Name.. ID.......................................

Prince of Songkla University

Faculty of Engineering

Final Examination, First Semester

Academic Year 2015

December 13, 2015

13.30-16.30

Subject: 223-501 ADVANCED WASTEWATER TREATMENT AND ENGINEERING

Room S102

Final examination score

Item	Score	Student's score
Part I		
1	25	
2	20	
3	25	
4	15	
5	15	
Part II		
6	25	
รวม	100	

Charongpun Musikavong

Watsa Kongnakorn

October, 2558

Part I Charongpun Musikavong

Item 1 Adsorption process

1.1 (10 Points) the batch adsorption experiment used wastewater of 1 liter and activated carbon of 1 g for removal of phenol. The initial phenol concentration and phenol concentration at equilibrium are presented in Table 1.

i Develop Freundlish adsorption isotherm and determine Freundlish capacity factor (*K*) Freundlish intensity parameter ($\frac{1}{n}$), and Freundlish Adsorption Isotherm

ii Use Freundlish adsorption isotherm for determining the amount of activated carbon per month to remove phenol from 300 to 1 mg/L. The wastewater quantity is 2,000 m^3/month

iii Determine cost of the activated carbon per month, when the price of activated carbon is 60 Baht/kg

Given

Freundlish Isotherm

$$\frac{(C_0 - C_e)V}{m} = \frac{x}{m} = KC_e^{1/n}$$

$$\log(\frac{x}{m}) = \log K + \frac{1}{n}\log C_e$$

Table 1 Initial Phenol (C_0) and phenol at equilibrium (C_e)

Initial Phenol (mg/L)	Equilibrium Phenol (mg/L)
150	5
250	12
300	17
340	23
370	29
400	36
500	50

 Name.. ID......................................

1.2 (8 points) the breakthrough curve for using XAD-4 resin to remove phenol is presented below.

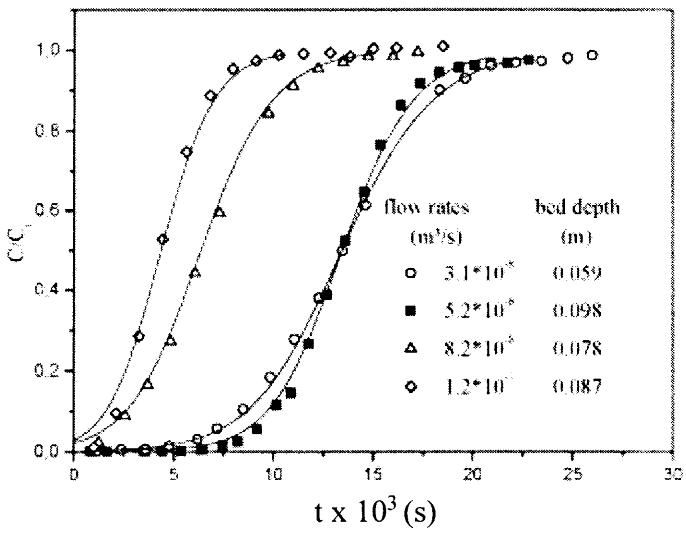
In the experiment, the flow rate and bed depth are varied. Use this curve to design the phenol removal from 100 mg/L (C_0) to 10 mg/L (C)

Determine

- i Amount of resin (L)
- ii Amount of water that can be adsorbed (L)
- iii Amount of water per volume of resin (L water/L resin)
- iv Kilogram of resin per day (kg/day)

Given

- Flow rate 5.2×10^{-8} m/s
- Bed depth 0.098 m (■)
- Flow rate 500 L/day
- Surface area of column = 0.051 m^2, DAX-4 density = 1.2 kg/L



The breakthrough curve for using the XAD-4 resin to remove phenol

1.3 (5 points) for the carbon adsorption in series, what are the lowest number of columns that must be used? Draw the breakthrough curve for explaining the removal of organic matter by each column and briefly describe.

Item 2 Ion exchange

2.1 (15 points) use the information in Table 2 for determining the removal of nitrate in wastewater by ion exchange

i Determine the highest amount of water that can be treated by strong base anion-exchange resin with exchange capacity of 2 eq/L.

ii For removal of nitrate at flow rate of 10 m^3/day, what is the amount of resin needed (L/day)?

iii The regeneration process causes the deterioration of resin by 1% per day. The regeneration is done every day. The additional of resin must add to support this loss. Determine the amount of resin per month that needs to be added. (L)

Table 2 Wastewater characteristic

Cation	Conc., mg/L	Anion	Conc., mg/L
Ca^{2+}	80	HCO_3^-	250
Mg^{2+}	21	Cl^-	82.0
Na^+	45	NO_3^-	80.0
K^+	16	F-	20.0

Given

- Molecular weight Ca = 40.08, Mg = 24.31, Na = 22.99, K = 39.09, H = 1.00, C = 12.011, O = 15.99, Cl = 35.45, N = 14.00, F = 18.99
- Approximate selectivity scale for anion on strong-base ion exchange resin ของ
  - HCO_3^- = 0.4, Cl^- = 1.0, NO_3^- = 4.0, F^- = 0.1
- X_{A+} and X_{B+} are equivalent fractions of A and B in solution
- X''_{A+} and X''_{B+} are equivalent fractions of A and B in resin

$$\frac{X''_{B+}}{1-X''_{B+}} = K^{A+} ---> B^{+} \frac{X_{B+}}{1-X_{B+}}$$

2.2 (5 points) provide three examples for using the ion exchange in the advanced wastewater treatment process, briefly explain.

Items 3 Nutrients removal

3.1 (4 points) describe nitrogen removals by (1) pre-anoxic, (2) intermittent aeration, and (3) post-anoxic. How many tanks for each process? What is the reaction in each tank?

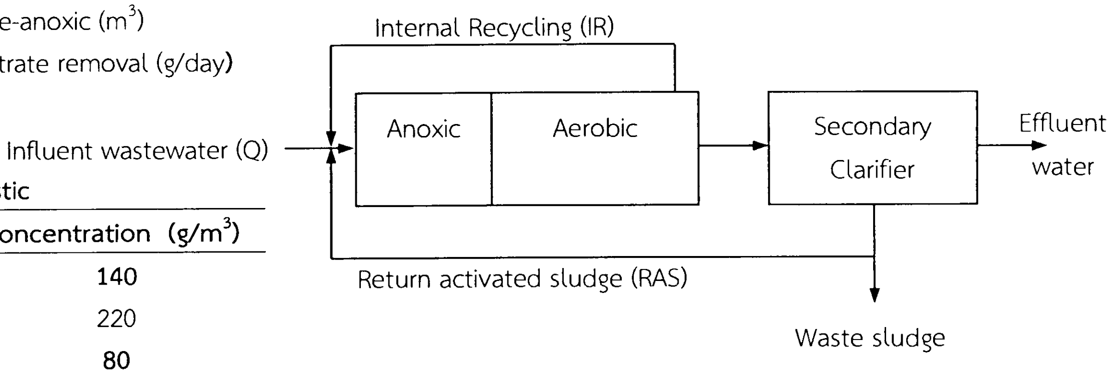
3.2 **(5 points)** draw the simple diagrams for nutrient removal 1) removal of nitrogen 2) removal of phosphorus, and 3) removal of nitrogen and phosphorus. Briefly explain the nitrogen and phosphorus removal

3.3 (10 points) wastewater treatment system uses pre-anoxic, aeration, and sedimentation tanks as presented in the Figure. Use the given information for determining

i X_b (g/m^3)

ii Volume of pre-anoxic (m^3)

iii Amount of nitrate removal (g/day)



__Given information__

Wastewater characteristic

Parameter	Concentration (g/m^3)
BOD	140
bCOD	220
rbCOD	80
NO_x	30

Parameter for Design

Parameter	Unit	Value
Flow rate	m^3/d	2,250
Temperature	^oC	20
MLVSS	g/m^3	2,370
Aerobic SRT	d	13
Aerobic volume basin	m^3	850
RAS ratio	Unit less	0.6
SDNR (at F/M of 1.6 and rbCOD/COD = 0.36) (20 ^oC)	g/g-d	0.28

- Nitrate concentration in return sludge (RAS) to Pre-annoxic = 6 g/m^3
- Hydraulic retention time of anoxic tank = 1.5 h
- $X_b = [\frac{Q(SRT)}{V}][\frac{Y(S_0 - S)}{1+(kd)SRT}]$ และ Y = 0.4 gVSS/gCOD, k_d = 0.088 g/g*d
- Internal Recycling (IR) = (NO_x/N_e) -- 1.0 – RAS ratio
- F/M = $QS_0/V_{nox}(X_b)$
- $SDNR_T = SDNR_{20}(1.026)^{T-20}$
- $NO_r = (V_{nox})(SDNR)(X_b)$

3.4 (6 points) Wastewater treatment plant is designed to remove the nitrogen and phosphorus. The rbCOD is essential substrate for nitrogen and phosphorus removal. The rbCOD is used for removal of nitrogen as the first priority then the rest is used for removal of phosphorus by degradation of microorganism and adsorption to sludge. From the given information, determine the amount of rbCOD for removal of nitrogen and phosphorus (g/m^3). Is the phosphorus level in treated wastewater below standard?

Given information

- Flow rate = 1,500 m^3/day
- Phosphorus in wastewater = 11 g/m^3
- rbCOD in wastewater = 100 g/m^3
- NO_3-N that must be removed equal to 1.5 g (NO_3-N)/m^3
- $P_{x,biomass}$ = 150,000 g biomass/d
- rbCOD/nitrate ratio = 6.6 g rbCOD/g NO_3-N
- 10 g rbCOD/ g P is phosphorus removed by biological phosphorus removal
- Phosphorus content of heterotrophic biomass = 0.015 g P/ g biomass
- Phosphorus in treated wastewater must be lower than 1 mg/L

Item 4 Advanced oxidation processes

4.1 (5 points) briefly explain four mechanisms for destruction of organic matter in water by using advanced oxidation process.

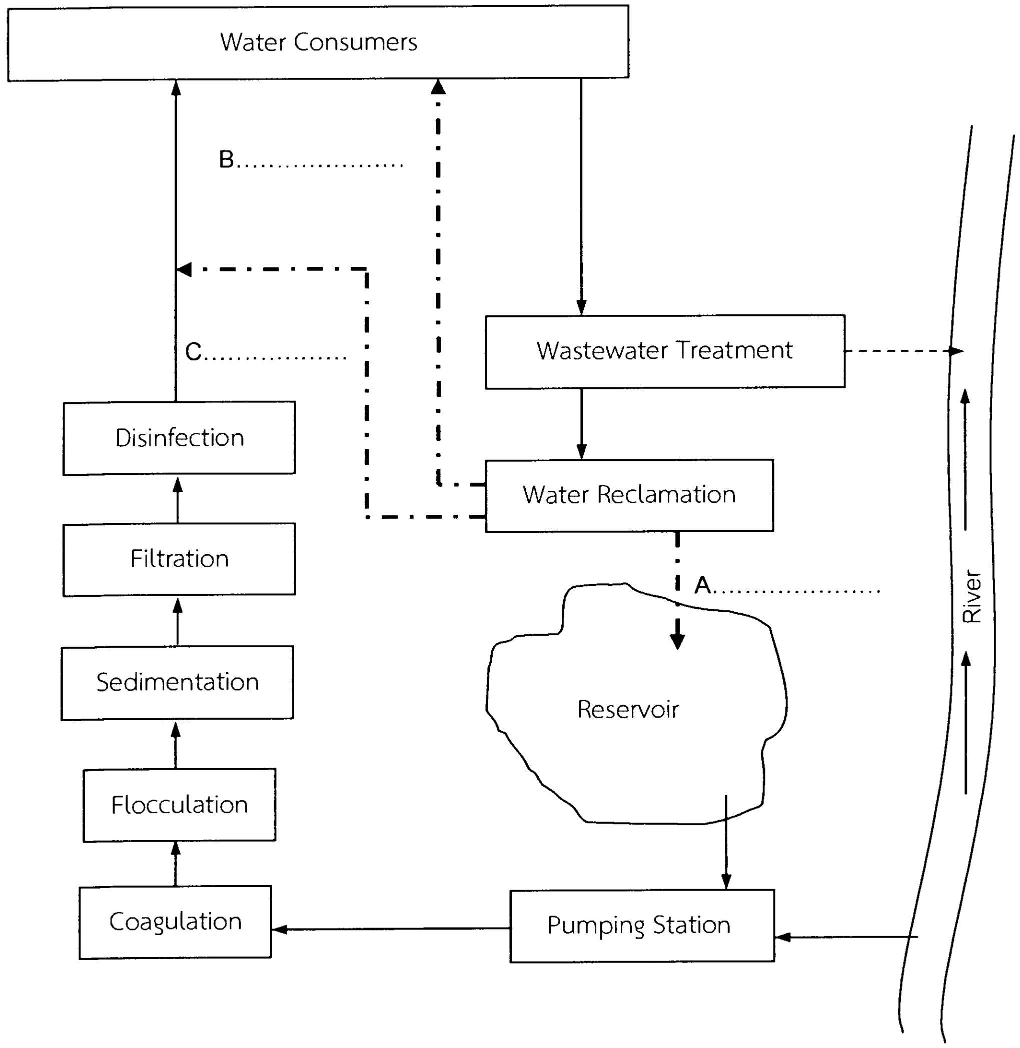
4.2 (5 points) how many mechanisms for destruction of organic matter by ozone? Briefly explain.

4.3. (5 points) how to enhance the advance oxidation of organic matter by hydrogen peroxide? Explain the mechanism.

 Name... ID......................................

Item 5 Water reuse

5.1 (8 points) from the diagram below, fill types of water reuse for A, B, and C. Explain the definition for each type of water reuse.



5.2 (7 points) how many types of groundwater recharge by using treated wastewater? Draw pictures and briefly explain the operation criteria of each type.

 Name.. ID.......................................

Part II Watsa Kongnakorn

1. In the membrane system, what is the main factor that the designer and operator have to remind and awareness? (**4 points**)

2. Please explain the mechanism and specify all the driven force from Fig.2.1 (**13 points**)

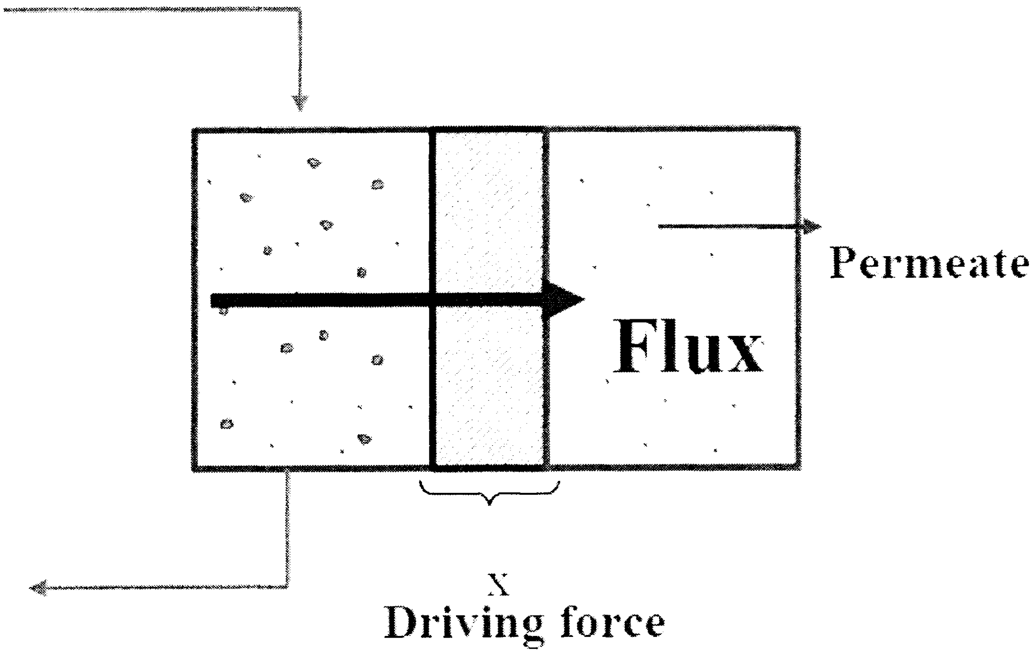


Figure 2.1 Mass Transfer Mechanisms

3. If you want to design the oily wastewater treatment plant, the particle of oily is equal to 5 micrometer. Please explain the pretreatment of wastewater before use the reverse osmosis for recovery. **(8 points)**

ชื่อ.. รหัส.......................................

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2558

วันที่ 13 ธันวาคม 2558 เวลา 13.30-16.30 น.

วิชา 223-501 ADVANCED WASTEWATER TREATMENT AND ENGINEERING ห้องสอบ S102

คำชี้แจง

1. ข้อสอบมี 2 ส่วน ส่วนที่ 1 มี 5 ข้อ รวม 100 คะแนน ส่วนที่ 2 มี 3 ข้อ รวม 25 คะแนน
2. ข้อสอบมี 17 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม
3. ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทุจริตจะได้ E ทุกกรณี
4. ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุดให้ออก
5. ให้เขียนชื่อ-รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น
6. ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ
7. ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าคงที่ต่างๆหรือข้อสมมุติฐานที่โจทย์กำหนดให้ไม่เพียงต่อการคิดคำนวณให้สมมุติขึ้นมาเองตามความเหมาะสม

ตารางแสดงคะแนนสอบปลายภาค

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
ส่วนที่ 1		
1	25	
2	20	
3	25	
4	15	
5	15	
ส่วนที่ 2	25	
รวม	125	

จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์
วัสสา คงนคร
ผู้ออกข้อสอบ

 ชื่อ.. รหัส...

<u>ส่วนที่ 1</u> อ.จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์

ข้อที่ 1 กระบวนการดูดซับ

1.1 **(10 คะแนน)** จากการทดลองการดูดซับแบบเท (batch) โดยใช้น้ำเสียปริมาตร 1 ลิตรและใช้ถ่านกัมมันต์ 1 กรัมทำการทดลองเพื่อกำจัดสารฟีนอล จากข้อมูลค่าฟีนอลเริ่มต้นและค่าฟีนอลที่สภาวะสมดุลดังแสดงในตารางที่ 1

i จงหาสร้างกราฟ Freundlish adsorption isotherm และหาค่า *K* (Freundlish capacity factor) $\frac{1}{n}$ (Freundlish intensity parameter) และสมการ Freundlish Adsorption Isotherm

ii จงใช้ Freundlish adsorption isotherm เพื่อหาปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ต้องการต่อวัน ในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนฟีนอลความเข้มข้นเท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน กำหนดให้น้ำที่ผ่านการบำบัดต้องมีความเข้มข้นฟีนอลน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

iii จงหาค่าใช้จ่ายต่อเดือนเมื่อกำหนดให้ถ่านกัมมันต์ราคากิโลกรัมละ 60 บาท

กำหนดให้ Freundlish Isotherm

$$\frac{(C_0 - C_e)V}{m} = \frac{x}{m} = KC_e^{1/n}$$

$$\log(\frac{x}{m}) = \log K + \frac{1}{n}\log C_e$$

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของฟีนอลเริ่มต้น (C_0) และค่าฟีนอลที่สภาวะสมดุล (C_e)

Initial Phenol (mg/L)	Equilibrium Phenol (mg/L)
150	5
250	12
300	17
340	23
370	29
400	36
500	50

ชื่อ.. รหัส......................................

1.2 (8 คะแนน) จากรูปเป็นการทดลองใช้เรซิ่น XAD-4 เพื่อดูดซับฟีนอล โดยการทดลองได้ทำการเปลี่ยนอัตราการไหลและ bed depth จงใช้กราฟเบรกทรูที่กำหนดให้ออกแบบการกำจัดฟีนอลในน้ำเสียที่ความเข้มข้น 100 mg/L (C_0) ให้เหลือ 10 mg/L (C) จงหา

i ปริมาณเรซิ่นที่ใช้ในการทดลอง (ลิตร)

ii ปริมาณน้ำที่ดูดซับได้ (ลิตร)

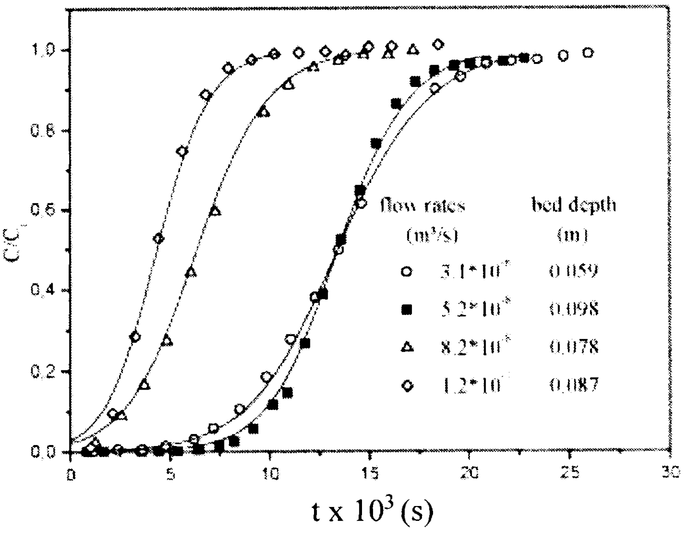
iii ปริมาณน้ำต่อเรซิ่น (ลิตรต่อลิตร)

iv ปริมาณเรซิ่นต่อวัน (กิโลกรัมต่อวัน)

กำหนดให้ใช้

- Flow rate 5.2 x 10^{-8} m/s
- Bed depth 0.098 m (■)
- **น้ำเสียมีอัตราการไหล 500 L/day**
- **พื้นที่หน้าตัดของคอลัมน์ที่ใช้ทดลองมีค่าเท่ากับ 0.051 m^2 และ DAX-4 มีความหนาแน่นเทากับ 1.2 kg/L**

กำหนดให้



กราฟเบรกทรูของการใช้เรซิ่น XAD ดูดติดสารฟีนอล

1.3 (5 คะแนน) การใช้คอลัมน์การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบอนุกรมเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำต้องใช้คอลัมน์อย่างน้อยกี่คอลัมน์ และให้วาดภาพแสดงเบรกทรูที่เกิดขึ้นจากแต่ละคอลัมน์ พร้อมทั้งอธิบายประสิทธิภาพการกำจัดโดยสังเขป

 ชื่อ.. รหัส..

ข้อที่ 2 การแลกเปลี่ยนประจุ

2.1 (15 คะแนน) นักศึกษาได้รับมอบหมายให้ออกแบบระบบการแลกเปลี่ยนประจุเพื่อกำจัดสารไนเทรตน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วโดยระบบบำบัดทางชีวภาพ จากผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำดังแสดงในตารางที่ 2

- i จงหาปริมาณน้ำสูงสุดที่สามารถบำบัดได้ต่อลิตรโดยใช้ strong base anion-exchange resin ซึ่งมีค่า exchange capacity เท่ากับ 2 eq ต่อลิตร
- ii เมื่อต้องการบำบัดไนเทรตในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว 10 m^3/day ต้องใช้ resin วันละกี่ลิตร
- iii กำหนดให้การฟื้นฟูสภาพในแต่ละวันนั้น resin เสื่อมสภาพไปร้อยละ 1 และต้องมีการเติม resin ลงไปในถังเท่ากับปริมาณที่เสื่อมสภาพในหนึ่งเดือนต้องใช้ resin ทั้งหมดกี่ลิตร

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วโดยระบบบำบัดทางชีวภาพ

Cation	Conc., mg/L	Anion	Conc., mg/L
Ca^{2+}	80	HCO_3^-	250
Mg^{2+}	21	Cl^-	82.0
Na^+	45	NO_3^-	80.0
K^+	16	F-	20.0

กำหนดให้

- มวลโมเลกุลของ Ca = 40.08, Mg = 24.31, Na = 22.99, K = 39.09, H = 1.00, C = 12.011, O = 15.99, Cl = 35.45, N = 14.00, F = 18.99
- Approximate selectivity scale for anion on strong-base ion exchange resin ของ
  - o HCO_3^- = 0.4, Cl^- = 1.0, NO_3^- = 4.0, F^- = 0.1
- X_{A+} และ X_{B+} คือ equivalent fractions ของ A และ B ในสารละลาย
- X''_{A+} และ X''_{B+} คือ equivalent fractions ของ A และ B ใน resin

$$\frac{X''_{B+}}{1-X''_{B+}} = K^{A+ ---> B^+} \frac{X_{B+}}{1-X_{B+}}$$

2.2 **(5 คะแนน)** จงยกตัวอย่างการใช้งานระบบแลกเปลี่ยนประจุในการบำบัดน้ำเสียขั้นสูงมา 3 ตัวอย่าง ตลอดจนอธิบายโดยสังเขป

ข้อที่ 3 การกำจัดสารอาหารในน้ำเสีย

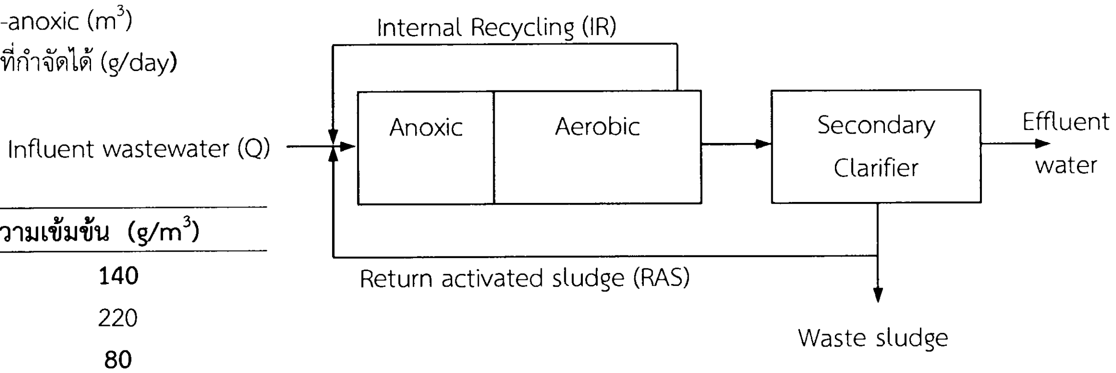
3.1 **(4 คะแนน)** จงอธิบายการบำบัดไนโตรเจนโดยกระบวน (1) pre-anoxic (2) intermittent aeration และ (3) post-anoxic ว่าแต่ละกระบวนการมีกี่ถัง และในแต่ละถังเกิดปฏิกิริยาใดบ้าง

 ชื่อ... รหัส..

3.2 **(5 คะแนน)** จงเขียนแผนภูมิอย่างง่ายแสดงกระบวนการที่ใช้บำบัดสารอาหารต่อไปนี้ในน้ำ 1) ไนโตรเจน 2) ฟอสฟอรัส และ 3) ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส และ อธิบายหลักการกำจัด ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส โดยสังเขป

3.3 (10 คะแนน) ระบบบำบัดน้ำเสียใช้ถัง pre-anoxic ร่วมกับถังเติมอากาศ และ ถังตกตะกอน ดังรูป จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ ตอบคำถามต่อไปนี้

- i หาค่า X_b (g/m^3)
- ii ปริมาตรถัง Pre-anoxic (m^3)
- iii ปริมาณไนเตรทที่กำจัดได้ (g/day)



<u>กำหนดให้</u>

ลักษณะน้ำเสีย

พารามิเตอร์	**ความเข้มข้น (g/m^3)**
BOD	140
bCOD	220
rbCOD	80
NO_x	30

ค่าที่ใช้ในการออกแบบ

พารามิเตอร์	**หน่วย**	**ค่า**
อัตราการไหล	m^3/d	2,250
Temperature	°C	20
MLVSS	g/m^3	2,370
Aerobic SRT	d	13
Aerobic volume basin	m^3	850
RAS ratio	Unit less	0.6
SDNR (ที่ F/M ประมาณ 1.6 และ rbCOD/COD = 0.36) (20 °C)	g/g-d	0.28

- ค่าความเข้มข้นของไนเตรตในตะกอนที่นำกลับสู่ถัง (RAS) Pre-annoxic เท่ากับ 6 g/m^3
- เวลาเก็บกักถัง anoxic เท่ากับ 1.5 ชั่วโมง
- $X_b = [\frac{Q(SRT)}{V}][\frac{Y(S_0 - S)}{1+(kd)SRT}]$ และ Y = 0.4 gVSS/gCOD, k_d = 0.088 g/g*d
- Internal Recycling (IR) = (NO_x/N_e) – 1.0 – RAS ratio
- F/M = $QS_0/V_{nox}(X_b)$
- $SDNR_T = SDNR_{20}(1.026)^{T-20}$
- $NO_r = (V_{nox})(SDNR)(X_b)$

 ชื่อ.. รหัส...

3.4 (6 คะแนน) ระบบบำบัดน้ำเสียถูกออกแบบเพื่อกำจัดสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยค่า rbCOD เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการย่อยสลายสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในการย่อยสลายจุลชีพใช้ rbCOD เพื่อบำบัดไนโตรเจนก่อน ส่วนที่เหลือจะใช้เพื่อบำบัดฟอสฟอรัส โดยฟอสฟอรัสถูกบำบัดโดยการย่อยสลายและการดูดซับโดยตะกอนจุลินทรีย์ จากข้อมูลที่กำหนดให้ จงหาค่า rbCOD ที่ใช้ในการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในหน่วยกรัมต่อลบ.ม. และหาค่าฟอสฟอรัสที่เหลือในน้ำทิ้งว่ามีค่าผ่านมาตรฐานหรือไม่

กำหนดให้

- อัตราการไหลน้ำเสียเท่ากับ 1,500 m^3/day
- ค่า phosphorus ในน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 11 g/m^3
- ค่า rbCOD ในน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 100 g/m^3
- ค่า NO_3-N ที่ต้องย่อยสลายหลังจากคิดสมดุลมวลของระบบมีค่าเท่ากับ 1.5 g (NO_3-N)/m^3
- $P_{x,biomass}$ = 150,000 g biomass/d
- rbCOD/nitrate ratio = 6.6 g rbCOD/g NO_3-N
- 10 g rbCOD/ g P is phosphorus removed by biological phosphorus removal
- Phosphorus content of heterotrophic biomass = 0.015 g P/ g biomass
- ค่ามาตรฐาน phosphorus ในน้ำทิ้งต้องมีค่าน้อยกว่า 1 mg/L

 ชื่อ.. รหัส.......................................

ข้อที่ 4 Advanced oxidation processes

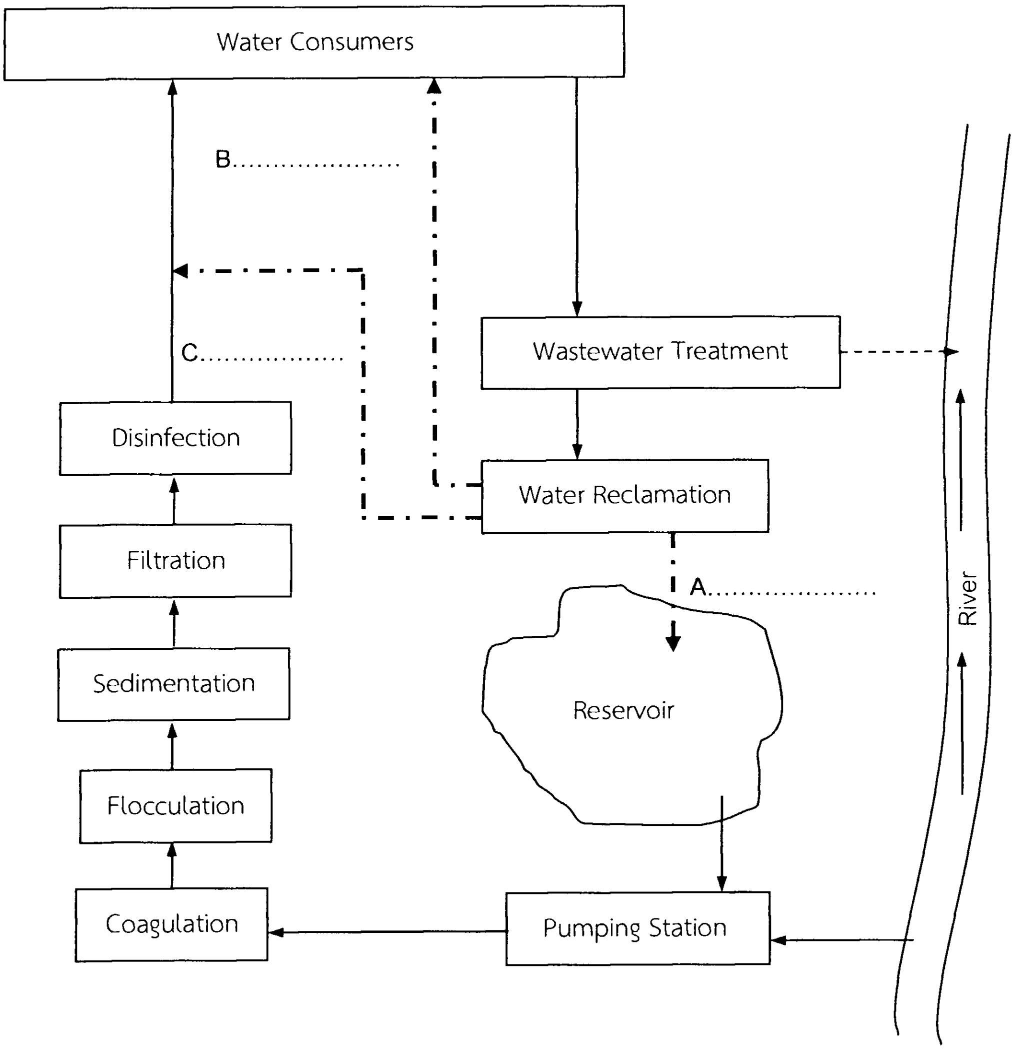
4.1 (5 คะแนน) ให้นักศึกษาอธิบายกลไกในการทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูงทั้ง 4 กลไกโดยสังเขป

4.2 (5 คะแนน) กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโอโซนมีกี่กลไก อะไรบ้าง จงอธิบายโดยสังเขป

4.3 (5 คะแนน) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับสารอินทรีย์ต้องดำเนินการโดยใช้อะไรเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และอธิบายกลไกดังกล่าวที่เกิดขึ้น

ข้อที่ 5 การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

5.1 (8 คะแนน) จากแผนภูมิด้านล่างจงเติมคำเพื่อแสดงลักษณะการดำเนินการการนำน้ำกลับมาใช้ (water reuse) และให้อธิบายความหมายของการดำเนินการดังกล่าวโดยสังเขป



ชื่อ.. รหัส.......................................

5.2 (7 คะแนน) การนำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วไปเก็บกักไว้ในน้ำใต้ดินมีการดำเนินการได้กี่วิธี ให้วาดภาพแสดงและอธิบายวิธีการดำเนินการ ข้อจำกัดในการดำเนินการในแต่ละวิธีโดยสังเขป

 ชื่อ.. รหัส..

ส่วนที่ 2 อ.วัสสา คงนคร

1. In the membrane system, what is the main factor that the designer and operator have to remind and awareness? (4 Points)

2. Please explain the mechanism and specify all the driven force from Fig.2.1 (13 Points)

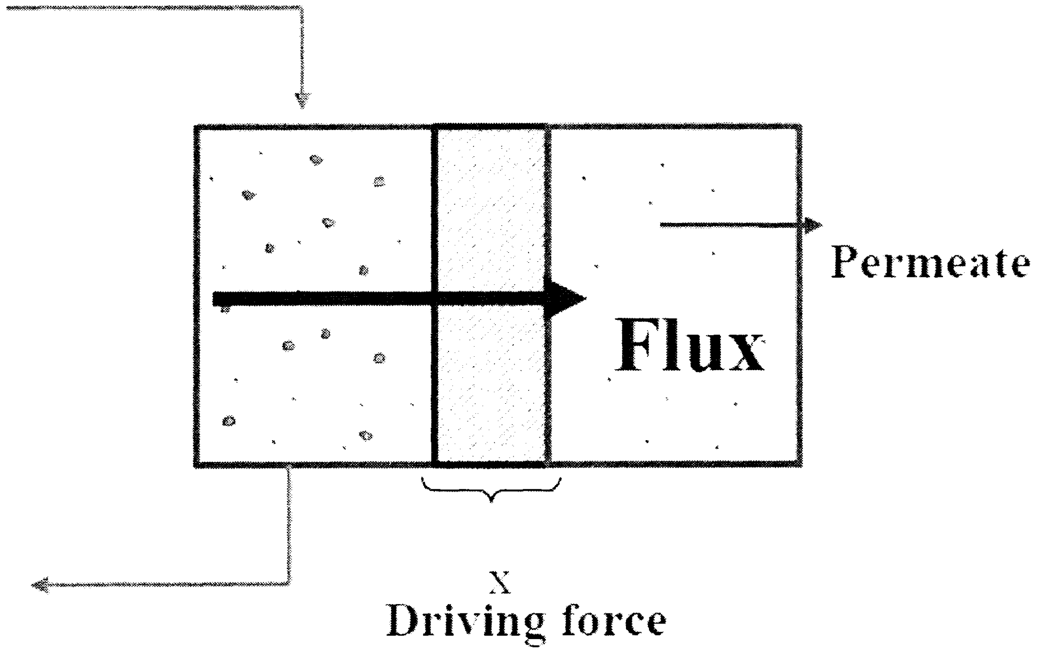


Figure 2.1 Mass Transfer Mechanisms

 ชื่อ.. รหัส..

3. If you want to design the oily wastewater treatment plant, the particle of oily is equal to 5 micrometer. Please explain the pretreatment of wastewater before use the reverse osmosis for recovery. **(8 Points)**