มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 **ปีการศึกษา 2557**

วันที่ 14 มีนาคม 2558 **เวลา 9.00 – 12.00 น.**

วิชา 223-601 ADVANCED WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY **ห้องสอบ R201**

คำชี้แจง

ข้อสอบทั้งหมดมี 7 ข้อ รวม 100 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง

ข้อสอบมี 14 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม

ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทุจริตจะได้ E ทุกกรณี

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 2 ภาคการศึกษา โทษสูงสุดให้ออก

ให้เขียนชื่อ-รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น

ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ

ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าคงที่ต่างๆ หรือข้อสมมุติฐานที่โจทย์กำหนดให้ไม่เพียงต่อการคิดคำนวณ ให้สมมุติขึ้นมาเองตามความเหมาะสม

ตารางแสดงคะแนนสอบกลางภาค

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	26	
2	12	
3	18	
4	8	
5	10	
6	16	
7	10	
รวม	100	

จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์

มีนาคม 2558

ข้อที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ **(26 คะแนน)**

1.1 การบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปกับการบำบัดน้ำเสียขั้นสูงมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันอย่างไร จงอธิบายโดยสังเขปโดยยกตัวอย่างกระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นสูงประกอบการตอบคำถาม **(4 คะแนน)**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.2 จากข้อมูลที่กำหนดให้กรณีที่ออกแบบให้ถังปฏิกรณ์มีประสิทธิภาพร้อยละ 80 ถังปฏิกรณ์แบบ CSTR หรือ Plug Flow แบบใดต้องใช้เวลาในการเก็บกักมากกว่ากัน จงแสดงการคำนวณ และหาเวลาในการย่อยสลายสารตั้งต้นให้เหลือครึ่งหนึ่ง (half life time) โดยใช้สมการปฏิกิริยาลำดับที่ 1 **(4 คะแนน)**

กำหนดให้

$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1+k\theta}$, $\frac{C}{C_0} = e^{-k\theta}$, first order reaction rate = 0.05 h^{-1}, $\frac{A}{A_0} = e^{-kt}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.3 จงจับคู่มลพิษที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วกับ Unit operation process ที่สามารถใช้กำจัดมลพิษดังกล่าวได้โดยพิจารณาจากความเหมาะสม ความเป็นพิษและความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ **(4 คะแนน)**

..... A Suspended and Colloids solids

.....B Total organic carbon

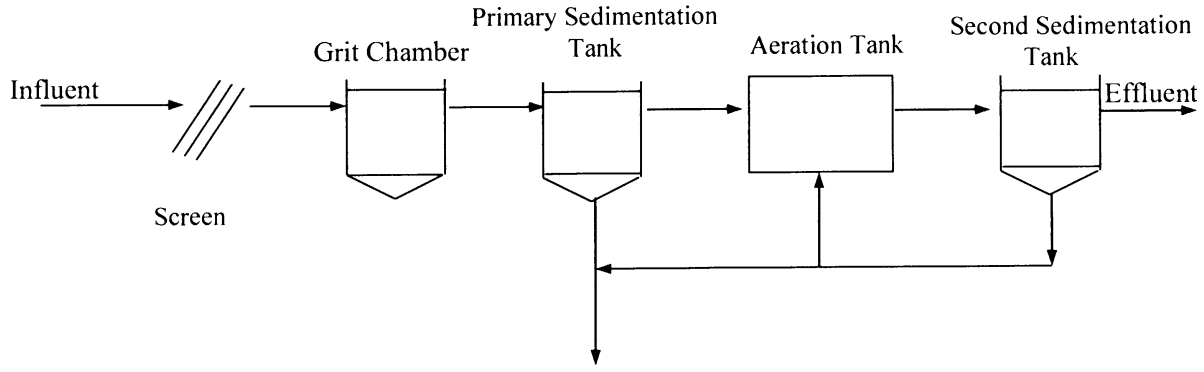
.....C Heavy metal

.....D Volatile organic compound (VOC)

1. Air striping
2. Activated carbon adsorption
3. Ion exchange
4. Surface filtration

1.4 จากรูปเขียนแสดงว่าในถัง grit chamber, primary sedimentation tank และ secondary sedimentation tank มีการตกตะกอนประเภทใดบ้างใดบ้างตามระดับความลึก (Top, Middle and Bottom) **(4 คะแนน)**

เฉลย



.....

.....

.....

.....

1.5 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบต้องออกแบบระบบบำบัดขั้นต้นเพื่อแยกน้ำมันและตะกอนออกจากน้ำเสีย โดยผู้จัดการโรงงานเลือกใช้ระบบ dissolved air flotation (DAF)

กำหนดให้

- Wastewater flow rate มีค่าเท่ากับ 500 m^3/day
- Chemical oxygen demand มีค่าเท่ากับ 80,000 mg/L
- Biochemical oxygen demand มีค่าเท่ากับ 40,000 mg/L
- ไขมัน และน้ำมัน มีค่าเท่ากับ 5,000 mg/L
- Total suspended solids มีค่าเท่ากับ 1,000 g/m^3
- Optimum A/S ratio มีค่าเท่ากับ 0.01 mL/mg
- Temperature 30 ^{o}C, S_a มีค่าเท่ากับ 15.7 mL/L
- Recycle pressure มีค่าเท่ากับ 3.71 atm
- Fraction of saturation มีค่าเท่ากับ 0.5
- ค่า solid loading มีค่าเท่ากับ 4 kg/m^2-h
- ค่า safety factor สำหรับพื้นที่มีค่าเท่ากับ 2
- ค่า surface loading rate มีค่าอยู่ระหว่าง 20 – 150 L/m^2-min
- ระบบ Dissolved air flotation เป็นระบบที่มีการ recycle
- $\frac{A}{S} = \frac{1.3Sa(fp-1)R}{TSS(Q)}$
- ระบบทำงานวันละ 24 ชั่วโมง
- ประสิทธิภาพในการแยกสารอินทรีย์ สารแขวนลอย และ ไขมันและน้ำมัน ของ DAF เป็น 20 90 และ 80%, ตามลำดับ

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้เพื่อหาค่าดังต่อไปนี้ (10 คะแนน)

1) อัตราการไหลรวมที่เข้าถัง DAF (Q + R) (m^3/h)

2) Surface area ของถัง DAF (m^2)

3) ให้ตรวจสอบว่า surface loading rate (L/m^2-min) อยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ ในกรณีที่ไม่เหมาะสมให้หาขนาดที่เหมาะสม

4) ค่า COD, BOD, TSS และ ไขมันและน้ำมันที่แยกจาก DAF ได้

5) ให้เสนอแนะระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อบำบัดน้ำที่ออกจาก DAF

ข้อที่ 2 โรงงานต้องการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) เพื่อบำบัดน้ำเสียดังรายละเอียดที่กำหนดให้ นักศึกษาจงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ **(12 คะแนน)**

2.1 จงหา COD_{mix} และ ปริมาตรถังบำบัดน้ำเสีย (V_n และ V_L)

2.2 จงหาพื้นที่ของถังบำบัดน้ำเสีย เส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง (A, H_L และ H_T)

2.3 จงตรวจสอบว่าค่า alkalinity ของน้ำเสียว่าเพียงพอต่อสมดุลของระบบหรือไม่ถ้าไม่เพียงพอต้องเติมสารเพื่อเพิ่ม alkalinity ลงไปเท่าไรในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน

2.4 กรณีที่ค่า COD ตามมาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับโรงงานต้องมีค่าไม่เกิน 120 mg/L น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบ UASB มีค่าผ่านมาตรฐานหรือไม่ ในกรณีที่ไม่ผ่านต้องดำเนินการอย่างไร

กำหนดให้

Wastewater from DAF (primary treatment)

- Wastewater flow rate, m^3/day 1,000
- Soluble COD, mg/L 500
- Alkalinity, g/m^3as $CaCO_3$ 300

Wastewater from washing

- Wastewater flow rate, m^3/day 500
- Soluble COD, g/m^3 5,000
- Alkalinity, g/m^3as $CaCO_3$ 300

Process

- Organic loading rate, kg COD/m^3-day 10
- Upflow velocity, m/h 0.7
- Reactor volume effectiveness factor (E), percent 85
- Height for gas collection, m 2
- ความสูงของถังต้องมีค่าน้อยกว่า, เมตร 10 เมตร
- ค่าความเป็นด่างที่ระบบต้องการ, g/m^3 3,000
- เวลาเก็บกักตะกอน θ_C, วัน 32
- $V_n = \frac{QS_0}{L_{org}}$, $V_L = \frac{V_n}{E}$, $A = \frac{Q}{velocity}$, $H_L = \frac{V_L}{A}$, $H_T = H_L + H_G$
- K_s = 450 mg/L, k = 3.125 g COD/g VSS.d, Y = 0.08 g VSS/ g COD, k_d = 0.04 g VSS/g VSS.d
- $s = \frac{K_s[1+(k_d)\theta_c]}{\theta_c(Yk - k_d) - 1}$
- $COD_{mix} = \frac{Q_{primary\ treatment} COD_{primary\ treatment} + Q_{washing} COD_{Washing}}{Q_{primary\ treatment} + Q_{washing}}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อที่ 3 จงตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 จากข้อที่ 2 พบว่าทางโรงงานต้องการทางเลือกในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบบำบัดแบบใช้อากาศประเภท Sequencing Batch Reactor (SBR) ให้นักศึกษาใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ **(8 คะแนน)**

1) จงหาจำนวนรอบการดำเนินการต่อถัง และ จำนวนรอบการดำเนินการทั้งหมด **(2 คะแนน)**
2) จงหาค่า fill volume ต่อ รอบ และ ปริมาตรถัง SBR **(3 คะแนน)**
3) Hydraulic retention time และ BOD volumetric loading เป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบหรือไม่ ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ให้แสดงข้อเสนอแนะ **(3 คะแนน)**

กำหนดให้

- Wastewater flow rate, m^3/day 1,500
- Biodegradable BOD, g/m^3 1,000
- ถัง SBR, ถัง 2
- t_A, ชั่วโมง 2
- t_S, ชั่วโมง 1
- t_D, ชั่วโมง 1
- t_I, ชั่วโมง 0
- V_F/V_T 0.3
- Range of hydraulic retention time (HRT), h 15-40
- Range of BOD volumetric loading, kg BOD/m^3-day 0.1-0.3
- $t_F = t_A + t_S + t_D$
- $t_C = t_A + t_S + t_D + t_F$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 โรงงานดังกล่าวต้องการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge
จงหาค่า **(10 คะแนน)**

1) Mass TSS (kg)
2) The reactor basin volume (m^3)
3) Determine the reactor detention time (θ)
4) ตรวจสอบค่า Volumetric loading (kg/m^3-day) ว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมหรือไม่
5) จงอธิบายว่า ในกรณีที่ต้องการออกแบบระบบให้เกิด Nitrification ต้องทำอย่างไร อธิบาย

<u>กำหนดให้</u>

- Wastewater flow rate, m^3/day 1,500
- Biodegradable BOD, g/m^3 1,000
- SRT, d 8
- $P_{X,\ TSS}$, kg/day 1,500
- MLSS, g/m^3 3,000
- ค่า volumetric loading, (kg/m^3-day) ที่เหมาะสม 0.3-1.6
- $V*MLSS = P_{X,\ TSS} * SRT$

ข้อที่ 4 (8 คะแนน)

4.1 กำหนดให้สารอินทรีย์ที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสียในข้อ 4 มีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$

1) จงหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี (theoretical oxygen demand) ในการย่อยสลาย $C_{12}H_{22}O_{11}$ 1.5 kg (ให้ตอบในหน่วยกิโลกรัม) และต้องการอากาศเท่าไร (ให้ตอบในหน่วยกิโลกรัม) เมื่อกำหนดให้อากาศมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ 20 เปอร์เซ็นต์
2) การย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งหมดที่อัตราการไหล 1,500 m^3/day และ BOD 1,000 g/m^3 ต้องการปริมาณออกซิเจนทางทฤษฎีเท่าไร

ข้อที่ 5 น้ำเสียจากโรงงานแห่งหนึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

- Wastewater flow rate, m^3/day 1,000
- Total suspended solids (TSS), g/m^3 500
- Wastewater alkalinity, g/m^3 as $CaCO_3$ 50
- Alum Al_2SO_4 $18H_2O$ added for removing TSS only, kg/1000 m^3 10
- Phosphorus in wastewater, g P/m^3 15
- Raw sludge properties: Specific gravity 1.03
  Moisture content, percent 94
- Chemical sludge properties: Specific gravity 1.05
  Moisture content, percent 92.5

กำหนด

- 75 เปอร์เซ็นต์ของ Total suspended solids (TSS) ตกตะกอนได้ใน primary sedimentation tank โดยไม่ต้องใช้ alum
- 90 เปอร์เซ็นต์ของ Total suspended solids (TSS) ตกตะกอนได้ใน primary sedimentation tank โดยใช้ alum
- สมการการเติม alum เพื่อการ precipitation

  $3Ca(HCO_3)_2 + Al_2(SO_4)_3 18H_2O$ <--------> $2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6\ CO_2 + 18H_2O$

  (3 x 100 as $CaCO_3$) (666.5) (2 x 78) 3x136 6x44 18x18
- สมการการเติม alum กับ Lime

  $Al_2(SO_4)_3 18H_2O + 3Ca(OH)_2$ <--------> $2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 18H_2O$

  (666.5) (3 x56 as CaO) (2 x 78) 3x136 18x18
- จากการทดลองพบว่าการกำจัด Phosphorus (P) 1 kg ต้องการ 18 kg ของ $Al_2(SO_4)_3 18H_2O$
- $\rho_{น้ำ}$ = 1000 kg/m^3

จงตอบคำถามต่อไปนี้ (10 คะแนน)

5.1 จงหามวลของ TSS (kg/day) ที่ถูกกำจัดโดยไม่เติม alum และเติม alum

5.2 จงตรวจสอบว่า alkalinity ในน้ำเสียมีเพียงพอต่อการกำจัด TSS โดยการเติม alum หรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอต้องเติม $Ca(OH)_2$ ลงไปเท่าไร (kg/day)

5.3 จงหาค่า $Al(OH)_3$ ที่เกิดขึ้น (kg/day)

5.4 จงหาปริมาตรของตะกอน TSS ที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนโดย1) ไม่เติม alum 2) เติม alum เพื่อกำจัด TSS

5.5 จงหาปริมาณ alum ที่ต้องเติมเพิ่ม (kg/day) เพื่อใช้กำจัด phosphorus และปริมาตรของตะกอนที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนโดยการเติม alum เพื่อกำจัด TSS และ phosphorus

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อที่ 6 จงตอบคำถามต่อไปนี้

6.1 โรงงานต้องการใช้ระบบบำบัดแบบสระเติมอากาศ (aerated lagoon) เพื่อบำบัดน้ำเสียให้ได้ค่าน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งโดยทั่วไป ให้นักศึกษาใช้ที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ **(10 คะแนน)**

1) จงหาค่าเวลาในการเก็บกักตะกอน (solid retention time, SRT or θc)
2) จงหาปริมาตรของบ่อเติมอากาศ
3) จงหาปริมาณความต้องการออกซิเจนทางทฤษฎีต่อวัน และให้ประมาณความต้องการออกซิเจนที่ต้องใช้จริง
4) จงหาว่าค่า BOD ในน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานหรือไม่

กำหนดให้

- Wastewater flow rate, m^3/day 2,000
- Soluble COD, g/m^3 300
- BOD_5/COD 0.5
- The plant permits standard BOD_5, mg/L 10
- Depth of Lagoon, m 3
- θ, day 5
- Water temperature in summer, °C 35
- Water temperature in rainy season, °C 25
- Y = 0.65 mg_{MLVSS}/mg_{BOD5}, Ks = 100 mg/L (g/m^3), k = 6.0 g/g, K_d = 0.07 day^{-1} for 25 °C
- First order observed soluble BOD removal-rate constant k_{20} = 2.5 d^{-1} at 20 °C
- $S = \frac{S_0}{[1+(k)\theta]}$
- $k_2 = k_1 1.06^{(T2-T1)}$
- Oxygen demand = 1.5 Q (S_0-S)
- SOTR = 2AOTR

6.2 จงหาขนาดและจำนวนบ่อหมักไร้อากาศและบ่อแฟคคัลเททีฟเพื่อใช้บำบัดน้ำเสียในข้อ 6.1 ให้ผ่านมาตรฐาน **(6 คะแนน)**
กำหนดให้

- ค่าภาระบรรทุกอินทรีย์บ่อหมักไร้อากาศสูงสุดเป็น 300 $gBOD_5/m^3$-day, ความลึก 5 เมตร ประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 50
- ค่าภาระบรรทุกอินทรีย์บ่อแฟคคัลเททีฟสูงสุดเป็น 37.5 $gBOD_5/m^2$-day, ความลึก 2 เมตร ประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 40
- จงหาจำนวนบ่อเพื่อบำบัดน้ำให้มีค่าบีโอดีผ่านมาตรฐาน
- บ่อแต่ละประเภทให้ใช้ขนาดเท่ากัน บ่อต่างประเภทใช้ขนาดแตกต่างกัน

ข้อที่ 7 จงตอบคำถามต่อไปนี้

7.1 ชุมชนแห่งหนึ่งมีประชากร 20,000 คน ประชากร 1 คนใช้น้ำประปาเท่ากับ 200 L/day โดยน้ำทิ้งจากบ้านเรือนได้ถูกรวบรวมเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย นักศึกษาถูกมอบหมายงานให้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Tricking Filter จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ออกแบบหาเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง Tricking Filter ที่จัดวางได้พอดีในพื้นที่ที่กำหนด

(10 คะแนน)

<u>กำหนดให้</u>

- ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ, m^3/day	0.8 (น้ำประปาที่ใช้ไป)
- ค่า BOD, mg/L น้ำเสีย	500
- ค่า BOD น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว, mg/L	20
- ถังตกตะกอนขั้นต้นไม่กำจัด BOD	
- Filter depth (D), m	4-6
- Recycle ratio, m^3/d (R/Q)	1
- ค่า K	2.35
- n	0.5
- พื้นที่ที่ใช้ในการวางถัง, เมตร x เมตร	12 x 12

- $\frac{S_t}{S_0} = e^{-KDIQ_L^n}$