โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 3/2552

เรื่อง

การจำลองการไหลของแบบจำลองทางกายภาพของระบบลุ่มน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE21

Flow simulation of the physical Model of River Basin by using MIKE21 Model

โดย

นาย เฉลิมพล เตินไธสง

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา – ชลประทาน)

พุทธศักราช 2552

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมชลประทาน

เรื่อง : การจำลองการไหลของแบบจำลองทางกายภาพของระบบลุ่มน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE21

Flow simulation of the physical Model of River Basin by using MIKE21 Model

นามผู้ทำโครงงาน : นาย เฉลิมพล เตินไธสง

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(อ. วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ)

...../...../.....

กรรมการ .....

(รศ.ดร. วราวุธ วุฒิวณิชย์)

...../...../.....

กรรมการ .....

(อ. ชู พันธุ์ ชมพูจันทร์)

...../...../.....

หัวหน้าภาควิชา .....

(รศ. สันติ ทองพำนัก)

...../...../.....

บทคัดย่อ

เรื่อง : การจำลองการไหลของแบบจำลองทางกายภาพของระบบลุ่มน้ำด้วยแบบจำลอง MIKE21

Flow simulation of the physical model of River Basin by using MIKE21 Model

โดย : นาย เฉลิมพล เตินไธสง

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : .....

(อ. วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ)

...../...../.....

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำลองการไหลเข้าท่วมของน้ำในพื้นที่ โดยการนำข้อมูลระดับพื้นผิวดินจากแบบจำลองทางกายภาพของระบบลุ่มน้ำของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ซึ่งใช้การสำรวจเก็บค่าระดับพื้นผิวดินดังกล่าวโดยใช้หลักการเดียวกันกับระบบ LIDAR (Light Detection and Ranging) ซึ่งเป็นระบบสำรวจรังวัดระดับความสูงภูมิประเทศด้วยแสงเลเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยาน โดยได้ทำการประยุกต์ระบบดังกล่าวโดยใช้เครื่องมือวัดระดับเลเซอร์ติดตั้งกับโครงเหล็กที่สามารถเลื่อนได้ในแนวระนาบ โดยค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดระดับดังกล่าวซึ่งเป็นค่าความลึกจะถูกแปลงไปเป็นค่าความสูงพื้นผิวภูมิประเทศ (DEM: Digital Elevation Model) แล้วนำข้อมูล DEM ดังกล่าวมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง MIKE21 ในการจำลองการไหลของน้ำในแบบ 2 มิติ

ABSTRACT

Title : Flow simulation of the physical model of River Basin by using MIKE21 Model

By : Mr. Chaloempon Turntaisong

Project Advisor : ……..

(Mr. Wisuwat Taesombat)

……../……./…….

The study aimed to simulate flood inundation in the river basin. The physical model of river basin created by the department of Irrigation Engineering was used as the study area. The ground surface elevations of this model were derived by following LIDAR method which observed the ground elevations by laser detection equipment installed in the airborne. In this study, the LEICA DISTO^{TM} classic^{5} A was used to observed the elevations of the physical model in associate with the horizontal steal holding which was installed over the physical model. The derived elevations were converted to DEM (Digital Elevation Model) data. The DEM data were then input to MIKE21 model to simulate 2D flood inundation in the study area.

คำนิยม

โครงงานวิศวกรรมฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณผู้ที่ให้ความสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการดำเนินงานมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ธัญดร ออกวะลา อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ที่ได้ให้การสนับสนุนการเก็บข้อมูลจากแบบจำลองกายภาพ

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำเสนอแนะโดยเฉพาะช่วงการเก็บข้อมูลจากแบบจำลองกายภาพ ผู้จัดทำได้นำ

ขอขอบคุณ คุณสุรพล เจริญชีพ ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ในการทำโครงสร้างที่ใช้ยึดเครื่องอ่านค่าระดับจากแบบจำลองทางกายภาพของระบบลุ่มน้ำ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่กรุณาอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือ ในการทำโครงงานวิศวกรรมนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน ทั้งในด้านกำลังทรัพย์และกำลังใจ และให้คำปรึกษา

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
คำนิยม	iii
สารบัญ	iv
สารบัญภาพ	vi
สารบัญตาราง	x
บทที่ 1 คำนำ วัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษา	1
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
2.1 งานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE21 ที่ผ่านมา	2
2.2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้นของ MIKE21	4
2.3 ตัวแปรพื้นฐานของ MIKE21	4
2.4 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้นของ LIDAR	9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	10
3.1 อุปกรณ์	10
3.2 วิธีการ	17
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์	19
4.1 ส่วนการสร้างแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข	19
4.2 ส่วนการจำลองการไหลด้วยแบบจำลอง MIKE21	22
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	25
5.1 สรุป	25
5.2 ข้อเสนอแนะ	25
เอกสารอ้างอิง	26

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	**หน้า**
ภาคผนวก	27
ภาคผนวก ก - ตารางแสดงข้อมูลค่าพิกัดและระดับ (*.xyz) จากการปรับแก้, ขยายมาตราส่วน และแปลงข้อมูล	28
ภาคผนวก ข - การปรับแก้และแปลงข้อมูลค่าพิกัดและระดับความสูง	32
ภาคผนวก ค. - การสร้างแผนภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM: Digital Elevation Model)	35
ภาคผนวก ง - การดูแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติด้วย Animator ในชุดโปรแกรม MIKE Zero	61
ภาคผนวก จ - ขั้นตอนการจำลองด้วย MIKE21	66

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การกำหนดชื่อขอบเขตของช่องทางน้ำเปิด	6
2.2 การเปลี่ยนชื่อขอบเขตของช่องทางน้ำเปิด	6
2.3 แสดงการสะท้อนกลับของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในหลักการของ LIDAR	9
3.1 แบบจำลองทางกายภาพของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน	10
3.2 โครงสร้างที่ใช้ยึดเครื่องวัดระยะเลเซอร์	11
3.3 ภาพมุมบนแสดงทิศทางบนโครงสร้างที่เครื่องวัดระยะเลเซอร์เคลื่อนที่ได้	11
3.4 เครื่องวัดระยะเลเซอร์ LEICA DISTO™ classic^5 a	12
3.5 ภาพการสร้างไฟล์แผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขด้วย Mesh Generator	13
3.6 หน้าต่างการสร้างไฟล์การจำลองการไหลโดยใช้ Flow Model FM ใน MIKE21	14
3.7 ภาพการดูผลการสร้างไฟล์แผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติ ด้วย Animator	14
3.8 ตารางการบันทึกค่าใน โปรแกรม Microsoft office Excel	15
3.9 ภาพแสดงข้อมูลบางส่วนที่ทำการแปลงแล้วด้วยโปรแกรม Notepad	15
3.10 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	16
4.1 ข้อมูลดิบของค่าพิกัด และระดับบางส่วนจากโปรแกรม Microsoft Excel	19
4.2 ข้อมูลหลังการปรับแก้และขยายมาตราส่วนของ ค่าพิกัด และระดับบางส่วนจากโปรแกรม Notepad	20
4.3 ข้อมูลค่าพิกัดและระดับที่นำเข้า และเส้นกำหนดขอบเขตของช่องทางน้ำเปิด	21
4.4 แผนภูมิประเทศเชิงตัวเลขที่เปิดด้วย Animator ในชุดโปรแกรม MIKE Zero	22
4.5 การไหลที่ถูกจำลองด้วยแบบจำลอง MIKE21	23

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข 1 ข้อมูลดิบบางส่วนที่อ่านได้จากสเกลในแนว X และ Y และค่าระดับที่อ่านได้จากเครื่องวัดระยะเลเซอร์	33
ข 2 ข้อมูลบางส่วนที่ปรับแก้ค่าระดับแล้ว	33
ข 3 ภาพแสดงหลักการปรับแก้ค่าระดับที่อ่านได้จากเครื่องวัดระยะเลเซอร์	33
ข 4 ข้อมูลบางส่วนเปรียบก่อน หลัง การขยายมาตราส่วน	34
ข 5 ภาพแสดงการแปลงไฟล์ นามสกุล .xls เป็นไฟล์นามสกุล .prn	34
ข 6 ภาพแสดงหน้าต่างโปรแกรม Notepad จากไฟล์นามสกุล .prn ไปเป็นไฟล์นามสกุล xyz	34
ค 1 การเข้าใช้ชุดโปรแกรม MIKE Zero จากเมนู Start ในวินโดว์	36
ค 2 การเริ่มสร้างไฟล์ใหม่ใน MIKE Zero	36
ค 3 การคลิกเลือกไอคอน Mesh Generator เพื่อเริ่มสร้างแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข	37
ค 4 การเลือกโซน map projection	37
ค 5 หน้าต่างเริ่มต้นของ Mesh Generator	38
ค 6 การนำเข้าข้อมูล ค่าพิกัดและระดับ	38
ค 7 หน้าต่างการเพิ่มข้อมูล ค่าพิกัดและระดับ	39
ค 8 การเลือกไฟล์ ค่าพิกัดและระดับ เพื่อนำเข้า	39
ค 9 การเลือกโซน map projection	40
ค 10 หน้าต่างการเพิ่มข้อมูล ค่าพิกัดและระดับ หลังการเลิกข้อมูลแล้ว	40
ค 11 ค่าพิกัดและระดับที่เป็นจุด จากข้อมูลที่นำเข้า	41
ค 12 เครื่องมือ Insert nodes	41
ค 13 เครื่องมือ Draw arc	41
ค 14 การใช้เครื่องมือ Insert nodes ลงจุดตามที่ลูกศรชี้เพื่อกำหนดขอบเขต	42
ค 15 การเชื่อมจุดแต่ละจุดด้วยเครื่องมือ Draw Arc	43
ค 16 เครื่องมือ Select arcs	43
ค 17 การใช้เครื่องเครื่องมือ Select arcs เลือก, กำหนด ช่องทางน้ำเปิด	44
ค 18 การเลือกเปลี่ยนลักษณะของเส้นจากการคลิกขวาเลือก Properties	45
ค 19 หน้าต่าง Arc Property	45
ค 20 การเลือกเปลี่ยนลักษณะของเส้น	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ค 21 การเลือกเปลี่ยนลักษณะของเส้นที่ใช้เป็นช่องทางน้ำเข้า	47
ค 22 การเลือกเปลี่ยนลักษณะของเส้นที่ใช้เป็นช่องทางน้ำเออก	48
ค 23 การตรวจสอบการกำหนดค่า Arc Property	49
ค 24 เครื่องมือMove Point	49
ค 25 การเครื่องมือ Move Point แก้ไขลักษณะ Boundary	50
ค 26 การเริ่มสร้าง DEM โดยเลือกเมนู Mesh และ Generate Mesh	50
ค 27 หน้าต่าง Mesh Generation	51
ค 28 ภาพหลังการ Generate Mesh	52
ค 29 การเลือกเมนู Smooth Mesh	53
ค 30 ภาพหน้าต่าง Smoothing	53
ค 31 การเลือกเมนู Interpolate	54
ค 32 หน้าต่าง Interpolation	54
ค 33 การเลือกเมนู Refine Mesh	55
ค 34 หน้าต่าง MIKE Zero หลังการเลือกเมนู Refine Mesh	55
ค 35 การเลือกเมนู Analyse Mesh	56
ค 36 หน้าต่าง Analyse Mesh	56
ค 37 Mesh ที่ทำเสร็จแล้ว	57
ค 38 การเลือกเมนู Export Mesh	58
ค 39 การเลือกที่บันทึก Mesh ไฟล์	58
ค 40 การตั้งชื่อและบันทึก Mesh ไฟล์	59
ค 41 หน้าต่าง Export Mesh หลังจากตั้งและเลือกที่บันทึกไฟล์แล้ว	59
ค 42 การเลือกเมนู Save All	60
ค 43 หน้าต่าง Save As	60
ง 1 การเข้าใช้ชุดโปรแกรม MIKE Zero จากเมนู Start ในวินโดว์	62
ง 2 การเริ่มสร้างไฟล์ใหม่ใน MIKE Zero	62
ง 3 การคลิกเลือกไอคอน Animator เพื่อดูแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติ	63
ง 4 หน้าต่าง Animator	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ง 5 การเพิ่มไฟล์ใน Animator	64
ง 6 การที่ต้องการเพิ่มไฟล์ใน Animator	64
ง 7 แผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติ เปิดด้วย Animator	65
จ 1 การเข้าใช้ชุดโปรแกรม MIKE Zero จากเมนู Start ในวินโดว์	67
จ 2 การเริ่มสร้างไฟล์ใหม่ใน MIKE Zero	67
จ 3 การคลิกเลือกไอคอน Flow Model FM เพื่อเริ่มทำการจำลองแบบจำลอง	68
จ 4 หน้าต่างเริ่มต้นการทำงานของแบบจำลอง MIKE21	68
จ 5 หน้าต่าง Domain ก่อนการเพิ่มไฟล์	69
จ 6 หน้าต่าง Open เพื่อการเพิ่มไฟล์ DEM	69
จ 7 หน้าต่าง Domain ที่ทำการเพิ่มไฟล์ DEM แล้ว	70
จ 8 หน้าต่าง Domain ในแถบ Domain Specification	70
จ 9 หน้าต่าง Time ใน MIKE21 Flow Model FM	71
จ 10 หน้าต่าง Eddy Viscosity ใน Hydrodynamic Module	71
จ 11 หน้าต่าง Bed Resistance ใน Hydrodynamic Module	72
จ 12 หน้าต่าง Coriolis Forcing ใน Hydrodynamic Module	72
จ 13 หน้าต่าง Code 2 ใน Boundary Conditions	73
จ 14 หน้าต่าง Code 3 ใน Boundary Conditions	74
จ 15 หน้าต่าง Outputs	75
จ 16 หน้าต่าง Output 1 ในแถบ Output specification	76
จ 17 หน้าต่าง Save ก่อนการจำลองใน MIKE21	77
จ 18 เมนู Run	77
จ 19 หน้าต่าง Launch settings	78

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ก 1 แสดงข้อมูลค่าพิกัดและระดับ (*.xyz) จากการปรับแก้,ขยายมาตราส่วน และแปลงข้อมูล 29

บทที่ 1

คำนำ วัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษา

1.1 คำนำ

ปัจจุบันลุ่มน้ำประสบกับปัญหาจากอุทกภัยเนื่องจากหลายสาเหตุ ยกตัวอย่างเช่น การเกิดฝนตกหนักในลุ่มน้ำ การพิบัติของเขื่อนหรืออาคารชลศาสตร์ขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ด้านเหนือน้ำ และระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นซึ่งทำให้น้ำไม่สามารถระบายออกสู่ทะเลได้ ซึ่งปัญหาทั้งหมดกระทบกับชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน ได้แก่ บ้านเรือนที่อยู่อาศัย พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่บริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำ ดังนั้นจากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น จึงต้องหาวิถีทางป้องกันและบรรเทา โดยการหาสาเหตุ และผลที่จะเกิดขึ้น ด้วยการจำลองแบบสภาพอุทกภัยด้วยโปรแกรมซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ เพื่อให้ทราบถึงผลที่จะเกิดขึ้น โดยโครงงานนี้จะนำเสนอถึงการนำแบบจำลอง MIKE21 มาจำลองการไหลของน้ำเข้าท่วมพื้นที่ ซึ่งการจำลองดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่จริงได้ เช่น เพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภัย และพื้นที่อพยพชั่วคราวเมื่อเกิดเขื่อนแตก

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการสร้าง แผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM Digital Elevation Model) ใน MIKE Zero
2. เพื่อศึกษาการจำลองการไหลของแบบจำลองทางกายภาพของระบบลุ่มน้ำของภาควิชาวิศวกรรมชลประทานด้วยแบบจำลอง MIKE21

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE21 เพื่อนำไปจำลองการไหลของแบบจำลองทางกายภาพของระบบลุ่มน้ำของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
2. การสำรวจจัดเก็บข้อมูล DEM จะใช้การตรวจวัดจากเครื่องวัดระยะเลเซอร์ LEICA DISTO^{TM} Classic^{5} A
3. ค่าระดับน้ำและปริมาณการไหลเข้าและออกที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าของแบบจำลอง MIKE21 จะใช้จากการสมมติขึ้น

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 งานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE21 ที่ผ่านมา

Patro *et al.* (2009) ได้ประยุกต์ใช้แบบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11 ร่วมกับ MIKE21 ในการศึกษาด้านอุทกภัย โดยแบบจำลองทั้งสองถูกใช้เพื่อจำลองขอบเขตของน้ำท่วมและความลึกของน้ำท่วมในปากลุ่มแม่น้ำ Mahanadi ในประเทศอินเดีย โดยเริ่มจากทำการปรับเทียบแบบจำลอง MIKE 11 โดยใช้ระดับน้ำในแม่น้ำดังกล่าวในช่วงเดือนมรสุม (มิถุนายน ถึง ตุลาคม) ของปี ค.ศ. 2002 ต่อมาการสอบเทียบกับค่าระดับน้ำในช่วงเวลาเดียวกันของปี ค.ศ. 2001 ส่วนแบบจำลอง MIKE21 นั้นใช้ค่า Bathymetry ของพื้นที่ศึกษาที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 90 เมตร ซึ่งเตรียมจาก SRTM DEM เป็นข้อมูลนำเข้า หลังจากนั้น ได้นำแบบจำลองทั้งสองมาเชื่อมโยงกัน เพื่อสร้างแผนที่น้ำท่วม (flood inundation maps) ในพื้นที่ศึกษา โดยเลือกใช้เหตุการณ์อุทกภัยในปี ค.ศ. 2001 มาใช้สร้างแผนที่น้ำท่วมดังกล่าว และได้นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับขอบเขตน้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริงที่ประเมินได้จากภาพถ่ายดาวเทียม WiFS IRS - 1D ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองมีความใกล้เคียงกับสภาพน้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริง

Sole *et al.* (2010) กล่าวว่า น้ำท่วมเป็นหนึ่งในภัยที่ร้ายแรงสุด และก่อให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก ซึ่งในหลายประเทศกำลังเผชิญอยู่ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ เขตเมืองมีการเจริญเติบโตมากขึ้น ความถี่ และความรุนแรงของเหตุการณ์น้ำท่วมนี้ได้เพิ่มความสนใจในการศึกษาวิจัย ในการศึกษาของ Sole *et al.* (2010) ได้แนะนำเกี่ยวกับการวาดภาพของพื้นที่น้ำท่วมที่เป็นไปได้ในพื้นที่ภูเขาเพื่อทำเครื่องหมายพื้นที่น้ำท่วม โดยเลือกใช้พื้นที่ศึกษาในประเทศสกอตแลนด์ตอนใต้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความจุของข้อมูลเลเซอร์สแกน สำหรับคำอธิบายลักษณะชายฝั่งและแบบจำลองพื้นที่ความเสี่ยงน้ำท่วม DTM สามารถอธิบายถึงช่องทางและลักษณะรายละเอียดข้อมูล Floodplain ที่ทำงานด้วยเลเซอร์ความละเอียดสูงและข้อมูลภูมิประเทศกำหนดกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการวาดภาพของพื้นที่น้ำท่วมโดยใช้การเปรียบเทียบแบบหนึ่งมิติ HEC-RAS พัฒนาโดย USACE กับแบบสองมิติ MIKE 21 HD โดย DHI

พรทิพย์ (2552) ได้ศึกษาโปรแกรม MIKE 21 และการใช้งานในการพยากรณ์การกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ซึ่งเป็นทะเลสาบขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทยและมีทางติดต่อกับทะเล ซึ่งกำลังประสบปัญหามลพิษทางน้ำ ลักษณะ MIKE 21 เป็นแบบจำลองที่เหมาะสำหรับระบบแหล่งน้ำที่มีการไหลของน้ำเป็นแบบ 2 ทิศทาง ที่ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน และสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพแวดล้อมซึ่งใช้ได้กับพื้นที่ที่เป็น ทะเลสาบ ปากแม่น้ำ ทะเลเปิด และพื้นที่ชายฝั่ง สามารถจำลองได้ 2 มิติในแนวราบและความแปรผันในแนวดิ่งมีน้อย MIKE 21 มีลักษณะการทำงานเป็นโมดูล และมีเมนูควบคุมใช้ได้ทั้งแบบโต้ตอบกับผู้ใช้ (Interactive) และ แบบสั่งงานโดยตรง (Batch) สามารถใช้ศึกษาสภาพทางชลศาสตร์ และสิ่งแวดล้อมตลอดจน ปรากฏการณ์อื่นๆ เช่น การตกตะกอน และ คลื่นในพื้นที่ชายฝั่ง ภายหลังจากการเปรียบเทียบปรับค่าระดับน้ำ ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำ กับจุดที่มีการวัด ในทะเลสาบ และปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวโดยใช้ข้อมูลความเค็ม แล้วจึงนำไปพยากรณ์การกระจายของดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ คือ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความต้องการออกซิเจนชีวภาพ (BOD) แอมโมเนีย (Ammonia) และไนเตรท (Nitrate) ในทะเลสาบสงขลาที่ อาจจะเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2539 2549 และ 2559 พบว่า คุณภาพน้ำส่วนใหญ่จัดอยู่ในคุณภาพน้ำผิวดินชั้นที่ 2-3 ยกเว้นปากคลองต่างๆ ที่เป็นแหล่งรองรับน้ำเสียโดยตรงจากชุมชน และโรงงาน อุตสาหกรรม จากผลการพยากรณ์ดังกล่าวได้นำไปสู่การกำหนดมาตรการในการควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษโดยรอบทะเลสาบสงขลา เช่น การก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน การควบคุมปริมาณน้ำทิ้งจากปศุสัตว์ นากุ้ง และกิจกรรมอื่นๆ โดยวางคุณภาพน้ำเป้าหมายในทะเลสาบอย่างต่ำไว้ที่คุณภาพน้ำชั้นที่ 3 บางส่วน เพื่อให้ทางหน่วยราชการได้นำไปใช้เป็นกรอบในการจัดการคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาต่อไป

วิษุวัฒก์ (2552) ทำการศึกษาเพื่อจำลองการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลบริเวณพื้นที่ชายฝั่งท่าเรือเมืองดาร์วิน ประเทศออสเตรเลีย โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง MIKE21 HDFM ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย DHI Water Environment and Health ประเทศเดนมาร์ก เพื่อทำการจำลองแบบการไหลแบบ 2 มิติ โดยใช้วิธี Flexible Mesh ในการสร้างข้อมูลภูมิประเทศใต้ท้องทะเล (Bathymetry) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 450 ตารางกิโลเมตร การปรับเทียบแบบจำลองเลือกใช้ช่วงเวลาระหว่างวันที่ 24 ต.ค. 2537 ถึงวันที่ 23 พ.ย. 2537 โดยทำการเปรียบเทียบระดับน้ำทะเลรายชั่วโมงที่คำนวณได้กับค่าที่ตรวจวัดจริงบริเวณท่าเรือเมืองดาร์วิน ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองดังกล่าวให้ผลการคำนวณระดับน้ำทะเลที่มีความถูกต้องสูงและมีเสถียรภาพในการคำนวณ แบบจำลองดังกล่าวจะถูกใช้ในการศึกษากระบวนการแพร่กระจายสำหรับประเมินผลดัชนีคุณภาพน้ำต่อไป

2.2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้นของ MIKE21

MIKE 21 เป็นชุดซอฟต์แวร์มืออาชีพทางวิศวกรรมที่มีการสร้างแบบจำลองระบบครบวงจรสำหรับการไหลสองมิติในทางน้ำเปิด MIKE 21 ใช้ได้กับปรากฏการณ์จำลองแบบทางชลศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทั้งในทะเลสาบ ปากแม่น้ำ อ่าว พื้นที่ชายฝั่งทะเล ซึ่ง MIKE 21 ได้ถูกออกแบบเฉพาะให้มีความยืดหยุ่นในการจำลองแบบโดยใช้เทคนิคที่มีกำหนดมาตรฐานในการจำลองแบบจำลอง 2 มิติ โดยโปรแกรมออกแบบให้เป็นมิตรผู้ใช้ ซึ่งสามารถอำนวยความสะดวกในการโปรแกรมของได้หลากหลาย และสนับสนุน ซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลการวิเคราะห์ผลการจำลองและนำเสนอกราฟิก MIKE21 เป็นผลจากการพัฒนามากกว่า 20 ปีอย่างต่อเนื่องจากการใช้งานมากมายทั่วโลก

2.3 ตัวแปรพื้นฐานของ MIKE21

Domain

MIKE 21 Flow Model (FM) กับ ตาข่ายการไหล (Mesh) ที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับได้ผลที่น่าเชื่อถือได้จากแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วยการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะจำลอง ความละเอียดที่เพียงพอของขอบเขต Bathymetry รวมทั้ง คลื่นลมและการไหลระหว่างการพิจารณา และคำนิยามขอบเขตของรหัสสำหรับเปิดและปิด นอกจากความละเอียดในพื้นที่ทางภูมิศาสตร์จะต้องเลือกที่เกี่ยวกับความมั่นคงพิจารณา ซึ่ง MIKE 21 FM นั้นอยู่บนพื้นฐานของความยืดหยุ่นของตาข่ายการไหล (Mesh)

Mesh and bathymetry

การสร้างไฟล์ตาข่ายการไหล (Mesh) ใน MIKE Zero Mesh Generator ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการสร้างตาข่ายการไหลซึ่งไม่มีโครงสร้างตายตัว รวมถึงข้อกำหนด และการแก้ไขขอบเขต

Map projection

ถ้าตาข่ายการไหล (Mesh) สร้างโดย MIKE Zero Mesh Generator การฉายแผนที่ที่มีการกำหนดในไฟล์ตาข่ายการไหล (Mesh) จะปรากฏเฉพาะสำหรับการอ้างอิงในส่วนติดต่อผู้ใช้หากข้อมูลโครงแผนที่ไม่ได้กำหนดไว้ในไฟล์ตาข่ายการไหล (Mesh) ฉะนั้นจึงต้องเลือกโครงแผนที่ที่ถูกต้องสอดคล้องกับข้อมูลในไฟล์ตาข่ายการไหล (Mesh)

Minimum depth cutoff

ถ้าระดับ Bathymetry ในองค์ประกอบอยู่เหนือค่า Cut off ต่ำสุดแล้ว ค่า Cut off จะแทนที่ ใน Bathymetry ค่าจริงในการคำนวณ ซึ่งค่า Cut off อาจจะลบเป็นระดับตาม Bathymetry ซึ่งมักจะแสดงให้เห็นใน ไฟล์ตาข่ายการไหล (Mesh)

ถ้าการใช้ระดับที่ยกตัวขึ้น (Datum Shift) ค่าความลึก Cut off จะมีความสัมพันธ์ที่ถูกต้องกับความลึกเช่นหากมีไฟล์ตาข่ายการไหล (Mesh) ที่มีค่าระหว่าง +2 และ -20 เมตร หากเปลี่ยนตัวเลขเหล่านี้เป็นตัวเลขที่แตกต่างกับการเปลี่ยนของ +1 เมตร ค่าที่ถูกต้องของ Bathymetry ที่ต้องแก้ไขคือค่าตอนช่วงระหว่าง +1 และ -21 เมตร คุณสามารถ Cut off ทั้งหมดข้างต้น 2 เมตร โดยปล่อยให้ Bathymetry ใช้ในช่วงระหว่าง -2 และ -21 เมตร

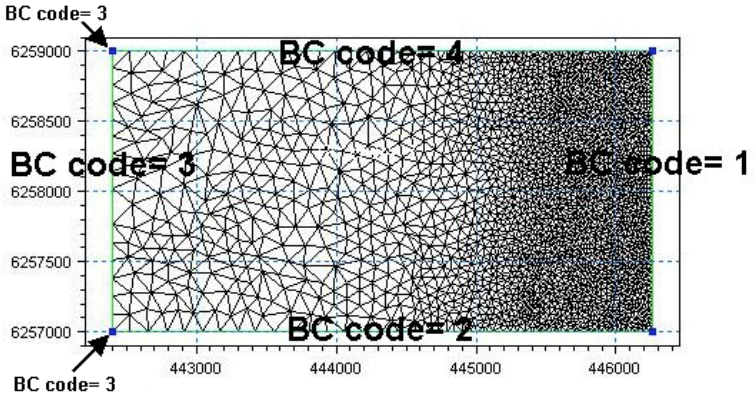
Datum shift

ทั้งนี้สามารถใช้ตัวเลขระดับเพื่อความสะดวกในการติดตั้งตาข่ายการไหล (Mesh) ของแบบจำลอง ซึ่งสามารถใช้แผนภูมิระดับ, ค่าระดับดาราศาสตร์ต่ำสุด (LAT) หรือระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL) ซึ่งตัวเลขจริงนั้นไม่สำคัญ

สิ่งที่สำคัญในแต่ละการจำลอง ควรจะต้องให้แต่ละแบบจำลองมีความถูกต้องความสูง ที่ระดับอ้างอิงแบบจำลองเทียบกับตัวเลขที่ใช้ในการติดตั้งของ Bathymetry ระดับยกตัว (Datum Shift) ที่ระบุ ด้วยวิธีนี้จะสามารถดำเนินการจำลองการใช้ช่วงระดับน้ำที่แตกต่างกันได้โดย ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลง ไฟล์ตาข่ายการไหล (Mesh)

Boundary names

เมื่อสร้างตาข่ายการไหล (Mesh) โดยใช้ MIKE Zero Mesh Generator ควรกำหนดรหัสสำหรับช่องทางน้ำเปิดตามรูปด้านล่าง เพื่อแสดงความหมายของรหัสในโปรแกรมง่าย



ที่มา: DHI (2004)

ภาพที่ 2.1 การกำหนดชื่อขอบเขตของช่องทางน้ำเปิด

ในกรณีนี้สามช่องเปิดได้ตรวจพบจากไฟล์ตาข่ายการไหล (Mesh) ที่ระบุในพารามิเตอร์โดเมน 2 โค้ด 3 โค้ด 4 โค้ด ในชื่อขอบเขตหลัก สามารถเปลี่ยนชื่อรหัสที่เหมาะสมกว่าได้ ดังในรูป

Boundary	Name
Code 3	Code 3
Code 2	Code 2
Code 4	Code 4

→

Boundary	Name
Code 3	West BC
Code 2	South BC
Code 4	North BC

ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนชื่อขอบเขตของช่องทางน้ำเปิด

Time

ระยะเวลาที่จะครอบคลุมการจำลองจะระบุไว้ในกล่องโต้ตอบนี้ ซึ่งจะต้องระบุวันเริ่มต้นการจำลองสถานการณ์จำนวนรวมของขั้นตอนเวลา และช่วงเวลาโดยรวมขั้นตอน (เป็นวินาที) เวลาไม่ต่อเนื่องรวมขั้นตอนที่ระบุไว้ในหน้านี้ใช้เพื่อกำหนดความถี่ที่ Output ได้จากโมดูลต่างๆและประสานระหว่างโมดูลต่างๆ

Hydrodynamic Module

โมดูลอุทกพลศาสตร์คำนวณการไหลและการกระจายของเกลือ อุณหภูมิ อาจหลากหลายข้อบังคับและเงื่อนไขขอบเขตของ Baroclinic เนื่องจากเกลือและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะถือว่าน้อยในโมดูล HD และต้องทำการตั้งค่าในส่วนนี้

Solution Technique

เวลาการจำลอง และความถูกต้องสามารถควบคุมโดยการระบุ เพื่อแผนการตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณตัวเลข ทั้งโครงการสำหรับเวลารวมและ discretization พื้นที่ที่สามารถระบุ ผู้ใช้งานสามารถเลือกแต่ละอันดับน้อยๆ (ลำดับแรก) หรือการเลือกลำดับที่สูงขึ้นเพื่อความเร็วแต่แม่นยำน้อยลง ซึ่งเป็นรายละเอียด เกี่ยวกับเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงตัวเลข

รวมเวลาของสมการการพาและการแพร่กระจาย (advection-dispersion) สมการจะดำเนินการโดยใช้รูปแบบที่ชัดเจนเนื่องจากข้อจำกัดความมั่นคงโดยใช้ขั้นตอนที่ชัดเจนในช่วงเวลาเพื่อให้จำนวน CFL น้อยกว่า 1 ตัวแปร ขั้นตอนช่วงเวลาที่ใช้ในการคำนวณของทั้งสมการน้ำตื้น (Shallow water) และสมการการพา กำหนดให้จำนวน CFL น้อยกว่าจำนวนCFL สำคัญในโหนดการคำนวณทั้งหมด CFL ตัวเลขสำหรับสมการการพา มักจะไม่จำกัดกว่า CFL ตัวเลขสำหรับสมการน้ำตื้นดังนั้นช่วงเวลาขั้นตอนใหญ่ ปกติจะใช้สำหรับการพามากกว่าสมการน้ำตื้น เพื่อควบคุมขั้นตอนเวลาที่ยังเป็นไปได้สำหรับผู้ใช้เพื่อระบุ ขั้นตอนขั้นตอนระยะเวลา ขั้นต่ำและเวลาสูงสุด ในขั้นตอนช่วงเวลาที่สมการการพาใช้เวลาและขั้นตอนทั้งหมด ช่วงเวลาสำหรับขั้นตอนของสมการน้ำตื้นอยู่ตรงที่ ช่วงเวลาสำหรับขั้นตอนในสมการการพา

CFL number

สำหรับ สมการน้ำตื้นในพิกัด Cartesian Courant - Friedrich - Levy (CFL) จำนวนหมายถึง

$$CFL_{HD} = (\sqrt{gh} + |u|)\frac{\Delta t}{\Delta x} + (\sqrt{gh} + |v|)\frac{\Delta t}{\Delta y}$$

โดย

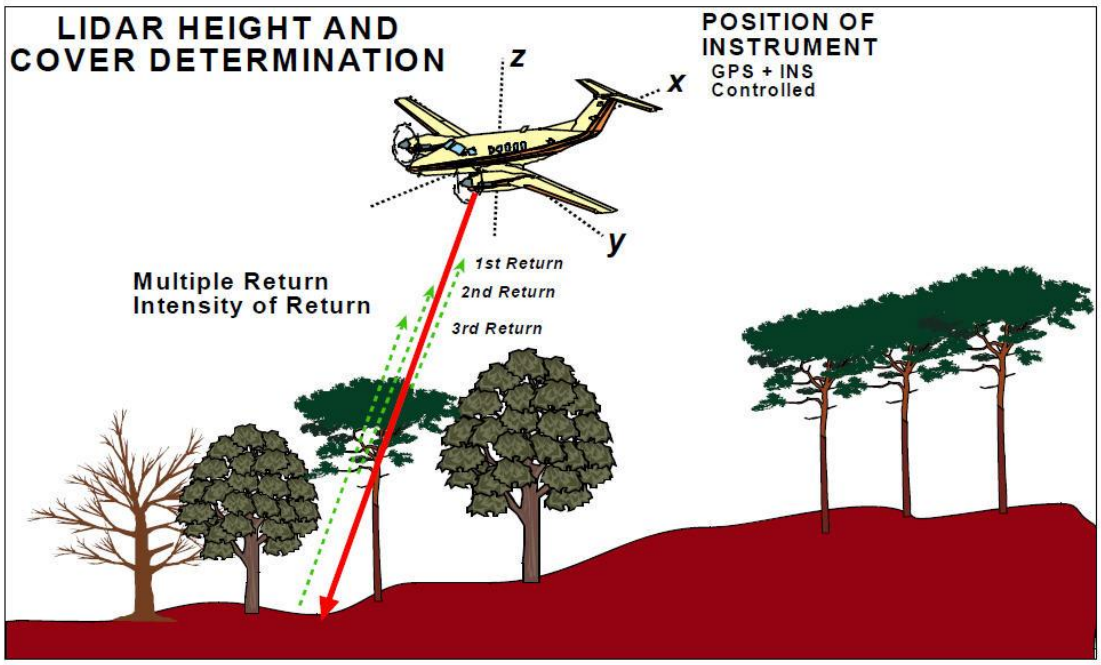
h	เป็นความลึกของน้ำรวม
u และ v	เป็นองค์ประกอบความเร็วที่มีใน ทิศทาง x และ y
g	คือความเร่งโน้มถ่วง
Δx และ Δy	เป็นขนาดความยาวลักษณะในทิศทาง x และ y ในแต่ละองค์ประกอบ
Δt	เป็นขั้นช่วงเวลา (time step interval)

ขนาดความยาวจำเพาะ, Δx และ Δy เป็นระยะประมาณการขอบต่ำสุดสำหรับแต่ละองค์ประกอบและความลึกน้ำ และองค์ประกอบความเร็วที่ประเมินจากศูนย์กลาง สำหรับสมการการพาในพิกัด Cartesian CFL ถูกกำหนดเป็นสมการดังนี้

$$CFL_{AD} = |u|\frac{\Delta t}{\Delta x} + |v|\frac{\Delta t}{\Delta y}$$

2.4 หลักการ และทฤษฎีเบื้องต้นของ LIDAR

LIDAR ย่อมาจากคำว่า Light Detection And Ranging ซึ่งเป็นการทำแผนที่โดยใช้เลเซอร์ที่ติดไว้กับอากาศยานสำรวจพื้นผิว เพื่อระบุสถานที่ตั้ง และข้อมูลระดับความสูง ของพื้นดินหรือวัตถุ โดยติดตั้งอยู่ที่ใต้เฮลิคอปเตอร์ หรือเครื่องบินปีกถาวร ซึ่งระบบ LIDAR จะใช้ส่วนใกล้อินฟราเรดของคลื่นแสงแม่เหล็กไฟฟ้า (1064 nm) โดยมีความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ในทั้งกลางวันและกลางคืนหรือในเงาและใต้เมฆได้ ซึ่งค่าที่ได้จะนำมาประมวลผลรวมกับค่าระดับความสูงของเครื่องบินและค่าพิกัดตำแหน่ง สุดท้ายจะได้เป็นข้อมูลค่าพิกัดและความสูง (.xyz) ซึ่งสามารถนำไปสร้างเป็นแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขได้



ภาพที่ 2.3 แสดงการสะท้อนกลับของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในหลักการของ LIDAR

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์

1. แบบจำลองทางกายภาพของระบบลุ่มน้ำของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

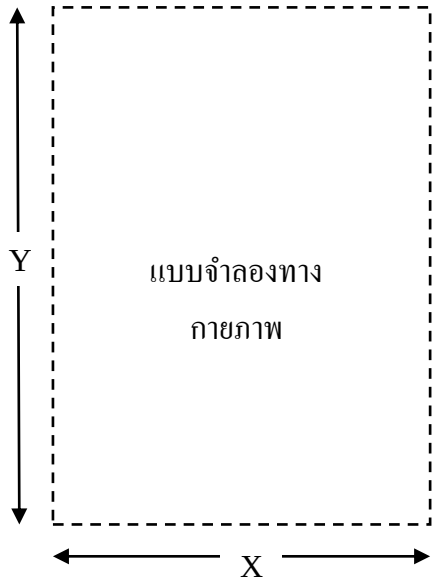
เนื่องจากความสนใจในแบบจำลองทางกายภาพของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ในการจำลองจึงนำค่าระดับที่เก็บได้จากแบบจำลองทางกายภาพดังกล่าวมาทำการแปลงให้เป็นแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM Digital Elevation Model) เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสู่แบบจำลอง MIKE21

ภาพที่ 3.1 แบบจำลองทางกายภาพของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

2. วัสดุที่นำมาใช้เป็นโครงยึดเครื่องวัดระยะเลเซอร์

จากแบบจำลองทางกายภาพในข้อก่อนหน้า เพื่อให้เครื่องวัดระยะเลเซอร์มีระดับอ้างอิงในแนวระนาบที่คงที่ จึงจัดทำโครงสร้างขึ้นดังภาพที่ 3.2 เพื่อใช้ยึดเครื่องวัดระยะเลเซอร์ ซึ่งออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวแกน X และ Y ตามภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.2 โครงสร้างที่ใช้ยึดเครื่องวัดระยะเลเซอร์



ภาพที่ 3.3 ภาพมุมบนแสดงทิศทางบนโครงสร้างที่เครื่องวัดระยะเลเซอร์เคลื่อนที่ได้

3. เครื่องวัดระยะเลเซอร์ LEICA DISTO™ classic^5 a

จากหลักการของ ระบบสำรวจรังวัดระดับความสูงภูมิประเทศด้วยแสงเลเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยาน (LIDAR Light Detection and Ranging) จึงได้นำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องวัดระยะเลเซอร์ในภาพ 3.4 โดยค่าที่ได้จะเป็นค่าระดับของแบบจำลองทางกายภาพ หรือค่า Z ซึ่งจะต้องทำการปรับแก้ก่อนดังแสดงใน ภาคผนวก ข.การปรับแก้และแปลงข้อมูลค่าพิกัดและระดับความสูง

ภาพที่ 3.4 เครื่องวัดระยะเลเซอร์ LEICA DISTO™ classic^5 a

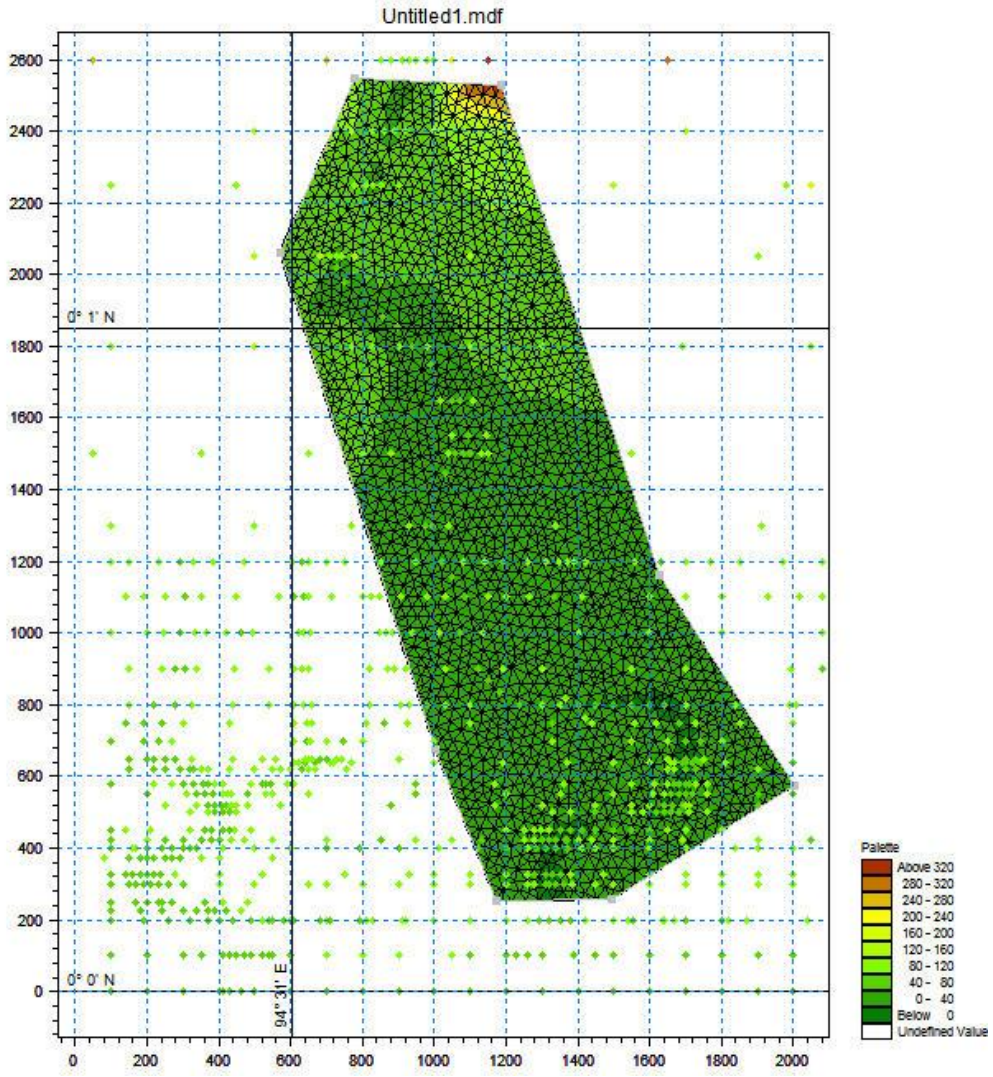
4. ชุดโปรแกรม MIKE Zero จาก DHI version 2009

จากชุดโปรแกรม MIKE Zero จาก DHI version 2009 ในโครงงานจะใช้งานอยู่ 3 ส่วนคือ

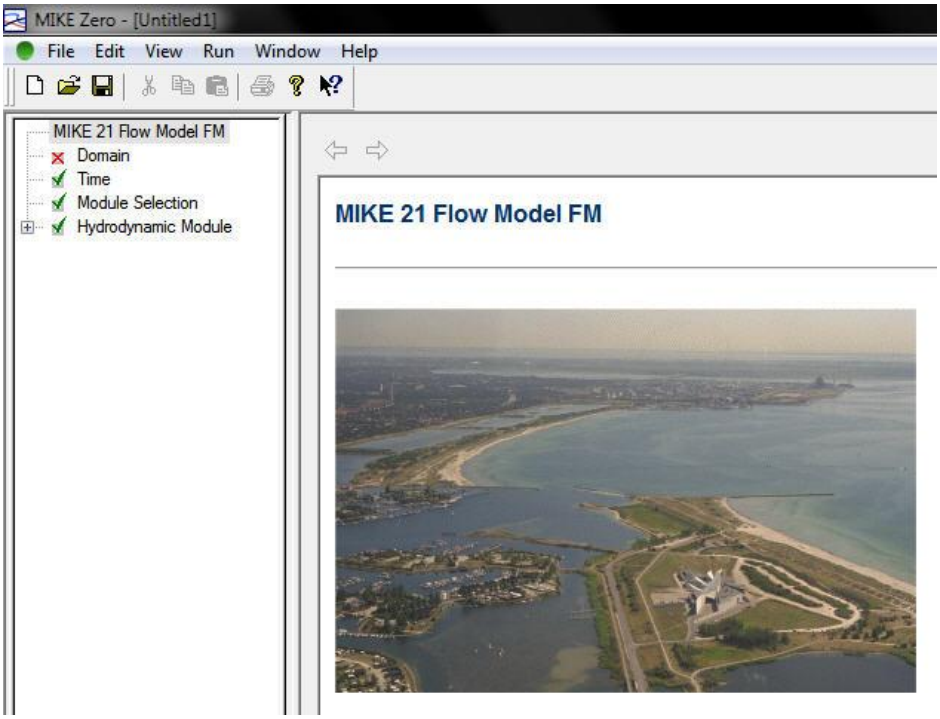
ส่วนที่ 1 การสร้างไฟล์แผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขโดยใช้ Mesh Generator ตามภาพ 3.5

ส่วนที่ 2 การสร้างไฟล์การจำลองโดยใช้ Flow Model FM ใน MIKE21 ซึ่งมีหน้าต่างการทำงานดังแสดงในภาพที่ 3.6

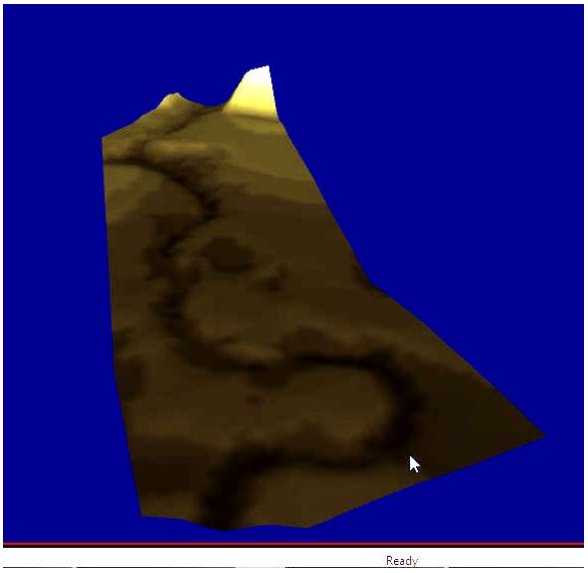
ส่วนที่ 3 การดูแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข หรือผลการจำลอง แบบ 3 มิติ ด้วย Animator ดังตัวอย่างในภาพ 3.7



ภาพที่ 3.5 ภาพการสร้างไฟล์แผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขด้วย Mesh Generator



ภาพที่ 3.6 หน้าต่างการสร้างไฟล์การจำลองการไหลโดยใช้ Flow Model FM ใน MIKE21



ภาพที่ 3.7 ภาพการดูผลการสร้างไฟล์แผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติ ด้วย Animator

5. โปรแกรม Microsoft office Excel version 2003 หรือ 2007

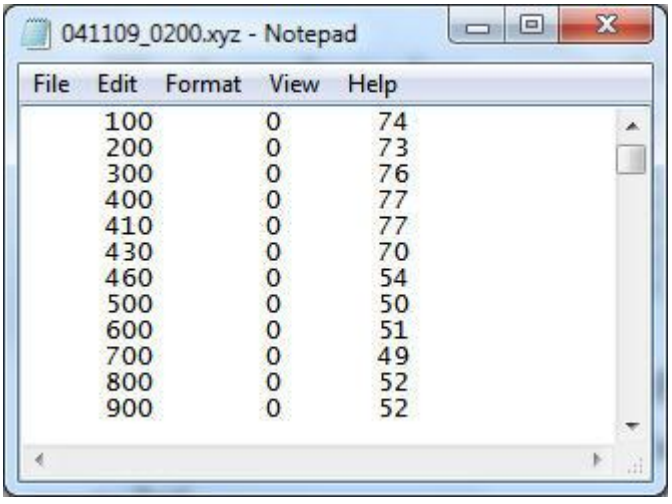
มีส่วนสำคัญในการเก็บข้อมูล เพื่อความสะดวกในแปลงค่าภายหลัง จึงจัดเก็บด้วย Microsoft office Excel ซึ่งมีลักษณะเป็นตารางตามภาพที่ 3.8 โดยมีความง่ายต่อการบันทึกข้อมูล แปลงข้อมูล หรือการปรับแก้ข้อมูลจำนวนมาก

	A	B	C
1	X	Y	Z
2	0.1	0	0.826
3	0.2	0	0.827
4	0.3	0	0.824
5	0.4	0	0.823
6	0.41	0	0.823
7	0.43	0	0.83
8	0.46	0	0.846
9	0.5	0	0.85

ภาพที่ 3.8 ตารางการบันทึกค่าใน โปรแกรม Microsoft office Excel

6. โปรแกรม Notepad

มีส่วนสำคัญด้านข้อมูลเช่นกันแต่จะเน้นไปในด้านการแปลงข้อมูล จากโปรแกรม Microsoft office Excel ก่อนนำเข้าสู่การสร้างไฟล์แผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขใน Mesh Generator โดยตัวโปรแกรมมีลักษณะตามภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ภาพแสดงข้อมูลบางส่วนที่ทำการแปลงแล้วด้วยโปรแกรม Notepad

7. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการทำโครงงาน ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ยิ่งมีความสามารถในการประมวลผลสูงเท่าใดยิ่งทำให้การทำงานมีความรวดเร็วมากขึ้น โดยจะเห็นได้ชัดเมื่อทำการจำลองการไหล ซึ่งหากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้มีความสามารถในการประมวลผลต่ำก็จะส่งผลทำให้ใช้เวลาในการจำลองแบบจำลองนานไปด้วย

ภาพที่ 3.10 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

3.2 วิธีการ

1.ทำการวัดขนาดของแบบจำลองทางกายภาพ
เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ออกแบบโครงสร้างที่ใช้ยึดเครื่องวัดระยะเลเซอร์

2.ทำการออกแบบและประกอบเหล็กเป็นโครงสร้างที่ใช้ยึดติดกับเครื่องวัดระยะเลเซอร์
เมื่อได้ค่าความกว้างยาวของแบบจำลองทางกายภาพแล้ว จึงนำค่าที่ได้มาใช้ออกแบบโครงสร้างและทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องวัดระยะเลเซอร์

3.นำโครงเหล็กที่ได้มาประกอบยึดติดกับแบบจำลองทางกายภาพ
เมื่อทำการตัดชิ้นส่วนของโครงสร้างตามที่ได้ออกแบบแล้ว จึงทำการติดตั้งเข้ากับแบบจำลองทางกายภาพ

4.ทำการปรับตั้งค่าระดับของโครงเหล็กให้ได้ระนาบ
หลังจากติดตั้งโครงสร้างเข้ากับแบบจำลองทางกายภาพจะทำการปรับตั้งค่าระดับของโครงสร้างเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของระดับที่วัดได้

5.เริ่มทำการเก็บข้อมูล
เก็บข้อมูลโดยแบ่งเป็น 3 แกน X,Y,Z โดยจัดเก็บใน Microsoft Excel ซึ่งค่าแกน X,Y สามารถอ่านได้จากสเกลที่ทำไว้กับโครงสร้างที่ใช้ยึดเครื่องอ่าน ส่วนค่า Z สามารถอ่านได้จากเครื่องวัดระยะเลเซอร์

6.นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณและแปลงเข้าสู่แบบจำลอง MIKE21
ก่อนนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลอง MIKE21 จะต้องแปลงข้อมูลที่ได้จาก Microsoft Excel เป็นไฟล์ .prnใน Microsoft Excel แล้วจึงแปลงต่อให้เป็นไฟล์ .xyz ใน โปรแกรม Notepad ก่อนที่จะนำเข้าไปใช้ในการสร้างแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข

7.ทำการสร้างแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข
ทำการสร้างแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขโดยใช้ Mesh Generator ในชุดโปรแกรม MIKE Zero

8.นำแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขที่สร้างแล้วมาเข้าสู่แบบจำลอง MIKE21

9.ทำการสุ่มค่าอัตราการไหลให้กับแบบจำลอง

เนื่องจากแบบจำลองทางกายภาพไม่สามารถวัดอัตราการไหลได้ ดังนั้นจึงใช้การสุ่มค่าอัตราการไหลเข้าไปแทน

10.เริ่มทำการจำลองแบบจำลอง

เมื่อทำการสมมติค่าต่างๆ ในแบบจำลองเสร็จแล้ว จึงเริ่มทำการจำลอง

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากวัตถุประสงค์ของโครงงานจะสามารถแบ่งผลการศึกษาและวิจารณ์ออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

4.1 ส่วนการสร้างแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข

ผลการศึกษา

จากการศึกษาจะพบว่ามีส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

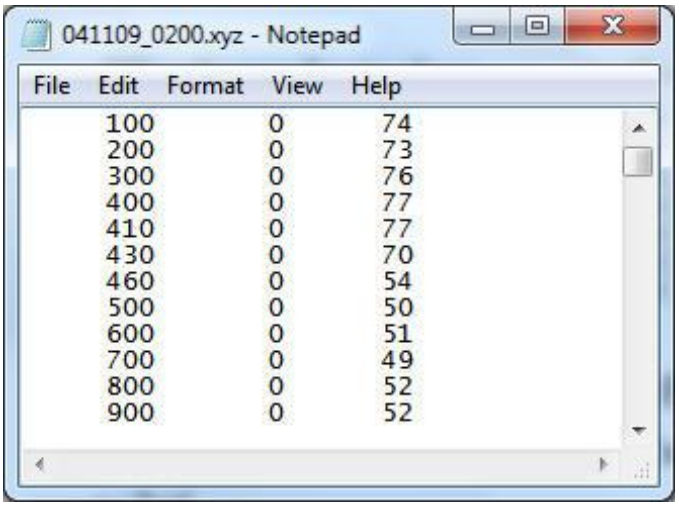
4.1.1 ส่วนของข้อมูลนำเข้า

จากการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องวัดระยะเลเซอร์จะได้ผลเป็นข้อมูลดิบ ซึ่งค่าระดับ (ค่า Z) จะอยู่ในรูปของทศนิยม 3 ตำแหน่งในหน่วยเมตร ดังภาพที่ 4.1

	A	B	C
1	X	Y	Z
2	0.1	0	0.826
3	0.2	0	0.827
4	0.3	0	0.824
5	0.4	0	0.823
6	0.41	0	0.823
7	0.43	0	0.83
8	0.46	0	0.846
9	0.5	0	0.85
10	0.6	0	0.849
11	0.7	0	0.851
12	0.8	0	0.848
13	0.9	0	0.848

ภาพที่ 4.1 ข้อมูลดิบของค่าพิกัด และระดับบางส่วนจากโปรแกรม Microsoft Excel

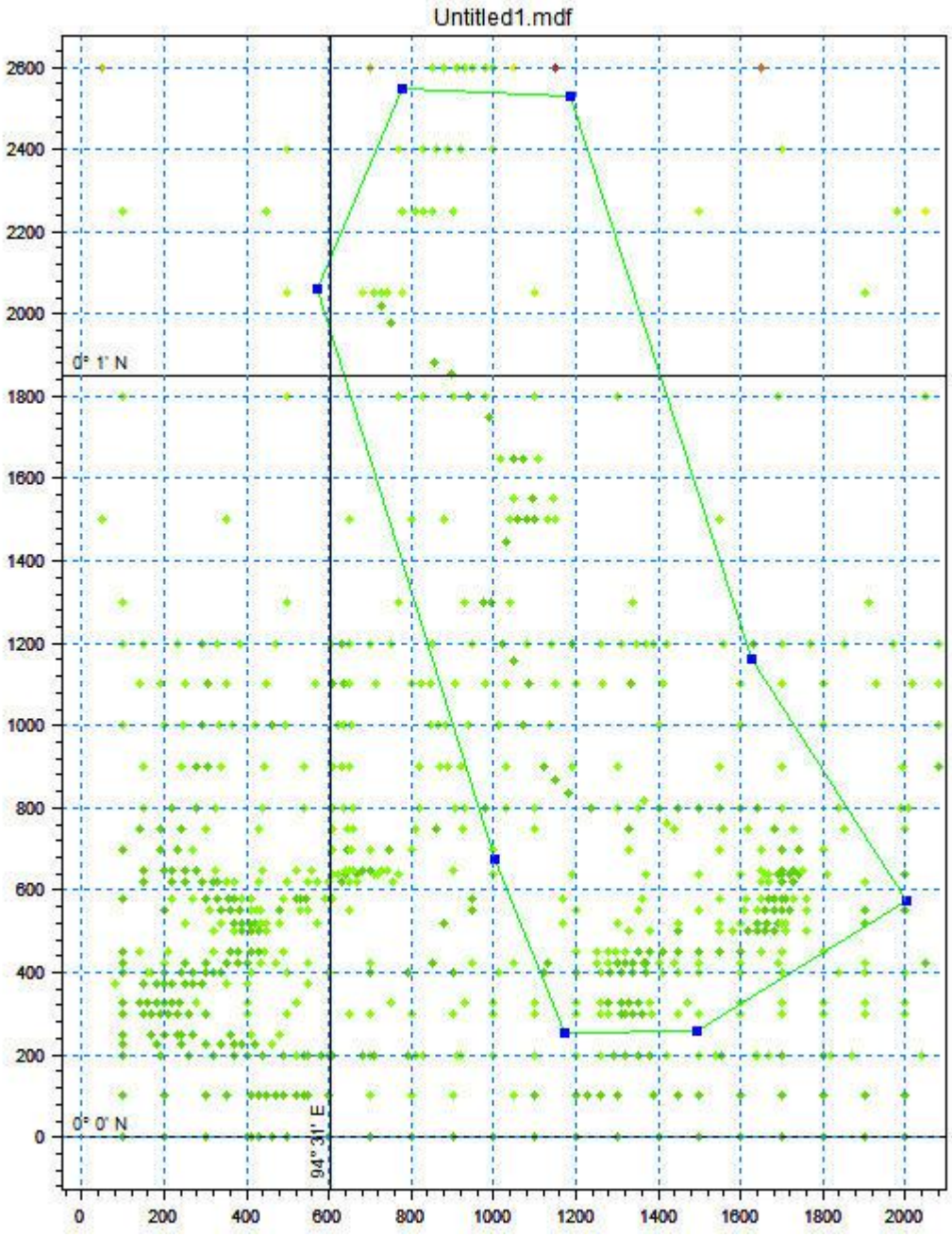
โดยเมื่อทำการปรับแก้ค่าค่าระดับในโปรแกรม Microsoft Excel และขยายมาตราส่วนเพื่อลดปัญหาการปัดเศษทศนิยมแล้ว จะต้องทำการแปลงข้อมูลด้วยโปรแกรม Notepad ซึ่งสุดท้ายจะได้ผลลัพธ์ของข้อมูลเป็นไฟล์นามสกุล (.xyz) ดังแสดงในภาพที่ 4.2 หรือสามารถดูข้อมูลค่าระดับและพิกัดหลังการปรับแก้และขยายมาตราส่วนทั้งหมดได้ใน ภาคผนวก ก.ตารางแสดงข้อมูลค่าพิกัดและระดับ (*.xyz) จากการปรับแก้,ขยายมาตราส่วน และแปลงข้อมูล



ภาพที่ 4.2 ข้อมูลหลังการปรับแก้และขยายมาตราส่วนของ
ค่าพิกัด และระดับบางส่วนจากโปรแกรม Notepad

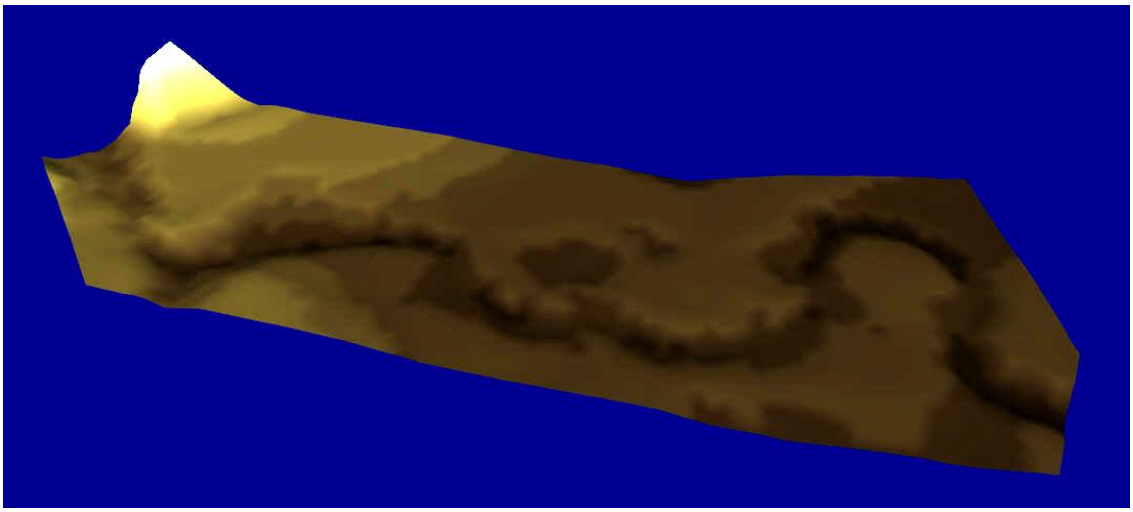
4.1.2 ส่วนของการนำข้อมูลมาสร้างเป็นแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข

จากผลของข้อมูลค่าพิกัดและระดับ (.xyz) หลังการปรับแก้ ขยายมาตราส่วน และการแปลงข้อมูลแล้ว ข้อมูลดังกล่าวจะนำมาเป็นข้อมูลส่วนนำเข้า ในการสร้างแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข ซึ่งภาพหลังการนำเข้าข้อมูลค่าพิกัดและระดับ และทำการกำหนดขอบเขตของช่องทางน้ำเปิด แล้วจะได้เป็นดังภาพที่ 4.3 โดยการนำเข้าข้อมูลค่าพิกัดและระดับ และการกำหนดขอบเขตของช่องทางน้ำเปิดจะแสดงรายละเอียดขั้นตอนการทำในภาคผนวก ค.การสร้างแผนภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM Digital Elevation Model)



ภาพที่ 4.3 ข้อมูลค่าพิกัดและระดับที่นำเข้า และเส้นกำหนดขอบเขตของช่องทางน้ำเปิด

โดยเมื่อทำการนำเข้าข้อมูลค่าพิกัดและระดับ และเส้นกำหนดขอบเขตของช่องทางน้ำเปิด ตามกระบวนการดังแสดงในรายละเอียด ภาคผนวก ค.การสร้างแผนภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM Digital Elevation Model) และทำตามกระบวนการจนเสร็จ จะทำให้ได้ผลลัพธ์เป็น แผนภูมิประเทศเชิงตัวเลขดังแสดงในภาพที่ 4.4 ซึ่งจะนำไปใช้ในขั้นตอนการจำลองด้วยแบบจำลอง MIKE21 ต่อไป



ภาพที่ 4.4 แผนภูมิประเทศเชิงตัวเลขที่เปิดด้วย Animator ในชุดโปรแกรม MIKE Zero

วิจารณ์

จากการเก็บข้อมูลจนถึงการสร้างแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข ส่วนที่มีความสำคัญมากในขั้นตอนนี้น่าจะเป็นการปรับแก้ข้อมูลเพราะเนื่องจากข้อมูลที่อ่านได้จากเครื่องวัดระยะเลเซอร์นั้นเป็นข้อมูลระยะระหว่างเครื่องวัดระยะเลเซอร์กับแบบจำลองหากการปรับแก้ผิดพลาดอาจทำให้พื้นที่ ที่ควรเป็นร่องน้ำกลับเป็นสันเขาได้ หรือพื้นที่ ที่ควรเป็นเนินเขาอาจกลายเป็นแอ่งน้ำก็เป็นได้

โดยหากเปรียบเทียบกับหลักการ LIDAR แล้ว การประยุกต์ใช้เครื่องวัดระยะเลเซอร์ซึ่งติดไว้กับโครงสร้างที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวระนาบ ทำให้เกิดผลลัพธ์เป็นแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM Digital Elevation Model) ซึ่งเหมือนกันกับผลลัพธ์ของวิธี LIDAR

4.2 ส่วนการจำลองการไหลด้วยแบบจำลอง MIKE21

ผลการศึกษา

จากผลการศึกษา จะได้ผลการจำลองการไหลดังภาพ 4.5 ซึ่งมีการกำหนดค่าตัวแปรและเงื่อนไขดังนี้

Minimum depth cutoff = 84.26

No. of time steps = 100000

Time step interval = 30 sec

Simulation start date = 1/1/2004 (d/m/yyyy)

Simulation end date = 4/2/2004 (d/m/yyyy)

Boundary Conditions

Code2 ; Type = Specified level

Format = Constant

Constant value = 86 m

Code2 ; Type = Specified discharge

Format = Constant

Constant value = 500 cms

Land boundary ; Type = Land (zero normal velocity)

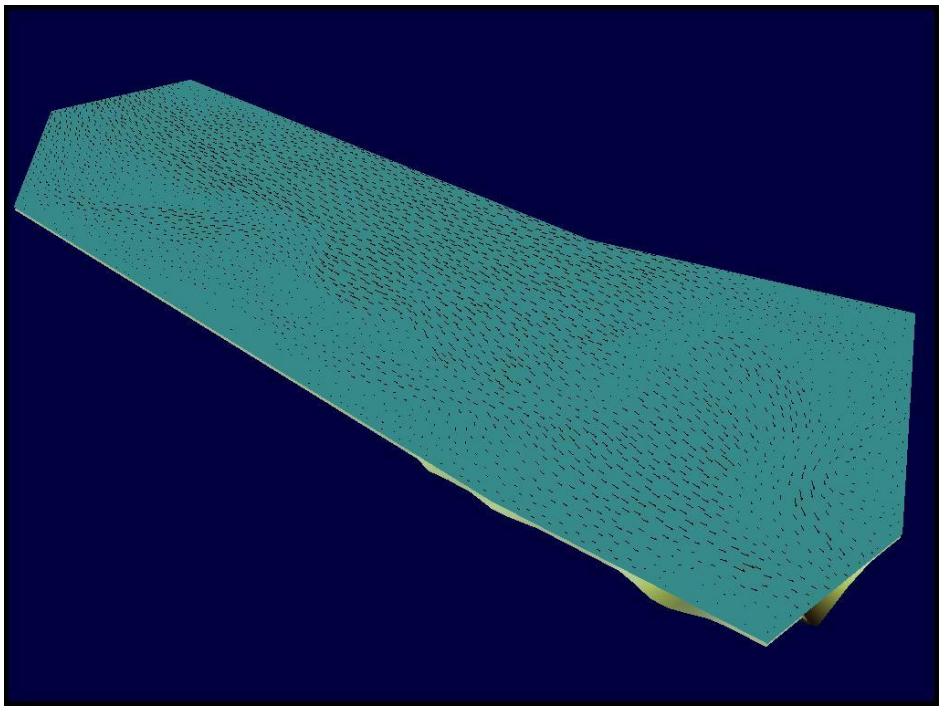
Initial Conditions

Type = Constant

Surface elevation = 85 m

Output format = Area series

จากการทดลองสุ่มใช้ค่าตัวแปรต่างๆ หลายค่า จะพบว่าค่าของตัวแปรดังแสดงด้านบนจะทำให้แบบจำลอง MIKE21 สามารถทำการจำลองการไหลได้ดังภาพที่ 4.5 ซึ่งเป็นผลการจำลอง ใน time steps = 5727 หรือผลจากการจำลองไปแล้วเป็นเวลา 47.725 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.5 การไหลที่ถูกจำลองด้วยแบบจำลอง MIKE21

วิจารณ์

ดังที่เห็นในภาพที่ 4.5 การจำลองการไหลแสดงในลักษณะเหมือนน้ำท่วมพื้นที่อยู่ ซึ่งอาจเป็นผลจากปัจจัยหลายด้านทั้งการสมมติค่าตัวแปรต่างๆ หรือการกำหนดขอบเขตช่องทางการไหล (Boundary) ที่ทำให้แบบจำลอง MIKE21 ไม่สามารถทำการจำลองการไหลได้อย่างถูกต้องตามสภาพที่ควรเกิดขึ้นจริงนั่นเอง

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการศึกษาที่ได้พบว่า แบบจำลองไม่สามารถคำนวณให้ได้ผลเฉลยที่เหมาะสมได้ มีการ Convergence ออกไปในทุกๆ ค่าอัตราการไหลและระดับน้ำที่ทดลองสุ่ม ดังแสดงในภาพด้านล่าง จากปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้สรุปได้ว่า การจัดทำแบบจำลองนี้จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริงในแม่น้ำมาใช้ในการจำลอง เนื่องจากค่าอัตราการไหลที่สมมติขึ้นนั้นหากการสมมติมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงมากก็จะทำให้แบบจำลองไม่สามารถจำลองการไหลได้ ฉะนั้นในการจำลองการไหลจึงควรใช้ค่าที่ตรวจวัดได้จริงเพื่อการจำลองที่ง่ายขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาแบบจำลองนั้นทำให้ได้ แผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM Digital Elevation Model) ซึ่งเป็นแผนที่พื้นผิว 3 มิติ ที่สร้างขึ้นจากการนำค่าพิกัดและระดับมาทำการประมวลผลและสร้างขึ้นมาเป็นพื้นผิว

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาจะพบว่าค่าอัตราการไหลจำเป็นต้องสมมติขึ้น เนื่องจากไม่สามารถวัดได้จากแบบจำลองทางกายภายโดยตรง ฉะนั้นแบบจำลองนี้จึงควรมีค่าอัตราการไหลที่เป็นข้อมูลจริงที่ได้จากการตรวจวัดมาทำการจำลองเพื่อทำให้แบบจำลองสามารถจำลองการไหลได้ และเพื่อความน่าเชื่อถือในการจำลองจึงควรใช้แบบจำลองอื่นๆ ที่สามารถจำลองการไหลได้มาทำการจำลองเปรียบเทียบกัน

เอกสารอ้างอิง

พรทิพย์ ฐิติโศภณวนิช. 2552. **การศึกษาโปรแกรม MIKE 21 และการใช้งานในการพยากรณ์การกระจายตัวของดัชนีคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีคณะวิศวกรรมศาสตร์. สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ. 2552. **การจำลองแบบการไหลแบบ 2 มิติด้วยแบบจำลอง MIKE21 HDFM บริเวณพื้นที่ชายฝั่งท่าเรือเมืองดาร์วิน ประเทศออสเตรเลีย (Two Dimensional Flow Modeling by Using MIKE21-HDFM Model for Darwin Harbour, Australia)**. การประชุมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างวันที่ 13-15 พฤษภาคม 2552.

A. Sole , L. Giosa , L. Nolè , V. Medina, and A. Bateman. 2010. **Flood risk modelling with LiDAR technology.**

DHI.2004. **DHI Software Coastal and Inland Waters in 2D.** Available source: http://www.dhisoftware.com/MIKE21

FugroEarthdataInc.2010.**LIDARMappingFactSheet.**http://www.fugroearthdata.com/pdfs/FCT_Lidar-Educational_11-07.pdf

S. Patro, C. Chatterjee, S. Mohanty. R. Singh, and N. S. Raghuwanshi. 2009. **Flood Inundation Modeling using MIKE FLOOD and Remote Sensing Data.** J. Indian Soc. Remote Sens. (March 2009) 37:107–118.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงข้อมูลค่าพิกัดและระดับ (*.xyz)
จากการปรับแก้,ขยายมาตราส่วน และแปลงข้อมูล

ตารางผนวกที่ ก 1 แสดงข้อมูลค่าพิกัดและระดับ (*.xyz) จากการปรับแก้,ขยายมาตราส่วน และแปลงข้อมูล

x	y	z
100	0	74
200	0	73
300	0	76
400	0	77
410	0	77
430	0	70
460	0	54
500	0	50
600	0	51
700	0	49
800	0	52
900	0	52
1000	0	51
1100	0	48
1200	0	47
1300	0	49
1400	0	51
1500	0	47
1600	0	47
1700	0	47
1800	0	51
1900	0	52
2000	0	55
2100	0	57
2200	0	63
1670	200	86
1700	200	73
1800	200	74
1820	200	88
1870	200	88
2040	200	81
2150	200	83
2265	200	85
2350	200	82
2390	200	82
100	300	77
150	300	72
170	300	65
190	300	52
210	300	54
230	300	69
260	300	79
300	300	79
400	300	81
500	300	81
650	300	83
700	300	83
800	300	85
900	300	84
1000	300	88

x	y	z
2220	0	65
2250	0	70
2300	0	87
2400	0	85
100	100	75
200	100	74
300	100	69
350	100	76
410	100	74
430	100	73
450	100	77
470	100	53
490	100	52
520	100	53
540	100	67
550	100	73
600	100	78
700	100	80
800	100	80
900	100	82
1050	100	82
1100	100	76
1200	100	78
1230	100	68
1260	100	76
1100	300	83
1200	300	91
1260	300	92
1280	300	83
1310	300	63
1320	300	61
1340	300	66
1360	300	78
1385	300	94
1450	300	93
1500	300	92
1600	300	91
1700	300	90
1800	300	90
1900	300	90
2000	300	87
2100	300	83
2220	300	80
2300	300	82
2360	300	84
2400	300	86
100	400	79
160	400	80
170	400	80
200	400	67

x	y	z
1300	100	52
1390	100	57
1450	100	64
1500	100	71
1600	100	71
1700	100	76
1800	100	75
1900	100	70
2000	100	64
2100	100	71
2180	100	86
2240	100	85
2320	100	84
2390	100	83
100	200	76
190	200	76
260	200	75
320	200	68
370	200	66
400	200	55
440	200	56
490	200	77
520	200	80
600	200	82
700	200	84
240	400	55
270	400	57
340	400	63
410	400	85
500	400	85
600	400	84
700	400	78
790	400	73
900	400	76
1010	400	86
1120	400	78
1200	400	79
1260	400	84
1285	400	79
1310	400	64
1340	400	64
1370	400	78
1410	400	95
1450	400	98
1500	400	97
1600	400	98
1700	400	91
1840	400	86
1900	400	84
2000	400	82

x	y	z
540	200	79
550	200	74
580	200	77
610	200	66
680	200	72
710	200	77
790	200	76
810	200	86
830	200	82
910	200	80
920	200	83
1000	200	87
1100	200	88
1200	200	88
1260	200	89
1290	200	75
1320	200	60
1350	200	61
1380	200	75
1420	200	90
1500	200	88
1540	200	89
1555	200	79
1635	200	81
1640	200	85
2100	400	83
2200	400	80
2300	400	81
2400	400	88
100	325	78
140	325	78
160	325	73
180	325	55
200	325	55
220	325	73
235	325	79
280	325	80
400	325	82
520	325	82
750	325	84
930	325	82
1000	325	89
1100	325	82
1200	325	86
1260	325	87
1280	325	78
1310	325	61
1330	325	63
1350	325	77
1380	325	95

x	y	z
1470	325	94
1600	325	92
1700	325	91
1800	325	90
1900	325	91
2000	325	87
2110	325	83
2220	325	80
2300	325	81
2390	325	85
200	425	81
100	425	79
250	425	70
300	425	71
350	425	68
380	425	63
400	425	72
435	425	86
470	425	85
550	425	87
700	425	80
850	425	74
950	425	82
1050	425	81
1130	425	79
1640	520	67
1665	520	66
1690	520	78
1700	520	81
1710	520	82
1900	520	78
2100	520	76
2350	520	87
200	550	79
310	550	82
340	550	78
385	550	65
360	550	71
410	550	81
425	550	87
435	550	85
480	550	70
530	550	88
550	550	88
650	550	88
950	550	76
1200	550	97
1350	550	87
1500	550	91
1610	550	93

ตารางผนวกที่ ก 1 แสดงข้อมูลค่าพิกัดและระดับ (*.xyz) จากการปรับแก้,ขยายมาตราส่วน และแปลงข้อมูล (ต่อ)

x	y	z
1750	650	81
1730	650	74
100	580	77
220	580	80
270	580	81
300	580	76
330	580	67
355	580	63
390	580	82
370	580	71
410	580	90
490	580	86
520	580	78
530	580	73
545	580	71
590	580	87
610	580	91
950	580	78
1170	580	97
1360	580	87
1550	580	96
1650	580	86
1615	580	94
1670	580	73
1680	580	66
2170	750	86
2390	800	84
2170	800	89
2130	800	68
2010	800	81
1990	800	97
1840	800	90
1700	800	85
1640	800	64
1600	800	68
1550	800	70
1500	800	68
1450	800	71
1400	800	85
1350	800	97
1300	800	97
1235	800	77
1100	800	99
1030	800	97
980	800	79
930	800	83
905	800	95
820	800	96
660	800	95
635	800	82

x	y	z
1250	425	84
1280	425	84
1300	425	76
1320	425	68
1340	425	64
1365	425	66
1370	425	67
1400	425	80
1440	425	90
1500	425	92
1600	425	90
1690	425	87
1900	425	82
2050	425	79
2200	425	78
2300	425	82
2400	425	89
1250	450	90
1200	450	83
1280	450	87
1295	450	87
1320	450	80
1350	450	68
1380	450	66
1410	450	68
1640	550	83
1660	550	68
1680	550	65
1700	550	73
1720	550	79
1760	550	82
1900	550	77
2000	550	77
2350	550	83
610	640	90
620	640	88
640	640	78
670	640	74
710	640	90
720	640	91
770	640	93
1000	640	81
1190	640	95
1370	640	87
1500	640	96
1600	640	94
1660	640	85
1670	640	80
1690	640	64
1700	640	64

x	y	z
1450	450	76
1500	450	74
1550	450	72
1600	450	76
1650	450	88
1700	450	86
1800	450	81
490	450	87
445	450	86
430	450	77
410	450	64
380	450	73
360	450	78
320	450	83
210	450	82
140	450	80
100	450	79
450	500	87
430	500	78
410	500	64
390	500	73
370	500	82
320	500	83
1330	500	90
1380	500	87
1720	640	69
1740	640	78
1810	640	82
2000	640	78
2100	640	79
2200	640	78
2300	640	80
2350	640	80
2390	640	84
100	250	79
170	250	74
200	250	64
230	250	54
240	250	54
270	250	53
360	250	65
410	250	85
480	250	82
100	225	77
180	225	76
240	225	64
300	225	55
340	225	54
390	225	56
420	225	71

x	y	z
1450	500	79
1550	500	86
1580	500	84
1620	500	67
1640	500	66
1660	500	70
1680	500	79
1710	500	83
1760	500	82
250	520	82
340	520	83
370	520	79
390	520	67
405	520	64
420	520	72
435	520	82
450	520	87
480	520	88
570	520	89
880	520	75
1170	520	96
1300	520	90
1450	520	88
1550	520	90
1600	520	85
460	225	81
370	225	54
300	400	59
320	400	61
80	375	80
150	375	78
180	375	66
200	375	54
220	375	56
250	375	64
290	375	74
270	375	70
350	375	82
400	375	87
550	375	85
640	650	80
650	650	83
660	650	80
680	650	76
700	650	76
730	650	91
740	650	92
900	650	90
1650	650	90
1700	650	64

x	y	z
1770	1200	88
1700	1200	87
1630	1200	73
1560	1200	91
1420	1200	92
1390	1200	95
1370	1200	82
1345	1200	95
1310	1200	95
1260	1200	83
1190	1200	79
1140	1200	87
1080	1200	92
1020	1200	71
950	1200	92
850	1200	90
750	1200	87
700	1200	88
650	1200	89
630	1200	73
605	1200	89
470	1200	89
385	1200	88
330	1200	89
290	1200	64
230	1200	86
150	1200	87
100	1200	89
100	1300	110
500	1300	108
770	1300	90
930	1300	91
975	1300	72
995	1300	72
1040	1300	91
1340	1300	95
1910	1300	90
2300	1300	79
1040	1500	86
1060	1500	78
1080	1500	74
1100	1500	78
1130	1500	91
880	1500	89
800	1500	108
650	1500	117
350	1500	113
50	1500	113
1150	1500	92
1550	1500	91

ตารางผนวกที่ ก 1 แสดงข้อมูลค่าพิกัดและระดับ (*.xyz) จากการปรับแก้,ขยายมาตราส่วน และแปลงข้อมูล (ต่อ)

x	y	z
1085	1100	72
1150	1100	97
1200	1100	96
1265	1100	97
1335	1100	79
1410	1100	94
1600	1100	88
1700	1100	85
1800	1100	87
1930	1100	89
2015	1100	92
2080	1100	91
2115	1100	75
2145	1100	95
2200	1100	93
2350	1100	86
2250	1100	89
2350	1200	81
2300	1200	80
2200	1200	83
2145	1200	90
2115	1200	74
2080	1200	89
1970	1200	86
1850	1200	87
680	2050	121
500	2050	122
1100	2050	123
1900	2050	106
2400	2250	222
2050	2250	167
1980	2250	119
1500	2250	122
900	2250	118
850	2250	96
830	2250	94
810	2250	96
780	2250	113
450	2250	114
100	2250	110
500	2400	149
770	2400	121
830	2400	112
860	2400	96
890	2400	90
920	2400	111
1000	2400	121
1700	2400	144
2150	2400	218
2400	2400	260

x	y	z
1700	580	66
1710	580	71
1730	580	81
1760	580	83
2100	580	72
1650	620	89
1670	620	80
1700	620	65
1730	620	79
1900	620	80
150	620	78
220	620	79
250	620	69
290	620	61
330	620	76
320	620	72
370	620	84
350	620	82
430	620	85
500	620	80
550	620	89
570	620	90
600	620	86
630	620	73
650	620	80
610	800	95
540	800	91
440	800	87
325	800	86
280	800	63
220	800	78
150	800	80
150	900	83
240	900	82
280	900	65
305	900	73
340	900	90
445	900	94
540	900	96
610	900	98
630	900	86
650	900	99
820	900	98
870	900	99
890	900	86
920	900	98
1030	900	98
1120	900	74
1190	900	96
1300	900	98

x	y	z
670	620	89
755	620	92
150	650	78
200	650	79
220	650	72
250	650	64
280	650	75
325	650	84
440	650	86
520	650	80
560	650	89
100	700	77
190	700	78
230	700	61
270	700	81
610	700	91
645	700	78
655	700	90
700	700	91
745	700	75
800	700	93
1000	700	83
1330	700	87
1550	700	96
1650	700	87
1550	900	98
1700	900	98
1995	900	100
2080	900	75
2120	900	75
2150	900	93
2300	900	90
2300	1000	99
2145	1000	101
2110	1000	77
2080	1000	91
1800	1000	93
1600	1000	94
1400	1000	100
1135	1000	97
1070	1000	73
1010	1000	98
940	1000	97
885	1000	96
865	1000	88
845	1000	96
655	1000	95
635	1000	83
620	1000	94
495	1000	93

x	y	z
1700	700	63
1740	700	78
1800	700	82
2100	700	84
2390	700	85
140	750	79
190	750	79
240	750	62
300	750	85
430	750	87
610	750	91
645	750	80
660	750	93
810	750	94
860	750	76
925	750	94
1100	750	92
1330	750	71
1440	750	84
1560	750	96
1620	750	87
1680	750	63
1730	750	83
1850	750	84
2000	750	94
460	1000	78
420	1000	96
335	1000	89
365	1000	91
290	1000	64
245	1000	91
200	1000	92
100	1000	91
140	1100	88
190	1100	88
250	1100	87
305	1100	62
350	1100	90
450	1100	89
565	1100	91
610	1100	74
635	1100	77
650	1100	90
715	1100	91
800	1100	93
825	1100	84
845	1100	93
905	1100	91
980	1100	87
1030	1100	94

x	y	z
2200	1500	74
1050	1550	89
1095	1550	71
1145	1550	90
1050	1650	71
1070	1650	74
1110	1650	90
1015	1650	88
100	1800	110
500	1800	123
770	1800	118
830	1800	110
900	1800	85
940	1800	73
980	1800	82
1100	1800	107
1300	1800	114
1690	1800	113
2050	1800	90
2350	1800	88
2350	2000	110
780	2050	123
740	2050	96
730	2050	94
710	2050	98
2200	2600	280
1650	2600	289
1150	2600	353
1050	2600	195
1000	2600	112
980	2600	110
950	2600	90
930	2600	87
910	2600	89
880	2600	109
850	2600	113
700	2600	251
50	2600	263
400	2730	277
750	2730	277
850	2730	171
1150	2730	204
1800	2730	311
2220	2730	351

ภาคผนวก ข
การปรับแก้และแปลงข้อมูลค่าพิกัด
และระดับความสูง

การปรับแก้และแปลงข้อมูลค่าพิกัดและระดับความสูง

ข้อมูลโดยแบ่งเป็น 3 แกน x,y,z โดยจัดเก็บใน Microsoft Excel ตามภาพด้านล่าง ซึ่งค่าแกน x,y สามารถอ่านได้จากสเกลที่ทำไว้กับโครงสร้างที่ใช้ยึดเครื่องอ่าน ส่วนค่า z สามารถอ่านได้จากเครื่องวัดระยะเลเซอร์

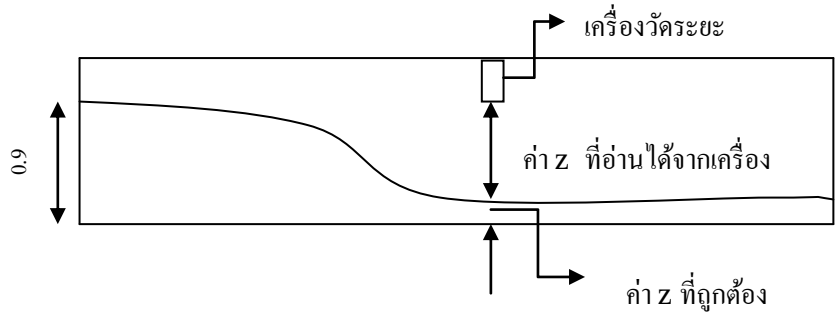
	A	B	C
1	X	Y	Z
2	0.1	0	0.826
3	0.2	0	0.827
4	0.3	0	0.824
5	0.4	0	0.823
6	0.41	0	0.823
7	0.43	0	0.83
8	0.46	0	0.846

ภาพผนวกที่ ข 1 ข้อมูลดิบบางส่วนที่อ่านได้จากสเกลในแนว X และ Y และค่าระดับที่อ่านได้จากเครื่องวัดระยะเลเซอร์

จากค่าระดับความสูง (z) ที่ได้จะเป็นค่าระยะระหว่างปลายเครื่องวัดระยะเลเซอร์ถึงระดับของแบบจำลองทางกายภาพ จึงต้องทำการปรับแก้ค่าเสียก่อนโดยกำหนดระยะสูงสุดของแบบจำลองทางกายภาพ ในที่นี้กำหนด 0.9 เมตร และนำค่าระดับความสูง (z) มาหักลบออกก็จะทำให้ได้ค่าระดับความสูงที่ถูกต้องตามหลักการในภาพผนวกที่ ข 3 หลังจากการปรับแก้จะได้ค่าที่เปลี่ยนไปดังภาพผนวกที่ ข 2

	A	B	E
1	X	Y	Z
2	0.1	0	0.074
3	0.2	0	0.073
4	0.3	0	0.076
5	0.4	0	0.077
6	0.41	0	0.077
7	0.43	0	0.07
8	0.46	0	0.054

ภาพผนวกที่ ข 2 ข้อมูลบางส่วนที่ปรับแก้ค่าระดับแล้ว



ภาพผนวกที่ ข 3 ภาพแสดงหลักการปรับแก้ค่าระดับที่อ่านได้จากเครื่องวัดระยะเลเซอร์

โดยก่อนการแปลงได้ทำการขยายมาตราส่วนของแบบจำลองโดยทำการคูณด้วย 1000 เพื่อให้มาตราส่วนค่อนข้างใกล้เคียงกับของจริงและเพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับการปัดเศษทศนิยม ซึ่งจะได้ค่าใหม่ดังภาพด้านล่าง

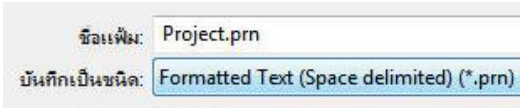
	A	B	E
1	X	Y	Z
2	0.1	0	0.074
3	0.2	0	0.073
4	0.3	0	0.076
5	0.4	0	0.077
6	0.41	0	0.077
7	0.43	0	0.07
8	0.46	0	0.054

G	H	I
X	Y	Z
100	0	74
200	0	73
300	0	76
400	0	77
410	0	77
430	0	70
460	0	54

ภาพผนวกที่ ข 4 ข้อมูลบางส่วนเปรียบก่อน หลัง การขยายมาตราส่วน

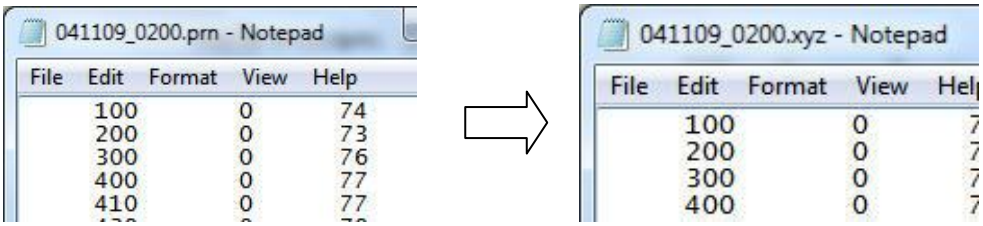
เริ่มทำการแปลงไฟล์จากไฟล์ Microsoft Excel (*.xls) เป็นไฟล์ Formatted Text (Space delimited) (*.prn) โดยใช้เฉพาะค่าตัวเลขไม่ต้องนำหัวตารางมาด้วยดังภาพซ้ายแล้วจึงทำการแปลงไฟล์ โดยการบันทึกเป็น เป็นแบบ Formatted Text (Space delimited) (*.prn) ดังภาพด้านล่าง

	A	B	C
1	100	0	74
2	200	0	73
3	300	0	76
4	400	0	77
5	410	0	77
6	430	0	70
7	460	0	54



ภาพผนวกที่ ข 5 ภาพแสดงการแปลงไฟล์ นามสกุล .xls เป็นไฟล์นามสกุล .prn

นำไฟล์ที่ได้มาเปิดในโปรแกรม Notepad แล้วทำการเซฟใหม่โดยพิมพ์ชื่อไฟล์แล้วต่อด้วย *.xyz ก็จะได้ไฟล์พิกัดและความสูง ที่จะนำไปใช้สร้างแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข ตามภาพด้านล่าง



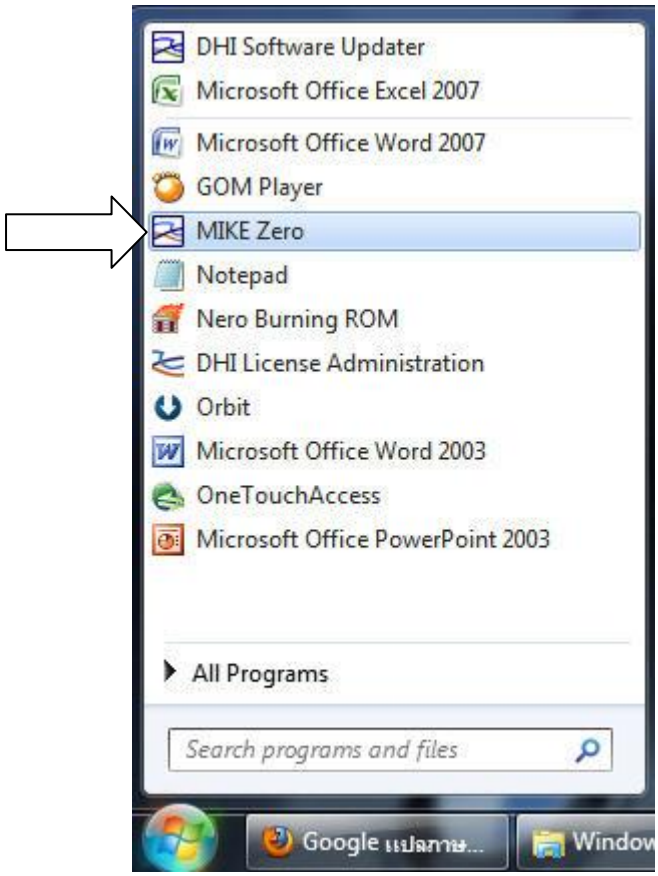
ภาพผนวกที่ ข 6 ภาพแสดงหน้าต่างโปรแกรม Notepad
จากไฟล์นามสกุล .prn ไปเป็นไฟล์นามสกุล xyz

ภาคผนวก ค
การสร้างแผนภูมิประเทศเชิงตัวเลข
(DEM Digital Elevation Model)

การสร้างแผนภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM: Digital Elevation Model)

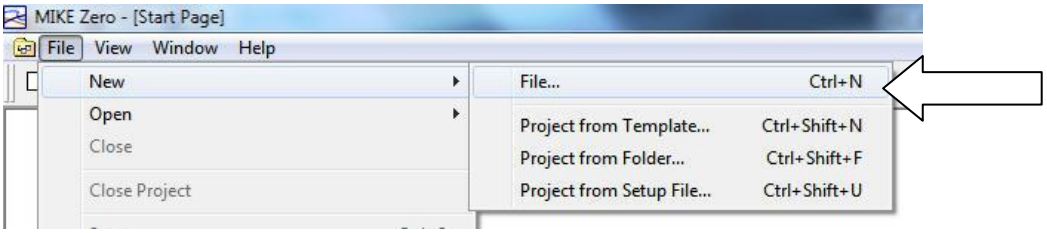
จากข้อมูลค่าพิกัดและระดับความสูง เริ่มทำการสร้างแผนภูมิประเทศเชิงตัวเลขโดย Mesh generator ชุดโปรแกรม MIKE Zero ตามขั้นตอนดังภาพ

1.เรียกโปรแกรม MIKE Zero จาก Start Menu



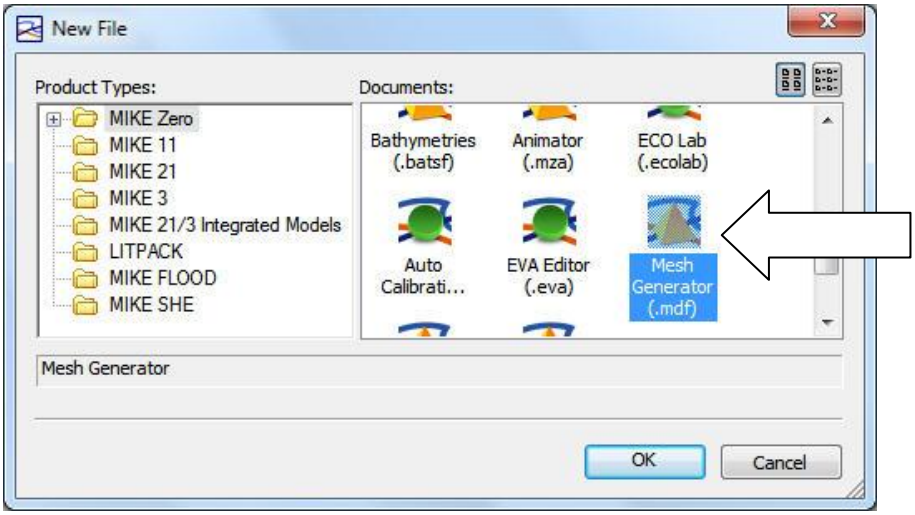
ภาพผนวกที่ ค 1 การเข้าใช้ชุดโปรแกรม MIKE Zero จากเมนู Start ในวินโดว์

2.ทำการเลือกสร้างไฟล์ใหม่



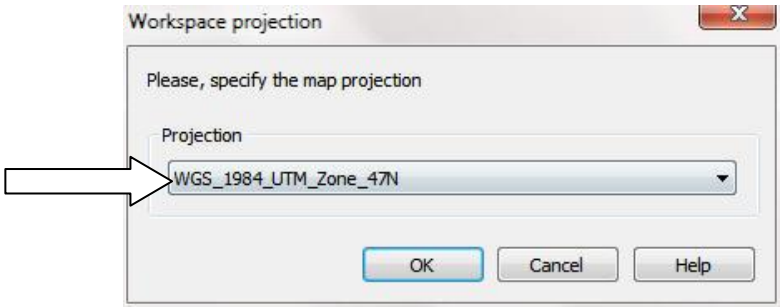
ภาพผนวกที่ ค 2 การเริ่มสร้างไฟล์ใหม่ใน MIKE Zero

3.เลือก โฟลเดอร์ MIKE Zero และเลือกไฟล์ Mesh Generator (.mdf)



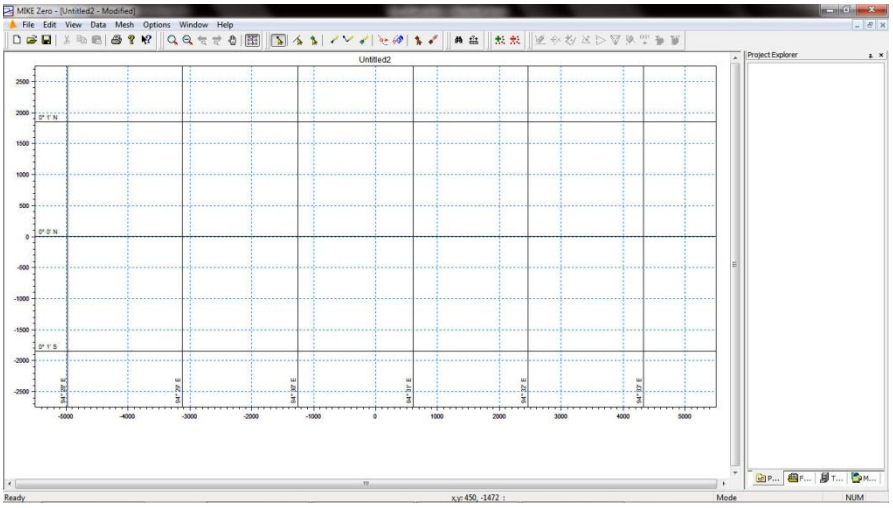
ภาพผนวกที่ ค 3 การคลิกเลือกไอคอน Mesh Generator เพื่อเริ่มสร้างแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลข

โดยเมื่อไฟล์ Mesh Generator แล้วจะปรากฏหน้าต่าง Workspace projection ให้เลือกเป็น WGS_1984_UTM_Zone_47N



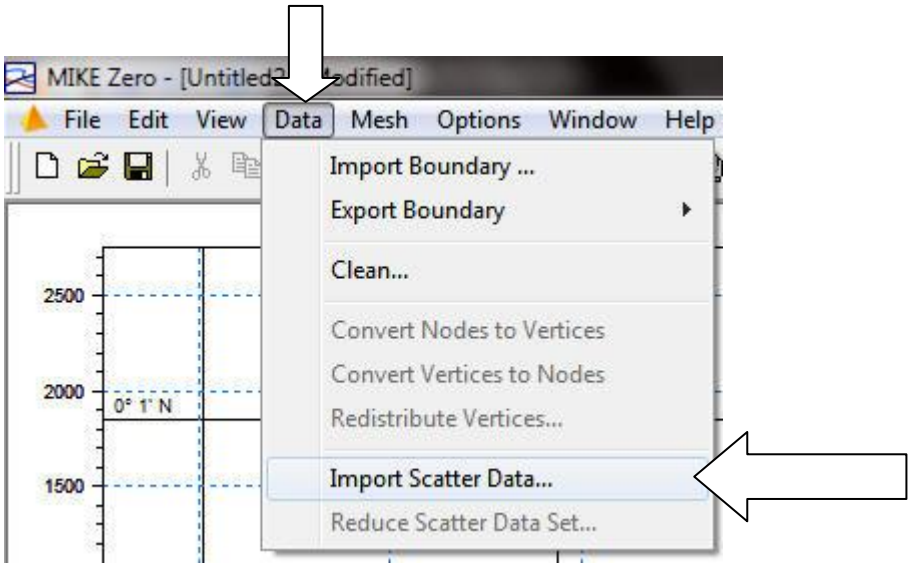
ภาพผนวกที่ ค 4 การเลือกโซน map projection

เสร็จแล้วจะปรากฏหน้าต่างการทำงานดังภาพด้านล่าง



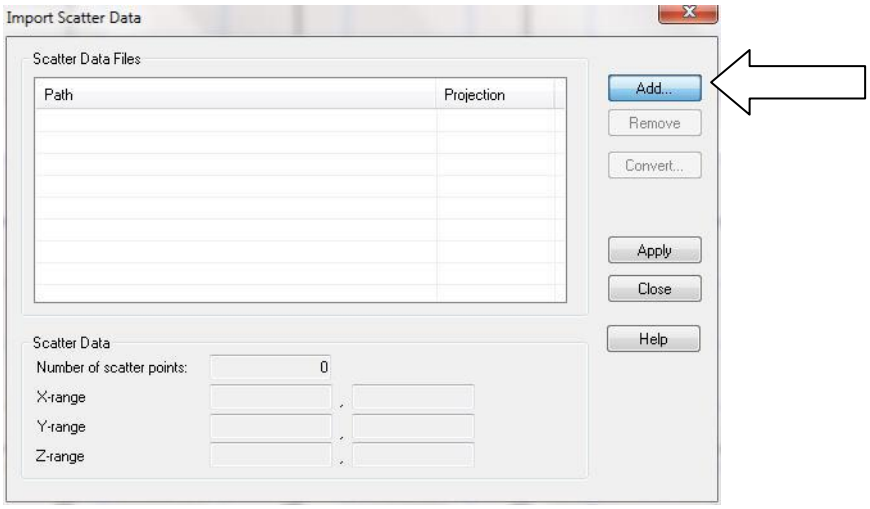
ภาพผนวกที่ ค 5 หน้าต่างเริ่มต้นของ Mesh Generator

4.ทำการนำเข้าข้อมูลค่าพิกัดและความสูง โดยเลือกเมนู Data > Import Scatter Data… ดังภาพด้านล่าง



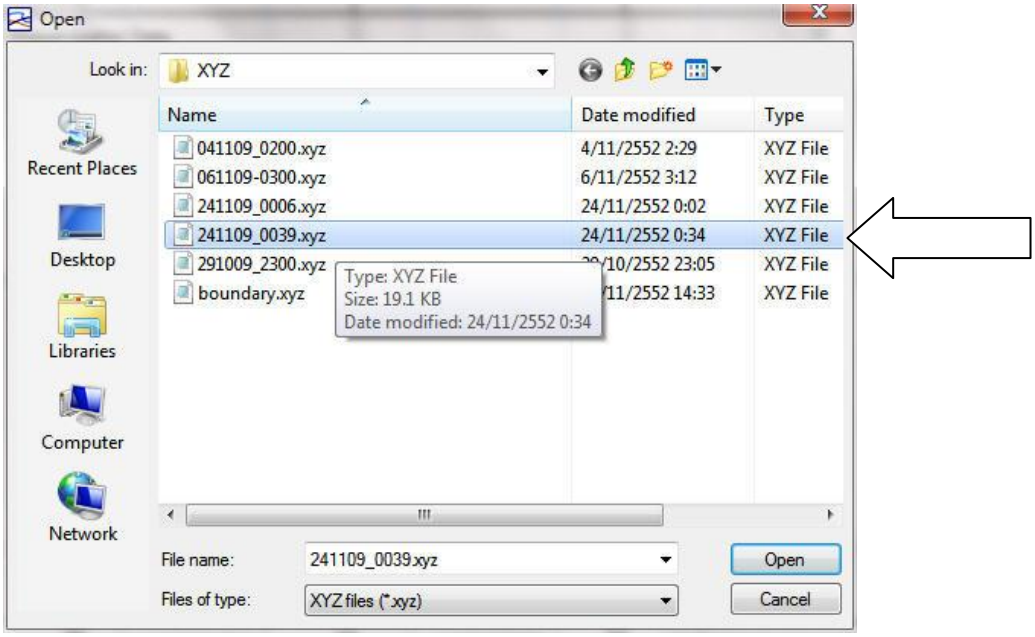
ภาพผนวกที่ ค 6 การนำเข้าข้อมูล ค่าพิกัดและระดับ

เสร็จแล้วจะปรากฏหน้าต่าง Import Scatter Data ดังภาพ และทำการคลิกที่ปุ่ม Add เพื่อเลือกเพิ่มข้อมูล



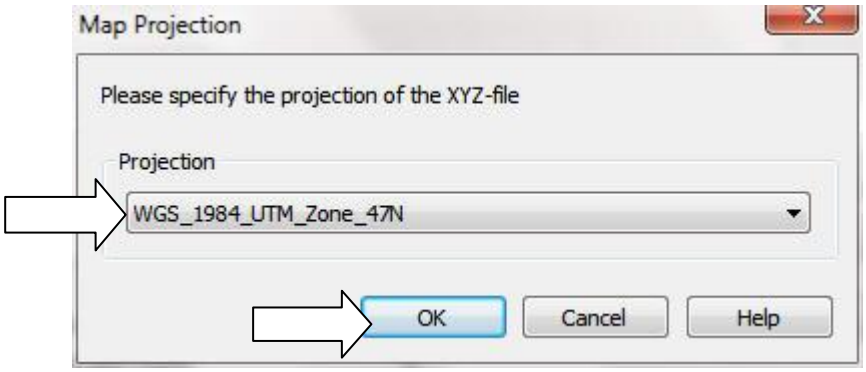
ภาพผนวกที่ ค 7 หน้าต่างการเพิ่มข้อมูล ค่าพิกัดและระดับ

หลังจากคลิกปุ่ม Add จะปรากฏหน้าต่างให้เลือกไฟล์ .xyz ที่ได้ทำไว้ก่อนหน้าในหัวข้อการปรับแก้และแปลงข้อมูลค่าพิกัดและระดับความสูง เมื่อเลือกแล้วคลิกปุ่ม Open



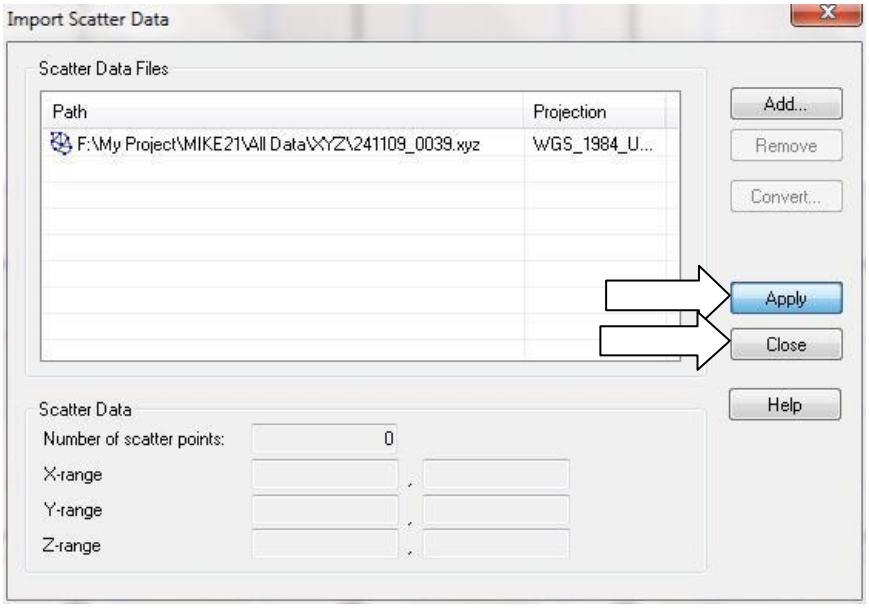
ภาพผนวกที่ ค 8 การเลือกไฟล์ ค่าพิกัดและระดับ เพื่อนำเข้า

จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Map Projection ให้เลือก WGS_1984_UTM_Zone_47N แล้วคลิกปุ่ม OK เพื่อตกลง



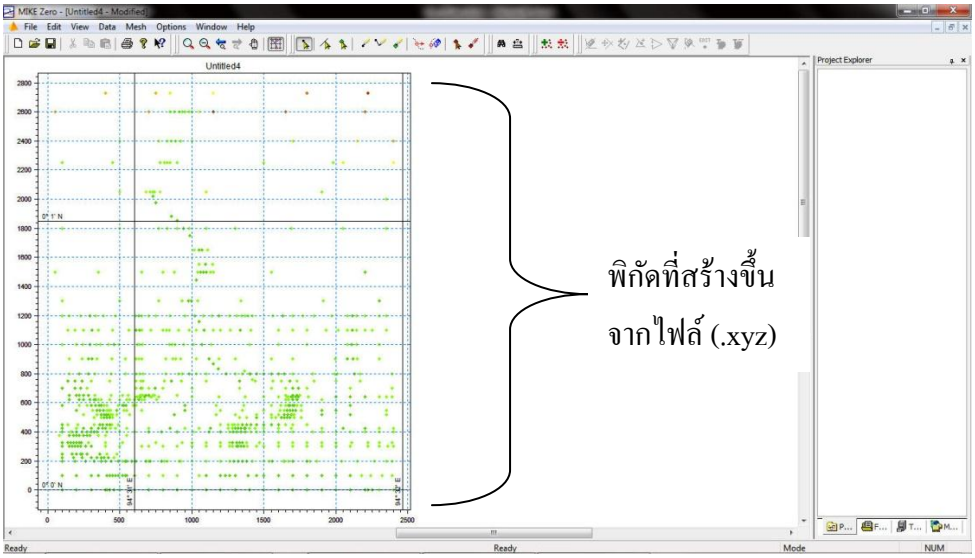
ภาพผนวกที่ ค 9 การเลือกโซน map projection

เสร็จแล้วจะกลับมาในหน้าต่าง Import Scatter Data โดยมีไฟล์ .xyz เพิ่มเข้ามาในบรรทัดแรกดังภาพแล้วคลิกปุ่ม Apply และคลิกปุ่ม Close ดังภาพด้านล่าง



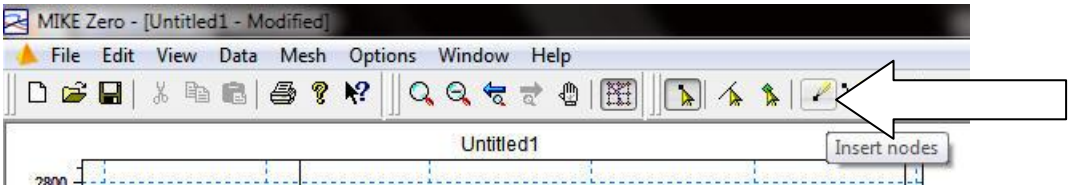
ภาพผนวกที่ ค 10 หน้าต่างการเพิ่มข้อมูล ค่าพิกัดและระดับ หลังการเลิกข้อมูลแล้ว

จากนั้นโปรแกรมจะสร้างจุดพิกัดขึ้นมาดังภาพ

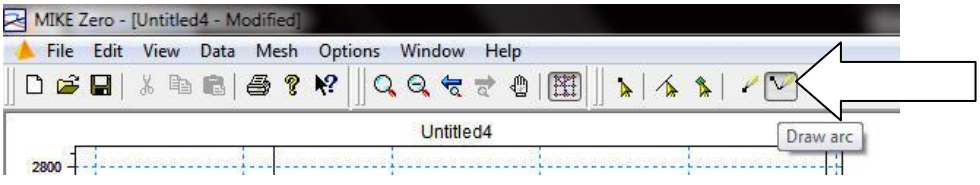


ภาพผนวกที่ ค 11 ค่าพิกัดและระดับที่เป็นจุด จากข้อมูลที่นำเข้า

5.ทำการสร้าง Boundary เพื่อสร้างขอบเขตการจำลองให้แบบจำลอง โดยใช้เครื่องมือ Insert Node และ Draw Arc

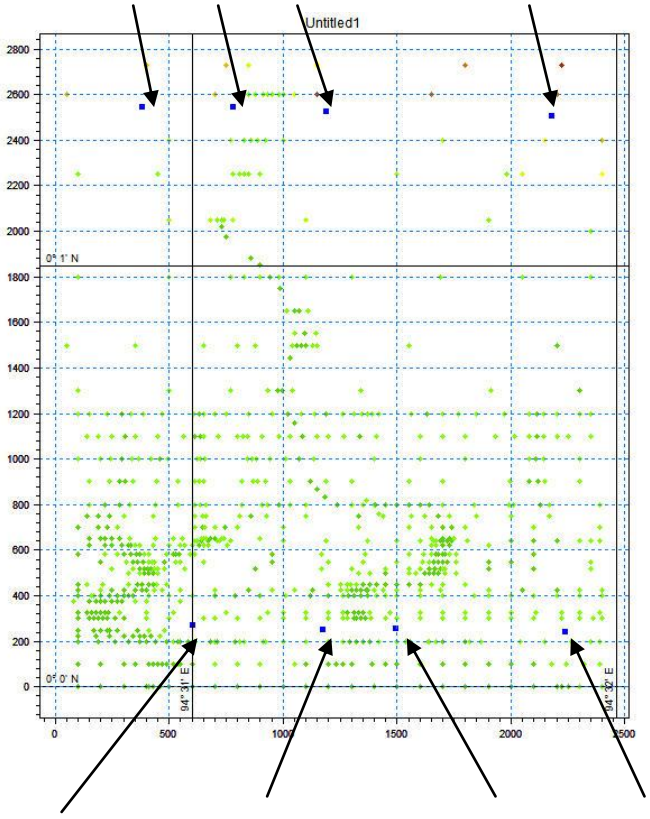


ภาพผนวกที่ ค 12 เครื่องมือ Insert nodes

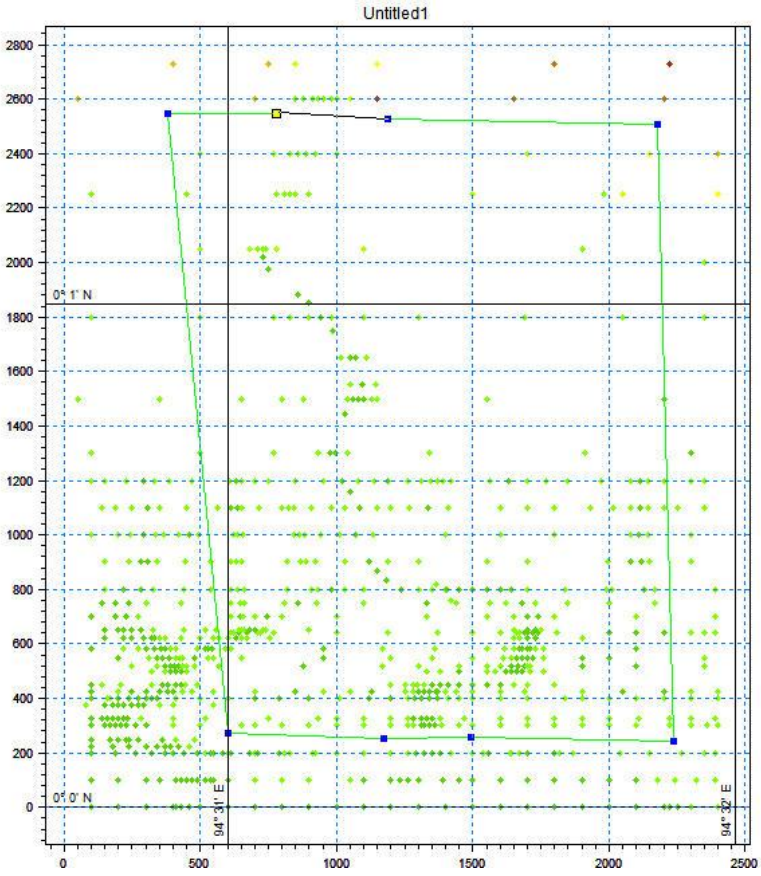


ภาพผนวกที่ ค 13 เครื่องมือ Draw arc

ทำการใช้เครื่องมือ Insert nodes ลงจุดตำแหน่งภายในจุดพิกัดจากไฟล์ .xyz ที่สร้างไว้ตามพื้นที่ ที่ต้องการทำการจำลอง โดยจะกำหนดให้น้ำไหลเข้าและออก และเชื่อมจุดนั้นด้วยเครื่องมือ Draw Arc เพื่อแยกเส้นขอบเขตแต่ละส่วนเพื่อกำหนดลักษณะภายหลัง

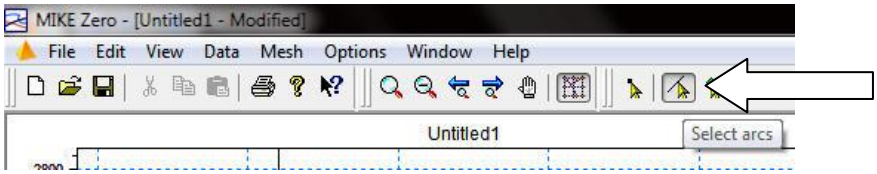


ภาพผนวกที่ ค 14 การใช้เครื่องมือ Insert nodes ลงจุดตามที่ลูกศรชี้เพื่อกำหนดขอบเขต



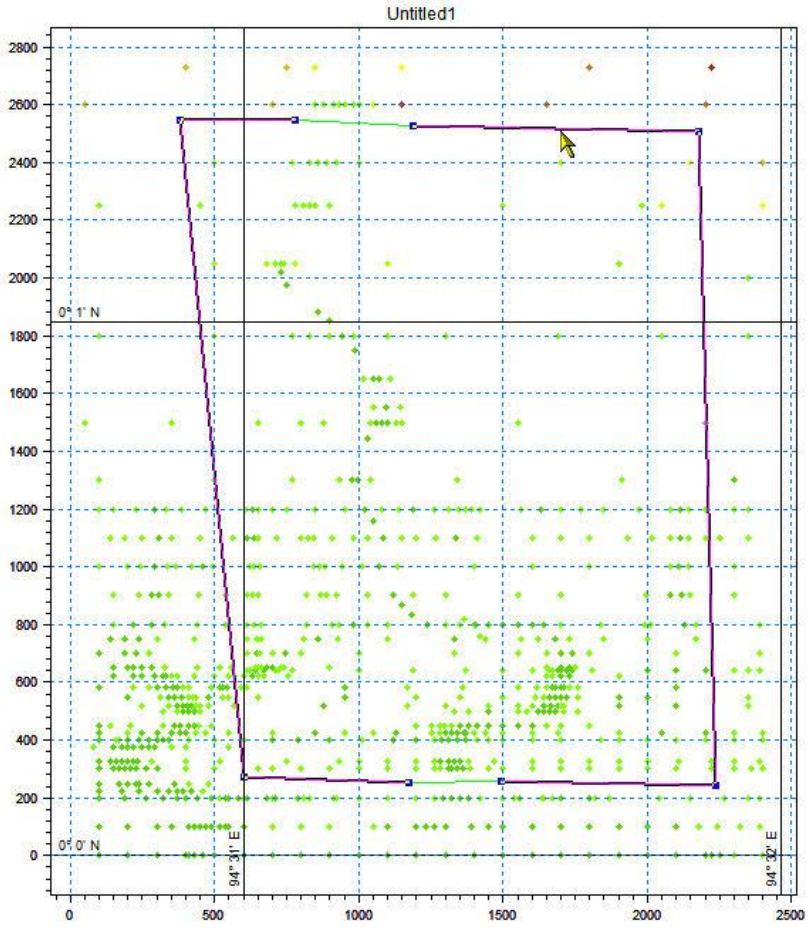
ภาพผนวกที่ ค 15 การเชื่อมจุดแต่ละจุดด้วยเครื่องมือ Draw Arc

ต่อมาทำการกำหนดคุณลักษณะของเส้นแต่ละเส้น โดยใช้เครื่องมือ Select arcs ในการเลือกเส้นแต่ละเส้น



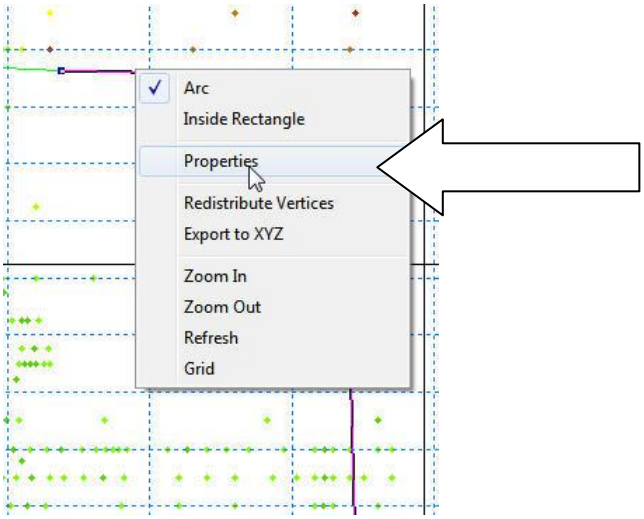
ภาพผนวกที่ ค 16 เครื่องมือ Select arcs

เลือกเส้นแต่ละเส้นโดยเว้นช่องที่กำหนดให้น้ำไหลเข้าและออก โดยกดปุ่ม Ctrl และคลิกเส้นโดยเหลือช่องที่กำหนดให้น้ำเข้าและออกดังภาพ



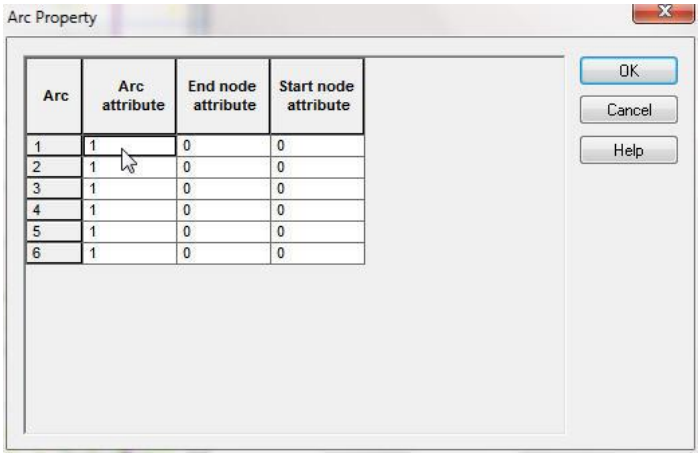
ภาพผนวกที่ ค 17 การใช้เครื่องเครื่องมือ Select arcs เลือก, กำหนด ช่องทางน้ำเปิด

คลิกขวาที่เส้นที่ทำการเลือกจะปรากฏแถบเมนู ให้คลิกที่คำว่า Properties



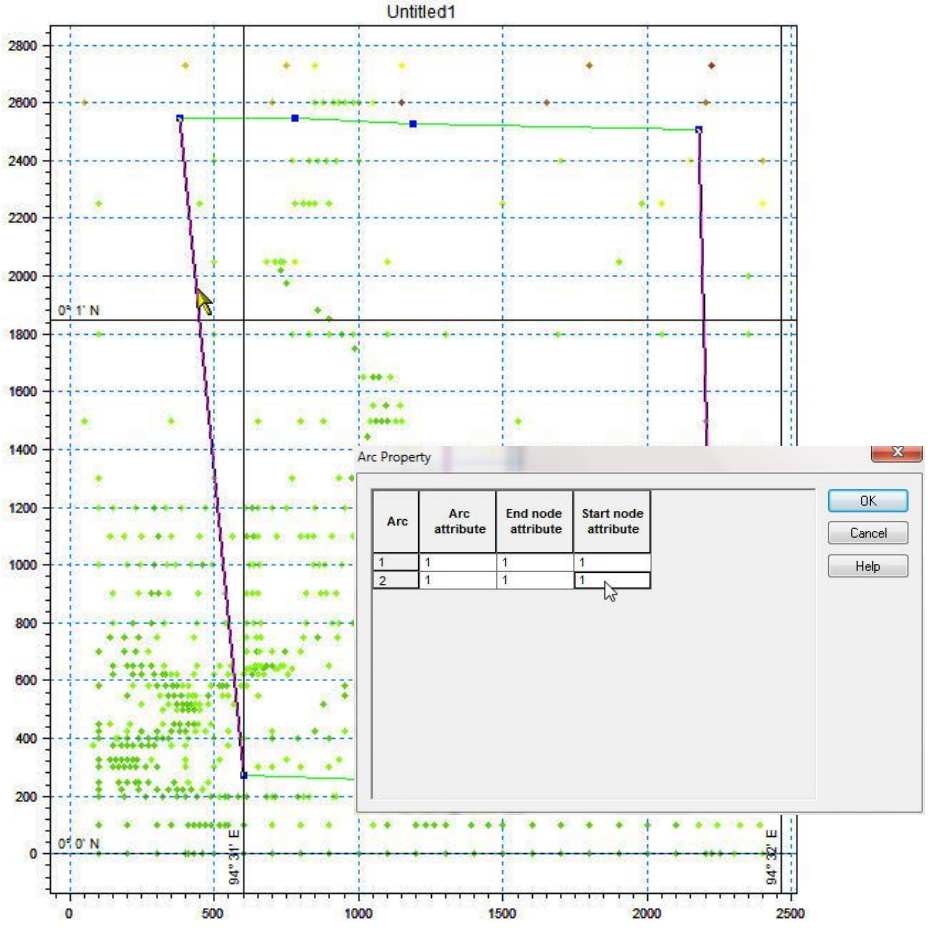
ภาพผนวกที่ ค 18 การเลือกเปลี่ยนลักษณะของเส้นจากการคลิกขวาเลือก Properties

เสร็จแล้วจะปรากฏหน้าต่าง Arc Property ขึ้นมา ให้ค่าในคอลัมน์ Arc attribute ให้เป็นค่าตัวเลขเดียวกันทั้งหมดในที่นี้กำหนดให้เป็นเลข 1



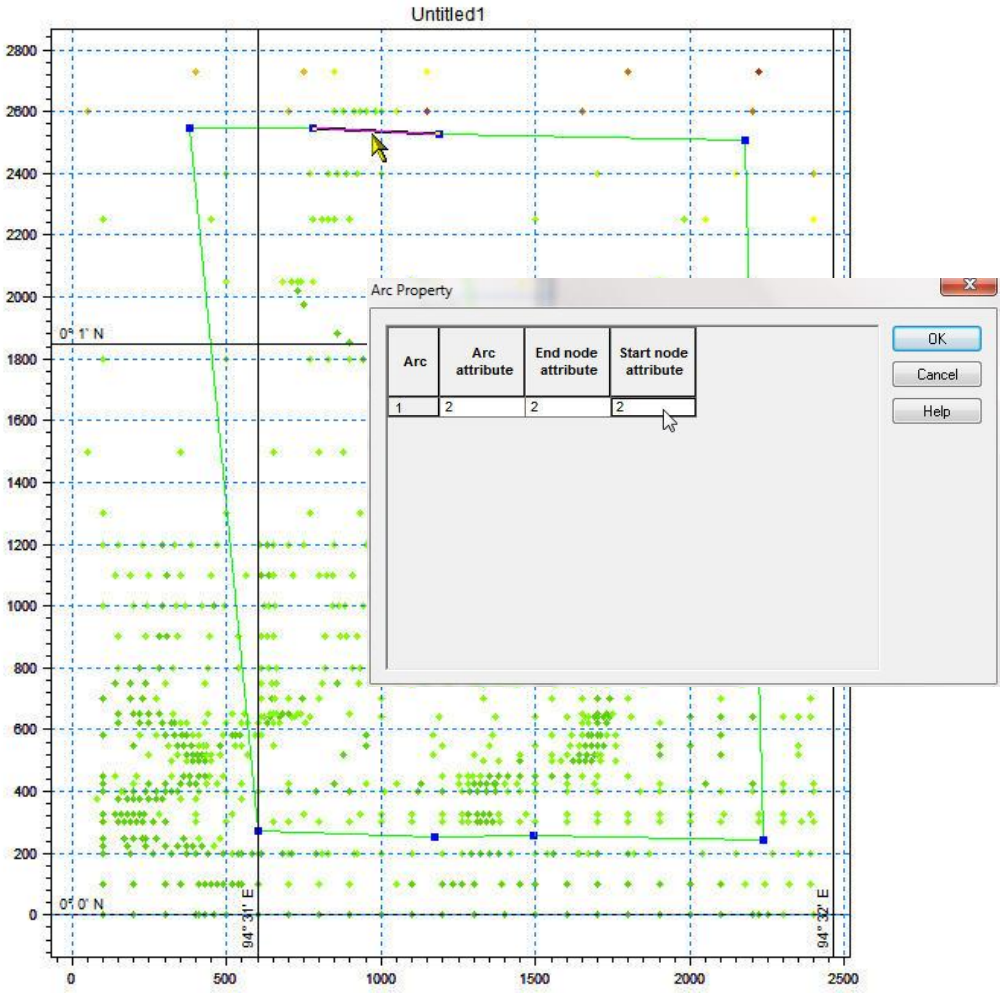
ภาพผนวกที่ ค 19 หน้าต่าง Arc Property

ต่อมาคลิกเลือกเส้นดังภาพด้านล่างโดยใช้เครื่องมือ Select arcs แต่เปลี่ยนค่าตัวเลขในทั้ง 3 คอลัมน์ ให้เป็นเลข 1



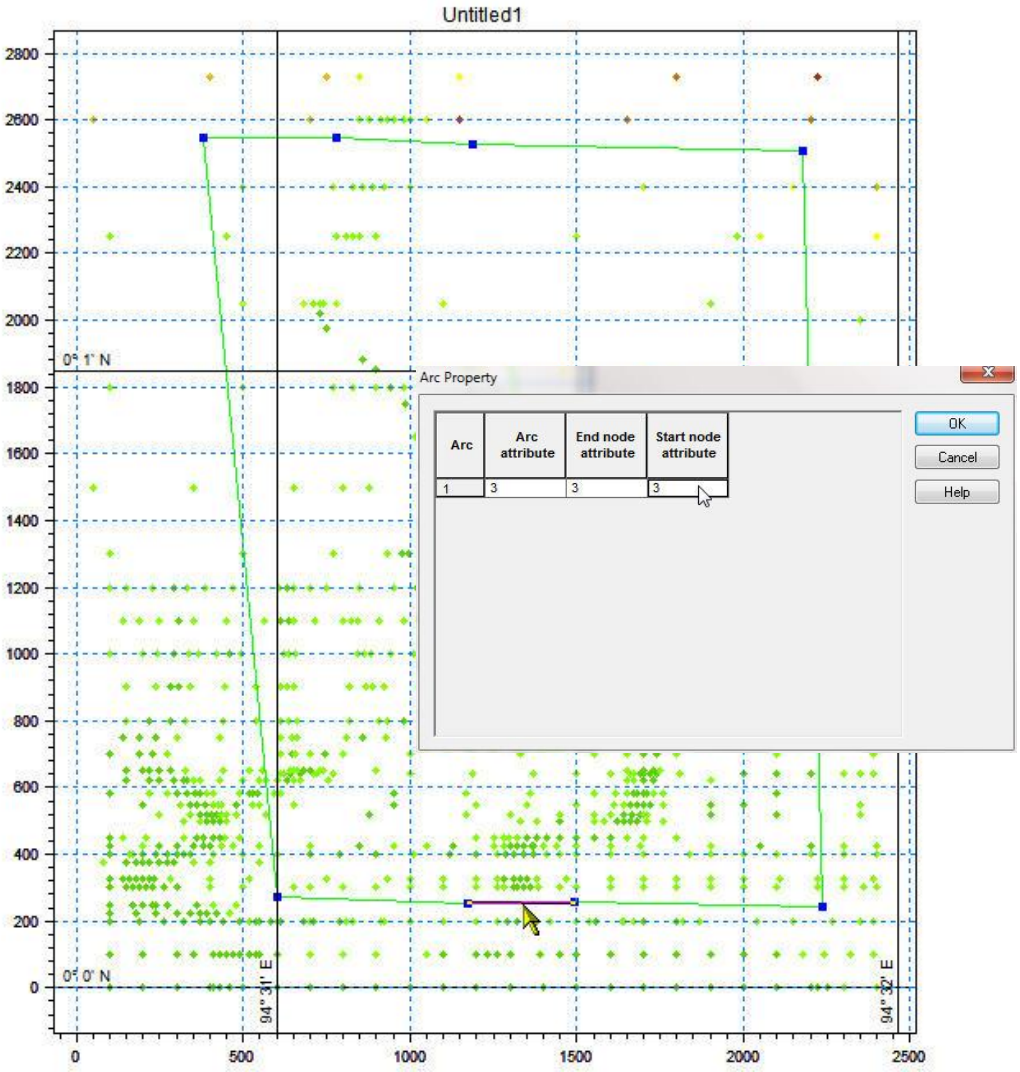
ภาพผนวกที่ ค 20 การเลือกเปลี่ยนลักษณะของเส้น

คลิกเลือกเส้นที่กำหนดให้เป็นทางน้ำเข้าดังภาพ แล้วกำหนดค่าใน Arc Property ในทั้ง 3 คอลัมน์ในเป็น เลข 2



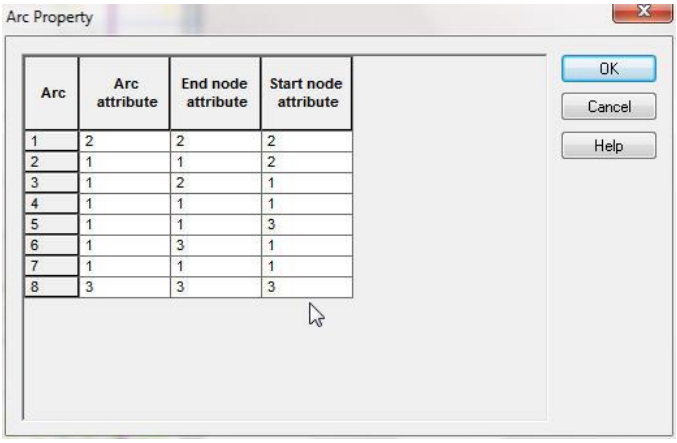
ภาพผนวกที่ ค 21 การเลือกเปลี่ยนลักษณะของเส้นที่ใช้เป็นช่องทางน้ำเข้า

คลิกเลือกเส้นที่กำหนดให้เป็นทางน้ำออกดังภาพ แล้วกำหนดค่าใน Arc Property ในทั้ง 3 คอลัมน์ในเป็น เลข 3



ภาพผนวกที่ ค 22 การเลือกเปลี่ยนลักษณะของเส้นที่ใช้เป็นช่องทางน้ำเออก

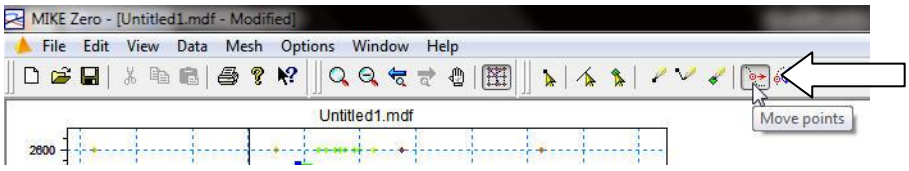
ส่วนเส้นที่เหลือโปรแกรมจะทำการกำหนดให้จากการที่ เราทำการป้อนค่า Arc Property ให้เส้นอื่นไปแล้วโดยสามารถตรวจสอบว่าแต่ละเส้นถูกกำหนดค่า Arc Property แล้วหรือไม่ โดยทำการคลิกเลือกทุกเส้นและคลิกขวาเลือก Properties จะเห็นได้ว่าแต่ละเส้นถูกกำหนดค่าแล้วหรือไม่ ดังภาพด้านล่าง



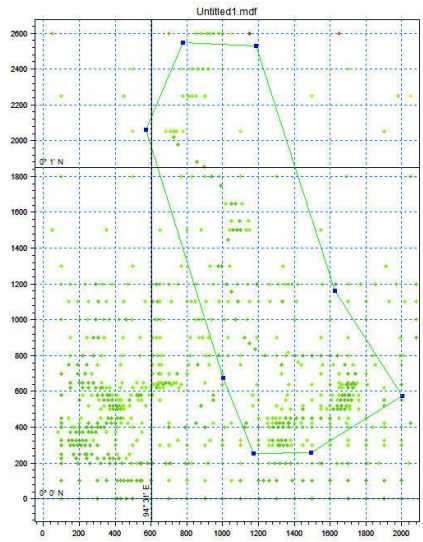
Arc	Arc attribute	End node attribute	Start node attribute
1	2	2	2
2	1	1	2
3	1	2	1
4	1	1	1
5	1	1	3
6	1	3	1
7	1	1	1
8	3	3	3

ภาพผนวกที่ ค 23 การตรวจสอบการกำหนดค่า Arc Property

และเนื่องจากโปรแกรมแกรมมีขีดจำกัดด้านลิขสิทธิ์ การจำลองด้วย Node ที่สร้างขึ้นมีมากเกินไปจะทำให้แบบจำลองไม่สามารถจำลองการไหลได้ จึงต้องขยับขนาดให้พื้นที่ที่จะทำการสร้าง Mesh มีขนาดพื้นที่เล็กลงด้วยการย้ายจุดด้วยเครื่องมือ Move points โดยเมื่อขยับจุดแล้วจะได้ขนาดพื้นที่ที่จะสร้าง Mesh ที่เล็กลง

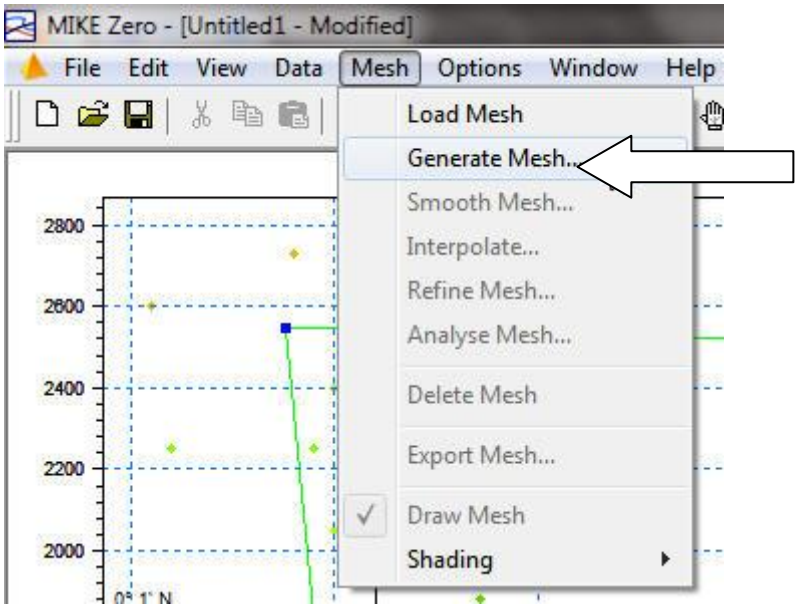


ภาพผนวกที่ ค 24 เครื่องมือMove Point



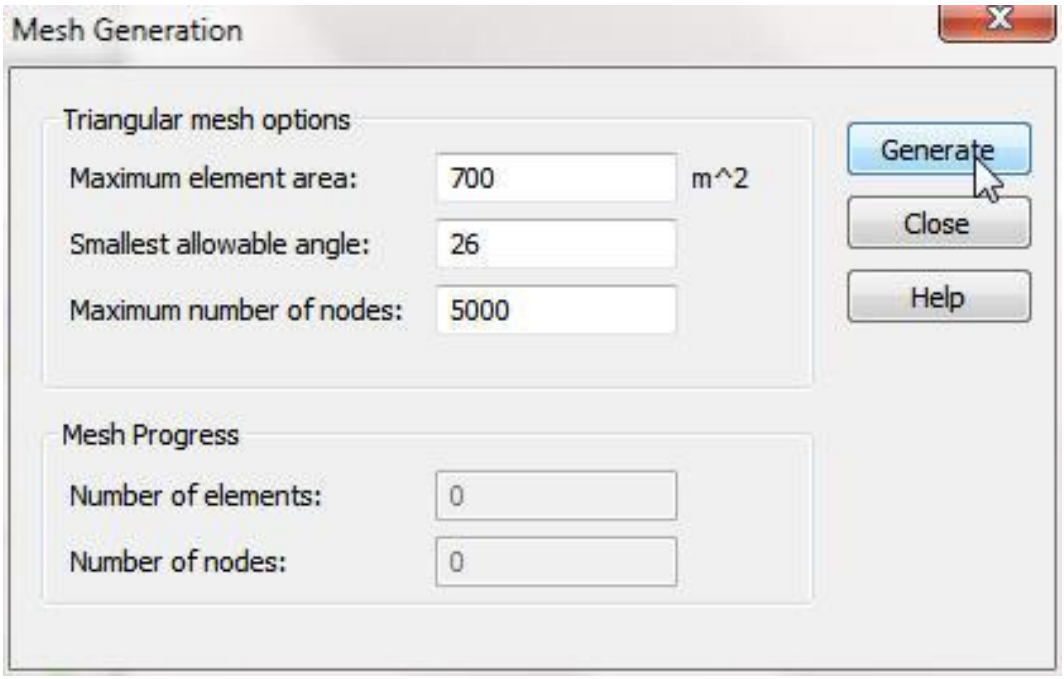
ภาพผนวกที่ ค 25 การเครื่องมือ Move Point แก้ไขลักษณะ Boundary

6.ทำการสร้าง Mesh โดยคลิกเมนู Mesh > Generate Mesh…



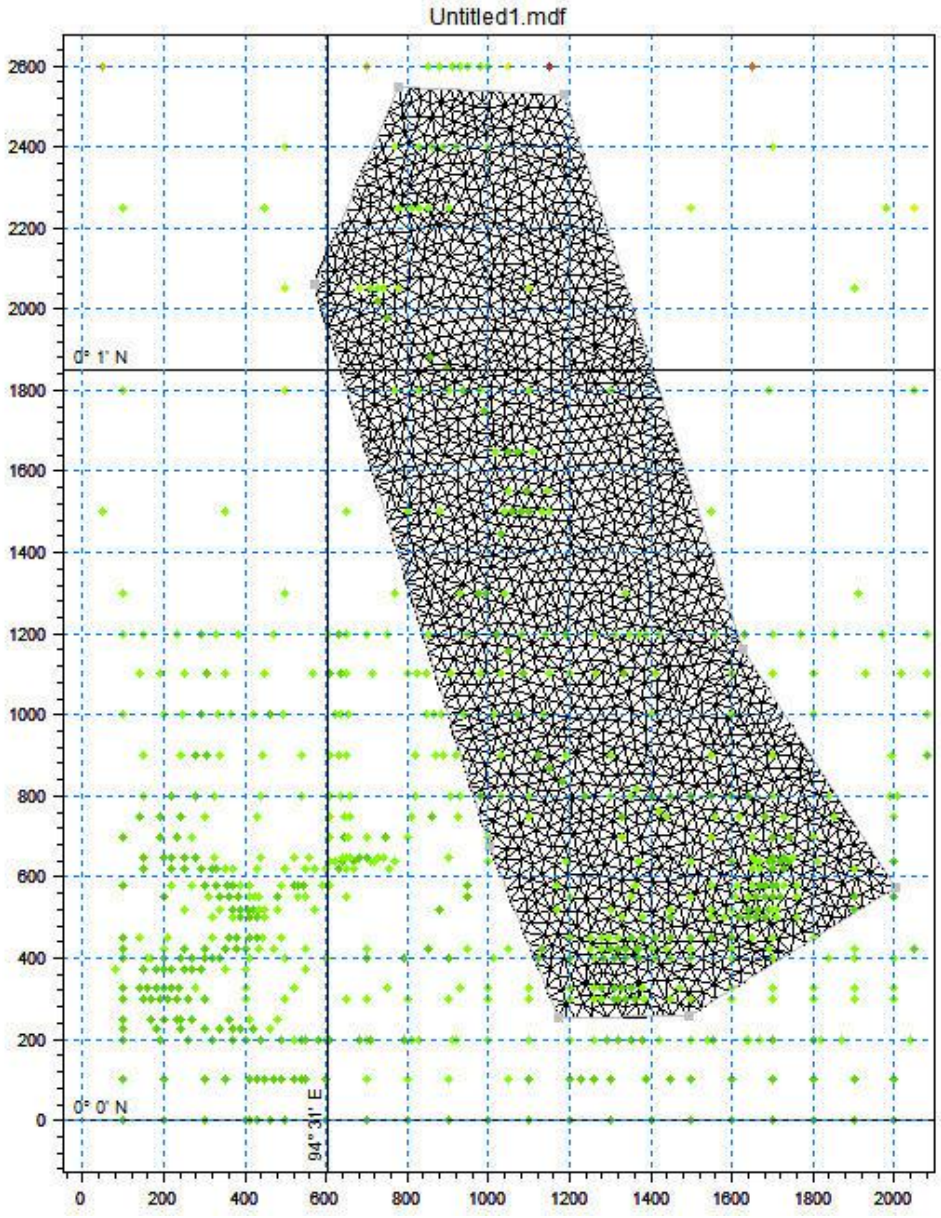
ภาพผนวกที่ ค 26 การเริ่มสร้าง DEM โดยเลือกเมนู Mesh และ Generate Mesh…

จากนั้นจะขึ้นหน้าต่าง Mesh Generation ขึ้นมาให้เปลี่ยนค่าในช่องแรกเป็น 700 และช่องที่ 3 เป็น 5000 ดังภาพ



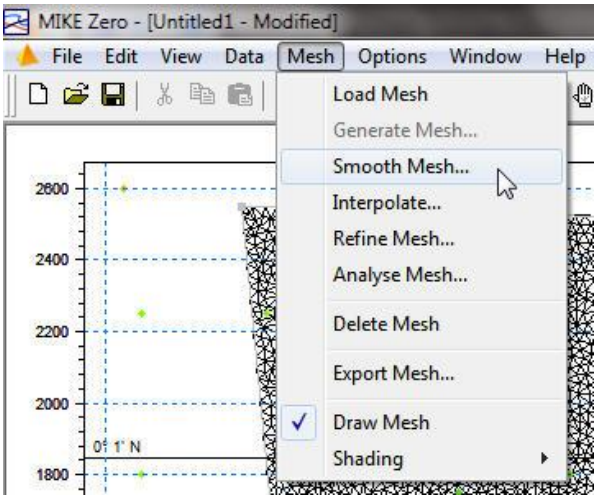
ภาพผนวกที่ ค 27 หน้าต่าง Mesh Generation

จะทำให้ได้เป็นตาข่ายที่มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมดังภาพ



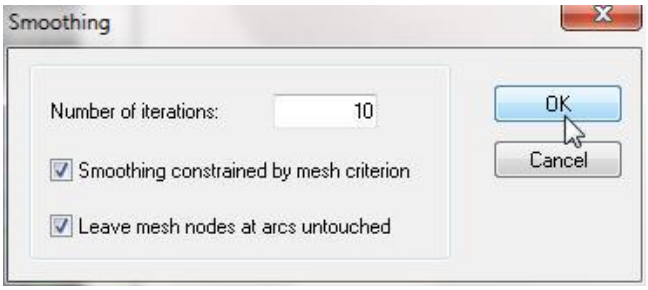
ภาพผนวกที่ ค 28 ภาพหลังการ Generate Mesh

จากนั้นทำการ Smooth Mesh โดยเลือกแถมเมนู Mesh > Smooth Mesh… ดังภาพ



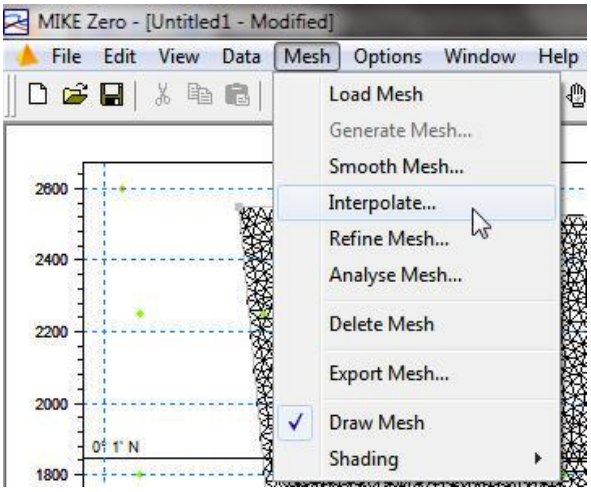
ภาพผนวกที่ ค 29 การเลือกเมนู Smooth Mesh

เมื่อคลิกคำว่า Smooth Mesh… จะปรากฏหน้าต่าง Smoothing ขึ้นมาดังภาพให้คลิกปุ่ม OK



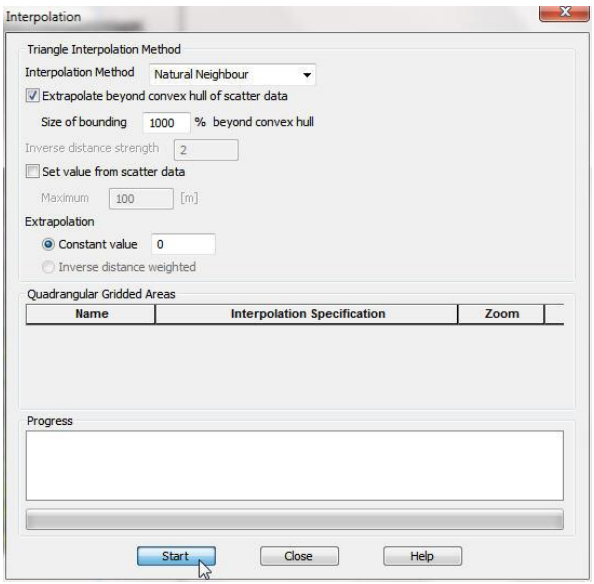
ภาพผนวกที่ ค 30 ภาพหน้าต่าง Smoothing

จากนั้นเลือกเมนู Mesh > Interpolate… ดังภาพ



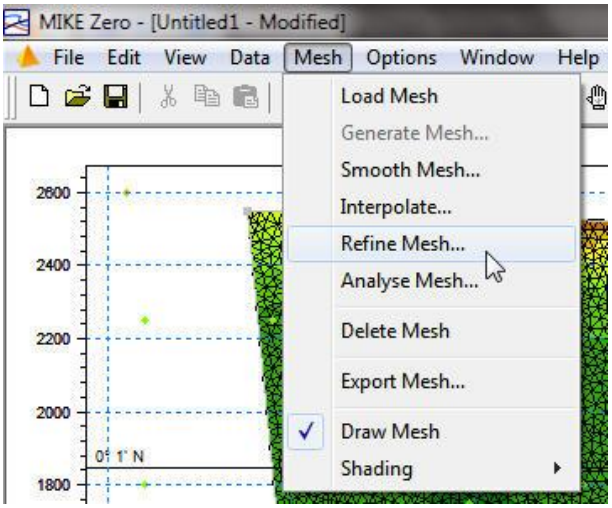
ภาพผนวกที่ ค 31 การเลือกเมนู Interpolate

เมื่อคลิกคำว่า Interpolate… จะปรากฏหน้าต่าง Interpolation ขึ้นมาดังภาพ ให้คลิกเลือกปุ่ม Start



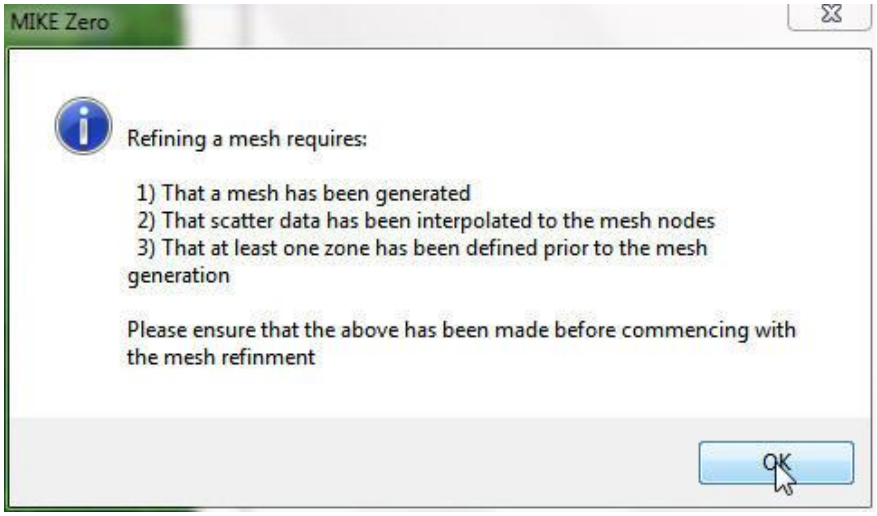
ภาพผนวกที่ ค 32 หน้าต่าง Interpolation

จากนั้นเลือกเมนู Mesh > Refine Mesh…



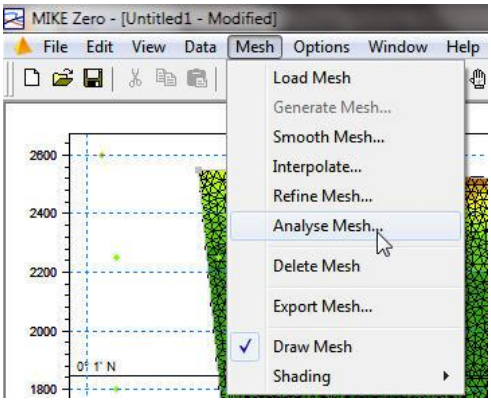
ภาพผนวกที่ ค 33 การเลือกเมนู Refine Mesh

เมื่อคลิกคำว่า Refine Mesh… จะปรากฏหน้าต่าง MIKE Zero ขึ้นมาดังภาพ ให้คลิกเลือกปุ่ม OK



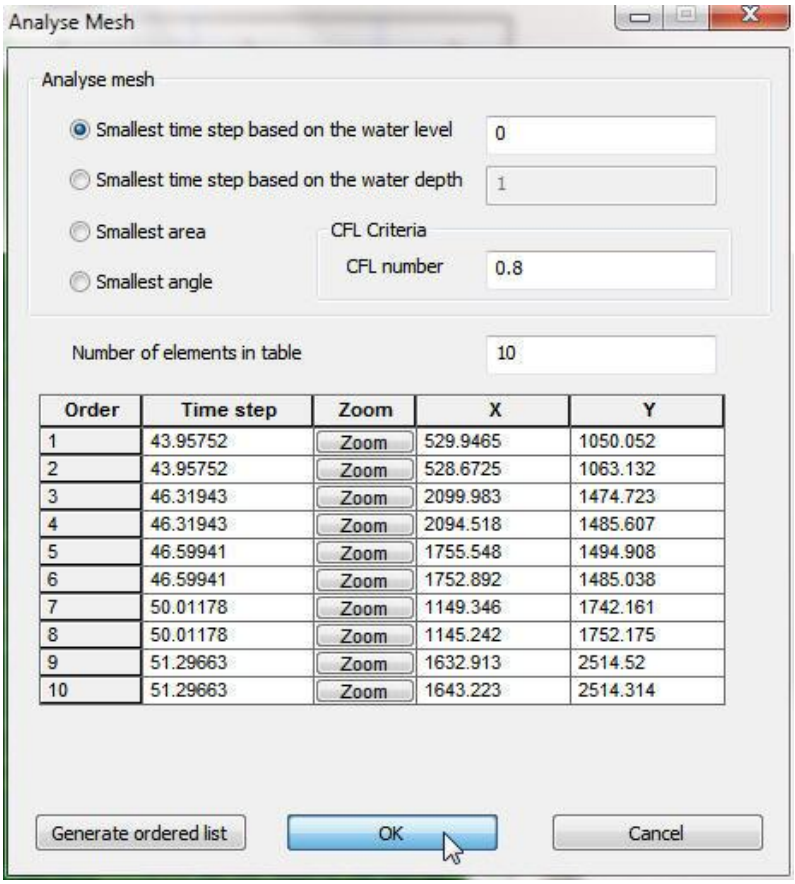
ภาพผนวกที่ ค 34 หน้าต่าง MIKE Zero หลังการเลือกเมนู Refine Mesh

จากนั้นเลือกเมนู Mesh > Analyse Mesh…



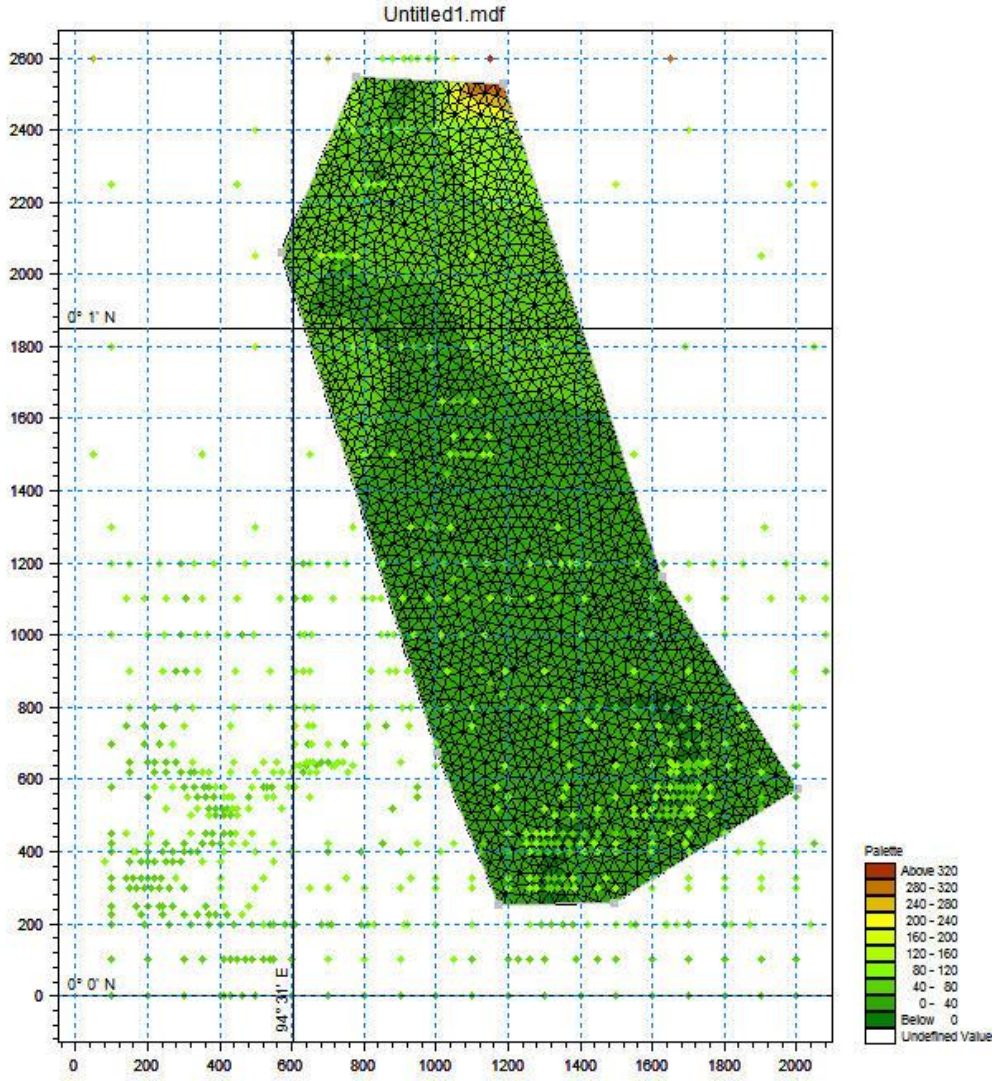
ภาพผนวกที่ ค 35 การเลือกเมนู Analyse Mesh

เมื่อคลิกคำว่า Analyse Mesh…จะปรากฏหน้าต่าง Analyse Mesh ขึ้นมาดังภาพ ให้คลิกเลือกปุ่ม OK



ภาพผนวกที่ ค 36 หน้าต่าง Analyse Mesh

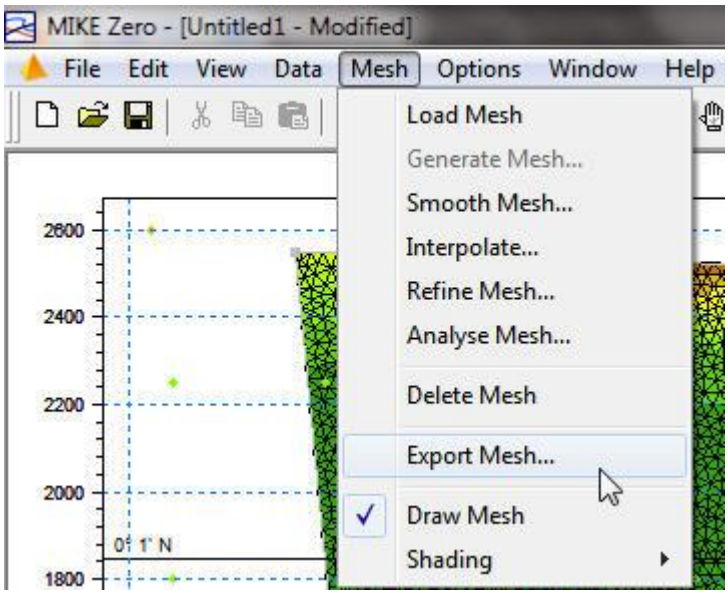
เมื่อเสร็จแล้วจะได้ลักษณะของ Mesh ดังภาพ



ภาพผนวกที่ ค 37 Mesh ที่ทำเสร็จแล้ว

ทำการ Export ไฟล์ Mesh ที่ทำเสร็จแล้วตามกระบวนการดังภาพด้านล่าง

เลือกเมนู Mesh > Export Mesh…

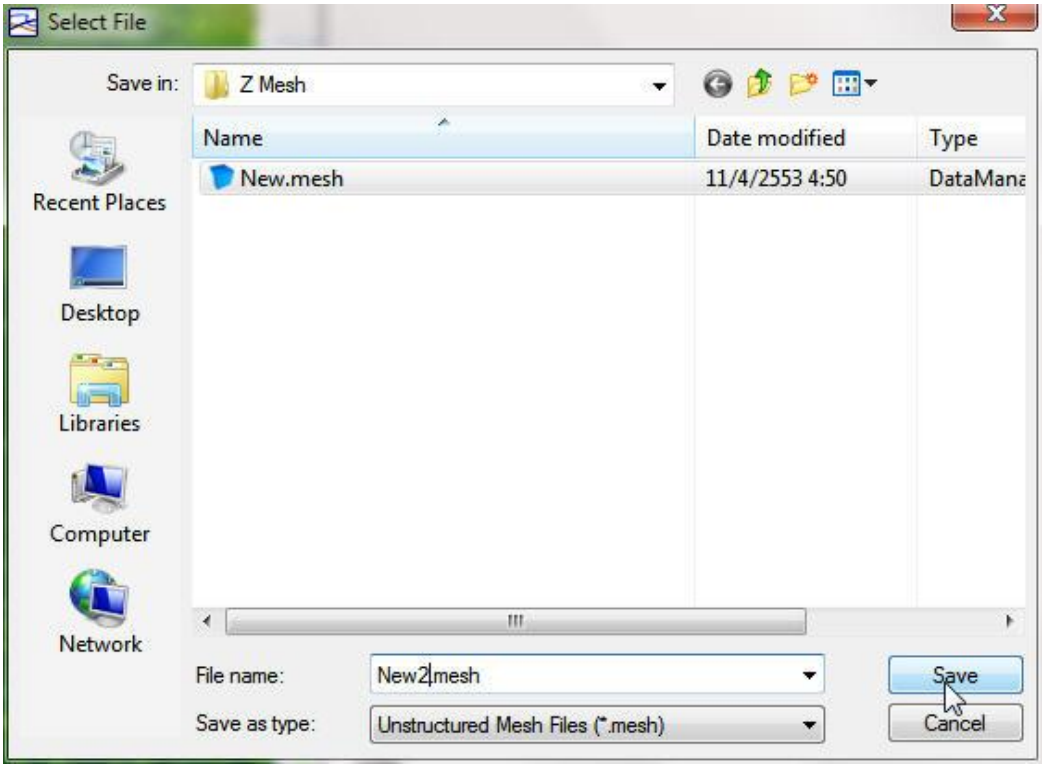


ภาพผนวกที่ ค 38 การเลือกเมนู Export Mesh

เมื่อคลิกคำว่า Export Mesh…จะปรากฏหน้าต่าง Export Mesh ขึ้นมาดังภาพ ให้คลิกเลือกปุ่ม … ดังภาพ เพื่อเลือกที่บันทึก

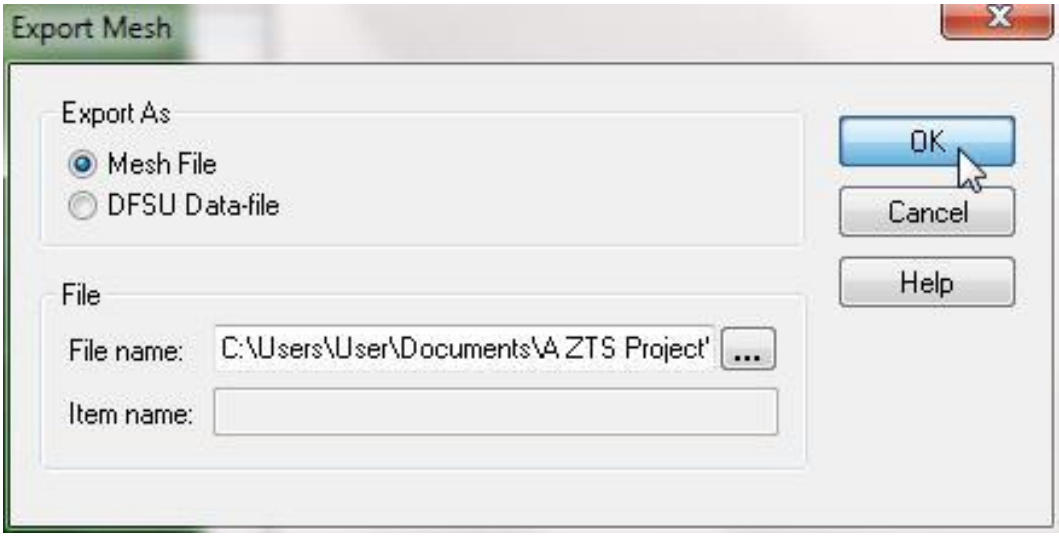
ภาพผนวกที่ ค 39 การเลือกที่บันทึก Mesh ไฟล์

ทำการเลือกที่บันทึกและตั้งชื่อไฟล์แล้วกดปุ่ม Save เพื่อบันทึก



ภาพผนวกที่ ค 40 การตั้งชื่อและบันทึก Mesh ไฟล์

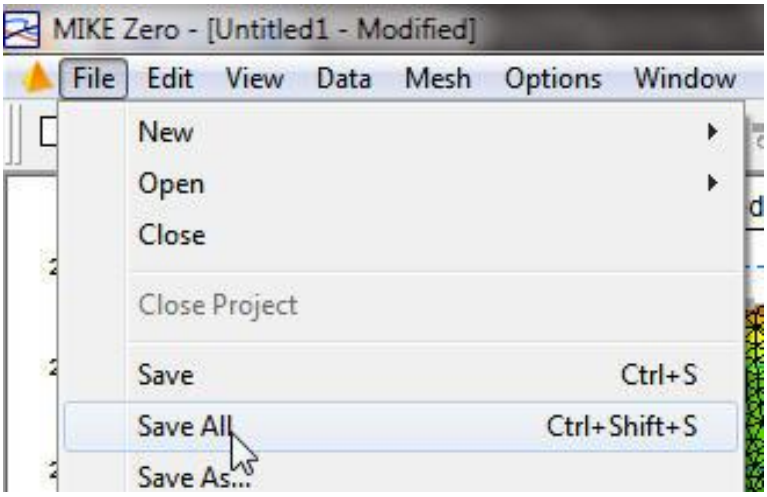
จากนั้นจะปรากหน้าต่าง Export Mesh ให้คลิกปุ่ม OK



ภาพผนวกที่ ค 41 หน้าต่าง Export Mesh หลังจากตั้งและเลือกที่บันทึกไฟล์แล้ว

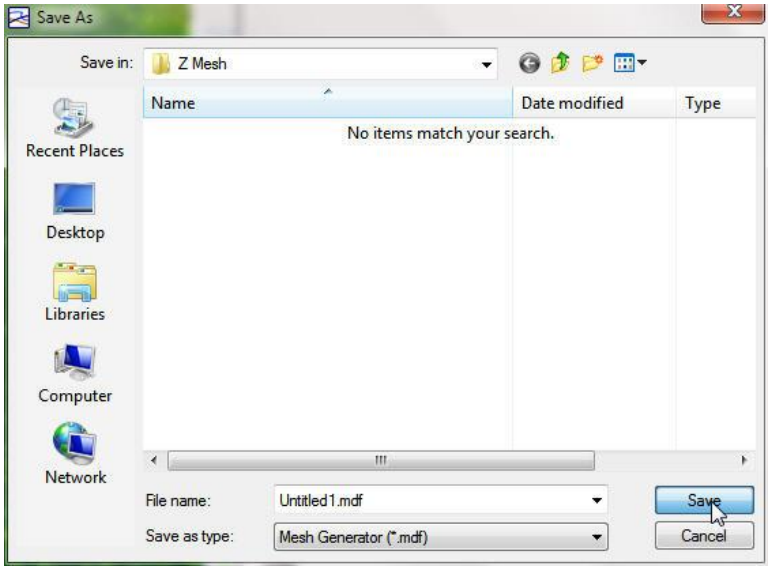
เสร็จแล้วทำการ Save All ตามกระบวนการดังภาพ

เลือกเมนู File > Save All



ภาพผนวกที่ ค 42 การเลือกเมนู Save All

เมื่อคลิกคำว่า Save All จะปรากฏหน้าต่าง Save As ขึ้นมาดังภาพ
ให้คลิกเลือกที่บันทึกและตั้งชื่อไฟล์ แล้วกดปุ่ม Save เพื่อเลือกที่บันทึก

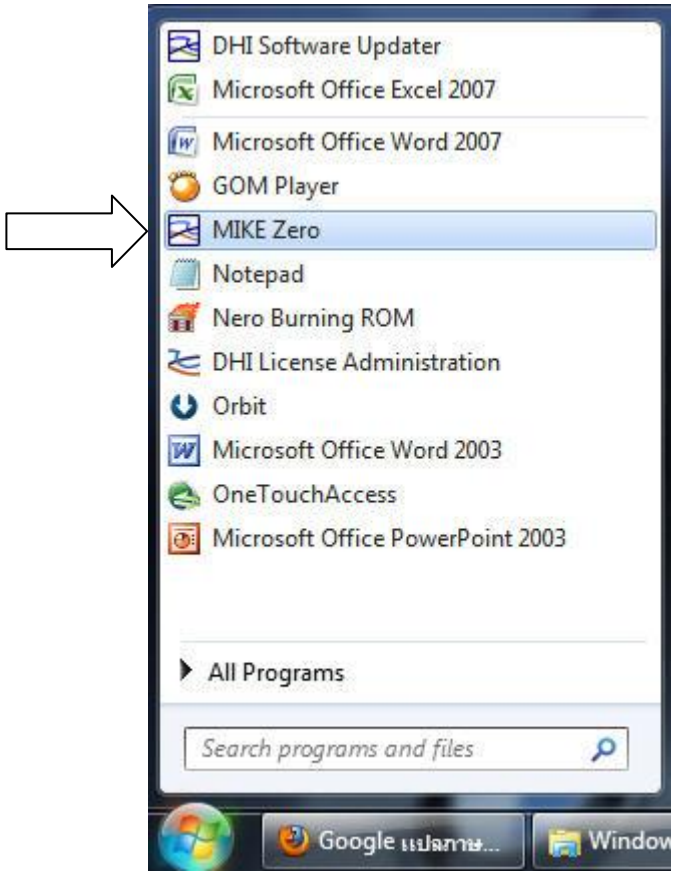


ภาพผนวกที่ ค 43 หน้าต่าง Save As

ภาคผนวก ง
การดูแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติ ด้วย Animator ในชุดโปรแกรม MIKE Zero

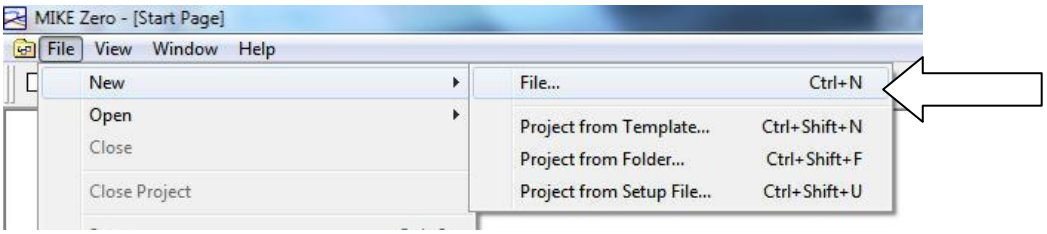
การดูแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติด้วย Animator ในชุดโปรแกรม MIKE Zero

1.เรียกโปรแกรม MIKE Zero จาก Start Menu



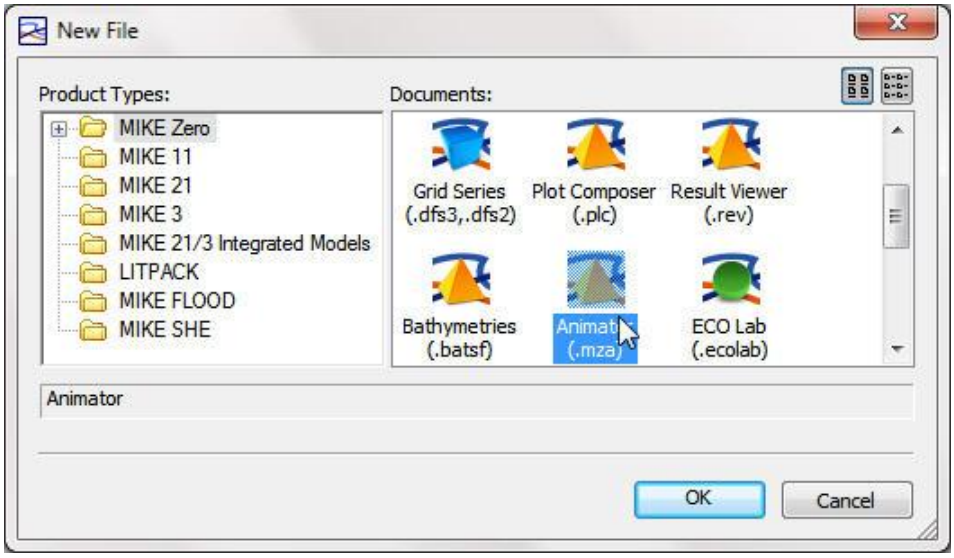
ภาพผนวกที่ ง 1 การเข้าใช้ชุดโปรแกรม MIKE Zero จากเมนู Start ในวินโดว์

2.ทำการเลือกสร้างไฟล์ใหม่



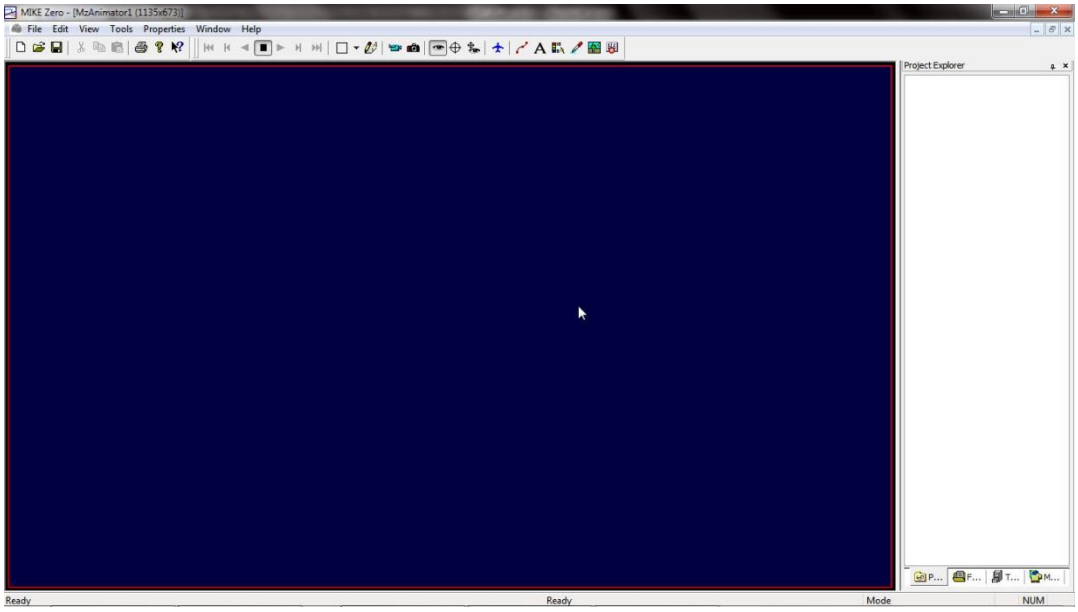
ภาพผนวกที่ ง 2 การเริ่มสร้างไฟล์ใหม่ใน MIKE Zero

3.เลือก โฟลเดอร์ MIKE Zero และเลือกไฟล์ Animator (.mza)



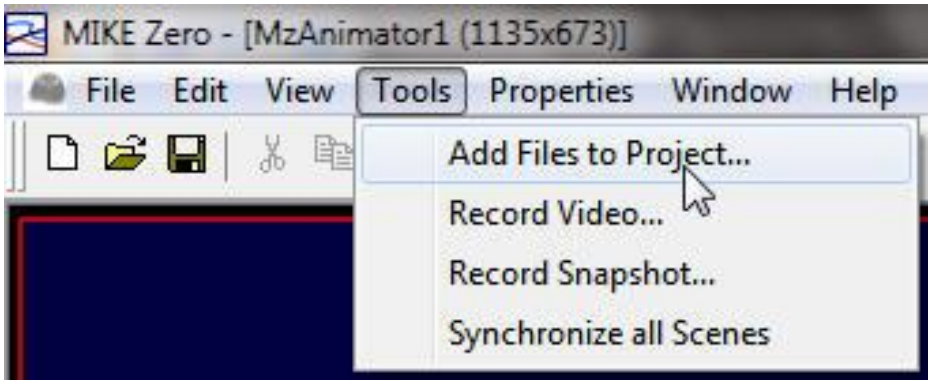
ภาพผนวกที่ ง 3 การคลิกเลือกไอคอน Animator เพื่อดูแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติ

เมื่อคลิก OK จะปรากฏหน้าต่างดังภาพ



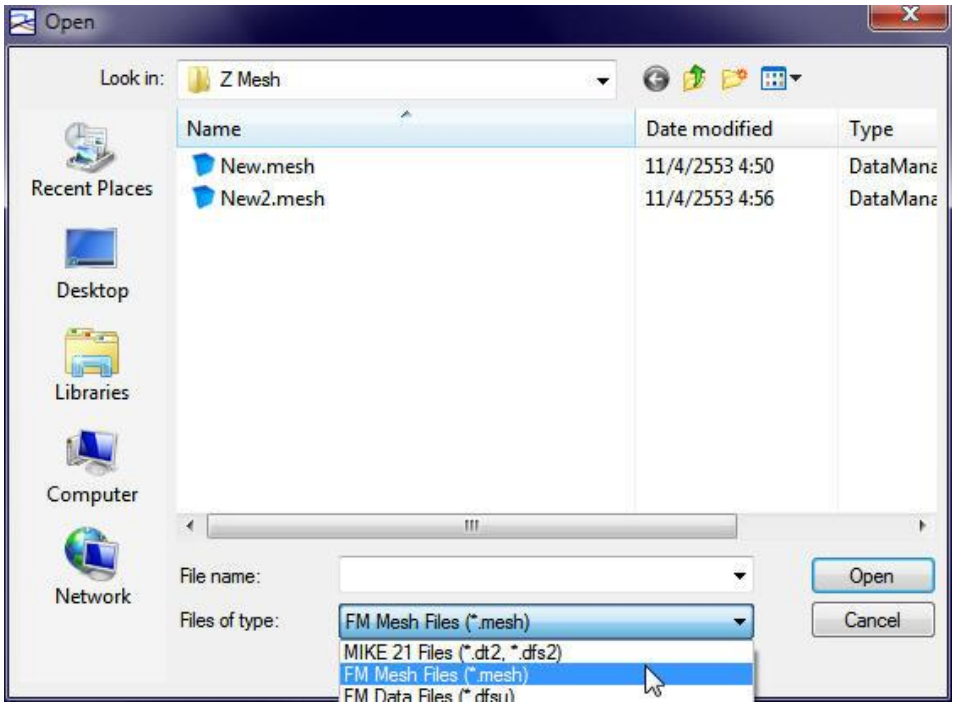
ภาพผนวกที่ ง 4 หน้าต่าง Animator

เลือกเมนู Tools > Add Files to Project…



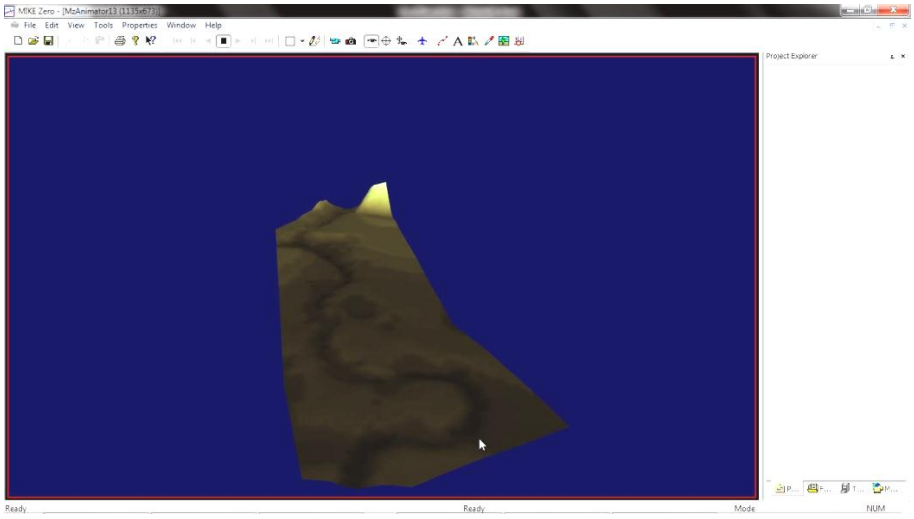
ภาพผนวกที่ ง 5 การเพิ่มไฟล์ใน Animator

เมื่อคลิกคำว่า Add Files to Project… จะปรากฏหน้าต่าง Open ขึ้นมาดังภาพให้คลิกเลือก File of Type ให้เป็น FM Mesh Files (*.mesh) แล้วเลือกไฟล์ และกดปุ่ม Open เพื่อเปิดไฟล์



ภาพผนวกที่ ง 6 การที่ต้องการเพิ่มไฟล์ใน Animator

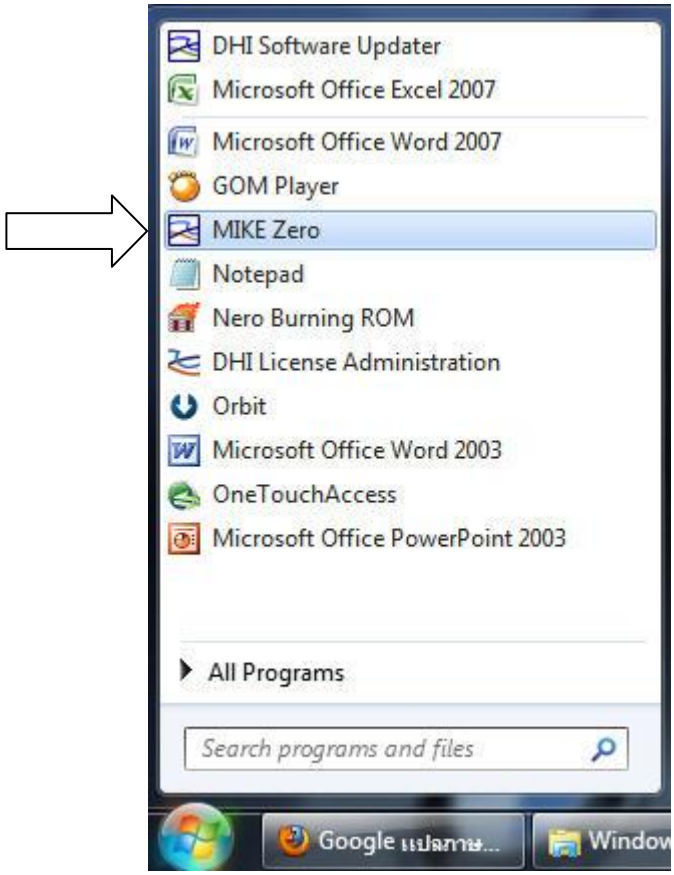
เสร็จแล้วจะได้เป็นหน้าต่างที่มีแผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติ



ภาพผนวกที่ ง 7 แผนที่ภูมิประเทศเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติ เปิดด้วย Animator

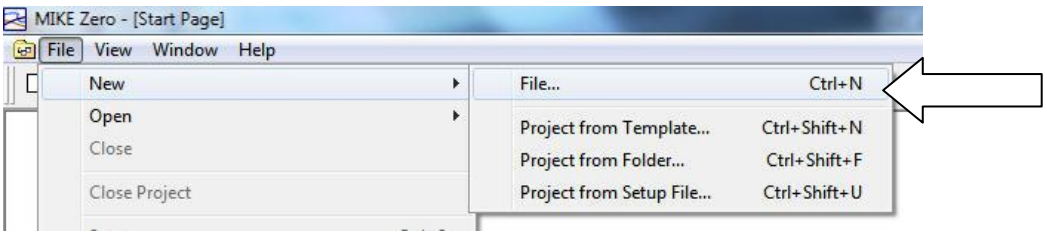
ภาคผนวก จ
ขั้นตอนการจำลองด้วย MIKE21

1.เรียกโปรแกรม MIKE Zero จาก Start Menu



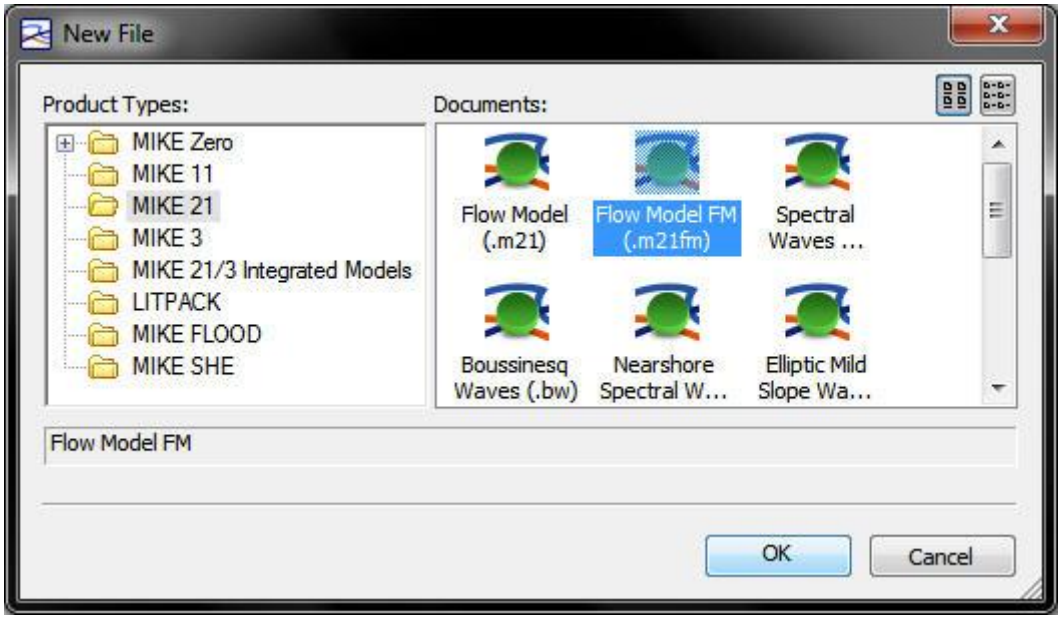
ภาพผนวกที่ จ 1 การเข้าใช้ชุดโปรแกรม MIKE Zero จากเมนู Start ในวินโดว์

2.ทำการเลือกสร้างไฟล์ใหม่



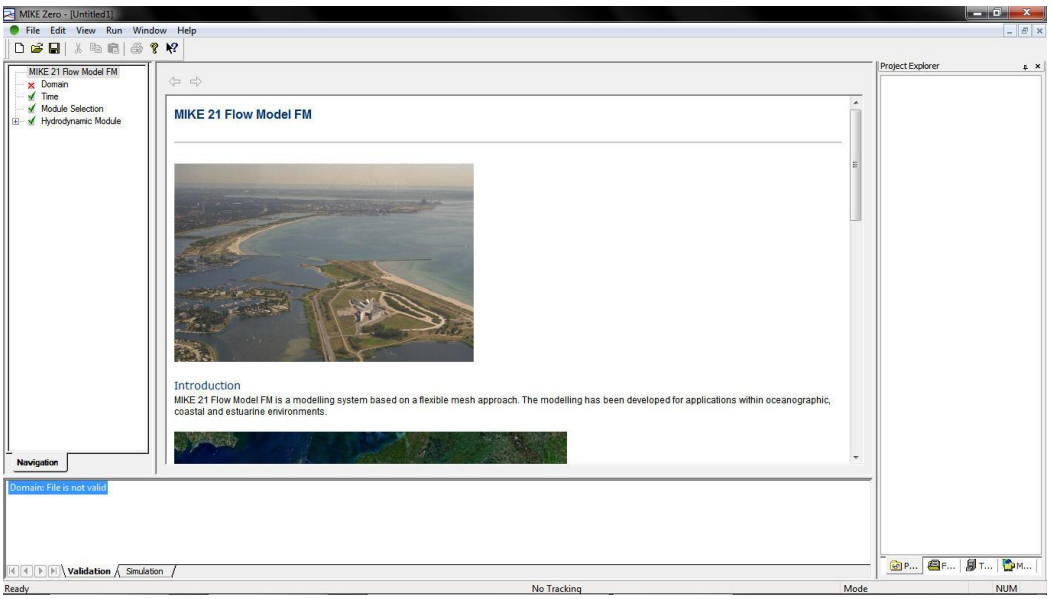
ภาพผนวกที่ จ 2 การเริ่มสร้างไฟล์ใหม่ใน MIKE Zero

3.เลือก โฟลเดอร์ MIKE21และเลือกไฟล์ Flow Model FM (.m21fm)



ภาพผนวกที่ จ 3 การคลิกเลือกไอคอน Flow Model FM เพื่อเริ่มทำการจำลองแบบจำลอง

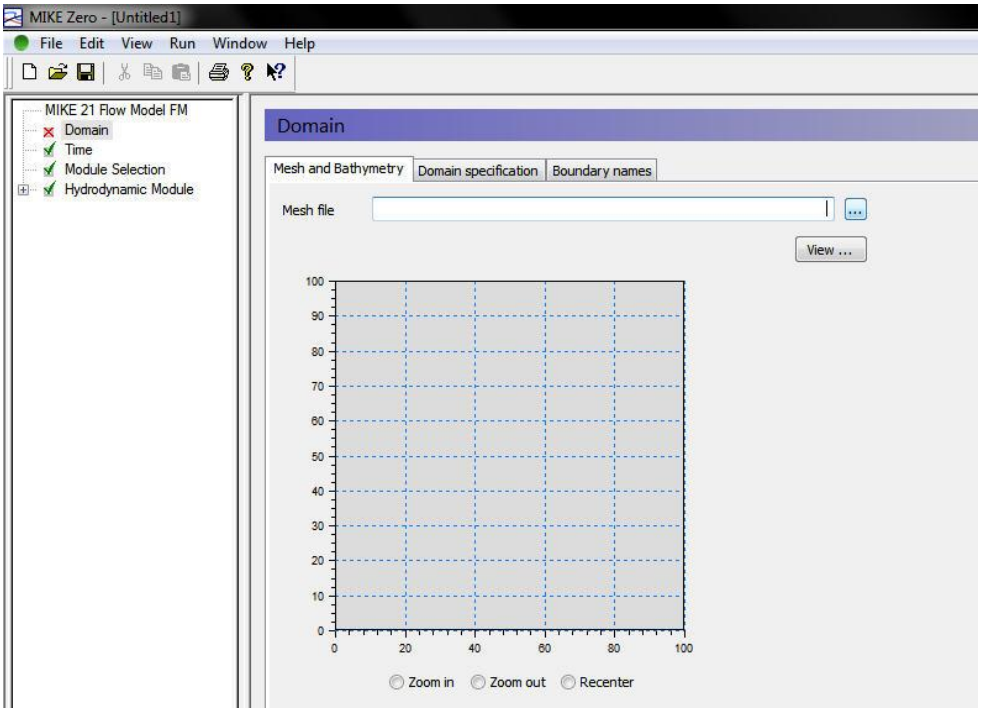
4.เมื่อคลิกปุ่ม OK จะปรากฏหน้าต่าง MIKE21 ดังภาพด้านล่าง



ภาพผนวกที่ จ 4 หน้าต่างเริ่มต้นการทำงานของแบบจำลอง MIKE21

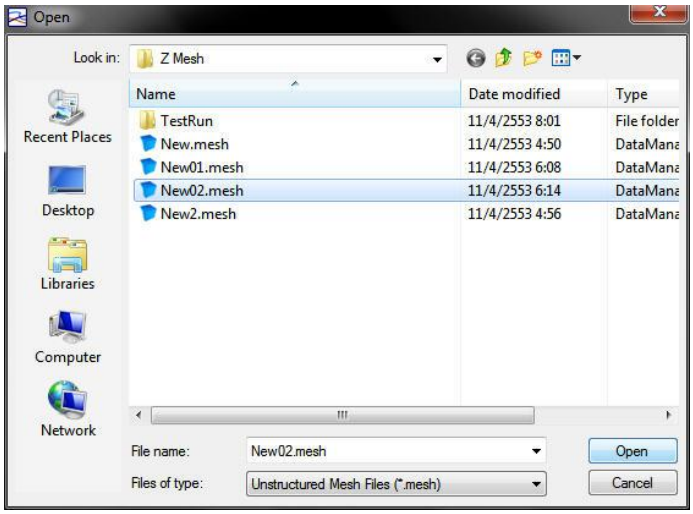
5.การเพิ่ม Meshไฟล์หรือ DEM เข้าไปในโดเมน

โดยคลิกที่แถบโดเมนจะปรากฏหน้าต่าง Domain ตามภาพผนวกที่ จ 5 แล้วคลิกที่ปุ่ม (...) เพื่อเพิ่มไฟล์



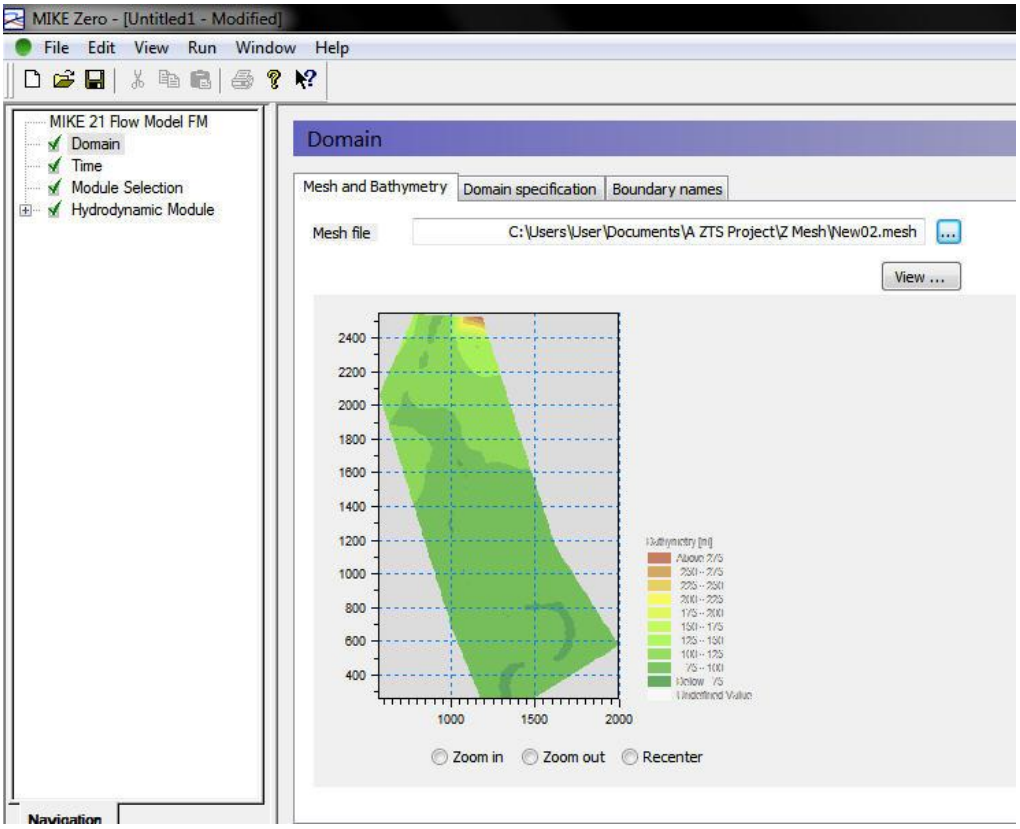
ภาพผนวกที่ จ 5 หน้าต่าง Domain ก่อนการเพิ่มไฟล์

จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Open ให้ทำการเลือกไฟล์ DEM แล้วคลิกปุ่ม Open



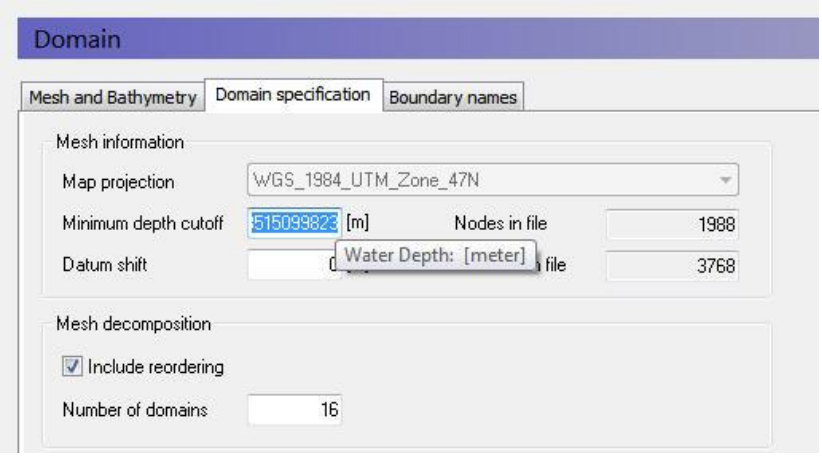
ภาพผนวกที่ จ 6 หน้าต่าง Open เพื่อการเพิ่มไฟล์ DEM

เสร็จแล้วไฟล์ DEM ดังกล่าวจะถูกเพิ่มในโดเมนดังภาพด้านล่าง



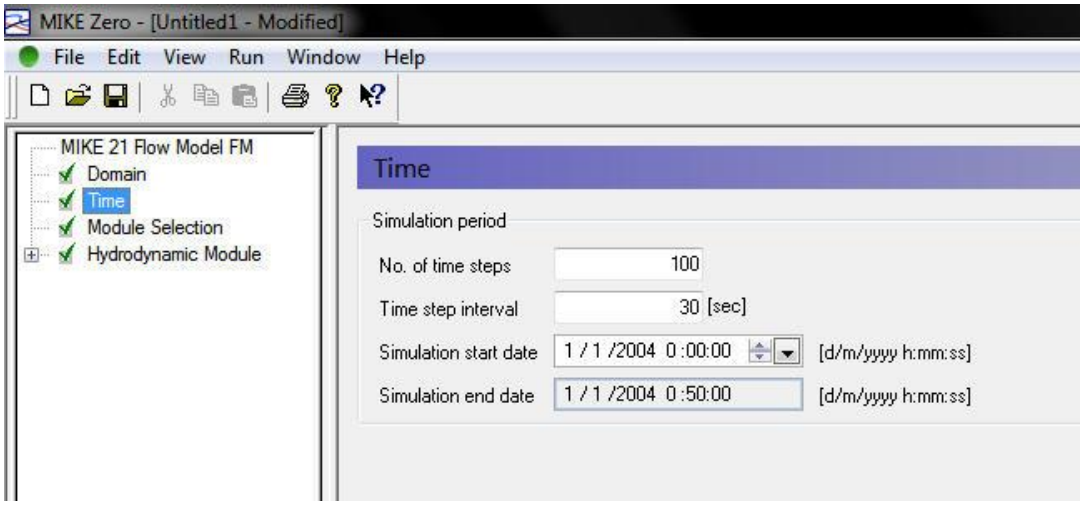
ภาพผนวกที่ จ 7 หน้าต่าง Domain ที่ทำการเพิ่มไฟล์ DEM แล้ว

ต่อมาคลิกเลือกแถบ Domain Specification ในหน้าต่าง Domain เพื่อกำหนด Minimum depth cutoff และ Datum shift ดังภาพด้านล่าง



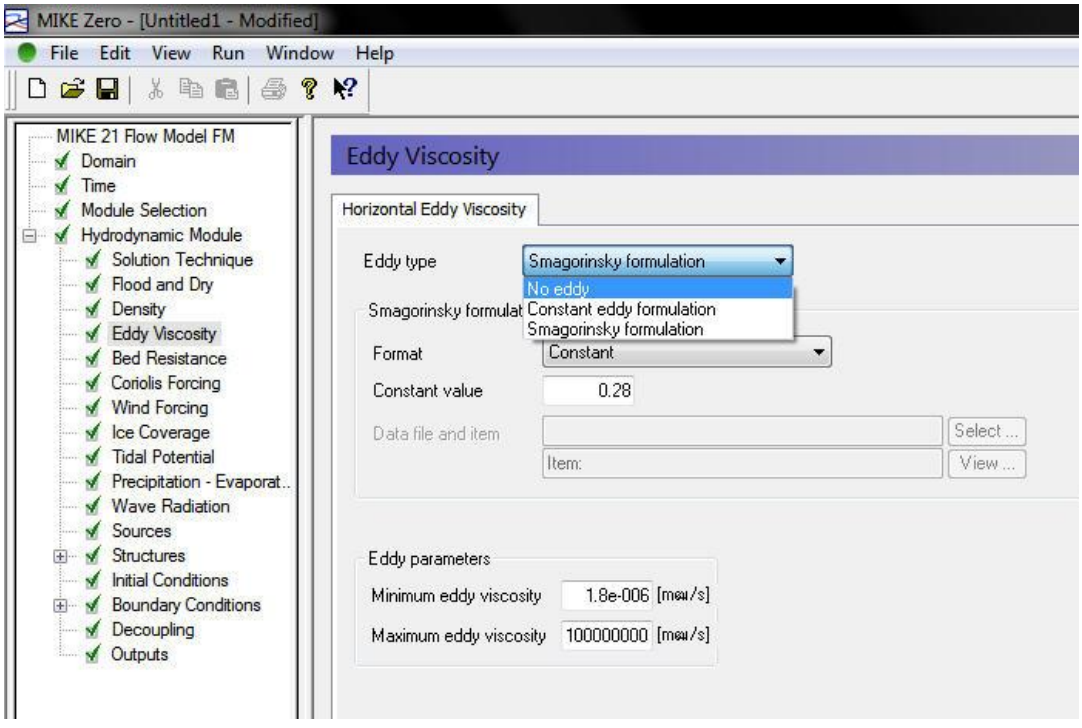
ภาพผนวกที่ จ 8 หน้าต่าง Domain ในแถบ Domain Specification

6.การกำหนด Time step และ Time step interval



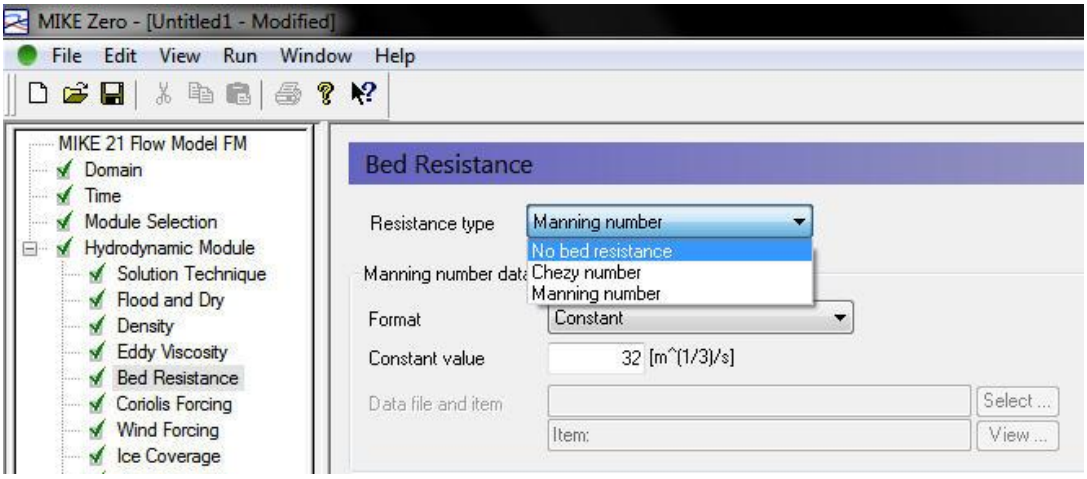
ภาพผนวกที่ จ 9 หน้าต่าง Time ใน MIKE21 Flow Model FM

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Eddy Viscosity ให้เป็น No eddy ดังภาพด้านล่าง



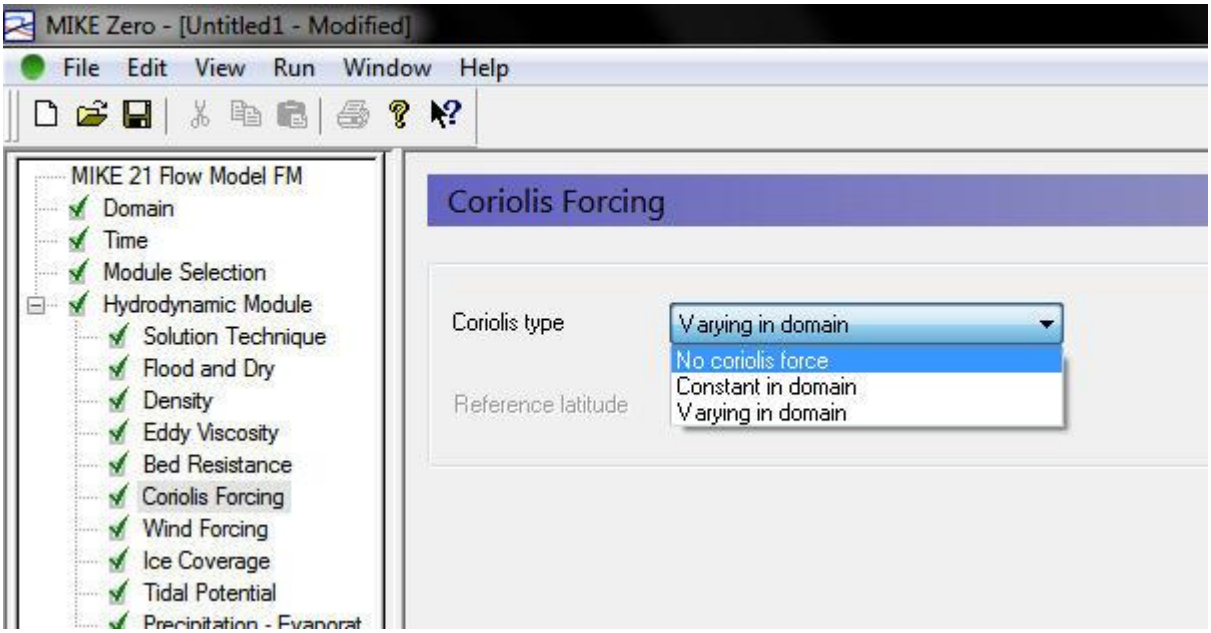
ภาพผนวกที่ จ 10 หน้าต่าง Eddy Viscosity ใน Hydrodynamic Module

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Bed Resistance ให้เป็น No bed resistance ดังภาพด้านล่าง



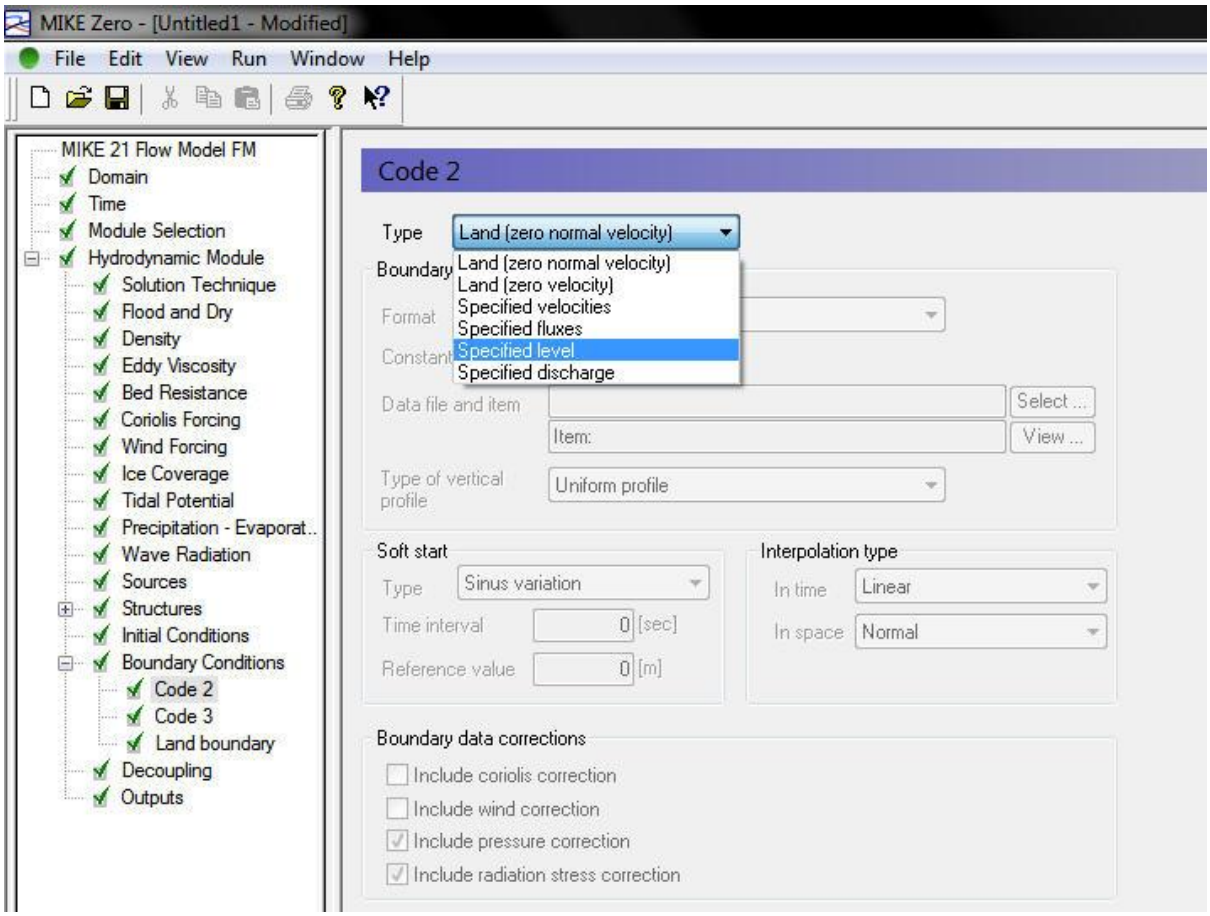
ภาพผนวกที่ จ 11 หน้าต่าง Bed Resistance ใน Hydrodynamic Module

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Coriolis Forcing ให้เป็น No coriolis force ดังภาพด้านล่าง



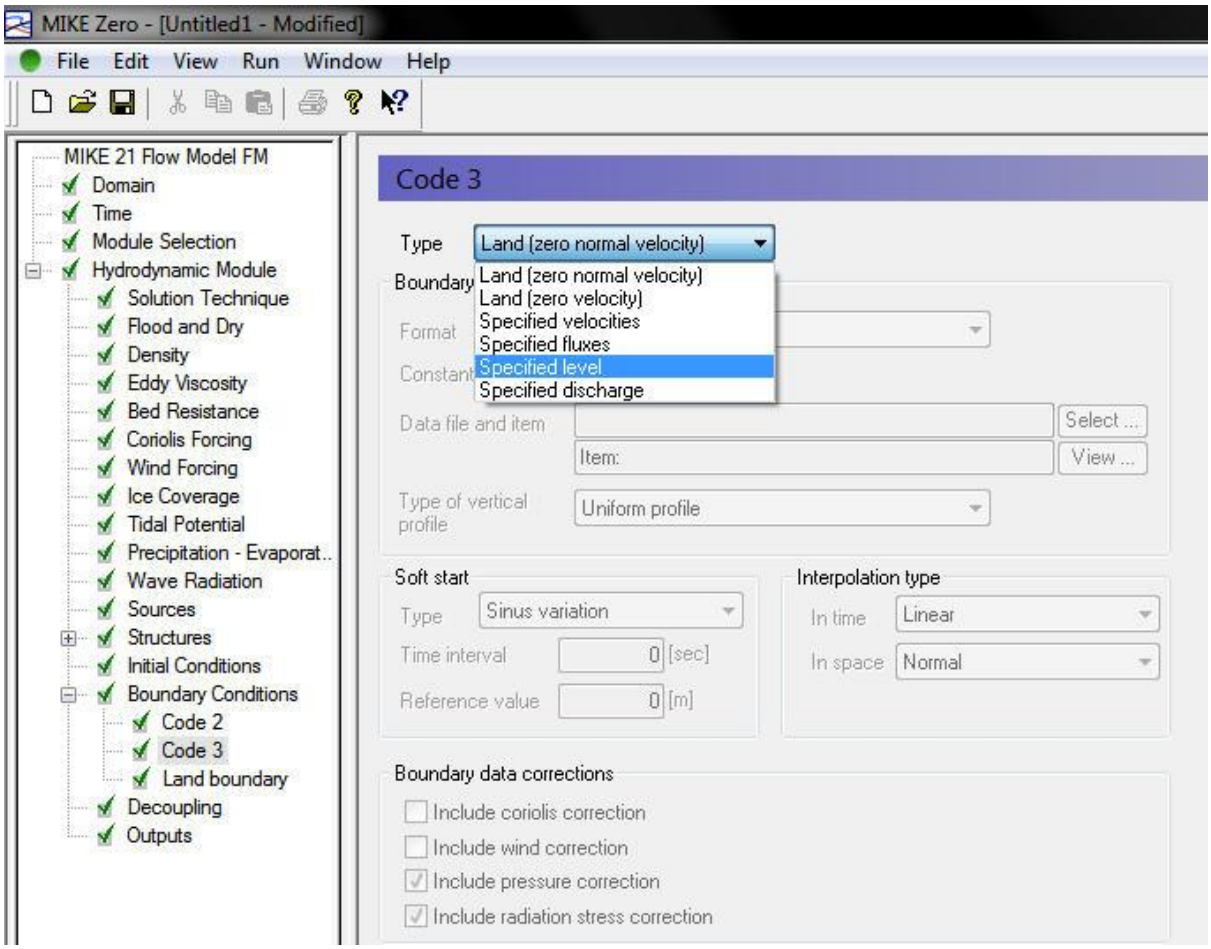
ภาพผนวกที่ จ 12 หน้าต่าง Coriolis Forcing ใน Hydrodynamic Module

การกำหนดเงื่อนไขของขอบเขตการไหล โดย Code 2 กำหนด Type ให้เป็น Specificed level ดังภาพด้านล่าง



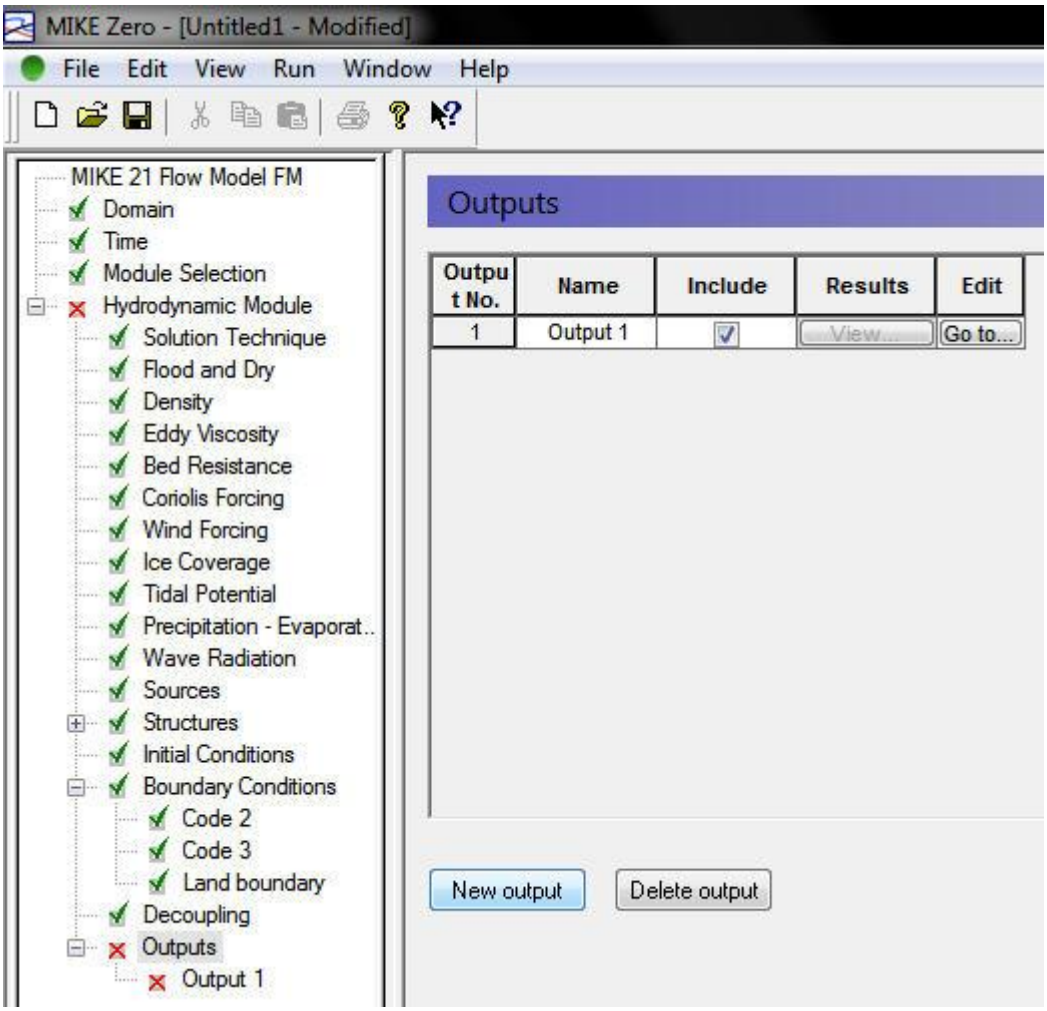
ภาพผนวกที่ จ 13 หน้าต่าง Code 2 ใน Boundary Conditions

การกำหนดเงื่อนไขของขอบเขตการไหล โดย Code 3 กำหนด Type ให้เป็น Specificed level ดังภาพด้านล่าง



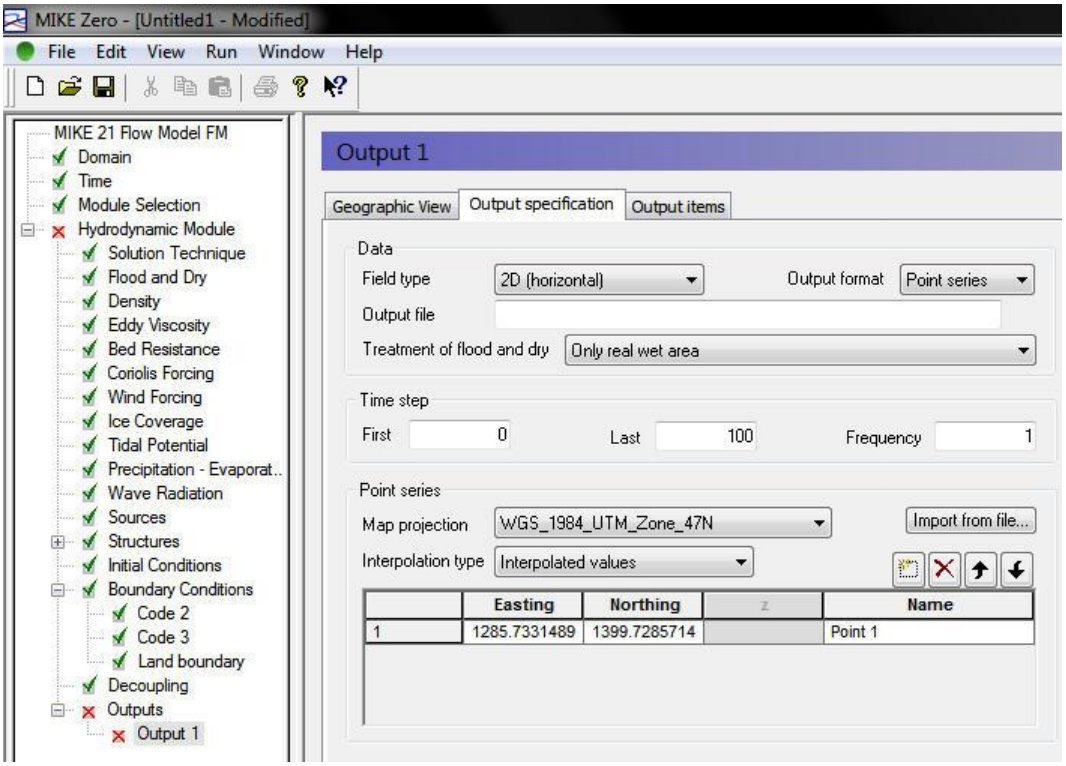
ภาพผนวกที่ จ 14 หน้าต่าง Code 3 ใน Boundary Conditions

การเพิ่ม Outputs เพื่อเป็นข้อมูลไว้ใช้ภายหลัง โดยการคลิกแถบ Outputs เสร็จแล้วจะปรากฏหน้าต่าง Outputs และทำการเพิ่มโดยคลิกปุ่ม New output ดังภาพด้านล่าง



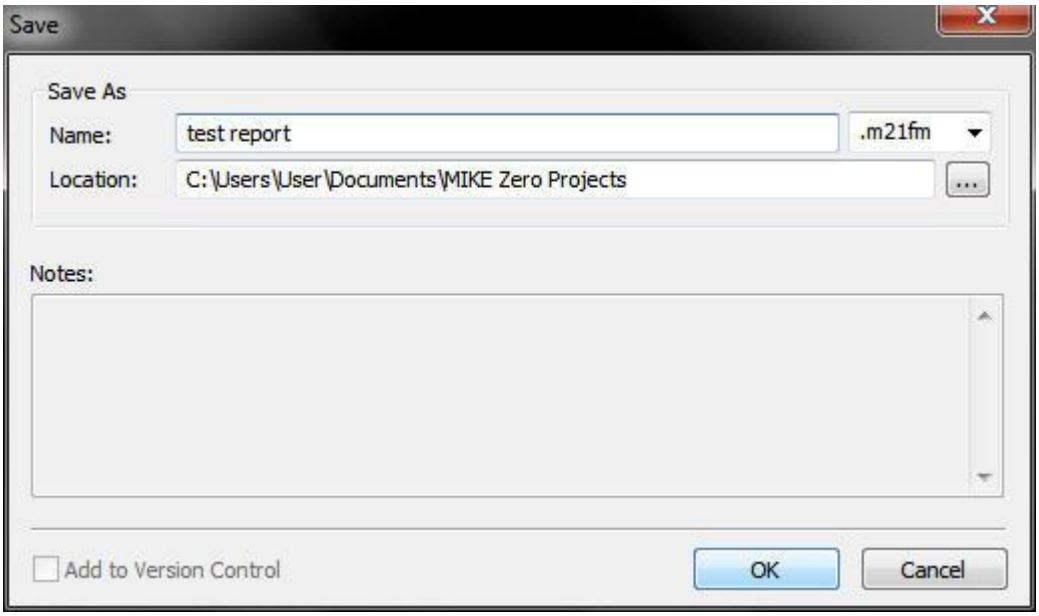
ภาพผนวกที่ จ 15 หน้าต่าง Outputs

ต่อมาทำการคลิก Output 1 ในแถบ Outputs และคลิกเลือกแถบ Output specification ในหน้าต่าง Output 1 เพื่อตั้งชื่อไฟล์ที่จะบันทึกผลการจำลอง โดยพิมพ์ชื่อไฟล์ในช่อง Output file



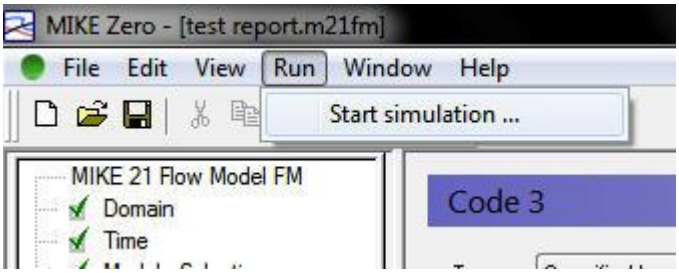
ภาพผนวกที่ จ 16 หน้าต่าง Output 1 ในแถบ Output specification

สุดท้ายก่อนการจำลองจะต้องทำการบันทึก โดยเลือก เมนู File แล้วคลิกที่แถบ Save จะปรากฏหน้าต่างให้ตั้งชื่อไฟล์ และเลือกที่บันทึกดังภาพด้านล่าง



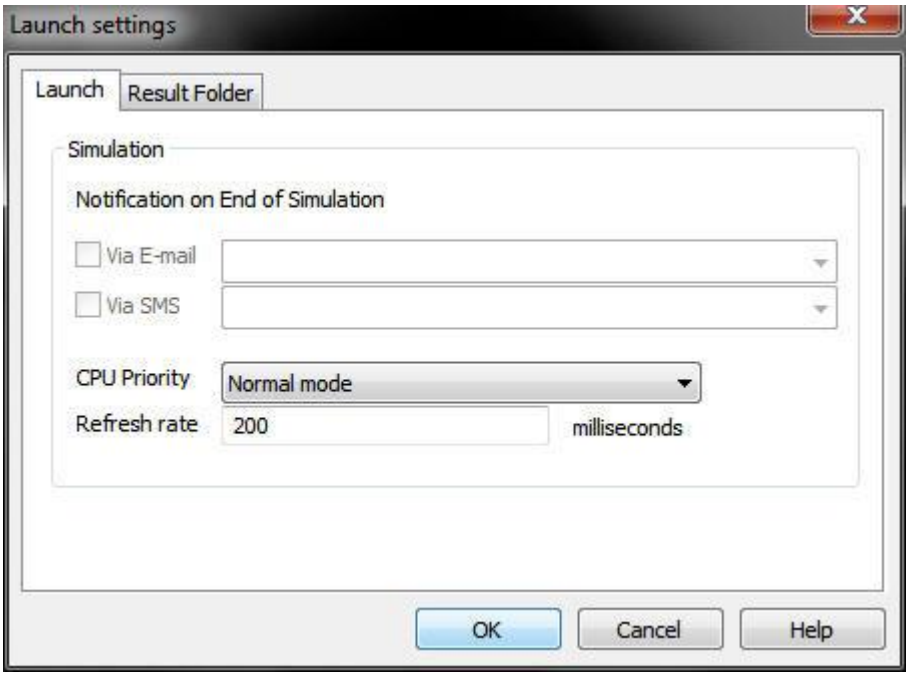
ภาพผนวกที่ จ 17 หน้าต่าง Save ก่อนการจำลองใน MIKE21

คลิกเมนู Run แล้วคลิกเลือกที่แถบ Start simulation…



ภาพผนวกที่ จ 18 เมนู Run

เมื่อคลิกเลือกที่แถบ Start simulation… จะปรากฏหน้าต่าง Launch settings ให้คลิกปุ่ม OK เพื่อทำการจำลอง



ภาพผนวกที่ จ 19 หน้าต่าง Launch settings