

Thesis Title	Mathematical Model for Estimating of Salt Intrusion under Changing of Climatic Conditions
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Nattachat Boonchukusol
Thesis Advisor	Dr. Thidarat Bunsri
Program	Master of Engineering
Field of Study	Environmental Engineering
Department	Environmental Engineering
Faculty	Engineering
B.E	2555

Abstract

This research aimed to predict the migration of saltwater into an unsaturated zone above an aquifer at a coastal area and mangrove forest under the change of climatic conditions. During climate change, the balance of hydrological cycle is seriously disturbed. The average daily rainfall intensity may be oscillated from 0 to 88 mmH₂O, resulting in the change of the mean sea level from 0 to 0.2 m. Catastrophic circumstances, which can occur within the year 2100, are drought occurring in relation to stagnant sea level, drought occurring in relation to sea level rise, and flood occurring in relation to stagnant sea level. The UNSAT program was employed to estimate the interface between saltwater and freshwater along the unsaturated zone for these prospective catastrophic scenarios. The UNSAT program was calibrated with a series of laboratory scale soil columns. The diameter of each column was 6.5 cm and the length of each column was 20 cm. The river sand and the silt samples with grained sizes of 0.2-0.5 mm were packed into the columns, demonstrating the sandy aquifer at the coastal area and the unsaturated zone of mangrove forest at the estuary, respectively. In the case of drought occurring in relation to stagnant sea level, the saltwater could creep to the level of 20 cm above the datum (column base) in the sand and to the 10 cm level above the silt column. As for the case of drought occurring in relation to sea level rise, the saltwater could move to the same levels as observed in the previous scenario. In the case of flood occurring in relation to stagnant sea level, the saltwater was flushed from sand column only. This indicates that the rise of sea level insignificantly affects the migration of

saltwater in the unsaturated zone. Furthermore, the capillary force of sand and silt is constant and it is much higher than the piezometric head. The flood could increase the inflow of freshwater, which caused the saltwater to be diluted and eliminated. The prediction results from UNSAT program were similar to the observation results. Then the UNSAT program was applied to the case studies: the sandy aquifer at the Thailand Gulf and the silty aquifer at the mangrove forest in Phetchaburi province, Thailand. The thicknesses of the unsaturated zones of the sandy aquifer and the silty aquifer were 5.00 and 1.50 m, respectively. In the case of drought occurring in relation to stagnant sea level, the saltwater could creep upwards to the levels of 1.50 m for the sandy aquifer and 0.25 m for the silty aquifer. As for the case of drought occurring in relation to the sea level rise, the saltwater could move upwards to the levels of 1.75 m for the sandy aquifer and 0.50 m for the silty aquifer. Furthermore, in the case of flood occurring in relation to stagnant sea level, the saltwater could be extruded downwards to the levels of 1.20 m for the sandy aquifer and 0.25 m for the silty aquifer. These findings suggest that the change of hydrological cycle can disturb the equilibrium of inflow-outflow at the aquifer rather than the fluctuating of sea level. The drought can cause the salt intrusion at the unsaturated zone. In addition, the flood can increase the infiltration of freshwater, which can either dilute or flush the saltwater from the unsaturated zone. However, the migration of saltwater in the sandy aquifer is faster than that in the silty aquifer as silt particles are finer, allowing less amount of water to permeate. This can slow down the saltwater movement when the change of climatic conditions occurs.

Keywords: Climate change/ Saltwater migration/ Mathematical model/
UNSAT program

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการประเมินการรुकกล้าของน้ำทะเล ภายใต้สภาวะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายณัฐชาติ บุญชูกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ธิดารัตน์ บุญศรี
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำนายการรุกกล้า หรือการเคลื่อนย้ายของน้ำทะเลสู่ชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำด้านบนของชั้นน้ำบาดาล บริเวณพื้นที่ชายฝั่งและป่าชายเลน ภายใต้สภาวะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นส่งผลกระทบต่อสมดุลของวัฏจักรของน้ำ โดยที่ความชื้นฝนเฉลี่ยต่อวัน อาจแกว่งในช่วง 0 ถึง 88 มิลลิเมตรของน้ำ นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลจาก 0 ถึง 0.2 เมตร วิกฤตการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในปีค.ศ. 2100 ได้แก่ กรณีแห้งแล้งและระดับน้ำทะเลคงที่ กรณีแห้งแล้งและระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น และกรณีน้ำท่วมและระดับน้ำทะเลคงที่ ทั้งนี้ใช้โปรแกรม UNSAT ในการประเมินเส้นชั้นผิวสัมผัสระหว่างน้ำเกลือและน้ำจืด ตลอดชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ภายใต้วิกฤตการณ์ที่ประเมินข้างต้น ทั้งนี้ปรับแก้ค่าในโปรแกรม UNSAT ด้วยผลของชุดการทดลองคอลัมน์ระดับห้องปฏิบัติการ โดยคอลัมน์ที่ใช้ทดสอบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร และมีความยาว 20 เซนติเมตร โดยใช้ทรายแม่น้ำและทรายแป้งขนาดอนุภาค 0.2-0.5 มิลลิเมตรบรรจุลงในคอลัมน์ ซึ่งเป็นตัวแทนของชั้นทรายให้น้ำ ในพื้นที่ชายฝั่ง และชั้นทรายแป้งให้น้ำบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำ ตามลำดับ สำหรับกรณีแห้งแล้งและระดับน้ำทะเลคงที่ น้ำเกลือสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาถึงระดับ 20 เซนติเมตรในชั้นทราย และ 10 เซนติเมตร ในชั้นทรายแป้ง จากด้านล่างของคอลัมน์ (ฐานคอลัมน์) ในกรณีที่แห้งแล้งและระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น น้ำเกลือสามารถเคลื่อนที่ได้ในระดับใกล้เคียงกับกรณีแรก ในกรณีน้ำท่วมและระดับน้ำทะเลคงที่ น้ำเกลือถูกขับออกไปได้เฉพาะคอลัมน์ทรายเท่านั้น ซึ่งทั้งหมดชี้ให้เห็นว่า ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นมีผลมากต่อการเคลื่อนย้ายของน้ำเกลือในชั้นที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำอย่างไม่มีนัยสำคัญ นอกจากนี้ แรงกาลปีลาไรของทรายและทรายแป้งมีค่าคงที่ และมีค่ามากกว่าความสูงพิโซเมตริกซ์ กรณีที่เกิดน้ำท่วมจะสามารถ

เพิ่มปริมาณการไหลเข้าของน้ำจืด ส่งผลให้น้ำเกลือถูกขับไล่และเจือจางออกไปได้จากชั้น ทั้งนี้ โปรแกรม UNSAT สามารถทำนายผลได้คล้ายคลึงกับผลการทดลอง หลังจากนั้นได้ใช้โปรแกรม UNSAT ในกรณีศึกษา บริเวณพื้นที่อ่าวไทย และบริเวณป่าชายเลนจังหวัดเพชรบุรี ประเทศไทย โดยค่าความหนาของชั้นทรายให้น้ำและชั้นทรายแป้งให้น้ำเท่ากับ 5.00 เมตร และ 1.50 เมตร ตามลำดับ ในกรณีแห้งแล้งและระดับน้ำทะเลคงที่ น้ำเกลือสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาได้ 1.50 เมตรในชั้นทรายให้น้ำ และ 0.25 เมตร ในชั้นทรายแป้งให้น้ำ น้ำเกลือสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาได้ถึง 1.75 เมตร ในชั้นทรายให้น้ำ และ 0.50 เมตรในชั้นทรายแป้งให้น้ำ ในกรณีแห้งแล้งและระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อเกิดกรณีน้ำท่วมกับระดับน้ำทะเลคงที่ น้ำเกลือสามารถเคลื่อนที่ระดับ 1.20 เมตรในชั้นทรายให้น้ำ และ 0.25 เมตรในชั้นทรายแป้งให้น้ำ ผลที่ได้ทั้งหมดนั้นทำให้ทราบได้ว่า การเปลี่ยนแปลงวัฏจักรของน้ำสามารถบวกรวมความสมดุลของการไหลเข้า-ไหลออกในชั้นทรายให้น้ำ มากกว่าการขึ้นลงของระดับน้ำทะเล กรณีของภัยแล้ง สามารถทำให้เกิดการรุกของน้ำทะเลเข้าสู่ชั้นดินให้น้ำ ส่วนกรณีของน้ำท่วมที่ปริมาณน้ำจืดที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณน้ำฝน สามารถขับไล่ หรือเจือจางน้ำเกลือในชั้นไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนย้ายของน้ำเกลือในชั้นทรายให้น้ำนั้นเร็วกว่าชั้นทรายแป้งให้น้ำ เพราะทรายแป้งมีขนาดอนุภาคที่ละเอียดกว่า จึงมีค่าการยอมให้น้ำซึมผ่านต่ำกว่า ซึ่งทำให้ชะลอการเคลื่อนที่ของน้ำเกลือ เมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง/ การรุกรานของน้ำทะเล/ แบบจำลองคณิตศาสตร์/
โปรแกรม UNSAT