ต้นฉบับ หน้าขาดหาย

DIRECT FILTRATION USING UPFLOW RAPID SAND-FILTER

MR. AMNUAY RUANGTORAKIT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Environmental Engineering

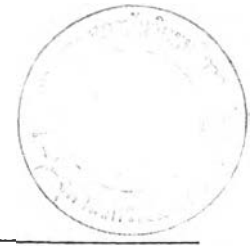
Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-912-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น
โดย	นายอำนวย เรืองธุระกิจ
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวคม์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี)

อำนวย เรืองธุระกิจ : การกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น (DIRECT FILTRATION USING UPFLOW RAPID SAND-FILTER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ธีระ เกรอต, 125 หน้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ การศึกษาสมรรถนะของเครื่องกรองแบบไหลขึ้นโดยวิธีการกรองตรง พารามิเตอร์ที่ศึกษาคือ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น อายุการกรอง และขนาดทรายที่เหมาะสม ทรายที่ใช้มีขนาดสัมฤทธิ์ 0.3 ถึง 1.2 มม. น้ำดิบสังเคราะห์เตรียมจากผงดินเหนียวคาโอลินมีค่าความขุ่น 10 ถึง 50 NTU อัตรากรอง 5 ถึง 20 ม./ชม. สารรวมตะกอนใช้สารสมฉีดตรงเข้ากระแสเข้าของเครื่องกรอง ความเข้มข้นที่เหมาะสมหาจากการทดสอบจาร์มีค่า 15 ถึง 25 มก./ล. อายุการกรองวัดถึงค่าหัวน้ำสูญเสียสูงสุด 180 ซม. หรือถึงค่าความขุ่นน้ำกรองสูงสุด 1 NTU

พบว่า ทรายขนาดเล็กให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงกว่าทรายขนาดใหญ่ ประสิทธิ--ภาพการกำจัดความขุ่นมีค่าระหว่าง 91.10 ถึง 99.72 % อัตรากรองสูงให้คุณภาพน้ำกรองดีกว่าและให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงกว่าอัตรากรองต่ำ ความขุ่นน้ำดิบสูงให้ความขุ่นน้ำกรองใกล้เคียงกับความขุ่นน้ำดิบต่ำ แต่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงกว่า ทรายขนาด 0.9 มม. เป็นขนาดที่เหมาะสมให้อายุการกรอง 2 ถึง 17 ชม. อัตรากรองที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 10 ถึง 15 ม./ชม. เครื่องกรองแบบไหลขึ้นมีอายุการกรองยาวนานกว่าแบบไหลลงได้สูงสุดถึง 6.6 เท่า ปริ--มาตรน้ำกรองเมื่อใช้ขนาดทรายที่เหมาะสม และอัตรากรองที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 40 ถึง 142 ลบ. ม./ตร.ม. ปริมาตรน้ำล้างย้อนมีค่าระหว่าง 3.53 ถึง 16.58 % ของปริมาตรน้ำกรอง

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต อำนวย เรืองธุระกิจ

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

AMNUAY RUANGTORAKIT : DIRECT FILTRATION USING UPFLOW RAPID SAND-FILTER. THESIS ADVISER : ASSO. THEERA KAROT Ph. D. 125 pp.

The object of this thesis was to study the performance of the direct upflow rapid sand-filters regarding turbidity removal efficiency, filter run and optimum sand size. The sand effective sizes used ranged from 0.3 to 1.2 mm. Synthetic raw water preparing from kaolinite clay had tubidity ranged from 10 to 50 NTU. Filtration rate ranged from 5 to 20 m./hr. Coagulant using alum was injected directly into the influent of the filters. The filter run was terminated either at the maximum filtrate turbidity of 1 NTU. or maximum head loss of 180 cm.

It was found that small sand size had higher turbidity removal efficiency than large size. The efficiency were between 91.10-99.72%. Higher filtration rate gave better effluent quality and higher turbidity removal efficiency. Higher raw water turbidity gave about the same effluent turbidity as low raw water turbidity but gave higher turbidity removal efficiency. The optimum sand size was about 0.9 mm., which gave about 2 to 17 hr. filter run depending upon the raw water turbidity. The optimum filtration rate were about 10 to 15 m^3/m^2- hr. The upflow filters had filter run longer than the downflow filters up to about 6.6 times. The filtrate volume achieved by using optimum sand size and optimum filtration rate were between 50 m^3/m^2 to 142 m^3/m^2 and back wash water were between 3.53 - 16.58 % by filtrate volume.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษาแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกๆท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์แก่การวิจัย ขอบคุณเพื่อนๆ ที่ได้ช่วยเหลือผู้วิจัยทั้งทางด้านทฤษฎี และปฏิบัติ ตลอดการวิจัย

ความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้ บิดา-มารดา ของผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง
กิตติกรรมประกาศ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ญ
บทที่
1. บทนำ.....1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย.....2
2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
2.2 ขอบเขตของการวิจัย.....2
3. ทฤษฎี แนวความคิด และการทดลองที่ผ่านมา.....3
3.1 ทฤษฎีการกรองตรง.....3
3.1.1 ทฤษฎีการรวมตะกอน.....3
1.) การกวนเร็ว.....4
2.) การกวนช้า.....5
3.2 เครื่องกรองแบบไหลขึ้น.....5
3.2.1 ทฤษฎีการกรองเร็ว.....6
1.) กลไกการเคลื่อนย้าย.....7
2.) กลไกการจับสารแขวนลอย.....8
3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการกรอง.....10
3.3.1 สารกรอง.....10
3.3.2 การเตรียมน้ำก่อนการกรอง.....12
3.3.3 ความขุ่นน้ำดิบ.....13
3.3.4 ความขุ่นน้ำที่ผ่านการกรอง.....13
3.3.5 อายุการกรอง.....13
3.3.6 หัวน้ำสูญเสีย.....15
3.3.7 การล้างย้อน.....15
3.4 การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา.....15

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

4. การดำเนินการวิจัย.....18

4.1 ลำดับการทดลอง.....18

4.2 พารามิเตอร์ในการทดลอง.....19

4.3 วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย.....19

4.4 การดำเนินการทดลอง.....24

5. ผลการทดลองและวิจารณ์.....27

5.1 ความเข้มข้นสารส้มที่เหมาะสม.....1

5.1.1 พีเอชที่เหมาะสม.....1

5.1.2 ความเข้มข้นสารส้มที่เหมาะสม.....1

5.2 ผลการทดลองกรองน้ำ.....32

5.2.1 ผลต่อความขุ่นน้ำกรองและประสิทธิภาพการกรอง.....32

5.2.2 ผลต่อหัวน้ำสูญเสีย.....51

5.2.3 ผลต่ออายุการกรอง.....65

5.2.4 ปริมาณน้ำกรอง และน้ำล้างย้อน.....76

6. สรุปผลการทดลอง.....78

บรรณานุกรม.....79

ภาคผนวก ก.....81

ภาคผนวก ข.....87

ประวัติผู้วิจัย.....125

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ชนิด, ขนาด, ส.ป.ส. ความสม่ำเสมอของสารกรองที่นิยมใช้กับเครื่องกรองทั่วไป.....10

5.1 ผลการทดลอง การกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้นและเปรียบเทียบกับแบบไหลลง.....66

5.2 ปริมาตรน้ำกรอง และปริมาณน้ำล้างย้อน ของเครื่องกรองแบบไหลขึ้น ที่มีอายุการกรองนาน 8 ชม. ขึ้นไป.....77

ผ1 แสดงสัดส่วน เบ็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ที่ผ่านตะแกรง ของทรายขนาดสัมฤทธิ์ต่างๆ.....83

ผ2 แสดงคุณลักษณะทรายกรองขนาดต่างๆที่ใช้ในการวิจัย.....84

ผ3 แสดงผลการวิเคราะห์การล้างย้อน.....86

ภาคผนวก ข แสดงผลการกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้นและแบบไหลลง.....87

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1ก	แรงผลักโดยประจุไฟฟ้าสถิตของสารแขวนลอย	
ข	โมเลกุลน้ำห่อหุ้มสารแขวนลอย	3
3.2	การกวนเร็วโดยสร้างความปั่นป่วนในท่อแบบ Orifice	4
3.3	เครื่องกรองแบบไหลขึ้นที่ติดตะแกรงบนชั้นกรอง	6
3.4	กลไกการกรองแบบ Deep bed และ Cake	6
3.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพกลไกการเคลื่อนย้าย กับขนาดอนุภาคสารแขวนลอย	7
3.6	กลไกการเคลื่อนย้ายของการกรอง	8
3.7	กลไกการดูดติดสารกรอง	9
3.8	กลไกการหลุด	9
3.9	การบอกความกลมของสารกรอง	12
3.10	การล้างสารกรองน้อยกว่าวันละ 1-2 ครั้ง	14
3.11	เครื่องกรองที่มี $t_1 = t_2$	14
4.1	ไดอะแกรมอุปกรณ์การกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น	22
4.2	ไดอะแกรมอุปกรณ์การกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลลง	23
4.3	ผลการทดลองจาร์เทสต์ ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU กับ พีเอชสุดท้าย	25
5.1	ผลการทดลองจาร์เทสต์ หาพีเอชที่เหมาะสม ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU	28
5.2	ผลการทดลองจาร์เทสต์ หาความเข้มข้นสารส้มที่เหมาะสม ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU	29
5.3	ผลการทดลองจาร์เทสต์ หาความเข้มข้นสารส้มที่เหมาะสม ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU	29
5.4	ผลการทดลองจาร์เทสต์ หาความเข้มข้นสารส้มที่เหมาะสม ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU	30
5.5	ผลการทดลองจาร์เทสต์ หาความเข้มข้นสารส้มที่เหมาะสม ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU	30
5.6	ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU,อัตรากรอง 20 ม./ชม.,ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.	33

รูปที่ หน้า

5.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU,อัตรากรอง 15 ม./ชม.,ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....33

5.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU,อัตรากรอง 10 ม./ชม.ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....34

5.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU,อัตรากรอง 5 ม./ชม.ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....34

5.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU,อัตรากรอง 20 ม./ชม.ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....35

5.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU,อัตรากรอง 15 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....35

5.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU,อัตรากรอง 10 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....36

5.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU,อัตรากรอง 5 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม.และแบบไหลลง 0.5 มม.....36

5.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU,อัตรากรอง 20 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....38

5.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU,อัตรากรอง 15 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....38

5.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU,อัตรากรอง 10 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....39

รูปที่ หน้า

5.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU,อัตรากรอง 5 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....39

5.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU,อัตรากรอง 20 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....40

5.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU,อัตรากรอง 15 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....40

5.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU,อัตรากรอง 10 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....41

5.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU,อัตรากรอง 5 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....41

5.22 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU,อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม.,ขนาดทราย 0.6 มม.....44

5.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU,อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม.,ขนาดทราย 0.6 มม.....44

5.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU,อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม.,ขนาดทราย 0.6 มม.....45

5.25 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง กับ เวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU,อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม.,ขนาดทราย 0.6 มม.....45

5.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง,ประสิทธิภาพการกรอง กับ ขนาดทราย ของเครื่องกรองแบบไหลขึ้น ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU, อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม., ขนาดทราย 0.3-1.2 มม.....49

5.27 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง,ประสิทธิภาพการกรอง กับ ขนาดทราย ของเครื่องกรองแบบไหลขึ้น ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU, อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม., ขนาดทราย 0.3-1.2 มม.....49

รูปที่ หน้า

5.28 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง,ประสิทธิภาพการกรอง กับ ขนาดทราย ของเครื่องกรองแบบไหลขึ้น ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU, อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม., ขนาดทราย 0.3-1.2 มม.....50

5.29 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความขุ่นน้ำกรอง,ประสิทธิภาพการกรอง กับ ขนาดทราย ของเครื่องกรองแบบไหลขึ้น ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU, อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม., ขนาดทราย 0.3-1.2 มม.....50

5.30 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU, อัตรากรอง 20 ม./ชม.,ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....52

5.31 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU, อัตรากรอง 15ม./ชม.,ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....52

5.32 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU, อัตรากรอง 10 ม./ชม.,ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....53

5.33 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU, อัตรากรอง 5 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....53

5.34 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU, อัตรากรอง 20 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....54

5.35 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU, อัตรากรอง 15 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....54

5.36 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU, อัตรากรอง 10 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....55

5.37 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU, อัตรากรอง 5 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....55

รูปที่ หน้า

5.38 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU, อัตรากรอง 20 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....57

5.39 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU, อัตรากรอง 15 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....57

5.40 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU, อัตรากรอง 10 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....58

5.41 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU, อัตรากรอง 5 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....58

5.42 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU, อัตรากรอง 20 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.6,0.9,1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....59

5.43 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU, อัตรากรอง 15 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....59

5.44 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU, อัตรากรอง 10 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....60

5.45 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU, อัตรากรอง 5 ม./ชม., ขนาดทรายกรองแบบไหลขึ้น 0.3,0.6,0.9, 1.2 มม. และแบบไหลลง 0.5 มม.....60

5.46 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ของเครื่องกรองแบบไหลขึ้น ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50 NTU,อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม., ขนาดทราย 1.2 มม.....62

5.47 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ของเครื่องกรองแบบไหลขึ้น ที่ความขุ่นน้ำดิบ 30 NTU,อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม., ขนาดทราย 1.2 มม.....62

รูปที่ หน้า

5.48 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ของเครื่องกรองแบบไหลขึ้น ที่ความขุ่นน้ำดิบ 20 NTU,อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม., ขนาดทราย 1.2 มม.....63

5.49 ความสัมพันธ์ระหว่าง หัวน้ำสูญเสียกับเวลา ของเครื่องกรองแบบไหลขึ้น ที่ความขุ่นน้ำดิบ 10 NTU,อัตรากรอง 20,15,10,5 ม./ชม., ขนาดทราย 1.2 มม.....65

ผ1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความขุ่น กับ ความเข้มข้นคาโอลิน.....85

ผ2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราน้ำล้างย้อนกับขนาดทรายกับขนาดทราย..86