



การจำลองแบบการไหลแบบ 2 มิติด้วยแบบจำลอง MIKE21 HDFM

บริเวณพื้นที่ชายฝั่งท่าเรือเมืองดาร์วิน ประเทศออสเตรเลีย

TWO DIMENSIONAL FLOW MODELING BY USING MIKE21 HDFM MODEL

FOR DARWIN HARBOUR, AUSTRALIA

วิษุวัตก์ แท้สมบัติ (Wisuwat Taesombat)

อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (fengwwt@ku.ac.th)

บทคัดย่อ : การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการจำลองการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลบริเวณพื้นที่ชายฝั่งท่าเรือเมืองดาร์วิน ประเทศออสเตรเลีย โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE21 HDFM ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย DHI Water Environment and Health ประเทศเดนมาร์ก เพื่อทำการจำลองแบบการไหลแบบ 2 มิติ โดยใช้วิธี Flexible Mesh ในการสร้างข้อมูลภูมิประเทศใต้ท้องทะเล (Bathymetry) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 450 ตารางกิโลเมตร การเปรียบเทียบแบบจำลองเลือกใช้ช่วงเวลาระหว่างวันที่ 24 ต.ค. 2537 ถึงวันที่ 23 พ.ย. 2537 โดยทำการเปรียบเทียบระดับน้ำทะเลรายชั่วโมงที่คำนวณได้กับค่าที่ตรวจวัดจริงบริเวณท่าเรือเมืองดาร์วิน ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองดังกล่าวให้ผลการคำนวณระดับน้ำทะเลที่มีความถูกต้องสูงและมีเสถียรภาพในการคำนวณ แบบจำลองดังกล่าวจะถูกใช้ในการศึกษากระบวนการแพร่กระจายสำหรับประเมินผลดัชนีคุณภาพน้ำต่อไป

ABSTRACT : This study aims to simulate wave induced currents around Darwin Harbour, Australia. This study was carried out by using MIKE21 HDFM model developed by DHI Water Environment and Health, Denmark. This model was applied for two dimensional flow modeling. Flexible Mesh (FM) was used to generate the bathymetry of the study area which occupied an area of 450 square kilometers. The period of 24 October 1994 to 23 November 1994 was selected for model calibration. Hourly tidal at the Darwin Harbour computed by this model was compared with the observed data. It was found that MIKE21 HDFM model gave the simulation results with high accuracy and reliability. This model will be later used to study on the advection/dispersion processes for water quality index evaluation.

KEYWORDS : Flow Modeling, MIKE21 HDFM, Darwin Harbour

1. บทนำ

การศึกษาครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกอบรมการใช้งานแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ที่จัดขึ้น ณ School of Engineering and Information Technology, Charles Darwin University, Australia ระหว่างวันที่ 18 เมษายน ถึงวันที่ 31 ตุลาคม 2551 ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมการฝึกอบรมของ Professor Eric Valentine ซึ่งผู้แต่ง

ได้มีโอกาสเข้ารับการฝึกอบรมดังกล่าวโดยแบบจำลองที่ประยุกต์ใช้คือ แบบจำลอง MIKE21 Flow Model FM (Flexible Mesh) ซึ่งเลือกใช้เฉพาะส่วนของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Module) มาใช้ในการจำลองการไหลของน้ำแบบ 2 มิติในพื้นที่ชายฝั่งทะเลคือ พื้นที่ชายฝั่งทะเลของท่าเรือเมืองดาร์วิน (Darwin Harbour) ของประเทศออสเตรเลีย สำหรับ

แบบจำลอง MIKE21 [1] นั้นถูกพัฒนาขึ้นโดย DHI Water Environment and Health ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งมีการประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ

สำหรับพื้นที่ศึกษานั้นเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตทางทะเลหลากหลายชนิดประกอบด้วย ปะการัง (coral) ฟองน้ำ (sponge) เต่า (turtle) ปลาพะยูน (dugong) และจระเข้น้ำเค็ม (saltwater crocodiles) รวมทั้งปลาทะเลอีก 340 สายพันธุ์ นอกจากนี้ท่าเรือเมืองดาร์วินยังเป็นที่ตั้งของเมืองขนาดใหญ่สองแห่งของรัฐ Northern Territory ประเทศออสเตรเลีย คือ เมืองดาร์วิน (Darwin) และเมืองปาลเมอร์สตัน (Palmerston) ซึ่งมีประชากรรวมกันทั้งสิ้น 100,000 คน โดยมีโรงบำบัดน้ำเสีย (Treatment Plant) จำนวน 5 แห่งที่จะบำบัดน้ำเสียโดยใช้การบำบัดผ่านเพียงกรรมวิธีบ่อดักตะกอนขั้นต้น (Primary Settlement Pond) ก่อนที่จะระบายน้ำทิ้ง (Effluent) ออกสู่ทะเลบริเวณท่าเรือเมืองดาร์วิน

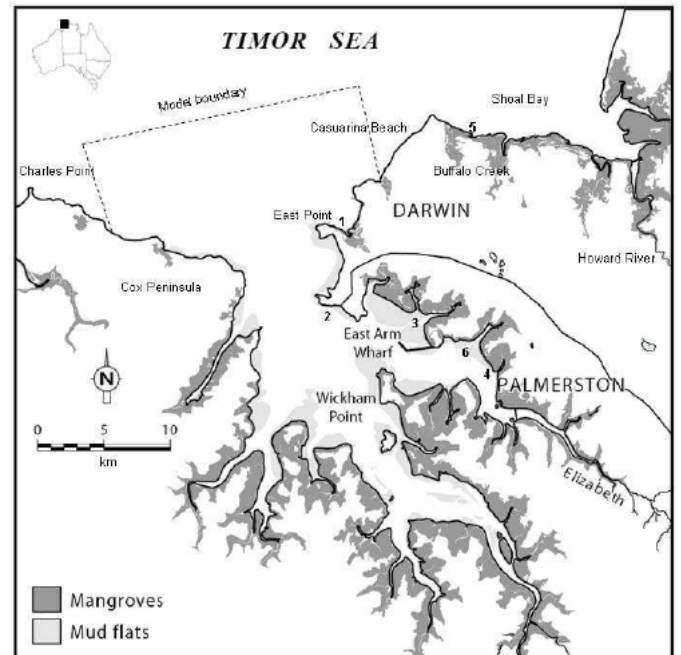
ปี ค.ศ. 2003 คณะกรรมการที่ปรึกษาของเมืองดาร์วิน (Darwin Harbour Advisory Committee) [2] ได้เสนอแผนการพัฒนาและจัดการทรัพยากรทางทะเลของท่าเรือเมืองดาร์วินโดยมีวัตถุประสงค์หลักในการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเลให้อยู่ในสภาพดีโดยจะเน้นการศึกษาวิจัยให้เข้าใจถึงสภาพทางธรรมชาติของบริเวณดังกล่าว ดังนั้นแบบจำลองทางด้านอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำจึงได้เริ่มต้นสร้างขึ้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการไหลของกระแสน้ำบริเวณท่าเรือเมืองดาร์วินและการแพร่กระจายของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว เพื่อที่จะนำไปสร้างเกณฑ์ในการกำหนดคุณภาพน้ำทิ้งขั้นต่ำที่จะปล่อยออกสู่ทะเลของโรงบำบัดน้ำเสียทั้ง 5 แห่งดังกล่าวเพื่อที่จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตทางทะเลทั้งหมดในบริเวณดังกล่าว

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการของแบบจำลอง MIKE21 HDFM
2. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE21 HDFM เพื่อการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำของการไหลแบบ 2 มิติในพื้นที่ชายฝั่งทะเลเมืองดาร์วิน ประเทศออสเตรเลีย

3. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ชายฝั่งทะเลของเมืองดาร์วินมีพื้นที่ประมาณ 450 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงพื้นที่ศึกษาในภาพที่ 1 โดยตำแหน่งของโรงบำบัดน้ำเสียทั้ง 5 แห่งได้ถูกแสดงเป็นตัวเลข 1 ถึง 5 และมีสถานีตรวจวัดระดับน้ำทะเลระดับน้ำซึ่งตรงกับตำแหน่งตัวเลข 2 ในภาพที่ 1 โดยมีระดับน้ำทะเลสูงสุดที่เคยเกิดขึ้นประมาณ 8 เมตรที่ระดับอ้างอิงจาก Australian Datum [3]



ภาพที่ 1 พื้นที่ชายฝั่งทะเลเมือง Darwin [3]

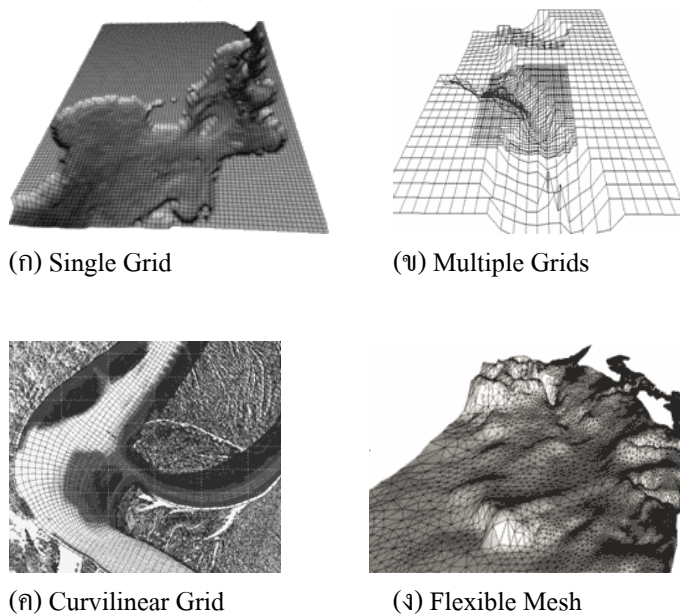
4. แบบจำลอง MIKE21 HDFM

แบบจำลอง MIKE21 HDFM เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดย DHI Water Environment and Health เพื่อจำลองการไหลแบบ 2 มิติในพื้นที่ที่เป็นทะเลสาบ ปากแม่น้ำ หรือพื้นที่ชายฝั่งทะเล ซึ่งเหมาะสำหรับการศึกษาทางด้านต่างๆ ได้แก่

- วิศวกรรมชายฝั่งทะเลและสมุทรศาสตร์
- วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและชลศาสตร์ในทะเล
- การเคลื่อนตัวของตะกอน
- การวิเคราะห์คลื่นในทะเล
- การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

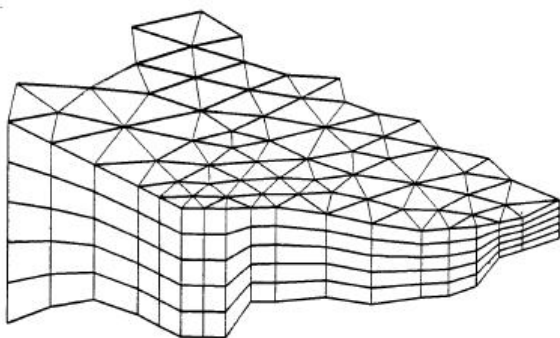
แบบจำลอง MIKE21 ได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างภูมิประเทศใต้ท้องทะเล (Bathymetry) แบ่งออกเป็น 4 แบบ ประกอบด้วย Single Grid, Multiple Grids, Curvilinear Grid และ Flexible Mesh ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยในการศึกษารุ่นนี้ได้เลือกใช้ Flexible Mesh ซึ่งนับว่าเป็นเครื่องมือใหม่ล่าสุดที่ถูกพัฒนาขึ้นและเริ่มนำมาใช้ในงานด้านวิศวกรรมชายฝั่งทะเล

(Coastal Engineering) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2002 เป็นต้นมา โดยมีความเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในการจำลองแบบการไหลให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดกว้างใหญ่และมีความซับซ้อน ซึ่งอาจมีความละเอียด (resolution) ของข้อมูลภูมิประเทศใต้ท้องทะเล (Bathymetry) ที่แตกต่างกัน กล่าวคือสามารถวิเคราะห์แบบลงรายละเอียดโดยเน้นเฉพาะพื้นที่บางแห่งที่มีข้อมูลละเอียดกว่าอีกพื้นที่หนึ่งซึ่งอยู่ภายในพื้นที่ศึกษาเดียวกันได้



ภาพที่ 2 ประเภทของการสร้าง Bathymetry [1]

Flexible Mesh ที่สร้างขึ้นสำหรับแบบจำลองการไหลแบบ 2 มิตินั้นแบ่งออกเป็นสองแบบคือ Triangles และ Quadrilateral Element ส่วนถ้าต้องการจำลองแบบการไหลแบบ 3 มิตินั้นจะต้องเพิ่มในส่วนของ Prism หรือ Brick Element เข้ามาพิจารณาด้วย ดังแสดงตัวอย่างของ Mesh ในแบบ 3 มิติในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างของการสร้าง Mesh [1]

แบบจำลอง MIKE21 HD Flexible Mesh นั้นตั้งอยู่บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อคำนวณการไหลในแบบ 2 มิติโดยใช้สมการของ Reynolds Averaged Navier-Stokes บนสมมติฐานของ Boussinesq และแรงดัน Hydrostatic โดยใช้เทคนิควิธีหาผลเฉลย (Solution technique) ที่เรียกว่า วิธี cell-centred finite volume [1]

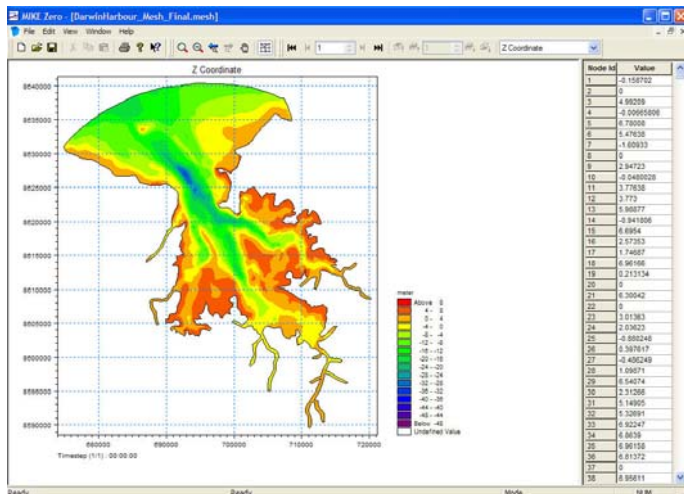
5. วิธีการดำเนินการ

การจัดทำแบบจำลอง MIKE21 HDFM ของชายฝั่งทะเลเมืองคาร์วินนั้นมีจุดประสงค์เพื่อให้เข้าใจถึงสภาพทางอุทกพลศาสตร์และสภาพของคุณภาพน้ำที่เป็นอยู่ในสภาพปัจจุบัน หลังจากนั้นจะทำการทดสอบการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสียแต่ละแห่งออกสู่ทะเล แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของเวลาในการฝึกอบรมของผู้แต่ง จึงสามารถทำได้เพียงการจัดทำแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์เพียงอย่างเดียว ดังแสดงวิธีการดำเนินการได้ดังนี้

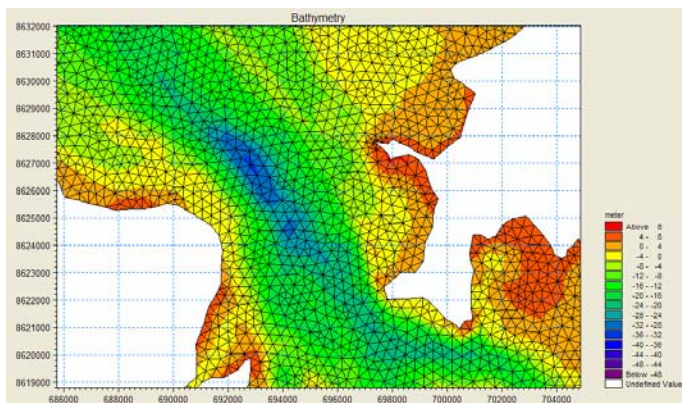
1. การจัดทำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE21 HDFM ในขั้นแรกจะทำการรวบรวมข้อมูลภูมิประเทศใต้ท้องทะเลที่เรียกว่า Bathymetry หรือระดับพื้นดินบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลซึ่งได้จากการข้อมูลการสำรวจในลักษณะของ Spot Height จำนวนทั้งสิ้น 8,648 จุด ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 450 ตารางกิโลเมตร โดยแต่ละจุดจะเป็นข้อมูลในลักษณะของ text file ที่มีนามสกุลเป็น *.xyz โดยค่า x และ y เป็นค่าแกน x และแกน y ของระบบพิกัด UTM ซึ่งบอกตำแหน่งบนโลกของแต่ละจุด ส่วนค่า z เป็นค่าระดับดินที่มีระดับอ้างอิงจาก Australian Datum ซึ่งคล้ายกับ ม.รทก.ที่ใช้กันในประเทศไทย

2. จากนั้นจะทำการสร้าง Flexible Mesh ซึ่งประกอบด้วย Node จำนวน 4,323 node และมี Element จำนวน 7,983 element ดังแสดง Flexible Mesh ที่จัดทำขึ้นทั้งในแบบ 2 มิติและ 3 มิติในภาพที่ 4

ก. Flexible Mesh แบบ 2 มิติ



ข. Flexible แบบ 2 มิติแบบขยาย (zoom)



ค. Flexible แบบ 3 มิติ



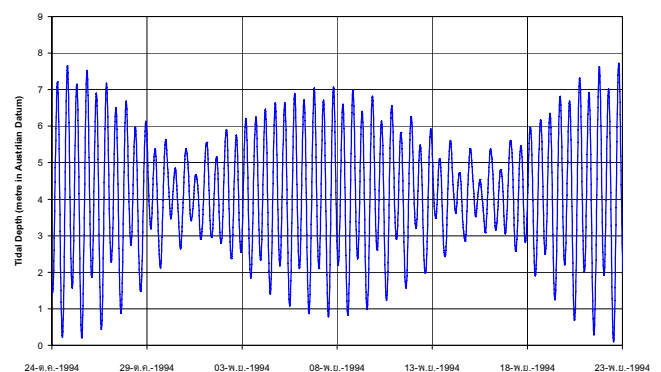
ภาพที่ 4 แสดง Flexible Mesh ที่สร้างขึ้นทั้งในแบบ 2 มิติและ 3 มิติสำหรับพื้นที่ท่าเรือเมืองคาร์วิน

3. หลังจากนั้น จะทำการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อสั่งการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง MIKE21 HDFM โดยทดสอบการรันแบบจำลองในช่วงระหว่างวันที่ 24 ตุลาคม ถึงวันที่ 23 พฤศจิกายน ค.ศ. 1994 โดยกำหนดให้ใช้ขอบเขตของแบบจำลอง (Boundary Condition) คือ ระดับน้ำทะเลขึ้น-ลงราย 15 นาที ดังแสดงกราฟของระดับน้ำทะเลที่เลือกใช้ในภาพที่ 5 ส่วนค่า

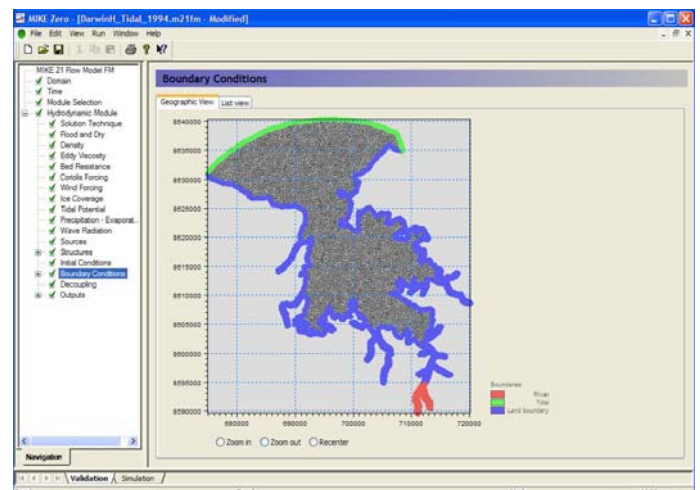
น้ำย่อยที่ไหลลงอยู่ทะเลไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากต้องการศึกษาในสภาพ Worst Case ส่วนภาพที่ 6 แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดค่าต่างๆ เพื่อสั่งการให้กับแบบจำลอง MIKE21 HDFM ทำการคำนวณ โดยค่าระดับน้ำทะเลเริ่มต้น (Initial Condition) เท่ากับระดับน้ำทะเลเฉลี่ยตลอดช่วงการรัน คือ 4.14 เมตรที่ระดับอ้างอิงจาก Australian Datum สำหรับผลการประยุกต์ใช้ทั้งหมดแสดงในหัวข้อถัดไป

6. ผลการศึกษา

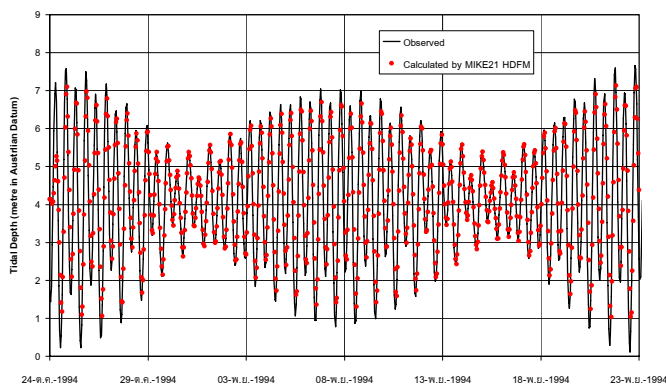
ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE21 HD Flexible Mesh ในการศึกษาครั้งนี้แสดงเฉพาะในส่วนของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ซึ่งจะแสดงระดับของผิวน้ำทะเล (Surface Elevation) และความลึกของน้ำทะเล (Water Depth) ดังแสดงกราฟของระดับผิวน้ำทะเลที่คำนวณได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับระดับผิวน้ำทะเลที่วัดได้จริงที่บริเวณท่าเรือเมืองคาร์วินในภาพที่ 7 และแสดงผลการคำนวณความลึกของน้ำ (Water Depth) ในแบบ 2 มิติและ 3 มิติในภาพที่ 8



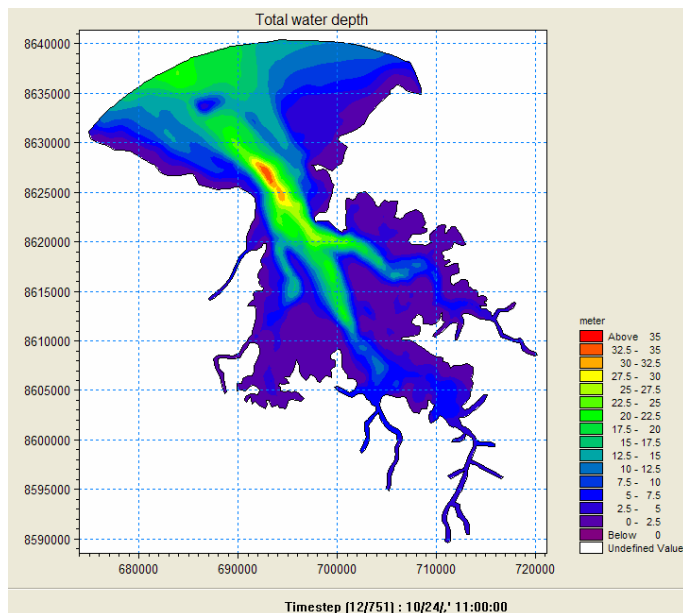
ภาพที่ 5 แสดงระดับผิวน้ำทะเลราย 15 นาทีของท่าเรือเมืองคาร์วินระหว่างวันที่ 24 ต.ค. ถึงวันที่ 23 พ.ย. 1994



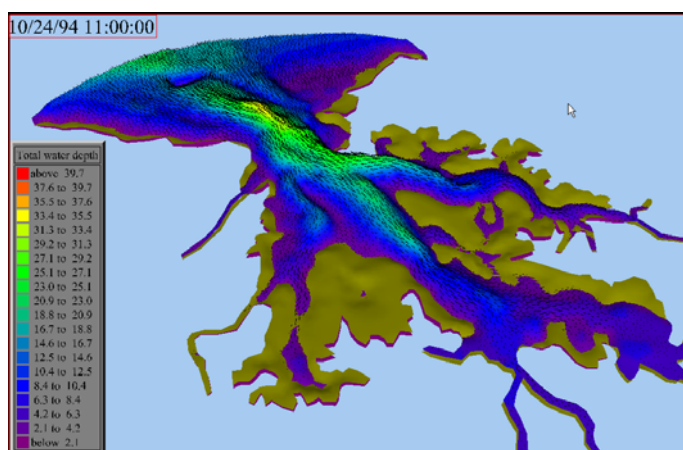
ภาพที่ 6 แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดค่าต่างๆ เพื่อสั่งการให้กับแบบจำลอง MIKE21 HDFM ทำการคำนวณ



ภาพที่ 7 แสดงกราฟของระดับผิวน้ำทะเลที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับที่วัดได้จริงที่บริเวณท่าเรือเมืองคาร์วิน ก. แบบจำลอง 2 มิติ



ข. แบบจำลอง 3 มิติ



ภาพที่ 8 แสดงผลการคำนวณความลึกน้ำทะเลจากแบบจำลอง MIKE 21 ทั้งในแบบ 2 มิติและ 3 มิติ

เมื่อพิจารณาผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองในภาพที่ 7 พบว่าผลการคำนวณระดับน้ำทะเลที่ได้มีความถูกต้องค่อนข้างสูงและมีเสถียรภาพในคำนวณค่อนข้างสูง ส่วนจากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวมีรูปแบบการแสดงผลด้านนอกที่ทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย โดยสามารถสรุปผลการจัดสร้างแบบจำลองดังกล่าวซึ่งประกอบด้วย ค่าตัวแปรที่สำคัญที่ผ่านการปรับเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระท้องน้ำ (Manning' n) ใช้เท่ากับ 0.1 และช่วงเวลาการคำนวณ (time step) ใช้เท่ากับ 15 นาที ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณโดยประมาณเท่ากับ 3 ชั่วโมงเมื่อรันโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) ที่มีชิปประมวลผลแบบ Centrino DuoCPU ซึ่งชิปดังกล่าวมีความเร็วเท่ากับ 1.55 GHz และใช้แรมขนาด 2 MB หลังจากการจัดทำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์แล้วเสร็จจะนำค่า velocity field ทั้งขนาดและทิศทาง ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญไปใช้ในการศึกษากระบวนการแพร่กระจายสำหรับประเมินผลดัชนีคุณภาพน้ำต่อไป

7. บทสรุป

แบบจำลอง MIKE21 HD Flexible Mesh นับว่าเป็นแบบจำลองที่มีการแสดงผลที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจและสามารถแสดงผลทั้งในแบบ 2 และ 3 มิติ และมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยด้านแหล่งน้ำ พื้นที่ปากแม่น้ำ และพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทยเป็นอย่างมาก

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้แต่งขอขอบคุณ รศ.ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ แห่งภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ม.เกษตรศาสตร์ และคณาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม.เกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณ Professor Eric M. Valentine, Mr.Philip J. Totterdell และ Dr.Sandeep S.Patil จาก School of Engineering and Information Technology, Charles Darwin University, Australia ที่เอื้อเฟื้อข้อมูล ตลอดจนให้การสนับสนุนและคำปรึกษาตลอดการศึกษาในครั้งนี้

9. บรรณานุกรม

- [1] DHI Water Environment and Health, 2008. MIKE21 & MIKE3 Flow Model FM, Hydrodynamic and Transport Module, Scientific Documentation. Denmark: 52 p.
- [2] Darwin Harbour Advisory Committee, 2003. Darwin Harbour Regional Plan of Management. Department of Infrastructure, Planning and Environment, Darwin.
- [3] Valentine, E.M., and Totterdell, P.J., 2007. Effluent Dispersion in a Macro-Tidal Tropical Estuary. 32nd Congress of IAHR, the International Association of Hydraulic Engineering & Research, July 1-6, 2007, Venice, Italy.