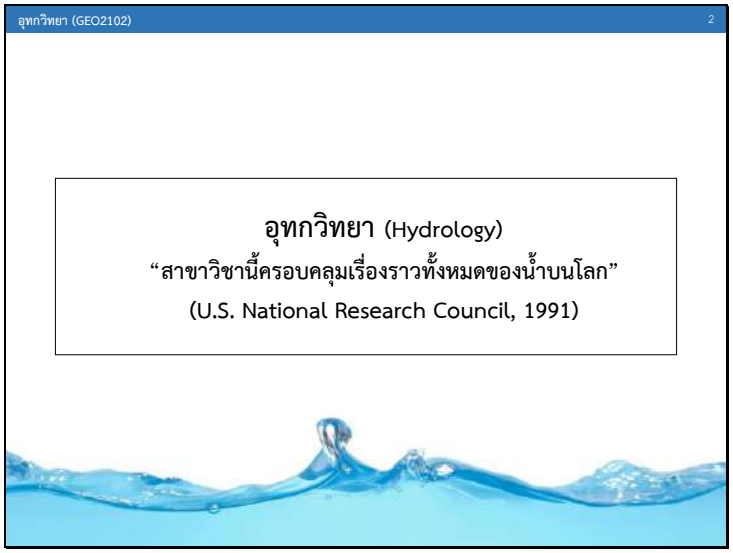
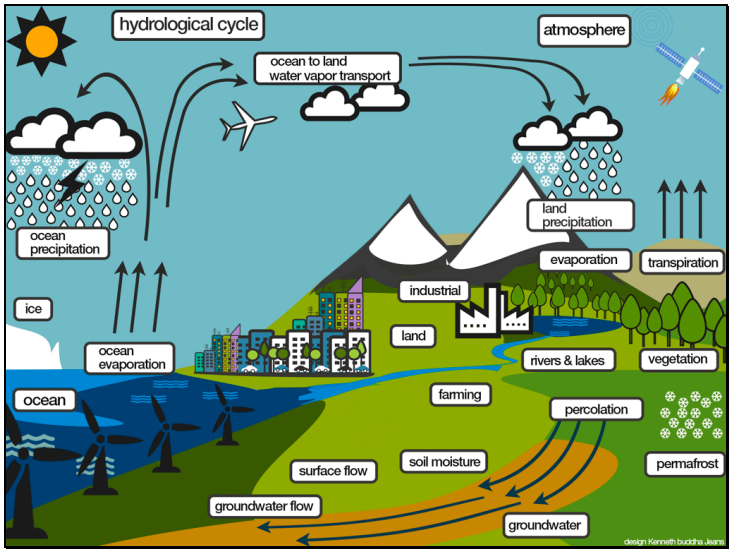
Slide 1

อุทกวิทยา (Hydrology)
1. บทนำ
ผู้สอน อาจารย์คธาวุฒิ ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Slide 2


อุทกวิทยา (GEO2102)
2
อุทกวิทยา (Hydrology)
“สาขาวิชานี้ครอบคลุมเรื่องราวทั้งหมดของน้ำบนโลก”
(U.S. National Research Council, 1991)

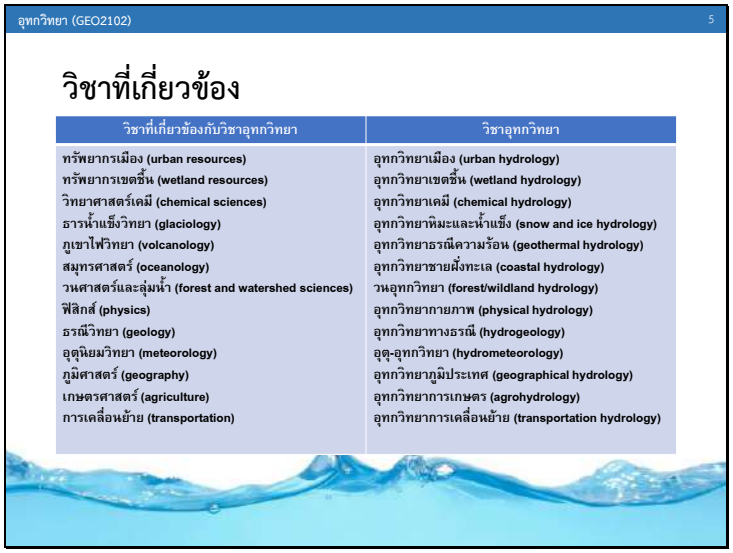
Slide 3


hydrological cycle
atmosphere
ocean to land
water vapor transport
land
precipitation
ocean
precipitation
evaporation
transpiration
industrial
ice
land
ocean
evaporation
rivers & lakes
vegetation
ocean
farming
percolation
surface flow
soil moisture
permafrost
groundwater flow
groundwater
design Kenneth buddha Jeans

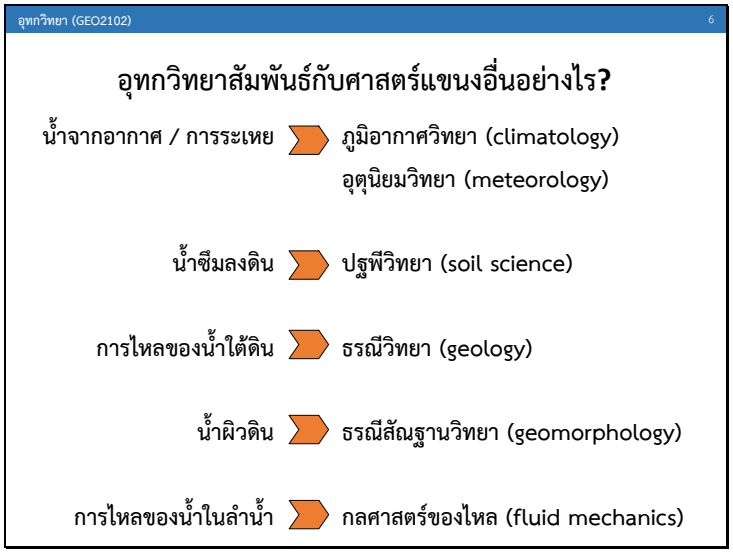
Slide 4

อุทกวิทยา (GEO2102)
4
นิยามและความหมาย
"อุทกวิทยา" หรือ "hydrology" เป็นคำที่มาจากภาษากรีก ได้แก่
hydor (น้ำ)
logos (วิทยาศาสตร์)
ดังนั้น วิชาอุทกวิทยา จึงหมายถึง วิชาทางวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่กล่าวถึง การเกิด (occurrence) การเคลื่อนที่ (movement) การกระจาย (distribution) และคุณสมบัติของน้ำ (properties of waters) ที่มีอยู่ในบรรยากาศ บนผิวดินและที่อยู่ใต้ผิวดิน ทั้งทางกายภาพและทางเคมีที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศวิทยา ( ecosystem) ที่เปลี่ยนแปลงคุณลักษณะ (characteristics) ของน้ำทั้งปริมาณ (quantity) และคุณภาพ (quality) ตามสถานที่ (space) และตามเวลา (time)
clouds
sun
rain
vapor
snow
water falls
mountains
vapor

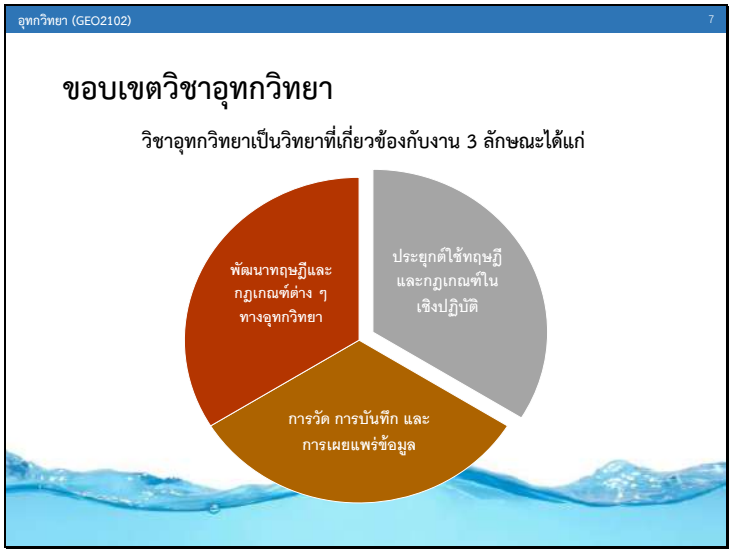
Slide 5


อุทกวิทยา (GEO2102) 5
วิชาที่เกี่ยวข้อง
วิชาที่เกี่ยวข้องกับวิชาอุทกวิทยา
วิชาอุทกวิทยา
ทรัพยากรเมือง (urban resources)
ทรัพยากรเขตชื้น (wetland resources)
วิทยาศาสตร์เคมี (chemical sciences)
ธารน้ำแข็งวิทยา (glaciology)
ภูเขาไฟวิทยา (volcanology)
สมุทรศาสตร์ (oceanology)
วนศาสตร์และลุ่มน้ำ (forest and watershed sciences)
ฟิสิกส์ (physics)
ธรณีวิทยา (geology)
อุตุนิยมวิทยา (meteorology)
ภูมิศาสตร์ (geography)
เกษตรศาสตร์ (agriculture)
การเคลื่อนย้าย (transportation)
อุทกวิทยาเมือง (urban hydrology)
อุทกวิทยาเขตชื้น (wetland hydrology)
อุทกวิทยาเคมี (chemical hydrology)
อุทกวิทยาหิมะและน้ำแข็ง (snow and ice hydrology)
อุทกวิทยาธรณีความร้อน (geothermal hydrology)
อุทกวิทยาชายฝั่งทะเล (coastal hydrology)
วนอุทกวิทยา (forest/wildland hydrology)
อุทกวิทยากายภาพ (physical hydrology)
อุทกวิทยาทางธรณี (hydrogeology)
อุตุ-อุทกวิทยา (hydrometeorology)
อุทกวิทยาภูมิประเทศ (geographical hydrology)
อุทกวิทยาการเกษตร (agrohydrology)
อุทกวิทยาการเคลื่อนย้าย (transportation hydrology)

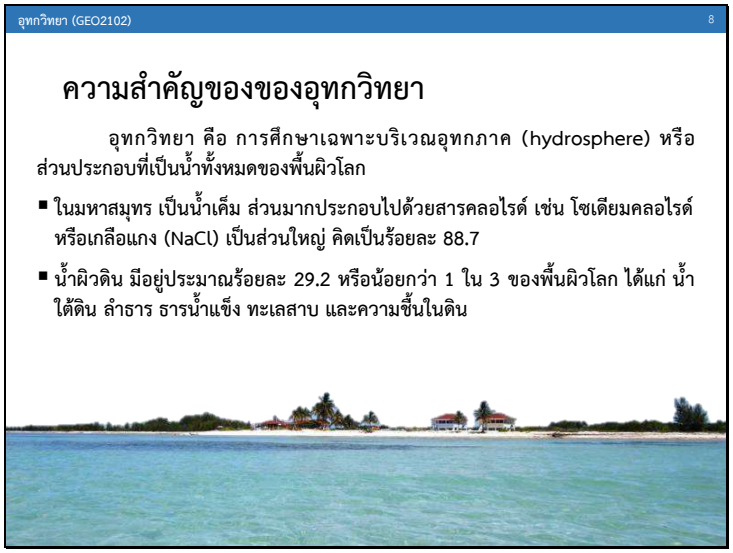
Slide 6


อุทกวิทยา (GEO2102)
6
อุทกวิทยาสัมพันธ์กับศาสตร์แขนงอื่นอย่างไร?
น้ำจากอากาศ / การระเหย
ภูมิอากาศวิทยา (climatology)
อุตุนิยมวิทยา (meteorology)
น้ำซึมลงดิน
ปฐพีวิทยา (soil science)
การไหลของน้ำใต้ดิน
ธรณีวิทยา (geology)
น้ำผิวดิน
ธรณีสัณฐานวิทยา (geomorphology)
การไหลของน้ำในลำน้ำ
กลศาสตร์ของไหล (fluid mechanics)

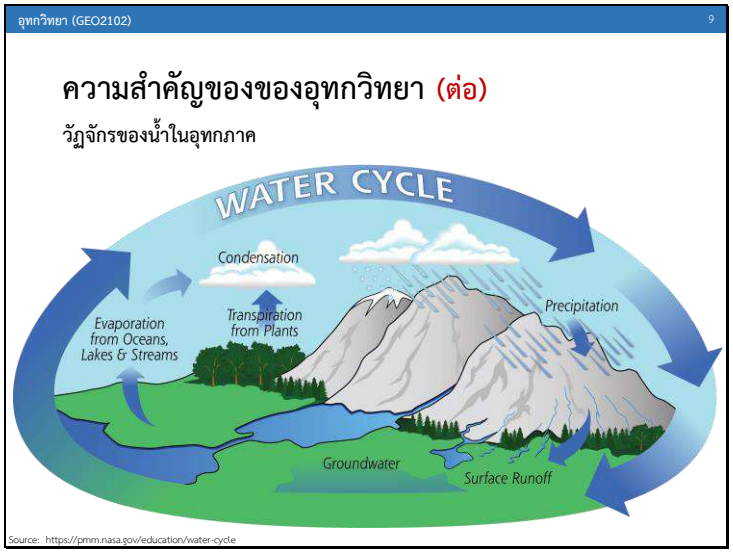
Slide 7


อุทกวิทยา (GEO2102)
7
ขอบเขตวิชาอุทกวิทยา
วิชาอุทกวิทยาเป็นวิทยาที่เกี่ยวข้องกับงาน 3 ลักษณะได้แก่
พัฒนาทฤษฎีและ กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ทางอุทกวิทยา
ประยุกต์ใช้ทฤษฎี และกฎเกณฑ์ใน เชิงปฏิบัติ
การวัด การบันทึก และ การเผยแพร่ข้อมูล

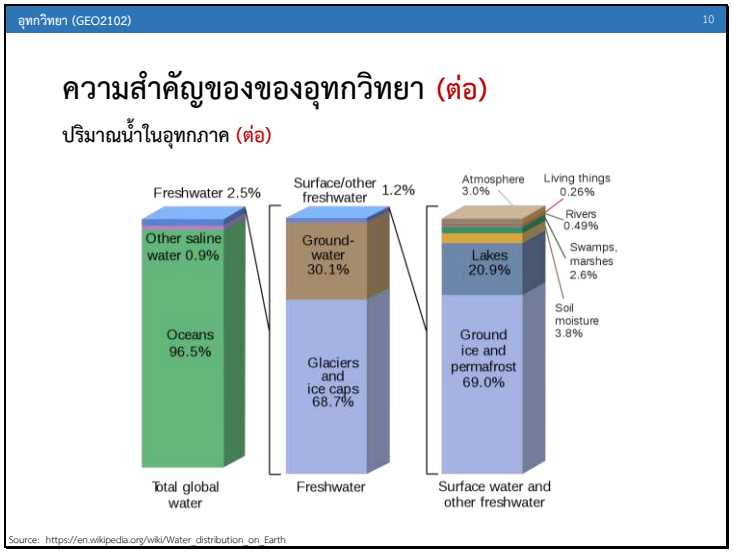
Slide 8


อุทกวิทยา (GEO2102)
8
ความสำคัญของของอุทกวิทยา
อุทกวิทยา คือ การศึกษาเฉพาะบริเวณอุทกภาค (hydrosphere) หรือส่วนประกอบที่เป็นน้ำทั้งหมดของพื้นผิวโลก
ในมหาสมุทร เป็นน้ำเค็ม ส่วนมากประกอบไปด้วยสารคลอไรด์ เช่น โซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกง (NaCl) เป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 88.7
น้ำผิวดิน มีอยู่ประมาณร้อยละ 29.2 หรือน้อยกว่า 1 ใน 3 ของพื้นผิวโลก ได้แก่ น้ำใต้ดิน ลำธาร ธารน้ำแข็ง ทะเลสาบ และความชื้นในดิน

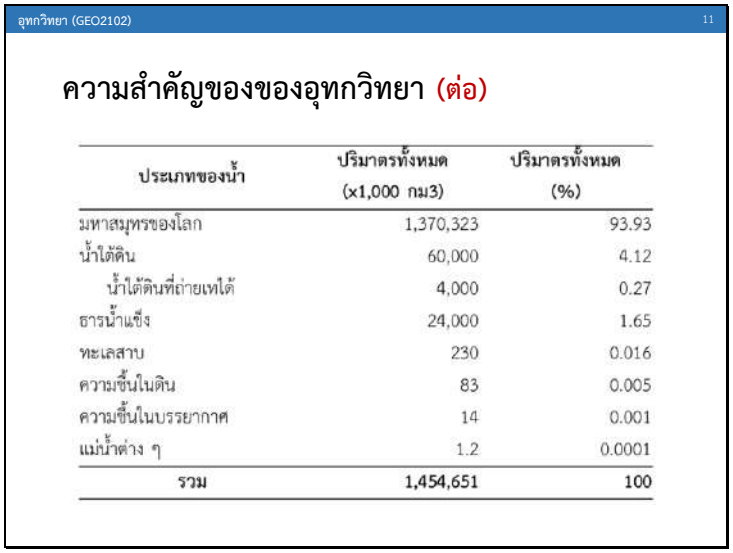
Slide 9


อุทกวิทยา (GEO2102)
9
ความสำคัญของของอุทกวิทยา (ต่อ)
วัฏจักรของน้ำในอุทกภาค
WATER CYCLE
Condensation
Transpiration from Plants
Precipitation
Evaporation from Oceans, Lakes & Streams
Groundwater
Surface Runoff
Source: https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle

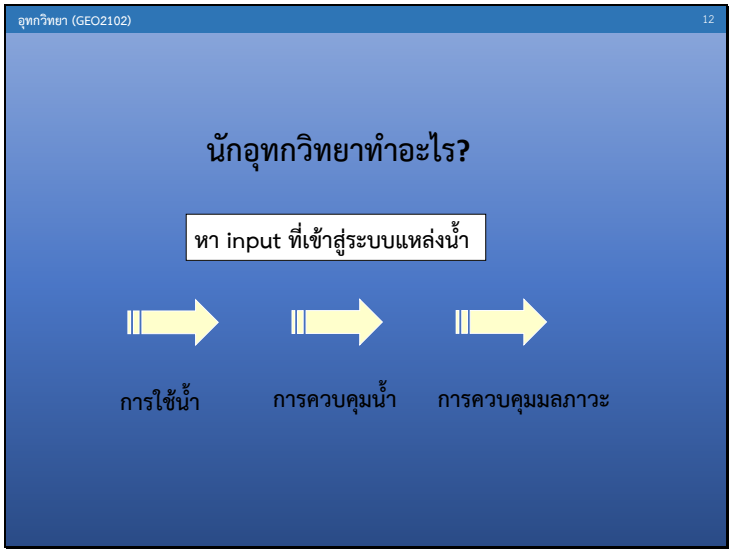
Slide 10


อุทกวิทยา (GEO2102)
10
ความสำคัญของของอุทกวิทยา (ต่อ)
ปริมาณน้ำในอุทกภาค (ต่อ)
Freshwater 2.5%
Other saline water 0.9%
Oceans 96.5%
Total global water
Surface/other freshwater 1.2%
Ground-water 30.1%
Glaciers and ice caps 68.7%
Freshwater
Atmosphere 3.0%
Living things 0.26%
Rivers 0.49%
Swamps, marshes 2.6%
Lakes 20.9%
Soil moisture 3.8%
Ground ice and permafrost 69.0%
Surface water and other freshwater
Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Water_distribution_on_Earth

Slide 11


อุทกวิทยา (GEO2102)
11
ความสำคัญของของอุทกวิทยา (ต่อ)
ประเภทของน้ำ
ปริมาตรทั้งหมด (x1,000 กม3)
ปริมาตรทั้งหมด (%)
มหาสมุทรของโลก 1,370,323 93.93
น้ำใต้ดิน 60,000 4.12
น้ำใต้ดินที่ถ่ายเทได้ 4,000 0.27
ธารน้ำแข็ง 24,000 1.65
ทะเลสาบ 230 0.016
ความชื้นในดิน 83 0.005
ความชื้นในบรรยากาศ 14 0.001
แม่น้ำต่าง ๆ 1.2 0.0001
รวม 1,454,651 100

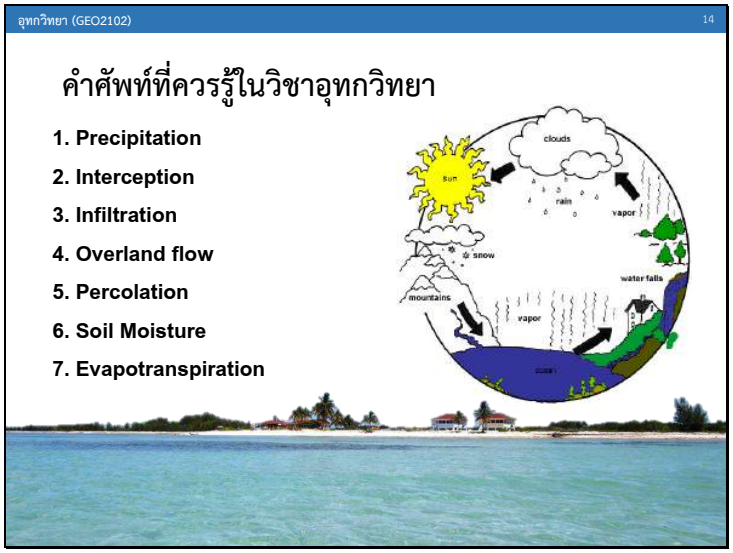
Slide 12


อุทกวิทยา (GEO2102)
12
นักอุทกวิทยาทำอะไร?
หา input ที่เข้าสู่ระบบแหล่งน้ำ
การใช้น้ำ
การควบคุมน้ำ
การควบคุมมลภาวะ

Slide 13

25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย
01 ลุ่มน้ำสาละวิน
02 ลุ่มน้ำโขง
03 ลุ่มน้ำกก
04 ลุ่มน้ำชี
05 ลุ่มน้ำมูล
06 ลุ่มน้ำปิง
07 ลุ่มน้ำวัง
08 ลุ่มน้ำยม
09 ลุ่มน้ำน่าน
10 ลุ่มน้ำเจ้าพระยา
11 ลุ่มน้ำสะแกกรัง
12 ลุ่มน้ำป่าสัก
13 ลุ่มน้ำท่าจีน
14 ลุ่มน้ำแม่กลอง
15 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี
16 ลุ่มน้ำบางปะกง
17 ลุ่มน้ำโตนทะเลสาป
18 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ตะวันออก
19 ลุ่มน้ำเพชรบุรี
20 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ประจวบคีรีขันธ์
21 ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก
22 ลุ่มน้ำตาปี
23 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา
24 ลุ่มน้ำปัตตานี
25 ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

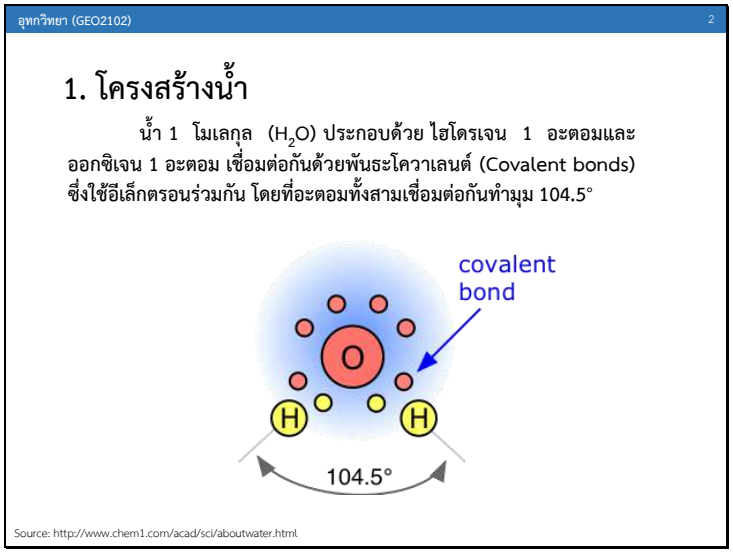
Slide 14


อุทกวิทยา (GEO2102)
14
คำศัพท์ที่ควรรู้ในวิชาอุทกวิทยา
1. Precipitation
2. Interception
3. Infiltration
4. Overland flow
5. Percolation
6. Soil Moisture
7. Evapotranspiration
clouds
sun
rain
vapor
snow
water falls
mountains
vapor

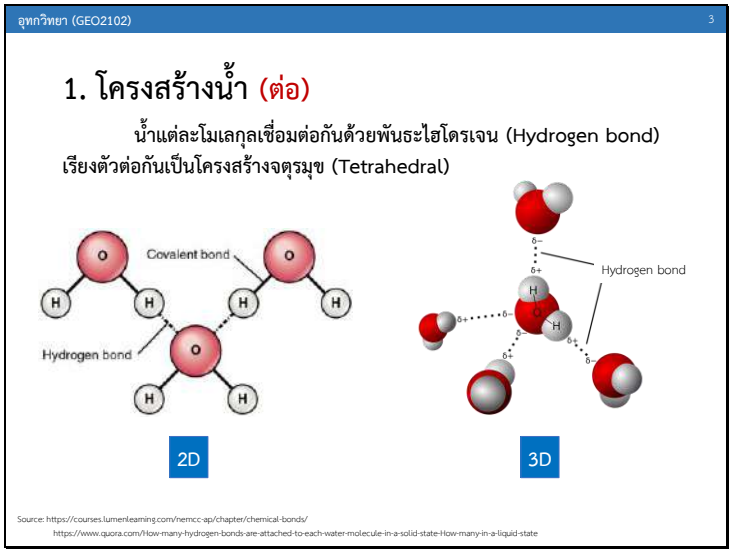
Slide 1

อุทกวิทยา (Hydrology)
2. คุณสมบัติของน้ำ
ผู้สอน อาจารย์คธาวุฒิ ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

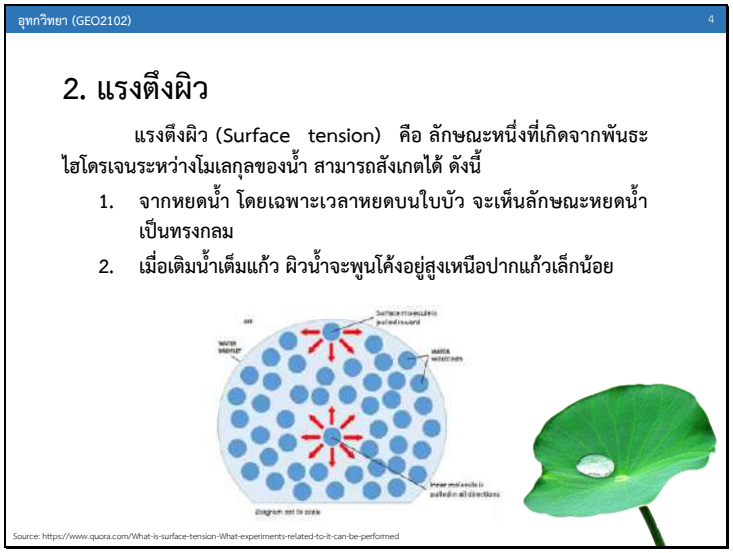
Slide 2


อุทกวิทยา (GEO2102)
2
1. โครงสร้างน้ำ
น้ำ 1 โมเลกุล ($H_2O$) ประกอบด้วย ไฮโดรเจน 1 อะตอมและ ออกซิเจน 1 อะตอม เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ (Covalent bonds) ซึ่งใช้อีเล็กตรอนร่วมกัน โดยที่อะตอมทั้งสามเชื่อมต่อกันทำมุม 104.5°
covalent bond
O
H
H
104.5°
Source: http://www.chem1.com/acad/sci/aboutwater.html

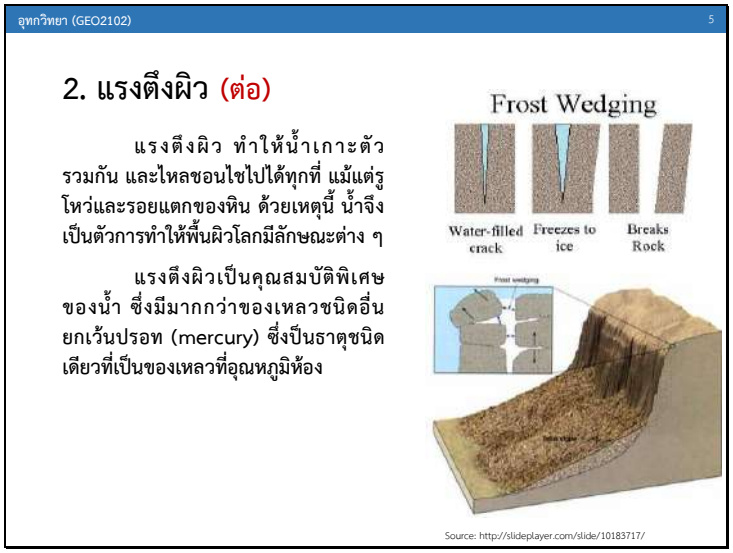
Slide 3


อุทกวิทยา (GEO2102)
3
1. โครงสร้างน้ำ (ต่อ)
น้ำแต่ละโมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond)
เรียงตัวต่อกันเป็นโครงสร้างจตุรมุข (Tetrahedral)
Covalent bond
Hydrogen bond
Hydrogen bond
2D
3D
Source: https://courses.lumenlearning.com/nemcc-ap/chapter/chemical-bonds/
https://www.quora.com/How-many-hydrogen-bonds-are-attached-to-each-water-molecule-in-a-solid-state-How-many-in-a-liquid-state

Slide 4


อุทกวิทยา (GEO2102)
4
2. แรงตึงผิว
แรงตึงผิว (Surface tension) คือ ลักษณะหนึ่งที่เกิดจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของน้ำ สามารถสังเกตได้ ดังนี้
1. จากหยดน้ำ โดยเฉพาะเวลาหยดบนใบบัว จะเห็นลักษณะหยดน้ำเป็นทรงกลม
2. เมื่อเติมน้ำเต็มแก้ว ผิวน้ำจะพูนโค้งอยู่สูงเหนือปากแก้วเล็กน้อย
Source: https://www.quora.com/What-is-surface-tension-What-experiments-related-to-it-can-be-performed

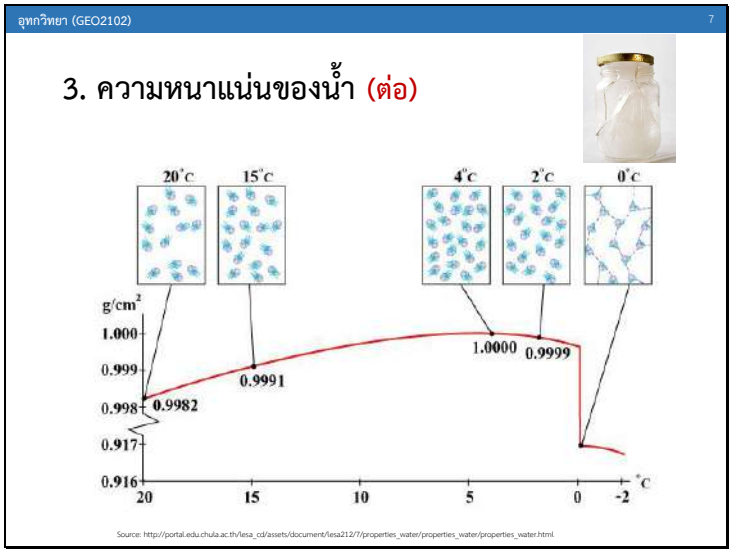
Slide 5


อุทกวิทยา (GEO2102) 5
2. แรงตึงผิว (ต่อ)
แรงตึงผิว ทำให้น้ำเกาะตัวรวมกัน และไหลซอนไซไปได้ทุกที่ แม้แต่รูโหว่และรอยแตกของหิน ด้วยเหตุนี้ น้ำจึงเป็นตัวการทำให้พื้นผิวโลกมีลักษณะต่าง ๆ
แรงตึงผิวเป็นคุณสมบัติพิเศษของน้ำ ซึ่งมีมากกว่าของเหลวชนิดอื่น ยกเว้นปรอท (mercury) ซึ่งเป็นธาตุชนิดเดียวที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง
Frost Wedging
Water-filled crack
Freezes to ice
Breaks Rock
Source: http://slideplayer.com/slide/10183717/

Slide 6

อุทกวิทยา (GEO2102)
6
3. ความหนาแน่นของน้ำ
สถานะของน้ำจาก
ของเหลว => น้ำแข็ง
ใช้พื้นที่ว่างมาก ทำให้ความ
หนาแน่นน้อยลง
ตัวอย่าง
เอาน้ำใส่แก้วแล้วแช่เย็น
แก้วจะเกิดรอยร้าวหรือแตกได้
เพราะน้ำใช้พื้นที่มากในการ
กลายเป็นน้ำแข็ง
Source: https://www.leaf.tv/articles/can-you-freeze-in-glass-containers/

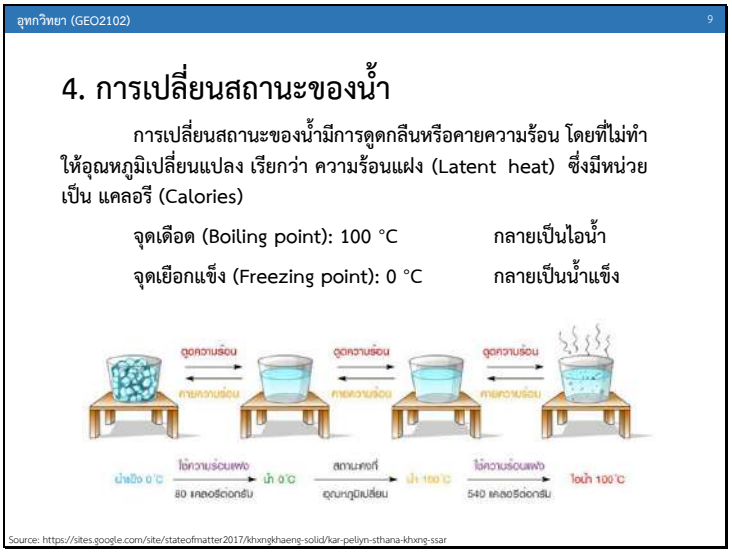
Slide 7


อุทกวิทยา (GEO2102)
7
3. ความหนาแน่นของน้ำ (ต่อ)
20°C
15°C
4°C
2°C
0°C
g/cm³
1.000
0.999
0.998
0.917
0.916
0.9982
0.9991
1.0000
0.9999
20
15
10
5
0
-2
°C
Source: http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/lesa212/7/properties_water/properties_water/properties_water.html

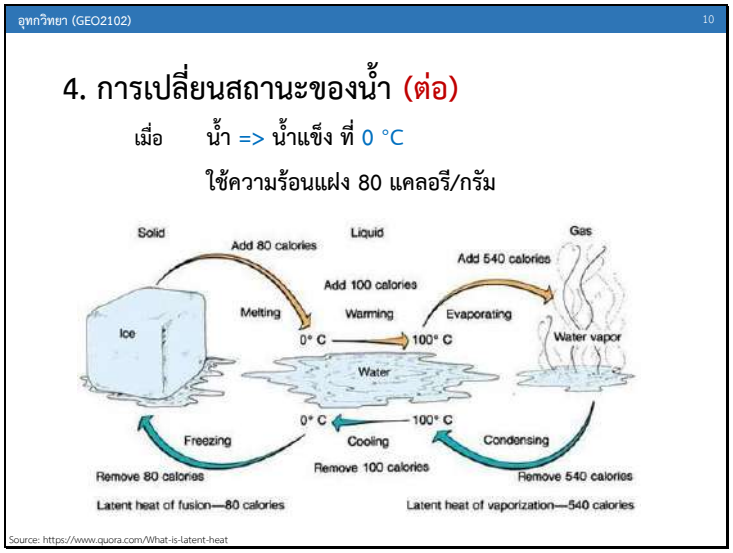
Slide 8

อุทกวิทยา (GEO2102)
8
ทำไมน้ำแข็งถึงลอยอยู่บนน้ำ?
สสารทั่วไปมีความหนาแน่นมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง แต่น้ำมีความหนาแน่นน้อยลงเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ด้วยเหตุนี้น้ำแข็งจึงลอยอยู่บนน้ำ น้ำแข็งที่ขั้วโลกเหนือและใต้ก็มีหลักการเช่นเดียวกัน
Source: http://time.com/4237218/iceberg-ship-photo/

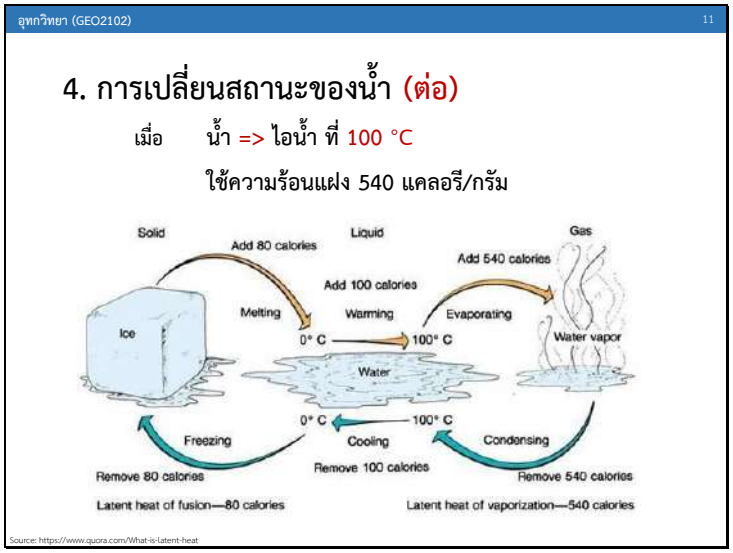
Slide 9


อุทกวิทยา (GEO2102)
9
4. การเปลี่ยนสถานะของน้ำ
การเปลี่ยนสถานะของน้ำมีการดูดกลืนหรือคายความร้อน โดยที่ไม่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent heat) ซึ่งมีหน่วยเป็น แคลอรี (Calories)
จุดเดือด (Boiling point): 100 °C กลายเป็นไอน้ำ
จุดเยือกแข็ง (Freezing point): 0 °C กลายเป็นน้ำแข็ง
ดูดความร้อน
คายความร้อน
ใช้ความร้อนแฝง
80 แคลอรีต่อกรัม
สถานะคงที่
อุณหภูมิไม่เปลี่ยน
540 แคลอรีต่อกรัม
ไอน้ำ 100 °C
Source: https://sites.google.com/site/stateofmatter2017/khxngkhaeng-solid/kar-peliyn-sthana-khxng-ssar

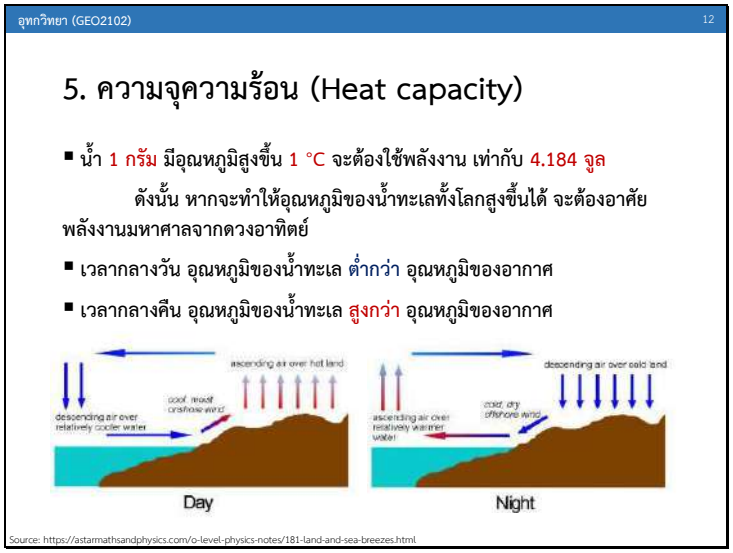
Slide 10


อุทกวิทยา (GEO2102)
10
4. การเปลี่ยนสถานะของน้ำ (ต่อ)
เมื่อ น้ำ => น้ำแข็ง ที่ 0 °C
ใช้ความร้อนแฝง 80 แคลอรี/กรัม
Solid
Liquid
Gas
Add 80 calories
Add 100 calories
Add 540 calories
Melting
Warming
Evaporating
Ice
0° C
100° C
Water vapor
Water
0° C
100° C
Freezing
Cooling
Condensing
Remove 80 calories
Remove 100 calories
Remove 540 calories
Latent heat of fusion—80 calories
Latent heat of vaporization—540 calories
Source: https://www.quora.com/What-is-latent-heat

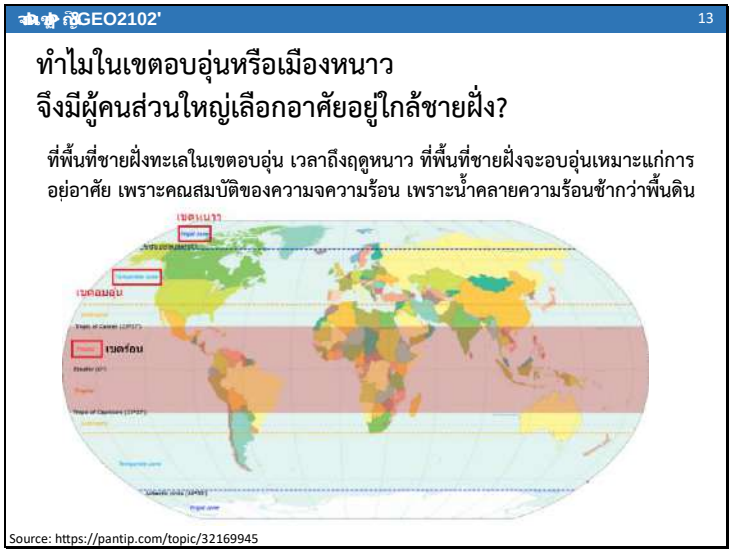
Slide 11


อุทกวิทยา (GEO2102)
11
4. การเปลี่ยนสถานะของน้ำ (ต่อ)
เมื่อ น้ำ => ไอน้ำ ที่ 100 °C
ใช้ความร้อนแฝง 540 แคลอรี/กรัม
Solid
Liquid
Gas
Add 80 calories
Add 100 calories
Add 540 calories
Melting
Warming
Evaporating
Ice
0° C
100° C
Water vapor
Water
0° C
100° C
Freezing
Cooling
Condensing
Remove 80 calories
Remove 100 calories
Remove 540 calories
Latent heat of fusion—80 calories
Latent heat of vaporization—540 calories
Source: https://www.quora.com/What-is-latent-heat

Slide 12


อุทกวิทยา (GEO2102)
12
5. ความจุความร้อน (Heat capacity)
น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 °C จะต้องใช้พลังงาน เท่ากับ 4.184 จูล
ดังนั้น หากจะทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลทั้งโลกสูงขึ้นได้ จะต้องอาศัยพลังงานมหาศาลจากดวงอาทิตย์
เวลากลางวัน อุณหภูมิของน้ำทะเล ต่ำกว่า อุณหภูมิของอากาศ
เวลากลางคืน อุณหภูมิของน้ำทะเล สูงกว่า อุณหภูมิของอากาศ
descending air over relatively cooler water
cool, moist offshore wind
ascending air over hot land
Day
ascending air over relatively warmer water
cold, dry offshore wind
descending air over cold land
Night
Source: https://astarmathsandphysics.com/o-level-physics-notes/181-land-and-sea-breezes.html

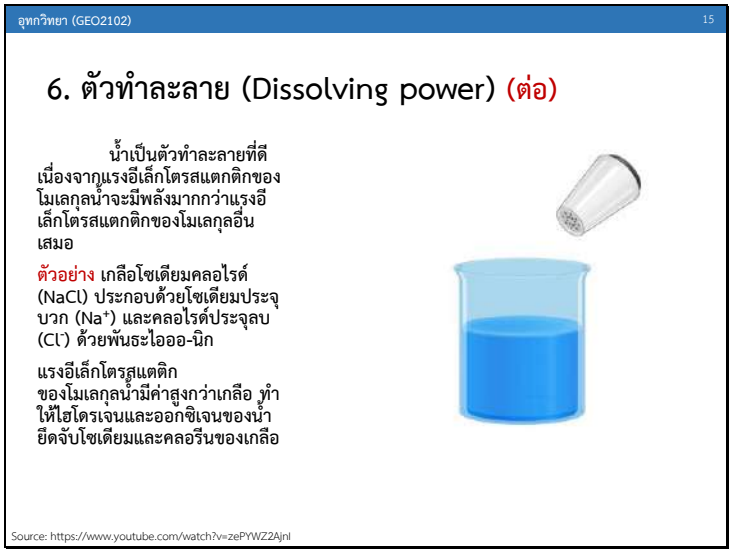
Slide 13


GEO2102'
13
ทำไมในเขตอบอุ่นหรือเมืองหนาว
จึงมีผู้คนส่วนใหญ่เลือกอาศัยอยู่ใกล้ชายฝั่ง?
ที่พื้นที่ชายฝั่งทะเลในเขตอบอุ่น เวลาถึงฤดูหนาว ที่พื้นที่ชายฝั่งจะอบอุ่นเหมาะแก่การ
อยู่อาศัย เพราะคณสมบัติของความจความร้อน เพราะน้ำคลายความร้อนช้ากว่าพื้นดิน
เขตหนาว
เขตอบอุ่น
เขตร้อน
Source: https://pantip.com/topic/32169945

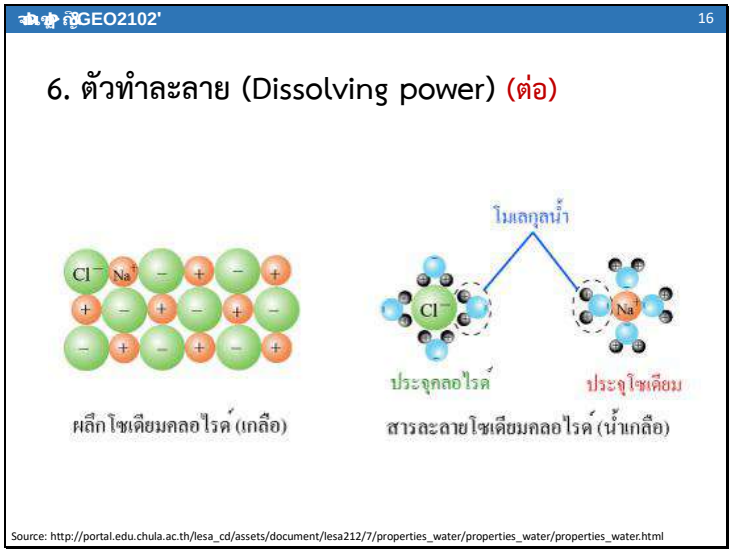
Slide 14

GEO2102'
14
6. ตัวทำละลาย (Dissolving power)
เมื่อเทียบกับสารประกอบชนิดอื่นแล้ว น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด เมื่อโมเลกุลของน้ำอยู่รวมตัวกัน ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยมีแรงระหว่างประจุบวก ($H^+$) และประจุลบ ($O^-$) ของพันธะไฮโดรเจนในน้ำเรียกว่าแรงอีเล็กโคตรสแตติก (Electrostatic forces) นอกจากโมเลกุลของน้ำจะเชื่อมต่อกันเองแล้ว โมเลกุลของน้ำยังสามารถยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลอื่นได้อีกด้วย
Source: http://canacopegdl.com/keyword/dissolve.html

Slide 15


อุทกวิทยา (GEO2102)
15
6. ตัวทำละลาย (Dissolving power) (ต่อ)
น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี เนื่องจากแรงอีเล็กโตรสแตกติกของโมเลกุลน้ำจะมีพลังมากกว่าแรงอีเล็กโตรสแตกติกของโมเลกุลอื่นเสมอ
ตัวอย่าง เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประกอบด้วยโซเดียมประจุบวก ($Na^+$) และคลอไรด์ประจุลบ ($Cl^-$) ด้วยพันธะไอออ-นิก
แรงอีเล็กโตรสแตติกของโมเลกุลน้ำมีค่าสูงกว่าเกลือ ทำให้ไฮโดรเจนและออกซิเจนของน้ำยึดจับโซเดียมและคลอรีนของเกลือ
Source: https://www.youtube.com/watch?v=zePYWZ2Ajnl

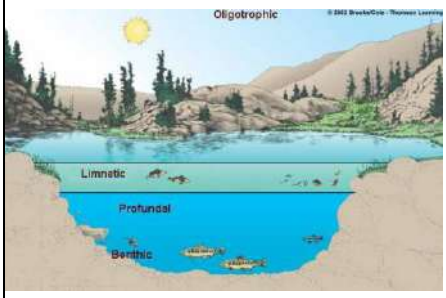
Slide 16


GEO2102
16
6. ตัวทำละลาย (Dissolving power) (ต่อ)
โมเลกุลน้ำ
ประจุคลอไรด์
ประจุโซเดียม
ผลึกโซเดียมคลอไรด์ (เกลือ)
สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (น้ำเกลือ)
Source: http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/lesa212/7/properties_water/properties_water/properties_water.html

Slide 17

GEO2102' 17

## 7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency)



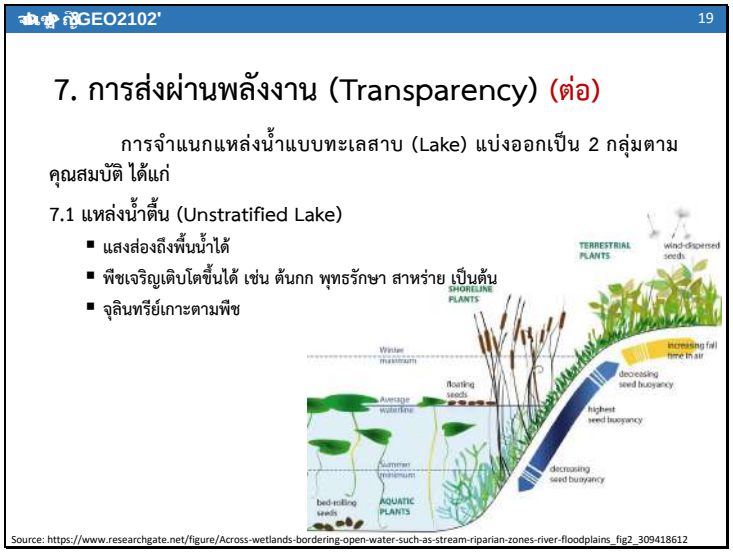

บนโลกมีน้ำประกอบไปด้วย 2 ใน 3 ส่วน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารสำคัญของสิ่งมีชีวิตบนโลก เมื่อน้ำได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ทั้งสัตว์น้ำและแพลงก์-ตอนพืชจะเติบโตและขยายประชากร ซึ่งสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้จัดเป็นห่วงโซ่อาหารปฐมภูมิ (Primary food chain) ลำดับแรกที่สำคัญมาก

Source: https://www.geo.arizona.edu/Antevs/nats104/00lect17laklifzon.html

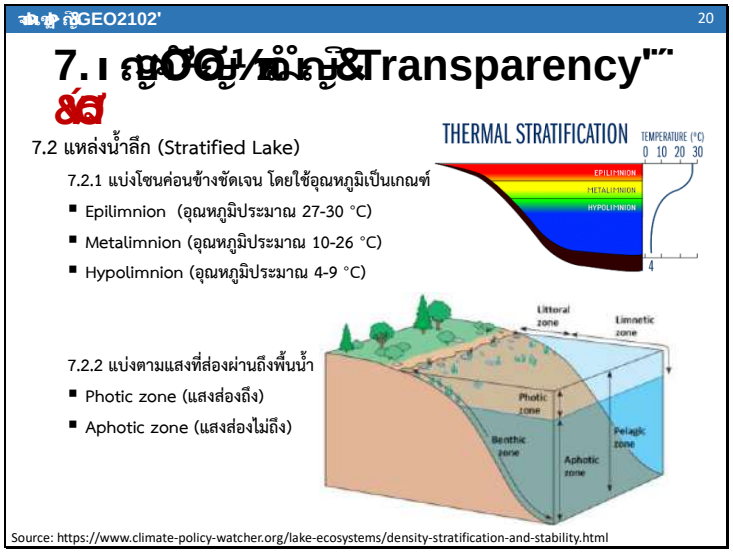
Slide 18

GEO2102'
18
7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)
ชลธีวิทยาหรือชลธารวิทยา (Limnology) เป็นการศึกษาคล้ายกับทางสมุทรศาสตร์ แต่จะศึกษาในแหล่งน้ำผิวดินที่ไม่ใช่ทะเล (inland waters) ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำไหล เช่น ห้วย ลำธาร แม่น้ำ ปากแม่น้ำ และแหล่งน้ำนิ่ง เช่น หนอง บึง ทะเลสาบน้ำจืด ทะเลสาบน้ำเค็ม อ่างเก็บน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นต้น
Condensation
Precipitation
Surface runoff
Transpiration
Evaporation
Percolation
Water table
Lake
Streamflow
Ocean
Groundwater flow
Source: http://lakes.chebucto.org/swcs-limne.html

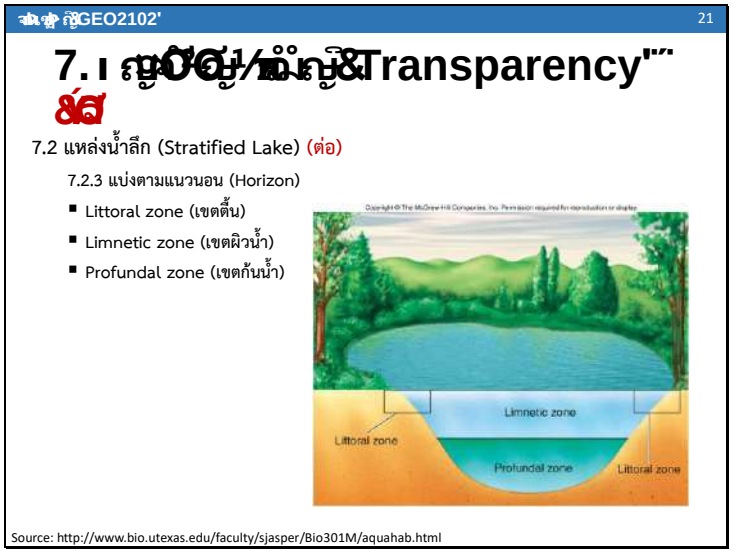
Slide 19


GEO2102
19
7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)
การจำแนกแหล่งน้ำแบบทะเลสาบ (Lake) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตาม คุณสมบัติ ได้แก่
7.1 แหล่งน้ำตื้น (Unstratified Lake)
แสงส่องถึงพื้นน้ำได้
พืชเจริญเติบโตขึ้นได้ เช่น ต้นกก พุทธรักษา สาหร่าย เป็นต้น
จุลินทรีย์เกาะตามพืช
TERRESTRIAL PLANTS
wind-dispersed seeds
SHORELINE PLANTS
Winter maximum
floating seeds
Average waterline
Summer minimum
bed-rolling seeds
AQUATIC PLANTS
increasing fall time in air
decreasing seed buoyancy
highest seed buoyancy
decreasing seed buoyancy
Source: https://www.researchgate.net/figure/Across-wetlands-bordering-open-water-such-as-stream-riparian-zones-river-floodplains_fig2_309418612

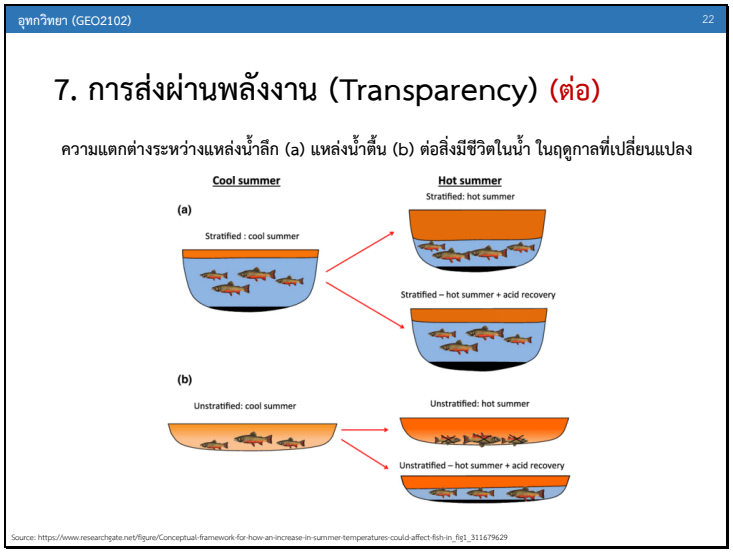
Slide 20


GEO2102
20
7.2 แหล่งน้ำลึก (Stratified Lake)
7.2.1 แบ่งโซนค่อนข้างชัดเจน โดยใช้อุณหภูมิเป็นเกณฑ์
Epilimnion (อุณหภูมิประมาณ 27-30 °C)
Metalimnion (อุณหภูมิประมาณ 10-26 °C)
Hypolimnion (อุณหภูมิประมาณ 4-9 °C)
THERMAL STRATIFICATION
TEMPERATURE (°C)
0 10 20 30
EPILIMNION
METALIMNION
HYPOLIMNION
4
7.2.2 แบ่งตามแสงที่ส่องผ่านถึงพื้นน้ำ
Photic zone (แสงส่องถึง)
Aphotic zone (แสงส่องไม่ถึง)
Littoral zone
Limnetic zone
Photic zone
Benthic zone
Aphotic zone
Pelagic zone
Source: https://www.climate-policy-watcher.org/lake-ecosystems/density-stratification-and-stability.html

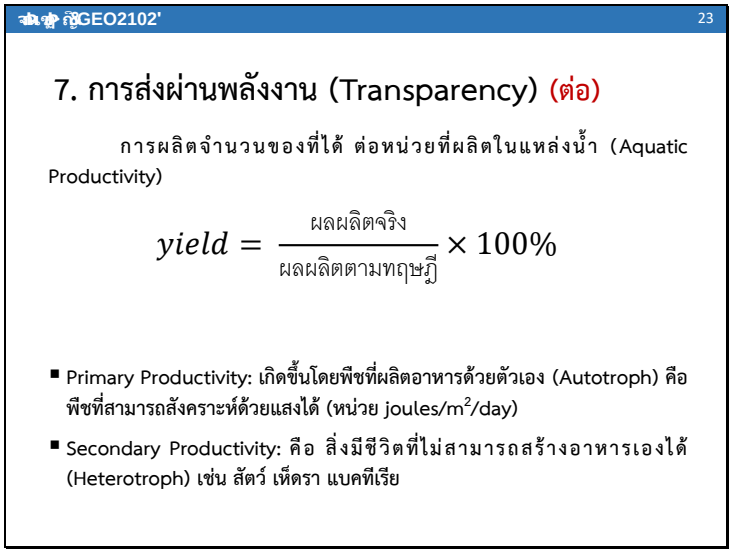
Slide 21


GEO2102
21
7.2 แหล่งน้ำลึก (Stratified Lake) (ต่อ)
7.2.3 แบ่งตามแนวนอน (Horizon)
Littoral zone (เขตตื้น)
Limnetic zone (เขตผิวน้ำ)
Profundal zone (เขตก้นน้ำ)
Limnetic zone
Littoral zone
Profundal zone
Littoral zone
Source: http://www.bio.utexas.edu/faculty/sjasper/Bio301M/aquahab.html

Slide 22


อุทกวิทยา (GEO2102)
22
7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)
ความแตกต่างระหว่างแหล่งน้ำลึก (a) แหล่งน้ำตื้น (b) ต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ในฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลง
Cool summer
Hot summer
(a)
Stratified : cool summer
Stratified: hot summer
Stratified – hot summer + acid recovery
(b)
Unstratified: cool summer
Unstratified: hot summer
Unstratified – hot summer + acid recovery
Source: https://www.researchgate.net/figure/Conceptual-framework-for-how-an-increase-in-summer-temperatures-could-affect-fish-in_fig1_311679629

Slide 23


GEO2102'
23
7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)
การผลิตจำนวนของที่ได้ ต่อหน่วยที่ผลิตในแหล่งน้ำ (Aquatic Productivity)
$yield = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100\%$
Primary Productivity: เกิดขึ้นโดยพืชที่ผลิตอาหารด้วยตัวเอง (Autotroph) คือ พืชที่สามารถสังคราะห์ด้วยแสงได้ (หน่วย joules/$m^2$/day)
Secondary Productivity: คือ สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (Heterotroph) เช่น สัตว์ เห็ดรา แบคทีเรีย

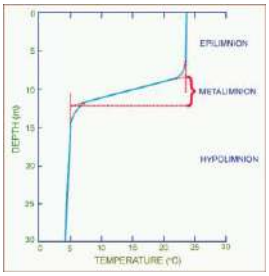
Slide 24



## 7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

ปัจจัยในการผลิตในแหล่งน้ำ (Factor Productivity)

1. ทางกายภาพ (Physical)
   - อุณหภูมิ (Temperature)
   - แสง (Light)
   - ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen หรือ DO) มีประมาณ 5 ppm ถือว่าดี
   - ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด (Total dissolved solid หรือ TDS) ค่าสูงน้ำจะขุ่น




Source: http://nile.riverawarenesskit.org/English/NRAK/RS_L3/html/lake_stratification.html

Slide 25



## 7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)

ปัจจัยในการผลิตในแหล่งน้ำ (Factor Productivity) (ต่อ)

2. ทางเคมี (Chemical)

- ควรมีซิลิกา ($SiO_2$) ประมาณ 1-10 ppm ช่วยทำให้พืชนำไปใช้ในโครงสร้างท่อลำเลียงให้แข็งแรง
- ควรมี $SO_4$ ประมาณ 5-50 ppm ช่วยทำให้พืชเจริญเติบโต

Source: https://www.amazon.com/Bloom-City-Silica-Growing-Supplement/dp/B073ZP113T

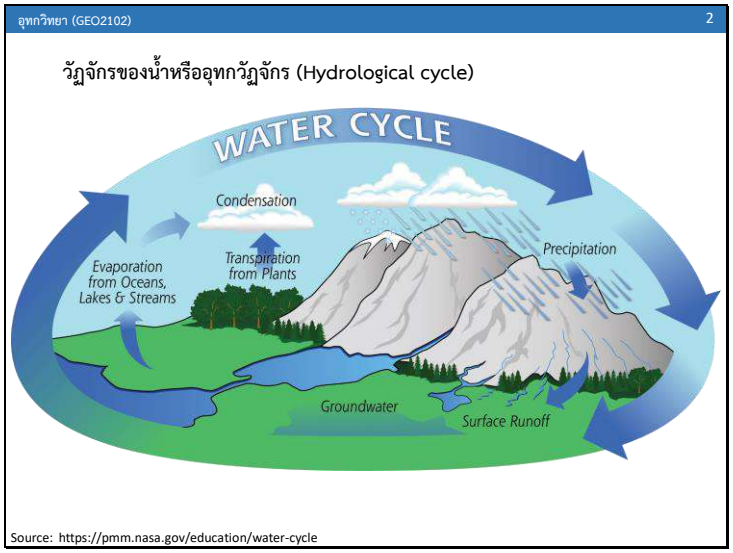
Slide 26

GEO2102
26
7. การส่งผ่านพลังงาน (Transparency) (ต่อ)
ปัจจัยในการผลิตในแหล่งน้ำ (Factor Productivity) (ต่อ)
3. ทางชีวภาพ (Biological)
Food Pyramid คือ ผู้ล่ามีไม่มากจนเกินไป ผู้ผลิตไม่มากจนเกินไป
The Painted Crow
Trophic Pyramid
Tertiary Consumers
Secondary Consumers
Primary Consumers
Primary Producers
Trophic Pyramid
Source: https://www.teacherspayteachers.com/Product/Free-Science-Clip-Art-Trophic-Pyramid-Food-Chain-Color-Blackline-1849392

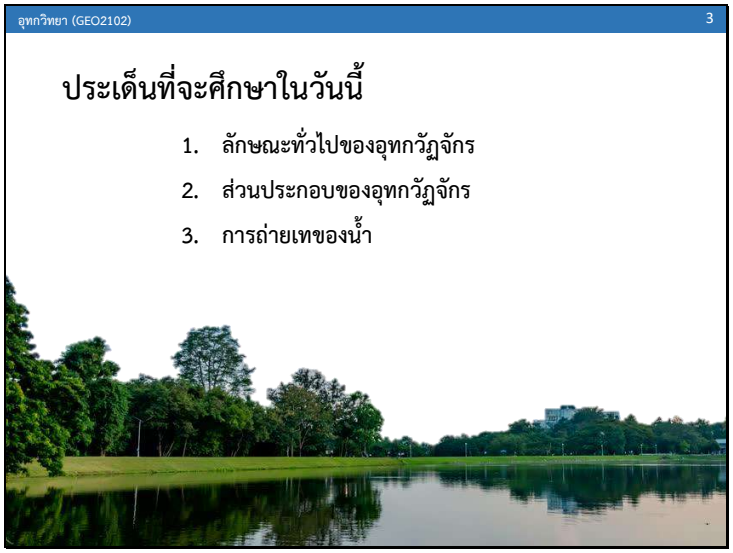
Slide 1

อุทกวิทยา (Hydrology)
3. วัฏจักรของน้ำ (1)
ผู้สอน อาจารย์คธาวุฒิ ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Slide 2


อุทกวิทยา (GEO2102)
2
วัฏจักรของน้ำหรืออุทกวัฏจักร (Hydrological cycle)
WATER CYCLE
Condensation
Precipitation
Transpiration from Plants
Evaporation from Oceans, Lakes & Streams
Groundwater
Surface Runoff
Source: https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle

Slide 3

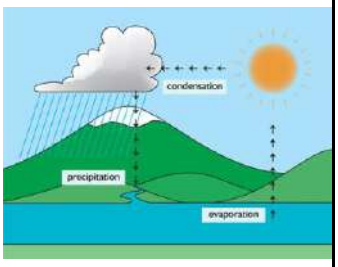

อุทกวิทยา (GEO2102)
3
ประเด็นที่จะศึกษาในวันนี้
1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร
2. ส่วนประกอบของอุทกวัฏจักร
3. การถ่ายเทของน้ำ

Slide 4

อุทกวิทยา (GEO2102) 4

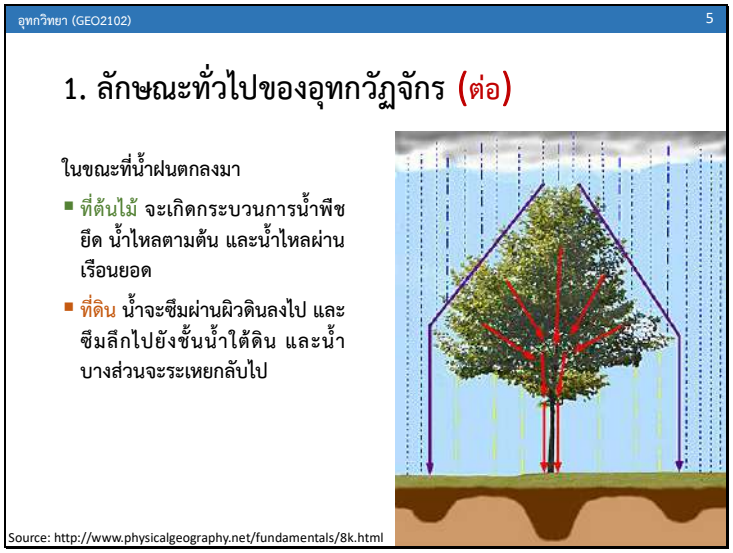
## 1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร

- กระบวนการของอุทกวัฏจักรเริ่มต้นจากฝนตกลงสู่พื้นโลก (Precipitation) หยดน้ำจะทำปฏิกิริยากับสิ่งปกคลุมดินแตกต่างกันออกไป
- ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของน้ำระหว่างส่วนต่าง ๆ ของอุทกภาค
- การหมุนเวียนของน้ำ ได้แก่ การระเหย การถ่ายเทความชื้น ฝน น้ำไหลบ่า

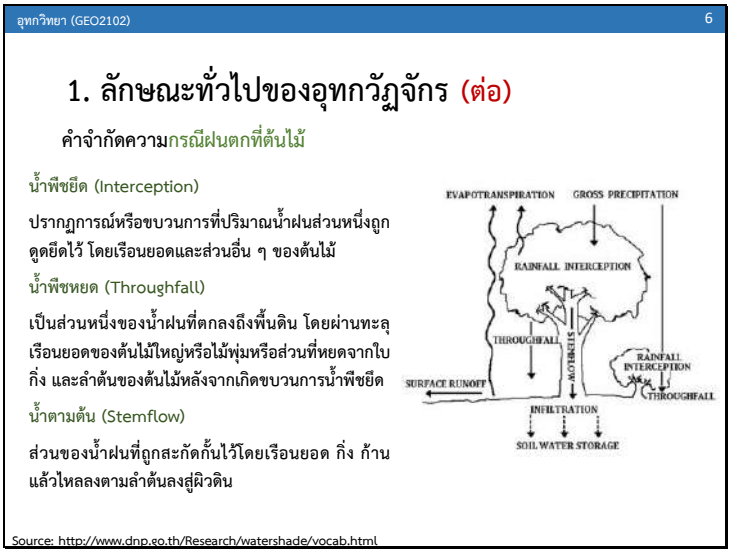



Source: http://science.jrank.org/kids/pages/256/WATER-IN-EARTH-SYSTEM.html

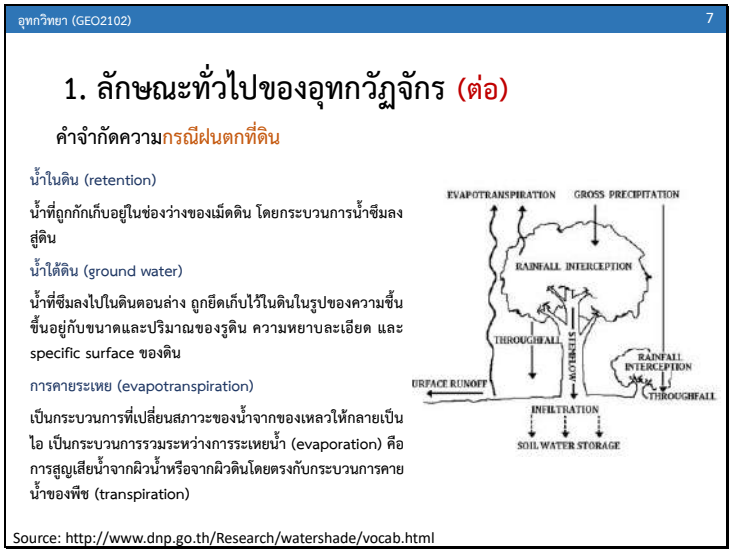
Slide 5


อุทกวิทยา (GEO2102)
5
1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
ในขณะที่น้ำฝนตกลงมา
ที่ต้นไม้ จะเกิดกระบวนการน้ำพืชยึด น้ำไหลตามต้น และน้ำไหลผ่านเรือนยอด
ที่ดิน น้ำจะซึมผ่านผิวดินลงไป และซึมลึกไปยังชั้นน้ำใต้ดิน และน้ำบางส่วนจะระเหยกลับไป
Source: http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8k.html

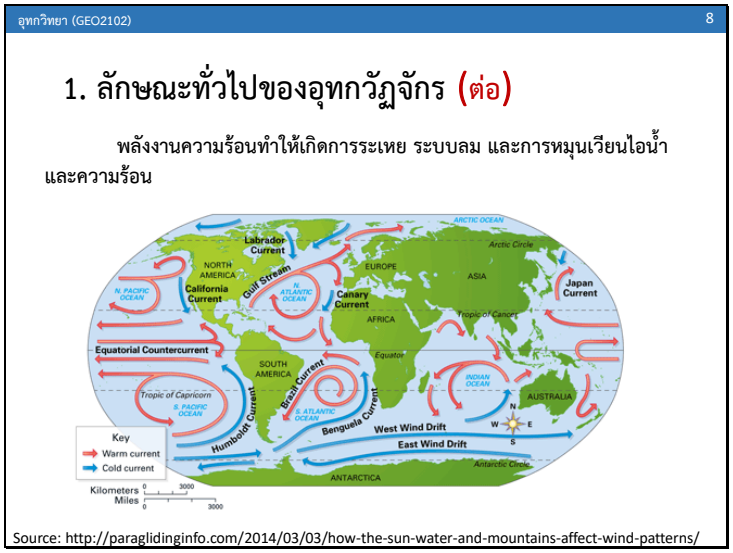
Slide 6


อุทกวิทยา (GEO2102)
6
1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
คำจำกัดความกรณีฝนตกที่ต้นไม้
น้ำพืชยึด (Interception)
ปรากฏการณ์หรือขบวนการที่ปริมาณน้ำฝนส่วนหนึ่งถูกดูดยึดไว้ โดยเรือนยอดและส่วนอื่น ๆ ของต้นไม้
น้ำพืชหยด (Throughfall)
เป็นส่วนหนึ่งของน้ำฝนที่ตกลงถึงพื้นดิน โดยผ่านทะลุเรือนยอดของต้นไม้ใหญ่หรือไม้พุ่มหรือส่วนที่หยดจากใบ กิ่ง และลำต้นของต้นไม้หลังจากเกิดขบวนการน้ำพืชยึด
น้ำตามต้น (Stemflow)
ส่วนของน้ำฝนที่ถูกสะกัดกั้นไว้โดยเรือนยอด กิ่ง ก้าน แล้วไหลลงตามลำต้นลงสู่ผิวดิน
EVAPOTRANSPIRATION
GROSS PRECIPITATION
RAINFALL INTERCEPTION
THROUGHFALL
STEMFLOW
RAINFALL INTERCEPTION
THROUGHFALL
SURFACE RUNOFF
INFILTRATION
SOIL WATER STORAGE
Source: http://www.dnp.go.th/Research/watershade/vocab.html

Slide 7


อุทกวิทยา (GEO2102)
7
1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
คำจำกัดความกรณีฝนตกที่ดิน
น้ำในดิน (retention)
น้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างของเม็ดดิน โดยกระบวนการน้ำซึมลงสู่ดิน
น้ำใต้ดิน (ground water)
น้ำที่ซึมลงไปในดินตอนล่าง ถูกยึดเก็บไว้ในดินในรูปของความชื้น ขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณของรูดิน ความหยาบละเอียด และ specific surface ของดิน
การคายระเหย (evapotranspiration)
เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสภาวะของน้ำจากของเหลวให้กลายเป็นไอ เป็นกระบวนการรวมระหว่างการระเหยน้ำ (evaporation) คือ การสูญเสียน้ำจากผิวน้ำหรือจากผิวดินโดยตรงกับกระบวนการคายน้ำของพืช (transpiration)
EVAPOTRANSPIRATION
GROSS PRECIPITATION
RAINFALL INTERCEPTION
THROUGHFALL
STEMFLOW
RAINFALL INTERCEPTION
THROUGHFALL
SURFACE RUNOFF
INFILTRATION
SOIL WATER STORAGE
Source: http://www.dnp.go.th/Research/watershade/vocab.html

Slide 8



Source: http://paraglidinginfo.com/2014/03/03/how-the-sun-water-and-mountains-affect-wind-patterns/

Slide 9

อุทกวิทยา (GEO2102) 9

## 2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร

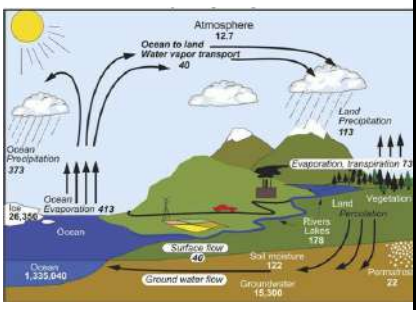
2.1 บรรยากาศ

2.2 มหาสมุทร

2.3 เปลือกโลก

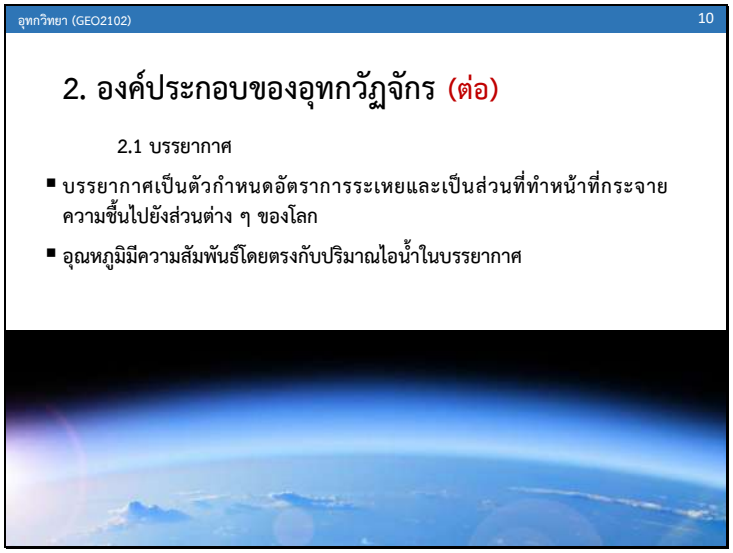
2.4 ดิน

2.5 ทะเลสาบ

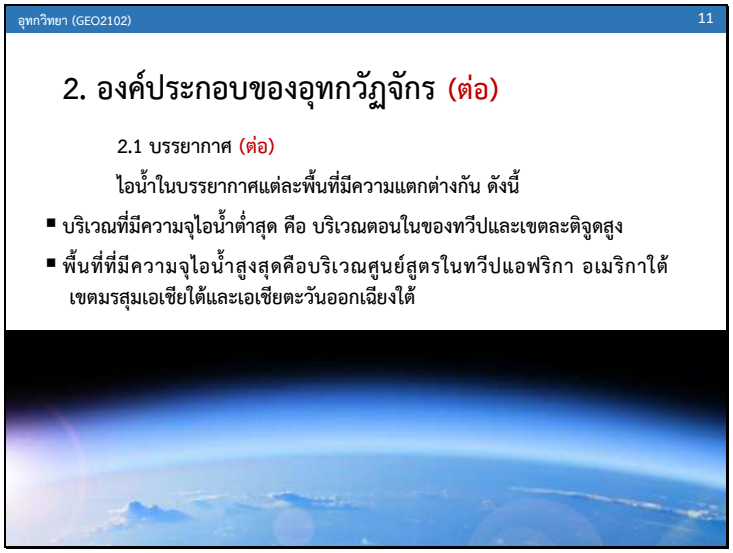



Source: http://www.climate.be/textbook/chapter2_node9.html

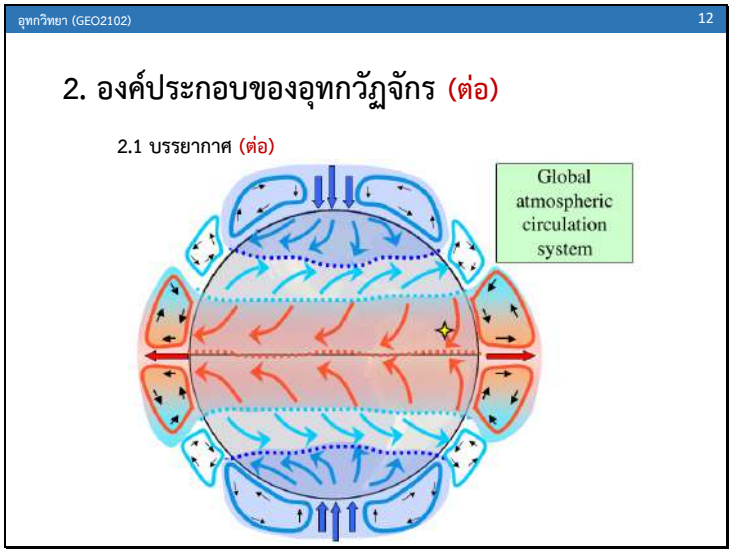
Slide 10


อุทกวิทยา (GEO2102)
10
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.1 บรรยากาศ
บรรยากาศเป็นตัวกำหนดอัตราการระเหยและเป็นส่วนที่ทำหน้าที่กระจายความชื้นไปยังส่วนต่าง ๆ ของโลก
อุณหภูมิมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ

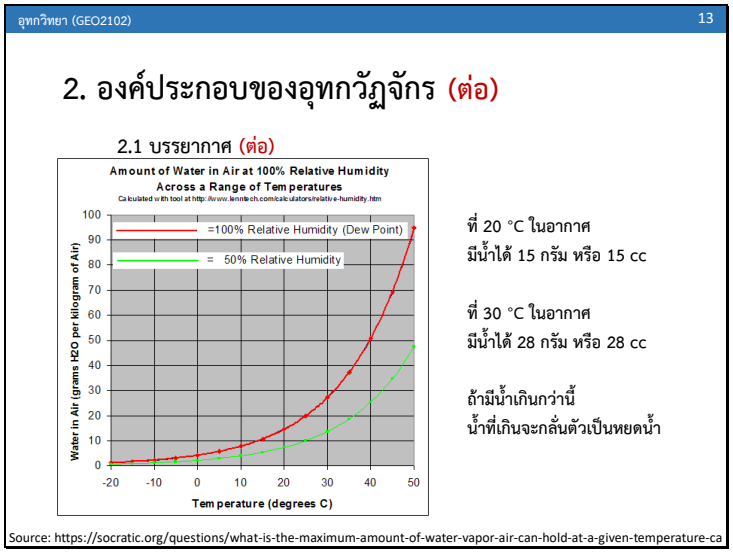
Slide 11


อุทกวิทยา (GEO2102)
11
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.1 บรรยากาศ (ต่อ)
ไอน้ำในบรรยากาศแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ดังนี้
บริเวณที่มีความจุไอน้ำต่ำสุด คือ บริเวณตอนในของทวีปและเขตละติจูดสูง
พื้นที่ที่มีความจุไอน้ำสูงสุดคือบริเวณศูนย์สูตรในทวีปแอฟริกา อเมริกาใต้ เขตมรสุมเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

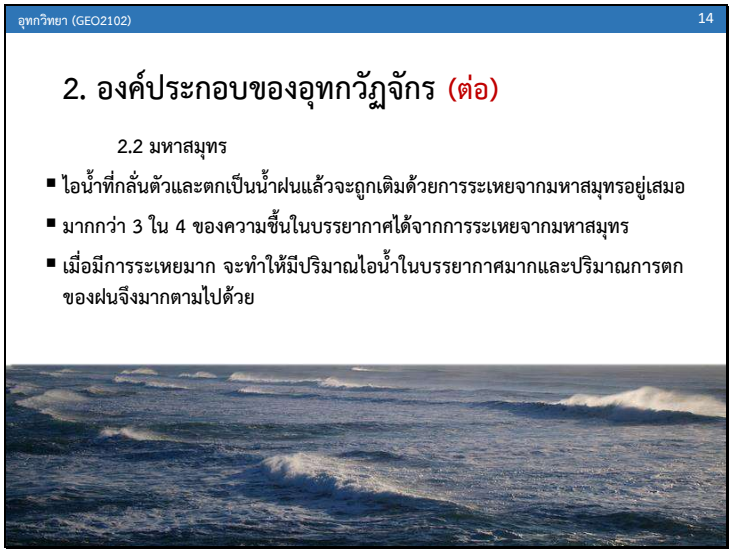
Slide 12


อุทกวิทยา (GEO2102)
12
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.1 บรรยากาศ (ต่อ)
Global atmospheric circulation system

Slide 13


อุทกวิทยา (GEO2102)
13
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.1 บรรยากาศ (ต่อ)
Amount of Water in Air at 100% Relative Humidity
Across a Range of Temperatures
Calculated with tool at http://www.lenntech.com/calculators/relative-humidity.htm
=100% Relative Humidity (Dew Point)
= 50% Relative Humidity
Water in Air (grams H2O per kilogram of Air)
Temperature (degrees C)
ที่ 20 °C ในอากาศ
มีน้ำได้ 15 กรัม หรือ 15 cc
ที่ 30 °C ในอากาศ
มีน้ำได้ 28 กรัม หรือ 28 cc
ถ้ามีน้ำเกินกว่านี้
น้ำที่เกินจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ
Source: https://socratic.org/questions/what-is-the-maximum-amount-of-water-vapor-air-can-hold-at-a-given-temperature-ca

Slide 14


อุทกวิทยา (GEO2102)
14
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.2 มหาสมุทร
ไอน้ำที่กลั่นตัวและตกเป็นน้ำฝนแล้วจะถูกเติมด้วยการระเหยจากมหาสมุทรอยู่เสมอ
มากกว่า 3 ใน 4 ของความชื้นในบรรยากาศได้จากการระเหยจากมหาสมุทร
เมื่อมีการระเหยมาก จะทำให้มีปริมาณไอน้ำในบรรยากาศมากและปริมาณการตกของฝนจึงมากตามไปด้วย

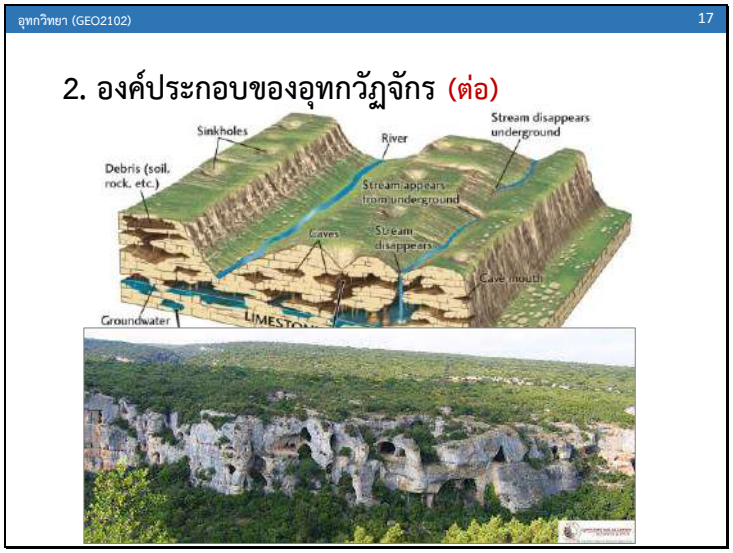
Slide 15

อุทกวิทยา (GEO2102)
15
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.3 เปลือกโลก
เปลือกโลกเป็นแหล่งกักเก็บน้ำ โดยแบ่งเป็นน้ำในดินและน้ำใต้ดิน
แม่น้ำจะได้รับการเติมน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินอยู่ตลอดเวลา
ลักษณะของน้ำใต้ดินขึ้นอยู่กับภูมิอากาศ ลักษณะของดิน ภูมิประเทศ พืชและโครงสร้างทางธรณีวิทยา
Cone of depression
Aquifer
Groundwater flow

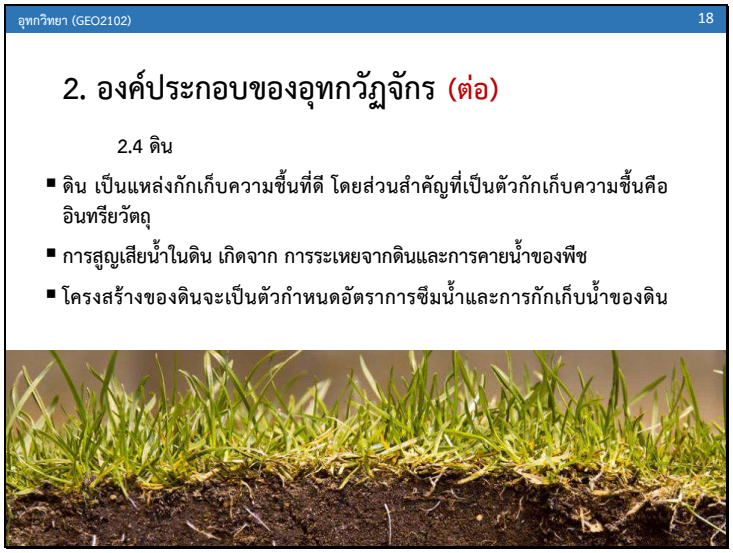
Slide 16

อุทกวิทยา (GEO2102)
16
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.3 เปลือกโลก (ต่อ)
ภูมิประเทศแบบคาร์สต์ (Karst topography) และหินภูเขาไฟ (Tuff) เป็นลักษณะภูมิประเทศที่น้ำไหลลงสู่ใต้ดินสะดวก ระเหยน้อย ปริมาณน้ำในลำธารมีมาก
Sinkholes
River
Stream disappears underground
Debris (soil, rock, etc.)
Stream appears from underground
Caves
Stream disappears
Cave mouth
Groundwater table
LIMESTONE
1
2

Slide 17


อุทกวิทยา (GEO2102)
17
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
Sinkholes
River
Stream disappears underground
Debris (soil, rock, etc.)
Stream appears from underground
Caves
Stream disappears
Cave mouth
Groundwater

Slide 18


อุทกวิทยา (GEO2102)
18
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.4 ดิน
ดิน เป็นแหล่งกักเก็บความชื้นที่ดี โดยส่วนสำคัญที่เป็นตัวกักเก็บความชื้นคือ อินทรียวัตถุ
การสูญเสียน้ำในดิน เกิดจาก การระเหยจากดินและการคายน้ำของพืช
โครงสร้างของดินจะเป็นตัวกำหนดอัตราการซึมน้ำและการกักเก็บน้ำของดิน

Slide 19

อุทกวิทยา (GEO2102)
19
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.4 แม่น้ำ
แม่น้ำมีหน้าที่เติมน้ำลงสู่ทะเลเพื่อทดแทนปริมาณน้ำที่ระเหยออกไป
แม่น้ำจะได้รับน้ำจาก น้ำไหลบ่าผิวดิน หิมะและน้ำใต้ดิน

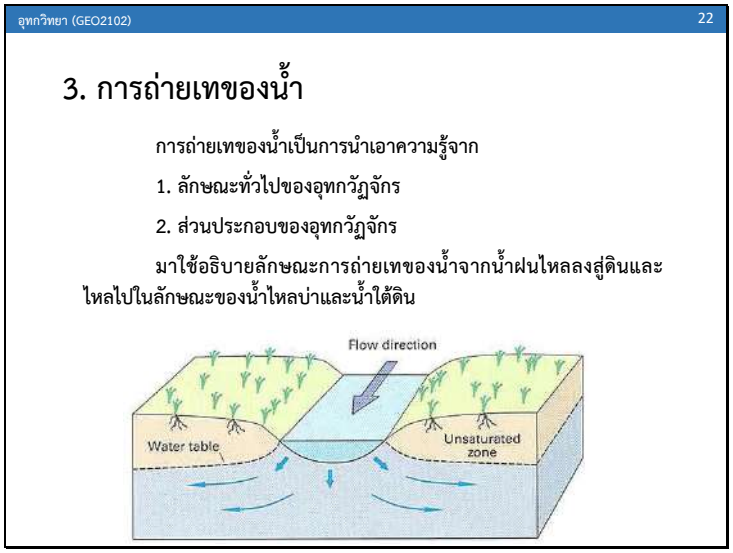
Slide 20

อุทกวิทยา (GEO2102)
20
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.4 แม่น้ำ (ต่อ)
โดยทั่วไป น้ำไหลบ่าผิวดิน (runoff) มีผลเสียมากกว่าผลดี เพราะเป็นน้ำที่สูญเสียลงสู่ลำธาร ทำให้เกิดน้ำท่วม และเกิดการชะล้างพังทะลายดิน
น้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำสำคัญที่เติมน้ำให้กับลำธารในช่วงฤดูแล้ง
Surface-water divides
Local Watershed
Water table
Runoff
Local groundwater flow
Regional groundwater flow
Groundwater

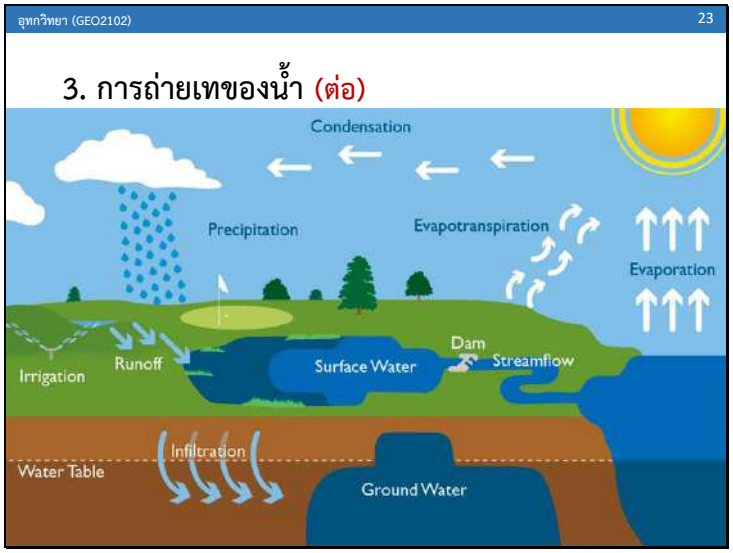
Slide 21

อุทกวิทยา (GEO2102)
21
2. องค์ประกอบของอุทกวัฏจักร (ต่อ)
2.5 ทะเลสาบ
ลักษณะเด่นของทะเลสาบในอุทกวัฏจักรคือการระเหย
ทะเลสาบที่มีทางน้ำไหลผ่านสามารถช่วยคุมปริมาณน้ำไหลในลำธารและแม่น้ำได้

Slide 22


อุทกวิทยา (GEO2102)
22
3. การถ่ายเทของน้ำ
การถ่ายเทของน้ำเป็นการนำเอาความรู้จาก
1. ลักษณะทั่วไปของอุทกวัฏจักร
2. ส่วนประกอบของอุทกวัฏจักร
มาใช้อธิบายลักษณะการถ่ายเทของน้ำจากน้ำฝนไหลลงสู่ดินและไหลไปในลักษณะของน้ำไหลบ่าและน้ำใต้ดิน
Flow direction
Water table
Unsaturated zone

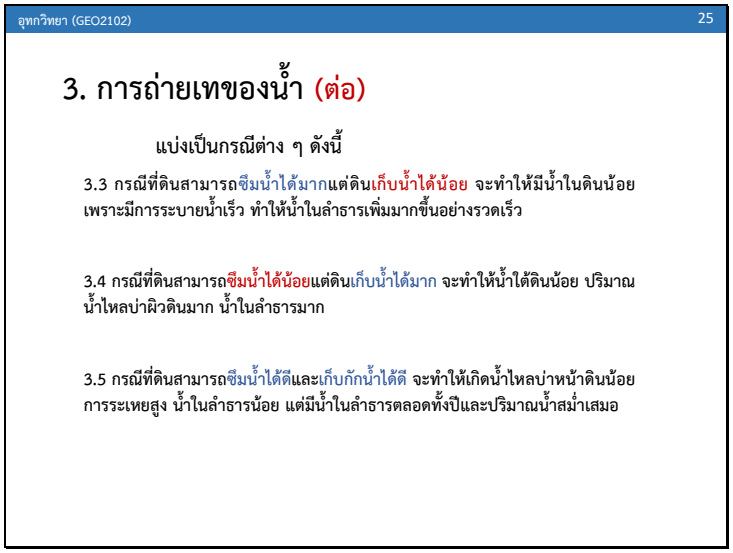
Slide 23


อุทกวิทยา (GEO2102)
23
3. การถ่ายเทของน้ำ (ต่อ)
Condensation
Precipitation
Evapotranspiration
Evaporation
Dam
Streamflow
Runoff
Surface Water
Irrigation
Infiltration
Water Table
Ground Water

Slide 24

อุทกวิทยา (GEO2102)
24
3. การถ่ายเทของน้ำ (ต่อ)
แบ่งเป็นกรณีต่าง ๆ ดังนี้
3.1 กรณีที่ดินซึมน้ำได้น้อยและเก็บกักน้ำได้น้อยจะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าผิวดินมากดินมีความชื้นน้อย น้ำใต้ดินอยู่ในระดับต่ำ แม่น้ำแห้งในฤดูแล้ง
3.2 กรณีที่ดินซึมน้ำได้มากและเก็บกักน้ำได้สูง ปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินจะน้อยกว่ากรณีที่ 3.1 ความชื้นในดินสูง การระเหยสูง น้ำใต้ดินสูง ปริมาณน้ำในลำธารจะสม่ำเสมอ ลำธารมีน้ำไหลทั้งปี
Recharging precipitation
Unsaturated zone (soil moisture)
Recharge ditch
Stream fed by groundwater discharge
Sea
Saturated zone (groundwater)
Groundwater flow
Aquifer
Groundwater discharge to the sea
Saltwater intrusion

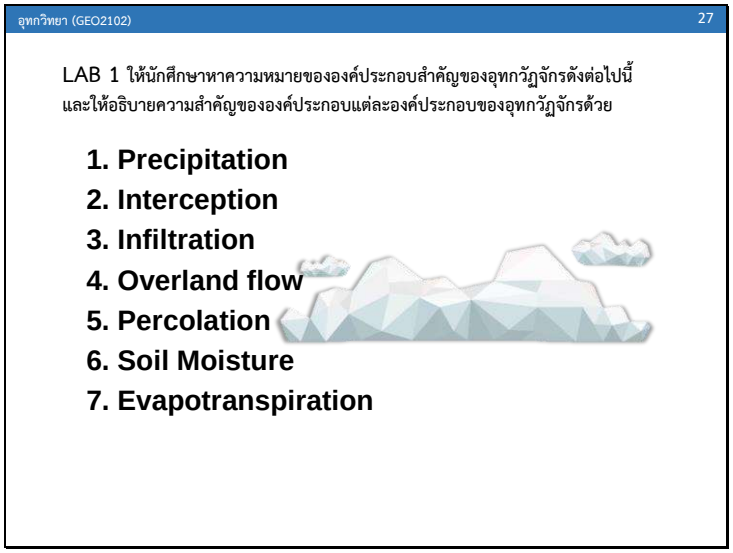
Slide 25


อุทกวิทยา (GEO2102)
25
3. การถ่ายเทของน้ำ (ต่อ)
แบ่งเป็นกรณีต่าง ๆ ดังนี้
3.3 กรณีที่ดินสามารถซึมน้ำได้มากแต่ดินเก็บน้ำได้น้อย จะทำให้มีน้ำในดินน้อย เพราะมีการระบายน้ำเร็ว ทำให้น้ำในลำธารเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว
3.4 กรณีที่ดินสามารถซึมน้ำได้น้อยแต่ดินเก็บน้ำได้มาก จะทำให้น้ำใต้ดินน้อย ปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินมาก น้ำในลำธารมาก
3.5 กรณีที่ดินสามารถซึมน้ำได้ดีและเก็บกักน้ำได้ดี จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อย การระเหยสูง น้ำในลำธารน้อย แต่มีน้ำในลำธารตลอดทั้งปีและปริมาณน้ำสม่ำเสมอ

Slide 26

อุทกวิทยา (GEO2102)
26
3. การถ่ายเทของน้ำ (ต่อ)
การนำความรู้ด้านการซึม (Infiltration) มาใช้กับการสร้างถนนที่ให้น้ำซึมได้ เพื่อลดปริมาณน้ำไหลบ่า (runoff)
ASPHALT PAVEMENT
NATURE
PERVIOUS CONCRETE
Zero Infiltration and Treatment
Normal Infiltration and Treatment
Increased Infiltration and Treatment
Source: http://www.tahmahlah.com/project/habitat/driveway

Slide 27


อุทกวิทยา (GEO2102)
27
LAB 1 ให้นักศึกษาหาความหมายขององค์ประกอบสำคัญของอุทกวัฏจักรดังต่อไปนี้
และให้อธิบายความสำคัญขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบของอุทกวัฏจักรด้วย
1. Precipitation
2. Interception
3. Infiltration
4. Overland flow
5. Percolation
6. Soil Moisture
7. Evapotranspiration

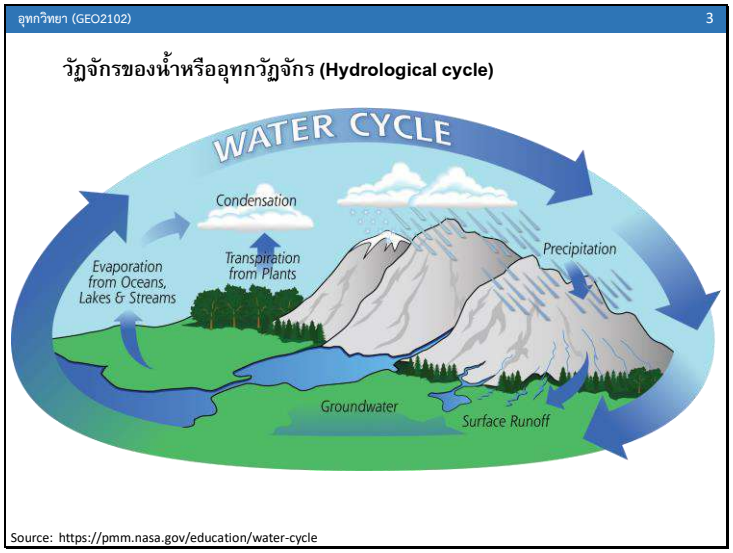
Slide 1

อุทกวิทยา (Hydrology)
4. วัฏจักรของน้ำ (2)
ผู้สอน อาจารย์คธาวุฒิ ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Slide 2

อุทกวิทยา (GEO2102) 2
หัวข้อที่จะศึกษาในวันนี้
1. Precipitation (น้ำจากอากาศ)
2. Streamflow (ธารน้ำไหล)
3. Infiltration (การซึม)
4. Groundwater (น้ำใต้ดิน)
5. Evaporation (การระเหย)
6. Transpiration (การคายน้ำของพืช)
7. Evapotranspiration (การคายระเหย)
8. Surface runoff (น้ำท่าผิวดิน)
9. Subsurface runoff (น้ำไหลใต้ผิวดิน)
10. Seepage (ตาน้ำ)
11. Condensation (การกลั่นตัวของไอน้ำ)

Slide 3


อุทกวิทยา (GEO2102)
3
วัฏจักรของน้ำหรืออุทกวัฏจักร (Hydrological cycle)
WATER CYCLE
Condensation
Precipitation
Transpiration from Plants
Evaporation from Oceans, Lakes & Streams
Groundwater
Surface Runoff
Source: https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle

Slide 4

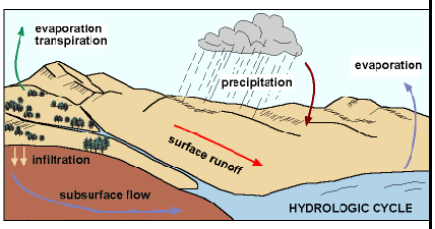


## 1. Precipitation (น้ำจากอากาศ)

พื้นที่ป่าต้นน้ำ (Upstream) ประกอบด้วยพันธุ์ไม้ที่แตกต่างกันตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล

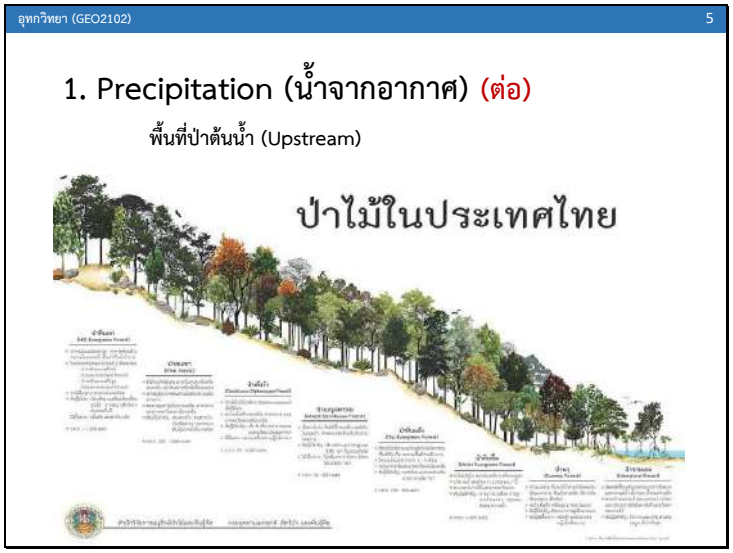
เมื่อเกิดฝนตกลงมาบริเวณป่าต้นน้ำ ทำให้เกิดทิศทางการไหลของน้ำ 2 รูปแบบ ดังนี้

1. Surface runoff (น้ำท่า) ไหลบ่าบนหน้าดิน
2. Infiltration (ไหลซึมลงดิน) ซึ่งสามารถรับได้ระดับหนึ่ง เกิดเป็นน้ำซับน้ำซึม (subsurface runoff)

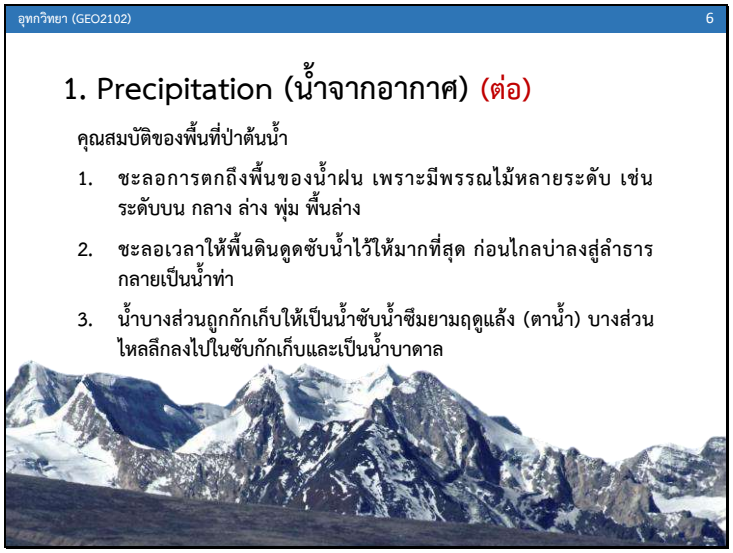



Source: https://imnh.iri.isu.edu/digitalatlas/hydr/concepts/surfhyd/srfwtr.htm

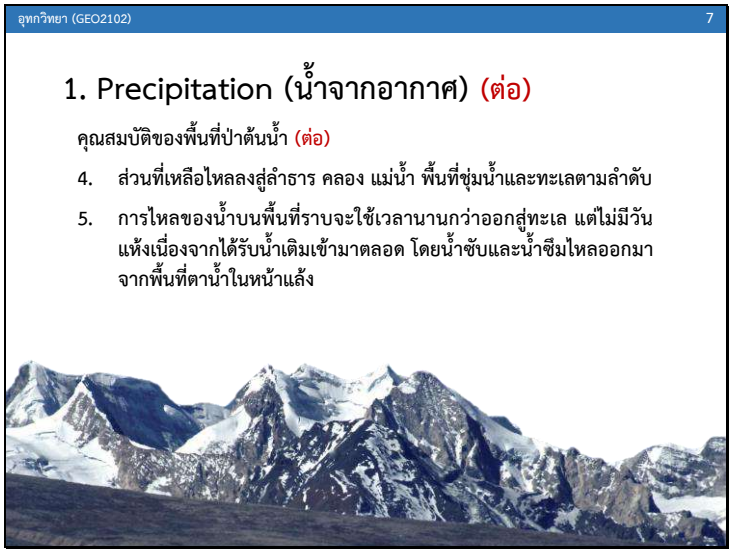
Slide 5


อุทกวิทยา (GEO2102) 5
1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)
พื้นที่ป่าต้นน้ำ (Upstream)
ป่าไม้ในประเทศไทย

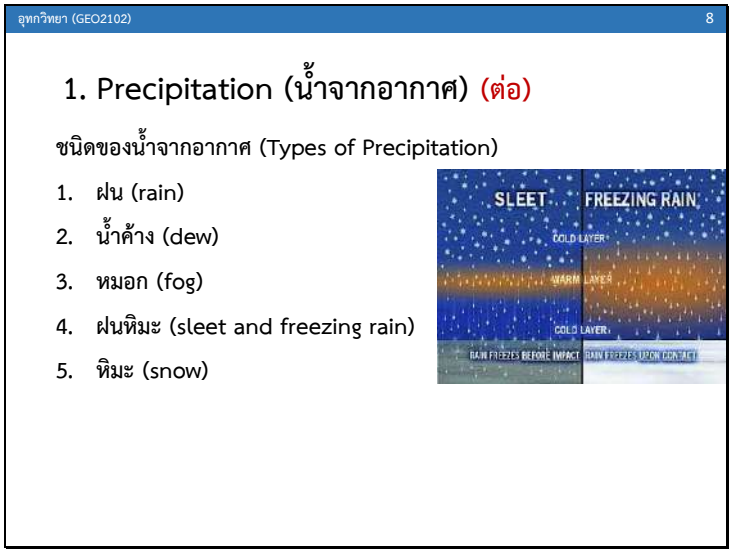
Slide 6


อุทกวิทยา (GEO2102) 6
1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)
คุณสมบัติของพื้นที่ป่าต้นน้ำ
1. ชะลอการตกถึงพื้นของน้ำฝน เพราะมีพรรณไม้หลายระดับ เช่น ระดับบน กลาง ล่าง พุ่ม พื้นล่าง
2. ชะลอเวลาให้พื้นดินดูดซับน้ำไว้ให้มากที่สุด ก่อนไกลบ่าลงสู่ลำธาร กลายเป็นน้ำท่า
3. น้ำบางส่วนถูกกักเก็บให้เป็นน้ำซับน้ำซึมยามฤดูแล้ง (ตาน้ำ) บางส่วนไหลลึกลงไปในซับกักเก็บและเป็นน้ำบาดาล

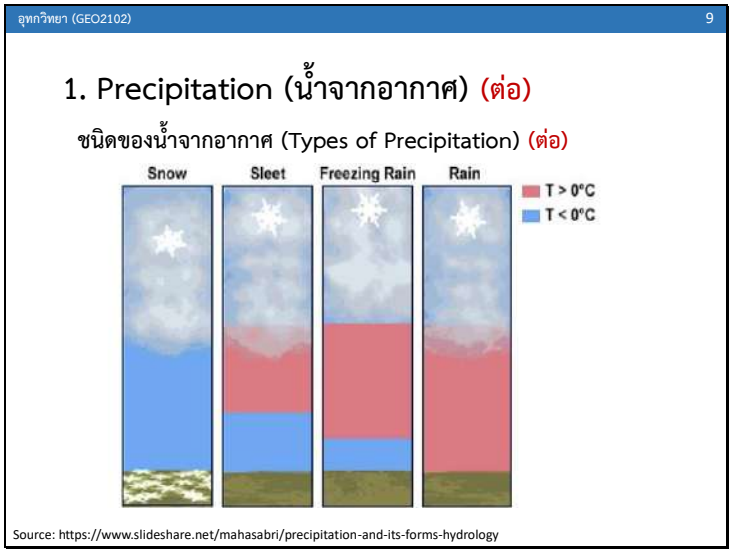
Slide 7


อุทกวิทยา (GEO2102) 7
1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)
คุณสมบัติของพื้นที่ป่าต้นน้ำ (ต่อ)
4. ส่วนที่เหลือไหลลงสู่ลำธาร คลอง แม่น้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำและทะเลตามลำดับ
5. การไหลของน้ำบนพื้นที่ราบจะใช้เวลานานกว่าออกสู่ทะเล แต่ไม่มีวันแห้งเนื่องจากได้รับน้ำเติมเข้ามาตลอด โดยน้ำซับและน้ำซึมไหลออกมาจากพื้นที่ตาน้ำในหน้าแล้ง

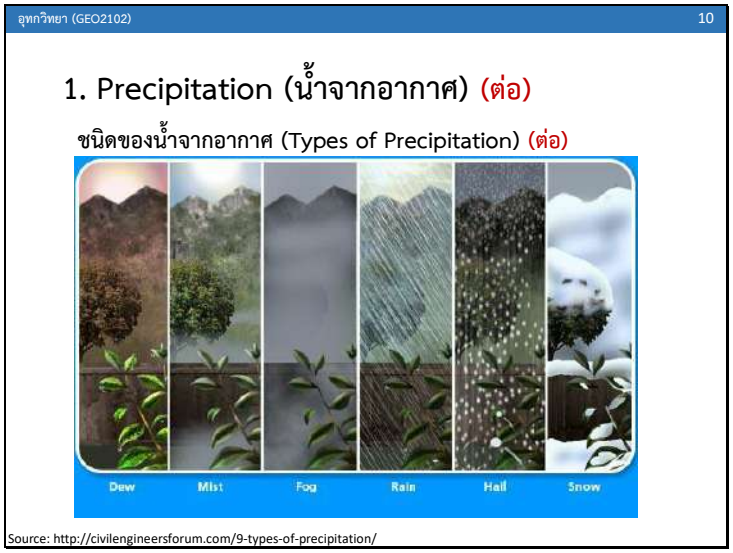
Slide 8


อุทกวิทยา (GEO2102) 8
1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)
ชนิดของน้ำจากอากาศ (Types of Precipitation)
1. ฝน (rain)
2. น้ำค้าง (dew)
3. หมอก (fog)
4. ฝนหิมะ (sleet and freezing rain)
5. หิมะ (snow)
SLEET
FREEZING RAIN
COLD LAYER
WARM LAYER
COLD LAYER
RAIN FREEZES BEFORE IMPACT
RAIN FREEZES UPON CONTACT

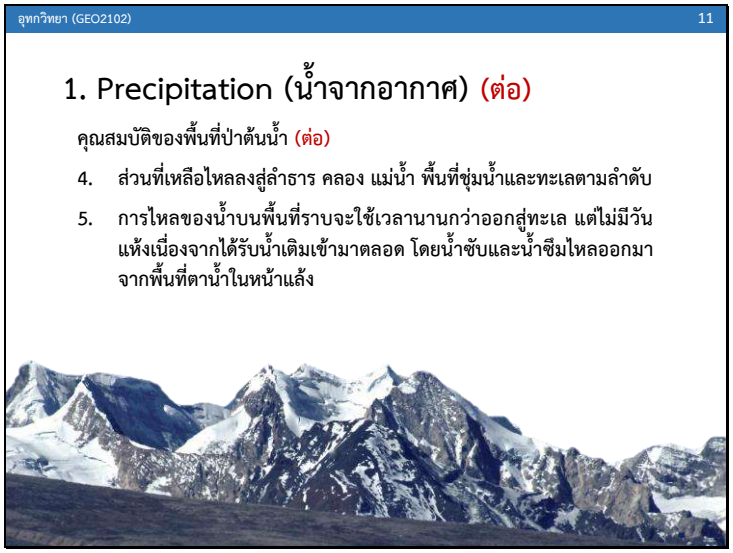
Slide 9


อุทกวิทยา (GEO2102) 9
1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)
ชนิดของน้ำจากอากาศ (Types of Precipitation) (ต่อ)
Snow
Sleet
Freezing Rain
Rain
T > 0°C
T < 0°C
Source: https://www.slideshare.net/mahasabri/precipitation-and-its-forms-hydrology

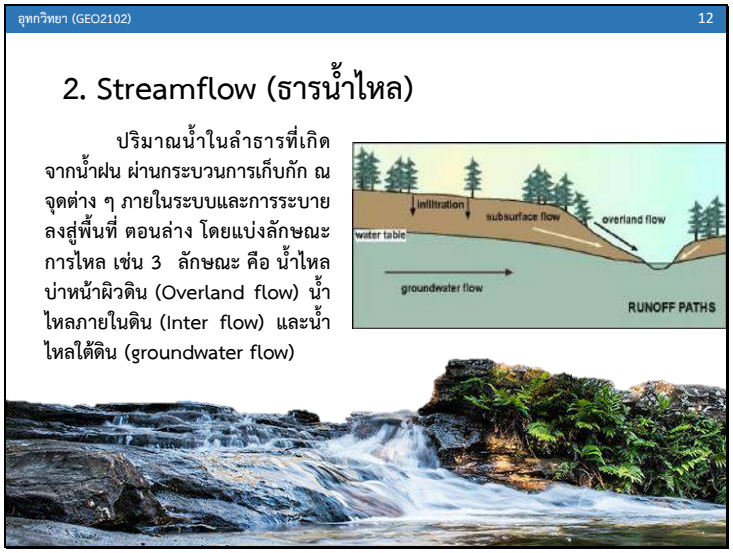
Slide 10


อุทกวิทยา (GEO2102)
10
1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)
ชนิดของน้ำจากอากาศ (Types of Precipitation) (ต่อ)
Dew
Mist
Fog
Rain
Hail
Snow
Source: http://civilengineersforum.com/9-types-of-precipitation/

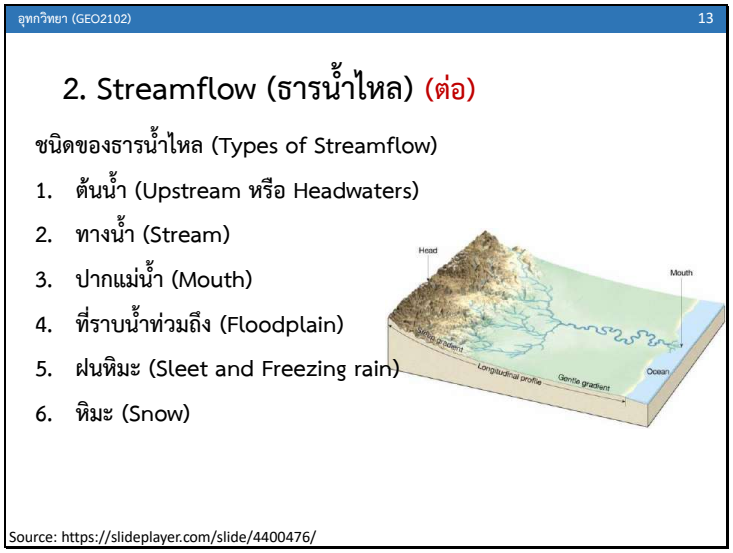
Slide 11


อุทกวิทยา (GEO2102) 11
1. Precipitation (น้ำจากอากาศ) (ต่อ)
คุณสมบัติของพื้นที่ป่าต้นน้ำ (ต่อ)
4. ส่วนที่เหลือไหลลงสู่ลำธาร คลอง แม่น้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำและทะเลตามลำดับ
5. การไหลของน้ำบนพื้นที่ราบจะใช้เวลานานกว่าออกสู่ทะเล แต่ไม่มีวันแห้งเนื่องจากได้รับน้ำเติมเข้ามาตลอด โดยน้ำซับและน้ำซึมไหลออกมาจากพื้นที่ตาน้ำในหน้าแล้ง

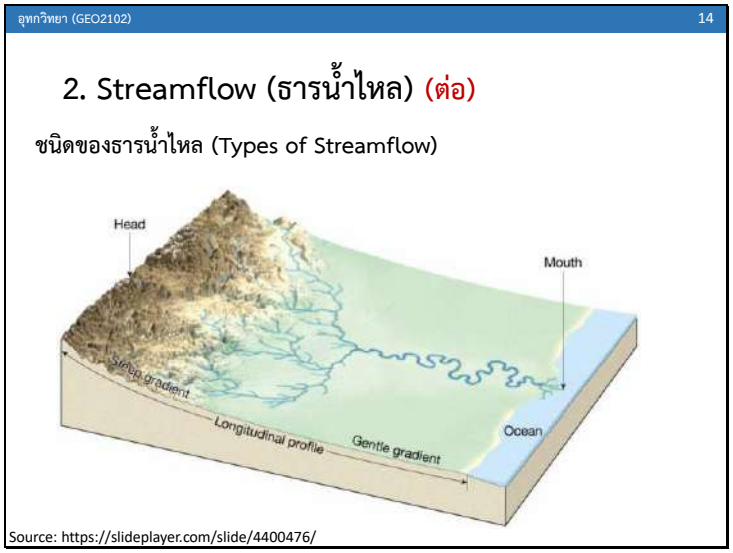
Slide 12


อุทกวิทยา (GEO2102) 12
2. Streamflow (ธารน้ำไหล)
ปริมาณน้ำในลำธารที่เกิดจากน้ำฝน ผ่านกระบวนการเก็บกัก ณ จุดต่าง ๆ ภายในระบบและการระบายลงสู่พื้นที่ ตอนล่าง โดยแบ่งลักษณะการไหล เช่น 3 ลักษณะ คือ น้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน (Overland flow) น้ำไหลภายในดิน (Inter flow) และน้ำไหลใต้ดิน (groundwater flow)
infiltration
subsurface flow
overland flow
water table
groundwater flow
RUNOFF PATHS

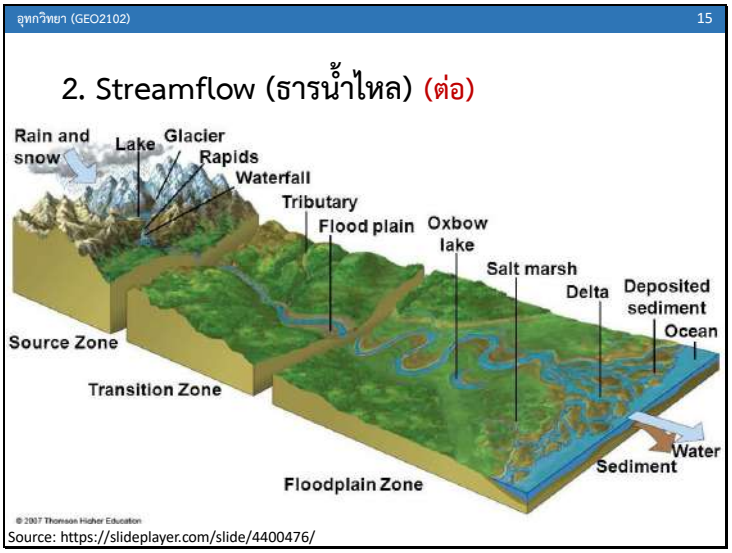
Slide 13


อุทกวิทยา (GEO2102) 13
2. Streamflow (ธารน้ำไหล) (ต่อ)
ชนิดของธารน้ำไหล (Types of Streamflow)
1. ต้นน้ำ (Upstream หรือ Headwaters)
2. ทางน้ำ (Stream)
3. ปากแม่น้ำ (Mouth)
4. ที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain)
5. ฝนหิมะ (Sleet and Freezing rain)
6. หิมะ (Snow)
Head
Mouth
Steep gradient
Longitudinal profile
Gentle gradient
Ocean
Source: https://slideplayer.com/slide/4400476/

Slide 14


อุทกวิทยา (GEO2102)
14
2. Streamflow (ธารน้ำไหล) (ต่อ)
ชนิดของธารน้ำไหล (Types of Streamflow)
Head
Mouth
Steep gradient
Longitudinal profile
Gentle gradient
Ocean
Source: https://slideplayer.com/slide/4400476/

Slide 15



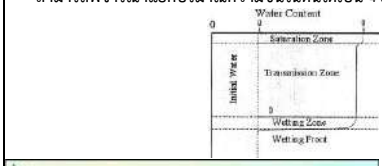
Source: https://slideplayer.com/slide/4400476/

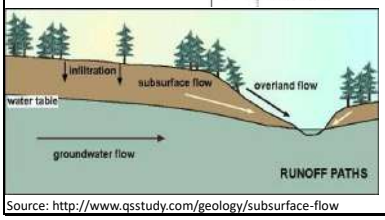
Slide 16



## 3. Infiltration (การซึม)

กระบวนการซึมลงดินเริ่มต้นขึ้นเมื่อมีน้ำตกลงสู่ผิวดินน้ำจะซึมผ่านผิวดินและแพร่ลงไปในดินตามแรงดึงความชื้นจนกระทั่งดินอิ่มตัวด้วยน้ำ จากนั้นแรงดึงดูดของโลกจะทำให้น้ำไหลลึกซึมลงไปในดิน สามารถพิจารณาแยกปริมาณความชื้นในดินได้เป็น 4 ส่วน คือ




Source: http://www.qsstudy.com/geology/subsurface-flow

1. ส่วนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturation zone) ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ใกล้กับผิวดิน
2. ส่วนที่น้ำแพร่ผ่าน (transmission zone) เป็นส่วนที่น้ำไหลผ่านชั้นดิน ขณะที่ดินยังไม่อิ่มตัวโดยปริมาณความชื้นตลอดหน้าตัดใกล้เคียงกัน
3. ส่วนที่กำลังเปียก (wetting zone) เป็นส่วนที่ความชื้นกำลังเพิ่มขึ้นโดยในชั้นดินที่ลึกลงไปจะมีความชื้นน้อย
4. หน้าตัดที่กำลังเปียก (wetting front) เป็นหน้าตัดที่เริ่มเปียกน้ำและกำลังมีการเปลี่ยนความชื้นอย่างรวดเร็ว

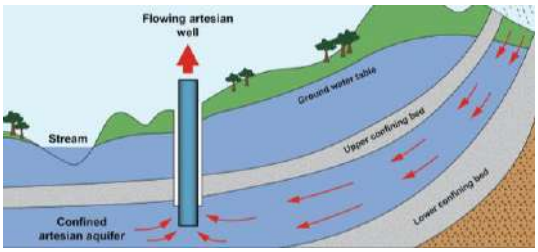
Slide 17

อุทกวิทยา (GEO2102) 17

## 4. Groundwater (น้ำใต้ดิน)

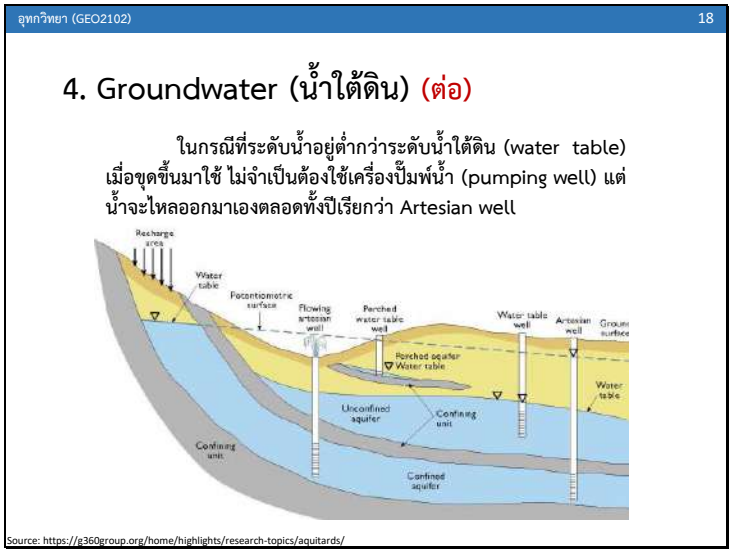
น้ำที่ไหลซึมลงดินและถูกกักเก็บโดยชั้นหินอุ้มน้ำ (aquifer) ใต้ดิน หรือตามรอยแตก (fracture)

Confined aquifer ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีแรงดัน เป็นชั้นน้ำที่อยู่ระหว่างชั้นหินที่รองรับด้านล่าง (lower aquitard) และชั้นหินที่ปิดทับด้านบน (upper aquitard) ทำให้น้ำบาดาลที่กักเก็บในบริเวณนี้มีแรงดัน




Source: http://www.vaiwai.com/au/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=106

Slide 18


อุทกวิทยา (GEO2102) 18
4. Groundwater (น้ำใต้ดิน) (ต่อ)
ในกรณีที่ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน (water table) เมื่อขุดขึ้นมาใช้ ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องปั๊มพ์น้ำ (pumping well) แต่น้ำจะไหลออกมาเองตลอดทั้งปีเรียกว่า Artesian well
Recharge area
Water table
Potentiometric surface
Flowing artesian well
Perched water table well
Water table well
Artesian well
Perched aquifer
Water table
Unconfined aquifer
Confining unit
Confining unit
Confined aquifer
Water table
Source: https://g360group.org/home/highlights/research-topics/aquitards/

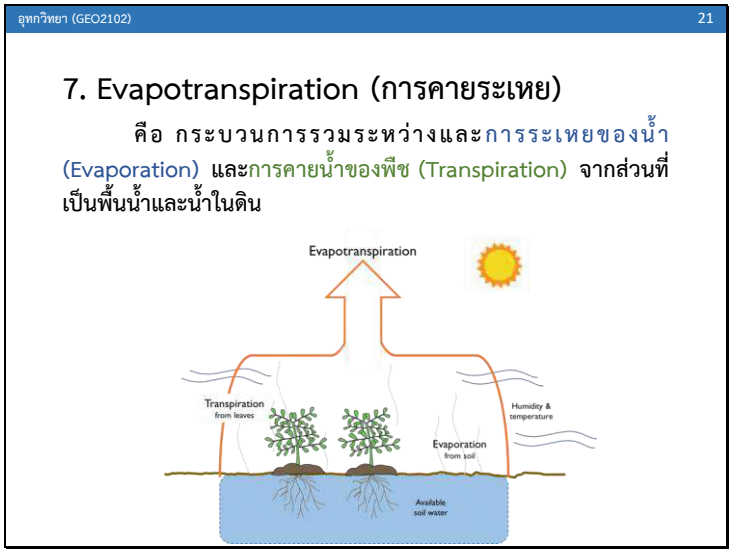
Slide 19

อุทกวิทยา (GEO2102) 19
5. Evaporation (การระเหยของน้ำ)
คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินรอบ ๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในแหล่งน้ำหรือบริเวณที่มีน้ำขังอยู่ รวมถึงจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำ
COHESIVE FORCES KEEP MOLECULES TOGETHER. EVAPORATION IS THE ESCAPE.

Slide 20

อุทกวิทยา (GEO2102)
20
6. Transpiration (การคายน้ำของพืช)
คือ ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินเพื่อนำไปใช้ใน การสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ
Transpiration:
Water vapor escapes
from pores under leaves
TRY THIS...
If you cover an
entire leaf of a green
plant, you will notice
that the plastic bag
will look foggy after
a while.
Evaporation:
Water in the soils
change to gas as the
the ground surface
warms up
Soil moisture
Warm ground surface
©Eschooltoday.com

Slide 21

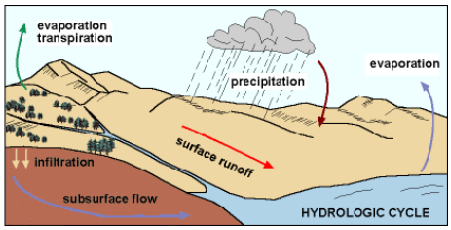

อุทกวิทยา (GEO2102)
21
7. Evapotranspiration (การคายระเหย)
คือ กระบวนการรวมระหว่างและการระเหยของน้ำ (Evaporation) และการคายน้ำของพืช (Transpiration) จากส่วนที่เป็นพื้นน้ำและน้ำในดิน
Evapotranspiration
Transpiration from leaves
Humidity & temperature
Evaporation from soil
Available soil water

Slide 22

อุทกวิทยา (GEO2102) 22

## 8. Surface runoff (น้ำท่าผิวดิน)

Runoff คือ ปริมาณน้ำในลำธารที่เกิดจากน้ำฝน ผ่านกระบวนการเก็บกัก ณ จุดต่าง ๆ ภายในระบบและการระบายลงสู่พื้นที่ตอนล่าง ในกรณีของ Surface runoff คือ น้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน (Overland flow)



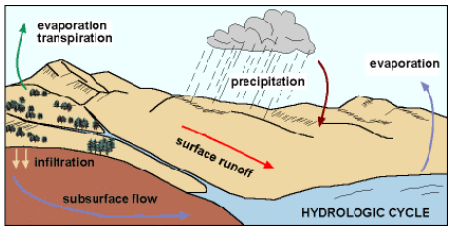

Source: https://imnh.iri.isu.edu/digitalatlas/hydr/concepts/surfhyd/srfwtr.htm

Slide 23

อุทกวิทยา (GEO2102) 23

## 9. Subsurface runoff (น้ำไหลใต้ผิวดิน)

คือ ปริมาณน้ำในลำธารที่เกิดจากน้ำฝน ผ่านกระบวนการเก็บกัก ณ จุดต่าง ๆ ภายในระบบและการระบายลงสู่พื้นที่ตอนล่าง ในกรณีของ Subsurface runoff คือ น้ำไหลภายในดิน (Inter flow) และน้ำไหลใต้ดิน (groundwater flow)



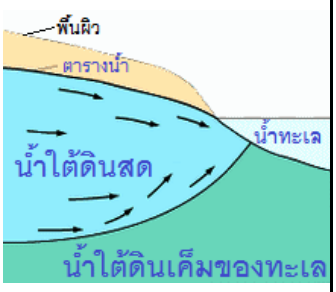

Source: https://imnh.iri.isu.edu/digitalatlas/hydr/concepts/surfhyd/srfwtr.htm

Slide 24

อุทกวิทยา (GEO2102) 24

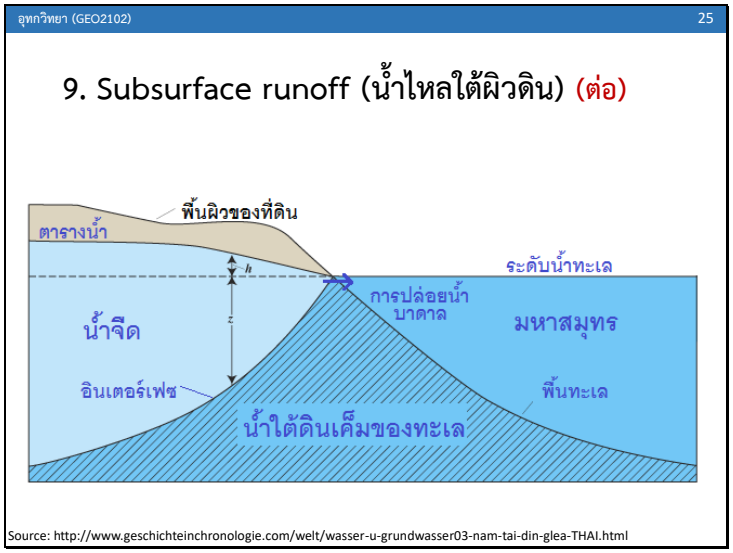
## 9. Subsurface runoff (น้ำไหลใต้ผิวดิน) (ต่อ)

น้ำใต้ดินยังคงสภาพจืดอยู่เสมอภายใต้ความกดดัน จากภาพ ด้านล่างเป็นน้ำทะเลที่มีการผสมของน้ำใต้ดินและน้ำทะเล ที่ไม่สามารถผสมกับน้ำใต้ดินได้ เพราะน้ำเค็มมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำจืด และมีการวางตัวโดยอัตโนมัติภายใต้น้ำจืด

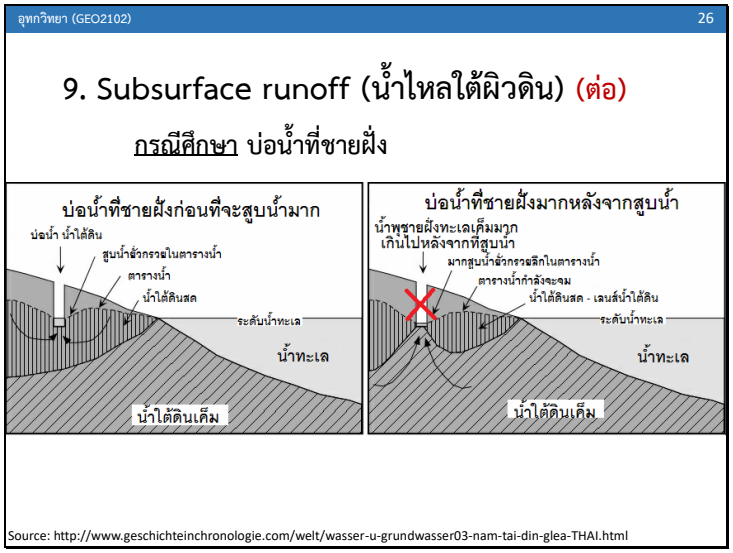



Source: http://www.geschichteinchronologie.com/welt/wasser-u-grundwasser03-nam-tai-din-glea-THAI.html

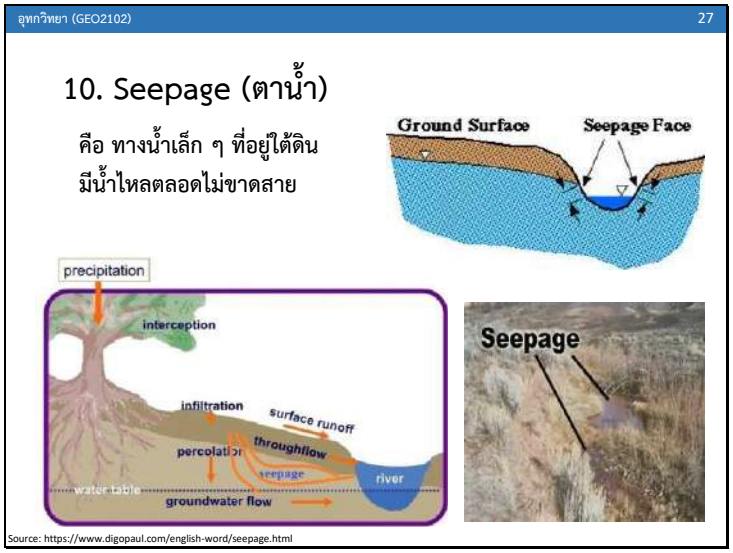
Slide 25


อุทกวิทยา (GEO2102)
25
9. Subsurface runoff (น้ำไหลใต้ผิวดิน) (ต่อ)
พื้นผิวของที่ดิน
ตารางน้ำ
h
z
น้ำจืด
อินเตอร์เฟซ
ระดับน้ำทะเล
การปล่อยน้ำบาดาล
มหาสมุทร
พื้นทะเล
น้ำใต้ดินเค็มของทะเล
Source: http://www.geschichteinchronologie.com/welt/wasser-u-grundwasser03-nam-tai-din-glea-THAI.html

Slide 26


อุทกวิทยา (GEO2102)
26
9. Subsurface runoff (น้ำไหลใต้ผิวดิน) (ต่อ)
กรณีศึกษา บ่อน้ำที่ชายฝั่ง
บ่อน้ำที่ชายฝั่งก่อนที่จะสูบน้ำมาก
บ่อน้ำ
น้ำใต้ดิน
สูบน้ำขั้วกรวดในตารางน้ำ
ตารางน้ำ
น้ำใต้ดินสด
ระดับน้ำทะเล
น้ำทะเล
น้ำใต้ดินเค็ม
บ่อน้ำที่ชายฝั่งมากหลังจากสูบน้ำ
น้ำพุชายฝั่งทะเลเค็มมาก
เกินไปหลังจากที่สูบน้ำ
มากสูบน้ำขั้วกรวดพลิกในตารางน้ำ
ตารางน้ำกำลังจะจม
น้ำใต้ดินสด - เลนส์น้ำใต้ดิน
ระดับน้ำทะเล
น้ำทะเล
น้ำใต้ดินเค็ม
Source: http://www.geschichteinchronologie.com/welt/wasser-u-grundwasser03-nam-tai-din-glea-THAI.html

Slide 27


อุทกวิทยา (GEO2102)
27
10. Seepage (ตาน้ำ)
คือ ทางน้ำเล็ก ๆ ที่อยู่ใต้ดิน
มีน้ำไหลตลอดไม่ขาดสาย
Ground Surface
Seepage Face
precipitation
interception
infiltration
surface runoff
throughflow
percolation
seepage
river
groundwater flow
Seepage
Source: https://www.digopaul.com/english-word/seepage.html

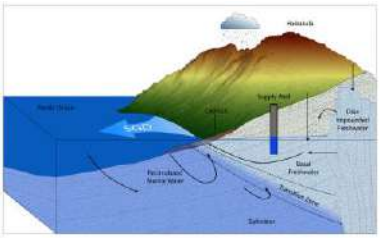
Slide 28

อุทกวิทยา (GEO2102) 28

## 10. Seepage (ตาน้ำ) (ต่อ)

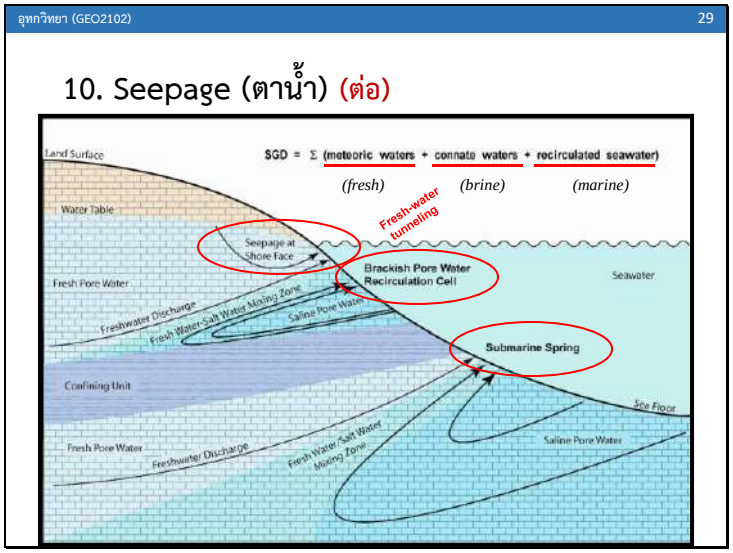
Submarine Groundwater Discharge (SGD) คือ พื้นที่ที่น้ำบาดาลจากบนแผ่นดินไหลผ่านตามชั้นน้ำบาดาลและมาไหลออกบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล หรือบริเวณตามเกาะแก่งในมหาสมุทร น้ำที่ผุดออกมานี้จะอุดมไปด้วยธาตุอาหารและอินทรียวัตถุต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตในมหาสมุทร

การไหลและซึมออกมาอย่างนี้ (Seepage) ได้นำพาธาตุที่จำเป็นจากแผ่นดินเรียกกลุ่มธาตุนี้ว่า Trace Gas ได้แก่เหล็ก (Fe) และซิลิกา ($SiO_2$) ลงสู่ทะเลอีกด้วย



Source: https://www.researchgate.net/figure/Conceptual-Hydrogeologic-Model-of-Groundwater-Flow-Submarine-Groundwater-Discharge-and_fig1_319268817

Slide 29


อุทกวิทยา (GEO2102)
29
10. Seepage (ตาน้ำ) (ต่อ)
Land Surface
SGD = Σ (meteoric waters + connate waters + recirculated seawater)
(fresh)
(brine)
(marine)
Water Table
Fresh-water tunneling
Seepage at Shore Face
Brackish Pore Water Recirculation Cell
Seawater
Fresh Pore Water
Freshwater Discharge
Fresh Water-Salt Water Mixing Zone
Saline Pore Water
Submarine Spring
Confining Unit
Sea Floor
Fresh Pore Water
Freshwater Discharge
Fresh Water-Salt Water Mixing Zone
Saline Pore Water

Slide 30

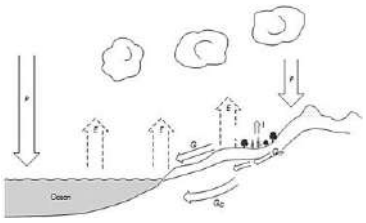
อุทกวิทยา (GEO2102) 30

## สมการสมดุลของน้ำ

$$P \pm E \pm \Delta S \pm Q = 0$$

$$P - Q - \Delta S - E = 0$$

$$Q = P - \Delta S - E$$



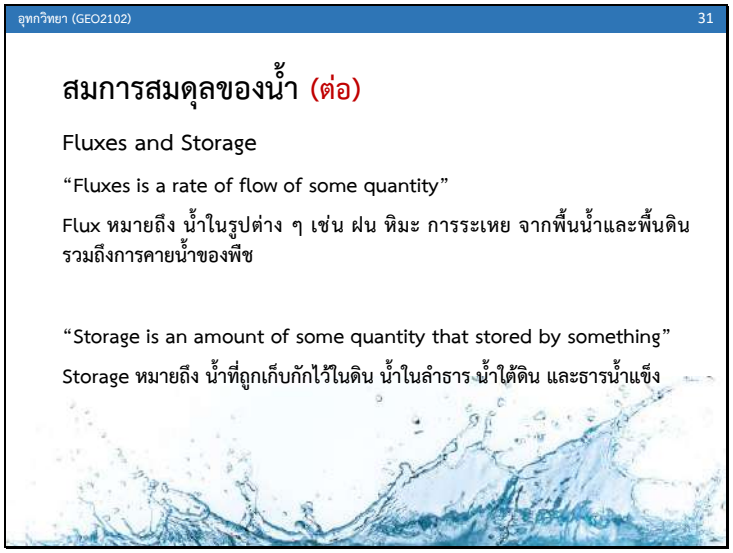
P คือ หยาดน้ำฟ้า (Precipitation)

E คือ การระเหย (Evaporation)

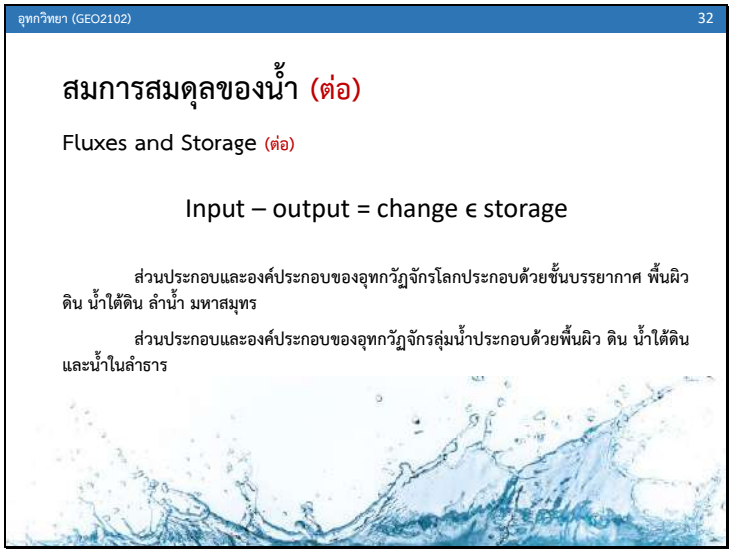
ΔS คือ ความผันแปรของปริมาณการกักเก็บ (Change in water storage)

Q คือ น้ำไหลบ่าหน้าดิน (Runoff)

Slide 31


อุทกวิทยา (GEO2102) 31
สมการสมดุลของน้ำ (ต่อ)
Fluxes and Storage
“Fluxes is a rate of flow of some quantity”
Flux หมายถึง น้ำในรูปต่าง ๆ เช่น ฝน หิมะ การระเหย จากพื้นน้ำและพื้นดิน รวมถึงการคายน้ำของพืช
“Storage is an amount of some quantity that stored by something”
Storage หมายถึง น้ำที่ถูกเก็บกักไว้ในดิน น้ำในลำธาร น้ำใต้ดิน และธารน้ำแข็ง

Slide 32


อุทกวิทยา (GEO2102) 32
สมการสมดุลของน้ำ (ต่อ)
Fluxes and Storage (ต่อ)
Input – output = change ϵ storage
ส่วนประกอบและองค์ประกอบของอุทกวัฏจักรโลกประกอบด้วยชั้นบรรยากาศ พื้นผิวดิน น้ำใต้ดิน ลำน้ำ มหาสมุทร
ส่วนประกอบและองค์ประกอบของอุทกวัฏจักรลุ่มน้ำประกอบด้วยพื้นผิว ดิน น้ำใต้ดิน และน้ำในลำธาร

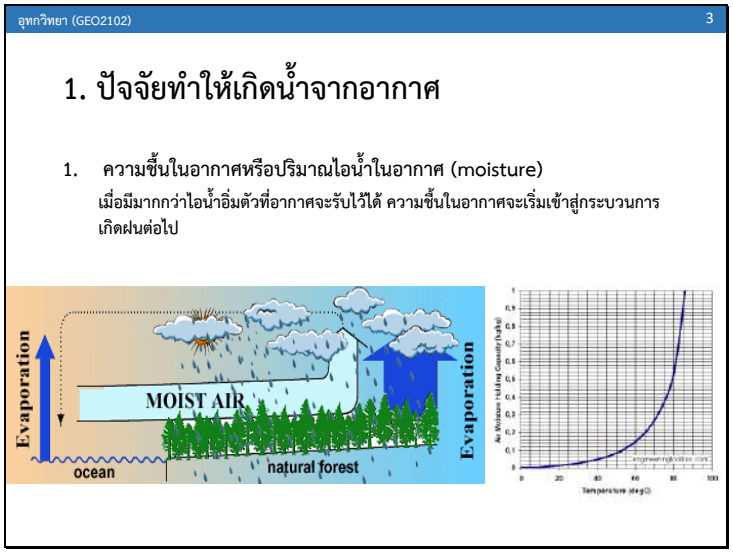
Slide 1

อุทกวิทยา (Hydrology)
5. น้ำจากอากาศ (Precipitation)
ผู้สอน อาจารย์คธาวุฒิ ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

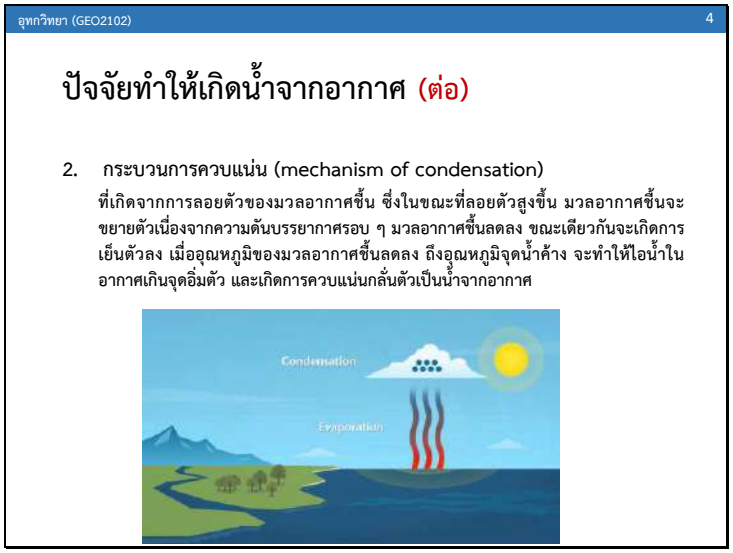
Slide 2

อุทกวิทยา (GEO2102)
2
หัวข้อที่จะศึกษาในวันนี้
1. ปัจจัยทำให้เกิดน้ำจากอากาศ
2. ชนิดของฝน
3. ชนิดของการเกิดฝน
4. การทำฝนเทียม
5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า
6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า
clouds
sun
rain
vapor
snow
water falls
mountains
vapor

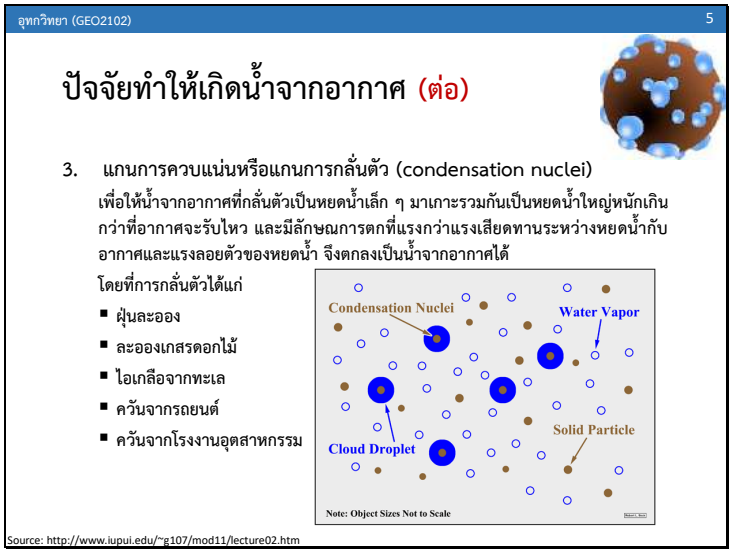
Slide 3


อุทกวิทยา (GEO2102)
3
1. ปัจจัยทำให้เกิดน้ำจากอากาศ
1. ความชื้นในอากาศหรือปริมาณไอน้ำในอากาศ (moisture)
เมื่อมีมากกว่าไอน้ำอิ่มตัวที่อากาศจะรับไว้ได้ ความชื้นในอากาศจะเริ่มเข้าสู่กระบวนการเกิดฝนต่อไป
Evaporation
MOIST AIR
ocean
natural forest
Evaporation

Slide 4


อุทกวิทยา (GEO2102)
4
ปัจจัยทำให้เกิดน้ำจากอากาศ (ต่อ)
2. กระบวนการควบแน่น (mechanism of condensation)
ที่เกิดจากการลอยตัวของมวลอากาศขึ้น ซึ่งในขณะที่ลอยตัวสูงขึ้น มวลอากาศขึ้นจะขยายตัวเนื่องจากความดันบรรยากาศรอบ ๆ มวลอากาศขึ้นลดลง ขณะเดียวกันจะเกิดการเย็นตัวลง เมื่ออุณหภูมิของมวลอากาศขึ้นลดลง ถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้าง จะทำให้ไอน้ำในอากาศเกินจุดอิ่มตัว และเกิดการควบแน่นกลั่นตัวเป็นน้ำจากอากาศ
Condensation
Evaporation

Slide 5


อุทกวิทยา (GEO2102)
5
ปัจจัยทำให้เกิดน้ำจากอากาศ (ต่อ)
3. แกนการควบแน่นหรือแกนการกลั่นตัว (condensation nuclei)
เพื่อให้น้ำจากอากาศที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ มาเกาะรวมกันเป็นหยดน้ำใหญ่หนักเกินกว่าที่อากาศจะรับไหว และมีลักษณการตกที่แรงกว่าแรงเสียดทานระหว่างหยดน้ำกับอากาศและแรงลอยตัวของหยดน้ำ จึงตกลงเป็นน้ำจากอากาศได้
โดยที่การกลั่นตัวได้แก่
ฝุ่นละออง
ละอองเกสรดอกไม้
ไอเกลือจากทะเล
ควันจากรถยนต์
ควันจากโรงงานอุตสาหกรรม
Condensation Nuclei
Water Vapor
Solid Particle
Cloud Droplet
Note: Object Sizes Not to Scale
Source: http://www.iupui.edu/~g107/mod11/lecture02.htm

Slide 6

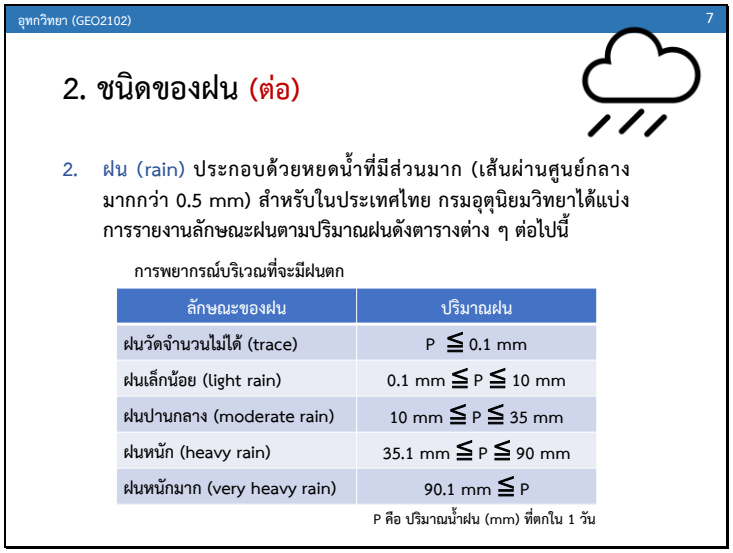
อุทกวิทยา (GEO2102) 6

## 2. ชนิดของฝน

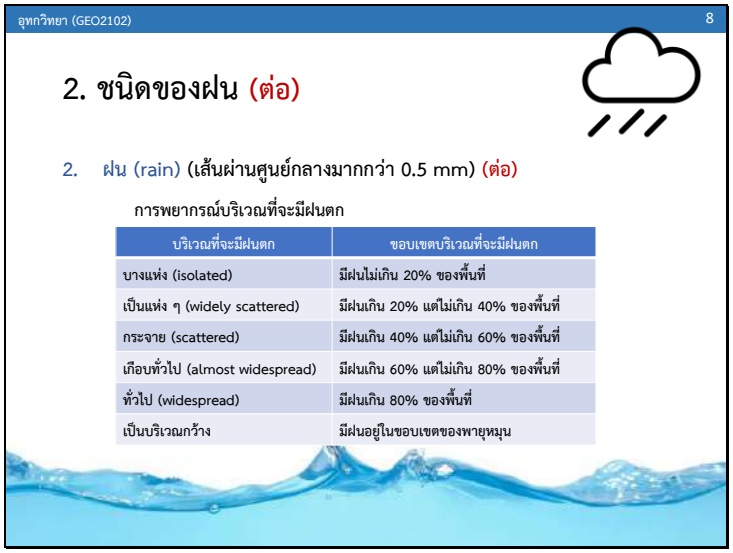
1. ฝนละออง (drizzle) หรือบางครั้งเรียกว่าหมอกน้ำค้าง (mist) มีลักษณะเป็นละอองฝนขนาดเล็กมาก (เส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1 – 0.5 mm) มีอัตราการตกอย่างช้า ๆ

Source: http://civilengineersforum.com/9-types-of-precipitation/

Slide 7


อุทกวิทยา (GEO2102)
7
2. ชนิดของฝน (ต่อ)
2. ฝน (rain) ประกอบด้วยหยดน้ำที่มีส่วนมาก (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.5 mm) สำหรับในประเทศไทย กรมอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งการรายงานลักษณะฝนตามปริมาณฝนดังตารางต่าง ๆ ต่อไปนี้
การพยากรณ์บริเวณที่จะมีฝนตก
ลักษณะของฝน | ปริมาณฝน
ฝนวัดจำนวนไม่ได้ (trace) | P ≦ 0.1 mm
ฝนเล็กน้อย (light rain) | 0.1 mm ≦ P ≦ 10 mm
ฝนปานกลาง (moderate rain) | 10 mm ≦ P ≦ 35 mm
ฝนหนัก (heavy rain) | 35.1 mm ≦ P ≦ 90 mm
ฝนหนักมาก (very heavy rain) | 90.1 mm ≦ P
P คือ ปริมาณน้ำฝน (mm) ที่ตกใน 1 วัน

Slide 8


อุทกวิทยา (GEO2102)
8
2. ชนิดของฝน (ต่อ)
2. ฝน (rain) (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.5 mm) (ต่อ)
การพยากรณ์บริเวณที่จะมีฝนตก
บริเวณที่จะมีฝนตก | ขอบเขตบริเวณที่จะมีฝนตก
บางแห่ง (isolated) | มีฝนไม่เกิน 20% ของพื้นที่
เป็นแห่ง ๆ (widely scattered) | มีฝนเกิน 20% แต่ไม่เกิน 40% ของพื้นที่
กระจาย (scattered) | มีฝนเกิน 40% แต่ไม่เกิน 60% ของพื้นที่
เกือบทั่วไป (almost widespread) | มีฝนเกิน 60% แต่ไม่เกิน 80% ของพื้นที่
ทั่วไป (widespread) | มีฝนเกิน 80% ของพื้นที่
เป็นบริเวณกว้าง | มีฝนอยู่ในขอบเขตของพายุหมุน

Slide 9

อุทกวิทยา (GEO2102)
9
2. ชนิดของฝน (ต่อ)
2. ฝน (rain) (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.5 mm) (ต่อ)
การรายงานประเภทฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา
ประเภทฝน
ความเข้มฝน (mm/hr)
ฝนตกเล็กน้อย
1 – 5
ฝนตกปานกลาง
5 – 10
ฝนตกหนัก
10 – 20
ฝนตกหนักมาก
มากกว่า 20

Slide 10

อุทกวิทยา (GEO2102)
10
2. ชนิดของฝน (ต่อ)
3. น้ำแข็งเคลือบ (glaze) คือ ฝนหรือฝนละอองที่เป็นน้ำแข็งเคลือบใสและมีผิวเรียบที่เกิดจากฝนหรือฝนละอองที่ตกผ่านบริเวณที่มีอากาศเย็นยิ่งยวด มักจะเกาะตามผิววัตถุหรือสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ มีความถ่วงจำเพาะ 0.8 – 0.9

Slide 11

อุทกวิทยา (GEO2102)
11
2. ชนิดของฝน (ต่อ)
4. ฝนเกล็ดน้ำแข็ง (rime) คือ ฝนที่เกิดจากผลึกน้ำแข็ง (ice crystals) ที่ถูกทำให้เย็นจัดอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะ 0.2 – 0.3

Slide 12

อุทกวิทยา (GEO2102)
12
2. ชนิดของฝน (ต่อ)
5. หิมะ (snow) คือ น้ำจากอากาศที่มีลักษณะเป็นผลึกน้ำแข็ง (ice crystals หรือ snowflakes) ที่มีขนาด รูปร่าง และความเข้มข้นของผลึกน้ำแข็ง มีความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยประมาณ 0.1 โดยที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ จะทำให้อากาศมีปริมาณความชื้น (moisture content) น้อย

Slide 13

อุทกวิทยา (GEO2102)
13
2. ชนิดของฝน (ต่อ)
6. ลูกเห็บ (hail) คือ น้ำจากอากาศที่เป็นเม็ดน้ำแข็ง มีรูปทรงกลม ทรางกรายหรือทรงอื่น ๆ ที่สีขุ่นมัว เนื่องมาจากการปะปนของฝุ่นละอองในอากาศ มักเกิดในกลุ่มเมฆคิวมูโลนิมบัสในบริเวณที่มีอากาศหนาวเย็น มีความถ่วงจำเพาะ 0.8

Slide 14

อุทกวิทยา (GEO2102)
14
2. ชนิดของฝน (ต่อ)
7. ลูกปรายน้ำแข็ง (sleet) คือ ฝนที่เป็นเม็ดน้ำแข็งโปร่งใสขนาดเม็ดเล็ก ๆ ที่เกิดจากเม็ดน้ำฝนที่ตกผ่านชั้นบรรยากาศของโลกที่มีอุณหภูมิเย็นจัด โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 – 5 mm โดยทั่วไปแล้วคำว่า “ลูกปรายน้ำแข็ง” จะหมายถึงน้ำฝนปนกับหอมที่ตกลงมา
SLEET
Precipitation begins to fall as rain (liquid), but encounters freezing conditions, causing the rain drops to freeze before hitting the earth's surface.
Above-freezing atmospheric temperature
Below-freezing atmospheric temperature
Sleet
Ground Level
Sleet is a mixture of rain and snow.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

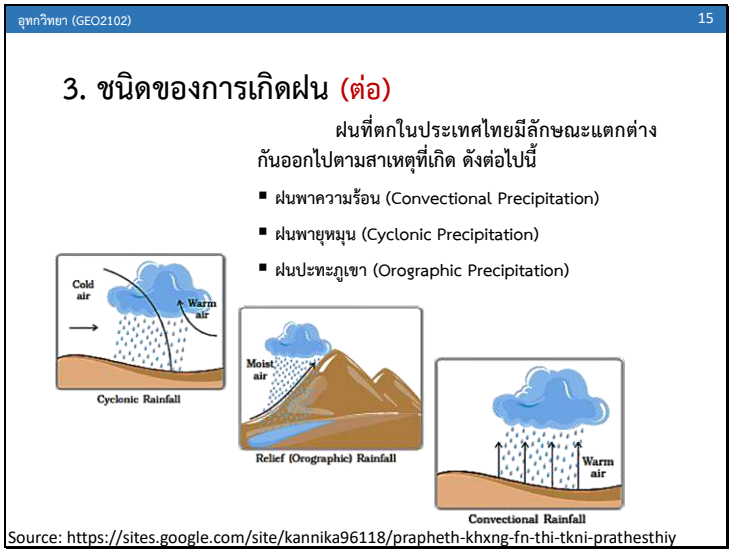
_____

_____

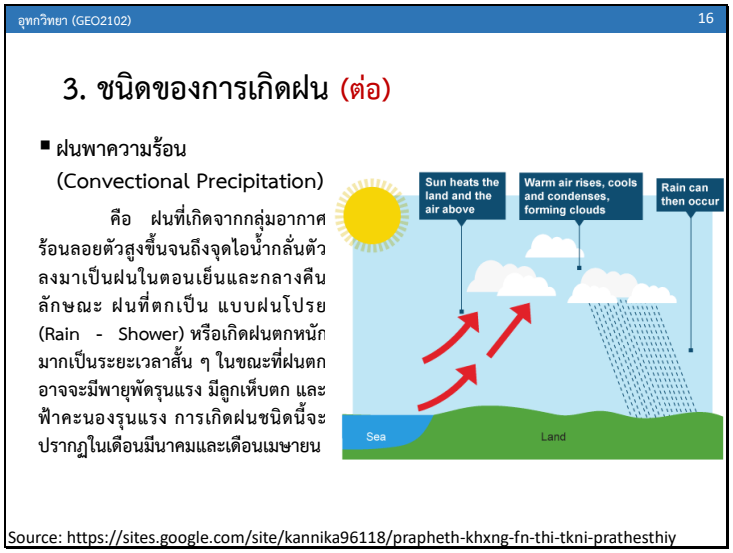
_____

_____

Slide 15

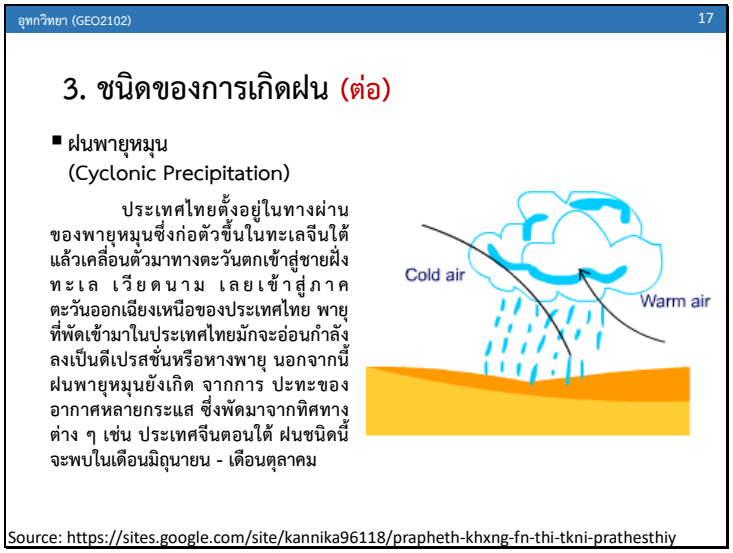

อุทกวิทยา (GEO2102)
15
3. ชนิดของการเกิดฝน (ต่อ)
ฝนที่ตกในประเทศไทยมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามสาเหตุที่เกิด ดังต่อไปนี้
ฝนพาความร้อน (Convectional Precipitation)
ฝนพายุหมุน (Cyclonic Precipitation)
ฝนปะทะภูเขา (Orographic Precipitation)
Cold air
Warm air
Cyclonic Rainfall
Moist air
Relief (Orographic) Rainfall
Warm air
Convectional Rainfall
Source: https://sites.google.com/site/kannika96118/prapheth-khxng-fn-thi-tkni-pratheshiy

Slide 16



Source: https://sites.google.com/site/kannika96118/prapheth-khxng-fn-thi-tkni-pratheshiy

Slide 17

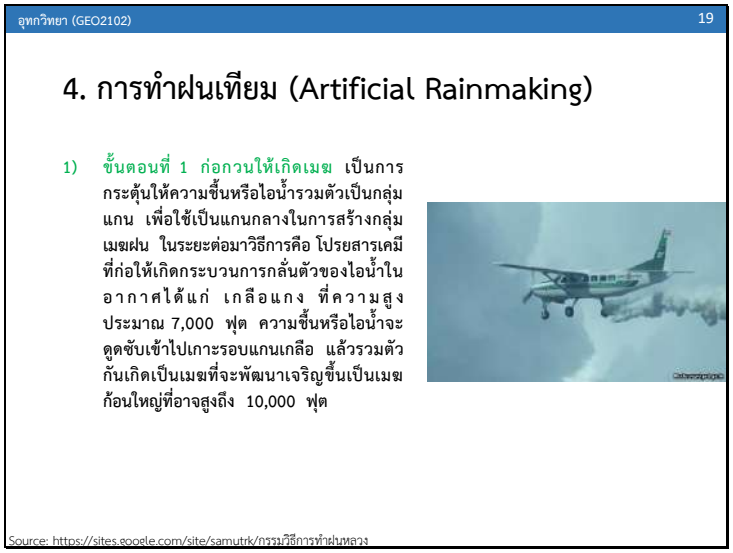


Source: https://sites.google.com/site/kannika96118/prapheth-khxng-fn-thi-tkni-pratheshiy

Slide 18

อุทกวิทยา (GEO2102)
18
3. ชนิดของการเกิดฝน (ต่อ)
ฝนปะทะภูเขา
(Orographic Precipitation)
คือ ฝนที่เกิดจากลมที่มีความชื้นพัดไปปะทะภูเขา โดยเฉพาะลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมนี้จะพัดสูงขึ้นและ อุณหภูมิจะลดต่ำลงจนถึงจุดทีไอน้ำกลั่นตัวตกลงมาเป็นฝน ฝนชนิดนี้เป็นในที่ตกมากและตกบ่อยครั้ง จะเริ่มตกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของเดือนพฤษภาคมและสิ้นสุด ในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนพฤศจิกายน ตามปกติมักในช่วงตอนบ่ายหรือตอนกลางคืน
Wind
Source: https://sites.google.com/site/kannika96118/prapheth-khxng-fn-thi-tkni-pratheshiy

Slide 19


อุทกวิทยา (GEO2102)
19
4. การทำฝนเทียม (Artificial Rainmaking)
1) ขั้นตอนที่ 1 ก่อกวนให้เกิดเมฆ เป็นการกระตุ้นให้ความชื้นหรือไอน้ำรวมตัวเป็นกลุ่มแกน เพื่อใช้เป็นแกนกลางในการสร้างกลุ่มเมฆฝน ในระยะต่อมาวิธีการคือ โปรยสารเคมีที่ก่อให้เกิดกระบวนการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศได้แก่ เกลือแกง ที่ความสูงประมาณ 7,000 ฟุต ความชื้นหรือไอน้ำจะดูดซับเข้าไปเกาะรอบแกนเกลือ แล้วรวมตัวกันเกิดเป็นเมฆที่จะพัฒนาเจริญขึ้นเป็นเมฆก้อนใหญ่ที่อาจสูงถึง 10,000 ฟุต
Source: https://sites.google.com/site/samutrk/กรรมวิธีการทำฝนหลวง

Slide 20

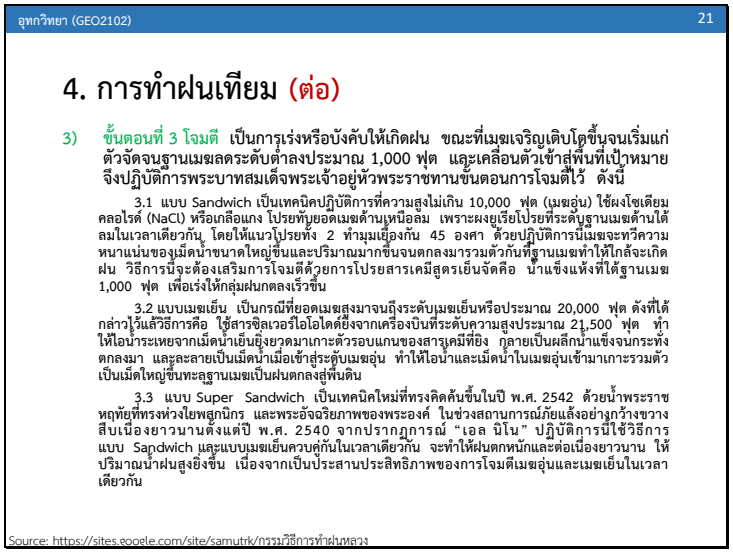
อุทกวิทยา (GEO2102) 20

## 4. การทำฝนเทียม (ต่อ)

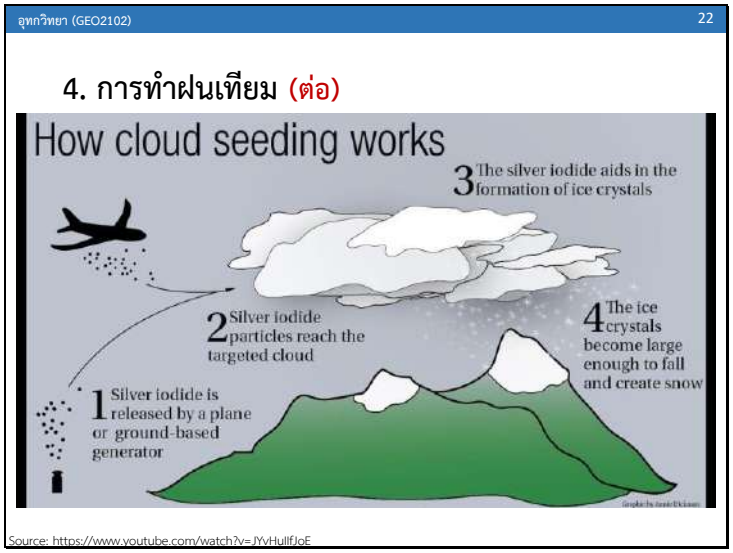
2) ขั้นตอนที่ 2 เลี้ยงเมฆให้อ้วน เป็นการเพิ่มแกนเม็ดไอน้ำให้กลุ่มเมฆฝนมีความหนาแน่นมากขึ้น ใช้สารเคมีผงแคลซียมคลอไรด์โปรยเข้าไปที่กลุ่มเมฆที่มีความสูงประมาณ 8,000 ฟุต หรือสูงกว่าฐานเมฆประมาณ 1,000 ฟุต ขั้นตอนนี้สามารถเร่งกิจกรรมการกลั่นตัวของไอน้ำได้เร็วกว่าที่จะปล่อยให้เจริญขึ้นเองตามธรรมชาติ เมฆใหญ่อาจจะก่อยอดขึ้นถึงระดับ 15,000 ฟุต ซึ่งทางวิทยาศาสตร์ถือว่าเป็นส่วนของเมฆอุ่น แต่ในบางครั้งยอดเมฆอาจจะสูงถึง 20,000 ฟุต ซึ่งถือว่าเป็นส่วนของเมฆเย็น (เริ่มตั้งแต่ประมาณ 18,000 ฟุต)

Source: https://sites.google.com/site/samutrk/กรรมวิธีการทำฝนหลวง

Slide 21


อุทกวิทยา (GEO2102)
21
4. การทำฝนเทียม (ต่อ)
3) ขั้นตอนที่ 3 โจมตี เป็นการเร่งหรือบังคับให้เกิดฝน ขณะที่เมฆเจริญเติบโตขึ้นจนเริ่มแก่ตัวจัดจนฐานเมฆลดระดับต่ำลงประมาณ 1,000 ฟุต และเคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่เป้าหมาย จึงปฏิบัติการพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวพระราชทานขั้นตอนการโจมตีไว้ ดังนี้
3.1 แบบ Sandwich เป็นเทคนิคปฏิบัติการที่ความสูงไม่เกิน 10,000 ฟุต (เมฆอุ่น) ใช้ผงโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือเกลือแกง โปรยทับยอดเมฆด้านเหนือลม เพราะผงยูเรียโปรยที่ระดับฐานเมฆด้านใต้ลมในเวลาเดียวกัน โดยให้แนวโปรยทั้ง 2 ทำมุมเฉียงกัน 45 องศา ด้วยปฏิบัติการนี้เมฆจะทวีความหนาแน่นของเม็ดน้ำขนาดใหญ่ขึ้นและปริมาณมากขึ้นจนตกลงมารวมตัวกันที่ฐานเมฆทำให้ใกล้จะเกิดฝน วิธีการนี้จะต้องเสริมการโจมตีด้วยการโปรยสารเคมีสูตรเย็นจัดคือ น้ำแข็งแห้งที่ใต้ฐานเมฆ 1,000 ฟุต เพื่อเร่งให้กลุ่มฝนตกลงเร็วขึ้น
3.2 แบบเมฆเย็น เป็นกรณีที่ยอดเมฆสูงมาจนถึงระดับเมฆเย็นหรือประมาณ 20,000 ฟุต ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ววิธีการคือ ใช้สารซิลเวอร์ไอโอไดด์ยิงจากเครื่องบินที่ระดับความสูงประมาณ 21,500 ฟุต ทำให้ไอน้ำระเหยจากเม็ดน้ำเย็นยิ่งยวดมาเกาะตัวรอบแกนของสารเคมีที่ยิง กลายเป็นผลึกน้ำแข็งจนกระทั่งตกลงมา และละลายเป็นเม็ดน้ำเมื่อเข้าสู่ระดับเมฆอุ่น ทำให้ไอน้ำและเม็ดน้ำในเมฆอุ่นเข้ามาเกาะรวมตัวเป็นเม็ดใหญ่ขึ้นทะลุฐานเมฆเป็นฝนตกลงสู่พื้นดิน
3.3 แบบ Super Sandwich เป็นเทคนิคใหม่ที่ทรงคิดค้นขึ้นในปี พ.ศ. 2542 ด้วยน้ำพระราชหฤทัยที่ทรงห่วงใยพสกนิกร และพระอัจฉริยภาพของพระองค์ ในช่วงสถานการณ์ภัยแล้งอย่างกว้างขวางสืบเนื่องยาวนานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 จากปรากฏการณ์ "เอล นิโน" ปฏิบัติการนี้ใช้วิธีการแบบ Sandwich และแบบเมฆเย็นควบคู่กันในเวลาเดียวกัน จะทำให้ฝนตกหนักและต่อเนื่องยาวนาน ให้ปริมาณน้ำฝนสูงยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นประสานประสิทธิภาพของการโจมตีเมฆอุ่นและเมฆเย็นในเวลาเดียวกัน
Source: https://sites.google.com/site/samutrk/กรรมวิธีการทำฝนหลวง

Slide 22


อุทกวิทยา (GEO2102)
22
4. การทำฝนเทียม (ต่อ)
How cloud seeding works
3 The silver iodide aids in the formation of ice crystals
2 Silver iodide particles reach the targeted cloud
4 The ice crystals become large enough to fall and create snow
1 Silver iodide is released by a plane or ground-based generator
Source: https://www.youtube.com/watch?v=JYvHullfJoE

Slide 23

อุทกวิทยา (GEO2102) 23

## 5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า

A. การตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดฝนภาคพื้นดิน

- เครื่องวัดน้ำฝนแบบไม่บันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (non-recording rain gauge) มีลักษณะดังภาพ ใช้วัดปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้งเท่านั้น ไม่สามารถวัดแบบต่อเนื่องได้ ซึ่งหน่วยงานทางภูมิอากาศของสหรัฐอเมริกา (U.S. National Weather Service) ได้กำหนดแบบมาตรฐานาของเครื่องวัดน้ำฝนนี้ว่า จะต้องผลิตด้วยโ,กหะที่ไม่เป็นสนิม เช่น เหล็กเคลือบหรือทองแดงที่ไม่เป็นสนิม หรือสังกะสีอย่างหนา เป็นต้น

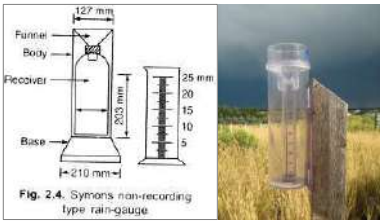
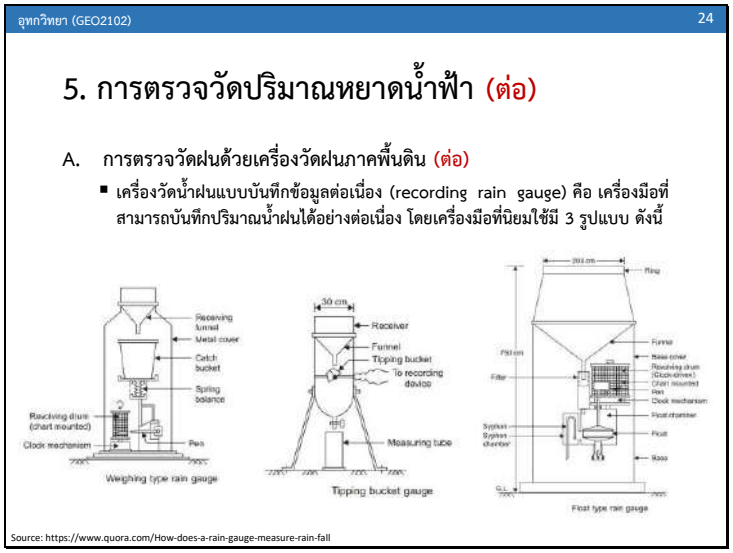
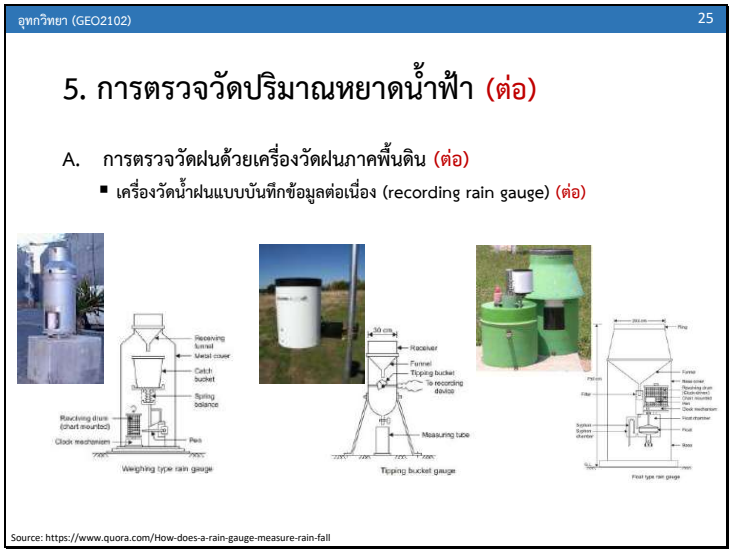


Fig. 2.4. Symons non-recording type rain-gauge

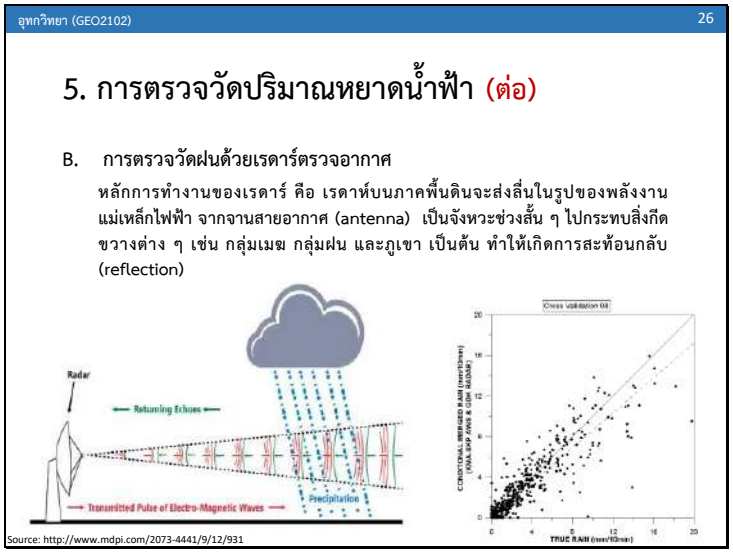
Slide 24


อุทกวิทยา (GEO2102)
24
5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)
A. การตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดฝนภาคพื้นดิน (ต่อ)
เครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (recording rain gauge) คือ เครื่องมือที่สามารถบันทึกปริมาณน้ำฝนได้อย่างต่อเนื่อง โดยเครื่องมือที่นิยมใช้มี 3 รูปแบบ ดังนี้
Receiving funnel
Metal cover
Catch bucket
Spring balance
Revolving drum (chart mounted)
Clock mechanism
Pen
Weighing type rain gauge
30 cm
Receiver
Funnel
Tipping bucket
To recording device
Measuring tube
Tipping bucket gauge
Ring
Base cover
Revolving drum (Clock-driven) (Chart mounted)
Pen
Clock mechanism
Float chamber
Float
Rod
Filter
Syphon
Syphon chamber
Float type rain gauge
Source: https://www.quora.com/How-does-a-rain-gauge-measure-rain-fall

Slide 25


อุทกวิทยา (GEO2102)
25
5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)
A. การตรวจวัดฝนด้วยเครื่องวัดฝนภาคพื้นดิน (ต่อ)
เครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (recording rain gauge) (ต่อ)
Receiving funnel
Metal cover
Catch bucket
Spring balance
Rotating drum (chart mounted)
Clock mechanism
Pen
Weighing type rain gauge
30 cm
Receiver
Funnel
Tipping bucket
To recording device
Measuring tube
Tipping bucket gauge
Float type rain gauge
Source: https://www.quora.com/How-does-a-rain-gauge-measure-rain-fall

Slide 26


อุทกวิทยา (GEO2102)
26
5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)
B. การตรวจวัดฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ
หลักการทำงานของเรดาร์ คือ เรดาห์บนภาคพื้นดินจะส่งลื่นในรูปของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า จากจานสายอากาศ (antenna) เป็นจังหวะช่วงสั้น ๆ ไปกระทบสิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น กลุ่มเมฆ กลุ่มฝน และภูเขา เป็นต้น ทำให้เกิดการสะท้อนกลับ (reflection)
Radar
Returning Echoes
Precipitation
Transmitted Pulse of Electro-Magnetic Waves
Source: http://www.mdpi.com/2073-4441/9/12/931

Slide 27

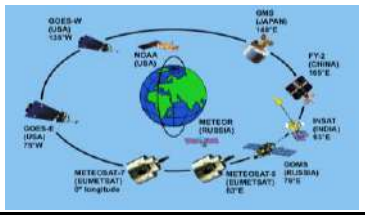
อุทกวิทยา (GEO2102) 27

## 5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

C. การตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (meteorological satellite) เป็นเครื่องมือที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับตรวจวัดสภาพอากาศได้ทุกเวลาและเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบอยู่กับที่ (geostationary meteorological satellite)
- ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบโคจรผ่านขั้วโลก (polar meteorological satellite)



Slide 28

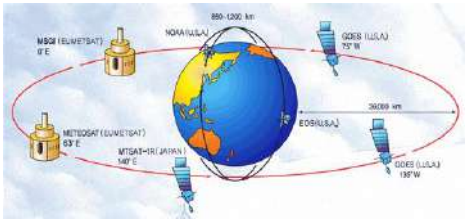
อุทกวิทยา (GEO2102) 28

## 5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

C. การตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (ต่อ)

- ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบอยู่กับที่ (geostationary meteorological satellite)

คือ ดาวเทียมที่โคจรตามบริเวณเส้นศูนย์สูตรที่ระดับความสูงประมาณ 35,800 km ด้วยความเร็วและทิศทางเดียวกันกับการหมุนรอบตัวเองของโลก



Slide 29

อุทกวิทยา (GEO2102) 29

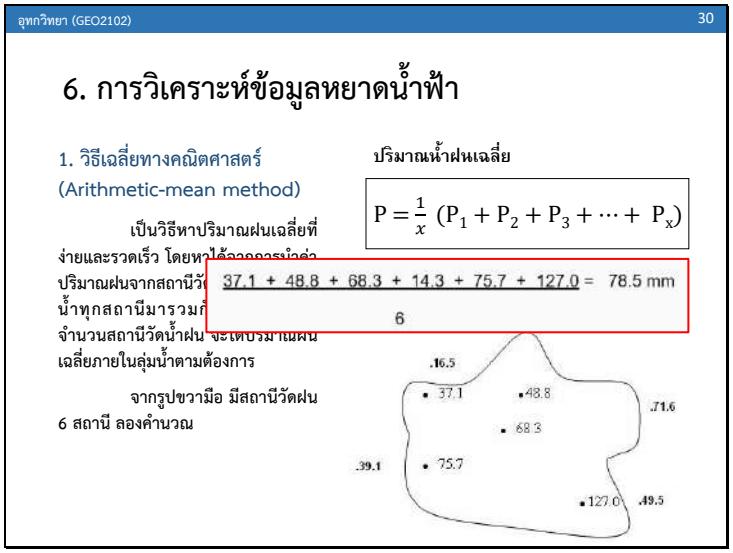
## 5. การตรวจวัดปริมาณหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

C. การตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (ต่อ)

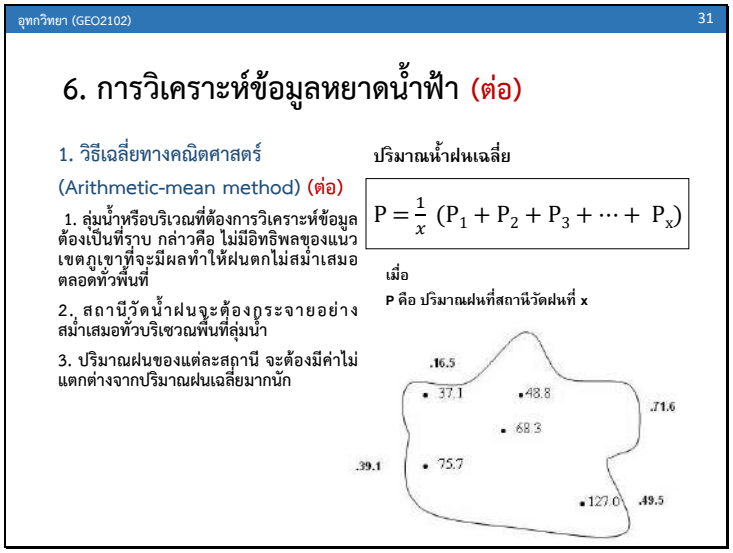
- ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบโคจรผ่านขั้วโลก (polar meteorological satellite)

คือ ดาวเทียมที่มีแนวการโคจรผ่านใกล้ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ ซึ่งเคลื่อนที่ตามแนวเหนือใต้ เช่น ดาวเทียม NOAA (National Ocean and Atmospheric Administration) ของสหรัฐอเมริกา โคจรรอบโลกที่ความสูง 840-860 km และดาวเทียม METEOR ของรัสเซีย โคจรรอบโลกที่ที่ความสูงประมาณ 900 km

Slide 30


อุทกวิทยา (GEO2102)
30
6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า
1. วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์
(Arithmetic-mean method)
เป็นวิธีหาปริมาณฝนเฉลี่ยที่
ง่ายและรวดเร็ว โดยหาได้จากการนำค่า
ปริมาณฝนจากสถานีวั
น้ำทุกสถานีมารวมกั
จำนวนสถานีวัดน้ำฝน จะได้ปริมาณฝน
เฉลี่ยภายในลุ่มน้ำตามต้องการ
จากรูปขวามือ มีสถานีวัดฝน
6 สถานี ลองคำนวณ
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย
$P = \frac{1}{x}(P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_x)$
37.1 + 48.8 + 68.3 + 14.3 + 75.7 + 127.0 = 78.5 mm
6
.16.5
37.1
48.8
.71.6
68.3
.39.1
75.7
127.0
.49.5

Slide 31


อุทกวิทยา (GEO2102)
31
6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)
1. วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์
(Arithmetic-mean method) (ต่อ)
1. ลุ่มน้ำหรือบริเวณที่ต้องการวิเคราะห์ข้อมูลต้องเป็นที่ราบ กล่าวคือ ไม่มีอิทธิพลของแนวเขตภูเขาที่จะมีผลทำให้ฝนตกไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วพื้นที่
2. สถานีวัดน้ำฝนจะต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ
3. ปริมาณฝนของแต่ละสถานี จะต้องมีค่าไม่แตกต่างจากปริมาณฝนเฉลี่ยมากนัก
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย
$P = \frac{1}{x}(P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_x)$
เมื่อ
P คือ ปริมาณฝนที่สถานีวัดฝนที่ x
.16.5
37.1
48.8
.71.6
68.3
.39.1
75.7
127.0
.49.5

Slide 32



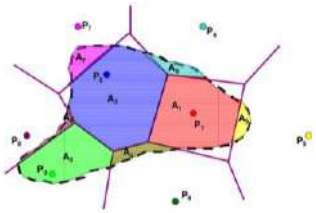
## 6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

### 2. วิธีของทิสเสน (Thiessen method)

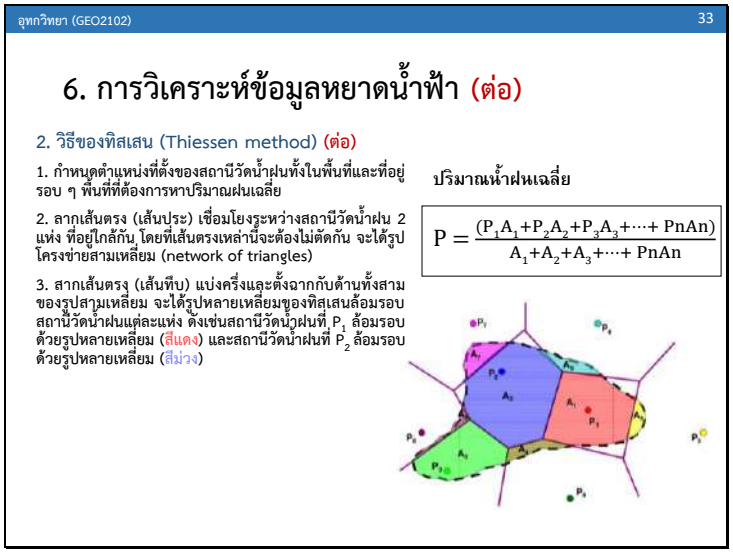
วิธีนี้จะพิจารณาว่า ปริมาณฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง จะมีอาณาบริเวณครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝนที่อยู่ล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนนั้น ๆ ซึ่งการกำหนดพื้นที่เป็นรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน (Thiessen polygon)

**ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย**

$$P = \frac{(P_1A_1+P_2A_2+P_3A_3+\cdots+ PnAn)}{A_1+A_2+A_3+\cdots+ PnAn}$$



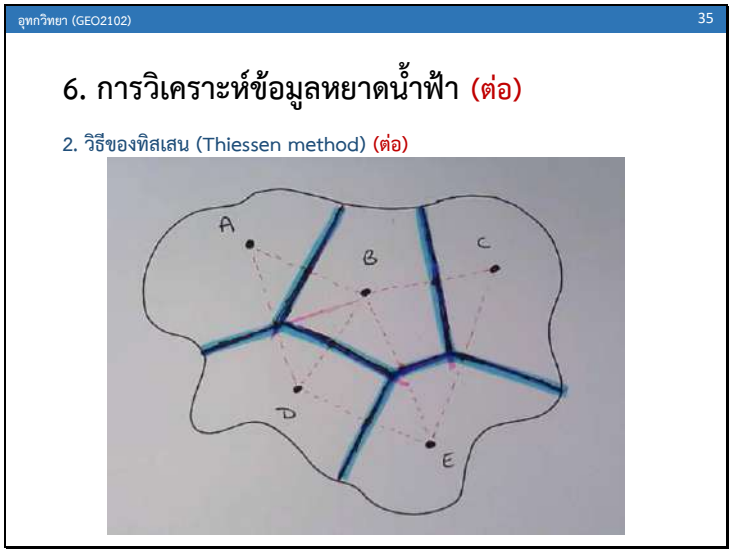
Slide 33


อุทกวิทยา (GEO2102)
33
6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)
2. วิธีของทิสเสน (Thiessen method) (ต่อ)
1. กำหนดตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั้งในพื้นที่และที่อยู่รอบ ๆ พื้นที่ที่ต้องการหาปริมาณฝนเฉลี่ย
2. ลากเส้นตรง (เส้นประ) เชื่อมโยงระหว่างสถานีวัดน้ำฝน 2 แห่ง ที่อยู่ใกล้กัน โดยที่เส้นตรงเหล่านี้จะต้องไม่ตัดกัน จะได้รูปโครงข่ายสามเหลี่ยม (network of triangles)
3. ลากเส้นตรง (เส้นทึบ) แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม จะได้รูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง ดังเช่นสถานีวัดน้ำฝนที่ P1 ล้อมรอบด้วยรูปหลายเหลี่ยม (สีแดง) และสถานีวัดน้ำฝนที่ P2 ล้อมรอบด้วยรูปหลายเหลี่ยม (สีม่วง)
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย
$P = \frac{(P_1A_1+P_2A_2+P_3A_3+\cdots+PnAn)}{A_1+A_2+A_3+\cdots+PnAn}$

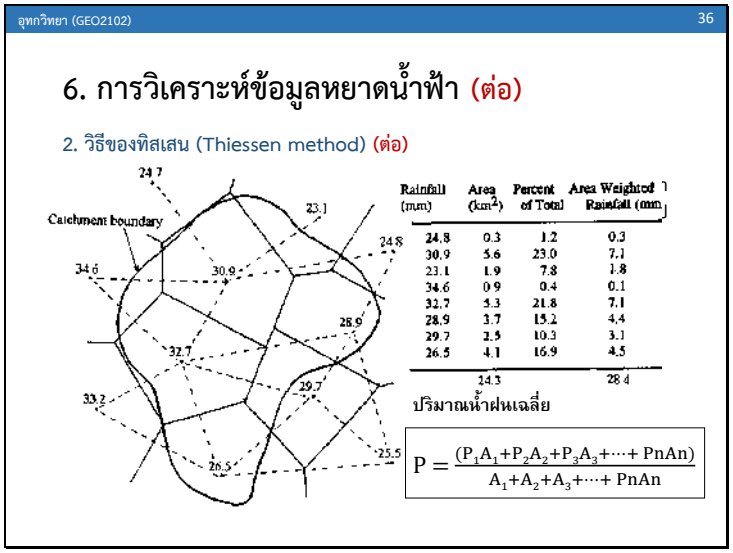
Slide 34

อุทกวิทยา (GEO2102)
34
6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)
2. วิธีของทิสเสน (Thiessen method) (ต่อ)
A
B
C
D
E

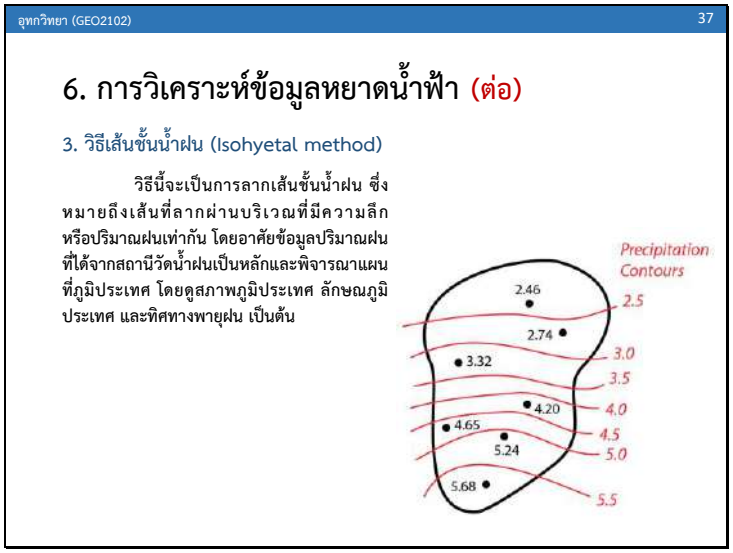
Slide 35


อุทกวิทยา (GEO2102)
35
6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)
2. วิธีของทิสเสน (Thiessen method) (ต่อ)
A
B
C
D
E

Slide 36


อุทกวิทยา (GEO2102)
36
6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)
2. วิธีของทิสเสน (Thiessen method) (ต่อ)
Catchment boundary
24.7
23.1
24.8
34.6
30.9
28.9
32.7
29.7
33.2
26.5
25.5
Rainfall (mm)
Area (km²)
Percent of Total
Area Weighted Rainfall (mm)
24.8 0.3 1.2 0.3
30.9 5.6 23.0 7.1
23.1 1.9 7.8 1.8
34.6 0.9 0.4 0.1
32.7 5.3 21.8 7.1
28.9 3.7 15.2 4.4
29.7 2.5 10.3 3.1
26.5 4.1 16.9 4.5
24.3 28.4
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย
$P = \frac{(P_1A_1+P_2A_2+P_3A_3+\cdots+PnAn)}{A_1+A_2+A_3+\cdots+PnAn}$

Slide 37


อุทกวิทยา (GEO2102)
37
6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)
3. วิธีเส้นชั้นน้ำฝน (Isohyetal method)
วิธีนี้จะเป็นการลากเส้นชั้นน้ำฝน ซึ่งหมายถึงเส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีความลึกหรือปริมาณฝนเท่ากัน โดยอาศัยข้อมูลปริมาณฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนเป็นหลักและพิจารณาแผนที่ภูมิประเทศ โดยดูสภาพภูมิประเทศ ลักษณภูมิประเทศ และทิศทางพายุฝน เป็นต้น
Precipitation Contours
2.46
2.74
3.32
4.20
4.65
5.24
5.68
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5

Slide 38



## 6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)

### 3. วิธีเส้นชั้นน้ำฝน (Isohyetal method) (ต่อ)

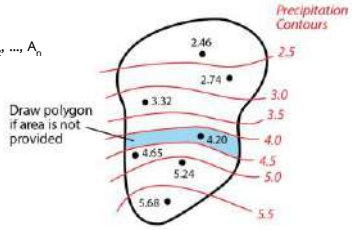
1. กำหนดสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณฝนลงบนแผนที่ทั้งในบริเวณพื้นที่รับน้ำฝน และบริเวณล้อมรอบขอบเขตของพื้นที่รับน้ำฝน

2. ตรวจดูแนวโน้มของเส้นชั้นน้ำฝน และกะประมาณด้วยสายตา จากนั้นจึงลากเส้นชั้นน้ำฝน โดยพยายามให้เส้นโค้งราบเรียบ ซึ่งวิธีการลากเส้นชั้นน้ำฝนนี้จะคล้ายกับการลากเส้นชั้นระดับความสูง (contour lines) ในวิชาการสำรวจ จากนั้นจึงหาปริมาณฝนเฉลี่ยระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน 2 เส้นที่อยู่ใกล้กันได้ $P_1$, $P_2$, ..., $P_n$ โดยที่ n คือจำนวนปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน 2 เส้น

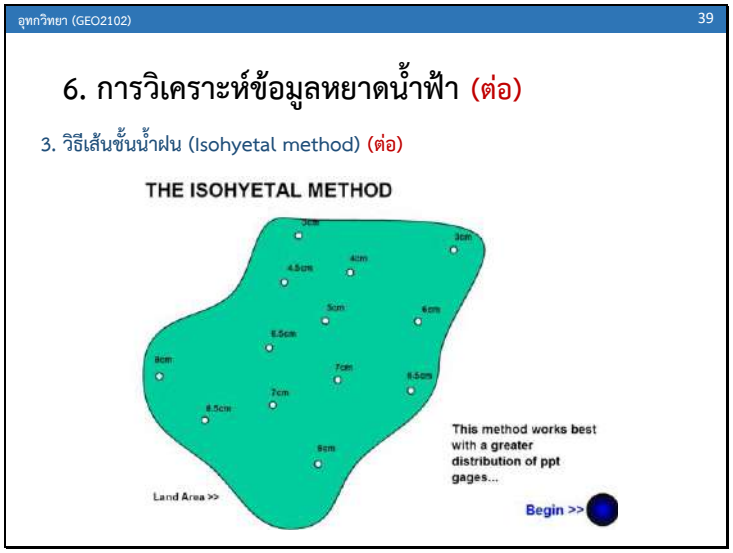
3. หาพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝนที่อยู่ใกล้เคียงกัน และอยู่ภายในขอบเขตของพื้นที่รับน้ำจะได้พื้นที่ $A_1$, $A_2$, ..., $A_n$

4. คำนวณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ดังสมการ

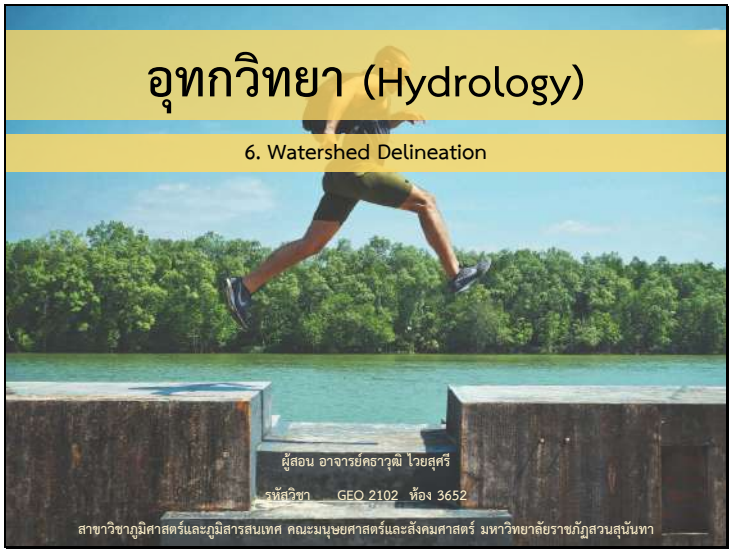
$$P = \frac{(P_1A_1+P_2A_2+P_3A_3+\cdots+PnAn)}{A_1+A_2+A_3+\cdots+PnAn}$$



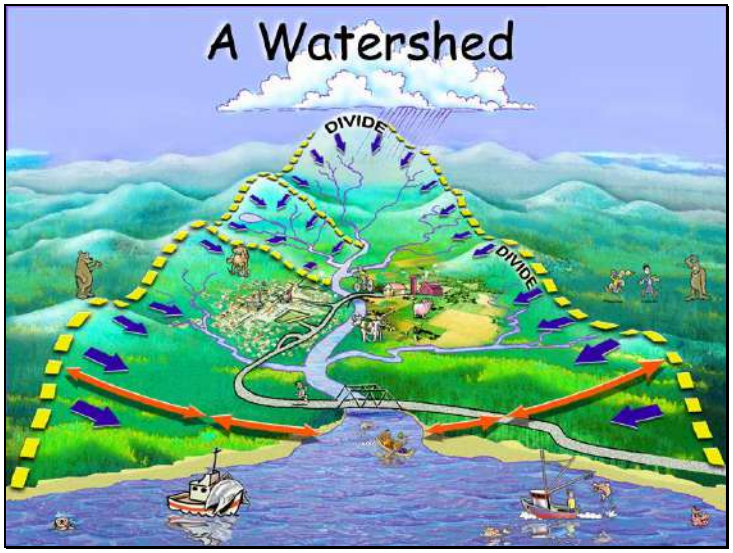
Slide 39


อุทกวิทยา (GEO2102)
39
6. การวิเคราะห์ข้อมูลหยาดน้ำฟ้า (ต่อ)
3. วิธีเส้นชั้นน้ำฝน (Isohyetal method) (ต่อ)
THE ISOHYETAL METHOD
3cm
3cm
4cm
4.5cm
5cm
6cm
8.5cm
8cm
7cm
8.5cm
7cm
8.5cm
8cm
Land Area >>
This method works best with a greater distribution of ppt gages...
Begin >>

Slide 1


อุทกวิทยา (Hydrology)
6. Watershed Delineation
ผู้สอน อาจารย์คธาวุฒิ ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Slide 2




_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

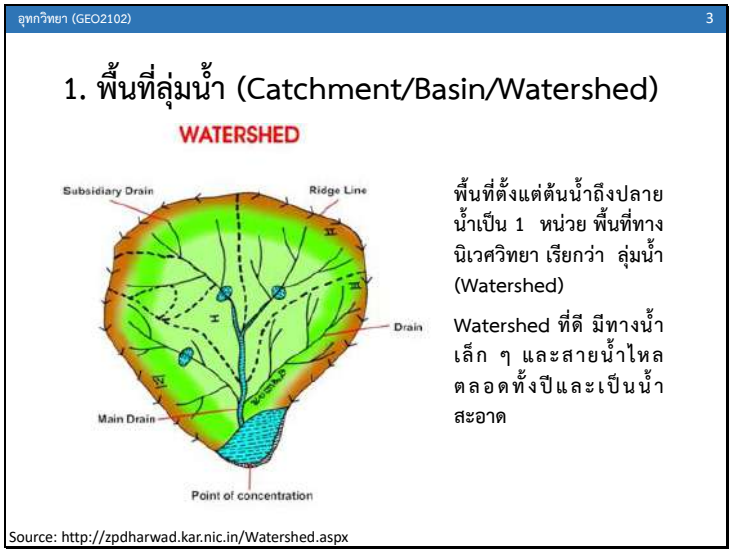
_____

_____

_____

_____

Slide 3


อุทกวิทยา (GEO2102) 3
1. พื้นที่ลุ่มน้ำ (Catchment/Basin/Watershed)
WATERSHED
Subsidiary Drain
Ridge Line
Drain
Main Drain
Point of concentration
พื้นที่ตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำเป็น 1 หน่วย พื้นที่ทางนิเวศวิทยา เรียกว่า ลุ่มน้ำ (Watershed)
Watershed ที่ดี มีทางน้ำเล็ก ๆ และสายน้ำไหลตลอดทั้งปีและเป็นน้ำสะอาด
Source: http://zpdharwad.kar.nic.in/Watershed.aspx

Slide 4

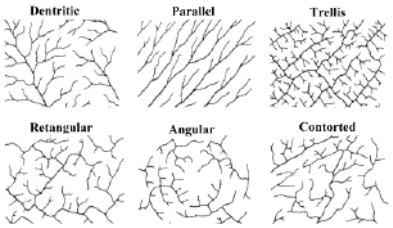
อุทกวิทยา (GEO2102) 4

## 2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ

### แนวความคิดทั่วไป

- หยาดน้ำฟ้า (Precipitation) เป็นปัจจัยหลักในการเกิดธารน้ำ
- แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) เป็นปัจจัยหลักในการควบคุมการไหลของน้ำ

โครงสร้างทางธรณีควบคุมลักษณะการไหลของน้ำและทิศทางการไหลของน้ำ ทำให้เกิดระบบการระบายน้ำ (DRAINAGE SYSTEM) หรือแบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)



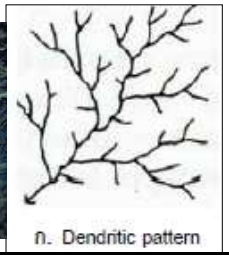
Slide 5

อุทกวิทยา (GEO2102) 5

## 2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

### แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)

1. แบบกิ่งไม้ (Dendritic drainage pattern) ลำธารที่ประกอบด้วยทางน้ำสาขาที่มีลักษณะคล้ายกิ่งก้านไม้ มีลำน้ำสาขาไหลมาบรรจบกันกลายเป็นทางน้ำสายใหญ่ พบในบริเวณพื้นที่ที่หินรองรับเป็นเนื้อเดียวกัน มีความทนทานต่อการกัดกร่อนใกล้เคียงกัน เช่น หินทราย หินแกรนิต และหินไนส์ และไม่ขึ้นกับอิทธิพลของโครงสร้างทางธรณีวิทยา



ก. Dendritic pattern

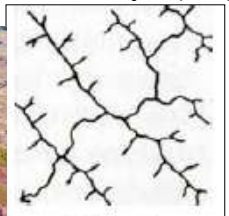
Slide 6

อุทกวิทยา (GEO2102) 6

## 2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

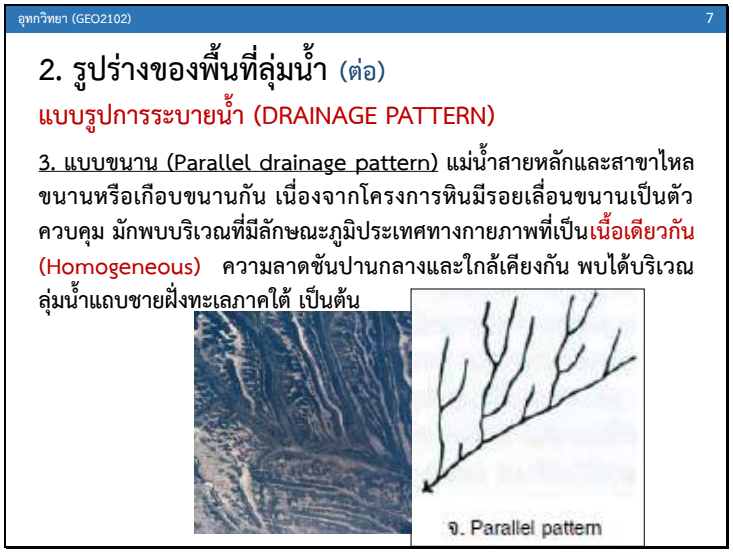
### แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)

2. แบบเถาองุ่น (Trellis drainage pattern) ระบบทางน้ำสายรองและสายหลักไหลขนานกัน จากนั้นจึงวกเข้ามารวมกันในลักษณะเกือบมุมฉาก พบมากบริเวณชั้นหินเนื้อแข็งสลับกับชั้นหินเนื้ออ่อน ในแถบเทือกเขาคดโค้งหรือแถบที่มีชั้นหินเอียงเทถ้าเกิดตามรอยเลื่อน เรียกว่า รูปแบบทางน้ำแบบเถาองุ่นตามรอยเลื่อน (Fault Trellis drainage pattern) บริเวณที่พบได้ชัดเจนได้แก่ ต้นน้ำป่าสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ลุ่มน้ำขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นต้น

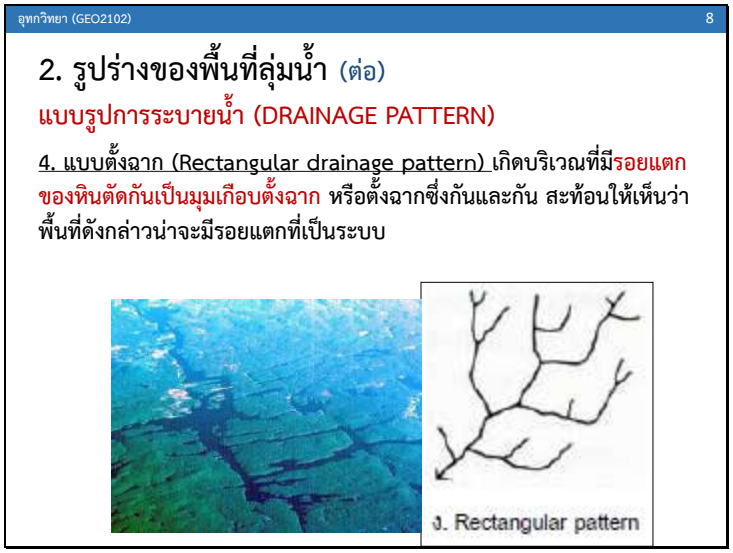


ข. Trellis pattern

Slide 7


อุทกวิทยา (GEO2102) 7
2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)
3. แบบขนาน (Parallel drainage pattern) แม่น้ำสายหลักและสาขาไหลขนานหรือเกือบขนานกัน เนื่องจากโครงการหินมีรอยเลื่อนขนานเป็นตัวควบคุม มักพบบริเวณที่มีลักษณะภูมิประเทศทางกายภาพที่เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) ความลาดชันปานกลางและใกล้เคียงกัน พบได้บริเวณลุ่มน้ำแถบชายฝั่งทะเลภาคใต้ เป็นต้น
จ. Parallel pattern

Slide 8


อุทกวิทยา (GEO2102) 8
2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)
4. แบบตั้งฉาก (Rectangular drainage pattern) เกิดบริเวณที่มีรอยแตกของหินตัดกันเป็นมุมเกือบตั้งฉาก หรือตั้งฉากซึ่งกันและกัน สะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวน่าจะมีรอยแตกที่เป็นระบบ
ง. Rectangular pattern

Slide 9

อุทกวิทยา (GEO2102) 9
2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)
5. แบบรัศมี (Radial drainage pattern) ทางน้ำจะออกจากจุดศูนย์กลางจุดเดียวกันมีลักษณะเป็นรัศมี (Radially Outward) มักเกิดจากบริเวณตรงกลางเป็นเทือกเขาสูงชัน เช่น ไหลออกจากปากปล่องภูเขาไฟ หรือภูเขาโดด (Isolate hill) หากการไหลเป็นทิศทางตรงข้าม คือไหลเข้าหาจุดศูนย์กลาง เรียกว่าตีนตะขาบ (Radially inward)
ฉ. Radial pattern

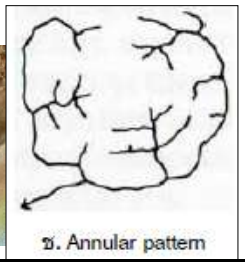
Slide 10

อุทกวิทยา (GEO2102) 10

## 2. รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)

### แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)

6. แบบวงแหวน (Annular drainage pattern) เป็นระบบระบายน้ำที่พัฒนาต่อจากแบบรัศมี พบบริเวณฐานหินตะกอนที่มีโครงสร้างแบบโดม แต่ชั้นหินมีความแข็งแตกต่างกัน การไหลของทางน้ำคล้ายวงแหวนซ้อนกัน พบบริเวณภูเขาโดดของหินแกรนิตและหินตะกอน



ช. Annular pattern

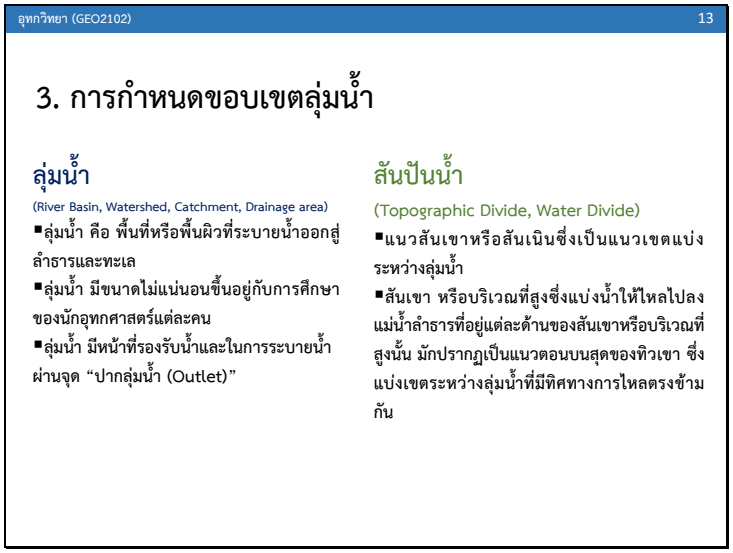
Slide 11

อุทกวิทยา (GEO2102) 11
รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
แบบรูปการระบายน้ำ (DRAINAGE PATTERN)
สรุป รูปแบบทางน้ำที่พบบ่อย คือ แบบกิ่งไม้
แบบรัศมีมักพบในบริเวณภูเขาไฟ ภูเขาหินทรายแบบ Mesa
แบบตั้งฉากพบในบริเวณที่มีรอยแตกเป็นระบบ
แบบเถาองุ่น จะสะท้อนความแตกต่างของความแข็งและความอ่อนของชั้นหินที่สลับกัน
Dendritic
Volcano
B. Radial
Valleys cut in less-resistant rock
Ridges of resistant rock
Rectangular
D. Trellis

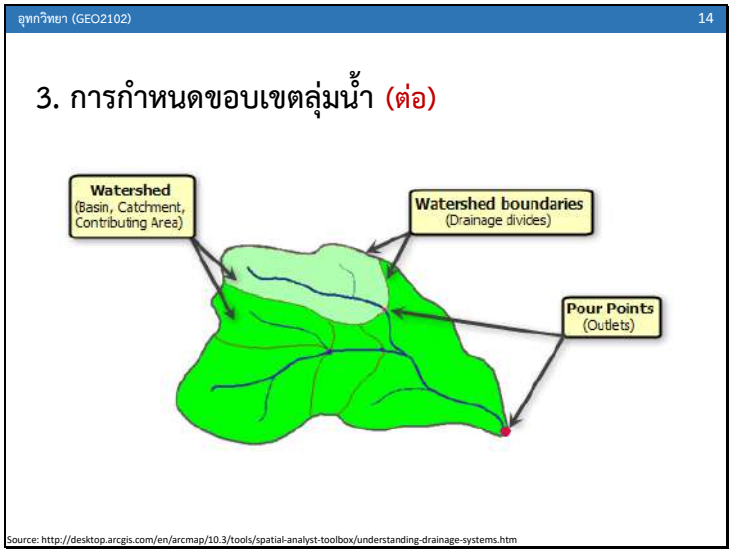
Slide 12

อุทกวิทยา (GEO2102)
12
25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย
01 ลุ่มน้ำสาละวิน
02 ลุ่มน้ำโขง
03 ลุ่มน้ำกก
04 ลุ่มน้ำชี
05 ลุ่มน้ำมูล
06 ลุ่มน้ำปิง
07 ลุ่มน้ำวัง
08 ลุ่มน้ำยม
09 ลุ่มน้ำน่าน
10 ลุ่มน้ำเจ้าพระยา
11 ลุ่มน้ำสะแกกรัง
12 ลุ่มน้ำป่าสัก
13 ลุ่มน้ำท่าจีน
14 ลุ่มน้ำแม่กลอง
15 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี
16 ลุ่มน้ำบางปะกง
17 ลุ่มน้ำโตนทะเลสาป
18 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ตะวันออก
19 ลุ่มน้ำเพชรบุรี
20 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเล ประจวบคีรีขันธ์
21 ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก
22 ลุ่มน้ำตาปี
23 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา
24 ลุ่มน้ำปัตตานี
25 ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก

Slide 13


อุทกวิทยา (GEO2102) 13
3. การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ
ลุ่มน้ำ
(River Basin, Watershed, Catchment, Drainage area)
▪ลุ่มน้ำ คือ พื้นที่หรือพื้นผิวที่ระบายน้ำออกสู่ลำธารและทะเล
▪ลุ่มน้ำ มีขนาดไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการศึกษาของนักอุทกศาสตร์แต่ละคน
▪ลุ่มน้ำ มีหน้าที่รองรับน้ำและในการระบายน้ำผ่านจุด “ปากลุ่มน้ำ (Outlet)”
สันปันน้ำ
(Topographic Divide, Water Divide)
▪แนวสันเขาหรือสันเนินซึ่งเป็นแนวเขตแบ่งระหว่างลุ่มน้ำ
▪สันเขา หรือบริเวณที่สูงซึ่งแบ่งน้ำให้ไหลไปลงแม่น้ำลำธารที่อยู่แต่ละด้านของสันเขาหรือบริเวณที่สูงนั้น มักปรากฏเป็นแนวตอนบนสุดของทิวเขา ซึ่งแบ่งเขตระหว่างลุ่มน้ำที่มีทิศทางการไหลตรงข้ามกัน

Slide 14


อุทกวิทยา (GEO2102)
14
3. การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ (ต่อ)
Watershed
(Basin, Catchment, Contributing Area)
Watershed boundaries
(Drainage divides)
Pour Points
(Outlets)
Source: http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/understanding-drainage-systems.htm

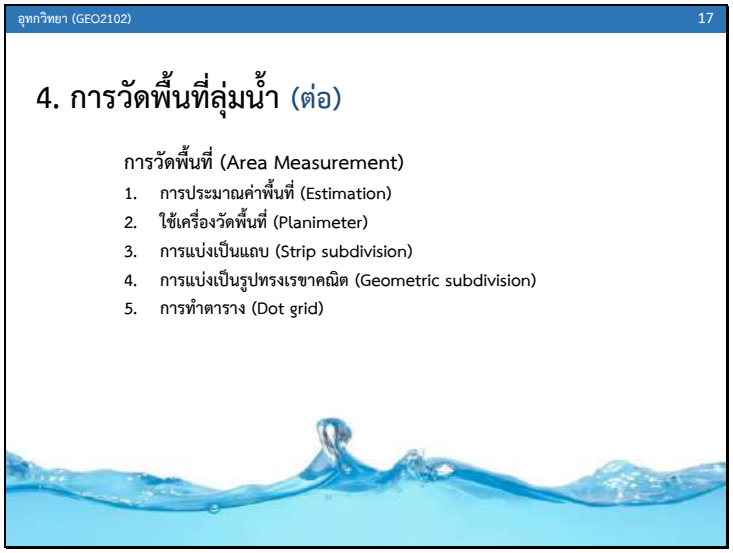
Slide 15

อุทกวิทยา (GEO2102)
15
3. การกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ (ต่อ)
การจัดลำดับสาขาทางน้ำของ Strahler
1st order streams
2nd order streams
3rd order streams
ในทางอุทกวิทยามีการแบ่งลำดับของลำธารในพื้นที่ลุ่มน้ำดังภาพ
1st order เรียกว่า ร่องน้ำ (Creek) มักปรากฏบนแผนที่ภูมิประเทศเป็นเส้นประสีฟ้าหรืออาจไม่ปรากฏ แต่สามารถวิเคราะห์ได้จากลักษณะของเส้นระดับความสูง
2nd order เรียกว่า ทางน้ำ ลำห้วย (Channel)
3rd order เรียกว่า ลำธาร (Stream) เกิดจากการรวมตัวของลำห้วย 2 สาขา
4th order เรียกว่า แม่น้ำ (River) เกิดจากการรวมตัวของลำธารหรือแม่น้ำสายเล็กตั้งแต่ 2 สาย

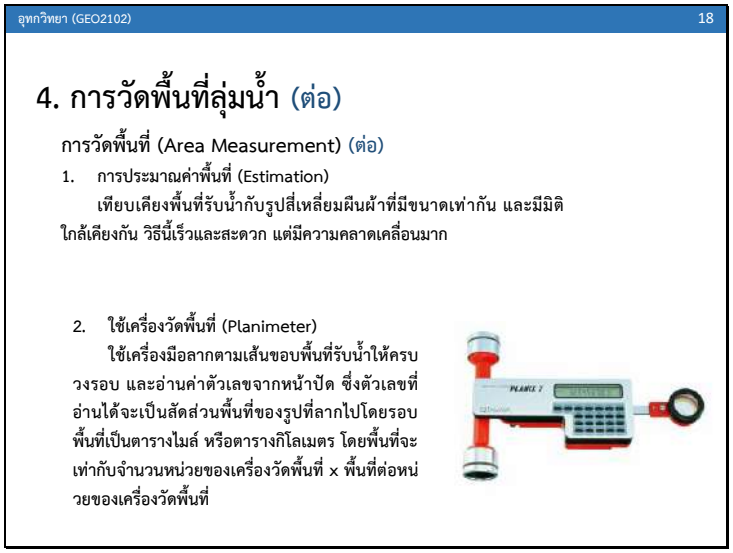
Slide 16

อุทกวิทยา (GEO2102) 16
4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ
วิธีการแบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ ต้องมีเส้นสันปันน้ำ (Watershed divide) ล้อมรอบ และในทางทฤษฎีต้องสามารถแยกทั้งน้ำผิวดิน (Surface runoff) และการไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater flow) ออกจากกัน ดังนั้น วิธีการลากเส้นสันปันน้ำตามสันเขา ต้องให้บรรจบกันที่ปากลุ่มน้ำ (Outlet หรือ Mouth) โดยมีข้อสังเกตว่า การลากเส้นสันปันน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศนั้น ต้องพยายามลากเส้นสันปันน้ำให้ตั้งฉากกับเส้นแนวระดับ
KEY:
Stream
Watershed Boundary

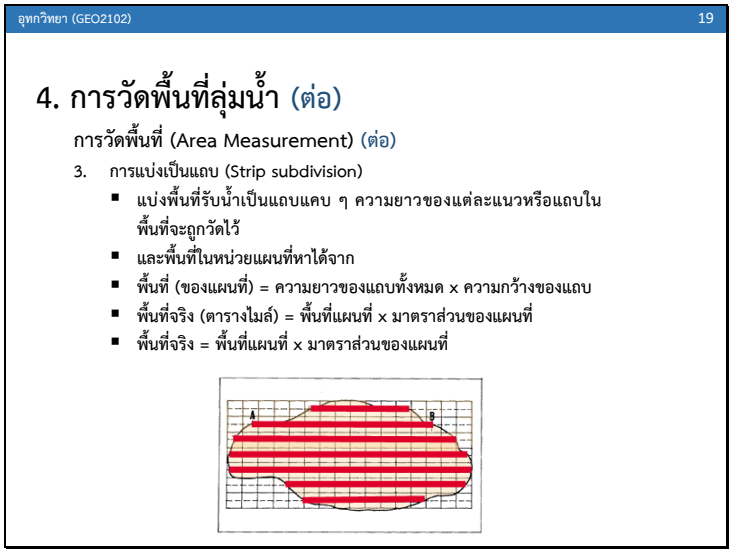
Slide 17


อุทกวิทยา (GEO2102) 17
4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
การวัดพื้นที่ (Area Measurement)
1. การประมาณค่าพื้นที่ (Estimation)
2. ใช้เครื่องวัดพื้นที่ (Planimeter)
3. การแบ่งเป็นแถบ (Strip subdivision)
4. การแบ่งเป็นรูปทรงเรขาคณิต (Geometric subdivision)
5. การทำตาราง (Dot grid)

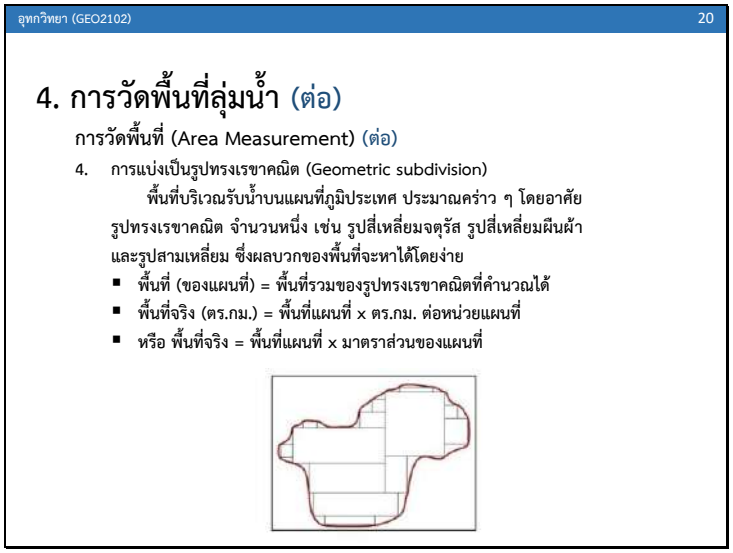
Slide 18


อุทกวิทยา (GEO2102) 18
4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
การวัดพื้นที่ (Area Measurement) (ต่อ)
1. การประมาณค่าพื้นที่ (Estimation)
เทียบเคียงพื้นที่รับน้ำกับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดเท่ากัน และมีมิติใกล้เคียงกัน วิธีนี้เร็วและสะดวก แต่มีความคลาดเคลื่อนมาก
2. ใช้เครื่องวัดพื้นที่ (Planimeter)
ใช้เครื่องมือลากตามเส้นขอบพื้นที่รับน้ำให้ครบวงรอบ และอ่านค่าตัวเลขจากหน้าปัด ซึ่งตัวเลขที่อ่านได้จะเป็นสัดส่วนพื้นที่ของรูปที่ลากไปโดยรอบพื้นที่เป็นตารางไมล์ หรือตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่จะเท่ากับจำนวนหน่วยของเครื่องวัดพื้นที่ x พื้นที่ต่อหน่วยของเครื่องวัดพื้นที่

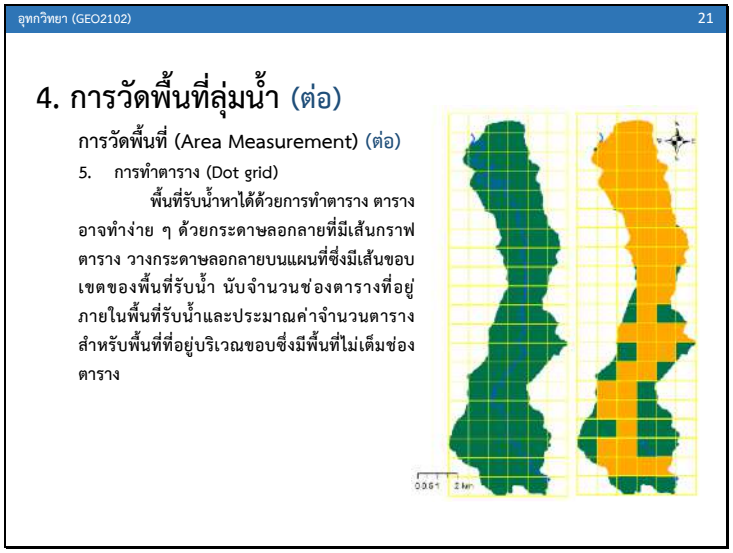
Slide 19


อุทกวิทยา (GEO2102) 19
4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
การวัดพื้นที่ (Area Measurement) (ต่อ)
3. การแบ่งเป็นแถบ (Strip subdivision)
แบ่งพื้นที่รับน้ำเป็นแถบแคบ ๆ ความยาวของแต่ละแนวหรือแถบในพื้นที่จะถูกวัดไว้
และพื้นที่ในหน่วยแผนที่หาได้จาก
พื้นที่ (ของแผนที่) = ความยาวของแถบทั้งหมด x ความกว้างของแถบ
พื้นที่จริง (ตารางไมล์) = พื้นที่แผนที่ x มาตราส่วนของแผนที่
พื้นที่จริง = พื้นที่แผนที่ x มาตราส่วนของแผนที่

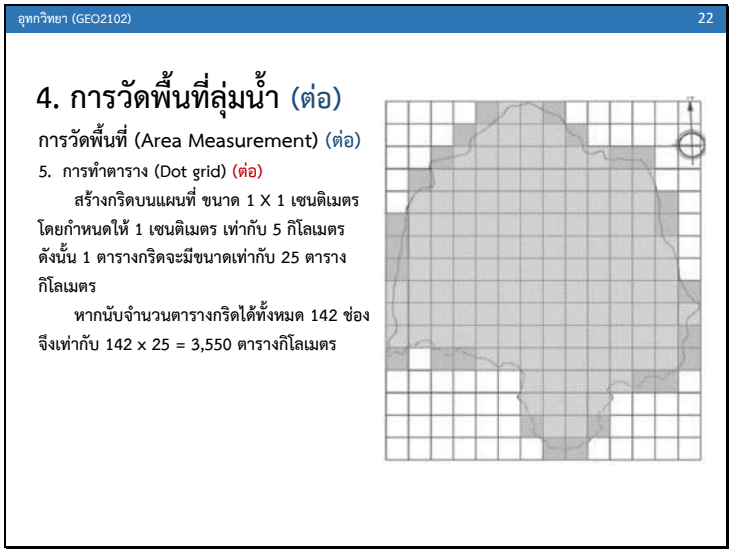
Slide 20


อุทกวิทยา (GEO2102) 20
4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
การวัดพื้นที่ (Area Measurement) (ต่อ)
4. การแบ่งเป็นรูปทรงเรขาคณิต (Geometric subdivision)
พื้นที่บริเวณรับน้ำบนแผนที่ภูมิประเทศ ประมาณคร่าว ๆ โดยอาศัยรูปทรงเรขาคณิต จำนวนหนึ่ง เช่น รูปสี่เหลี่ยมจตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปสามเหลี่ยม ซึ่งผลบวกของพื้นที่จะหาได้โดยง่าย
พื้นที่ (ของแผนที่) = พื้นที่รวมของรูปทรงเรขาคณิตที่คำนวณได้
พื้นที่จริง (ตร.กม.) = พื้นที่แผนที่ x ตร.กม. ต่อหน่วยแผนที่
หรือ พื้นที่จริง = พื้นที่แผนที่ x มาตราส่วนของแผนที่

Slide 21


อุทกวิทยา (GEO2102) 21
4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
การวัดพื้นที่ (Area Measurement) (ต่อ)
5. การทำตาราง (Dot grid)
พื้นที่รับน้ำหาได้ด้วยการทำตาราง ตารางอาจทำง่าย ๆ ด้วยกระดาษลอกลายที่มีเส้นกราฟตาราง วางกระดาษลอกลายบนแผนที่ซึ่งมีเส้นขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ นับจำนวนช่องตารางที่อยู่ภายในพื้นที่รับน้ำและประมาณค่าจำนวนตารางสำหรับพื้นที่ที่อยู่บริเวณขอบซึ่งมีพื้นที่ไม่เต็มช่องตาราง

Slide 22


อุทกวิทยา (GEO2102) 22
4. การวัดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
การวัดพื้นที่ (Area Measurement) (ต่อ)
5. การทำตาราง (Dot grid) (ต่อ)
สร้างกริดบนแผนที่ ขนาด 1 X 1 เซนติเมตร โดยกำหนดให้ 1 เซนติเมตร เท่ากับ 5 กิโลเมตร ดังนั้น 1 ตารางกริดจะมีขนาดเท่ากับ 25 ตารางกิโลเมตร
หากนับจำนวนตารางกริดได้ทั้งหมด 142 ช่อง จึงเท่ากับ 142 x 25 = 3,550 ตารางกิโลเมตร

Slide 23



## 5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ

### Compactness coefficient ($K_c$)

หมายถึง ค่าอัตราส่วนระหว่างเส้นล้อมรอบลุ่มน้ำกับรอบรูปของวงกลมที่มีขนาดเท่ากับพื้นที่ที่ทำการศึกษา

$K_c = P/(2\pi r)$ พื้นที่วงกลม $A = \pi r^2$ หรือ $r = \sqrt{A/\pi}$

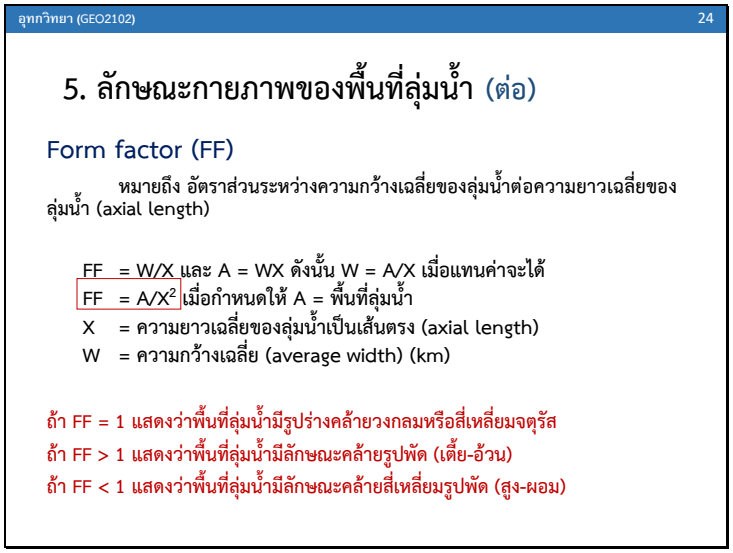
แทนค่า r = จะได้ $Kc = P/(2\pi * \sqrt{A/\pi})$ และ $Kc = 0.28*P/\sqrt{A}$

โดยที่ P = ความยาวเส้นรอบลุ่มน้ำ

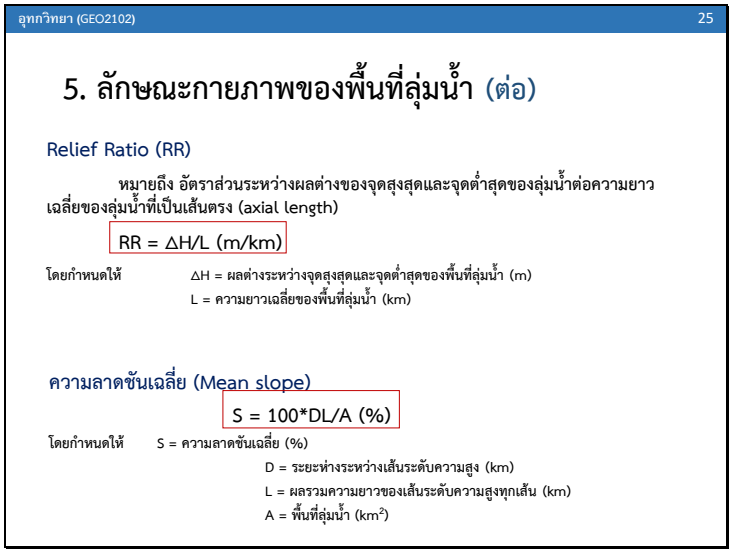
A = พื้นที่ลุ่มน้ำ ($Km^2$)

ซึ่ง $K_c > 1$ เสมอ หาค่า $K_c = 1$ แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นวงกลม

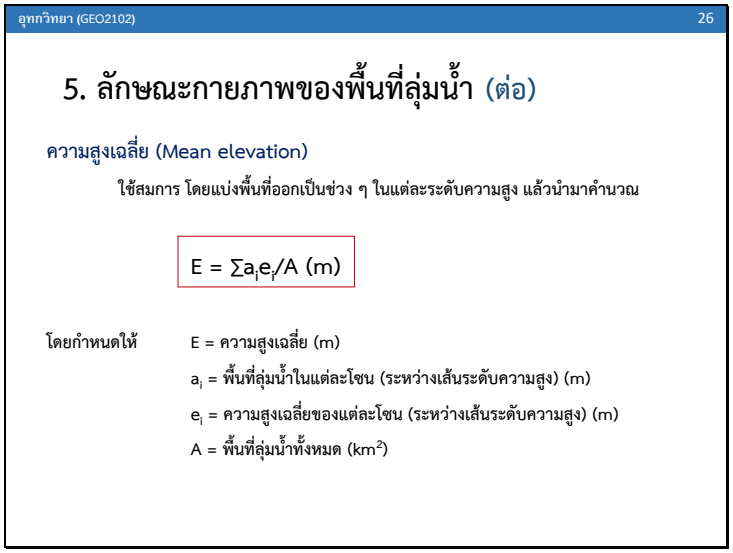
Slide 24


อุทกวิทยา (GEO2102) 24
5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
Form factor (FF)
หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความกว้างเฉลี่ยของลุ่มน้ำต่อความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำ (axial length)
FF = W/X และ A = WX ดังนั้น W = A/X เมื่อแทนค่าจะได้
FF = A/X2 เมื่อกำหนดให้ A = พื้นที่ลุ่มน้ำ
X = ความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง (axial length)
W = ความกว้างเฉลี่ย (average width) (km)
ถ้า FF = 1 แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำมีรูปร่างคล้ายวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจตุรัส
ถ้า FF > 1 แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะคล้ายรูปพัด (เตี้ย-อ้วน)
ถ้า FF < 1 แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมรูปพัด (สูง-ผอม)

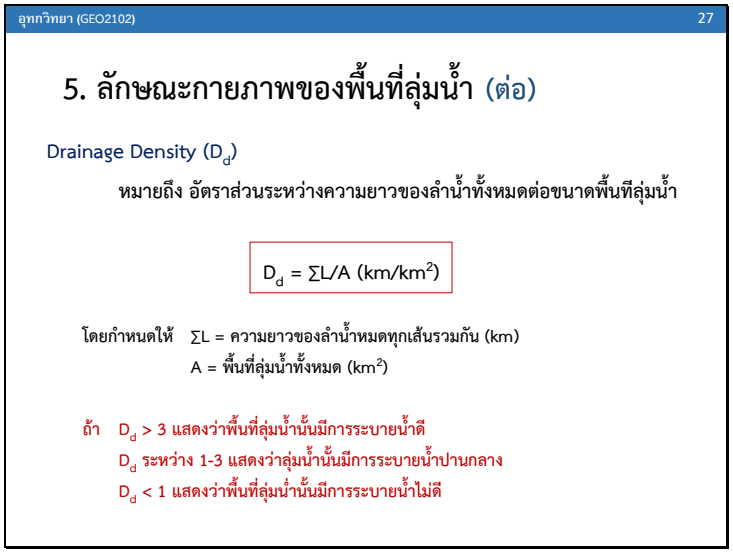
Slide 25


อุทกวิทยา (GEO2102) 25
5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
Relief Ratio (RR)
หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลต่างของจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของลุ่มน้ำต่อความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำที่เป็นเส้นตรง (axial length)
RR = ΔH/L (m/km)
โดยกำหนดให้ ΔH = ผลต่างระหว่างจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (m)
L = ความยาวเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำ (km)
ความลาดชันเฉลี่ย (Mean slope)
S = 100*DL/A (%)
โดยกำหนดให้ S = ความลาดชันเฉลี่ย (%)
D = ระยะห่างระหว่างเส้นระดับความสูง (km)
L = ผลรวมความยาวของเส้นระดับความสูงทุกเส้น (km)
A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (km2)

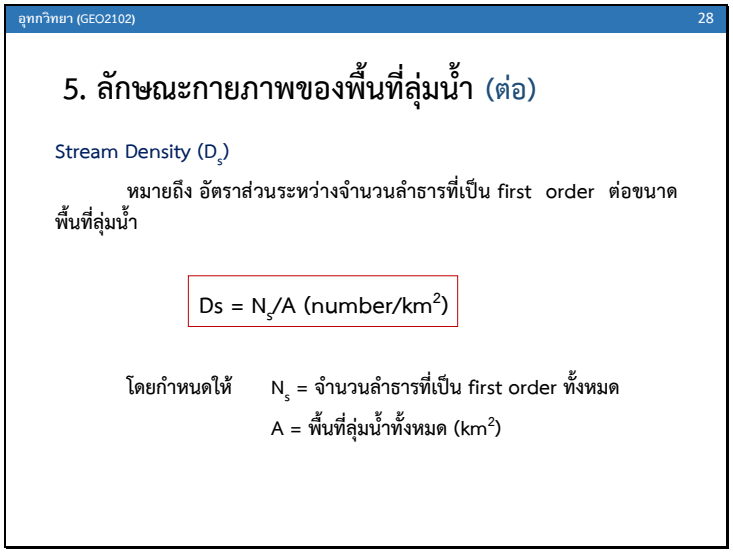
Slide 26


อุทกวิทยา (GEO2102) 26
5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
ความสูงเฉลี่ย (Mean elevation)
ใช้สมการ โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นช่วง ๆ ในแต่ละระดับความสูง แล้วนำมาคำนวณ
E = ∑aiei/A (m)
โดยกำหนดให้
E = ความสูงเฉลี่ย (m)
ai = พื้นที่ลุ่มน้ำในแต่ละโซน (ระหว่างเส้นระดับความสูง) (m)
ei = ความสูงเฉลี่ยของแต่ละโซน (ระหว่างเส้นระดับความสูง) (m)
A = พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (km2)

Slide 27


อุทกวิทยา (GEO2102) 27
5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
Drainage Density ($D_d$)
หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความยาวของลำน้ำทั้งหมดต่อขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ
$D_d = \sum L/A$ (km/km$^2$)
โดยกำหนดให้ ∑L = ความยาวของลำน้ำหมดทุกเส้นรวมกัน (km)
A = พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (km$^2$)
ถ้า $D_d$ > 3 แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นมีการระบายน้ำดี
$D_d$ ระหว่าง 1-3 แสดงว่าลุ่มน้ำนั้นมีการระบายน้ำปานกลาง
$D_d$ < 1 แสดงว่าพื้นที่ลุ่มน่ำนั้นมีการระบายน้ำไม่ดี

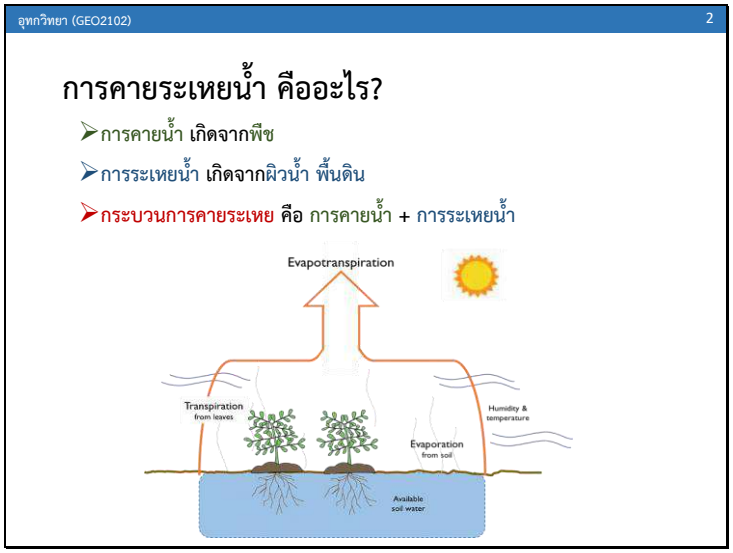
Slide 28


อุทกวิทยา (GEO2102) 28
5. ลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ต่อ)
Stream Density ($D_s$)
หมายถึง อัตราส่วนระหว่างจำนวนลำธารที่เป็น first order ต่อขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ
$Ds = N_s/A$ (number/km$^2$)
โดยกำหนดให้ $N_s$ = จำนวนลำธารที่เป็น first order ทั้งหมด
A = พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (km$^2$)

Slide 1

อุทกวิทยา (Hydrology)
7. การคายระเหยน้ำ (Evapotranspiration)
ผู้สอน อาจารย์คธาวุฒิ ไวยสุศรี
รหัสวิชา GEO 2102 ห้อง 3652
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

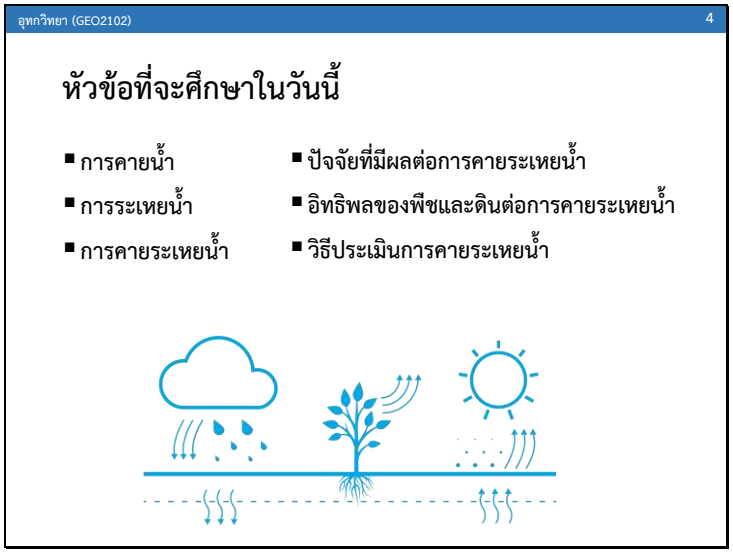
Slide 2


อุทกวิทยา (GEO2102)
2
การคายระเหยน้ำ คืออะไร?
การคายน้ำ เกิดจากพืช
การระเหยน้ำ เกิดจากผิวน้ำ พื้นดิน
กระบวนการคายระเหย คือ การคายน้ำ + การระเหยน้ำ
Evapotranspiration
Transpiration from leaves
Humidity & temperature
Evaporation from soil
Available soil water

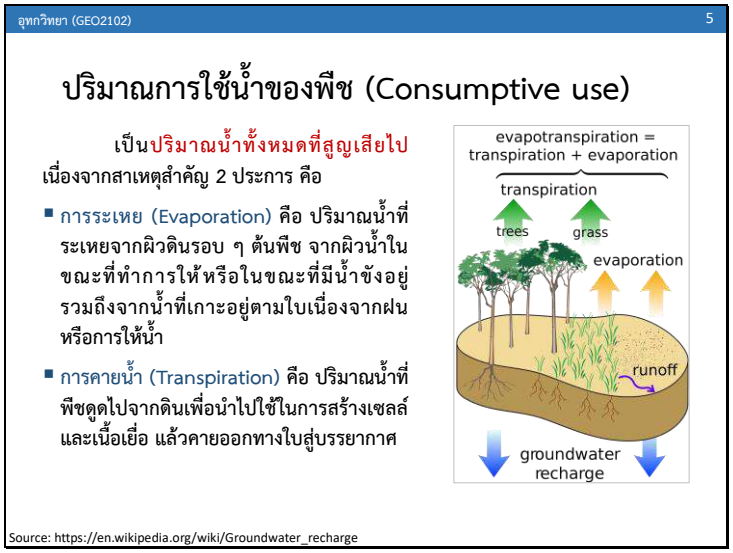
Slide 3

อุทกวิทยา (GEO2102)
3
การคายระเหยน้ำ คืออะไร?
Transpiration:
Water vapor escapes
from pores under leaves
TRY THIS...
If you cover an
entire leaf of a green
plant, you will notice
that the plastic bag
will look foggy after
a while.
Evaporation:
Water in the soils
change to gas as the
the ground surface
warms up
Soil moisture
Warm ground surface
©Eschooltoday.com
Source: http://www.eschooltoday.com/water-cycle/what-is-transpiration-and-evapotranspiration.html

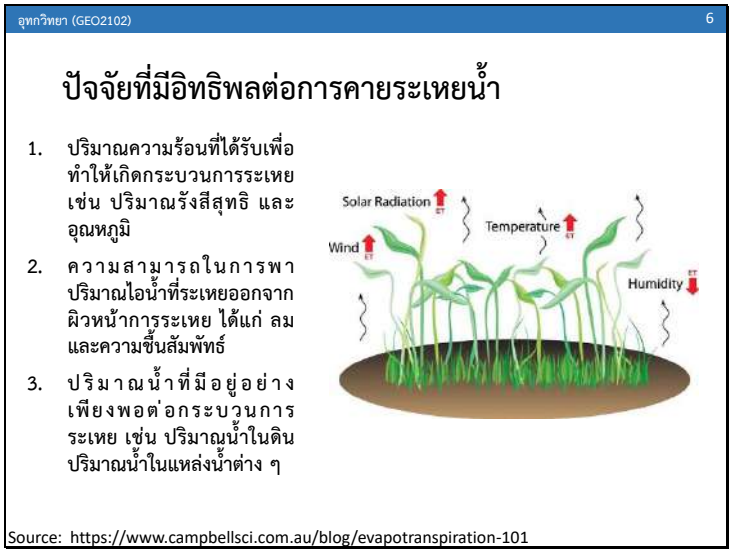
Slide 4


อุทกวิทยา (GEO2102)
4
หัวข้อที่จะศึกษาในวันนี้
การคายน้ำ
การระเหยน้ำ
การคายระเหยน้ำ
ปัจจัยที่มีผลต่อการคายระเหยน้ำ
อิทธิพลของพืชและดินต่อการคายระเหยน้ำ
วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ

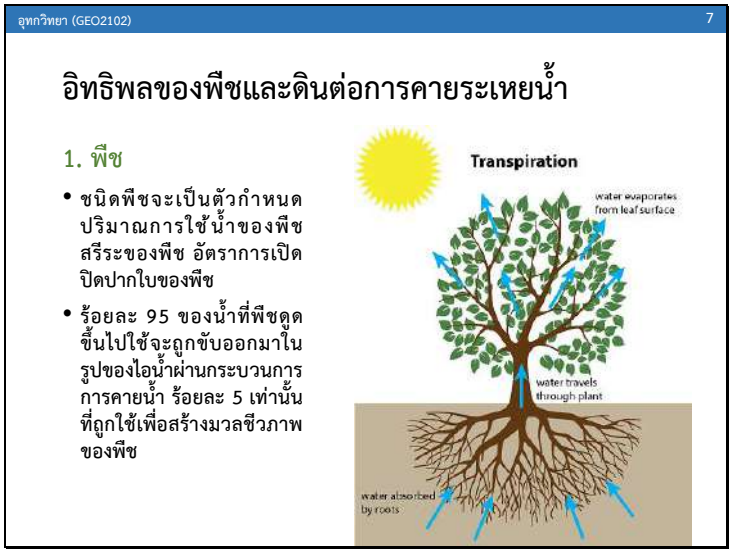
Slide 5


อุทกวิทยา (GEO2102)
5
ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Consumptive use)
เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียไป
เนื่องจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ
การระเหย (Evaporation) คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินรอบ ๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในขณะที่ทำการให้หรือในขณะที่มีน้ำขังอยู่ รวมถึงจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำ
การคายน้ำ (Transpiration) คือ ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินเพื่อนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ
evapotranspiration = transpiration + evaporation
transpiration
trees
grass
evaporation
runoff
groundwater recharge
Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Groundwater_recharge

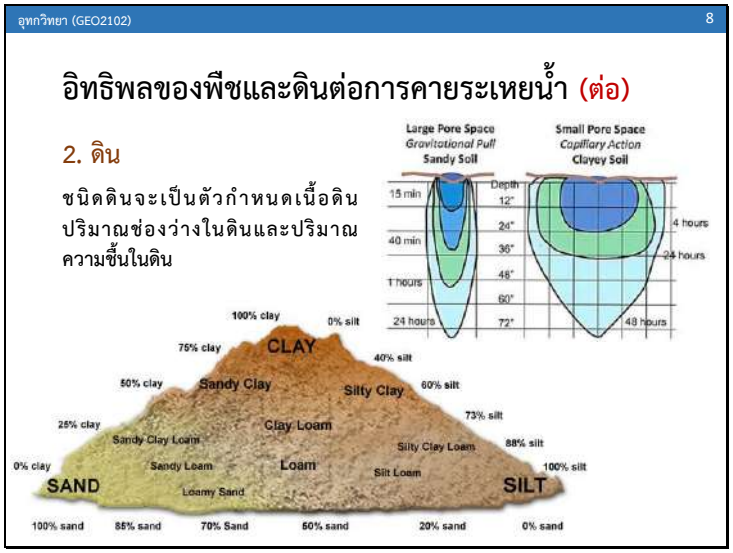
Slide 6


อุทกวิทยา (GEO2102)
6
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคายระเหยน้ำ
1. ปริมาณความร้อนที่ได้รับเพื่อทำให้เกิดกระบวนการระเหย เช่น ปริมาณรังสีสุทธิ และอุณหภูมิ
2. ความสามารถในการพาปริมาณไอน้ำที่ระเหยออกจากผิวหน้าการระเหย ได้แก่ ลม และความชื้นสัมพัทธ์
3. ปริมาณน้ำที่มีอยู่อย่างเพียงพอต่อกระบวนการระเหย เช่น ปริมาณน้ำในดิน ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ
Solar Radiation
Temperature
Wind
Humidity
Source: https://www.campbellsci.com.au/blog/evapotranspiration-101

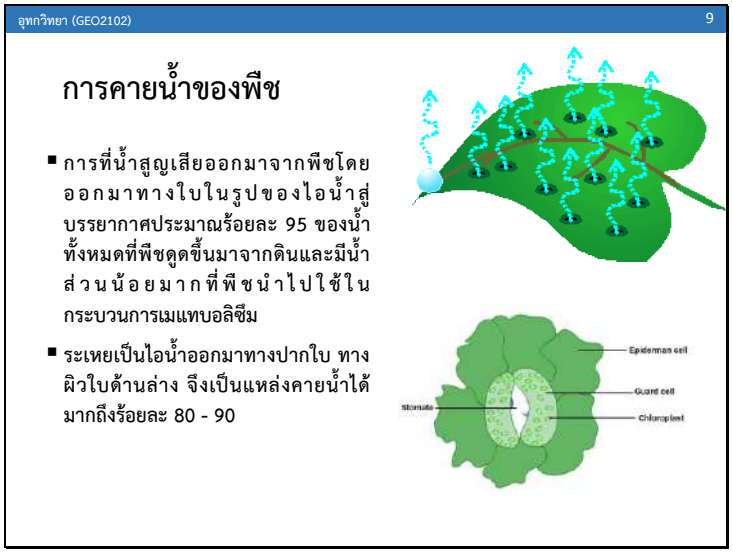
Slide 7


อุทกวิทยา (GEO2102)
7
อิทธิพลของพืชและดินต่อการคายระเหยน้ำ
1. พืช
• ชนิดพืชจะเป็นตัวกำหนดปริมาณการใช้น้ำของพืช สรีระของพืช อัตราการเปิดปิดปากใบของพืช
• ร้อยละ 95 ของน้ำที่พืชดูดขึ้นไปใช้จะถูกขับออกมาในรูปของไอน้ำผ่านกระบวนการการคายน้ำ ร้อยละ 5 เท่านั้นที่ถูกใช้เพื่อสร้างมวลชีวภาพของพืช
Transpiration
water evaporates from leaf surface
water travels through plant
water absorbed by roots

Slide 8


อุทกวิทยา (GEO2102)
8
อิทธิพลของพืชและดินต่อการคายระเหยน้ำ (ต่อ)
2. ดิน
ชนิดดินจะเป็นตัวกำหนดเนื้อดิน ปริมาณช่องว่างในดินและปริมาณความชื้นในดิน
Large Pore Space
Gravitational Pull
Sandy Soil
Small Pore Space
Capillary Action
Clayey Soil
Depth
15 min
40 min
1 hours
24 hours
12"
24"
36"
48"
60"
72"
4 hours
24 hours
48 hours
100% clay
0% silt
75% clay
CLAY
40% silt
50% clay
Sandy Clay
Silty Clay
60% silt
25% clay
Clay Loam
73% silt
Sandy Clay Loam
Silty Clay Loam
88% silt
0% clay
Sandy Loam
Loam
Silt Loam
100% silt
SAND
Loamy Sand
SILT
100% sand
85% sand
70% Sand
60% sand
20% sand
0% sand

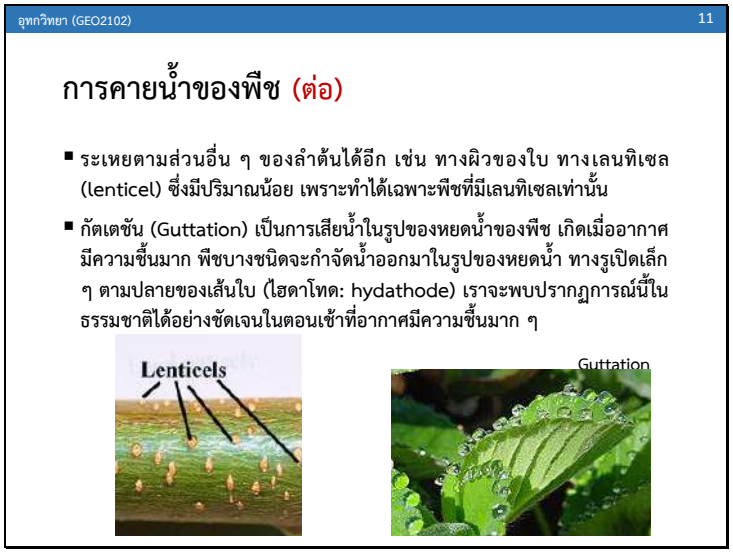
Slide 9


อุทกวิทยา (GEO2102)
9
การคายน้ำของพืช
การที่น้ำสูญเสียออกมาจากพืชโดยออกมาทางใบในรูปของไอน้ำสู่บรรยากาศประมาณร้อยละ 95 ของน้ำทั้งหมดที่พืชดูดขึ้นมาจากดินและมีน้ำส่วนน้อยมากที่พืชนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม
ระเหยเป็นไอน้ำออกมาทางปากใบ ทางผิวใบด้านล่าง จึงเป็นแหล่งคายน้ำได้มากถึงร้อยละ 80 - 90
Epidermal cell
Guard cell
Stomata
Chloroplast

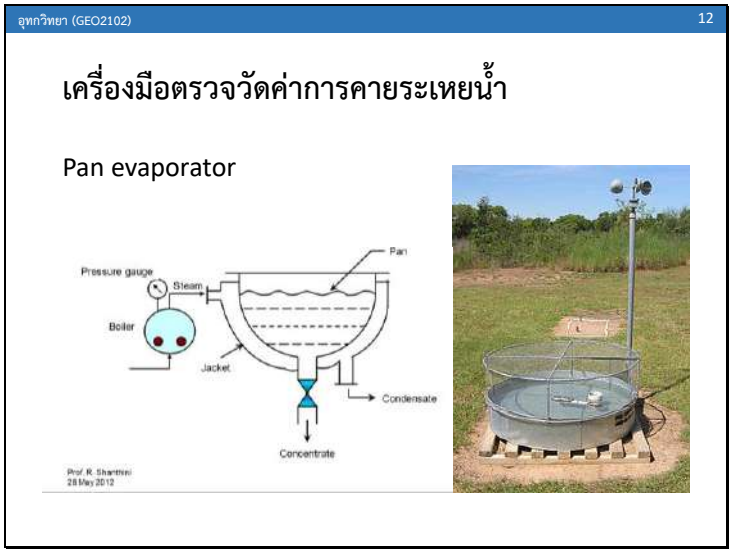
Slide 10

อุทกวิทยา (GEO2102)
10
การคายน้ำของพืช (ต่อ)
การปิด-เปิดของปากใบเสมือนประตูคอยควบคุมปริมาณภายในต้นพืช พืชจึงมีกลไกบางประการที่จะคอยควบคุมปริมาณน้ำภายในลำต้นพืชไม่ให้มีมากเกินไป และยังคอยที่รักษาน้ำเอาไว้ได้เมื่ออยู่ในสภาพแห้งแล้ง เพื่อให้สภาวะภายในพืชมีความชุ่มชื้นให้พอเหมาะเสมอ
การปิด-เปิดของปากใบนั้น จะช้าหรือเร็ว มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกหลายประการ สภาพแวดล้อมภายนอก เช่น แสงสว่าง แก๊สคาร์บอนไดออก-ไซด์ อุณหภูมิ ลม และสภาพของดิน เป็นต้น
ปากใบ (Stoma)

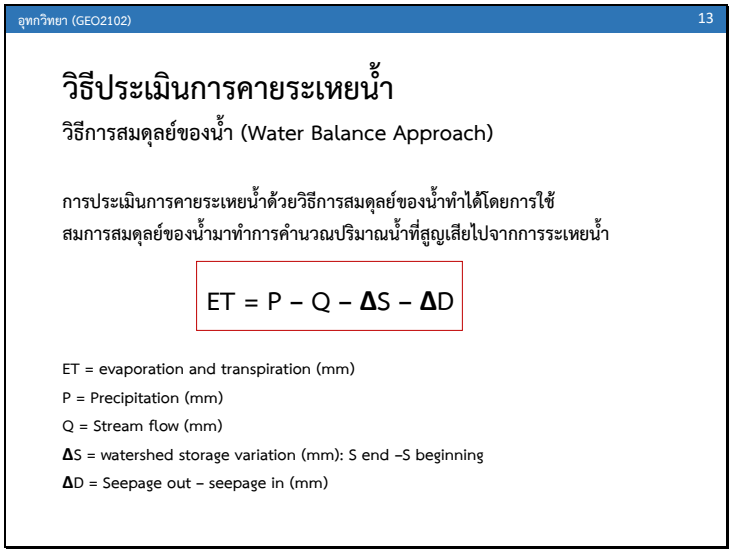
Slide 11


อุทกวิทยา (GEO2102)
11
การคายน้ำของพืช (ต่อ)
ระเหยตามส่วนอื่น ๆ ของลำต้นได้อีก เช่น ทางผิวของใบ ทางเลนทิเซล (lenticel) ซึ่งมีปริมาณน้อย เพราะทำได้เฉพาะพืชที่มีเลนทิเซลเท่านั้น
กัตเตชัน (Guttation) เป็นการเสียน้ำในรูปของหยดน้ำของพืช เกิดเมื่ออากาศมีความชื้นมาก พืชบางชนิดจะกำจัดน้ำออกมาในรูปของหยดน้ำ ทางรูเปิดเล็ก ๆ ตามปลายของเส้นใบ (ไฮดาโทด: hydathode) เราจะพบปรากฏการณ์นี้ในธรรมชาติได้อย่างชัดเจนในตอนเช้าที่อากาศมีความชื้นมาก ๆ
Lenticels
Guttation

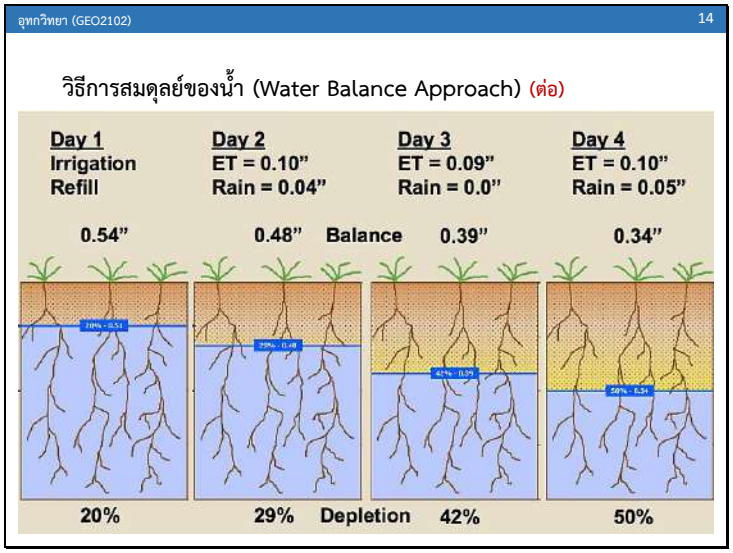
Slide 12


อุทกวิทยา (GEO2102)
12
เครื่องมือตรวจวัดค่าการคายระเหยน้ำ
Pan evaporator
Pressure gauge
Steam
Pan
Boiler
Jacket
Condensate
Concentrate
Prof. R. Shanthini
28 May 2012

Slide 13


อุทกวิทยา (GEO2102)
13
วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ
วิธีการสมดุลย์ของน้ำ (Water Balance Approach)
การประเมินการคายระเหยน้ำด้วยวิธีการสมดุลย์ของน้ำทำได้โดยการใช้
สมการสมดุลย์ของน้ำมาทำการคำนวณปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากการระเหยน้ำ
ET = P – Q – ΔS – ΔD
ET = evaporation and transpiration (mm)
P = Precipitation (mm)
Q = Stream flow (mm)
ΔS = watershed storage variation (mm): S end –S beginning
ΔD = Seepage out – seepage in (mm)

Slide 14


อุทกวิทยา (GEO2102)
14
วิธีการสมดุลย์ของน้ำ (Water Balance Approach) (ต่อ)
Day 1
Irrigation
Refill
Day 2
ET = 0.10"
Rain = 0.04"
Day 3
ET = 0.09"
Rain = 0.0"
Day 4
ET = 0.10"
Rain = 0.05"
0.54"
0.48"
Balance
0.39"
0.34"
20%
29%
Depletion
42%
50%

Slide 15

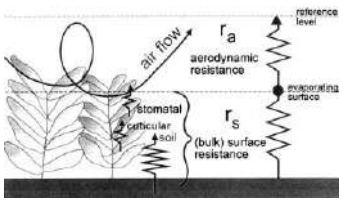


## วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ (ต่อ)

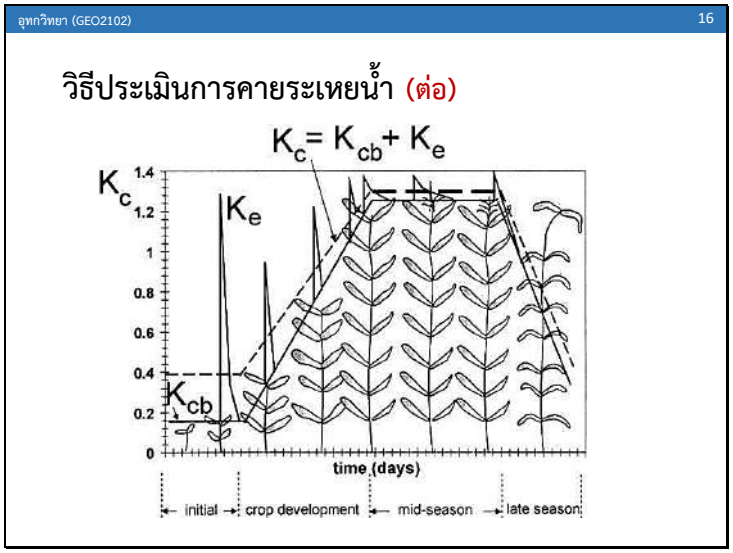
The Penman-Monteith form of the combination equation

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

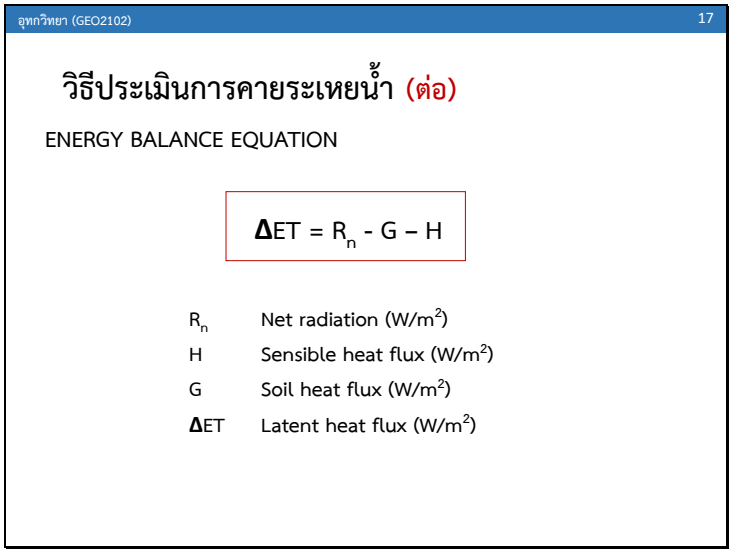
| | |
|---|---|
| $Et_o$ | reference evapotranspiration [mm day -1 ], |
| $R_n$ | net radiation at the crop surface [MJ m -2 day -1 ], |
| G | soil heat flux density [MJ m -2 day -1 ], |
| T | air temperature at 2 m height [°C], |
| $u_2$ | wind speed at 2 m height [m s -1 ], |
| $e_s$ | saturation vapour pressure [kPa], |
| $e_a$ | actual vapour pressure [kPa], |
| $e_s - e_a$ | saturation vapour pressure deficit [kPa], |
| D | slope vapour pressure curve [kPa°C -1 ], |
| g | psychrometricconstant [kPa °C -1 ]. |



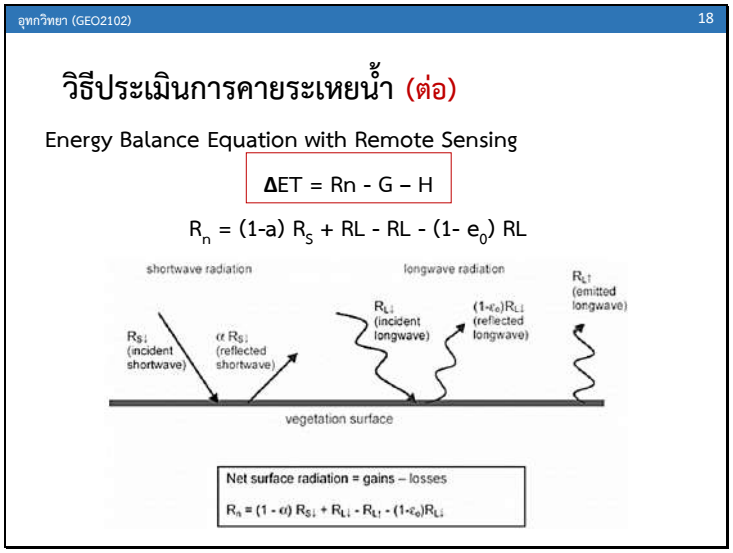
Slide 16


อุทกวิทยา (GEO2102)
16
วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ (ต่อ)
$K_c = K_{cb} + K_e$
$K_c$
$K_e$
$K_{cb}$
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
time (days)
initial
crop development
mid-season
late season

Slide 17


อุทกวิทยา (GEO2102)
17
วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ (ต่อ)
ENERGY BALANCE EQUATION
ΔET = Rn - G – H
Rn Net radiation (W/m2)
H Sensible heat flux (W/m2)
G Soil heat flux (W/m2)
ΔET Latent heat flux (W/m2)

Slide 18


อุทกวิทยา (GEO2102)
18
วิธีประเมินการคายระเหยน้ำ (ต่อ)
Energy Balance Equation with Remote Sensing
ΔET = Rn - G – H
$R_n = (1-a) R_S + RL - RL - (1- e_0) RL$
shortwave radiation
longwave radiation
$R_{L\uparrow}$ (emitted longwave)
$R_{S\downarrow}$ (incident shortwave)
$\alpha R_{S\uparrow}$ (reflected shortwave)
$R_{L\downarrow}$ (incident longwave)
$(1-\varepsilon_0)R_{L\downarrow}$ (reflected longwave)
vegetation surface
Net surface radiation = gains – losses
$R_n = (1 - \alpha) R_{S\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1-\varepsilon_0)R_{L\downarrow}$