพิจารณาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยคำนึงถึงความเหมาะสม ของสภาพสังคมเป็นหลัก

การใช้ทฤษฎีการใช้น้ำของพืช จะใช้เป็นตัวประเมินความต้องการการใช้น้ำของพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งปริมาณน้ำที่ต้องการจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูก (Crop Pattern) และขนาดพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูก ข้อมูลส่วนนี้ได้จากออกแบบสอบถาม การใช้ทฤษฎีการใช้น้ำของพืชนี้ก็เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการกำหนดหลักเกณฑ์ในการปรับปรุงเทคโนโลยีทางด้านนี้ ให้เหมาะสมกับ

สภาพการเพาะปลูก และชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูก

4.3 เครื่องมือในการทดสอบ

จากหลักการและความต้องการในหัวข้อ 4.2 จึงได้กำหนดเครื่องมือ และ อุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดสอบ ส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์ของชาวบ้านที่มีอยู่แล้ว ในการทำการทดสอบภาคสนาม สำหรับในการทดสอบจึงแบ่งอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ประกอบการทดสอบภาคสนาม และ อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ประกอบการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 อุปกรณ์เครื่องมือสำหรับการทดสอบภาคสนาม

การทดสอบภาคสนามได้กระทำไปพร้อมกับการสัมภาษณ์ ข้อมูลของบ่อบาดาลของแต่ละครัวเรือน ข้อมูลของสภาพสังคมและเศรษฐกิจ โดยการใช้แบบสอบถาม และข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่ทางอำเภอได้ทำการสำรวจ สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการทดสอบภาคสนามมีดังนี้

1) ชุดเครื่องสูบน้ำประกอบด้วย เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ทำในประเทศ ยี่ห้อ ยาโมโต้ ตราม้า Type SSC 3 มีเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด 8 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อดูด และ ท่อส่ง 3 นิ้ว ติดตั้งดังแสดงในรูปที่ (4-1) โดยมีสายพานเป็นตัวส่งกำลังจากเครื่องยนต์ ซึ่งอยู่ด้านบนไปยังเครื่องสูบ ซึ่งอยู่ลึกลงไปภายในบ่อทด ประมาณ 2-6 เมตร ส่วนของท่อดูดและท่อส่งของเครื่องสูบเป็นท่อเหล็กอาบสังกะสี โดยทั่วไปความลึกของบ่อจะลึกตั้งแต่ 30-60 เมตร

2) ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการล่อน้ำ (Priming) โดยทั่วไปประกอบติดกับท่อส่ง แต่ในบางบ่อจะประกอบติดกับท่อดูดก่อนจะถึงตัวเครื่องสูบก็มี เป็นเครื่องสูบแบบลูกสูบที่ใช้โยกด้วยแรงคน ติดตั้งดังแสดงในรูปที่ (4-1) เครื่องมือล่อน้ำนี้จะใช้น้ำเป็นตัวล่อ เมื่อทำการโยกสูบ จะทำให้เกิดสูญญากาศขึ้นภายในท่อ และจะทำให้ระดับน้ำภายในท่อเหล็กสูงขึ้นจนอยู่เหนือระดับของเครื่องสูบแล้วจึงทำการติดเครื่องยนต์เพื่อให้เครื่องสูบทำงาน

3) เครื่องต้นกำลัง เป็นเครื่องยนต์ดีเซล สูบเดี่ยว ขนาด 6-11 แรงม้า (4.5-8.2 กิโลวัตต์) ส่วนใหญ่เป็นเครื่องยนต์ที่ผลิตภายในประเทศ เครื่องยนต์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้กันแบบอเนกประสงค์ ซึ่งนอกจากจะใช้ในการสูบน้ำเพื่อการเกษตร แล้ว ยังใช้ในการไถเตรียมดิน

ก่อนการเพาะปลูก หรือ ใช้ในตอนเก็บเกี่ยวผลิตผล

4) อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการทดสอบ ประกอบด้วย

ก) นาฬิกาจับเวลา ใช้สำหรับจับเวลา เพื่อวัดอัตราการไหลของน้ำ และ เวลาที่ผ่านไปในขณะที่ทำการทดสอบ

ข) ถังวัดปริมาตร ใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร หรือ ภาชนะบรรจุน้ำแบบอื่นที่หาได้จากในพื้นที่ แต่ต้องทำการตรวจสอบ (Calibrate) ปริมาตรเสียก่อน ก่อนนำไปใช้วัดอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำ โดยการจับเวลาการไหลของน้ำจนเต็มภาชนะที่ทำการตรวจสอบปริมาตรแล้ว เพื่อหาค่าอัตราการไหล (Discharge,Q) เป็น ลิตร/วินาที

ค) เครื่องมือวัดรอบเครื่องยนต์ และ เพลาของเครื่องสูบ เป็นเครื่องมืออิเลคทรอนิกส์ที่สามารถวัดรอบของเครื่องยนต์ หรือ แกนเพลาของเครื่องสูบ ออกมาเป็นตัวเลข โดยจะอ่านได้เป็นจำนวนรอบต่อนาที (RPM)

ง) สายเทปวัดระยะทาง ใช้สำหรับวัดความลึกของบ่อทด จากระดับผิวดิน ไปถึงตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องสูบภายในบ่อทด ที่อยู่ลึกจากระดับผิวดินลงไป

4.3.2 <u>เครื่องมือสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ</u>

เนื่องจากการสูบน้ำของชาวบ้าน ยังใช้เครื่องยนต์เป็นเครื่องต้นกำลัง ในการประเมินประสิทธิภาพการสูบน้ำ จึงต้องอาศัยการเปรียบเทียบผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งชุดเครื่องมือที่ใช้ทำการทดสอบ จะใช้เครื่องสูบน้ำ และ เครื่องต้นกำลังแบบเดียวกับที่ใช้ในการทดสอบภาคสนาม สำหรับรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการมีดังนี้

1) ชุดเครื่องสูบน้ำ และเครื่องต้นกำลังติดตั้งดังในรูปที่ (4-3) ที่ตำแหน่งของเครื่องสูบจะมีน็อตยึดตัวเครื่องสูบอยู่ ซึ่งสามารถเลื่อนไปตามราง เพื่อทำให้สามารถปรับความตึงของสายพานได้

2) ถังวัดปริมาตรน้ำ พร้อมเครื่องชั่ง ซึ่งจะใช้วัดปริมาตรของน้ำที่ระดับหัวพลังงานต่างๆ ในการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำ

3) วาวล์สำหรับเปลี่ยนแปลงค่าระดับหัวพลังงาน พร้อมกับเกจวัดความดัน สำหรับวัดความดันก่อนผ่านวาวล์ และหลังจากผ่านวาวล์แล้ว

4) เครื่องมือวัดรอบเครื่องยนต์ และ เพลาของเครื่องสูบ

5) นาฬิกาจับเวลา

4.4 วิธีการทดสอบ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบภาคสนาม และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ สำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จะสามารถควบคุมสภาวะการทดสอบได้หลายรูปแบบ ดังนั้นในการทดสอบ จึงทำการทดสอบครอบคุมสภาพการสูบน้ำที่เป็นอยู่ในสนามทั้งหมด เพื่อนำมาวิเคราะห์แต่ละสภาวะของการสูบน้ำ

4.4.1 การทดสอบภาคสนาม และ การ สำรวจข้อมูล

การทดสอบภาคสนาม จะทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำ ที่ความเร็วรอบต่างๆ ของเครื่องยนต์ ณ อัตราเร่งของเครื่องยนต์ต่างๆกัน และอีกส่วนหนึ่งก็จะทำการทดสอบสูบน้ำ ที่ความเร็วรอบใช้งาน เมื่อเวลาผ่านไปเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหล กับเวลาที่ผ่านไป ซึ่งในการทดสอบได้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในหัวข้อที่ (4.3.1) โดยใช้คนทำงานจำนวน 4 คน แบ่งหน้าที่การทำงานในการทดสอบดังต่อไปนี้

1) คนวัดอัตราการไหลของน้ำ ทำการจับเวลาจากนาฬิกาจับเวลา เพื่อวัดอัตราการไหล โดยจับเวลาที่ใช้ในการสูบน้ำจนเต็มถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร หรือภาชนะตวงน้ำ ที่ทำการตรวจสอบปริมาตรแล้ว เพื่อหาค่าอัตราการไหลเป็น (ลิตร/วินาที) ในขณะเดียวกัน ก็จะทำการบันทึกเวลาในขณะที่ทำการทดสอบ จนเสร็จสิ้นการทดสอบ

2) คนวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ จะใช้เครื่องมือวัดรอบอิเลกทรอนิกส์ ซึ่งสามารถอ่านค่าเป็นตัวเลขของจำนวนรอบต่อนาที ทำการวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่เพลาส่งกำลังของเครื่องยนต์

3) คนวัดความเร็วรอบเพลาของเครื่องสูบ จะใช้เครื่องมือวัดรอบแบบเดียวกัน แต่จะต้องปีนลงไปทดสอบในบ่อทดซึ่งอยู่ลึกจากผิวดินลงไป

4) คนบันทึกค่าจากการทดสอบ ลงในตารางการเก็บข้อมูลภาคสนาม

การทดสอบภาคสนามได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบเมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่อัตราการเร่งของเครื่องยนต์ต่างๆกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง

ความเร็วรอบเครื่องสูบน้ำ (RPM) กับ ค่าอัตราการไหล (Discharge,Q) และอีกส่วนหนึ่งก็คือการทดสอบเมื่อความเร็วรอบคงที่ ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ชาวบ้านใช้งานในการสูบน้ำ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการไหล กับ เวลาที่ผ่านไป เมื่อทำการสูบน้ำแบบต่อเนื่อง ซึ่งจะใช้ในการศึกษาการลดลงของระดับน้ำใต้ดิน

ส่วนที่ 1 การทดสอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ ในส่วนนี้จะใช้ความเร็วรอบที่สูงกว่าความเร็วรอบใช้งานประมาณ 2-3 ค่า และจะใช้ความเร็วรอบที่ต่ำกว่าความเร็วรอบใช้งานประมาณ 2 ค่า เพื่อที่จะหาสมรรถนะของเครื่องสูบที่ความเร็วรอบต่างๆ ในการทดสอบมีขั้นตอนและ วิธีการทดสอบดังนี้

1) ทำการวัดความลึกของบ่อทด จากผิวดินจนถึงตำแหน่งที่ทำการติดตั้งเครื่องสูบ โดยใช้สายเทปวัดความยาว พร้อมกับบันทึก วันเดือนปี และ เวลาที่เริ่มทำการทดสอบ

2) ทำการล่อน้ำด้วยเครื่องมือล่อน้ำ (Priming) ซึ่งใช้สูบโยกแบบลูกสูบ สูบจนกระทั่งระดับน้ำอยู่สูงกว่าระดับของเครื่องสูบ จากนั้นจึงทำการติดเครื่องยนต์เพื่อทำการสูบน้ำ

3) ใช้ความเร็วรอบที่ชาวบ้านใช้ในการสูบน้ำ ทำการตวงน้ำด้วยถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร หรือภาชนะอย่างอื่นที่ทำการตรวจสอบปริมาตรแล้ว จับเวลาที่ใช้ในการสูบน้ำจนเต็มภาชนะที่ใช้ตวงน้ำ แล้วบันทึกค่าปริมาตรของภาชนะ และ เวลาที่ใช้ในการสูบน้ำจนเต็มภาชนะที่ใช้ตวง

4) ทำการวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และ ความเร็วรอบของเครื่องสูบ โดยใช้เครื่องวัดรอบอิเลกทรอนิกส์ ที่สามารถอ่านค่าเป็นตัวเลขของจำนวนรอบของการหมุนต่อนาที พร้อมกับบันทึกค่าความเร็วรอบทั้งสองลงในตารางเก็บข้อมูล

5) ทำการทดสอบตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 จนถึงขั้นตอนที่ 4 โดยการเปลี่ยนความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้สูงกว่าความเร็วรอบใช้งานประมาณ 2-3 ค่า และ ต่ำกว่าประมาณ 2 ค่า

6) บันทึกเวลาเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองในส่วนที่ 1

ส่วนที่ 2 การทดสอบเมื่อใช้ความเร็วรอบคงที่ การศึกษาในส่วนนี้จะพิจารณาถึง ค่าอัตราการไหล เมื่อมีการสูบน้ำแบบต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้ระดับของน้ำใต้ดินต่ำลง(Drawdown) ทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลง วิธีการและขั้นตอนในการทดสอบมีดังนี้

1) ทำการบันทึกวันเดือนปี และ เวลาที่เริ่มทำการทดสอบ

2) เร่งเครื่องยนต์จนกระทั่งถึงความเร็วรอบใช้งาน ทำการวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และ เพลาของเครื่องสูบ พร้อมกับบันทึกค่าลงในตารางการทดสอบ

3) ใช้ภาชนะสำหรับตวงวัดปริมาตรน้ำ ทำการตวงน้ำจากปลายท่อ และจับเวลาที่ใช้ใน

การตวงน้ำจนเต็มภาชนะ พร้อมกับบันทึกเวลาที่ทำการทดสอบ

4) ทำการทดสอบแบบเดียวกับขั้นตอนที่ 2 และ 3 ทุกๆ 15 นาที ในช่วงชั่วโมงแรกของการทดสอบ และทุก ๆ ชั่วโมงในช่วงชั่วโมงต่อมา ทำการทดสอบวัดอัตราการไหลจนกระทั่งอัตราการไหลเริ่มคงที่จึงหยุดทดสอบ

5) บันทึกเวลาเมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบ

การสำรวจข้อมูล ข้อมูลที่ทำการสำรวจประกอบด้วย ข้อมูลของชั้นดินของพื้นที่ที่ทำการศึกษา ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ และข้อมูลพื้นฐานทางสังคม และเศรษฐกิจ ที่ทางอำเภอได้จัดทำขึ้น ซึ่งการสำรวจข้อมูลในส่วนนี้มีรายละเอียดดังนี้

การสำรวจข้อมูลของชั้นดินในพื้นที่ศึกษา ในช่วงฤดูแล้งประมาณ เดือนมีนาคม จนถึงเดือนพฤษภาคมจะมีการเจาะบ่อบาดาลกันมาก เนื่องจากความต้องการน้ำใช้เพื่อการเกษตรมีมาก การสำรวจสภาพของชั้นดิน จึงดำเนินการควบคู่กันไปกับการทดสอบบ่อบาดาล โดยได้เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างๆ และ ตัวอย่างดินของชั้นดินอุ้มน้ำ นำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาขนาดและการกระจายขนาดของเม็ดดินของชั้นดินอุ้มน้ำ สำหรับประเมินคุณสมบัติของชั้นดินอุ้มน้ำของพื้นที่ศึกษา

การสัมภาษณ์ข้อมูล ข้อมูลในส่วนนี้ได้จากการออกแบบสอบถาม แล้วทำการสัมภาษณ์เจ้าของบ่อบาดาลเพื่อการเกษตร โดยมีหัวข้อในการสัมภาษณ์ดังนี้

1) ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทางกายภาพของ บ่อบาดาล เครื่องยนต์ต้นกำลัง วิธีการใช้เครื่องสูบน้ำ และอายุการใช้งานของบ่อบาดาล

2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และ รายได้จากการทำการเกษตร เมื่อทำการเกษตรในฤดูแล้ง โดยใช้น้ำจากบ่อบาดาล

3) ข้อมูลสภาพทางสังคม การศึกษา และ เศรษฐกิจ สำหรับข้อมูลพื้นฐานทางสังคม และเศรษฐกิจ ที่ทางอำเภอจัดทำขึ้น เป็นข้อมูลที่ทางสำนักงานสถิติแห่งชาติ ได้ให้ทางอำเภอทั่วประเทศจัดทำขึ้น ประกอบด้วย ข้อมูลประชากร การศึกษา การสาธารณสุข และอื่นๆ

4.4.2 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการ จะเป็นการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำที่ชาวบ้านใช้อยู่ ณ สภาวะการทำงานในรูปแบบต่างที่เกิดขึ้นจากการทดสอบในภาคสนาม เพื่อนำไป

เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบภาคสนาม ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการนี้ สิ่งที่ทำการศึกษาทดลองก็คือ การสูบน้ำที่ระดับค่าหัวพลังงานอยู่ในช่วงที่เกิดขึ้นในสนาม ที่ความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ต่างๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สำคัญอัน คือ ระดับหัวพลังงาน อัตราการไหล ความเร็วรอบ และ ประสิทธิภาพ อีกส่วนหนึ่งที่จะทำการศึกษาทดลองก็คือ การทดสอบในเรื่องของการเกิดโพรง (Cavitation) ขึ้นภายในเครื่องสูบ ซึ่งปัญหาในส่วนนี้นับว่ามีความสำคัญอย่างมากต่อการสูบน้ำบาดาลที่กำลังเป็นอยู่ เนื่องจากสาเหตุการที่ระดับของน้ำใต้ดินอยู่ในระดับต่ำ และข้อจำกัดของเครื่องสูบ โดยในการศึกษาจะคำนึงถึงผลที่จะได้รับของ ประสิทธิภาพในการสูบน้ำ ความประหยัด ความเหมาะสมต่อสภาพสังคม และระดับความรู้ในการรับเทคโนโลยีของชุมชน สำหรับวิธีการ และขั้นตอนในการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆตามที่กล่าวมา และ การทดสอบในเรื่องการเกิดโพรงภายในเครื่องสูบ ดังมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 การทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ สำหรับการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ จะทำการทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องสูบที่ 1250, 1500, 1750, 2000, และ2200 รอบต่อนาที ที่ระดับหัวพลังงานตั้งแต่ 4 - 11 เมตร โดยมีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

1) ทำการติดตั้งเครื่องมือสูบน้ำดังแสดงในรูปที่(4-3) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ กับเครื่องยนต์ต้นกำลัง และมีสายพานสำหรับส่งกำลังส่วนของเครื่องสูบน้ำจะติดตั้งอยู่บนรางซึ่งสามารถปรับเลื่อนได้ตามราง เพื่อใช้ในการปรับความตึงของสายพานส่งกำลังให้มีความตึงของสายพานตามที่ต้องการ

2) ทำการปรับวาวล์ควบคุมการไหล จนกระทั่งได้ระดับหัวพลังงานตามที่ต้องการ โดยการอ่านจากเกจวัดความดัน ก่อนผ่านวาวล์ และหลังจากผ่านวาวล์แล้ว

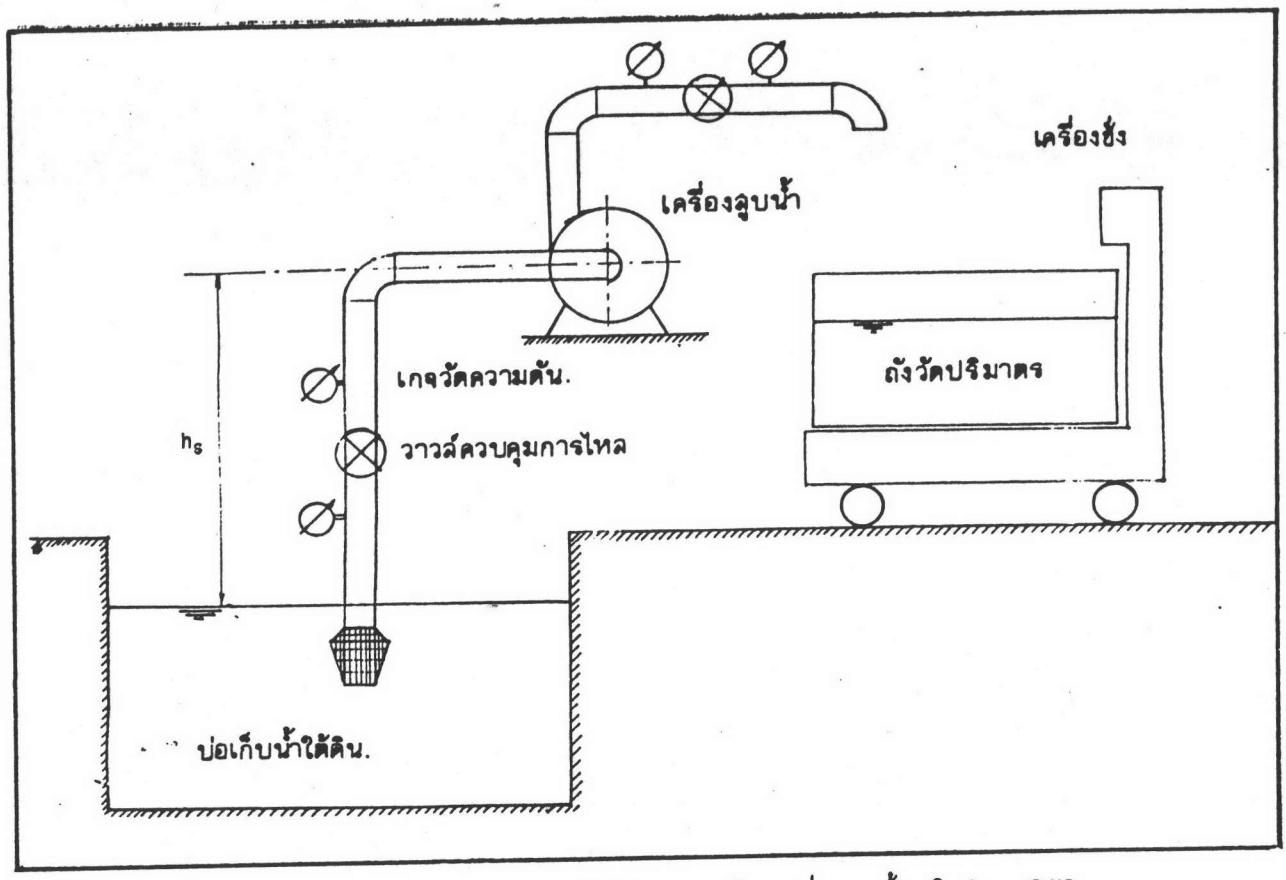
3) นำสายยางที่ใช้ส่งน้ำจากเครื่องสูบ เข้าสู่ถังรองน้ำ พร้อมกับจับเวลา จนกระทั่งน้ำเต็มปริมาตรที่กำหนด นำเอาสายยางออกจากถังรองน้ำ

4) ทำการชั่งน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในถังวัดปริมาตรรวมกับน้ำหนักของถัง แล้วเอาค่าน้ำหนักของถังไปลบออก ก็จะได้น้ำหนักของน้ำ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าอัตราการไหล

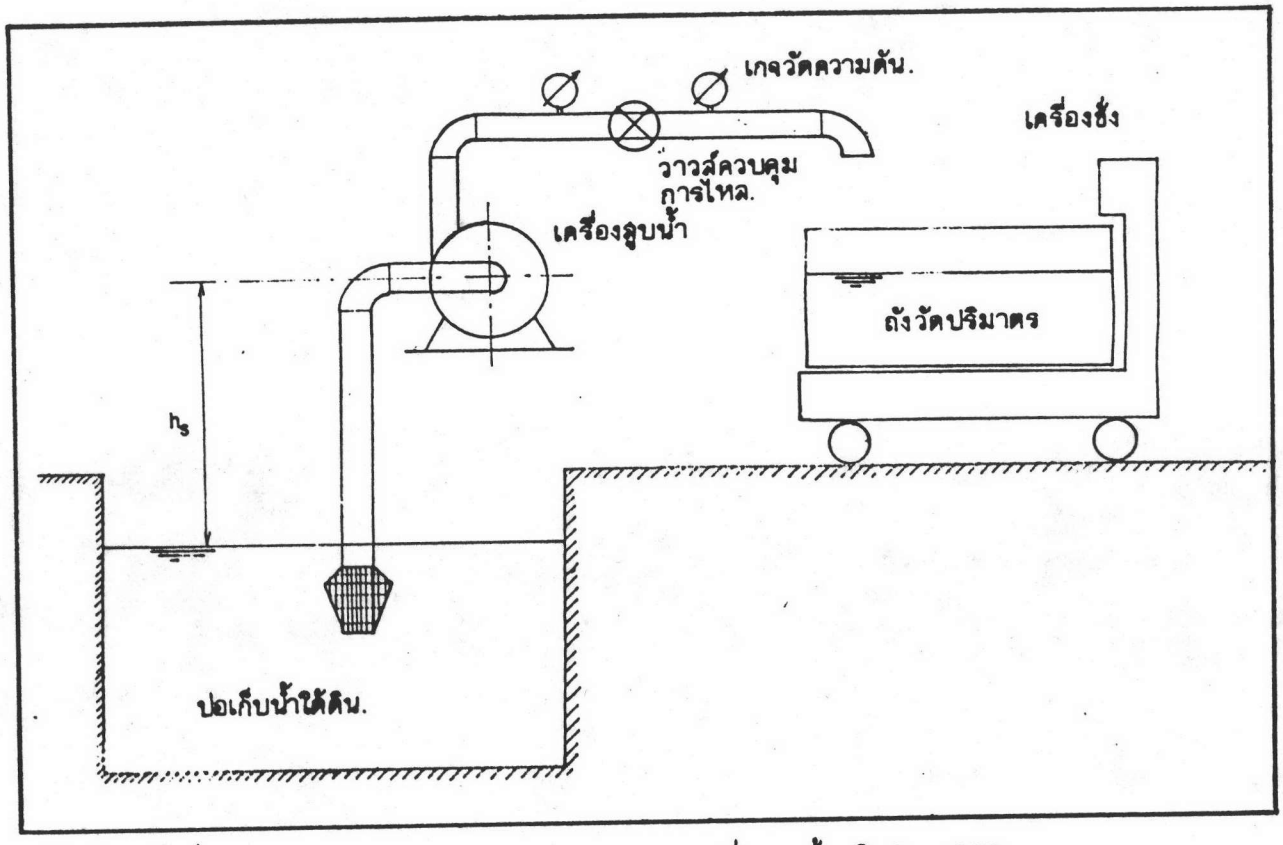
5) ทำการบันทึกค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ และ ความเร็วรอบเพลาของเครื่องสูบน้ำลงในตารางบันทึกข้อมูล

6) ทำการเปลี่ยนค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ โดยการปรับการเร่งเครื่องยนต์ที่คันเร่งของเครื่องยนต์จนกระทั่งได้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และเครื่องสูบน้ำตามที่ต้องการ

7) ทำการทดสอบจากขั้นตอนที่ 2 จนถึง ขั้นตอนที่ 6 ใหม่ จนครบตามจำนวนระดับหัว



รูปที่ (4-2) แสดงการทดสอบการเกิดโพรงภายในเครื่องสูบน้ำ ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ (4-3) แสดงการทดสอบสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำ ในห้องปฏิบัติการ

พลังงานที่ต้องการทดสอบ

ส่วนที่ 2 การทดสอบในเรื่องการเกิดโพรงไอ (Cavitation) ภายในเครื่องสูบ

1) ทำการติดตั้งเครื่องมือแบบเดียวกับการทดลองในส่วนที่ 1 พร้อมกับติดตั้งวาวล์สำหรับควบคุมการไหล ในส่วนของท่อดูด (Suction Pipe) เพื่อใช้ในการควบคุมการสูญเสียพลังงานในส่วนของท่อดูด โดยทำการวัดการสูญเสียพลังงานด้วย เกจวัดความดัน ดังแสดงในรูปที่ (4 - 2)

2) ทำการติดเครื่องยนต์ และปรับวาวล์ควบคุมการไหล เพื่อทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานที่ระดับต่างๆ จนกระทั่งสังเกตุเห็นผลกระทบต่อค่าอัตราการไหล ซึ่งแสดงว่าเริ่มเกิดโพรงภายในเครื่องสูบ หรืออาจดูได้จากกราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำจะลดลงอย่างรวดเร็ว

3) ทำการบันทึกค่าการสูญเสียพลังงานในส่วนที่ผ่านวาวล์ ความเร็วรอบและอัตราการไหล ลงในตารางการทดสอบการทดสอบการเกิดโพรงภายในเครื่องสูบ

4.5 ข้อมูล และผลการทดสอบภาคสนาม

การสำรวจภาคสนาม ได้กระทำไปพร้อมกับการออกแบบสอบถามข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาซึ่งได้แสดงไว้ในภาคผนวก ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลลักษณะของบ่อบาดาลที่ใช้ ลักษณะการติดตั้งเครื่องต้นกำลัง และเครื่องสูบ วัตถุประสงค์ของการใช้บ่อบาดาล และรายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ในการศึกษา

4.5.1 ลักษณะทางกายภาพของบ่อบาดาล

บ่อบาดาลที่ขุดขึ้นในพื้นที่ของตำบล บ้านกร่าง จะมีลักษณะที่แตกต่างจากบ่อบาดาลในพื้นที่อื่นๆ คือจะมีการทำบ่อทดเพื่อที่จะใช้ในการติดตั้งเครื่องสูบน้ำให้ใกล้กับระดับผิวน้ำในบ่อบาดาลให้มากที่สุด เนื่องจากระดับผิวน้ำในบ่อบาดาลอยู่ต่ำกว่าระดับผิวดินมาก ความลึกของบ่อบาดาลจะอยู่ระหว่าง 30-60 เมตร โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้นคือ ในช่วงความลึก 25-36 เมตร และความลึกในช่วง 50-60 เมตร ซึ่งจากการออกแบบสอบถาม และข้อมูลของชั้นดินในบริเวณพื้นที่ ความลึกของบ่อบาดาลจะขึ้นอยู่กับลักษณะ และคุณสมบัติของชั้นดินอุ้มน้ำ โดยทั่วไปสำหรับในพื้นที่ตำบลบ้านกร่างจะต้องการความลึกของบ่ออยู่ในช่วงความลึกประมาณ 30-36 เมตร ซึ่งในช่วงความลึกขนาดนี้จะพบชั้นดินอุ้มน้ำชั้นแรกที่เจาะลงไปเจอ ชั้นดินอุ้มน้ำในชั้นนี้ จะเป็นลักษณะของชั้นทรายที่มีขนาดเฉลี่ยของ

เม็ดทรายอยู่ระหว่าง 0.42-0.84 มม. โดยจะมีความหนาของชั้นดินอุ้มน้ำประมาณ 6-10 เมตร การตัดสินใจเพื่อวางท่อที่เจาะรู และตาข่ายไนล่อนเพื่อให้น้ำไหลซึมเข้าสู่บ่อบาดาล จะพิจารณาจากขนาดของเม็ดทรายของชั้นดินอุ้มน้ำ และระดับของผิวน้ำภายในบ่อ ถ้าหากเห็นว่าคุณสมบัติของชั้นดินอุ้มน้ำไม่เหมาะสมก็อาจจะทำการย้ายสถานที่ในการขุดเจาะ หรืออาจจะขุดเจาะลึกลงไปเพื่อหาชั้นดินอุ้มน้ำในชั้นถัดลงไปซึ่งจากการสัมภาษณ์ และการสำรวจของชาวบ้านที่ทำการขุดเจาะบ่อบาดาลมักจะพบชั้นดินอุ้มน้ำในชั้นถัดไปอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 50-60 เมตร ปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าสู่บ่อบาดาลโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการส่งถ่าย (Transmisibility) ของชั้นดินอุ้มน้ำ เนื่องจากชั้นทรายที่เป็นชั้นดินอุ้มน้ำในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา มักจะมีขนาดของเม็ดทรายค่อนข้างเล็ก จึงทำให้อิทธิพลของแรงเนื่องจากแรงตึงผิวมีมาก การให้น้ำของชั้นดินอุ้มน้ำแก่บ่อบาดาลจึงไม่ดีเท่าที่ควร จากข้อมูลของกรมชลประทาน [1] ที่ได้ทำการสำรวจคุณสมบัติของชั้นดินอุ้มน้ำในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนล่าง และบางส่วนของ อำเภอกงไกรลาส ก็พบว่าคุณสมบัติของชั้นดินอุ้มน้ำที่อยู่ในระดับความลึกไม่เกิน 100 เมตร มีคุณสมบัติในการให้น้ำแก่บ่อบาดาลยังไม่ดีนัก จึงไม่เหมาะที่จะทำโครงการสูบน้ำใต้ดินเพื่อการเกษตรขนาดใหญ่ รายละเอียดของชั้นดินอุ้มน้ำที่ได้จากการสำรวจได้สรุปไว้ในภาคผนวก (ค)

4.5.2 <u>ลักษณะการติดตั้งเครื่องต้นกำลัง และเครื่องสูบน้ำ</u>

สภาพการติดตั้งเครื่องต้นกำลัง และเครื่องสูบน้ำ ที่ใช้จะมีลักษณะดังในรูปที่ (4-1) ซึ่งพบว่าการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ จะต้องทำการติดตั้งอยู่ภายในบ่อทด ซึ่งบ่อทดนี้จะทำด้วยท่อคอนกรีตหล่อสำเร็จขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00-1.20 เมตร ฝังลึกลงจากผิวดิน 2-6 เมตร ส่วนเครื่องต้นกำลังจะติดตั้งอยู่เหนือปากบ่อ โดยใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลัง สำหรับความลึกของบ่อทดจะขึ้นอยู่กับระดับของผิวน้ำภายในบ่อบาดาล ซึ่งในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา จะอยู่ต่ำจากระดับผิวดินลงไปอยู่ในช่วง 3.0-10.5 เมตร ความลึกของบ่อทดจึงไม่แน่นอนในพื้นที่ของบ้านหมู่ที่ 1 และ 2 และบางส่วนของบ้านหมู่ที่ 4 ความลึกของบ่อทดจะค่อนข้างตื้น อยู่ในช่วง 2-3 เมตร ส่วนในพื้นที่ของบ้านหมู่ที่ 3 และหมู่ที่ 5 ความลึกของบ่อทดค่อนข้างลึกคืออยู่ในช่วง 3-6 เมตร ซึ่งในสภาพที่บ่อทดมีความลึกมากๆนี้ การส่งกำลังงานด้วยสายพานจะไม่เหมาะสม เนื่องจากจะต้องใช้สายพานที่มีความยาวมาก และจะเกิดการสูญเสียประสิทธิภาพในการส่งกำลัง ในการทำบ่อทดก็เพื่อที่จะลดหัวพลังงานในส่วนของท่อดูดลง เพื่อที่จะไม่ให้เกิดผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการสูบน้ำของเครื่องสูบ ซึ่งมี

สาเหตุเนื่องมาจากการเกิดโพรง (Cavitation) ขึ้นภายในเครื่องสูบน้ำ

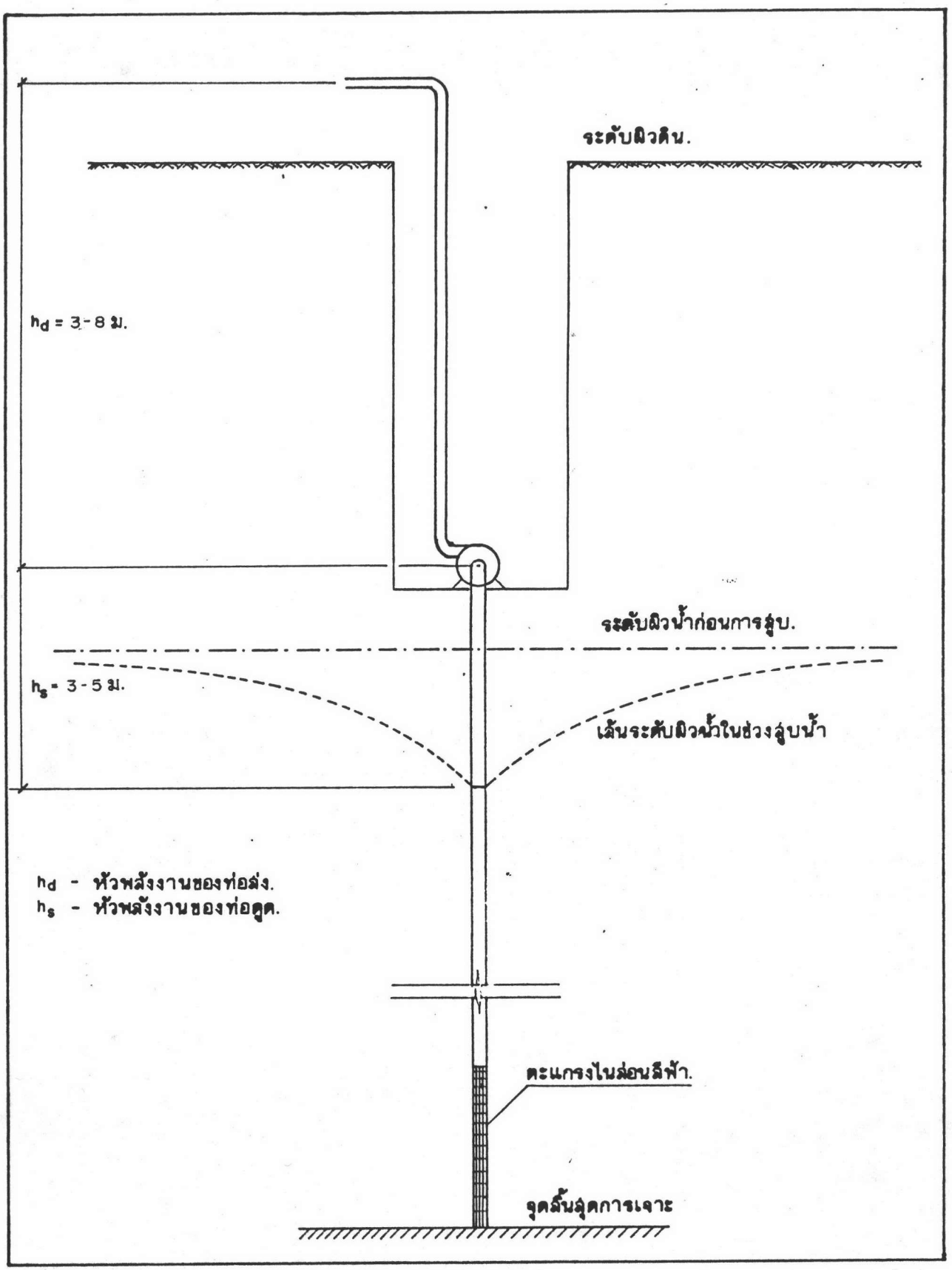
4.5.3 วัตถุประสงค์ในการใช้บ่อบาดาล

การใช้บ่อบาดาลในบริเวณพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้เพื่อการทำการเกษตรในช่วงฤดูแล้ง หรือในช่วงฤดูเพาะปลูก แต่เกิดฝนทิ้งช่วง ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อการเพาะปลูก ดังนั้นแทบทุกครัวเรือนจึงมีบ่อบาดาลเป็นของตนเอง สำหรับพืชที่ทำการเพาะปลูกส่วนใหญ่มักจะเป็น การปลูกข้าวนาปรัง เป็นส่วนใหญ่ แต่ในช่วง 2 ปีที่ผ่านมาราคาของข้าวเปลือกมีราคาตกต่ำ เกษตรกรส่วนใหญ่จึงหันไปปลูกพืชไร่อย่างอื่นแทน เช่น แตงกวา และถั่วเหลือง แต่ก็ยังเป็นส่วนน้อย และไม่ประสบผลสำเร็จมากนัก เนื่องจากราคาของผลผลิตทางด้านการเกษตรในรอบปีที่ผ่านมามีราคาตกต่ำ นอกจากนี้สภาพดินในบริเวณพื้นที่ไม่มีความเหมาะสมที่จะปลูกพืชไร่อย่างอื่นด้วย ในรอบ 2 ปีที่ผ่านมาการใช้ประโยชน์จากบ่อบาดาล จึงมีไม่มากนัก ในบางรายก็ใช้บ่อบาดาลเพื่อการอุปโภคและบริโภคภายในครัวเรือนเท่านั้น

4.5.4 ผลการทดสอบ และสภาพการสูบน้ำในสนาม

สภาพการสูบน้ำเพื่อการเกษตรในท้องที่ ตำบลบ้านกร่าง อำเภอกงไกรลาส ที่ได้จากการสำรวจ และการทดสอบในภาคสนามในบริเวณพื้นที่สรุปได้ดังนี้

1) สภาพหัวพลังงานสถิตย์ทางท่อดูด	3.0-5.0	เมตร
2) สภาพของหัวพลังงานสถิตย์ทางท่อส่ง	2.0-8.0	เมตร
3) สภาพหัวพลังงานสถิตย์รวม	6.0-12.0	เมตร
4) ช่วงความลึกของบ่อบาดาล	30-60	เมตร
5) ช่วงความลึกของบ่อทด	2-6	เมตร
6) ช่วงอัตราการไหลที่ใช้งาน	11.0-32.2	ลบ.ม./ชม.
7) ช่วงอัตราการไหลสูงสุด	14.2-45.0	ลบ.ม./ชม.
8) ช่วงอัตราการไหลต่ำสุด	11.0-28.0	ลบ.ม./ชม.
9) ความเร็วรอบใช้งานของเครื่องสูบ	1650-2200	รอบ/นาที



รูปที่ (4-4) แสดงระดับหัวพลังงานสถิตย์ ในการสูบน้ำจากบ่อบาดาล

10) ความเร็วรอบใช้งานของเครื่องยนต์	1100-1400	รอบ/นาที
11) รอบระยะเวลาในการสูบน้ำ	1-3	วัน/ครั้ง
12) ช่วงระยะเวลาในการสูบน้ำในหนึ่งวัน	8-10	ชั่วโมง

4.5.5 การทดสอบคุณภาพของชั้นดินอุ้มน้ำในสนาม

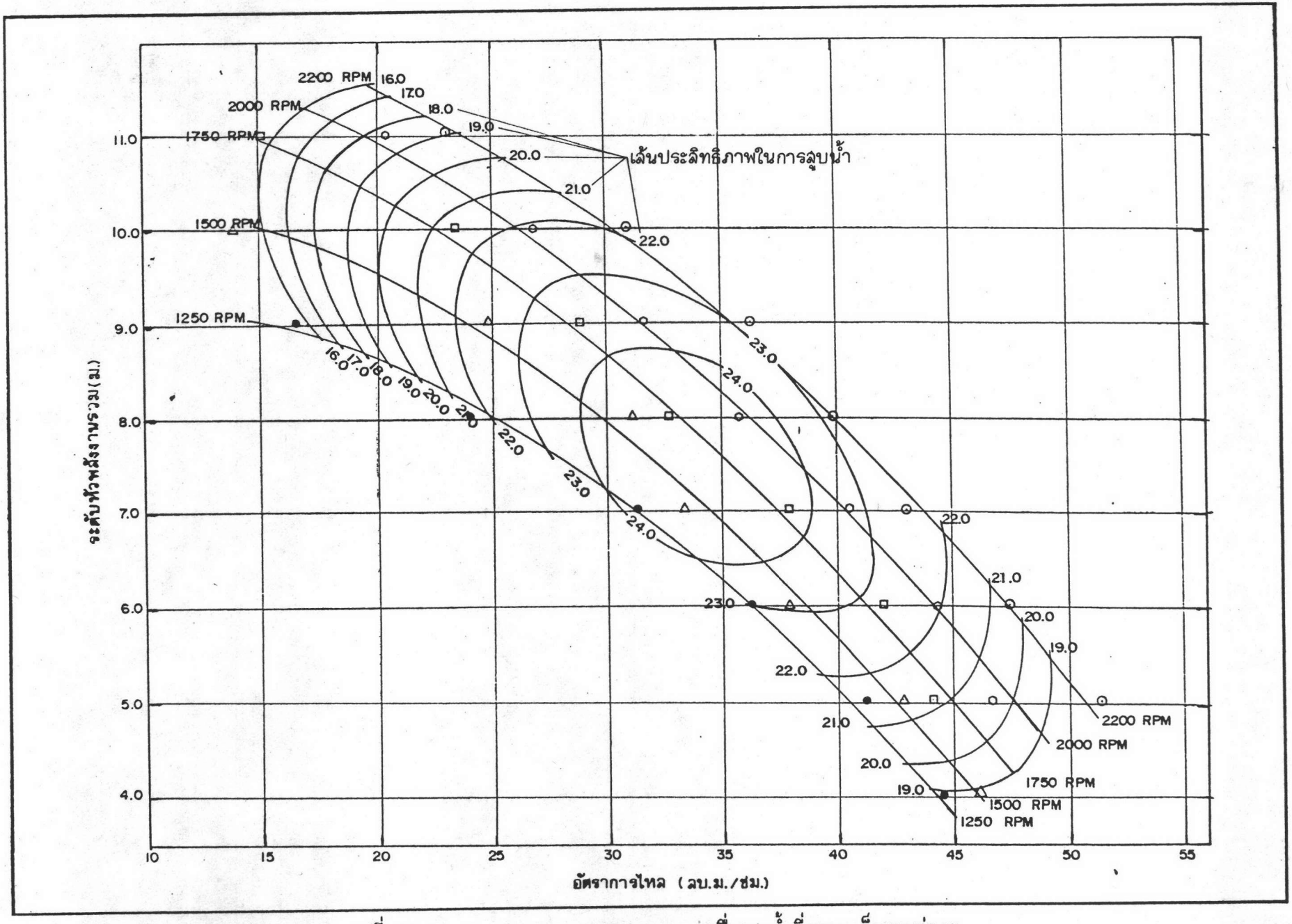
การทดสอบคุณภาพของชั้นดินอุ้มน้ำ ได้ดำเนินการไปพร้อมกับการสัมภาษณ์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพ และขอบเขตของชั้นดินอุ้มน้ำ ซึ่งภายในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่จะมีชั้นดินที่มีลักษณะเป็นชั้นดินอุ้มน้ำอยู่ 2 ส่วนคือที่ระดับความลึกระหว่าง 30 - 36 เมตร และที่ระดับความลึก 48 เมตรลงไป ส่วนการทดสอบเพื่อประเมินคุณภาพของชั้นดินอุ้มน้ำได้ทำการทดสอบกับบ่อบาดาลที่มีความลึกบ่อ 54 เมตร โดยอาศัยบ่อบาดาลที่อยู่ข้างเคียงเป็นบ่อสังเกตุการณ์ ซึ่งอยู่ห่างจากบ่อที่ทำการสูบน้ำ 73 เมตร เพื่อประเมินหา ค่าความสามารถในการส่งถ่ายของชั้นดินอุ้มน้ำ (Transmisibility) และค่าสัมประสิทธิ์ในการกักเก็บของชั้นดินอุ้มน้ำ (Storage Coefficient) ซึ่งได้แสดงข้อมูลผลการทดสอบไว้ในภาคผนวก (ค) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพของชั้นดินอุ้มน้ำ โดยวิธีการของ Chow จะได้ค่าความสามารถในการส่งถ่ายของชั้นดินอุ้มน้ำ ประมาณ 111 ลบ.ม./วัน/ม. และค่าสัมประสิทธิในการกักเก็บของชั้นดินอุ้มน้ำ ประมาณ 0.00003 ซึ่งนับเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ สำหรับบ่อบาดาลที่มีความต้องการปริมาณการใช้น้ำมาก โดยเฉพาะบ่อบาดาลเพื่อการเกษตร

4.6 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ การทดสอบสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำ และการทดสอบการเกิดโพรง (Cavitation) ภายในเครื่องสูบน้ำ

4.6.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำ

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำได้ดำเนินการทดสอบ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ได้แก่ หัวพลังงาน (Head,H) อัตราการไหล (Discharge,Q) และประสิทธิภาพของเครื่องสูบ โดยใช้ข้อมูลสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการสูบน้ำประกอบ ซึ่งการทดสอบสมรรถนะ



รูปที่ (4-5) ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำที่ความเร็วรอบต่างๆ

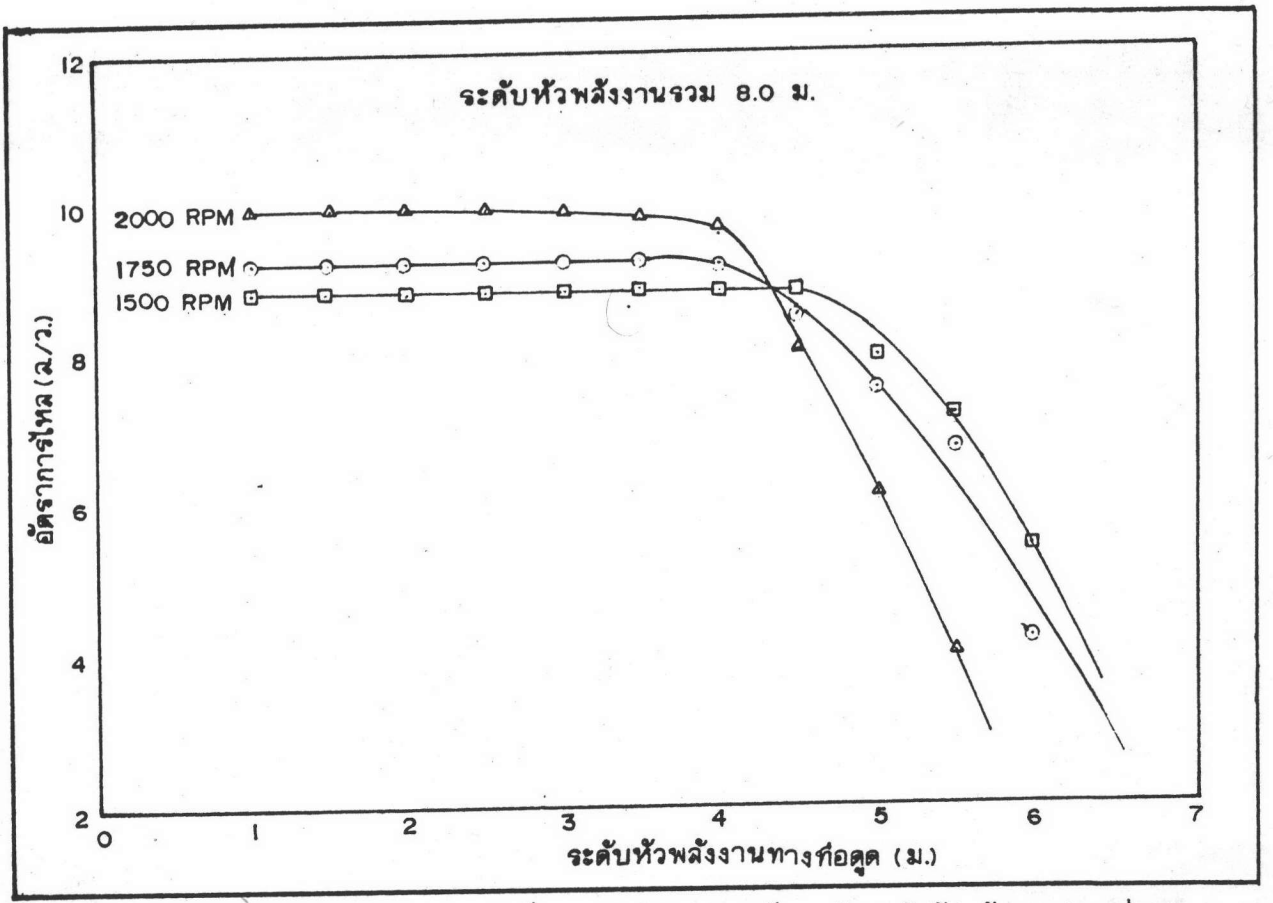
ของเครื่องสูบน้ำ ได้แสดงผลการทดสอบไว้ในตารางภาคผนวก (ง) และผลจากการทดสอบได้สรุปดังในรูปที่ (4-5) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการไหล กับ หัวพลังงาน ณ ความเร็วรอบของเครื่องสูบต่างๆกัน โดยมีเส้น Contour ของประสิทธิภาพรวมอยู่ด้วย ซึ่งหาได้จากกำลังงานที่ใช้ขับเครื่องสูบน้ำ โดยหาได้จากเส้นโค้งแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ได้จาก รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่บริษัทผู้ผลิตจัดทำขึ้น กับกำลังงานที่ได้จากเครื่องสูบน้ำ และได้แสดงไว้ในรูปที่ (5-2) จนถึงรูปที่ (5-5)

4.6.2 ผลการทดสอบการเกิดโพรง (Cavitation) ภายในเครื่องสูบน้ำ

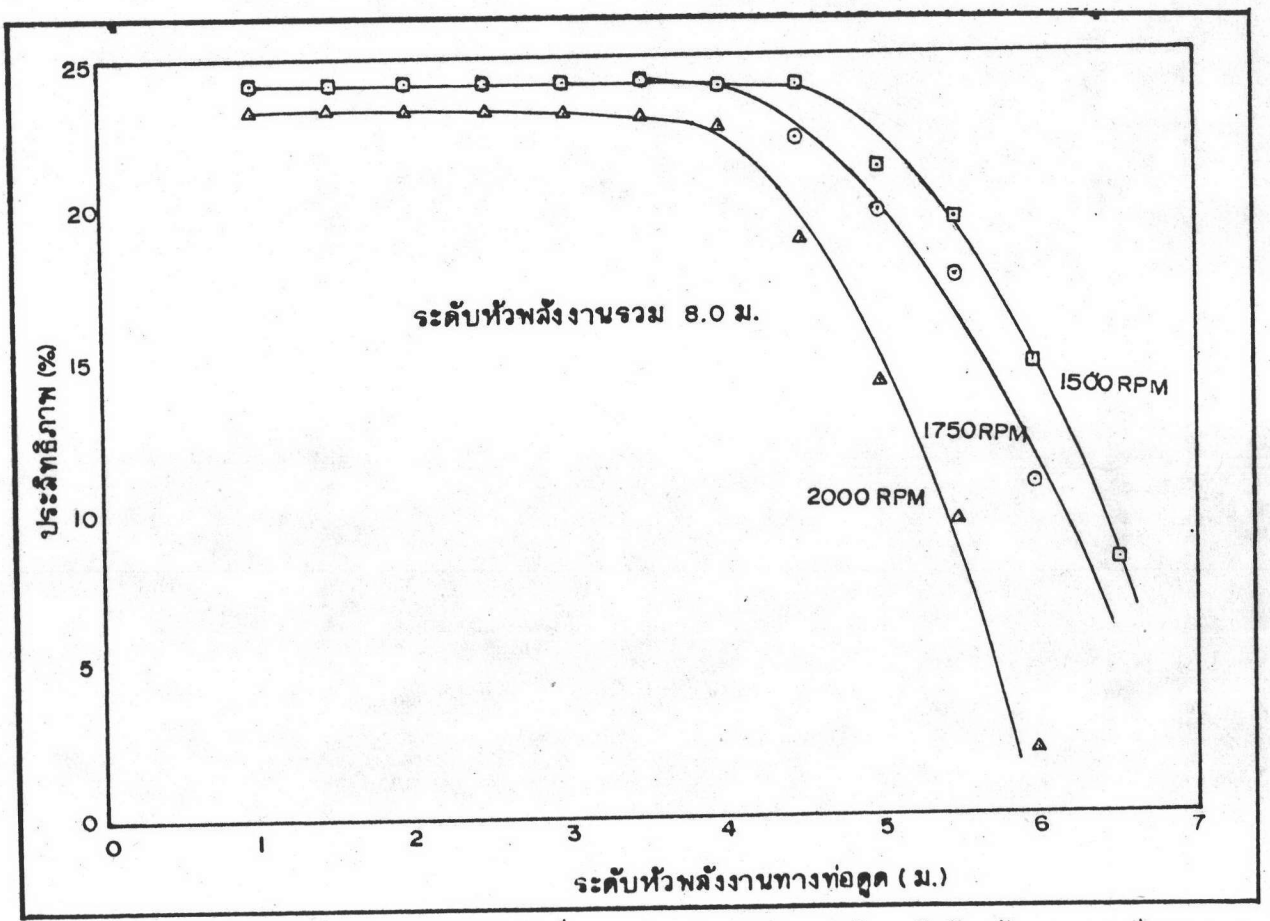
การทดสอบการเกิดโพรงภายในเครื่องสูบน้ำ ได้ทำการทดสอบที่ค่าความเร็วรอบของเครื่องสูบหลายๆ ค่า โดยทำการปรับวาวล์ควบคุมการไหลดังในรูปที่ (4-2) เพื่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานตามต้องการ โดยจะทำการปรับวาวล์ทางท่อดูดเพื่อเพิ่มระดับหัวพลังงานทางท่อดูดขึ้นไปเรื่อยๆ และจะลดค่าระดับหัวพลังงานทางท่อส่งลง เพื่อให้ระดับหัวพลังงานรวมยังคงที่อยู่ตลอดเวลา เพื่อสังเกตุการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล และประสิทธิภาพในการสูบน้ำ เพื่อหาจุดวิกฤตในการสูบน้ำ เมื่อระดับหัวพลังงานทางท่อดูดเพิ่มมากขึ้น ผลการทดสอบได้แสดงไว้ในภาคผนวก (ง) และสรุปผลการทดสอบได้แสดงดังในรูปที่ (4-6) และรูปที่ (4-7)

4.6.3 ผลการทดสอบการกระจายขนาดของเม็ดดินของชั้นดินอุ้มน้ำ

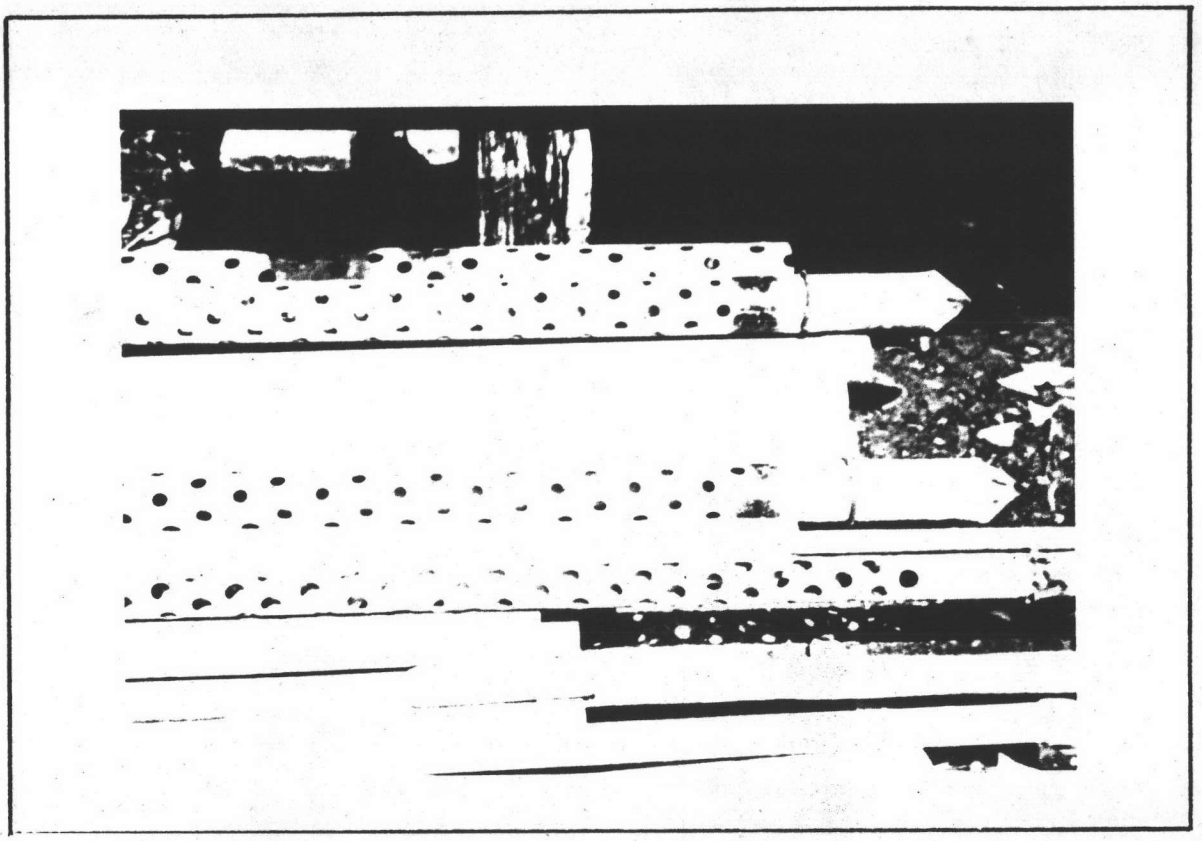
จากการสำรวจในภาคสนามได้ทำการเก็บตัวอย่างของชั้นดินอุ้มน้ำทั้ง 2 โซนคือในช่วงความลึก 28-38 เมตร และในช่วงความลึก 48-65 เมตร ผลการทดสอบได้แสดงไว้ในภาคผนวก (จ) การกระจายขนาดของเม็ดดินของชั้นดินอุ้มน้ำ ค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยการกระจายขนาดของเม็ดดินของชั้นดินอุ้มน้ำจะอยู่ในช่วงขนาดตั้งแต่ 0.075 - 2.00 มม. ส่วนใหญ่จะมีขนาดของเม็ดดินอยู่ในช่วง 0.42 - 0.84 มม. และความสม่ำเสมอของชั้นดินอุ้มน้ำในโซนด้านล่าง จะมีความสม่ำเสมอของขนาดเม็ดดินของชั้นดินอุ้มน้ำมากกว่า จึงทำให้คุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นดินอุ้มน้ำในส่วนนี้ดีกว่า ชั้นดินอุ้มน้ำในส่วนข้างบน



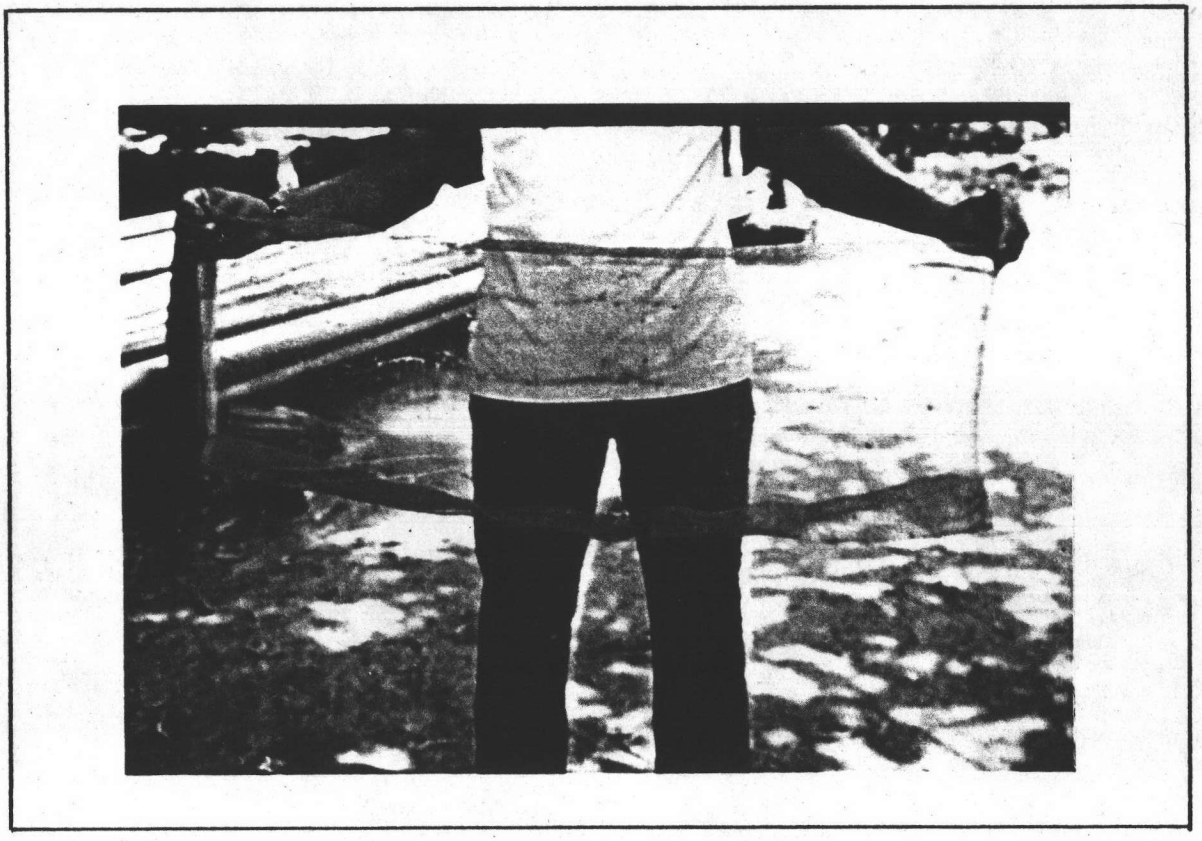
รูปที่ (4-6) กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราการไหล กับระดับหัวพลังงานทางท่อดูด



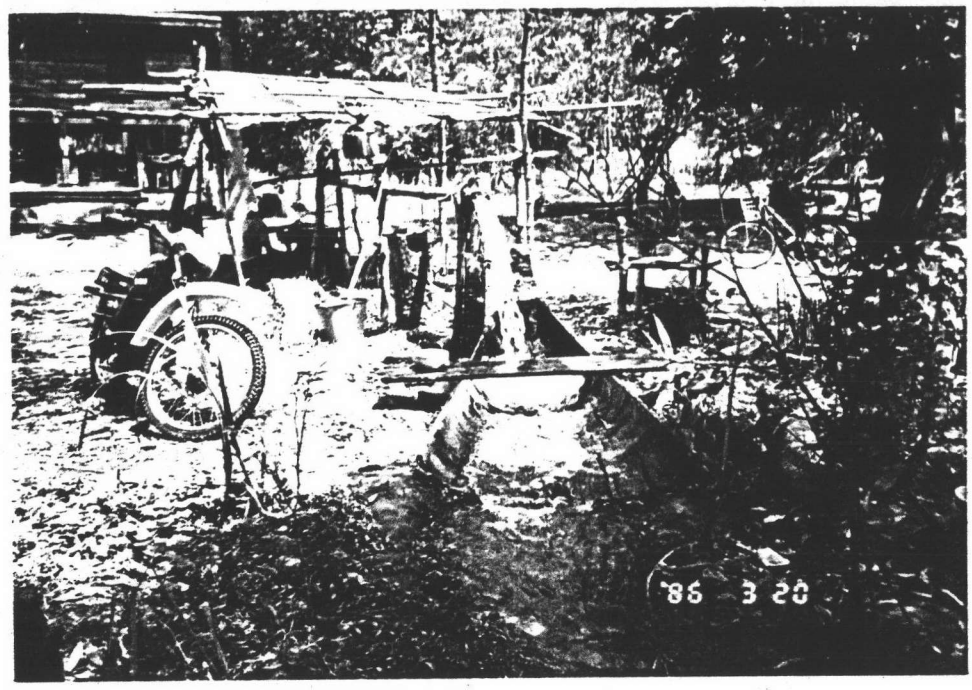
รูปที่ (4-7) กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างประสิทธิภาพ กับระดับหัวพลังงานทางท่อดูด



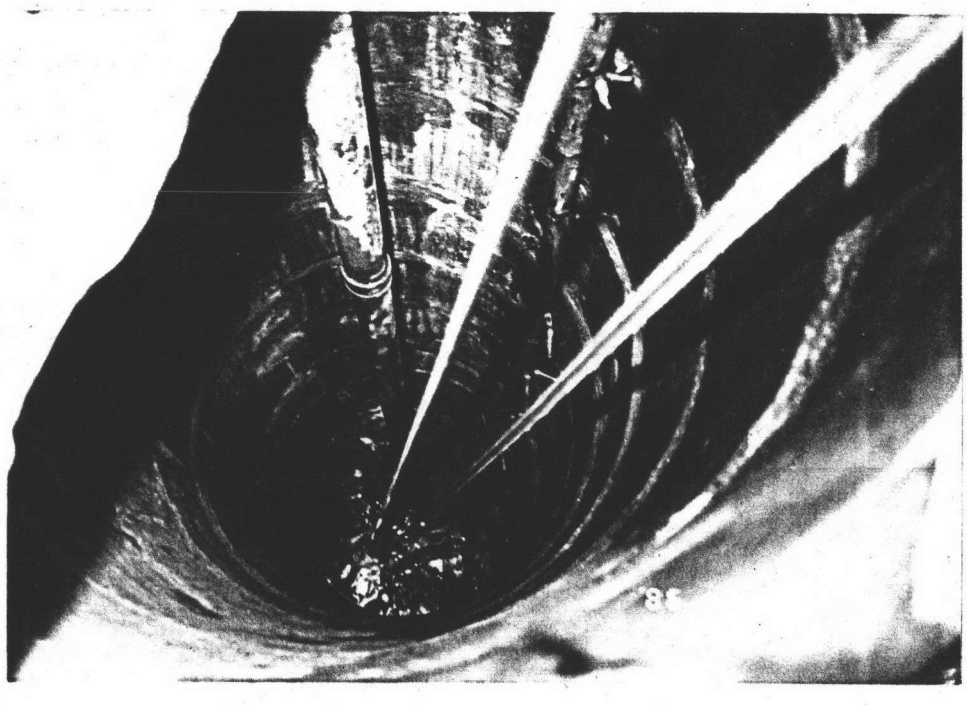
รูปที่ (4-8) แสดงท่อเหล็กที่เจาะรู เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว เพื่อให้น้ำไหลเข้าสู่บ่อ



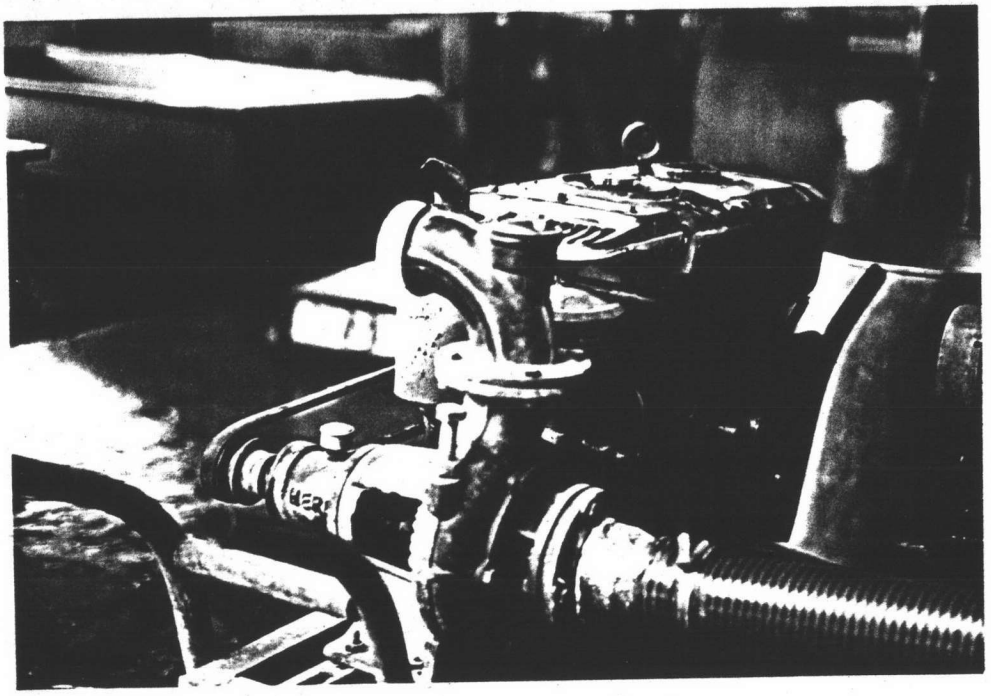
รูปที่ (4-9) ตาข่ายไนล่อนสีฟ้าใช้หุ้มท่อที่เจาะรู เพื่อกันไม่ให้เม็ดดินไหลเข้าสู่บ่อ



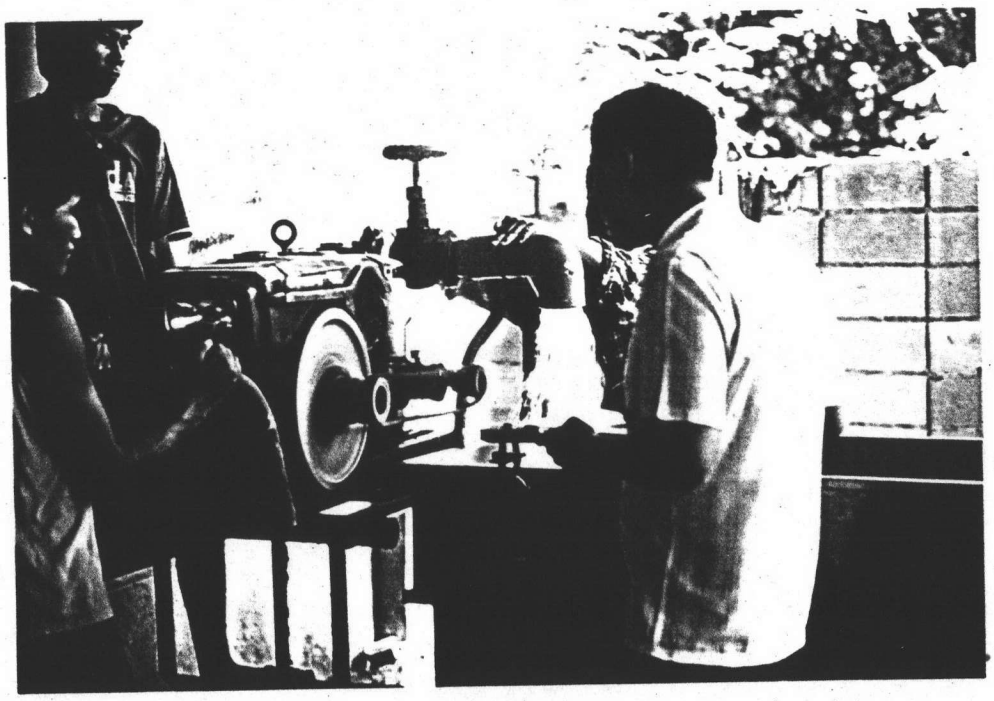
รูปที่ (4-10) สภาพการสูบน้ำบาดาลเพื่อการเกษตรในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ (4-11) การส่งถ่ายกำลังด้วยสายพานที่มีความยาวมาก ไปยังเครื่องสูบน้ำ



รูปที่ (4-12) เครื่องยนต์ และเครื่องสูบน้ำที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ (4-13) การทดสอบสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำในห้องปฏิบัติการ