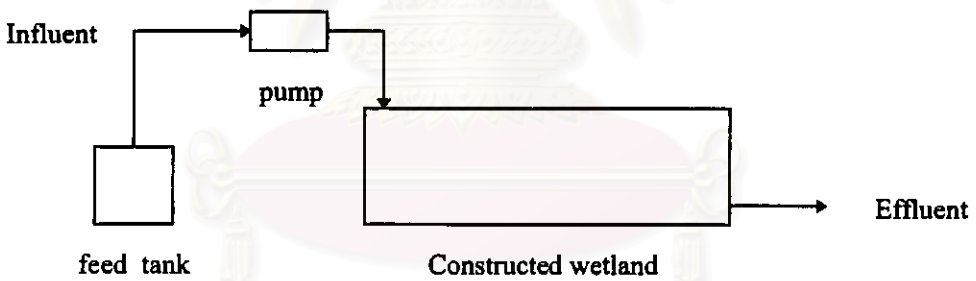
บทที่ 4

แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้จะกระทำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 แผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียโดยใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำขังใต้ดินที่มีตัวกลาง และเวลาเก็บกักน้ำต่างกัน โดยในการศึกษาจะใช้ชุดทดลองจำนวน 3 หน่วย โดยหน่วยที่ 1 , 2 และ 3 จะบรรจุตัวกลาง ทราย ดินปนทราย และดิน ตามลำดับ ใช้เวลาเก็บกักน้ำเป็นเวลา 5 วัน โดยจัดหน่วยทดลอง ดังรูป 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงหน่วยการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวแปรที่พิจารณาในการทดลองนี้แบ่งเป็น 3 แบบ คือ ตัวแปรกำหนด (Fixed variables) ตัวแปรอิสระ (Independent variables) และตัวแปรตาม (Dependent variables)

4.1.1 ตัวแปรกำหนด (Fixed variables)

ตัวแปรกำหนดที่ต้องการให้คงที่มีดังนี้

	หน่วย	ชุดทดลอง
1. ความสูงของชั้นตัวกลาง	ซม.	30
3. เวลาเก็บกักน้ำ	วัน	5
4. ระดับน้ำในระบบ	ซม.	26
5. พีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์	-	7
6. พืช	ต้นกก (*Typha latifolia*)	

4.1.2 ตัวแปรอิสระ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ในการกำจัดแคดเมียมในน้ำเสียที่สภาวะต่าง ๆ ดังนั้นตัวแปรอิสระ คือ ความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 1 , 5 , 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และชนิดของตัวกลาง 3 ชนิด คือ ทราย ดินปนทราย และดิน โดยตัวกลางแต่ละชนิดนั้นทำให้อัตราการไหล (Q)และอัตรารับภาระน้ำ (HLR) แตกต่างกัน ที่เวลากักน้ำเท่ากัน ดังนี้คือ

ตัวกลาง	หน่วยที่	ชุดทดลอง	
		Q (l/d)	HLR(cm/d)
1. ทราย	1	4	2.22
2. ดินปนทราย	2	4.5	2.44
3. ดิน	3	5	2.78

(รายละเอียดการคำนวนดังภาคผนวก ข.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 ตัวแปรตาม (Dependent variables)

ตัวแปรตามเป็นค่าที่แปรเปลี่ยนไปเมื่อตัวแปรอิสระมีการเปลี่ยนแปลง ในการศึกษานี้ ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์ คือ ปริมาณแคดเมียมในกระแสออก ประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียม และลักษณะต่าง ๆ ของน้ำเสียในแต่ละช่วงของการดำเนินการ ดังตาราง 4.2

4.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

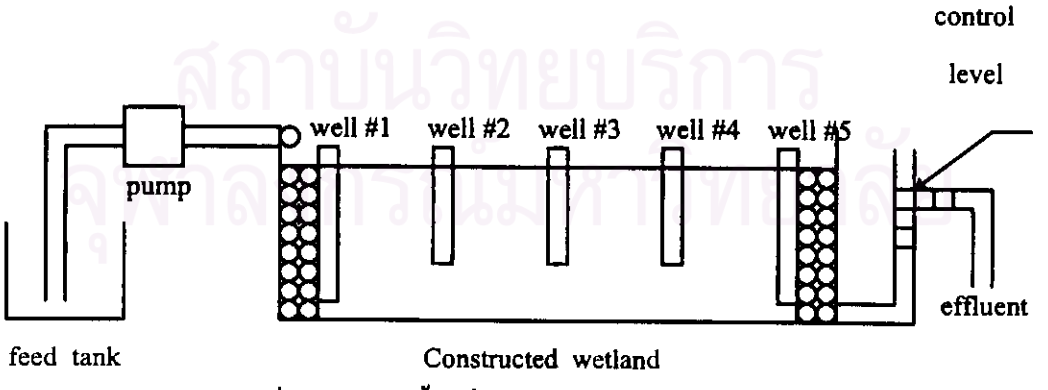
เตรียมสารละลายแคดเมียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 , 5 , 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร แคดเมียม จากสารละลายสต็อกแคดเมียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร แคดเมียม โดยเตรียมจาก $CdCl_2.1/2H_2O$ และเตรียมสารอาหารสำหรับพืชเพิ่มดังนี้ คือ KNO_3 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจน และ K_2HPO_4 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัส จากสารละลายสต๊อก 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ตามลำดับ

4.3 การตรวจลักษณะของตัวกลาง

ตรวจปริมาณเหล็ก (Fe) มังกานีส (Mn) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และปริมาณสารอินทรีย์ ในตัวกลางทั้ง 3 ชนิด คือ ทราย ดินปนทราย และดิน

4.4 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการวิจัยนี้จะแบ่งการทดลองเป็น 3 หน่วยทดลอง โดยแต่ละหน่วยทดลองจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูป 4.2



รูปที่ 4.2 การติดตั้งเครื่องมือในแต่ละหน่วยการทดลอง

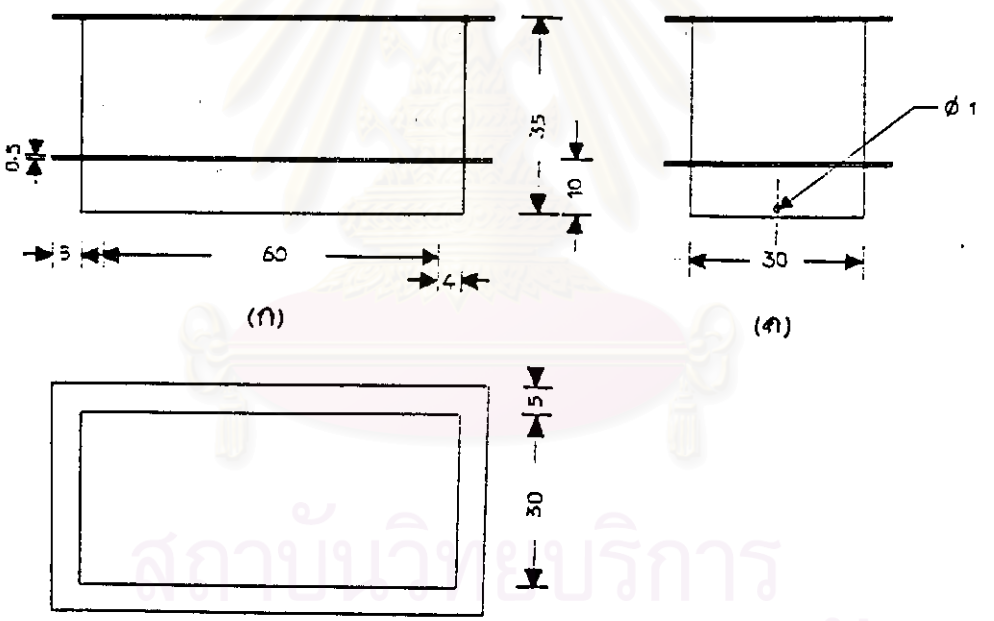
4.4.1 ถังเก็บน้ำเสียสังเคราะห์และท่อรวมรับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว

ถังเก็บน้ำเสียสังเคราะห์และถังสำรองที่ผ่านการบำบัดแล้ว เป็นถังพลาสติกขนาด 35 ลิตร และ 30 ลิตร ตามลำดับ ส่วนท่อรวมรับน้ำเป็นสายยางพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว

4.4.2 บึงประดิษฐ์

1) ถังบรรจุตัวกลาง

ทำจากแผ่นอะครีลิก ขนาดกว้าง 30 เซ็นติเมตร ยาว 68 เซ็นติเมตร และสูง 35 เซ็นติเมตร ด้านยาวสำหรับ 4 เซ็นติเมตรแรกและสุดท้ายกรุด้วยกรวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซ็นติเมตรเป็นส่วนรับน้ำเข้าและออก ส่วนที่เหลือจะใช้บรรจุตัวกลางทั้งหมด โดยบรรจุตัวกลางสูง 30 เซ็นติเมตร (ระดับน้ำสูง 26 เซ็นติเมตร) ดังรูปที่ 4.3



หน่วย : เซ็นติเมตร

รูปที่ 4.3 มิติของบึงประดิษฐ์

(ก) ภาพตัดด้านหน้า (ข) ภาพตัดด้านบน (ค) ภาพตัดด้านข้าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 18928365

2) จุดเก็บตัวอย่าง

หลอดพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซ็นติเมตร ปลายด้านหนึ่งเปิด ส่วนอีกด้านหนึ่งปิดและเป็นรูพรุน พร้อมทั้งมีสายยางเก็บตัวอย่างในแต่ละบ่อ ดังรูป 4.4

รูปที่ 4.4 แสดงเก็บบ่อตัวอย่าง

โดยตำแหน่งการวางบ่อจะอยู่ตรงกึ่งกลางของความกว้างและตลอดความยาวของระบบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตำแหน่งการวางจุดเก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่างที่	ระยะทางในแนวราบจากทางน้ำเข้าถึงทางน้ำออก	ความลึกบ่อจากผิวตัวกลาง
1	0	29
2	15	15
3	30	15
4	45	15
5	60	29

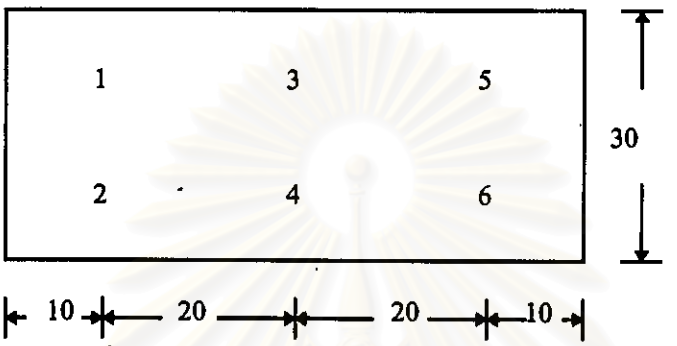
หน่วย: เซ็นติเมตร

3) ตัวกลาง

ตัวกลางที่ใช้ในระบบคือ ทรายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1- 3 มิลลิเมตร และดิน

4) พืช

พืชที่ใช้ปลูกในระบบ คือ ต้นธูปฤาษี (*Typha latifolia*) ความหนาแน่นของพืชในระบบคือ 38 - 40 ต้นต่อตารางเมตร (จำนวน 6 ต้น) โดยมีตำแหน่งในการปลูกคือทุกต้นห่างจากผนัง 10 เซ็นติเมตร ระยะห่างระหว่างต้นในแนวกว้างและแนวยาว 10 และ 20 เซ็นติเมตร ตามลำดับ



หน่วย : เซ็นติเมตร

รูปที่ 4.5 ตำแหน่งพืชในระบบ

4.4.3 ทางน้ำเข้าและทางน้ำออก

ใช้สายยางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซ็นติเมตร ยาวตามความเหมาะสม ต่อโดยตรงจากสายยางซิลิโคนภายในปั๊มสำหรับทางน้ำเข้า

จากท่อรับน้ำในระบบจะมีสายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ต่อเข้ากับข้อต่อสามทางทองเหลืองเพื่อควบคุมระดับน้ำสูง 26 เซ็นติเมตร และต่อสายยางจากข้อต่อเข้ากับท่อรับน้ำทิ้งโดยมีช่องระบายน้ำทิ้งดังรูป 4.2

4.4.4 เครื่องสูบน้ำ

ใช้เครื่องสูบน้ำแบบรีดสาย (peristaltic pump) เพื่อควบคุมอัตราการไหลให้ได้ดังกำหนดในข้อ 4.1.2

4.5 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

4.5.1 ศึกษาผลของตัวกลางที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ในการกำจัดแคดเมียม

1) เตรียมระบบโดยป้อนน้ำประปาในอัตรา 4 , 4.4 และ 5 ลิตรต่อวัน (เวลาเก็บกักน้ำ 5 วัน)เข้าไปในหน่วยทดลอง 1-3 ที่มีตัวกลาง ทราย ดินปนทราย และดิน ตามลำดับ เป็นเวลา 7 วัน

2) เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งใน ข้อ 1 เพื่อตรวจสอบพารามิเตอร์ ต่าง ๆ คือ พีเอช อุณหภูมิ และออกซิเดชัน-รีดักชัน โพเทนเชียล (ORP)

3) ป้อนน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เข้าระบบโดยมีอัตราการไหลเช่นเดียวกันกับข้อ 1) เป็นเวลา 1 เดือน

4) เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและน้ำจากบ่อเก็บตัวอย่างทั้ง 5 บ่อ จำนวนตัวอย่างละ 10-15 มิลลิลิตร เพื่อตรวจสอบพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.2 ตลอดการทดลอง

4.5.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ในการกำจัด

1) จากข้อ 4.5.1 3) และ 4) เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 5 , 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

4.5.3 ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมของส่วนต่าง ๆ ในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์

การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมของระบบ สำหรับงานวิจัยนี้ทำการศึกษาการสะสมแคดเมียมในตัวกลางต่าง ๆ คือ ทราย ดินปนทราย และดิน และส่วนต่างๆ ของพืช คือ ราก ต้น และใบ โดยทำการทดลองดังนี้

4.5.3.1 ศึกษาการดูดซับแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของพืช

1) เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำพืชในแต่ละหน่วยทดลอง แยกออกเป็น 3 ส่วนคือ ราก ต้น และใบ

2) นำตัวอย่างจากข้อ 1) และอบให้แห้งที่ 105 ° C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดให้ละเอียดโดยสามารถผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh นำไปย่อย และวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม

4.5.3.2 ศึกษาการดูดซับแคดเมียมในตัวกลาง

1) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เก็บตัวอย่างตัวกลางที่ความลึก 15 เซ็นติเมตร (กลางชั้นตัวกลาง) ที่ระยะ 0 , 15 , 30 , 45 และ 60 เซ็นติเมตร จากทางด้านน้ำเข้า จำนวน 10 กรัมต่อตัวอย่าง

2) นำตัวอย่างจากข้อ 1) วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม ดังตารางที่ 4.4

4.6 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

4.6.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะเก็บตามตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้

1) น้ำเสียเข้า (Influent wastewater , I)
2) จุดเก็บตัวอย่าง 1 (well # I , w1)
3) จุดเก็บตัวอย่าง 2 (well # 2 , w2)
4) จุดเก็บตัวอย่าง 3 (well # 3 , w3)
5) จุดเก็บตัวอย่าง 4 (well # 4 , w4)
6) จุดเก็บตัวอย่าง 5 (well # 5 , w5)
7) น้ำทิ้ง (Effluent wastewater , E)

ในการเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์จะเก็บตำแหน่งละ 10-15 มิลลิลิตร ซึ่งพารามิเตอร์และความถี่ในการวิเคราะห์ในแต่ละตำแหน่ง ดังตารางที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์และความถี่ในการวิเคราะห์น้ำ

พารามิเตอร์	จุดเก็บตัวอย่าง						
	I	W1	W2	W3	W4	W5	E
pH	/	–	–	–	–	–	/
temp.	/	–	–	–	–	–	/
ORP	/	/	/	/	/	/	/
[Cd]	/	/	/	/	/	/	/

หมายเหตุ : วิเคราะห์ทุกวันจันทร์ พุธ และศุกร์

ตารางที่ 4.3 วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์

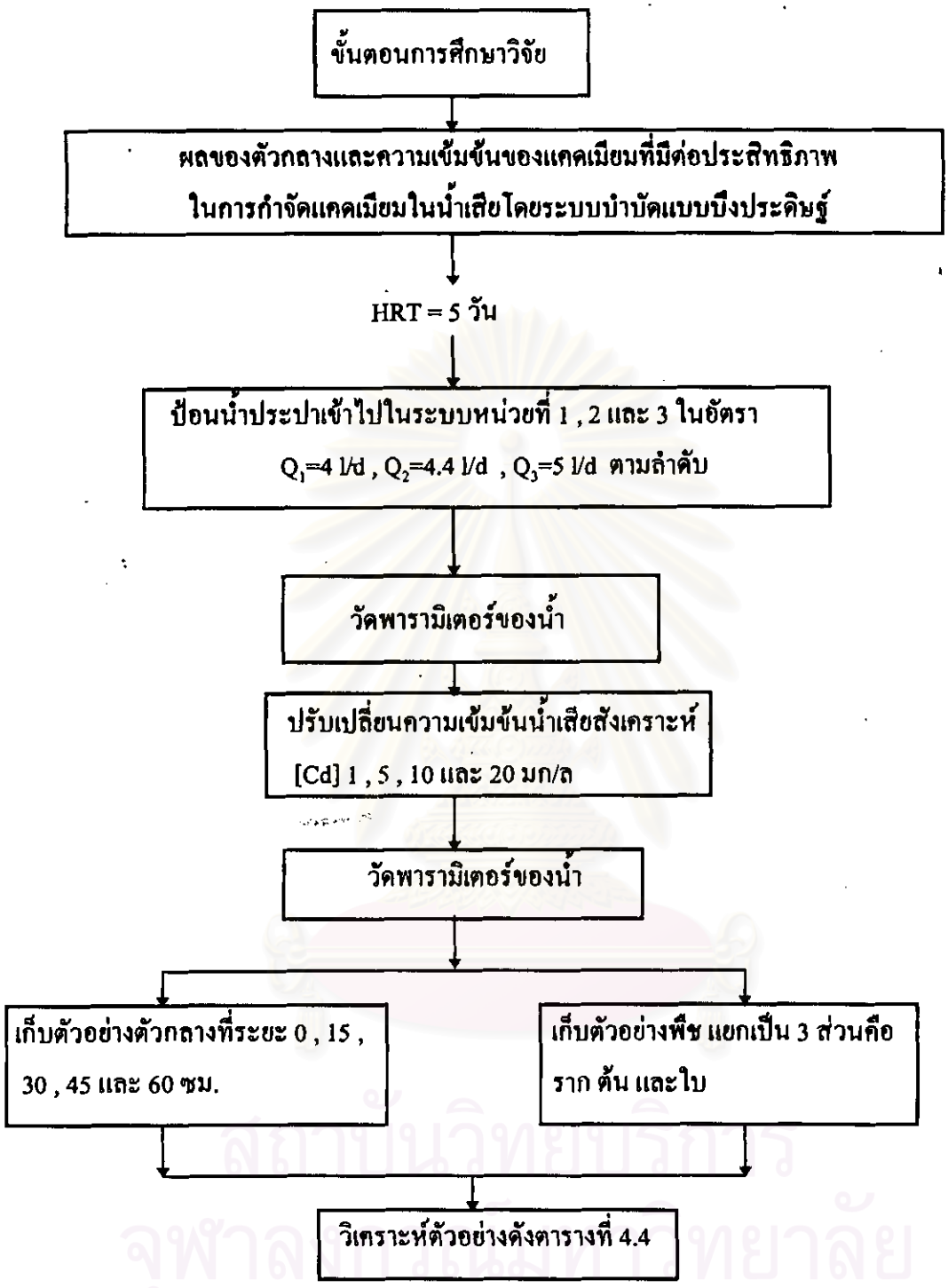
พารามิเตอร์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
pH	pH Meter with Glass electrode
Temperature	Thermometer
Cadmium	Nitric acid digestion and Atomic absorption
ORP	ORP meter

4.6.2 การเก็บตัวอย่างตัวกลางและพืช

เก็บตัวอย่างตัวกลางและพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม โดยเก็บตัวอย่างตัวกลางที่ความลึก 15 เซ็นติเมตร ที่ระยะ 0 , 15 , 30 , 45 และ 60 เซ็นติเมตร จากทางน้ำเข้า

ตารางที่ 4.4 วิธีวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม

ตัวอย่าง	วิธีในการวิเคราะห์
พืช	wet digestion (HNO_3-30 % H_2O_2) and Atomic absorption
ตัวกลาง	
- Exchangable form	HNO_3-HCl digestion and Atomic adsorption
- Total content	HNO_3-H_2SO_4 digestion and Atomic adsorption



รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการศึกษาผลของตัวกลางและความเข้มข้นเริ่มต้นของแคดเมียมที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมในน้ำเสียโดยระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์

1 = ทราย 2 = ดินปนทราย 3 = ดิน