

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การประเมินความสามารถในการเกิดสารประกอบไตรฮาโลมีเทนของแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา

การประเมินความสามารถในการเกิดสารประกอบไตรฮาโลมีเทนของแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาทำโดยใช้น้ำตัวอย่างจากแหล่งน้ำดิบ 5 แห่ง ได้แก่ กว๊านพะเยา เขื่อนแม่กวงอุดมธารา แม่น้ำวัง (ช่วงที่ผ่านอ.เถิน จ.ลำปาง) แม่น้ำปิง (ช่วงที่ผ่านอ.เมือง จ.เชียงใหม่) และคลองชลประทานแม่แตง โดยเก็บตัวอย่าง 5 ครั้ง ในช่วงกันยายน 2555 – พฤษภาคม 2556 ได้ผลดังแสดงในตาราง ก-1 ภาคผนวก ก

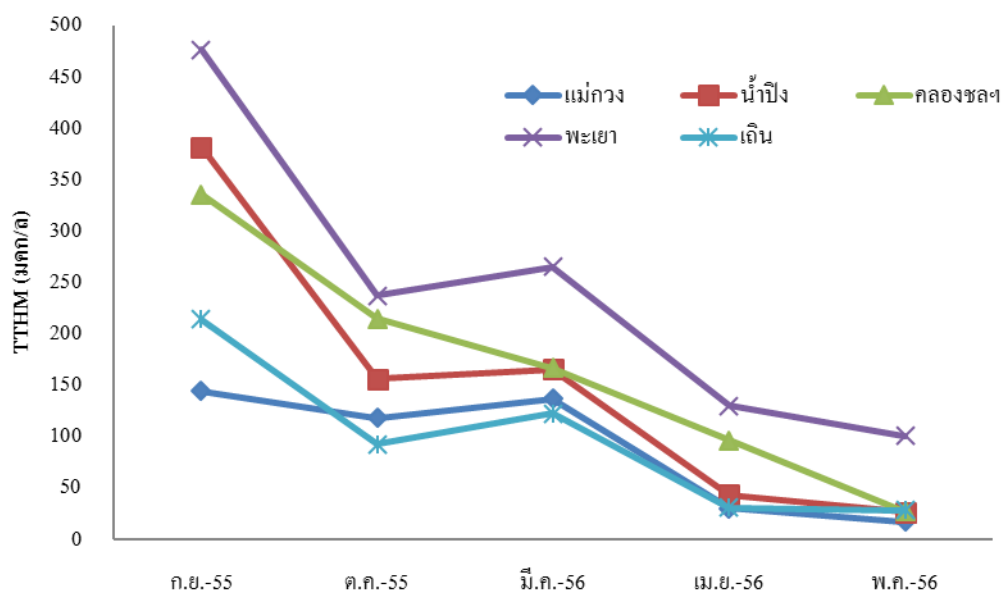
จากผลการตรวจวัด THMFP ของแหล่งน้ำทั้ง 5 แหล่งที่แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าน้ำตัวอย่างจากกว๊านพะเยามีค่า TTHM เฉลี่ยสูงกว่าแหล่งน้ำอื่นๆ ในขณะที่น้ำจากเขื่อนแม่กวงมีค่าดังกล่าวต่ำสุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกว๊านพะเยาเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนที่อยู่โดยรอบกว๊าน ทำให้มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนในปริมาณสูง ซึ่งจะเห็นได้จากข้อมูลปริมาณสารอินทรีย์ละลายที่จะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไปแตกต่างจากเขื่อนแม่กวงซึ่งมีพื้นที่รับน้ำอยู่ในสภาพธรรมชาติ ส่วนแม่น้ำปิงและคลองชลประทานแม่แตงซึ่งเป็นแหล่งน้ำไหลเหมือนกันพบว่ามีค่า THMFP ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1 THMFP เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

แหล่งน้ำ	THMFP ($\mu\text{g/L}$)				
	CHCl_3	CHCl_2Br	CHClBr_2	CHBr_3	TTHM
เขื่อนแม่กวง	78.4±47.8	11.3±7.3	1.6±2.4	2.7±5.4	88.8±54.5
แม่น้ำปิง	141.8±120.3	16.4±10.6	0.6±0.8	ND	154±127
คลองชลประทาน	162±105	6.6±6.8	0.3±0.6	0.4±0.5	167±105
กว๊านพะเยา	209±100	23.4±15.4	2.1±2.7	29.2±55.0	241±133
แม่น้ำวัง	69.5±48.4	21.1±13.6	7.7±6.2	16.5±32.9	97.1±68.6

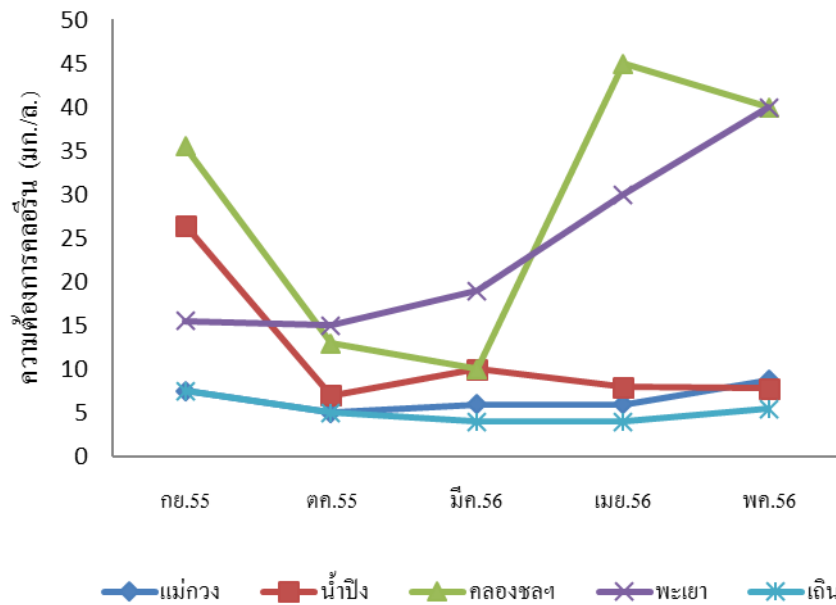
หมายเหตุ ; ND = Not detected

สารประกอบ THMs ที่เกิดขึ้นในทุกแหล่งน้ำส่วนใหญ่เป็นคลอโรฟอร์ม รองลงมา
เป็น โบรโมไดคลอโรมีเทน ส่วน ไดโบรโมคลอโรมีเทน และ โบรโมฟอร์มพบน้อยมาก
นอกจากนี้ ปริมาณ TTHM ที่ตรวจวัดได้ยังแปรผันตามฤดูกาล ดังแสดงในรูปที่ 4.1
กล่าวคือ TTHM มีค่าสูงในช่วงฤดูฝน และลดลงในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม
โดยมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน ทั้งนี้เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำดินถูกน้ำฝนชะไหลลงสู่แหล่ง
น้ำ แต่หลังจากเดือนมีนาคมเป็นต้นไปปริมาณฝนเริ่มลดน้อยลงทำให้ค่าสารอินทรีย์ในน้ำลดลงไป
ด้วย การแปรผันในแต่ละฤดูกาลดังกล่าวส่งผลให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า THMF_P ของทุก
แหล่งน้ำมีค่าค่อนข้างสูง



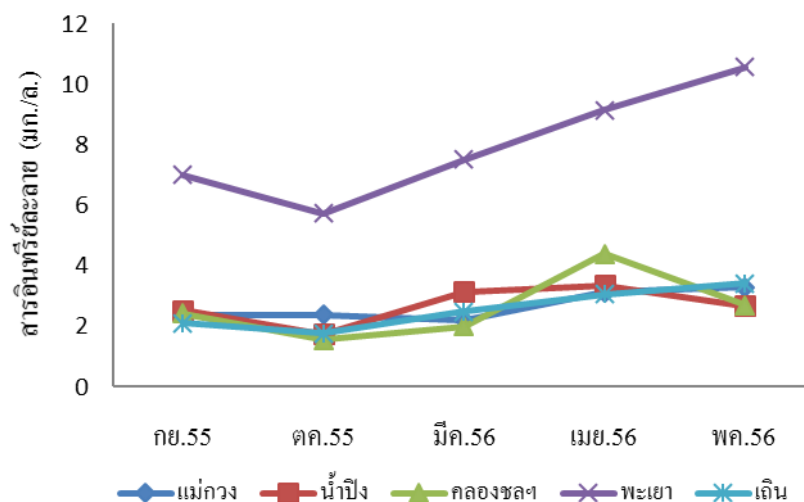
รูปที่ 4.1 ค่า THMF_P ของ แหล่งน้ำที่ทำการศึกษา

สำหรับผลการตรวจวัดความต้องการคลอรีนของน้ำในแต่ละแหล่งพบว่า มีค่าแปรผันตาม
ฤดูกาลค่อนข้างสูง ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยส่วนใหญ่มีค่าสูงในช่วงฤดูฝนและลดต่ำลงในช่วงฤดูแล้ง
เช่นเดียวกับค่า THMF_P ยกเว้นกรณีของกว๊านพะเยาซึ่งพบว่ามีค่าความต้องการคลอรีนเพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง
สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะกว๊านพะเยาในช่วงฤดูแล้งจะมีการเจริญเติบโตของสาหร่าย อีกทั้งยังเป็น
แหล่งรองรับน้ำเสีย ทำให้มีสารปนเปื้อนอื่นๆที่สามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีนนอกเหนือจากสารที่
ทำปฏิกิริยากับคลอรีนแล้วให้ไตรฮาโลมีเทน



รูปที่ 4.2 ความต้องการคลอรีนของแหล่งน้ำที่ทำการศึกษา

นอกจากนี้ยังพบว่าสารอินทรีย์ละลายของแหล่งน้ำก็มีค่าแปรผันตามฤดูกาลเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 โดยแหล่งน้ำส่วนใหญ่มีค่าสารอินทรีย์ละลายสูงในช่วงฤดูแล้ง โดยเฉพาะกว๊านพะเยาที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นมาก อาจเป็นเพราะกว๊านพะเยามีลักษณะเป็นอ่างเก็บน้ำ ในฤดูแล้งมีปริมาณน้ำเข้ากวันน้อย ทำให้มีระดับน้ำลดลง อีกทั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้นในช่วงฤดูนี้ทำให้แอกติวิตีของจุลินทรีย์มีมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีขึ้น โดยสารอินทรีย์ในรูปของแข็งจะถูกย่อยสลายให้อยู่ในรูปของสารละลายได้



รูปที่ 4.3 สารอินทรีย์ละลายของแหล่งน้ำที่ทำการศึกษา

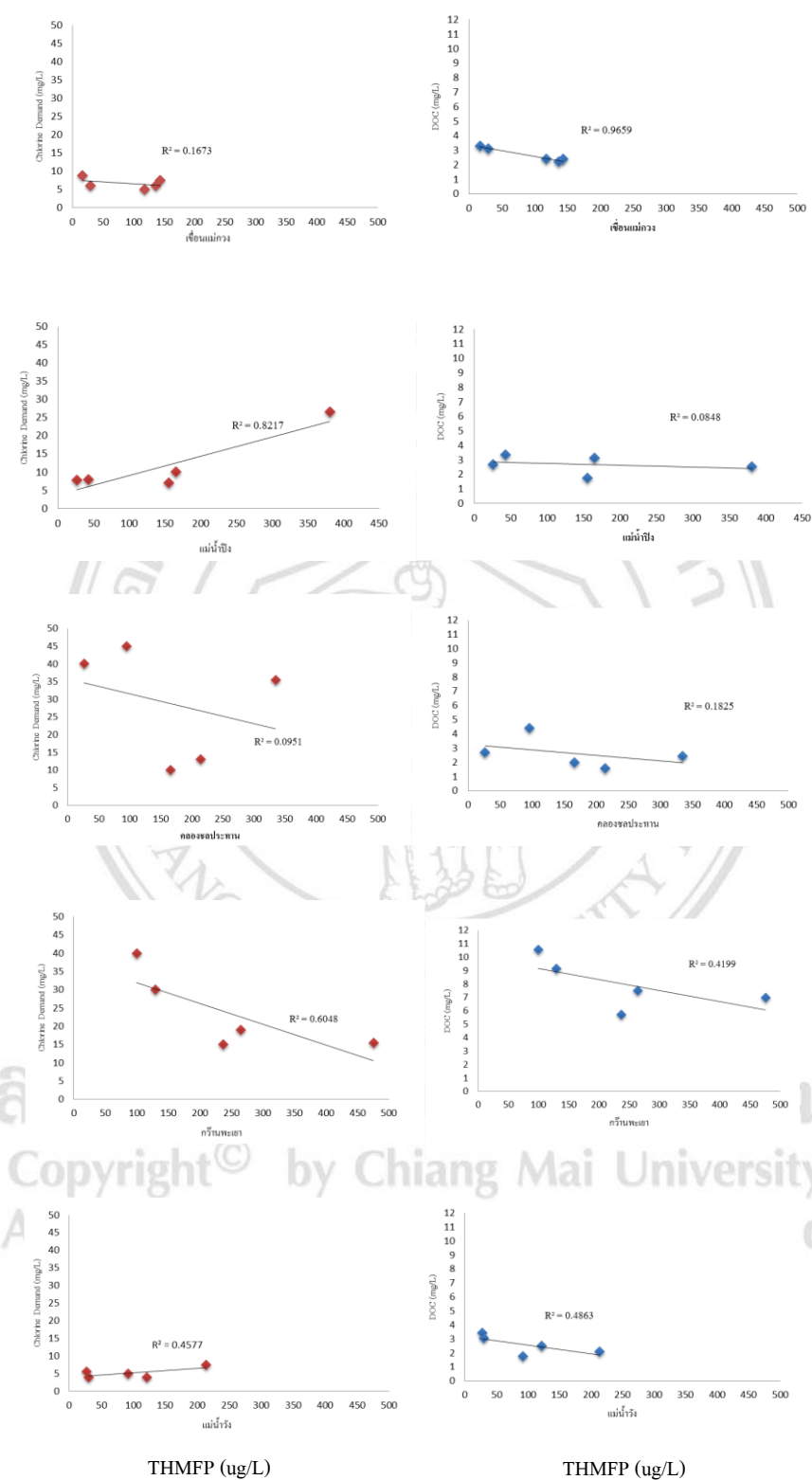
อย่างไรก็ตาม เมื่อนำข้อมูลความต้องการคลอรีนและสารอินทรีย์ละลาย ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์กับค่า THMFP ของแต่ละแหล่งน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 พบว่ามีเพียงแม่น้ำปิงเท่านั้นที่ค่า THMFP มีแนวโน้มแปรผันตามความต้องการคลอรีน ในขณะที่แหล่งน้ำอื่นไม่พบความสัมพันธ์ และในทุกแหล่งน้ำที่ทำการศึกษาก็ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่า THMFP กับปริมาณสารอินทรีย์ละลาย ทั้งนี้เนื่องจากสารอินทรีย์ละลายในแหล่งน้ำที่ทำการตรวจวัดส่วนใหญ่ยังมีสารกลุ่มอื่นปนอยู่ด้วย จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนสารกลุ่มฮิวมิกได้ เพราะไตรฮาโลมีเทนเป็นสารประกอบที่เกิดจากสารกลุ่มฮิวมิกทำปฏิกิริยากับคลอรีน

นอกจากนี้ จากข้อมูลที่ได้แสดงในรูปที่ 4.5 ยังพบว่าความต้องการคลอรีนของกัวนพะเยามีค่าแปรผันตามปริมาณสารอินทรีย์ละลายอย่างมาก โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9362 ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำกัวนพะเยามีการปนเปื้อนในแต่ละฤดูแตกต่างกัน และสารอินทรีย์ปนเปื้อนส่วนใหญ่ไม่ใช่กลุ่มฮิวมิก ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีนได้แต่ไม่ให้ไตรฮาโลมีเทน ในขณะที่ของแหล่งน้ำที่ทำการศึกษานี้ ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว

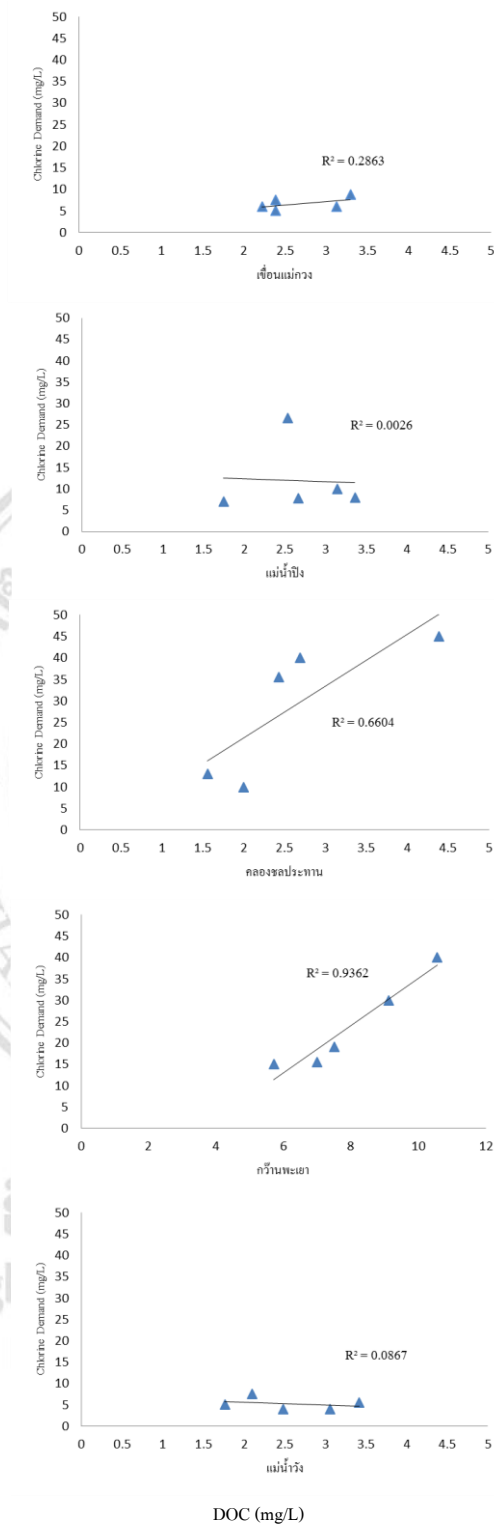
เมื่อนำค่า THMFP ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปเปรียบเทียบกับการศึกษา THMFP ของแหล่งน้ำอื่นๆ ตามตารางที่ 4.2 พบว่าค่า THMFP ที่ได้จากแหล่งน้ำประเภทที่ใกล้เคียงกับที่เลือกทำการศึกษามีค่าใกล้เคียงกัน และยังพบว่าค่า THMFP มีแนวโน้มแปรผันตามช่วงฤดูกาลเช่นเดียวกับการศึกษานี้ โดยมีค่าสูงในฤดูฝนและลดลงในช่วงฤดูแล้ง

ตารางที่ 4.2 การศึกษาโอกาสในการเกิดไตรฮาโลมีเทน (THMFP) ของแหล่งน้ำ

ประเทศ	แหล่งน้ำ	ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง	THMFP (มก./ล.)	อ้างอิง
ไทย	อ่างแก้ว จ.เชียงใหม่	ไม่ระบุ	253	อรทัย,2545
ไทย	อ่างแก้ว จ.เชียงใหม่	มี.ค.51 – พ.ย.51	250-441	นรเทพ,2553
ไทย	แม่น้ำปิง จ.เชียงใหม่	ไม่ระบุ	240	พรรณธิพา,2552
ไทย	ลำน้ำแม่สา จ.เชียงใหม่	ก.พ.48	112	ศุภรีดา,2548
ไทย	คลองอู่ตะเภา จ.สงขลา	ฤดูฝน / ฤดูแล้ง	729 / 508	จรงค์พันธ์,2554
ไทย	แม่น้ำแม่กลอง จ.ราชบุรี แม่น้ำท่าจีน จ.นครปฐม	กรกฎาคม	86 106	กฤษฎา,2553
สหรัฐอเมริกา	Cannonsville Reservoir	April-August 1995	170-360	Carol et.al.,1998
อิหร่าน	Karun River	Oct 2008-Sep 2009	60-150	Bahman,2011
ฮ่องกง	Dongjiang River	ไม่ระบุ	55-376	Y.Liang,2007
ไทย	เขื่อนแม่งอง จ.เชียงใหม่ แม่น้ำปิง จ.เชียงใหม่ คลองชลประทาน จ.เชียงใหม่ กัวนพะเยา จ.พะเยา แม่น้ำวัง จ.ลำปาง	ก.ย.55 – พ.ค.56	89 154 167 241 97	การศึกษานี้



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการคลอรีนและ DOC กับ THMFP

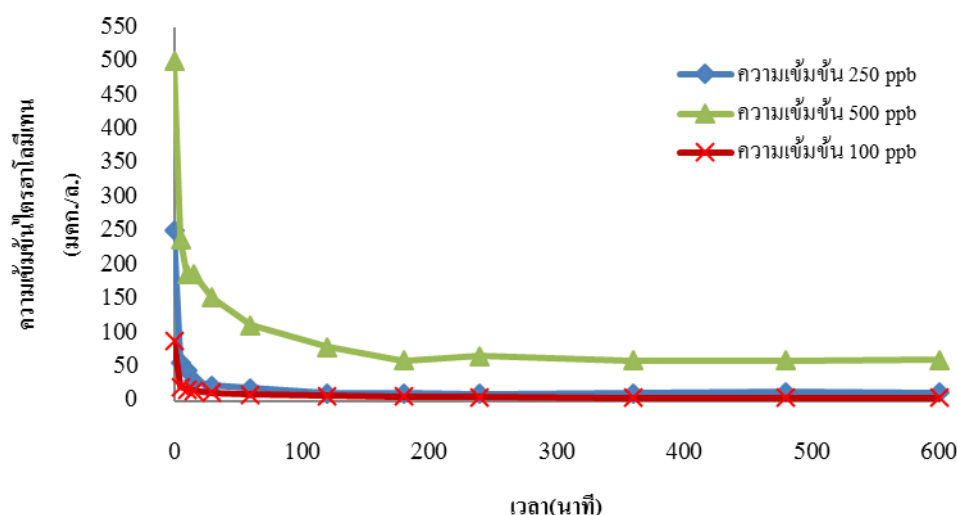


รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการคลอรีนกับสารอินทรีย์ละลาย

4.2 ไอโซเทอมของการดูดซับ

4.2.1 เวลาสัมผัสที่เหมาะสม

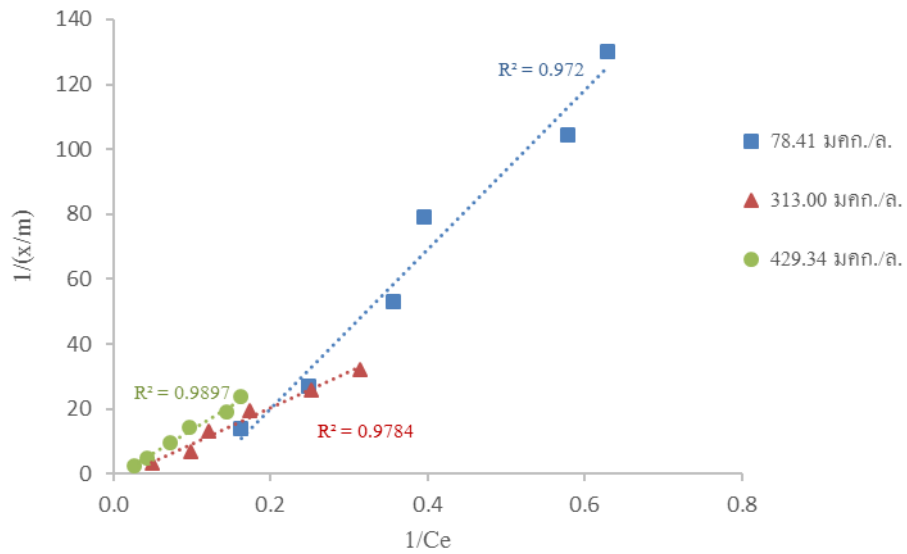
ผลการทดลองหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.6 โดยพบว่าเมื่อพิจารณาเวลาสัมผัสที่เวลาต่างๆ กัน ในการดูดซับไตรฮาโลมีเทนโดยถ่านกัมมันต์ พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาสัมผัสให้นานขึ้นความเข้มข้นของไตรฮาโลมีเทนจะมีค่าลดลงจากความเข้มข้นเริ่มต้น โดยอัตราการลดลงจะมีค่าสูงมากในช่วงแรก และค่อยๆ ลดลงจนกระทั่ง เมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นไตรฮาโลมีเทนเริ่มต้นต่างๆ กัน พบว่า ที่ทุกความเข้มข้นจะมีการลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 30 นาทีแรกของการทดลอง และเริ่มมีค่าคงที่เมื่อเข้าสู่เวลาสัมผัสที่ 240 นาที ซึ่งเมื่อทำการเชื่อมต่อไปพบว่าความเข้มข้นไตรฮาโลมีเทนคงเหลือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าเวลาที่ใช้ในการสัมผัสของน้ำเสียที่มีความเข้มข้นไตรฮาโลมีเทนต่างๆ มีค่าเท่ากับ 240 นาทีในการเข้าสู่สภาวะสมดุล



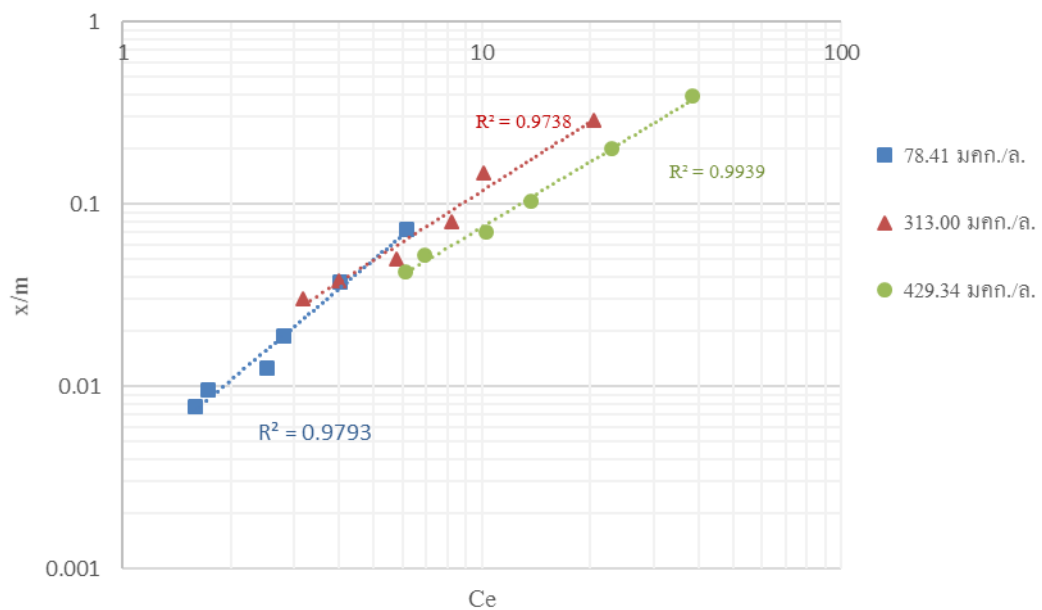
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไตรฮาโลมีเทนที่เหลือกับเวลาสัมผัส

4.2.2 ความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์

ผลการหาความสามารถของการดูดซับแสดงในภาคผนวก ก เมื่อนำผลการทดลองมาหาไอโซเทอมการดูดซับโดยใช้สมการของ Langmuir และ Freundlich พบว่าได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.7 – 4.8 และตารางที่ 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการหาไอโซเทอมของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับสารละลายไตรฮาโลมีเทนที่ความเข้มข้นต่างๆ ตามสมการ Langmuir Isotherm



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการหาไอโซเทอมของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับสารละลายไตรฮาโลมีเทนที่ความเข้มข้นต่างๆ ตามสมการ Freundlich Isotherm

จากรูปที่ 4.7 - 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง x/m และ C_e ของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ดูดซับสารละลายไตรฮาโลมีเทนที่ได้จากการทดลอง และนำข้อมูลที่ได้จากการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง x/m กับ C_e ไปคำนวณตามสมการ Isotherm ของ Freundlich และ Langmuir

จากสมการ Freundlich เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง x/m กับ C_e บนกราฟ $\log$ จะได้ค่าความชันของกราฟ คือ ค่า $1/n$ จุดตัดแกน y คือ ค่า K โดยค่า n และ K คือค่าคงที่ ค่า K ใน สมการของ Freundlich จะแสดงถึงค่าความสามารถเริ่มต้นของการดูดซับ ส่วนค่า $1/n$ เป็นค่าที่แสดงความแข็งแรงของการดูดซับ (Strength of adsorption) เมื่อพิจารณาสมการของ Langmuir เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $1/(x/m)$ กับ $1/C_e$ จะได้ค่าความชันของกราฟคือค่า $1/ab$ และ จุดตัดแกน y คือค่า $1/b$ ค่า a และค่า b เป็นค่าคงที่ โดย a เป็นค่าคงที่ที่แสดงความสามารถในการดูดซับสูงสุดบนถ่านกัมมันต์ ส่วนค่า b จะแสดงถึงพลังงานของการดูดซับ (Energy of adsorption) โดยค่า b จะมีค่าที่สูงขึ้นเมื่อความแข็งแรงของพันธะในการดูดซับมีค่าสูงขึ้นและสามารถนำข้อมูลจากกราฟมาคำนวณหาค่าคงที่ ตามสมการของ Freundlich และ Langmuir โดยแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.3 สมการและค่าคงที่ของ Langmuir Isotherm

ความเข้มข้นเริ่มต้น (มก/ล.)	สมการ	ค่าคงที่		R^2
		a	b	
78.41	$y = 244.38x - 28.645$	- 0.12	- 0.03	0.9720
313.00	$y = 111.12x - 1.847$	- 0.02	- 0.54	0.9784
429.34	$y = 148.52x - 1.2173$	- 0.01	- 0.82	0.9897

ตารางที่ 4.4 สมการและค่าคงที่ของ Freundlich Isotherm

ความเข้มข้นเริ่มต้น (มก/ล.)	สมการ	ค่าคงที่		R^2
		K	n	
78.41	$y = 0.0035x^{1.6561}$	0.0035	0.6038	0.9793
313.00	$y = 0.0065x^{1.2596}$	0.0065	0.7939	0.9738
429.34	$Y = 0.0048x^{1.1915}$	0.0048	0.8393	0.9939

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์การดูดซับไตรฮาโลมีเทนของถ่านกัมมันต์ โดยพิจารณาจากค่า R^2 พบว่าค่า R^2 จาก Freundlich Isotherm มีค่าสูงกว่า ค่า R^2 จาก Langmuir Isotherm โดยค่า R^2 ตาม Freundlich Isotherm มีค่า 0.9793, 0.9738, และ 0.9939 สำหรับสารละลายไตรฮาโลมีเทนที่มีความเข้มข้น 78.41, 313.00, และ 429.34 มก./ล. ตามลำดับ ในขณะที่ ค่า R^2 จาก Langmuir Isotherm เท่ากับ 0.9720, 0.9784, และ 0.9897 สำหรับสารละลายไตรฮาโลมีเทนที่มีความเข้มข้น 78.41, 313.00, และ 429.34 มก./ล. ตามลำดับ นอกจากนี้ ค่าคงที่ของ Langmuir Isotherm ที่ได้จากการทดลองมีค่าเป็นลบ แสดงให้เห็นว่า Isotherm ของการดูดซับแบบ Freundlich มีความเหมาะสมที่จะนำมาอธิบายการดูดซับไตรฮาโลมีเทนของถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีลักษณะเป็นการดูดซับ

แบบหลายชั้นบนสารดูดซับ (Absorbent) ที่มีพื้นผิวของการดูดซับมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันสามารถใช้สมการ Isotherm ของ Freundlich ทำนายความสัมพันธ์ระหว่าง x/m กับ C_e ได้ค่าที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่า สมการ Isotherm ของ Langmuir และตามทฤษฎีค่า x/m ที่ได้ควรจะมีค่าเท่ากัน แต่เนื่องจากการทดลองไม่ได้มีการควบคุมอุณหภูมิจึงทำให้ค่าที่ได้มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในการเดินระบบจริงอาจจะไม่มีการควบคุมอุณหภูมิเช่นกัน ทำให้ปรากฏการณ์นี้อาจเกิดขึ้นได้ โดยสามารถเลือกค่าไอโซเทอมในช่วงความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกับค่าที่ใช้ในการศึกษาไปใช้ได้

4.3 การทดลองกระบวนการดูดซับแบบต่อเนื่องในถังปฏิกรณ์แบบคอลัมน์เดี่ยว

ผลการทดลองที่ได้สามารถนำมาสร้างกราฟเบรคทูระหว่างปริมาณน้ำเสียที่ผ่านระบบกับความเข้มข้นของไตรฮาโลมีเทนในน้ำที่ออกจากระบบดังแสดงในรูปที่ 4.9 โดยจากผลการทดลองดังกล่าวสามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้ดังนี้

4.3.1 Mass Transfer Zone อายุการใช้งาน และปริมาณไตรฮาโลมีเทนที่ถูกกำจัดต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ เมื่อใช้ความเข้มข้นของไตรฮาโลมีเทนและอัตราการกรองที่ค่าต่างๆ

จากกราฟเบรคทูในรูปที่ 4.9 ทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำมาคำนวณค่าความยาวของ Mass Transfer Zone ปริมาณไตรฮาโลมีเทนที่ถูกกำจัดต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ และอายุการใช้งานของระบบตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจุดเบรคทูได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าในการทดลองโดยใช้น้ำเสียที่มีความเข้มข้นไตรฮาโลมีเทนในช่วง 100 – 500 มกก./ล. และใช้อัตราการกรองผ่านถ่านกัมมันต์ในช่วง 2 – 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ปริมาณไตรฮาโลมีเทนที่ถูกกำจัดต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์จะมีค่าแตกต่างกันตั้งแต่ 0.096 มกก./มก. ถึง 0.242 มกก./ก. อายุการใช้งานของระบบมีค่าตั้งแต่ 10 ชม. ถึง 249 ชม. และค่าความยาวของ Mass Transfer Zone มีค่าตั้งแต่ 15.32 ชม. ถึง 37.89 ชม. ซึ่งจากค่าความยาวของ Mass Transfer Zone ที่ได้ จะเห็นว่ามีความน้อยกว่าความลึกของชั้นถ่านกัมมันต์ที่ทำการศึกษา จึงทำให้ระบบสามารถกำจัดไตรฮาโลมีเทนทั้งหมดออกจากราน้ำเสียได้ในช่วงระยะหนึ่ง โดยยังไม่มีไตรฮาโลมีเทนหลุดออกมากับน้ำออกจากระบบในช่วงเริ่มต้นการเดินระบบ และน้ำที่ออกจากระบบก่อนถึงจุดเบรคทูของการทดลองจะมีค่าความเข้มข้นไตรฮาโลมีเทนเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการเดินระบบโดยใช้น้ำเสียที่มีความเข้มข้นไตรฮาโลมีเทนในช่วง 100 – 500 มกก./ล. และใช้อัตราการกรองผ่านถ่านกัมมันต์ในช่วง 2 – 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ระบบจะสามารถกำจัดไตรฮาโลมีเทนออกจากราน้ำเสียได้จนหมดในช่วงเวลาหนึ่งจนกระทั่งถึงจุดเบรคทู

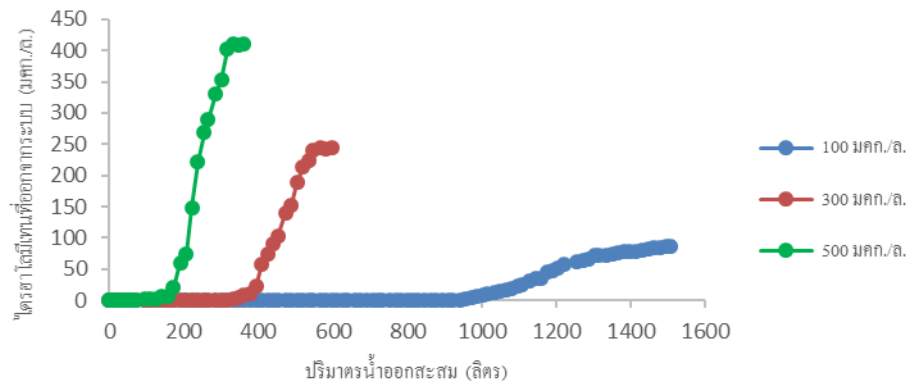
อย่างไรก็ตามจากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นว่าค่าความยาวของ Mass Transfer Zone อายุการใช้งานของระบบ และปริมาณไตรฮาโลมีเทนที่ถูกกำจัดต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ สำหรับแต่ละ

การทดลองจะมีค่าแตกต่างกัน โดยอาจจะเป็นผลมาจากการใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นเข้าระบบหรืออัตราการกรองที่แตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

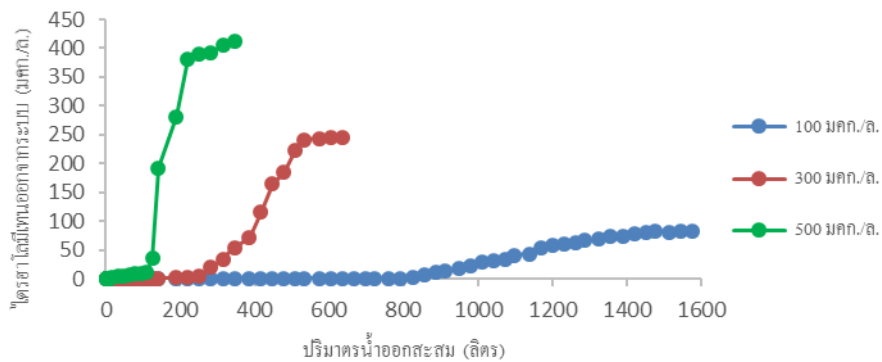
ตารางที่ 4.5 ความยาวของ Mass Transfer Zone อายุการใช้งานของระบบ และปริมาณไตรฮาโลมีเทนที่ถูกกำจัดต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ สำหรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของไตรฮาโลมีเทนและอัตราการกรองผ่านระบบต่างๆ

ความเข้มข้นของไตรฮาโลมีเทนในน้ำเสียที่เข้าระบบ (มกค./ล.)	อัตราการกรองน้ำเสียผ่านระบบ (ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.)	ความยาวของ Mass Transfer Zone (ชม.)	อายุการใช้งาน (ชม.)	ปริมาณไตรฮาโลมีเทนที่ถูกกำจัดต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ (มกค./มก.)
100	2.0	15.32	249	0.242
	4.0	21.28	109	0.233
	5.0	25.66	72	0.217
300	2.0	17.09	92	0.214
	4.0	24.62	36	0.167
	5.0	32.59	16	0.093
500	2.0	23.68	44	0.170
	4.0	34.29	16	0.123
	5.0	37.89	10	0.096

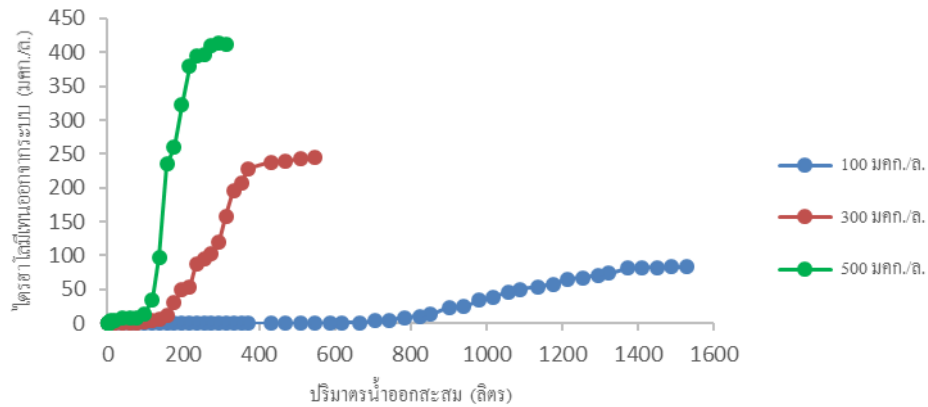
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ก) อัตราการกรองผ่านคอลัมน์ 2 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.



ข) อัตราการกรองผ่านคอลัมน์ 4 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.



ค) อัตราการกรองผ่านคอลัมน์ 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

รูปที่ 4.9 กราฟเบรคทูระหว่างปริมาณน้ำเสียที่ผ่านระบบกับค่าความเข้มข้นของ ไรโซไลต์ในน้ำออก เมื่อเดินระบบโดยใช้อัตราการกรองผ่านคอลัมน์ 2 - 5 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. สำหรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้น ไรโซไลต์เริ่มต้น 100-500 มก./ล.

4.3.2 ผลของอัตราการกรองที่มีต่อความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์

จากกราฟเบรคทรูในรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราการกรองน้ำผ่านคอลัมน์เพิ่มขึ้น ที่ความเข้มข้นไตรฮาโลมีเทนค่าเดียวกัน จุดเบรคทรูของระบบจะใช้เวลาเร็วขึ้น และพบว่าลักษณะกราฟมีความชันเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าที่อัตราการกรองต่ำกว่าจะมีความสามารถในการดูดซับมากกว่า เนื่องจากมีเวลาสัมผัสในคอลัมน์มากกว่า ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าที่อัตราการกรองเพิ่มขึ้น ความยาวของ Mass Transfer Zone เพิ่มขึ้น แต่อายุการใช้งานของระบบ และปริมาณไตรฮาโลมีเทนที่ถูกกำจัดต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์มีค่าลดลง

4.3.3 ผลของความเข้มข้นของไตรฮาโลมีเทนในน้ำเสียที่เข้าระบบ ที่มีต่อปริมาณไตรฮาโลมีเทนที่ถูกกำจัดต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์

จากกราฟเบรคทรูในรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าที่อัตราการกรองค่าเดียวกัน เมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นไตรฮาโลมีเทน พบว่าที่ความเข้มข้น 500 มกก./ล. ระบบจะถึงจุดเบรคทรูโดยใช้เวลาเร็วที่สุด ดังนั้นเมื่อน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าความเข้มข้นสูงจะทำให้ความสามารถในการดูดซับลดลง โดยจะเห็นได้จากข้อมูล ความยาวของ Mass Transfer Zone อายุการใช้งานของระบบ และปริมาณไตรฮาโลมีเทนที่ถูกกำจัดต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากการคำนวณในตารางที่ 4.4 ซึ่งเมื่อพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 4.4 จะสังเกตได้ว่าที่อัตราการกรองเดียวกัน ช่วงความเข้มข้น 100 และ 300 มกก./ล. ใช้ Mass Transfer Zone ต่างกันน้อยมาก แสดงว่าที่ว่างในโพรงของถ่านกัมมันต์ยังเหลืออยู่มากเพียงพอให้สามารถเกิดการดูดซับได้อีก นอกจากนี้อัตราเร็วในการดูดซับก็มีผลต่อค่าที่ได้ด้วย เนื่องจากที่ความเข้มข้นสูงจะเกิดการดูดซับได้เร็ว และที่ความเข้มข้นน้อยอัตราดูดซับจะน้อยลง

4.4 การประยุกต์ใช้ผลการศึกษาในการออกแบบระบบดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดซับในการกำจัดไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปา

จากผลการศึกษาในหัวข้อการประเมินความสามารถในการเกิดสารประกอบไตรฮาโลมีเทนของแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา พบว่าน้ำจากกว๊านพะเยามีโอกาสเกิดไตรฮาโลมีเทนค่อนข้างสูง จึงเลือกเป็นตัวอย่างสำหรับออกแบบเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับประปาพะเยา ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีค่า THMFP ในช่วงสูงสุดประมาณ 500 มกก./ล. ซึ่งในการออกแบบถึงปฏิกิริยาให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ต้องการบำบัด จะสามารถคำนวณโดยมีตัวอย่างรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ข้อมูลที่ใช้ประกอบการคำนวณ

- 1) ข้อมูลจากกราฟเบรคทรู ซึ่งได้จากการทดลองโดยใช้น้ำเสียที่มีความเข้มข้นไตรฮาโลมีเทนและอัตราการกรองน้ำต่อปริมาตรของชั้นถ่าน เท่ากับที่ต้องการนำมาใช้ในการเดิน

ระบบจริง โดยต้องการข้อมูลปริมาณน้ำที่บำบัดได้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจุดเบรคทู ซึ่งในกรณีนี้เลือกใช้กราฟเบรคทูจากการทดลองซึ่งมีความเข้มข้นของไตรฮาโลมีเทน 500 มก./ล. และอัตราการกรองน้ำผ่านระบบ 5 ลบ.ม./ตรม.-ชม.

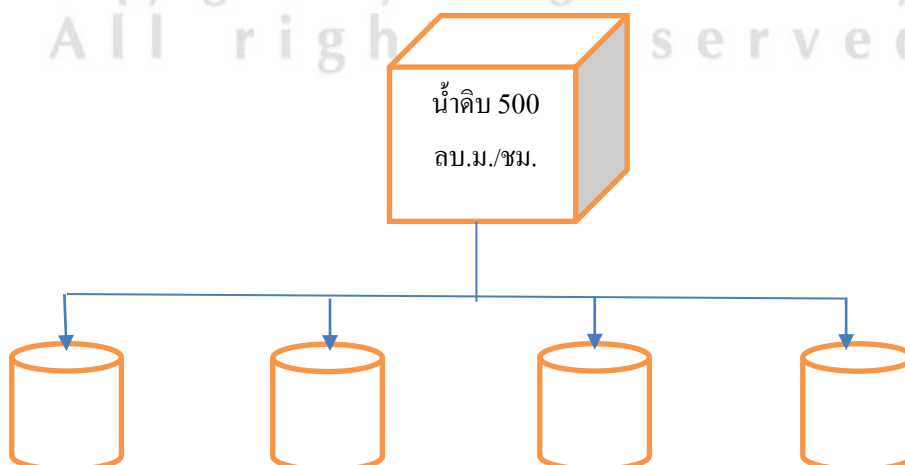
- 2) ความสูงของชั้นถ่าน เท่ากับ 0.40 เมตร
- 3) อัตราสูบน้ำดิบ 500 ลบ.ม./ชม.

จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้ต้องออกแบบถังปฏิกริยาสำหรับกำจัดไตรฮาโลมีเทนประมาณ 500 มก./ล. สำหรับระบบผลิตที่มีกำลังการผลิต 500 ลบ.ม./ชม. และต้องการให้ถ่านกัมมันต์มีอายุการใช้งานประมาณ 7 วัน โดยใช้ข้อมูลกราฟเบรคทูในการทดลองซึ่งมีความเข้มข้นของไตรฮาโลมีเทน 500 มก./ล. และอัตราการกรองน้ำผ่านระบบ 5 ลบ.ม./ตรม.-ชม. ทำให้ทราบว่าต้องใช้ Mass Transfer Zone 37.89 ชม. ซึ่งความสูงชั้นถ่าน 40 ซม. จึงมีความสูงเพียงพอที่จะดูดซับไตรฮาโลมีเทนไม่ให้หลุดออกไป และถ่านกัมมันต์จะมีอายุการใช้งาน 10 ชม.

$$\text{คำนวณหา พท.หน้าตัดถัง} = \frac{500 \text{ ลบ.ม./ชม.}}{5 \text{ ลบ.ม./ตรม.-ชม.}} = 100 \text{ ตร.ม.}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ต้องใช้ถังที่มีความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง} &= ((100 \times 4) / \pi)^{1/2} \\ &= 11.28 \text{ ม.} \cong 12 \text{ ม.} \end{aligned}$$

เนื่องจากถังปฏิกริยาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12 ม. อาจเป็นถังที่ขนาดใหญ่เกินไป ทำให้เปลืองพื้นที่และไม่สะดวกในการใช้งาน จึงจะปรับรูปแบบของถังโดยออกแบบให้ใช้ถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ม. จำนวน 4 ถัง โดยต่อขนานกันดังรูป



ถ้าต้องการให้ถ่านใช้งานได้ประมาณ 7 วัน ถ่านจะต้องมีอายุใช้งาน 42 ชั่วโมงต่อ 1 ถึงปฏิกิริยา และจากข้อมูลของกราฟเบรคทรู ชั้นถ่านที่มีความลึก 40 ซม. จะสามารถใช้งานได้นาน 10 ชั่วโมง ถ้าต้องการอายุการใช้งาน 42 ชั่วโมง ดังนั้นจะต้องเพิ่มความลึกของชั้นถ่านเป็น 4 เท่า ทำให้ต้องบรรจุถ่านกัมมันต์ในถังปฏิกิริยาให้มีความลึกเท่ากับ 160 ซม. โดยสามารถทำการปรับรูปแบบของถังเพื่อให้มีความเหมาะสมในการใช้งาน โดยใช้ถังกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ม. บรรจุชั้นถ่านสูง 1 ม. ต่ออนุกรมกัน 2 ถังได้



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved