บทที่ 5

วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 คุณภาพของน้ำบาดาลสังเคราะห์

เนื่องจากน้ำบาดาลที่ใช้เป็นน้ำบาดาลสังเคราะห์ที่ได้จากการผสม $FeSO_4 . 7H_2O$ กับน้ำประปา ซึ่งจากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าน้ำประปามีคุณภาพดีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากได้ผ่านขั้นตอนการควบคุมคุณภาพต่าง ๆ ในช่วงการผลิตก่อนที่จะจ่ายมาตามเส้นท่อ ดังนั้นเมื่อเติม $FeSO_4.7H_2O$ ลงไป จึงมีเพียงปริมาณเหล็กเท่านั้นที่มีค่าสูงขึ้นมาขณะที่ดัชนีคุณภาพน้ำตัวอื่น ๆ มีค่าคงที่ แต่ในน้ำบาดาลธรรมชาติซึ่งมีแหล่งกำเนิดอยู่ใต้ดิน คุณภาพน้ำจะต่างออกไป เนื่องจากน้ำฝนหรือน้ำผิวดินที่ไหลซึมผ่านชั้นดินหินจะชะพาเอาแร่ธาตุที่มีอยู่ในชั้นดินเหล่านั้นลงสู่แหล่งน้ำบาดาล ทำให้คุณภาพน้ำบาดาลในธรรมชาติแตกต่างออกไปจากน้ำบาดาลที่สังเคราะห์ขึ้นใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดัชนีคุณภาพน้ำที่แตกต่างเหล่านี้ ซึ่งได้แก่ pH ความกระด้าง ปริมาณสารอินทรีย์ แร่ธาตุต่าง ๆ อาจจะมีผลต่อการตกตะกอนเหล็กในน้ำบาดาลธรรมชาติ โดยจะขัดขวางการเกิด oxidation ของเหล็ก ความแตกต่างของคุณภาพน้ำดิบดังกล่าวจะไม่มีผลต่อการทำงานของตัวกรองหรือกลไกการกรองโดยตรงแต่จะมีผลทางอ้อม คือ มีผลต่อการเตรียมน้ำดิบก่อนเข้าเครื่องกรอง ซึ่งก็คือขั้นตอนของการเปลี่ยนสถานะของเหล็กจากสถานะที่ไม่ละลายน้ำเป็นสถานะที่เป็นของแข็งหรือตะกอน ซึ่งจะถูกตัวกรองดักออกจากน้ำได้โดยกลไกการกรองแบบต่าง ๆ เมื่อผ่านน้ำดิบนั้น ๆ เข้าสู่ถังกรอง ดังนั้นหากมีการนำเอาผลการทดลองครั้งนี้ไปใช้กรองน้ำบาดาลในธรรมชาติ ขั้นตอนของการเตรียมน้ำดิบก่อนเข้าเครื่องกรองหรือการทำให้เหล็กเกิดการตกตะกอนอาจจะไม่สามารถใช้เพียงการเติมอากาศแบบธรรมดาอย่างที่ทดลองได้ เนื่องจากน้ำบาดาลในธรรมชาติอาจจะมีสารหรือแร่ใด ๆ ที่ขัดขวางการ oxidation ของเหล็กดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งจะทำให้เหล็กตกตะกอนได้ไม่หมด ส่งผลให้มีเหล็กบางส่วนอยู่ในรูปของสารละลาย เมื่อจ่ายน้ำดิบเข้าเครื่องกรองสารกรองจะไม่สามารถกรองเหล็กในรูปดังกล่าวออกมาได้

ดังนั้นในการนำผลการทดลองนี้ไปใช้กับน้ำบาดาลในธรรมชาติ จึงต้องพิจารณาคุณภาพ

น้ำบาดาลนั้น ๆ ก่อนว่าเป็นอย่างไร จากนั้นต้องพิจารณาต่อไปว่าการเตรียมน้ำก่อนเข้าเครื่องกรองจะใช้วิธีใดจึงเหมาะสม ตัวอย่างเช่น ในบางครั้งในการเตรียมน้ำดิบจะต้องทำการเติมสารออกซิไดซ์ที่แรงกว่าออกซิเจน เช่นด่างทับทิม แทนการเติมอากาศแบบธรรมดา หากน้ำบาดาลนั้นมีตัวขัดขวางการตกตะกอนของเหล็ก เช่นพวกกรดฮิวมิค หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ หรือการเติมปูนขาวภายหลังการเติมอากาศกรณีที่น้ำบาดาลนั้น มีความกระด้างสูง นอกจากนี้ในบางครั้งก็ต้องเพิ่มถังตกตะกอนเข้าไปในขั้นตอนการเตรียมน้ำดิบด้วย ถ้าหากว่าน้ำบาดาลนั้นมีความขุ่นสูงโดยทั้งนี้อาจจะต้องเติมสารพวก coagulant เช่นสารส้มเข้าช่วยในการตกตะกอน ก่อนที่จะส่งน้ำดิบเข้าถังกรอง ทั้งนี้ก็เพื่อยืดอายุการใช้งานของสารกรองให้นานขึ้น

5.2 ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาล

จากผลการทดลองเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลของถ่านทรายไม่คัดขนาด เถ้าแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น ที่มีความสูงของตัวกรอง 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตรโดยทำการกรองน้ำบาดาลที่มีความเข้มข้นของเหล็กในน้ำ 5, 10 และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร ด้วยอัตราการกรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต. สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อนำประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลระหว่างตัวกรองทั้ง 4 ชนิดข้างต้น มาเปรียบเทียบกัน จะเห็นได้ว่า เถ้าแกลบเป็นตัวกรองที่มีประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลที่มีความเข้มข้นของเหล็กทั้ง 3 ระดับ (5,10,14 มิลลิกรัม/ลิตร) ในทุกอัตรากรอง (1 และ 2 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต) ได้ดีกว่าตัวกรองอีก 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทุกขนาดความสูงของตัวกรอง (10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร) ผลสรุปนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Sivilla (1971) และ Jaksirinont (1973) แม้ว่าทั้งสองจะสรุปไว้ในเรื่องของการลดความขุ่น แต่อย่างไรก็ตามตะกอนเหล็กก็เป็นส่วนที่ทำให้น้ำมีความขุ่นเกิดขึ้นได้ นอกจากรายงานทั้งสองฉบับนี้แล้ว ผลงานวิจัยของ Low Beng-Peow (1973) และ วิทยา เพียรวิจิตร และวรรณศรี บุญรัตน์พันธ์ (2525) ก็รายงานไว้ในทำนองเดียวกัน เหตุผลที่ทำให้เถ้าแกลบมีประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลมากกว่าตัวกรองอื่น ๆ เนื่องมาจากการที่เถ้าแกลบขนาดมีขนาดเล็กที่สุด โดยมีขนาดประสิทธิผลเท่ากับ 0.18 มิลลิเมตร ในขณะที่ ถ่าน และทรายไม่คัดขนาด มีขนาดประสิทธิผลเท่ากับ 0.84 และ 0.23 มิลลิเมตร ตามลำดับ การที่มีขนาดเล็กกว่าทำให้ช่องว่างระหว่างตัวกรองมีขนาดเล็ก จึงทำให้สามารถดักตะกอนของเหล็กที่มีขนาดโตกว่าขนาดของช่องว่างระหว่างตัวกรองโดยวิธีดักสารแขวนลอย

โดยตรง ได้ดีกว่าและมากกว่า นอกจากนี้ การที่เถ้าแกลบมีขนาดเล็กทำให้มีพื้นที่ผิวที่จะเป็นพื้นที่ที่สำหรับการตกตะกอนและสัมผัสกับตะกอนของเหล็กที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดช่องว่างระหว่างตัวกรองมากกว่า จึงทำให้เถ้าแกลบสามารถกรองเหล็กที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดช่องว่างระหว่างตัวกรองได้ดีกว่าโดยวิธีการตกตะกอน และวิธีการสัมผัสกับผิวของตัวกรอง สำหรับตัวกรองอื่น ๆ ที่เหลือ พบว่า ตัวกรอง 3 ชั้น มีประสิทธิภาพรองลงมา ตามด้วย ทรายไม่คัดขนาด และถ่าน ซึ่งนอกจากจะมีประสิทธิภาพในการกรองเหล็กได้ต่ำที่สุดแล้วยังไม่สามารถลดปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองได้ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร โดยปรากฏว่าน้ำที่ผ่านการกรองด้วยถ่านมีปริมาณเหล็กสูงกว่า 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ในทุกการทดลอง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 - 5.2 และรูปที่ 5.1

สาเหตุของการที่ตัวกรอง 3 ชั้นมีประสิทธิภาพในการกรองดีกว่าทรายนั้น เนื่องจากลักษณะการเรียงตัวของของทรายจะอยู่ในลักษณะที่เม็ดเล็กอยู่ข้างบนและเม็ดใหญ่อยู่ข้างล่าง การเรียงตัวแบบนี้ทำให้การกรองเกิดขึ้นที่ผิวบนของตัวกรอง หากตะกอนที่มีขนาดเล็กสามารถลอดผ่านผิวบนของตัวกรองแล้ว โอกาสที่จะถูกกรองโดยชั้นกรองที่อยู่ลึกลงไปย่อมน้อยลงตามลำดับ เพราะช่องว่างระหว่างเม็ดทรายขยายใหญ่ขึ้นตามทิศทางการไหลของของน้ำ ขณะที่ลักษณะการเรียงตัวของตัวกรอง 3 ชั้นเป็นไปในทางตรงกันข้าม ดังนั้นประสิทธิภาพจึงดีกว่า อย่างไรก็ดี ตัวกรองทั้งสองชนิดนี้ก็สามารถกรองน้ำบาดาลที่มีความเข้มข้นของเหล็กต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี คือมีปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองได้น้อยกว่า 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ในทุกการทดลอง

2. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลของถ่าน ทรายไม่คัดขนาด เถ้าแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น ในแต่ละชั้นของความสูงเท่ากันซึ่งใช้อัตราการกรองที่แตกต่างกันคือ 1 และ 2 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต. พบว่าตัวกรองทุกชนิดซึ่งมีความสูงของชั้นตัวกรองต่าง ๆ คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ที่ทดลองโดยใช้อัตรากรอง 1 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต. มีประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลได้มากกว่าการกรองที่อัตรา 2 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่ออัตรากรองมากขึ้น ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านช่องว่างระหว่างตัวกรองจะสูงขึ้นด้วย เมื่อความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านช่องว่างระหว่างตัวกรองสูงขึ้น ปริมาณเหล็กที่ผ่านเข้าตัวกรองต่อหน่วยเวลาก็มากขึ้นทำให้การกรองเหล็กโดยการกรองเกิดได้น้อยลงและทำให้เหล็กสามารถแทรกตัวลงไปในชั้นของตัวกรองได้ลึกและมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลของอัตรากรอง 2 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต มีค่าน้อยกว่าการกรองด้วยอัตรากรอง 1 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต ความแตกต่างของประสิทธิภาพนี้จะเห็นได้ชัดเจน

เมื่อตัวกรองมีความสูงน้อย ๆ และจะลดลงตามลำดับเมื่อความสูงของตัวกรองเพิ่มมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 4.7 - 4.10 ผลต่างของประสิทธิภาพในการกรองเหล็กระหว่างอัตรากรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต ของทรายไม่คัดขนาด เถ้าแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น ที่ความสูง 10 เซนติเมตร จะมีค่ามากที่สุด และผลต่างนี้จะลดลงเรื่อย ๆ ตามระดับความสูงของตัวกรอง แสดงว่าเหล็กที่สามารถแทรกตัวลงไปได้ลึกมากขึ้นเนื่องจากอัตรากรองที่มากขึ้นนั้น ถูกกรองโดยตัวกรองที่อยู่ลึกลงไปตลอดชั้นความลึกของตัวกรองจนมีปริมาณน้อยลงตลอดเวลาที่ความสูงของตัวกรองเพิ่มขึ้น แต่พบว่าถ่านจะไม่มีพฤติกรรมในลักษณะดังกล่าว เนื่องจากมีขนาดของอนุภาคค่อนข้างใหญ่ จึงทำให้ช่องว่างระหว่างตัวกรองมาก ตะกอนของเหล็กจึงสามารถลงไปได้ตลอดชั้นความลึก ค่าความแตกต่างดังกล่าวจึงไม่เป็นไปในทำนองเดียวกับตัวกรองอีก 3 ชนิด

3. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลของถ่าน ทรายไม่คัดขนาด เถ้าแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น แต่ละชนิด ที่แต่ละความสูง คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 เซนติเมตร ในทุกการทดลอง พบว่า เมื่อตัวกรองมีความสูงมากขึ้น ประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลของตัวกรองก็มากขึ้นด้วยตามลำดับทั้งสองอัตรากรอง ทั้งนี้เป็นเพราะตัวกรองส่วนที่อยู่ในระดับลึกลงมาจะทำหน้าที่กรองเหล็กในน้ำส่วนที่เหลือจากการกรองของตัวกรองส่วนบนได้เพิ่มขึ้น และเนื่องจากตัวกรองส่วนบนได้ทำหน้าที่กรองเหล็กก่อนตัวกรองส่วนล่าง จึงทำให้ตัวกรองส่วนบนทำหน้าที่กรองตะกอนเหล็กทั้งที่มีขนาดของตะกอนใหญ่กว่าและเล็กกว่าขนาดช่องว่างระหว่างตัวกรองด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วในข้อ 1 ในขณะที่ตัวกรองที่อยู่ในระดับลึก ๆ ลงไปก็ทำหน้าที่กรองตะกอนเหล็กที่มีขนาดตะกอนเล็กกว่าขนาดช่องว่างระหว่างตัวกรองที่เหลือจากการถูกกรองโดยตัวกรองส่วนบน ๆ ขึ้นไป ซึ่งจะมีปริมาณน้อยลงตลอดเวลาตามระดับความลึกมากขึ้น ดังนั้นปริมาณเหล็กที่ถูกกรองได้จึงมากที่สุดในช่วงระดับความลึก 0 - 10 เซนติเมตร และลดหลั่นลงไปเรื่อย ๆ เมื่อระดับความลึกมากขึ้นและจะน้อยที่สุดในช่วงระดับความลึก 40 - 50 เซนติเมตร โดยจะสังเกตุได้ว่า ค่าความแตกต่างของประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลของตัวกรองต่าง ๆ จะค่อย ๆ ลดลงตามความลึกของตัวกรอง คือ ผลต่างของประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลที่ระดับ 10 กับ 20 เซนติเมตร จะมีค่ามากที่สุดขณะที่ผลต่าง ๆ ของประสิทธิภาพดังกล่าวที่ระดับ 40 กับ 50 เซนติเมตรมีค่าน้อยที่สุด

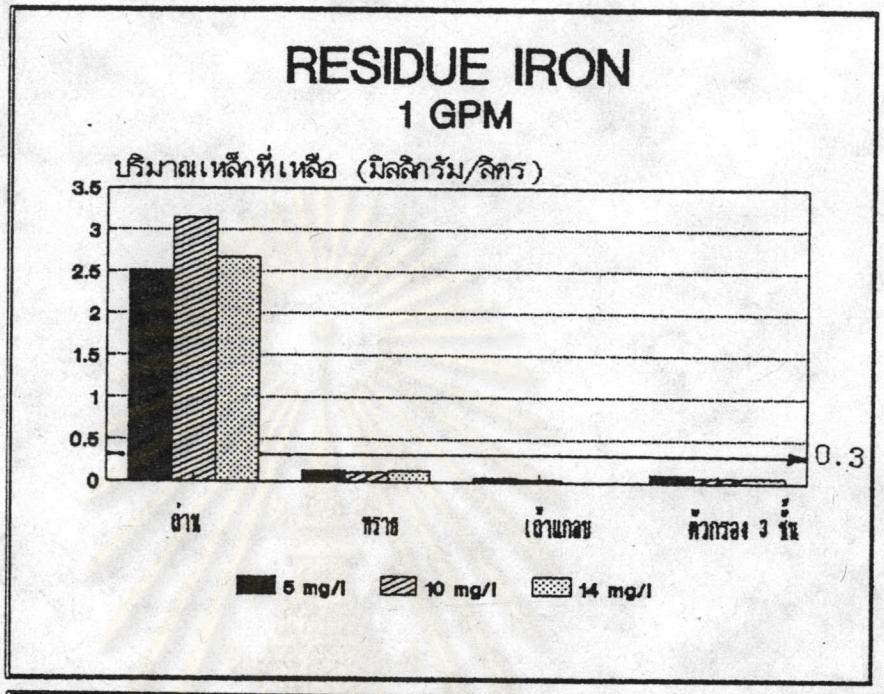
ตารางที่ 5.1 ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัม/ลิตร)ในน้ำที่ผ่านการกรองโดยตัวกรองถ่าน ทรายไม่คัดขนาด เถ้าแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น ที่อัตรากรอง 1 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต

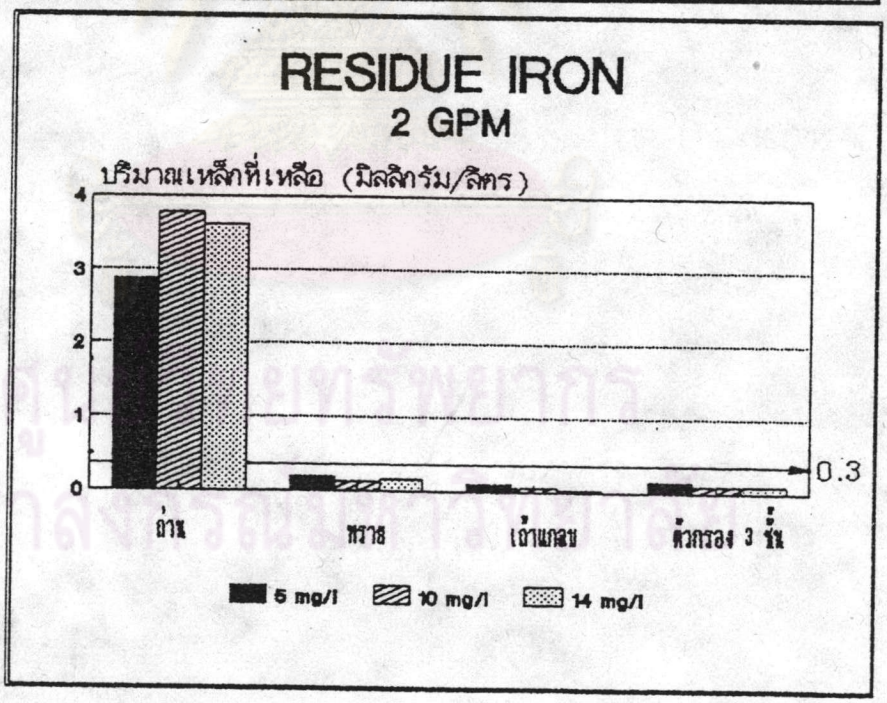
ตัวกรอง	อัตรากรอง แกลลอน/ นาที/ตารางฟุต	ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำบาดาล (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัม/ลิตร)ในน้ำที่กรองได้ ที่ระดับความสูงของตัวกรอง (เซนติเมตร)				
			10	20	30	40	50
ถ่าน	1	5.05	4.17	4.01	3.45	2.95	2.51
	1	10.05	6.87	6.10	4.62	3.79	3.14
	1	14.09	8.21	6.60	4.74	3.93	2.67
ทรายไม่คัดขนาด	1	5.02	2.39	0.89	0.44	0.25	0.14
	1	10.10	1.47	0.45	0.19	0.13	0.11
	1	14.09	1.04	0.25	0.21	0.15	0.13
เถ้าแกลบ	1	5.05	2.32	0.75	0.31	0.10	0.06
	1	10.14	1.12	0.33	0.11	0.04	0.03
	1	14.16	0.22	0.09	0.07	0.04	0.01
ตัวกรอง 3 ชั้น	1	5.09	4.37	1.90	0.63	0.23	0.09
	1	10.09	7.90	2.56	0.28	0.10	0.06
	1	14.03	10.69	1.32	0.27	0.10	0.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรองโดยตัวกรองถ่าน ทรายไม่คัดขนาด เถ้าแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น (มิลลิกรัม/ลิตร) ใช้อัตรากรอง 2 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต

ตัวกรอง	อัตรากรอง แกลลอน/ นาที/ตารางฟุต	ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำบาดาล (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัม/ลิตร) ในน้ำที่กรองได้ ที่ระดับความสูงของตัวกรอง (เซนติเมตร)				
			10	20	30	40	50
ถ่าน	2	5.08	4.37	4.18	3.88	3.30	2.88
	2	10.07	7.79	6.81	5.72	4.99	3.78
	2	14.06	9.15	7.50	6.08	5.23	3.61
ทรายไม่คัดขนาด	2	5.04	3.21	1.63	0.59	0.33	0.19
	2	9.99	3.45	0.62	0.24	0.17	0.13
	2	14.02	2.01	0.63	0.24	0.19	0.16
เถ้าแกลบ	2	5.09	2.87	1.18	0.48	0.21	0.12
	2	10.00	1.96	0.48	0.19	0.10	0.06
	2	14.23	0.36	0.12	0.10	0.07	0.03
ตัวกรอง 3 ชั้น	2	5.03	4.61	2.35	0.98	0.29	0.15
	2	10.18	9.13	3.02	0.36	0.13	0.09
	2	14.05	11.04	1.58	0.33	0.16	0.09





รูปที่ 5.1 ปริมาณเหล็กที่เหลืออยู่ในน้ำที่ผ่านการกรองโดยถ่าน ทรายไม่คัดขนาด เถ้าแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น

4. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลของถ่านทรายไม่คัดขนาด เถ้าแกลบ และตัวกรอง 3 ชั้น แต่ละชนิด ที่ทำการกรองน้ำบาดาลที่มีความเข้มข้นของเหล็กแตกต่างกัน สรุปผลได้ว่า ประสิทธิภาพมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเหล็กในน้ำบาดาลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก การกรองตะกอนเหล็กเกิดขึ้นโดยการตกตะกอน หรือถูกกรองโดยการดักโดยตรง ดังได้กล่าวมาในตอนต้น ตามระดับความลึกของตัวกรอง ตะกอนเหล่านี้จะไปตกค้างตามช่องว่างระหว่างตัวกรองทำให้ช่องว่างลดลง ซึ่งจะส่งผลให้ตะกอนเหล็กถูกกรองได้มากขึ้น ดังนั้นเมื่อความเข้มข้นของเหล็กที่มากขึ้นจะทำให้เกิดตะกอนเหล็กมากขึ้นด้วย ซึ่งเท่ากับว่าเป็นการเพิ่มปริมาณตะกอนที่จะไปอุดตันให้มากขึ้น

5.2 อายุการกรอง

อายุการกรองของตัวกรองในที่นี้ พิจารณาจากความผิดของตัวกรองซึ่งหมายถึงระยะเวลาในการกรองอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ความผิดของตัวกรองมีค่าน้อยที่สุดไปจนกระทั่งความผิดของตัวกรองมีค่าเท่ากับ 180 เซนติเมตร ดังนั้นอายุการกรองของตัวกรองจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความผิดของตัวกรองหรือความดันของน้ำที่สูญเสียไปว่าจะเกิดขึ้นมากและเร็วเพียงใด จากหัวข้อที่ 2.2.2 และสมการต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณความผิดของตัวกรองที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าองค์ประกอบที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อความผิดของตัวกรอง ได้แก่ ความสูงของตัวกรอง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวกรอง และความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านตัวกรอง ซึ่งความผิดของตัวกรองจะเพิ่มขึ้น เมื่อความสูงของตัวกรองมากขึ้นหรือเมื่ออัตราการกรองมากขึ้นและความผิดของตัวกรองจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของตัวกรองที่ลดลง

จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.19 - 4.20 และรูปที่ 4.21 - 4.22 เมื่อนำอายุการกรองของตัวกรองทั้ง 4 ชนิดมาเปรียบเทียบกันจะสามารถเรียงลำดับจากน้อยไปหามากได้ดังนี้ เถ้าแกลบ ทรายไม่คัดขนาด ตัวกรอง 3 ชั้น และถ่าน นอกจากนี้จะสังเกตุได้ว่าเมื่ออัตรากรองเพิ่มขึ้น อายุการกรองจะสั้นลง ซึ่งเป็นเช่นเดียวกันเมื่อความเข้มข้นของเหล็กในน้ำบาดาลเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้เกิดขึ้นในทุกการทดลองทั้งอัตรากรอง 1 และ 2 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต. สรุปได้ว่าผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพราะเถ้าแกลบมีขนาดประสิทธิผลเล็กที่สุด นอกจากนี้รูปร่างของเถ้าแกลบยังมีลักษณะเป็นแท่งยาวทำให้การเรียงตัวของตัวกรองในชั้นกรองเกิดได้แน่นกว่าตัวกรองอื่น ๆ ที่มีรูปร่างค่อนข้างกลม ช่องว่างระหว่างตัวกรองจึงน้อยกว่า การอุดตันของตะกอนเหล็กจึงเกิดได้เร็วกว่าส่งผลให้ความ

ฝืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อายุการกรองจึงสั้นที่สุด อายุการกรองที่นานที่สุดเกิดขึ้นเมื่อใช้ถ่านเป็นตัวกรองในทุกการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณเหล็กในน้ำที่กรองได้จากตารางที่ 5.1 - 5.2 และรูปที่ 5.1 พบว่าน้ำที่ผ่านการกรองมีปริมาณเหล็กเหลืออยู่มากกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก คือมากกว่า 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร

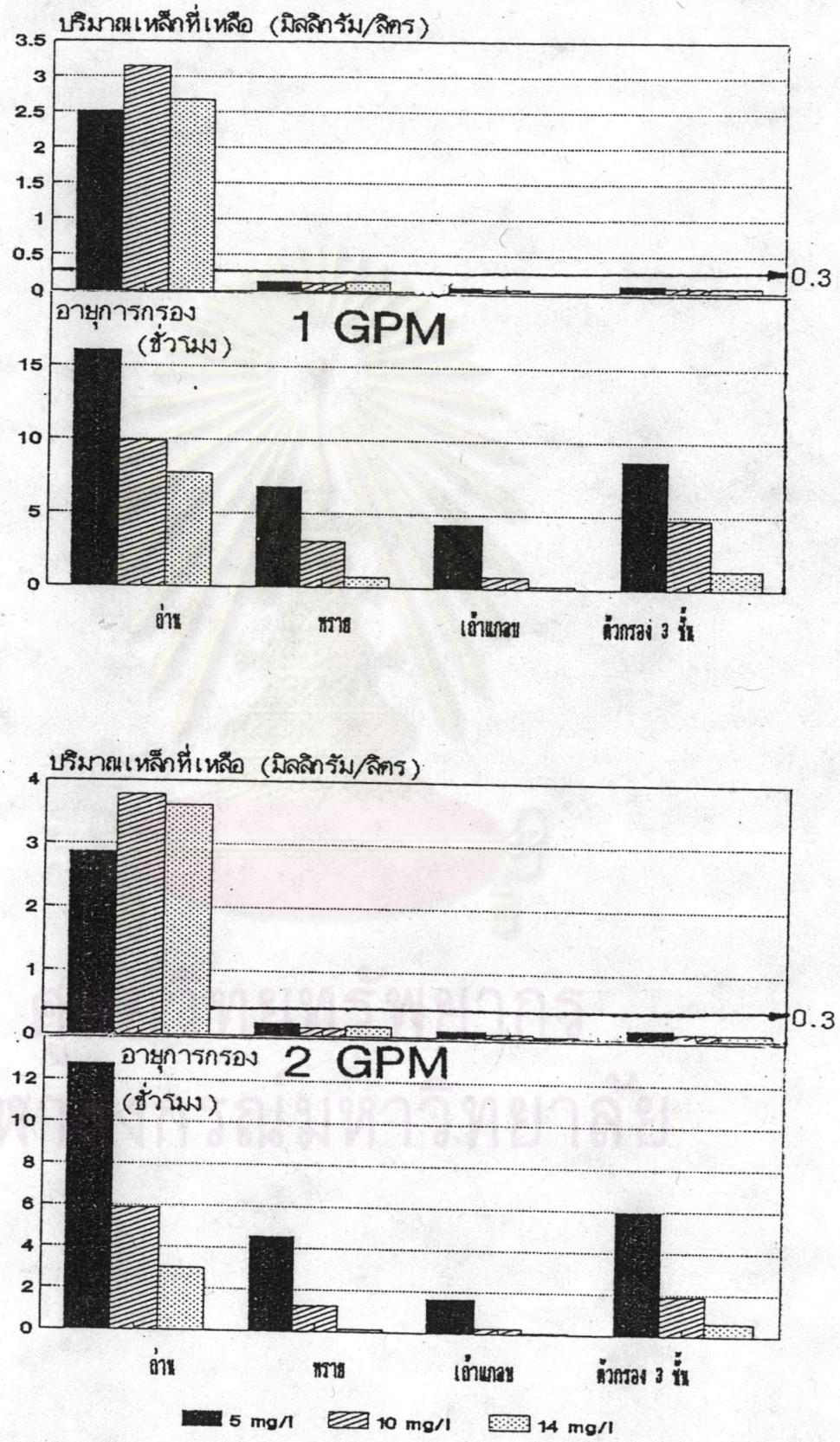
5.3 การนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้กับเครื่องกรองน้ำบาดาลในภาคสนาม

จากผลการทดลองครั้งนี้ จะเห็นว่าแม้เถ้าแกลบจะมีประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลที่ดีกว่าตัวกรองทุกชนิด แต่เมื่อพิจารณาถึงอายุการกรองที่สั้นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับตัวกรองอื่น ๆ ในทุกการทดลอง จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวกรอง เนื่องจากอายุการกรองที่สั้นจะทำให้ต้องเปลี่ยนหรือล้างตัวกรองบ่อย ๆ ซึ่งไม่สดวกในทางปฏิบัติ ทั้งยังสิ้นเปลืองแรงงานโดยใช่เหตุ สำหรับถ่านนั้นปรากฏว่าไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นตัวกรองเหล็กในความเข้มข้นทั้ง 3 ค่าในการวิจัยครั้งนี้ได้เลย เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลต่ำมากจนไม่สามารถกรองเหล็กในน้ำบาดาลให้เหลือน้อยกว่า 0.3 มิลลิกรัม/ลิตรได้ ส่วนทรายไม่คัดขนาด และตัวกรอง 3 ชั้นนั้น เมื่อเปรียบเทียบกันจะพบว่าตัวกรอง 3 ชั้นจะมีประสิทธิภาพในการกรองเหล็กออกจากน้ำบาดาลที่ดีกว่ารวมทั้งอายุการกรองที่นานกว่าด้วย ดังนั้นตัวกรอง 3 ชั้นจึงนับเป็นตัวกรองที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับ ถ่าน เถ้าแกลบ และทรายไม่คัดขนาด โดยจะมีประสิทธิภาพในการกรองเหล็กได้ดีและมีอายุการกรองที่นานที่สุดเมื่อใช้อัตราการกรอง 1 แกลลอน/นาที/ตารางฟุต โดยน้ำที่กรองได้มีปริมาณเหล็กเหลืออยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลกคือไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 5.2

ในการนำตัวกรอง 3 ชั้นไปใช้งานจริงในชนบทซึ่งเป็นแหล่งที่วัสดุตัวกรอง ถ่าน ทรายไม่คัดขนาด และเถ้าแกลบ หาได้ง่าย การจัดวางชั้นตัวกรองอาจทำการเปลี่ยนแปลงไปจากที่ทำการวิจัยครั้งนี้โดยในการวิจัยครั้งนี้การจัดวางลำดับชั้นของตัวกรอง (ในทางทฤษฎีจะต้องเรียงจากตัวกรองชนิดที่มีขนาดใหญ่ไว้ด้านบนและให้ชั้นของตัวกรองที่มีขนาดเล็กลงมาเป็นชั้นถัดลงไปตามทิศทางการไหลของน้ำ) ได้นำปัจจัยเรื่องเกี่ยวกับการล้างย้อน (back wash) ซึ่งจะกระทำเมื่อตัวกรองสกปรกหรืออุดตันโดยการเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำจากเดิมที่เป็นการไหลจากบนลงล่าง มาเป็นการไหลจากด้านล่างของถังกรองขึ้นสู่ด้านบนเพื่อไล่ตะกอนที่อุดตันอยู่ในช่องว่างระหว่างตัวกรองและระบายทิ้งไป เข้ามาพิจารณาด้วย ลำดับการจัดวางตัวกรองซึ่งใช้ถ่านเป็นชั้นบนสุดก็เนื่องจากการที่ถ่านมีขนาด effective size มากที่สุด ส่วนเถ้าแกลบกับทรายไม่คัด

ขนาด แม้ว่าเถ้าแกลบจะมีขนาด effective size น้อยกว่าทรายไม่คัดขนาดแต่สาเหตุที่เลือกเป็นตัวกรองชั้นที่สองก็ เนื่องจากการที่เถ้าแกลบมีน้ำหนักเบากว่าทรายไม่คัดขนาด และขนาด effective size ที่ใกล้เคียงกัน (effective size ของทรายไม่คัดขนาดเท่ากับ 0.23 ส่วน effective size ของเถ้าแกลบเท่ากับ 0.18) ซึ่งจะเห็นได้ว่าต่างกันไม่มาก โดยคำนึงถึงว่าภายหลังจากทำการล้างย้อนการเรียงลำดับของชั้นสารกรองจะยังคงอยู่ในรูปแบบเดิม เนื่องจากทรายไม่คัดขนาดที่มีน้ำหนักมากกว่าเถ้าแกลบจะตกตะกอนลงมาสู่ก้นถังกรองก่อนเถ้าแกลบเมื่อสิ้นสุดการล้างย้อน แต่ในกรณีที่วัสดุตัวกรองหางง่าย การเปลี่ยนชุดตัวกรองใหม่ทำได้ไม่ลำบาก การเรียงตัวของชั้นตัวกรองอาจสลับชั้นของเถ้าแกลบกับทรายไม่คัดขนาด โดยเอาชั้นของเถ้าแกลบไว้ล่างสุดแทนชั้นทราย (การเรียงชั้นสารกรองจากบนลงล่างจะเป็นชั้นถ่าน ชั้นทรายไม่คัดขนาด และชั้นของเถ้าแกลบ ตามลำดับ) ทำให้การเรียงตัวของช่องว่างระหว่างตัวกรองจะเรียงจากใหญ่ไปหาเล็กอย่างสมบูรณ์แบบ ซึ่งจะดีกว่าการเรียงชั้นตัวกรองอย่างที่ใช้ในการทดลองนี้ การกรองจึงเกิดได้ตลอดชั้นความลึกของตัวกรอง การอุดตันของตะกอนตามช่องว่างของตัวกรองจะเกิดได้ช้ากว่า ซึ่งจะเป็นผลทำให้มีอายุการกรองที่นานกว่าที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้โดยปกติเมื่อน้ำดิบที่จะเข้าถังกรองมีความขุ่นสูง ๆ การตกตะกอนน้ำดิบก่อนจ่ายเข้าถังกรองจะช่วยลดปริมาณตะกอนที่จะไปอุดตันช่องว่างระหว่างตัวกรอง ช่วยยืดอายุการใช้งานของสารกรองทำให้อายุการนานขึ้นด้วย การเพิ่มขั้นตอนของถังพักน้ำหรือถังตกตะกอนจึงน่าจะเป็นการดีสำหรับการยืดอายุการกรองให้นานขึ้นไม่ว่า การจัดเรียงชั้นของสารกรองจะเป็นแบบใด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 ปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านการกรอง และอายุการกรองของตัวกรองทั้ง 4 ชนิด