หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

สถานการณ์แหล่งน้ำสำคัญของไทยในปัจจุบันกำลังเสื่อมโทรมลงเรื่อย ๆ จนประสบปัญหามลพิษทางน้ำอย่างรุนแรง ประกอบกับประชากรในชุมชนต่าง ๆ ของประเทศได้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการที่อยู่อาศัยซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตเพิ่มมากขึ้นด้วย จึงก่อให้เกิดการขยายตัวของชุมชนซึ่งมิได้เพิ่มขึ้นเฉพาะบ้านเรือนที่อยู่อาศัยเท่านั้น กิจกรรมต่าง ๆ ในชุมชนก็ขยายตัวด้วย จำนวนปริมาณน้ำเสียจากชุมชนนับวันจะทวีปริมาณมากขึ้นตามการขยายตัวของชุมชนและการเพิ่มของประชากร โดยได้มีการประเมินความสกปรกที่เกิดจากชุมชนสูงถึง 73.2% ของความสกปรกทั้งหมดที่ทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ (บุญยง โล่วงศ์วัฒน์, 2521) การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนก่อนการระบายออกสู่แหล่งน้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญยิ่ง เนื่องจากมิได้มีการบำบัดน้ำเสียก่อนระบายออกจากชุมชนต่าง ๆ นอกเหนือจากโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นการแก้ไขปัญหาส่วนหนึ่งต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะระบายออกจากชุมชน หากมิได้มีการแก้ไขปัญหาอย่างจริงจังหรือเร่งด่วน จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต ตลอดจนสูญเสียถึงระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิดในแหล่งน้ำ

1.2 สถานการณ์ภาวะมลพิษทางน้ำ

1. แม่น้ำสายหลักสำคัญของไทยประสบภาวะมลพิษอย่างรุนแรงในช่วงฤดูแล้งของทุกปี จะพบว่าภาวะคุณภาพน้ำอยู่ในภาวะที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์และเกิดการเน่าเสียในบางพื้นที่ มีความสกปรกของสารอินทรีย์สูง ออกซิเจนละลายน้ำต่ำและมีระดับของโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูง ซึ่งแสดงถึงปริมาณของสิ่งปฏิกูลจากมนุษย์เป็นจำนวนมากในแหล่งน้ำนั้น ๆ เช่น แม่น้ำเจ้าพระยาช่วงล่าง (ปากน้ำสมุทรปราการ - นนทบุรี) และแม่น้ำท่าจีนช่วงล่าง (ปากน้ำสมุทรสาคร - นครปฐม) (ศิริธัญญ์ ไพโรจน์บริบูรณ์, 2530)

2. คูคลองตามชุมชนเมืองต่าง ๆ โดยเฉพาะกรุงเทพมหานครและเมืองหลักอื่น ๆ คุณภาพน้ำเทียบเท่าน้ำในท่อระบายน้ำโสโครก เนื่องจากไม่มีการบำบัดน้ำเสียก่อนการระบายทิ้ง น้ำในคูคลองต่าง ๆ จะมีสีดำเน่าเหม็นเนื่องจากขาดออกซิเจน มีเชื้อโรคจากสิ่งปฏิกูล ขยะมูลฝอย น้ำทิ้งจากครัวเรือน รวมทั้งกิจกรรมต่าง ๆ (ศิริธัญญ์ ไพโรจน์บริบูรณ์, 2530)

3. การสุขาภิบาล จากข้อมูลผู้ป่วยด้วยสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับน้ำสูงขึ้นทุกปี เช่น โรคอุจจาระร่วง ไข้รากสาดน้อย บิด และตับอักเสบ เป็นต้น (สถิติสาธารณสุข 2520-2526 และข้อมูลสถิติที่สำคัญ 2529 สำนักงานสถิติแห่งชาติ)

1.3 ผลกระทบของสารมลพิษ

1.3.1 สารมลพิษ (Pollutant)

สารมลพิษทางน้ำหรือ water pollutant อาจให้คำนิยามได้ง่าย ๆ ว่าเป็นสารใด ๆ ที่ระบายทิ้งลงลำน้ำแล้ว ทำให้ลำน้ำนั้นเสื่อมสภาพหรือมีลักษณะผิดไปจนมนุษย์ไม่สามารถใช้น้ำจากลำน้ำนั้นได้อย่างปลอดภัยและถูกสุขลักษณะ สารมลพิษสามารถจัดกลุ่มออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 กลุ่มด้วยกันคือ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2531)

1.3.1.1 สารอินทรีย์ละลายน้ำ (organic soluble)

สารเหล่านี้ได้แก่ น้ำข้าว น้ำแกง น้ำเชื่อม น้ำอัดลม น้ำเสียจากอุตสาหกรรมบางประเภท ถ้าทิ้งไว้ข้ามคืนก็จะเกิดการบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็นขึ้น

1.3.1.2 สารอินทรีย์ไม่ละลายน้ำ (organic insoluble)

สารเหล่านี้ได้แก่ หลอดกาแฟที่ทำด้วยกระดาษหรือพลาสติก แผ่นโฟม เศษเนื้อเป็นก้อน ๆ เศษผัก เศษใบตอง กอสวะ ฯลฯ พวกนี้บางชนิดก็จมลงใต้น้ำได้ง่าย ๆ บางชนิดก็ลอยอยู่ผิวน้ำ ประเภทที่ย่อยได้ง่ายก็ทำให้น้ำเน่าได้เช่นกัน ส่วนสารมลพิษที่ไม่ละลายน้ำประเภทที่ย่อยได้ยากเช่น แผ่นโฟม ถุงพลาสติก ก็ทำให้สภาพแวดล้อมไม่น่าดู และอาจทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำตายได้

1.3.1.3 สารอินทรีย์ละลายน้ำ (inorganic soluble)

สารเหล่านี้ได้แก่ เหล็ก ปรอท ตะกั่ว สังกะสี แคดเมี่ยม สารพวกนี้แม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยแค่เป็นส่วนในล้านส่วน ก็สามารถทำให้คนเป็นมะเร็งหรือมีอาการทางประสาทได้จึงต้องพึงระวัง

1.3.1.4 สารอินทรีย์ไม่ละลายน้ำ (inorganic insoluble)

สารเหล่านี้ได้แก่ ท่อนเหล็ก ตะกรันตามท่อ ฯลฯ พวกนี้พบได้น้อยในน้ำเสียและตามลำคลอง เพราะไม่ใคร่มีคนทิ้งหรือทิ้งก็ในปริมาณไม่มาก

1.3.2 ตัวแปรที่เป็นตัวชี้ถึงสภาวะมลพิษ

พีเอช (pH)

ค่าพีเอชคือ ค่าที่ใช้กำหนดความเป็นกรดหรือด่างของน้ำ การที่น้ำเป็นกรดหรือเป็นด่างก็ตามจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังนั้นเราจึงควรจัดให้พีเอชของน้ำอยู่ประมาณกลาง ๆ หรือค่าพีเอชที่อ่านได้ควรจะประมาณ 7

อุณหภูมิ (Temperature)

น้ำเสียจากกิจกรรมบางอย่างเช่น จากโรงจักรพลังงานไฟฟ้า โรงงานบางประเภท น้ำระบายจากหม้อไอน้ำ ฯลฯ จะมีอุณหภูมิสูงซึ่งถ้าระบายลงน้ำแล้วทำให้ลำน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะทำให้ความเข้มข้นสูงสุดของออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง และทำให้ปฏิกิริยาต่าง ๆ ในน้ำเกิดเร็วขึ้น ซึ่งจะไปเร่งให้น้ำคลองเน่าเร็วขึ้น แต่สำหรับน้ำเสียจากชุมชนมักมีอุณหภูมิไม่สูงนัก

บีโอดี (BOD)

บีโอดี ย่อมาจาก Biochemical Oxygen Demand หมายถึงหน่วยวัดปริมาณสารอินทรีย์ว่ามีอยู่ในน้ำมากน้อยเท่าใด โดยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวย่อยสารอินทรีย์นั้น ๆ และถ้าวัดค่า BOD ได้มากก็แสดงว่าน้ำนั้นมีสารอินทรีย์อยู่มาก ถ้าลำคลองใดมี BOD อยู่มากก็ชี้ให้เห็นว่าคลองนั้นอาจจะเน่าหรือเกิดเน่าขึ้นแล้วได้ ถ้าน้ำเสียใดมี BOD อยู่มากก็แสดงว่าน้ำนั้นมีสารมลพิษมาก และสามารถทำให้น้ำคลองเน่าได้มากและเร็ว

ซีโอดี (COD)

ซีโอดี ย่อมาจากคำ Chemical Oxygen Demand เป็นค่าวัดปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเช่นกัน ต่างกันที่ในการวิเคราะห์หาซีโอดีจะใช้วิธีการทางเคมีช่วย โดยใช้กรดอย่างแรงมาย่อยสารอินทรีย์จึงย่อยได้มากกว่าวิธีบีโอดีที่ใช้จุลินทรีย์เป็นตัวย่อย

เอสเอส (SS)

เอสเอส หรือ suspended solids เป็นค่าวัดปริมาณของแข็งที่กระจายลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ค่านี้ชี้ถึงผลกระทบทางด้านความขุ่นของน้ำที่จะเกิดขึ้นหากระบบน้ำเสียที่มี SS สูงลงไปในลำน้ำ เป็นค่าบอกได้คร่าว ๆ ว่าลำน้ำนั้นมีโอกาสเน่าหรือไม่

ไนโตรเจน (Total nitrogen)

น้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนสูงจะทำให้น้ำในแหล่งน้ำปิดด้วยสาหร่าย เนื่องจากไนโตรเจนเป็นอาหารอย่างดีสำหรับสาหร่าย ในเวลากลางคืนสาหร่ายเหล่านี้ต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจ หากสาหร่ายมีจำนวนมากก็สามารถทำให้แหล่งน้ำบางแห่งเกิดภาวะเน่าเสียเนื่องจากขาดออกซิเจน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ยูโทรฟิเคชั่น นอกจากนี้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียก็จะเป็นพิษต่อปลาบางประเภท ในขณะที่ไนโตรเจนในรูปของไนเตรทจะเป็นพิษต่อคน

ฟอสฟอรัส (phosphorus)

ค่านี้มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำเช่นเดียวกับไนโตรเจน คือสามารถทำให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่นได้

กลิ่น (odor)

กลิ่นเป็นสิ่งที่วัดได้ค่อนข้างยากและเป็นวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย

1.4 ระบบบำบัดน้ำเสียและกระบวนการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน

ระบบบำบัดน้ำเสียมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีความเหมาะสมตามสภาพใช้งานแตกต่างกันไปเช่น ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (anaerobic wastewater treatment) เป็นระบบบำบัดน้ำทางชีววิทยาประเภทหนึ่งที่ได้พัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงในการลดมลสารอินทรีย์ ซึ่งใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือนหรือแหล่งชุมชน โดยการบำบัดด้วยระบบเครื่องกรองไร้ออกซิเจนหรือไร้อากาศ จะเหมาะสมกับพื้นที่ในเขตเมืองซึ่งที่ดินมีราคาแพง และอาคารบ้านเรือนที่เป็นเอกเทศในกรณีที่ยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง ตลอดจนเหมาะที่จะใช้ในประเทศเขตร้อนได้ดีด้วย (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2530)

1.4.1 ระบบเครื่องกรองไร้อากาศ

เครื่องกรองไร้อากาศหรือระบบบำบัดน้ำเสียไร้ออกซิเจนสำเร็จรูป เป็นเครื่องมือกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่จะกล่าวแล้วในหัวข้อต่อไป ลักษณะของเครื่องกรองไร้อากาศจะเป็นถังรูปทรงกระบอก ภายในบรรจุด้วยตัวกรอง (filter media) ไว้ น้ำเสียจะไหลจากข้างล่างของถังขึ้นสู่ด้านบนถัง (ดังรูปที่ 1.1) ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Young และ McCarty (1964) เมื่อน้ำเสียไหลเข้าส่วนล่างของเครื่องกรองไร้อากาศ ก็จะสัมผัสกับจุลินทรีย์ที่อยู่ก้นถังซึ่งจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้เกิดก๊าซต่าง ๆ ก๊าซเหล่านี้บางส่วน

จะเกาะอยู่ตามจุลินทรีย์ ความเร็วของก๊าซและน้ำเสียที่ไหลขึ้นด้านบนถังกรองไร้อากาศจะพาตะกอนจุลินทรีย์ลอยขึ้นสู่ด้านบนของถังด้วย ระหว่างที่น้ำเสียไหลขึ้นสู่ด้านบนนี้สารอินทรีย์ในน้ำเสียยังคงถูกย่อยสลายโดยตะกอนจุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่กับตัวกลาง โดยที่ตัวกลางยังทำหน้าที่กระจายการไหลของน้ำเสียให้น้ำเสียได้สัมผัสกับตะกอนจุลินทรีย์อย่างทั่วถึง แม้จะไม่มีการกวนในระบบก็ตาม

1.4.2 จุลชีวะและชีวเคมีของกระบวนการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน

ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน หรือระบบเครื่องกรองไร้อากาศ จะมีกระบวนการต่าง ๆ แบ่งเป็นขั้นตอนของปฏิกิริยาได้ 3 ขั้นตอน (Pfeffer, J.T., 1979) (รูปที่ 1.2)

1. ขั้นตอนแรก ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสและเฟอร์เมนเตชั่น (hydrolysis and fermentation)

การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยกลุ่มจุลินทรีย์ชนิดที่เรียกว่าเฟอร์เมนเตทีฟ แบคทีเรีย (fermentative bacteria) จุลินทรีย์นี้จะย่อยสลายสารที่มีโมเลกุลใหญ่เช่นสารอินทรีย์คาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมัน โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสได้สารที่มีโมเลกุลเล็กลงและจะเกิดการเฟอร์เมนเตชั่นต่อไป จนได้สารที่มีโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ (Bryant, M.P., 1979)

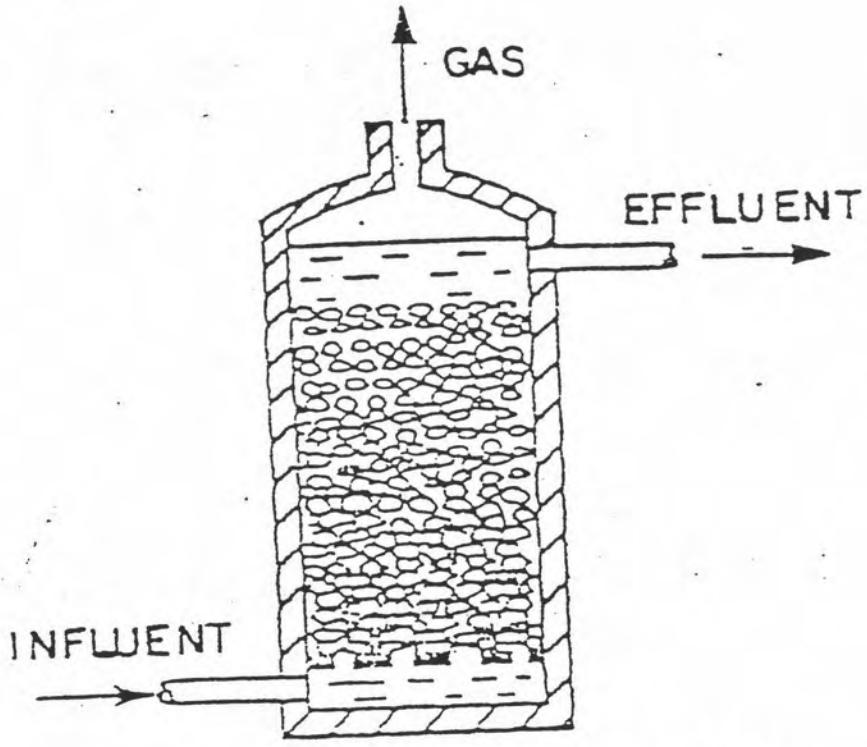
2. ขั้นตอนที่สอง ปฏิกิริยาอะเซทโทเจนิค ดีไฮโดรจิเนชั่น (acetogenic dehydrogenation) และอะเซทโทเจนิค ไฮโดรจีเนชั่น (acetogenic hydrogenation)

การย่อยสลายเป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องจากขั้นตอนแรก โดยกลุ่มจุลินทรีย์พวกอะเซทโทเจนิค แบคทีเรีย (acetogenic bacteria) จะย่อยสลายเป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้ผลผลิตพวกสารอะซีเตรท โปรปิโอเนท และบิวทิเรท (acetate, propionate และ butyrate) พร้อมทั้งเกิดปฏิกิริยาร่วมของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไฮโดรเจน (H_2) (Bryant, M.P., 1979)

3. ขั้นตอนที่สาม ปฏิกิริยา มีเทนฟอร์เมชั่น (methane formation) และอะซิเตรท ดีคาร์บอซีเลชั่น (acetate decarboxylation)

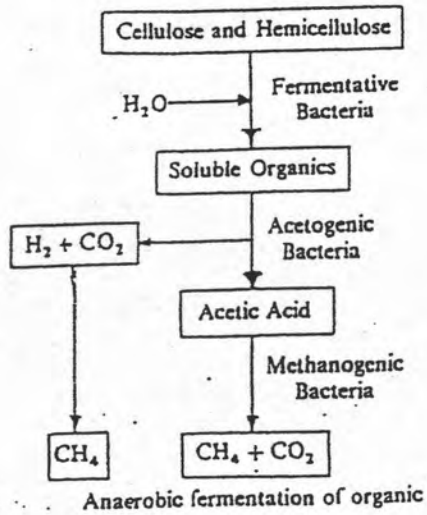
เป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายของกลุ่มจุลินทรีย์พวก มีเทโนเจนิค แบคทีเรีย (methanogenic bacteria) จะย่อยสลายกรดอะซิติค (acetic acid) เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) นอกจากนี้แล้วยังมีก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดขึ้นมาจากปฏิกิริยาอีกส่วนหนึ่งคือ ปฏิกิริยา รีดักชัน (reduction) ของ CO_2 กับ H_2 โดยกลุ่มจุลินทรีย์บางชนิดดังกล่าวแล้ว (Bryant, M.P., 1979)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 เครื่องกรองไร้ออกซิเจนหรือไร้อากาศอย่างง่าย

(Young, J.C., McCarty P.L., 1964)



Anaerobic fermentation of organic solids.

รูปที่ 1.2 กระบวนการย่อยสลายอินทรียสารแบบไร้อากาศ (Pfeffer, J.T., 1979)

การย่อยสลายอินทรียสารขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายนี้ สรุปเป็นสมการดังนี้

$$C_nH_aO_b + (n - \frac{a}{4} - \frac{b}{2})H_2O \text{ -----> } (\frac{n}{2} - \frac{a}{8} + \frac{b}{4})CO_2 + (\frac{n}{2} + \frac{a}{8} - \frac{b}{4})CH_4 \quad .....(1.1)$$

สมการนี้พัฒนาขึ้นโดย Buswell, A.M. และ Mueller, H.F. (1952)

ก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนสุดท้ายนี้ จะละลายในน้ำ และบางส่วนจะสูญหายไปในอากาศ ซึ่งสามารถเก็บก๊าซนี้นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) บางส่วนสูญหายไปในบรรยากาศ และบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์ ไอออน (OH^-) ในระบบก่อให้เกิดไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) ในน้ำ (Pfeffer J.T., 1979)

McCarty, P.L., (1964) ได้กล่าวว่า กลุ่มจุลินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายโปรปิโอนิค (propionic) และกรดอะซิติค (acetic acid) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่สำคัญยิ่ง เพราะก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดในขั้นตอนนี้ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ชี้กำหนด (limiting step) ของปฏิกิริยาทั้งหมด

1.5 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของอัตราการไหลต่อประสิทธิภาพการบำบัด โดยใช้เครื่องมือคือระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปหรือถังกรองสำเร็จรูปชนิดไร้ออกซิเจน ที่พัฒนามาใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนบ้านเรือนอาศัย โดยการบำบัดแบบกรองไร้ออกซิเจน (anaerobic filter) ทดสอบความสามารถรับน้ำเสียรวมได้แก่ น้ำเสียจากส้วม จากการซักล้าง จากครัว และอื่น ๆ รวมทั้งวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำที่ออกจากถังกรองสำเร็จรูปเทียบกับมาตรฐาน (วล.) จึงมีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาดังนี้

1. เพื่อหาผลการแปรผันของอัตราการไหลที่มีต่อระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป
2. เพื่อหาขีดความสามารถและประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป กรณีบำบัดน้ำเสียรวมจากชุมชนบ้านพักอาศัย
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยถังเกรอะและกรองไร้ออกซิเจนสำเร็จรูป
4. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดโดยระบบสำเร็จรูป กับมาตรฐาน

น้ำทิ้งชุมชนที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (วล.)

5. เพื่อหาภาระชลศาสตร์หรืออัตราการรับปริมาณน้ำเสีย (hydraulic loading) และภาระอินทรีย์หรืออัตราการรับปริมาณสารอินทรีย์ (organic loading) ที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียรวม

1.6 แผนการวิจัย

ดังในตารางที่ 1.1

1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. ทราบประสิทธิภาพและขีดความสามารถของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป กรณีบำบัดน้ำเสียรวมจากบ้านพักอาศัยในอัตราการไหลต่าง ๆ

2. ทราบภาระชลศาสตร์ (hydraulic loading) และภาระอินทรีย์ (organic loading) ที่เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียรวมของบ้านพักอาศัย

3. ทราบคุณภาพน้ำทิ้ง เมื่อผ่านระบบบำบัดแล้วว่าได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน (วล.) หรือไม่

4. ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำของประเทศไทยโดยเฉพาะเขตกรุงเทพมหานคร และเขตชุมชนเมืองหลักต่าง ๆ

ตารางที่ 1.1 แผนการวิจัยระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเครื่องกรองไร้อากาศ : ผลของอัตราการไหลต่อประสิทธิภาพการบำบัด

ขั้นตอน	เดือนที่ (เริ่มทำวิทยานิพนธ์เมื่อเดือน .สิงหาคม..... พ.ศ. .2534..)	2	4	6	8	10	12	14	16
1.	การสำรวจเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง	—							
2.	ติดตั้งอุปกรณ์และเดินระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป		—						
3.	เริ่มระบบการทดลองที่อัตราการไหลของน้ำเสีย (Q) ขนาดต่าง ๆ			—	—	—			
4.	เก็บข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติมประกอบการศึกษาวิจัย						—		
5.	การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์						—		
6.	รายงานและสรุปผลการวิจัย							—	
7.	เขียนวิทยานิพนธ์							—	—