



## โครงการวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

การประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออก  
โดยใช้แบบจำลองแบบน้ำฝน - น้ำท่า แบบลัมพ์และแบบกึ่งกระจายตัว  
Runoff estimation for Eastern River Basins  
using lumped and semi-distributed rainfall-runoff models

โดย

นายณัฐกร ประเสริฐทองกร

นายพงศ์พล สุเมธีวรากร

นายภูรี อรุณศรี

โครงการวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปีการศึกษา 2562

ใบรับรองโครงการ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง

การประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออก  
โดยใช้แบบจำลองแบบน้ำฝน - น้ำท่า แบบลัมพ์และแบบกึ่งกระจายตัว  
Runoff estimation for Eastern River Basins  
using lumped and semi-distributed rainfall-runoff models

ผู้จัดทำโครงการ

นายณัฐกร	ประเสริฐทองกร
นายพงศ์พล	สุเมธีวรากร
นายภูรี	อรุณศรี

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

(ศ.ดร. นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์)

อาจารย์หัวหน้าภาค

(ผศ.ดร. วรณดี ไทยสยาม)

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินน้ำท่าสำหรับสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำภาคตะวันออก ด้วย FLEXL และ KU-FLEX-SD ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า แบบลัมพ์และแบบกึ่งกระจายตัว ตามลำดับ โดยทั้งสองแบบจำลองสามารถสอบเทียบแบบจำลองได้โดยอัตโนมัติด้วยกระบวนการ MOSCEM สำหรับสถานีวัดน้ำท่าที่ได้รับการคัดเลือกมีทั้งสิ้น 28 สถานี ซึ่งเป็นสถานีที่มีข้อมูลอย่างน้อย 50% ในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2544-2557 โดยสถานีวัดน้ำท่าเหล่านี้ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำปราจีนบุรี บางปะกง โตนเลสาป และชายฝั่งทะเลตะวันออก จำนวน 9, 3, 3 และ 13 สถานี ตามลำดับ ทั้งนี้ FLEXL ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับทุกสถานีวัดน้ำท่าที่ได้รับการคัดเลือก ในขณะที่ KU-FLEX-SD ถูกเลือกประยุกต์ใช้ใน 4 สถานี ที่มีการเชื่อมโยงกับสถานีวัดน้ำท่าอื่น ๆ ด้านเหนือน้ำ ซึ่งประกอบด้วยสถานีวัดน้ำท่า KGT.3 ในลุ่มน้ำปราจีนบุรี สถานี NY.3 ในลุ่มน้ำบางปะกง รวมทั้งสถานี Z.10 และ Z.14 ในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก อย่างไรก็ตาม ผลการสอบเทียบ KU-FLEX-SD จะได้ผลพลอยได้ของการประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ รวมทั้งที่สถานีวัดน้ำท่าอีกจำนวน 13 สถานี จากผลการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3, NY.3, Z.10 และ Z.14 พบว่า ทั้งสองแบบจำลองสามารถประเมินน้ำท่าด้วยความถูกต้องที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ผลพลอยได้ของการประเมินน้ำท่าโดย KU-FLEX-SD นั้น โดยส่วนใหญ่มีความถูกต้องน้อยกว่าผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง FLEXL โดยตรง ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากทั้งสองแบบจำลอง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) รายปีของแต่ละสถานีมีอิทธิพลมากต่อผลการประเมินน้ำท่า กล่าวคือ โดยปกติแล้ว FLEXL สามารถประเมินน้ำท่าด้วยความถูกต้องสูงสำหรับสถานีวัดน้ำท่าที่มีค่า C ในแต่ละปีใกล้เคียงกัน แต่ KU-FLEX-SD สามารถประเมินน้ำท่าด้วยความถูกต้องสูงสำหรับในกรณีที่สถานีวัดน้ำท่าด้านเหนือน้ำต้องมีค่า C ที่ใกล้เคียงกับสถานีด้านท้ายน้ำที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง นอกจากนั้นแล้ว ผลการศึกษาพบว่า สถานีวัดน้ำท่าหลายสถานีในภาคตะวันออกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกถูกการบริหารจัดการน้ำเป็นผลให้ FLEXL และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง KU-FLEX-SD ไม่สามารถประเมินน้ำท่าด้วยความถูกต้องที่สูงพอ ดังนั้น ก่อนการนำแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า จำเป็นต้องตรวจสอบว่าไม่มีการบริหารจัดการน้ำที่เด่นชัดซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อความถูกต้องของผลการประเมินน้ำท่าโดยแบบจำลอง

## Abstract

This study aims to estimate runoff at gauging stations located in Eastern Region using FLEXL and KU-FLEX-SD which are lumped and semi-distributed rainfall-runoff models, respectively. These models can be calibrated automatically using MOSCEM algorithm. Runoff data at 28 stations were chosen for this study using the criteria of at least 50% of data are available between 2001 and 2014. There are 9, 3, 3 and 13 stations located in Prachin Buri Basin, Bang Pakong Basin, Tonle Sap Basin and East Coast-Gulf Basin, respectively. FLEXL was applied to every selected station while KU-FLEX-SD was applied only at 4 stations comprising KGT.3, NY.3, Z10 and Z.14, which are connected to other upstream station. However, the calibration results of KU-FLEX-SD will provide runoff estimates at all sub-basins including at other 13 stations. The accuracy of runoff estimates calibrated at the station KGT.3, NY.3, Z10 and Z.14 using FLEXL and KU-FLEX-SD are very similar. However, the by products from KU-FLEX-SD are mostly not as accurate as runoff estimates provided by FLEXL. The results of runoff estimates using these 2 models show that annual runoff coefficient ( $c$ ) of each station has major influence on the result of runoff estimates. FLEXL can normally provide high accuracy of runoff estimates for the station with similar  $C$  values of each year. However, KU-FLEX-SD can produce high accuracy of runoff estimates once the upstream station has a similar  $C$  value compared to the calibrated station. Moreover, the results show that many runoff stations located in Eastern Region, especially at East Coast-Gulf Basin, have been regulated resulted in low accuracy of runoff estimates provided by FLEXL, and especially by KU-FLEX-SD. Therefore, runoff coefficient should be investigated before applying any rainfall-runoff model to confirm that there is insignificant of regulated flow occurring at any runoff station to be an obstacle to acquire high accuracy of runoff estimates.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ศ.ดร. นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ทรัพยากรต่าง ๆ ทั้งข้อมูล คำแนะนำ ข้อคิดเห็น เกี่ยวกับบทเรียนทั้งก่อนทำโครงการ ตลอดจนไปถึงการวางแผนทำโครงการ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงการรวมทั้งการอุทิศเวลาอันมีค่าในการแก้ไข จัดเตรียม ปรับปรุงรายงานผลการศึกษาให้มีความสมบูรณ์และถูกต้องตามมาตรฐาน

ขอขอบคุณ นายนายเชียรชาติ สุวงศ์ นายศรัณภัสร์ เอี่ยมอำไพ นายชัชณรงค์ โอภาไพบุรย์ และนายชาณูพิชัญ ก่าพรม นิสิตปริญญาเอกและปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำเกี่ยวกับโครงการทั้งด้านข้อมูลที่ใช้ คำแนะนำและข้อคิดเห็น เพื่อให้การดำเนินโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยให้กับคณะทำงานโดยผ่านทางศูนย์วิจัยการรับรู้ระยะไกลเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (Remote Sensing Research Centre for Water Resources Management; SENSWAT)

ความสำเร็จของโครงการวิศวกรรมทรัพยากรน้ำฉบับนี้ ขอมอบแก่บิดามารดาและครอบครัวที่คอยให้ความอุปถัมภ์ ช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจที่ดีแก่ผู้คณะทำงานตลอดมา จนสามารถสำเร็จการศึกษาเป็นบัณฑิตได้

คณะผู้จัดทำ

เมษายน 2563

## คำนำ

ปริมาณน้ำท่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากที่สุดองค์ประกอบหนึ่งของวัฏจักรทางอุทกวิทยา เนื่องจากปริมาณน้ำท่าเป็นปัจจัยที่แสดงศักยภาพของน้ำต้นทุนของระบบลุ่มน้ำที่พิจารณาและเป็นตัวบ่งชี้ปัญหาทั้งในด้านอุทกภัยและภัยแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนั้น หน่วยงานราชการที่มีหน้าที่รับผิดชอบด้านการบริหารจัดการน้ำจึงจำเป็นต้องติดตั้งสถานีตรวจวัด ณ จุดที่มีความสำคัญเพื่อใช้ตรวจสอบปริมาณน้ำท่า อย่างไรก็ตาม หน่วยงานราชการไม่สามารถตรวจวัดน้ำท่าได้ทุกตำแหน่งตามความต้องการของผู้ใช้งานได้เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณในการตรวจวัดปริมาณน้ำท่า ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีการพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ขึ้นมาเพื่อใช้ประเมินน้ำท่าตามจุดที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่นิยมใช้กันคือแบบจำลองประเภทลัมพ์ (Lumped Model) ซึ่งสามารถประเมินน้ำท่าได้เฉพาะที่สถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง ทำให้ไม่สามารถทราบข้อมูลน้ำท่า ณ จุดที่ต้องการพิจารณาทางด้านเหนือน้ำของสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบแบบจำลองได้ ดังนั้น เมื่อต้องการประเมินน้ำท่า ณ จุดใด ๆ ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดก็จำเป็นต้องใช้วิธีการประเมินพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยวิธีการทางอ้อม เช่น การใช้พารามิเตอร์ของแบบจำลองจากสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ใกล้เคียง หรือการใช้ความสัมพันธ์แบบลุ่มน้ำรวมระหว่างพารามิเตอร์ของแบบจำลองและลักษณะเฉพาะของพื้นที่ลุ่มน้ำของสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่โดยรอบ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ความถูกต้องของผลการประเมินน้ำท่าโดยวิธีการดังกล่าวย่อมมีอยู่อย่างจำกัด ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าแบบกึ่งกระจายตัว (Semi-Distributed Rainfall-Runoff Model) ขึ้นมาเพื่อก่อนประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำย่อย ๆ ของสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง อาทิเช่น แบบจำลอง URBS (Sriwongsitanon et al., 2019) และแบบจำลอง SWAT เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แบบจำลองเหล่านี้มีลักษณะเป็นแบบจำลองแบบ Black Box กล่าวคือ ไม่มีการแสดง Source Code ของแบบจำลอง ทำให้เป็นการยากในการพัฒนาแบบจำลองให้มีความถูกต้องมากขึ้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าว Sriwongsitanon et al. (2019) จึงได้ทำการพัฒนาแบบจำลอง FLEXL ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ประเภทลัมพ์ที่มี Source Code ในโปรแกรม MATLAB ให้เป็นแบบจำลองประเภทกึ่งกระจายตัวและเรียกชื่อว่าแบบจำลอง KU-FLEX-SD ทั้งนี้ Sriwongsitanon et al. (2019) พบว่า แบบจำลอง KU-FLEX-SD สามารถประเมินน้ำท่าได้ถูกต้องใกล้เคียงกับแบบจำลอง FLEXL ที่สถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD รวมทั้งลุ่มน้ำย่อยที่เป็นผลพลอยได้จากการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่าท้ายน้ำสุด

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จะได้นำแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD มาประยุกต์ใช้เพื่อ การประเมินน้ำท่ารายวันสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออก ซึ่งประกอบด้วย ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก และลุ่มน้ำโตนเลสาป เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการประเมินน้ำท่าของ แบบจำลองทั้ง 4 แบบจำลอง ว่าแบบจำลองแบบกึ่งกระจายตัวจะมีความสามารถในการประเมินน้ำท่าใน ระดับลุ่มน้ำย่อยได้ใกล้เคียงเทียบเท่ากับการประเมินน้ำท่าที่แต่ละสถานีวัดน้ำท่าโดยแบบจำลอง ประเภทลัมพ์หรือไม่ เพื่อสร้างความมั่นใจให้มีการนำแบบจำลอง KU-FLEX-SD ไปประยุกต์สำหรับ ลุ่มน้ำอื่น ๆ ในประเทศไทยได้ต่อไป

คณะผู้จัดทำ

เมษายน 2563

## สารบัญ

		หน้า
<b>บทที่ 1</b>	<b>บทนำ</b>	1
1.1	ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์	2
1.3	ขอบเขตการศึกษา	2
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2</b>	<b>สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	4
2.1	สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	4
	2.1.1 พื้นที่ศึกษา: ลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียง	4
	2.1.2 สภาพภูมิอากาศ	9
2.2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	15
	2.2.1 การเฉลี่ยข้อมูลฝนเชิงพื้นที่	15
	2.2.2 การคายระเหยของพืชอ้างอิง	15
	2.2.3. แบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำท่าแบบลัมพ์ (FLEXL)	17
	1) การเก็บกักในชั้นหิมะ (Snow reservoir)	19
	2) การเก็บกักโดยกระบวนการ Interception (Interception reservoir)	19
	3) การเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Root zone reservoir)	20
	4) การเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว (Fast Respond reservoir)	22
	5) การเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า (Slow Reacting reservoir)	24
	2.2.4 การพัฒนาคั่นคว่ำของแบบจำลอง FLEX ในรูปแบบกึ่งกระจายตัว (FLEX-SD)	26
	2.2.5 Kling-Gupta Efficiency (KGE)	27
	2.2.6 Nash-Sutcliffe's Efficiency (NSE)	28



## สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
<b>บทที่ 3</b>	<b>ขั้นตอนและวิธีการศึกษา</b>	29
3.1	รวบรวมข้อมูล	30
	3.1.1 ข้อมูลความลึกฝน	30
	3.1.2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่า	30
	3.1.3 ข้อมูลการคายระเหย	36
3.2	วิเคราะห์ความลึกฝนเชิงพื้นที่แบบรายวันของแต่ละลุ่มน้ำย่อย	36
3.3	วิเคราะห์การคายระเหยแบบรายวันของแต่ละลุ่มน้ำย่อย	36
3.4	ใช้โปรแกรม ArcGIS โดยแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาในแต่ละสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้ เพื่อการสอบเทียบแบบจำลอง	39
	3.4.1 การใช้โปรแกรม ArcGIS 9.3 เพื่อการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในภาคตะวันออกเฉียง	39
3.5	สอบเทียบแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD ที่สถานีวัดน้ำท่าของลุ่มน้ำ ในภาคตะวันออกเฉียง	42
	3.5.1 สอบเทียบแบบจำลอง FLEXL	42
	3.5.2 สอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD	42
<b>บทที่ 4</b>	<b>ผลการศึกษา</b>	43
4.1	ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD โดยการสอบเทียบ แบบจำลองด้วยโปรแกรม MOSCEM	43
4.2	ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าซึ่งส่งผลกระทบต่อผลการสอบเทียบ แบบจำลอง	52
<b>บทที่ 5</b>	<b>สรุปผลการศึกษา</b>	60
<b>ภาคผนวก</b>		63

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออก	6
รูปที่ 2.2 ทิศทางของลมมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย	12
รูปที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของความลึกฝน การระเหยจากผิวดิน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิเฉลี่ยของสถานีตรวจอากาศในกลุ่มน้ำภาคตะวันออกจำนวน 15 สถานี	14
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของแบบจำลอง FLEXL	17
รูปที่ 3.1 สถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในกลุ่มน้ำภาคตะวันออกที่ใช้ในการศึกษา	35
รูปที่ 3.2 กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำภาคตะวันออก	40
รูปที่ 4.1 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.3 (ข)	45
รูปที่ 4.2 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า NY.3 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี NY.3 (ข)	46
รูปที่ 4.3 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.10 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.10 (ข)	47
รูปที่ 4.4 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.14 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.14 (ข)	48
รูปที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำปราจีนบุรี	57
รูปที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำบางปะกง	57
รูปที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำโตนเลสาป	58
รูปที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่า Z.14	58
รูปที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่า Z.10	59
รูปที่ 4.10 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกไม่มีการไหลต่อเนื่องกันระหว่างสถานี	59







## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 กลุ่มน้ำหลักและกลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออก	7
ตารางที่ 2.2 อาณาเขตติดต่อของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออก รวมทั้งจังหวัดที่ครอบคลุม และลำน้ำสายสำคัญ	8
ตารางที่ 2.3 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายปีของแต่ละสถานีในภาคตะวันออก	13
ตารางที่ 2.4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนและรายปีรวมทั้งค่าเฉลี่ยในฤดูฝนและฤดูแล้งของตัวแปรภูมิอากาศ ที่สำคัญที่วัดได้ที่สถานีตรวจอากาศจำนวน 15 สถานี ในภาคตะวันออก	14
ตารางที่ 2.5 สมการในการคำนวณและสมการสมมูลน้ำของแบบจำลอง FLEXL	18
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าของกลุ่มน้ำภาคตะวันออก	31
ตารางที่ 3.2 สถิติข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำภาคตะวันออก	34
ตารางที่ 3.3 ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำท่า 28 สถานีที่ใช้เพื่อการประยุกต์ แบบจำลอง FLEXL	37
ตารางที่ 3.4 การคายระเหยเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำท่า 28 สถานีที่ใช้เพื่อ การประยุกต์แบบจำลอง FLEXL	38
ตารางที่ 3.5 ผลการแบ่งกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออก	41
ตารางที่ 3.6 สถานีวัดน้ำท่าด้านท้ายน้ำที่ใช้สอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD และสถานีวัดน้ำท่า ด้านเหนือน้ำของสถานีวัดน้ำท่าเหล่านั้น	42
ตารางที่ 4.1 ชุดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD ที่ได้จากการสอบเทียบ แบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่าในภาคตะวันออก	44
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าทางสถิติของผลการประเมินน้ำท่าจากการสอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD ที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3, NY.3, Z.10 และ Z.14	50
ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าทางสถิติของผลการประเมินน้ำท่าจากการสอบเทียบแบบจำลอง FLEXL และที่เป็นผลพลอยได้จากแบบจำลอง KU-FLEX-SD ที่สถานีวัดน้ำท่า จำนวน 13 สถานีในภาคตะวันออก	51
ตารางที่ 4.4 ค่าทางสถิติของผลการประเมินน้ำท่าที่ดำเนินการโดยแบบจำลอง FLEXL ที่สถานีวัดน้ำท่าในภาคตะวันออก	52

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปริมาณน้ำท่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากที่สุดองค์ประกอบหนึ่งของวัฏจักรทางอุทกวิทยา เนื่องจากปริมาณน้ำท่าเป็นปัจจัยที่แสดงศักยภาพของน้ำต้นทุนของระบบลุ่มน้ำที่พิจารณาและเป็นตัวบ่งชี้ปัญหาทั้งในด้านอุทกภัยและภัยแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำ แต่เนื่องจากหน่วยงานราชการไม่สามารถตรวจวัดได้ทุกตำแหน่ง ทุกเวลาที่ต้องการ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีการพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าขึ้นมาเพื่อใช้ประเมินน้ำท่าตามจุดที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ที่นิยมใช้กันคือแบบจำลองประเภทลัมพ์ (Lumped Model) ซึ่งสามารถประเมินน้ำท่าได้เฉพาะที่สถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง ทำให้ไม่สามารถทราบข้อมูลน้ำท่า ณ จุดที่ต้องการพิจารณาทางด้านเหนือ น้ำของสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบแบบจำลองได้ ดังนั้น เมื่อต้องการประเมินน้ำท่า ณ จุดใด ๆ ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดก็จำเป็นต้องใช้วิธีการประเมินพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยวิธีการทางอ้อม อย่างไรก็ตาม ความถูกต้องของผลการประเมินน้ำท่าโดยวิธีการดังกล่าวย่อมมีอยู่อย่างจำกัด ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า แบบกึ่งกระจายตัว (Semi-Distributed Rainfall-Runoff Model) ขึ้นมาเพื่อก่อนประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำย่อย ๆ ของสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จะได้นำแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD มาประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินน้ำท่ารายวันสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก และลุ่มน้ำโตนเลสาป เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการประเมินน้ำท่าของแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลอง ว่าแบบจำลองแบบกึ่งกระจายตัวจะมีความสามารถในการประเมินน้ำท่าในระดับลุ่มน้ำย่อยได้ใกล้เคียงเทียบเท่ากับการประเมินน้ำท่าที่แต่ละสถานีวัดน้ำท่าโดยแบบจำลองประเภทลัมพ์หรือไม่ เพื่อสร้างความมั่นใจให้มีการนำแบบจำลอง KU-FLEX-SD ไปประยุกต์ใช้สำหรับลุ่มน้ำอื่น ๆ ในประเทศไทยได้ต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

โครงการเรื่อง “การประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยใช้แบบจำลองแบบน้ำฝน-น้ำท่า แบบลัมพ์และแบบกึ่งกระจายตัว” มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้

(1) เพื่อการประเมินน้ำท่ารายวันสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง FLEXL และ FLEX-TOPO ซึ่งเป็นแบบจำลองแบบลัมพ์ รวมทั้งแบบจำลอง KU-FLEX-SD และ KU-FLEX-TOPO-SD ซึ่งเป็นแบบจำลองแบบกึ่งกระจายตัว

(2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการประเมินน้ำท่ารายวันสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยแบบจำลอง FLEXL และ FLEX-SD

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

โครงการเรื่อง “การประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยใช้แบบจำลองแบบน้ำฝน-น้ำท่า แบบลัมพ์และแบบกึ่งกระจายตัว” มีขอบเขตของการศึกษาดังนี้

(1) พื้นที่ศึกษาคือพื้นที่ลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยซึ่งประกอบด้วยลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงเหนือ และ ลุ่มน้ำโตนเลสาป

(2) การประเมินน้ำท่ารายวันสำหรับสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะดำเนินการโดยใช้แบบจำลอง FLEXL ซึ่งเป็นแบบจำลองแบบลัมพ์ รวมทั้งแบบจำลอง KU-FLEX-SD ซึ่งเป็นแบบจำลองแบบกึ่งกระจายตัว

(3) ข้อมูลความลึกฝนรายวันที่ใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลองจะใช้ข้อมูลความลึกฝนรายวันแบบกริดที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้วจากผลงานวิจัยที่ดำเนินโดย Sriwongsitanon et al. (2019)

(4) ข้อมูลการคายระเหยของพืชอ้างอิงรายวันที่ใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลองจะใช้ข้อมูลการคายระเหยแบบกริดที่คำนวณจากสูตร Penman Monteith โดยใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาแบบรายวันที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลด้านเข้า โดยเป็นผลที่ได้จากผลงานวิจัยที่ดำเนินโดยนุชนารถและคณะ (2018)



(5) ข้อมูลน้ำท่ารายวันที่ใช้เพื่อการสอบเทียบแบบจำลองจะเลือกจากสถานีวัดน้ำท่าในภาคตะวันออกเฉียงใต้ที่ได้รับผลกระทบจากโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่

(6) การสอบเทียบแบบจำลองเพื่อหาชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแบบจำลองจะกระทำโดยอัตโนมัติด้วยโปรแกรม MOSCEM ซึ่งเชื่อมต่อกับแบบจำลองที่นำมาประยุกต์ใช้ที่ดำเนินการบนโปรแกรม MATLAB

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ทราบประสิทธิภาพของแบบจำลอง KU-FLEX-SD ในการประเมินน้ำท่ารายวัน ณ สถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง รวมทั้งการประเมินน้ำท่าในระดับลุ่มน้ำย่อยที่เป็นผลพลอยได้จากการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง เพื่อการสร้างความเชื่อมั่นในการนำแบบจำลอง KU-FLEX-SD ไปประยุกต์ใช้สำหรับลุ่มน้ำอื่น ๆ ในประเทศไทย

(2) สร้างองค์ความรู้และนักวิจัยรุ่นใหม่ที่มีความรู้และความเข้าใจที่ลึกซึ้งในการใช้งานแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ทั้งแบบลัมพ์และแบบกึ่งกระจายตัว เพื่อให้สามารถสร้างสรรค์งานที่มีคุณภาพต่อไปในอนาคตเพื่อการพัฒนาตนเองและวงการวิศวกรรมทรัพยากรน้ำของประเทศไทย

## บทที่ 2

### สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

##### 2.1.1 พื้นที่ศึกษา: กลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียง

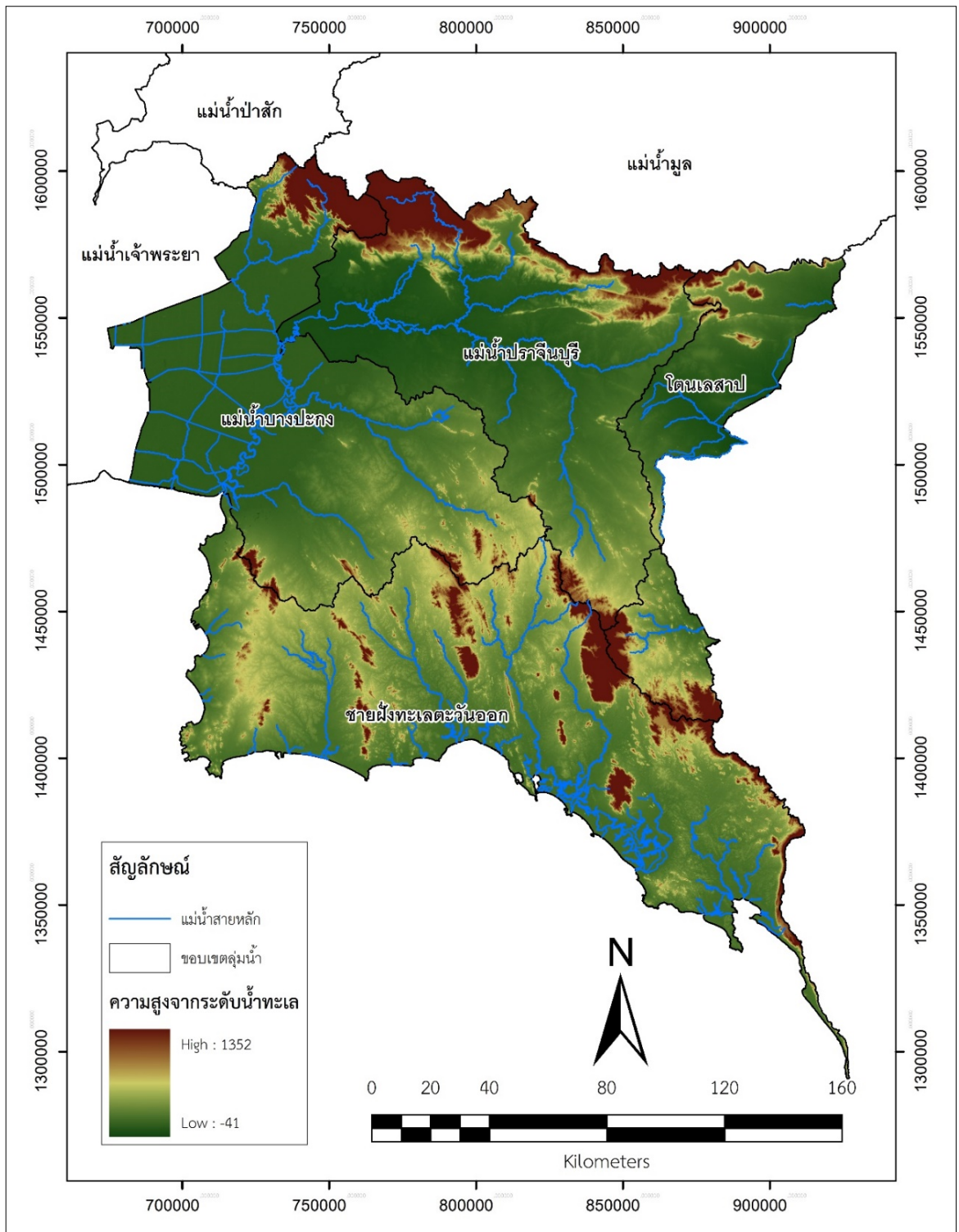
กลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียง ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำรวม 10,393 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสูงสลับกับภูเขาลูกเตี้ยดังแสดงในรูปที่ 2.1 กลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงมีชายฝั่งทะเลที่เรียบยาวและโค้งเว้า มีทิวเขาจันทบุรีอยู่ทางด้านชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงและทอดตัวไปทางด้านทิศตะวันตกจรดกับทิวเขาบรรทัด ซึ่งเป็นทิวเขาที่เป็นเส้นแบ่งเขตแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศกัมพูชา กลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงมีแม่น้ำสายสำคัญหลายสายที่ไหลลงสู่อ่าวไทย ได้แก่ แม่น้ำระยอง แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำประแสร์ แม่น้ำตราด แม่น้ำบางปะกง เป็นต้น กลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงประกอบด้วย 4 กลุ่มน้ำหลัก คือ กลุ่มน้ำปราจีนบุรี กลุ่มน้ำบางปะกง กลุ่มน้ำโดนเลสาบ และกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียง และประกอบด้วย 17 กลุ่มน้ำสาขา ดังแสดงในตารางที่ 2.1 สำหรับอาณาเขตติดต่อของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงรวมทั้งจังหวัดที่ครอบคลุมและลำน้ำสายสำคัญแสดงดังในตารางที่ 2.2 ทั้งนี้ลักษณะภูมิประเทศทางกายภาพของแต่ละกลุ่มน้ำหลักในภาคตะวันออกเฉียงสรุปได้ดังนี้ (กรมทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2559)

1) กลุ่มน้ำปราจีนบุรี ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 9,672 ตารางกิโลเมตร และประกอบด้วย 4 กลุ่มน้ำสาขา คือ คลองพระสะทึง แม่น้ำพระปรัง แม่น้ำหนุมาน และแม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง นั้น มีลักษณะลุ่มน้ำวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียง-ตะวันตก โดยพื้นที่ต้นน้ำซึ่งมีต้นกำเนิดจากทิวเขาสันกำแพงที่อยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ลุ่มน้ำทางตอนใต้มีเนินเขา เขาเตี้ย และมีเทือกเขาติดต่อกันไม่ยาวมาก นอกจากนี้ กลุ่มน้ำปราจีนบุรีมีพื้นที่ราบลุ่มระหว่างแม่น้ำ และพื้นที่ราบด้านตะวันตกของกลุ่มน้ำ

2) กลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 10,701 ตารางกิโลเมตร และประกอบด้วย 4 กลุ่มน้ำสาขา คือ แม่น้ำนครนายก คลองท่าลาดคลองหลวง และที่ราบแม่น้ำบางปะกง นั้น มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบโดยทางทิศเหนือมีเทือกเขาสูงซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำนครนายก ส่วนทางตอนใต้และทางตะวันออกเฉียงใต้ของกลุ่มน้ำมีเทือกเขาซึ่งเป็นแนวแบ่งเขตระหว่างจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา และจังหวัดจันทบุรี โดยแม่น้ำนครนายกมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงมาทางทิศใต้

3) กลุ่มน้ำโตนเลสาป ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 4,086 ตารางกิโลเมตร และประกอบด้วย 3 กลุ่มน้ำสาขา คือ โตนเลสาปตอนบน ห้วยพรมโหด และโตนเลสาปตอนล่าง นั้น มีลักษณะวางตัวทอดยาวจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาและพื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำ คือ แนวเทือกเขาบรรทัด ซึ่งกั้นเขตพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดปราจีนบุรี โดยพื้นที่ดังกล่าวเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำต่าง ๆ หลายสายสำหรับพื้นที่ตอนกลางเป็นที่ราบที่ลาดเทลงจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก และพื้นที่ทางตอนใต้ในเขตอำเภอโป่งน้ำร้อนมีสภาพเป็นภูเขาสูง

4) กลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 13,093 ตารางกิโลเมตร และประกอบด้วย 6 กลุ่มน้ำสาขา คือชายฝั่งทะเลตะวันออก แม่น้ำเมืองตราด แม่น้ำจันทบุรี คลองโตนด แม่น้ำประแสร์ และคลองใหญ่ นั้น ส่วนใหญ่เป็นแนวเทือกเขาที่ทอดตัวอยู่ตามแนวเหนือ-ใต้ สลับกับที่ราบและมีแนวเขาทอดยาวตลอดแนวทาง ฝั่งตะวันออกของกลุ่มน้ำจากตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำลงมาเป็นที่ราบชายฝั่งทะเลแคบ ๆ บางช่วงชายฝั่งทะเลมีลักษณะเว้าแหว่งบริเวณปากแม่น้ำและป่าชายเลน และบางแห่งเป็นหาดทรายสวยงาม



รูปที่ 2.1 สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำในภาคตะวันออก

ตารางที่ 2.1 กลุ่มน้ำหลักและกลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออก

กลุ่มน้ำหลัก	กลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่กลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
กลุ่มน้ำปราจีนบุรี	คลองพระสะทึง	2,639.98
	แม่น้ำพระปรัง	2,699.94
	แม่น้ำหนุมาน	2,145.81
	แม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง	2,186.35
	<b>พื้นที่รวม</b>	<b>9,672</b>
กลุ่มน้ำบางปะกง	แม่น้ำนครนายก	1,773.40
	คลองท่าลาด	2,930.22
	คลองหลวง	825.20
	ที่ราบแม่น้ำบางปะกง	5,171.90
	<b>พื้นที่รวม</b>	<b>10,701</b>
กลุ่มน้ำโตนเลสาป	โตนเลสาปตอนบน	1,613.74
	ห้วยพรมโหด	932.93
	โตนเลสาปตอนล่าง	1,539.25
	<b>พื้นที่รวม</b>	<b>4,086</b>
กลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	4,416.62
	แม่น้ำเมืองตราด	1,558.70
	แม่น้ำจันทบุรี	1,593.59
	คลองโตนด	1,656.42
	แม่น้ำประแสร์	2,137.75
	คลองใหญ่	1,729.98
	<b>พื้นที่รวม</b>	<b>13,093</b>

ตารางที่ 2.2 อาณาเขตติดต่อของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งจังหวัดที่ครอบคลุมและลำน้ำสายสำคัญ

ลุ่มน้ำหลัก	จังหวัดที่ครอบคลุม	ลำน้ำสายสำคัญ	อาณาเขตติดต่อ			
			ทิศเหนือ	ทิศใต้	ทิศตะวันออก	ทิศตะวันตก
ปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	แม่น้ำปราจีนบุรี คลองพระสะทึง คลองพระปรัง แม่น้ำหนุมาน	ลุ่มน้ำมูล	ลุ่มน้ำบางปะกง	ลุ่มน้ำโตนเลสาป	ลุ่มน้ำบางปะกง
	สระแก้ว					
	จันทบุรี					
	ฉะเชิงเทรา					
	นครนายก					
	นครราชสีมา					
บางปะกง	กรุงเทพมหานคร	แม่น้ำนครนายก คลองใหญ่ คลองหลวง คลองท่าลาด	ลุ่มน้ำมูล	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา อ่าวไทย
	จันทบุรี					
	ฉะเชิงเทรา					
	ชลบุรี					
	นครนายก					
	นครราชสีมา					
	ปทุมธานี					
	ปราจีนบุรี					
	สมุทรปราการ					
	สระแก้ว					
สระบุรี						
โตนเลสาป	บุรีรัมย์	ห้วยลำสะโดน ห้วยยาง	ลุ่มน้ำมูล	ลุ่มน้ำโตนเลสาป	ประเทศกัมพูชา	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี
	สระแก้ว	ห้วยพรมโหด				
	จันทบุรี	คลองแฝง				
	ตราด	คลองทรายขาว คลองโป่งน้ำร้อน				
ชายฝั่งทะเลตะวันออก	ชลบุรี	แม่น้ำประแสร์ คลองใหญ่ คลองวังโตนด แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำตราด	ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำโตนเลสาป	อ่าวไทย	ประเทศกัมพูชา	อ่าวไทย
	ระยอง					
	จันทบุรี					
	ฉะเชิงเทรา					
	สระแก้ว					
ตราด						

## 2.1.2 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้รับอิทธิพลมาจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะเกิดขึ้นระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน โดยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณมหาสมุทรอินเดียซึ่งมีความกดอากาศสูง จึงพัดพามวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนตกชุกโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลและเทือกเขาด้านรับลมจะมีฝนมากกว่าบริเวณอื่น ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าลุ่มน้ำของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ที่เป็นชายฝั่งทะเลและเทือกเขาด้านรับลม จึงทำให้ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงเหนือและลุ่มน้ำโตนเลสาบตอนล่างมีฝนตกหนัก ในส่วนของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะพัดผ่านช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ โดยลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีแหล่งกำเนิดมาจากบริเวณประเทศมองโกเลียและจีน ซึ่งมีความกดอากาศสูงจึงพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งเข้ามาปกคลุมประเทศไทย มีผลทำให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศเย็นและแห้งแล้ง นอกจากนั้นแล้ว พื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงใต้ได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนในช่วงเดือนตุลาคมและร่องความกดอากาศต่ำในเดือนพฤษภาคมเป็นผลให้ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้มีปริมาณฝนมากกว่าลุ่มน้ำหลักอื่น ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงใต้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 สำหรับสภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาลสรุปได้ดังนี้ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556)

1) ฤดูร้อน เกิดขึ้นระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม โดยมีสภาพอากาศร้อนอบอ้าว แต่บางครั้งอาจมีพายุฝนฟ้าคะนองเกิดขึ้นเนื่องจากมีมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมประเทศไทย โดยพายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้มักเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าพายุฤดูร้อน

2) ฤดูฝน เกิดขึ้นระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมเมื่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ปกคลุมประเทศไทย และร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนตกชุกซึ่งร่องความกดอากาศต่ำนี้ปกติจะพาดผ่านภาคใต้ในเดือนพฤษภาคม แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปทางเหนือตามลำดับจนถึงช่วงประมาณปลายเดือนมิถุนายน จะพาดผ่านอยู่บริเวณประเทศจีนตอนใต้ ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงระยะหนึ่งเรียกว่า ฝนทิ้งช่วง ซึ่งอาจนานประมาณ 1-2 สัปดาห์ โดยในเดือนกรกฎาคมจะกลับมามีฝนตกชุกต่อเนื่อง เนื่องจากร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับลงมาทางใต้ผ่านบริเวณประเทศไทยอีกครั้ง

3) ฤดูหนาว เกิดขึ้นระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย ในช่วงกลางเดือนตุลาคมจะเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝน

เป็นฤดูหนาว ทำให้อากาศแปรปรวนและเริ่มมีอากาศเย็นโดยเฉพาะบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเริ่มมีอากาศเย็นช้ากว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นกลุ่มน้ำที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดรายปีเฉลี่ยและ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ไม่มากเมื่อเทียบกับกลุ่มน้ำในภาคอื่น ๆ กล่าวคือ ในช่วงฤดูร้อนก็จะมีอากาศร้อน เหมือนกลุ่มน้ำในภาคอื่น และในช่วงฤดูหนาวจะมีอากาศไม่หนาวมาก

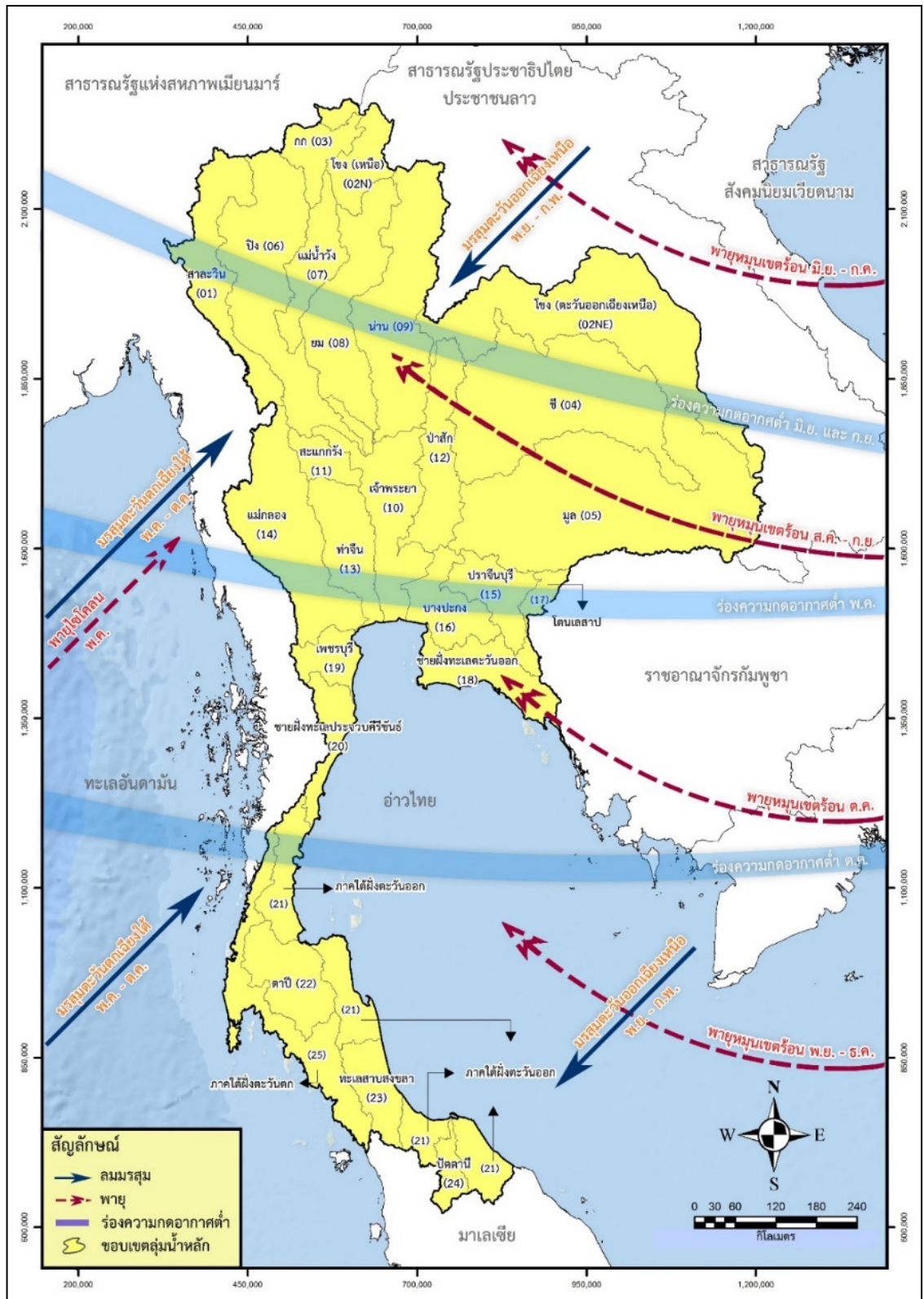
ในการศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมตัวแปรภูมิอากาศจำนวน 15 สถานี ที่ตั้งอยู่ในกลุ่มน้ำใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 30 ปี ระหว่างปีพ.ศ. 2528 ถึง 2557 ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความครึ้มเมฆ ความเร็วลม การระเหยจากผิวดิน การระเหย ชั่วโมงแสงแดด และความลึกฝน โดยได้แสดงค่าเฉลี่ยรายปีของตัวแปรภูมิอากาศดังกล่าวใน **ตารางที่ 2.3** จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของทั้ง 15 สถานี มีค่าเท่ากับ 1,836 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4,865 มิลลิเมตร ซึ่งตรวจวัดที่สถานีตรวจอากาศในจังหวัด ตราด และมีค่าต่ำสุด 1,106 มิลลิเมตร ซึ่งตรวจวัดที่สถานีตรวจอากาศที่เมืองพัทยา สำหรับใน ส่วนของการระเหยจากผิวดินการระเหยพบว่า การระเหยจากผิวดินการระเหยเฉลี่ยรายปีของทั้ง 15 สถานี มีค่าเท่ากับ 1,591 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,769 มิลลิเมตร ซึ่งตรวจวัดที่สถานี ตรวจอากาศชลบุรี และมีค่าต่ำสุด 1,343 มิลลิเมตร ซึ่งตรวจวัดที่สถานีตรวจอากาศคลองพลีว จังหวัดจันทบุรี ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยรายปีของทั้ง 15 สถานี เท่ากับ 76.81 % โดยมี ค่าสูงสุดเท่ากับ 82.1 % ซึ่งตรวจวัดที่สถานีตรวจอากาศคลองพลีว และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 72.1 % ซึ่งตรวจวัดที่สถานีตรวจอากาศชลบุรี และสำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของทั้ง 15 สถานี มีค่าเท่ากับ 27.89 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 28.8 องศาเซลเซียส ซึ่งตรวจวัดที่สถานีตรวจอากาศ แหลมฉบัง และมีค่าต่ำสุด 27.0 องศาเซลเซียส ซึ่งตรวจวัดที่สถานีตรวจอากาศฉะเชิงเทรา

นอกจากนั้นแล้ว ได้แสดงค่าเฉลี่ยรายเดือนและรายปี รวมทั้งค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญที่วัดได้ที่สถานีตรวจวัดจำนวน 15 สถานี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังใน **ตารางที่ 2.4** ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความลึกฝนเฉลี่ยของทุกสถานีมีค่าเท่ากับ 1,836 มิลลิเมตร โดยมีค่าในฤดูฝน (เท่ากับ 1560.4 และ 275.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็น 85.0 % และ 15.0 % ของความเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) และฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน) ลึกฝนทั้ง ปีตามลำดับ

เพื่อให้เห็นความแตกต่างของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงได้ แสดงการแจกแจงค่าเฉลี่ยรายเดือนของความลึกฝน การคายระเหยจากผิวดินการระเหย



ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิเฉลี่ย ของทั้ง 15 สถานี ดังในรูปที่ 2.3 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความลึกฝนเฉลี่ยสูงสุดของทั้ง 15 สถานี เท่ากับ 333.4 มิลลิเมตร โดยเกิดขึ้นในเดือนต่ำสุดเท่ากับ 7.8 มิลลิเมตร ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนธันวาคม โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.9 มิลลิเมตร ซึ่งตรวจวัดได้กันยายน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 731.5 มิลลิเมตร ซึ่งตรวจวัดได้ที่สถานีตรวจวัดตราด และมีค่าเฉลี่ยที่สถานีตรวจวัดปราจีนบุรี สำหรับการระเหยจากผิวดินการระเหยเฉลี่ยสูงสุดของทั้ง 15 สถานี เท่ากับ 157.0 มิลลิเมตร โดยเกิดขึ้นในเดือนมีนาคม โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 175.4 มิลลิเมตร ซึ่งตรวจวัดได้ที่สถานีตรวจวัดกบินทร์บุรี และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 110.4 มิลลิเมตร ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนกันยายน โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 87.0 มิลลิเมตร ซึ่งตรวจวัดได้ที่สถานีตรวจวัดคลองพลิว จังหวัดจันทบุรี สำหรับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดของทั้ง 15 สถานี เท่ากับ 83.5 % โดยเกิดขึ้นในเดือนกันยายน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 78.0 % ซึ่งตรวจวัดได้ที่สถานีตรวจวัดปราจีนบุรี ชลบุรี และแหลมฉบัง และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 67.6 % ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนธันวาคม โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 62.0 % ซึ่งตรวจวัดได้ที่สถานีตรวจวัดปราจีนบุรี และแหลมฉบัง และสำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของทั้ง 15 สถานี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 29.5 องศาเซลเซียส โดยเกิดขึ้นในเดือนเมษายน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 30.3 องศาเซลเซียส ซึ่งตรวจวัดได้ที่สถานีตรวจวัดชลบุรี และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 26.1 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดขึ้นในเดือนธันวาคม โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 24.9 องศาเซลเซียส ซึ่งตรวจวัดได้ที่สถานีตรวจวัด ฉะเชิงเทรา



รูปที่ 2.2 ทิศทางของลมมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทย

ที่มา: นุชนารถและคณะ, 2559

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายปีของแต่ละสถานีในภาคตะวันออกเฉียง

ลำดับ	ชื่อสถานี	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)			ความชื้นสัมพัทธ์	ความครึ้มเมฆ	ความเร็วลม	การระเหยจากผิวดิน	ชั่วโมงแสงแดด	ความลึกฝน
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	(%)	(เดคา)	(นอต)	(มิลลิเมตร)	(ชั่วโมง/วัน)	(มิลลิเมตร)
1	ฉะเชิงเทรา	33.3	23.0	27.0	79.1	6.7	1.2	1,736	6.2	1,388
2	ปราจีนบุรี	34.0	24.0	28.3	73.9	5.7	1.4	1,666	-	1,834
3	กบินทร์บุรี	33.8	23.4	27.8	76.8	5.7	1.2	1,658	-	1,556
4	อรัญประเทศ	33.7	23.7	28.0	73.7	5.6	1.8	1,637	-	1,359
5	สระแก้ว	33.4	23.5	27.5	78.5	5.1	1.4	1,543	-	1,477
6	ชลบุรี	33.4	25.0	28.7	72.1	5.2	2.1	1,769	-	1,292
7	เกาะสีชัง	31.4	25.3	28.3	76.3	5.9	3.5	-	6.8	1,193
8	พัทธยา	31.4	25.1	27.8	77.0	5.9	4.7	1,707	6.1	1,106
9	สัตหีบ	32.9	24.2	28.1	76.3	6.9	4.5	-	-	1,278
10	แหลมฉบัง	32.0	24.3	28.8	72.8	6.9	7.3	-	-	1,133
11	ระยอง	32.6	25.1	28.3	77.4	5.9	3.2	1,674	6.4	1,402
12	ห้วยโป่ง	32.8	24.5	27.9	77.1	6.3	1.0	1,437	5.9	1,447
13	จันทบุรี	32.3	24.0	27.5	78.3	6.7	1.5	1,500	6.0	2,955
14	คลองพลิว	32.0	23.6	27.1	82.1	6.0	1.4	1,343	5.4	3,255
15	ตราด	31.7	23.6	27.3	80.8	6.3	2.2	1,426	-	4,865
	<b>เฉลี่ยรายปี</b>	<b>32.71</b>	<b>24.15</b>	<b>27.89</b>	<b>76.81</b>	<b>6.05</b>	<b>2.56</b>	<b>1,591</b>	<b>6.11</b>	<b>1,836</b>

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556

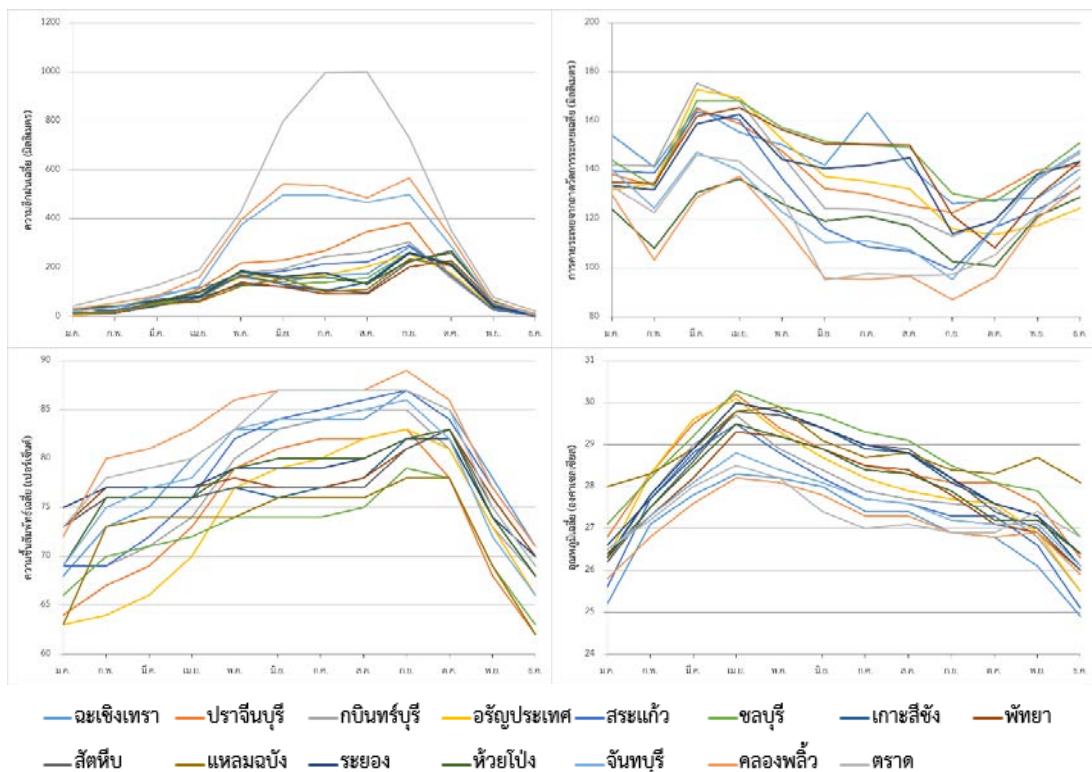
ตารางที่ 2.4 ค่าเฉลี่ยรายเดือนและรายปีรวมทั้งค่าเฉลี่ยในฤดูฝนและฤดูแล้งของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญที่วัดได้ที่สถานีตรวจอากาศจำนวน 15 สถานี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ตัวแปรภูมิอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	Annual
ความลึกฝน (มิลลิเมตร)	20.5	31.1	65.6	103.5	213.1	249.8	266.6	269.6	333.4	227.9	47.1	7.8	1,560.4 (85%)	275.6 (15%)	1,836
การระเหยจากภาค (มิลลิเมตร)	137.2	129.0	157.0	155.5	140.6	126.3	127.5	124.1	110.4	115.1	129.3	128.9	744.0 (47%)	836.9 (53%)	1,590
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	69.3	73.3	74.5	76.1	79.4	80.5	80.9	81.5	83.5	82.1	73.6	67.6	80.3	73.4	76.81
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.39	27.65	28.63	29.45	29.11	28.69	28.23	28.13	27.71	27.43	27.18	26.13	27.9	27.9	27.89

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556

หมายเหตุ: ช่วงฤดูฝนเริ่มต้นที่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม

ช่วงฤดูแล้งเริ่มต้นเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน



รูปที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยรายเดือนของความลึกฝน การระเหยจากภาค ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิเฉลี่ยของสถานีตรวจอากาศในกลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 15 สถานี

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.2.1 การเฉลี่ยข้อมูลฝนเชิงพื้นที่

ข้อมูลฝนจะถูกนำมาใส่เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD สำหรับการศึกษานี้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลฝนเชิงพื้นที่ใช้จะต้องเป็นข้อมูลฝนที่ถูกเฉลี่ยเชิงพื้นที่จากข้อมูลฝนตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำฝน ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการเฉลี่ยข้อมูลฝนเชิงพื้นที่โดยใช้วิธีเพื่อประเมินส่วนกลับของระยะทางยกกำลังสอง (Inverse Distance Squared, IDS) ซึ่งเป็นการเฉลี่ยข้อมูลฝนจากสถานีเข้าสู่จุดศูนย์กลาง (Centroid) ของลุ่มน้ำที่พิจารณา โดยสูตรที่ใช้คำนวณแสดงดังในสมการที่ (1) และ (2) (นุชนารถและคณะ, 2559)

$$W_i = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}} \quad (1)$$

$$P = \sum_{i=1}^n p_i \times W_i \quad (2)$$

- โดยที่  $W_i$  คือ ค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับสถานีวัดน้ำฝน  $i$   
 $d_i$  คือ ระยะทางระหว่างสถานีวัดน้ำฝนถึงจุดศูนย์กลางของลุ่มน้ำ  $i$  ที่พิจารณา  
 $n$  คือ จำนวนสถานีวัดน้ำฝน  
 $P$  คือ ความลึกฝนเชิงพื้นที่  
 $p_i$  คือ ความลึกฝนที่สถานีวัดน้ำฝน  $i$

### 2.2.2 การคายระเหยของพืชอ้างอิง

การคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ETo) จะถูกนำมาใช้เพื่อเป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD สำหรับการศึกษานี้ ทั้งนี้ การคายระเหยของพืชอ้างอิงเป็นการคำนวณหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีพืชปกคลุมอย่างทั่วถึง โดยที่ดินจะต้องมีความชื้นอยู่เพียงพอต่อความต้องการของพืชตลอดเวลา และพื้นที่เพาะปลูกนั้นต้องมีบริเวณกว้างใหญ่เพียงพอที่จะไม่ทำให้การคายระเหยของพืชถูกผลกระทบจากอิทธิพลภายนอกมากนัก เช่น การพัดของลมที่แห้งและร้อน ทั้งนี้เพื่อต้องการให้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศรอบข้างเพียงอย่างเดียว เช่น อิทธิพล

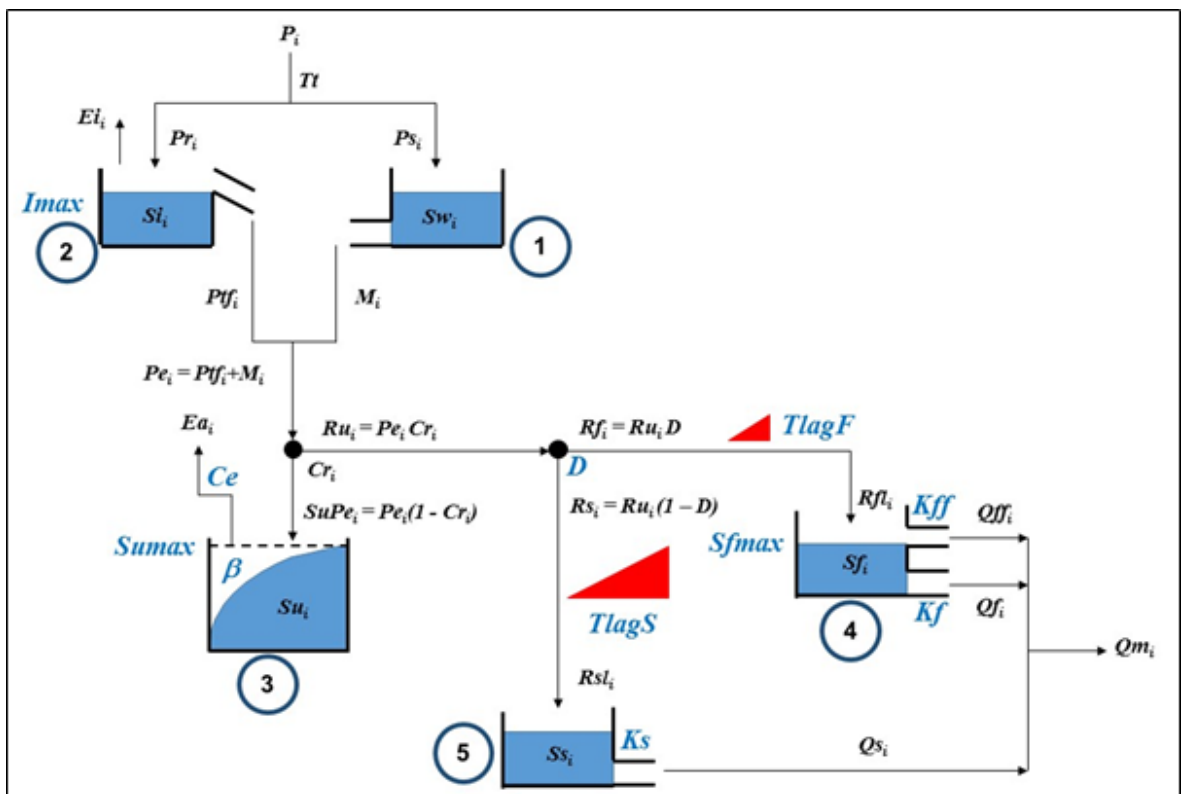
ที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ชั่วโมงแสงแดด เป็นต้น การคำนวณหาปริมาณ การใช้น้ำของพืชอ้างอิงจะเป็นการนำเอาข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ ณ ช่วงเวลา และสถานที่ที่ใช้ทดลองนั้น หรือเป็นสถานที่ที่จะนำค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงไปใช้งาน ข้อมูลดังกล่าวจะต้องผ่านการตรวจสอบ วิเคราะห์ ปรับปรุง ตลอดจนแบ่งช่วงให้ตรงกับช่วง การเจริญเติบโต อายุพืช หรือช่วงเวลาที่นำไปใช้ โดยใช้สูตรหรือวิธีการคิดคำนวณที่ปัจจุบันนิยมใช้ กันอย่างแพร่หลาย เช่น Modified Penman, Penman Monteith, Pan Method เป็นต้น สำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD จะใช้วิธี Penman Monteith ซึ่งเป็นวิธีที่ ได้รับการยอมรับโดยองค์การ FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO) มีสูตรในการคำนวณดังแสดงในสมการที่ (3) (นุชนารถและคณะ, 2559)

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{mean} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (3)$$

- โดยที่  $ET_o$  คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference crop evapotranspiration) หน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวัน (mm/d)
- $R_n$  คือ ปริมาณรังสีสุทธิทั้งหมดที่พืชได้รับ (Net radiation at crop surface) หน่วยเป็น ไมโครจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ( $MJ/m^2/d$ )
- $G$  คือ ฟลักซ์ความร้อนของพื้นดิน (Soil heat flux) หน่วยเป็น ไมโครจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ( $MJ/m^2/d$ )
- $T_{mean}$  คือ อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (Average temperature) หน่วยเป็น องศาเซลเซียส ( $^{\circ}C$ )
- $\Delta$  คือ ความชันของเส้นโค้งความดันไอ (Slope vapors pressure curve) หน่วยเป็น กิโลปาสกาลต่อองศาเซลเซียส ( $kPa/^{\circ}C$ )
- $\gamma$  คือ ค่าคงที่ของ Psychrometric (Psychrometric constant) หน่วยเป็น กิโลปาสกาลต่อองศาเซลเซียส ( $kPa/^{\circ}C$ )
- $u_2$  คือ ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตรจากพื้นดิน (Wind speed measured at 2 m height) หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)
- $e_s$  คือ ความดันไออิ่มตัว (Saturation vapors pressure) หน่วยเป็น กิโลปาสกาล (kPa)
- $e_a$  คือ ความดันไอจริง (Actual vapors pressure) หน่วยเป็น กิโลปาสกาล (kPa)
- 900 คือ แฟกเตอร์ที่ใช้ในการแปลง (Conversion factor)

### 2.2.3 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำท่าแบบลัมพ์ (FLEXL)

แบบจำลอง FLEXL เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาแบบลัมพ์ ประกอบไปด้วยชั้นเก็บกัก 5 ชั้น ซึ่งประกอบด้วย (1) การเก็บกักโดยกระบวนการ Interception (2) การเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (3) การเก็บกักในชั้นดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (4) การเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว และ (5) การเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยฝนส่วนเกินจากชั้นหิมะ ชั้นการเก็บกักโดยกระบวนการ Interception และชั้นการเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำจะถูกแบ่งไปยังการเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว และการเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า ซึ่งการเคลื่อนตัวจะมีฟังก์ชันหน่วงเวลา 2 ฟังก์ชันมากกว่าคือค่าการหน่วงเวลาของการเกิดฝนไปจนถึงช่วงที่มีอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด ( $T_{lagF}$ ) และค่าการหน่วงเวลาของการเอ่อล้นจากโซนรากพืชไปยังชั้นน้ำใต้ดิน ( $T_{lagS}$ ) โดยในแต่ละชั้นเก็บกักก็มีสมการในการคำนวณต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 โดยมีรายละเอียดของแต่ละชั้นเก็บกักดังต่อไปนี้ (Sriwongsitanon et.al 2020)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของแบบจำลอง FLEXL

ที่มา: Sriwongsitanon et.al (2020)

ตารางที่ 2.3 สมการในการคำนวณและสมการสมดุลน้ำของแบบจำลอง FLEXL

การเก็บกัก	สมการในการคำนวณ	สมการที่	สมการสมดุลน้ำ	สมการที่
ชั้นหิมะ	$M_i = \begin{cases} F_{DD}(T_i - Tt); & T_i > Tt \\ 0 & ; T_i \leq Tt \end{cases}$	(1)	$\frac{dSw_i}{dt} = Ps_i - M_i$	(2)
Interception	$Ei_i = \begin{cases} Ep_i; & Si_i > 0 \\ 0 & ; Si_i = 0 \end{cases}$	(3)	$\frac{dSi_i}{dt} = Pr_i - Ei_i - Ptf_i$	(5)
	$Ptf_i = \begin{cases} 0 & ; Si_i < I_{max} \\ Pr_i; & Si_i \geq I_{max} \end{cases}$	(4)		
ชั้นดินที่ไม่มีอิมตัว ด้วยน้ำ	$Cr_i = 1 - \left(1 - \frac{Su_{i-1}}{Sumax}\right)^\beta$	(6)	$\frac{dSu_i}{dt} = Pe_i(1 - Cr_i) - Ea_i$	(9)
	$Ru_i = Pe_i Cr_i$	(7)		
	$Ea_i = (Ep_i - Ei_i) \min\left(\frac{Su_i}{Sumax}, 1\right)$	(8)		
ชั้นของน้ำท่าที่มี การตอบสนอง อย่างรวดเร็ว	$Rf_i = Ru_i D$	(10)	$\frac{dSf_i}{dt} = Rfl_i - Qff_i - Qf_i$	(15)
	$C_{lagF}(j) = \frac{j}{\sum_{u=1}^{T_{lagF}} u}$	(11)		
	$Rfl_i = \sum_{j=1}^{T_{lagF}} C_{lagF}(j) \cdot Rf_{i-j-1}$	(12)		
	$Qff_i = \frac{\max(0, Sf_i - Sf_{max})}{Kff}$	(13)		
	$Qf_i = \frac{Sf_i}{Kf}$	(14)		
ชั้นของน้ำท่าที่มี การตอบสนอง อย่างเชื่องช้า	$Rs_i = Ru_i(1 - D)$	(16)	$\frac{dSs_i}{dt} = Rs_i - Qs_i$	(20)
	$C_{lagS}(j) = \frac{j}{\sum_{u=1}^{T_{lagS}} u}$	(17)		
	$Rsl_i = \sum_{j=1}^{T_{lagS}} C_{lagS}(j) \cdot Rs_{i-j-1}$	(18)		
	$Qs(j) = \frac{Sf_i}{Kf}$	(19)		

ที่มา: Sriwongsitanon et.al 2020

### 1) การเก็บกักในชั้นหิมะ (Snow reservoir)



การเก็บกักในชั้นหิมะ มีข้อมูลด้านเข้าคือหิมะ ( $P_s$ ) เปรียบเสมือนน้ำฝนแต่มีสถานะในรูปของแข็ง ซึ่งในฤดูหนาวอุณหภูมินั้นยังไม่สูงเพียงพอที่จะทำให้หิมะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ซึ่งอุณหภูมิที่เป็นตัวกำหนดว่าหิมะจะละลายหรือไม่นั้นเรียกว่า “อุณหภูมิเริ่มต้น” (Threshold temperature,  $T_t$ ) ซึ่งมีค่าระหว่าง  $-2.5^{\circ}\text{C}$  ถึง  $2.5^{\circ}\text{C}$  เมื่อถึงในฤดูใบไม้ผลิซึ่งอุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นเพียงพอที่จะทำให้หิมะละลาย โดยซึ่งหิมะที่ละลาย ( $M_i$ ) จะถูกนำไปรวมกับฝนส่วนเกินจากปริมาณการสูญเสียในชั้น Interception ( $P_u$ ) การรวมกันของ 2 ส่วนนี้จะถูกเรียกว่า “ฝนใช้การ” (Effective precipitation,  $P_e$ ) โดยหิมะที่ละลายกลายเป็นน้ำจะถูกสมมติว่าสามารถไหลสู่ผิวดินได้โดยตรงโดยไม่ผ่านกระบวนการ Interception ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นจากชั้นนี้ได้จากสมการที่ (1)

$$M_i = \begin{cases} F_{DD}(T_i - T_t); & \text{เมื่อ } T_i > T_t \\ 0; & \text{เมื่อ } T_i \leq T_t \end{cases} \quad (1)$$

โดยที่  $M_i$  คือ ปริมาณน้ำที่เกิดจากการละลายของหิมะ

$F_{DD}$  คือ อัตราการละลายของหิมะ (มีหน่วยเป็นปริมาณน้ำที่ละลายต่อวันต่อองศาของอุณหภูมิที่สูงกว่า  $T_t$ )

$T_i$  คือ อุณหภูมิของอากาศในหน่วยองศาเซลเซียส

$T_t$  คือ อุณหภูมิเริ่มต้นที่เกิดการละลาย

และสำหรับสมดุลน้ำในส่วนของ การเก็บกักในชั้นหิมะคำนวณได้จากในสมการที่ (2)

$$\frac{dSw_i}{dt} = P_{s_i} - M_i \quad (2)$$

โดยที่  $Sw_i$  คือ ความจุเก็บกักสูงสุดของชั้นหิมะ

$P_{s_i}$  คือ ปริมาณหิมะที่ตก ณ วันที่พิจารณา

## 2) การเก็บกักโดยกระบวนการ Interception (Interception reservoir)

กระบวนการ Interception ( $E_i$ ) คำนวณโดยค่าศักยภาพการคายระเหย ( $E_p$ ) และปริมาณการเก็บกักโดยกระบวนการ Interception เมื่อสิ้นสุดวัน ( $S_i$ ) ซึ่งเกิดจากกระบวนการสูญเสียของช่วงเวลาก่อนหน้า ( $S_{i-1}$ ) รวมกับส่วนที่สูญเสียโดยกระบวนการ Interception ( $P_u$ ) รวมถึงปริมาณการเก็บกักสูงสุดในชั้น Interception ( $I_{max}$ ) ดังสมการที่ (3) และ (4) โดยสมการที่ใช้คำนวณ

การเก็บกักโดยกระบวนการ Interception หาได้จากค่าต่ำสุดระหว่าง 2 ค่า คือ ปริมาณฝน ( $P_i$ ) และ ศักยภาพระเหย ( $E_p$ ) ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$E_{i_i} = \begin{cases} E_{p_i} & \text{เมื่อ } S_{i_i} > 0 \\ 0; & \text{เมื่อ } S_{i_i} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

โดยที่  $E_{i_i}$  คือ ปริมาณการระเหยจากการเก็บกักโดยกระบวนการ Interception  
 $E_{p_i}$  คือ ศักยภาพระเหย (Potential evaporation)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น น้ำฝนส่วนที่เกินจากปริมาณการสูญเสียในส่วนของการ Interception ( $P_{t f_i}$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$P_{t f_i} = \begin{cases} 0 & \text{เมื่อ } S_{i_i} < I_{max} \\ P_{r_i} & \text{เมื่อ } S_{i_i} \geq I_{max} \end{cases} \quad (4)$$

โดยที่  $P_{t f_i}$  คือ ฝนส่วนเกิน (Effective rainfall) จากการสูญเสียโดยกระบวนการ Interception  
 $P_{r_i}$  คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตก ณ วันที่พิจารณา

สำหรับสมดุลน้ำในส่วนของการเก็บกักโดยกระบวนการ Interception คำนวณได้ดังในสมการที่ (5)

$$\frac{dS_i}{dt} = P_{r_i} - E_{i_i} - P_{t f_i} \quad (5)$$

โดยที่  $S_i$  คือ ปริมาณการเก็บกักโดยกระบวนการ Interception ณ วันที่พิจารณา

### 3) การเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Root zone reservoir)

การเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำจะคำนวณจากฝนใช้การ ( $P_{e_i}$ ) ซึ่งสำหรับประเทศไทยนั้นไม่มีหิมะทำให้ฝนใช้การ ( $P_{e_i}$ ) มีค่าเท่ากับฝนส่วนเกินจากการสูญเสียโดยกระบวนการ Interception ( $P_{u_i}$ ) โดยฝนใช้การจะซึมลงสู่ชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักไว้ในดินในรูปของความชื้นของดิน (Soil Moisture) ซึ่งเป็นจุดเด่นของแบบจำลอง FLEXL และส่วนที่เหลือจะไหลออกจากชั้นดิน โดยน้ำทั้งสองส่วนนี้จะถูกแบ่งด้วยสัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff coefficient;  $C_r$ )

โดยสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่ใช้ในแบบจำลองคำนวณได้โดยสมการที่ (6) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างปริมาณการเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ณ เวลา  $i-1$  ( $S_{u,i-1}$ ) กับความจุเก็บกักสูงสุดของชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ( $S_{umax}$ ) และค่าคงที่  $\beta$  ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่มีค่าแนะนำอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 3 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้อธิบายความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของกระบวนการเชิงพื้นที่ (Spatial process heterogeneity) ของพื้นที่ศึกษา และ  $S_{umax}$  เป็นพารามิเตอร์ของแบบจำลองเช่นกัน มีค่าแนะนำอยู่ระหว่าง 20 ถึง 800 มิลลิเมตร

$$Cr = 1 - \left(1 - \frac{S_{u,i-1}}{S_{umax}}\right)^\beta \quad (6)$$

โดยที่	$Cr$	คือ	สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff coefficient)
	$S_{u,i-1}$	คือ	ปริมาณการเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ณ เวลา $i-1$
	$S_{umax}$	คือ	ความจุเก็บกักสูงสุดของชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ
	$\beta$	คือ	พารามิเตอร์ของแบบจำลองที่มีค่าแนะนำอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 3

สำหรับฝนใช้การ ( $Pe_i$ ) ที่เหลือจากการเก็บกักในชั้นดินที่ยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ( $S_{umax}$ ) จะไหลออกจากชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำและกลายเป็นปริมาณน้ำท่า (Generated flow,  $Ru_i$ ) ซึ่งมีเงื่อนไขในการคำนวณ 2 กรณี คือ กรณีที่  $S_{u_i}$  มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ  $S_{umax}$  และกรณีที่  $S_{u_i}$  มีค่าน้อยกว่า  $S_{umax}$  ดังแสดงแนวทางการคำนวณในสมการที่ (7)

$$Ru_i = Pe_i Cr_i \quad (7)$$

โดยที่  $Ru_i$  คือ ปริมาณน้ำท่าที่ไหลออกจากชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ณ วันที่พิจารณา

ต่อจากนั้น ปริมาณน้ำท่า  $Ru_i$  จะถูกแบ่งเป็นสองส่วนคือ ปริมาณน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว (Flow into fast respond,  $Rf_i$ ) และปริมาณน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า (Groundwater recharge,  $Rs_i$ ) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตอบสนองอย่างรวดเร็ว (Splitter coefficient,  $D$ ) ซึ่งมีค่าที่แนะนำระหว่าง 0.1 ถึง 0.9 ทั้งนี้ ค่าของ  $1 - D$  จึงหมายถึงค่าสัมประสิทธิ์ของการตอบสนองอย่างเชื่องช้า

ดังได้กล่าวแล้วข้างต้นว่า  $Su_i$  ที่คำนวณได้จากขั้นตอนก่อนหน้านั้น ส่วนหนึ่งจะสูญเสียโดยกระบวนการระเหยรวมการคายน้ำที่ต้องการจากชั้นการเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยคำนวณได้ดังในสมการที่ (8)

$$Ea_i = (Ep_i - Ei_i) \min \left( \frac{Su_i}{S_{umax} Ce}, 1 \right) \quad (8)$$

โดยที่  $Ea_i$  คือ การคายระเหยที่ต้องการจากชั้นการเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ  
 $Ce$  คือ ปริมาณการเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ณ เวลาก่อนหน้านี

สำหรับสมดุลน้ำในส่วนของ การเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำคำนวณได้ดังสมการที่ (9)

$$\frac{dSu_i}{dt} = Pe_i(1 - Cr_i) - Ea_i \quad (9)$$

โดยที่  $Su_i$  คือ ปริมาณการเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ณ วันที่พิจารณา

#### 4) การเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว (Fast respond reservoir)

ปริมาณน้ำท่า ( $Ru_i$ ) ที่เกิดขึ้นในการเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำจะไหลมายังชั้นการเก็บกักที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว โดยคำนวณได้จากในสมการที่ (10) โดยที่พารามิเตอร์  $D$  เป็นสัมประสิทธิ์การแบ่งแยกของน้ำบนดินและน้ำใต้ดิน โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

$$Rf_i = Ru_i D \quad (10)$$

โดยที่  $Rf_i$  คือ ปริมาณน้ำท่าในชั้นที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว

$D$  คือ สัมประสิทธิ์การแบ่งแยกของน้ำบนดินและน้ำใต้ดิน โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

ปริมาณน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว ( $Rf_i$ ) จะถูกหน่วงเวลาการไหลเพื่อจำลองการเดินทางของน้ำจากจุดใด ๆ สู่อ่างเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว โดยเป็นไปตามฟังก์ชันหน่วงเวลา (Lag function) ที่ให้ค่าถ่วงน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามเวลาแบบเส้นตรง (Linearly increase weight) ดังแสดงในสมการที่ (11)

$$c_{lagF}(j) = \frac{j}{\sum_{u=1}^{T_{lagF}} u} \quad (11)$$

โดยที่  $c_{lagF}(j)$  คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของ  $Rf$  ในวันที่  $(i - j + 1)$  ในเมื่อ  $j$  มีค่าตั้งแต่ 1 จนถึง  $T_{lagF}$   
 $T_{lagF}$  คือ จำนวนวันที่น้ำท่ามีการหน่วงตามเวลา โดยเป็นพารามิเตอร์ของแบบจำลอง  
 ที่มีค่าแนะนำระหว่าง 0.8 ถึง 3 วัน

ปริมาณน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว ( $Rf_i$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (12)

$$Rf_i = \sum_{j=1}^{T_{lag}} c_{lagF}(j) \cdot Rf_{i-j+1} \quad (12)$$

เมื่อ  $Rf_i$  คือ ปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากการตอบสนองอย่างรวดเร็วที่เป็นผลจากการหน่วงเวลา  
 ณ วันที่พิจารณา ( $i = 1, 2, 3, \dots$ )

จากนั้นปริมาณน้ำ ( $Rf_i$ ) ที่คำนวณได้จะไหลมารวมกับปริมาณการเก็บกักของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาก่อนหน้า ( $S_{u,i-1}$ ) รวมเป็น ( $S_{u,i}$ ) จากนั้นปริมาณการเก็บกักในส่วนนี้จะถูกนำมาตรวจสอบ หากมีค่ามากกว่าความจุเก็บกักสูงสุดของชั้นน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว ( $S_{fmax}$ ) แล้วจะเกิดการไหลเหนือฝิวดิน โดยคำนวณได้ตั้งในสมการที่ (13) ทั้งนี้อัตราการไหลเหนือฝิวดิน ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะของการตอบสนองแบบเส้นตรง (Linear respond reservoir) ที่ขึ้นกับค่าคงที่  $K_{ff}$

$$Q_{ff_i} = \max\left(0, \frac{S_{f_i} - S_{fmax}}{K_{ff}}\right) \quad (13)$$

โดยที่  $Q_{ff_i}$  คือ อัตราการไหลเหนือฝิวดินที่เกิดจากการเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว  
 $K_{ff}$  คือ Residence time ของการไหลเหนือฝิวดินซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่มีค่าแนะนำระหว่าง 1 ถึง 10 วัน  
 $S_{f_i}$  คือ ปริมาณการเก็บกักในชั้นที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว ณ วันที่พิจารณา  $i$   
 $S_{fmax}$  คือ ความจุเก็บกักสูงสุดของชั้นที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว

สำหรับน้ำที่เหลืออยู่ในชั้นเก็บกักที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว ( $Sf_i$ ) จะมีการไหลใต้ผิวดิน โดยคำนวณได้ดังในสมการที่ (14) ทั้งนี้ อัตราการไหลใต้ผิวดินที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะของการตอบสนองแบบเส้นตรงที่ขึ้นกับค่าคงที่  $Kf$

$$Qf_i = \frac{Sf_i}{Kf} \quad (14)$$

โดยที่  $Qf_i$  คือ อัตราการไหลใต้ผิวดินที่เกิดจากการเก็บกักในชั้นที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว  
 $Sf_i$  คือ ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในชั้นเก็บกักที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว ณ วันที่พิจารณา  
 $Kf$  คือ Residence time ของการไหลใต้ผิวดินซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่มีค่าแนะนำระหว่าง 1 ถึง 20 วัน

สำหรับสมดุลน้ำของการเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็วสามารถคำนวณได้ดังในสมการที่ (15)

$$\frac{dSf}{dt} = Rfl_i - Qff_i - Qf_i \quad (15)$$

โดยที่  $Qff_i$  คือ อัตราการไหลบนผิวดินที่เกิดจากการเก็บกักในชั้นที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว

### 5) การเก็บกักในชั้นของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า (Slow reacting reservoir)

ปริมาณน้ำท่า ( $Ru_i$ ) ที่เกิดขึ้นในการเก็บกักในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำจะไหลมายังชั้นการเก็บกักที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า โดยคำนวณได้จากในสมการที่ (16)

$$Rs_i = Ru_i(1 - D) \quad (16)$$

โดยที่  $Rs_i$  คือ ปริมาณน้ำที่ไหลมายังชั้นที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า ณ วันที่พิจารณา  
 $D$  คือ สัมประสิทธิ์การตอบสนองอย่างรวดเร็ว

ปริมาณน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า ( $Rs_i$ ) จะถูกหน่วงเวลาเพื่อให้การไหลเกิดล่าช้ากว่าการเกิดฝน โดยเป็นไปตามฟังก์ชันหน่วงเวลา (Lag function) ที่ให้ค่าถ่วงน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามเวลาแบบเส้นตรง โดย  $T_{lags}$  มีค่าแนะนำระหว่าง 2 ถึง 50 วัน และปริมาณน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า ( $Rsl$ ) โดยเปลี่ยนตัวแปรจาก  $f$  เป็น  $s$  เท่านั้น ดังแสดงในสมการที่ (17)

$$c_{lags}(j) = \frac{j}{\sum_{u=1}^{T_{lags}} u} \quad (17)$$

โดยที่  $c_{lags}(j)$  คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของ  $Rs$  ในวันที่  $(i - j + 1)$  ในเมื่อ  $j$  มีค่าตั้งแต่ 1 จนถึง  $T_{lags}$   
 $T_{lags}$  คือ จำนวนวันที่น้ำท่ามีการหน่วงตามเวลา โดยเป็นพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่มีค่าแนะนำระหว่าง 2 ถึง 50 วัน

ปริมาณน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า ( $Rs_i$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (18)

$$Rsl_i = \sum_{j=1}^{T_{lag}} c_{lags}(j) \cdot Rs_{i-j+1} \quad (18)$$

ต่อจากนั้น  $Rs_i$  ที่คำนวณได้จะถูกนำมารวมกับปริมาณการเก็บกักของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้าในช่วงเวลาก่อนหน้า ( $S_{s,i-1}$ ) กลายเป็น ( $Ss_i$ ) จากนั้นปริมาณการเก็บกักในส่วนนี้จะไหลไปรวมกับน้ำใต้ดินและไหลออกสู่ทางน้ำอย่างช้า ๆ โดยคำนวณได้ดังในสมการที่ (19) ทั้งนี้ อัตราการไหลที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ นี้จะมีลักษณะของการตอบสนองแบบเส้นตรงที่ขึ้นกับค่าคงที่  $Ks$

$$Qs_i = \frac{Ss_i}{Ks} \quad (19)$$

โดยที่  $Qs_i$  = อัตราการไหลของน้ำใต้ดิน  
 $Ss_i$  = ปริมาณน้ำในชั้นเก็บกักที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า ณ วันที่พิจารณา  
 $Ks$  = Residence time ของการไหลของน้ำใต้ดินซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่มีค่าแนะนำระหว่าง 10 ถึง 400 วัน

สำหรับสมมูลน้ำในเก็บกักของน้ำท่าที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้าคำนวณได้ดังในสมการที่ (20)

$$\frac{dS_i}{dt} = R_i - Q_i \quad (20)$$

โดยที่  $R_i$  = ปริมาณน้ำที่ไหลมายังชั้นที่มีการตอบสนองอย่างเชื่องช้า ณ วันที่พิจารณา

## 2.2.4 การพัฒนาค้นคว้าของแบบจำลอง FLEX ในรูปแบบกึ่งกระจายตัว (FLEX-SD)

Sriwongsitanon et al. (2020) ได้พัฒนาแบบจำลอง FLEX-SD ซึ่งเป็นแบบจำลองแบบกึ่งกระจายตัวที่มีพื้นฐานจากแบบจำลอง FLEXL ดังนั้น พื้นที่ลุ่มน้ำจะต้องถูกแบ่งเป็นลุ่มน้ำย่อย ๆ ซึ่งปริมาณน้ำท่าจะถูกประเมินในแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยใช้หลักการของแบบจำลอง FLEXL จากความลึกฝนส่วนเกินในแต่ละลุ่มน้ำย่อย จากนั้นความลึกฝนส่วนเกินในแต่ละลุ่มน้ำย่อยจะเคลื่อนตัวไปยังจุดออกของแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยใช้พารามิเตอร์การหน่วงเวลา  $T_{lagF}$  และ  $T_{lagS}$  ซึ่งมีหน่วยเป็นชั่วโมง ทั้งนี้  $T_{lagF}$  และ  $T_{lagS}$  สามารถประเมินได้ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยโดยใช้สมการที่ (21) และ (22)

$$T_{lagF-sub} = T_{lagF} \sqrt{A_{sub}/A} \quad (21)$$

$$T_{lagS-sub} = T_{lagS} \sqrt{A_{sub}/A} \quad (22)$$

โดยที่  $T_{lag}$  คือ พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสถานีที่วัดน้ำท่าทำการสอบเทียบ  
 $T_{lag-sub}$  คือ พารามิเตอร์สำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อย  
 $A$  คือ พื้นที่ลุ่มน้ำของสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง  
 $A_{sub}$  คือ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของสถานีวัดน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบ

ปริมาณน้ำท่า ( $S_{chnl-sub}$ ) ที่เกิดขึ้นจากลุ่มน้ำย่อยด้านเหนือน้ำจะเคลื่อนที่จากจุดออกของลุ่มน้ำย่อยด้านเหนือน้ำไปยังจุดออกของสถานีด้านท้ายน้ำโดยใช้วิธีการ Muskingum ก่อนที่จะไปรวมกับน้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าด้านท้ายน้ำ ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (23) และ (24) ตามลำดับ

$$S_{chnl-sub} = \alpha_{sub} (XQ_{up} + (1 - x)Q_{down}) \quad (23)$$

$$\alpha_{sub} = \alpha L_{sub} \quad (24)$$



โดยที่	$Q_{up}$	คือ ปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยด้านเหนือน้ำ
	$Q_{down}$	คือ ปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยด้านท้ายน้ำ
	$\alpha$	คือ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการห้วงเวลา
	$X$	คือ แฟคเตอร์ถ่วงน้ำหนัก
	$L$	คือ ระยะทางระหว่างจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยด้านเหนือน้ำถึงจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยด้านท้ายน้ำ

โดยพารามิเตอร์ที่แสดงการห้วงของเวลาในแต่ละกลุ่มน้ำย่อย ( $K_{sub}$ ) สามารถคำนวณจากผลคูณระหว่าง  $K$  และ ความยาวลำน้ำสายหลักของแต่ละกลุ่มน้ำย่อย ( $L$ ) ดังแสดงในสมการที่ (24)

### 2.2.5 Kling-Gupta Efficiency (KGE)

ในการศึกษาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า แบบลัมพ์และแบบกึ่งกระจายตัวจะพิจารณาค่าดัชนีประสิทธิภาพ Kling-Gupta Efficiency (KGE) ซึ่งได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (25) โดยที่ค่า KGE ที่ดีควรมีค่ามีเข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีแนวโน้มข้อมูลไปทางเดียวกันและมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และในกรณีที่ KGE มีค่าเข้าใกล้  $-\infty$  แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีแนวโน้มที่ต่างกันมาก (นุชนารถและคณะ, 2559)

$$KGE = 1 - E \quad (25)$$

$$ED = \sqrt{(r - 1)^2 + (\alpha - 1)^2 + (\beta - 1)^2} \quad (26)$$

$$\alpha = S_Y/S_X \quad (27)$$

$$\beta = \bar{Y}/\bar{X} \quad (28)$$

โดยที่	$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด
	$\bar{Y}$	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง
	$S_X$	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด
	$S_Y$	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง
	$r$	=	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

โดยในการศึกษานี้ได้นำ KGE มาเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์โดยแบ่งออกเป็น 3 ฟังก์ชัน ดังนี้ คือ (1) **KGE** คือการประเมิน KGE ระหว่างชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองและชุดข้อมูลตรวจวัด โดยพิจารณาจากข้อมูลอัตราการไหล (2) **KGE<sub>LF</sub>** คือการประเมิน KGE ระหว่างชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองและชุดข้อมูลตรวจวัดโดยพิจารณาข้อมูลอัตราการไหลในช่วงเวลาที่มีอัตราการไหลต่ำ (Low Flow) เพื่อให้มีความสำคัญกับชุดข้อมูลอัตราการไหลที่มีค่าน้อย และ (3) **KGE<sub>FDC</sub>** คือการประเมิน KGE ระหว่างชุดข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองและชุดข้อมูลตรวจวัด ซึ่งจะทำการเรียงข้อมูลจากมากไปน้อยและทำการพิจารณาจากโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา (Flow Duration Curve) เพื่อให้มีความสำคัญกับสมดุลน้ำ (Water Balance) โดยที่ปริมาตรที่ทุกช่วงเวลาต้องมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

### 2.2.6 Nash-Sutcliffe's Efficiency (NSE)

ในการศึกษาแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า แบบลัมพ์และแบบกึ่งกระจายตัวได้พิจารณาใช้ค่า Nash-Sutcliffe's Efficiency (NSE) (Nash and Sutcliffe, 1970) ซึ่งเป็นค่าทางสถิติที่ใช้ในการบ่งบอกความเข้ากันของข้อมูล เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง ซึ่งค่า NSE มีค่าอยู่ระหว่าง  $-\infty$  ถึง 1 โดยที่ค่า NSE ที่ดีควรมีค่ามีเข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดข้อมูลทั้งสองชุดมีแนวโน้มข้อมูลไปทางเดียวกันและมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และในกรณีที่ NSE มีค่าเข้าใกล้  $-\infty$  แสดงว่าชุดข้อมูลทั้งสองมีแนวโน้มที่ต่างกันมาก ซึ่งค่า NSE สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (29)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_i^N (Y_i - X_i)^2}{\sum_i^N (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (29)$$

โดยที่	$X_i$	=	ผลการคำนวณจากแบบจำลอง
	$Y_i$	=	ข้อมูลการตรวจวัด
	$\bar{Y}$	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด
	$N$	=	จำนวนข้อมูล
	$i$	=	แสดงถึงลำดับของอนุกรมข้อมูล

## บทที่ 3

### ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

ในการศึกษาโครงการเรื่อง “การประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียง โดยใช้แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่าแบบลัมพ์และแบบกึ่งกระจายตัว” มีขั้นตอนในการดำเนินงานสรุปได้ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการประกอบการศึกษาดังต่อไปนี้
  - 1.1 ข้อมูลความลึกฝนรายวันแบบกึ่งกระจายตัวระหว่างปี พ.ศ. 2544 จนถึงปี พ.ศ. 2557
  - 1.2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันของสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงระหว่างปี พ.ศ. 2544 จนถึงปี พ.ศ. 2557
  - 1.3 ข้อมูลการคายระเหยของพืชอ้างอิงแบบกึ่งกระจายตัวในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2557
2. วิเคราะห์ความลึกฝนเชิงพื้นที่แบบรายวันของแต่ละลุ่มน้ำย่อยในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2557 เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง FLEX-L และ KU-FLEX-SD
3. วิเคราะห์การคายระเหยของพืชอ้างอิงแบบรายวันของแต่ละลุ่มน้ำย่อยในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2557 เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง FLEX-L และ KU-FLEX-SD
4. แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาในแต่ละสถานีวัดน้ำท่าที่เลือกใช้เพื่อการสอบเทียบแบบจำลอง โดยใช้โปรแกรม ArcGIS
5. สอบเทียบแบบจำลอง FLEX-L และ KU-FLEX-SD ที่สถานีวัดน้ำท่าของลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียง

จากขั้นตอนดำเนินงานที่กล่าวมาข้างต้น จะอธิบายรายละเอียดและขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

## 1. รวบรวมข้อมูล

### 1.1 ข้อมูลความลึกฝน

ในการศึกษาเพื่อการประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงใต้โดยใช้แบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD นั้นจะใช้ฝนรายวันแบบกริด ซึ่งนำข้อมูลที่ถูกรวบรวมความถูกต้องด้วยวิธีเส้นโค้งทวิ (Double Mass Curve) จากสถานีตรวจวัดทั่วประเทศเป็นจำนวน 1,779 สถานี จากนั้นนำข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้วมาคำนวณความลึกฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธีส่วนกลับของระยะทางยกกำลังสอง (Inverse Distance Square) เพื่อนำข้อมูลฝนแปลงเป็นข้อมูลฝนเชิงกริด ทั้งนี้การดำเนินงานดังกล่าวกระทำภายใต้ศูนย์วิจัย Remote Sensing Research Centre for Water Resources Management (SENSWAT) สำหรับในการศึกษานี้ได้เลือกข้อมูลฝนกริดที่ครอบคลุมลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงใต้ในระหว่าง ปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2557 เพื่อเป็นข้อมูลด้านเข้าให้กับแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD

### 1.2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

จากการตรวจสอบสถานีวัดน้ำท่าที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งประกอบไปด้วยลุ่มน้ำหลัก 4 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำโตนเลสาป และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้พบว่ามีสถานีวัดน้ำท่าทั้งสิ้น 73 สถานี อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้ได้เลือกสถานีวัดน้ำท่าที่มีข้อมูลในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง ปี พ.ศ. 2557 (14 ปี) โดยเลือกสถานีวัดน้ำท่าที่มีข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 50% ของข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งเป็นผลให้มีจำนวนสถานีวัดน้ำท่าทั้งสิ้น 28 สถานี ที่นำมาใช้เพื่อการศึกษา โดยลุ่มน้ำปราจีนบุรี บางปะกง โตนเลสาป และชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้มีจำนวนสถานีวัดน้ำท่าเท่ากับ 9, 3, 3 และ 13 สถานี ตามลำดับ โดยตำแหน่งที่ตั้งและขนาดพื้นที่ลุ่มของสถานีวัดน้ำท่าเหล่านี้แสดงดังในตารางที่ 3.1 รวมทั้งได้แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงใต้ที่ใช้ในการศึกษาดังในรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าของกลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ชื่อลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำสาขา	รายชื่อสถานี วัดน้ำท่า	ที่ตั้ง			พื้นที่สถานี (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล (ปีพุทธศักราช)		เปอร์เซ็นต์ ของข้อมูล	
			ตำบล	อำเภอ	จังหวัด		เริ่มต้น	สิ้นสุด		
แม่น้ำ ปราจีนบุรี	คลองพระ สะทิง	Kgt.42	-	เมือง	สระแก้ว	-	2542	2563	61.78	
		Kgt.10	สระแก้ว	เมือง	สระแก้ว	2,482	2509	2563	35.57	
		Kgt.9	หนองหว้า	เขาฉกรรจ์	สระแก้ว	2,264	2510	2563	98.40	
		Kgt.38	พระเพลิง	เขาฉกรรจ์	สระแก้ว	289	2542	2563	35.57	
		Kgt.40	วังใหม่	กิ่งวังสมบูรณ์	สระแก้ว	574	2542	2563	49.81	
		Kgt.41	วังทอง	กิ่งวังสมบูรณ์	สระแก้ว	123	2542	2563	49.81	
	แม่น้ำพระปรัง	Kgt.13	กบินทร์	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	5,347	2510	2541	0.00	
		Kgt.13A	วังตะเคียน	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	4,906	2542	2563	96.94	
		Kgt.12	บ้านแก้ง	เมือง	สระแก้ว	1,478	2509	2563	99.61	
	แม่น้ำหนุมาน	Kgt.15	เมืองเก่า	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	789	2511	2517	0.00	
		Kgt.15A	แก่งดินสอ	นาดี	ปราจีนบุรี	548	2511	2563	99.61	
		Kgt.34	พระเพลิง	นาดี	ปราจีนบุรี	-	2541	2563	56.93	
		Kgt.33	สะพานหิน	นาดี	ปราจีนบุรี	617	2540	2563	97.66	
		Kgt.14	ทุ่งโพธิ์	นาดี	ปราจีนบุรี	354	2509	2563	99.61	
	แม่น้ำ ปราจีนบุรี ตอนล่าง	Kgt.22	บ้านสร้าง	บ้านสร้าง	ปราจีนบุรี	Flood plain	2510	2563	0.00	
		Kgt.1	หน้าเมือง	เมือง	ปราจีนบุรี	9,209	2469	2563	0.00	
		Kgt.27	เนินหอม	เมืองปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	45	2525	2538	0.00	
		Kgt.24	บุฝ้าย	ประจันตคาม	ปราจีนบุรี	121	2514	2528	0.00	
		Kgt.6	บ้านทาม	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	7,978	2510	2563	0.00	
		Kgt.3	กบินทร์	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	7,425	2484	2563	99.61	
	แม่น้ำ บางปะกง	คลองท่าลาด	Kgt.25	ท่ากระดาน	สนามชัยเขต	ฉะเชิงเทรา	243	2521	2535	0.00
			Kgt.18	สาริกา	เมือง	นครนายก	521	2512	2563	28.46
		คลองหลวง	Kgt.19	เกาะจันทร์	กิ่งเกาะจันทร์	ชลบุรี	473	2508	2563	42.68
Ny.4			นาหินลาด	เมือง	ปราจีนบุรี	128	2525	2563	89.19	
Ny.1A			หินตั้ง	เมืองนครนายก	นครนายก	192	2501	2511	0.00	
Ny.5			นาหินลาด	ปากพลี	นครนายก	186	2529	2563	0.00	
Ny.6			ชะอม	แก่งคอย	สระบุรี	126	2531	2563	99.01	
Ny.3			ป่าชะ	บ้านนา	นครนายก	203	2520	2563	99.61	
Ny.1	สาริกา	เมืองนครนายก	นครนายก	520	2495	2515	0.00			
โตนเลสาบ	ห้วยพรมโหด	TL.1	บ้านด่าน	อรัญประเทศ	สระแก้ว	571	2507	2535	0.00	
	โตนเลสาบ	TL.6	ทับไทร	โป่งน้ำร้อน	จันทบุรี	42	2530	2563	99.03	
		TL.3	ทับไทร	โป่งน้ำร้อน	จันทบุรี	71	2529	2563	99.61	
		TL.5	ทับไทร	โป่งน้ำร้อน	จันทบุรี	4	2529	2534	0.00	
		TL.4	โป่งน้ำร้อน	โป่งน้ำร้อน	จันทบุรี	86	2529	2563	99.61	

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าของกลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ต่อ)

ชื่อลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำสาขา	รายชื่อสถานี วัดน้ำท่า	ที่ตั้ง			พื้นที่สถานี (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล (ปีพุทธศักราช)		เปอร์เซ็นต์ ของข้อมูล
			ตำบล	อำเภอ	จังหวัด		เริ่มต้น	สิ้นสุด	
ชายฝั่งทะเล ตะวันออกเฉียง	คลองใหญ่	Z.4	แม่น้ำคู่	ปลวกแดง	ระยอง	429	2510	2540	0.00
		Z.15	ละหาร	ปลวกแดง	ระยอง	242	2520	2563	42.68
		Z.3	แม่น้ำคู่	ปลวกแดง	ระยอง	291	2510	2515	0.00
		Z.1	หนองละลอก	บ้านค่าย	ระยอง	1,255	2488	2502	0.00
	แม่น้ำประ แสร์	Z.18	<b>ห้วยทับมอญ</b>	<b>กิ่งเขาชะเมา</b>	<b>ระยอง</b>	<b>201</b>	<b>2525</b>	<b>2563</b>	<b>99.61</b>
		Z.16	น้ำเป็น	กิ่งเขาชะเมา	ระยอง	41	2522	2531	0.00
		Z.5	วังจันทร์	วังจันทร์	ระยอง	1,164	2510	2538	0.00
	คลองโตนด	Z.39	พวา	แก่งหางแมว	จันทบุรี	80	2541	2563	35.59
		Z.42	<b>สามพี่น้อง</b>	<b>แก่งหางแมว</b>	<b>จันทบุรี</b>	<b>451</b>	<b>2539</b>	<b>2563</b>	<b>69.14</b>
		Z.28	<b>ขุนซ่อง</b>	<b>แก่งหางแมว</b>	<b>จันทบุรี</b>	<b>280</b>	<b>2529</b>	<b>2563</b>	<b>99.61</b>
		Z.52	<b>ครกพรม</b>	<b>แก่งหางแมว</b>	<b>จันทบุรี</b>	<b>60</b>	<b>2540</b>	<b>2540</b>	<b>78.28</b>
		Z.40	ขุนซ่อง	แก่งหางแมว	จันทบุรี	-	2539	2563	0.00
		Z.41	ขุนซ่อง	แก่งหางแมว	จันทบุรี	120	2539	2563	26.73
		Z.43	<b>เขาวงกต</b>	<b>แก่งหางแมว</b>	<b>จันทบุรี</b>	<b>4</b>	<b>2539</b>	<b>2563</b>	<b>99.12</b>
	แม่น้ำเมือง ตราด	Z.7	เขาแก้ว	ท่าใหม่	จันทบุรี	1,318	2508	2539	0.00
		Z.30	<b>สะตอ</b>	<b>เขาสมิง</b>	<b>ตราด</b>	<b>316</b>	<b>2530</b>	<b>2563</b>	<b>78.28</b>
		Z.45	<b>หนองบอน</b>	<b>ป้อไร่</b>	<b>ตราด</b>	<b>58</b>	<b>2540</b>	<b>2563</b>	<b>78.28</b>
		Z.59	-	ป้อไร่	ตราด	-	-	-	35.55
		Z.46	<b>นบทรีย์</b>	<b>ป้อไร่</b>	<b>ตราด</b>	<b>92</b>	<b>2540</b>	<b>2563</b>	<b>64.04</b>
		Z.10	<b>สะตอ</b>	<b>เขาสมิง</b>	<b>ตราด</b>	<b>779</b>	<b>2513</b>	<b>2563</b>	<b>99.61</b>
	แม่น้ำ จันทบุรี	Z.61	-	เขาสมิง	ตราด	-	-	-	0.00
		Z.44	จันทเขลม	กิ่งเขาฉิมชฎฎ	จันทบุรี	118	2541	2563	18.62
		Z.27	ตะเคียนทอง	กิ่งเขาฉิมชฎฎ	จันทบุรี	28	2529	2563	0.00
		Z.53	-	กิ่งเขาฉิมชฎฎ	จันทบุรี	-	-	-	7.11
		Z.19	พลวง	กิ่งเขาฉิมชฎฎ	จันทบุรี	21	2525	2540	0.00
		Z.13	<b>วังเข้ม</b>	<b>มะขาม</b>	<b>จันทบุรี</b>	<b>647</b>	<b>2511</b>	<b>2563</b>	<b>99.61</b>
		Z.56	-	มะขาม	จันทบุรี	-	-	-	49.81
		Z.21	<b>ฉมัน</b>	<b>มะขาม</b>	<b>จันทบุรี</b>	<b>78</b>	<b>2526</b>	<b>2563</b>	<b>99.61</b>
		Z.14	<b>ฉมัน</b>	<b>มะขาม</b>	<b>จันทบุรี</b>	<b>229</b>	<b>2511</b>	<b>2563</b>	<b>99.61</b>
		Z.55	-	มะขาม	จันทบุรี	-	-	-	42.68
	Z.57	-	เมือง	จันทบุรี	-	-	-	0.00	

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าของกลุ่มน้ำภาคตะวันออก (ต่อ)

ชื่อลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำสาขา	รายชื่อสถานี วัดน้ำท่า	ที่ตั้ง			พื้นที่สถานี (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติข้อมูล (ปีพุทธศักราช)		เปอร์เซ็นต์ ของข้อมูล
			ตำบล	อำเภอ	จังหวัด		เริ่มต้น	สิ้นสุด	
ชายฝั่งทะเล ตะวันออก	ชายฝั่ง ทะเลตะวันออก	Z.31	บึง	ศรีราชา	ชลบุรี	15	2531	2533	0.00
		Z.32	บึง	ศรีราชา	ชลบุรี	19	2531	2533	0.00
		Z.33	บึง	ศรีราชา	ชลบุรี	55	2531	2533	0.00
		Z.34	ตะเคียนเตี้ย	บางละมุง	ชลบุรี	14	2531	2533	0.00
		Z.35	นาจอมเทียน	สัตหีบ	ชลบุรี	23	2531	2533	0.00
		Z.29	มาบไพ	ขลุง	จันทบุรี	7	2530	2540	0.00
		Z.47A	-	เมือง	ตราด	27	-	-	0.00
		Z.47	ท่ากุ่ม	เมือง	ตราด	27	2540	2563	85.39

หมายเหตุ: ตัวพิมพ์เข้มและเอียงคือสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา

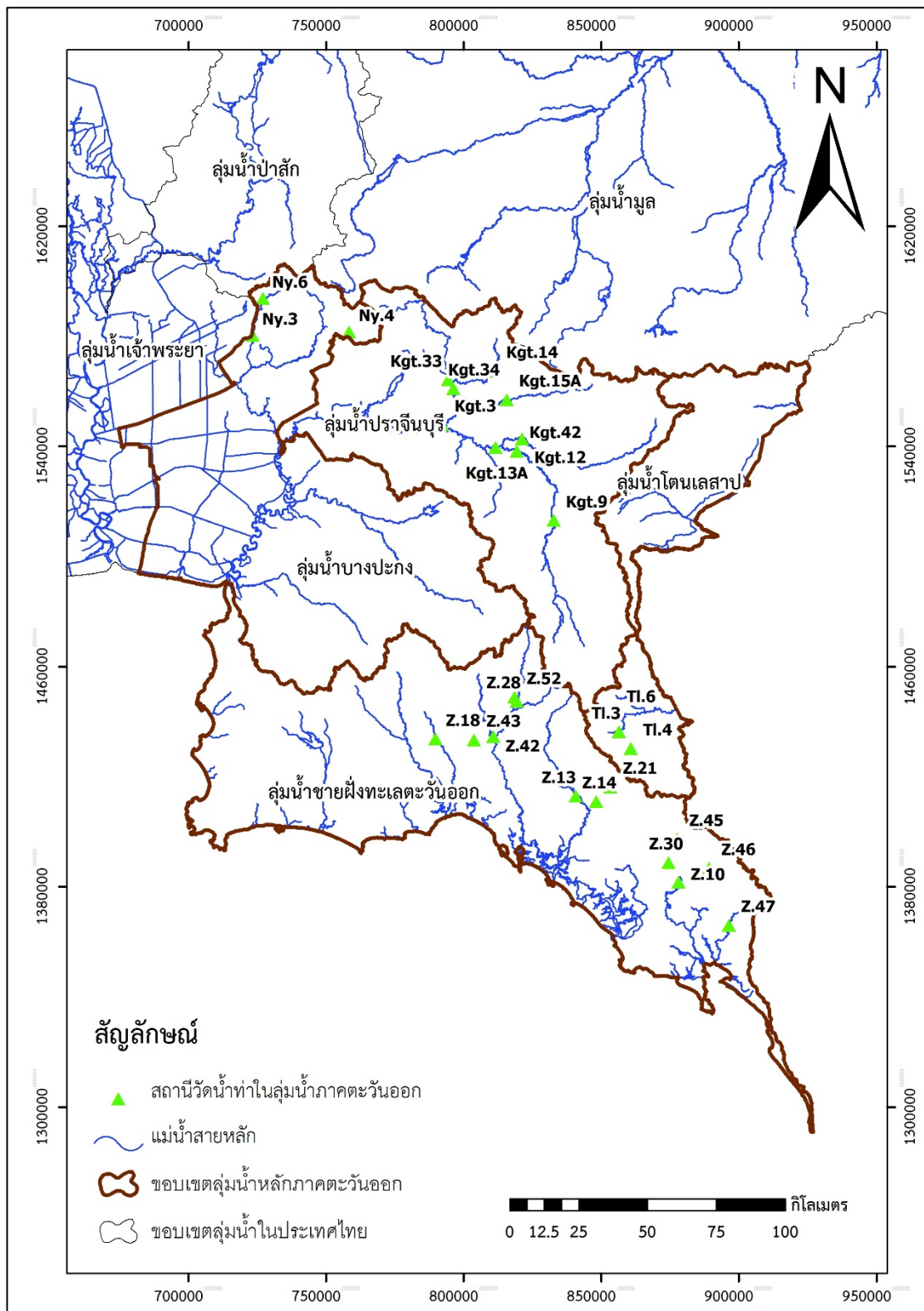
### ตารางที่ 3.2 สถิติข้อมูลน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำภาคตะวันออก

หน่วย: ล้าน ลบ.ม.

รหัสสถานี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
KGT.12	7.3	8.7	9.0	11.0	22.7	21.7	39.1	73.7	180.1	166.9	26.8	11.3	504.1	74.0	578.2
KGT.15A	0.8	1.2	1.8	2.9	10.4	16.3	48.8	75.5	125.5	85.1	15.6	3.6	361.7	25.9	387.5
KGT.14	1.1	0.7	0.8	0.6	4.7	6.9	18.9	24.4	47.0	32.4	6.1	2.3	134.3	11.5	145.8
KGT.33	3.6	2.3	2.0	4.2	11.6	27.5	73.9	107.1	171.9	115.5	20.5	6.1	507.4	38.7	546.1
NY.4	1.1	0.7	0.9	1.0	8.6	34.4	58.9	66.3	63.4	24.3	7.9	2.4	255.9	14.0	269.9
NY.6	0.6	0.3	0.2	1.7	3.2	5.3	8.6	9.7	26.3	12.2	3.8	1.2	65.4	7.9	73.3
KGT.9	9.8	7.9	8.6	20.8	66.0	52.6	83.1	133.8	316.7	227.1	44.8	16.0	879.3	107.9	987.2
KGT.34	6.8	6.2	3.2	9.0	30.4	40.7	118.4	162.9	311.9	285.8	27.1	6.1	950.2	58.4	1008.6
NY.3	1.0	0.3	0.2	0.3	3.4	4.4	11.9	15.0	44.4	22.9	5.9	1.6	102.0	9.3	111.3
KGT.42	1.4	0.9	1.1	19.3	75.0	53.6	99.6	149.8	306.6	282.2	39.5	3.6	966.7	65.9	1032.6
KGT.13A	11.9	10.5	15.5	16.7	78.9	79.4	141.2	262.6	511.3	445.6	73.2	12.6	1518.8	140.4	1659.2
KGT.3	11.7	7.3	11.0	16.2	117.1	145.5	345.6	588.1	999.6	933.2	167.3	39.1	3129.0	252.6	3381.6
Z.42	0.4	0.9	0.9	1.4	8.5	19.6	32.3	40.6	65.1	50.2	7.5	1.2	216.2	12.3	228.4
Z.43	0.2	0.1	0.0	0.1	0.7	0.9	1.2	1.2	1.5	1.2	0.5	0.4	6.7	1.4	8.2
Z.28	1.4	1.0	1.3	1.1	4.6	9.8	14.8	22.7	42.3	23.5	2.5	1.0	117.7	8.3	126.0
Z.52	0.1	0.1	0.0	0.4	3.6	4.7	7.4	10.7	14.8	8.4	0.6	0.2	49.5	1.5	51.0
Z.47	0.5	0.3	0.5	1.8	5.5	9.4	14.0	16.3	14.0	9.3	2.3	0.8	68.4	6.3	74.7
Z.13	6.9	5.6	6.6	20.8	57.6	112.4	164.6	167.3	196.1	142.8	40.1	10.4	841.0	90.5	931.5
Z.21	2.9	3.0	5.4	6.7	11.2	17.9	33.8	42.6	36.2	22.2	7.1	3.6	163.8	28.7	192.6
Z.18	1.4	0.8	1.1	1.6	4.8	8.7	11.2	12.9	26.4	20.7	5.0	2.3	84.7	12.3	96.9
Z.45	2.2	1.4	1.3	3.4	15.5	21.7	30.1	34.2	40.3	21.7	8.3	4.1	163.6	20.8	184.3
Z.46	4.5	4.5	4.5	4.6	11.5	26.2	58.1	61.6	46.7	28.8	11.0	6.9	233.0	35.9	268.8
TL.6	0.5	0.3	0.3	0.3	1.3	2.1	2.7	4.2	5.9	5.4	1.9	0.9	21.7	4.3	26.0
TL.3	1.9	2.0	1.4	1.6	3.2	5.4	9.4	11.9	12.9	12.8	5.2	2.4	55.8	14.6	70.3
TL.4	2.7	1.9	1.9	2.5	6.5	13.5	22.7	23.8	18.9	15.1	4.2	2.8	100.5	16.0	116.5
Z.30	5.1	9.8	15.8	8.3	44.8	82.5	128.9	141.1	130.0	89.9	27.3	3.5	617.2	69.7	686.9
Z.14	5.1	3.7	5.3	7.8	27.7	55.0	90.1	109.7	98.7	63.9	18.5	9.0	445.0	49.4	494.4
Z.10	13.1	11.1	15.6	58.7	126.3	225.5	370.9	431.7	351.9	212.1	52.0	16.1	1718.4	166.6	1885.0

หมายเหตุ: ฤดูฝนเริ่มต้นที่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมและฤดูแล้งเริ่มต้นที่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน





รูปที่ 3.1 สถานีวัดน้ำทำที่ตั้งอยู่ในกลุ่มน้ำภาคตะวันออกที่ใช้ในการศึกษา

### 1.3 ข้อมูลการคายระเหย

ในการศึกษาเพื่อการประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงใต้โดยใช้แบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD นั้นจะใช้ข้อมูลการคายระเหยแบบกริดซึ่งคำนวณได้โดยการนำข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศจากสถานีตรวจอากาศ 103 สถานี มาคำนวณค่าการคายระเหยของพีชอ้างอิงด้วยวิธี Penman Monteith ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับโดยองค์การ FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO) จากนั้นจึงนำค่าการคายระเหยของพีชอ้างอิงในแต่ละสถานีมาใช้คำนวณการคายระเหยของพีชอ้างอิงเชิงกริดด้วยวิธีส่วนกลับของระยะทางยกกำลังสอง (Inverse Distance Squared) การดำเนินงานดังกล่าวกระทำภายใต้ศูนย์วิจัย Remote Sensing Research Centre for Water Resources Management (SENSWAT) สำหรับในการศึกษานี้ได้เลือกข้อมูลการคายระเหยแบบกริดที่ครอบคลุมลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงใต้ในระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2557

### 2. วิเคราะห์ความลึกฝนเชิงพื้นที่แบบรายวันของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

ในการวิเคราะห์ความลึกฝนเชิงพื้นที่แบบรายวันเพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง FLEXL นั้น ได้ทำการประเมินความลึกฝนเชิงพื้นที่สำหรับพื้นที่รับน้ำฝนของทั้ง 28 สถานีวัดน้ำท่าในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2557 ในขณะที่การประยุกต์ใช้แบบจำลอง KU-FLEX-SD จะต้องประเมินความลึกฝนเชิงพื้นที่สำหรับทุกลุ่มน้ำย่อยของ 4 สถานีวัดน้ำท่าซึ่งประกอบไปด้วย สถานี KGT.3, NY.3, Z.10 และ Z.14 โดยสถานีวัดน้ำท่าเหล่านี้มีจำนวนสถานีวัดน้ำท่าด้านเหนือน้ำเท่ากับ 8, 1, 3 และ 1 ตามลำดับ ทั้งนี้ผลการประเมินความลึกฝนรายเดือนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าทั้ง 28 สถานีแสดง ดังในตารางที่ 3.3

### 3. วิเคราะห์การคายระเหยแบบรายวันของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

ในการวิเคราะห์การคายระเหยแบบรายวันเพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้าสำหรับแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD นั้น จะใช้วิธี Penman Monteith ดังกล่าวข้างต้น ผลการประเมินการคายระเหยของพีชอ้างอิงรายเดือนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำท่าทั้ง 28 สถานี แสดงดังในตารางที่ 3.4

**ตารางที่ 3.3 ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำท่า 28 สถานีที่ใช้เพื่อการประยุกต์  
แบบจำลอง FLEXL**

หน่วย: มิลลิเมตร

รหัสสถานี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
KGT12	5.2	22.9	39.5	80.2	166.0	151.3	220.1	223.6	292.2	164.4	23.8	5.3	1217.6	176.8	1394.4
KGT15A	8.3	23.5	46.0	89.3	191.2	178.4	270.7	268.2	329.5	190.1	26.9	7.4	1428.1	201.4	1629.5
KGT14	9.7	20.1	49.5	85.6	171.8	158.5	204.9	207.0	301.5	194.5	26.2	3.5	1238.2	194.7	1432.9
KGT33	8.5	20.6	64.5	100.4	167.2	162.6	185.1	197.2	312.0	176.7	30.1	2.5	1200.9	226.7	1427.5
NY4	10.3	23.2	66.7	98.2	216.6	274.1	307.3	319.5	432.1	169.8	46.6	3.8	1719.5	248.8	1968.3
NY6	14.1	23.4	54.8	88.3	183.3	161.0	194.2	186.9	316.1	165.5	38.3	9.3	1206.9	228.2	1435.1
KGT9	7.0	16.9	39.3	81.4	140.9	150.4	173.5	185.1	264.6	151.3	28.4	4.5	1065.8	177.5	1243.2
KGT34	9.0	19.6	54.6	95.6	172.2	169.0	212.1	213.6	315.2	184.0	28.3	3.0	1266.1	210.1	1476.1
NY3	10.9	21.7	48.2	80.2	184.2	169.6	209.8	201.6	324.8	158.6	36.7	8.0	1248.5	205.7	1454.3
KGT42	7.0	17.2	39.3	80.4	143.2	151.6	178.0	186.9	268.4	151.1	27.3	4.2	1079.2	175.5	1254.8
KGT13A	6.4	19.7	39.6	80.7	154.3	152.8	197.1	203.4	279.9	156.8	25.8	4.6	1144.3	176.8	1321.1
KGT3	7.6	20.8	43.8	84.9	164.3	160.0	211.5	213.0	293.8	163.8	25.7	4.5	1206.4	187.4	1393.8
Z42	11.9	23.2	38.3	121.0	225.9	235.3	273.2	269.4	330.1	170.2	25.8	5.9	1504.1	226.2	1730.3
Z43	13.6	22.4	38.3	116.7	229.5	249.7	275.8	251.5	336.2	185.8	28.5	7.3	1528.6	226.8	1755.4
Z28	12.1	25.5	42.9	120.2	214.4	218.8	254.1	271.1	314.2	163.4	26.9	7.3	1436.0	234.8	1670.7
Z52	13.8	25.6	41.2	129.6	237.2	246.5	284.0	298.7	327.5	165.0	27.4	7.1	1558.9	244.6	1803.5
Z47	22.3	47.5	91.4	177.1	377.8	486.0	674.4	538.2	592.4	296.5	75.8	10.4	2965.3	424.3	3389.6
Z13	11.5	21.6	49.2	112.4	288.7	301.4	354.1	345.0	364.0	193.0	34.0	5.4	1846.2	234.1	2080.3
Z21	12.3	23.7	56.6	129.3	379.6	438.5	530.8	533.2	466.1	241.8	40.8	3.0	2590.1	265.6	2855.7
Z18	11.8	20.9	40.8	102.0	191.4	217.3	246.2	222.1	341.1	192.9	25.9	7.5	1410.8	208.9	1619.7
Z45	11.9	38.1	66.1	166.4	393.0	493.5	659.0	593.5	560.1	277.2	52.0	5.2	2976.3	339.8	3316.1
Z46	13.7	38.1	75.7	186.4	387.0	482.6	715.6	584.2	620.3	298.2	68.9	7.1	3087.7	389.8	3477.5
TL6	9.3	17.7	58.9	90.7	275.0	270.9	318.2	338.1	358.6	199.3	35.8	4.5	1760.0	216.9	1976.8
TL3	9.9	17.7	66.7	85.4	294.8	299.8	343.5	363.4	379.4	202.1	36.6	4.2	1883.0	220.6	2103.6
TL4	10.3	17.7	71.4	83.3	323.5	343.8	392.8	399.7	414.8	209.7	37.4	4.1	2084.2	224.2	2308.3
Z30	12.7	29.8	61.3	142.6	388.0	458.8	582.8	518.4	502.5	258.1	49.2	4.8	2708.6	300.5	3009.0
Z14	11.9	22.0	60.6	116.2	363.0	409.7	488.7	490.2	447.9	232.5	40.0	3.5	2432.0	254.1	2686.1
Z10	12.9	36.8	67.8	166.1	392.4	488.7	664.5	564.7	568.2	281.4	60.4	6.0	2960.0	349.9	3309.9

**ตารางที่ 3.4** การคายระเหยเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำท่า 28 สถานีที่ใช้เพื่อการ  
ประยุกต์แบบจำลอง FLEXL

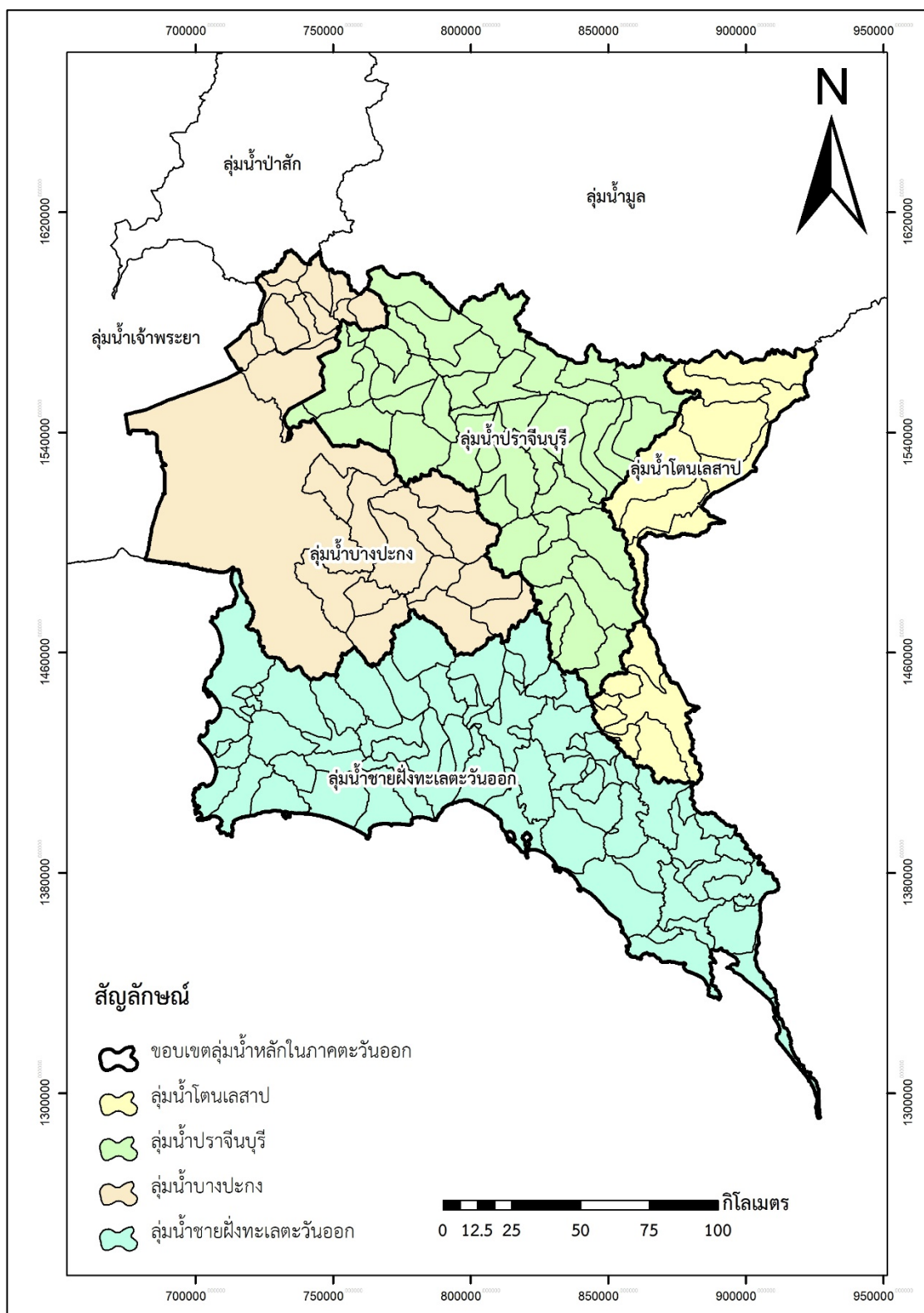
หน่วย: มิลลิเมตร

รหัสสถานี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
KGT12	109.0	112.6	136.5	143.4	130.9	116.6	114.1	112.5	103.1	112.2	109.4	106.5	689.4	717.5	1406.9
KGT15A	108.6	112.9	137.5	145.1	131.9	117.0	114.6	113.0	103.3	112.0	109.3	106.0	691.8	719.4	1411.2
KGT14	113.3	114.5	139.4	145.1	132.4	119.5	117.9	114.5	102.2	111.1	111.4	110.4	697.7	734.1	1431.7
KGT33	111.3	113.8	138.5	144.7	132.8	119.7	117.4	114.2	102.7	110.3	108.7	107.2	697.1	724.2	1421.3
NY4	114.2	114.3	137.8	144.0	131.2	116.9	114.2	111.6	103.0	112.1	111.9	111.1	689.1	733.4	1422.5
NY6	116.6	117.9	143.6	148.6	138.5	123.9	120.8	117.0	106.5	114.2	114.9	114.2	720.8	755.9	1476.7
KGT9	113.2	113.2	135.3	142.2	125.1	112.1	110.7	108.8	100.3	112.0	112.2	110.6	668.9	726.7	1395.6
KGT34	112.5	114.2	138.8	144.5	132.5	119.8	117.8	114.4	102.5	110.6	109.9	108.7	697.6	728.5	1426.1
NY3	117.0	118.1	143.9	148.9	138.6	124.2	121.2	117.3	106.5	114.2	115.0	114.4	722.0	757.3	1479.3
KGT42	113.2	113.3	135.6	142.3	125.5	112.4	110.9	109.1	100.6	112.1	112.4	110.8	670.6	727.6	1398.2
KGT13A	111.6	113.0	136.0	142.7	127.7	114.1	112.2	110.5	101.6	112.1	111.2	109.1	678.2	723.7	1401.9
KGT3	111.6	113.4	136.8	143.3	129.1	115.5	113.6	111.6	102.0	111.8	110.9	109.0	683.5	725.0	1408.5
Z42	114.2	114.7	136.5	142.8	126.4	114.5	113.5	111.9	102.2	112.3	112.4	111.0	680.9	731.5	1412.4
Z43	119.2	117.9	138.6	144.9	128.3	116.4	116.3	115.2	104.7	113.8	115.9	115.8	694.6	752.4	1447.1
Z28	112.6	113.6	136.1	143.1	124.9	112.4	111.6	109.4	100.4	111.5	111.3	109.6	670.1	726.3	1396.4
Z52	113.8	115.0	137.6	143.9	125.6	114.0	113.7	111.4	101.6	112.6	112.7	110.9	678.8	733.9	1412.8
Z47	112.1	115.3	138.7	145.2	127.4	114.9	114.4	112.9	102.5	111.4	110.8	108.8	683.6	730.9	1414.5
Z13	113.2	113.9	135.7	142.0	125.2	113.2	111.9	109.7	101.0	111.9	111.3	109.6	673.0	725.7	1398.6
Z21	114.3	114.7	136.3	142.2	125.4	114.0	113.0	111.0	101.8	112.6	112.5	111.1	677.8	731.2	1409.0
Z18	118.9	117.8	138.8	144.6	129.0	117.7	117.8	117.0	105.7	114.3	116.6	116.3	701.4	752.9	1454.3
Z45	114.5	115.4	137.8	144.2	125.5	113.7	113.5	111.4	101.6	112.5	113.0	111.5	678.2	736.4	1414.6
Z46	112.8	115.4	138.6	145.0	126.8	114.7	114.4	112.6	102.3	111.9	111.7	109.6	682.7	733.1	1415.8
Tl6	114.1	115.0	136.7	142.3	125.8	115.0	114.1	112.0	102.3	113.0	112.9	111.1	682.2	732.2	1414.4
Tl3	114.1	114.9	136.6	142.3	125.7	114.7	113.8	111.7	102.2	112.9	112.7	111.0	681.1	731.4	1412.5
Tl4	113.8	114.8	136.5	142.2	125.8	114.7	113.7	111.6	102.2	112.7	112.3	110.6	680.8	730.2	1411.0
Z30	115.0	115.2	137.3	143.7	125.1	113.0	112.6	110.7	101.3	112.4	113.2	112.0	675.2	736.4	1411.6
Z14	113.6	114.2	135.8	142.0	125.3	113.5	112.3	110.1	101.3	112.2	111.7	110.1	674.7	727.3	1402.0
Z10	113.9	115.3	137.9	144.4	125.9	113.8	113.5	111.6	101.7	112.2	112.4	110.8	678.7	734.6	1413.3

#### 4. ใช้โปรแกรม ArcGIS โดยแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาในแต่ละสถานีวิัดน้ำท่าที่เลือกใช้เพื่อการ สอบเทียบแบบจำลอง

##### 4.1 การใช้โปรแกรม ArcGIS 9.3 เพื่อการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียง

การแบ่งลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงมีจุดประสงค์เพื่อนำไปประกอบการประเมินน้ำท่าสำหรับแต่ละลุ่มน้ำย่อยด้วยแบบจำลอง KU-FLEX-SD ซึ่งเป็นแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าแบบกึ่งกระจายตัว โดยในการศึกษานี้ได้ทำการแบ่งลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงดังแสดงในรูปที่ 3.2 สำหรับผลการแบ่งลุ่มน้ำย่อยแสดงดังในตารางที่ 3.5 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีการแบ่งลุ่มน้ำย่อยทั้งสิ้นเท่ากับ 155 ลุ่มน้ำย่อย โดยลุ่มน้ำปราจีนบุรี บางปะกง โตนเลสาป และ ชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียง มีจำนวนลุ่มน้ำย่อยเท่ากับ 43, 25, 14 และ 73 ลุ่มน้ำย่อยตามลำดับ โดยขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเฉลี่ยเท่ากับ 249.7 ตารางกิโลเมตร และมีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยใหญ่สุดเท่ากับ 611.4 ตารางกิโลเมตร ในขณะที่ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำที่เล็กที่สุดเท่ากับ 1.2 ตารางกิโลเมตร ซึ่งสาเหตุที่มีขนาดเล็กมากนั้นเนื่องมาจากข้อจำกัดของลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำย่อย อย่างไรก็ตาม ลุ่มน้ำสาขาที่ราบบางปะกงไม่สามารถแบ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยได้เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำประกอบด้วยคลองชลประทานหลายสาย ซึ่งไม่สามารถหาขอบเขตของลุ่มน้ำย่อยที่ชัดเจนได้



รูปที่ 3.2 ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำภาคตะวันออก

ตารางที่ 3.5 ผลการแบ่งลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำในภาคตะวันออก

ลุ่มน้ำหลัก	ลุ่มน้ำสาขา	จำนวน ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ของลุ่มน้ำย่อย (ตร.กม.)		
			เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
ปราจีนบุรี	คลองพระสะทึง	11	240	453.2	30
	แม่น้ำพระปรัง	12	207.7	346.5	4.9
	แม่น้ำหนุมาน	8	268.2	353.4	152
	แม่น้ำปราจีนบุรีตอนล่าง	12	182.2	400.2	1.2
พิจารณาทั้งลุ่มน้ำ		43	224.5	453.2	1.2
บางปะกง	คลองท่าลาด	10	293	439.4	176.3
	คลองหลวง	3	275.1	351.4	160.4
	แม่น้ำนครนายก	12	147.8	537.3	47.2
	ที่ราบแม่น้ำบางปะกง	*	*	*	*
พิจารณาทั้งลุ่มน้ำ		25	238.6	537.3	47.2
โตนเลสาป	โตนเลสาปตอนบน	4	403.4	546.5	272.9
	ห้วยพรมโหด	2	466.5	580.7	352.2
	โตนเลสาปตอนล่าง	8	192.4	484.8	3.8
พิจารณาทั้งลุ่มน้ำ		14	354.1	580.7	3.8
ชายฝั่งทะเล ตะวันออก	คลองใหญ่	7	247.1	410.5	129.6
	แม่น้ำประแสร์	10	213.8	368.2	38.6
	คลองโตนด	12	138	371.5	3.8
	แม่น้ำเมืองตราด	10	155.9	306.4	43
	แม่น้ำจันทบุรี	12	132.8	399.8	5.2
	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	22	200.8	611.4	6.9
พิจารณาทั้งลุ่มน้ำ		73	181.4	611.4	3.8
รวม		155	249.7	611.4	1.2

## 5. สอบเทียบแบบจำลอง FLEX-L และ KU-FLEX-SD ที่สถานีวัดน้ำท่าของกลุ่มน้ำในภาคตะวันออก

### 5.1 สอบเทียบแบบจำลอง FLEX-L

การสอบเทียบแบบจำลอง FLEXL จะดำเนินการสำหรับสถานีวัดน้ำท่า 28 สถานี ซึ่งประกอบด้วยสถานี KGT.42, KGT.9, KGT.13A, KGT.12, KGT.15A, KGT.34, KGT.33, KGT.14, KGT.3, NY.3, NY.4, NY.6, TL.6, TL.3, TL.4, Z.18, Z.42, Z.28, Z.52, Z.43, Z.13, Z.21, Z.14, Z.30, Z.45, Z.46, Z.10 และ Z.47 โดยการสอบเทียบแบบจำลองดังกล่าวจะดำเนินการโดยอัตโนมัติด้วยโปรแกรม MOSCEM

### 5.2 สอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD

การสอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD จะดำเนินการในลักษณะคล้ายกับแบบจำลอง FLEXL แต่จะดำเนินการกับสถานีวัดน้ำท่าที่อยู่ด้านท้ายน้ำเท่านั้น โดยสถานีวัดน้ำท่าท้ายน้ำที่พิจารณาประกอบด้วย สถานีวัดน้ำท่า KGT.3, NY.3, Z.10 และ Z.14 ซึ่งนอกจากการสอบเทียบด้วยแบบจำลองนี้จะได้ผลลัพธ์เป็นผลการประเมินน้ำท่าของสถานีดังกล่าวแล้ว ยังได้ผลการประเมินน้ำท่าของสถานีวัดน้ำท่าด้านเหนือน้ำของสถานีเหล่านั้นดังแสดงในตารางที่ 3.6

**ตารางที่ 3.6** สถานีวัดน้ำท่าด้านท้ายน้ำที่ใช้สอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD และสถานีวัดน้ำท่าด้านเหนือน้ำของสถานีวัดน้ำท่าเหล่านั้น

สถานีวัดน้ำท่า ด้านท้ายน้ำ	สถานีวัดน้ำท่าด้านเหนือน้ำ
Z.14	Z.21
Z.10	Z.30, Z.45, Z.46
NY.3	NY.6
KGT.3	KGT.9, KGT.12, KGT.13A, KGT.15A, KGT.33, KGT.34, KGT.42, KGT.14



## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การศึกษาเพื่อการประเมินน้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงใต้โดยใช้แบบจำลองแบบน้ำฝน – น้ำท่า แบบลัมพ์และแบบกึ่งกระจายตัว สามารถแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

(1) ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD โดยการสอบเทียบแบบจำลองด้วยโปรแกรม MOSCEM

(2) ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าซึ่งส่งผลกระทบต่อผลการสอบเทียบแบบจำลอง

**(1) ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD โดยการสอบเทียบแบบจำลองด้วยโปรแกรม MOSCEM สรุปได้ดังนี้**

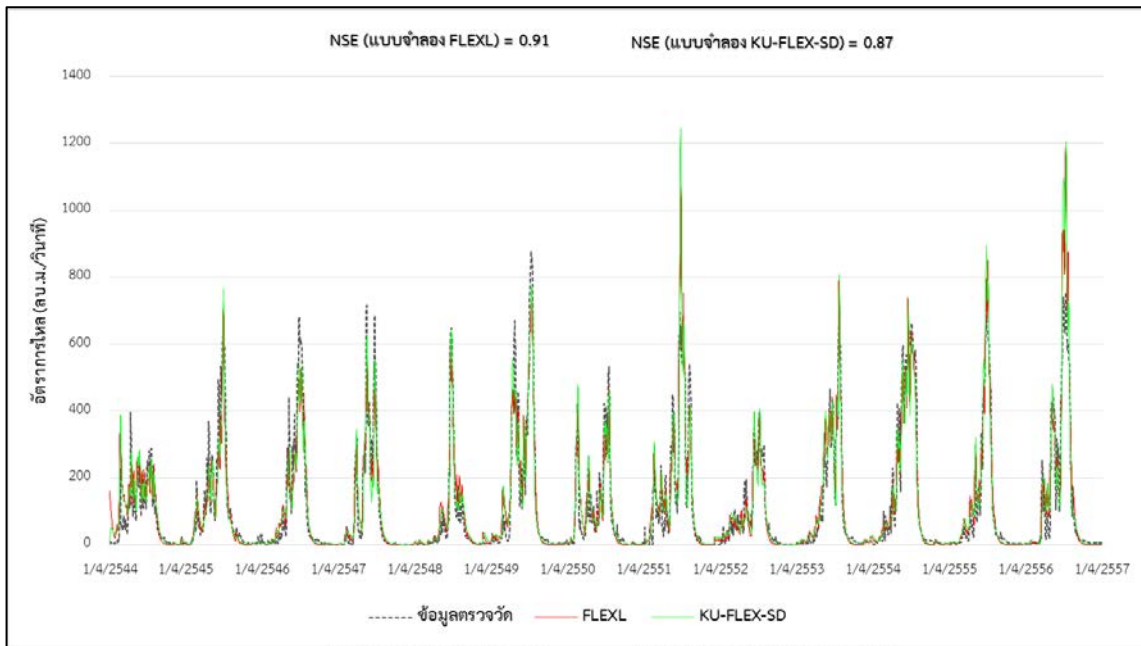
ผลการสอบเทียบแบบจำลอง FLEXL ที่สถานีวัดน้ำท่าจำนวน 28 สถานี ของลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งแบ่งออกเป็นสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำปราจีนบุรี บางปะกง โตนเลสาป และชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้จำนวน 9, 3, 3 และ 13 สถานี แสดงดังในตารางที่ 4.1 โดยในตารางดังกล่าวได้แสดงชุดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง FLEXL สำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่า นอกจากนั้นแล้ว ตารางดังกล่าวได้แสดงชุดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง KU-FLEX-SD ที่เป็นผลจากการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่าด้านท้ายน้ำจำนวน 4 สถานี ซึ่งประกอบด้วยสถานีวัดน้ำท่า KGT.3, NY.3, Z.10 และ Z.14

สำหรับผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานี KGT.3, NY.3, Z.10 และ Z.14 ตามลำดับ รวมทั้งการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมของสถานีเหล่านี้แสดงดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.4 ตามลำดับ สำหรับผลการประเมินน้ำท่าสำหรับสถานีวัดน้ำท่าอื่น ๆ อีก 24 สถานี รวมทั้งผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสม แสดงดังในภาคผนวก

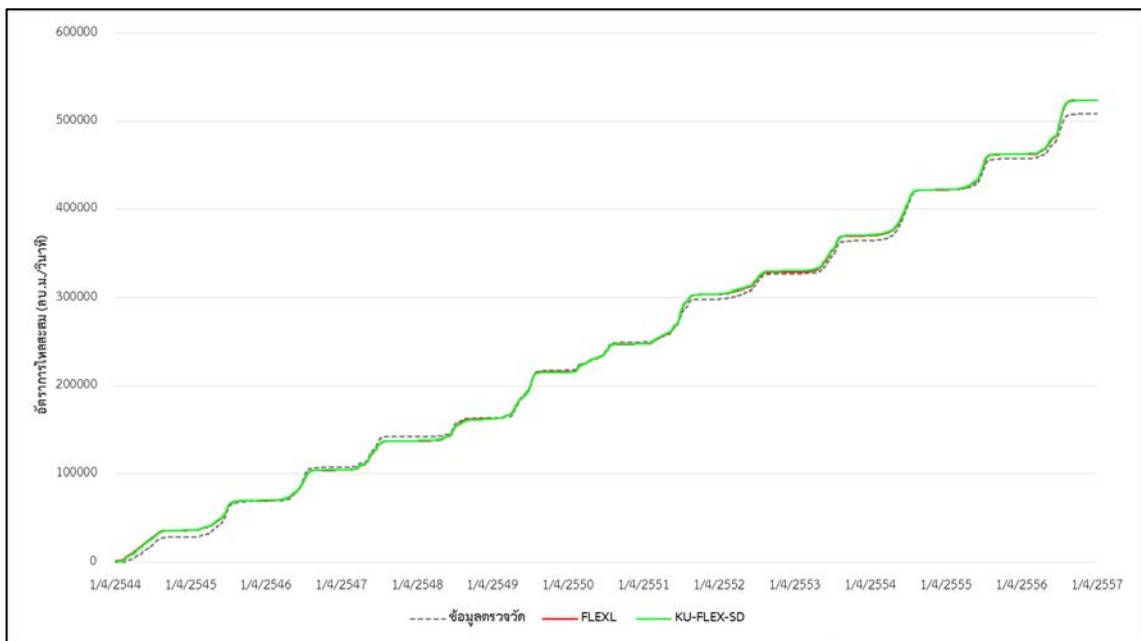
ตารางที่ 4.1 ชุดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองที่สถานีวัดน้ำท่าในภาคตะวันออกเฉียง

ลุ่มน้ำหลัก	รหัสสถานีวัดน้ำท่า	lmax	Sumax	Ce	beta	D	RKf	Ks	TLagF	TLagS	Sfmax	RKff	alpha	x
ปราจีนบุรี	KGT.3	4.65	343.82	0.71	1.38	0.01	0.95	10.01	2.94	81.69	6.07	0.04	-	-
	KGT.3 (KU-FLEX-SD)	5.06	364.82	0.68	1.33	0.88	0.06	31.41	1.63	5.38	58.24	0.32	0.67	0.24
	KGT.9	0.23	254.89	0.93	0.18	0.08	0.41	1.13	3.74	55.85	6.62	0.91	-	-
	KGT.12	3.61	362.15	0.55	0.42	0.03	0.58	6.78	4.72	67.34	5.74	0.88	-	-
	KGT.13A	3.57	281.91	0.53	0.79	0.04	0.15	7.84	1.21	87.94	11.50	0.56	-	-
	KGT.14	4.84	366.10	0.58	0.75	0.22	0.66	1.00	3.93	33.36	9.64	0.01	-	-
	KGT.15A	3.63	481.57	0.50	0.55	0.31	0.55	2.64	3.46	50.99	17.02	0.92	-	-
	KGT.33	0.52	370.55	0.89	2.41	0.24	0.46	1.25	3.99	51.51	9.51	0.32	-	-
	KGT.34	4.10	220.57	0.88	0.37	0.07	0.97	1.37	1.42	41.01	11.12	0.53	-	-
KGT.42	3.09	385.05	0.69	0.34	0.18	0.43	4.27	4.36	89.96	6.36	0.46	-	-	
บางปะกง	NY.3	0.45	314.44	0.98	0.11	0.06	0.39	1.19	3.24	18.95	11.30	0.63	-	-
	NY.3 (KU-FLEX-SD)	9.08	300.45	0.96	2.75	0.79	0.12	20.18	1.58	24.28	90.02	0.73	0.85	0.28
	NY.4	0.07	214.26	0.79	2.70	0.82	0.51	1.73	4.25	26.63	16.96	0.60	-	-
	NY.6	3.21	233.98	0.98	2.48	0.97	0.06	27.70	4.30	69.22	13.27	0.90	-	-
โตนเลสาป	TL.3	2.37	586.94	0.74	0.60	0.71	0.27	40.89	3.16	46.37	2.60	0.39	-	-
	TL.4	1.28	505.00	0.98	0.94	0.34	0.60	1.38	4.24	27.44	18.42	0.31	-	-
	TL.6	4.11	700.50	0.50	0.30	0.97	0.25	36.75	3.69	50.49	1.69	0.21	-	-
ชายฝั่งทะเลตะวันออก	Z.10	1.27	569.45	0.70	2.15	0.07	0.39	2.38	3.32	29.71	13.43	0.28	-	-
	Z.10 (KU-FLEX-SD)	2.79	272.58	0.88	2.95	0.88	0.10	36.62	1.62	11.09	44.50	0.33	0.78	0.33
	Z.13	2.09	323.87	0.84	2.93	0.03	0.55	1.53	3.21	46.13	10.05	0.09	-	-
	Z.14	0.26	285.67	0.82	2.92	1.00	0.62	70.03	3.19	33.01	19.43	0.05	-	-
	Z.14 (KU-FLEX-SD)	0.01	431.15	0.68	2.08	0.89	0.01	187.78	1.01	8.85	27.18	0.90	0.19	0.34
	Z.18	4.31	463.80	0.65	0.58	0.37	0.44	3.27	2.00	32.10	11.99	0.50	-	-
	Z.21	0.06	207.97	0.97	2.91	0.77	0.38	20.12	1.48	3.64	12.32	0.29	-	-
	Z.28	4.30	606.70	0.69	0.39	0.05	0.61	1.04	1.38	45.51	6.78	0.21	-	-
	Z.30	1.30	422.40	0.85	0.79	0.09	0.58	1.87	4.46	43.78	7.40	0.11	-	-
	Z.42	4.99	711.37	0.53	0.32	0.12	0.63	1.63	3.20	52.77	7.42	0.33	-	-
	Z.43	0.23	301.79	0.95	2.91	0.93	0.66	6.49	3.00	60.02	13.54	0.13	-	-
	Z.45	0.02	485.80	0.87	2.56	0.34	0.71	1.48	3.93	29.14	4.73	0.42	-	-
	Z.46	3.18	431.90	0.61	0.19	0.25	0.12	8.57	3.96	2.32	16.86	0.49	-	-
Z.47	4.99	601.50	0.53	0.16	0.52	0.49	1.47	2.60	35.72	19.62	0.98	-	-	
Z.52	4.80	477.19	0.96	0.11	0.93	0.63	8.05	4.09	4.31	14.77	0.41	-	-	

หมายเหตุ: ชุดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง KU-FLEX-SD มีเฉพาะที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3, NY.3, Z.10 และ Z.14 เท่านั้น นอกนั้นคือชุดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง FLEXL

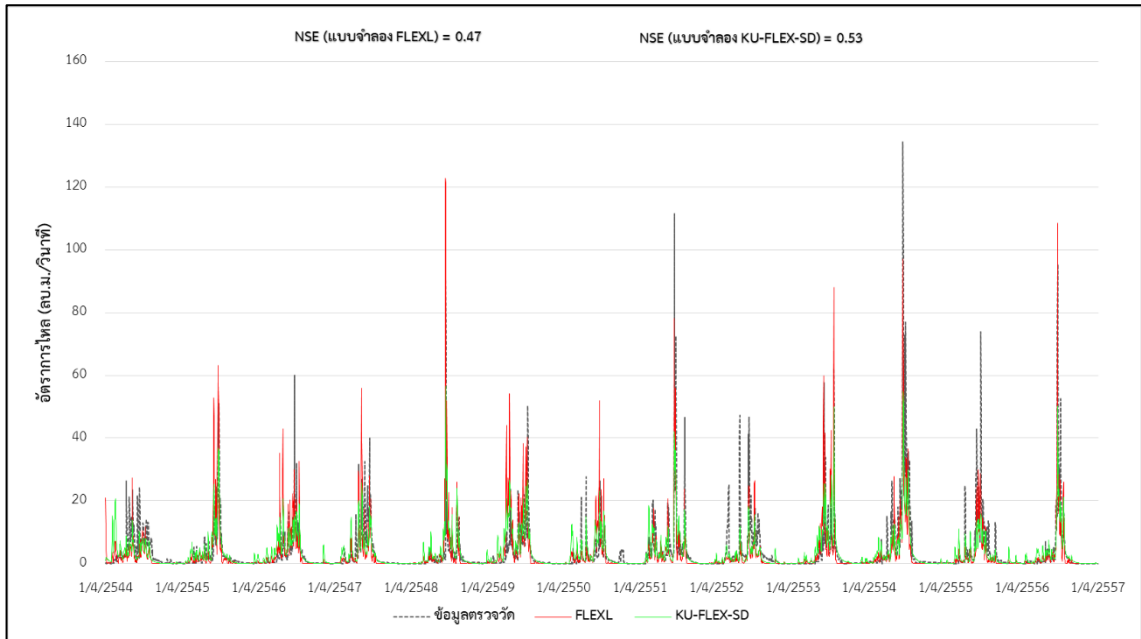


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

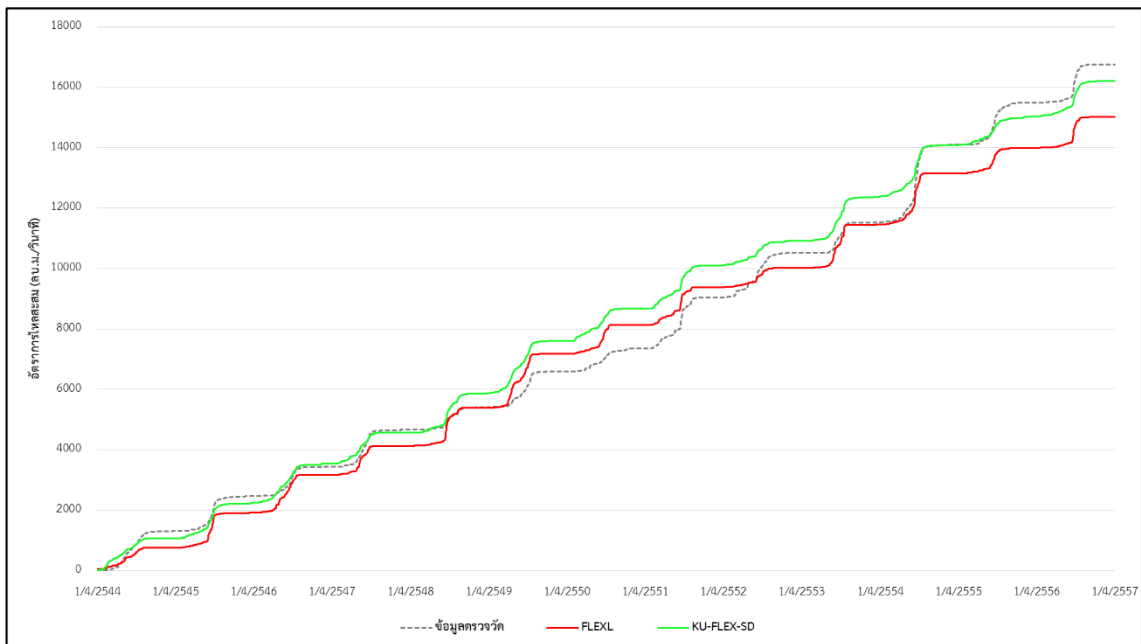


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับกราฟน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ 4.1 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.3 (ข)

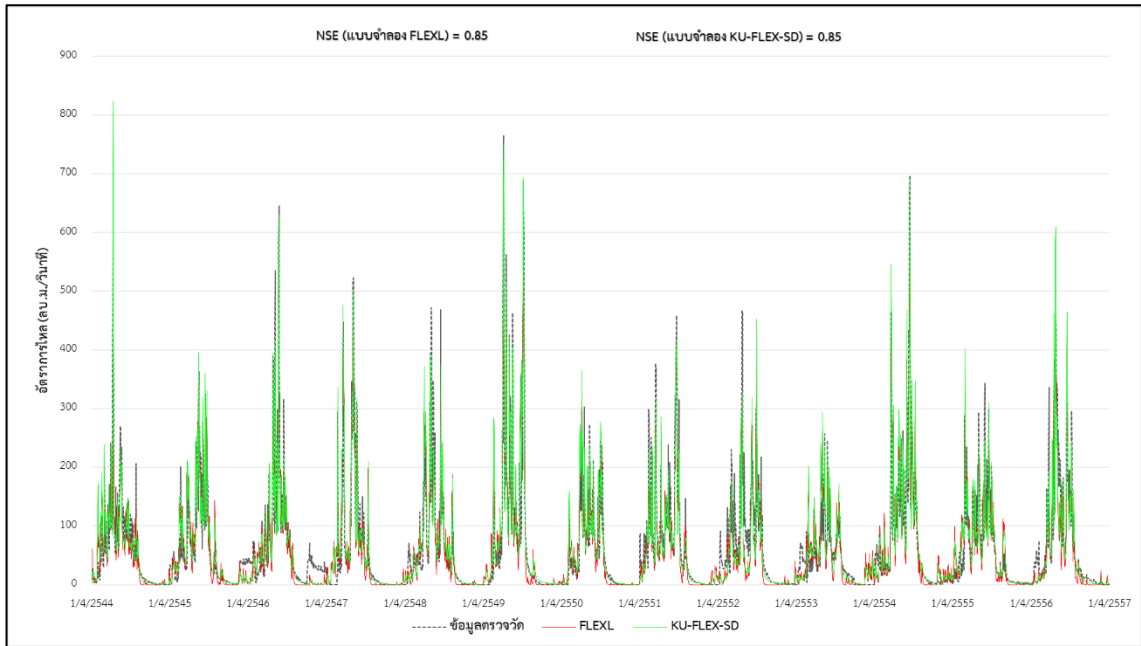


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

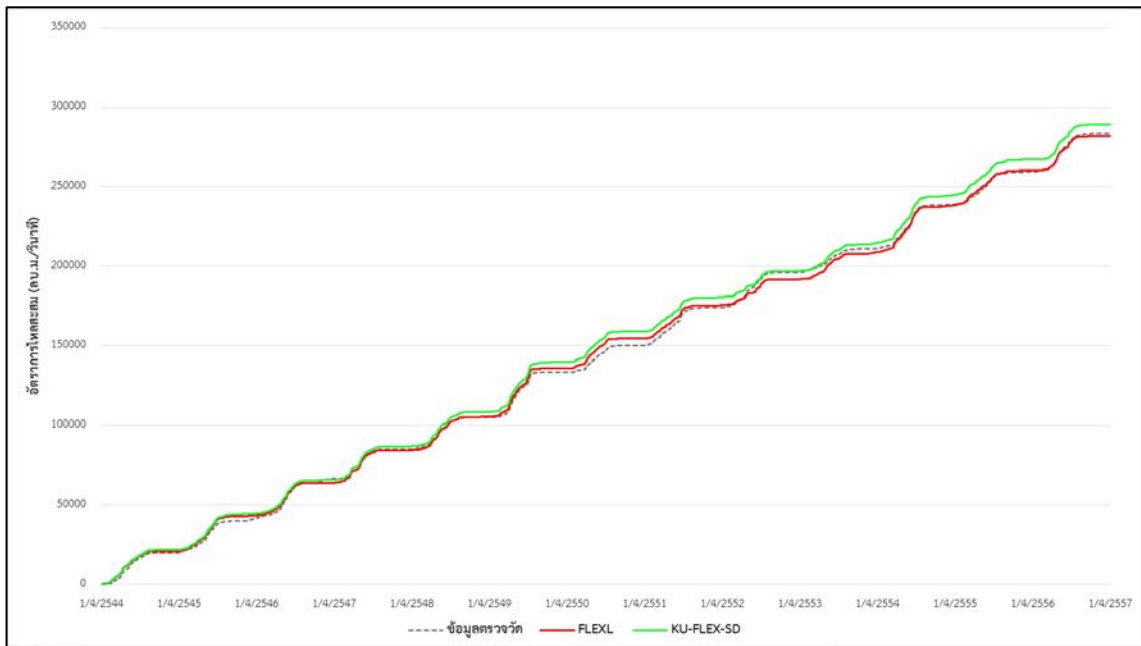


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับกราฟน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ 4.2 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า NY.3 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี NY.3 (ข)

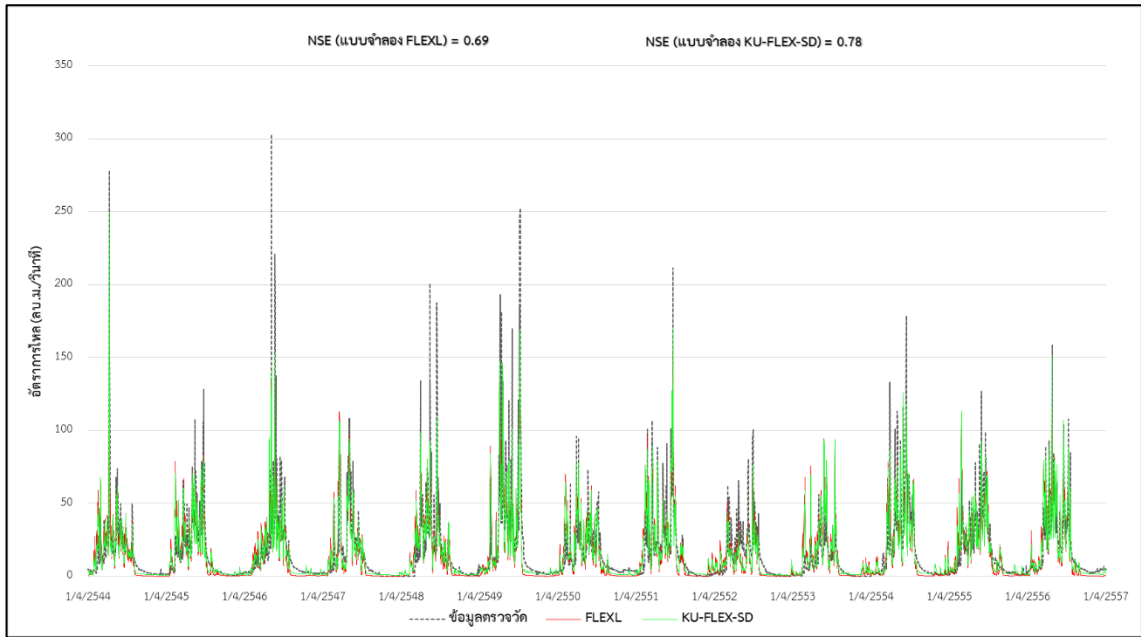


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

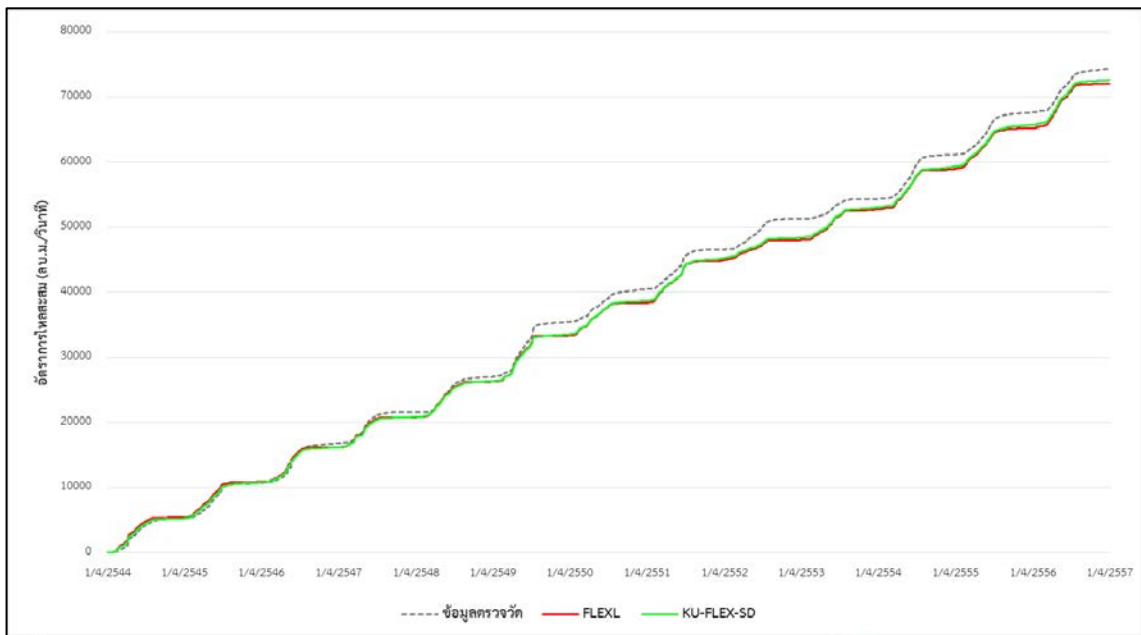


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับกราฟน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ 4.3 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.10 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.10 (ข)



(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด



(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับกราฟน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ 4.4 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.14 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.14 (ข)

ผลการเปรียบเทียบค่าทางสถิติที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD ที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3, NY.3, Z.10 และ Z.14 แสดงดังในตารางที่ 4.2 ทั้งนี้ตัวแปรทางสถิติที่ใช้เพื่อเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยโปรแกรม MOSCEM นั้น ประกอบด้วย  $KGE$ ,  $KGE_L$  และ  $KGE_{FDC}$  อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลองในแต่ละสถานีโดยใช้ตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปร กระทำได้ยาก ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ค่า NSE เป็นตัวแปรกลางทางสถิติเพื่อแสดงภาพรวมของประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลองในแต่ละสถานี จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง FLEXL ให้ค่า NSE ที่สูงกว่าแบบจำลอง KU-FLEX-SD จำนวน 1 สถานี คือ สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 โดยมีค่าสูงกว่าเท่ากับ 4.73%, ในขณะที่แบบจำลอง KU-FLEX-SD ให้ค่า NSE สูงกว่าแบบจำลอง FLEXL จำนวน 3 สถานี ซึ่งประกอบด้วยสถานีวัดน้ำท่า NY.3, Z.10 และ Z.14 โดยมีค่าสูงกว่าเท่ากับ 14.25%, 0.16% และ 12.24% ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลอง มีความสามารถในการสอบเทียบแบบจำลองที่ใกล้เคียงกัน

สำหรับผลการสอบเทียบค่าทางสถิติของผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง FLEXL และที่เป็นผลพลอยได้จากแบบจำลอง KU-FLEX-SD ที่สถานีวัดน้ำท่าจำนวน 13 สถานี ในภาคตะวันออก แสดงดังตารางที่ 4.3 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในลุ่มน้ำปราจีนบุรีที่มีการสอบเทียบแบบจำลอง โดยแบบจำลอง KU-FLEX-SD ที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 นั้น จะให้ผลพลอยได้คือการประเมินน้ำท่าที่ 8 สถานี ซึ่งประกอบด้วย สถานีวัดน้ำท่า KGT.9, KGT.12, KGT.13A, KGT.14, KGT.15A, KGT.33, KGT.34 และ KGT.42 โดยจะเห็นได้ว่า ผลการประเมินน้ำท่าโดยตรงด้วยแบบจำลอง FLEXL ให้ผลการประเมินน้ำท่าที่ถูกต้องกว่าที่ได้จากผลพลอยได้โดยแบบจำลอง KU-FLEX-SD ในทุกสถานี โดยแบบจำลอง FLEXL ให้ค่า NSE โดยเฉลี่ยที่สูงกว่าแบบจำลอง KU-FLEX-SD เท่ากับ 33.40% โดยมีค่าต่ำสุดและสูงสุดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.12 และ KGT.42 โดยมีค่า NSE ต่างกันเท่ากับ 2.22% และ 80.55% ซึ่งนับว่าเป็นความแตกต่างที่มาก

สำหรับในกรณีของกลุ่มน้ำบางปะกงซึ่งมีการสอบเทียบที่สถานีวัดน้ำท่า NY.3 และให้ผลพลอยได้ของการประเมินน้ำท่าที่สถานี NY.6 โดยในตารางแสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง FLEXL ให้ผลการประเมินน้ำท่าที่ถูกต้องกว่าที่ได้จากแบบจำลอง KU-FLEX-SD โดยมีค่า NSE ต่างกันถึง 34.97%

สำหรับในกรณีของกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกซึ่งมีการสอบเทียบที่สถานีวัดน้ำท่า Z.10 และ Z.14 โดยสำหรับสถานีวัดน้ำท่า Z.10 ให้ผลพลอยได้ของการประเมินน้ำท่าที่สถานี Z.30, Z.45 และ Z.46 โดยในตารางแสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง FLEXL ให้ผลการประเมินน้ำท่าที่ถูกต้องกว่าที่ได้จากแบบจำลอง KU-FLEX-SD โดยมีค่า NSE ต่างกันเพียง 1.89% ในขณะที่สถานีวัดน้ำท่า Z.14

ให้ผลพลอยได้ของการประเมินน้ำท่าที่สถานี Z.21 โดยในตารางแสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง FLEXL ให้ผลการประเมินน้ำท่าที่ใกล้เคียงกับที่ได้จากแบบจำลอง KU-FLEX-SD โดยผลการประเมินน้ำท่าจากแบบจำลอง FLEXL มีค่าที่ถูกต้องกว่า ซึ่งมีค่า NSE ต่างกันเพียง 0.54%

สำหรับสถานีวัดน้ำท่าอีก 11 สถานี ประกอบด้วยสถานีวัดน้ำท่า NY.4, TL.3, TL.4, TL.6, Z.13, Z.18, Z.28, Z.42, Z.43, Z.47 และ Z.52 ซึ่งถูกสอบเทียบโดยแบบจำลอง FLEXL เท่านั้น โดยมีค่าทางสถิติของผลการประเมินน้ำท่าแสดงดังตารางที่ 4.4 โดยจากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า สถานีดังกล่าวมีค่า NSE เท่ากับ 0.73, 0.96, 0.95, 0.75, 0.94, 0.92, 0.86, 0.88, 0.54, 0.91 และ 0.84 ตามลำดับ

**ตารางที่ 4.2** การเปรียบเทียบค่าทางสถิติของผลการประเมินน้ำท่าจากการสอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD ที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3, NY.3, Z.10 และ Z.14

ลุ่มน้ำหลัก	รหัสสถานี วัดน้ำท่า ด้านท้ายน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	การสอบเทียบแบบจำลอง								% ความ แตกต่าง
			FLEXL				KU-FLEX-SD				
			NSE	KE	KE <sub>L</sub>	KE <sub>FDC</sub>	NSE	KE	KE <sub>L</sub>	KE <sub>FDC</sub>	
ปราจีนบุรี	KGT.3	7,611	0.91	0.95	0.74	0.97	0.87	0.92	0.93	0.95	4.73
บางปะกง	NY.3	199	0.47	0.72	0.66	0.91	0.53	0.62	0.74	0.72	-14.25
ชายฝั่งทะเล	Z.10	781	0.85	0.92	0.52	0.99	0.85	0.92	0.85	0.97	-0.16
ตะวันออก	Z.14	225	0.69	0.83	0.42	0.93	0.78	0.82	0.86	0.86	-12.24



**ตารางที่ 4.3** การเปรียบเทียบค่าทางสถิติของผลการประเมินน้ำท่าจากการสอบเทียบแบบจำลอง FLEXL และที่เป็นผลพลอยได้จากแบบจำลอง KU-FLEX-SD ที่สถานีวัดน้ำท่าจำนวน 13 สถานีในภาคตะวันออกเฉียง

ลุ่มน้ำหลัก	รหัสสถานีวัดน้ำท่า	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	การสอบเทียบแบบจำลอง								% ความแตกต่าง	สัมประสิทธิ์น้ำท่า (C)	
			FLEXL				KU-FLEX-SD						
			NSE	KGE	KGE <sub>L</sub>	KGE <sub>FDC</sub>	NSE	KGE	KGE <sub>L</sub>	KGE <sub>FDC</sub>	NSE		
ปราจีนบุรี	<b>*KGT.3</b>	<b>7,611</b>											0.31
	KGT.9	2,258	0.66	0.83	0.37	0.96	0.43	0.60	0.47	0.78	42.61	0.35	
	KGT.12	1,557	0.82	0.91	0.44	0.98	0.80	0.81	0.50	0.83	2.22	0.26	
	KGT.13A	4,385	0.72	0.86	0.58	0.96	0.69	0.76	0.81	0.80	4.16	0.28	
	KGT.14	351	0.64	0.80	0.64	0.93	0.27	0.43	0.70	0.65	81.79	0.28	
	KGT.15A	783	0.72	0.85	0.69	0.96	0.42	0.30	0.59	0.37	52.08	0.30	
	KGT.33	621	0.59	0.71	0.58	0.82	0.43	0.24	0.46	0.27	31.92	0.62	
	KGT.34	1,210	0.49	0.71	0.39	0.91	0.47	0.42	0.69	0.49	4.20	0.54	
	KGT.42	2,610	0.68	0.84	0.81	0.97	0.29	0.37	0.65	0.42	80.55	0.30	
เฉลี่ย	2,376	0.67	0.81	0.56	0.94	0.47	0.49	0.61	0.58	33.40	0.36		
บางปะกง	<b>*NY.3</b>	<b>199</b>											0.39
	NY.6	111	0.38	0.52	0.43	0.68	0.24	0.26	-4.49	0.44	34.97	0.46	
	เฉลี่ย	155	0.38	0.52	0.43	0.68	0.24	0.26	-4.49	0.44	34.97	0.42	
ชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียง	<b>*Z.10</b>	<b>781</b>											0.73
	Z.30	306	0.63	0.81	0.51	0.97	0.49	0.71	0.70	0.79	21.77	0.76	
	Z.45	61	0.34	0.64	0.53	0.94	0.40	0.61	0.30	0.80	-20.65	0.95	
	Z.46	92	0.25	0.57	0.38	0.86	0.30	0.56	0.53	0.80	-18.30	0.85	
	เฉลี่ย	310	0.41	0.67	0.47	0.92	0.40	0.62	0.51	0.80	-5.72	0.82	
	<b>*Z.14</b>	<b>225</b>											0.82
	Z.21	74	0.66	0.77	0.35	0.86	0.66	0.61	0.63	0.64	0.54	0.91	
เฉลี่ย	150	0.66	0.77	0.35	0.86	0.66	0.61	0.63	0.64	0.54	0.87		

หมายเหตุ: \* หมายถึงสถานีที่ใช้สอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD

**ตารางที่ 4.4** ค่าทางสถิติของผลการประเมินน้ำท่าที่ดำเนินการโดยแบบจำลอง FLEXL ที่สถานีวัดน้ำท่าในภาคตะวันออกเฉียง

ลุ่มน้ำหลัก	รหัสสถานี วัดน้ำท่า	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	NSE	KGE	KGE <sub>L</sub>	KGE <sub>FDC</sub>	สัมประสิทธิ์ น้ำท่า (C)
บางปะกง	NY.4	150	0.36	0.53	0.61	0.73	0.93
โตนเลสาป	TL.3	71	0.41	0.70	0.34	0.96	0.48
	TL.4	81	0.48	0.73	0.49	0.95	0.63
	TL.6	42	-0.05	0.38	-0.27	0.75	0.32
ชายฝั่งทะเล ตะวันออก	Z.13	643	0.63	0.80	0.50	0.94	0.70
	Z.18	196	0.45	0.71	0.53	0.92	0.31
	Z.28	273	0.53	0.71	0.62	0.86	0.28
	Z.42	446	0.43	0.67	0.54	0.88	0.31
	Z.43	4	0.27	0.38	0.22	0.54	1.18
	Z.47	29	0.36	0.67	0.32	0.91	0.76
	Z.52	64	0.34	0.61	0.52	0.87	0.43

## (2) ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าซึ่งส่งผลกระทบต่อ การสอบเทียบแบบจำลอง

ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า คือ อัตราส่วนระหว่างความลึกน้ำท่าต่อความลึกน้ำฝนหรือเรียกว่า สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff coefficient, C) ซึ่งแสดงความสามารถของพื้นที่ลุ่มน้ำในการเปลี่ยนน้ำฝน เป็นน้ำท่า โดยค่า C จะเปลี่ยนแปลงไปตามการใช้ที่ดิน (Land use) และประเภทของดิน (Soil type) รวมทั้งสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยในกรณีที่ค่า C เท่ากับ 1 แสดงว่าน้ำฝนที่ ตกถึงพื้นที่ลุ่มน้ำถูกเปลี่ยนเป็นน้ำท่าทั้งหมด ซึ่งเป็นไปไม่ได้ในสภาพธรรมชาติ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ในตารางที่ 4.3 และ 4.4 ซึ่งได้แสดงค่า C ของสัดส่วนระหว่างน้ำท่าต่อน้ำฝนที่ได้จากการตรวจวัด เพื่อใช้ประกอบการประเมินน้ำท่าโดยแบบจำลองสำหรับแต่ละสถานีวัดน้ำท่าดังต่อไปนี้

### 2.1 ลุ่มน้ำปราจีนบุรี

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) ของทั้ง 9 สถานี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.36 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.26 ถึง 0.62 ทั้งนี้สถานีวัดน้ำท่าที่มีค่า C แตกต่างจากสถานีวัดน้ำท่าอื่น ๆ คือ สถานี KGT.33 และ KGT.34 ซึ่งมีค่า C เท่ากับ 0.62 และ 0.54 ตามลำดับ เพื่อให้เห็น การเปลี่ยนแปลงของค่า C ในแต่ละปีจึงได้แสดงค่า C ของทุกสถานีในระหว่างปีพ.ศ. 2544-2557 ดังในรูปที่ 4.5 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าค่า C ของสถานี KGT.33 และ KGT.34 มีแนวโน้มของ การเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างจากสถานีอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีพ.ศ. 2554 ซึ่งมีค่า C ของสถานี KGT.33 และ KGT.34 สูงถึง 0.95 และ 0.77 ตามลำดับ ซึ่งจัดว่าเป็นค่าที่สูงมาก

และผิดปกติเมื่อเปรียบเทียบกับปีอื่น ๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผลการสอบเทียบแบบจำลอง FLEXL ของทั้งสองสถานีจึงมีค่า NSE เพียง 0.59 และ 0.49 ตามลำดับ ซึ่งต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่น ๆ ที่ทำการสอบเทียบโดยแบบจำลอง FLEXL สำหรับในส่วนของการสอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD ที่สถานี KGT.3 ซึ่งให้ค่า NSE เท่ากับ 0.87 ในขณะที่แบบจำลอง FLEXL ให้ค่า NSE เท่ากับ 0.91 ซึ่งนับว่าไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามผลการประเมินน้ำท่าที่เป็นผลพลอยได้จากแบบจำลอง KU-FLEX-SD มีอีก 8 สถานี พบว่า ค่า NSE สำหรับสถานี KGT.12 และ KGT.13A เท่านั้นที่มีค่าเป็นที่ยอมรับได้ คือ NSE เท่ากับ 0.80 และ 0.69 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า C รายปีของสถานี KGT.3 พบว่า มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ในขณะที่สถานีอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลอง KU-FLEX-SD มีความสามารถในการประเมินน้ำท่าที่เป็นผลพลอยได้เฉพาะสถานีที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า C ในทำนองเดียวกันกับสถานีที่ทำการสอบเทียบด้านท้ายน้ำ นอกจากนั้นแล้วความถูกต้องของข้อมูลน้ำท่าหน้ามีความสำคัญมาก โดยจะเห็นได้ว่า แบบจำลอง FLEXL ไม่สามารถ สอบเทียบแบบจำลองที่สถานี KGT.33 และ KGT.34 ได้อย่างถูกต้อง เป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากข้อมูลน้ำท่าบางปีของสถานีทั้งสองมีความผิดพลาด แม้ว่าแบบจำลอง FLEXL จะทำการสอบเทียบแบบอัตโนมัติก็ตาม ก็ยังไม่สามารถปรับพารามิเตอร์ของแบบจำลองเพื่อเลียนแบบการเกิดน้ำท่าที่ไม่เป็นจริงตามธรรมชาติได้ นอกจากนั้นแล้ว มีข้อสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าในแต่ละปีของหลายสถานีอาจมีการบริหารจัดการน้ำ จึงเป็นผลให้ค่า C มีการเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลัน ซึ่งในกรณีนี้ไม่ว่าแบบจำลองใดก็ไม่สามารถประเมินน้ำท่าได้อย่างถูกต้องได้

## 2.2 ลุ่มน้ำบางปะกง

จากผลการประเมินน้ำท่าโดยแบบจำลอง FLEXL พบว่าค่า NSE อยู่ในเกณฑ์ต่ำสำหรับสถานี NY.3 และ NY.6 โดยมีค่าเท่ากับ 0.47 และ 0.38 โดยทั้งสองสถานีมีค่า C เท่ากับ 0.39 และ 0.46 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่า C รายปีของทั้งสองสถานีในรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า ค่า C ในปีพ.ศ. 2551, 2552, 2554 และ 2556 มีค่าที่สูงผิดปกติเมื่อเปรียบเทียบกับค่า C ในปีอื่น ๆ ซึ่งอาจเกิดจากผลของการบริหารจัดการน้ำ ทำให้ยากต่อการสอบเทียบแบบจำลอง FLEXL ดังนั้นผลการสอบเทียบแบบจำลอง ที่สถานี NY.3 โดยแบบจำลอง KU-FLEX-SD และให้ผลพลอยได้ที่สถานี NY.6 ซึ่งให้ค่า NSE ที่ต่ำเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.53 และ 0.24 ตามลำดับ สำหรับการสอบเทียบเฉพาะแบบจำลอง FLEXL ที่สถานีวัดน้ำท่า NY.4 พบว่า ให้ค่า NSE เท่ากับ 0.36 (ตารางที่ 4.4) ทั้งนี้ค่า C เฉลี่ยของสถานีนี้เท่ากับ 0.93 และค่า C ในปีพ.ศ. 2554 มีค่าสูงถึง 1.92 ซึ่งเป็นผลให้

แบบจำลอง FLEXL ไม่สามารถประเมินน้ำท่าได้ใกล้เคียงกับที่ได้จากการตรวจวัด จึงทำให้กราฟน้ำท่าสะสมที่ได้จากแบบจำลอง มีค่าต่ำกว่า ที่ได้จากการตรวจวัดมาก ดังนั้น ข้อมูลน้ำท่าในปีพ.ศ. 2554 น่าจะมีความผิดพลาดหรือมีการผันน้ำเข้าสู่ลุ่มน้ำ ซึ่งทำให้แบบจำลองไม่สามารถเลียนแบบการประเมินน้ำท่าที่เกิดจากการบริหารจัดการน้ำได้

## 2.3 ลุ่มน้ำโตนเลสาบ

สถานีวัดน้ำท่าทั้ง 3 สถานี ในลุ่มน้ำโตนเลสาบ เป็นสถานีอิสระที่ไม่เชื่อมโยงกัน ดังนั้นในการศึกษาจึงสอบเทียบเฉพาะแบบจำลอง FLEXL เท่านั้น โดยผลการสอบเทียบพบว่า ค่า NSE ของทั้งสามสถานีมีค่าอยู่ในเกณฑ์ไม่ดีคือที่สถานี TL.3, TL.4 และ TL.6 มีค่าเท่ากับ 0.41, 0.48 และ 0.05 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) สำหรับค่า C เฉลี่ยรายปีของสถานีเหล่านี้มีค่าเท่ากับ 0.48, 0.63 และ 0.32 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาค่า C รายปีของสถานีเหล่านี้ในรูปที่ 4.7 พบว่า ค่า C ของสถานี TL.4 มีค่าที่สูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีพ.ศ. 2552 ซึ่งมีค่าสูงถึง 1.04 ในขณะที่ปีพ.ศ. 2553 มีค่าเพียง 0.21 นอกจากนั้นแล้ว ที่สถานี TL.3 มีค่า C เฉลี่ยเท่ากับ 0.48 แต่ค่า C ในปีพ.ศ. 2552 เพิ่มขึ้นเป็น 0.74 และลดต่ำลงเป็น 0.20 ในปีพ.ศ. 2553 ในขณะที่สถานี TL.6 มีค่า C เฉลี่ยเท่ากับ 0.32 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.13 ในปีพ.ศ. 2553 และสูงสุดเท่ากับ 0.50 ในปีพ.ศ. 2547 ซึ่งนับว่ามีความแตกต่างกันมากจากค่า C ที่มีความผันแปรอย่างมากใน 3 สถานีนี้ ซึ่งถ้าข้อมูลน้ำท่ามีความถูกต้องแล้ว แสดงว่ามีการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำโตนเลสาบอย่างมาก ซึ่งทำให้แบบจำลอง FLEXL ไม่สามารถประเมินน้ำท่าได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

## 2.4 ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

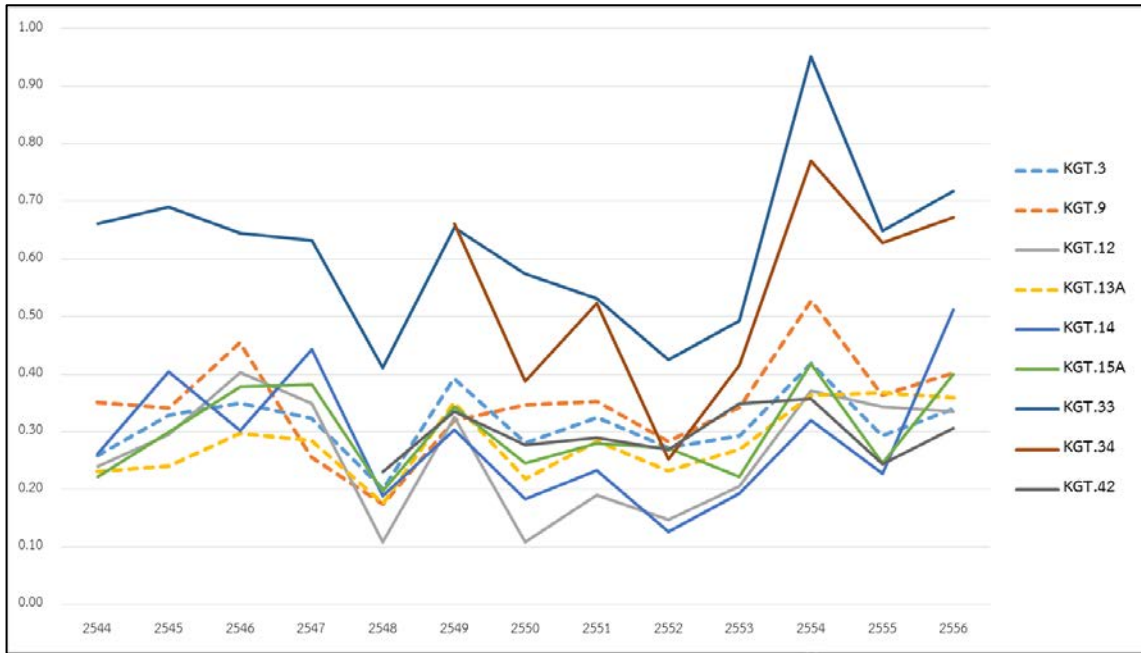
สถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกที่ทำการศึกษามีทั้งสิ้น 13 สถานี โดยเป็นสถานีที่สอบเทียบโดยแบบจำลอง KU-FLEX-SD จำนวน 2 สถานี คือ Z.1 และ Z.14 สำหรับผลการสอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD ที่สถานี Z.14 จะได้ผลพลอยได้ที่สถานี Z.21 จากผลการสอบเทียบพบว่า ค่า NSE ของสถานี Z.14 และ Z.21 มีค่าเท่ากับ 0.78 และ 0.66 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับผลการสอบเทียบโดยแบบจำลอง FLEXL ซึ่งให้ค่า NSE เท่ากับ 0.69 และ 0.66 ตามลำดับ ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่พอใช้ได้แต่ไม่ดีเท่าที่ควร และเมื่อพิจารณาค่า C เฉลี่ยรายปีพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.82 และ 0.91 ตามลำดับ ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่สูงมากไม่น่าจะเป็นไปได้ และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า C รายปีของสถานีทั้งสองดังแสดงในรูปที่ 4.8 พบว่าค่า C ของสถานี Z.14 ในปีพ.ศ. 2552 มีค่าเกิน 1 ถึง 5 ปี

ในจำนวน 13 ปีน้ำ ซึ่งนับว่าเป็นไปไม่ได้ในทางธรรมชาติ ดังนั้น จะต้องมีการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำของสถานีวัดน้ำท่าทั้ง 2 สถานี อย่างแน่นอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่สถานี Z.10 ด้วยเหตุผลดังกล่าว การประเมินน้ำท่าโดยแบบจำลองทั้งสองจึงมีความผิดพลาดพอสมควร

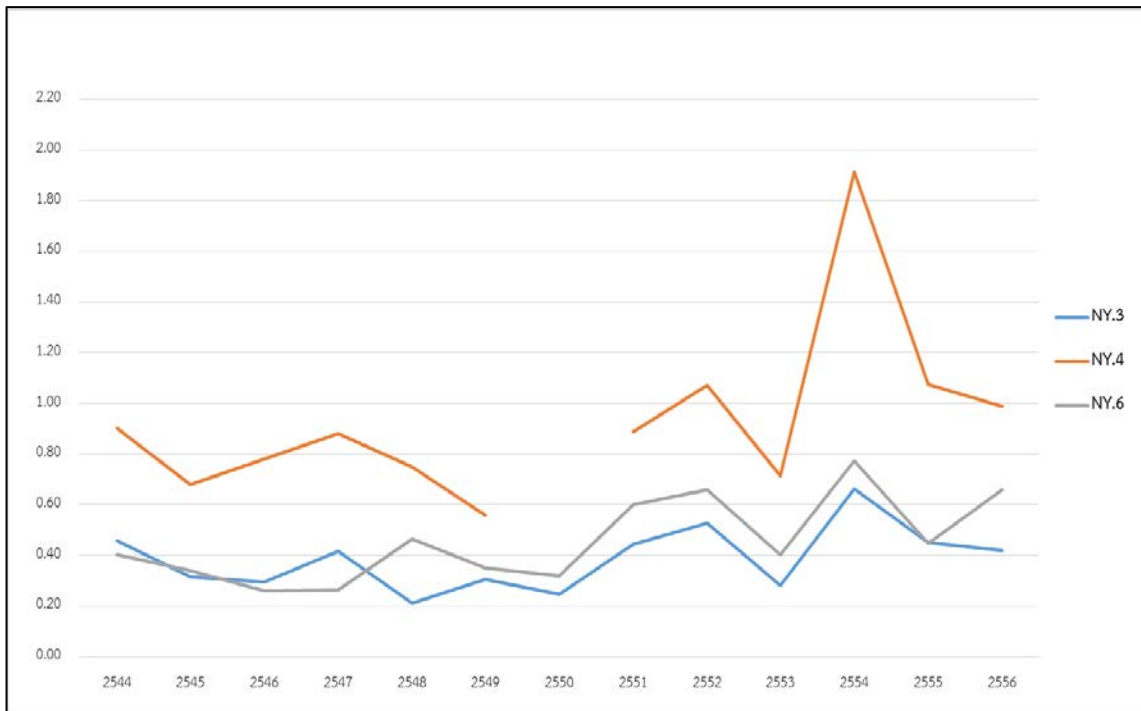
สำหรับในส่วนของสถานี Z.10 ที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง KU-FLEX-SD และได้ผลพลอยได้เป็นการประเมินน้ำท่าที่สถานี Z.30, Z.45 และ Z.46 นั้น พบว่าให้ค่า NSE ที่สถานี Z.10 เท่ากับ 0.85 ซึ่งเท่ากับการสอบเทียบที่สถานีนี้โดยแบบจำลอง FLEXL สำหรับค่า NSE ที่เป็นผลพลอยได้โดยแบบจำลอง KU-FLEX-SD ที่สถานี Z.30, Z.45 และ Z.46 พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.49, 0.40 และ 0.30 ตามลำดับ ในขณะที่ ค่า NSE ที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL ของสถานีเหล่านี้มีค่าเท่ากับ 0.63, 0.34 และ 0.25 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า NSE ที่น้อยจนถึงน้อยมาก และเมื่อพิจารณาค่า C ของสถานีทั้ง 4 สถานี พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.73, 0.76, 0.95 และ 0.85 ตามลำดับ ซึ่งจัดว่าเป็นค่า C ที่สูงมากในทุกสถานี ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการบริหารจัดการน้ำที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำของสถานีวัดน้ำท่าเหล่านี้ และเมื่อพิจารณาค่า C ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละปีของสถานีเหล่านี้ (รูปที่ 4.9) พบว่าค่า C ของสถานี Z.30 มีค่ามากกว่าถึง 1.68 ในปีพ.ศ. 2553 และค่า C ของสถานี Z.45 มีค่ามากกว่า 1 ใน 4 ปี เท่ากับ 1.16, 1.55, 1.55 และ 1.42 ในปีพ.ศ. 2550, 2552, 2555 และ 2556 ซึ่งนับเป็นค่าที่เป็นไปไม่ได้ในธรรมชาติ ซึ่งแสดงให้เห็นผลกระทบจากการบริหารจัดการน้ำที่ชัดเจนสำหรับสถานีเหล่านี้ ซึ่งส่งผลกระทบให้ไม่สามารถประเมินน้ำท่าได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ไม่ว่าจะดำเนินการโดยแบบจำลอง FLEXL หรือ KU-FLEX-SD

สำหรับส่วนของสถานี Z.13, Z.18, Z.28, Z.42, Z.43, Z.47 และ Z.52 ซึ่งไม่มีการไหลต่อเนื่องกันระหว่างสถานี ดังนั้นจึงดำเนินการสอบเทียบโดยแบบจำลอง FLEXL เท่านั้น จากผลการสอบเทียบพบว่าค่า NSE มีค่าเท่ากับ 0.63, 0.45, 0.53, 0.43, 0.27, 0.36 และ 0.34 ตามลำดับ ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่น้อยมาก และเมื่อพิจารณาค่า C เฉลี่ยรายปี พบว่าสถานีเหล่านี้มีค่าเท่ากับ 0.70, 0.31, 0.28, 0.31, 1.18, 0.76 และ 0.43 ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าค่า C ของสถานี Z.43 มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งนับว่าเป็นไปไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีพ.ศ. 2544, 2545, 2546, 2550 และ 2554 มีค่าสูงถึง 1.99, 1.61, 2.10, 1.87 และ 1.30 ตามลำดับ ซึ่งจัดว่าสูงมาก ๆ แสดงถึงการบริหารจัดการน้ำที่เด่นชัดมาก ในขณะเดียวกันที่สถานี Z.13 และ Z.47 มีค่า C เฉลี่ยรายปีสูงถึง 0.70 และ 0.76 ซึ่งสูงเกินความเป็นจริงทางธรรมชาติ ทำให้ค่า NSE ของสถานีเหล่านี้มีค่าต่ำมาก อย่งไรก็ตาม ที่สถานี Z.18, Z.28, Z.42 และ Z.52 ที่มีค่า C เฉลี่ยรายปีเท่ากับ 0.31, 0.28, 0.31 และ 0.43 ตามลำดับ

นั้นพบว่ามีค่า NSE เท่ากับ 0.45, 0.53, 0.43 และ 0.34 ตามลำดับ ซึ่งนับว่าต่ำมาก โดยเมื่อพิจารณาค่า C รายปีของสถานี Z.18 และ Z.52 (รูปที่ 4.10) พบว่าค่า C รายปีมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าสถานี Z.28 และ Z.42 โดยสถานี Z.52 มีค่า C อยู่ระหว่าง 0.18 ในปีพ.ศ. 2548 และมีค่า C สูงสุดเท่ากับ 0.74 ในปีพ.ศ. 2556 ในขณะที่สถานี Z.18 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.18 ในปีพ.ศ. 2547 และสูงสุดเท่ากับ 0.55 ในปีพ.ศ. 2545 นอกจากนั้นแล้วค่า C ที่มีการเปลี่ยนแปลงรายปีของทั้งสองสถานีดังกล่าวที่มาก ทำให้ค่า NSE ของทั้งสองต่ำ สำหรับสถานี Z.28 นับว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่า C รายปีน้อยกว่าสถานี Z.18, Z.43 และ Z.47 ซึ่งเป็นผลให้ค่า NSE ของสถานี Z.28 มีค่าสูงกว่าสถานีอื่น ๆ คือมีค่าเท่ากับ 0.53 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการที่สถานีวัดน้ำท่าเหล่านี้แม้จะมีค่า C ไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีวัดน้ำท่าอื่น ๆ ในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก แต่ผลการประเมินน้ำท่าโดยแบบจำลอง FLEXL ก็ไม่สามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งอาจเนื่องมาจากการบริหารจัดการลุ่มน้ำที่อยู่ข้างเคียงกัน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ไม่เกิดความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลน้ำฝนและน้ำท่า แบบจำลอง FLEXL จึงไม่สามารถนำมาใช้ประเมินน้ำท่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ



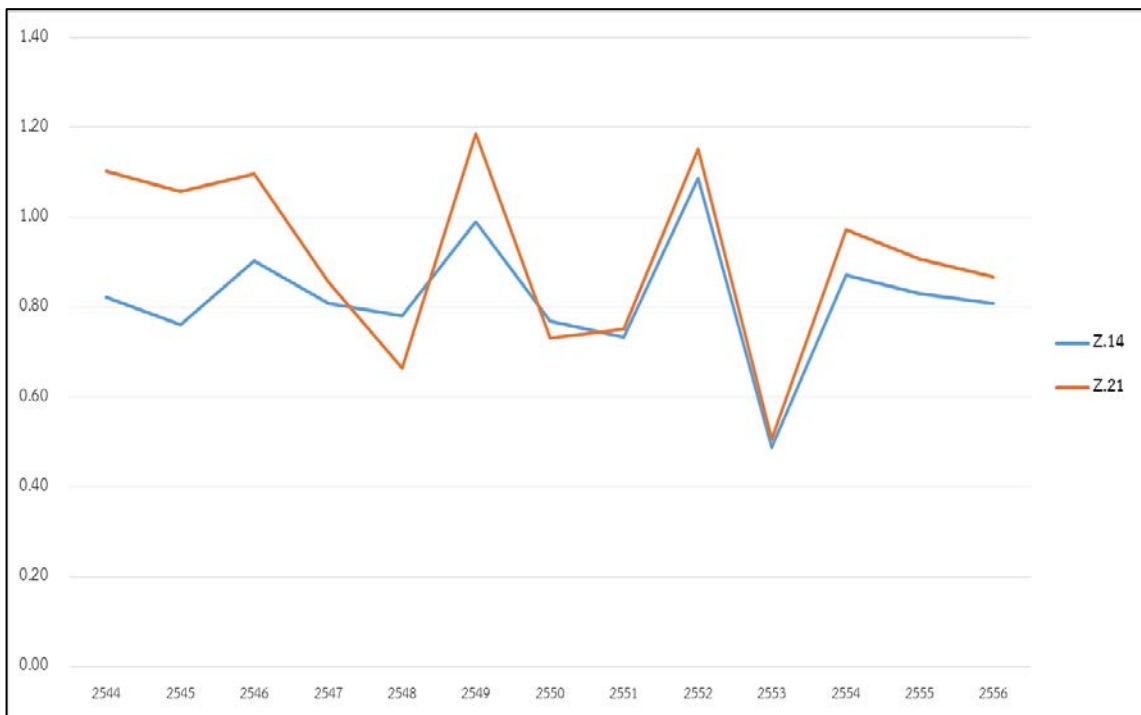
รูปที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าขอสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำปราจีนบุรี



รูปที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าขอสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำบางปะกง

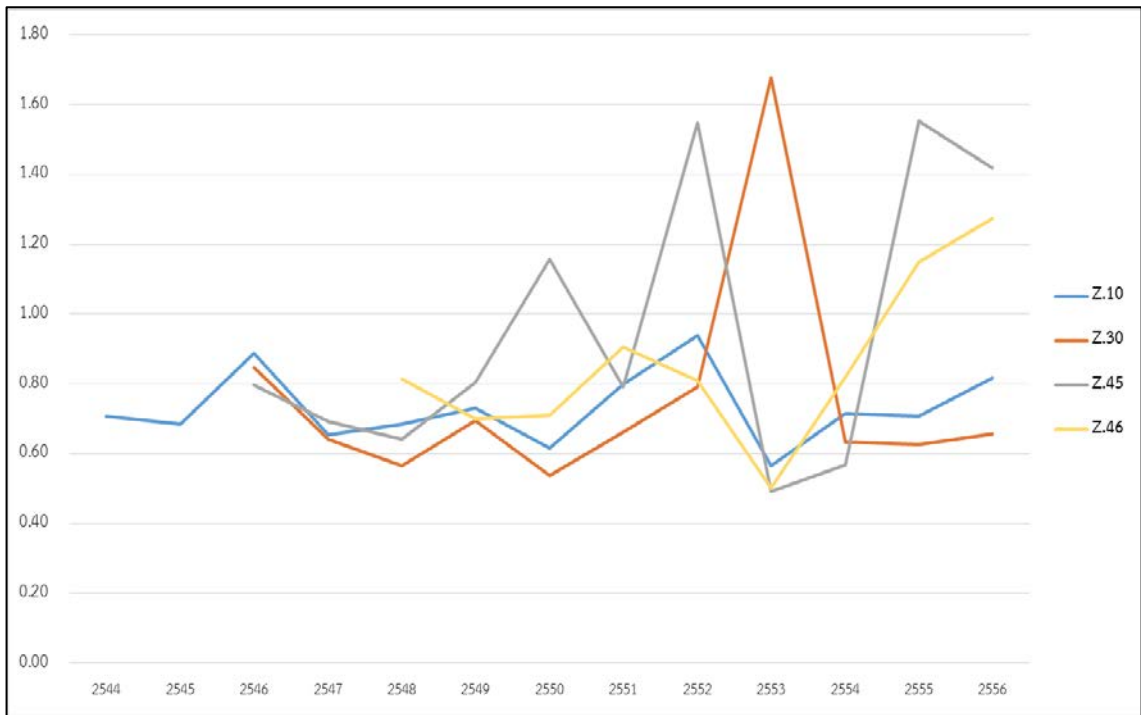


รูปที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าขอสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำโตนเลสาป

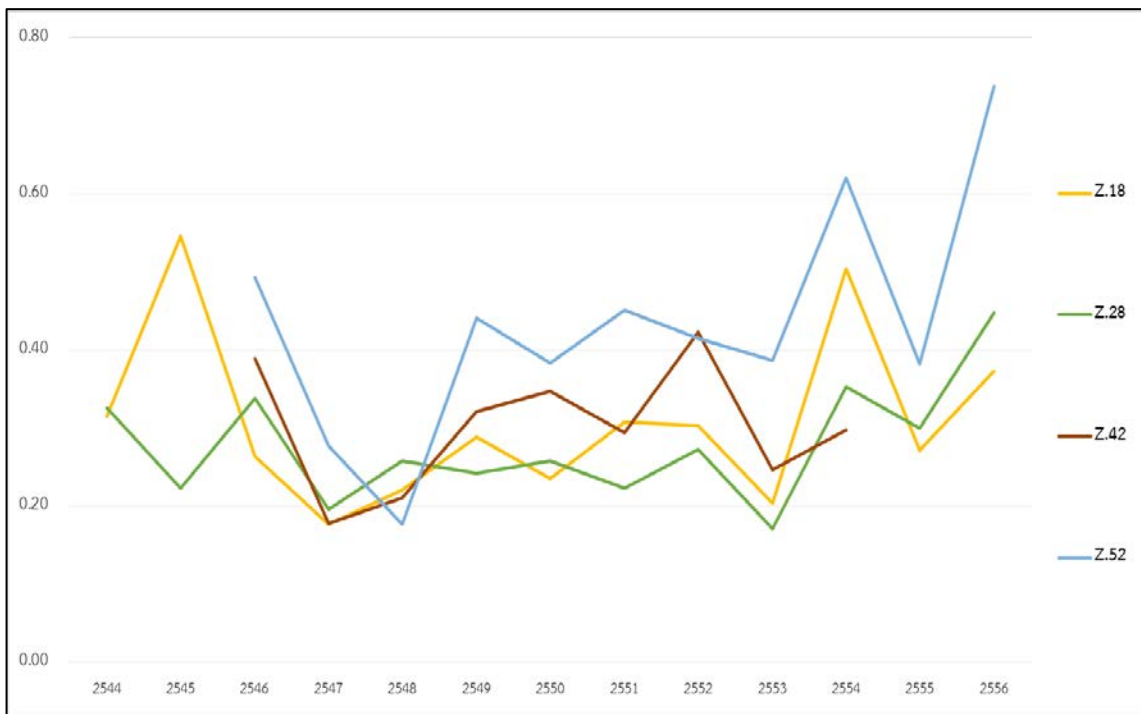


รูปที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าขอสถานีวัดน้ำท่า Z.14



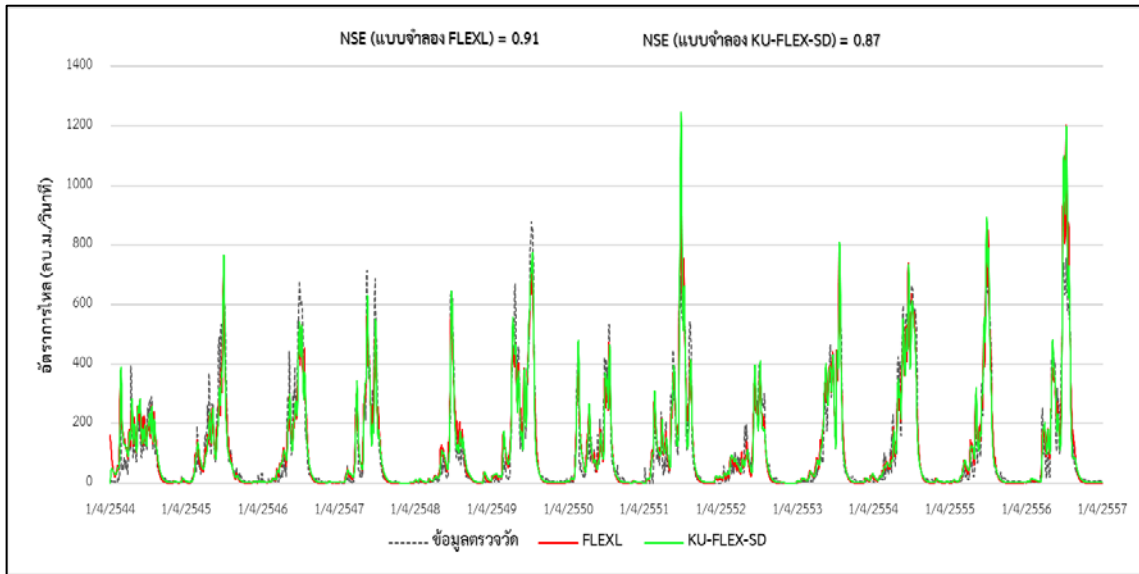


รูปที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าขอสถานีวัดน้ำท่า Z.10



รูปที่ 4.10 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าขอสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกไม่มีการไหล  
ต่อเนื่องกันระหว่างสถานี

## ภาคผนวก

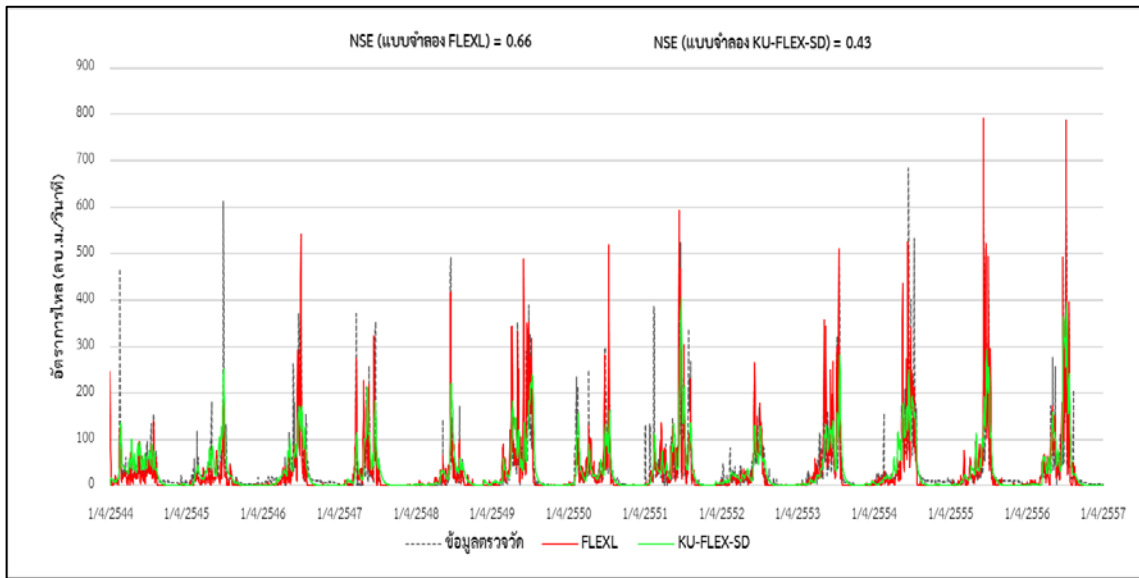


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

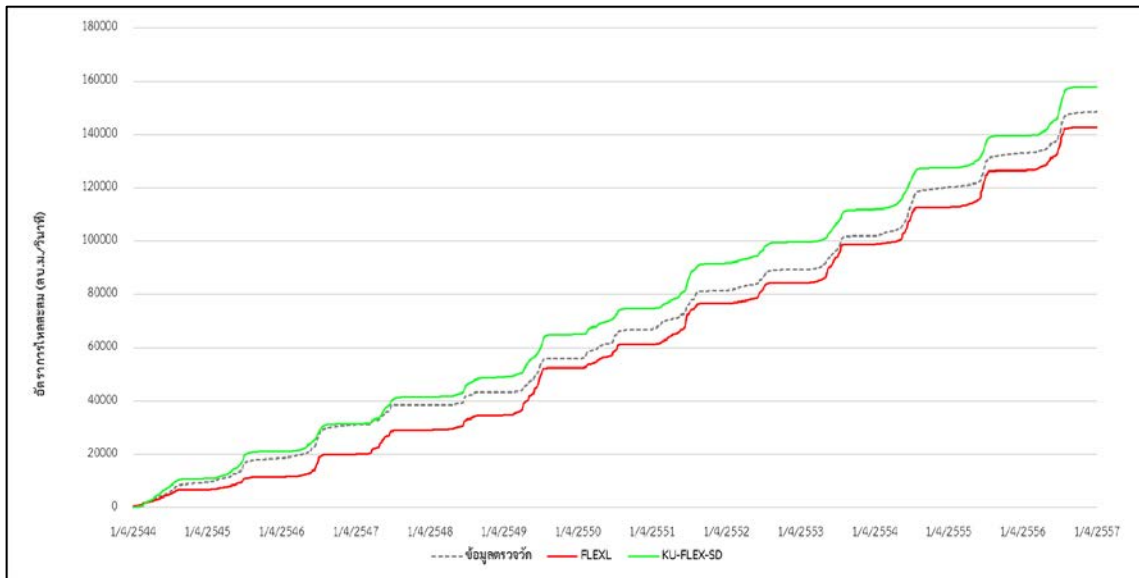


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-1 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.3 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.3 (ข)

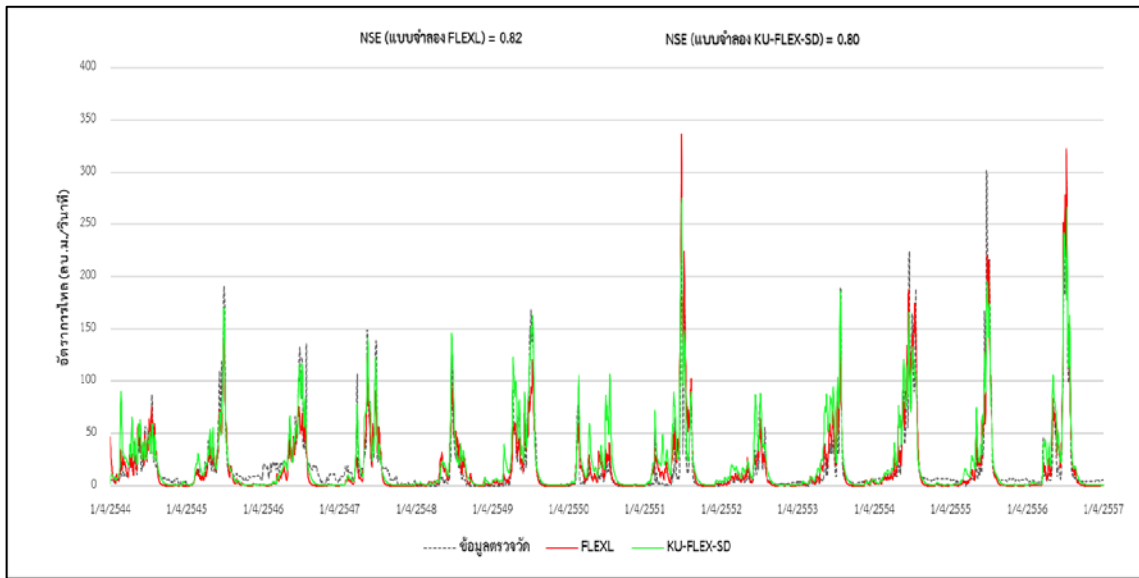


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

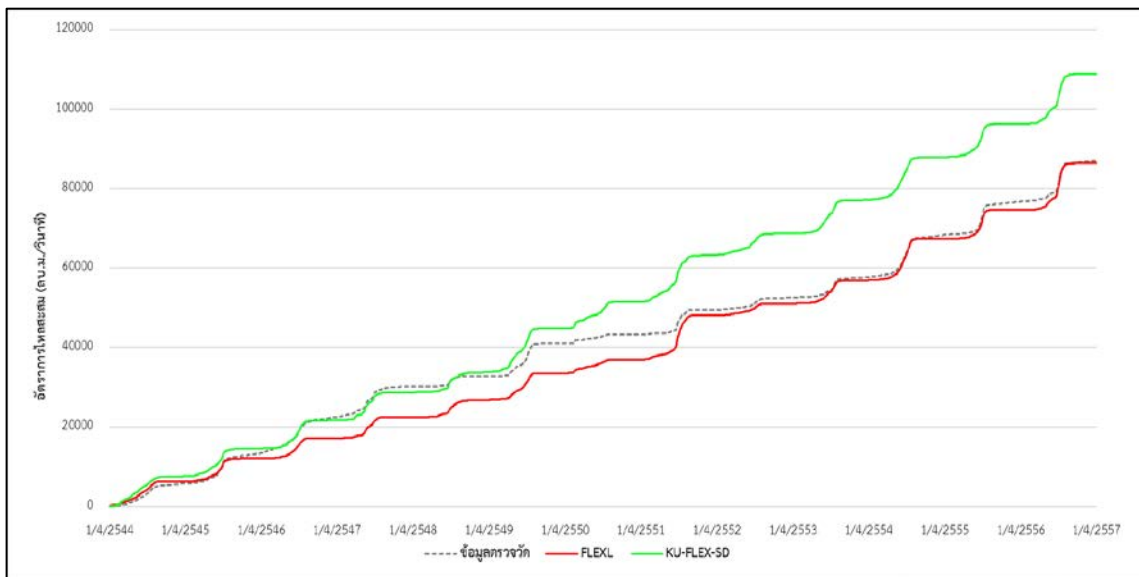


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-2 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.9 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.9 (ข)

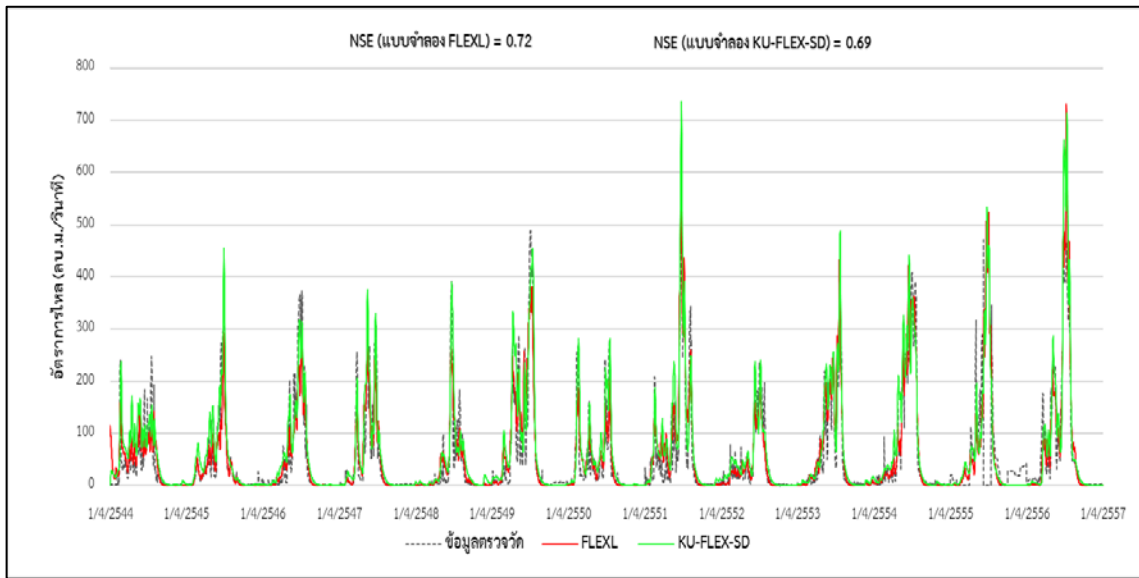


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

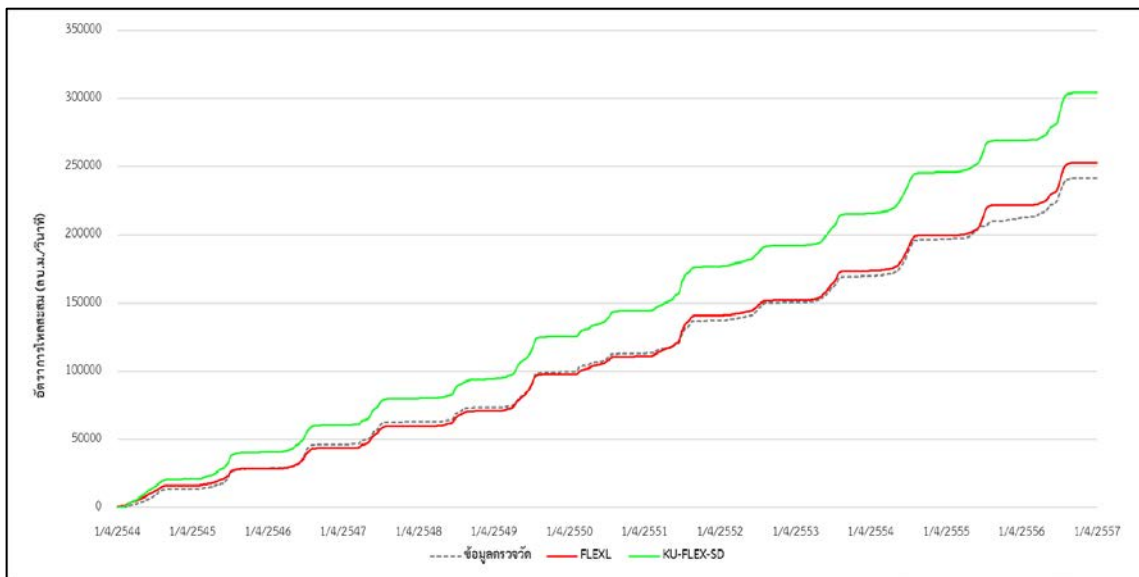


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-3 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.12 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.12 (ข)

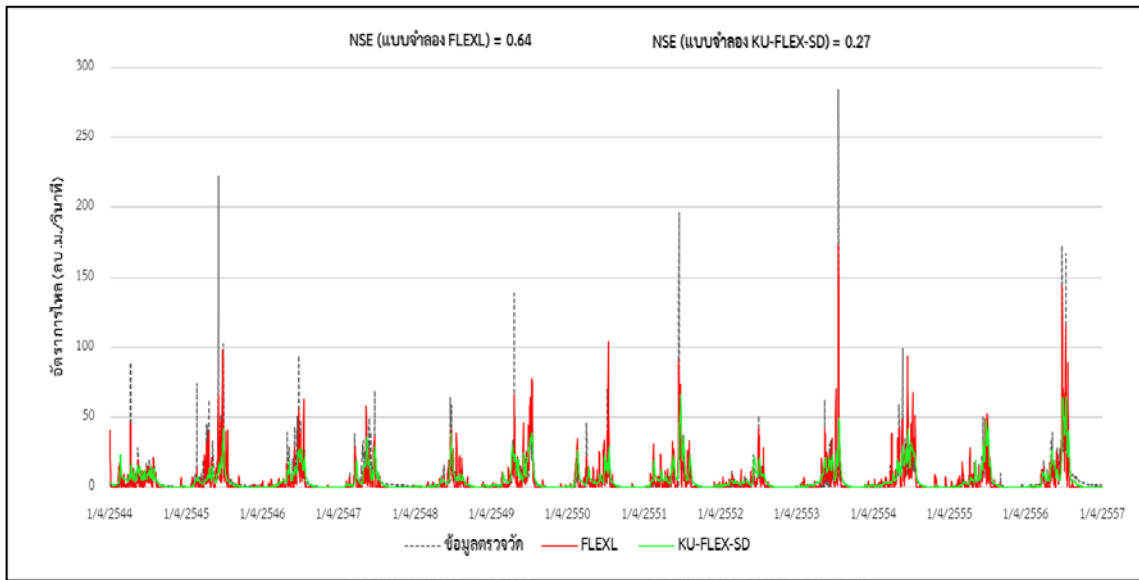


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

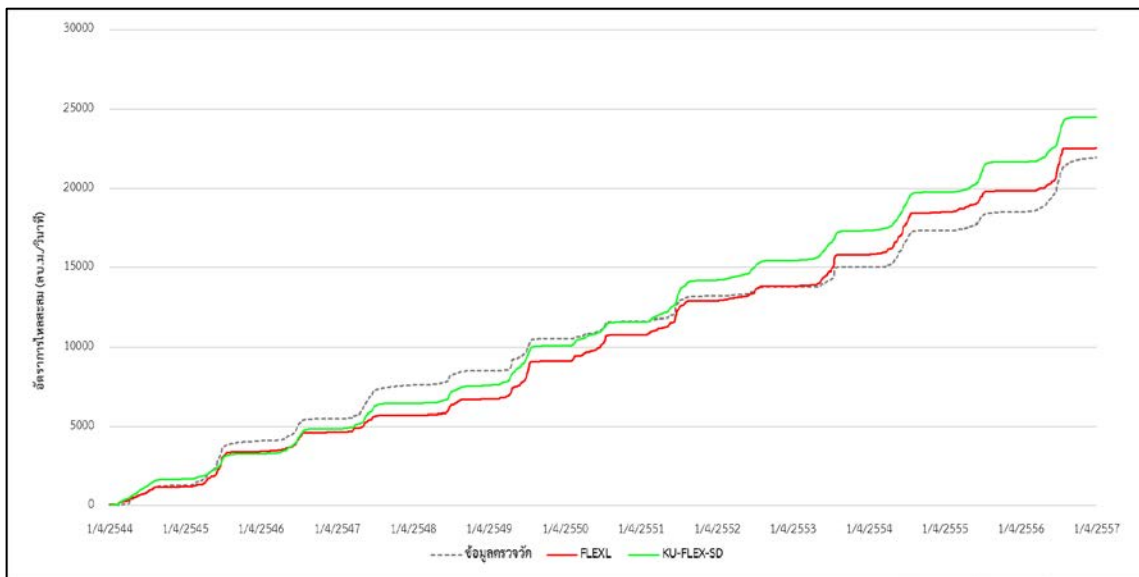


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-4 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.13A (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.13A (ข)

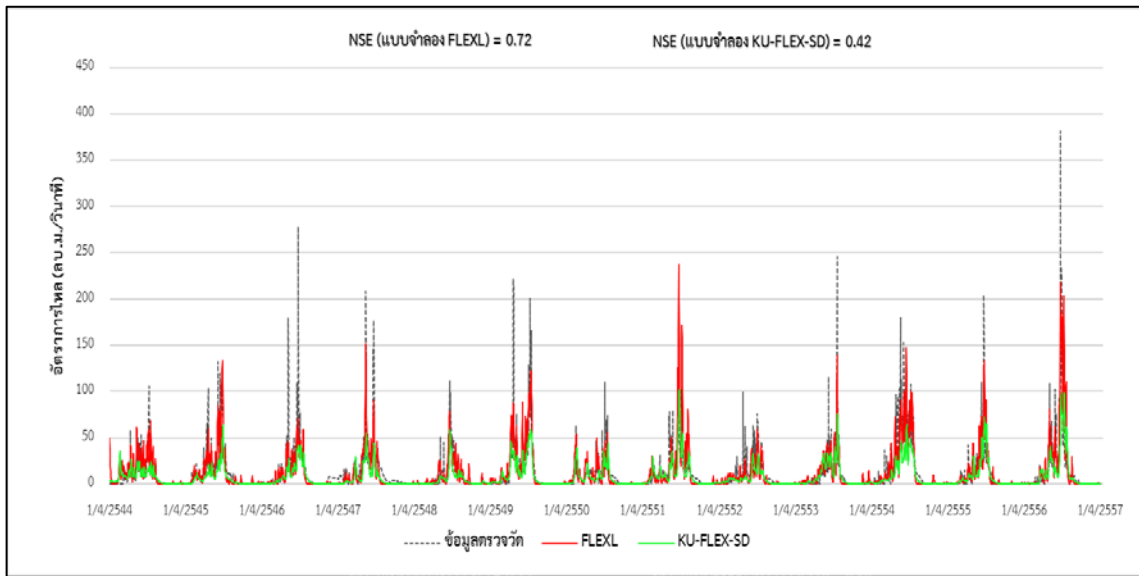


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

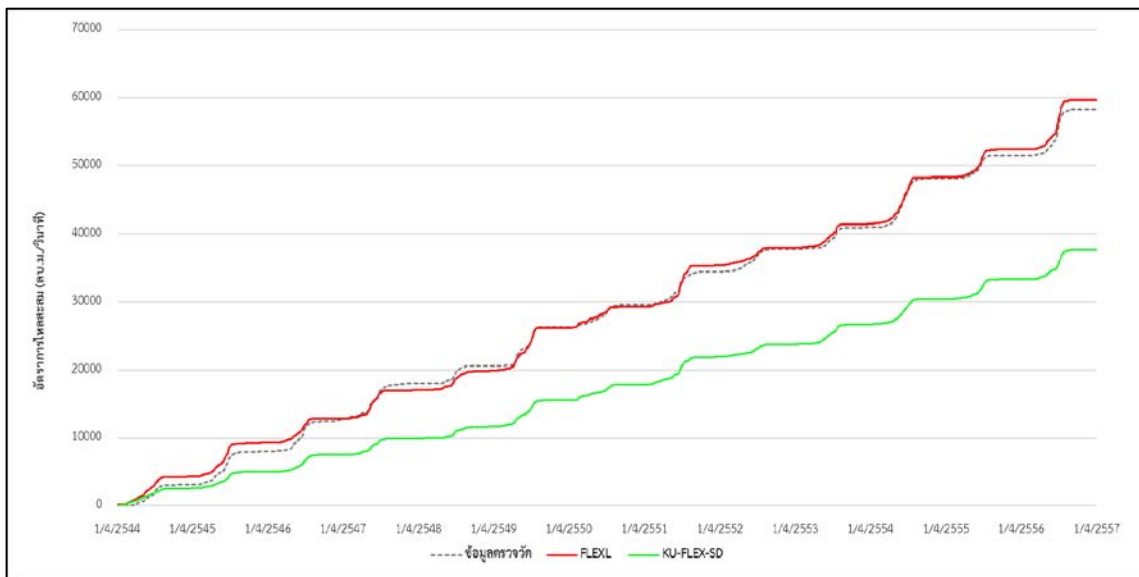


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-5 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.14 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.14 (ข)

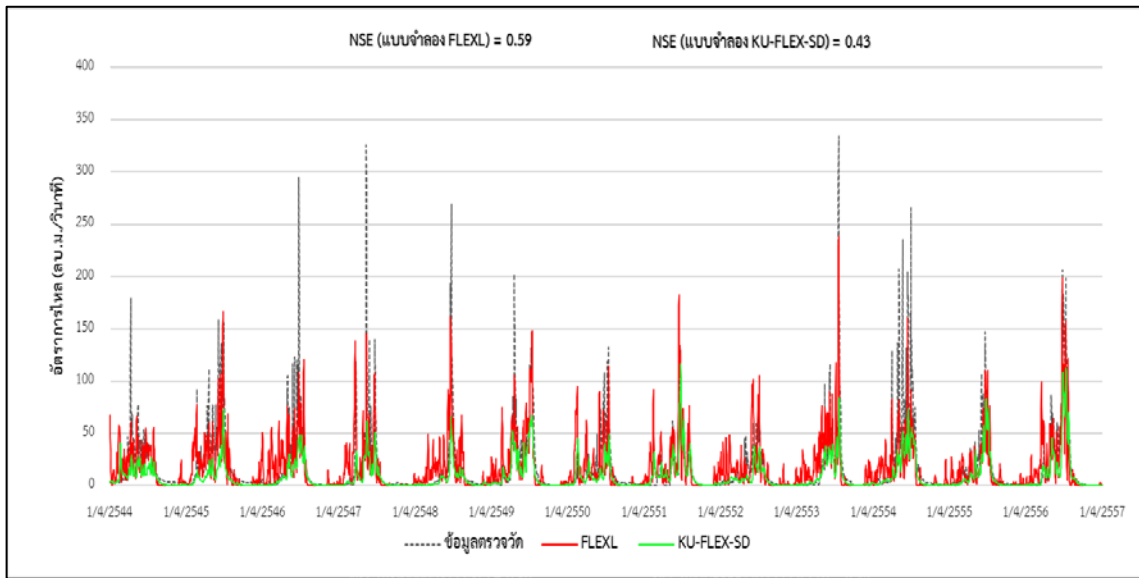


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

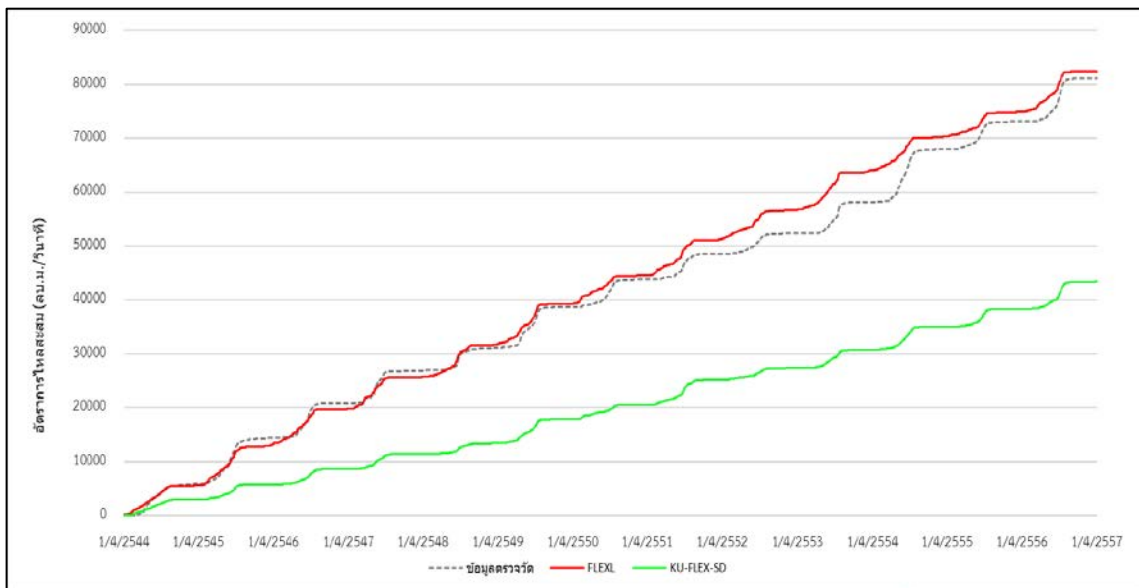


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-6 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.15A (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.15A (ข)



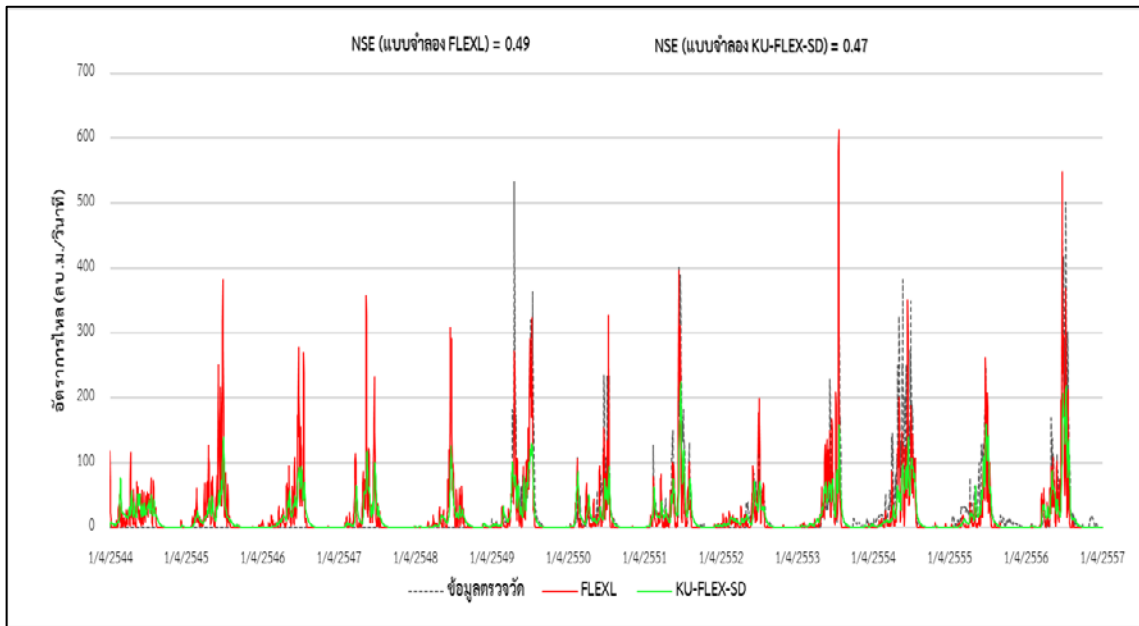
(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด



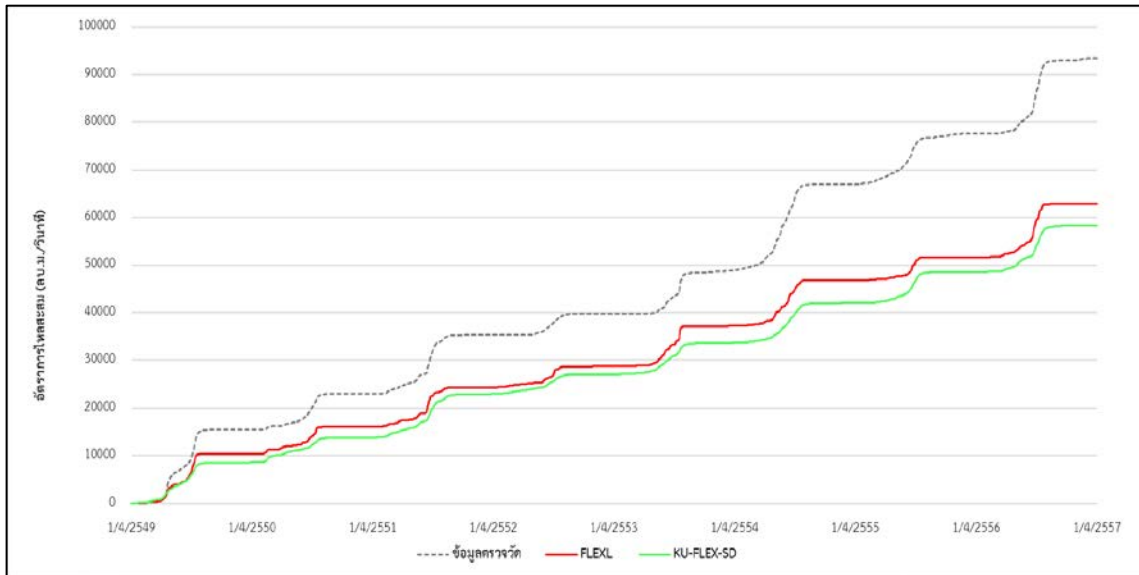
(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-7 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.33 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.33 (ข)



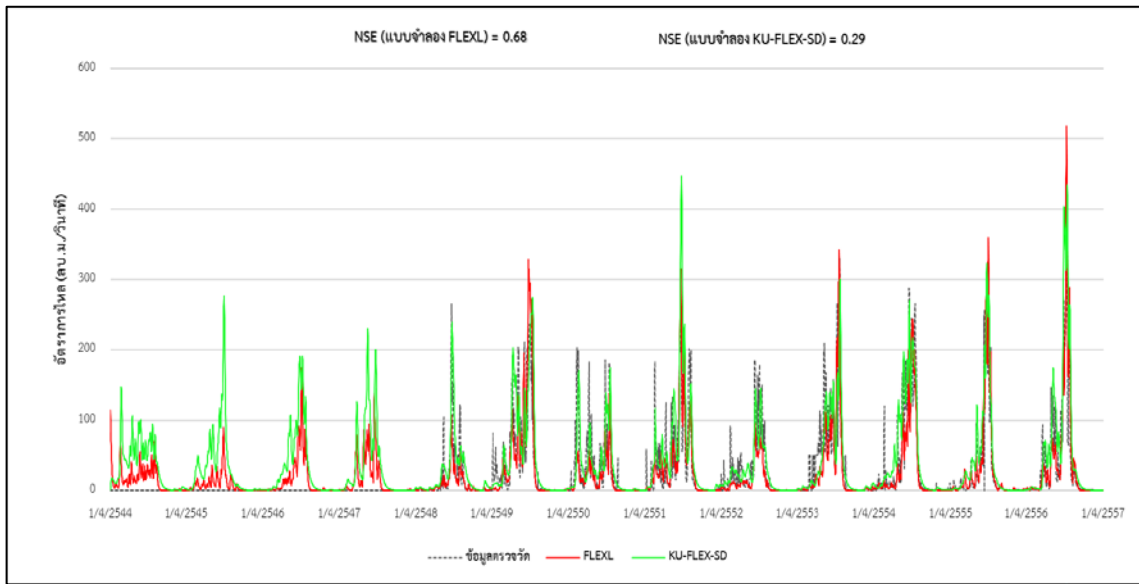


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

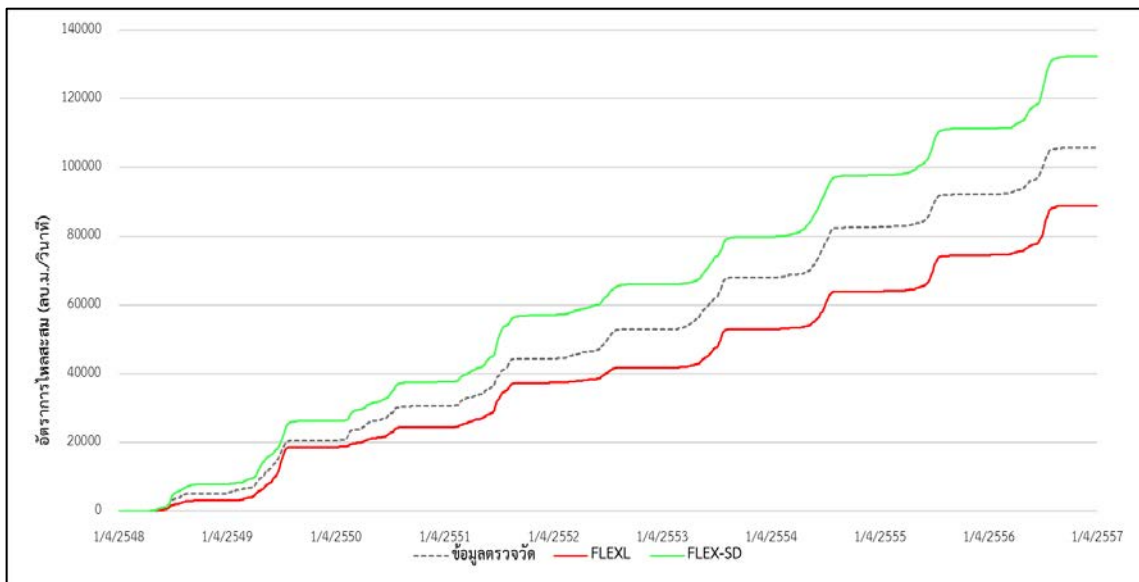


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-8 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.34 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.34 (ข)

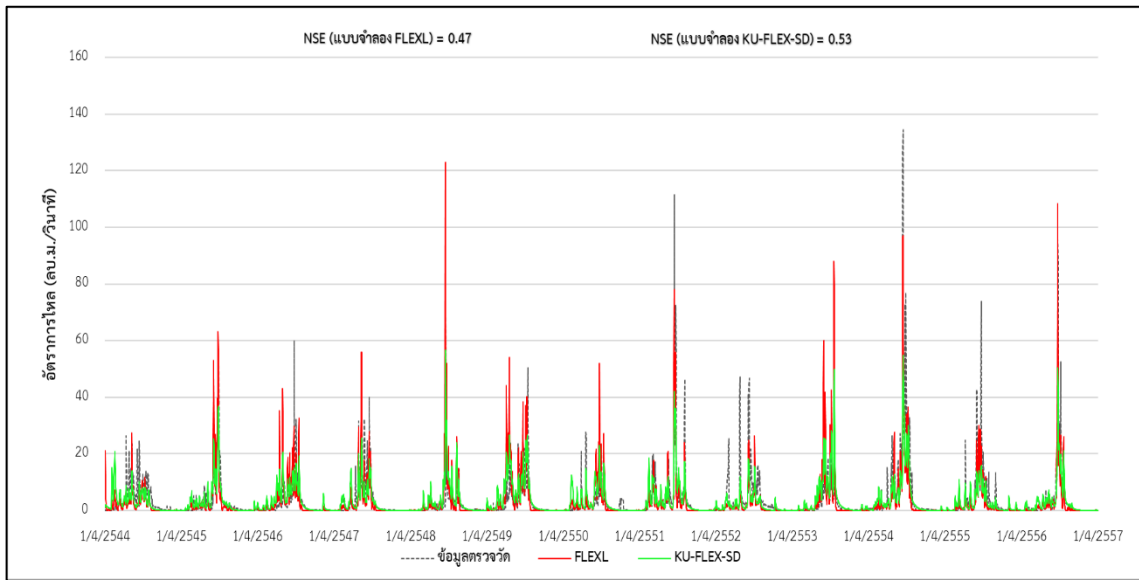


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

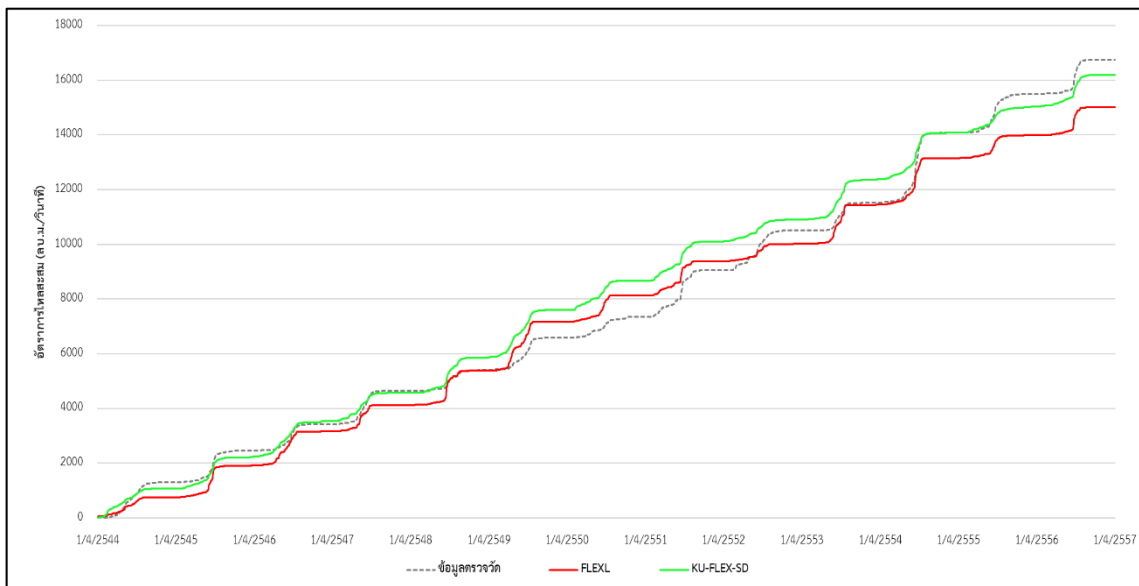


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-9 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า KGT.42 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี KGT.42 (ข)

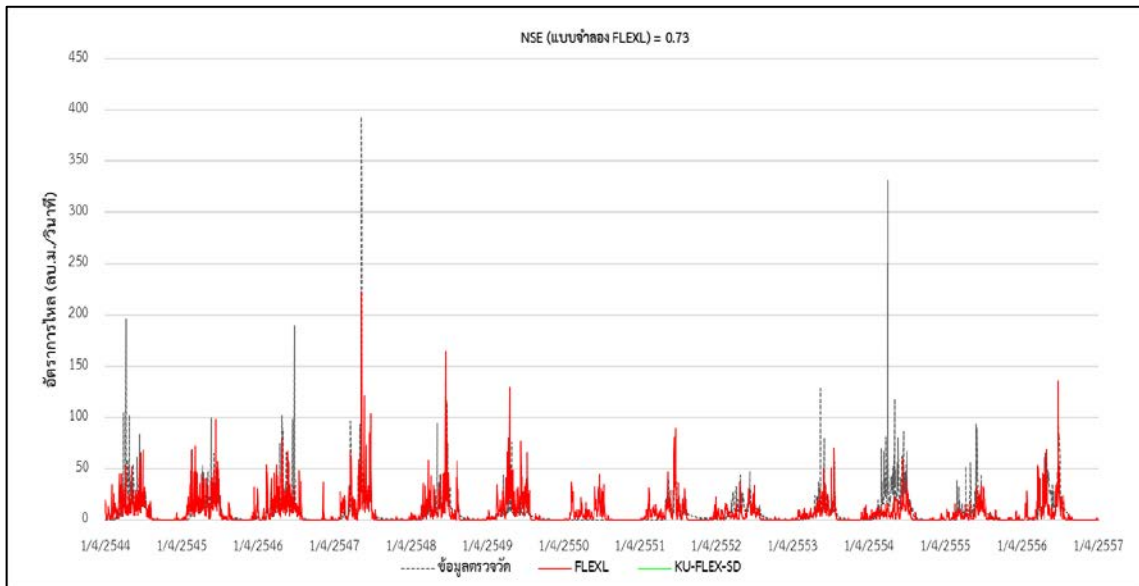


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

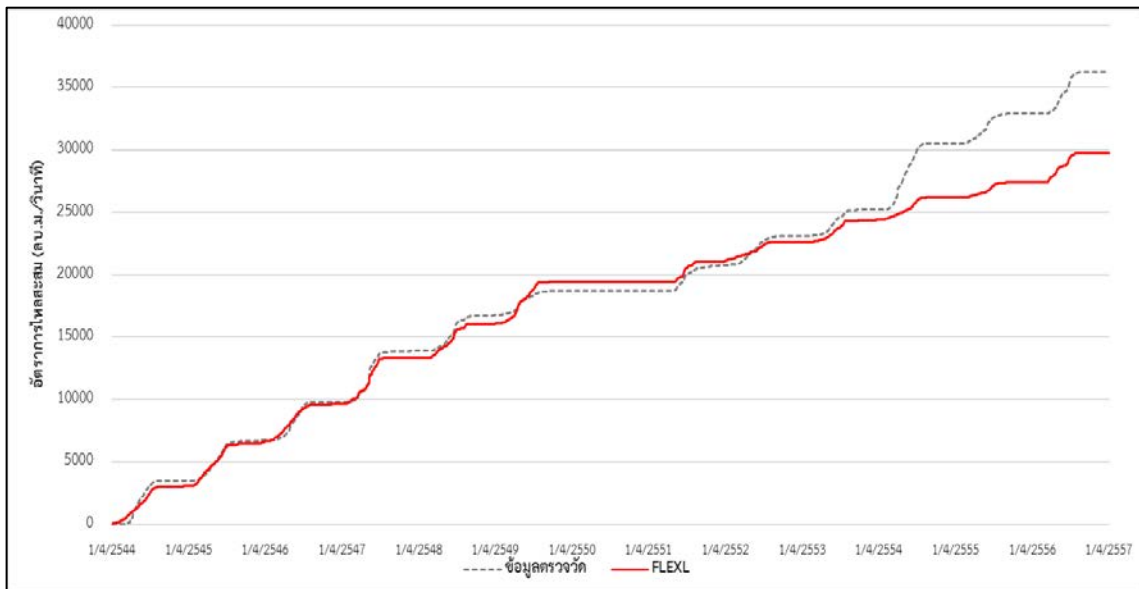


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-10 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า NY.3 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี NY.3 (ข)

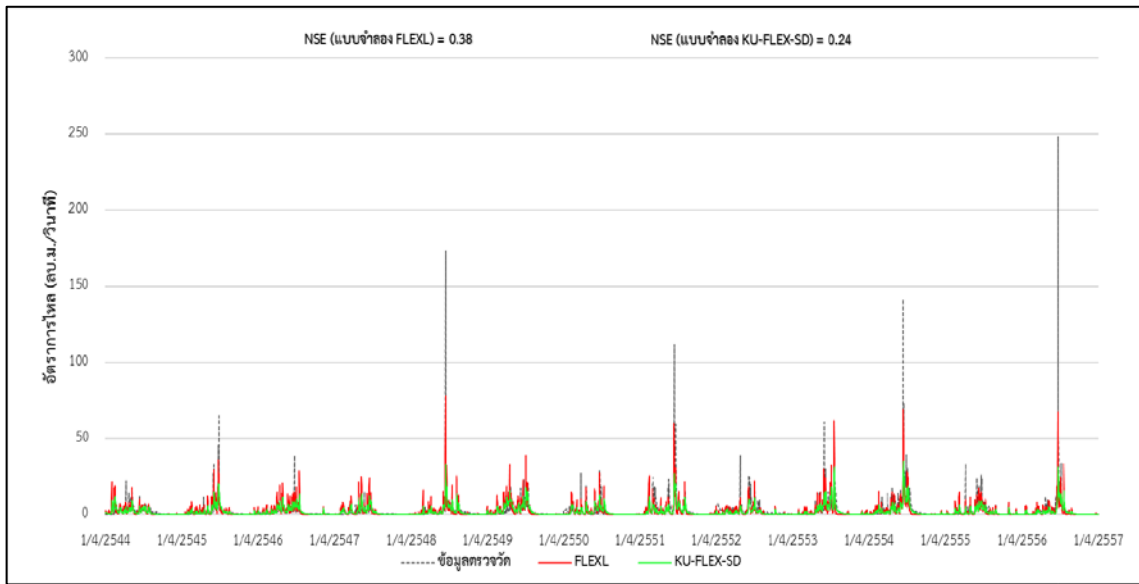


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

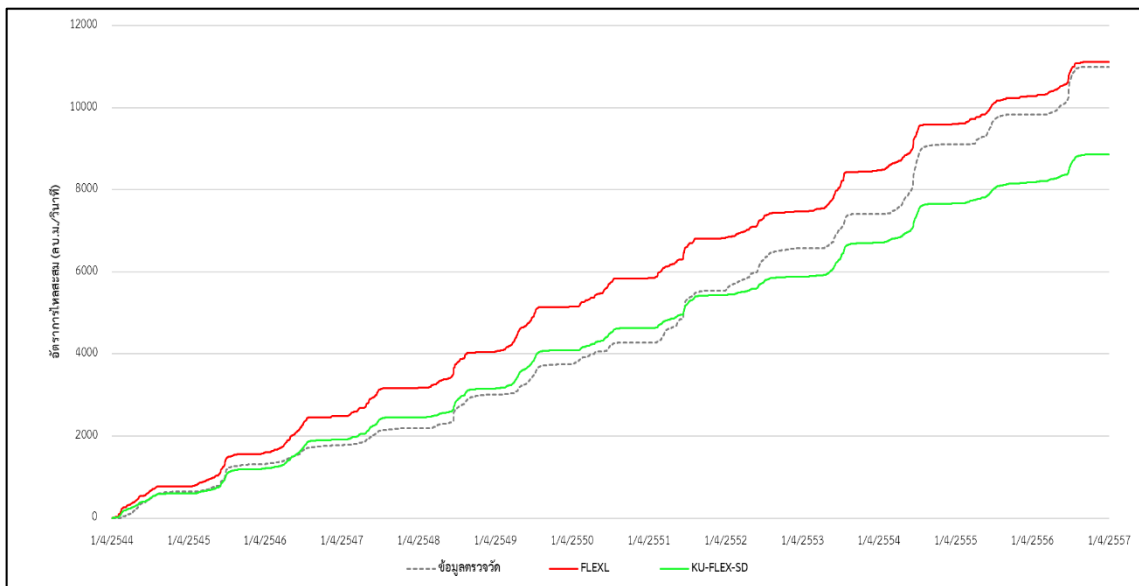


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-11 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า NY.4 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี NY.4 (ข)

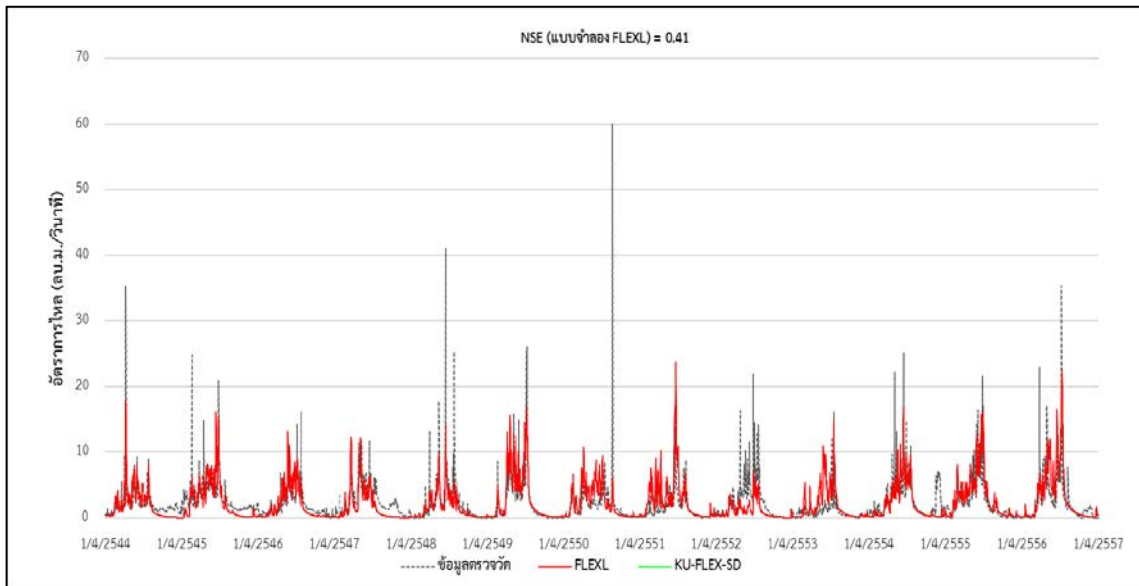


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

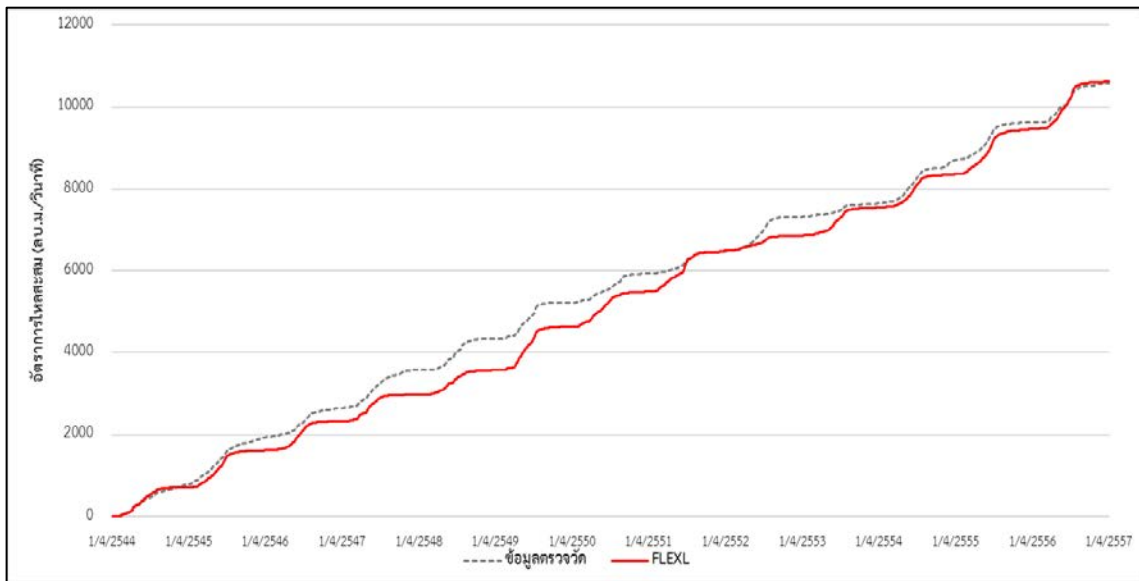


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-12 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า NY.6 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี NY.6 (ข)

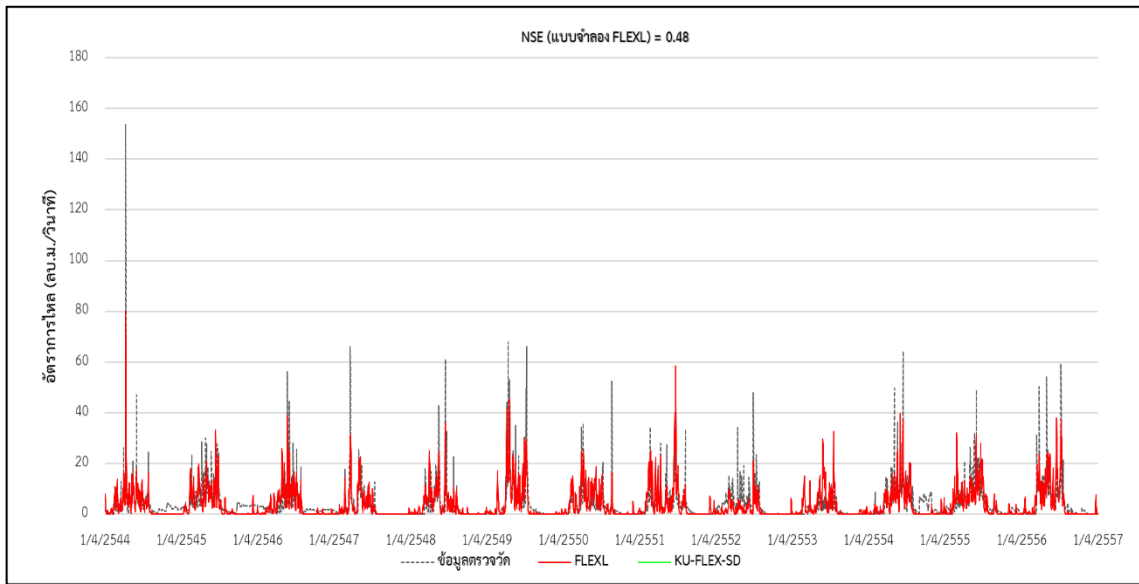


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

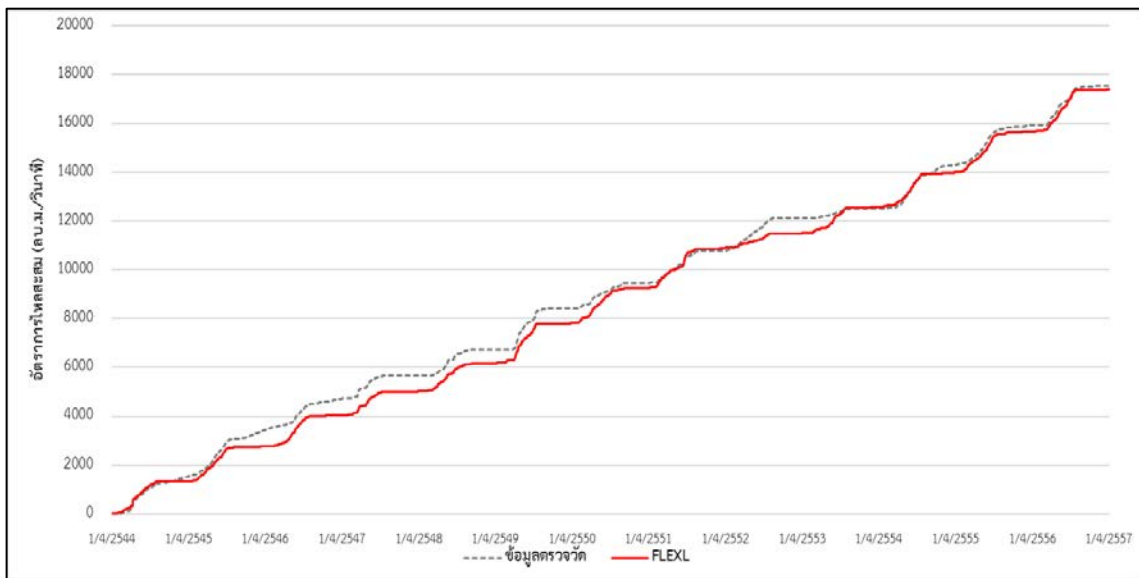


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-13 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า TL.3 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี TL.3 (ข)

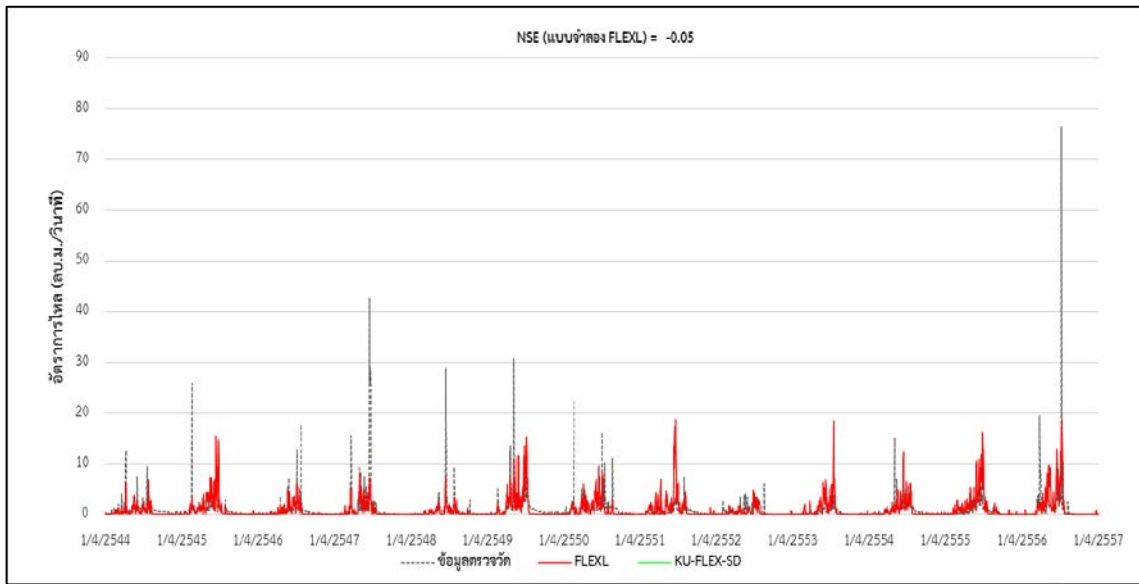


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

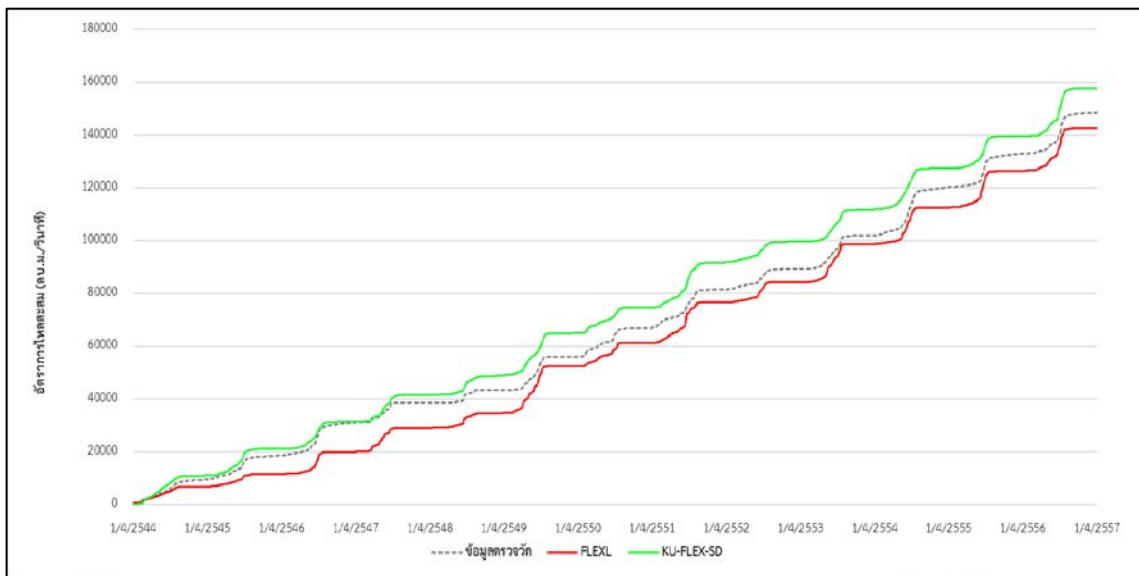


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-14 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า TL.4 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี TL.4 (ข)



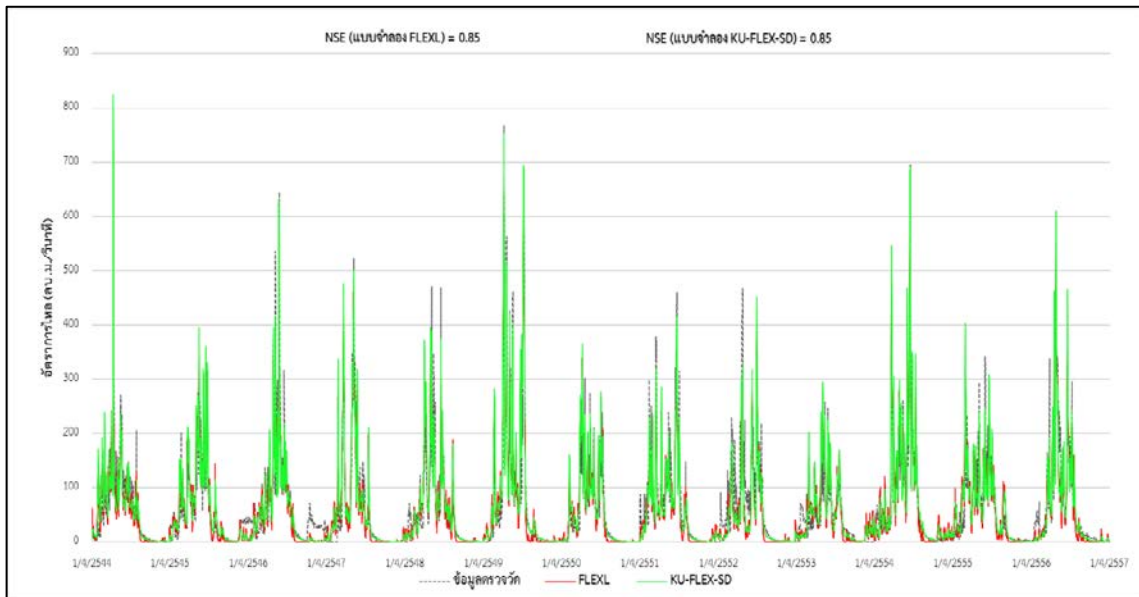
(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด



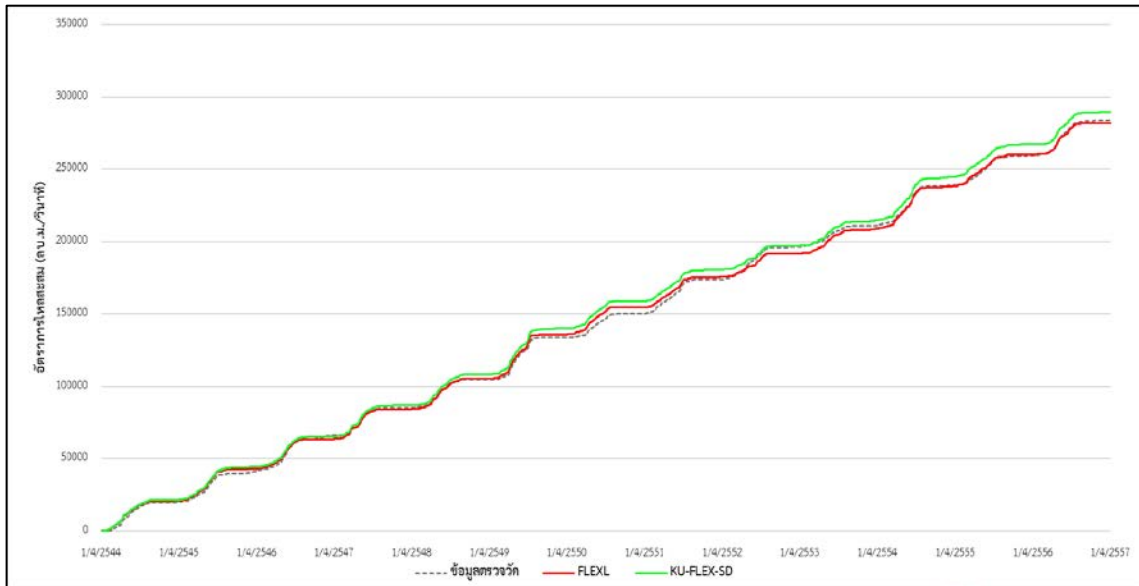
(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-15 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า TL.6 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี TL.6 (ข)



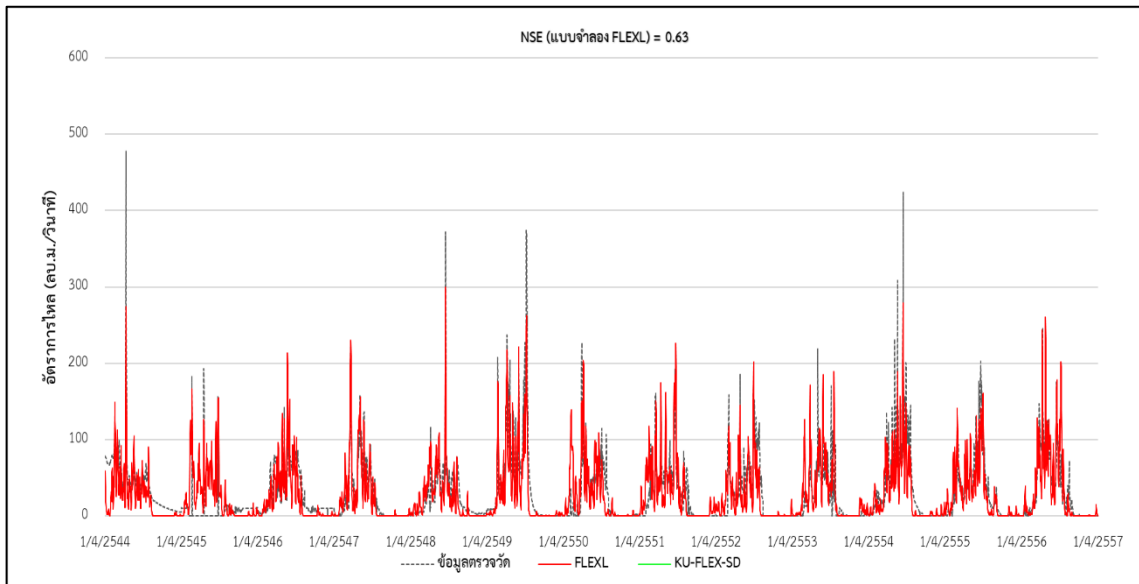


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

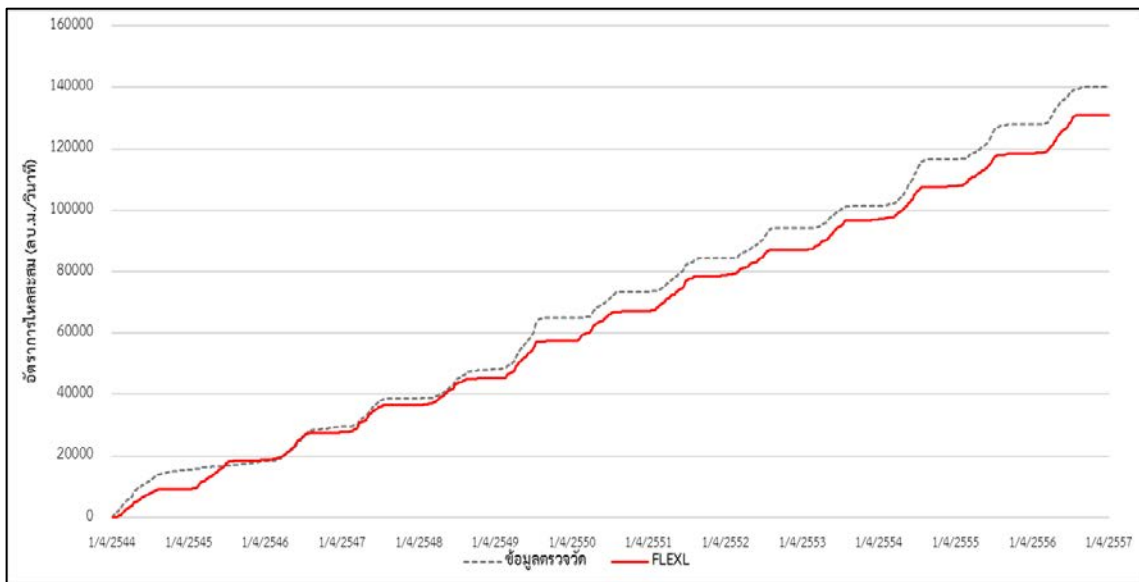


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-16 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.10 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.10 (ข)

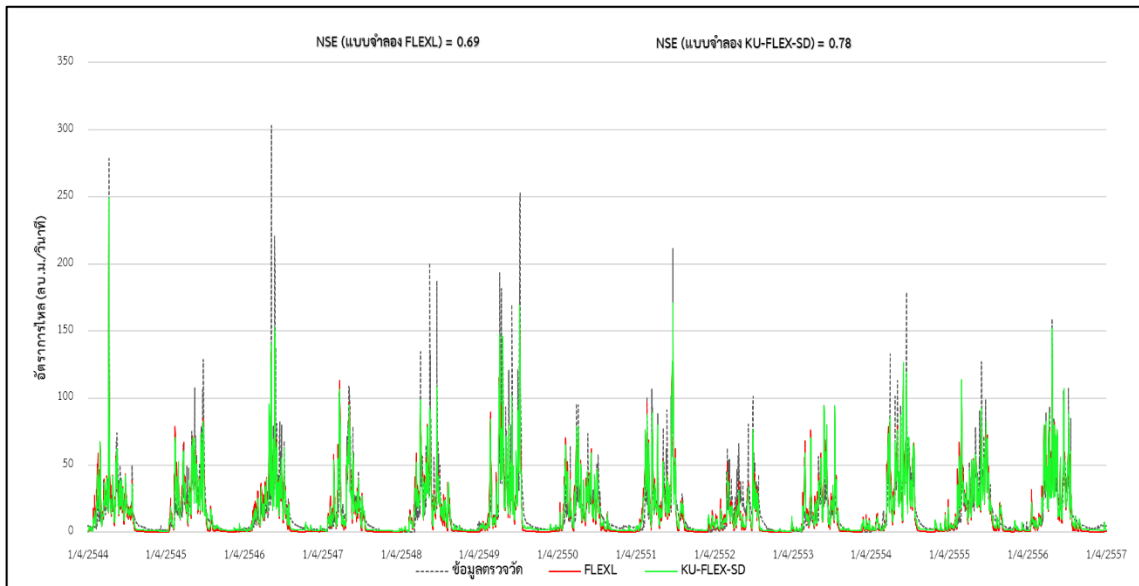


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

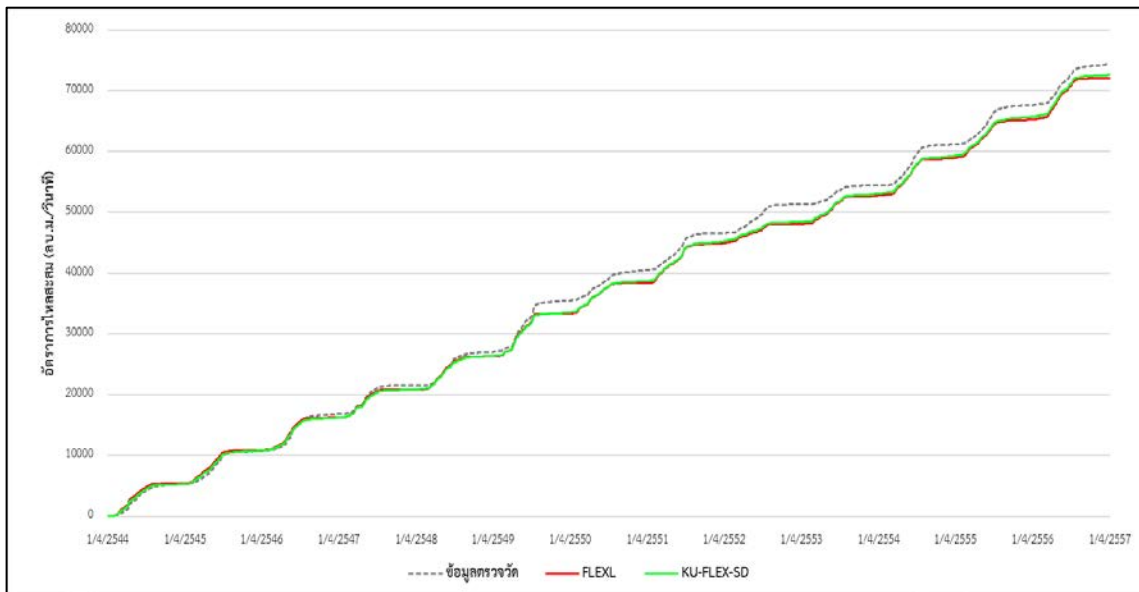


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-17 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.13 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.13 (ข)

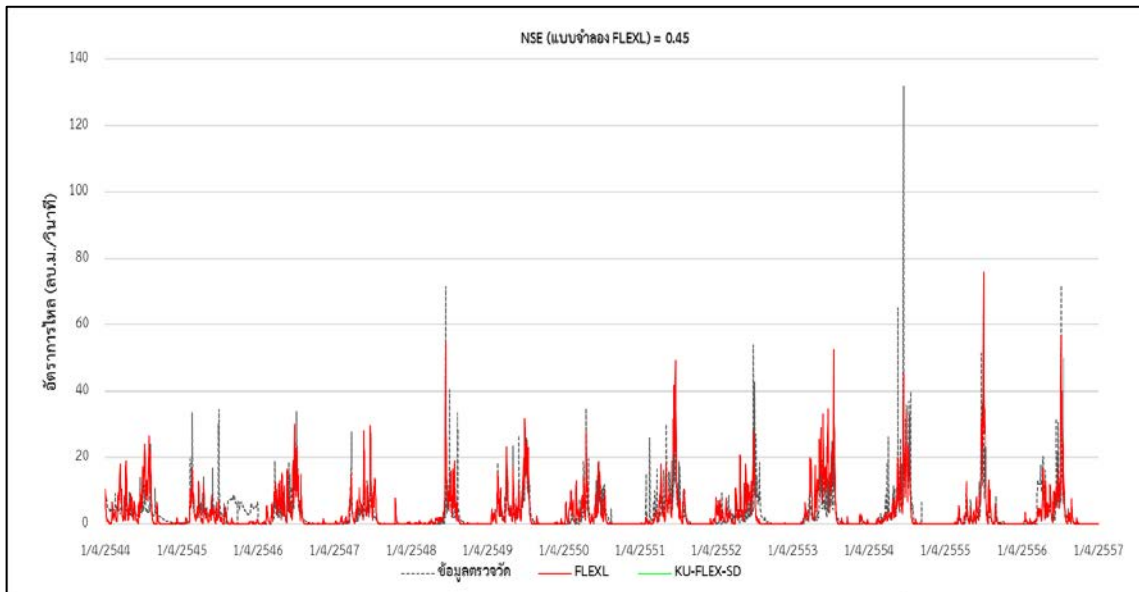


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

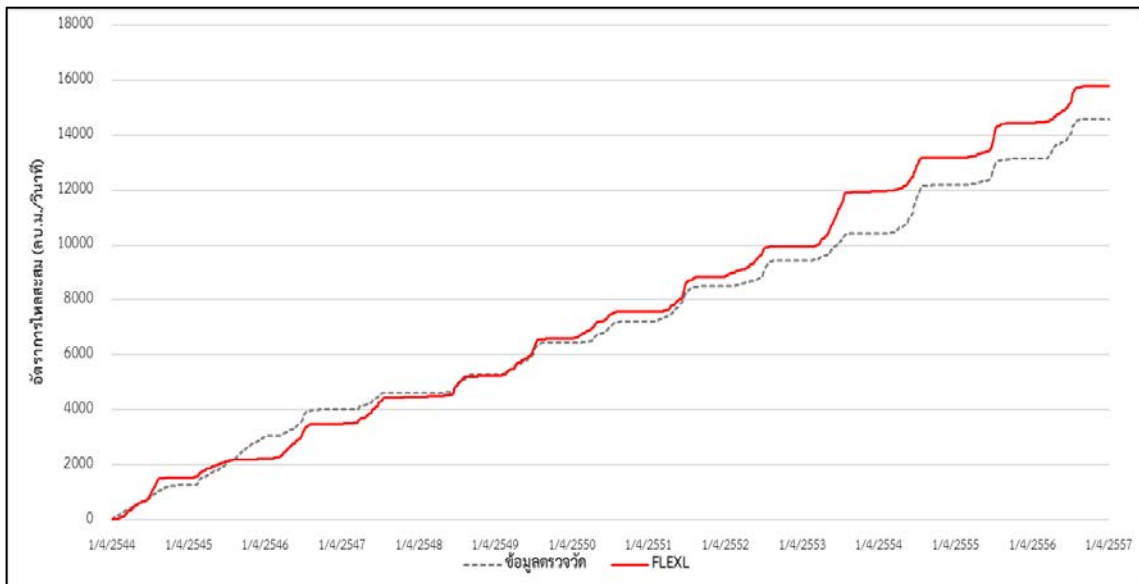


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-18 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.14 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.14 (ข)

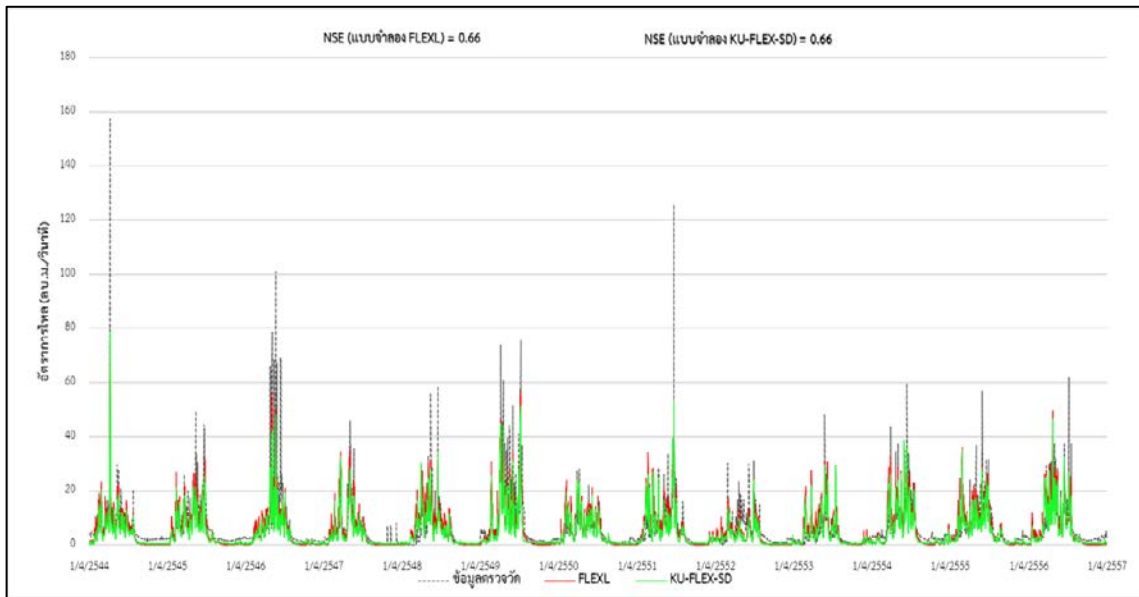


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

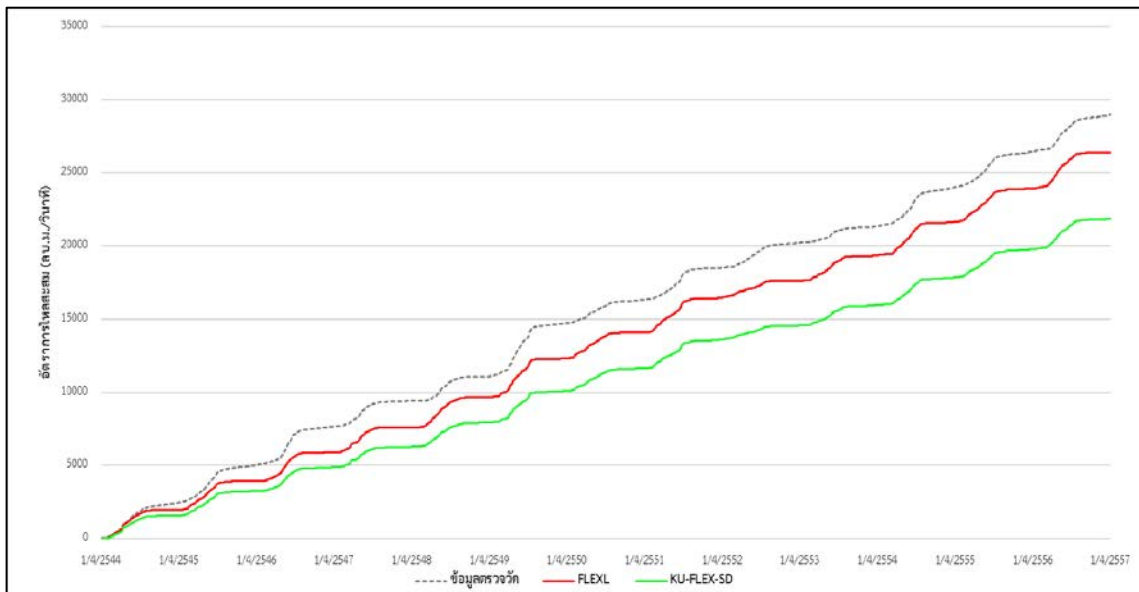


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-19 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.18 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.18 (ข)

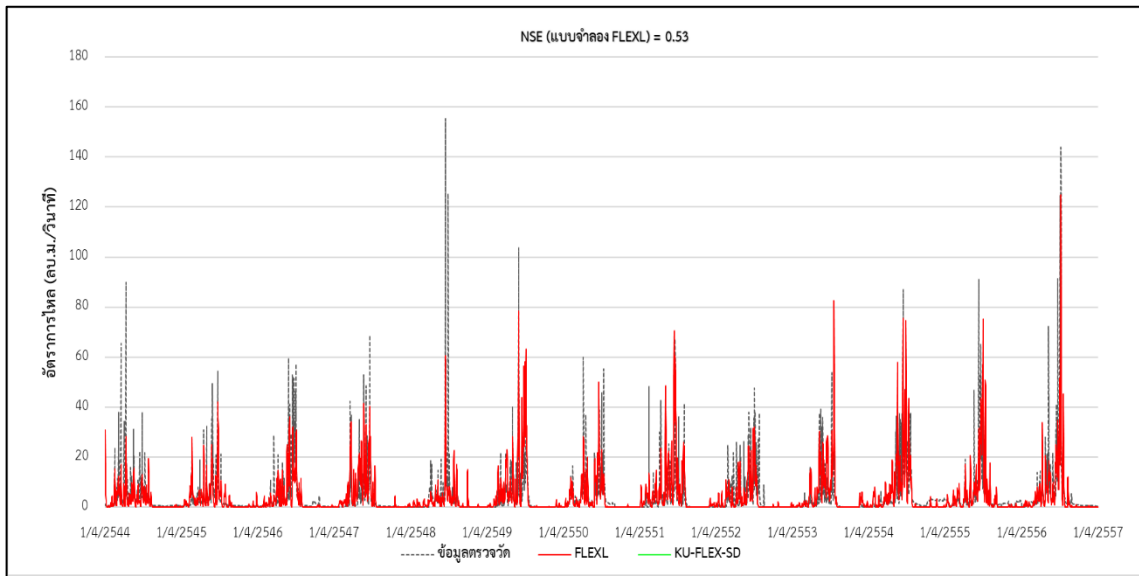


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

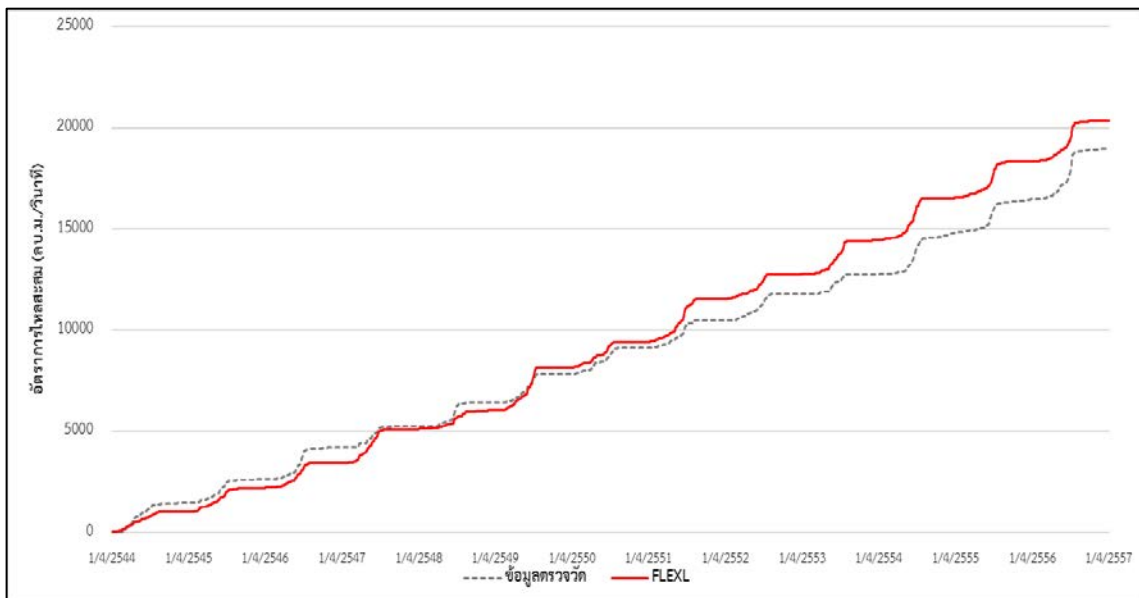


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-20 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.21 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.21 (ข)

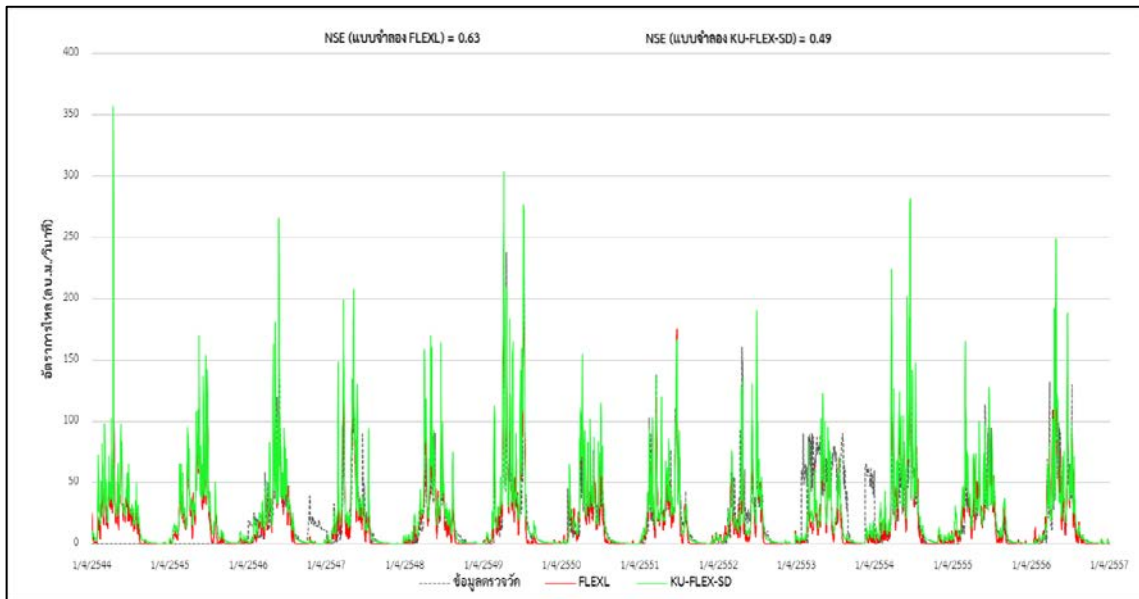


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

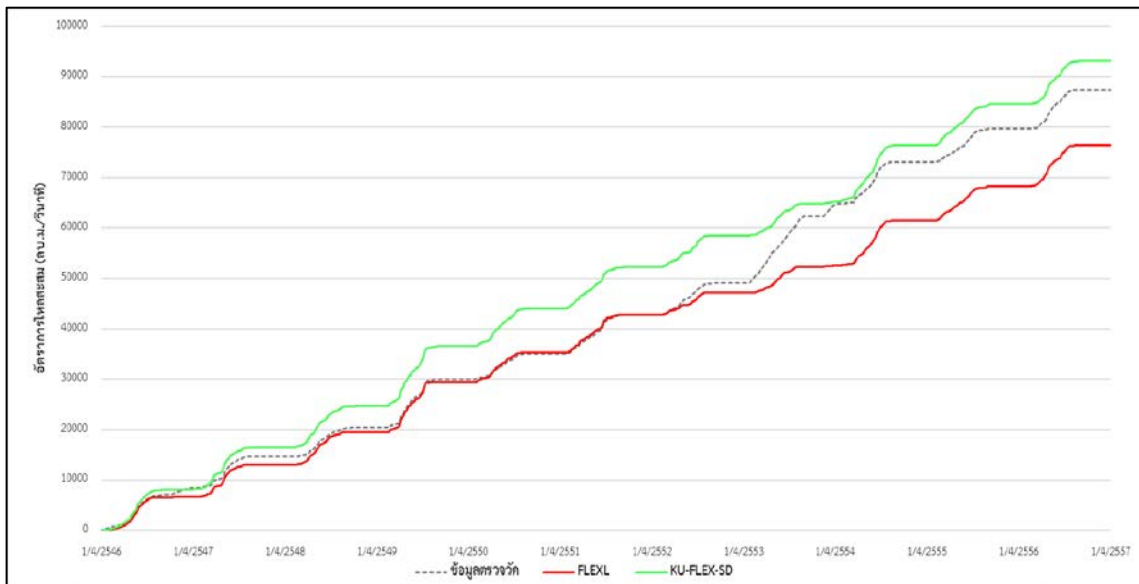


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-21 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.28 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.28 (ข)

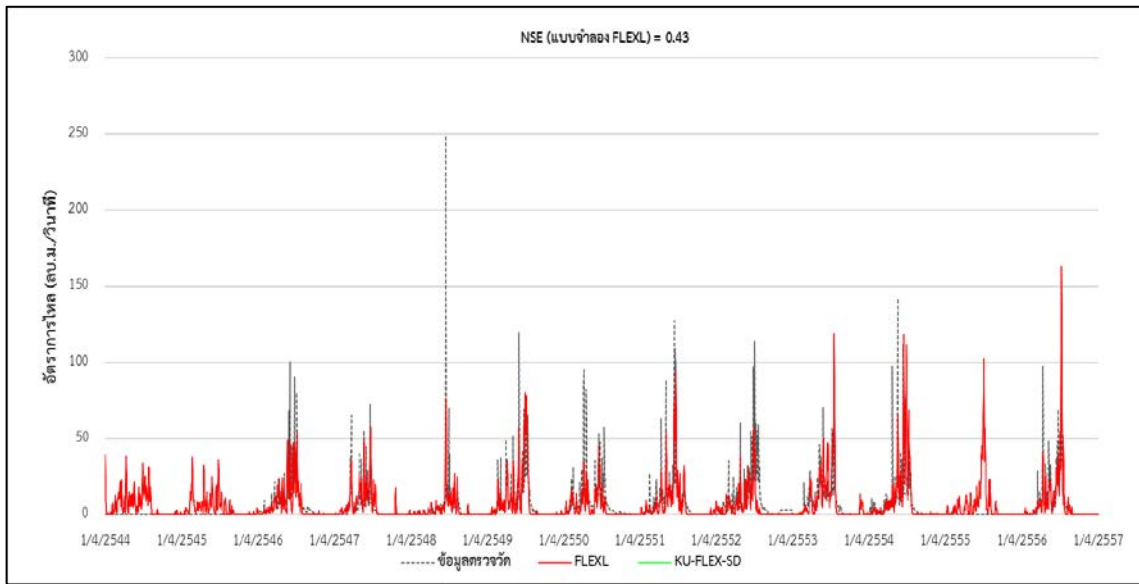


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

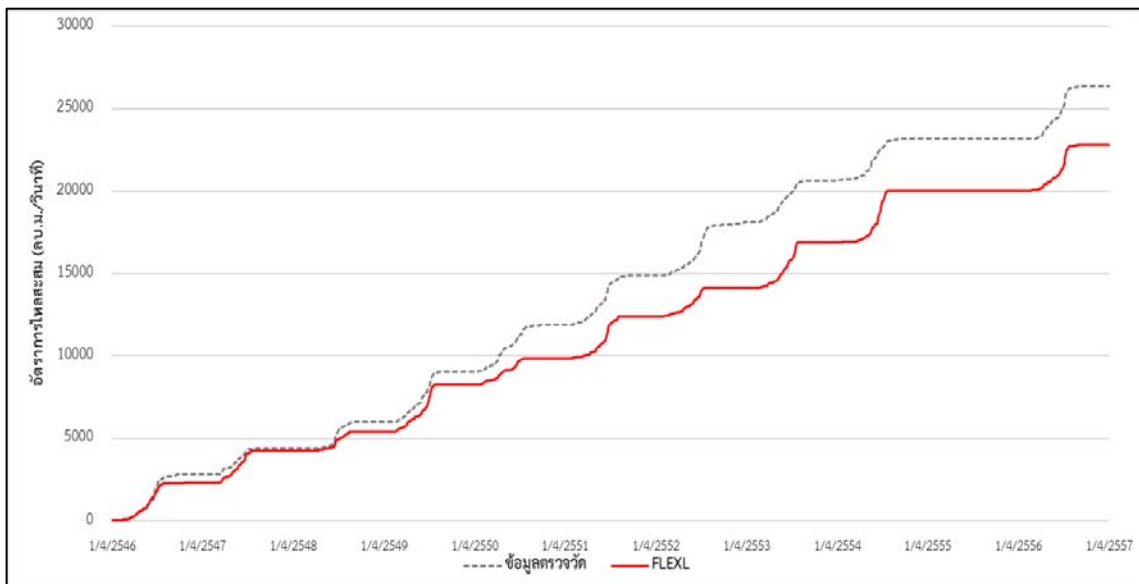


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-22 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.30 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.30 (ข)



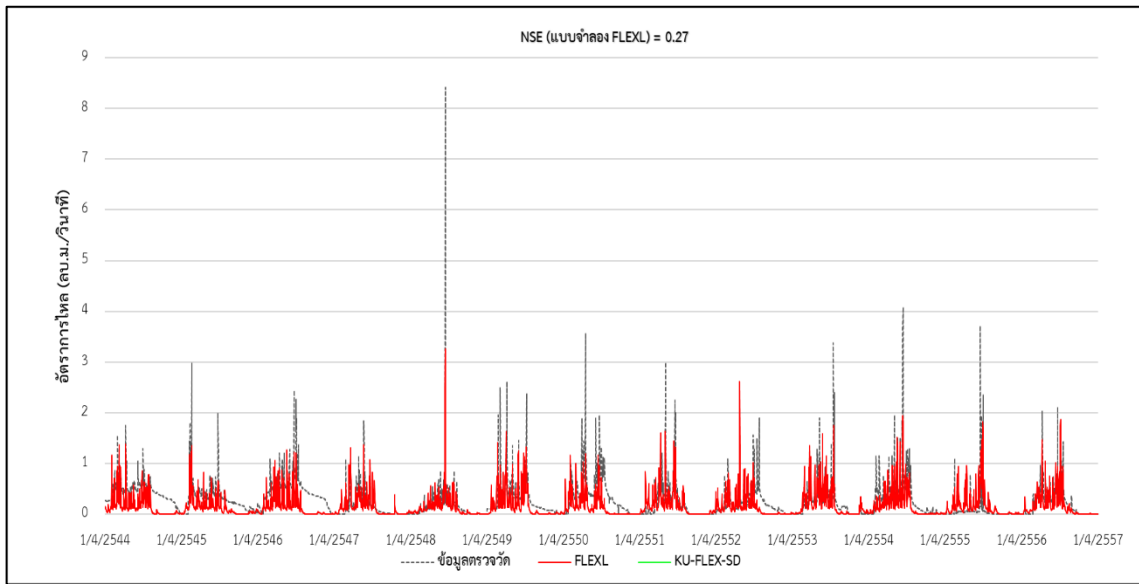
(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด



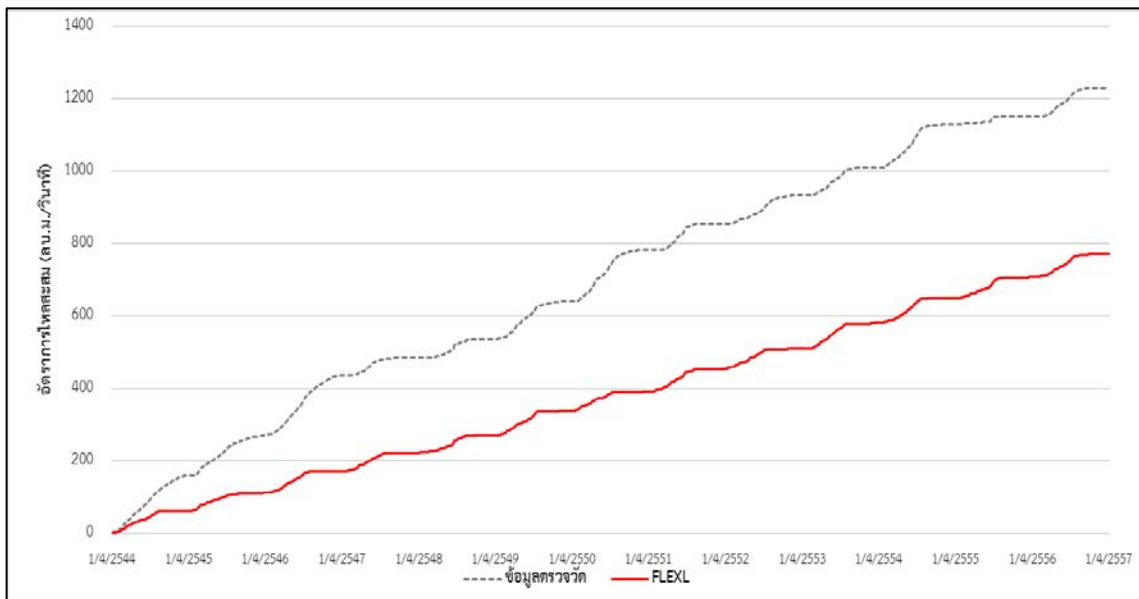
(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-23 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.42 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.42 (ข)



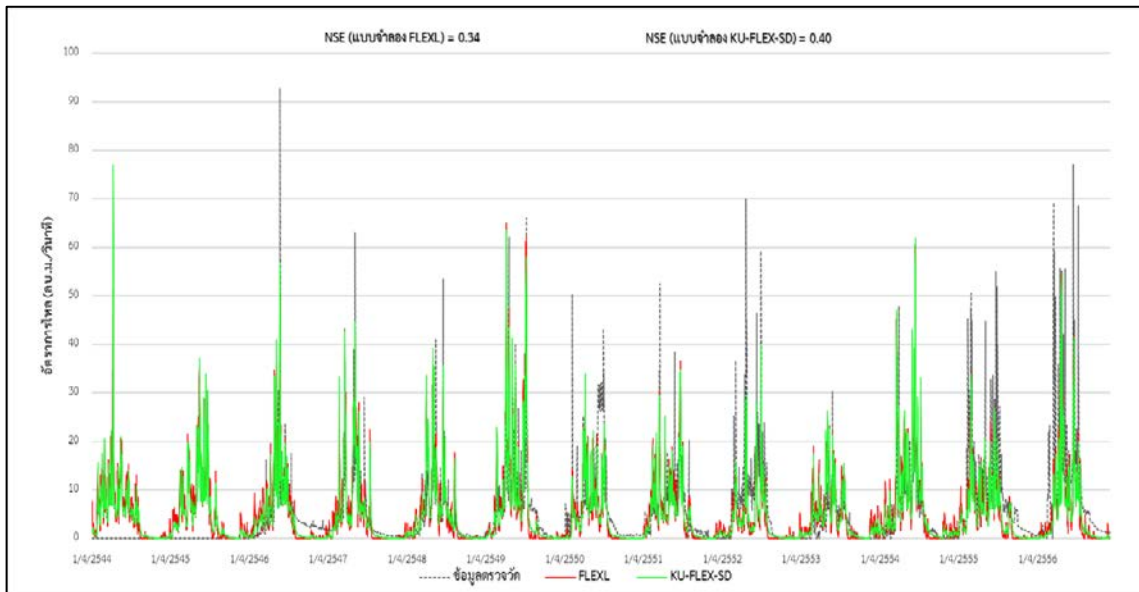


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

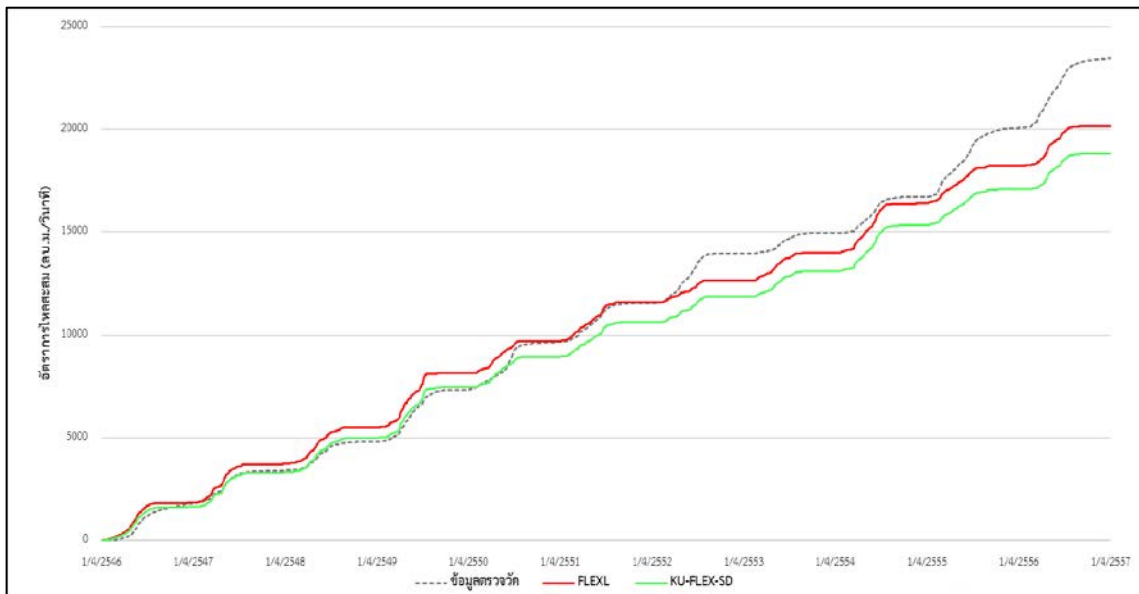


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-24 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.43 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.43 (ข)

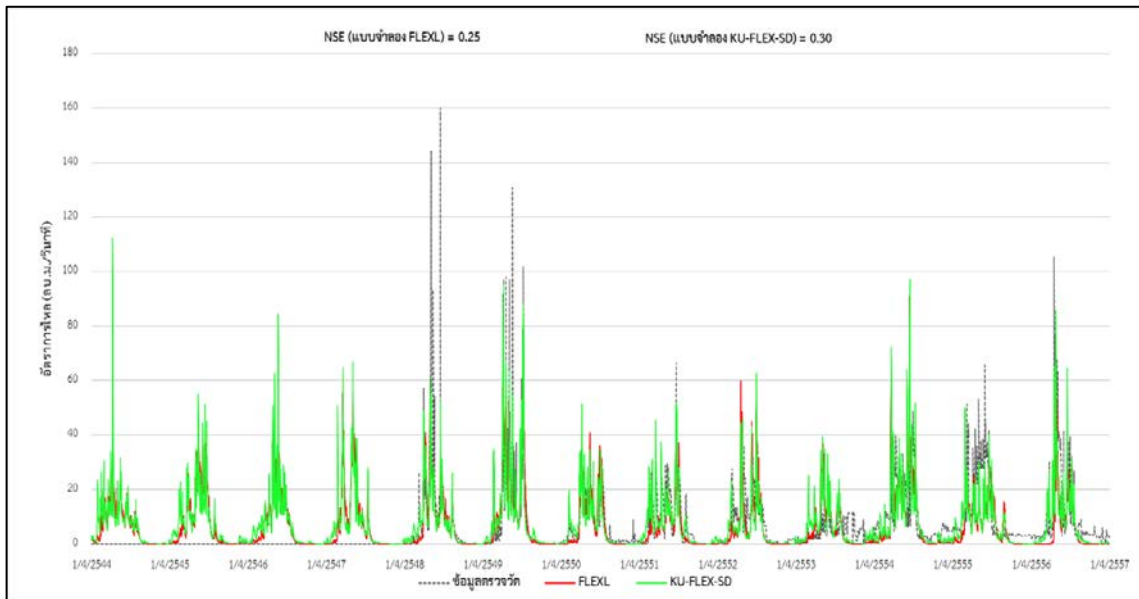


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

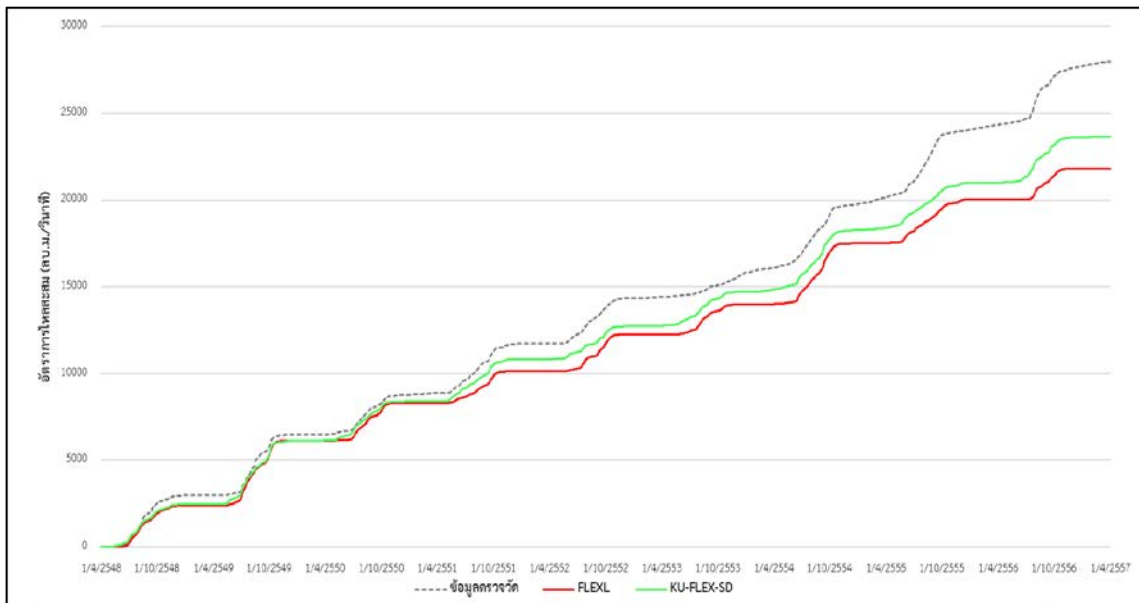


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-25 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.45 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.45 (ข)

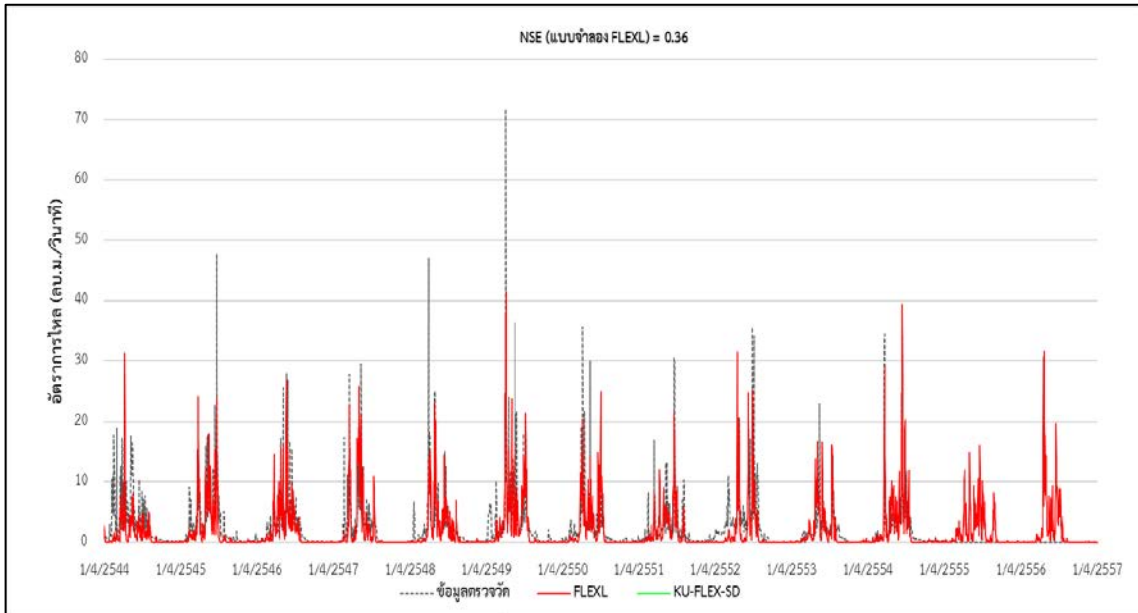


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

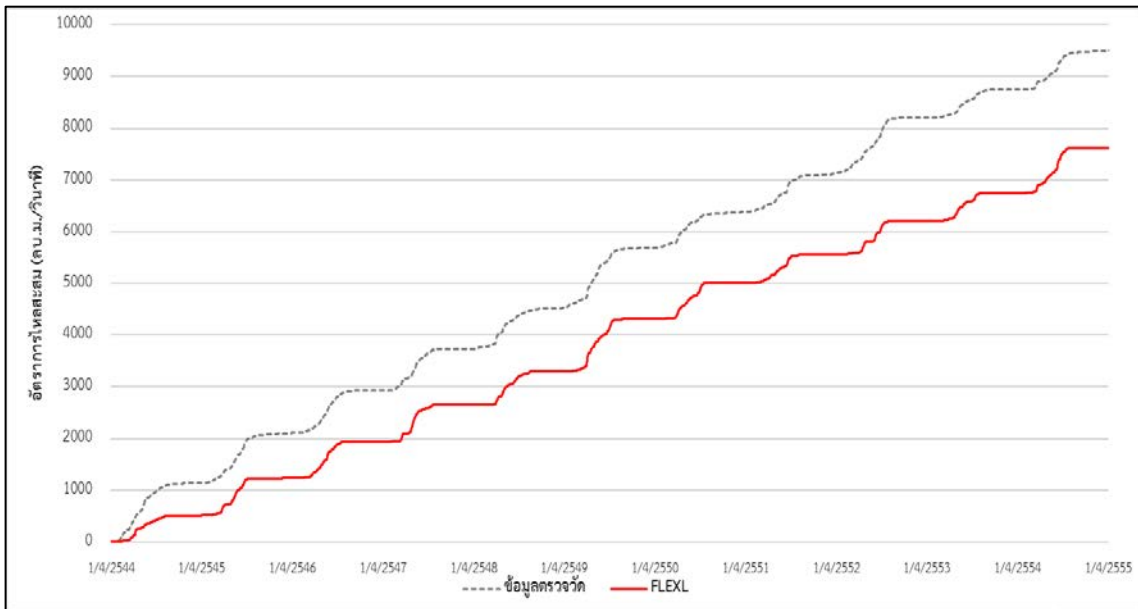


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-26 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.46 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.46 (ข)

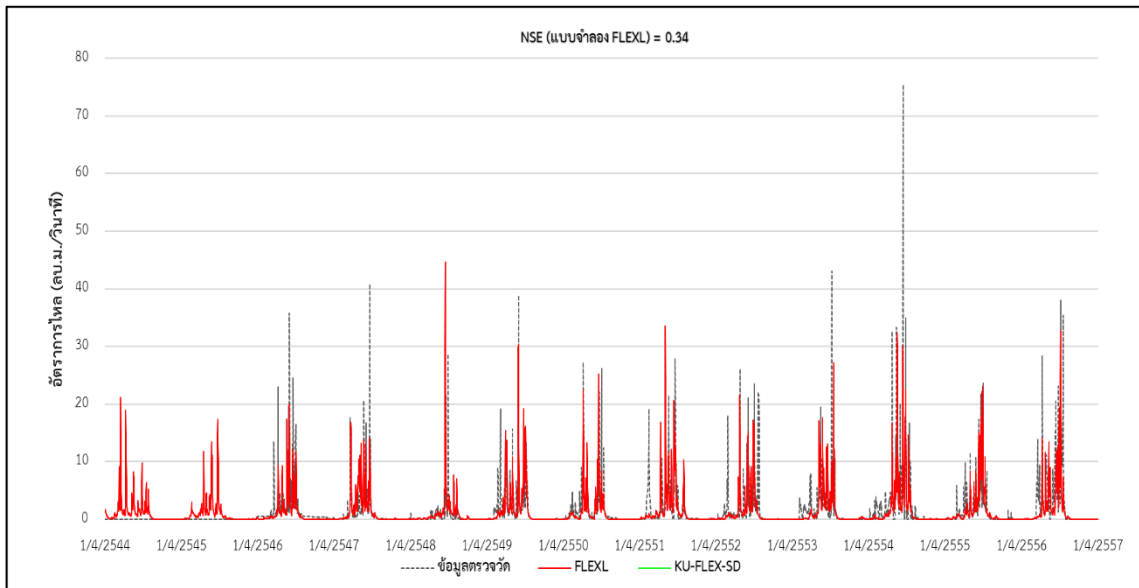


(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด

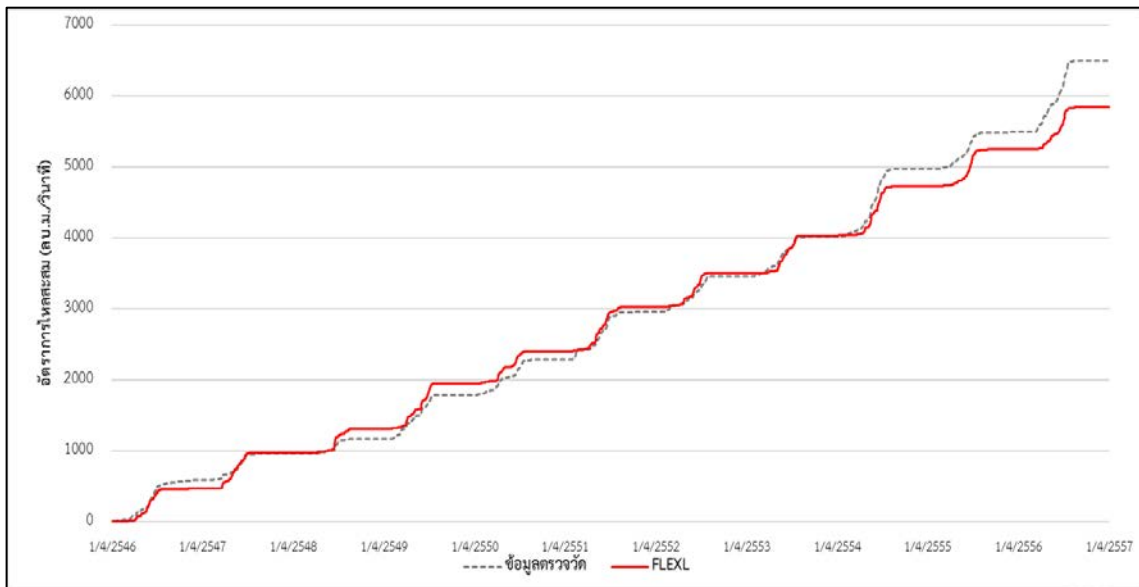


(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-27 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.47 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.47 (ข)



(ก) กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด



(ข) กราฟน้ำท่าสะสม (Mass Curve) ที่ได้จากแบบจำลองกับน้ำท่าสะสมที่ได้จากการตรวจวัด

รูปที่ ก-28 ผลการประเมินน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง FLEXL และ KU-FLEX-SD เปรียบเทียบน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่า Z.52 (ก) และการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสะสมจากสถานี Z.52 (ข)