

บทที่ 3

การตรวจสอบเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hudson et al., (1976) ได้ทดลองใช้ระบบอาร์บีซีบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตอาหารทะเลกระป๋อง โดยใช้อาร์บีซีแบบ 2 ตอนแต่ละตอนประกอบด้วยแผ่นจาน 17 แผ่น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20.3 เซนติเมตร หนา 0.32 เซนติเมตร แผ่นตัวกลางแต่ละแผ่นวางห่างกัน 1.27 เซนติเมตร ขนาดของถังปฏิกริยาในแต่ละตอนเท่ากับ 0.205 ลูกบาศก์เมตร ใช้ความเร็วรอบในการหมุนเท่ากับ 28 รอบ/นาที และเวลาในการกักเก็บเท่ากับ 8, 5.5, 4, 2 และ 1 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี และซีโอดีเมื่อเวลาการกักเก็บเท่ากับ 8 ชั่วโมงเท่ากับ 95 และ 92 % ตามลำดับ และค่าเอสวีไอ (Sludge Volume Index, SVI) ของทุกเวลาการกักเก็บจะน้อยกว่า 100 ซึ่งแสดงว่าของแข็ง (solids) ที่เกิดจากระบบไม่มีปัญหาในการตกตะกอน

Johnson and Krill (1976) ได้ทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฆ่าและชำแหละเนื้อสัตว์ที่เมืองเมดิสัน รัฐวิสคอนซิน โดยใช้อาร์บีซี แบบ 4 ตอน มีปริมาตรของถังปฏิกริยาตอนละ 3.78 ลูกบาศก์เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นตัวกลางเท่ากับ 3.2 เมตร มีจำนวนแผ่นตัวกลาง 24 แผ่นต่อตอน และมีพื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางทั้งหมดเท่ากับ 3,251.5 ตารางเมตร โดยใช้ความเร็วที่ขอบแผ่นตัวกลางเท่ากับ 19.02 เมตร/นาที และใช้ภาระชลศาสตร์ (hydraulic loading) เท่ากับ 8.60, 12.29, 36.86 และ 73.71 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน พบว่าสามารถกำจัดบีโอดีได้ 95, 93, 83 และ 64 % ตามลำดับ ทั้งนี้มีค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำเสียก่อนเข้าระบบอยู่ระหว่าง 580-720 มิลลิกรัม/ลิตร และสามารถกำจัดเอสเอสได้ 97, 90, 88 และ 74 % ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเอสเอสของน้ำเสียก่อนเข้าระบบอยู่ระหว่าง 390-646 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนปัญหาอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในการทดลองคือ

1. ถ้าค่าบีโอดีของน้ำที่ออกจากระบบมีมากกว่า 30 มิลลิกรัม/ลิตร จะไม่เกิดการไนตริฟิเคชัน (nitrification)
2. ในช่วงวันหยุด บีโอดีของน้ำเสียก่อนเข้าระบบจะลดลงเหลือ 25 % ของวันทำการปกติ แต่ไม่ทำให้ระบบอาร์บีซีมีประสิทธิภาพลดลง
3. เมื่อใช้ภาระชลศาสตร์เท่ากับ 8.60 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน พบว่า

ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียอยู่ระหว่าง 20-51 % และจะเพิ่มขึ้นอีกถ้าทำการเพิ่มอากาศเสริมเข้าไปในระบบ

4. ในการทดลองทุกค่าภาระชลศาสตร์ พบว่าในระบบอาร์บิซีไม่มีออกซิเจนละลายอยู่เลยเว้นแต่เมื่อใช้ภาระชลศาสตร์เท่ากับ 8.60 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร. วัน พบออกซิเจนละลายที่ตอนที่ 4 ประมาณ 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร

5. โดยทั่วไปประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีบีโอดีมากขึ้น

Blanc et al., (1978) ได้ทดลองใช้ระบบอาร์บิซีบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำอัดลมโดยใช้อาร์บิซีขนาดห้องทดลองแบบ 3 ตอน เส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นตัวกลางเท่ากับ 19.05 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแผ่นเท่ากับ 1.59 เซนติเมตร พื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางทั้งหมดเท่ากับ 0.02 ตารางเมตร มีปริมาตรของถังปฏิกริยาทั้งหมดเท่ากับ 0.0064 ลูกบาศก์เมตร และความเร็วยรอบของแผ่นตัวกลางเท่ากับ 30 รอบ/นาที ทำการเติมอาหารเสริมเพื่อรักษาอัตราส่วนของ BOD:N:P = 100:10:1 และน้ำเสียที่ใช้มีค่าบีโอดีอยู่ระหว่าง 1,500-3,500 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนภาระบีโอดีที่ใช้มีค่าอยู่ระหว่าง 16.03-96.15 กรัม/ตารางเมตร. วัน โดยให้ระยะเวลาการกักเก็บเท่ากับ 24, 30, 36 และ 45 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีเท่ากับ 90 % หรือมากกว่าและมีอัตราการเกิดสลัดจ์อยู่ระหว่าง 0.1-0.6 กรัมของแข็งแขวนลอย/กรัมบีโอดีที่ถูกกำจัด และของแข็งแขวนลอยที่ได้มีปริมาณของแข็งระเหยง่ายโดยเฉลี่ยเท่ากับ 77 %

Friedman, Robbins และ Woods (1979) ทำการศึกษาผลของความเร็วในการหมุนแผ่นตัวกลางของระบบอาร์บิซีต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าบีโอดีระหว่าง 211.6-460.8 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใช้อาร์บิซีแบบ 8 ตอน ในแต่ละตอนมีแผ่นตัวกลาง 3 แผ่น เส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นตัวกลาง 30.18 เซนติเมตร พื้นที่ผิวแผ่นตัวกลางทั้งหมด 3.40 ตารางเมตร แผ่นตัวกลางจมอยู่ในน้ำ 38 % ปริมาตรของเหลวทั้งหมด 0.029 ลูกบาศก์เมตร และมีความเร็วในการหมุนแผ่นจาน 6-30 รอบ/นาที ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. การเพิ่มความเร็วยรอบในการหมุนจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด เมื่อค่าภาระอินทรีย์ (organic loading) ต่ำ ๆ แต่เมื่อค่าภาระอินทรีย์สูงขึ้นการเพิ่มความเร็วยรอบในการหมุนทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น

2. ความเร็วยรอบในการหมุนจะมีผลต่อการถ่ายเทออกซิเจนบนเมือกจุลินทรีย์ดังกล่าว

$$K = (a \cdot \ln \theta C) + b \ln w$$

- เมื่อ K หมายถึง สัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจน (เมตร/วินาที)
 θ หมายถึง เวลาเก็บกัก (ชั่วโมง)
 C หมายถึง ความเข้มข้นของน้ำเสีย (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร)
 w หมายถึง ความเร็วรอบในการหมุน (รอบ/นาที)
 a, b หมายถึง ค่าคงที่ สำหรับงานวิจัยนี้คือ 36.21 และ 228.85

Klemetson และ Lang (1979) ทำการรวบรวมรายงานเกี่ยวกับระบบอาร์บิซี ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การใช้ระบบอาร์บิซีขนาดห้องทดลองบำบัดน้ำเสียจากชุมชนที่มีความเค็มสูงโดยใช้อาร์บิซีที่มี 4 ตอน มีเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นตัวกลางพลาสติกเท่ากับ 0.5 เมตร พื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางทั้งหมดเท่ากับ 23.3 ตารางเมตร แผ่นตัวกลางมีส่วนที่จมน้ำประมาณ 40 % และหมุนด้วยความเร็ว 1.5-5.0 รอบ/นาที น้ำเสียมีความเข้มข้นของคลอไรด์สูงถึง 11,540 มิลลิกรัม/ลิตร และมีภาระบีโอดีเท่ากับ 8.30 กรัม/ตารางเมตร.วัน เมื่อต้องการให้น้ำที่ออกจากระบบมีบีโอดีเท่ากับ 30 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีและไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 84 และ 50 % ตามลำดับ และได้สรุปว่าการออกแบบระบบอาร์บิซีต้องพิจารณาทั้งภาระชลศาสตร์และภาระอินทรีย์ ถ้าภาระชลศาสตร์มีค่าสูงจะเหมาะสมสำหรับน้ำเสียที่มีบีโอดีก่อนเข้าระบบที่มีค่าต่ำ และเมื่อระบบเกิดภาวะมีสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากเกินไป (organic overload) การหมุนเวียนน้ำกลับเข้ามายังระบบจะสามารถแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี

2. การเปรียบเทียบค่าก่อสร้าง ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษาของโรงงานบำบัดน้ำเสียจากชุมชนขนาด 5,300 ลูกบาศก์เมตร/วัน เพื่อกำจัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจน ซึ่งระบบที่ศึกษามี 3 ระบบ ดังนี้ (คิดในเวลา 20 ปี , อัตราดอกเบี้ย 6.375 %)

2.1 อาร์บิซี 2 ตัว และเครื่องกรองทราย (sand filter) เพื่อกำจัดเอสเอส
 ราคาค่าก่อสร้าง 73.71 ดอลลาร์/1,000 ลูกบาศก์เมตร ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา 93.71 ดอลลาร์/1,000 ลูกบาศก์เมตร ราคารวมเท่ากับ 167.42 ดอลลาร์/น้ำเสีย 1,000 ลูกบาศก์เมตร

2.2 การบำบัดขั้นต้น, ระบบโปรยกรอง, ถังตกตะกอนชั้นที่ 2, อาร์บิซีเพื่อการไนตริฟิเคชัน, เมธานอล, Expanded Bed เพื่อการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification), การเติมอากาศครั้งหลัง (Post aeration), เครื่องกรองทรายด้วยแรงโน้มถ่วง และการเติม

คลอรีน ราคาค่าก่อสร้างสำหรับอาร์บีซี, เมฆานอล, Expanded Bed และเครื่องกรองทราย ด้วยแรงโน้มถ่วง 66.84 ดอลลาร์/1,000 ลูกบาศก์เมตร ราคาค่าดำเนินการและบำรุงรักษา 91.07 ดอลลาร์/1,000 ลูกบาศก์เมตร ราคารวมเท่ากับ 157.91 ดอลลาร์/น้ำเสีย 1,000 ลูกบาศก์เมตร

2.3 คล้ายข้อ 2.2 แต่เปลี่ยน Expanded Bed Unit เป็น Bed Unit ธรรมดา ราคาค่าก่อสร้าง 71.86 ดอลลาร์/1,000 ลูกบาศก์เมตร ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา 80.55 ดอลลาร์/1,000 ลูกบาศก์เมตร ราคารวมเท่ากับ 152.41 ดอลลาร์/น้ำเสีย 1,000 ลูกบาศก์เมตร

Poon และ Chao (1979) ทำการทดลองใช้อาร์บีซีขนาดห้องทดลองแบบ 4 ตอนมี เส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นตัวกลางเท่ากับ 0.5 เมตร พื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางทั้งหมดเท่ากับ 23.3 ตารางเมตร หมุนด้วยความเร็ว 3 รอบ/นาที แผ่นตัวกลางจมอยู่ในน้ำเสียประมาณ 40 % ทำการบำบัดน้ำเสียจากที่פקอาศัยมีความเค็มสูง (มีคลอไรด์ระหว่าง 100-11,600 มิลลิกรัม/ลิตร) ของ Bay Campus Wastewater Treatment Plant โดยใช้ภาวะอินทรีย์ 9.76-29.28 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร.วัน (ภาวะคลอไรด์เท่ากับ 0.04-0.12 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน) ทำการเปรียบเทียบระหว่างระบบอาร์บีซีที่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งและไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งพบว่า ถ้าอัตราการหมุนเวียนน้ำทิ้งมีค่าเท่ากับร้อยละ 100 ถึง 150 จะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้น และยังพบว่าการลดลงหรือการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคลอไรด์ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การออกแบบ และเดินระบบที่ดีนั้น การพิจารณาภาวะอินทรีย์มากกว่าภาวะคลอไรด์ ข้อแนะนำสำหรับการเดินระบบมีดังนี้

1. ถ้าไม่มีการหมุนเวียนน้ำทิ้งภาวะอินทรีย์ควรมีค่าเท่ากับ 18.4-28.6 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร.วัน
2. ถ้ามีการหมุนเวียนน้ำร้อยละ 100 ภาวะอินทรีย์ควรมีค่าเท่ากับ 26.4-41.0 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร.วัน และภาวะคลอไรด์ควรมีค่าเท่ากับ 0.016-0.20 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน สำหรับการออกแบบ หรือ การกำหนดขนาดของระบบอาร์บีซี ค่าภาวะอินทรีย์เท่ากับ 19.5 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร.วัน หรือมีภาวะคลอไรด์เท่ากับ 0.12 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน โดยพิจารณาร่วมกับบีโอดีของน้ำเสียก่อนเข้าระบบซึ่งน้อยกว่าหรือเท่ากับ 160 มิลลิกรัม/ลิตร หรือต่ำกว่า คุณภาพของน้ำเสียที่ออกจากระบบจะมีบีโอดีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 มิลลิกรัม/ลิตร และถ้าภาวะอินทรีย์เพิ่มถึงร้อยละ 158 ของภาวะอินทรีย์ที่กำหนดไว้คือมีค่าเท่ากับ 19.5 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร.วัน ข้อแนะนำข้างต้นยังสามารถใช้ได้

Steiner (1979) รายงานองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบอาร์บิซีว่าเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะมีรูปแบบของพฤติกรรมทางกายภาพและเคมีที่แน่นอน การสร้างกราฟของผลการทดลองเป็นเพียงการคาดคะเนแนวโน้มพฤติกรรมต่าง ๆ ในระบบเท่านั้น และการออกแบบระบบอาร์บิซีโดยใช้ภาระศาสตร์เพียงอย่างเดียวเป็นพื้นฐานมักจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากความสามารถในการกำจัดบีโอดีของระบบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของบีโอดีก่อนเข้าระบบ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงส่วนประกอบอื่น ๆ อีกคือ อุณหภูมิของน้ำเสีย ความเร็วรอบของแผ่นตัวกลาง ระยะห่างของแผ่นตัวกลางแต่ละแผ่น ประเภทของน้ำเสีย ระยะเวลาการกักเก็บ และอัตราส่วนของพื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางต่อปริมาตรถังปฏิกรณ์เป็นต้น การออกแบบระบบอาร์บิซีที่เหมาะสมต้องพิจารณาลดพื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางในตอนหลัง ๆ เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และความเร็วกว่าที่ขอบแผ่นตัวกลางที่เหมาะสมคือ 18.29 เมตร/นาทิต แต่ต้องคำนึงถึงเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นตัวกลางด้วยกล่าวคือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 30.48 เซนติเมตร หมุน 19 รอบ/นาทิต ย่อมทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีกว่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 60.96 เซนติเมตร หมุน 9.6 รอบ/นาทิต เนื่องจากทำให้ออกซิเจนในอากาศถ่ายเทไปเป็นออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ดีกว่าแต่ก็ต้องใช้พลังงานในการหมุนมากกว่าเช่นกัน ดังนั้นการจะขยายขนาดของระบบอาร์บิซีควรจะรักษาอัตราส่วนของการถ่ายเทออกซิเจนต่อตารางเมตรของพื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลาง จะดีกว่ารักษาความเร็วที่ขอบแผ่นตัวกลาง และยังกล่าวถึงข้อแนะนำในการออกแบบทั่วไปเช่น ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวกลางควรมากกว่าหรือเท่ากับ 1.27 เซนติเมตร พื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลาง 9,290 ตารางเมตรต้องการอากาศไหลผ่าน 0.28 ลูกบาศก์เมตร/นาทิต เพื่อให้เกิดการเติมอากาศสูงสุดพื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางที่จมน้ำควรอยู่ระหว่าง 25-45 % วัสดุที่ใช้ทำแผ่นตัวกลางสามารถทำจากโพลีไธรีน, โพลีเอทิลีน, โพลีโพรไพลีน, สแตนเลส, ซีเมนต์, อลูมิเนียม, แก้ว, โพลีไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) เทฟลอน, ยาง, ไม้, ตะแกรง เป็นต้น

Regent (1980) ทำการศึกษาการทำงานของระบบอาร์บิซีในประเทศยูโกสลาเวียซึ่งเป็นแบบ 5 ตอน มีเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นจานเท่ากับ 3 เมตร ความเร็วรอบในการหมุนเท่ากับ 0.5 รอบ/นาทิต ระยะเวลาในการกักเก็บของระบบไม่น้อยกว่า 7 ชั่วโมง มีพื้นที่ผิวของตัวกลางส่วนที่จมน้ำประมาณ 40 % ส่วนพื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำเสียกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต ในการศึกษาได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียของระบบอาร์บิซีที่ใช้กำจัดน้ำเสียจากโรงพยาบาล กัฏตาการ ชุมชน และ กรมทหาร พบว่าเมื่อน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 288.4 มิลลิกรัม/ลิตร และ 108.0 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการกำจัดเท่ากับ 92.1 % และ 84.1 % ตามลำดับ การที่ประสิทธิภาพในการกำจัดลดลงเนื่องจากค่าบีโอดีของน้ำ

เสียก่อนเข้าระบบมีค่าลดลง และประสิทธิภาพในการกำจัดเอสเอสเท่ากับ 96.5 % และยัง
สามารถกำจัด E.coli ได้ด้วย

Wikson และ Murphy (1980) ทำการศึกษาผลกระทบที่มีต่อการขยายอัตราส่วนของ
ระบบอาร์บิซีจากขนาดห้องทดลองมาเป็นขนาดที่ใช้ในการทำงานจริง ผลจากการทดลองพบว่าที่
ภาระอินทรีย์เท่ากัน ถ้าทำการเพิ่มขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นตัวกลางแล้วประสิทธิภาพ
ในการกำจัดบีโอดีจะลดลง ดังนั้นการที่จะขยายอัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางแผ่นตัวกลางเพื่อ
การใช้งานจริงต้องมีตัวแก้ความคลาดเคลื่อน เพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานคงเดิมโดยเพิ่มพื้นที่
ของแผ่นตัวกลางอีกร้อยละ 25 สำหรับแผ่นตัวกลางที่ใช้ในห้องทดลองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
0.5 เมตร และเพิ่มพื้นที่ของแผ่นตัวกลางอีกร้อยละ 10 สำหรับแผ่นตัวกลางที่ใช้ในห้องทดลองที่
มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 2.0 เมตร

พัฒนา ภูมิปัญญาคุณ (2523) ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน
ของระบบบอาร์บิซีกับระบบลับเมอจรัม (submerged drum) ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงาน
ผลิตเต้าหู้ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของระบบลับเมอจรัมดีกว่าระบบอาร์บิซี
เนื่องจากพื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางของลับเมอจรัมมีมากกว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลาย
สารอินทรีย์ในน้ำเสียดีกว่าด้วย

Hitlebangh และ Miller (1981) ทำการศึกษาน้ปัญหาในการเดินระบบอาร์บิซี
โดยใช้อาร์บิซีทั้งหมด 6 ชุดวางขนานกันแต่ละชุดมี 6 ตอน ออกแบบให้รับน้ำเสียได้ 23,000
ลูกบาศก์เมตร/วัน โดย 3 ตอนแรก และ 3 ตอนหลังมีพื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลางแต่ละตอนเท่ากับ
9,200 ตารางเมตร และ 13,800 ตารางเมตร ตามลำดับคิดเป็นภาระชลศาสตร์ของระบบ
เท่ากับ 0.054 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน น้ำเสียก่อนเข้าระบบมีค่าบีโอดีและแอมโมเนีย
ไนโตรเจนประมาณ 140 และ 15.8 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ พบว่า

1. ในฤดูหนาว (อุณหภูมิเฉลี่ย 13 องศาเซลเซียส) จะมีออกซิเจนละลายมากกว่า
ในฤดูร้อน (อุณหภูมิเฉลี่ย 26 องศาเซลเซียส) จึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีและ
แอมโมเนียไนโตรเจนในฤดูหนาวสูงกว่าฤดูร้อน

2. ค่าพีเอชมีผลต่อการเริ่มต้นเกิดไนตริฟิเคชั่น และอัตราการเกิดไนตริฟิเคชั่นทั้งใน
ฤดูร้อนและฤดูหนาว โดยเฉพาะเมื่อพีเอชต่ำกว่า 7 การเกิดไนตริฟิเคชั่นจะไม่สมบูรณ์

3. การทำงานของจุลชีพเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อุณหภูมิสูง (ฤดูร้อน) จะลดลงโดย
ข้อจำกัดของออกซิเจนละลาย และค่าพีเอชที่ต่ำ

Poon (1981) ทำการทดลองหาองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อ การเกิด
ไนตริฟิเคชั่นของระบบอาร์บิซี โดยใช้อาร์บิซีแบบ 4 ตอน มีเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นตัวกลาง

เท่ากับ 50 เซนติเมตร และมีความหนาของแผ่นตัวกลางเท่ากับ 0.5 เซนติเมตร พบว่า

1. ถ้าน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนละลาย (soluble $\text{NH}_3\text{-N}$) เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนละลายของน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

2. เมื่ออุณหภูมิของระบบลดลงจะทำให้การเกิดไนตริฟิเคชันลดลงด้วย นั่นคือจะทำให้ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำเสียออกจากระบบเพิ่มขึ้น เมื่อมีการแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N loading}$) เท่ากัน

3. เมื่อใช้ภาระชลศาสตร์มากระหว่าง 0.180-0.245 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน จะทำให้ระยะเวลาในการกักเก็บน้อย ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการเกิดไนตริฟิเคชัน โดยทั่วไปต้องการระยะเวลาในการกักเก็บเท่ากับ 60 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของน้ำเสียด้วย เช่นที่พีเอช 8.5 ต้องการ 1.5 ชั่วโมง แต่ถ้าที่พีเอช 6.5 ต้องการ 7 ชั่วโมง

4. การเกิดไนตริฟิเคชันจะเกิดเมื่อค่าบีโอดีของน้ำเสียลดลงน้อยกว่า 14-30 มิลลิกรัม/ลิตร

5. ความหนาของเมือกจุลชีพเพิ่มขึ้นตามภาระอินทรีย์และระยะเวลาในการกักเก็บ กิตติ โสภณภักดิ์ (2524) ได้ศึกษาวิธีบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสุราโดยระบบอาร์บีซี ขนาดห้องปฏิบัติการแบบ 6 ตอนโดยใช้ท่อนพีวีซีสั้นรูปทรงกระบอกกลางเป็นวัสดุยึดเกาะ พื้นที่ผิวแต่ละตอนประมาณ 0.566 ตารางเมตร น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยเครื่องกรองไร้อากาศ มีความเข้มข้นของซีโอดีประมาณ 15,600 มิลลิกรัม/ลิตร ตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมการทดลองครั้งนี้คือ อัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ ค่าภาระอินทรีย์ (79-196 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร.วัน) และอัตราการหมุนเวียนน้ำทิ้ง 1:1-1:3 ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุด 74.8 % ที่ค่าภาระอินทรีย์เท่ากับ 79 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร.วัน และต่ำสุด 44.1 % เมื่อค่าภาระอินทรีย์เท่ากับ 196 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร.วัน

2. เมื่อเพิ่มค่าภาระอินทรีย์ให้สูงขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี เอสเอส และไนโตรเจนทั้งหมดจะลดลง

3. เมื่อมีการหมุนเวียนน้ำทิ้งประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะสูงขึ้น และจะแปรผันตามการเพิ่มอัตราการหมุนเวียนน้ำทิ้ง แต่ที่ค่าภาระอินทรีย์ต่ำ ๆ (79 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร.วัน) การหมุนเวียนน้ำทิ้งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีน้อยมาก

4. ประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนแขวนลอยและไนโตรเจนทั้งหมดจะสูงขึ้น แปรผันตามการเพิ่มอัตราการหมุนเวียนน้ำทิ้ง แต่ที่ค่าภาระอินทรีย์สูง (196 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร.วัน)

การหมุนเวียนน้ำทิ้งจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดนี้

Pike (1982) ศึกษาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเพิ่มค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในระบบอาร์บิซีได้แก่

1. เส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นตัวกลาง
2. อัตราส่วนของแผ่นตัวกลางที่จมอยู่ในน้ำ
3. ความเร็วรอบของแผ่นตัวกลาง

ความเร็วที่ขอบแผ่นตัวกลางไม่มีผลต่อการเพิ่มออกซิเจนละลายแต่มีความสัมพันธ์กับการถ่ายเทออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำเสีย ความเร็วที่ขอบแผ่นตัวกลางถ้ามีค่าสูงเกินไปจะทำให้เมือกจุลินทรีย์หลุดออกจากผิวของแผ่นตัวกลาง นอกจากนี้ได้ทำการสรุปผลการทดลองของ Water Research Centre's Programme ซึ่งทำการประเมินผลของการใช้ระบบอาร์บิซีที่ใช้งานจริงตามชุมชนต่าง ๆ 7 ชุมชน พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นของระบบอาร์บิซีส่วนมากเกิดขึ้นเนื่องมาจากภาวะสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากเกินไป และการกวนผสมของน้ำเสียในระบบไม่ดีพอที่จะรักษาระดับของออกซิเจนละลายให้เกิดการออกซิเดชั่นได้ โดยทั่วไปถ้าระดับออกซิเจนละลายต่ำกว่า 0.5-1.0 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจะลดลง

Switzenbaum (1982) ทำการรวบรวมรายงานเกี่ยวกับระบบอาร์บิซี โดยสรุปดังนี้

1. ในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนขั้นที่สองระบบอาร์บิซีต้องการพลังงานน้อยกว่าระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ถึง 70 % และการขับเคลื่อนชุดตัวกลางด้วยแรงลม (air driven system) จะประหยัดพลังงานมากกว่าการขับเคลื่อนแผ่นตัวกลางด้วยเครื่องยนต์ เพราะการใช้แรงลมขับเคลื่อนทำให้สามารถลดเปอร์เซ็นต์ของแผ่นตัวกลางส่วนที่จมน้ำ และความเร็วรอบของแผ่นตัวกลางในตอนหลัง ๆ ของระบบซึ่งมีภาระอินทรีย์ต่ำได้

2. การใช้ระบบอาร์บิซีแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่มีแผ่นตัวกลางหมุนอยู่ในน้ำ (anaerobic RBC) สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งมีค่าซีโอดีมากกว่า 8,000 มิลลิกรัม/ลิตร ได้น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีคุณภาพสูง และมีสลัดจ์ที่เกิดขึ้นมาน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่น ๆ และประหยัดพลังงานมากกว่าระบบอื่น ๆ ด้วย

3. การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตวัตถุระเบิดซึ่งมีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) และกรดฟูมิก (fuming acid) อยู่มากเมื่อนำมาบำบัดด้วยระบบอาร์บิซีจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดเท่ากับ 82 % เมื่อใช้ภาระซีโอดีเท่ากับ 11.2 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร.วัน

4. ควรมีการเติมอากาศและเติมสารเคมีเพื่อปรับพีเอชให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของจุลินทรีย์ชนิดนั้น ๆ ถ้าการบำบัดน้ำเสียโดยระบบอาร์บิซีไม่สามารถทำให้น้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าซีโอดีและแอมโมเนียไนโตรเจนเท่ากับ 10 และ 2 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

Lehman(1983) ศึกษาการทำงานของระบบอาร์บีซีที่ Brainerd Minnesota Wastewater Treatment Facility (WWTF) เปรียบเทียบระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาวซึ่งระบบประกอบด้วยอาร์บีซี 2 ชุดแต่ละชุดมี 6 ตอนโดย 4 ตอนแรกมีพื้นที่ผิวแผ่นตัวกลางตอนละ 9,290 ตารางเมตร และใน 2 ตอนหลังมีพื้นที่ผิวแผ่นตัวกลางตอนละ 13,935 ตารางเมตร มีภาระชลศาสตร์ทั้งระบบเท่ากับ 0.091 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน ทำการติดตั้งเครื่องเติมอากาศในสองตอนแรก เพื่อใช้ในกรณีเมื่อระบบเกิดการผิดปกติโดยเฉียบพลันโดยภาระอินทรีย์แผ่นตัวกลางหมุนด้วยความเร็ว 1.6 รอบ/นาที พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีในช่วงฤดูหนาวเท่ากับ 85 % และในช่วงฤดูร้อนเท่ากับ 88 % ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดเอสเอสเท่ากับทั้ง 2 ชุดคือ 95 % (อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียในช่วงฤดูหนาวเท่ากับ 9 องศาเซลเซียส และช่วงฤดูร้อนเท่ากับ 16 องศาเซลเซียส)

Pano และ Joe Middlebrooks (1983) ทำการศึกษาจลนศาสตร์ของการกำจัดคาร์บอนและแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชน โดยใช้ระบบอาร์บีซีแบบ 4 ตอน แต่ละตอนมีแผ่นตัวกลาง 4 แผ่น เส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นตัวกลางเท่ากับ 38 เซนติเมตร มีแผ่นตัวกลางส่วนที่จมน้ำประมาณ 34 % แผ่นตัวกลางหมุนด้วยความเร็ว 16 รอบ/นาที โดยใช้ภาระชลศาสตร์ประมาณ 0.50 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน มีภาระอินทรีย์ระหว่าง 4.0-14.0 กรัมชีโอดี/ตารางเมตร.วัน มีชีโอดีของน้ำเสียก่อนเข้าระบบระหว่าง 79.3-281.9 มิลลิกรัม/ลิตร และแอมโมเนียไนโตรเจนระหว่าง 7.70-29.79 มิลลิกรัม/ลิตร ทำการทดลองโดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกันคือที่ 5, 10 และ 20 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

สำหรับการกำจัดคาร์บอน สรุปได้ดังนี้

1. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการกำจัดชีโอดีคือ อุณหภูมิ และอัตราภาระอินทรีย์ ประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีทั้งหมด (total COD - filtered effluent COD) ในการศึกษาครั้งนี้คือ 80, 85 และ 90 % ที่อุณหภูมิ 5, 10 และ 20 องศาเซลเซียสตามลำดับ
2. การกำจัดชีโอดีเกิดขึ้นมากที่สุดในตอนแรก คือมีประสิทธิภาพการกำจัดเท่ากับ 77, 80 และ 85 % ที่อุณหภูมิ 5, 10 และ 20 องศาเซลเซียสตามลำดับ
3. ประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีเมื่อใช้ภาระต่ำจะมีค่าระหว่าง 3-8 % ซึ่งจะต่ำกว่าเมื่อระบบได้รับภาระสูง
4. จลนศาสตร์ของการกำจัดคาร์บอนในตอนแรกสามารถอธิบายได้โดยสมการโมโนต์

ดังนี้

$$YQ(S_0 - S_1) - QX_1 - kdA_1 \bar{X}_1 = 0 \text{ -----1}$$

$$Q(S_0 - S_1)A_1 \frac{kX_1 S_1}{K_u + S_1} = 0 \text{ -----2}$$

- เมื่อ Y = สัมประสิทธิ์ของผลผลิต(กรัมVSS/กรัมซีโอติ)
- Q = อัตราการไหลของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ(ลูกบาศก์เมตร/วัน)
- S_0 = ซีโอติทั้งหมดของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ(มิลลิกรัม/ลิตร)
- S_1 = ซีโอติที่ผ่านการกรองของน้ำเสียออกจากตอนแรก(มิลลิกรัม/ลิตร)
- X_1 = VSS ในน้ำเสียออกจากตอนแรก(มิลลิกรัม/ลิตร)
- \bar{X}_1 = มวลชีวภาพที่เกิดขึ้นในตอนแรก(กรัมVSS/ตารางเมตร)
- A_1 = พื้นที่ของแผ่นตัวกลางในตอนแรก(ตารางเมตร)
- kd = สัมประสิทธิ์การย่อยสลาย(Decay coefficient, ลิตร/วัน)
- k = อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงสุด(ลิตร/วัน) ซึ่ง $K = \hat{\mu}/y$
- $\hat{\mu}$ = อัตราการเจริญเติบโตสูงสุด(ลิตร/วัน)
- K_u = ค่าคงที่ครึ่งความอิ่มตัวแรก(มิลลิกรัม/ลิตรซีโอติ)

5. ปัจจัยทางด้านอุณหภูมิสำหรับอัตราปฏิกิริยาการกำจัดคาร์บอน และอัตราการย่อยเท่ากับ 1.09
6. จลนศาสตร์ของการกำจัดคาร์บอนในตอนสุดท้ายสามารถอธิบายได้โดย variable order kinetics ดังนี้

$$Q(S_1 - \bar{S}) = \sum_{i=2}^4 A_i (k_L)_{20} Q_L^{T-20} S_1^n$$

- เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ(ลูกบาศก์เมตร/วัน)
- S_1 = ความเข้มข้นของสารอาหารในตอนแรก(มิลลิกรัม/ลิตร)
- \bar{S} = ความเข้มข้นของสารอาหารเฉลี่ยในตอน 2-4 (มิลลิกรัม/ลิตร)
- A_i = พื้นที่ผิวทั้งหมดของแผ่นตัวกลางต่อตอน(ตารางเมตร)
- $(k_L)_{20}$ = อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ 20 องศาเซลเซียส (กรัมซีโอติ/ตารางเมตร.วัน)
- Q_L = temperature factor

T = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

n = apparent reaction order

apparent reaction order ในการศึกษานี้มีค่าเท่ากับ 0.763 และมี temperature factor เท่ากับ 1.11

7. kinetics constant จากการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบอาร์บิซี (ออกซิเจนละลายต่ำสุด 2 มิลลิกรัม/ลิตร ในตอนแรก) สำหรับการกำจัดคาร์บอนในช่วงอุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส

สำหรับการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน สรุปได้ดังนี้

1. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนคือ อุณหภูมิ และอัตราการระเหยอินทรีย์ ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียทั้งหมดที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 87-98 % และ 91-99 % ตามลำดับ แต่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสไม่สามารถกำจัดแอมโมเนียได้และเมื่ออัตราการระเหยอินทรีย์มีค่าสูงขึ้นการกำจัดแอมโมเนียจะมีค่าลดลง

2. จลนศาสตร์ของการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน สามารถอธิบายได้โดยสมการโมโนด

3. temperature factor สำหรับอัตราการปฏิกิริยาการกำจัดแอมโมเนียคือ 1.10

4. การยับยั้งการกำจัดแอมโมเนียในตอนแรกได้สัดส่วนกับอัตราการระเหยอินทรีย์

US. Environmental Protection Agency ,EPA (1984) ได้รายงานส่วนประกอบสำคัญในการออกแบบระบบอาร์บิซีดังนี้

1. ในตอนแรกของระบบอาร์บิซีควรมีค่าการระเหยอินทรีย์ระหว่าง 0.096-0.128 กรัม บีโอดี/ตารางเมตร.วัน ถ้าให้การระเหยอินทรีย์สูงกว่าช่วงดังกล่าวจะทำให้เมือกจุลชีวนบนแผ่นตัวกลางเกิดขึ้นมากกว่าปกติซึ่งอาจทำให้แกมหมุ่นซารุดเสียหายได้ และยังทำให้มีออกซิเจนละลายในน้ำไม่เพียงพอ และอาจทำให้ระบบไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้

2. ถ้าในน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มากจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร

3. น้ำเสียก่อนเข้าระบบอาร์บิซีต้องทำการกำจัดของแข็งแขวนลอยออกบางส่วนโดยอาจใช้ถังตกตะกอน หรือตะแกรงละเอียด (fine screen)

4. ถ้าระบบอาร์บิซีได้รับการระเหยอินทรีย์สูงเป็นบางช่วง อาจพิจารณาเติมอากาศเสริมเข้าไปในตอนแรกของระบบ

5. เมื่ออัตราส่วนของการไหลสูงสุดต่ออัตราไหลเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 2.5 จะต้องมีการพักน้ำ (equalizing tank) ก่อนส่งน้ำเสียเข้าสู่ระบบอาร์บิซี

6. เมื่ออุณหภูมิของน้ำเสียต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส หรือต้องการให้มีแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำออกจากระบบอาร์บิซิเล็กน้อย ๆ จะต้องพิจารณาเพิ่มพื้นที่ผิวของแผ่นตัวกลาง

7. ผลการทดลองจากโมเดลขนาดเล็กจะแตกต่างกับโมเดลขนาดใหญ่ที่ใช้งานจริง เนื่องจากอุณหภูมิ ความเร็วที่ขอบแผ่นตัวกลาง และองค์ประกอบอื่น ๆ ของระบบ

8. วิศวกรผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงความคงทนแข็งแรงของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ เช่น ลูกปืนรองรับแกนหมุนและแกนหมุน เป็นต้น ทั้งยังต้องคำนึงถึงความสะดวกในการบำรุงรักษา อุปกรณ์ และออกแบบให้ระบบมีการยืดหยุ่นในการทำงาน เช่น สามารถถอดแผ่นกั้นระหว่างตอนได้ สามารถปรับความเร็วรอบในการหมุนของแต่ละตอนได้

Cheung (1985) ทำการทดลองใช้ไมโครสเตรนเนอร์ (microstrainer) กำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ออกจากระบบอาร์บิซิแทนการใช้ถังตกตะกอน โดยใช้อาร์บิซิขนาดห้องปฏิบัติการ แบบสองตอนแผ่นตัวกลางมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 80 เซนติเมตร พื้นที่ผิวทั้งหมด 51.76 ตารางเมตร มีส่วนที่จมน้ำประมาณ 33 % หมุนด้วยความเร็ว 6.4 รอบ/นาที คิดเป็นความเร็วที่รอบแผ่นตัวกลางเท่ากับ 16 เมตร/นาที มีปริมาตรของถังปฏิกริยาเท่ากับ 0.2 ตารางเมตรโดยใช้น้ำเสียจากชุมชน และมีภาระอินทรีย์ 4-10 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร.วัน ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียออกจากระบบอาร์บิซิเท่ากับ 17-439 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า

1. เมื่อภาระอินทรีย์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร.วัน จะได้ของแข็งแขวนลอยออกจากระบบที่มีขนาดใหญ่พอสำหรับไมโครสเตรนเนอร์ แต่ถ้าภาระอินทรีย์มากกว่านี้ของแข็งแขวนลอยจะมีขนาดเล็กหรือเป็นคอลลอยด์ จะไม่สามารถกำจัดได้

2. ภาระผลศาสตร์ของไมโครสเตรนเนอร์มากกว่าถังตกตะกอนประมาณ 10-20 เท่า (ภาระผลศาสตร์ของถังตกตะกอนเท่ากับ 0.5-1.0 เมตร/ชั่วโมง)

3. การกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ออกจากระบบอาร์บิซิทำให้ค่าบีโอดีลดลง 0.41 มิลลิกรัม/ลิตร ต่อของแข็งแขวนลอยที่ถูกกำจัด 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร

ชาญชัย วิฑูรย์ญากิจ (2530) กล่าวถึงประสบการณ์การใช้ระบบอาร์บิซิในประเทศไทยว่า ได้มีการทดลองใช้ระบบอาร์บิซิขนาดห้องทดลองกับน้ำเสียประเภทต่าง ๆ มาเป็นเวลามากกว่า 10 ปี แต่ระบบอาร์บิซิขนาดใหญ่ได้มีการนำมาใช้กับน้ำเสียโรงงานสหุเนี่ยนเมื่อ พ.ศ. 2524 เพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร และหอพักเป็นระบบอาร์บิซิขนาดรับปริมาณน้ำเสียได้ 300 ลูกบาศก์เมตร/วัน สำหรับการใส่ระบบอาร์บิซิเพื่อบำบัดน้ำเสียจากชุมชนอื่น ๆ นั้น ขณะนี้ได้มีการติดตั้งแล้วหลายแห่ง เช่นระบบบำบัดน้ำเสยรวมเมืองพัทยา ระบบบำบัดน้ำเสียสำนักงานธนาคารไทยพาณิชย์ ศาลแขวงพระนครเหนือ โรงพยาบาลชุมชนหนองจอก และกำลังดำเนินการติดตั้งอีกหลายแห่ง

สุเมธ ชาเวช (2530) กล่าวถึงจุลชีพในระบบอาร์บิซีตังนี้คือในชั้นแอโรบิก (aerobic layer) ประกอบด้วยแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่โดยแบคทีเรียจำนวนมากเป็นพวกเส้นยาว (filamentous bacteria) ได้แก่ Beggiatoa sp. นอกจากนี้ยังพบพวกหนอน (nematoda) บนผิวเมือกจุลชีพ ส่วนชั้นในที่เป็นสภาพแอนแอโรบิก (anaerobic) ประกอบด้วยแบคทีเรียที่มีรูปร่างกลมสั้น (rod-shaped bacteria) เหตุที่ชั้นนอกเมือกจุลชีพประกอบด้วยแบคทีเรียพวกเป็นเส้นยาวจำนวนมาก เนื่องจากแบคทีเรียพวกนี้จะสามารถเกาะติด และแย่งอาหารได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับแบคทีเรียกลุ่มอื่น ๆ เซลล์แบคทีเรียมีขนาดเล็กประมาณ 0.5-10.0 ไมครอน นอกจากนี้ยังพบรา และสัตว์เซลล์เดียว (Protozoa) บ้างเล็กน้อย

อาหะมัด บราเฮง (2530) ศึกษาการทำงานของระบบอาร์บิซีสำหรับหอพัก และโรงอาหารซึ่งเริ่มเดินระบบในปี 2525 โดยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบประกอบไปด้วยน้ำเสียจากหอพักที่ผ่านบ่อเกรอะแล้ว และน้ำเสียจากโรงอาหารที่ผ่านบ่อดักไขมันแล้วจึงทำให้บีโอดีของน้ำเสียลดลงเป็นบางส่วน การไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบเป็นแบบ shock load คือทำการสูบน้ำเข้าสู่ระบบแบบไม่ต่อเนื่อง จากการติดตามผลวิเคราะห์ลักษณะน้ำเข้าและออกจากระบบตลอดเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525-2529 พบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพสูงมาก มีค่าบีโอดีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรมอย่างมากมาโดยตลอด คือมีบีโอดีต่ำกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร

Collins ,Clarkson และ Vrona (1988) ทำการทดลองศึกษาเปรียบเทียบการใช้ระบบอาร์บิซีขนาดห้องทดลองในการกำจัดแอมโมเนียออกจากน้ำเสียที่มาจากโรงงานผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) ซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่มีสารประกอบพวกไนโตรเจนสูง และนอกจากนี้ยังมีฟลูออไรด์ซึ่งเป็นตัวยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดไนตริฟิเคชันเป็นส่วนประกอบด้วย (แอมโมเนียฟลูออไรด์) และน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปราศจากฟลูออไรด์น้ำเสียทิ้ง 2 ชนิดนำมาเติมสารอาหารที่จำเป็นแก่จุลชีพด้วยน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดในบ่อดกตะกอน (secondary clarifier) และเติมจุลชีพพวก Nitrifier จากถังเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ระบบอาร์บิซีที่ใช้มีขนาดความยาวประมาณ 2.4 เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นตัวกลางประมาณ 0.6 เมตร มีจำนวนตอนทั้งหมด 4 ตอน มีพื้นที่ของแผ่นตัวกลางเท่ากับ 39 ตารางเมตร และแผ่นตัวกลางจมอยู่ในน้ำ 40 % ปริมาตรทั้งหมดของระบบอาร์บิซีเท่ากับ 0.24 ลูกบาศก์เมตร มีอัตราไหลของน้ำทั้งหมดเท่ากับ 0.1 ลูกบาศก์เมตร/นาทิจ และมีระยะเวลาในการกักเก็บ 1.7 วัน โดยมีภาระแอมโมเนียไนโตรเจนระหว่าง 4.63-11.74 กรัม/ตารางเมตร.วัน ผลการทดลองพบว่า

1. สามารถใช้ภาระแอมโมเนียไนโตรเจนได้สูงกว่าที่เคยมีการใช้กันมาก่อน (1.5 กรัมแอมโมเนียไนโตรเจน/ตารางเมตร.วัน) ซึ่งได้มาจากการศึกษาน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัด

ด้วยการบำบัดขั้นที่ 2 ภายใต้เงื่อนไขนี้จะมีประชากร heterotrophic พวก Nitrifying

2. อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันสูงสุดเมื่อมีภาระแอมโมเนียไนโตรเจนเท่ากับ 11.74 กรัมแอมโมเนียไนโตรเจน/ตารางเมตร.วัน สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปราศจากฟลูออไรด์

3. ระบบอาร์บิชีที่มีเมือกจุลินทรีย์ชนิด Nitrifying ที่เกิดขึ้นโดยไม่ใช้สารอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) จะเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเนื่องจากความหนาแน่นของประชากรแบคทีเรียชนิด Nitrifying มีมาก

4. ผลจากการเปรียบเทียบระหว่างน้ำเสียที่มาจากโรงงานผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่มีสารประกอบพวกไนโตรเจนสูง และนอกจากนี้ยังมีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบด้วย (แอมโมเนียฟลูออไรด์) และน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปราศจากฟลูออไรด์ พบว่าผลของการยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียนี้ทำให้เกิดไนตริฟิเคชันโดยฟลูออไรด์ และจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อมีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ก่อนเข้าระบบมากกว่า 600 มิลลิกรัมฟลูออไรด์/ลิตร และที่ความเข้มข้นของฟลูออไรด์นี้แนะนำให้ทำการกำจัดฟลูออไรด์ออกจากน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบอาร์บิชี

วารุติ ชัยศิริรัตน์ (2531) ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลราชวิถีด้วยระบบจานหมุนชีวภาพ ขนาดห้องปฏิบัติการซึ่งแผ่นตัวกลางทำด้วยพลาสติกหนา 0.3 เซนติเมตรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 20 เซนติเมตรเจาะรูเล็ก ๆ บนแผ่นตัวกลางเป็นรูวงกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.4 เซนติเมตรจำนวน 279 รูต่อหนึ่งแผ่น แผ่นตัวกลางทั้งหมดมี 12 แผ่น มีพื้นที่ผิวรวมทั้งหมด 0.83 ตารางเมตรพื้นที่ผิวส่วนที่จมน้ำประมาณ 35 % ของพื้นที่ผิวทั้งหมดและมีความเร็วรอบของแผ่นตัวกลางเท่ากับ 16.96 เมตร/นาที น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจากโรงพยาบาลราชวิถี ซึ่งมีค่าบีโอดีเฉลี่ย 173.56 มิลลิกรัม/ลิตร และซีโอดีเฉลี่ย 261.16 มิลลิกรัม/ลิตร ทำการทดลองหาประสิทธิภาพการกำจัดน้ำเสียที่ค่าภาระชลศาสตร์เท่ากับ 0.03, 0.06 และ 0.08 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน คิดเป็นอัตราการไหลเวียนของน้ำเสีย 0.025, 0.05 และ 0.09 ลูกบาศก์เมตร/วัน ทำให้มีระยะเวลาพักเก็บเท่ากับ 4.84, 2.42 และ 1.34 ชั่วโมงตามลำดับ ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีประมาณ 80 % หรือมากกว่า เมื่อมีภาระซีโอดีอยู่ระหว่าง 9-21 กรัมซีโอดี/ตารางเมตร.วัน หรือใช้ภาระชลศาสตร์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.058 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน

2. ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีประมาณ 95 % หรือมากกว่า เมื่อภาระบีโอดีอยู่ระหว่าง 5.5-9.5 กรัมบีโอดี/ตารางเมตร.วัน หรือใช้ภาระชลศาสตร์เท่ากับ 0.058 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน

3. ประสิทธิภาพในการกำจัดเอสเอสโดยทั่วไปเมื่อไม่เกิดปัญหาการมีสารอินทรีย์เข้า

สู่ระบบมากเกินไป (overload) มีมากกว่า 90 %

4. ประสิทธิภาพการกำจัด ทีเคเอ็น และฟอสฟอรัส มีค่าระหว่างร้อยละ 40-74 , 13-23 ตามลำดับ

5. เมื่อระดับของภาระศาสตร์เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอที ทีเคเอ็น และฟอสฟอรัส จะลดลงแต่ความหนาของเมือกจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นตามภาระศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น

6. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะแปรผันตามภาระอินทรีย์ ซึ่งประสิทธิภาพของระบบ จะลดลงเนื่องจากออกซิเจนละลายในถังปฏิกรณ์ไม่พอ คือมีออกซิเจนละลาย 0.5-1.0 มิลลิกรัม/ลิตร

7. อุณหภูมิ และพีเอช มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยทั้งในน้ำเสียก่อนเข้าและออกจากระบบประมาณ 1.5-4.0 องศาเซลเซียส ส่วนพีเอชมีค่ามากกว่า 7.0 เพียงเล็กน้อย ทั้งในน้ำเสียก่อนเข้า และออกจากระบบ และน้ำเสียในถังปฏิกรณ์

Arvin และ Harremoes (1990) ทำการศึกษา population dynamic ของแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียแบบฟิล์มชีวะ (biofilm) พบว่า

1. ชั้นต่าง ๆ ของเมือกจุลินทรีย์ และการกระจายตัวของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในแต่ละชั้นของฟิล์มชีวะขึ้นอยู่กับการแข่งขันในการเจริญของจุลินทรีย์ในบางช่วงเวลา และสถานที่ใด ๆ ในฟิล์มชีวะ อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละกลุ่มสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$r_{x,i} = \left(u_{m,i} \frac{S}{S+K_{s,i}} - b_i \right) X_i f_i$$

เมื่อ $r_{x,i}$ = อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละกลุ่ม i

$u_{m,i}$ = อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์ในกลุ่ม i

b_i = ค่าคงที่การย่อยสลายของจุลินทรีย์กลุ่ม i

$K_{s,i}$ = ค่าคงที่ครึ่งความอิ่มตัว (half saturation constant) ของจุลินทรีย์กลุ่ม i

f_i = สัดส่วนของจุลินทรีย์กลุ่ม i ($f_i = \frac{r_{x,i}}{r_{x,i}}$)

$$b_i X_i$$

X_i = ความเข้มข้นของแบคทีเรียที่ว่องไว (active)

$r_{x,i}$ = อัตราการกำจัดลบเสตรทต่อพื้นที่ผิวหนึ่งหน่วยโดยจุลินทรีย์กลุ่ม i

Y_i = ผลผลิตของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่ม i

l = ความยาวของชั้นของจุลินทรีย์กลุ่ม i

2. มวลจุลชีพกลุ่ม i ที่อ่องไวต่อหน่วยพื้นที่ของเมือกจุลชีพ ($X_{f,i}$) สามารถคำนวณได้จาก

$$(X_{f,i}) = r_{f,i} Y_{f,i} / b$$

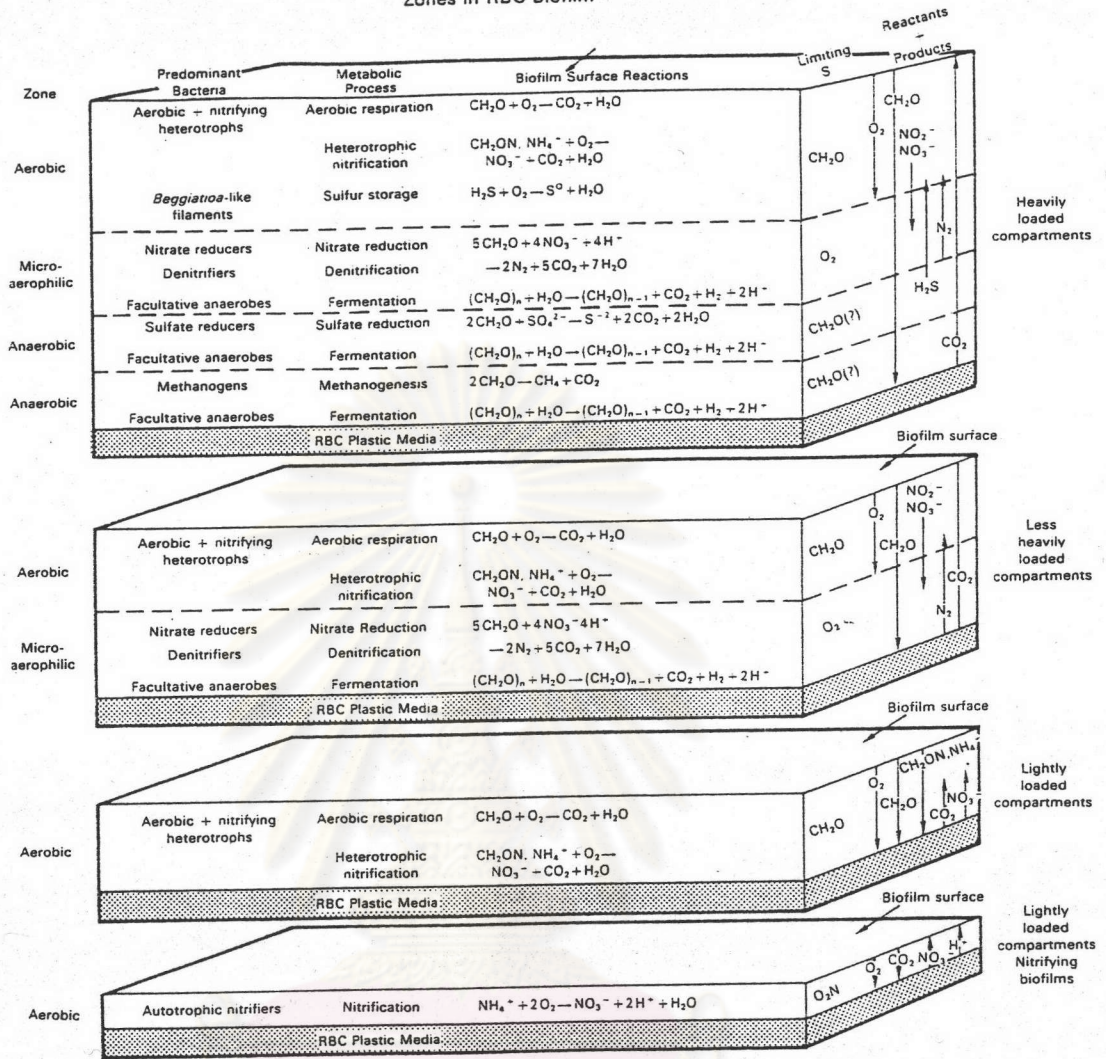
3. ชนิดของจุลชีพ และปฏิกิริยาในเมือกจุลชีพจากชั้นนอกสุดถึงแผ่นตัวกลางสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1

- ชั้นนอกสุดมีสภาพเป็นแอโรบิก เป็นชั้นที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์คาร์บอนโดย heterotroph, การเกิดไนตริฟิเคชัน และการออกซิเดชันของซัลไฟด์
- ชั้นถัดเข้ามามีสภาพเป็น microaerophilic เป็นชั้นที่เกิดการดีไนตริฟิเคชัน และการหมัก (fermentation)
- ชั้นต่อมา มีสภาพเป็นแอนแอโรบิก เป็นชั้นที่มีการเกิด sulfate respiration และการหมัก
- ชั้นในสุดมีสภาพเป็นแอนแอโรบิกใกล้กับแผ่นตัวกลาง เป็นชั้นที่มีการผลิตก๊าซมีเทน และการหมัก

4. ปัจจัยในการควบคุมความหนาของเมือกจุลชีพ คือ

- การเจริญเติบโตของจุลชีพ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารในน้ำเสีย
- การตายของจุลชีพ
- การสะสมของสารอินทรีย์จากการตายของจุลชีพ
- การสะสมของโพลิเมอร์จากการเมตาบอลิซึมของสารอาหาร และโพลิเมอร์ที่อาจจะเกิดการย่อยสลายได้ซ้ำ
- การเกาะ และจับของสารแขวนลอยจากน้ำเสีย
- การกัดกร่อนจากผิวของเมือกจุลชีพของอนุภาคเล็ก ๆ
- การหลุดของเมือกจุลชีพขนาดใหญ่

Theoretical Biogeochemical Zones in RBC Biofilm



รูปที่ 3.1 ชนิดของจุลชีพ และปฏิกิริยาในเมือกจุลชีพที่ภาระ (load) ต่าง ๆ (Arvin และ Harremoos, 1990)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 กลศาสตร์สำหรับการย่อยสลายแบบแอโรบิก และแอนอกซิก (Anoxic) ขององค์ประกอบอินทรีย์ และไนตริฟิเคชันในระบบอาร์บิชี (Boller และ Gujer, 1990)

COMPONENTS		PARTICULATE				DISSOLVED						PROCESS RATE EQUATIONS P _j = Process Rate = [M L ⁻³ T ⁻¹]	
		1 X _i	2 X _H	3 X _{NS}	4 X _{NB}	1 S _O	2 S _S	3 S _{NH}	4 S _{NI}	5 S _{NO}	6 S _A		
HETEROTROPHIC ORGANISMS (DEGRADATION OF ORGANIC COMPONENTS)													
1	Aerobic Growth of Heterotrophs		1			$\frac{Y_H - 1}{Y_H}$	$\frac{-1}{Y_H}$	$-i_B$			$-\frac{i_B}{14}$	$\mu_{mH} \cdot \frac{S_S}{K_S + S_S} \cdot \frac{S_O}{K_{HO} + S_O} \cdot \frac{S_{NH}}{K_{HNH} + S_{NH}} \cdot \frac{S_A}{K_{HA} + S_A} \cdot X_H$	
2	Anoxic Growth of Heter. = Denitrification		1				$\frac{-1}{Y_H}$	$-i_B$?	$\frac{Y_H - 1}{2.86 \cdot Y_H}$	$\frac{1 - Y_H}{40 \cdot Y_H} \frac{i_B}{14}$	$P_i \cdot \frac{K_{HO}}{S_O} \cdot \frac{S_{NO}}{K_{HNO} + S_{NO}} \cdot \theta_{DEN}$	
3	Decay of Hetero.	f _i	-1				1 - f _i	i _B - f _i · i _P			$\mu_{eNH} / 14$	b _H · X _H	
AUTOTROPHIC ORGANISMS (NITRIFICATION)													
4	Growth of Nitrosomonas			1		$\frac{Y_{NS} - 3.43}{Y_{NS}}$		$-\frac{1}{Y_{NS}}$	$\frac{1}{Y_{NS}}$		$\frac{i_B}{14} \frac{1}{7 \cdot Y_{NS}}$	$\mu_{mNS} \cdot \frac{S_{NH}}{K_{NSNH} + S_{NH}} \cdot \frac{S_O}{K_{NSO} + S_O} \cdot \frac{S_A}{K_{NSA} + S_A} \cdot X_{NS}$	
5	Decay of Nitros.	f _i		-1			1 - f _i	i _B - f _i · i _P			$\mu_{eNH} / 14$	b _{NS} · X _{NS}	
6	Growth of Nitrobacter				1	$\frac{Y_{NB} - 1.14}{Y_{NB}}$		$-i_B$	$\frac{-1}{Y_{NB}}$	$\frac{1}{Y_{NB}}$		$\mu_{mNB} \cdot \frac{S_{NI}}{K_{NINI} + S_{NI}} \cdot \frac{S_O}{K_{NIO} + S_O} \cdot \frac{S_{NH}}{K_{NBNH} + S_{NH}} \cdot X_{NB}$	
7	Decay of Nitrob.	f _i			-1		1 - f _i	i _B - f _i · i _P			$\mu_{eNH} / 14$	b _{NB} · X _{NB}	
OBSERVED REACTION RATES [M L ⁻³ T ⁻¹]		$r_i = \sum_j \mu_{e,j,i} \cdot P_j$									KINETIC PARAMETERS		
STOICHIOMETRIC PARAMETERS: Y _i = Yield coefficient [M _i M _o ⁻¹] f _i = Fraction of particul. Decay products [M _i M _x ⁻¹] i _B , i _P = Nitrogen content of Biomass and parti. Products [M _N M ⁻¹] Indices: Organisms H, NS, NB		COD	COD	COD	COD	O ₂	COD	N	N	N	Moles	μ_{mi} = Maximum specific growth rate of organism i [T ⁻¹] b_i = Decay rate constant of organism i [T ⁻¹] $K_{i,i'}$ = Saturation concentration for Organism i for component i' [M _i · L ⁻³] θ_{DEN} = Denitrification factor [-] Indices i (Organisms) H, NS, NB: Heterotrophs, Nitrosomonas, Nitrobacter Indices i' (dissolved components) O, S, NH, NI, NO, A: Oxygen, Substrate, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , HCO ₃ ⁻	
	Inert Particulates	Heterotrophic Biomass	Nitrosomonas Biomass	Nitrobacter Biomass	Dissolved Oxygen	Soluble Substrate	Ammonium NH ₄ ⁺	Nitrite NO ₂ ⁻	Nitrate NO ₃ ⁻	Alkalinity HCO ₃ ⁻			

Boller และ Gujer (1990) ศึกษาโมเดลทางคณิตศาสตร์ของระบบอาร์บีซี ผลการศึกษามีดังนี้

1. โมเดลทางจลนศาสตร์ (kinetic model) ของระบบอาร์บีซีแสดงดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

2. โมเดลของฟิล์มชีวะ (biofilm model)

2.1 องค์ประกอบที่ละลายได้ ปรากฏในรูปของ mass balance สำหรับการความเข้มข้นขององค์ประกอบที่ละลายได้ตามช่วงเวลา และความลึกของเมือกจุลินทรีย์มีดังนี้

$$\frac{\partial S_i}{\partial t} = -\frac{\partial JS_{Bf,i}}{\partial Z} + r_{s,Bf,i}$$

สำหรับการเคลื่อนย้ายขององค์ประกอบที่ละลายได้นอกแผ่นเมือกจุลินทรีย์จะเป็นไปตามกฎการแพร่กระจายของ Fick ดังนี้

$$JS_{Bf,i} = -D_i' \frac{\partial S_{Bf,i}(Z)}{\partial Z} \quad \text{with } JS_{Bf,i} = 0 \quad \text{for } Z = L_{Bf}$$

เมื่อ Z = Depth coordinate within the biofilm ($Z=0$ at surface, $Z=L_{Bf}$ at support material) [L]

L_{Bf} = Thickness of biofilm [L]

$JS_{Bf,i}$ = Flux of component i due to molecular diffusion within the biofilm [$M_i L^{-2} T^{-1}$]

D_i' = Effective diffusion coefficient within the biofilm, assumed to be 80 % of the value in pure water. For soluble organic material (ตารางที่ 2.3)

$S_{Bf,i}(Z)$ = Concentration of dissolved component i at biofilm depth Z [$M_i L^{-3}$]

$r_{s,Bf,i}$ = Transformation rate of the dissolved component i per unit volume of biofilm [$M_i L^{-3} T^{-1}$]

Diffusion coefficients แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 กลศาสตร์ และ Stoichiometric constant ที่ใช้ในระบบอาร์บิซี
(Boller และ Gujer, 1990)

HETEROTROPHIC ORGANISMS			
Maximum Growth Rate	μ_{mH}	2.00	d^{-1}
Saturation Coefficient for	COD	K_S	10.00 g m^{-3}
	NH_4^+-N	K_{HNH}	0.10 g m^{-3}
	O_2	K_{HO}	0.10 g m^{-3}
	HCO_3^-	K_{HA}	0.10 Mol m^{-3}
	NO_3^-	K_{HNO}	0.50 g m^{-3}
Denitrification Coefficient	$\{DEN$	0.70	-
Decay Rate	b_H	0.35	d^{-1}
Yield Coefficient (COD/COD)	Y_H	0.57	$g \text{ g}^{-1}$
Fraction particulate decay products	f_I	0.08	-
Nitrogen content of biomass (N/COD)	i_B	0.06	$g \text{ g}^{-1}$
	i_P	0.05	$g \text{ g}^{-1}$
NITROSOMONAS			
Maximum Growth Rate	μ_{mNS}	0.35	d^{-1}
Saturation Coefficient for	NH_4^+-N	K_{NSNH}	0.70
	HCO_3^-	K_{NSA}	0.20 Mol m^{-3}
	O_2	K_{NSO}	0.20 g m^{-3}
		b_{NS}	0.05 d^{-1}
Decay Rate	b_{NS}	0.05	d^{-1}
Yield Coefficient (COD/ NO_2^- -N)	Y_{NS}	0.18	$g \text{ g}^{-1}$
NITROBACTER			
Maximum Growth Rate	μ_{mNB}	0.60	d^{-1}
Saturation Coefficient for	NH_4^+-N	K_{NBNH}	0.05 g m^{-3}
	NO_2^- -N	K_{NBI}	0.50 g m^{-3}
	O_2	K_{NBO}	0.10 g m^{-3}
		b_{NB}	0.09 d^{-1}
Decay Rate	b_{NB}	0.09	d^{-1}
Yield Coefficient (COD/ NO_3^- -N)	Y_{NB}	0.06	$g \text{ g}^{-1}$

ตารางที่ 3.3 สัมประสิทธิ์การแพร่ (diffusion coefficient) ที่ใช้ในกฎการแพร่กระจาย
ของ Fick (Boller และ Gujer, 1990)

DIFFUSION COEFFICIENTS			
Dissolved Oxygen	106×10^{-6}	m^2	d^{-1}
Degradable COD (Glucose)	31×10^{-6}	m^2	d^{-1}
Ammonium	86×10^{-6}	m^2	d^{-1}
Nitrite	85×10^{-6}	m^2	d^{-1}
Nitrate	84×10^{-6}	m^2	d^{-1}
Bicarbonate	53×10^{-6}	m^2	d^{-1}