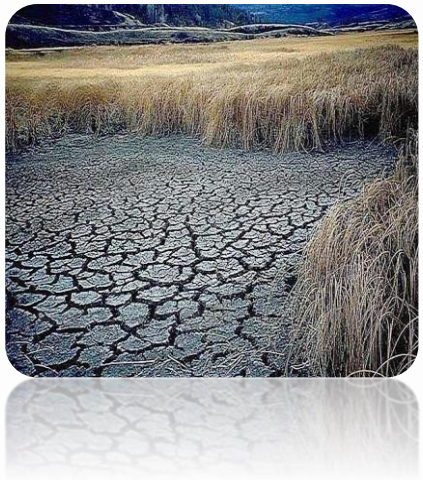
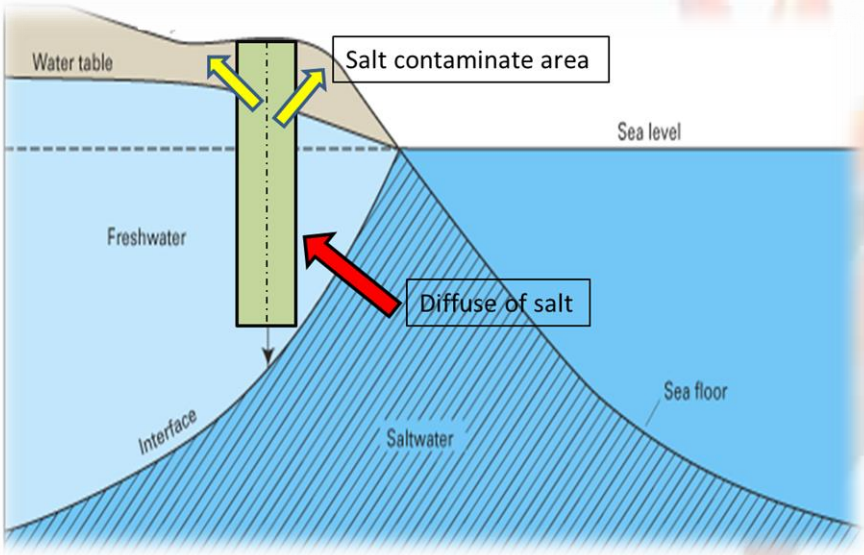
การแยกเกลือออกจากน้ำด้วยกระบวนการดูดซับไฟฟ้าร่วมกับกระบวนการลดความกระด้าง

ผศ. ดร. ธิดารัตน์ บุญศรี
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เนื้อหา

- ที่มาและความสำคัญ
- ผลการทดสอบ
- งานวิจัยต่อยอดในอนาคต





ปัญหาการรุกเข้าของน้ำทะเลสู่แผ่นดิน

การรุกเข้าของน้ำทะเลสู่แผ่นดิน

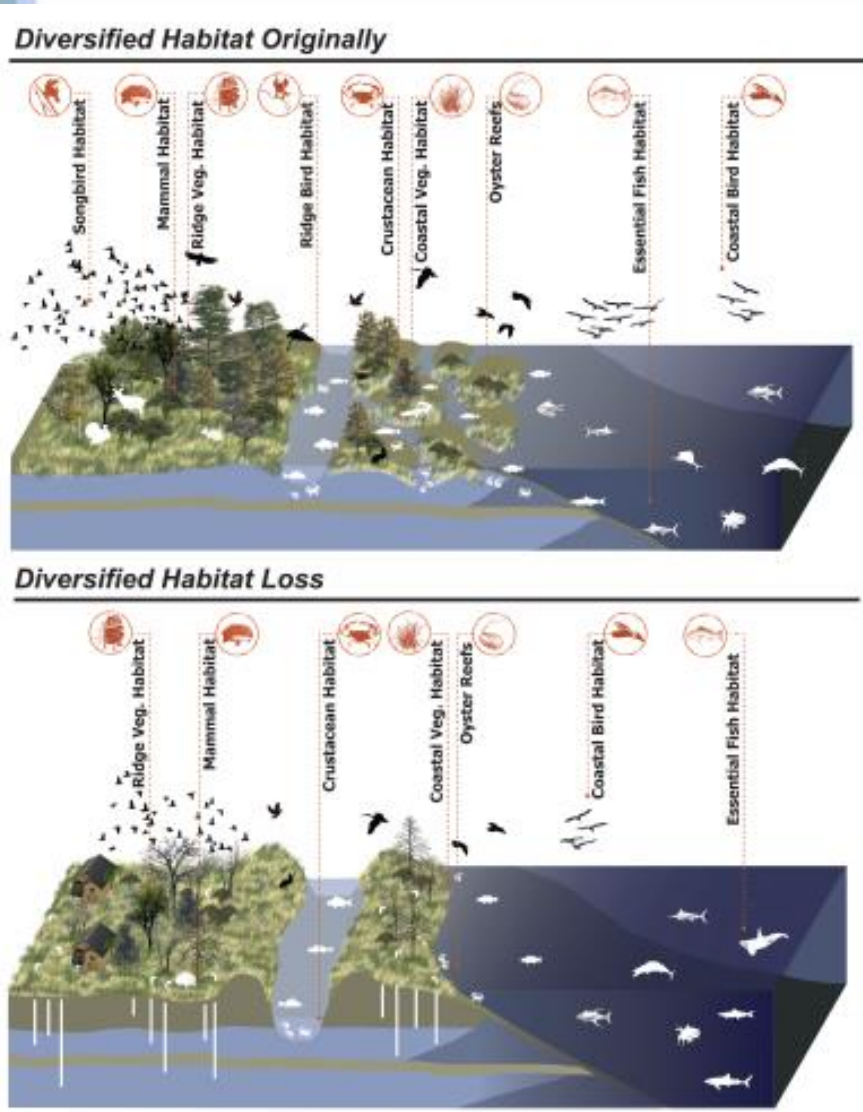
- ภัยแล้ง
- การเพิ่มระดับของน้ำทะเล
- การใช้ประโยชน์ที่ดิน
- การขุดจะสำรวจน้ำมัน

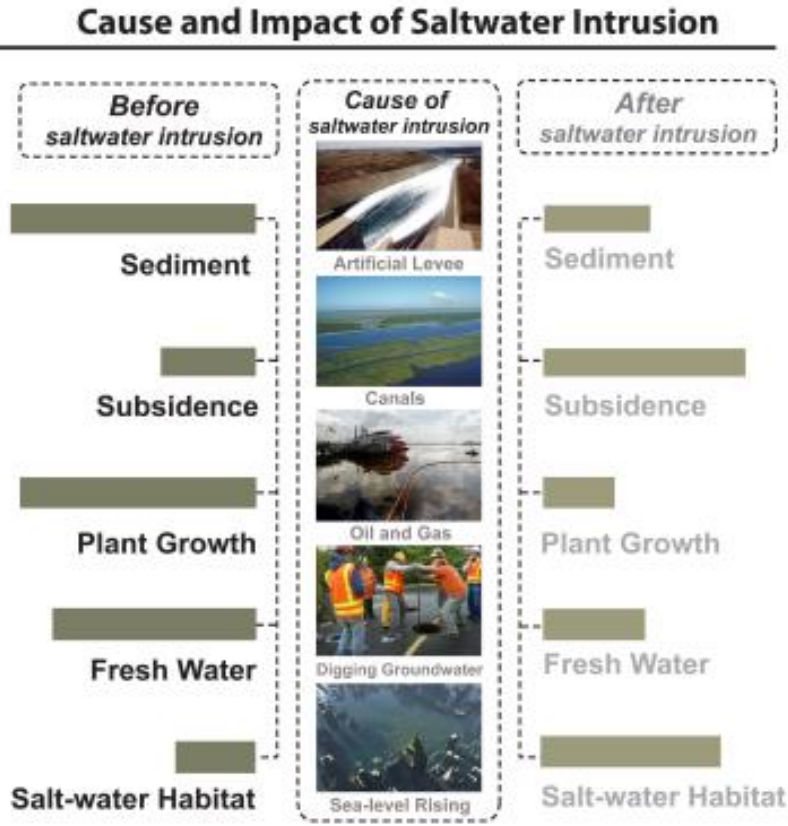
(ICPP 2007)

ปากแม่น้ำบางปะกง
(google image, 2012)

พื้นที่ประสบภัยแล้ง จ. พัทลุง

การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ





(Wikipedia, 2016)

ผลกระทบของความเค็มของแหล่งน้ำ

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงความเค็มในแหล่งน้ำ

- ผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่ง : ปะการัง และสัตว์น้ำจะหยุดการเจริญเติบโต (Hanson, 1999)
- ผลผลิตพืชอาหารลดลง: รากพืชไม่สามารถดูดซึมธาตุอาหารได้ (Hanson, 1999)
- ผลกระทบของดินเค็ม: ลักษณะสมบัติของชั้นดิน และโครงสร้างดิน (Rhoades, 1977)
- ผลกระทบต่อสุขภาพ: โรคขาดสารอาหารเนื่องจากพืชอาหารผลิตได้น้อยลง, โรคเกี่ยวกับไตม ความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด (USRDS, 2012)
- ผลกระทบต่อสังคม และเศรษฐกิจ: การประมงและการเกษตรได้รับความเสียหาย, สูญเสียพื้นที่ใช้สอย และขาดแคลนน้ำบาดาลที่เป็นน้ำจืด (USRDS, 2012)

(Wikipedia, 2016)

ความท้าทายจากการขาดแคลนน้ำจืด

การจำแนกประเภทน้ำ

น้ำจืด คือน้ำที่มีเกลือเจือปนอยู่ต่ำกว่า 0.5 ส่วนใน 1000 ส่วน (<0.05 % โดยน้ำหนัก)
น้ำกร่อย คือน้ำที่มีเกลือเจือปนอยู่ 0.5-30 ส่วนใน 1000 ส่วน (0.05-3.0 % โดยน้ำหนัก)
น้ำเค็ม คือน้ำที่มีเกลือเจือปนอยู่ 30-50 ส่วนใน 1000 ส่วน (3.0-5.0% โดยน้ำหนัก)
(Gleick, 1993)

สาเหตุของการขาดแคลนน้ำจืด

1. การเพิ่มของประชากรโลก (Vorosmarty, et al. 2000)
2. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Ramathan, et al. 2001)
3. การปนเปื้อนของแหล่งน้ำ (Schwarzenbach et al. 2006)
4. นโยบายสาธารณะ (public policy) (Postel et al. 1996)

สถานการณ์ขาดแคลนน้ำจืด

น้ำจืดมีเพียง 2.5% ของน้ำทั้งหมดบนโลก
1 ใน 3 ของประชากรโลก (ประมาณ 2.4 พันล้านคน) อาศัยในพื้นที่ขาดแคลนน้ำจืด
2 ใน 3 ของประชากรโลกจะขาดแคลนน้ำจืด ภายในปี ค.ศ. 2025
(World Water Development Report, UN, 2015)

ความท้าทายจากการขาดแคลนน้ำจืด

สาเหตุการขาดแคลนน้ำจืดในประเทศไทย

ชั้นเกลือในชั้นน้ำใต้ดิน- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคเหนือ

การรุกเข้าของน้ำทะเลสู่แผ่นดิน

แร่ธาตุที่ละลายออกมาจากชั้นเกลือ/ แร่ธาตุในน้ำทะเล

- โซเดียม
- แมกนีเซียม
- คลอไรด์
- คาร์บอเนต
- ซัลเฟต

(World Water Development Report, UN, 2015)

วิธีการแยกเกลือออกจากน้ำด้วยความร้อน

การกลั่น (Distillation)

- Multi-stage flash distillation (MSF)
- Multiple- effect distillation (MED/ME)
- Vapour- Compression (VC)

การทำน้ำให้กลายเป็นน้ำแข็ง (Freezing desalination)

การใช้ความร้อนใต้พิภพ (Geothermal desalination)

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar desalination)

- Solar humidification-Dehumidification (HDH)
- Multiple effect humidification (MEH)

การใช้เรือนกระจก (Greenhouse desalination)

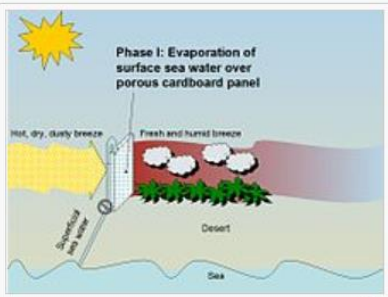


Figure 1. Inside the greenhouse - evaporation: water is pumped from the sea to be evaporated over a cardboard lattice

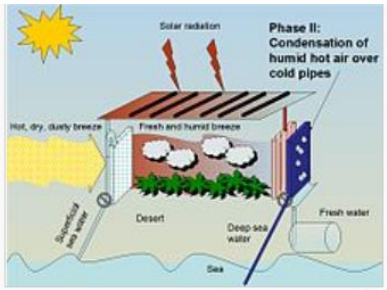
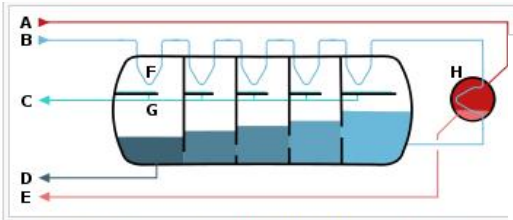
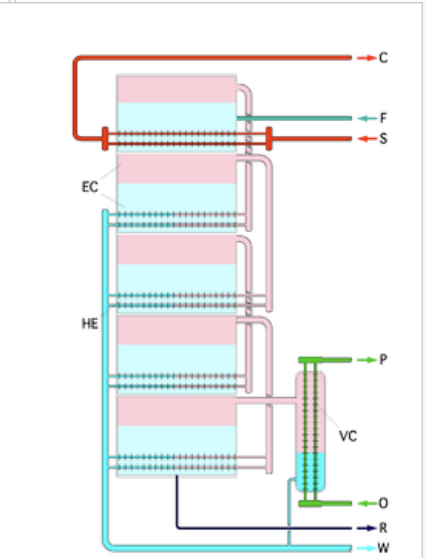


Figure 2. Inside the greenhouse - condensation: Water vapour is created by an array of hot pipes and successively condenses on cooler pipes



Schematic of a 'once-through' multi-stage flash desalinator
A - Steam in
B - Seawater in
C - Potable water out
D - Waste out
E - Steam out
F - Heat exchange
G - Condensation collection
H - Brine heater

MSF Desalination Plant at Jebel Ali G Station, Dubai



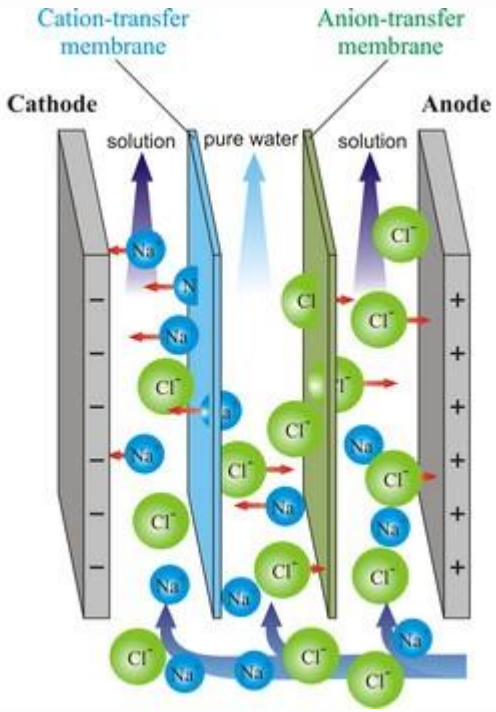
Schematic of a multiple effect desalination plant. The first stage is at the top. Pink areas are vapor, lighter blue areas are liquid feed water. Stronger turquoise is condensate. It is not shown how feed water enters other stages than the first. F - feed water in. S - heating steam in. C - heating steam out. W - Fresh water (condensate) out. R - brine out. O - coolant in. P - coolant out. VC is the last-stage cooler.

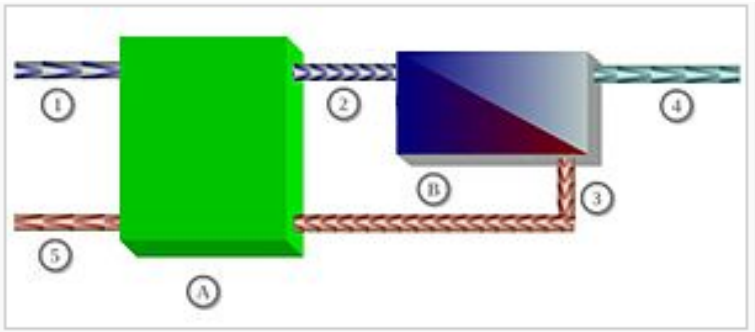
(Wikipedia, 2016)

วิธีการแยกเกลือออกจากน้ำด้วยเยื่อกรอง

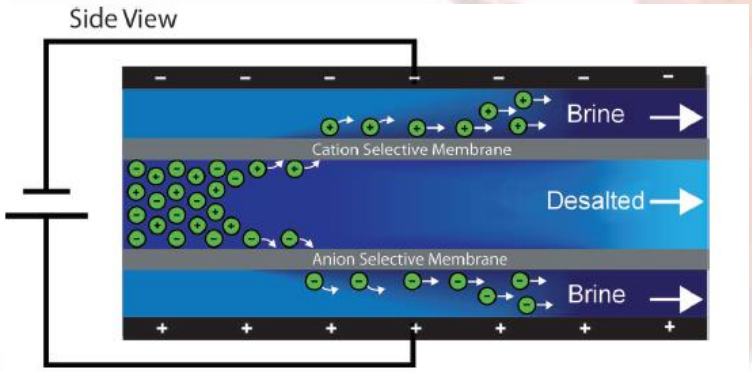
กระบวนการแยกด้วยเยื่อกรอง (Membrane process)

- Electrodialysis reversal (EDR)
- Reverse osmosis (RO)
- Nanofiltration (NF)
- Membrane distillation (MD)
- Forward osmosis (FO)





Schematic of a reverse osmosis desalination system using an energy recovery pump.
1: Sea water inflow (100%, 1 bar),
2: Sea water flow (100%, 50 bar),
3: Concentrate flow (60%, 48 bar),
4: Fresh water flow (40%, 1 bar),
5: Concentrate to drain (60%,1 bar),
A: Pressure recovery pump,
B: *Osmosis unit with membrane*

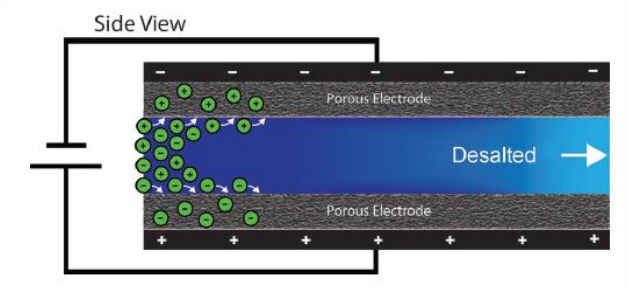


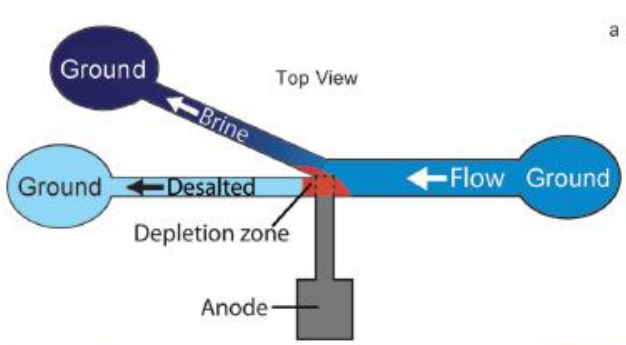
(Wikipedia, 2016)

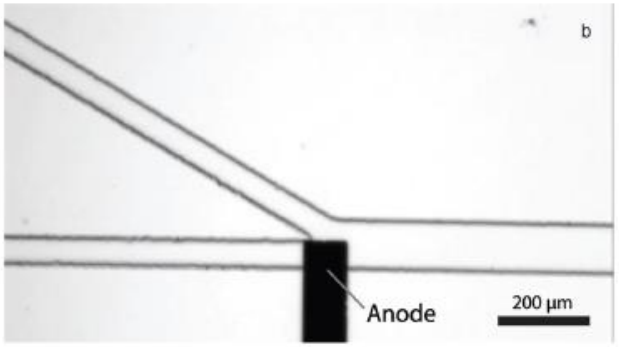
วิธีการแยกเกลือออกจากน้ำด้วยไฟฟ้าเคมีแบบไม่ใช้เยื่อกรอง

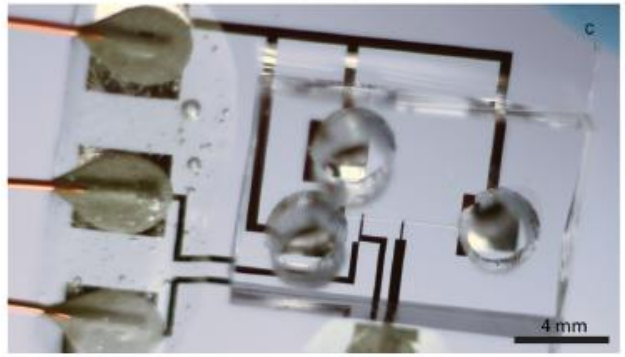
กระบวนการแยกด้วยไฟฟ้าเคมี (Membrane less Electrochemical)

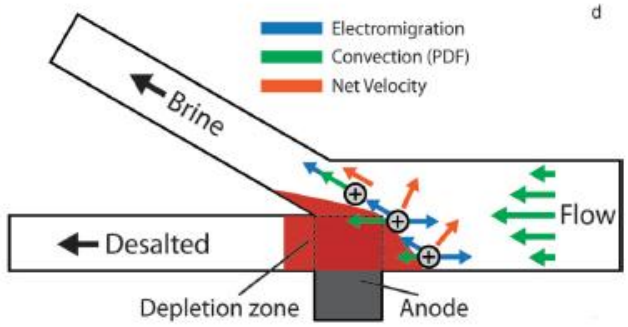
- Capacitive desalination (CDI): ใช้ขั้วไฟฟ้าที่มีความพรุนสูง เช่น carbon aerogel (Oren, 2008)
- Electrochemical Mediated desalination (EMD): Y shape microchannel with Pt electrode (Knust, 2014)











เครื่องแยกเกลือ Sorp-Soft

หลักการทำงานของเครื่องแยกเกลือ Sorp-Soft

ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี

ปฏิกิริยาที่เกิดที่ขั้วแอโนด	ปฏิกิริยาที่เกิดที่ขั้วแคโทด	การเปลี่ยนแปลงในน้ำ
Chloride evolution $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$	Sodium deposition $Na^+ + e^- \rightarrow Na$	ปริมาณโซเดียม และคลอไรด์ลดลง
Oxygen evolution $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$	Hydrogen evolution $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	เกิดก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจนแยกออกจากน้ำ
Aluminum dissociation $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$		ค่าพีเอชของน้ำสูงขึ้น (มีสภาพเป็นด่าง)

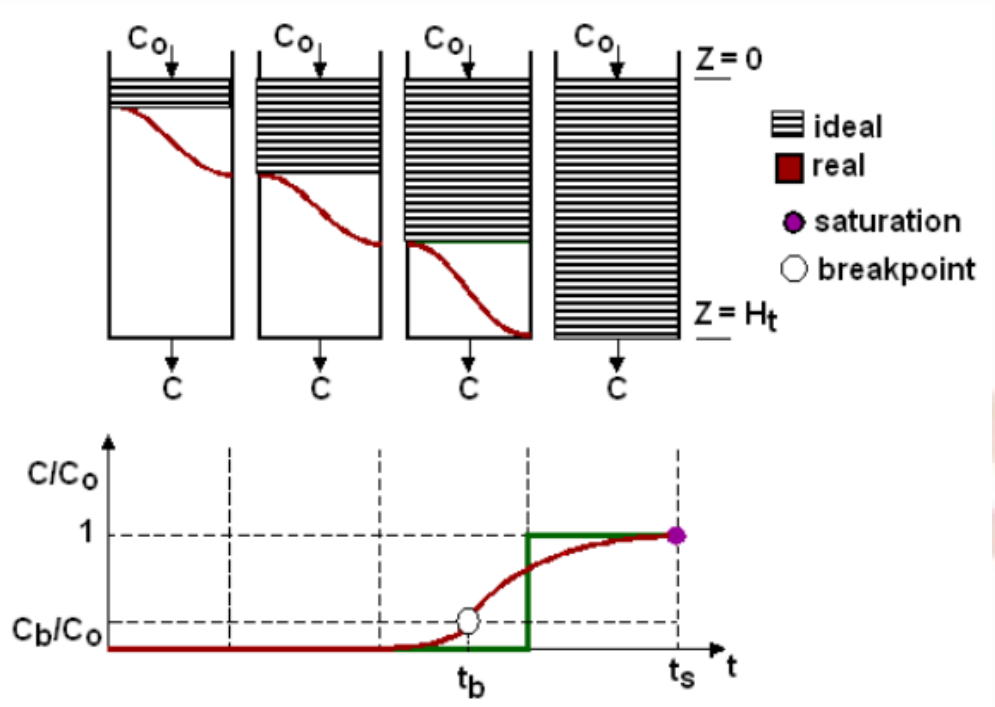
ปฏิกิริยาเคมี

เรซิ่นประจุลบ	เรซิ่นประจุบวก
Anion exchange	Cation exchange
$AR + M^- \rightarrow AR - M + OH^-$	$CR + N^+ \rightarrow CR - N + H^+$

ผลการศึกษา

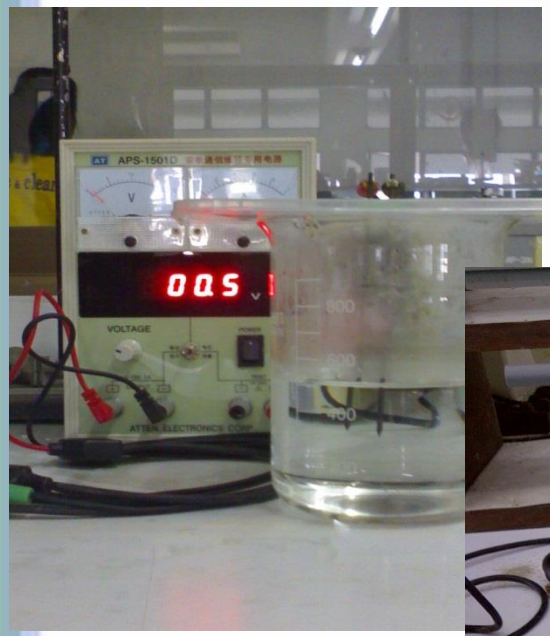
ตัวอย่างน้ำทะเลที่มีความเค็ม 33 ส่วนในพันส่วน

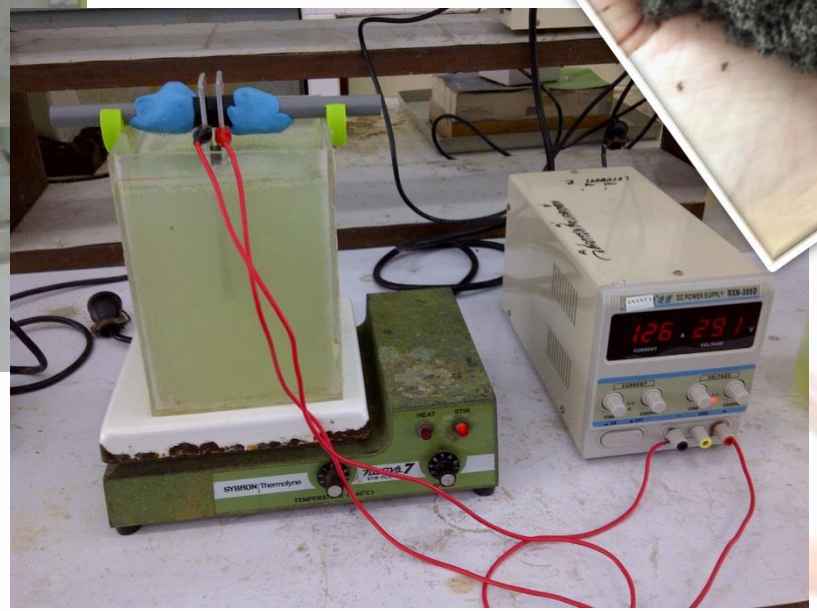
- ความเค็มลดลง 30% หลังจากผ่านอิเลคโทรด ความเค็มส่วนที่เหลือลดลงหลังจากผ่านเรซิ่นประจุลบและประจุบวก
- คลอไรด์ลดลงเล็กน้อย และคิดเป็นประมาณก๊าซคลอรีนต่ำกว่า 5 ppm
- โลหะหนักที่ตรวจพบอยู่ในระดับต่ำ
- ความกระด้างของน้ำลดลง เหลือประมาณ 100-150 มก. แคลเซียมคาร์บอเนต/ลิตร
- อุณหภูมิของน้ำเพิ่มสูงขึ้น 8-10 องศาเซลเซียส



งานวิจัยต่อยอดในอนาคต

การผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำทะเล/ น้ำที่มีความเค็มสูง





การสังเคราะห์ดินชีวภาพ: ลดการดูดโซเดียมในรากพืช เพื่อใช้ในพื้นที่ประสบปัญหาดินเค็ม

การใช้สาหร่ายแยกเกลือจากน้ำทะเล/ น้ำที่มีความเค็มสูง ร่วมกับปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี

กิตติกรรมประกาศ

หน่วยวิจัยวิศวกรรมอุทกธรณีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บริษัท มาคอว์วอเตอร์ จำกัด

ขอบคุณค่ะ

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม

ผศ. ดร. ธิดารัตน์ บุญศรี

โทรศัพท์ 02 470 9160

Email: thidarat.bun@kmutt.ac.th