บทที่ 5

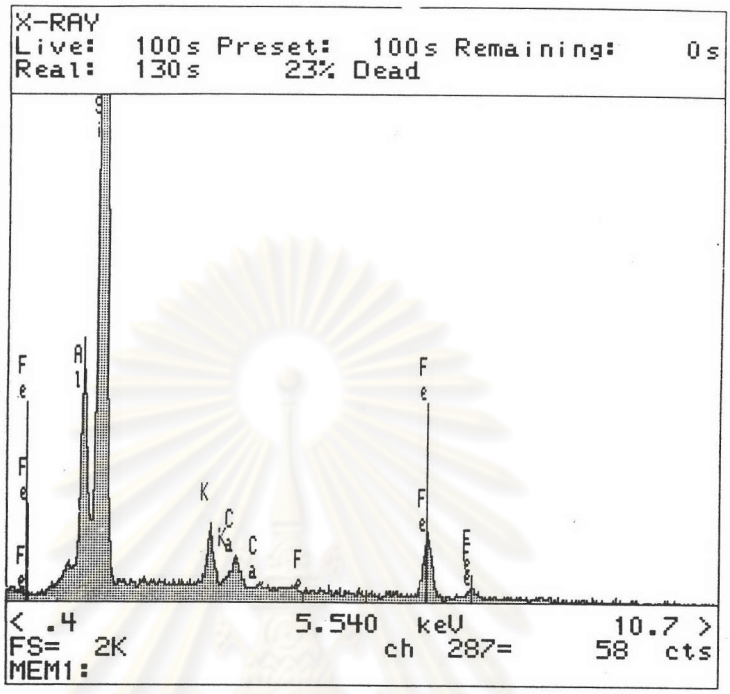
ผลการทดลองและวิจารณ์

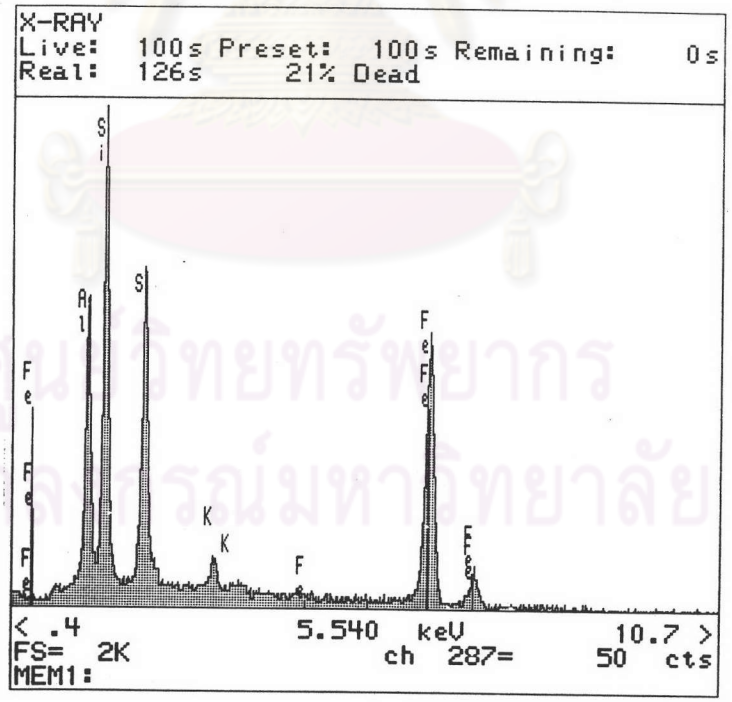
ผลของการเคลือบทรายด้วยออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส

1. ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ มีสีเหลืองปนส้มคล้ายกับสีของสนิมเหล็ก ดังรูป 4.2 ถ้ามองด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าเหล็กจะกระจายอยู่บนผิวทรายอย่างทั่วถึง สังเกตได้จากสีของเม็ดทราย ซึ่งมีสีเหลืองและส้มคละปะปนกันไปขึ้นกับปริมาณของเหล็กที่เคลือบติดบนผิวทรายแต่ละเม็ด ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้ว่ามีเหล็กติดอยู่บนผิวทรายจริงด้วยเครื่อง EDAX วิเคราะห์หาโลหะหรือแร่ธาตุต่างๆ ที่ติดอยู่บนผิวทรายได้ แต่ไม่สามารถทราบถึงปริมาณของโลหะหรือแร่ธาตุนั้น จากรูปที่ 5.1 เปรียบเทียบระหว่างทรายที่ล้างทำความสะอาดแล้วก่อนจะเคลือบและทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ จะเห็นว่ามีเส้นกราฟแสดงธาตุเหล็กปรากฏทั้ง 2 กรณี เนื่องมาจากว่าทรายเป็นแร่ธาตุที่พบตามธรรมชาติมักจะมีเหล็กปะปนอยู่บ้างแล้ว ฉะนั้นทรายที่ยังไม่ได้ทำการเคลือบก็จะมีเส้นกราฟแสดงธาตุเหล็กปรากฏแต่ไม่สูงเท่ากับในกรณีของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์

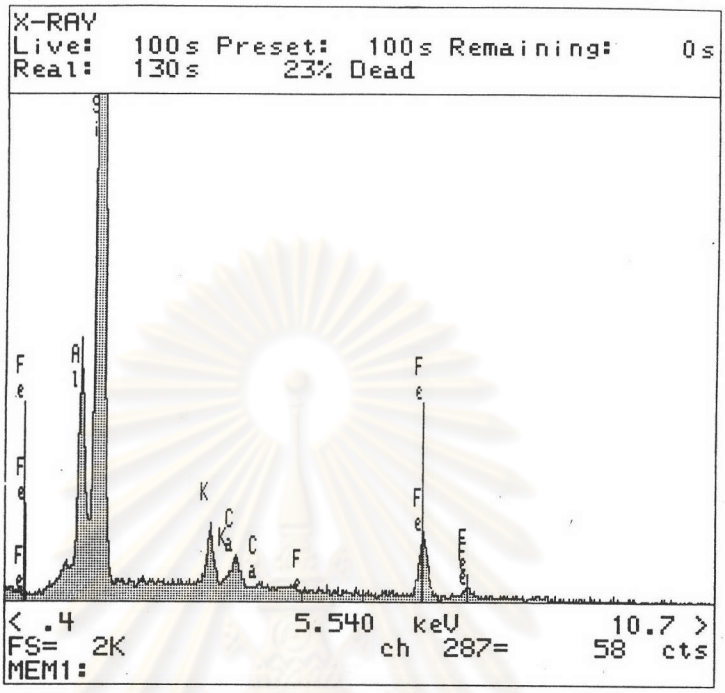
2. ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ มีสีเทาปนดำ ดังรูปที่ 4.2 และจากการตรวจสอบด้วยเครื่อง EDAX จะเห็นว่ามีเส้นกราฟแสดงธาตุแมงกานีสปรากฏ แต่ไม่สูงมากเท่ากับในกรณีของเหล็ก ดังรูป 5.2 เปรียบเทียบระหว่างทรายที่ล้างทำความสะอาดแล้วและทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

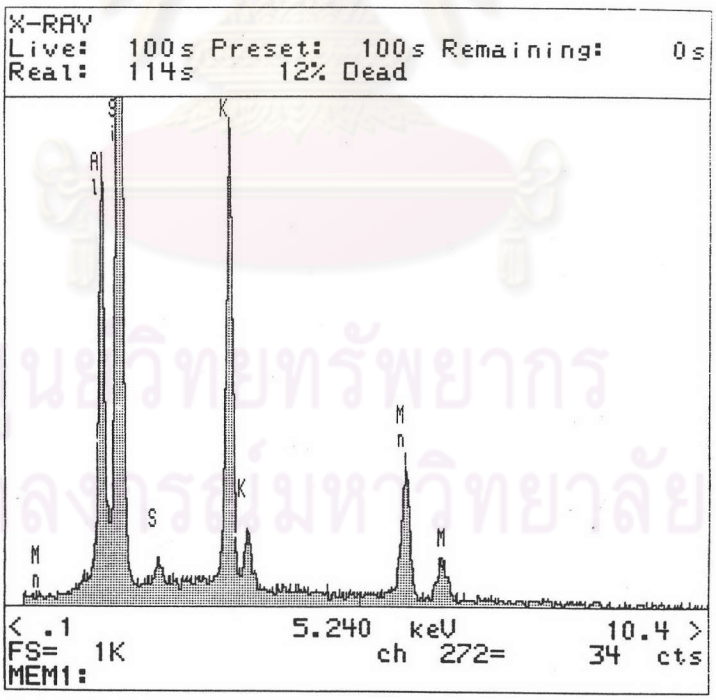
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 5.1 เส้นกราฟแสดงธาตุเหล็กที่ติดบนผิวทรายเปรียบเทียบระหว่างทรายที่ล้างทำความสะอาดก่อนเคลือบ (บน) และทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ (ล่าง) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EDAX





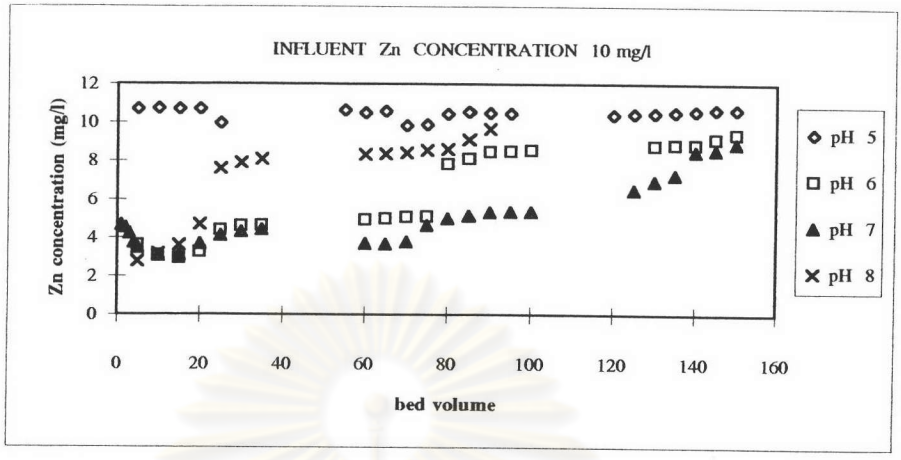
รูปที่ 5.2 เส้นกราฟแสดงธาตุแมงกานีสที่ติดบนผิวทรายเปรียบเทียบระหว่างทรายที่ล้างทำความสะอาดก่อนเคลือบ (บน) และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ (ล่าง) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EDAX

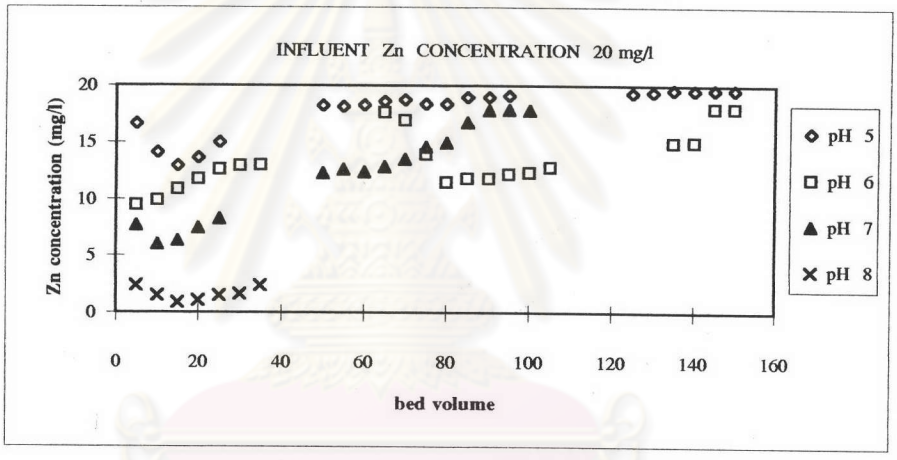
ผลการทดลองและวิจารณ์ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบเหล็กออกไซด์

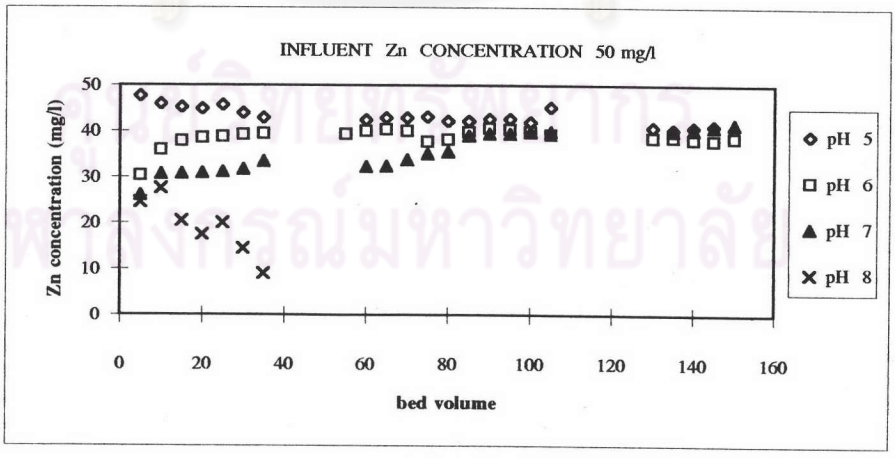
1. ผลของพีเอชที่เหมาะสมต่อระบบเมื่อความเข้มข้นของโลหะหนักที่ศึกษาเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล.

เมื่อป้อนน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีและนิกเกิลเข้าสู่คอลัมน์ที่ความเข้มข้นดังกล่าวและปรับพีเอชตั้งแต่ 5-8 ในแต่ละความเข้มข้น ค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลที่ออกจากระบบแสดงดังรูปที่ 5.3 และ 5.4 พอสรุปได้ว่า ที่พีเอชเท่ากับ 5 เส้นกราฟไม่มีรูปแบบที่แน่นอนเพราะว่าในสภาวะกรด ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์จะมีประจุที่พื้นผิวเป็นบวก และสามารถแลกเปลี่ยนได้เฉพาะไอออนลบ ดังนั้นทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ไม่สามารถแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลได้ดี แต่อาจจะเกิดเฉพาะการดูดติดบนผิวหน้าเท่านั้น จึงทำให้ค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลลดลงได้บ้าง แม้จะเป็นปริมาณน้อยก็ตาม แต่ในกรณีที่พีเอชเท่ากับ 6 และ 7 ค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลจะมีค่าน้อยและจะค่อย ๆ เพิ่มอย่างค่อยเป็นค่อยไป จนกระทั่งประมาณ 100 ปริมาตรชั้นเรซิน ค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออกเริ่มจะเท่ากับค่าความเข้มข้นในน้ำเข้า แสดงว่าในช่วงปริมาตรชั้นเรซินแรก ๆ ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้มากและจะค่อย ๆ ลดลงตามปริมาตรชั้นเรซินที่มากขึ้น จนกระทั่งไม่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้อีกในช่วง 100 ปริมาตรชั้นเรซินขึ้นไป เนื่องจากทรายเคลือบเหล็กออกไซด์หมดสภาพ ควรจะทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพหรือรีเจนเนอเรชันก่อนจะใช้งานต่อไป ส่วนที่พีเอชเท่ากับ 8 ค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออกมีค่าต่ำมาก อาจจะเนื่องมาจากการปรับพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ให้เท่ากับ 8 นั้นทำให้เกิดเม็ดฟล็อคสีขาวของสังกะสีหรือนิกเกิลจับอยู่กับสารปรับพีเอช ซึ่งเป็นสาเหตุให้ความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลลดลงมาก และในกรณีที่พีเอชเท่ากับ 8 นั้น ผลการทดลองไม่สามารถบันทึกได้จนสิ้นสุดที่ 150 ปริมาตรชั้นเรซิน เนื่องจากการสูญเสียเฮดมีผลต่อการทำงานของระบบซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

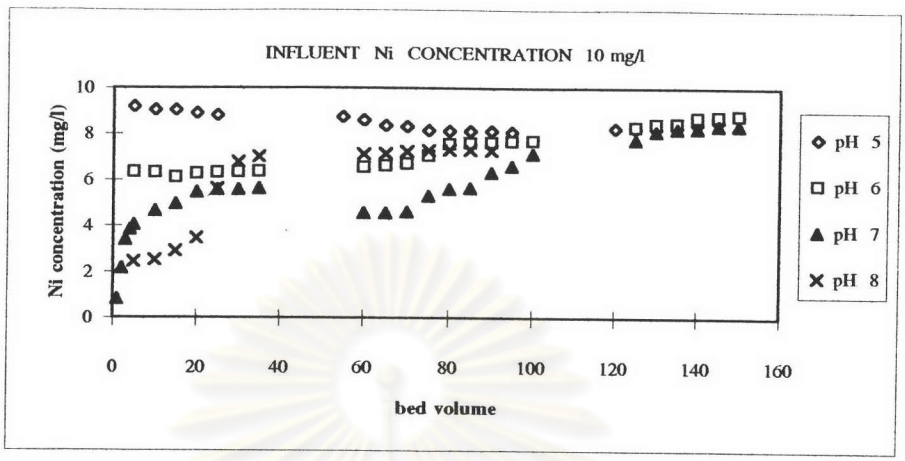
ดังนั้นสามารถสรุปโดยรวมว่า ที่พีเอชเท่ากับ 6 และ 7 ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลได้มากกว่าและหมดสภาพช้ากว่า โดยดูตารางที่ 5.1 และ 5.2 ประกอบ

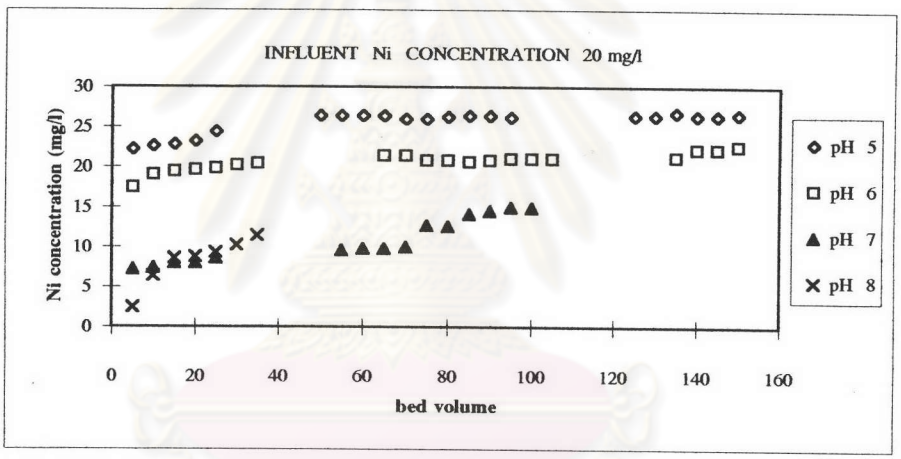


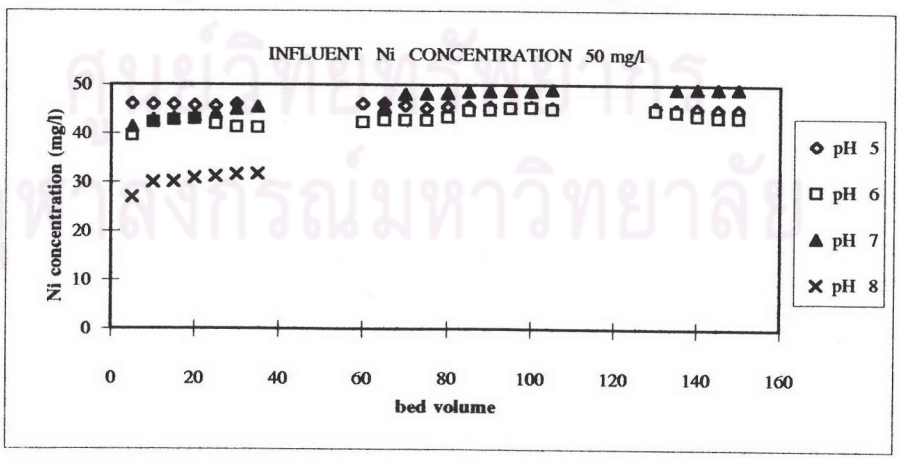




รูปที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำออกที่พีเอช 5, 6, 7และ 8 ตามลำดับ ในกรณีที่ตัวกลางคือ ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์







รูปที่ 5.4 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำออกที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบเหล็กออกไซด์

2. ผลของความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน

ตามปกติในการวัดค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนทั้งหมด หรือค่าความจุรวมจนถึงจุดอิ่มตัวของการแลกเปลี่ยนซึ่งจุดอิ่มตัวของการแลกเปลี่ยนไอออนทั้งหมดคืออัตราส่วนความเข้มข้นเข้าระบบและออกจากระบบเท่ากับ 1 แต่ในการวิจัยครั้งนี้ จุดอิ่มตัวมีค่าประมาณ 0.8 หรือ 150 ปริมาตรชั้นเรซิน

จากตารางที่ 5.1 แสดงปริมาณโลหะสังกะสีที่ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์แลกเปลี่ยนได้ จะเห็นว่าเมื่อความเข้มข้นน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. และ 50 มก./ล. ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนสังกะสีได้มากที่สุดที่พีเอชเท่ากับ 7 แต่ในกรณีที่ความเข้มข้นในน้ำเข้าเท่ากับ 20 มก./ล. ที่พีเอชเท่ากับ 6 สังกะสีถูกแลกเปลี่ยนได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับกราฟรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5.1 ปริมาณโลหะสังกะสีที่ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์แลกเปลี่ยนได้สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีที่ความเข้มข้นและพีเอชต่าง ๆ กัน

ชนิดของเรซิน	ความเข้มข้นของสังกะสี (มก./ล.)	พีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์	ปริมาณโลหะสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./ล. เรซิน)
ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ (IRON OXIDE COATED-SAND)	10	5	508.43
		6	800.43
		7	890.23
		8	360.12
	20	5	1066.36
		6	1709.02
		7	1074.98
		8	512.08
	50	5	2754.26
		6	1978.02
		7	2753.05
		8	1449.70

หมายเหตุ ที่มาดูจากตารางในภาคผนวก

ตารางที่ 5.2 ปริมาณโลหะนิกเกิลที่ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์แลกเปลี่ยนได้สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลที่ความเข้มข้นและพีเอชต่าง ๆ กัน

ชนิดของเรซิน	ความเข้มข้นของนิกเกิล (มก./ล.)	พีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์	ปริมาณโลหะนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./ล. เรซิน)
ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ (IRON OXIDE COATED-SAND)	10	5	613.52
		6	633.64
		7	533.21
		8	255.96
	20	5	1312.54
		6	1215.67
		7	975.01
		8	137.13
	50	5	2330.17
		6	2136.33
		7	2816.83
		8	330.90

หมายเหตุ ที่มาดูจากตารางในภาคผนวก

ปริมาณโลหะนิกเกิลที่ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์แลกเปลี่ยนได้ แสดงดังตารางที่ 5.2 ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 5.4 คือ ที่ความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. และ 20 มก./ล. ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนนิกเกิลได้มากที่สุดที่พีเอชเท่ากับ 6 ส่วนที่ความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำเข้าเท่ากับ 50 มก./ล. พีเอชเท่ากับ 7 ปริมาณของนิกเกิลถูกแลกเปลี่ยนได้มากที่สุด

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าความจุรวม (total capacity) ของตัวกลางทรายเคลือบเหล็กออกไซด์สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์โลหะสังกะสีอย่างเดียวและน้ำเสียสังเคราะห์โลหะนิกเกิลอย่างเดียว

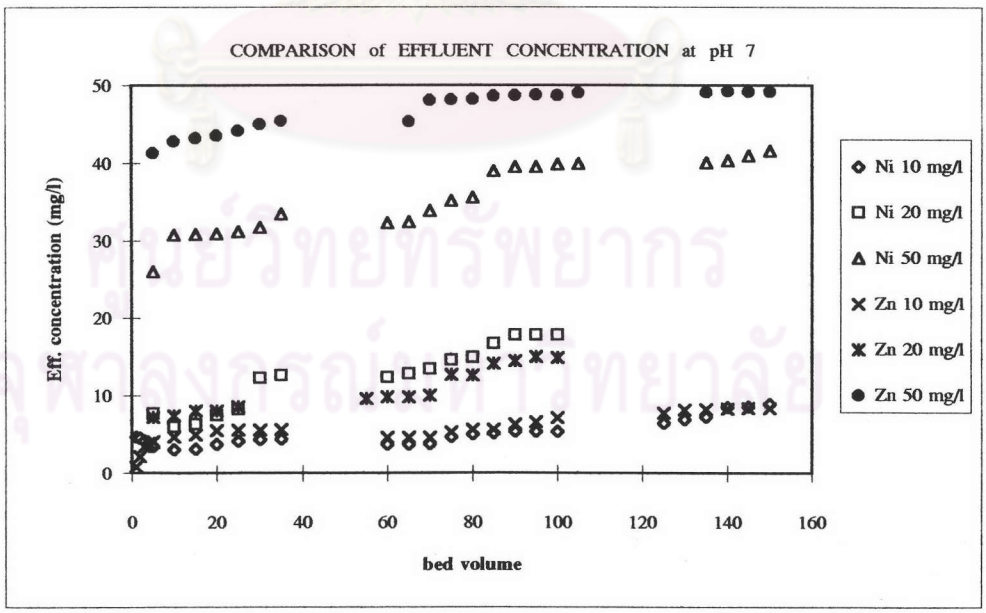
ชนิดของน้ำเสียสังเคราะห์	ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ (มก./ล.)	พีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์	ค่าความจุรวม (eq./l. resin)
โลหะสังกะสี	10	5	0.015
		6	0.024
		7	0.027
		8	0.011
	20	5	0.033
		6	0.052
		7	0.033
		8	0.016
	50	5	0.084
		6	0.060
		7	0.084
		8	0.044
โลหะนิกเกิล	10	5	0.021
		6	0.021
		7	0.018
		8	0.008
	20	5	0.045
		6	0.041
		7	0.033
		8	0.005
	50	5	0.079
		6	0.073
		7	0.096
		8	0.011

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 5.3 เมื่อคำนวณค่าความจุรวมทั้งหมดของการแลกเปลี่ยนไอออนที่จุดอิ่มตัว พิจารณารวมทั้งน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีและน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลสามารถสรุปได้ว่าที่พีเอชเท่ากับ 7 เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และได้ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนสังกะสีที่ความเข้มข้น 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. เท่ากับ 0.027 eq./l , 0.033 eq./l และ 0.084 eq./l ตามลำดับ สำหรับค่าความจุในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลที่ความเข้มข้น 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. เท่ากับ 0.018 eq./l , 0.033 eq./l และ 0.096 eq./l ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าความจุในการแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลนั้นจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน

3. ผลของโลหะที่มีต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน

ในหัวข้อที่ผ่านมาได้สรุปว่าที่พีเอชเท่ากับ 7 เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบ ฉะนั้นในการเปรียบเทียบผลของโลหะที่มีต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์จึงพิจารณาเฉพาะที่พีเอชเท่ากับ 7 ดังแสดงในรูป 5.5 จะเห็นว่าที่ทุกความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลที่ศึกษานั้น เส้นกราฟแสดงค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออกจะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ซึ่งที่ความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. และ 50 มก./ล. ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์สามารถที่จะแลกเปลี่ยนนิกเกิลได้มากกว่าสังกะสี แต่ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 20 มก./ล. ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนสังกะสีได้มากกว่านิกเกิล จากการสังเกตพบว่าเมื่อความเข้มข้นของโลหะใน



รูปที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นในน้ำออกของสังกะสีและนิกเกิลที่พีเอชเท่ากับ 7 ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบเหล็กออกไซด์

น้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 10 มก./ล. และ 20 มก./ล. ค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออกแตกต่างกันน้อยมาก แสดงว่าที่ค่าความเข้มข้นต่ำๆ โลหะไม่มีผลต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ แต่ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 50 มก./ล. ค่าความเข้มข้นในน้ำออกมีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นอาจจะสรุปได้ว่าที่ความเข้มข้นของโลหะในน้ำเข้าสูงๆ โลหะจะมีผลต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน

4. ผลของการสูญเสียเฮดต่อระบบ

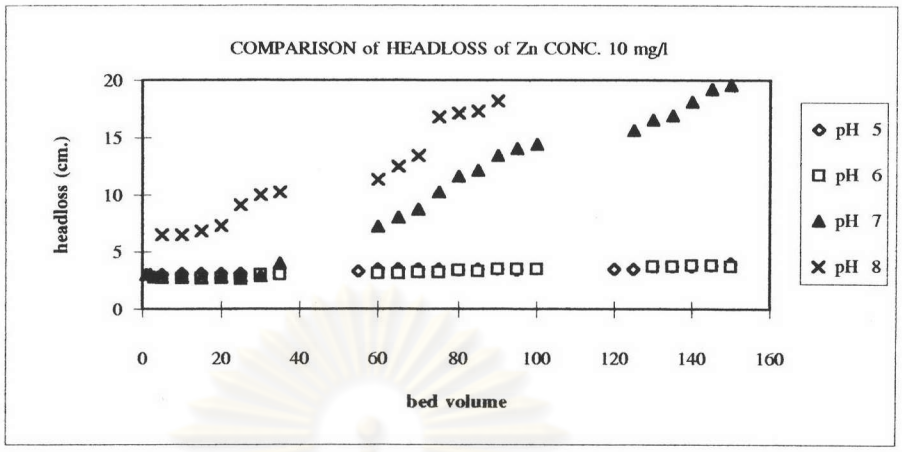
การสูญเสียเฮด หรือ headloss มีผลต่อการทำงานของคอลัมน์ไม่ว่าจะเป็นระบบการกรอง การดูดติดผิว หรือการแลกเปลี่ยนไอออน โดยจากการทดลองนี้จะวัดค่าการสูญเสียเฮดทุก ๆ 5 ปริมาตรชั้นเรซินที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ตามปกติแล้วการเคลือบเหล็กบนตัวกลางจะไม่ค่อยมีผลต่อการสูญเสียเฮดเริ่มต้นมากนัก แต่เมื่อเวลาผ่านไปการสูญเสียเฮดจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ

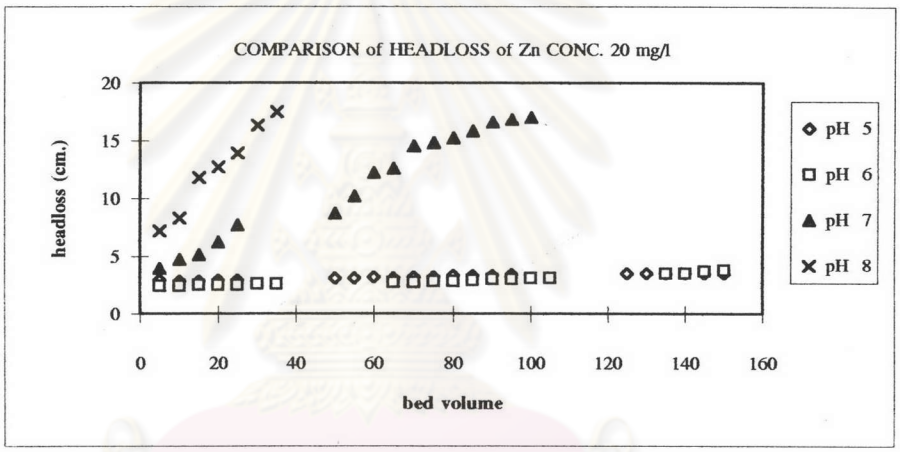
4.1 เปรียบเทียบผลของพีเอชที่มีต่อการสูญเสียเฮด

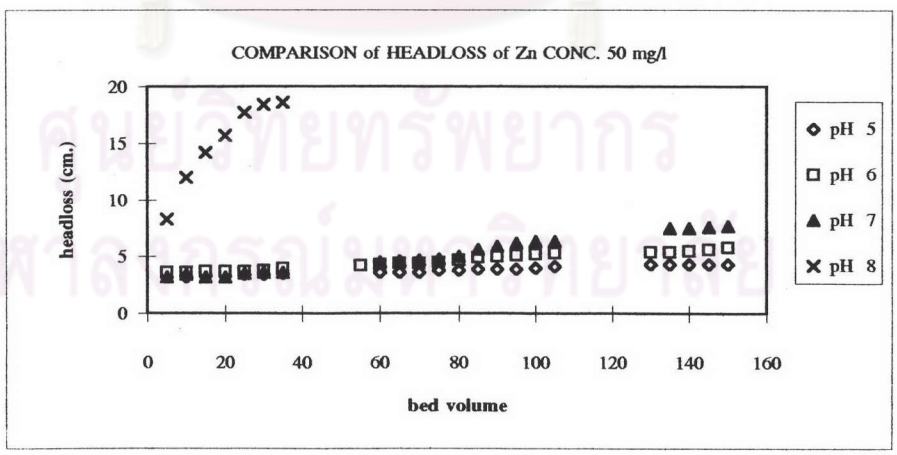
จากรูปที่ 5.6 และ 5.7 เป็นค่าการสูญเสียเฮดในกรณีที่ความเข้มข้นของโลหะในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. โดยจะเปรียบเทียบที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในทุกๆ ความเข้มข้นของน้ำเข้า ค่าการสูญเสียเฮดที่พล็อตกับปริมาตรชั้นเรซินมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก คือ ที่พีเอชเท่ากับ 5 และ 6 ค่าการสูญเสียเฮดจะต่ำมากและค่อนข้างจะคงที่อยู่ที่ค่าการสูญเสียเฮดเริ่มต้นซึ่งมีค่าประมาณ 3-4 ซม. แต่เมื่อปรับพีเอชของน้ำเข้าให้เท่ากับ 7 และ 8 ในช่วงปริมาตรชั้นเรซินแรกๆ ค่าการสูญเสียเฮดจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าการสูญเสียเฮดเริ่มต้น เมื่อเวลาผ่านไป ปริมาตรชั้นเรซินมากขึ้น ค่าการสูญเสียเฮดจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จากการสังเกตพบว่ามีอนุภาคโลหะสีเงินเป็นเงาหรือเม็ดฟล็อคสีขาวเล็กๆ ที่เกิดจากการปรับพีเอชของน้ำเข้าให้สูงขึ้นเคลือบอยู่บนผิวหน้าของชั้นทรายในคอลัมน์มากขึ้น สำหรับกรณีที่พีเอชเท่ากับ 8 นั้น ไม่สามารถทำการทดลองได้จนสิ้นสุดที่ 150 ปริมาตรชั้นเรซินเนื่องจากค่าการสูญเสียเฮดได้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงค่าสูงสุดที่กำหนดไว้คือ ประมาณ 20 ซม. ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่าพีเอชมีผลต่อการสูญเสียเฮด

4.2 เปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของโลหะในน้ำเข้าที่มีต่อการสูญเสียเฮด

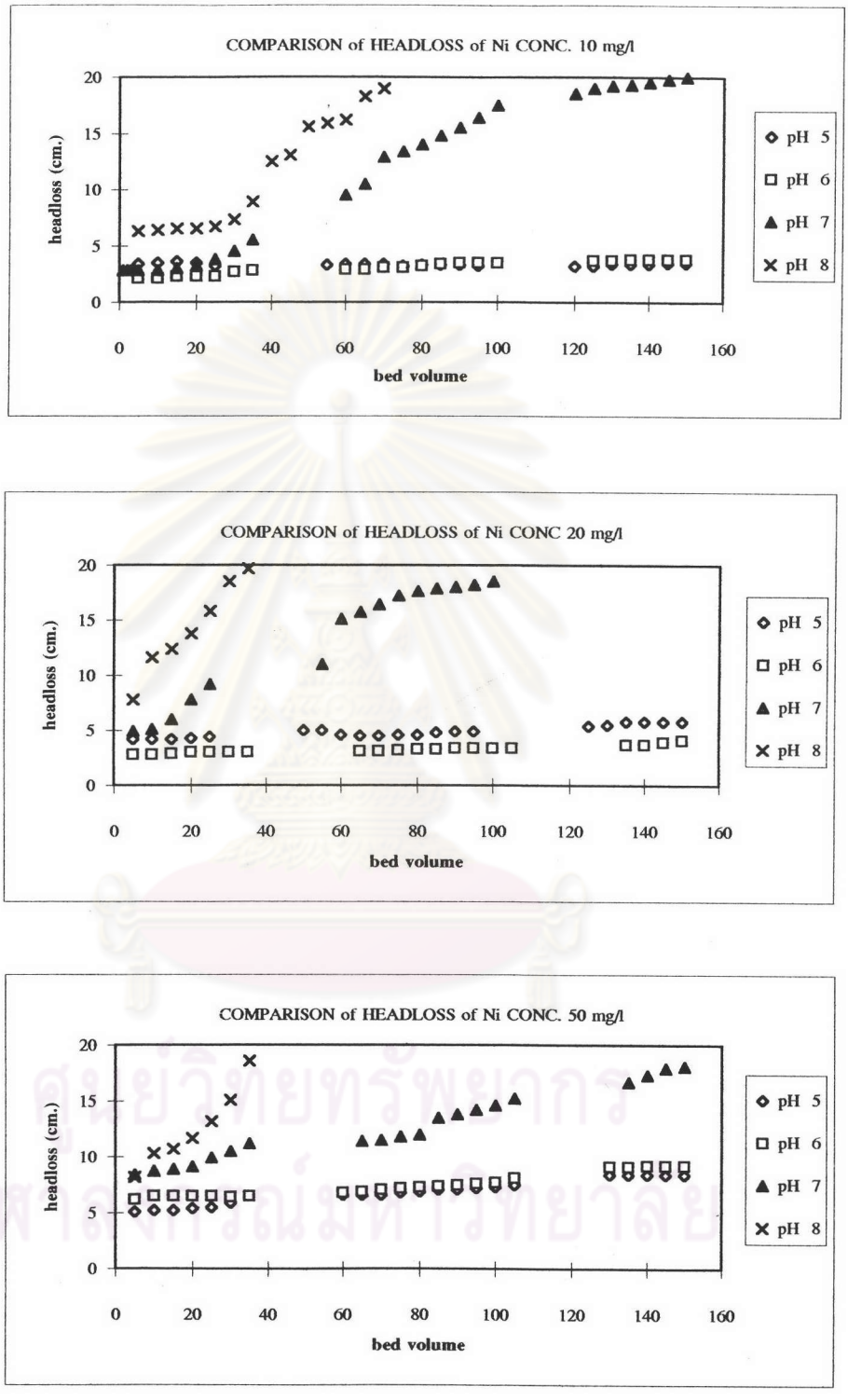
จากที่กล่าวมา จะพิจารณาเฉพาะในกรณีที่พีเอชเท่ากับ 7 เท่านั้น โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดของความเข้มข้นสังกะสีในน้ำเข้าที่ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ดังรูป 5.8 จะเห็นว่า เมื่อความเข้มข้นมากขึ้นเรื่อยๆ ค่าการสูญเสียเฮดจะสูงขึ้น ดังนั้นสรุปได้ว่าความเข้มข้นมีผลต่อการสูญเสียเฮดของระบบ ในกรณีของนิกเกิลก็เช่นเดียวกันกับสังกะสี(ดังรูปที่ 5.9) คือ เมื่อความเข้มข้นมากขึ้นเรื่อยๆ จะมีอนุภาคโลหะติดอยู่บนผิวทรายมากขึ้น ทำให้ตัวกลางทรายเกิดการอุดตันเร็วขึ้น



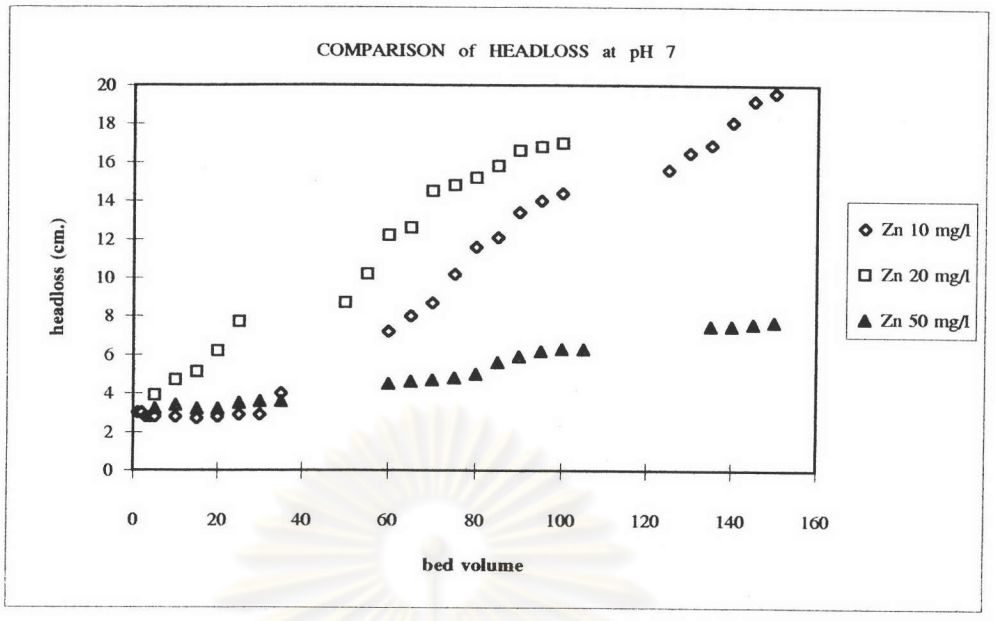




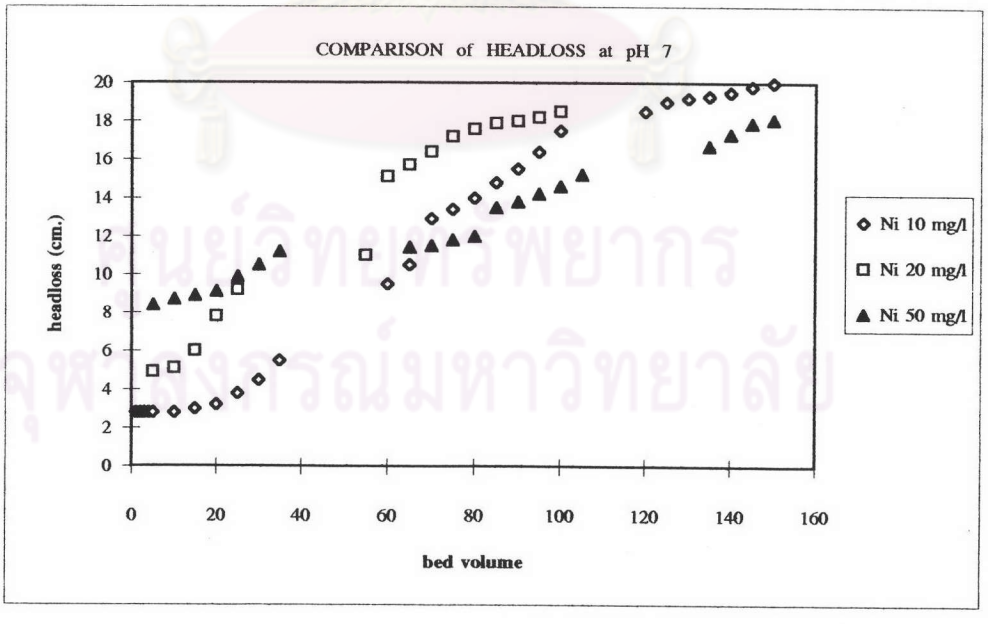
รูปที่ 5.6 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ เมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8



รูปที่ 5.7 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ เมื่อความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8



รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ เมื่อความเข้มข้นสังกะสีในน้ำเข้าที่เท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ที่พีเอชเท่ากับ 7



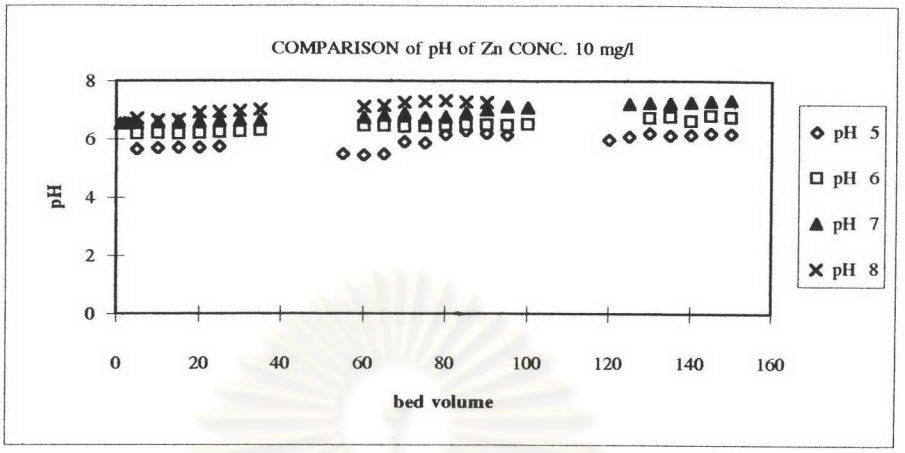
รูปที่ 5.9 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ เมื่อความเข้มข้นนิกเกิลในน้ำเข้าที่ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ที่พีเอชเท่ากับ 7

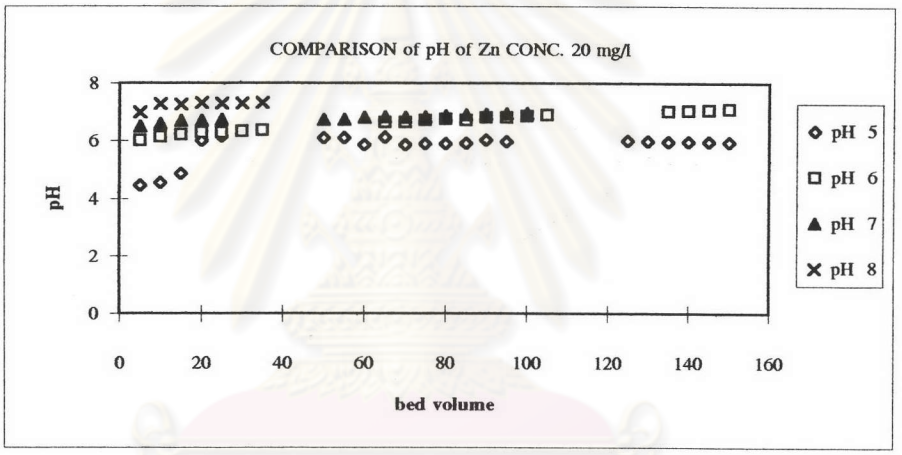
5. ผลของพีเอชในน้ำออกต่อระบบ

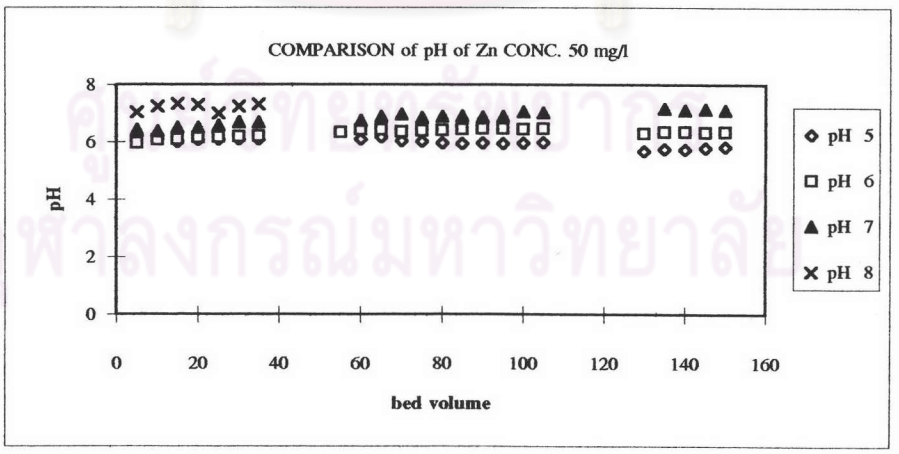
ในการทดลองได้ทำการปรับพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีและนิกเกิล 4 ค่า คือที่พีเอชเท่ากับ 5, 6, 7 และ 8 และได้ทำการวัดค่าพีเอชในน้ำออกทุกๆ 5 ปริมาตรชั้นเรซินที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ซึ่งกราฟแสดงพีเอชในน้ำออกของระบบแสดงดังรูปที่ 5.10 และ 5.11 จะเห็นได้ว่าที่พีเอชของน้ำเข้าเท่ากับ 5 นั้นค่าพีเอชที่วัดได้ในน้ำออกประมาณ 5.7-6.5 ถ้าพีเอชของน้ำเข้าเท่ากับ 6 ค่าพีเอชที่วัดได้ในน้ำออกจะประมาณ 6.0-7.0 แต่ถ้าพีเอชของน้ำเข้าเท่ากับ 7 สามารถวัดค่าพีเอชในน้ำออกได้ประมาณ 6.2-7.3 ส่วนในกรณีที่พีเอชในน้ำเข้าเท่ากับ 8 ค่าพีเอชในน้ำออกจะประมาณ 6.8-7.5 ซึ่งพอจะอธิบายได้ว่าตัวกลางทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ไม่ทำให้ค่าพีเอชในน้ำออกที่ผ่านระบบเปลี่ยนแปลงไปจากค่าพีเอชในน้ำเข้ามากนัก และค่าพีเอชในน้ำออกของทุกๆ ค่าพีเอชในน้ำเข้ามีค่าแตกต่างกันน้อยมากทั้งในกรณีที่น้ำเข้าเป็นน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีและน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล

6. ผลของการล้างย้อนคอลัมน์

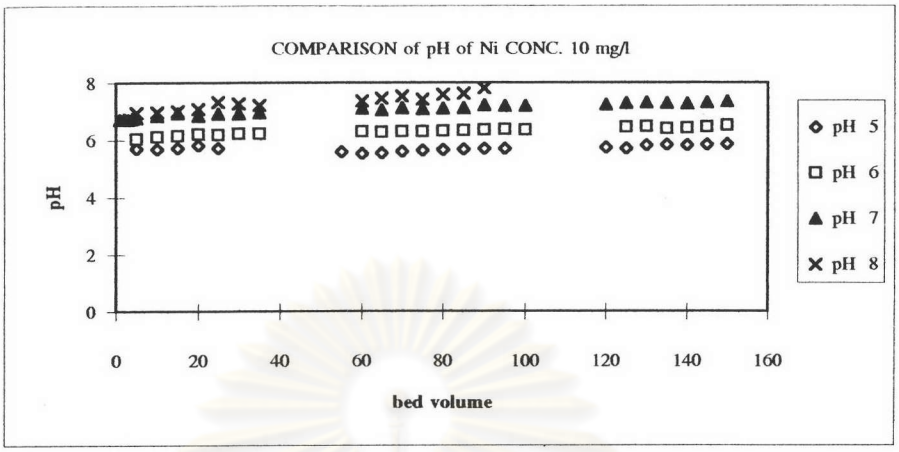
ในแต่ละการทดลองได้มีการล้างย้อนคอลัมน์ด้วยโซเดียมไนเตรท 0.01 M ปริมาตร 20 ลิตร เพื่อกำจัดอนุภาคโลหะที่ติดอยู่ภายในชั้นตัวกลาง โดยทำการเก็บน้ำล้างย้อน 4 ตัวอย่าง ทุกๆ 5 ลิตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะ และคำนวณสัดส่วนของอนุภาคโลหะที่ถูกกำจัดออกมาในแต่ละน้ำล้างย้อน ดังตารางที่ 5.4 สามารถสังเกตได้ว่าอนุภาคโลหะที่ถูกกำจัดออกมาในแต่ละน้ำล้างย้อนนั้นมีค่าเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับการเก็บน้ำตัวอย่าง คือ ในตัวอย่างน้ำแรกนั้นอนุภาคโลหะที่ถูกกำจัดออกมามีค่ามากที่สุด และจะลดต่ำลงเรื่อยๆ ในตัวอย่างน้ำที่ 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ เนื่องมาจากก่อนการล้างย้อนอนุภาคโลหะจะติดอยู่มากทำให้อนุภาคโลหะที่ติดอยู่ในชั้นตัวกลางจะหลุดออกมากับน้ำล้างย้อนในช่วงแรกเป็นปริมาณมากที่สุด แต่หลังจากได้ทำการล้างย้อนเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วชั้นตัวกลางเริ่มสะอาดขึ้นทำให้อนุภาคโลหะที่หลุดออกมาค่อยๆ ลดน้อยลงตามลำดับ ดังจะเห็นได้จากปริมาณโลหะที่หลุดออกมาในแต่ละตัวอย่างน้ำที่ทำการเก็บตามตารางในภาคผนวก ถ้าดูจากตารางที่ 5.4 จะพิจารณาแยกเป็น 2 กรณีคือเมื่อน้ำเสียเข้าเป็นน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีและน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล ในกรณีที่น้ำเสียเข้าเป็นน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสี ค่าสัดสัดส่วนปริมาณโลหะในน้ำตัวอย่างที่ 1 จะมีค่ามากที่สุด โดยเฉลี่ยประมาณ 32.5 % สำหรับปริมาณโลหะในน้ำตัวอย่างที่ 2 จะมีสัดส่วนประมาณ 25.7 % ค่าสัดส่วนปริมาณโลหะในน้ำตัวอย่างที่ 3 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 21.6 % และค่าสัดส่วนปริมาณโลหะในน้ำตัวอย่างที่ 4 โดยเฉลี่ยประมาณ 20.2 % สำหรับในกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล ค่าสัดส่วนปริมาณโลหะโดยเฉลี่ยในน้ำตัวอย่างที่ 1 , 2 , 3 และ 4 ประมาณ 35.3 % , 26.0 % , 21.4 % และ 17.2 % เมื่อเทียบกับกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสี จะเห็นว่าค่าสัดส่วนปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับน้ำล้างย้อนมีค่าใกล้เคียงกัน

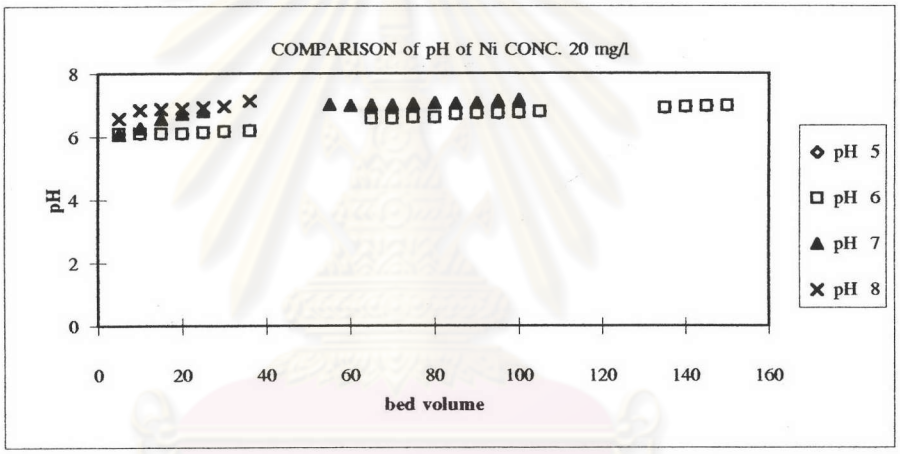


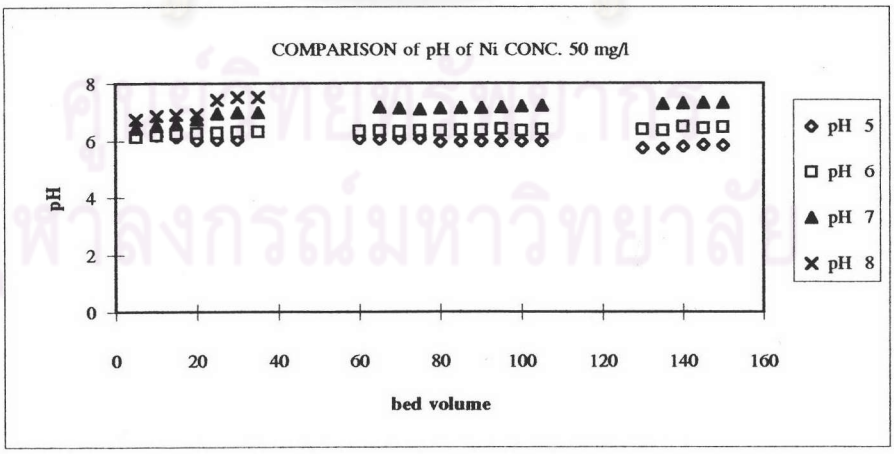




รูปที่ 5.10 กราฟเปรียบเทียบค่าพีเอชในน้ำออกของระบบเมื่อพีเอชในน้ำเข้าของน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีเท่ากับ 5, 6, 7 และ 8 ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบเหล็กออกไซด์







รูปที่ 5.11 กราฟเปรียบเทียบค่าพีเอชในน้ำออกของระบบเมื่อพีเอชในน้ำเข้าของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลเท่ากับ 5, 6, 7 และ 8 ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบเหล็กออกไซด์

ตารางที่ 5.4 แสดงสัดส่วนปริมาณโลหะที่วัดได้ในน้ำล้างย้อน 4 ตัวอย่าง เทียบกับปริมาณโลหะทั้งหมดที่ถูกกำจัดออกมา ในกรณีที่ตัวกลางคือ ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์

ชนิดของน้ำเสียโลหะ	ความเข้มข้น (มก./ล.)	พีเอช	เปอร์เซ็นต์โลหะหนักในน้ำล้างย้อน			
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4
โลหะสังกะสี	10	5	30.87	27.85	20.47	20.81
		6	27.47	24.80	23.33	24.40
		7	28.63	26.41	21.98	22.98
		8	32.68	28.64	23.87	14.81
	20	5	38.64	24.78	19.47	17.11
		6	29.70	25.58	23.93	20.79
		7	33.15	24.00	21.90	20.95
		8	28.17	24.15	23.53	24.15
	50	5	31.76	23.65	21.62	22.97
		6	37.71	22.81	19.74	19.74
		7	48.39	28.05	16.83	6.73
		8	22.39	27.86	22.39	27.36
ค่าโดยเฉลี่ย			32.46	25.72	21.58	20.23
โลหะนิกเกิล	10	5	37.18	29.49	17.95	15.38
		6	40.70	25.58	18.60	15.12
		7	39.29	25.45	21.87	13.39
		8	35.07	29.86	24.17	10.90
	20	5	33.18	24.71	21.88	20.23
		6	28.54	26.94	25.80	18.72
		7	39.11	24.75	19.31	16.83
		8	35.18	24.62	20.60	19.60
	50	5	42.54	23.97	17.78	15.71
		6	35.02	24.53	20.87	19.48
		7	24.80	26.83	26.46	21.91
		8	33.67	25.44	21.01	19.87
ค่าโดยเฉลี่ย			35.35	26.01	21.36	17.26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. ผลของการฟื้นอำนาจตัวกลางทรายเคลือบเหล็กออกไซด์

หลังจากทำการล้างย้อนคอลัมน์แล้ว จะต้องทำการฟื้นอำนาจตัวกลางด้วยสารละลายโซเดียมไนเตรทที่มีพีเอชเท่ากับ 3 ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างสารรีเจนเนอแรนต์ชนิดเดียวกันแต่ต่างความเข้มข้นคือ 0.01 M และ 0.1 M โดยได้เลือกทำการทดลองกับกรณีที่น้ำเสียเข้าคอลัมน์มีพีเอชเท่ากับ 7 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะในงานวิจัยนี้ ปริมาณโลหะที่ตกค้างอยู่หลังจากการล้างย้อนแสดงดังตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่า ปริมาณโลหะที่หลุดออกมาเมื่อฟื้นอำนาจด้วยโซเดียมไนเตรทที่มีความเข้มข้นมากจะมีค่ามากกว่าการฟื้นอำนาจด้วยโซเดียมไนเตรทที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า แสดงว่าประสิทธิภาพในการฟื้นอำนาจจะดีขึ้นเมื่อใช้สารรีเจนเนอแรนต์ที่มีความเข้มข้นมากขึ้น

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบปริมาณโลหะที่ตกค้างอยู่ในสารรีเจนเนอแรนต์เมื่อทำการฟื้นอำนาจด้วยโซเดียมไนเตรท 0.01 M และ 0.1 M ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ และพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 7

ชนิดของน้ำเสีย	ความเข้มข้น (มก./ล)	ปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับโซเดียมไนเตรท 0.01 M (มก.)	ปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับโซเดียมไนเตรท 0.1 M (มก.)	ปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับโซเดียมไนเตรท 0.1 M มากกว่า 0.01 M (เท่า)
สังเคราะห์ สังกะสี	10	15.2	51.0	3.35
	20	17.4	61.9	3.55
	50	44.5	70.6	1.58
สังเคราะห์ นิกเกิล	10	12.8	53.3	4.16
	20	21.9	54.1	2.47
	50	24.7	74.9	3.03

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าปริมาณโลหะที่ตกค้างอยู่ในสารรีเจนเนอแรนต์ระหว่างโซเดียมไนเตรท 2 ความเข้มข้น จะมีค่าแตกต่างไม่มากนัก ซึ่งดูได้จากสัดส่วนปริมาณโลหะระหว่างรีเจนเนอแรนต์ทั้งสองความเข้มข้นที่มีค่าต่างกัน 2-4 เท่า

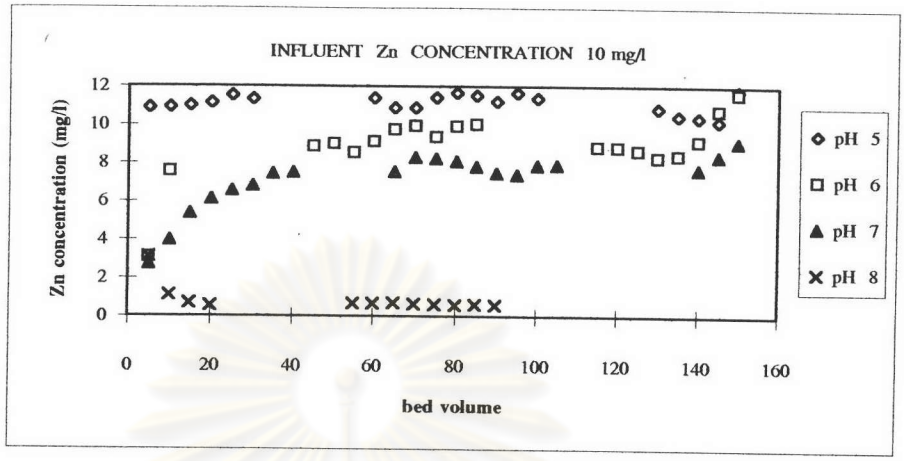
ผลการทดลองและวิจารณ์ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

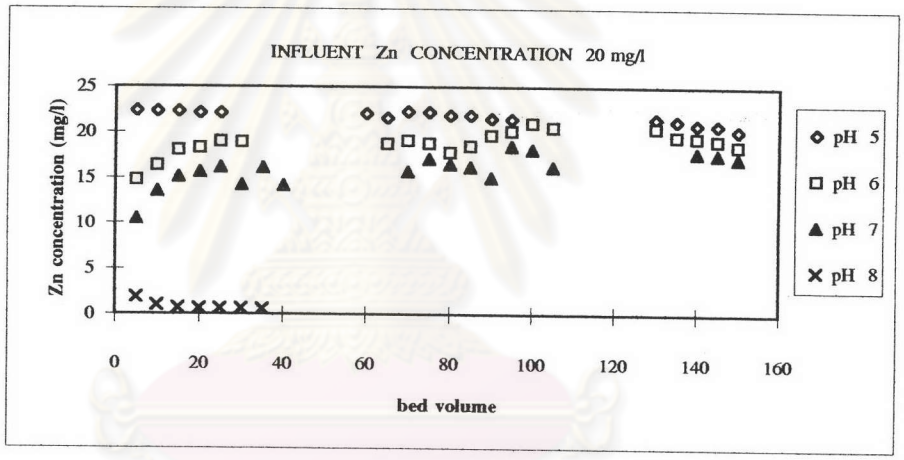
1. ผลของพีเอชที่เหมาะสมต่อระบบเมื่อความเข้มข้นของโลหะหนักที่ศึกษาเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล.

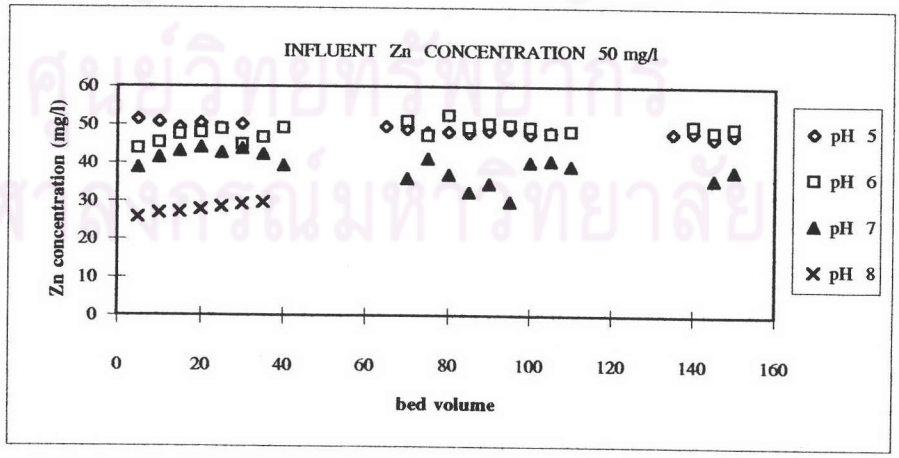
จากรูปที่ 5.12 และ 5.13 แสดงค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออก สามารถอธิบายได้ว่า ที่พีเอชเท่ากับ 5 ค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออกมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าค่าความเข้มข้นในน้ำเข้าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งดูได้จากเส้นกราฟที่เป็นเส้นตรงเกือบจะคงที่ที่ค่าความเข้มข้นของโลหะในน้ำเข้า แสดงว่าทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์แลกเปลี่ยนไอออนได้น้อยที่พีเอชเท่ากับ 5 ส่วนในกรณีที่พีเอชเท่ากับ 6 และ 7 เส้นกราฟแสดงความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลจะมีลักษณะคล้ายกันคือ ในช่วงปริมาตรชั้นเรซินแรกๆ ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์แลกเปลี่ยนไอออนได้มากทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำเข้ามาก ดังนั้นเส้นกราฟจะเริ่มจากค่าต่ำและค่อยๆชันขึ้นจนกระทั่งที่ปริมาตรชั้นเรซินเท่ากับ 15 หรือ 20 โดยประมาณ เส้นกราฟจะเริ่มคงที่แสดงว่าสังกะสีและนิกเกิลหลุดออกมามากขึ้น เนื่องจากทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ใกล้จะหมดสภาพ ทำให้แลกเปลี่ยนไอออนได้น้อยลง ดังนั้นความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออกมีค่าใกล้เคียงกับในน้ำเข้า แต่ในกรณีที่พีเอชเท่ากับ 8 นั้น ความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออกมีค่าต่ำมากดังที่เห็นในรูป เนื่องมาจากเหตุผลในลักษณะเดียวกับกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบเหล็กออกไซด์คือ การปรับพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ให้เท่ากับ 8 นั้นจะเกิดเม็ดฟล็อคสีขาวซึ่งอาจจะเกิดจากการจับตัวของสังกะสีและนิกเกิลกับสารปรับพีเอช ซึ่งเป็นสาเหตุให้ความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำเข้าลดต่ำลงกว่าที่เตรียมไว้ ฉะนั้นหลังจากที่น้ำเสียผ่านระบบค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออกจะยิ่งต่ำลงไปอีก

สามารถสรุปได้โดยรวมว่าที่พีเอช 6 และ 7 ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลได้มากกว่าที่พีเอช 5 และ 8 ซึ่งสามารถดูตารางที่ 5.6 และ 5.7 ประกอบ

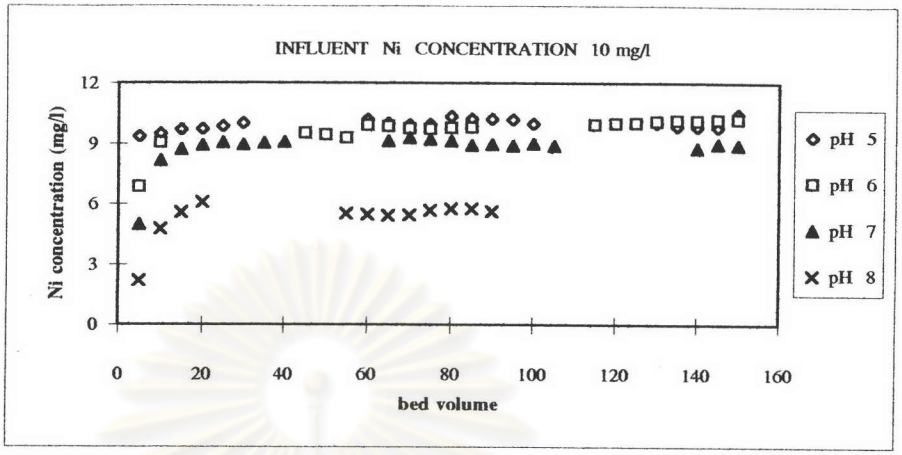
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

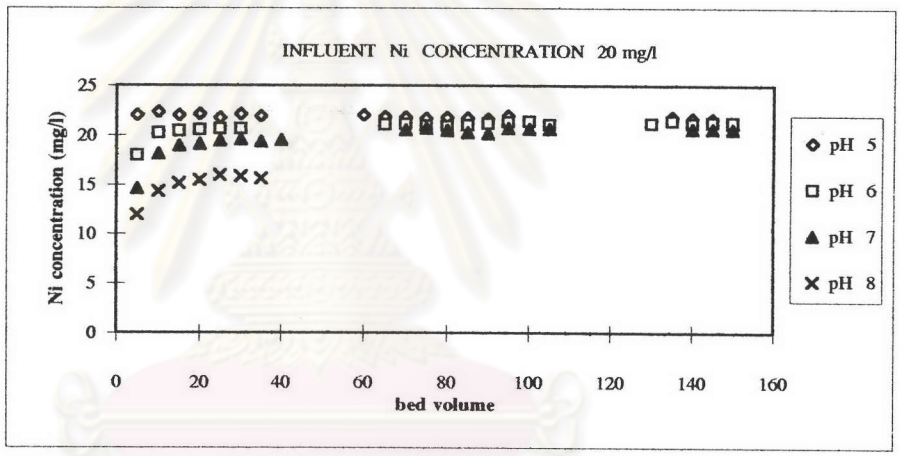


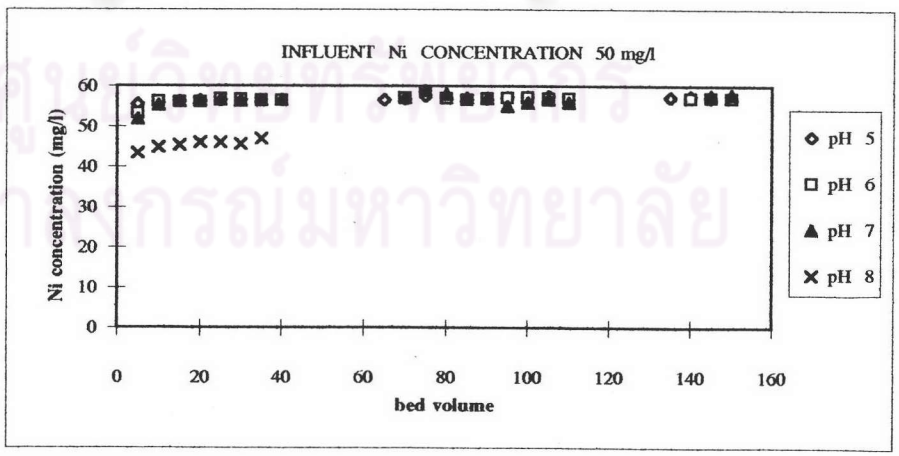




รูปที่ 5.12 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำออกที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์







รูปที่ 5.13 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำออกที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

2. ผลของความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้คำนวณค่าความจุรวมในการแลกเปลี่ยนไอออนจนถึงจุดอิ่มตัว (ซึ่งจุดอิ่มตัวเท่ากับที่กำหนดไว้ในกรณีของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์คือมีค่าประมาณ 0.8 หรือเท่ากับ 150 ปริมาตรชั้นเรซิน) ซึ่งค่าความจุรวมจะคำนวณมาจากค่าปริมาณโลหะสังกะสีและนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้จากตารางที่ 5.6 และ 5.7โดยค่าที่ได้จะใกล้เคียงกันคือ ที่ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. ปริมาณโลหะสังกะสีจะถูกแลกเปลี่ยนได้มากที่สุดที่พีเอชเท่ากับ 6 ซึ่งจะเหมือนกับในกรณีที่น้ำเข้าเป็นน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล ส่วนที่ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเข้าเท่ากับ 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ที่พีเอชเท่ากับ 7 ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนสังกะสีได้มากกว่าที่พีเอชเท่ากับ 6 เมื่อน้ำเข้าเป็นน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลมีความเข้มข้นเท่ากับ 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ที่พีเอชเท่ากับ 7 ปริมาณนิกเกิลที่ถูกแลกเปลี่ยนมีปริมาณมากกว่าที่พีเอชเท่ากับ 6 จะเห็นได้ว่าปริมาณโลหะสังกะสีและนิกเกิลที่ถูกแลกเปลี่ยนมีค่าแตกต่างกันน้อยมาก สรุปได้ว่าที่พีเอช 7 ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้ดีที่สุด

ตารางที่ 5.6 ปริมาณโลหะสังกะสีที่ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์แลกเปลี่ยนได้สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีที่ความเข้มข้นและพีเอชต่าง ๆ กัน

ชนิดของเรซิน	ความเข้มข้นของสังกะสี (มก./ล.)	พีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์	ปริมาณโลหะสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./ล. เรซิน)
ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ (MANGANESE OXIDE COATED-SAND)	10	5	659.70
		6	832.28
		7	830.04
		8	596.95
	20	5	1360.42
		6	1213.35
		7	1432.30
		8	542.65
	50	5	3252.78
		6	2982.64
		7	2826.14
		8	411.50

หมายเหตุ ที่มาดูจากตารางในภาคผนวก

ตารางที่ 5.7 ปริมาณโลหะนิกเกิลที่ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์แลกเปลี่ยนได้สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลที่ความเข้มข้นและพีเอชต่าง ๆ กัน

ชนิดของเรซิน	ความเข้มข้นของนิกเกิล (มก./ล.)	พีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์	ปริมาณโลหะนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./ล. เรซิน)
ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ (MANGANESE OXIDE COATED-SAND)	10	5	580.15
		6	594.94
		7	552.67
		8	530.85
	20	5	1336.28
		6	1129.42
		7	1256.56
		8	216.18
	50	5	3401.00
		6	3057.52
		7	3433.97
		8	319.97

หมายเหตุ ที่มาดูจากตารางในภาคผนวก

จากตารางที่ 5.8 แสดงค่าความจุรวมในการแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลที่พีเอชเท่ากับ 7 ซึ่งคำนวณได้ดังนี้ ค่าความจุรวมในการแลกเปลี่ยนสังกะสีที่ความเข้มข้น 10 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 0.025 eq./l ค่าความจุรวมในการแลกเปลี่ยนสังกะสีที่ความเข้มข้น 20 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 0.044 eq./l และค่าความจุรวมในการแลกเปลี่ยนสังกะสีที่ความเข้มข้น 50 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 0.086 eq./l สำหรับค่าความจุรวมในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลของทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์เมื่อน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลมีความเข้มข้น 10 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 0.019 eq./l ส่วนค่าความจุรวมในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลที่ความเข้มข้น 20 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 0.042 eq./l และค่าความจุรวมในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลที่ความเข้มข้น 50 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 0.117 eq./l ถ้าเปรียบเทียบค่าความจุในการแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลที่ค่าความเข้มข้นเท่ากันจะเห็นว่าค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก

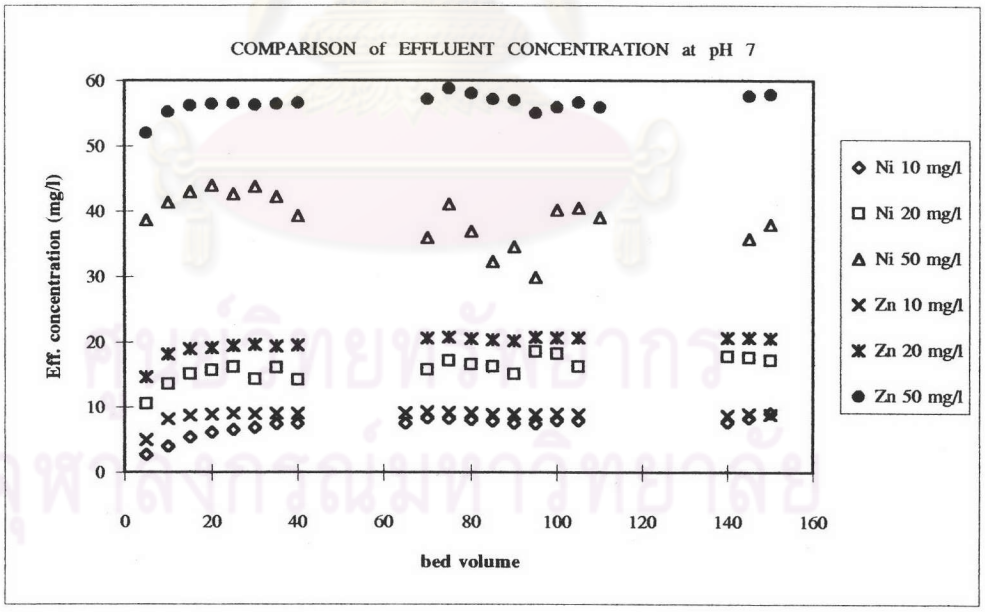
ตารางที่ 5.8 แสดงค่าความจุรวม (total capacity) ของตัวกลางทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์โลหะสังกะสีอย่างเดียวและน้ำเสียสังเคราะห์โลหะนิกเกิลอย่างเดียว

ชนิดของน้ำเสียสังเคราะห์	ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ (มก./ล.)	พีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์	ค่าความจุรวม (eq./l. resin)
โลหะสังกะสี	10	5	0.020
		6	0.025
		7	0.025
		8	0.018
	20	5	0.042
		6	0.037
		7	0.044
		8	0.017
	50	5	0.099
		6	0.091
		7	0.086
		8	0.012
โลหะนิกเกิล	10	5	0.019
		6	0.020
		7	0.019
		8	0.018
	20	5	0.045
		6	0.038
		7	0.042
		8	0.007
	50	5	0.116
		6	0.119
		7	0.117
		8	0.011

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ผลของโลหะที่มีต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน

สภาวะที่เหมาะสมต่อการแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลคือที่พีเอชเท่ากับ 7 ฉะนั้น จากรูป 5.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออกที่พีเอชเท่ากับ 7 เมื่อความเข้มข้นของโลหะในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. สรุปได้ว่าทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนนิกเกิลได้มากกว่าสังกะสีในทุกความเข้มข้น จากการสังเกตพบว่าที่ความเข้มข้นต่ำคือ 10 มก./ล. และ 20 มก./ล. ค่าความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำออกแตกต่างกันน้อยมาก แสดงว่าที่ค่าความเข้มข้นต่ำๆ สังกะสีและนิกเกิลไม่มีผลต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ แต่ในกรณีที่ความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นเป็น 50 มก./ล. ค่าความเข้มข้นในน้ำออกของสังกะสีและนิกเกิลจะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าถ้าความเข้มข้นสูงขึ้นเรื่อยๆ โลหะอาจจะมีผลต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งผลที่ได้คล้ายกับในกรณีของตัวกลางทรายเคลือบเหล็กออกไซด์



รูปที่ 5.14 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นในน้ำออกของสังกะสีและนิกเกิลที่พีเอชเท่ากับ 7 ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

4. ผลของการสูญเสียเฮดต่อระบบ

4.1 เปรียบเทียบผลของพีเอชที่มีต่อการสูญเสียเฮด

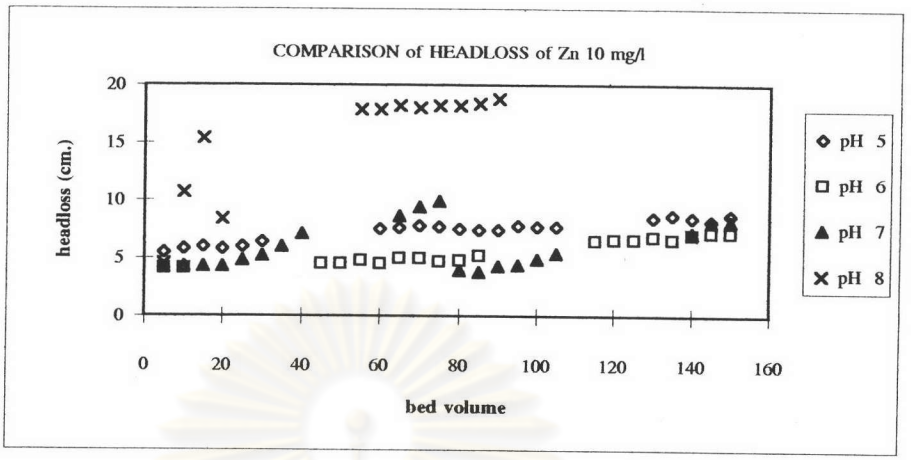
ค่าการสูญเสียเฮดจะเป็นไปในทำนองเดียวกันกับกรณีที่ตัวกลาง คือทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ซึ่งพอจะอธิบายคร่าวๆ ได้ดังนี้ เมื่อพีเอชของน้ำเข้าเท่ากับ 5 และ 6 ค่าการสูญเสียเฮดจะมีค่าคงที่หรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นไม่ว่าการทดลองจะดำเนินไปนานเท่าไรก็ตาม เส้นกราฟที่แสดงค่าการสูญเสียเฮดค่อนข้างจะคงที่หรืออาจจะสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงปริมาตรชั้นเรซินที่เพิ่มขึ้น (แสดงดังรูปที่ 5.15 และ 5.16) ส่วนกรณีที่พีเอชของน้ำเข้าเท่ากับ 7 ค่าการสูญเสียเฮดในช่วงปริมาตรชั้นเรซินแรกๆ จะมีค่าต่ำและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งสังเกตได้จากเส้นกราฟที่ชันขึ้นและในบางช่วงของเส้นกราฟจะตกลงในแนวดิ่งในปริมาตรชั้นเรซินที่ติดกันเนื่องจากมีการกวนผิวหน้าทรายเพื่อให้อนุภาคโลหะที่อุดตันอยู่มีการแตกตัวไปบ้าง ค่าการสูญเสียเฮดจึงตกลงอย่างเร็ว ส่วนในกรณีที่พีเอชของน้ำเข้าเท่ากับ 8 การทดลองจะสิ้นสุดก่อนถึง 150 ปริมาตรชั้นเรซิน เนื่องจากตัวกลางทรายเกิดการอุดตันเร็วมากและค่าการสูญเสียเฮดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

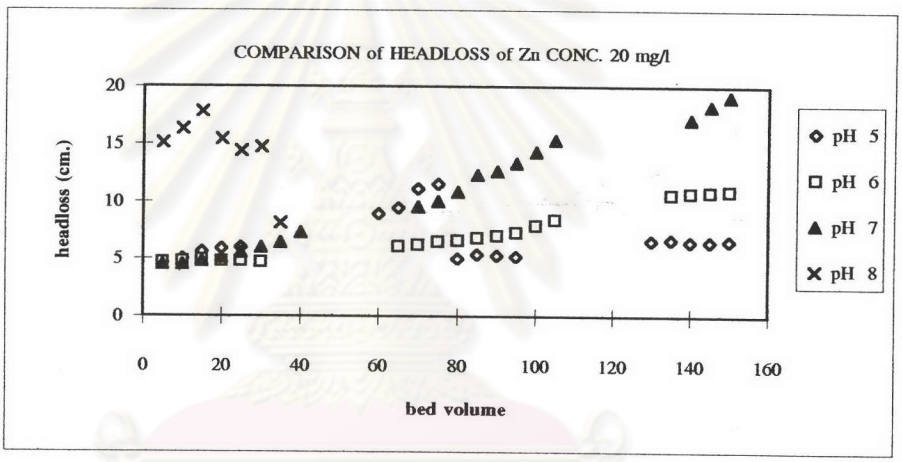
4.2 เปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของโลหะในน้ำเข้าที่มีผลต่อการสูญเสียเฮด

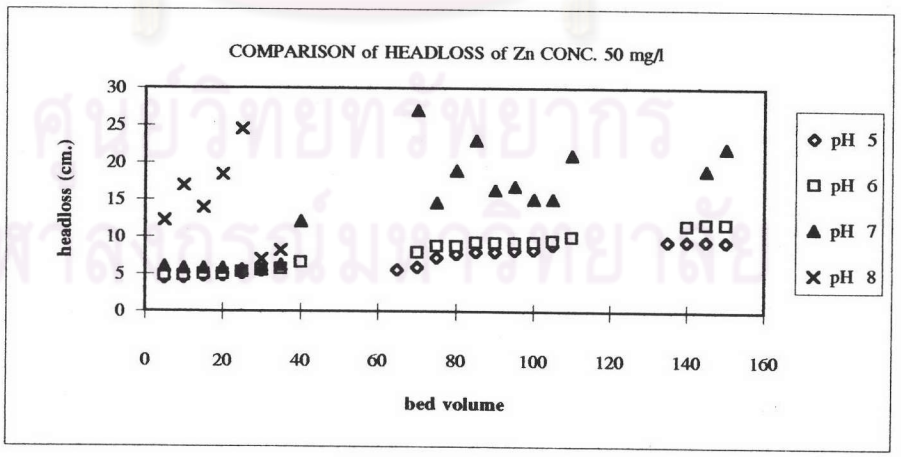
จากรูปที่ 5.17 และ 5.18 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดของสังกะสีและนิกเกิลเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีและนิกเกิลในน้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. พอจะสรุปได้ว่า ความเข้มข้นมีผลต่อค่าการสูญเสียเฮดของระบบทั้งในกรณีของสังกะสีและนิกเกิล คือเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น ค่าการสูญเสียเฮดของระบบก็จะสูงขึ้น เพราะชั้นตัวกลางเกิดการอุดตันด้วยอนุภาคโลหะ

5. ผลของพีเอชในน้ำออกต่อระบบ

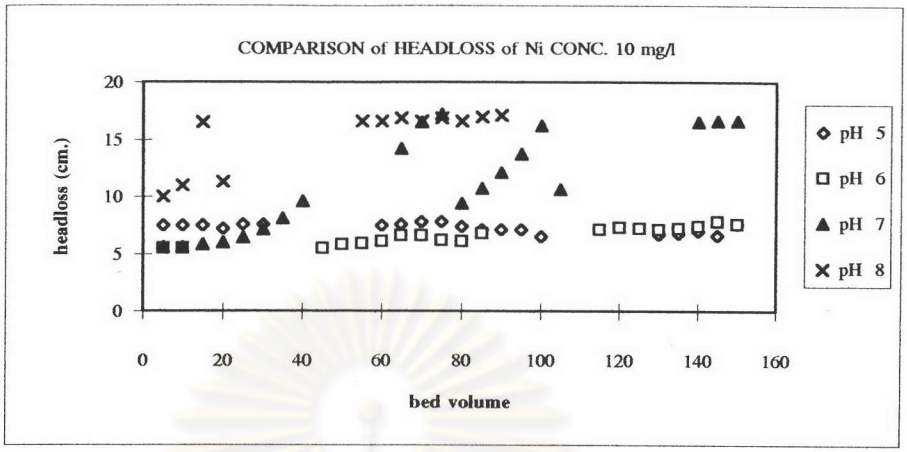
จากการวัดค่าพีเอชในน้ำออกทุกๆ ครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ สามารถพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 5.19 สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสี และรูปที่ 5.20 สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล ซึ่งอธิบายโดยรวมจากกราฟได้ดังนี้ ที่พีเอชของน้ำเข้าเท่ากับ 5 สามารถวัดค่าพีเอชในน้ำออกได้ประมาณ 5.5-6.0 ในกรณีที่พีเอชของน้ำเข้าเท่ากับ 6 ค่าพีเอชในน้ำออกวัดได้ประมาณ 6.0-7.0 ส่วนในกรณีที่ค่าพีเอชในน้ำเข้าเท่ากับ 7 จะได้ค่าพีเอชในน้ำออกประมาณ 6.5-7.5 แต่ในกรณีที่พีเอชในน้ำเข้าเท่ากับ 8 ค่าพีเอชในน้ำออกที่วัดได้มีค่าประมาณ 7.0-8.0 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าพีเอชในน้ำเข้าและน้ำออกมีค่าแตกต่างกันน้อยมากแสดงว่าทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ไม่มีผลต่อพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์คือ ไม่ทำให้พีเอชของน้ำเปลี่ยนแปลง

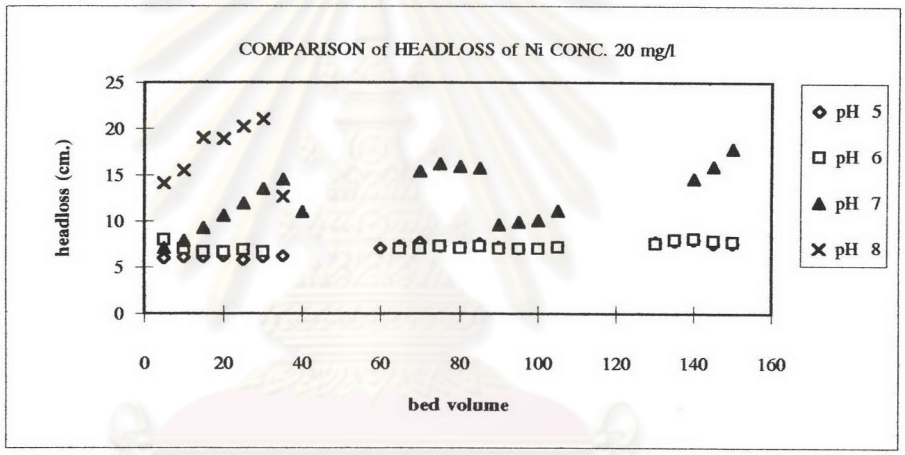


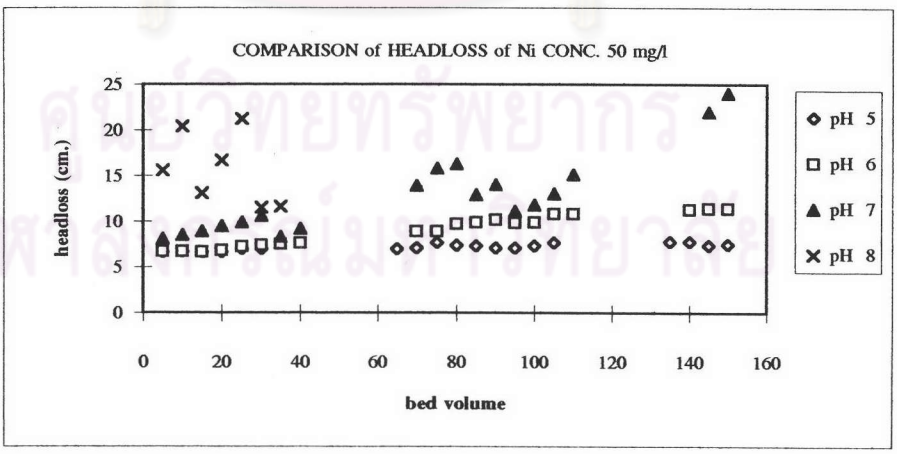




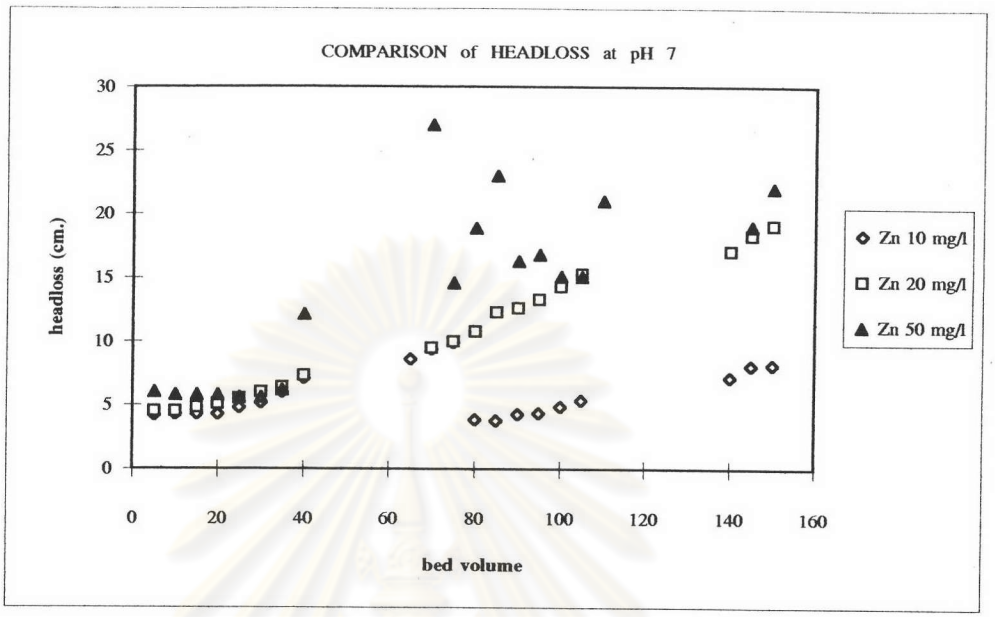
รูปที่ 5.15 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดของทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ เมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8



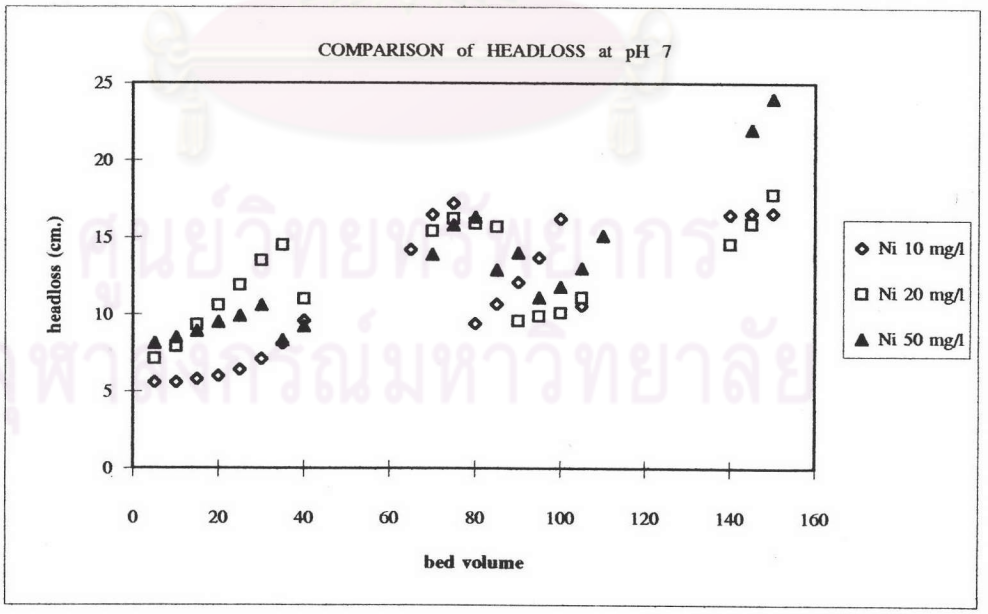




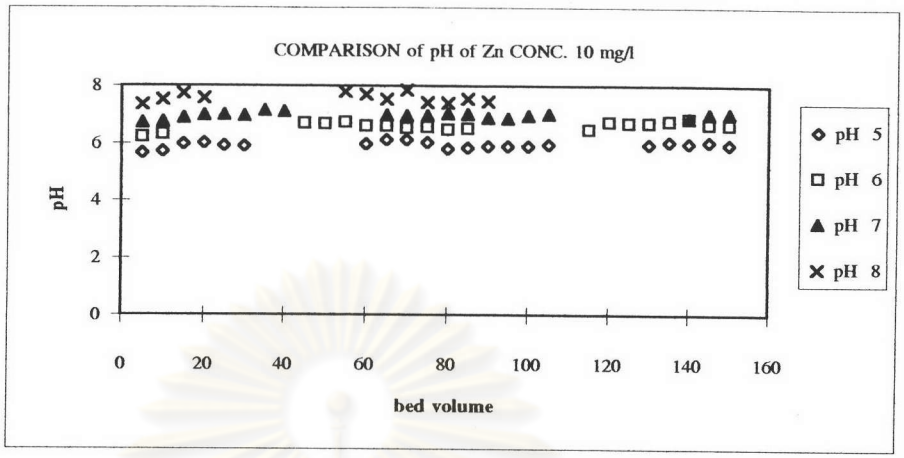
รูปที่ 5.16 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดของทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ เมื่อความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ที่พีเอช 5, 6, 7 และ 8

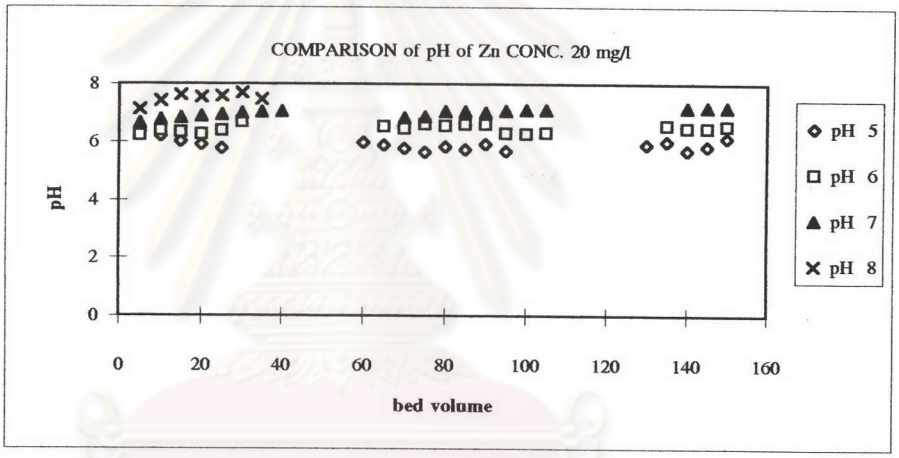


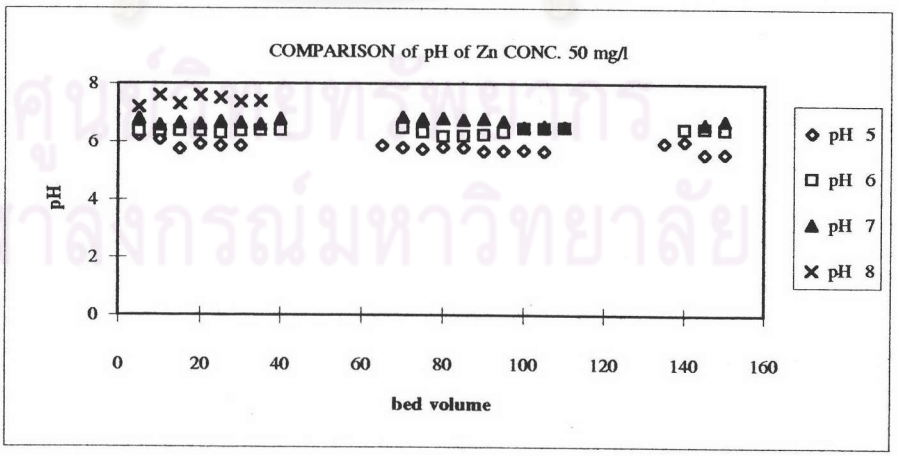
รูปที่ 5.17 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดของทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ เมื่อความเข้มข้นสังกะสีในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ที่พีเอชเท่ากับ 7



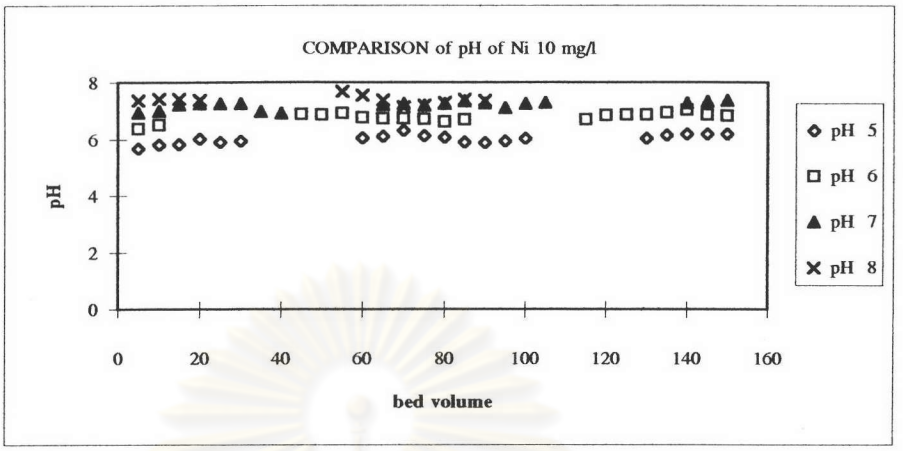
รูปที่ 5.18 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดของทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ เมื่อความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำเข้าเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. ที่พีเอชเท่ากับ 7

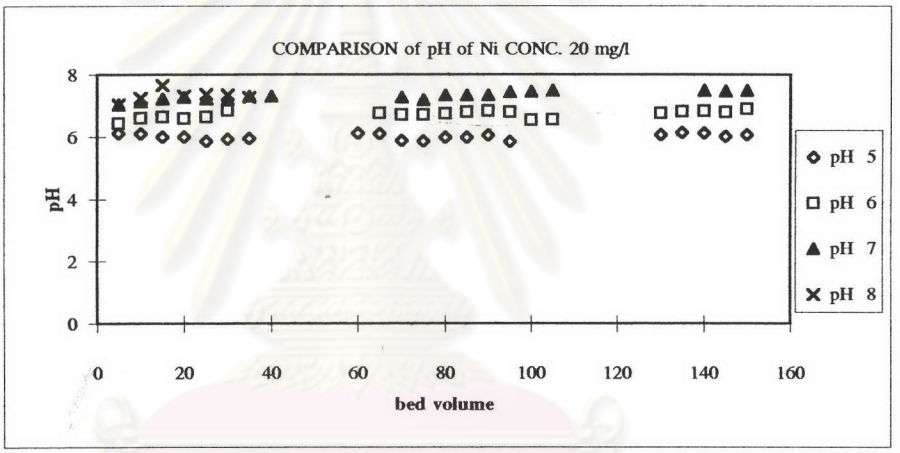


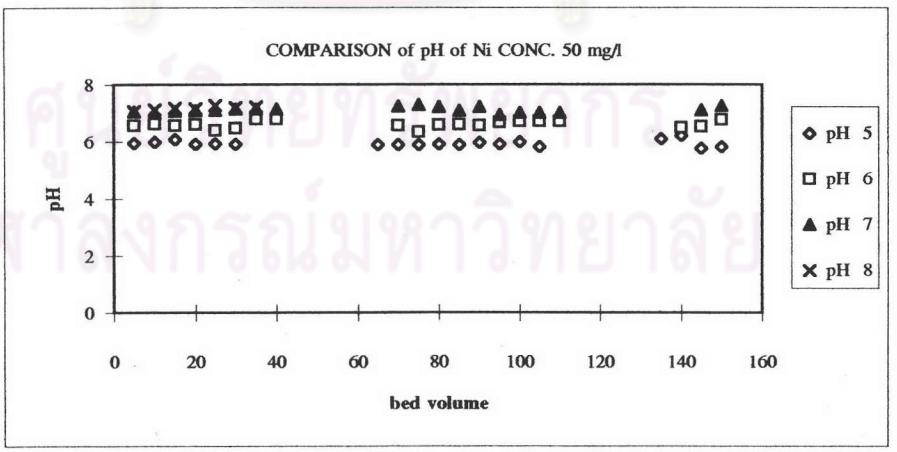




รูปที่ 5.19 กราฟเปรียบเทียบค่าพีเอชในน้ำออกของระบบเมื่อพีเอชในน้ำเข้าของน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีเท่ากับ 5, 6, 7 และ 8 ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์







รูปที่ 5.20 กราฟเปรียบเทียบค่าพีเอชในน้ำออกของระบบเมื่อพีเอชในน้ำเข้าของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลเท่ากับ 5, 6, 7 และ 8 ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

ตารางที่ 5.9 แสดงสัดส่วนปริมาณโลหะที่วัดได้ในน้ำล้างย้อน 4 ตัวอย่าง เทียบกับปริมาณโลหะทั้งหมดที่ถูกกำจัดออกมา ในกรณีที่ตัวกลางคือ ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

ชนิดของน้ำเสียโลหะ	ความเข้มข้น (มก./ล.)	พีเอช	เปอร์เซ็นต์โลหะหนักในน้ำล้างย้อน			
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4
โลหะสังกะสี	10	5	34.49	22.14	22.29	21.08
		6	31.13	24.96	22.56	21.35
		7	35.13	19.65	24.69	20.53
		8	25.91	24.92	26.02	23.15
	20	5	31.88	25.00	21.67	21.46
		6	33.80	25.80	21.80	18.60
		7	30.37	31.51	20.20	17.92
		8	26.14	25.91	22.73	25.23
	50	5	34.05	23.78	21.62	20.54
		6	36.57	27.24	19.40	16.79
		7	26.85	27.24	23.74	22.18
		8	29.32	27.23	22.51	20.94
ค่าโดยเฉลี่ย			31.30	25.45	22.44	20.81
โลหะนิกเกิล	10	5	40.88	28.73	17.13	13.26
		6	43.35	25.32	16.74	14.59
		7	43.44	25.59	17.63	13.33
		8	28.30	22.64	36.27	12.79
	20	5	27.59	38.87	16.62	16.91
		6	42.79	24.59	18.44	14.18
		7	43.86	28.57	14.89	12.68
		8	42.40	25.89	17.82	13.88
	50	5	43.53	23.66	18.30	14.51
		6	41.97	25.30	18.47	14.26
		7	44.93	25.33	18.26	13.48
		8	45.69	20.39	24.90	9.02
ค่าโดยเฉลี่ย			40.73	26.07	19.62	13.57

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ผลของการล้างย้อนคอลัมน์

จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการล้างย้อนคอลัมน์เป็นการทำความสะอาดชั้นตัวกลางเพื่อกำจัดอนุภาคโลหะที่ติดอยู่ภายในชั้นตัวกลางซึ่งเตรียมไว้สำหรับการทดลองในครั้งต่อไป การเก็บน้ำล้างย้อน 4 ตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะที่หลุดออกมาในแต่ละตัวอย่างคิดเป็นสัดส่วนเทียบกับปริมาณโลหะทั้งหมด ดังตารางที่ 5.8 พิจารณาแยกระหว่างน้ำเสียสังเคราะห์ 2 ชนิดคือ ในกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสี ค่าสัดส่วนปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับน้ำตัวอย่างที่ 1 โดยเฉลี่ยประมาณ 31.3 % ปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับน้ำตัวอย่างที่ 2 มีสัดส่วนโดยเฉลี่ยประมาณ 25.45 % ส่วนปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับน้ำตัวอย่างที่ 3 เฉลี่ยประมาณ 22.4 % และสัดส่วนปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับน้ำตัวอย่างที่ 4 เฉลี่ยประมาณ 20.81 % สำหรับในน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลนั้น ค่าสัดส่วนปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับน้ำตัวอย่างที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 40.73 % , 26.07 % , 19.62 % และ 13.57 % ค่าสัดส่วนปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับน้ำล้างย้อน จะมีค่าจากมากไปหาน้อยเรียงจากน้ำตัวอย่างที่ 1-4 ตามลำดับ เนื่องมาจากเหตุผลที่ว่าในการล้างย้อนช่วงแรกจะนำเอาความสกปรกส่วนใหญ่หลุดออกมาทำให้น้ำล้างย้อนตัวอย่างที่ 1 มีปริมาณโลหะอยู่เป็นสัดส่วนมากเมื่อเทียบกับน้ำล้างย้อนตัวอย่างที่ 2 , 3 และ 4

7. ผลของการฟื้นอำนาจตัวกลางทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

หลังจากการล้างย้อนคอลัมน์ควรจะทำการฟื้นอำนาจตัวกลาง ในที่นี้ได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างรีเจนเนอแรนต์ชนิดเดียวกันแต่ต่างความเข้มข้นกัน คือโซเดียมไนเตรท 0.01 M และ 0.1 M ซึ่งจากการเปรียบเทียบปริมาณโลหะที่ตกค้างอยู่ในสารรีเจนเนอแรนต์พบว่า เมื่อใช้สารรีเจนเนอแรนต์ที่มีความเข้มข้น 0.1 M ปริมาณโลหะจะหลุดออกมากับสารรีเจนเนอแรนต์มากกว่าในกรณีที่ใช้สารรีเจนเนอแรนต์ที่มีความเข้มข้น 0.01 M ซึ่งดูได้จากตารางที่ 5.10 สามารถสังเกตได้ว่าปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับโซเดียมไนเตรทที่ความเข้มข้นมากกว่าคือ 0.1 M จะมีค่ามากกว่าปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับโซเดียมไนเตรทความเข้มข้นน้อยกว่าประมาณ 1-12 เท่า โดยค่าที่ได้จะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และในกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลจะมีค่าสัดส่วนปริมาณโลหะที่หลุดออกมาระหว่างรีเจนเนอแรนต์ทั้งสองมากกว่าในกรณีที่น้ำเข้าเป็นน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสี

ตารางที่ 5.10 เปรียบเทียบปริมาณโลหะที่ตกค้างอยู่ในสารรีเจนเนอแรนต์เมื่อทำการฟื้นอำนาจด้วยโซเดียมไนเตรท 0.01 M และ 0.1 M ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ และพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 7

ชนิดของน้ำเสีย	ความเข้มข้น (มก./ล)	ปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับโซเดียมไนเตรท 0.01 M (มก.)	ปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับโซเดียมไนเตรท 0.1 M (มก.)	ปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับโซเดียมไนเตรท 0.1 M มากกว่า 0.01 M (เท่า)
สังเคราะห์สังกะสี	10	30.2	58.6	1.94
	20	29.9	61.1	2.04
	50	48.0	61.6	1.28
สังเคราะห์นิกเกิล	10	4.3	54.1	12.58
	20	4.3	44.7	10.39
	50	14.6	86.4	5.91

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การเปรียบเทียบผลการทดลองและวิจารณ์ระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์</u>

1. เปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

จากผลการทดลองที่ผ่านมาได้สรุปแล้วว่าทรายเคลือบเหล็กออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลได้ดีที่พีเอชเท่ากับ 6 และ 7 และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ก็สามารถแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลได้ดีที่พีเอชเท่ากับ 6 และ 7 เหมือนกันซึ่งเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 5.11 แล้ว จะเห็นว่าที่พีเอชเท่ากับ 7 เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ทั้งนี้ดูจากแนวโน้มของปริมาณโลหะที่แลกเปลี่ยนได้โดยตัวกลางทั้ง 2 ชนิดเป็นส่วนใหญ่

<u>ตารางที่ 5.11</u> เปรียบเทียบปริมาณโลหะสังกะสีและโลหะนิกเกิลที่ถูกแลกเปลี่ยนโดยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ที่พีเอชเท่ากับ 6 และ 7

ความเข้มข้นของโลหะ (มก./ล.)	ชนิดของเรซิน	ปริมาณโลหะสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./ล.เรซิน)		ปริมาณโลหะนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./ล.เรซิน)	
		pH = 6	pH = 7	pH = 6	pH = 7
10	ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	800.43	890.23	633.64	533.21
	ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์	832.28	830.04	594.94	552.67
20	ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	1709.02	1074.98	1215.67	975.01
	ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์	1213.35	1432.30	1129.42	1256.56
50	ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	1978.02	2753.05	2136.33	2816.83
	ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์	2982.64	2826.14	3057.52	3433.97

ตารางที่ 5.12 เปรียบเทียบค่าความจุรวมของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

ชนิดของน้ำเสียสังเคราะห์	ความเข้มข้นของโลหะ (มก./ล.)	พีเอชของน้ำเสีย	ค่าความจุรวม (eq./l.resin)	
			ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	ทรายเคลือบแมงกานีส-ออกไซด์
โลหะสังกะสี	10	5	0.015	0.020
		6	0.024	0.025
		7	0.027	0.025
		8	0.011	0.018
	20	5	0.033	0.042
		6	0.052	0.037
		7	0.033	0.044
		8	0.016	0.017
	50	5	0.084	0.099
		6	0.060	0.091
		7	0.084	0.086
		8	0.044	0.012
โลหะนิกเกิล	10	5	0.021	0.019
		6	0.021	0.020
		7	0.018	0.019
		8	0.008	0.018
	20	5	0.045	0.045
		6	0.041	0.038
		7	0.033	0.042
		8	0.005	0.007
	50	5	0.079	0.116
		6	0.073	0.119
		7	0.096	0.117
		8	0.011	0.011

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. เปรียบเทียบผลของความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

เมื่อพิจารณาความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนจากค่าปริมาณโลหะที่ถูกแลกเปลี่ยนได้โดยตัวกลางทั้ง 2 ชนิด หรือพิจารณาจากค่าความจุรวมดังตารางที่ 5.12 จะพบว่า ส่วนใหญ่แล้วทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลได้มากกว่าทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ แต่ถ้าพิจารณาเฉพาะที่พีเอชเท่ากับ 6 และ 7 จะเห็นได้ว่า ค่าความจุรวมที่ได้จะแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งผลที่ได้จะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์บางตัว ดังนี้ การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ระหว่างการทดลองอาจทำให้ค่าที่ได้ผิดเพี้ยนไม่ต่อเนื่อง หรือประสิทธิภาพของตัวกลางซึ่งอาจจะหมดสภาพเร็วหรือช้ากว่ากันเพียงเล็กน้อย หรือเกิดจากค่าการสูญเสียเฮดที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ตัวกลาง จากผลของความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนของตัวกลางทั้ง 2 ชนิดได้ ดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 แสดงประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนสังกะสีและไอออนนิกเกิลของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ ที่พีเอชเท่ากับ 6 และ 7

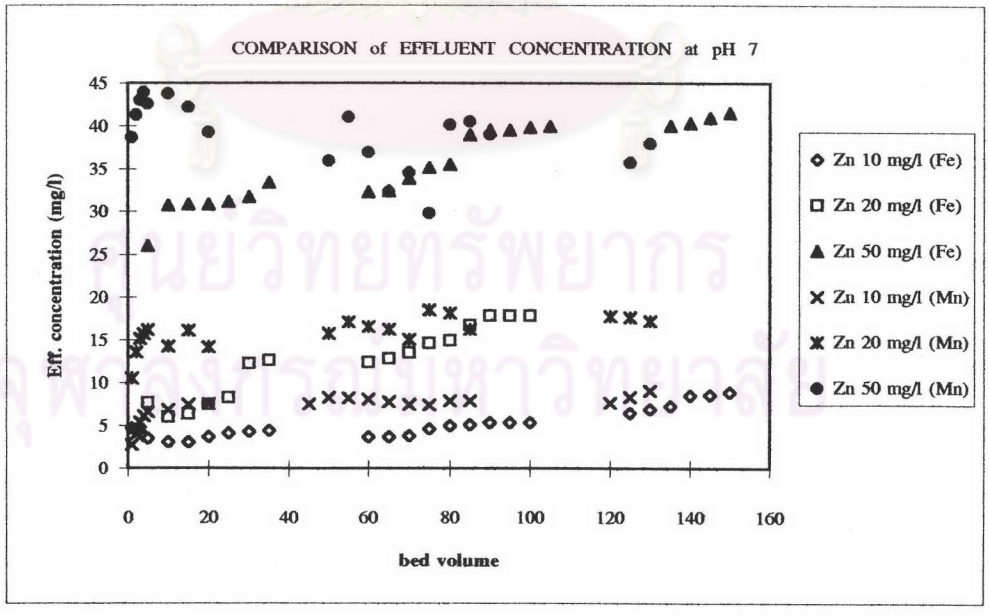
ชนิดของน้ำเสียสังเคราะห์	ความเข้มข้น มก./ล.	พีเอช	ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออน(%)	
			ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์
โลหะสังกะสี	10	6	45.88	52.78
		7	40.17	45.37
	20	6	43.82	60.94
		7	48.54	51.63
	50	6	68.92	60.66
		7	59.64	55.66
โลหะนิกเกิล	10	6	56.59	61.3
		7	57.78	61.34
	20	6	64.45	65.19
		7	48.01	60.23
	50	6	69.52	68.27
		7	62.37	61.23

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

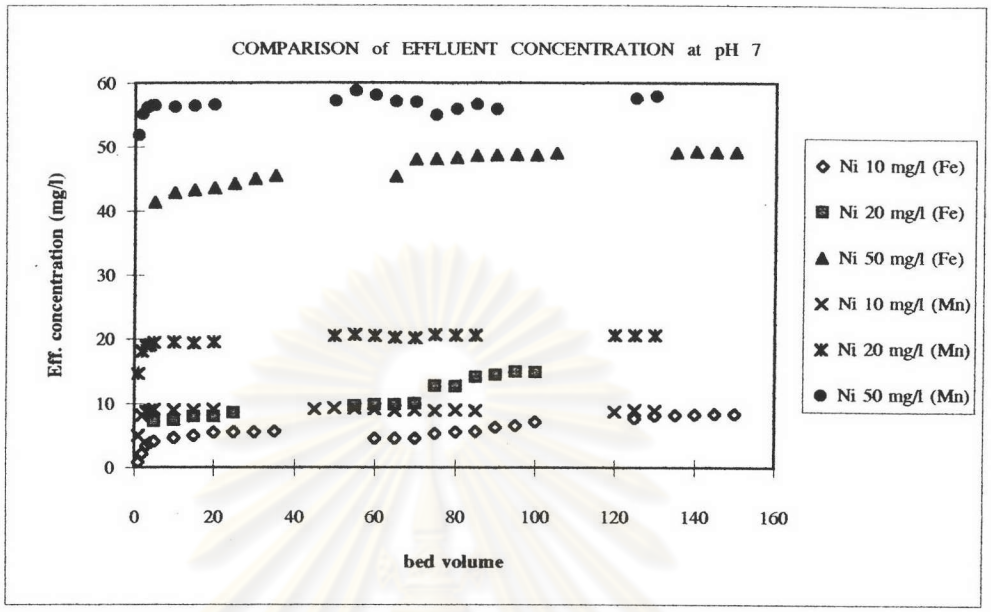
จากตารางที่ 5.3 จะได้ว่าทั้งทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลมากกว่าสังกะสี และที่ความเข้มข้น 50 มก./ล. พีเอชเท่ากับ 6 จะมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนได้มากที่สุด โดยในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนสังกะสีและนิกเกิลที่พีเอชเท่ากับ 6 ความเข้มข้นเท่ากับ 50 มก./ล. เท่ากับ 68.92 % และ 69.52 % สำหรับกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนสังกะสีและนิกเกิลที่พีเอชเท่ากับ 6 ความเข้มข้น 50 มก./ล. เท่ากับ 60.66 % และ 65.27 %

3. เปรียบเทียบผลของโลหะที่มีต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

จากตารางที่ 5.11 พิจารณาเฉพาะที่พีเอชเท่ากับ 7 ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์สามารถแลกเปลี่ยนโลหะสังกะสีได้มากกว่าทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ที่ความเข้มข้นของโลหะเท่ากับ 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. และในกรณีของโลหะนิกเกิลนั้นก็เช่นเดียวกันคือ ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์แลกเปลี่ยนนิกเกิลได้มากกว่าทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ที่ทุกความเข้มข้นของโลหะในน้ำเข้า ดังนั้นสรุปได้ว่าทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนสังกะสีและนิกเกิลได้มากกว่าทรายเคลือบเหล็กออกไซด์ ดังแสดงในรูปที่ 5.21 และ 5.22



รูปที่ 5.21 กราฟเปรียบเทียบปริมาณโลหะสังกะสีที่ถูกแลกเปลี่ยนโดยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ที่พีเอชเท่ากับ 7



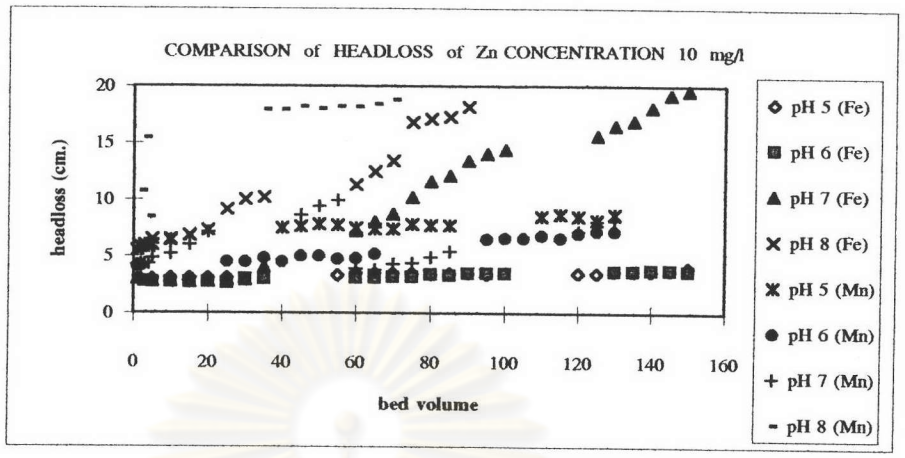
รูปที่ 5.22 กราฟเปรียบเทียบปริมาณโลหะนิกเกิลที่ถูกแลกเปลี่ยนโดยทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ ที่พีเอชเท่ากับ 7

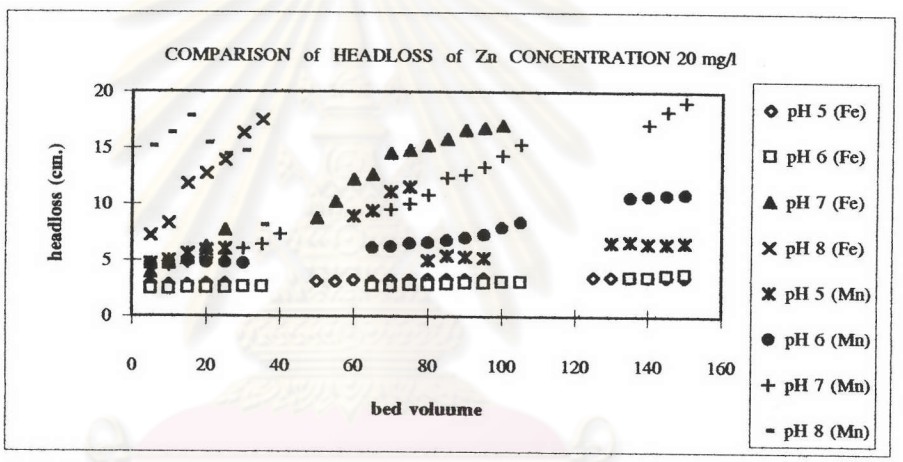
4. เปรียบเทียบผลของการสูญเสียเฮดระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ แบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ

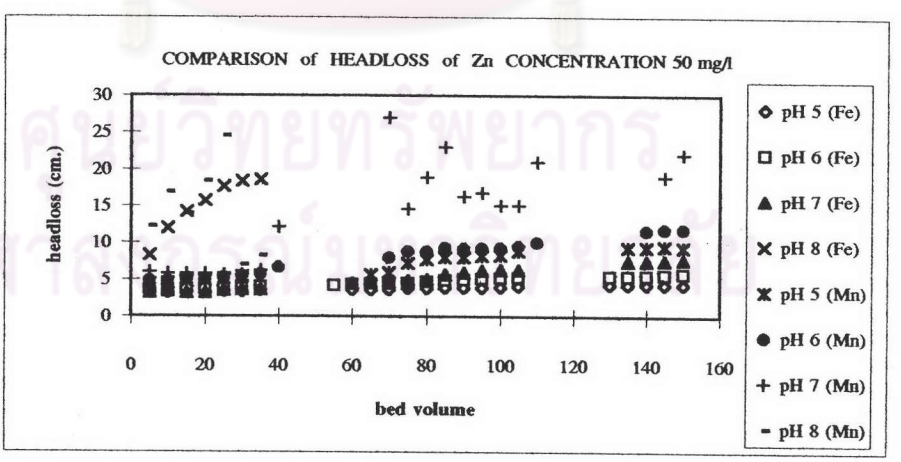
4.1 เปรียบเทียบผลของพีเอชที่มีต่อการสูญเสียเฮดระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

จากที่ได้สรุปมาแล้วว่า พีเอชมีผลต่อตัวกลางทั้ง 2 ชนิด ถ้าพีเอชเพิ่มมากขึ้น ค่าการสูญเสียเฮดจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย จากการเปรียบเทียบระหว่างตัวกลางทั้ง 2 ชนิด จะได้ว่าในกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีที่พีเอชเท่ากับ 5 และ 6 ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์จะมีค่าการสูญเสียเฮดต่ำกว่าทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ ส่วนที่พีเอชเท่ากับ 7 และ 8 นั้น จะได้ว่าค่าการสูญเสียเฮดของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งแตกต่างจากทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ที่มีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมากทำให้ต้องมีการกวนผิวหน้า ดังนั้นค่าการสูญเสียเฮดจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็วเช่นกันและจะเป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 5.23

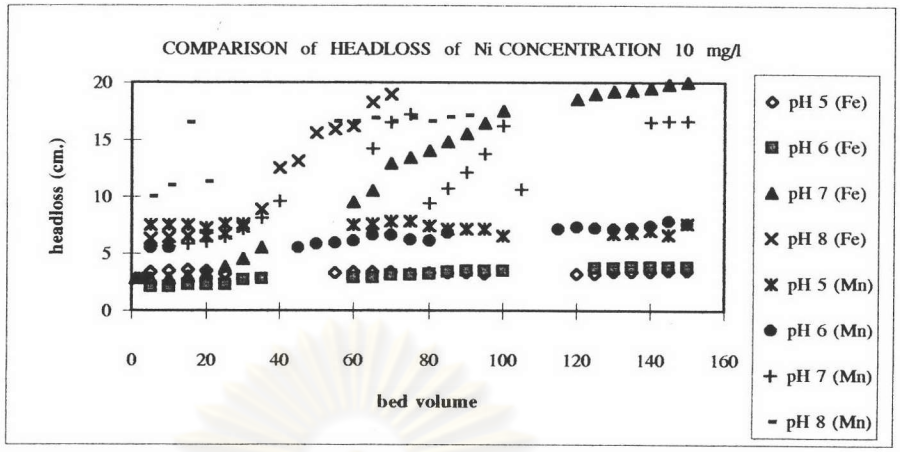
สำหรับกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลนั้น แสดงดังรูปที่ 5.24 ผลที่ได้ก็จะเหมือนกับในกรณีของน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสี

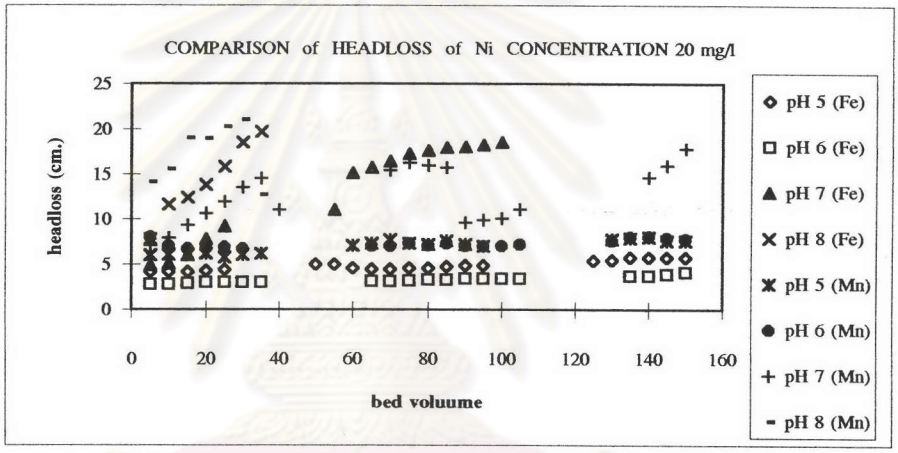


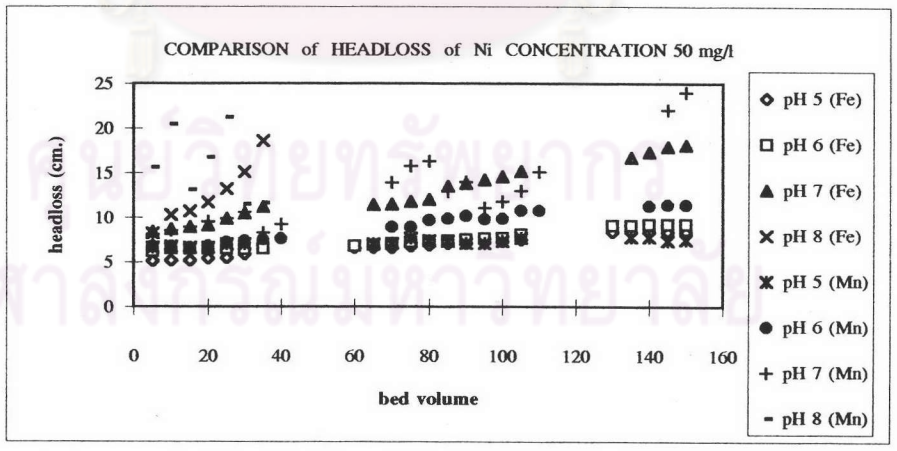




รูปที่ 5.23 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ของน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีมีความเข้มข้นเท่ากับ 10 มก./ล. 20 มก./ล และ 50 มก./ล.



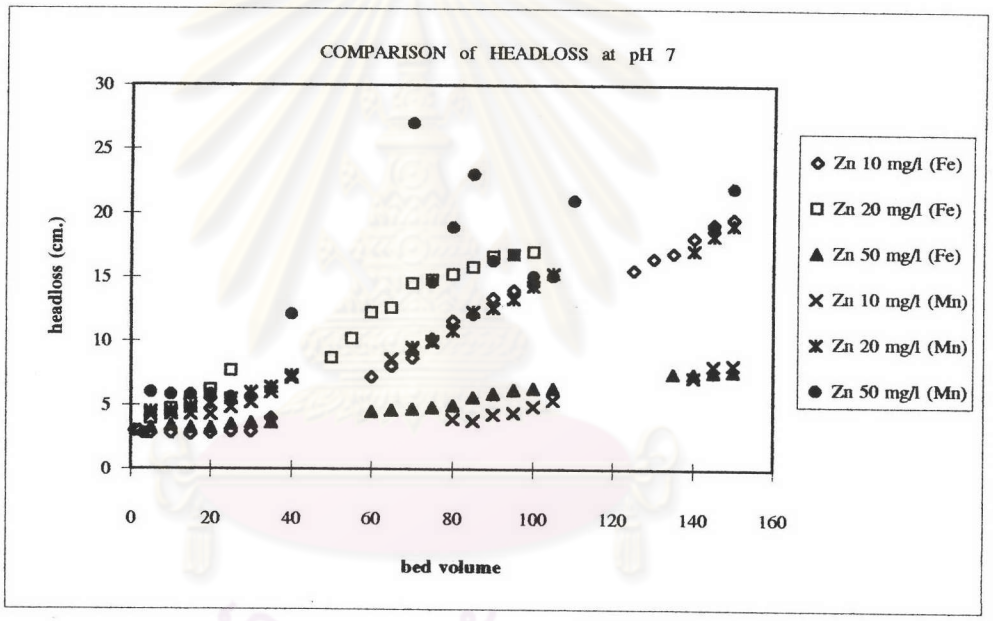




รูปที่ 5.24 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลมีความเข้มข้น 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล.

4.2 เปรียบเทียบผลของค่าความเข้มข้นของโลหะในน้ำเข้าที่มีต่อการสูญเสียเฮดระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

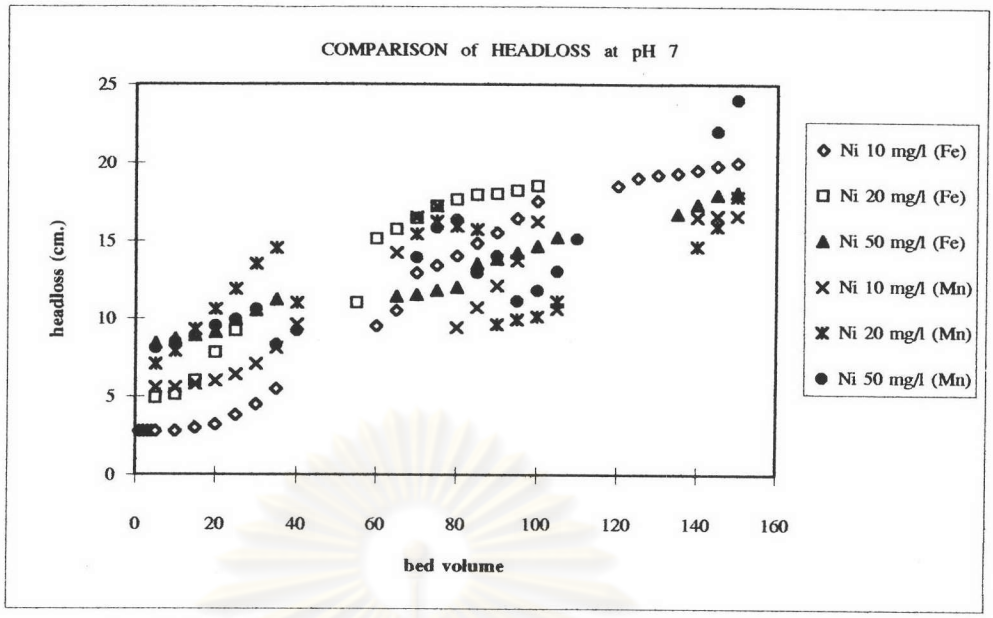
เปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดระหว่างตัวกลางทั้ง 2 ชนิดที่ความเข้มข้น 10 มก./ล. 20 มก./ล. และ 50 มก./ล. จะได้ว่า ถ้าความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น ค่าการสูญเสียเฮดจะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเส้นกราฟแสดงค่าการสูญเสียเฮดจะคล้ายๆ กับหัวข้อที่ 4.1 ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 5.25 และ 5.26 คือ ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์จะมีค่าการสูญเสียเฮดเพิ่มขึ้นอย่างเป็นระเบียบ ส่วนในกรณีของทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์นั้น ค่าการสูญเสียเฮดจะขึ้นๆ ลงๆ จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 5.25 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์เมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเข้ามีค่าต่างกัน ที่พีเอชเท่ากับ 7

5. เปรียบเทียบผลของพีเอชในน้ำออกระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

จากการอธิบายถึงผลของพีเอชในน้ำออกของตัวกลางทั้ง 2 ชนิด จะได้ว่า ในทุกพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านคอลัมน์สามารถวัดค่าพีเอชในน้ำออกได้ใกล้เคียงกัน และค่าที่ได้ค่อนข้างคงที่ระหว่างค่าพีเอชในน้ำเข้า $\pm$ 1 ดังแสดงในตารางที่ 5.14 และ 5.15



รูปที่ 5.26 กราฟเปรียบเทียบค่าการสูญเสียเฮดระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์เมื่อความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำเข้ามีค่าต่างกันที่พีเอชเท่ากับ 7

ตารางที่ 5.14 เปรียบเทียบค่าพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์สังกะสีในน้ำออกที่ผ่านตัวกลางทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

ชนิดของน้ำเสียสังเคราะห์	ความเข้มข้นของโลหะ (มก./ล.)	พีเอชของน้ำเสียในน้ำเข้า	ค่าพีเอชในน้ำออก	
			ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	ทรายเคลือบแมงกานีส-ออกไซด์
โลหะสังกะสี	10	5	5.5-6.3	5.5-6.1
		6	6.1-6.8	6.2-6.8
		7	6.5-7.3	6.7-7.2
		8	6.5-7.3	7.3-7.5
	20	5	4.4-6.1	5.6-6.3
		6	6.0-7.1	6.2-6.6
		7	6.3-7.0	6.6-7.2
		8	6.8-7.4	7.1-7.6
	50	5	5.5-6.1	5.6-6.1
		6	5.9-6.5	6.1-6.5
		7	6.3-7.2	6.4-6.8
		8	7.0-7.3	7.2-7.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.15 เปรียบเทียบค่าพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลในน้ำออกที่ผ่านตัวกลางทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

ชนิดของน้ำเสียสังเคราะห์	ความเข้มข้นของโลหะ (มก./ล.)	พีเอชของน้ำเสียในน้ำเข้า	ค่าพีเอชในน้ำออก	
			ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	ทรายเคลือบแมงกานีส-ออกไซด์
โลหะนิกเกิล	10	5	5.5-6.0	5.6-6.2
		6	6.0-6.5	6.2-7.0
		7	6.7-7.3	6.9-7.4
		8	6.9-7.8	7.3-7.7
	20	5	5.7-6.1	5.6-6.1
		6	6.0-7.0	6.4-6.9
		7	6.0-7.2	7.0-7.5
		8	6.5-7.1	7.0-7.6
	50	5	5.7-6.3	5.7-6.1
		6	6.0-6.5	6.4-6.8
		7	6.4-7.3	6.9-7.3
		8	6.7-7.5	7.0-7.3

6. เปรียบเทียบผลของการล้างย้อนคอลัมน์ระหว่างตัวกลางทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

จากผลของการล้างย้อนคอลัมน์ที่ได้พิจารณาแล้วจะเห็นว่า ปริมาณโลหะที่หลุดออกมากับน้ำล้างย้อนทั้ง 4 ตัวอย่างจะมีค่ามากในน้ำตัวอย่างแรกและลดน้อยลงเรื่อยๆ จนถึงน้ำตัวอย่างที่ 4 และจากการสังเกตจากตารางที่ 5.16 เปรียบเทียบระหว่างตัวกลาง 2 ชนิดจะได้ว่าค่าโดยเฉลี่ยของปริมาณโลหะในน้ำล้างย้อนมีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าประสิทธิภาพการทำความสะอาดชั้นตัวกลางมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.16 เปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณโลหะที่วัดได้ในน้ำล้างย้อน 4 ตัวอย่าง ระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

ชนิดของน้ำเสียสังเคราะห์	ชนิดของเรซิน	สัดส่วนปริมาณโลหะหนักในน้ำล้างย้อน (%)			
		สัดส่วน 1	สัดส่วน 2	สัดส่วน 3	สัดส่วน 4
สังกะสี	ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	32.46	25.72	21.58	20.23
	ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์	31.30	25.45	22.44	20.81
นิกเกิล	ทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	35.35	26.01	21.36	17.26
	ทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์	40.73	26.07	19.62	13.57

7. เปรียบเทียบผลของการฟื้นอำนาจตัวกลางระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

จากตารางที่ 5.17 จะเห็นได้ว่า สัดส่วนของปริมาณโลหะที่ตกค้างอยู่ในสารรีเจนเนอแรนต์ 0.1 M ต่อ 0.01 M ในกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบเหล็กออกไซด์จะมีค่าแตกต่างกันน้อยประมาณ 2-4 เท่า ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับกรณีที่ตัวกลางคือทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์ ค่าสัดส่วนที่ได้นี้จะมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 1-12 เท่า

ตารางที่ 5.17 เปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณโลหะที่ตกค้างอยู่ในสารรีเจนเนอแรนต์ระหว่างทรายเคลือบเหล็กออกไซด์และทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์

ชนิดของน้ำเสีย	ความเข้มข้น (มก./ล.)	สัดส่วนปริมาณโลหะของทรายเคลือบเหล็กออกไซด์	สัดส่วนปริมาณโลหะของทรายเคลือบแมงกานีสออกไซด์
สังเคราะห์ สังกะสี	10	3.35	1.94
	20	3.55	2.04
	50	1.58	1.28
สังเคราะห์ นิกเกิล	10	4.16	12.58
	20	2.47	10.39
	50	3.03	5.91