ชื่อ-นามสกุล..รหัสนักศึกษา............................

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 **ปีการศึกษา 2559**

วันที่ 8 ตุลาคม 2559 **เวลา 9.00 – 12.00 น.**

วิชา 223-501 ADVANCED WASTEWATER TREATMENT AND ENGINEERING **ห้องสอบ A301**

คำชี้แจง

- ข้อสอบทั้งหมดมี 7 ข้อ รวม 100 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง
- ข้อสอบมี 13 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม
- ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทุจริตจะได้ E ทุกกรณี
- ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุดให้ออก
- ให้เขียนชื่อ-รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น
- ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ
- ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าคงที่ต่างๆ หรือข้อสมมุติฐานที่โจทย์กำหนดให้ไม่เพียงต่อการคิดคำนวณ ให้สมมุติขึ้นมาเอง ตามความเหมาะสม

ตารางแสดงคะแนนสอบกลางภาค

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	27	
2	15	
3	15	
4	7	
5	10	
6	16	
7	10	
รวม	100	

จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์

ตุลาคม 2559

<u>ข้อที่ 1</u> จงตอบคำถามต่อไปนี้ (27 คะแนน)

1.1 การบำบัดน้ำเสียกับการบำบัดน้ำเสียขั้นสูงมีวัตถุประสงค์ต่างกันอย่างไร จงอธิบายโดยสังเขปพร้อมทั้งยกตัวอย่างกระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นสูงประกอบการตอบคำถาม **(3 คะแนน)**

....

....

....

....

....

....

1.2 ถังตกตะกอนมีกี่ ประเภท และถังตกตะกอนประเภทใดที่ใช้กับกระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นสูงได้บ้าง จงอธิบายโดยสังเขป **(3 คะแนน)**

....

....

....

....

....

....

....

....

1.3 จากข้อมูลที่กำหนดให้กรณีที่ออกแบบให้ถังปฏิกรณ์มีประสิทธิภาพร้อยละ 80 ถังปฏิกรณ์แบบ CSTR หรือ Plug Flow แบบใดต้องใช้เวลาในการเก็บกักนานกว่ากัน โดยให้เลือกใช้ค่า reaction rate ที่กำหนดให้เพียง 1 ค่าตามความเหมาะสมในการคำนวณ จงแสดงการคำนวณและหาเวลาในการย่อยสลายสารตั้งต้นให้เหลือครึ่งหนึ่ง (half life time) **(3 คะแนน)**

กำหนดให้

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1+k\theta}, \quad \frac{C}{C_0} = e^{-k\theta},$$

First order reaction rate = 0.05 h^{-1}, $\frac{A}{A_0} = e^{-kt}$, Second order reaction rate = 0.07 L mol^{-1} h^{-1} $\frac{1}{A} = \frac{1}{A_0} + kt$

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

1.4 จงจับคู่มลพิษที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วกับ Unit operation process ที่สามารถใช้กำจัดมลพิษดังกล่าวได้ โดยพิจารณาจากความเหมาะสม 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

1.5 การกำจัดสารฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยกระบวนการ Chemical precipitation ใช้สารโคแอกกูแลนต์ชนิดใด ปริมาณสารที่ใช้คำนวณได้อย่างไร และการดำเนินการมีกี่วิธี **(4 คะแนน)**

....
....
....
....
....
....

1.6 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบต้องมีการออกแบบระบบบำบัดขั้นต้นเพื่อแยกน้ำมันและตะกอนออกจากน้ำเสีย 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 ^oC, S_a มีค่าเท่ากับ 15.7 mL/L
- Recycle pressure มีค่าเท่ากับ 3.71 atm
- Fraction of saturation มีค่าเท่ากับ 0.5
- ค่า solid loading มีค่าเท่ากับ 5 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, 80 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 จงตอบคำถามตอบคำถามต่อไปนี้ **(15 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 ของน้ำเสียว่าเพียงพอต่อความสมดุลของระบบหรือไม่ถ้าไม่เพียงพอต้องเติมสารเพิ่ม alkalinity ลงไปเท่าไรในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน

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

2.5 จงหาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น (m^3/d)

กำหนดให้

Wastewater from DAF

- Wastewater flow rate, m^3/day	1,500
- 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	8
- 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 θc, วัน	32

- $V_n = \dfrac{QS_0}{L_{org}}$, $V_L = \dfrac{V_n}{E}$, $A = \dfrac{Q}{velocity}$, $H_L = \dfrac{V_L}{A}$, $H_T=H_L+H_G$
- 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
- $COD_{out} = \mathbf{s} = \dfrac{K_s[1+(k_d)\theta_c]}{\theta_c(Yk-k_d)-1}$
- $COD_{mix} = \dfrac{Q_{DAF}COD_{DAF} + Q_{washing}COD_{Washing}}{Q_{DAF} + Q_{washing}}$
- ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น (m^3/d) = 0.3935 L/g COD removed
- ค่า $COD_{removed}$ ให้มีค่าเท่ากับ $COD_{mix} - COD_{out}$
- ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นคิดเป็นร้อยละ 65 ของปริมาณก๊าซทั้งหมด

<u>ข้อที่ 3</u> จงตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 จากข้อที่ 2 พบว่าทางโรงงานต้องการใช้ระบบบำบัดแบบใช้อากาศประเภท Sequencing Batch Reactor (SBR) เพื่อบำบัดน้ำเสียจากระบบ UASB ให้นักศึกษาใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ **(7 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 **(2 คะแนน)**

<u>กำหนดให้</u>

- Wastewater flow rate, m^3/day	2,000
- Biodegradable BOD, g/m^3	200
- ถัง SBR, ถัง	2
- t_A, ชั่วโมง	3
- t_S, ชั่วโมง	2
- 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 เพื่อบำบัดน้ำที่ออกจากระบบ UASB จงหาค่า **(8 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

<u>**กำหนดให้**</u>

- Wastewater flow rate, m^3/day	2,000
- Biodegradable BOD, g/m^3	200
- SRT, d	5
- $P_{X, TSS}$, 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 **(7 คะแนน)**

การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ภายใต้สภาวะ Aerobic, Anoxic, และ Anaerobic ต้องมีสารมารับอิเลคตรอน จงเขียนสมการของสารที่ใช้ในการรับอิเลคตรอนของแต่ละสภาวะ

....

....

....

....

....

....

....

....

ข้อที่ 5 น้ำเสียจากโรงงานแห่งหนึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

- Wastewater flow rate, m^3/day	500
- Total suspended solids (TSS), g/m^3	500
- Wastewater alkalinity, g/m^3 as $CaCO_3$	30
- 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 $Al_2(SO_4)_3 18H_2O$
- $\rho_{\text{น้ำ}}$ = 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

<u>ข้อที่ 6</u> จงตอบคำถามต่อไปนี้

6.1 โรงงานต้องการใช้ระบบบำบัดแบบสระเติมอากาศ (aerated lagoon) เพื่อบำบัดน้ำเสียให้ได้ค่าน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งโดยทั่วไป ให้นักศึกษาใช้ค่าที่กำหนดให้ตอบคำถามต่อไปนี้ **(12 คะแนน)**

1 จงหาค่าเวลาในการเก็บกักตะกอน (solid retention time, SRT or θ_c)

2 จงหาปริมาตรของบ่อเติมอากาศ

3 จงหาปริมาณความต้องการออกซิเจนทางทฤษฎีต่อวัน และให้ประมาณความต้องการออกซิเจนที่ต้องใช้จริง

4 จงหาว่าค่า BOD ในน้ำทิ้งผ่านมาตรฐานหรือไม่

<u>กำหนดให้</u>

- Wastewater flow rate, m^3/day	500
- Soluble COD, g/m^3	400
- BOD_5/COD	0.5
- The plant permits standard BOD_5, mg/L	10
- Depth of Lagoon, m	3
- Hydraulic retention time (HRT or 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
- $S = \dfrac{S_0}{[1+(k)\theta]}$
- $k_2 = k_1 1.06^{(T2-T1)}$
- Oxygen demand = 1.5 Q (S_0-S), โดยให้ใช้ค่า BOD เป็นค่า S
- SOTR = 2AOTR

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

6.2 โรงงานแห่งหนึ่งน้ำเสียออกจากระบบมีค่า COD และ BOD สูง ทางโรงงานประสงค์จะใช้ระบบบ่อปรับเสถียรในการบำบัดน้ำเสียให้ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งและผ่านมาตรฐานการนำน้ำที่บำบัดแล้วเพื่อนำมาใช้ทางการเกษตร จงอธิบายหลักการในการออกแบบบ่อปรับเสถียรว่าประกอบด้วยบ่ออะไรบ้างและมีเกณฑ์อย่างไรในการออกแบบ และระบบบ่อปรับเสถียรในกรณีนี้เป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นสูงหรือไม่ **(4 คะแนน)**

....

....

....

....

....

....

....

....

ข้อที่ 7 จงตอบคำถามต่อไปนี้

7.1 ชุมชนแห่งหนึ่งมีประชากร 10,000 คน ประชากร 1 คนใช้น้ำประปาเท่ากับ 400 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	5-6
- Recycle ratio, m^3/d (R/Q)	1
- ค่า K	2.35
- n	0.5
- พื้นที่ที่ใช้ในการวางถัง, เมตร x เมตร	12 x 12

$$\frac{S_t}{S_0} = e^{-KD/Q_L^n}$$

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....