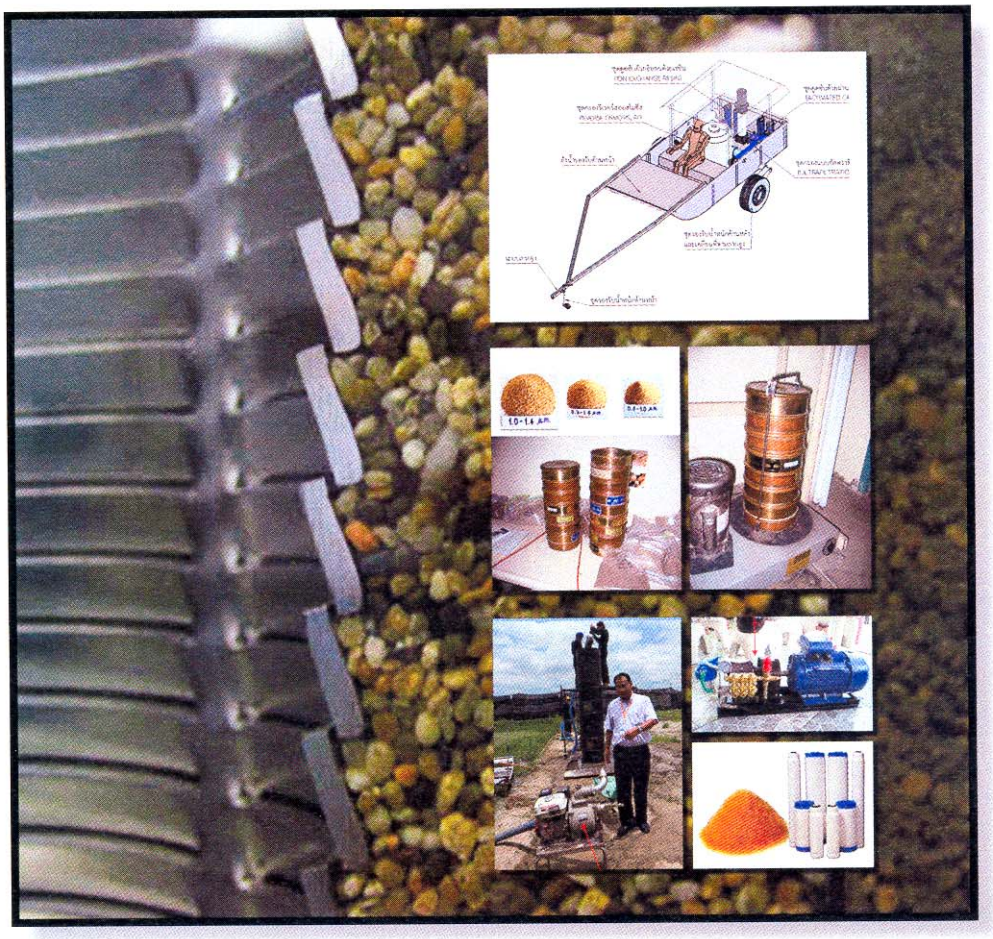
วว.TISTR

โครงการวิจัยที่ ภ. 56-08 / ย. 3 / รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

พัฒนาชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉิน แบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ. 56-08
การพัฒนาเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และสถานศึกษา

โครงการย่อยที่ 3
พัฒนาชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ

รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)
พัฒนาชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ

โดย

ทรงเกียรติ รอดแดง

แสวง เกิดประทุม **บุญชู ลีลาขจรจิต**
สมศักดิ์ เปรมประสงค์ **อรุณรัตน์ แสนสิ่ง**
สายชล เสถียรดี **บุญเตือน มงคลแถลง**
บุญเชิด ประเสริฐพงศ์ **วินัย กิจโมกข์**

บรรณาธิการ วว., ปทุมธานี 2558
นฤมล รื่นไวย์
บุญเรียม น้อยชุมแพ
ศิริสุข ศรีสุข

สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(นายยงวุฒิ เสาวพฤกษ์)
ผู้ว่าการ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ เนื่องจากได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงบประมาณ ซึ่งคณะผู้ดำเนินงานใคร่ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ยังได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานภายใน วว. และจากสถาบันต่างๆ ทั้งราชการและเอกชน ที่อำนวยความสะดวกในการประสานงานด้านต่างๆ ทำให้โครงการนี้ได้ดำเนินไปตามวัตถุประสงค์ ทั้งด้านธุรการ, เอกสาร และการเงิน ซึ่งไม่สามารถกล่าวได้ทั้งหมดในที่นี่ ทางคณะผู้ดำเนินงานขอแสดงความขอบคุณไว้ ณ ที่นี้.

ขอขอบพระคุณเพื่อนพนักงานของฝ่ายวิศวกรรมที่เอื้อเฟื้อให้ความอนุเคราะห์ ช่วยงานโครงการในด้านต่างๆ ทำให้งานโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ง
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	3
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	15
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	38
4. สรุปผลการทดลอง	45
5. ข้อเสนอแนะ	46
6. เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	50

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. กลุ่มเป้าหมายการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ 47

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.	ขนาดโมเลกุลที่ถูกคัดกรองตามขนาดความพรุนของไส้กรองแต่ละชนิด	8
รูปที่ 2.	ลักษณะอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์	9
รูปที่ 3.	แผนผังการออกแบบเครื่องต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ	16
รูปที่ 4.	แผนผังควบคุมชุดผลิตน้ำดื่ม	17
รูปที่ 5.	รถบรรทุกลากจูงพร้อมชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ	18
รูปที่ 6.	ความช่วยเหลือในกรณีเกิดภัยแล้ง	19
รูปที่ 7.	ความช่วยเหลือในกรณีเกิดภัยน้ำท่วม	20
รูปที่ 8.	หลักการกรองน้ำและการล้างย้อนกลับของอุปกรณ์จับยึดไส้กรองแบบจุ่มแช่แบบไส้กรองเดียว	21
รูปที่ 9.	ส่วนประกอบของอุปกรณ์จับยึดไส้กรองน้ำแบบจุ่มแช่แบบไส้กรองเดียว	22
รูปที่ 10.	ส่วนประกอบของอุปกรณ์จับยึดไส้กรองน้ำแบบจุ่มแช่แบบหลายไส้กรอง	23
รูปที่ 11.	การทำงานขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ	24
รูปที่ 12.	หลักการทำงานชุดขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ	25
รูปที่ 13.	ชุดกรองแบบจานพลาสติก	26
รูปที่ 14.	ตัวถังกรองกลิ่นด้วยถ่านกัมมันต์	26
รูปที่ 15.	อุปกรณ์ที่ใช้แลกเปลี่ยนไอออนด้วยเรซิน	27
รูปที่ 16.	เมมเบรนกรองอัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration - UF)	27
รูปที่ 17.	ปั๊มน้ำในกระบวนการกรอง	28
รูปที่ 18.	ชุดกรองระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis)	28
รูปที่ 19.	ปั๊มน้ำแบบ Vertical Multistage Centrifugal Pump รุ่น CRN 2-220	29
รูปที่ 20.	ชุดควบคุมการทำงานของปั๊มแรงดันสูงด้วย Inverter	30
รูปที่ 21.	ถังบรรจุน้ำกรอง	30

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 22.	รูปร่างลักษณะของตัวกรองทราย	31
รูปที่ 23.	ชุดวัดความขุ่น	31
รูปที่ 24.	แบบจำลองถังบรรจุทราย	32
รูปที่ 25.	การคัดขนาดของทราย	33
รูปที่ 26.	เตรียมอุปกรณ์ขุดเจาะทรายใต้น้ำ	34
รูปที่ 27.	หัวฉีดพ่นแรงดันน้ำสูง	34
รูปที่ 28.	อุปกรณ์ปั๊มขับแรงดันน้ำด้วยต้นกำลังขับด้วยเครื่องยนต์สูบเดียวและแบบไฟฟ้า	35
รูปที่ 29.	ลักษณะการทดลองการทำงานของขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ	36
รูปที่ 30.	แผนผังการทดลองการทำงานของขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ	37
รูปที่ 31.	ความสัมพันธ์แรงดันกับอัตราการไหลของขนาดเม็ดทรายหยาบกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่น	38
รูปที่ 32.	ความสัมพันธ์แรงดันกับอัตราการไหลของขนาดเม็ดทรายปานกลางกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่น	39
รูปที่ 33.	ความสัมพันธ์แรงดันกับอัตราการไหลของขนาดเม็ดทรายละเอียดกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่น	40
รูปที่ 34.	ความสัมพันธ์เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะกับพลังงานที่ใช้ไปกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่นกับขนาดเม็ดทรายหยาบ	41
รูปที่ 35.	ความสัมพันธ์เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะกับพลังงานที่ใช้ไปกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่นกับขนาดเม็ดทรายปานกลาง	42
รูปที่ 36.	ความสัมพันธ์เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะกับพลังงานที่ใช้ไปกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่นกับขนาดเม็ดทรายละเอียด	43

EMERGENCY TAP WATER UNIT BY NATURAL UNDERWATER SAND FILTER

Songkiat Roddeang, Sawaeng Gerdpratoom, Boonchu Leelajohnjit, Somsak Pramprasong, Arunrat Saensing, Saichon Satiendee, Boonteun Mongkoltalang, Booncherd Prasertphong and Vinai Kijmoke

ABSTRACT

The project of an emergency tap water unit by natural underwater sand filter was developed by staff of the Engineering department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR). It was a part of the major project, the development of machine tools and equipment for SMEs and academics institute. The objective of the project was to solve the problem encountered by people in the flood crisis, in particular, shortage of water-clean drinking water. In the previous case, it appeared that the public has suffered a long period of time. In this regard, the emergency tap water unit by natural underwater sand filter could help reduce water shortage and alleviate the problem the victims had experienced.

พัฒนาชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ

ทรงเกียรติ รอดแดง[1], แสวง เกิดประทุม[1], บุญชู ลีลาขจรจิต[1], สมศักดิ์ เปรมประสงค์[1], อรุณรัตน์ แสนสิ่ง[1], สายชล เสถียรดี[1], บุญเตือน มงคลแถลง[1], บุญเชิด ประเสริฐพง[1] และวินัย กิจโมกข์ [2]

บทคัดย่อ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้ดำเนินการพัฒนาชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการชุดวิจัย การพัฒนาเครื่องมือเครื่องจักรเพื่อโรงงานอุตสาหกรรม และสถานศึกษา เพื่อช่วยเหลือประชาชนที่เกิดภาวะวิกฤติต่างๆ โดยเฉพาะวิกฤติการณ์น้ำท่วม เส้นทางคมนาคมมักจะถูกน้ำท่วม หรือถูกตัดขาด กว่าที่จะซ่อมแซมถนนหนทางให้พาหนะสามารถผ่านไปมาได้นั้น มักจะต้องอาศัยเวลาเป็นอันมาก ประชาชนผู้ประสบภัยจึงได้รับความเดือดร้อนเป็นระยะเวลายาวนาน ทำให้การเข้าไปไม่ถึงแก่ผู้ประสบภัยที่ได้รับความเดือดร้อนจริงๆ ทำให้ขาดแคลนน้ำใช้-น้ำดื่มที่สะอาด ดังนั้น ระบบประปาสนามที่สามารถเข้าถึงพื้นที่ต่างๆ ได้ดีจะช่วยบรรเทาความเดือดร้อนของผู้ประสบภัยได้มาก.

---

[1]ฝ่ายวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

[2]ฝ่ายทรัพยากรบุคคล, (วว.)

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ภาวะโลกร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่เด่นชัดขึ้นเรื่อยๆ โดยจะสังเกตได้จากการที่ความผันผวนของภูมิอากาศโลก เช่น พายุในภูมิภาคต่างๆ ได้เกิดบ่อยครั้งขึ้นและทวีความรุนแรงขึ้นทุกที เมื่ออากาศร้อนจะทำให้สามารถรับไอน้ำได้มากขึ้นทำให้บรรยากาศมีปริมาณน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก ปริมาณฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้งจึงทวีจำนวนมากขึ้นไปด้วยจนทำให้เกิดน้ำท่วม น้ำหลากนอกฤดู น้ำหลากอยู่เสมอๆ และหลังฝนตกไม่นาน เมื่ออากาศร้อนขึ้นน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ ก็จะระเหยกลับเข้าไปสู่บรรยากาศได้เป็นจำนวนมากอีกเช่นกัน ทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมหลากสลับกับภาวะแห้งแล้งขึ้นได้หลายระลอกในแต่ละปี เมื่อน้ำท่วมหลากมักจะทำให้ทรัพย์สินและระบบการผลิตน้ำประปาเสียหาย ประชาชนไม่สามารถนำน้ำที่หลากอยู่มาบริโภคได้ ส่วนเมื่อน้ำแล้งก็มักจะไม่สามารถหาแหล่งน้ำดิบปกติมาทำประปาได้อย่างพอเพียง ดังนั้น ระบบประปาสนามที่มีความคล่องตัวในการเข้าไปยังพื้นที่ต่างๆ เพื่อแจกจ่ายน้ำหรือหาแหล่งน้ำดิบจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในขณะที่เกิดวิกฤติจากภัยธรรมชาติต่างๆ.

ประปาสนามหรือระบบผลิตน้ำดื่มฉุกเฉิน เป็นชุดอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันการระบาดของโรคติดต่อทางอาหารและน้ำดื่มได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่เกิดวิกฤติ ซึ่งระบบสุขาภิบาลตามปกติไม่สามารถทำงานได้หรือถูกทำลายเสียหาย แต่ชุดอุปกรณ์เหล่านี้มักจะเป็นชุดอุปกรณ์ที่ใช้เฉพาะงาน ตลาดจึงเป็นตลาดจำเพาะ (Niche Market) ไม่ใช่ตลาดการผลิตแบบมวลสาร (Mass Production) ทำให้ชุดอุปกรณ์เหล่านี้มีราคาแพงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องนำเข้าจากต่างประเทศที่มีค่าแรงสูง การพัฒนาอุปกรณ์เหล่านี้ขึ้นใช้เองภายในประเทศจะช่วยประหยัดเงินตราต่างประเทศได้เป็นอันมาก อีกทั้งยังช่วยให้เกิดการสร้างงานขึ้นภายในประเทศอีกด้วย.

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุดประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด และมีความเหมาะสมมากที่สุด.

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการกรองน้ำโดยใช้ทรายใต้ท้องน้ำเป็นตัวกรอง.

1.2.3 เพื่อนำไปผลิตน้ำประปาแบบฉุกเฉิน ที่สามารถเข้าถึงพื้นที่ของชุมชนต่างๆ ได้ทั่วถึงขึ้นแม้ในสภาวะที่เกิดวิกฤติต่างๆ.

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้จะทำการพัฒนาต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ พร้อมทดสอบสมรรถนะการทำงาน เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ มาพัฒนาต้นแบบสำหรับการผลิตจริง เพื่อให้ได้ระบบผลิตน้ำประปาแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ ที่สามารถเข้าไปยังพื้นที่ต่างๆ ได้แม้อยู่ในสภาวะน้ำท่วมถึงและภัยแล้ง เพื่อให้สามารถเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น โครงการนี้ยังพัฒนาระบบการกรองน้ำโดยใช้ทรายใต้น้ำกรองน้ำโดยตรง.

1.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานช่วยเหลือภัยพิบัติในต่างประเทศ (The Office of Foreign Disaster Assistance: OFDA) ขององค์การพัฒนาระหว่างประเทศของสหรัฐอเมริกา (U.S. Agency for International Development: A.I.D.) ได้นำชุดผลิตน้ำฉุกเฉินขึ้นประจำการสำหรับการช่วยเหลือในปี ค.ศ. 1979 ต่อมาได้ให้ Holland and Garland (1989) ทำการศึกษาสมรรถนะการทำงานของชุดอุปกรณ์ดังกล่าว ซึ่งทั้งสองได้รายงานไว้ในปี ค.ศ. 1989 ว่ายังมีปัญหาและอุปสรรคต่อการทำงานของชุดอุปกรณ์ดังกล่าวหลายประการด้วยกัน คือ ประการแรกปัญหาจากคุณลักษณะของน้ำดิบที่จะนำมาทำการผลิตเป็นน้ำสะอาด, มีความขุ่นมาก, มีปริมาณสาหร่ายมาก, หรือมีปริมาณเหล็กเจือปนอยู่สูง เกินกว่าศักยภาพการบำบัดของชุดอุปกรณ์, ประการที่สองปัญหาจากการที่ต้องติดตั้งชุดอุปกรณ์ผลิตน้ำไว้ในที่ๆ ห่างไกล จึงต้องประสบความไม่สะดวกในการแจกจ่ายน้ำ และประการสุดท้ายที่สำคัญอีกอันหนึ่ง คือ ปัญหาชุดอุปกรณ์ผลิตน้ำไม่มีความคล่องตัวในการติดตั้งให้เข้ากับสภาพพื้นที่ในท้องถิ่นได้ดีพอ ทำให้ผู้ปฏิบัติการในท้องถิ่นไม่สามารถดำเนินงานได้.

ในปี ค.ศ. 2010 Groendijk and Vries (2010) ได้ทำการพัฒนาชุดผลิตน้ำเคลื่อนที่ได้แบบยั่งยืน (Sustainable Mobile Water Maker) ขนาดเล็กขึ้น โดยใช้เมมเบรนเซรามิกและใช้พลังงานแสงอาทิตย์ช่วยเป็นแหล่งให้กำลังงาน ด้วยมุ่งหวังที่จะตอบสนองปริมาณความต้องการหน่วยผลิตน้ำขนาดเล็กที่ยังเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา เพราะต้องการลดอัตราการตายจากการติดเชื้อของโรคที่ติดต่อได้ทางน้ำ.

1.5 ทฤษฎีกับการสมมติฐาน

ระบบประปาสนามมักจะติดตั้งอยู่บนรถบรรทุกเพื่อความสะดวกในการขนส่งไปให้บริการแก่ผู้ซึ่งต้องการใช้งาน แต่ในภาวะวิกฤติต่างๆ โดยเฉพาะวิกฤติการณ์น้ำท่วม เส้นทางคมนาคมมักจะถูกน้ำท่วม หรือถูกตัดขาด ทำให้การเข้าไปบริการแก่ผู้ประสบภัยที่ได้รับความเดือดร้อนจริงๆ กระทำได้ลำบากมากเพราะรถบรรทุกไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้ และในกรณีที่เส้นทางคมนาคมถูกตัดขาดนั้น

กว่าที่จะซ่อมแซมถนนหนทางให้พาหนะสามารถผ่านไปมาได้นั้นมักจะต้องอาศัยเวลาเป็นอันมาก ประชาชนผู้ประสบภัยจึงได้รับความเดือดร้อนเป็นระยะเวลายาวนาน ระบบประปาสนามที่สามารถเข้าถึงพื้นที่ต่างๆ ได้ดีจะช่วยบรรเทาความเดือดร้อนของผู้ประสบภัยได้มาก ดังเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าน้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีพของมนุษย์ คนเราจะขาดน้ำดื่มได้ไม่เกิน 3 วัน เท่านั้น.

การสร้างระบบผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบให้ระบบผลิตน้ำมีขนาดเล็กกะทัดรัด และมีน้ำหนักเบา ผลิตน้ำดื่มมากพอที่จะบริการให้กับผู้ประสบภัย ดังนั้น ต้นแบบประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ ที่จะผลิตขึ้นใช้ในโครงการนี้จะใช้ระบบทำน้ำใสขั้นต้นจากระบบอัลตราฟิลเตรชันเป็นหลักเพื่อให้ระบบมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา และมีการออกแบบทุ่นลอยที่สามารถเป็นได้ทั้งทุ่นลอยและถังบรรจุน้ำเพื่อมาพยุงน้ำหนักของระบบผลิตประปาให้สามารถลอยน้ำอยู่ได้.

มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อใช้ในการกรองน้ำและแสงสว่าง ระบบกรองน้ำทั้งหมดสามารถจุ่มแช่ในน้ำได้ เพื่อลดน้ำหนักบรรทุกของทุ่นลอย.

โครงการจะพัฒนาระบบขุดฝังท่อตะแกรงในชั้นทรายที่สะสมใต้ท้องน้ำเพื่อใช้ชั้นทรายดังกล่าวช่วยในการกรองน้ำดิบเบื้องต้นก่อนเข้าเครื่องกรองหลักของระบบผลิตประปาสนาม ทั้งนี้ใต้ลำน้ำมักมีการทับถมของทรายและกรวดตามธรรมชาติ ถ้าสามารถพัฒนาระบบการขุดฝังท่อแนวนอนลงใต้ชั้นทรายหรือใต้ลำน้ำได้จะเป็นการช่วยประหยัดระบบกรองและขนาดของเครื่องกรองลงได้มาก.

1.6 ระบบการกรองน้ำดื่ม

โดยปกติผู้ผลิตน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคจะแจกจ่ายน้ำตามเส้นท่อไปยังผู้ใช้น้ำ ที่เราเรียกว่าน้ำประปานั้น ผู้ผลิตจะใช้กรรมวิธีการผลิตที่สามารถขจัดสิ่งปนเปื้อนที่ปนมากับน้ำดิบจนได้น้ำที่มีสิ่งปนเปื้อนไม่เกินเกณฑ์ที่องค์กรของรัฐและองค์กรระหว่างประเทศ เช่น องค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนด แล้วประกาศว่าน้ำประปานั้นดื่มได้ แต่ผู้ใช้น้ำบางกลุ่มก็ยังไม่ดื่มน้ำจากก๊อกโดยตรงต้องซื้อน้ำดื่มบรรจุขวด หรือซื้อเครื่องกรองน้ำดื่มมาติดตั้งภายในครัวเรือน ทั้งนี้เพราะผู้บริโภคมีความต้องการน้ำดื่มที่มีคุณภาพสูงกว่าน้ำที่ผู้ผลิตน้ำประปา หรือเกิดจากความกังวลว่าอาจจะมีสิ่งปนเปื้อนปะปนมากับน้ำในระหว่างการส่งจ่ายน้ำตามเส้นท่อ หรือถังพักน้ำภายในบ้าน รวมทั้งระบบท่อน้ำภายในบ้าน เช่น ตะกอน และเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ที่อาจก่อให้เกิดโรคได้ทำให้ต้องซื้อเครื่องกรองน้ำมาติดตั้งภายในครัวเรือนเพื่อขจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ออกจากน้ำ และป้องกันความเสี่ยงของสารและเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนอยู่ในน้ำ.

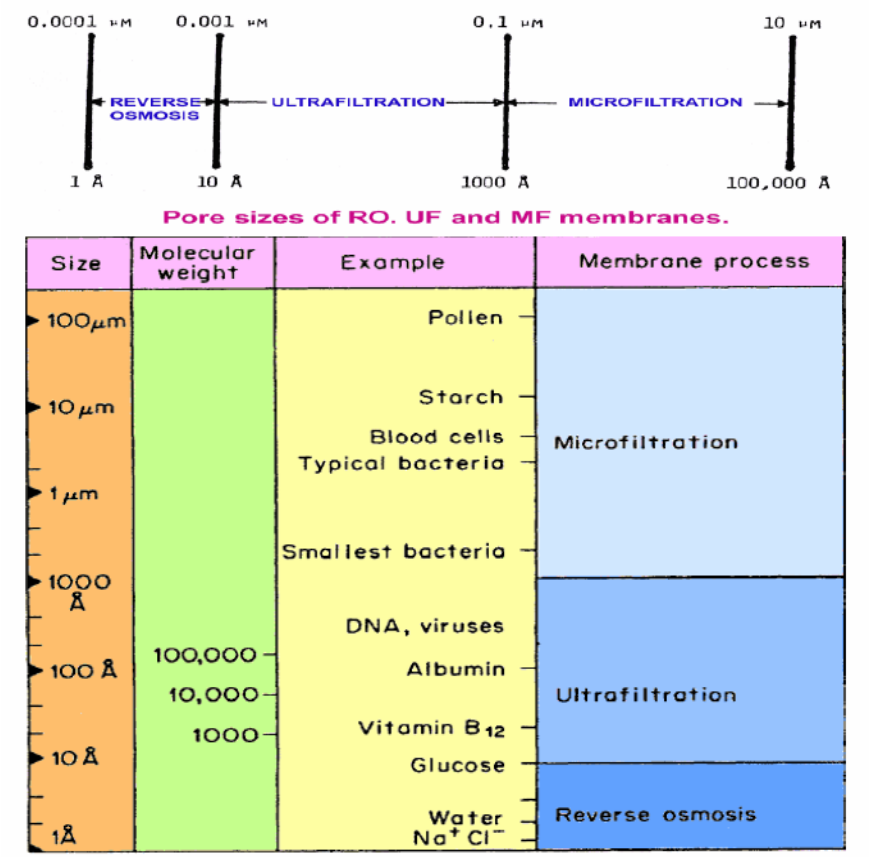
คลอรีนในน้ำประปานั้นผู้ผลิตมีความจำเป็นต้องเติมลงไปในน้ำในระหว่างการผลิตน้ำเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ที่อาจก่อให้เกิดโรค องค์การอนามัยโลกกำหนดให้น้ำประปาจะต้องมีปริมาณคลอรีนอิสระไม่น้อยกว่า 0.5 ส่วนในน้ำล้านส่วน (ppm) ซึ่งคลอรีนอิสระที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ ต้องมีความเข้มข้นมากกว่า 0.2 ppm และผู้ผลิตน้ำประปามักจะเติมให้มีคลอรีนอิสระประมาณ 1-2 ppm ทั้งนี้เพื่อให้มีคลอรีนอิสระเหลืออยู่ไม่น้อยกว่า 0.5 ppm เมื่อถึงบ้านผู้ใช้น้ำ เพราะคลอรีนจะสลายตัวตลอดเวลา ผู้ผลิตน้ำประปาจึงแนะนำให้ผู้บริโภคที่ไม่พึงพอใจในกลิ่นของคลอรีน มีวิธีการแก้ไขได้โดยให้รองน้ำประปาใส่ภาชนะที่สะอาดเก็บทิ้งไว้ 1-2 วัน กลิ่นของคลอรีนจะหายไปเอง ก็จะสามารถขจัดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์จากคลอรีนได้ แต่ผู้บริโภคที่ไม่สามารถทำเช่นนี้ได้ ก็อาจจะต้องซื้อเครื่องกรองที่มีความสามารถในการขจัดคลอรีน ซึ่งได้แก่เครื่องกรองที่มีองค์ประกอบของถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับสารอินทรีย์และคลอรีนได้ ทั้งนี้ ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในเครื่องกรองจะต้องมีคุณภาพ, มีปริมาณ และการออกแบบที่เหมาะสม ถ้าน้ำมีตะกอนสารแขวนลอยที่ปนเปื้อนจากระบบส่งน้ำ ควรจะต้องมีไส้กรองที่สามารถกรองสารแขวนลอยจำพวกขนาด 1-25 ไมครอน ออกก่อน เพราะถ้าปล่อยให้ตะกอนสารแขวนลอยไปยังไส้กรองถ่านกัมมันต์ ตะกอนจะไปอุดตันในรูพรุนของถ่านกัมมันต์ ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสารอินทรีย์และคลอรีนของถ่านกัมมันต์ลดลง บางบ้านที่มีถังพักน้ำเพื่อสำรองน้ำไว้ใช้ น้ำในถังพักอาจมีปริมาณของคลอรีนอิสระอาจเหลือน้อยกว่า 0.2 ppm ซึ่งไม่สามารถขจัดเชื้อโรคได้ ดังนั้น น้ำในถังพักน้ำอาจมีความเสี่ยงในการปนเปื้อนเชื้อโรคและจุลินทรีย์เพื่อป้องกันความเสี่ยงผู้บริโภคมักจะซื้อเครื่องกรองน้ำดื่มแบบที่มีระบบฆ่าเชื้อโรค เช่น แสงอัลตราไวโอเลต (UV) หรือระบบที่มีไส้กรองที่มีความละเอียดที่สามารถกรองเชื้อโรคได้ ถ้าน้ำมีปริมาณเกลือหรือปริมาณของแข็งที่ละลายได้ปนมาสูง จะทำให้น้ำนั้นมีรสกร่อย โดยปกติวัดเป็นค่าปริมาณของแข็งละลายรวม (Total Dissolved Solid) หรือค่า TDS ได้ค่อนข้างสูง ตามมาตรฐานน้ำดื่มจะต้องมีค่า TDS ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าน้ำมีปริมาณ TDS สูงถึง 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีรสกร่อย ซึ่งองค์การอนามัยโลกใช้เป็นเกณฑ์อนุโลมให้สามารถใช้ดื่มได้ ถ้าต้องการลดปริมาณของสารละลายเกลือ TDS จะต้องใช้เครื่องกรองน้ำที่มีระบบที่สามารถกรองแยกเกลือหรือสารละลายที่ปนเปื้อนในน้ำออกได้ เช่น ระบบการกลั่นและระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis, RO) เป็นต้น อุปกรณ์ที่ใช้การขจัดสิ่งปนเปื้อนหรือสิ่งอันไม่พึงประสงค์ต่อการดื่มน้ำ ซึ่งสามารถจำแนกได้ ดังต่อไปนี้

1.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการคัดกรอง (Filtration) จะมีหน้าที่คล้ายเป็นตะแกรงคัดกรองตะกอนสารแขวนลอย และอนุภาคขนาดเล็กที่อยู่ในรูปคอลลอยด์ที่ประปนมากับน้ำออก ซึ่งอุปกรณ์กรองน้ำหรือไส้กรองน้ำประเภทที่จะมีขนาดรูพรุนที่แตกต่างกัน มีตั้งแต่ขนาดรูพรุน 25 ไมครอน ลงไปจนถึง 0.01 ไมครอน ซึ่งพอจะจำแนกตามขนาดรูพรุนได้ ดังนี้

1.6.1.1 ใช้กรองตะกอนขนาดใหญ่ จะมีรูพรุน 1-25 ไมครอน ใช้กรองตะกอนขนาดใหญ่มักใช้เป็นไส้กรองเบื้องต้น (Pre-filter) สำหรับระบบกรองน้ำเพื่อคัดกรองตะกอนขนาดใหญ่ไม่ให้ไปอุดตันในอุปกรณ์คัดกรองหลักของเครื่องกรอง ทางวิชาการรวมเรียกว่า ไมโครฟิลเตอร์ (Micro Filter).

1.6.1.2 ไส้กรองตะกอนคอลลอยด์ (Colloid) ที่มีขนาดความรูพรุน ตั้งแต่ 0.3 – 0.9 ไมครอน สามารถใช้กรองสารแขวนลอยในน้ำที่อยู่ในรูปคอลลอยด์ ซึ่งทำให้น้ำมีสีต่างๆ ตามสีของคอลลอยด์ ทำให้ดูเหมือนว่าไส้กรองน้ำสามารถกำจัดสีได้ แต่ต้องเป็นสีที่เกิดจากสีของสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ ส่วนสีที่อยู่ในรูปของสารละลายจะไม่สามารถกำจัดได้ ไส้กรองน้ำที่มีขนาดรูพรุนเล็กกว่า 0.5 ไมครอน จะสามารถคัดกรองเชื้อแบคทีเรียและโพรโทซัวได้ เพราะขนาดของแบคทีเรียที่เล็กที่สุดมีขนาด 0.5 ไมครอน ดังแสดงในรูปที่ 1 เดิมไส้กรองประเภทนี้มักทำด้วยวัสดุเซรามิก ซึ่งเรียกกันว่าไส้กรองเซรามิก ในปัจจุบันทำด้วยวัสดุที่หลากหลายมากขึ้น บางชนิดมีการพัฒนาเคลือบสารหรือผสมสารบางชนิดลงบนผิวของไส้กรอง ทำให้มีคุณสมบัติในการต่อต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบนผิวไส้กรอง (Bio Film) ที่เป็นต้นเหตุของการเกิดคราบจุลินทรีย์และกลิ่น ไส้กรองชนิดนี้ทางวิชาการรวมเรียกว่า ไมโครฟิลเตอร์ เหมือนกัน แต่มีความแตกต่างของขนาดรูพรุน.

1.6.1.3 ไส้กรองอัลตราฟิลเตอร์ (Ultra-filter) เป็นไส้กรองที่มีขนาดความพรุนเล็กกว่า 0.01 ไมครอน ดังแสดงในรูปที่ 1 ไส้กรองประเภทนี้อาจเรียกได้ว่าเป็นไส้กรองน้ำปลอดเชื้อ เพราะสามารถกรองเชื้อจุลินทรีย์ได้ทุกชนิดตั้งแต่โพรโทซัว, แบคทีเรีย รวมทั้งไวรัสทุกชนิด และยังสามารถคัดกรองสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ได้ โดยทั่วไปการบอกขนาดของไส้กรองประเภทนี้มักบอกเป็นขนาดโมเลกุลที่ถูกคัดกรอง (Molecular Weight Cut Off, MWCO) ซึ่งจะมีขนาด MWCO ตั้งแต่ 1,000 ดัลตัน (Dalton) ไปจนถึง 1,000,000 ดัลตัน ในการกรองน้ำดื่มมักจะใช้ 30,000 – 50,000 ดัลตัน.



รูปที่ 1. ขนาดโมเลกุลที่ถูกคัดกรองตามขนาดความพรุนของไส้กรองแต่ละชนิด.

1.6.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ไส้กรองประเภทนี้สามารถดูดซับสารอินทรีย์สี (ที่เกิดจากสารอินทรีย์), กลิ่นของสารอินทรีย์ และคลอรีนที่เหลือปะปนมากับน้ำประปา ถ่านกัมมันต์จะดูดซับสารอินทรีย์ด้วยแรงแวลเดอร์วาล (Van Der Wals Force) ซึ่งเป็นแรงดึงดูดทางไฟฟ้าอย่างอ่อนๆ ที่ผิวของถ่านกัมมันต์, ดังนั้น ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นผิวและความพรุนมากจะสามารถดูดซับสารอินทรีย์ได้มาก โดยปกติถ่านกัมมันต์ที่ใช้ทำเครื่องกรองน้ำดื่มมักผลิตจากกะลามะพร้าวและถ่านหิน. ส่วนถ่านกัมมันต์ผลิตจากกระดูกสัตว์มักใช้ในการดูดซับฟลูออไรด์ในน้ำ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มีทั้งแบบถ่านกัมมันต์เม็ด (Granular Activated Carbon, GAC) และชนิดผง (Powdered Activated Carbon, PAC) ถ่านกัมมันต์เม็ด จะใช้บรรจุในคอลัมม์ โดยนำน้ำที่ต้องกรองไหลผ่าน, ส่วนถ่านกัมมันต์ผง มักใช้ผสมกับน้ำดิบในระบบผลิตน้ำประปา ที่ต้องการกำจัดสารอินทรีย์แล้วกรองออกโดยระบบกรองทราย. ในปัจจุบันมีผู้นำถ่านกัมมันต์ชนิดผงทำเป็นถ่านกัมมันต์ผงอัดแท่ง (Activated Carbon Block) ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งผู้ผลิตจะผสมสารยึดเกาะ, อัดเป็นแท่ง, มีความพรุนในขนาด 0.3 ถึง 5 ไมครอน สามารถกรองตะกอนสารแขวนลอยและเชื้อโรคได้เช่นเดียวกับไมโครฟิลเตอร์ และสามารถดูดซับสารอินทรีย์ได้พร้อมๆ กัน นอกจากนี้ผู้ผลิตถ่านกัมมันต์อัดแท่งยังผสม

สารต่อต้านแบคทีเรียในเนื้อไส้กรอง ทำให้ป้องกันแบคทีเรียไม่ให้เกาะติดจนเกิดคราบเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวของไส้กรองอีกด้วย สีที่มีปะปนในน้ำธรรมชาติมักเกิดจากการเน่าเปื่อยของซากพืช ทำให้เกิดกรดฮิวมิก (Humic-acid) และกรดฟูวิก (Fulvic-acid) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ และถ่านกัมมันต์สามารถกำจัดสีที่เกิดจากสารเหล่านี้ได้ ส่วนกลิ่นที่ปนมากับน้ำมักเกิดจากแบคทีเรียบางชนิด เช่น ไทโอแบคทีเรีย ซึ่งสามารถผลิตสารซัลไฟต์ที่มีกลิ่นเหม็น กลิ่นอาจเกิดจากสารเชื้อราและสาหร่ายเซลล์เดียวก็สามารถทำให้เกิดกลิ่น ดังแสดงในรูปที่ 2.

รูปที่ 2. ลักษณะอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์.

1.6.3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนไอออนด้วยเรซิน (Ion–exchange Resin) ระบบกรองน้ำที่ใช้การแลกเปลี่ยนไอออนโดยใช้เรซิน เรซินจะทำหน้าที่จับสิ่งไม่พึงประสงค์ต่อการดื่มที่อยู่ในรูปไอออนไว้แล้วปล่อยไอออนอื่นที่อยู่บนเรซินออกมา ไอออนเอกเชนเรซิน มี 2 ชนิด

1.6.3.1 แคตไอออนเรซิน (Cation Exchange Resin) จะเป็นเรซินที่ใช้แลกเปลี่ยนไอออนที่มีประจุบวก เช่น Ca^{+2}, Mg^{+2} เป็นต้น ในเครื่องกรองน้ำดื่มที่ใช้ในครัวเรือนมักใช้เรซินชนิดนี้เพื่อจับ Ca^{+2} และ Mg^{+2} ซึ่งเป็นสารที่ทำให้น้ำเป็นน้ำกระด้างแล้วปล่อย Na^{+} ที่อยู่บนเรซินออกมา เครื่องกรองชนิดนี้อาจเรียกว่าเป็นเครื่องกรองเพื่อกำจัดความกระด้างของน้ำ แคตไอออนเรซินยังสามารถดูดจับโลหะหนักที่อยู่ในรูปไอออนบวก เช่น ตะกั่ว Pb^{+2}, โครเมียม Cr^{+3} (แต่ไม่สามารถจับโครเมียมที่อยู่ในรูป CrO_4^{-2} ซึ่งจะต้องใช้แอนไอออนเรซิน).

1.6.3.2 แอนไอออนเรซิน (Anion Exchange Resin) มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออนที่มีประจุลบ เช่น Cl^-, SO_4^{2-}, CrO_4^{2-} เครื่องกรองน้ำที่ใช้ในครัวเรือนมักไม่ได้นำเรซินประเภทนี้ไปใช้ จะใช้ในระบบกรองน้ำอุตสาหกรรมในการผลิตน้ำที่ปราศจากไอออน (Deionized Water, DI) ซึ่งจะไม่กล่าวรายละเอียดในที่นี้.

1.6.4 การกรองแบบอัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration, UF) และไมโครฟิลเตรชัน (Microfiltration, MF) ซึ่งเป็นการกรองด้วยเมมเบรนที่มีรูพรุน (Porous Membrane) มีขนาดรูพรุนใหญ่กว่าในการอธิบายกลไกการกรอง โดยใช้หลักการการไหลผ่านรูพรุน (Pore Flow Model) หรืออาจเรียกง่ายๆ ว่าใช้กลไกตะแกรงคัดกรอง (Sieving Mechanism) ซึ่งเป็นการคัดกรองสารตามขนาดอนุภาค และขนาดของรูพรุนของตัวกลางที่ใช้กรอง.

1.6.5 การกรองระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse osmosis, RO) เป็นการกรองโดยใช้แรงดันเพื่อให้น้ำซึมแพร่ผ่านเนื้อเยื่อ (Membrane) ที่ยอมให้น้ำซึมผ่าน แต่กักกั้นเกลือที่อยู่ในรูปสารละลายของไอออนของเกลือ มีประสิทธิภาพในการคัดกรองสารละลายเกลือได้ 96-99%, นอกจากนี้ RO ยังสามารถคัดกรองสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า 150 ดัลตัล (Dalton) ด้วย ขนาดของรูพรุนของเนื้อเยื่อที่ละเอียดมากจนเกือบจะเรียกได้ว่าไม่มีรูพรุน ซึ่งสามารถคัดกรองเชื้อโรคได้ทุกชนิดรวมถึงไวรัส.

1.6.6 การกรองระบบนาโนฟิลเตรชัน (Nanofiltration, NF) มีหลักการในการกรองเช่นเดียวกับ RO แต่มีความสามารถในการกักกั้นเกลือได้ด้อยกว่า คือ สามารถคัดกรองเกลือที่อยู่ในรูปไอออนที่มีประจุไฟฟ้าตั้งแต่ 2 หน่วย ขึ้นไป เช่น Ca^{+2}, Mg^{+2}, Al^{+3}, และ SO_4^{-2} ได้ ส่วนไอออนที่มีประจุไฟฟ้า 1 หน่วย จะสามารถคัดกรองได้เพียงเล็กน้อย ระบบการกรองแบบ RO และ NF ช่วยลดปริมาณสารละลายเกลือที่ปนเปื้อนในน้ำซึ่งเป็นต้นเหตุของความเค็มความกร่อยได้ดี และยังสามารถคัดกรองจุลินทรีย์เชื้อโรครวมถึงไวรัส และยังสามารถคัดกรองสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ (ใหญ่กว่า 150 ดัลตัน) เช่น ยาฆ่าแมลง.

1.6.7 แสงอัลตราไวโอเลต หรือแสงยูวี (Ultraviolet) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 100 ถึง 400 นาโนเมตร ซึ่งมีพลังงานสูงพอที่จะกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ถ้าแสงยูวีที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 200 นาโนเมตร มีพลังงานมากพอที่จะทำลายพันธะทางเคมีได้อาจทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free Radicals) ที่มีพลังงานสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้อย่างต่อเนื่อง เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสาร ก่อให้เกิดสารอนุพันธ์ของสารตั้งต้นได้มากมาย รวมทั้งสามารถทำลาย

พันธะของออกซิเจน (O_2) ทำให้เกิดก๊าซโอโซน (O_3) แสงยูวีแบ่งเป็น 3 ช่วง ตามลักษณะที่มีผลกระทบทางชีวภาพ ดังนี้

1.6.7.1 แสงยูวี-เอ (UV-A) ช่วงความยาวคลื่น 315 – 400 นาโนเมตร เป็นช่วงความยาวคลื่นที่มีพลังงานต่ำที่สุดของแสงยูวี ซึ่งจะส่งผลกระทบทำให้ผิวหนังมีสีน้ำตาล (Sun Tanning) แต่เนื่องจากเป็นคลื่นที่อยู่ใกล้กับแสงที่ตามองเห็น จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า near UV.

1.6.7.2 แสงยูวี-บี (UV-B) ช่วงความยาวคลื่น 280 – 315 นาโนเมตร จะมีพลังงานสูงขึ้น สามารถทำให้ผิวหนังไหม้เกรียมและมีหลักฐานว่า เป็นต้นเหตุของการเกิดมะเร็งผิวหนัง.

1.6.7.3 แสงยูวี-ซี (UV-C) ช่วงความยาวคลื่น 200 - 280 นาโนเมตร ซึ่งมีพลังงานสูงกว่าแสงยูวีทั้งสองชนิดแรก สามารถดูดกลืนโดย DNA, RNA ในนิวเคลียสของเซลล์ทำให้เซลล์เกิดการกลายพันธุ์, เกิดเซลล์มะเร็ง และเกิดการตายของเซลล์. สมัยโบราณมีการใช้แสงยูวีฆ่าเชื้อเซลล์ที่อยู่บนผิวหนังของคนที่เป็นโรคเรื้อน ถ้ามองแสงยูวีด้วยตาเปล่า อาจทำให้เกิดการไหม้ของจอประสาทตา ทำให้ตาบอด และทำให้สารประกอบในกระจกตาขุ่น เป็นโรคต้อกระจก เนื่องจาก UV-C สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ จึงเรียกว่า Germicidal UV Range แสงยูวีที่มีความยาวคลื่น น้อยกว่า 200 นาโนเมตร จะมีพลังงานมากพอที่จะทำลายพันธะทางเคมี และถูกดูดกลืนโดยสารประกอบ บางครั้งอาจเรียกว่า โอโซน ยูวี (Ozone UV) เพราะเป็นแสงยูวีที่สามารถกระตุ้นออกซิเจนในอากาศเป็นโอโซนได้ เนื่องจากแสงยูวีช่วงความยาวคลื่นนี้ถูกดูดกลืนโดยไอน้ำ และออกซิเจนในอากาศ ดังนั้น ถ้าแสงยูวีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 200 นาโนเมตร เคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศจะถูกดูดกลืนหมดต้องเป็นตัวกลางที่เป็นสุญญากาศ แสงยูวีจึงจะส่องผ่านได้ จึงเรียก Vacuum UV.

1.6.8 ระบบการกลั่น ใช้หลักการต้มน้ำให้เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำแล้วควบแน่นกลั่นตัวเป็นน้ำ ส่วนเกลือและสิ่งปนเปื้อนที่ไม่ระเหยยังคงค้างอยู่ในหม้อต้ม สารที่ระเหยได้จะระเหยไป พร้อมกับไอน้ำแต่จะไม่ควบแน่นกลั่นตัว ยังคงสภาพเป็นไอกระจายไปในอากาศ การกลั่นยังคงมีหลงเหลือติดไปกับละอองไอน้ำ เรียกว่า แคริโอเวอร์ (Carry Over) ทำให้น้ำกลั่นยังคงมีเกลือเหลืออยู่เล็กน้อย น้ำกลั่นจัดว่าเป็นน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง ปราศจากเชื้อโรค แต่การกลั่นเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานสูง จึงไม่เป็นที่นิยมใช้.

1.7 ทราย (Sand)

ทราย เป็นทรัพยากรชนิดหนึ่งที่ปรากฏทั่วไปทั้งบนบกและในน้ำ ในทางธรณีวิทยาถูกจัดให้เป็นตะกอน (Sediments) ชนิดหนึ่งมีลักษณะร่วนหรือยังไม่แข็งตัวเป็นหิน เกิดจากการผุพังของหิน ต้นกำเนิดที่มักมีแร่ควอตซ์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ เช่น หินแกรนิตหรือตระกูลแกรนิต, หินทราย และหินกรวดมน เป็นต้น หินแกรนิตนอกจากมีแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบแล้ว ยังมีแร่เฟล์สปาร์เกิด

ร่วมอยู่ด้วย แต่แร่ทั้งสองนี้มีอัตราการผุพังที่แตกต่างกันมาก คือ ในกรณีที่มีน้ำเป็นตัวกลาง แร่เฟล์สปาร์ ซึ่งทำปฏิกิริยากับน้ำกลายเป็นแร่ดิน ที่มีโครงสร้างเป็นแผ่นและหลุดลอยไปกับน้ำได้ง่าย ส่วนแร่ควอตซ์ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ ก็จะหลุดจากการจับตัวและสะสมอยู่ในบริเวณใกล้เคียง เกิดเป็นกรวดและทรายที่มีรูปแบบการสะสมตัวแบบตะกอนน้ำพัดพารูปพัดใกล้เชิงเขา, ส่วนหินทรายและหินกรวดมน ในอดีตเป็นทรายที่ถูกทำให้แข็งตัวด้วยวัตถุประสาน และเมื่อวัตถุประสานถูกทำลาย ทำให้เม็ดทรายหลุดออกจากกันและตกสะสมในบริเวณใกล้เคียง ต่อมาทรายและกรวดเหล่านี้จะถูกน้ำพัดพาทำให้ไกลออกไปจากแหล่งกำเนิดเดิม โดยอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่สุดจะถูกพัดพาไปได้ไกลที่สุด เช่น กรวดจะยังคงอยู่ที่เดิมหรือพัดพาไปไม่ไกลจากที่เดิมมากนัก ทรายหยาบมักสะสมตัวอยู่ตอนบนสุดของสายน้ำ, ส่วนปลายแม่น้ำมักเป็นทรายละเอียด ลักษณะทรายที่มีการสะสมเช่นนี้เป็นการสะสมตามแม่น้ำ (Fluvial Deposit), ส่วนทรายที่มีขนาดเล็กลงไปอีกจะถูกพัดพาลงทะเล และถูกกระบวนการของน้ำทะเล เช่น การไหลของกระแสน้ำหรือคลื่นพัดพาทรายมาสะสมตัวตามชายฝั่งและนอกชายฝั่งออกไปกลายเป็นทรายตามชายฝั่ง (Beach Sand) และทรายนอกชายฝั่ง (Off Shore Sand).

1.7.1 ลักษณะและชนิดของทราย

การศึกษาลักษณะของทรายในทางธรณีวิทยา คือ การศึกษาถึงรูปร่างของเม็ดทราย อันได้แก่ รูปทรง (Shape) ต่างๆ เช่น เม็ดทรายที่มีทรงกลม, ทรงรี สามารถแสดงถึงรูปแบบการแตกออกมาจากหินแม่ที่เป็นแหล่งกำเนิด ตลอดจนการศึกษาถึงความแข็งแรงของเม็ดทรายว่าแตกออกมาจากแนวแกนใดของผลึกดั้งเดิม รวมทั้งการศึกษาถึงความมน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเดินทางของเม็ดทรายว่าใกล้หรือไกลจากแหล่งกำเนิด เม็ดทรายที่มีความมนสูงแสดงว่าถูกพัดพามาไกลกว่าเม็ดทรายที่มีความมนต่ำหรือมีความเป็นเหลี่ยมเป็นมุมสูง ขนาดของเม็ดทรายที่เกิดอยู่รวมกันเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงพฤติกรรมของน้ำ การไหลของน้ำและปริมาณของน้ำในคราวหนึ่งๆ เช่น หากเม็ดทรายมีการคัดขนาดดีหรือมีขนาดเม็ดใกล้เคียงกันแสดงว่าน้ำมีความเร็วสม่ำเสมอ ทำให้เม็ดทรายที่มีขนาดแตกต่างกันแยกตัวออกจากกันและไปตกตะกอนในที่ต่างๆ อีกทั้งยังทำให้ทราบถึงสภาพความลาดชันของพื้นที่ หากการจัดขนาดของทรายไม่ดีแสดงว่าน้ำมีความเร็วของการไหลไม่สม่ำเสมอ หรือพื้นที่บริเวณนั้นมีความลาดชันที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและมีหลายทิศทาง.

การแบ่งชนิดของทราย อาจแบ่งออกได้หลายแบบ เช่น แบ่งตามแหล่งกำเนิดทางเคมี, การรวมตัวของแร่ธาตุ, ธรณีวิทยา, ภูมิศาสตร์ หรือแบ่งโดยการใช้ประโยชน์ ขนาดของเม็ดทราย เป็นต้น การศึกษาทั้งขนาดและส่วนประกอบของทรายที่สะสมตัวอยู่ในบริเวณนั้นๆ เช่น ชนิดของทรายก่อสร้างสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด ได้แก่

1.7.1.1 เม็ดทรายหยาบมาก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ขึ้นไป.

1.7.1.2 เม็ดทรายหยาบ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 - 4.5 มิลลิเมตร.

1.7.1.3 เม็ดทรายขนาดปานกลาง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 2.0 มิลลิเมตร.

1.7.1.4 เม็ดทรายละเอียด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 - 1.0 มิลลิเมตร.

1.7.1.5 เม็ดทรายละเอียดมาก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 - 0.5 มิลลิเมตร.

1.7.2 ประเภทของแหล่งทราย

แหล่งทรายสามารถแบ่งออกตามการกำเนิดได้ 2 ประเภท คือ

1.7.2.1 แหล่งทรายบก คือ แหล่งทรายที่มีต้นกำเนิดบนแผ่นดิน ส่วนมากจะถูกพัดพามาสะสมตัวอยู่ตามลำน้ำ, ลำคลอง, ลำห้วยต่างๆ โดยทางน้ำและบนบก ในรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ทรายแม่น้ำ (Stream Channel Deposits หรือ Fluvial Sand) ทรายที่ถูกพัดพามาสะสมตัวตามลำน้ำ, ลำคลอง, ลำห้วยต่างๆ โดยรวมในลำน้ำทั้งในอดีตและปัจจุบัน ทรายที่สะสมตัวในลักษณะนี้หากอยู่ในที่ราบจะแผ่เป็นบริเวณกว้าง เนื่องจากการเคลื่อนตัวของทางน้ำ จากลำน้ำกว้างใหญ่และตรง กลายมาเป็นลำน้ำคดโค้งและแคบ เนื่องจากมีการสะสมตัวของตะกอนทรายและกรวด ซึ่งเมื่อพอกพูนเพิ่มขึ้นก็ทำให้ทางน้ำเปลี่ยนแปลง เกิดการกัดเซาะพื้นที่จนกลายเป็นทางน้ำคดโค้งและแคบ เนื่องจากมีการสะสมของตะกอนทรายและกรวด ซึ่งเมื่อพอกพูนเพิ่มขึ้นก็ทำให้ทางน้ำเปลี่ยนแปลง เกิดการกัดเซาะพื้นที่จนกลายเป็นทางน้ำคดโค้ง ทรายที่สะสมตัวโดยทางน้ำมักเกิดขึ้นบริเวณริมตลิ่งและตะพักลำน้ำ ส่วนโค้งของลำน้ำที่งอกยื่นออกไป, สันดอนกลางน้ำ และบริเวณที่ราบน้ำท่วม ซึ่งเป็นพื้นที่กว้างสองข้างของลำน้ำ ขนาดของทรายที่เกิดจากน้ำท่วมมักมีขนาดเล็ก, ส่วนทรายที่สะสมตัวในลำน้ำมักมีขนาดใหญ่กว่าและมีกรวดปนอยู่ด้วย เนื่องจากถูกละทิ้งไว้เป็นตะกอนท้องน้ำ แม่น้ำที่มีการไหลของน้ำอย่างสม่ำเสมอ จะมีตะกอนทรายพอกพูนตลอดเวลา ส่วนทรายที่เกิดจากทางน้ำเก่าจะพบชั้นทรายแป้ง, ดินเหนียว และซากไม้ปิดทับบริเวณตอนบน ทรายแม่น้ำเป็นทรายที่มีคุณภาพดี เนื่องจากในขณะที่ถูกพัดพาจะมีการขัดถูกันเองระหว่างเม็ดทราย ทำให้ส่วนที่เปราะบางหลุดสลายไป เหลือเพียงเม็ดทรายที่มีความแข็งและคงทน ทรายแม่น้ำมักจะมีรูปร่างกลมถึงค่อนข้างกลม ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต.

- ทรายตะกอนน้ำพารูปพัด (Alluvial Fan) เป็นทรายและกรวดที่ถูกพัดพามาโดยลำน้ำ ตามความลาดชันของภูเขาที่ไหลลงสู่ที่ราบหรือหุบเขา ซึ่งมีพื้นที่กว้างและมีระดับต่ำกว่า การเปลี่ยนแปลงระดับของพื้นที่ทำให้ความเร็วของน้ำลดลง เกิดจากการสะสมตัวของกรวดทรายบริเวณปากลำน้ำหรือต้นน้ำแผ่กว้างมีรูปร่างคล้ายพัดที่กางออก จึงเรียกว่าตะกอนน้ำพารูปพัด ตะกอนทรายหยาบและกรวดจะสะสมตัวในบริเวณต้นน้ำ, ส่วนตะกอนเม็ดเล็กจะถูกพัดพาไปได้ไกลกว่า จึงสะสมตัวอยู่ตามขอบนอกของแหล่งสะสมตัวที่เกิดขึ้นในอดีตและเกิดซ้ำกันหลายครั้งตามฤดูกาลที่เปลี่ยนไป

จะทำให้เกิดชั้นทรายและกรวดทับถมกันหนามาก มีชั้นดินปกคลุมอยู่ตอนบน การนำทรายไปใช้ประโยชน์จึงต้องเปิดหน้าดินบนออก แหล่งทรายที่มีลักษณะนี้ชาวบ้านมักเรียกว่า ทรายบก เพราะไม่ได้เกิดอยู่ริมแม่น้ำ แต่ในทางวิชาการธรณีวิทยาทั้งทรายแม่น้ำและทรายตะกอนน้ำพารูปพัดถูกจัดให้เป็นทรายบก เนื่องจากการสะสมตัวโดยทางน้ำบนบก.

- ทรายที่เกิดสะสมตัวในทางน้ำเก่า ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ ทรายที่เกิดจากการสะสมตัวของทางน้ำเดิม ซึ่งปัจจุบันไม่ได้ไหลผ่านเนื่องจากลำน้ำเปลี่ยนเส้นทางใหม่ เกิดเป็นภูมิประเทศชนิดทะเลสาบรูปแอก ต่อมาถูกปิดทับด้วยชั้นบนจนกลายเป็นที่ราบนอกทางน้ำในปัจจุบัน ส่วนในอีกลักษณะหนึ่งเรียกว่า รอยทางน้ำโค้งตวัด ซึ่งมีลักษณะเป็นทะเลสาบรูปแอกหลายๆ อันต่อกัน.

1.7.2.2 แหล่งทรายในทะเล เป็นทรายที่เกิดจากการสะสมตัวโดยกระบวนการของน้ำทะเล พบอยู่ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลและท้องทะเล ซึ่งทรายชายฝั่งจะพบในบริเวณหาดทราย และสันดอนทราย เป็นต้น.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ในบทนี้จะกล่าวถึง วิธีการดำเนินงานวิจัย แนวคิดในการออกแบบศึกษาวิจัยโครงการชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ รวมถึง วัสดุ, อุปกรณ์, วิธีการทดลอง และการสร้างแบบจำลอง โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1.1 รวบรวมองค์ความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปแบบเครื่องต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ เพื่อใช้ในการออกแบบได้ง่าย สะดวกต่อการใช้งานแบบฉุกเฉิน.

2.1.2 สามารถออกแบบรถบรรทุกแบบลากจูงที่สามารถบรรทุกชุดผลิตน้ำดื่มที่สามารถเคลื่อนที่ทั้งบนบกและในน้ำ ที่มีความสเถียรภาพในการเคลื่อนที่ทั้งบนบกและในน้ำ.

2.1.3 สามารถออกแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ ที่ช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้ในกรณีเกิดภัยแล้ง และกรณีเกิดอุทกภัยได้.

2.1.4 สามารถออกแบบอุปกรณ์การกรองน้ำขั้นต้นแบบจับยึดไส้กรองแบบจุ่มแช่แบบต่างๆ ได้ เพื่อใช้ในการกรองน้ำดิบขั้นต้นจำพวกเศษวัสดุขนาดใหญ่ เช่น เศษไม้, ใบไม้ แม้แต่วัชพืชในน้ำ จึงมีความจำเป็นต้องมีการคัดกรองวัสดุเหล่านี้ออก มิฉะนั้นอาจทำให้เกิดความเสียหายกับการสูบน้ำดิบมาใช้.

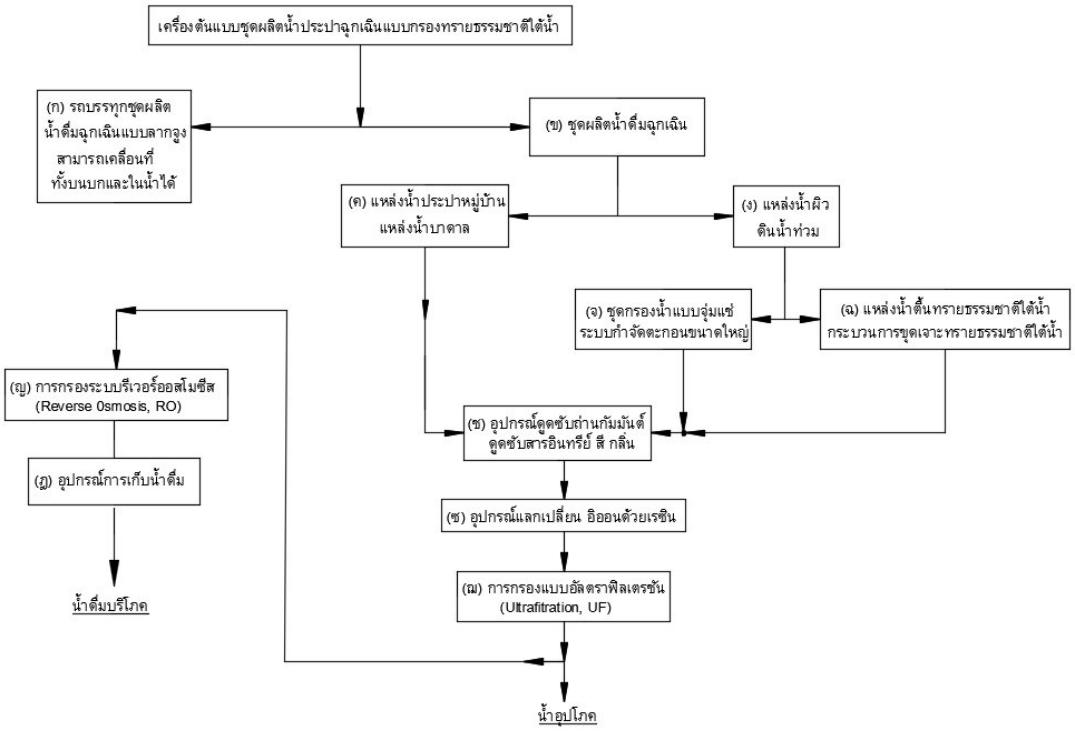
2.1.5 สามารถออกแบบอุปกรณ์การขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ โดยขุดเจาะทรายธรรมชาติและทำการสูบน้ำดิบจากการกรองของทรายธรรมชาติใต้น้ำขึ้นมาใช้เป็นน้ำดิบ.

2.1.6 ทำการทดลองในกระบวนการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ ว่ามีสมรรถนะในการขุดเจาะทรายในรูปแบบการจำลองสถานการณ์ เพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุดในการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ.

2.2 รูปแบบการออกแบบเครื่องต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ

ระบบผลิตน้ำดื่มสนามมักจะติดตั้งอยู่บนรถบรรทุกเพื่อความสะดวกในการขนส่งไปให้บริการแก่ผู้ซึ่งต้องการใช้งาน โดยเฉพาะวิกฤติการณ์น้ำท่วม เส้นทางคมนาคมมักจะถูกน้ำท่วม หรือถูกตัดขาด ทำให้การเข้าไปบริการแก่ผู้ประสบภัยที่ได้รับความเดือดร้อนจริงๆ กระทำได้ลำบากมาก เพราะรถบรรทุกไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้ และในกรณีที่เส้นทางคมนาคมถูกตัดขาดนั้น กว่าจะซ่อมแซมถนนให้พาหนะสามารถผ่านไปมาได้นั้นต้องอาศัยเวลาเป็นอันมาก ประชาชนผู้ประสบภัยจึงได้รับความเดือดร้อนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น คณะผู้วิจัย จึงค้นคิดระบบและวิธีการออกแบบชุดผลิต

น้ำดื่มสนามที่สามารถเข้าถึงพื้นที่ต่างๆ ได้ดีที่จะช่วยบรรเทาความเดือดร้อนของผู้ประสบภัยได้มาก จึงมีแนวคิดในการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.

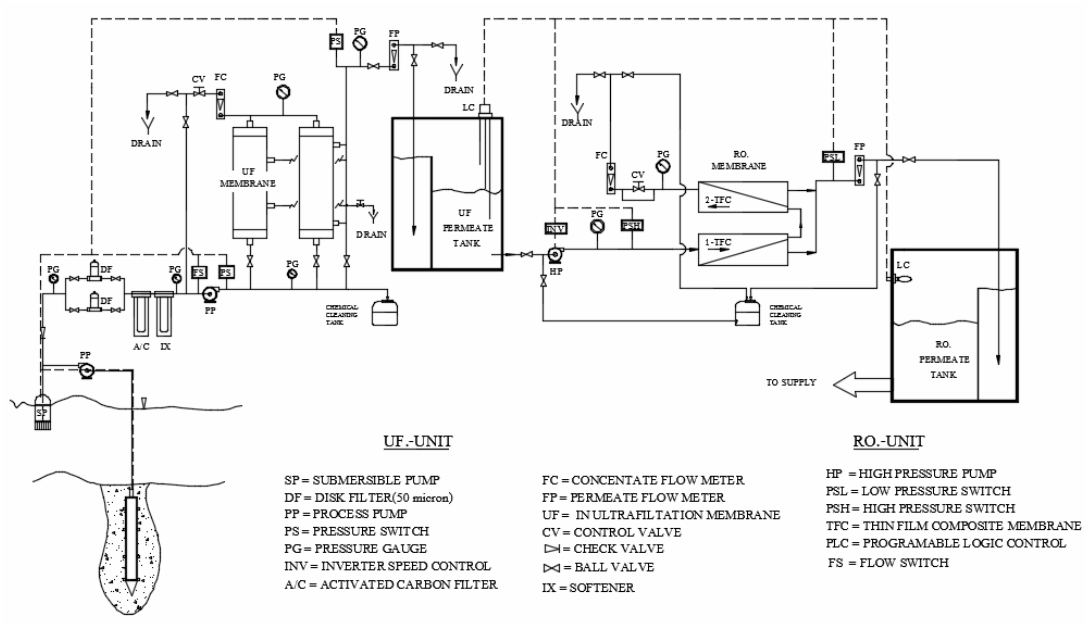


รูปที่ 3. แผนผังการออกแบบเครื่องต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ.

จากรูปที่ 3 โดยมีหลักการออกแบบเครื่องต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำโดยมีรถบรรทุกแบบลากจูงที่สามารถบรรทุกชุดผลิตน้ำดื่มที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งบนบกและในน้ำได้ ดังแสดงในกรอบ (ก) และชุดผลิตน้ำดื่มแบบฉุกเฉิน ดังแสดงในกรอบ (ข) ซึ่งจากการวิเคราะห์จากความสามารถในการหาแหล่งน้ำดิบได้สองแหล่ง เริ่มจากแหล่งน้ำดิบจากน้ำประปาหมู่บ้าน ดังแสดงในกรอบ (ค) ส่วนใหญ่แล้วเป็นน้ำจากใต้ดินหรือแหล่งน้ำบาดาล ถูกสูบมาเก็บไว้ในถังพักประจำหมู่บ้านและแจกจ่ายน้ำในหมู่บ้าน ซึ่งคุณภาพน้ำยังไม่เพียงพอกับการบริโภค จึงต้องมีการปรับปรุงวิธีการกรองน้ำเพิ่มเติมก่อนที่จะนำมาบริโภคได้อย่างปลอดภัย และแหล่งน้ำดิบอีกส่วนหนึ่ง คือ แหล่งน้ำผิวดิน ดังแสดงในกรอบ (ง) ที่อยู่ในแอ่งน้ำหรืออยู่ในสภาวะน้ำท่วม ที่สามารถใช้ไส้กรองแบบจุ่มแช่ลงไปในแอ่งน้ำและสามารถดูดน้ำดิบขึ้นมาได้ ดังแสดงในกรอบ (จ) ในกรณีที่แหล่งน้ำมีทรายอยู่จะมีน้ำซึมผ่านลงไปในชั้นทรายเกิดการกรองโดยธรรมชาติ สามารถดูดแหล่งน้ำตื้นใต้

ทรายมาใช้ได้ ดังแสดงในกรอบ (ฉ) ในกรณีนี้จะกล่าวถึงการนำน้ำมาใช้ต้องมีเทคนิคในระบบการขุดเจาะนำน้ำขึ้นมาใช้ได้.

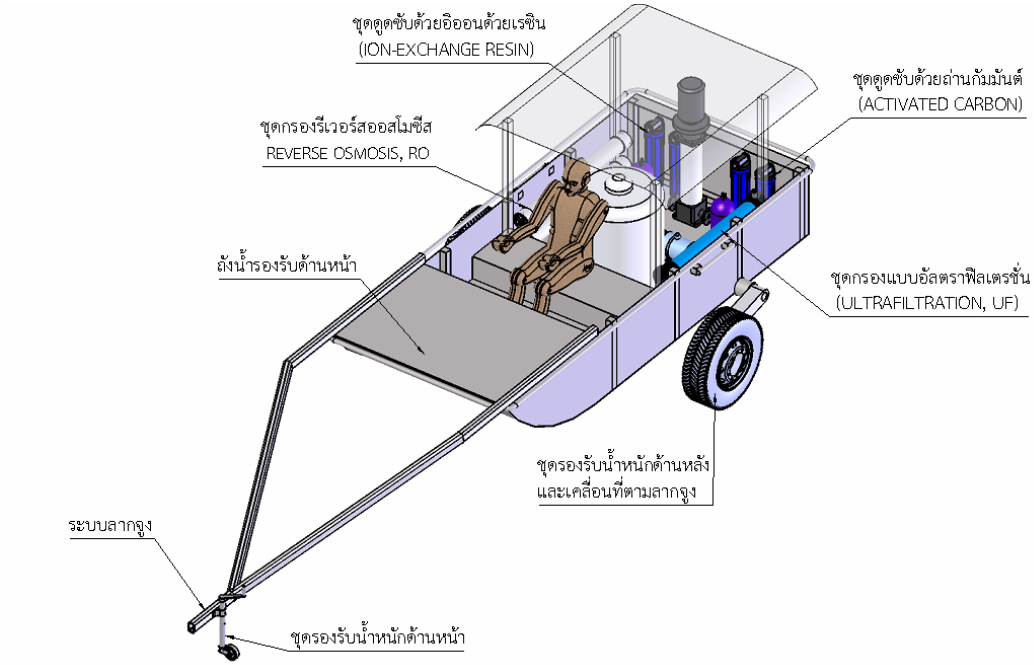
เมื่อได้หาแหล่งน้ำดิบจากวิธีใดวิธีหนึ่งแล้วนั้น ก็จะมาเข้ากระบวนการกรองน้ำอย่างเป็นระบบ ขจัดสิ่งที่ไม่จำเป็นต่อการผลิตน้ำดื่ม โดยเริ่มจากใช้ปั๊มน้ำดูดเข้าระบบการกรองขั้นต้น โดยผ่านระบบกรองกลิ่นด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon, AC) ดังแสดงในกรอบ (ช) ต่อมาผ่านระบบกรองเรซิน (Ion–exchange Resin, IX) ดังแสดงในกรอบ (ซ) เพื่อกรองหินปูน, ลดความกระด้าง และดูดซับสี ไปยังระบบการกรองด้วยอัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration ,UF) ดังแสดงในกรอบ (ฌ) โดยมีการควบคุมแรงดันน้ำด้วยระบบไฟฟ้า (Pressures Switch, PS) และควบคุมอัตราการไหลด้วยวาล์ว (Control Valve) สามารถแสดงอัตราการไหลของน้ำด้วยมิเตอร์ (Flow Meter) น้ำที่ผ่านการกรองด้วยอัลตราฟิลเตรชัน จะถูกเก็บในถังเก็บ น้ำในส่วนนี้สามารถนำไปอุปโภคได้ จากนั้นจะเข้าสู่ขบวนการกรองระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis, RO) ดังแสดงในกรอบ (ญ) โดยจะดูดน้ำจากปั๊มแรงดันสูง ผ่านระบบควบคุมแรงดันน้ำและควบคุมอัตราการไหลเข้าสู่เมมเบรนของรีเวอร์ส-ออสโมซิส จะได้น้ำที่ผ่านการกรองจะถูกเก็บในถังเก็บ ดังแสดงในกรอบ (ฎ) น้ำในส่วนนี้สามารถนำไปบริโภคเป็นน้ำดื่มได้ โดยมีแผนผังควบคุมชุดผลิตน้ำดื่ม ดังแสดงในรูปที่ 4.



รูปที่ 4. แผนผังควบคุมชุดผลิตน้ำดื่ม.

2.3 ในการออกแบบรถบรรทุกแบบลากจูงที่สามารถบรรทุกชุดผลิตน้ำดื่มที่สามารถเคลื่อนที่ทั้งบนบกและในน้ำ

ในการออกแบบรถบรรทุกแบบลากจูง เป็นส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ต้องได้ทั้งสมรรถนะในการรองรับน้ำหนักที่ใช้ในการบรรทุกชุดผลิตน้ำดื่ม และยังต้องการสมรรถนะที่ต้องเคลื่อนที่ไปบนถนนในทางเรียบและไม่เรียบ, เอียง, ขรุขระ ได้อย่างปลอดภัยและแข็งแรง และยังต้องการสมรรถนะที่สามารถลงไปบนผิวน้ำโดยรับภาระน้ำหนักในการบรรทุกชุดผลิตน้ำดื่มได้ ในกรณีที่ลากจูงลงไปบนผิวน้ำต้องทำอย่างง่ายและสะดวก ดังแสดงในรูปที่ 5.

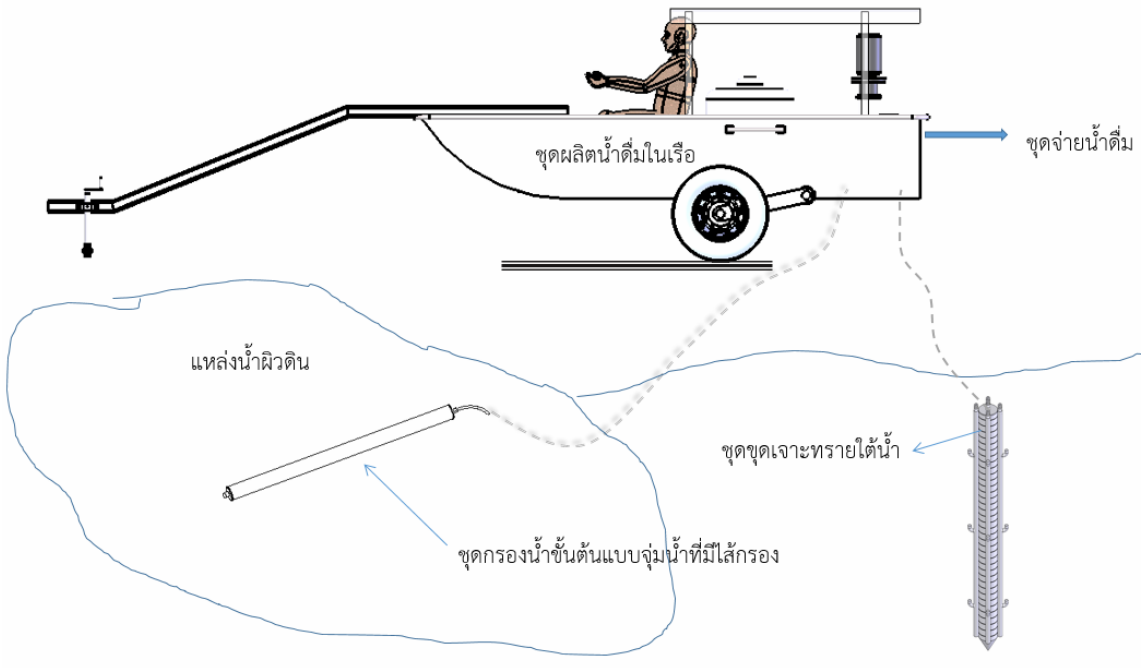


รูปที่ 5. รถบรรทุกลากจูงพร้อมชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ.

2.4 การออกแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ

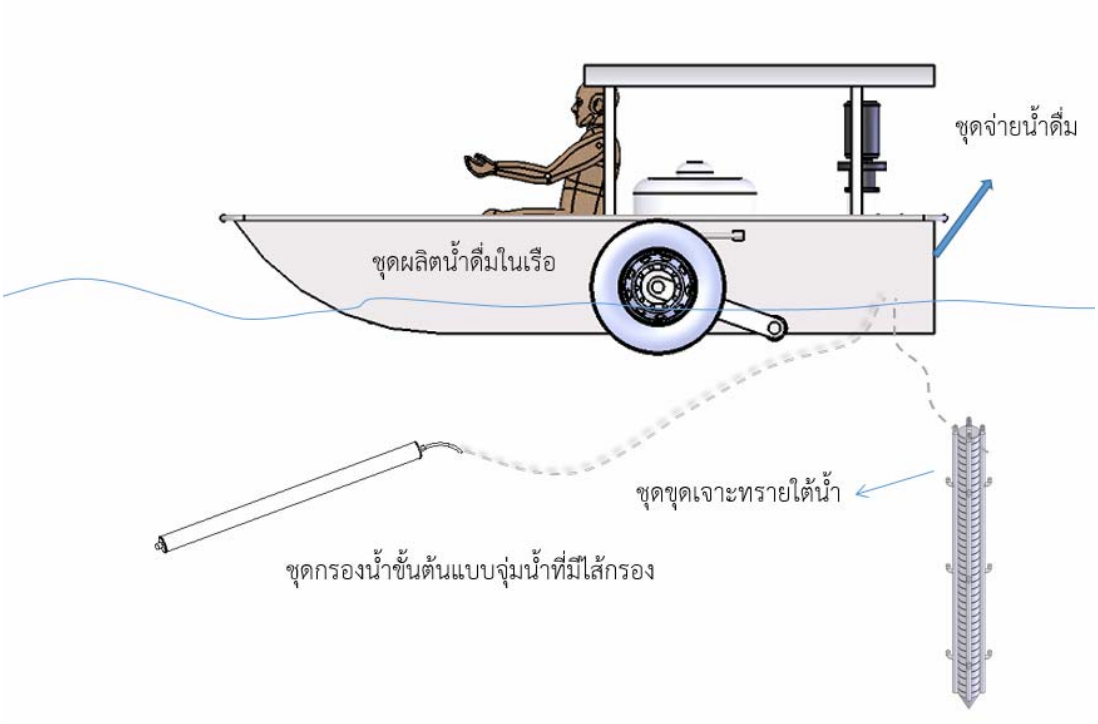
ในชุดผลิตน้ำดื่มแบบฉุกเฉินที่สามารถผลิตน้ำอุปโภคและบริโภคได้สามารถติดตั้งอยู่บนรถบรรทุกแบบลากจูง เพื่อความสะดวกในการขนส่ง โดยมีขนาดกำลังผลิตน้ำดื่ม 1,500 ลิตรต่อชั่วโมง น้ำที่ผลิตได้มีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำดื่มของกระทรวงสาธารณสุข โดยใช้น้ำดิบจากน้ำประปาหมู่บ้าน และแหล่งน้ำผิวดินทั่วไป น้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความขุ่นประมาณ 30-40 NTU โดยปกติในการออกแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำไว้ช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 เมื่อเกิดภัยแล้งสามารถนำเครื่องต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยแล้งได้ โดยนำรถบรรทุกลากไปยังแหล่งเกิดภัยแล้ง และหาแหล่งน้ำดิบจากน้ำผิวดิน โดยใช้ชุดกรองน้ำแบบจุ่มแช่ใส่ไปในแอ่งน้ำ และทำการกรองน้ำมาใช้ได้ ในกรณีแหล่งน้ำตื้นใต้ทรายต้องทำการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.



รูปที่ 6. ความช่วยเหลือในกรณีเกิดภัยแล้ง.

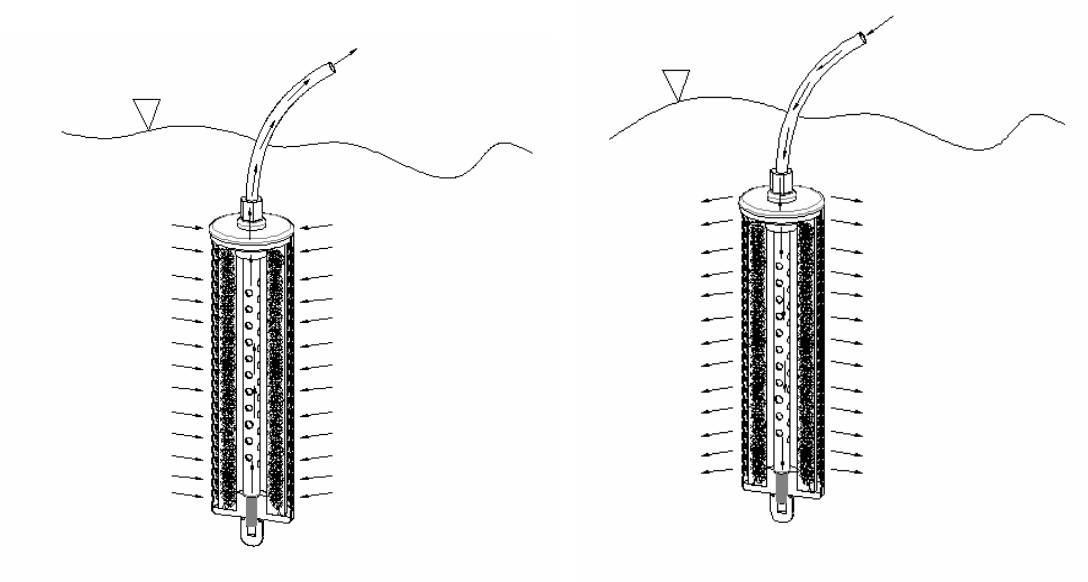
กรณีที่ 2 เมื่อเกิดน้ำท่วมสามารถนำเครื่องต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากน้ำท่วมได้ ในสภาวะที่สามารถนำรถบรรทุกลากจูงไปได้ จึงทำการแยกชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำออกจากรถบรรทุกลาก และสามารถไปถึงผู้ประสบภัยได้ ดังแสดงในรูปที่ 7.



รูปที่ 7. ความช่วยเหลือในกรณีเกิดภัยน้ำท่วม.

2.5 การออกแบบอุปกรณ์จับยึดใส้กรองแบบจุ่มแช่

เป็นอุปกรณ์จับยึดใส้กรองแบบจุ่มแช่จะเป็นชุดจับยึดที่มีชิ้นส่วนประกอบน้อยไม่ต้องมีตัวเสื้อเพื่อลดชิ้นส่วนอุปกรณ์และลดขั้นตอนการกรองโดยทำชุดดูดน้ำให้มีอุปกรณ์จับยึด นอกจากนี้หัวดูดน้ำพร้อมชุดกรองนี้ยังสามารถออกแบบให้ล้างสิ่งที่อุดตันบนไส้กรองได้ง่าย โดยไม่ต้องถอดไส้กรองออก สามารถล้างย้อนกลับได้แล้วยังสามารถใช้ฟอกอากาศเข้าด้านนอกขณะกรองเพื่อลดปัญหาการอุดตัน ดังแสดงในรูปที่ 8.



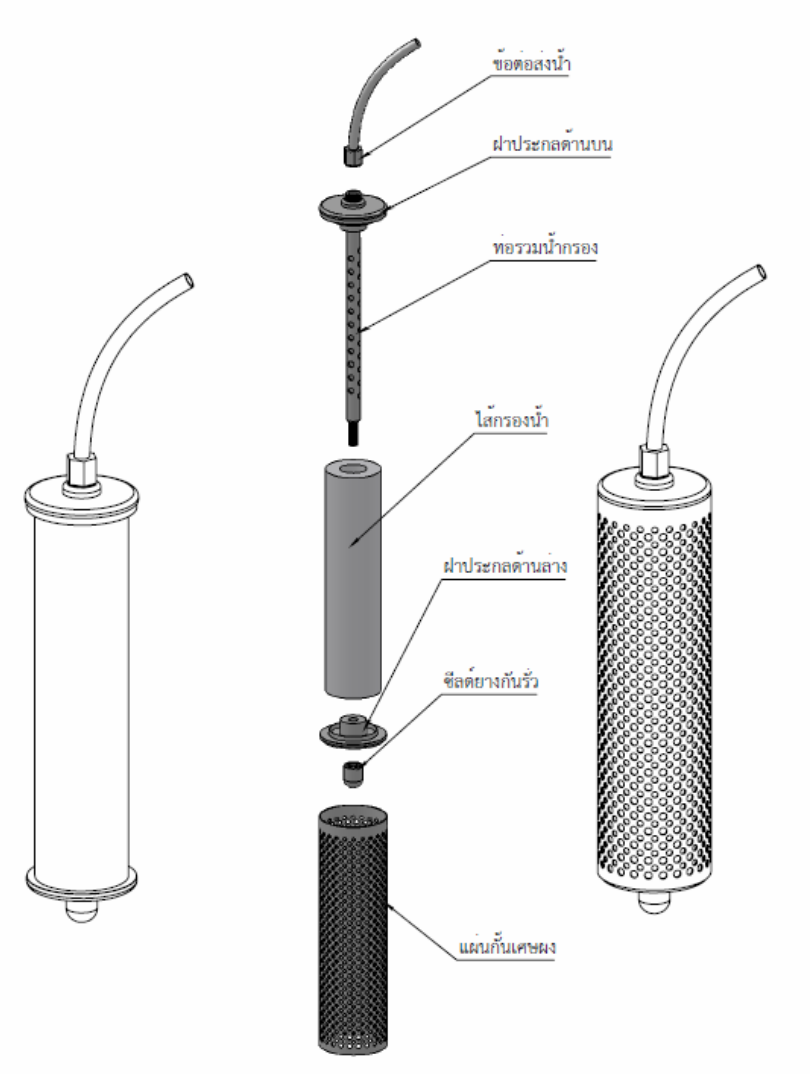
(ก) (ข)

รูปที่ 8. หลักการกรองน้ำและการล้างย้อนกลับของอุปกรณ์จับยึดไส้กรองแบบจุ่มแช่แบบไส้กรองเดียว.

(ก) ลักษณะการกรองน้ำแบบจุ่มแช่ลงไปในน้ำ

(ข) ลักษณะการล้างย้อนกลับของอุปกรณ์จับยึดไส้กรอง

เทคโนโลยีการกรองเริ่มต้นจากการสูบน้ำดิบ (น้ำประปา/น้ำบาดาล/น้ำบ่อ) จากปั๊มน้ำเข้าทางที่หัวดูดน้ำแล้วดันน้ำออกมาผ่านการกรองขั้นต้นอย่างน้อยที่สุดเป็นการกรองจำพวกเศษวัสดุขนาดใหญ่ เช่น เศษไม้, ใบไม้ แม้แต่วัชพืชในน้ำ จึงจำเป็นต้องมีการคัดกรองวัสดุเหล่านี้ออก มิฉะนั้นอาจทำให้เกิดความเสียหายกับปั๊มน้ำได้ น้ำดิบที่ผ่านตะแกรงกรองที่หัวสูบน้ำอาจมีตะกอนวัสดุขนาดเล็กๆ ปนมากับน้ำ ซึ่งถ้าต้องการน้ำให้สะอาดมากขึ้นปราศจากเศษวัสดุเหล่านี้ จึงจำเป็นต้องผ่านเครื่องกรองแบบต่างๆ ตั้งแต่เครื่องกรองตะกอนขนาดใหญ่ (ขนาด 5-100 ไมครอน) ดังแสดงในรูปที่ 9.



(ก) (ข) (ค)

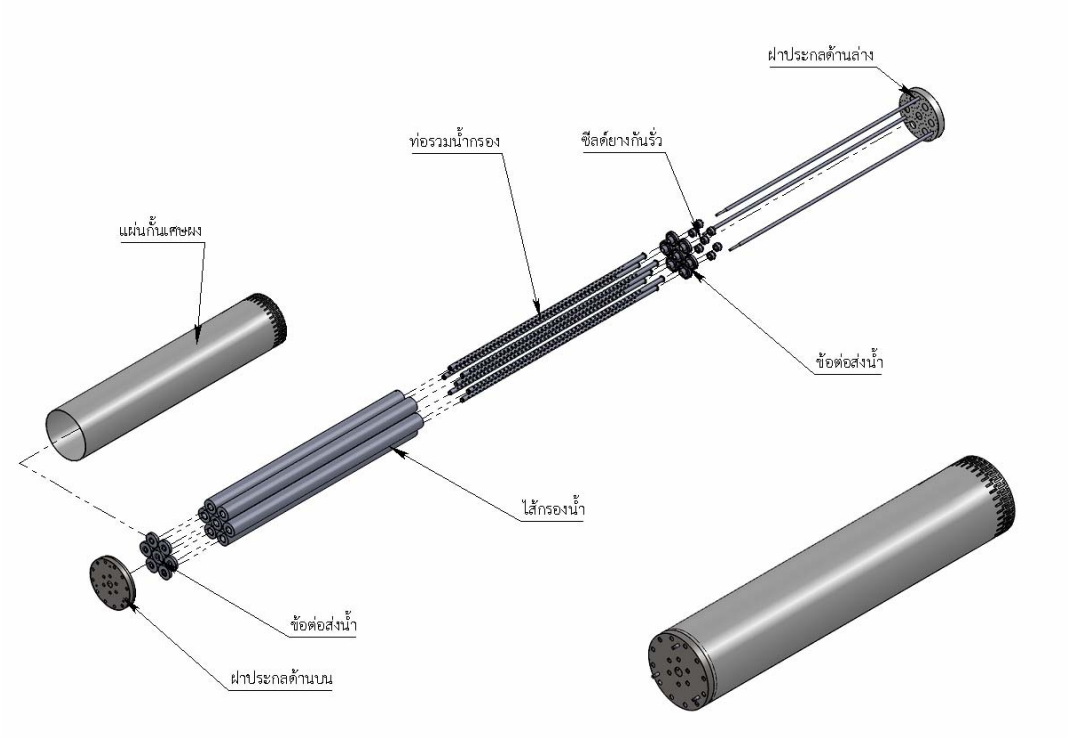
รูปที่ 9. ส่วนประกอบของอุปกรณ์จับยึดไส้กรองน้ำแบบจุ่มแช่แบบไส้กรองเดียว.

(ก) ชุดกรองน้ำแบบจุ่มแช่แบบไม่มีแผ่นกั้นเศษผง

(ข) ส่วนประกอบอุปกรณ์น้ำแบบจุ่มแช่

(ค) ชุดกรองน้ำแบบจุ่มแช่แบบมีตะแกรงกั้นเศษผง

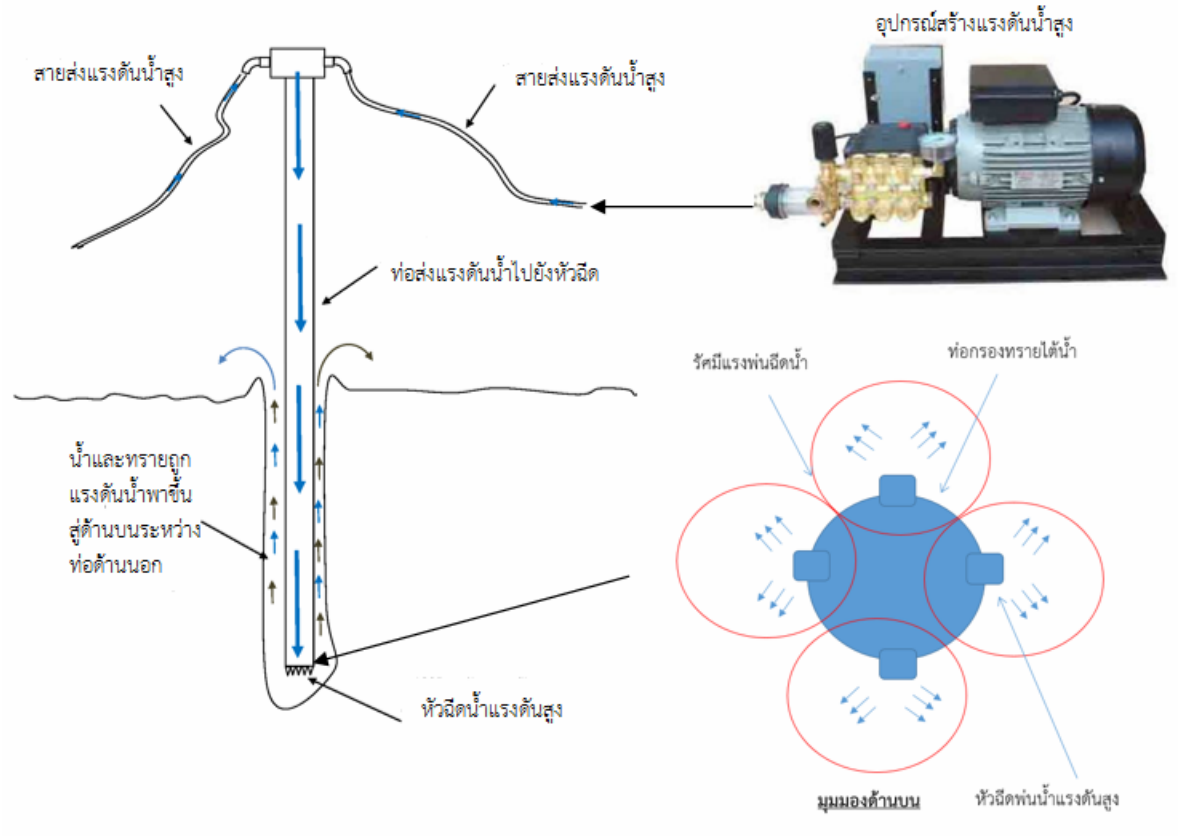
นอกจากนี้ ยังสามารถออกแบบให้ใช้ร่วมกับไส้กรองหลายขนาดและหลายท่อนได้ หรือใช้กับไส้กรองที่ทำจากวัสดุเส้นใยหรือถ่านกัมมันต์อัดแท่งได้ทุกขนาด โดยมีอุปกรณ์หัวต่อท่อด้านบนยึดกับท่อโดยตรงด้วยข้อต่อแบบล็อกท่อ เพื่อสามารถรวมน้ำกรองเข้าด้วยกัน และสามารถใช้ร่วมกับระบบฟอกอากาศในน้ำไหลผ่านผิวหน้าไส้กรอง ดังแสดงในรูปที่ 10.



รูปที่ 10. ส่วนประกอบของอุปกรณ์จับยึดไส้กรองน้ำแบบจุ่มแช่แบบหลายไส้กรอง.

2.6 การออกแบบชุดกระบวนการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ

อุปสรรคปัญหาจากคุณลักษณะของน้ำดิบในการทำงานของชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินจากแหล่งน้ำผิวดิน ที่จะนำมาทำการผลิตเป็นน้ำสะอาด มีความขุ่นมาก มีปริมาณสาหร่ายมาก ตะกอนขนาดใหญ่ ทำให้เกิดการตันค่อนข้างรวดเร็ว ดังนั้น แหล่งน้ำดิบจากการกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำจึงเป็นอีกแหล่งหนึ่งที่สามารถเอาน้ำดิบขึ้นมาใช้และเป็นประโยชน์อย่างมาก เพราะได้ผ่านกระบวนการกรองจากทรายธรรมชาติใต้น้ำมาบ้างแล้ว ในกระบวนการนี้จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการขุดเจาะ โดยใช้ระบบแรงดันน้ำมากและมีอัตราการไหลสูงเพื่อใช้แรงดันของน้ำไปใช้ในการขุดทรายให้แยกออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 11.



(ก) (ข)

รูปที่ 11. การทำงานขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ.

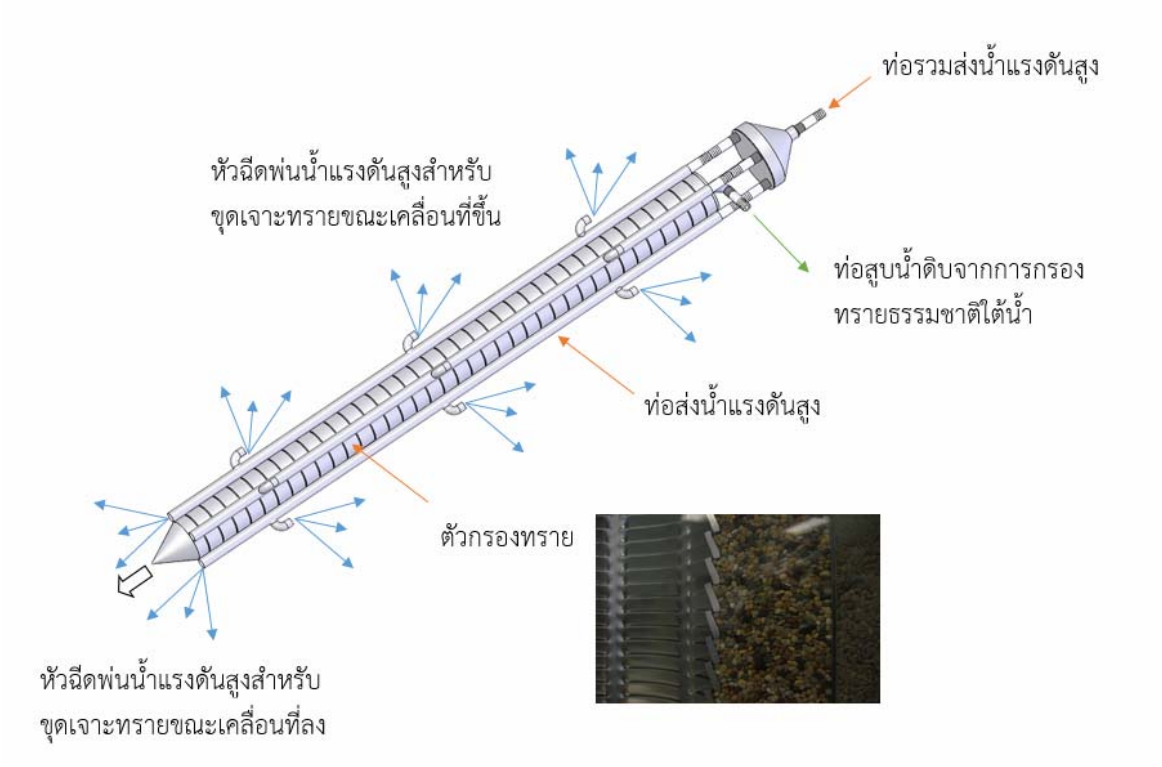
(ก) ชุดขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำด้วยแรงดัน

(ข) การทำงานด้วยแรงดันสูงของหัวฉีด

หลักการทำงานจากอุปกรณ์สร้างแรงดันน้ำสูงผ่านไปยังสายส่งแรงดันสูง และผ่านท่อส่งแรงดันน้ำไปยังหัวฉีดน้ำแรงดันสูง จะทำให้แรงดันน้ำทำการขุดทรายออกมาเป็นรัศมีด้านนอกออกมา ทำให้น้ำและทรายถูกแรงดันน้ำพาขึ้นมาด้านบนอยู่ระหว่างท่อด้านนอกกับทรายทำให้ระยะของท่อส่งแรงดันน้ำลงไปในทรายได้ จนถึงแหล่งน้ำใต้ทรายจึงทำการดูดน้ำกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำมาใช้ในระบบได้.

ดังนั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ โดยทำการแยกท่อส่งแรงดันสูงออกเป็น 4 ท่อ ติดตั้งไว้ด้านข้าง ส่วนท่อตรงกลางจะใส่ตัวกรองทรายที่มีขนาดช่องที่ 250 ไมครอน ไม่ให้ทรายที่มีความละเอียดสูงสุดผ่านไปได้ และทำการติดหัวฉีดพ่นแรงดันสูงสำหรับขุดเจาะทรายไว้ตรงด้านล่างเพื่อทำหน้าที่กระจายทรายออกทางด้านข้างเพื่อที่สามารถเคลื่อนตัวลงมาฝังในชั้นทราย

ได้อย่างง่าย และเมื่อทำการดูดน้ำจากทรายธรรมชาติใต้น้ำเป็นที่เพียงพอแล้ว จะทำการขุดเจาะเอาทรายธรรมชาติใต้น้ำขึ้นสู่ผิวน้ำและทำการปล่อยน้ำแรงดันสูงตรงหัวฉีดพ่นสำหรับขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ เพื่อให้ทรายรอบๆ ได้เคลื่อนไหวรอบตัวทำให้เกิดแรงผลักดัน และสามารถดึงชุดขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำขึ้นได้อย่างง่าย ดังแสดงในรูปที่ 12.



รูปที่ 12. หลักการทำงานชุดขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ.

2.7 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ

2.7.1 ชุดกรองแบบจานพลาสติก

ใช้ในการกรองน้ำขั้นต้นที่มีอนุภาคขนาดใหญ่หรือมีของแข็งจำนวนมากที่มากับน้ำ เนื่องจากคุณลักษณะด้านความลึกของร่องจานและจำนวนจานหลายชั้นที่สามารถใช้ประโยชน์ ในการกรองและผลักดันอนุภาคต่างๆ ออกไปจากหน่วยจานกรองลงไปด้านล่างของเครื่องกรองเพื่อถูกดูดออกจากระบบต่อไป คุณลักษณะเหล่านี้ทั้งหมดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกรองและเพิ่มระยะเวลาระหว่างการดูดอนุภาคออก มีตัวโครงสร้างทำมาจากวัสดุไนลอน เสริมความแข็งแรงด้วยไฟเบอร์กลาส และติดตั้งแผ่นรองที่ซ้อนกันด้วยจานที่ทำมาจากวัสดุพอลิโพรไพลีน ใช้ตัวยึดจับที่ทำมาจากเหล็กสเตนเลสที่ใช้งานง่ายเพื่อให้สะดวกสำหรับการซ่อมบำรุง และเนื่องจากสามารถทำการดูดอนุภาคออก

โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือใดช่วยได้ เครื่องกรองรุ่นนี้จึงบำรุงรักษาและใช้งานได้นานหลายปี ดังแสดงในรูปที่ 13.

รูปที่ 13. ชุดกรองแบบจานพลาสติก.

2.7.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับดูดซับกลิ่นด้วยถ่านกัมมันต์

มีตัวโครงสร้างทำมาจากวัสดุไนลอน ที่สามารถทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 50 psi_g สามารถบรรจุถ่านกัมมันต์ขนาดเป็นแท่งและยาว 20 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 14.

รูปที่ 14. ตัวถังกรองกลิ่นด้วยถ่านกัมมันต์.

2.7.3 อุปกรณ์ที่ใช้แลกเปลี่ยนไอออนด้วยเรซิน

มีตัวโครงสร้างทำมาจากวัสดุไนลอน, ตัวถังกรองเรซิน, กรองหินปูน, ลดความกระด้าง และดูดซับสีที่สามารถทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 50 psi_g สามารถบรรจุเรซินมีขนาดเป็นแท่งและยาว 20 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 15.

รูปที่ 15. อุปกรณ์ที่ใช้แลกเปลี่ยนไอออนด้วยเรซิน.

2.7.4 เมมเบรนกรองอัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration-UF)

ขนาดของพื้นที่เมมเบรนไม่น้อยกว่า 18 ตารางเมตร ที่มีขนาดรูพรุนของเมมเบรนน้อยกว่า 0.03 ไมครอน สามารถกรองน้ำที่มีความขุ่น 40 NTU ได้ โดยน้ำกรองที่ได้มีความขุ่นไม่เกิน 1 NTU และมีกำลังผลิตน้ำกรองได้ไม่น้อยกว่า 2,000 ลิตรต่อชั่วโมง (น้ำดิบมีความขุ่น 40 NTU) ดังแสดงในรูปที่ 17.

รูปที่ 16. เมมเบรนกรองอัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration-UF).

2.7.5 ปั๊มน้ำในกระบวนการกรอง (Process Pump) คาร์ปิดา รุ่น MXH 203 และ ปั๊มล้างย้อนกลับ (Backwash Pump) คาร์ปิดา รุ่น MXH 202 ดังแสดงในรูปที่ 17.

รูปที่ 17. ปั๊มน้ำในกระบวนการกรอง.

2.7.6 เมมเบรนกรองระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis)

ขนาดของพื้นที่เมมเบรนไม่น้อยกว่า 45 ตารางเมตร ขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า 150 ดัลตัล เมมเบรนชนิดแผ่นม้วนชนิด Thin Film Composite Membrane มีกำลังผลิตน้ำกรอง 1,500 ลิตรต่อชั่วโมง (น้ำป้อนเข้าระบบมีปริมาณเกลือละลาย 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) ดังแสดงในรูปที่ 18.

รูปที่ 18. ชุดกรองระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis).

2.7.7 ปั๊มแรงดันสูงแบบหลายใบพัด (Vertical Multistage Centrifugal Pump) สูบน้ำ 2 ลูกบาศ์กเมตรต่อชั่วโมง ที่ความสูงไม่น้อยกว่า 130 เมตร ทำด้วยสเตนเลส AISI 304 รุ่น CRN 2-220 ขนาด 3 แรงม้า หรือ 2.2 กิโลวัตต์ สำหรับดูดน้ำดิบป้อนเข้าระบบ ดังแสดงในรูปที่ 19.

รูปที่ 19. ปั๊มน้ำแบบ Vertical Multistage Centrifugal Pump รุ่น CRN 2-220.

2.7.8 ชุดควบคุมการทำงานของปั๊มแรงดันสูงด้วย Inverter สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ปั๊มแรงดันสูงได้ ดังแสดงในรูปที่ 20.

รูปที่ 20. ชุดควบคุมการทำงานของปั๊มแรงดันสูงด้วย Inverter.

2.7.9 ถังบรรจุน้ำกรอง

ทำจากวัสดุพลาสติก พอลิโพรไพลีน ขนาดบรรจุไม่น้อยกว่า 200 ลิตร สามารถรองรับน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 21.

รูปที่ 21. ถังบรรจุน้ำกรอง.

2.7.10 ตัวกรองทราย

ทำจากวัสดุสเตนเลสที่สามารถมีช่องว่างขนาด 250 ไมครอน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 98 มิลลิเมตร ยาว 1.2 เมตร ใช้ในการกรองทรายใต้น้ำ และมีความแข็งแรงสูงที่สามารถทนแรงดันได้สูง ดังแสดงในรูปที่ 22.

รูปที่ 22. รูปร่างลักษณะของตัวกรองทราย.

2.7.11 ชุดวัดความขุ่น

การวัดความขุ่น เป็นการวัดปริมาณสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ ซึ่งสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ จะขัดขวางการส่องสว่างของแสงที่จะส่องลงไปยังแหล่งน้ำ และมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำปกติการวัดความขุ่นมีหลายวิธี แต่ทั้งนี้จะขออธิบายการวัดความขุ่นโดยใช้เครื่องวัดความขุ่น (TURBIDIMETER) ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100 Q โดยมีหน่วยในการวัดเป็นเอ็นทียู (NTU) ดังแสดงในรูปที่ 23.

รูปที่ 23. ชุดวัดความขุ่น.

2.8 การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการทำงานของขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ

ในคณะทำงานวิจัยได้ทำการทดสอบการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำหลายครั้งและหลายวิธีการออกแบบ จึงสามารถออกแบบวิธีการในการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำแบบใช้ระบบแรงดันน้ำสูงและมีอัตราการไหลสูงเพื่อใช้แรงดันของน้ำไปใช้ในการขุดทรายให้แยกออกจากกัน โดยมีการทดสอบตัวแปรของหัวฉีดลักษณะต่างๆ มุมองศาของหัวฉีด แรงดันและอัตราการไหลของน้ำ ลักษณะรูปทรงอื่นๆ โดยทำการทดสอบหาอุปกรณ์ในชุดขุดเจาะลงไปในทรายด้วยวิธีการที่ดีที่สุด และง่ายต่อการนำไปใช้ เพื่อทำการสูบน้ำดิบขึ้นมาใช้ โดยมีการเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

2.8.1 เตรียมทำการสร้างแบบจำลองถังบรรจุทรายที่ใช้ในการทดสอบ โดยใช้ถังเหล็กขนาด 250 ลิตร ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เมตร สูง 1.5 เมตร ต่อกัน 3 ท่อน มีความสูงที่ 4.5 เมตร เพื่อเป็นอุปกรณ์บรรจุทรายที่ใช้ในการทดสอบ พร้อมเจาะช่องเพื่อการมองเห็นการเคลื่อนตัวของทรายที่อยู่ในถัง ดังแสดงในรูปที่ 24.

รูปที่ 24. แบบจำลองถังบรรจุทราย.

2.8.2 เตรียมทำการคัดขนาดของทราย 3 ขนาด ด้วยเครื่องร่อนทราย ดังแสดงในรูปที่ 25 ดังนี้

- ขนาดเม็ดทรายหยาบมาก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ขึ้นไป
- ขนาดเม็ดทรายขนาดปานกลาง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 2.0 มิลลิเมตร
- ขนาดเม็ดทรายละเอียด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 - 1 มิลลิเมตร

รูปที่ 25. การคัดขนาดของทราย.

2.8.3 เตรียมอุปกรณ์ขุดเจาะทรายใต้น้ำมาประกอบพร้อมอุปกรณ์ต่อพ่วง ดังแสดงในรูปที่ 26

รูปที่ 26. เตรียมอุปกรณ์ขุดเจาะทรายใต้น้ำ.

2.8.4 เตรียมหัวฉีดพ่นแรงดันน้ำสูง ด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูฉีดพ่น 8, 12, 16, 20 และ 24 มิลลิเมตร ตามลำดับ เพื่อมาทดสอบหาแรงดันน้ำและอัตราการไหลที่ดีที่สุดในการขุดเจาะทรายใต้น้ำ ดังแสดงในรูปที่ 27.

รูปที่ 27. หัวฉีดพ่นแรงดันน้ำสูง.

2.8.5 เตรียมอุปกรณ์ ปั๊มขับแรงดันน้ำ โดยการทดสอบใช้ต้นกำลังขับด้วยแบบไฟฟ้า และต้นกำลังขับด้วยเครื่องยนต์สูบเดียว เพื่อทดสอบกำลังขับในกรณีที่ไฟฟ้าไม่มี ดังแสดงในรูปที่ 28.

รูปที่ 28. อุปกรณ์ปั๊มขับแรงดันน้ำด้วยต้นกำลังขับด้วยเครื่องยนต์สูบเดียวและแบบไฟฟ้า.

2.9 วิธีการทดลองการทำงานขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ

เมื่อเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการทำงานของขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ จะทำการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 29 และ 30 ดังต่อไปนี้

2.9.1 ทดลองกับปั๊มขับแรงดันน้ำใช้ทดสอบกับต้นกำลังขับด้วยระบบไฟฟ้า.

2.9.2 ทดลองกับขนาดของเม็ดทรายหยาบที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตรขึ้นไป โดยใส่ไปในถังบรรจุทรายใช้ในการทดสอบ ที่มีระดับความสูงในถัง 3.5 เมตร และใส่น้ำดิบจากบ่อทดสอบที่มีความขุ่น 25-30 NTU.

2.9.3 ทดลองด้วยขนาดรูฉีดพ่นแรงดันน้ำสูง ด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูฉีดพ่น 8 มิลลิเมตร.

2.9.4 ทำการขุดเจาะทรายด้วยอุปกรณ์ขุดเจาะทรายใต้น้ำ โดยการเปิดการทำงานปั๊มขับแรงดันน้ำทราย พร้อมบันทึกผลการทดลอง กรณีขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำได้เป็นระยะทาง 3.5 เมตร หรือระยะถึงก้นถังบรรจุทรายใช้ในการทดลอง ด้วยค่าแรงดันน้ำ, อัตราการไหล, เวลาที่ใช้ และพลังงานที่ใช้ไปและกระทำซ้ำ 3 ครั้ง.

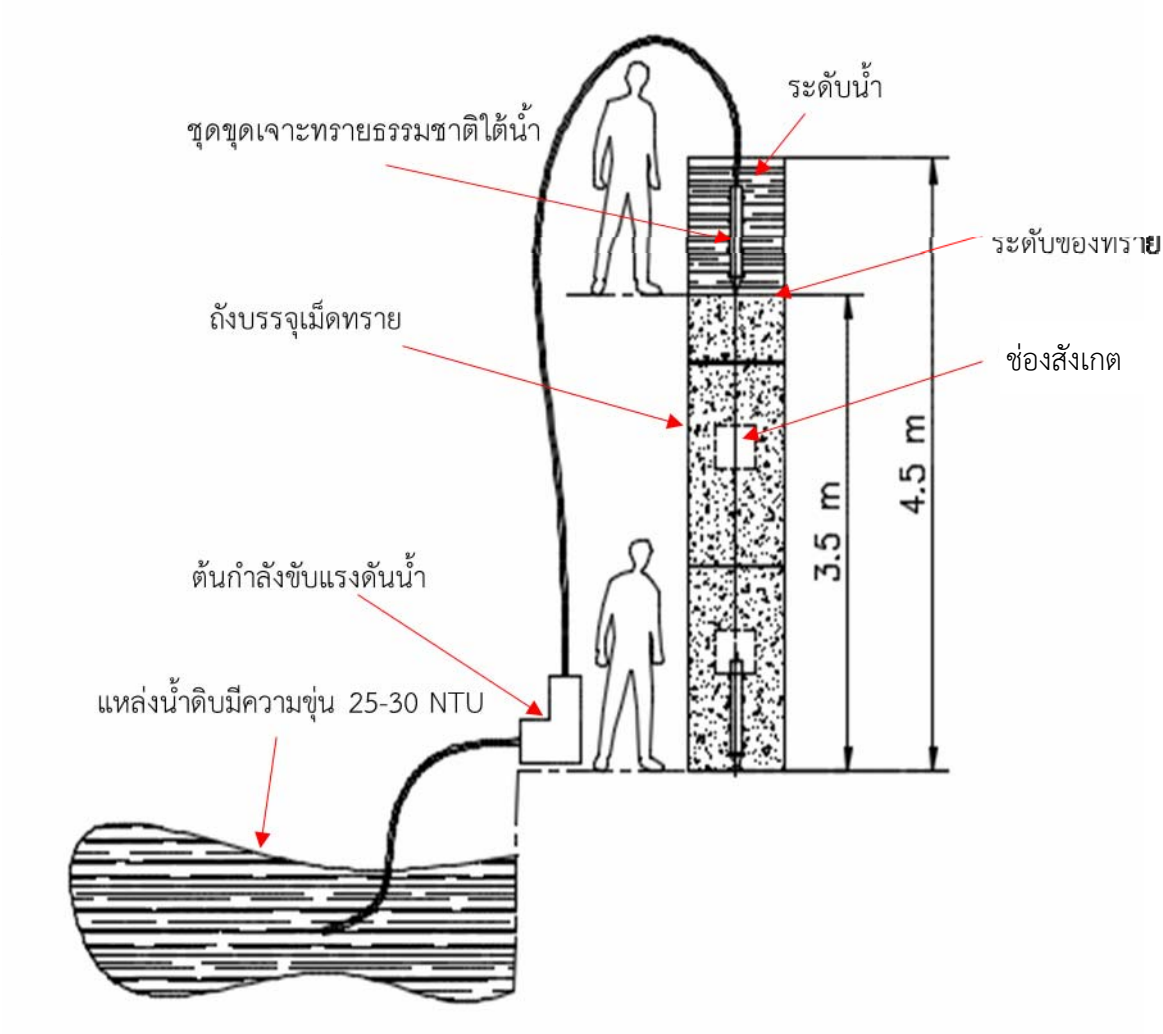
2.9.5 ทำการหยุดปั๊มขับแรงดันน้ำ และทำการสูบน้ำที่ผ่านการกรองด้วยทรายใต้น้ำ และวัดค่าความขุ่นของน้ำ บันทึกผล.

2.9.6 เปิดการทำงานของปั๊มขับแรงดันน้ำ เพื่อทดลองการนำเอาอุปกรณ์ขุดเจาะทรายใต้น้ำขึ้นสู่ผิวน้ำ พร้อมบันทึกผลการทดลอง กรณีที่สามารถนำอุปกรณ์ขึ้นมาได้ ด้วยค่าแรงดันน้ำ, อัตราการไหล, เวลาที่ใช้ และพลังงานที่ใช้ไป.

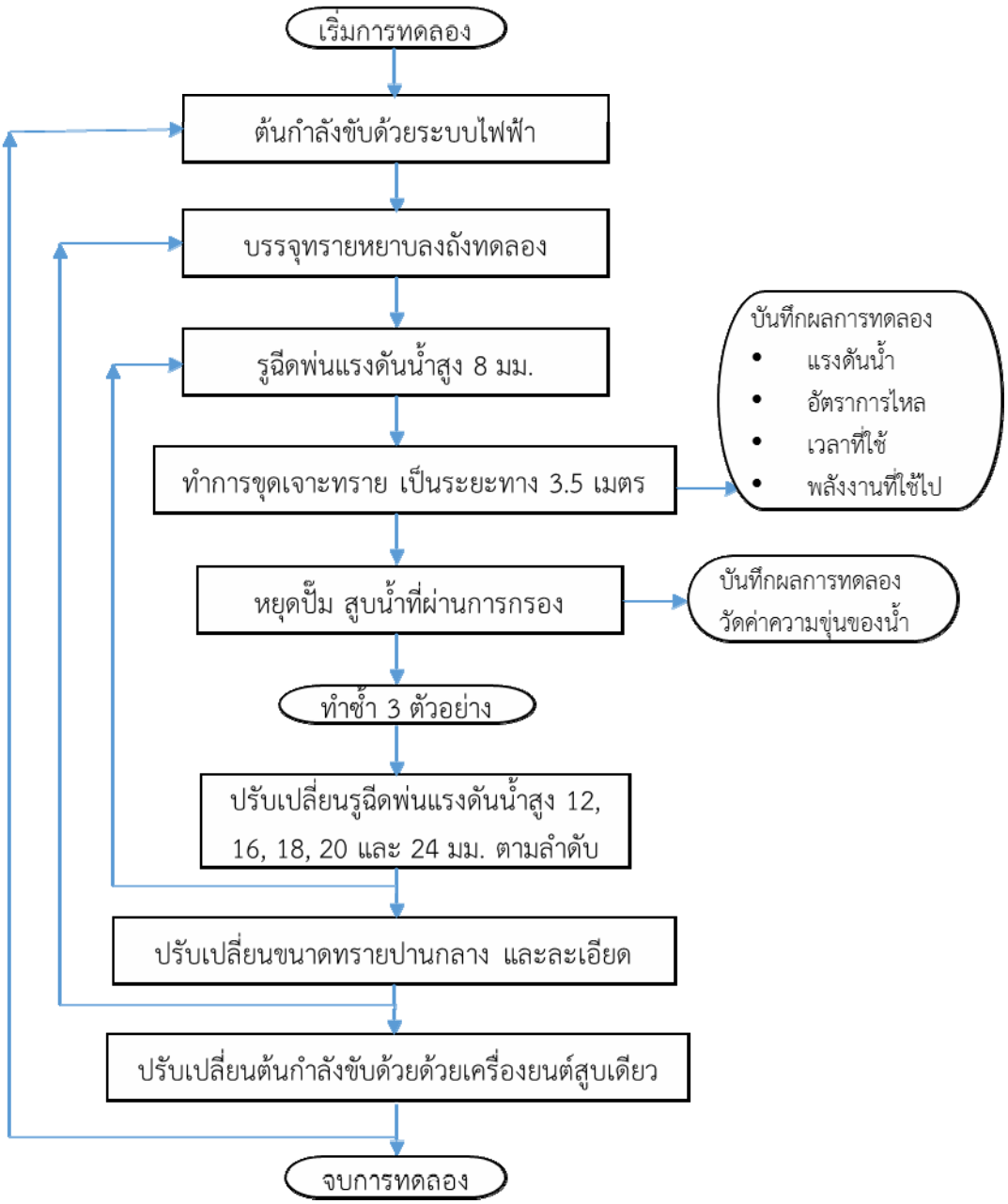
2.9.7 ทำการปรับเปลี่ยนขนาด ฉีดพ่นแรงดันน้ำสูง ด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูฉีดพ่น 12, 16, 20 และ 24 มิลลิเมตร และทดลองซ้ำ ตามหัวข้อ 2.9.3 ถึง หัวข้อ 2.9.6 ตามลำดับ.

2.9.8 ทำการปรับเปลี่ยนขนาดของเม็ดทรายขนาดปานกลาง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 2.0 มิลลิเมตร และขนาดของเม็ดทรายทรายละเอียด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 - 1 มิลลิเมตร และทดลองซ้ำ ตามหัวข้อ 2.9.2 ถึง หัวข้อ 2.9.6 ตามลำดับ.

2.9.9 ทำการปรับเปลี่ยนปั๊มขับแรงดันน้ำใช้ทดลองกับต้นกำลังขับด้วยเครื่องยนต์สูบเดียว.



รูปที่ 29. ลักษณะการทดลองการทำงานของขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ.

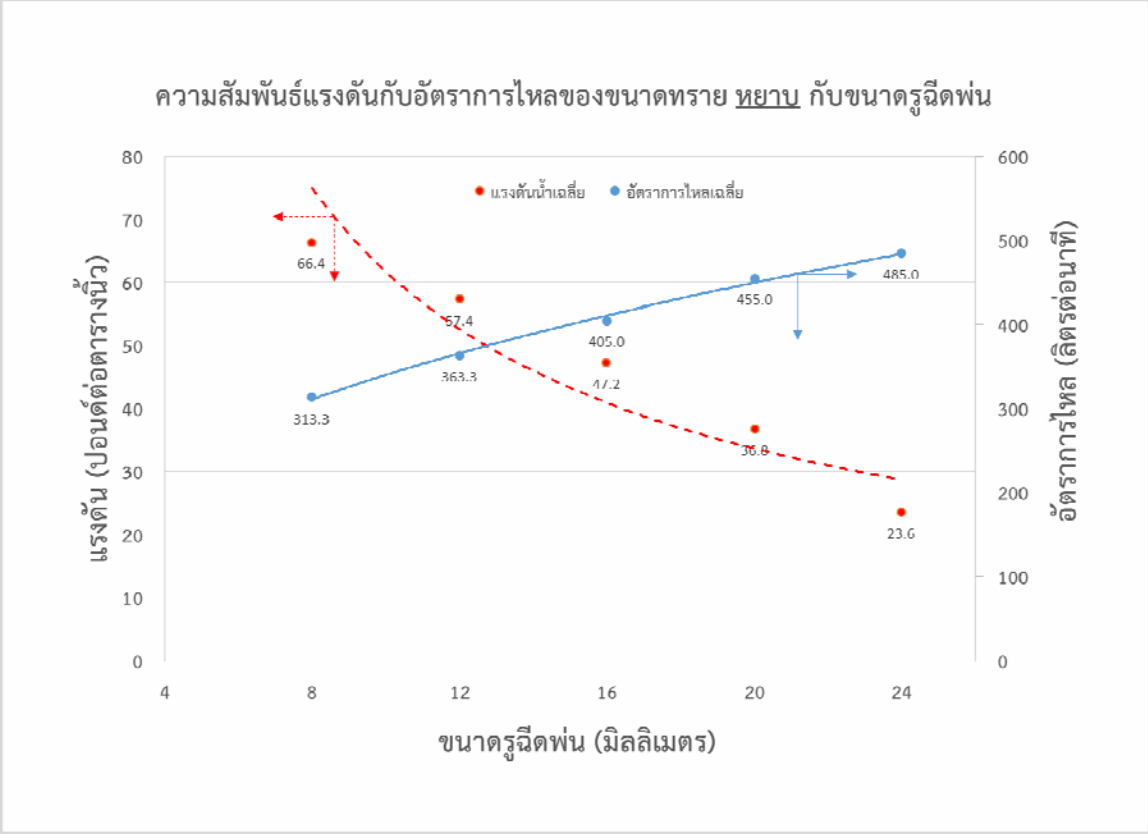


รูปที่ 30. แผนผังการทดลองการทำงานของขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ.

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

ในบทนี้เป็นการนำเสนอผลของการทดลองและเก็บข้อมูลในการทดลองการทำงานขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ ในแต่ละหัวข้อ ดังนี้

3.1 ผลการทดลองหาแรงดันและอัตราการไหลในการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำกับขนาดของเม็ดทรายขนาดหยาบ ดังแสดงในรูปที่ 31.

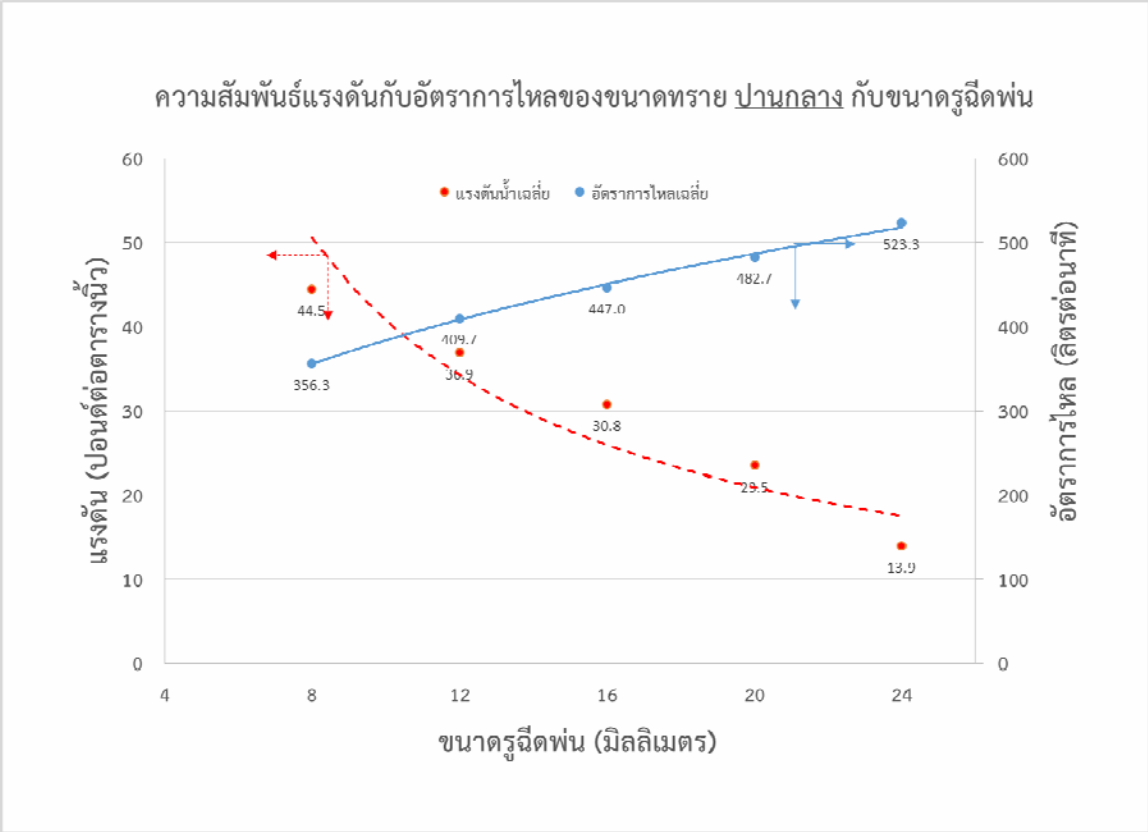


รูปที่ 31. ความสัมพันธ์แรงดันกับอัตราการไหลของขนาดเม็ดทรายหยาบกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่น.

ในการทดลองการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำที่ความลึก 3.5 เมตร กับขนาดเม็ดทรายหยาบ จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร ต้องใช้แรงดันของน้ำ 66.4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว กับอัตราการไหลของน้ำ 313.3 ลิตรต่อนาที เมื่อทำการปรับเปลี่ยนขนาดรูฉีดพ่นเป็น 12, 16, 20 และ 24 มิลลิเมตร ต้องใช้แรงดันของน้ำ 57.4, 47.2, 38.8, และ 23.6 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และใช้อัตราการไหลของน้ำ 363.3, 405.0, 455.0 และ 485.0 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นขนาดเล็กจะใช้แรงดันสูง และจะลดลงเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นให้โตขึ้น ซึ่งจะแตกต่างกับอัตราการไหลต่ำกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นขนาดเล็กและจะเพิ่มอัตราการไหลมากขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูฉีดพ่นให้โตขึ้น.

3.2 ผลการทดลองหาแรงดันและอัตราการไหลในการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำกับขนาดของเม็ดทรายขนาดปานกลาง ดังแสดงในรูปที่ 32.

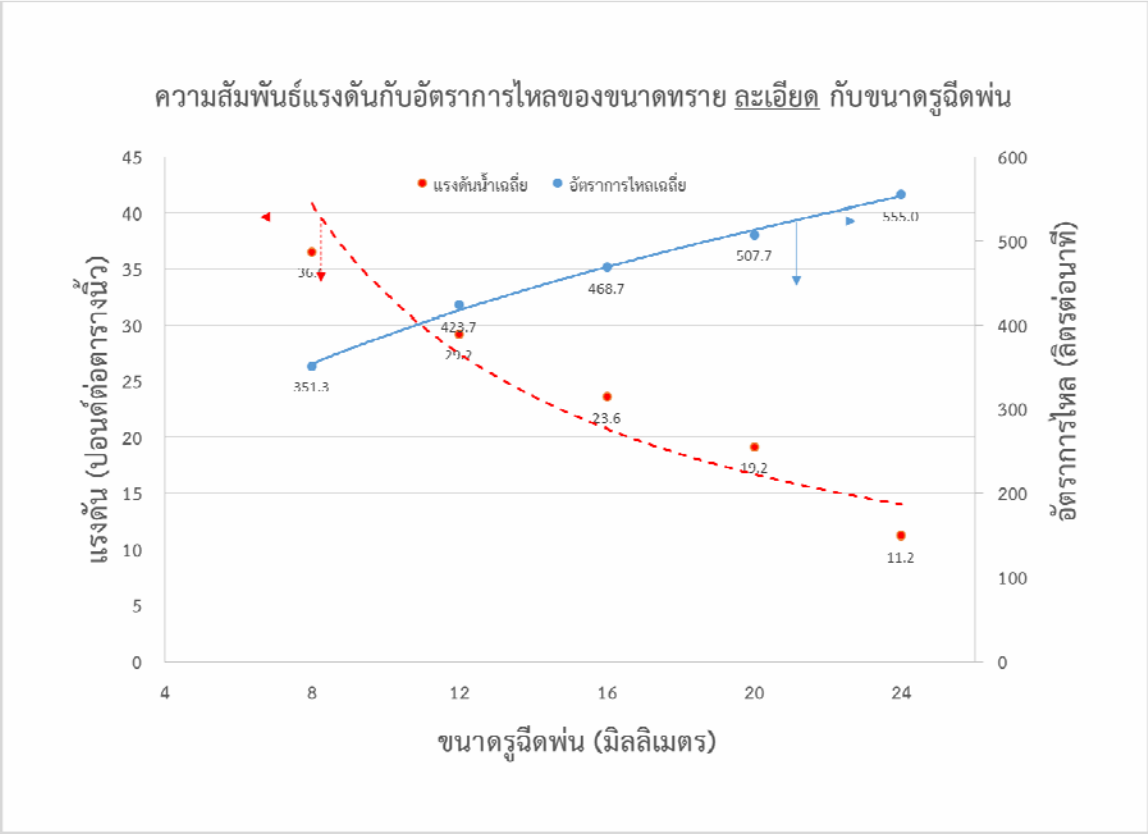


รูปที่ 32. ความสัมพันธ์แรงดันกับอัตราการไหลของขนาดเม็ดทรายปานกลาง กับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่น.

ในการทดลองการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำที่ความลึก 3.5 เมตร กับขนาดเม็ดทรายปานกลาง จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร ต้องใช้แรงดันของน้ำ 44.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้วกับอัตราการไหลของน้ำ 356.3 ลิตรต่อนาที เมื่อทำการปรับเปลี่ยนขนาดรูฉีดพ่นเป็น 12, 16, 20 และ 24 มิลลิเมตร ต้องใช้แรงดันของน้ำ 36.9, 30.8, 29.5 และ 13.9 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และใช้อัตราการไหลของน้ำ 409.7, 447.0, 482.7 และ 523.3 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูฉีดพ่นขนาดเล็กจะใช้แรงดันสูง และจะลดลงเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูฉีดพ่นให้โตขึ้น ซึ่งจะแตกต่างกับอัตราการไหลต่ำกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นขนาดเล็กและจะเพิ่มอัตราการไหลมากขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นให้โตขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกับการทดลองการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำกับขนาดเม็ดทรายหยาบ.

3.3 ผลการทดลองหาแรงดันและอัตราการไหลในการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำกับขนาดของเม็ดทรายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 33.

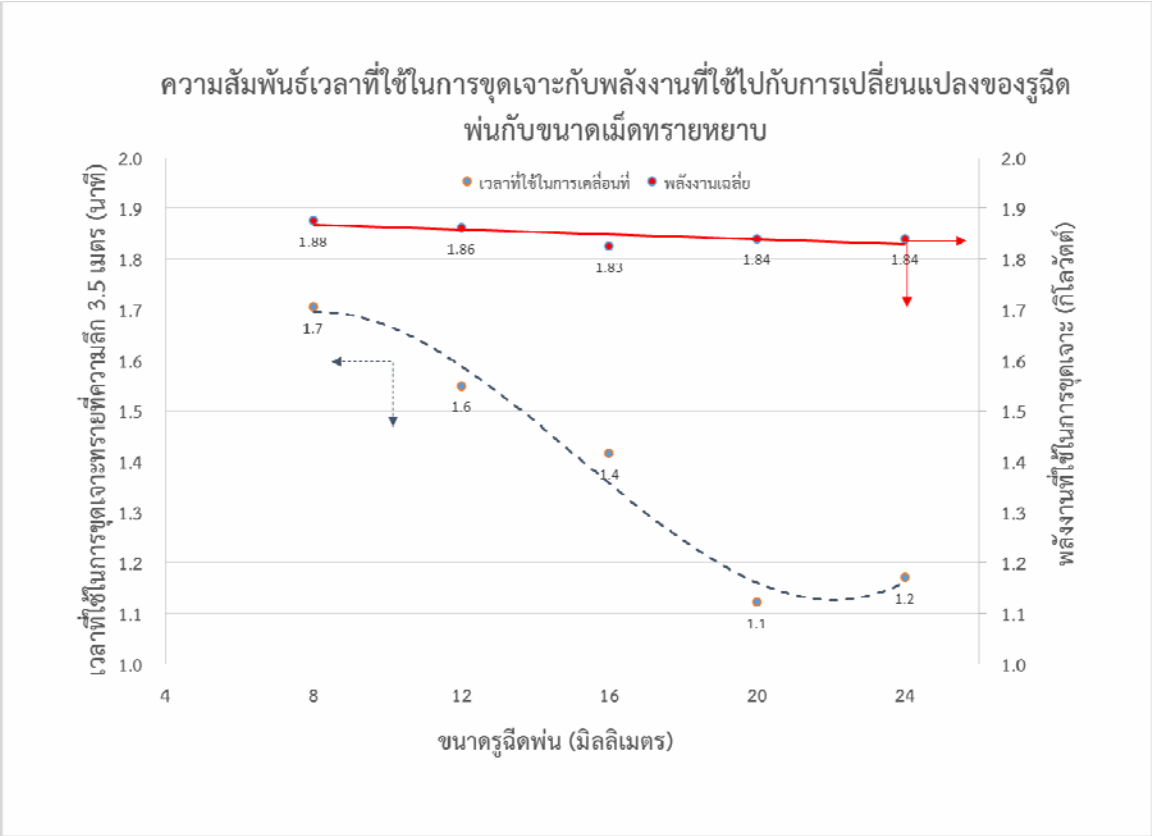


รูปที่ 33. ความสัมพันธ์แรงดันกับอัตราการไหลของขนาดเม็ดทรายละเอียดกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่น.

ในการทดลองการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำที่ความลึก 3.5 เมตร กับขนาดเม็ดทรายละเอียด จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร ต้องใช้แรงดันของน้ำ 36.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว กับอัตราการไหลของน้ำ 351.3 ลิตรต่อนาที เมื่อทำการปรับเปลี่ยนขนาดรูฉีดพ่นเป็น 12, 16, 20 และ 24 มิลลิเมตร ต้องใช้แรงดันของน้ำ 29.2, 23.6, 19.2, และ 11.2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

และใช้อัตราการไหลของน้ำ 423.7, 468.7, 507.7 และ 555.0 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นขนาดเล็กจะใช้แรงดันสูง และจะลดลงเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นให้โตขึ้น ซึ่งจะแตกต่างกับอัตราการไหลต่ำกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นขนาดเล็กและจะเพิ่มอัตราการไหลมากขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นให้โตขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกับการทดลองการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำกับขนาดเม็ดทรายหยาบ และเม็ดทรายขนาดปานกลาง.

3.4 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำกับพลังงานที่ใช้กับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่นและขนาดของเม็ดทรายหยาบ ดังแสดงในรูปที่ 34.

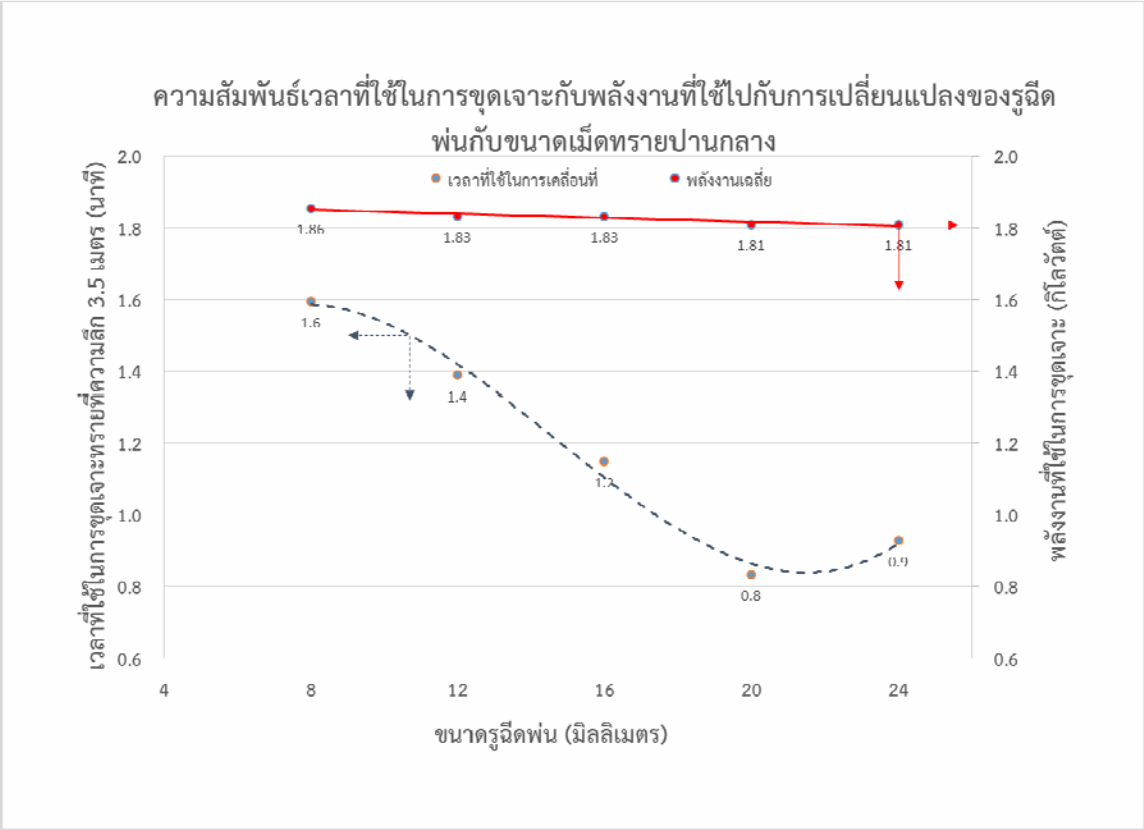


รูปที่ 34. ความสัมพันธ์เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะกับพลังงานที่ใช้ไปกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่นกับขนาดเม็ดทรายหยาบ.

ในการทดลองการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำที่ความลึก 3.5 เมตร กับขนาดทรายหยาบ จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร ต้องใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทราย 1.7 นาที กับพลังงานที่ใช้ไป 1.88 กิโลวัตต์ เมื่อทำการปรับเปลี่ยนขนาดรูฉีดพ่นเป็น 12, 16, 20 และ 24 ต้องใช้

เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทราย 1.6, 1.4, 1.1, และ 1.2 นาที และพลังงานที่ใช้ไป 1.86, 1.83, 1.84 และ 1.84 กิโลวัตต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กจะต้องใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทรายมาก และจะใช้เวลาน้อยลงเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูให้โตขึ้นจนถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 20 และ 24 มิลลิเมตร จะใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทรายใกล้เคียงกัน ซึ่งทำการเปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ไปกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดต่างๆ จะลดลงเพียงเล็กน้อย.

3.5 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำกับพลังงานที่ใช้กับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่นและขนาดของเม็ดทรายปานกลาง ดังแสดงในรูปที่ 35.

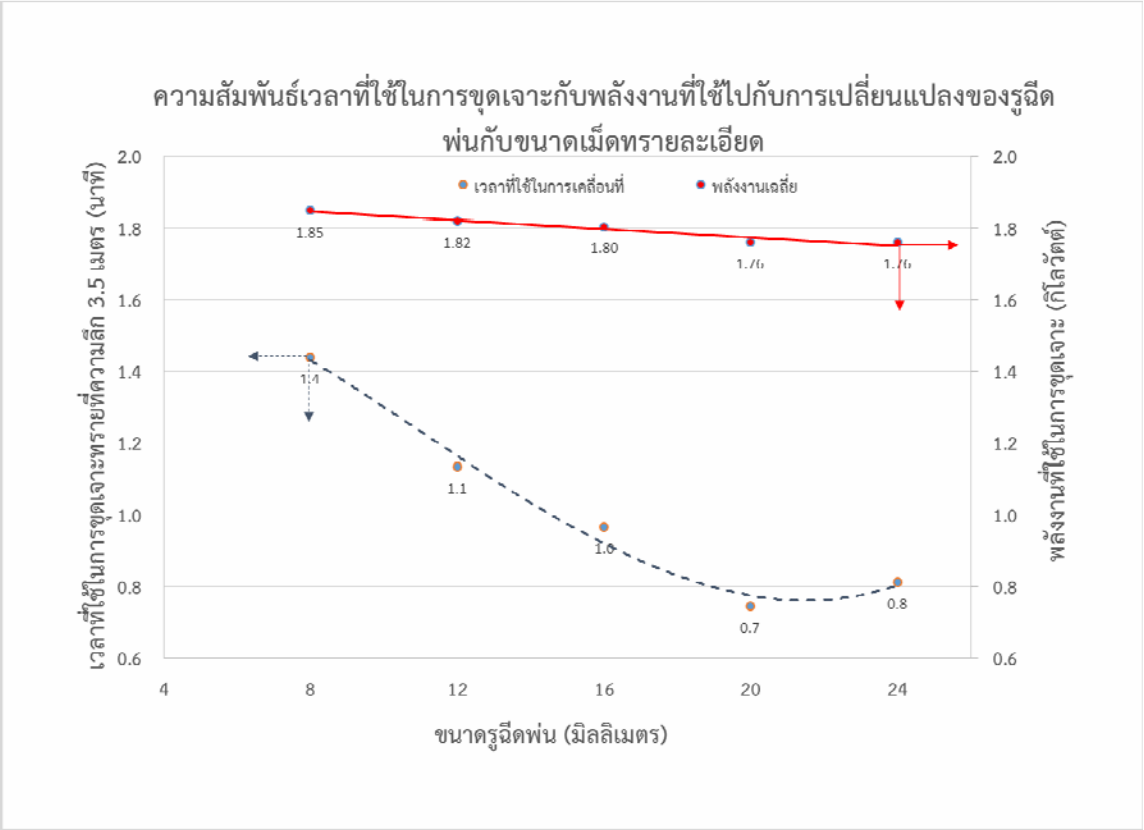


รูปที่ 35. ความสัมพันธ์เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะกับพลังงานที่ใช้ไปกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่นกับขนาดเม็ดทรายปานกลาง.

ในการทดลองการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำที่ความลึก 3.5 เมตร กับขนาดเม็ดทรายปานกลาง จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร ต้องใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทราย 1.6 นาที กับพลังงานที่ใช้ไป 1.86 กิโลวัตต์ เมื่อทำการปรับเปลี่ยนขนาดรูฉีดพ่นเป็น 12, 16, 20 และ 24 มิลลิเมตร ต้องใช้ต้องใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทราย 1.4, 1.2, 0.8, และ 0.9 นาที และพลังงานที่ใช้

ไป 1.83, 1.83, 1.81 และ 1.81 กิโลวัตต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กจะต้องใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทรายมาก และจะใช้เวลาน้อยลงเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูให้โตขึ้น จนถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 20 และ 24 มิลลิเมตร จะใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทรายใกล้เคียงกัน ซึ่งทำการเปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ไปกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดต่างๆ จะลดลงเพียงเล็กน้อย.

3.6 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำกับพลังงานที่ใช้กับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่นและขนาดของเม็ดทรายปานกลาง ดังแสดงในรูปที่ 36.



รูปที่ 36. ความสัมพันธ์เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะกับพลังงานที่ใช้ไปกับการเปลี่ยนแปลงของรูฉีดพ่นกับขนาดเม็ดทรายละเอียด.

ในการทดลองการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำที่ความลึก 3.5 เมตร กับขนาดเม็ดทรายละเอียด จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 8 มิลลิเมตร ต้องใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทราย 1.4 นาที กับพลังงานที่ใช้ไป 1.85 กิโลวัตต์ เมื่อทำการปรับเปลี่ยนขนาดรูฉีดพ่นเป็น 12, 16, 20 และ 24 มิลลิเมตร ต้องใช้ต้องใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทราย 1.1, 1.0, 0.7, และ 0.8 นาที และพลังงานที่

ใช้ไป 1.82, 1.80, 1.76 และ 1.76 กิโลวัตต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กจะต้องใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทรายมาก และจะใช้เวลาน้อยลงเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูให้โตขึ้น จนถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 20 และ 24 มิลลิเมตร จะใช้เวลาที่ใช้ในการขุดเจาะทรายใกล้เคียงกัน ซึ่งทำการเปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ไปกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดต่างๆ จะลดลงเพียงเล็กน้อย.

3.7 ผลการทดลองการปรับเปลี่ยนปั๊มขับแรงดันน้ำใช้ทดสอบกับต้นกำลังขับด้วยเครื่องยนต์สูบเดียว ให้ผลการทดลองใกล้เคียงกับการทดสอบกับต้นกำลังขับด้วยไฟฟ้า จึงสามารถใช้ข้อมูลเดียวกับการทดสอบด้วยต้นกำลังขับด้วยไฟฟ้าได้.

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ จะเห็นว่าขนาดของเม็ดทรายหยาบจำเป็นต้องใช้แรงดันสูงและอัตราการไหลที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของเม็ดทรายที่ละเอียดกว่า ดังนั้น ขนาดของเม็ดทรายจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบกับการขุดเจาะทรายใต้น้ำ ขึ้นอยู่กับลักษณะของแหล่งทรายที่ทำการขุดเจาะ.

จากการทดลองการขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำ ต้องอาศัยแรงดันและอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมกับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถขุดเจาะทรายธรรมชาติใต้น้ำได้ จากการทดลองเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นมีผลเกี่ยวกับการเคลื่อนตัวของเม็ดทรายใต้น้ำ โดยการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูฉีดพ่นให้มีขนาดที่ใหญ่โตขึ้น ทำให้มีอัตราการไหลสูงที่สามารถผลักดันเม็ดทรายให้เคลื่อนที่ออกนอกเส้นทางในการขุดเจาะ ทำให้อุปกรณ์ในการขุดเจาะสามารถเคลื่อนที่ลงไปในทรายได้อย่างง่ายดาย โดยใช้แรงดันไม่ต้องสูงมาก แต่ต้องใช้อัตราการไหลสูงเพื่อทำให้เม็ดทรายเคลื่อนที่.

5. ข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาในโครงการผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ มีวัตถุประสงค์ เพื่อช่วยเหลือประชาชนผู้ประสบภัยที่ขาดแคลนน้ำใช้-น้ำดื่มที่สะอาด ตามในสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อบรรเทาสาธารณภัยกับประชาชนผู้ประสบภัย ได้บรรเทาความเดือดร้อน ดังนั้น ชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมความพร้อมตลอดเวลา ที่สามารถทำงานได้รวดเร็วและทันต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างทันที จึงเป็นสิ่งที่ต้องทำการตรวจสอบ ทดสอบ อุปกรณ์ที่ใช้ผลิตน้ำสะอาด อย่างเป็นระบบ เพื่อยืดอายุการใช้ได้ยาวนานขึ้นได้.

5.1 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีพของมนุษย์ คนเราจะขาดน้ำดื่มได้ไม่เกิน 3 วันเท่านั้น เมื่อประชาชนที่เกิดภาวะวิกฤติต่างๆ โดยเฉพาะวิกฤติการณ์น้ำท่วม เส้นทางคมนาคมมักจะถูกน้ำท่วมและถูกตัดขาด กว่าที่จะซ่อมแซมถนนหนทางให้พาหนะสามารถผ่านไปมาได้นั้นมักจะต้องอาศัยเวลาเป็นอันมาก ประชาชนผู้ประสบภัยจึงได้รับความเดือดร้อนเป็นระยะเวลายาวนาน ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงผู้ประสบภัยที่ได้รับความเดือดร้อนจริงๆ ทำให้ขาดแคลนน้ำใช้-น้ำดื่มที่สะอาด. ดังนั้น ระบบประปาสนามที่สามารถเข้าถึงพื้นที่ประสบภัยต่างๆ ได้ดีจะช่วยเหลือ บรรเทาความเดือดร้อนของผู้ประสบภัยได้มาก.

ในการสร้างระบบผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบให้ระบบผลิตน้ำมีขนาดเล็กกะทัดรัด และมีน้ำหนักเบา ผลิตน้ำดื่มได้มากพอที่จะบริการให้กับผู้ประสบภัย ดังนั้น ต้นแบบประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ ที่จะผลิตขึ้นในโครงการนี้จะใช้ระบบทำน้ำใสขั้นต้นจากระบบอัลตราฟิลเตรชันเป็นหลักเพื่อให้ระบบมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา และมีการออกแบบรถลากที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งบนบกและในน้ำ และสามารถบรรจุชุดผลิตน้ำแบบฉุกเฉินที่ลอยน้ำอยู่ได้.

ในโครงการจะพัฒนาระบบขุดฝังท่อตะแกรงในชั้นทรายที่สะสมใต้ท้องน้ำเพื่อใช้ชั้นทรายดังกล่าวช่วยในการกรองน้ำดิบเบื้องต้นก่อนเข้าเครื่องกรองหลักของระบบผลิตประปาสนาม ทั้งนี้ใต้ลำน้ำมักมีการทับถมของทรายกรวดตามธรรมชาติ ถ้าสามารถพัฒนาระบบการขุดฝังท่อลงใต้ชั้นทรายใต้ลำน้ำได้จะเป็นการช่วยประหยัดระบบกรองและขนาดของเครื่องกรองลงได้มาก.

ผลผลิตที่ได้

ต้นแบบชุดผลิตน้ำประปาฉุกเฉินแบบกรองทรายธรรมชาติใต้น้ำ พร้อมใช้งาน จำนวน 1 เครื่อง ดังแสดงในตารางที่ 1.

ตารางที่ 1. กลุ่มเป้าหมายการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

กลุ่มเป้าหมาย (ภาคอุตสาหกรรม/ บริการ/สังคมชุมชน)	หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	รูปแบบการนำไปใช้ประโยชน์/ การนำไปต่อยอดให้เกิดมูลค่าเพิ่ม	ผลลัพธ์จากการนำไปใช้ประโยชน์	ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม
ชุมชน/หน่วยงานช่วยเหลือผู้ประสบภัย	ผู้ประสบภัย/กรมบรรเทาสาธารณภัย/กรมการทหารช่าง /โรงเรียนและหมู่บ้านที่ประสบภัยทางธรรมชาติ	สามารถผลิตน้ำแบบฉุกเฉินที่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งบนบกและในน้ำ	น้ำดื่มที่สะอาด	- ช่วยบรรเทาทุกข์ในขณะเกิดวิกฤติการณ์และการฟื้นฟูระยะยาวหลังเกิดวิกฤติการณ์ - ช่วยลดการระบาดของการเกิดโรคติดต่อทางน้ำและอาหาร

6. เอกสารอ้างอิง

เกิดประทุม, แสวง. 2556. การกรองน้ำด้วยระบบรีเวอร์สออสโมซีส (Reverse Osmosis). เอกสารประกอบการถ่ายทอดความรู้เชิงปฏิบัติการ. ปทุมธานี: ฝ่ายวิศวกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 28-29 พฤษภาคม 2556.

Anthony, J.L., 1978. Ozone/Ultraviolet Water Purifier. United States Patent number 4141830, Filing date: 1 Feb. 1978, Issue date: 27 Feb. 1979.

Eiichi, K., *et al.* 1990. Portable Water Purifier. United States Patent number 5019252, Filing date: 6 Feb. 1990, Issue date: 28 May. 1991.

Francis, W., 1983. Portable Water Purifier. United States Patent number 4477347, Filing date: 21 Jun. 1983, Issue date: 16 Oct. 1984.

Frank, R.S., 2009. Water and Wastewater Treatment Plant Operations. Taylor & Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300.

Frederick, J.H. and Michael, J.G., 1989. Report on Mobile Emergency Water Treatment and Disinfection Units. WASH Field Report No.271. July 1989, Office of ForiegnDisaster Assistance, U.S. Agency for International Development.

George, A. and Moore III. 2005. Portable Water Purifier. United States Patent Application Publication number US 2006/0180550 A1, Filing date: 16 Feb. 2005, Publication date: 17 Aug. 2006.

Gifiord, H. and Teeple Jr., *et al.* 1971. High Capacity Portable Water Purifier. United States Patent Office, Patent number 3715035, Filing date: 12 Apr. 1971, Issue date: 6 Feb. 1973.

Groendijk, L. and de Vries, H.E., 2010. Development of a mobile water maker, a sustainable way to produce safe drinking water in developing countries. *Desalination*, **251**(2010) pp. 106-113.

Henry, La Freniere. 1981. Portable Water Purifier. United States Patent number 4389311, Filing date: 16 Jul. 1981, Issue date: 21 Jun. 1983.

Hendricks, D., 2006. Water Treatment Unit Processes. CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300.

James, M. Montgomery and Consulting Engineers, INC. 1985. Water Treatment Principles and Design, New York: A Wiley-Interscience Publication JOHN WILEY & SONS.

John J. and Ferlin, Jr., 1997. Portable Water Purifier. United States Patent number 4389311, Issue date: 10 Nov. 1998.

Kenji, Torigoe. 2001. Portable Water Purifier. United States Patent Application Publication,Pub. No.:US2002/0008062 A1, Pub.

Lodar, W.R., 1950. Portable Water Purifier. United States Patent Office, Patent number 2604991, Patended July 29, 1952.

McGraw-Hill, Inc. 1990. Water Qualiry and Treatment. All rights reserved. Printed in the United States of America. Act of 1976.

Osmonics. 1991. Pure Water Handbook. Osmonics, 2nd Ed. Osmonics, Inc.

Robert, M. C., and Benjamin W. L., 1989. Granular Activated Carbon: Design, Operation and Cost. U.S.A: Lewis Publishers.

Roger, A., M. and Gary, L.A., 1996. Disinfection By-Products in Water Treatment: The Chemistry of Their Formation and Control. CRC Press, Inc.

Rocco, A.P., 1986. Portable Water Purifier. United States Patent number 4349100, Filing date: 7 Mar. 1986, Issue date: 18 Jul. 1989.

Saraceno, D., 2002. Solar Powered Portable Water Purifier. United States Patent number US 6863827 B2, Filing date: 9 Dec. 2002, Date of Patent: 8 Mar. 2005.

William, J.G., 1980. Water Purification system. United States Patent number 3715035, Filing date: 18 Jul. 1980, Issue date: 3 Nov. 1981.

World Health Organization Geneva. 1996. Guidelines for drinking-water quality. PRINTED IN AUSTAIA 94/9960 – Mastercom/Wiener Verlag – 8000.

ภาคผนวก

การทดสอบการลอยตัวในน้ำของรถบรรทุกแบบลากจูงที่สามารถบรรทุกชุดผลิตน้ำดื่มที่สามารถเคลื่อนที่ทั้งบนบกและในน้ำ

ทดสอบการนำรถบรรทุกแบบลากจูงขึ้นบนบก