การประเมินผลกระทบระหว่างภาคส่วนของการขาดแคลนน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มแม่น้ำน่าน

นายภวิสร ชื่นชุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Assessment of Cross - Sectoral Impacts of Water Deficits under Climate Change in Nan River Basin

Mr. Pavisorn Chuenchum

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Water Resources Engineering
Department of Water Resources Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินผลกระทบระหว่างภาคส่วนของการขาดแคลนน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มแม่น้ำน่าน
โดย	นายภวิสร ชื่นชุ่ม
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ปิยธิดา เรืองรัศมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ปิยธิดา เรืองรัศมี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุภัทรา วิเศษศรี)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ชัยยุทธ สุขศรี)

ภวิสร ชื่นชุ่ม : การประเมินผลกระทบระหว่างภาคส่วนของการขาดแคลนน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มแม่น้ำน่าน (Assessment of Cross - Sectoral Impacts of Water Deficits under Climate Change in Nan River Basin) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.ปิยธิดา เรืองรัศมี, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์, 301 หน้า.

ลุ่มน้ำน่านเป็นลุ่มน้ำที่สำคัญลุ่มน้ำหนึ่งของลุ่มน้ำเจ้าพระยา ปริมาณน้ำที่ไหลลงลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างคิดเป็นร้อยละ 25-40 ของแม่น้ำเจ้าพระยา จึงนับได้ว่าลุ่มน้ำน่านเป็นลุ่มน้ำที่มีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลให้สภาพอุตุ-อุทกวิทยาของลุ่มน้ำน่านมีการเปลี่ยนแปลงไปจากในอดีตที่ผ่านมา ประกอบกับลุ่มน้ำน่านมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้ความต้องการใช้น้ำเพิ่มสูงขึ้น ทำให้การขาดแคลนน้ำในภาคส่วนต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นด้วย การศึกษานี้เสนอกรอบการประเมินผลกระทบของการขาดแคลนน้ำโดยการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยาร่วมกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความต้องการใช้น้ำจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และประเมินผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างภาคส่วน โดยใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า Integrated Flood Analysis System (IFAS) ที่ผ่านการสอบเทียบและสอบทานในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุน และทำการพัฒนาแบบจำลองปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านในการประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการขาดแคลนน้ำ การคำนวณความต้องการใช้น้ำสำหรับอุปโภคบริโภค ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ การวิเคราะห์การขาดแคลนน้ำในอดีต และการพัฒนาแบบจำลองปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 เป็นปีฐาน และการวิเคราะห์การขาดแคลนน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการขยายตัวทางสังคมและเศรษฐกิจในช่วงปี พ.ศ. 2583–2602 ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง IFAS มีประสิทธิภาพในการจำลองสภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำน่าน และการจำลองสภาพน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้ปริมาณฝนจากแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR และ MIROC5 ภายใต้ RCP4.5 และ RCP8.5 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ความต้องการใช้น้ำของทุกภาคส่วนในอนาคตมีแนวโน้มสูงขึ้นจากปัจจัยเรื่องนโยบายของรัฐบาลโดยเฉพาะภาคเกษตรกรรม ความเสียหายทางเศรษฐกิจจากการขาดแคลนน้ำจะอยู่ในลุ่มน้ำน่านตอนล่างประมาณแสนล้านบาท ซึ่งจะมาจากภาคเกษตรกรรมเป็นสำคัญ และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำระหว่างภาคส่วน ความเสียหายจะสูงกว่าการวิเคราะห์เฉพาะภาคส่วน 2-3 เท่า การใช้มาตรการลดผลกระทบความเสียหายของภาครัฐโดยทำการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนและลดความต้องการใช้น้ำพบว่า สามารถช่วยให้ความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นลดลงประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์

ภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ	ลายมือชื่อนิสิต ----------
สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ----------
ปีการศึกษา 2558	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม ----------

5770259821 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING
KEYWORDS: NAN RIVER BASIN / WATER DEFICITS / CLIMATE CHANGE / ECONOMIC DEVELOPMENT / RAINFALL-RUNOFF MODEL / INPUT-OUTPUT MODEL

PAVISORN CHUENCHUM: Assessment of Cross - Sectoral Impacts of Water Deficits under Climate Change in Nan River Basin. ADVISOR: PIYATIDA RUANGRASSAMEE, Ph.D., CO-ADVISOR: PONGSAK SUTTINON, Ph.D., 301 pp.

Nan River Basin is one of the main upstream basins of Chao Phraya River. Annual runoff from Nan River Basin accounts for 25-40 percent of Lower Chao Phraya River Basin, making Nan River Basin one of the main economic drivers of Thailand. Land use and climate change result in change in meteorological and hydrological conditions in Nan River Basin. In addition, water demand in the basin has been increasing from the economic development. Decrease in water supply and increase in water demand result in more water deficits in all sectors. This study purposes integrated framework of hydrological and economic analysis to assess impacts of water deficits. The objectives of the study are to analyse water supply under climate change scenarios, estimate water demand under economic development scenarios, and assess cross-sectoral impacts of water deficits. A Rainfall-Runoff model, Integrated Flood Analysis System (IFAS), was calibrated, verified, and used to simulate runoff. Regional Input-Output Model was developed for Nan River Basin to assess economic impacts of water deficits. The calculation of water demand for domestic, agricultural, industrial, and service sectors, water deficits, and regional Input-Output Model for the base year was based on data from 2010. Analysis of water deficits under climate change scenarios and economic development scenarios was carried out during the period of 2040-2059. The results demonstrated that IFAS was capable of simulate runoff for Nan River Basin. Runoff simulations under climate change scenarios using two GCMs, IPSL-CM5A-MR and MIROC5 under RCP4.5 and RCP8.5 showed increasing trend. Water demand projections of all sectors also showed increasing trend especially in agricultural sector. Economic loss from water deficits in Nan River Basin was estimated to be approximately 100,000 million baths under climate change and economic development scenarios with agricultural sector suffered largest loss. Assessment of economic loss from cross-sectoral analysis was two to three times higher than that from analysis of each sector separately. Assessment of Government’s mitigation measures to increase water supply and decrease water demand showed that economic loss from water deficits could potentially be decreased by 70-80 percent.

Department:	Water Resources Engineering	Student's Signature	.....
Field of Study:	Water Resources Engineering	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2015	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากข้าพเจ้าได้รับคำแนะนำ ความช่วยเหลือ ตลอดจนความอนุเคราะห์จากบุคคลและหน่วยงานต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ปิยธิดา เรืองรัศมี และอาจารย์ ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำปรึกษา ชี้แนวทาง ให้ความรู้ แนะนำ สนับสนุน ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ และได้กรุณาให้โอกาสร่วมโครงการวิจัย และการสั่งสอนทั้งในเชิงวิชาการ การทำงาน และการใช้ชีวิต อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ทวนทัน กิจไพศาลสกุล รองศาสตราจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี และอาจารย์ ดร. สุภัทรา วิเศษศรี ประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่าน ซึ่งได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และอบรมสั่งสอนข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาในสถาบันอันทรงเกียรติแห่งนี้

ขอขอบคุณ International Centre for Water Hazards and Risk Management ผู้สร้างแบบจำลอง IFAS ขอขอบคุณหน่วยงานราชการต่างๆ ได้แก่ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำนักงานสถิติแห่งชาติ และสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษานี้

การศึกษาภาพฉายการขยายตัวทางเศรษฐกิจในอนาคต 2 ภาพฉายได้อ้างอิงมาจากโครงการวิจัย การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์ การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำเชิงกลยุทธ์ภายใต้ความเสี่ยงใหม่และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงกลยุทธ์ ซึ่งอยู่ในระหว่างการดำเนินการโดยหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภายใต้การสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำต้นทุนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ใช้ข้อมูลฝนจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่ทำการย่อส่วนและปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติจากโครงการ Integrated study on Hydro-Meteorological Prediction and Adaptation to Climate Change in Thailand (IMPAC-T)

ขอขอบคุณ คุณปฏิญญา หรรษ์อิทธินันต์ คุณธีรวัฒน์ รามอินทรา ตลอดจนรุ่นพี่ เพื่อน รุ่นน้อง ในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ สำหรับมิตรภาพ ประสบการณ์ทำงาน กำลังใจ และความช่วยเหลือขณะทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ซึ่งดูแลด้านเอกสารและกำลังใจแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนขอขอบคุณคณาจารย์ รุ่นพี่ เพื่อนและรุ่นน้อง จากคริสตจักรไคร้ชเชิชกรุงเทพ ภาคภาษาไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณองค์พระผู้เป็นเจ้า บิดา มารดา น้องสาว ครอบครัวชื่นชุ่มและธวัชพันธุ์ ผู้ให้ความรักอันบริสุทธิ์ กำลังใจ โอกาส คำอบรมสั่งสอน และอดทนเหนื่อยยากเพื่อข้าพเจ้ามาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญรูป ..... ฒ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 แบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่า (Rainfall – Runoff Modelling) 7
2.2.1 หลักการของแบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าแบบ Lumped และ Distributed models 7
2.2.2 การศึกษาที่ผ่านมาของการใช้แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS 10
2.2 แบบจำลอง Input – Output model หรือตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต และการหารายได้ประชาชาติ 11
2.2.1 การศึกษาที่ผ่านมาของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก 15
2.2.2 การศึกษาที่ผ่านมาของตารางปัจจัยการผลิตกับการประยุกต์ใช้ด้านทรัพยากรน้ำ 17
2.2.3 การศึกษาที่ผ่านมาของการหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรม Cobb–Douglas production function 18

หน้า

2.3 การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการเกิดภัยแล้งและการขาดแคลนน้ำ 19
2.3.1 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก 20
2.3.2 Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) และการศึกษาที่เกี่ยวข้อง 21
2.3.3 ภาพการจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission scenarios) 23
2.3.4 การประเมินเพื่อเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง 28
2.4 ตัวแปรเพื่อการตัดสินใจที่ใช้ในการศึกษา 35
บทที่ 3 พื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 37
3.1 พื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 37
3.1.1 ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำน่าน (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548) 37
3.1.2 สภาพอุตุ-อุทกวิทยาของลุ่มน้ำน่าน 42
3.1.3 การทดสอบความความคงตัวของข้อมูลฝน 44
3.1.4 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 47
3.1.5 ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมของลุ่มน้ำ 51
บทที่ 4 การจำลองความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่าด้วยแบบจำลองอุทกวิทยา 55
4.1 การกำหนดเงื่อนไขและตั้งค่าแบบจำลอง IFAS 55
4.2 การปรับเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS 61
4.3 การสอบทานปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำน่าน 65
บทที่ 5 ความสัมพันธ์ของความต้องการใช้น้ำกับตารางปัจจัยการผลิต 69
5.1 ความต้องการใช้น้ำแต่ละภาคส่วนหลักทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ 69
5.1.1 ความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรกรรมของลุ่มน้ำน่าน 70
5.1.1.1 ความต้องการใช้น้ำของพืช 70
5.1.1.2 ความต้องการใช้น้ำของการทำปศุสัตว์ 74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

5.1.2 ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่าน 79
5.3.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำต่อหนึ่งหน่วยแรงม้าต่อวัน 82
5.3.2.2 ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมจากแรงม้าดำเนินการ 84
5.1.3 ความต้องการใช้น้ำภาคอุปโภค-บริโภคของลุ่มน้ำน่าน 86
5.3.3.1 ความต้องการใช้น้ำส่วนภายในครัวเรือน 86
5.3.3.2 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการบริการและการท่องเที่ยว 87
5.2 การหารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่าน 93
5.2.1 รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำภาคเกษตรกรรม 94
5.2.2 รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำภาคอุตสาหกรรม 100
5.2.3 รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำภาคบริการ 107
5.3 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน 112
5.4 ความเชื่อมโยงของความต้องการใช้น้ำกับตารางปัจจัยการผลิต 116
บทที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำต้นทุน จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ 121
6.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 121
6.2 การวิเคราะห์แผนพัฒนาจังหวัดและการกำหนดการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ 129
6.2.1 การกำหนดการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่าน 129
6.2.2 ความต้องการใช้น้ำในอนาคตจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจในอนาคต 134
6.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต 137
6.3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต 139
6.4 การประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจและมาตรการลดกระทบ 165
6.4.1 วิธีการประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจจากการขาดแคลนน้ำ 165

หน้า

6.4.2 การประเมินความเสียหายโดยตรงในแต่ละภาคส่วน 170
6.4.3 การประเมินความเสียหายแบบผลกระทบหลายภาคส่วน 172
6.4.4 ประเมินมาตรการลดผลกระทบจากความเสียหายทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ 174
6.4.5 แนวทางแก้ไขการลดความเสียหายในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน.....193
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....195
7.1 การปรับเทียบและการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS 195
7.2 การหาความสัมพันธ์ของตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำกับความต้องการใช้น้ำ.....196
7.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก และการวิเคราะห์การขยายตัวทางเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน.....200
7.4 ข้อเสนอแนะ 205
รายการอ้างอิง.....207
ภาคผนวก 214
ภาคผนวก ก.....215
ภาคผนวก ข.....224
ภาคผนวก ค.....234
ภาคผนวก ง 239
ภาคผนวก จ.....246
ภาคผนวก ฉ.....254
ภาคผนวก ช.....258
ภาคผนวก ซ.....281
ภาคผนวก ฌ.....298
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 301

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3-1 รายละเอียดของลุ่มน้ำสาขาต่างๆ ในลุ่มน้ำน่าน 38

3-2 รายได้ประชาชาติจังหวัดในลุ่มน้ำน่าน (ล้านบาท) 51

4-1 สรุปพารามิเตอร์ต่างๆที่ผ่านการปรับเทียบของชั้น surface tank 62

4-2 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ผ่านการปรับเทียบโดยแบ่งตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน 62

4-3 พารามิเตอร์ต่างๆที่ผ่านการปรับเทียบของชั้น groundwater tank 63

4-4 พารามิเตอร์ต่างๆที่ผ่านการปรับเทียบของชั้น river channel tank 64

5-1 ช่วงเวลาการเพาะปลูกของพืชในลุ่มน้ำน่าน 72

5-2 ตัวอย่างการคำนวณการใช้น้ำจริง (ETcrop) ของข้าวนาปี 73

5-3 ความต้องการใช้น้ำในการเพาะปลูกพืชของลุ่มน้ำน่าน 74

5-4 ความต้องการใช้น้ำของการเลี้ยงสัตว์ 75

5-5 ความต้องการใช้น้ำของโคเนื้อ 75

5-6 ความต้องการใช้น้ำของโคนม 76

5-7 ความต้องการใช้น้ำของกระบือ 76

5-8 ความต้องการใช้น้ำของสุกร 76

5-9 ความต้องการใช้น้ำของไก่เนื้อ 76

5-10 ความต้องการใช้น้ำของไก่พื้นเมือง 77

5-11 ความต้องการใช้น้ำของเป็ดเนื้อ 77

5-12 ความต้องการใช้น้ำของไก่ไข่ 77

5-13 ความต้องการใช้น้ำของเป็ดไข่ 77

5-14 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมและผลรวมแรงม้าประเภทต่างๆ ในลุ่มน้ำน่าน 80

5-15 ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำ พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2553 (ลบ.ม./แรงม้า/วัน) 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5-16 ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่าน 85
5-17 ความต้องการใช้น้ำภายในครัวเรือนในลุ่มน้ำน่าน 87
5-18 จำนวนนักท่องเที่ยวและนักทัศนาจรในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553 88
5-19 ความต้องการใช้น้ำของนักท่องเที่ยวต่อวันและต่อปี โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553..... 89
5-20 ความต้องการใช้น้ำของนักทัศนาจรต่อวันและต่อปี โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553..... 89
5-21 จำนวนผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอกของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553..... 90
5-22 ความต้องการใช้น้ำของผู้ป่วยนอกปี พ.ศ. 2553..... 90
5-23 ความต้องการใช้น้ำของผู้ป่วยในปี พ.ศ. 2553 91
5-24 จำนวนและความต้องการใช้น้ำของนักเรียน โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 92
5-25 จำนวนและความต้องการใช้น้ำของครู อาจารย์ โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553..... 92
5-26 สรุปความต้องการใช้น้ำภาคบริการของลุ่มน้ำน่าน..... 93
5-27 เนื้อที่การเพาะปลูกของพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน..... 94
5-28 ตัวอย่างการคำนวณข้าวนาปี..... 96
5-29 ต้นทุนและมูลค่าเพิ่มของสินค้าเกษตรของลุ่มน้ำน่าน 97
5-30 รายได้ประชาชาติของภาคเกษตรกรรมของลุ่มน้ำน่าน..... 98
5-31 รายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของจังหวัดสุโขทัย (หน่วย: ล้านบาท)..... 101
5-32 ข้อมูลจำนวนโรงงาน เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงานในจังหวัดสุโขทัย 102
5-33 จัดข้อมูลรายได้ประชาชาติจังหวัด เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงาน..... 102
5-34 รายได้ประชาชาติจังหวัด เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงานในรูปล็อกการิทึม..... 103
5-35 ค่าสัมประสิทธิ์ Cobb – Douglas production function ของจังหวัดสุโขทัย 103
5-36 การตรวจสอบรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของจังหวัดสุโขทัย..... 104
5-37 ผลจากการวิเคราะห์รายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่าน..... 106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5-38 แสดงรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553 และ สัดส่วนมูลค่าของจังหวัดและลุ่มน้ำ....106
5-39 รายได้ประชาชาติภาคบริการของลุ่มน้ำน่าน....111
5-40 ตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553....113
5-41 ค่าอัตราส่วนเพื่อใช้ในการย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำ....114
5-42 การหาค่าต่างๆในตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน....115
5-43 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านแบบสมบูรณ์....115
5-44 สรุปความต้องการใช้น้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้ง 5 ส่วน (หน่วย: ล้านลูกบาศก์เมตร)....118
5-45 มูลค่าของน้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (หน่วย: บาท)....120
6-1 การขยายตัวทางเศรษฐกิจของแต่ละจังหวัดในทุกๆ 5 ปี....133
6-2 การขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านในทุกๆ 5 ปี....133
6-3 มูลค่าการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านจากทั้ง 3 ภาพฉาย (ล้านบาท)....134
6-4 รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านจากทั้ง 3 ภาพฉาย (ล้านบาท)....134
6-5 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านของภาพฉายที่ 1....135
6-6 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านของภาพฉายที่ 2....135
6-7 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านของภาพฉายที่ 3....135
6-8 ความต้องการใช้น้ำในอนาคตของภาพฉายที่ 1 (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)....136
6-9 ความต้องการใช้น้ำในอนาคตของภาพฉายที่ 2 (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)....136
6-10 ความต้องการใช้น้ำในอนาคตของภาพฉายที่ 3 (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)....137
6-11 ปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (หน่วย: ล้านลูกบาศก์เมตร....164
6-12 ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553....167
6-13 การประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจจากการขาดแคลนน้ำ....168
6-14 มูลค่าของน้ำของภาพฉายที่ 1 (หน่วย: บาท)....169

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6-15 มูลค่าของน้ำของภาพฉายที่ 2 (หน่วย: บาท).....169

6-16 มูลค่าของน้ำของภาพฉายที่ 3 (หน่วย: บาท).....169

6-17 ประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจเพียงภาคเกษตรกรรม (หน่วย: ล้านบาท).....171

6-18 มูลค่าความเสียหายระหว่างภาคส่วนทางเศรษฐกิจในลุ่มน้ำ (หน่วย: ล้านบาท).....173

6-19 ปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำน่านจากมาตรการลดความเสียหาย (หน่วย: ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี).....187

6-20 ประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจเพียงภาคเกษตรกรรม (หน่วย: ล้านบาท).....189

6-21 มูลค่าความเสียหายระหว่างภาคส่วนทางเศรษฐกิจในลุ่มน้ำ (หน่วย: ล้านบาท).....191

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1-1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน 5

2-1 รูปแบบของ Input – Output table 15

2-2 ภาพการจำลองปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ AR4 และ AR5 23

2-3 Bias และ RMSE ของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกของรูปแบบฝนในประเทศไทย 31

2-4 ค่า bias ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาช่วงฤดูฝน 31

3-1 พื้นที่ลุ่มน้ำน่านและลุ่มน้ำสาขา 41

3-2 ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยในลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2497-2557 43

3-3 สถานีวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน 44

3-4 การทดสอบความความคงตัวของข้อมูลฝนสถานี 280143 45

3-5 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ยในลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2497-2557 46

3-6 ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำท่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ 47

3-7 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำน่าน 50

3-8 ที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน 54

4-1 ลำดับการสอบเทียบและสอบทาน และวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า 56

4-2 (a) พื้นที่ลุ่มน้ำ โครงข่ายลำน้ำ และที่ตั้งเขื่อนในแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS เปรียบเทียบกับ (b) พื้นที่จริงของลุ่มน้ำ 59

4-3 การใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS 63

4-4 ผลการสอบเทียบแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าลุ่มน้ำน่าน ปี พ.ศ. 2544-2553 65

4-5 ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าลุ่มน้ำน่าน ปี พ.ศ. 2554-2557 66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4-6 ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N.64 ปีพ.ศ. 2554-2557 67

4-7 ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N.13A ปีพ.ศ. 2554-2557 67

4-8 ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N.12A ปีพ.ศ. 2554-2557 68

4-9 ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N.5A ปีพ.ศ. 2554-2557 68

5-1 ปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง (ETo) ของจังหวัดในลุ่มน้ำน่าน 71

5-2 เปอร์เซ็นต์ความต้องการใช้น้ำของการเพาะปลูกพืชของลุ่มน้ำน่าน 74

5-3 เปอร์เซ็นต์ความต้องการใช้น้ำของปศุสัตว์ของลุ่มน้ำน่าน 78

5-4 เปอร์เซ็นต์ความต้องการใช้น้ำภาคบริการของลุ่มน้ำน่าน 93

5-5 เนื้อที่เพาะปลูกของพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 95

5-6 เปอร์เซ็นต์รายได้ประชาชาติภาคเกษตรกรรมของลุ่มน้ำน่าน 98

5-7 ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจากสูตร Cobb – Douglas production function กับข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจริง 104

5-8 เปอร์เซ็นต์รายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่าน 107

5-9 ข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคบริการของลุ่มน้ำน่านระดับตำบล 110

5-10 เปอร์เซ็นต์รายได้ประชาชาติภาคบริการของลุ่มน้ำน่าน 112

5-11การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำน่านออกเป็น 5 ส่วน 117

5-12 การคำนวณหามูลค่าน้ำ 119

6-1 ปริมาณฝนจากแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ทั้ง 2 ตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 123

6-2 ปริมาณฝนจากแบบจำลอง MIROC5 ทั้ง 2 ตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 124

6-3 ปริมาณฝนสังเกตการณ์ของลุ่มน้ำน่านระหว่างปี ค.ศ. 1981-2010 125

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6-4 ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ในอดีตของสถานี N.64 เปรียบเทียบกับแบบจำลอง GCMs.....127

6-5 ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ในอดีตของสถานี N.13A เปรียบเทียบกับแบบจำลอง GCMs ..127

6-6 ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ในอดีตของสถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนเปรียบเทียบกับแบบจำลอง GCMs.....128

6-7 ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ในอดีตของสถานี N.12A เปรียบเทียบกับแบบจำลอง GCMs ..128

6-8 ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ในอดีตของสถานี N.5A เปรียบเทียบกับแบบจำลอง GCMs.....129

6-9 หลักการการคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุนในพื้นที่ลุ่มน้ำ 139

6-10 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 141

6-11 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 142

6-12 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 143

6-13 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL(b) แบบจำลอง MIROC5 146

6-14 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a)แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 147

6-15 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 148

6-16 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 150

6-17 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 151

6-18 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 152

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6-19 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 154

6-20 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 156

6-21 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 157

6-22 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 159

6-23 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 161

6-24 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 163

6-25 โครงสร้างทางเศรษฐกิจระหว่างภาคส่วน.....166

6-26 การคำนวณความเสียหายแบบผลกระทบหลายภาคส่วน.....167

6-27 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 178

6-28 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 180

6-29 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 181

6-30 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 183

6-31 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 185

6-32 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5 186

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ลุ่มน้ำน่านเป็นลุ่มน้ำที่มีความสำคัญทางภาคเหนือของประเทศไทย และเป็นลุ่มน้ำ 1 ใน 4 ลุ่มน้ำหลักที่เป็นต้นน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา จึงถือได้ว่าลุ่มน้ำน่านมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อศักยภาพน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำน่านเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำที่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำหรือภัยแล้งเกือบทุกปี ทำให้ส่งผลกระทบต่อภาคส่วนต่างๆ ทางเศรษฐกิจของพื้นที่ลุ่มน่าน รวมถึงพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ไม่ว่าจะเป็นภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม ภาคบริการ และภาคการอุปโภคบริโภค พื้นที่ลุ่มน้ำน่านบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ ยังพบการบุกรุกทำลายป่าเพื่อทำการเพาะปลูกทางการเกษตร ทำให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ปัญหาน้ำกัดเซาะตลิ่ง และปัญหาน้ำหลากโดยไม่มีการอุ้มน้ำในชั้นดิน ปัญหาเหล่านี้ล้วนแต่จะส่งผลต่อบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์

จากการศึกษาและทบทวนรายงานโครงการจัดทำแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548) พบว่า ปัญหาการขาดแคลนน้ำและภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านเป็นปัญหาที่เกิดมาจากสภาพภูมิอากาศโดยตรง ส่วนใหญ่เกิดจากภาวะฝนตกทิ้งช่วงเป็นเวลายาวนาน ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ทางการเกษตรกรรม ซึ่งการเพาะปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ส่วนใหญ่จะทำการเพาะปลูกในฤดูฝนและใช้น้ำฝนเป็นหลัก ยกเว้น บางพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ติดลำน้ำหรือติดโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก สามารถใช้น้ำจากแหล่งน้ำเหล่านั้นเพื่อเสริมในช่วงที่เกิดการขาดแคลนน้ำและภัยแล้งได้ นอกจากนี้ พื้นที่ลุ่มน้ำน่านยังประสบกับการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภค – บริโภคในฤดูแล้ง เพราะเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำหรือแม้แต่พื้นที่ชลประทานเองก็มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการผลิตน้ำเพื่อการอุปโภค – บริโภค และถ้าหากมีการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมมากจนเกินปริมาณน้ำที่เก็บกักในเขื่อนสิริกิติ์ รวมถึงมีการขยายการเพาะปลูกในฤดูแล้งเพิ่มขึ้น และมีการใช้น้ำในการทำกิจกรรมต่างๆเพิ่มมากยิ่งขึ้น ก็จะทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำและภัยแล้งได้เช่นกัน

จากการศึกษาของหน่วยวิจัยปฏิบัติการแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2554) ได้ทำการสรุปและประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านในปีพ.ศ. 2551 – 2552 และในอนาคตอันใกล้ (near term) อีก 20 ปีข้างหน้า พบว่า ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค – บริโภค อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม มีความต้องการใช้น้ำโดยรวม

83 ล้าน ลบ.ม./ปี 305.81 ล้าน ลบ.ม./ปี และ 5,770 ล้านลบ.ม./ปี ตามลำดับ และเมื่อทำการประเมินความต้องการใช้น้ำในอนาคต (พ.ศ. 2553 – 2572) ลุ่มน้ำน่านจะมีความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค – บริโภค อุตสาหกรรมโดยรวม 89 ล้าน ลบ.ม./ปี และอุตสาหกรรม 319.68 ล้าน ลบ.ม./ปี ส่วนความต้องการน้ำใช้น้ำเพื่อการเกษตรกรรมในอนาคต (พ.ศ. 2558 – 2582) 4,895 ล้านลบ.ม./ปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความต้องการใช้น้ำในภาคการอุปโภค – บริโภค และภาคอุตสาหกรรม มีแนวโน้มสูงขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และการเติบโตทางเศรษฐกิจในพื้นที่ แต่จะเห็นว่าภาคการเกษตรมีความต้องการใช้น้ำที่มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากความกังวลของเกษตรกรในพื้นที่ในปัญหาภัยแล้งที่เกิดขึ้น เกษตรกรจึงลดการเพาะปลูก และหันมาทำงานหาเลี้ยงชีพในภาคอุตสาหกรรมแทน ส่งผลให้ผลผลิตทางเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน่านลดลง และในที่สุดก็กระทบต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศในอนาคต

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถือว่าเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อสภาพอุทกวิทยาของลุ่มน้ำน่าน กล่าวคือ เมื่อสภาพภูมิอากาศโลกเปลี่ยนไปจากในอดีต ปริมาณและรูปแบบฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านก็เปลี่ยนไปจากพื้นที่ที่เคยมีฝนตกก็ไม่ตก และมีการทิ้งช่วงการตกของฝนเป็นเวลานานมากยิ่งขึ้น ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ ในขณะเดียวกันบริเวณด้านท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์เกิดการเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้น้ำที่มีแนวโน้มที่สูงขึ้นกว่าในอดีต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นจากการแข่งขันทางเศรษฐกิจ จากปริมาณน้ำที่มีอย่างจำกัดซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงทำให้เกิดการแย่งชิงน้ำเกิดขึ้น และไม่มีการบริหารจัดการน้ำที่เข้มแข็งทำให้การจัดสรรน้ำแก่ผู้ใช้น้ำไม่เป็นธรรม ส่งผลต่อความมั่งคงของความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน

ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในภาวะที่มีความแปรปรวนของปริมาณน้ำต้นทุนระหว่างปีที่สูงมากขึ้น จำเป็นต้องมีกระบวนการในการวางแผนทั้งในระยะสั้นและระยะยาวโดยคำนึงทั้งสภาวะภัยแล้ง และการวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับแต่ละภาคส่วนของการใช้น้ำ เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการและการเตรียมความพร้อมในการบรรเทาปัญหาที่จะเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดสรรน้ำระหว่างภาคส่วนโดยอาศัยเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ประกอบกับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุน การศึกษาความเชื่อมโยงของปัญหาภัยแล้งหรือการขาดแคลนน้ำ โดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเสี่ยงภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านทั้งบริเวณเหนือและล่างอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ เพื่อศึกษาปริมาณน้ำท่าในอนาคตอันใกล้ว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไร เพราะปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจะเป็นปริมาณน้ำต้นทุนในฤดูแล้ง ซึ่งจะส่งผลต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศ และการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างภาคส่วนภายใต้การเปลี่ยนแปลง

ความเสี่ยงของภัยแล้ง โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานการจัดสรรน้ำ และผลิตภัณฑ์ผลรวมภายในประเทศ เพื่อสามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำในอนาคตได้อย่างสมเหตุสมผล เพื่อนำไปสู่การประเมินผลกระทบระหว่างภาคส่วนของความเสี่ยงภัยแล้งภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มแม่น้ำน่าน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำต้นทุนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2. เพื่อศึกษาความต้องการใช้น้ำในแต่ละภาคส่วนจากการเติบโตทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านในอนาคต

3. เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการขาดแคลนน้ำระหว่างภาคส่วนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. การศึกษานี้จะใช้การจำลองน้ำฝน–น้ำท่า Integrated Flood Assessment System (IFAS) และส่วนจำลองการบริหารอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2544–2553 (ค.ศ. 2001–2010) ในการปรับเทียบแบบจำลอง และใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2554–2557 (ค.ศ. 2011–2014) ในการสอบทานแบบจำลอง

2. การศึกษาจะใช้แบบจำลอง Input – Output ในการศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างความต้องการใช้น้ำในภาคส่วนต่างๆ และผลกระทบทางเศรษฐกิจระหว่างภาคส่วน โดยใช้ฐานข้อมูล Input–Output Table ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553 (ค.ศ. 2010)

3. การศึกษาจะใช้ขอบเขตของลุ่มน้ำเป็นหลักในการศึกษา พิจารณาและประเมินความต้องการใช้น้ำ และปริมาณน้ำต้นทุนในอนาคต รวมถึงทำการประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการขยายตัวทางเศรษฐกิจในอนาคต

4. ความต้องการใช้น้ำที่ศึกษาประกอบด้วย 4 ภาคส่วนได้แก่ ภาคอุปโภค-บริโภค ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ

5. การคำนวณความต้องการใช้น้ำ จะใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 เป็นปีฐาน และคำนวณความต้องการใช้น้ำในอนาคตจากเปอร์เซ็นต์การขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำคูณความต้องการใช้น้ำของปีฐาน

6. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product, GDP) และการใช้น้ำของแต่ละภาคส่วนของลุ่มน้ำน่าน

7. ภาคส่วนทางเศรษฐศาสตร์ที่ศึกษาประกอบด้วย 3 ภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ

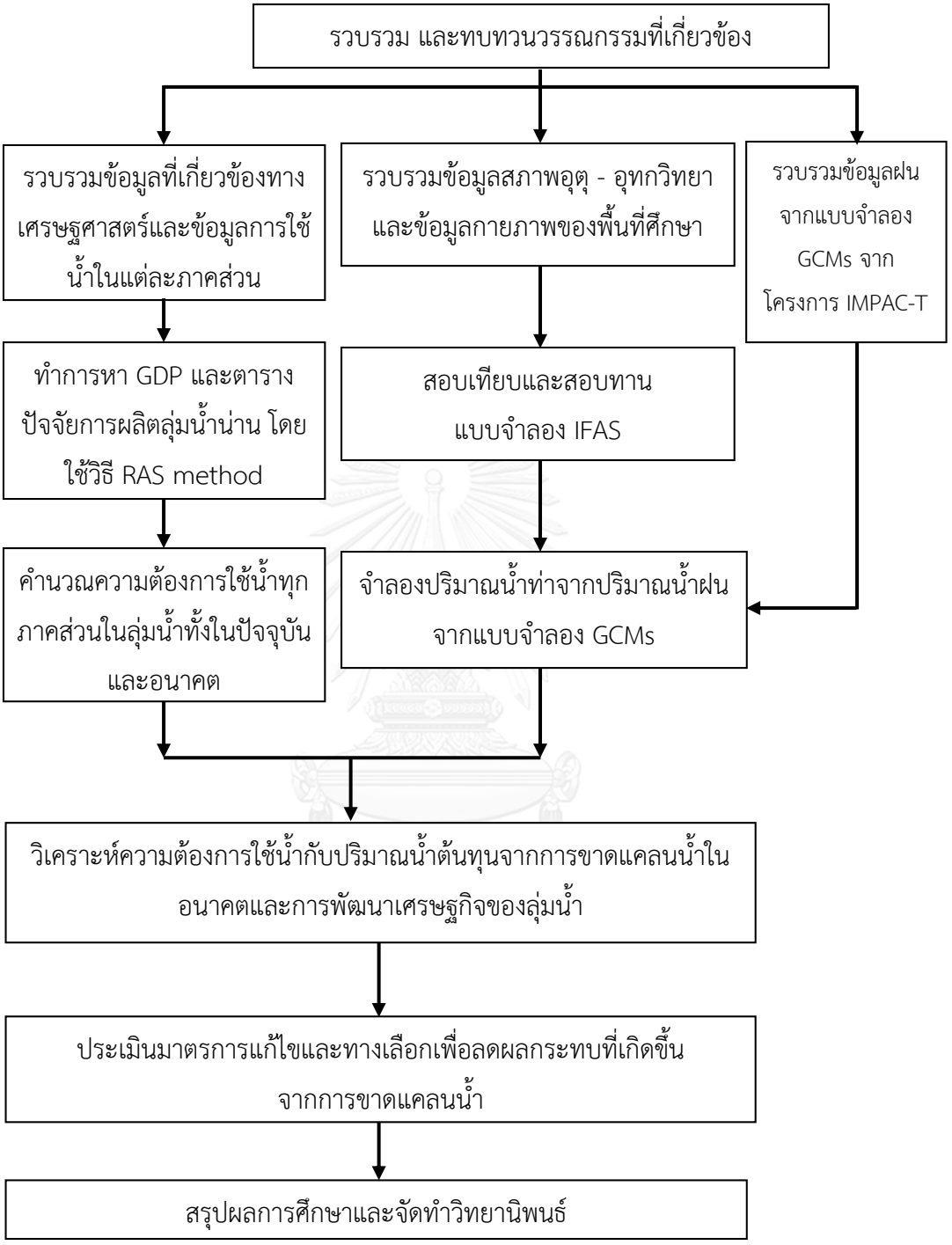
8. ใช้สมมติฐานสิทธิการใช้น้ำหรือการจัดลำดับความสำคัญของการใช้น้ำตามแนวทางที่ปฏิบัติ

9. การจำลองการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ใช้ rule curve ตามที่ทางหน่วยงานใช้อยู่ในปัจจุบัน มิได้ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง rule curve

10. การศึกษาจะพิจารณาเฉพาะส่วนของวิศวกรรมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และการบริหารจัดการเท่านั้น จะมิได้พิจารณาปัจจัยทางสังคมที่อาจจะเกิดขึ้น และการปรับตัว (adaptation) ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการขยายตัวทางเศรษฐกิจในอนาคต

11. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เลือกใช้ผลการจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตอันใกล้ ค.ศ. 2040-2059 จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก IPSL-CM5A-MR และ MIROC5 ภายใต้ตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต 2 ภาพฉายได้แก่ RCP4.5 และ RCP8.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1-1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำน่าน

2. ความสัมพันธ์และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวม และความต้องการใช้น้ำของแต่ละภาคส่วน

3. ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการขาดแคลนน้ำระหว่างภาคส่วนภายใต้การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำต้นทุนและการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องจะกล่าวถึงการเกิดการขาดแคลนน้ำหรือภัยแล้งในลุ่มน้ำน่าน จากนั้นจะทำการศึกษาแบบจำลองปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่า (Rainfall – Runoff model) เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการการวิเคราะห์ของแบบจำลองแต่ละประเภท และทำการเลือกใช้แบบจำลองอย่างเหมาะสม หลังจากนั้นได้ทำการศึกษาแบบจำลองที่ใช้ในวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับเศรษฐศาสตร์คือ Input – Output model เพื่อทำความเข้าใจการหลักการวิเคราะห์และการใช้งานที่ถูกต้อง สุดท้ายทำการศึกษาการใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกและแบบจำลองที่เกี่ยวข้องในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

2.1 แบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่า (Rainfall – Runoff Modelling)

แบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่า (Rainfall – Runoff Modelling) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่มีลักษณะความคล้ายคลึงเหมือนกระบวนการทางอุทกวิทยาบนโลก ซึ่งการใช้งานแบบจำลองนั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ โดยผู้ที่ใช้แบบจำลองส่วนใหญ่จะเป็นนักวิจัยและผู้ปฏิบัติงานในสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ แบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่า ส่วนใหญ่จะนำไปใช้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาวิจัยและทำความเข้าใจในกระบวนการทางอุทกวิทยาบนโลก มีแบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่ามากมายที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการจำลองและคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่จะเกิดขึ้น ทำให้ผู้ที่ใช้งานแบบจำลองหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทางด้านการบริหารจัดการน้ำสามารถตัดสินใจสำหรับการวางแผนและการดำเนินการ โดยต้องทำการพิจารณาความสัมพันธ์ทางกายภาพ นิเวศวิทยา เศรษฐกิจและมุมมองทางสังคม ยกตัวอย่างแบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าที่ผ่านมา แบบจำลองมีการเพิ่มศักยภาพในการคาดการณ์น้ำท่วมหรืออุทกภัยและทำการเตือนภัย ทำการประมาณความถี่ของการเกิดน้ำท่วม ทำการทำนายการเกิดน้ำท่วมและระยะเวลาที่น้ำท่วม (inundation) การประเมินผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และการบริหารจัดการลุ่มน้ำแบบบูรณาการ

2.2.1 หลักการของแบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าแบบ Lumped และ Distributed models

Beven (1999) ได้อธิบายความซับซ้อนทางธรรมชาติของกระบวนการปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่า (rainfall – runoff processes) จะกำหนดโดยความเชื่อมโยงระหว่างน้ำ พลังงานและ

กระบวนการการเจริญเติบโตของพืชในสเกลของพื้นที่ ความสัมพันธ์นี้จะเป็นในลักษณะระบบที่มีความสัมพันธ์กันและเชื่อมโยงกันอยู่ ซึ่งสามารถทำความเข้าใจได้จากการสำรวจ สังเกตการณ์หรือการทดลอง เรียกว่า วัฏจักรของน้ำ (water cycle) กระบวนการในแบบจำลองจะถูกเรียกว่า การรับรู้ของแบบจำลอง (perceptual modelling) การรับรู้ระบบอุทกวิทยาทำให้ผู้พัฒนาแบบจำลองสามารถมีความหลากหลายในการเลือกกำหนดรูปแบบแบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ (deterministic) หรือเหตุการณ์ที่เกิดจากการสุ่ม (stochastic) โดยมีที่มาจากพื้นฐานทางฟิสิกส์กายภาพ (physically based) นำไปสู่การสร้างสมการเชิงประจักษ์ (empirical) และออกมาในรูปแบบของหลักการของแบบจำลอง (conceptual models) แบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่ามีสองหลักการที่ถือว่ามีความโดดเด่นคือ lumped models และ distributed models หลักการ Lumped models จะใช้วิธีการนำลุ่มน้ำมารวมเป็นหนึ่งหน่วยที่ซึ่งความแปรปรวนเชิงพื้นที่จะถูกตัดทิ้ง ในวิธีการนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีความสำคัญคือข้อมูลปริมาณฝนเพื่อทำการนำเข้าในแบบจำลองและส่งออกข้อมูลเป็นปริมาณน้ำท่า โดยปราศจากกระบวนการเชิงพื้นที่ (spatial processes) รูปแบบ (pattern) และองค์ประกอบของลักษณะที่ได้รับจากกระบวนการต่างๆ ทางอุทกวิทยา ในทางกลับกันหลักการ distributed models จะใช้วิธีการคำนวณสำหรับความแปรปรวนของตัวแปรและพารามิเตอร์เชิงพื้นที่ โดยจะนำลักษณะกระบวนการต่างๆ และรูปแบบมาทำการคำนวณด้วย โดยศตวรรษที่ผ่านมาแบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าด้วยหลักการ lumped model จะใช้การคำนวณด้วย rational method (Q = CiA) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณฝนเพื่อหาอัตราการไหลสูงสุดที่ไหลผ่านค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า แต่วิธีการคำนวณด้วยวิธีนี้ไม่มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาแบบจำลอง (Beven, 2001) เนื่องจากความสลับซับซ้อนของกระบวนการทางอุทกวิทยาต่างๆ The Crawford และ Linsley's Stanford Watershed Model (1962) ได้ประสบความสำเร็จในการอธิบายการคำนวณที่มีความซับซ้อนของแบบจำลองสำหรับการเคลื่อนที่ (dynamic) ของกระบวนการทางอุทกวิทยาที่ได้รับจากพื้นที่ลุ่มน้ำ ด้วยความพยายามของ Crawford และ Linsley (1962, 1966) ทำให้เป็นครั้งแรกที่สามารถใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการอธิบายเชิงปริมาณของกระบวนการทางอุทกวิทยา ตัวอย่างของแบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าด้วยหลักการ lumped models ได้แก่ Xinanjiang Model (Zhao et al., 1980) และ US National Weather Service (NWS) ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการคาดการณ์น้ำท่วม

หลักการ Lumped hydrologic models ได้ตั้งสมมุติฐานการไหลเป็นการไหลคงที่แบบไม่สม่ำเสมอ (steady nonuniform flow) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ ตัวแปรและพารามิเตอร์จะเป็นตัวแทนค่าเฉลี่ย (lumped) สำหรับลุ่มน้ำกับสมการกึ่งเชิงประจักษ์ (semi – empirical equations) เพื่ออธิบายทางฟิสิกส์ (Refsgaard, 1996) โดยทั่วไปแบบจำลองปริมาณฝน

และปริมาณน้ำท่าจะถูกออกแบบเพื่อทำการจำลองปริมาณน้ำท่าเพียงทางออกของลุ่มน้ำ (watershed outlet) อย่างไรก็ตาม หนึ่งในความต้องการคือการประมาณอัตราการไหลตำแหน่งภายในของลุ่มน้ำสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม การดำเนินการในการคาดการณ์น้ำท่วมหรืออุทกภัยตลอดเวลา (real time) และสำหรับการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยทั่วไปแล้ว แบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าจะพยายามเป็นตัวแทนความสัมพันธ์ของกระบวนการทางอุทกวิทยาทางผิวดิน (surface) และใต้ดิน (subsurface) โดย Freeze และ Harlen (1969) ได้เน้นย้ำว่ากระบวนการทางฟิสิกส์สามารถอธิบายกระบวนการทางอุทกวิทยาต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

หลักการ distributed hydrological models ได้กล่าวถึงประโยชน์ของหลักการแบบจำลองไว้โดย Beven (1985) และได้รับการสรุปอีกครั้งโดย Smith et al. (2004) โดยอธิบายหลักการ distributed hydrological models จะพิจารณาตัวแปรนำเข้าและนำออกเชิงพื้นที่ โดยสามารถทำการประเมินมลภาวะ (pollutants) การเคลื่อนที่ของตะกอน และสามารถวิเคราะห์การตอบสนองเชิงอุทกวิทยาที่ไม่มีสถานีวัดปริมาณฝน (ungauged basins) การใช้งานแบบจำลองลักษณะนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่สูง เช่น DEM (Digital Elevation Model) ข้อมูลปริมาณฝน ข้อมูลการเจริญเติบโตของพืช ข้อมูลดิน และข้อมูลปริมาณน้ำในบรรยากาศที่เกี่ยวข้อง โดยข้อมูลเหล่านี้จะเพิ่มความซับซ้อนให้กับ distributed hydrological models Refsgaard (1996) ได้ชี้ให้เห็นว่าด้วยหลักการทางฟิสิกส์กายภาพบนพื้นฐานของแบบจำลองการกระจายตัว (physically based distributed model) การไหลของน้ำและฟลักซ์ (flux) ของพลังงานจะถูกคำนวณด้วยสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (partial differential equation) ได้แก่ สมการ Saint Venant equations สำหรับการไหลในคลองหรือแม่น้ำและการไหลของน้ำบนผิวดิน สมการของริชาร์ด (Richard's equation) สำหรับการไหลของดินที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated flow) สมการของโบซิเนส (Boussinesq's equation) สำหรับการไหลของน้ำใต้ดิน ตัวอย่างของแบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าด้วยหลักการ distributed hydrological models ได้แก่ TOPMODEL (Beven และ Kirby, 1976, 1979) MIKE – SHE (Refsgaard และ Storm, 1995) และ HEC – HMS

Vansteenkiste et al. (2014) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบหลักการทั้ง 2 หลักการของแบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าทั้งหมด 5 แบบจำลองสำหรับปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำ Grote Nete และจำลองปริมาณน้ำท่าในลักษณะสุดขั้วในประเทศเบลเยี่ยมพบว่า ทั้ง 5 แบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าเป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการศึกษาลุ่มน้ำ โดยแบบจำลองทั้งสองหลักการสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการน้ำท่าและการเคลื่อนที่ของน้ำในลำน้ำได้เป็นอย่างดี แต่ในช่วงฤดูหนาวจะทำการประมาณน้ำท่าได้ดีกว่าในช่วงฤดูร้อน ซึ่งแบบจำลองด้วยหลักการ lumped

models สามารถทำการประมาณปริมาณน้ำท่าได้ดีกว่าแบบจำลองด้วยหลักการ distributed models ในส่วนของความสมดุลของปริมาณน้ำ (water balance) และปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นจากปัจจัยอื่นๆ (subflow) พบว่าแบบจำลองด้วยหลักการ lumped models มีศักยภาพเหนือกว่าในการวิเคราะห์ และเมื่อทำการจำลองปริมาณน้ำท่าสูงสุดและต่ำสุดพบว่าทั้งสองแบบจำลองสามารถทำการจำลองได้ใกล้เคียงกัน มีความแปรปรวนน้อยมากและมีความแม่นยำที่สูง หลักการ lumped models จะใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับหลักการ distributed models เนื่องจากหลักการ lumped models ใช้ตัวแปรนำเข้าที่น้อยกว่า Pokhrel และ Gupta (2011) และ Smith et al. (2012) ได้บอกถึงประโยชน์ของหลักการ distributed models เหมาะกับการศึกษาและการไปประยุกต์ใช้ในลักษณะภาพรวมของพื้นที่ศึกษา เช่น การแบ่งเป็นแนวทางการศึกษาในเชิงพื้นที่ (spatial scenarios) และการประมาณตัวแปรทางอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำ และหลักการ distributed models ยังสามารถให้ผู้ใช้แบบจำลองสามารถเข้าใจกระบวนการของน้ำใต้ดินในเชิงพื้นที่และเวลาซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการนำใช้ศึกษาผลกระทบในด้านต่างๆ อีกด้วย

2.2.2 การศึกษาที่ผ่านมาของการใช้แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS

Aziz and Tanaka (2011) ทำการศึกษาในการหาตัวแปรเสริมเชิงพื้นที่และประยุกต์ใช้โปรแกรม Integrated Flood Analysis System (IFAS) สำหรับการคาดการณ์อุทกภัยในลุ่มน้ำอินดัสตอนบนและตอนกลางในประเทศปากีสถาน เนื่องจากประเทศปากีสถานประสบปัญหาอุทกภัยอยู่บ่อยครั้ง ทำให้สูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ในการศึกษาได้ทำการประยุกต์ใช้แบบจำลอง IFAS ในการคาดการณ์อุทกภัยในปี ค.ศ. 2010 เทียบกับข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำอินดัส ข้อมูลฝนดาวเทียม GSMap และดาวเทียม 3B42RT โดยข้อมูลฝนดาวเทียมทั้งสองแบบจำลอง IFAS สามารถทำการจัดหาได้ และได้ใช้แบบจำลอง IFAS ในการหาตัวแปรเสริมเชิงพื้นที่ที่ไม่มีสถานีวัดปริมาณฝนเพื่อทำการนำเข้าข้อมูลในแบบจำลอง IFAS จากการศึกษาพบว่าแบบจำลอง IFAS สามารถทำการหาตัวแปรเสริมเชิงพื้นที่ได้อย่างเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา และเมื่อนำข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณในแบบจำลอง IFAS ซึ่งมาจากปริมาณฝนจากสถานีวัดฝนในพื้นที่ พบว่าข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณในแบบจำลอง IFAS มีความใกล้เคียงกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำท่าในแต่ละแม่น้ำในลุ่มน้ำอินดัส โดยปริมาณน้ำท่าสูงสุดและระยะเวลาน้ำท่วมมีความใกล้เคียงกับสถานีวัดน้ำท่าในแต่ละแม่น้ำในลุ่มน้ำอินดัส และเมื่อนำข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณในแบบจำลอง IFAS เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนดาวเทียม GSMap โดยทำการปรับแก้ความเอนเอียงและข้อมูลฝนดาวเทียม 3B42RT พบว่ามีความใกล้เคียงกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดนำท่าในแต่ละแม่น้ำเช่นเดียวกัน และแบบจำลอง IFAS สามารถทำการคาดการณ์ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของน้ำและทำการแจ้งเตือนภัยเพื่อทำการอพยพได้อีกด้วย

Kimura et al. (2014) ทำการศึกษาแบบจำลองอุทกวิทยาในอ่างเก็บน้ำเทียนเว่ย (Tsengwen reservoir) ภายใต้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก MRI – AGCM ขนาดพื้นที่กริด (grid) 20 กิโลเมตร โดยการศึกษาได้ใช้แบบจำลอง Integrated Flood Analysis System (IFAS) ในการวิเคราะห์ปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่า (rainfall – runoff analysis) จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่มีความละเอียดสูงเชิงพื้นที่ โดยจะทำการศึกษาแบ่งเป็นสามช่วงเวลาคือช่วงเวลาปัจจุบัน (ค.ศ. 1979 – 2003) ช่วงเวลาอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015 -2039) และช่วงเวลาอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075 – 2099) และทำการเลือกเหตุการณ์ที่มีปริมาณฝนที่สุดโต่ง (extreme rainfall) 10 เหตุการณ์ในรอบทศวรรษที่ผ่านมา มาทำการศึกษาพร้อมกับทำการเพิ่มความละเอียดเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการย่อส่วนแบบ dynamic downscaling โดยใช้ Weather Research and Forecasting model (WRF) เมื่อทำการจำลองปริมาณน้ำท่า ผลปรากฏว่า จุดสูงสุดของปริมาณน้ำท่าช่วงเวลาอนาคตอันใกล้และช่วงเวลาอนาคตอันไกลเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับจุดสูงสุดของปริมาณน้ำท่าช่วงเวลาปัจจุบัน จากเหตุการณ์ที่มีปริมาณฝนที่สุดโต่ง (extreme rainfall) และมีแนวโน้มว่าในช่วงเวลาอนาคตอันไกลจะมีปริมาณน้ำท่าสูงขึ้นกว่าช่วงเวลาปัจจุบันคิดเป็นอัตราส่วน 0.9 – 2.2 (future/present) จากการศึกษายังพบอีกว่าจะมีปริมาณน้ำท่าส่วนเกินในช่วงเวลาอนาคตอันไกล โดยปริมาณน้ำท่าจะมีความจุเกินช่วงควบคุมน้ำท่วม ทำให้เห็นได้ชัดว่าความจุของอ่างเก็บน้ำเทียนเว่ยจะไม่สามารถมีศักยภาพเพียงพอในการกักเก็บน้ำและควบคุมน้ำส่วนเกินได้ในอนาคต

2.2 แบบจำลอง Input – Output model หรือตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต และการหารายได้ประชาชาติ

ในทางเศรษฐศาสตร์มีแบบจำลองในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างภาคส่วนต่างๆของระบบเศรษฐกิจกับเศรษฐกิจระดับประเทศ หนึ่งในแบบจำลองนั้นคือ แบบจำลอง Input – Output model เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เชิงปริมาณ ซึ่งเป็นตัวแทนความสัมพันธ์กันระหว่างโครงสร้างทางเศรษฐศาสตร์ต่างๆ (sector) ของเศรษฐกิจระดับประเทศหรือความแตกต่างของเศรษฐกิจระดับภูมิภาค Wassily Leontief (1906 – 1999) เป็นผู้คิดค้นและพัฒนาการวิเคราะห์แบบ Input – Output model ซึ่งจากการคิดค้นหลักการการวิเคราะห์นี้ทำให้เขาได้รับรางวัลโนเบลสาขาเศรษฐศาสตร์

Input – Output model ถือว่าเป็นแบบจำลองที่ทำความเข้าใจความเชื่อมโยงของเศรษฐกิจในภาคส่วนต่างๆ โดยใช้หลักการของเมตริกซ์ในการเป็นตัวแทนของของเศรษฐกิจระดับประเทศหรือเศรษฐกิจระดับภูมิภาค แบบจำลอง Input – Output model จะอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างภาคส่วนต่างๆทางเศรษฐกิจโดยจะทำการแสดงผลในรูปของตาราง โดยทั่วไปแล้วตารางของแบบจำลอง Input – Output model ในส่วนของแถวในแนวตั้ง (column) จะเป็นตัวแทน input ของภาคส่วน

ทางเศรษฐกิจต่างๆที่ต้องใช้วัตถุดิบในการผลิตสินค้าและในส่วนของแถวแนวนอน (row) จะเป็นตัวแทน output ของภาคส่วนทางเศรษฐกิจที่ได้รับผลิตภัณฑ์ออกมาจากการผลิตสินค้า ซึ่งความเชื่อมโยงดังกล่าวสามารถยกตัวอย่างได้ว่า output จากภาคส่วนทางเศรษฐกิจหนึ่งอาจจะกลายเป็น input ของอีกหลายๆส่วนในภาคส่วนทางเศรษฐกิจ ถ้าจะยกตัวอย่างให้เห็นรูปที่ชัดเจนเช่น ถ้าเราเป็นเจ้าของโรงงานผลิตน้ำตาลจะต้องใช้วัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลได้แก่ อ้อย สารเคมี ถุงบรรจุน้ำตาล เป็นต้น นี่คือ input ที่เกิดขึ้นซึ่งวัตถุดิบที่ยกตัวอย่างจะเห็นได้ว่ามาจากภาคส่วนทางเศรษฐกิจหลายๆภาคส่วน และ output ก็คือน้ำตาลที่ทำการขายในภาคส่วนทางเศรษฐกิจต่างๆเช่นกัน โดยน้ำตาลก็จะไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าอื่นๆ นั่นก็คือจาก output ของอุตสาหกรรมหนึ่งกลายไปเป็น input ของอีกอุตสาหกรรมหนึ่งนั่นเอง ถ้าสมมุติว่าต้นทุนในการผลิตน้ำตาลสูงขึ้นก็จะมีผลกระทบกับทุกๆภาคส่วนที่ใช้น้ำตาลในการผลิตสินค้า เช่น โรงงานผลิตเค้กหรือร้านกาแฟ เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่ารูปแบบของ Input – Output model จะมีลักษณะที่มีความเชื่อมโยงกันอยู่และไม่เป็นอิสระต่อกันในทุกๆภาคส่วนทางเศรษฐกิจตามหลักการทางเศรษฐศาสตร์ โดยแบบจำลอง Input – Output model ในแต่ละแถวแนวตั้ง (column) และแถวแนวนอน (row) จะแสดงในรูปของมูลค่าทางตัวเงินเท่านั้น

แบบจำลอง Input – Output model จะใช้หลักการพื้นฐานที่ตรงไปตรงมาทางธรรมชาติ โดยมีการคำนวณที่รวดเร็วและมีความยืดหยุ่นในการคำนวณผลกระทบการเปลี่ยนแปลงของความต้องการสินค้า (demand) แบบจำลอง Input - Output model สามารถใช้สำหรับวิเคราะห์ความแตกต่างทางเศรษฐกิจของพื้นที่หรือภูมิภาคโดยทำการเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเพื่อสำรวจผลกระทบของการซื้อขายสินค้าในระดับภูมิภาคและสามารถเพิ่มแถวแนวตั้งอีกหนึ่งแถวเพื่อทำการศึกษาในรูปแบบสิ่งแวดล้อมซึ่งมีชื่อเรียกว่า Environmentally Extended Input – Output Analysis (EEIOA) ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลการใช้พลังงานฟอลซิลในการ input แต่ละภาคส่วนทางเศรษฐกิจสามารถทำการสำรวจการขับเคลื่อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างของภาคส่วนทางเศรษฐกิจ เป็นต้น

โครงสร้างของแบบจำลอง Input – Output model มีการนำไปทำเป็นบัญชีประชาชาติ (national accounting) ในประเทศที่พัฒนาแล้วหลากหลายประเทศ โดยมีการนำไปใช้คำนวณตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ผลรวมภายในประเทศ (Gross Domestics Product, GDP) และสามารถใช้ในการศึกษาเศรษฐกิจระดับภูมิภาคภายในประเทศ และเป็นเครื่องมือในการวางแผนเศรษฐกิจระดับประเทศและภูมิภาคได้อีกด้วย โดยส่วนใหญ่การวิเคราะห์ Input – Output จะใช้เพื่อชี้วัดผลกระทบทางเศรษฐกิจของกิจกรรมหรือเหตุการณ์ที่เป็นการลงทุนระดับสาธารณะ (public investment) ที่ส่งผลโดยกว้างต่อประชาชน Input – Output model จะถูกใช้ในการบ่งชี้

กลุ่มอุตสาหกรรมทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องการพัฒนาธุรกิจโดยมีการเชื่อมโยงกับ output ของกลุ่มอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตสินค้าใช้พลังงานในการผลิตเท่าไหร่ และการผลิตสินค้าจะมีน้ำเสียที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเท่าไหร่ เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่า Input – Output model มีหลักการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายในวงกว้าง

ใน Input – Output model อุตสาหกรรมต่างๆ จะถูกจำแนกออกเป็นสาขาอุตสาหกรรมตามประเภทรายการสินค้าและบริการ (commodity) มิใช่การจำแนกตามกิจกรรมการผลิต (activity) เหมือนในบัญชีการผลิตในบัญชีรายได้ประชาชาติ ในกรณีของประเทศไทย ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตมีการจัดจำแนกสาขาผลผลผลิต 4 รูปแบบ โดยจำแนกสินค้าและบริการออกเป็น 180 รายการ, 58 รายการ และ 26 รายการและ 16 รายการ ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นการจัดจำแนกแบบใดก็ตาม รายการในตาราง IO ก็ยังคงครอบคลุมสินค้าและบริการในทุกภาคเศรษฐกิจที่มีอยู่ทั้งหมด ตั้งแต่ภาคการเกษตร ภาคการอุตสาหกรรม ภาคการค้าและภาคการบริการ

ภักดิ์ ทองส้ม (2556) ได้อธิบายรูปแบบของตารางซึ่งนำเสนอในลักษณะของเมทริกซ์นั้นในด้านแถว (row) เป็นการแสดงการกระจายผลผลิต (output distribution) ไปยังผู้ใช้สินค้าและบริการ ส่วนด้านสดมภ์ (column) แสดงการกระจายการใช้ปัจจัยการผลิต (input distribution) ตามที่กล่าวแล้วว่า matrix ของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตมีลักษณะเป็น commodity X commodity มิใช่ activity X activity ดังนั้นการจัดทำตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตจึงมีเทคนิคและข้อยุ่งยากพอสมควร กล่าวคือจากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการสำรวจสถานประกอบการเพื่อรวบรวมข้อมูลรายได้ของสถานประกอบการและมูลค่าต้นทุนและวัตถุดิบที่แต่ละสถานประกอบการใช้ไปนั้น เนื่องจากสถานประกอบการเป็นหน่วยการผลิตที่ถูกจัดหมวดหมู่ตามกิจกรรมการผลิต ดังนั้นข้อมูลรายได้ที่รวบรวมได้จึงเป็นรายได้ที่จำแนกได้ตามกิจกรรมการผลิต (activity) แต่ในด้านต้นทุนจะเป็นการจำแนกตามประเภทสินค้าและบริการ (commodity) ดังนั้นการสร้างตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตจึงต้องเริ่มต้นจากการสร้างตารางที่เรียกว่า U-table ซึ่งก็คือตารางเมทริกซ์ที่มีด้านสดมภ์เป็นกิจกรรมและด้านแถวเป็นสินค้า (commodity X activity) หลังจากนั้นต้องใช้สมมุติฐานที่เรียกว่า the assumption of commodity technology สร้างตารางเมทริกซ์ใหม่ขึ้นมามีลักษณะเป็น activity X commodity เพื่อนำมาคูณกับ U-table ไปเป็น commodity X commodity ได้เป็นตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตที่ต้องการ อย่างไรก็ตามในกรณีของประเทศไทยนั้น ใช้วิธีการสำรวจเพื่อนำข้อมูลปฐมภูมิมาปรับปรุงตารางเดิมที่มีอยู่ก่อนหน้าแล้ว จึงเป็นเทคนิคแบบรวบรัด (short-cut) วิธีหนึ่งในการสร้างตารางที่สะดวกและรวดเร็ว การใช้ the assumption of commodity technology จึงเป็นแนวทางที่จะใช้เมื่อเริ่มสร้างตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตขึ้นเป็นครั้งแรกเท่านั้น

ในด้านอุปสงค์ขั้นสุดท้าย (final demand) ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตแสดงรายการต่างๆเช่นเดียวกับบัญชีประชาชาติ ประกอบด้วย การใช้จ่ายของครัวเรือนหรือของเอกชน (private consumption expenditure) การใช้จ่ายของรัฐบาล(government consumption expenditure) การสะสมทุน(gross fixed capital formation) ส่วนเปลี่ยนสินค้าคงเหลือ (increase in stocks) และการส่งออก (exports) หักลบด้วยการนำเข้า (imports) การใช้จ่ายขั้นสุดทายเมื่อรวมกับการใช้จ่ายขั้นกลางรวมกันเรียกว่า อุปสงค์รวม (total demand) ส่วนของ final demand ในตารางปัจจัยการผลผลิตและผลผลิตกรณีของประเทศไทยที่มีความต่างจากบัญชีประชาชาติอยู่บ้างคือส่วนของการส่งออกพิเศษ (special export) และการนำเข้าพิเศษ (special import) ซึ่งส่วนใหญ่หมายถึงการส่งออกและนำเข้าที่ไม่ผ่านพิธีศุลกากร ตัวอย่างเช่นสินค้าที่ติดตัวไปกับนักท่องเที่ยว นักการทูตหรือผู้ที่ทำงานในหน่วยงานระหว่างประเทศ การคำนวณในระบบบัญชีประชาชาติใช้ค่าประมาณการทางอ้อมจากแหล่งต่างๆ เช่นการท่องเที่ยวแห่งประทศไทยเป็นต้น (ในระบบบัญชีประชาชาติต้องดูความสอดคล้องกับค่าในดุลบัญชีเดินสะพัดด้วยเพราะต้องมีค่าที่เท่ากันหรือสอดคล้องกัน) ส่วนในตารางปัจจัยการผลผลิตและผลผลิตนอกจากใช้ค่าโดยประมาณการเบื้องต้นจาก national accounts แล้ว ยังมีการประมาณมูลค่าเพิ่มเติมขึ้นมาอีกในขั้นตอนของการหาสมดุลระหว่าง total supply ให้เท่ากับ total demand ของสาขาต่างๆ ในทุกสาขา

ในส่วนของมูลค่าเพิ่ม(gross value added) ประกอบด้วย ค่าจ้างและเงินเดือน(wages and salary) ส่วนเกินของผู้ประกอบการ(operating surplus)[4] ค่าเสื่อมราคา(depreciation)และภาษีทางอ้อมสุทธิ(indirect taxes less subsidies) เมื่อเอามูลค่าเพิ่มรวมไปรวมกับค่าใช้จ่ายขั้นกลางจะได้เป็นมูลค่าของ gross output หรือ total supply

ผลรวมของค่าในสดมภ์ และในแถวของลำดับเดียวกันจะต้องมีค่าเท่ากันเสมอ ถือว่าเป็นการเท่ากันตามหลักของสมดุลระหว่าง total demand กับ total supply ที่ต้องเท่ากันซึ่งตรงกับหลักในบัญชีประชาชาติที่ gross domestic product (GDP) ต้องเท่ากับ gross domestic expenditure (C+I+G+X-M) เสมอ แต่เนื่องจากการเท่ากันดังกล่าวเป็นการเท่ากันบนหลักของบัญชีคู่ซึ่งในทางสถิตินั้นค่าทั้งสองด้านนี้อาจไม่เท่ากัน จึงต้องคำนวณหาค่าความแตกต่างดังกล่าวนี้เรียกว่าค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติ(statistical discrepancies) แต่ในระบบตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตไม่มีการแสดงรายการ statistical discrepancies แต่ใช้วิธีตั้งสาขา unclassified ขึ้นมา แล้วนำค่าที่ทำให้เกิดความสมดุลระหว่าง demand และ supply ทั้งหมดมาใส่ไว้ในรายการนี้ ดังนั้น statistical discrepancies จึงเป็นความแตกต่างระหว่าง final demand กับ total value added หรือ GDP ส่วน unclassified เป็นความแตกต่างระหว่าง total demand กับ total supply (total demand = final demand + intermediate demand)

การอุปโภคขั้นกลาง (intermediate consumption of industries) คือหัวใจสำคัญของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตซึ่งหมายถึงการใช้จ่ายเพื่อซื้อสินค้าที่ไม่คงทนและบริการเพื่อใช้ในการผลิตสินค้าและบริการ โดยที่จะต้องใช้หมดสิ้นไปในกระบวนการผลิตทำให้เกิดเป็นสินค้าและบริการชนิดใหม่ขึ้นมา ค่าใช้จ่ายขั้นกลางนี้ยังรวมถึงการซ่อมและบำรุงรักษาทรัพย์สินทุนที่ต้องจ่ายเป็นปรกติประจำ ค่าใช้จ่ายเพื่อการพัฒนาและวิจัย(ที่มิใช่เป็นการลงทุน) ค่าใช้จ่ายทางอ้อมเพื่อการจัดหาทุน ค่าใช้จ่าย (transfer costs) ที่เกิดขึ้นในการซื้อขายที่ดิน ทรัพย์สินจับต้องไม่ได้และทรัพย์สินการเงินต่าง ๆ ตามระบบบัญชีประชาชาติในกรณีของการแบ่งภาคเศรษฐกิจออกตามสถาบันเศรษฐกิจนั้น การอุปโภคขั้นกลางจะแบ่งเป็นการอุปโภคขั้นกลางของธุรกิจหรือวิสาหกิจ(รวมทั้งครัวเรือนที่ทำการผลิต) การอุปโภคขั้นกลางของรัฐบาลและการอุปโภคขั้นกลางของสถาบันไม่แสวงกำไรให้บริการแก่ครัวเรือน

การจัดทำตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของประเทศไทยซึ่งดำเนินการโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาตินั้น โดยปกติจะดำเนินการเป็นประจำทุก 5 ปี ตารางที่ได้มีการจัดทำและเผยแพร่แล้วคือตารางประจำปี ค.ศ. 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 และ 2000 แต่ก็มีการสร้างตารางในบางปีเป็นกรณีพิเศษเช่น ปี ค.ศ. 1998 เป็นต้น

		The intermediate use					The final use		Total output
		Agriculture	Industry	Others	Education and medical treatment	Human capital	Consumption	Investment	
Intermediate consumption	Agriculture	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	C_1	I_1	X_1
	Industry	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	C_2	I_2	X_2
	The others	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	C_3	I_3	X_3
	Education and medical treatment					X_{45}	C_4		X_4
	Work force							I_5	X_5
Value added	Human capital consumed	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5			
	Depreciation	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5			
	New created value	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5			
Total		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5			

รูปที่ 2-1 รูปแบบของ Input – Output table (Wang et al., 2006)

2.2.1 การศึกษาที่ผ่านมาของการประเมินทางเศรษฐศาสตร์จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก

Suttinon et al. (2012) ทำการศึกษาระบบบัญชีของสิ่งแวดล้อม – เศรษฐศาสตร์สำหรับทรัพยากรน้ำ (System of Environmental – Economic Accounting for Water, SEEA – Water) สำหรับประเทศไทย โดย SEEA – Water เป็นตารางมาตรฐานที่เน้นเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในระบบอุทกวิทยาและข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ โดยทำการกำหนดและแบ่งลักษณะของทรัพยากรน้ำแต่ละประเภทที่มีความเชื่อมโยงกันในโครงสร้างทางเศรษฐศาสตร์ เช่น การพัฒนาทางอุตสาหกรรมและ

ผลิตผลของเกษตรกรรม ที่ต้องใช้ทรัพยากรน้ำในการนำเข้าสู่ระบบหรือกระบวนการผลิต เป็นต้น SEEA – Water จะทำการกำหนดตารางมาตรฐานสำหรับแนวทางการพัฒนาที่มีความยั่งยืน ประกอบด้วย 1) ตัวบ่งชี้และค่าทางสถิติสำหรับตรวจสอบและติดตามความเชื่อมโยงระหว่างทรัยพากรน้ำกับเศรษฐศาสตร์ 2) เป็นฐานข้อมูลทางสถิติเพื่อใช้ในวิเคราะห์สำหรับการวางแผนทางยุทธศาสตร์และเพื่อเป็นเครื่องมือในการกำหนดนโยบาย โดยผู้ศึกษาได้ทำการสร้างตารางมาตรฐานใหม่โดยใช้ I – O model (Input - Output table) ที่มีการแสดงข้อมูล ประกอบด้วย 1) การเก็บกักและการไหลของแหล่งทรัยพากรน้ำ 2) แรงกดดันจากการใช้ทรัยพากรน้ำจากภาวะเศรษฐกิจ 3) การใช้น้ำในกระบวนการผลิตและการอุปโภค บริโภค ซึ่งมีความจำเป็นต่อระบบเศรษฐกิจ โดยกระบวนการศึกษาได้ใช้การบูรณาการของข้อมูล input – output table ทางเศรษฐศาสตร์ของประเทศไทยปี ค.ศ. 2005 ข้อมูลการใช้น้ำโดยแสดงเป็นตารางการใช้น้ำและเมตริกซ์ของการเคลื่อนที่ของน้ำในระบบเศรษฐกิจ จากการศึกษาพบว่า SEEA – Water เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพในการตัดสินใจความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์กับปริมาณการใช้น้ำที่ใช้ในการพัฒนาในแต่ละภาคส่วนทางเศรษฐกิจของประเทศไทย

Suttinon et al. (2013) ได้ทำการศึกษาการบริหารจัดการน้ำในจังหวัดชิโกกุ โดยใช้หลักการ inter - regional input – output table (IRIO – Water) โดยการศึกษานี้ได้ใช้การรวมระหว่าง inter - regional input – output table กับระบบบัญชีน้ำ (water accounts) เข้าด้วยกัน ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความต้องการใช้น้ำ และผลกระทบจากนโยบายด้านน้ำในแต่ละภาคส่วนทางเศรษฐกิจในพื้นที่จังหวัดชิโกกุ โดย IRIO – Water จะทำการรวมสามพื้นที่เข้าด้วยกันคือ 1) ตอนเหนือของจังหวัดชิโกกุ 2) ตอนใต้ของจังหวัดชิโกกุ และ 3) สถานที่พักผ่อนของประเทศญี่ปุ่นโดยกำหนดเงื่อนไขของรูปแบบฝน สภาพทางธรณีวิทยา และการติดต่อค้าขายระหว่างแต่ละพื้นที่ ผลลัพธ์จากการคำนวณของความต้องการใช้น้ำจะถูกเปรียบเทียบในแต่ละภาคส่วนกับผลกระทบจากนโยบายด้านน้ำของรัฐบาล เช่น 3Rs (reduce – reuse – recycle) ผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า IRIO – Water สามารถเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในการประเมินความต้องการใช้น้ำ และผลกระทบจากนโยบายด้านน้ำของรัฐบาลได้อย่างแม่นยำ การพิจารณาจะไม่เพียงพิจารณาเฉพาะการติดต่อค้าขายระหว่างพื้นที่เท่านั้น แต่จะพิจารณาถึงการเชื่อมต่อกันทางภูมิภาคด้วย

Harrison et al. (2015) ทำการศึกษาผลกระทบในแต่ละภาคส่วนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงของสังคม – เศรษฐกิจ (socio – economic) ในทวีปยุโรปและภาคส่วนของน้ำ โดยในการศึกษานี้ได้ให้ความสำคัญในการทำความเข้าใจถึงผลกระทบในละภาคส่วนเพราะมีผลต่อการพัฒนายุทธศาสตร์ในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อที่จะช่วยให้ผู้ตัดสินใจในเรื่องการพัฒนาเศรษฐกิจเข้าใจถึงความอ่อนไหวหรือความเปราะบางของการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งโดยปกติแล้วจะดูเพียงภาคส่วนเดียวในระบบ ผู้ศึกษาจึงสร้างแบบจำลองในการประเมินพื้นที่แบบบูรณาการโดยการรวมทุกภาคส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งในทวีปยุโรปสามารถแบ่งออกมาได้ 6 ภาคส่วน ได้แก่ เกษตรกรรม ป่าไม้ จำนวนสัตว์และพืช (biodiversity) น้ำชายฝั่ง และชุมชนเมือง ซึ่งทุกส่วนมีความสัมพันธ์ในเชิงโครงสร้าง และใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมานี้ในการติดตามผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงของสังคม – เศรษฐกิจ ผลลัพธ์จากการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าทวีปยุโรปจะได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงสังคม – เศรษฐกิจประมาณร้อยละ 79 – 91 เมื่อเปรียบเทียบจากปัจจุบัน (baseline) การพัฒนาชุมชนเมืองจะสูงขึ้นทำให้ประชากรในทวีปยุโรปมีเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ผลรวมภายในประเทศ (GDP) ผลกระทบในทางอ้อมจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบโดย 1 ใน 100 ปี น้ำท่วมจะเพิ่มขึ้นในทางตะวันตก และทางเหนือของทวีปยุโรป แต่การผลิตอาหารจะเพิ่มสูงขึ้น พื้นที่ป่าจะเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน ก็จะมีความต้องการอาหารเพิ่มขึ้นด้วย สัตว์และพืชจะอยู่ยากขึ้น และจะเกิดการแย่งชิงน้ำในพื้นที่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำและการใช้น้ำ ซึ่งมีแนวโน้มลดน้อยลง

2.2.2 การศึกษาที่ผ่านมาของตารางปัจจัยการผลิตกับการประยุกต์ใช้ด้านทรัพยากรน้ำ

จากการศึกษาของ Suttinon et al. (2014) ได้ทำการศึกษาการรวมทรัพยากรน้ำกับตารางปัจจัยการผลิต (Hybrid water input-output model) ของลุ่มน้ำโยชิโนในจังหวัดชิโกกุ โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์ความเชื่อมโยงความต้องการใช้น้ำกับมูลค่าน้ำในแต่ละภาคส่วนทางเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำโดยใช้ตารางปัจจัยการผลิต ซึ่งจะเน้นหนักไปทางภาคเกษตรกรรม เนื่องจากเป็นภาคส่วนที่มีความต้องการใช้น้ำมากที่สุดในประเทศญี่ปุ่น และออกมาตรการหรือนโยบายเพื่อลดผลกระทบทางเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำ จากความต้องการใช้น้ำในแต่ละภาคส่วน โดยการศึกษาวิจัยในอนาคตจะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อทรัพยากรน้ำด้วย

Suttinon and Nasu (2014) ได้ทำการศึกษาการคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรกรรมโดยใช้ตารางปัจจัยการผลิต ซึ่งจะศึกษาในภาพของประเทศและในระดับจังหวัด ในระดับประเทศจะทำการคาดการณ์มุมมองภาพรวมของเหตุการณ์ทางเศรษฐกิจ และทิศทางการเติบโตในระดับเศรษฐศาสตร์มหภาค ส่วนในระดับจังหวัดจะทำการคาดการณ์จากแนวโน้มของราคาพืชผลทางการเกษตร ข้อจำกัดและความเป็นไปได้จากทรัพยากรดิน พื้นที่เพาะปลูกและระบบชลประทานของภาครัฐ และความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลจากการวิจัยพบว่า ตารางปัจจัยการผลิตสามารถช่วยในการคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำของภาคเกษตรกรรมได้ ซึ่งต้องใช้การกำหนดการเติบโตทางเศรษฐกิจของรายได้ประชาชาติระดับประเทศและระดับจังหวัดเพิ่มเข้ามา เพื่อการคาดการณ์ที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

และการศึกษาของ Deng et al. (2014) ได้ทำการศึกษาการติดตามการเติบโตทางเศรษฐกิจระดับจังหวัดกับความต้องการใช้น้ำของประเทศจีนโดยใช้ตารางปัจจัยการผลิต ซึ่งทำการศึกษาจังหวัดซางแดน (Shandan) มณฑลกานซู (Gansu) โดยใช้เทคนิคการย่อส่วนด้วยวิธี RAS method ในการย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตระดับประเทศลงไปสู่ระดับจังหวัด และใช้ตารางปัจจัยการผลิตที่หาใหม่นี้ในการติดตามการเติบโตทางเศรษฐกิจของจังหวัดซานแดนที่ผ่านมา เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวางแผนการเตรียมปริมาณน้ำต้นทุน สำหรับการเติบโตทางเศรษฐกิจที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

2.2.3 การศึกษาที่ผ่านมาของการหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรม Cobb–Douglas production function

การหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจะอาศัยการกำหนดแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ในภาคอุตสาหกรรมคือ การเพิ่มขึ้นของผลผลิตรวมภาคอุตสาหกรรม โดยอาศัยปัจจัยต่างๆ คือ ที่ดิน ปัจจัยทุน ปัจจัยแรงงานโดยสมการการผลิตที่ใช้ในการศึกษาส่วนใหญ่คือ สมการการผลิตแบบกำลังหนึ่ง สมการการผลิตแบบคอบบ์-ดักลาส และสมการการผลิตชนิดอัตราส่วนผสมของปัจจัยการผลิตคงที่ โดยการศึกษาวิจัยนี้จะใช้ทฤษฎีของ สมการการผลิตแบบคอบบ์-ดักลาส

การแสดงสมการการผลิตในแบบจำลองทั่วไปในเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับผลผลิต (Y) กับปัจจัยการผลิตต่างๆนั้นสามารถแสดงเป็น Q =f (ปัจจัยการผลิตต่างๆ) ความสัมพันธ์ของปัจจัยการผลิตที่ใส่เข้าไปในกระบวนการผลิตกับผลผลิตที่ได้รับออกมา (Y) เรียกว่าสมการการผลิต (Production Function) และบอกให้ทราบถึงจำนวนที่สูงที่สุดของผลผลิตที่สามารถผลิตได้จากการใช้ปัจจัยการผลิตจำนวนหนึ่งภายใต้เทคนิคขณะนั้น โดยมีสูตรการคำนวณของสมการการผลิตแบบคอบบ์-ดักลาสดังนี้

$$Y = AK^{\beta}L^{\alpha} \qquad (2\text{-}1)$$

โดยที่ Y = มูลค่าผลิตภัณฑ์ในประเทศภาคอุตสาหกรรม (ล้านบาท)

A = ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งมีค่าคงที่

L = กำ ลังแรงงานของภาคอุตสาหกรรมทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตสินค้า (ล้านคน)

K = ทุนของภาคอุตสาหกรรม ที่ใช้ในการผลิตสินค้า (ล้านบาท)

α = ค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อแรงงาน

β = ค่าความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อทุน

2.3 การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการเกิดภัยแล้งและการขาดแคลนน้ำ

จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยตรง ทำให้บางพื้นที่บนโลกมีปริมาณฝนลดน้อยลง และเกิดการทิ้งช่วงของการตกของฝนยาวนานขึ้น ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ และในที่สุดกลายเป็นปัญหาภัยแล้ง และมีแนวโน้มในอนาคตว่าในบางส่วนของโลกจะเกิดความแห้งแล้งอย่างหนักหน่วงอีกด้วย

จากการศึกษา Lehner et al. (2006) ได้ทำการศึกษาประมาณการผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของโลก ซึ่งเป็นความเสี่ยงการเกิดอุทกภัยและภัยแล้งในทวีปยุโรป โดยทำการวิเคราะห์ทั้งทวีปแบบบูรณาการ และทำการกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำในอนาคต และทำการหาความถี่ของการเกิดอุทกภัยและภัยแล้ง ในการศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลอง WaterGAP เพื่อประเมินการไหลแบบอัตราการไหลเร็ว (high flow) และต่ำ (low flow) และประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาความถี่การเกิดอุทกภัยและภัยแล้ง ผลลัพธ์จากการศึกษาบ่งชี้ว่าทวีปยุโรปในอนาคตถือว่าเป็นพื้นที่วิกฤต และมีความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยและภัยแล้งบ่อยครั้งขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการใช้น้ำในอนาคต โดยพื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดอุทกภัยอยู่บริเวณภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของทวีป ส่วนพื้นที่ที่มีความถี่ในการเกิดภัยแล้งอยู่บริเวณภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงใต้ของทวีป ในพื้นที่วิกฤตมีรอบปีการเกิดซ้ำลดลงเป็น 100 ปีน้ำท่วม และภัยแล้งอาจมีทุกๆ 10 – 50 ปี และมีแนวโน้มที่จะมีความถี่เพิ่มขึ้นในการเกิดอุทกภัยและภัยแล้ง

Wang and Chen (2014) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ CMIP5 ในการคาดการณ์อุณหภูมิ ปริมาณฝน และภัยแล้งในอนาคตของประเทศจีน ในการศึกษานี้ได้ทำการใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกทั้งหมด 35 แบบจำลอง และ 2 ตัวแทนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายงานการประเมินฉบับที่ 5 (AR5) ได้แก่ RCP4.5 และ RCP8.5 และทำการปรับความเอนเอียงเชิงสถิติและเพิ่มความละเอียดข้อมูลฝนโดยใช้หลักการ Spatial Disaggregation ผลลัพธ์จากการศึกษาภายใต้ RCP4.5 พบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิรายปีจะเพิ่มขึ้น โดยในปี 2010 – 2039, 2040 – 2069 และ 2070 – 2099 อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 0.8 – 1.6, 1.5 – 2.7 และ 1.9 – 3.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และจากการศึกษาภายใต้ RCP8.5 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 0.8 – 1.7, 2 – 3.7, 3.4 – 6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยจะสังเกตเห็นว่าแนวโน้มของอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ และจากการคาดการณ์ปริมาณฝนพบว่า มีปริมาณฝนลดลงหรือไม่ตกเลยในบางพื้นที่ เมื่อใช้หลักการ Palmer Drought Severity Index (PSI) จะแสดงให้เห็นว่าประเทศจีนมีแนวโน้มที่จะประสบปัญหาภัยแล้งสูงขึ้นถึงขั้นที่ว่าอาจกลายเป็นทะเลทรายได้ในอนาคต โดยเฉพาะพื้นที่ตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศ

และจากการศึกษาของ MANEE et al. (2015) ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของประเทศไทย ได้แก่ เขื่อนภูมิพล ในแม่น้ำปิง จังหวัดตาก เขื่อนสิริกิติ์ ในแม่น้ำน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์ และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ในแม่น้ำป่าสัก จังหวัดลพบุรี โดยทำการศึกษาค่าอุณหภูมิ ปริมาณฝน และอัตราการไหลเข้าเขื่อน ซึ่งใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก MRI-AGCM3.2S และใช้แบบจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ RCP8.5 ซึ่งใช้ช่วงเวลา ค.ศ. 2075-2099 โดยใช้แบบจำลองปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า 1K-DHM ในการจำลองปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อน ซึ่งพบว่า แบบจำลอง 1K-DHM สามารถทำการจำลองปริมาณน้ำท่าได้เหมาะสมกับความเป็นจริงในการสอบเทียบ รวมถึงสามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตได้อีกด้วย

เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการเกิดภัยแล้งแล้ว ควรต้องทำการศึกษาแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก ตัวแทนการแผ่รังสีของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การประเมินแบบจำลองที่มีความเหมาะสม การปรับแก้ความเอนเอียง และการย่อส่วนแบบจำลอง

2.3.1 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (General Circulation Model: GCMs) เป็นตัวแทนของกระบวนการทางฟิสิกส์ของชั้นบรรยากาศ มหาสมุทร น้ำแข็งในทะเลหรือน้ำแข็งบริเวณขั้วโลกเหนือ น้ำแข็งบริเวณขั้วโลกใต้และผืนดิน โดยจำลองทางหลักการคณิตศาสตร์ของการไหลวนของบรรยากาศและมหาสมุทร โดยอาศัยพื้นฐานของสมการนาเวียร์ - สโตกส์ (navier - stoke equation) ในแกนวงหมุนของโลกด้วยเงื่อนไขของอุณหพลศาสตร์ (thermodynamics) ที่เกี่ยวข้อง เช่น การแผ่รังสี ความร้อนแฝง เป็นต้น แบบจำลองยังใช้หลักการระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (numerical method) ในการรวบรวมความหลากหลายของการเคลื่อนของของไหล ทางเคมีและสมการทางชีวภาพ ความสัมพันธ์ของสมการเหล่านี้เป็นพื้นฐานการจำลองสภาพภูมิอากาศโลกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สลับซับซ้อน การประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกเป็นการทำความเข้าใจและการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต รวมถึงการพยากรณ์อากาศ การประเมินผลกระทบ (impact assessment) ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอีกด้วย

<u>โครงสร้างของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก</u>

การพัฒนาแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกเริ่มต้นมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 จนถึงปัจจุบัน โดยมีการพัฒนาองค์ประกอบของสภาพอากาศอย่างต่อเนื่องเพื่อให้มีความสมบูรณ์ในการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศดียิ่งขึ้น ในปัจจุบันแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่ใช้คือ แบบจำลองสภาพภูมิอากาศชั้นบรรยากาศ – มหาสมุทร โดยมีรายละเอียดดังนี้

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศชั้นบรรยากาศ - มหาสมุทร (Coupled Atmosphere - Ocean General Circulation Models: AOGCMs) เป็นแบบจำลองที่รวมเอาส่วนชั้นบรรยากาศและส่วนมหาสมุทรมารวมเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถวิเคราะห์แบบจำลองสภาพภูมิอากาศให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง ซึ่งจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการจำลองสภาพภูมิอากาศจากการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) แบบจำลองสภาพภูมิอากาศชั้นบรรยากาศ - มหาสมุทรมีความสลับซับซ้อนในการคำนวณที่สูง แต่มีความเหมาะสมในการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตของโลก ถือว่าเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดในปัจจุบัน

2.3.2 Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) และการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) เป็นโครงสร้างและเชิงอุปมาน (analog) ของ Atmospheric Model Intercomparison Project (AMIP) สำหรับแบบจำลองสภาพภูมิอากาศชั้นบรรยากาศ - มหาสมุทร (Coupled Atmosphere - Ocean General Circulation Models: AOGCMs) โดย CMIP เริ่มก่อตั้งในปี ค.ศ. 1995 ภายใต้การสนับสนุนของ Working Group on Climate Modeling (WGCM) และได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมจาก CLIVAR (Climate Variability and Predictability) และคณะกรรมการร่วมทางวิทยาศาสตร์ของ WGCM โดยมี Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI) ได้ให้การสนับสนุน CMIP โดยช่วยเหลือ WGCM ในการกำหนดขอบเขตของโครงการ เก็บข้อมูลของโครงการ และมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูลโครงการ CMIP จะได้รับรูปแบบจากการจำลองสภาพภูมิอากาศก่อนยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม (pre – industrial) และการจำลองการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1% ต่อปี จาก 30 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศชั้นบรรยากาศ – มหาสมุทร (AOGCMs) โดยประมาณ โดย CMIP โครงการล่าสุดคือ CMIP5 ซึ่งสามารถจำลองสถานการณ์ที่เหมือนจริงมากขึ้นของสภาพภูมิอากาศในอดีต (historical) สภาพภูมิอากาศสมัยบรรพกาล (paleoclimate) และสภาพภูมิอากาศในอนาคต

Coupled Model Intercomparison Project 5 (CMIP5)

ในปี ค.ศ. 2008 มีการประชุมของกลุ่มหรือสถาบันที่พัฒนาแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก ซึ่งสามารถบรรลุข้อตกลงร่วมกันของการทดลองแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ชื่อ CMIP5 โดย CMIP5 ได้รับการพัฒนาจนสามารถให้บริบทที่โดดเด่นหลายรูปแบบดังนี้ (Taylor et al., 2012)

1) การประเมินหน้าที่ของกลไกสำหรับแบบจำลองที่มีความแตกต่างกันในการทำความเข้าใจที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรคาร์บอนและเมฆ

2) สามารถตรวจสอบสภาพภูมิอากาศหรือการคาดการณ์ และการสำรวจความสามารถของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกในการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในระดับทศวรรษ

3) การกำหนดเหตุผลของแบบจำลองที่มีความคล้ายคลึงกันในการตอบสนอง

โครงการ CMIP5 จะหมายถึงกรอบความร่วมมือหรือประสานงานในการทดลองการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศโลกสำหรับการศึกษาและวิจัยในระยะเวลา 5 ปีข้างหน้า ซึ่งจะทำการจำลองจากรายงานการประเมินฉบับที่ 5 โดยใช้ภาพการจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก Representative Concentration Pathways (RCPs) CMIP5 ไม่มีความเป็นไปได้ที่สามารถรวมความแตกต่างของทุกๆ แบบจำลอง แต่เป็นที่คาดหวังของกลุ่มหรือสถาบันที่พัฒนาแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกและบุคคลที่สนใจที่จะมีการพัฒนาการทดลองเพิ่มเติม เพื่อขยายการทดลองโครงการให้มีศักยภาพในการจำลองสภาพภูมิอากาศมากขึ้น โดย CMIP5 ได้กำหนดมาตรฐานรูปแบบการจำลองไว้ ดังนี้ (Taylor et al., 2012)

1) ประเมินแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกในอดีตให้มีความเหมือนจริง

2) คาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตเป็นสองช่วงเวลาคือ ระยะอันสั้น (near term) และระยะยาว (long term)

3) มีความเข้าใจหน้าที่ของตัวแปรในการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในแต่ละแบบจำลอง รวมถึงปริมาณการตอบสนองของวัฏจักรคาร์บอนและเมฆ

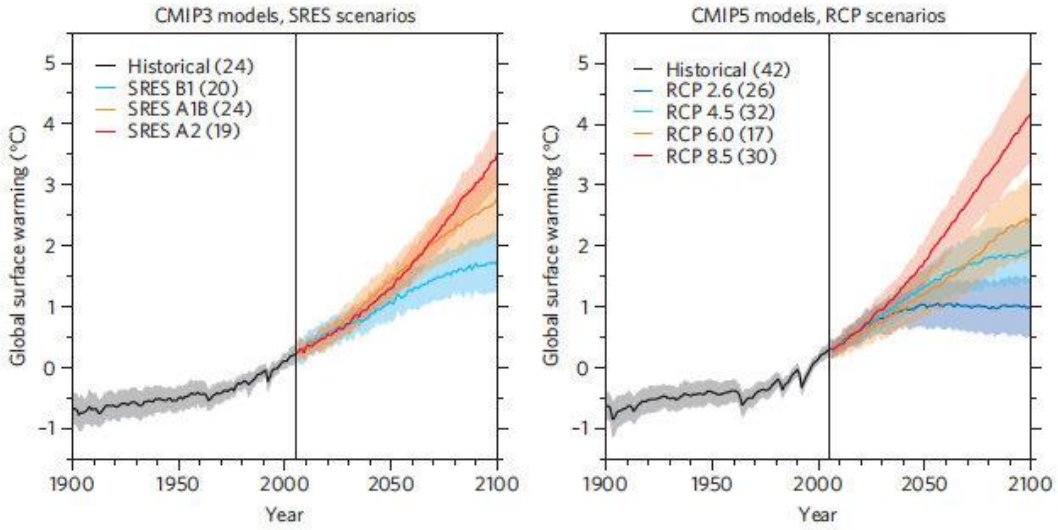
Supharatid (2015) ทำการศึกษาและประเมินแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP3 และ CMIP5 ในการคาดการณ์ปริมาณฝนและนัยสำคัญของความเปราะบางภาวะน้ำท่วมในกรุงเทพมหานคร โดยได้ทำการเลือกแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกจำนวน 9 แบบจำลองภายใต้ CMIP3 และ CMIP5 มาทำการย่อส่วนข้อมูลสภาพภูมิอากาศและทำการเปรียบเทียบระหว่างสภาพภูมิอากาศในศตวรรษที่ 20 และสภาพภูมิอากาศในอนาคตพบว่า แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP5 แสดงปริมาณฝนสูงสุดทวีคูณ (double peak) ในเดือนพฤษภาคมและเดือนกันยายน ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับข้อมูลสังเกตการณ์ จากการศึกษาพบว่า แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP3 และ CMIP5 ในฤดูแล้งมีการประมาณค่าสูงเกินไป (overestimate) และมีการประมาณปริมาณฝนสูงสุดต่ำเกินไป (underestimate) เมื่อทำการปรับแก้ความเอนเอียงทางสถิติด้วยวิธีควอไทด์พบว่า แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP5 มีความคล้ายคลึงกับข้อมูลสังเกตการณ์มากกว่าแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP3 จากผลลัพธ์ทั้งหมดที่ทำการศึกษาสามารถเสนอแนะได้ว่าแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP5 มีรูปแบบที่แตกต่างโดยสิ้นเชิงกับแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP3 และจากการศึกษายังพบอีกว่า

ปริมาณฝนเฉลี่ยจะเพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่องในระยะอันสั้นและระยะยาวในพื้นที่ของประเทศไทย ผู้ศึกษาได้ให้คำแนะนำอีกว่าศักยภาพในการจำลองสภาพภูมิอากาศในอดีต ไม่ได้รับประกันว่าแบบจำลองจะมีศักยภาพในการจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้ดี

2.3.3 ภาพการจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission scenarios)

การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีแนวความคิดในเรื่องความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกและมลภาวะต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีความอ่อนไหวต่อสภาพภูมิอากาศ โดยความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจะขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมาจากธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์

ภาพการจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะเป็นการอธิบายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (global warming) ฝุ่นหรืออนุภาคที่มีขนาดเล็ก (aerosols) และมลพิษต่างๆ รวมถึงข้อมูลในการใช้ที่ดิน (land use) และสิ่งที่ปกคลุมดิน (land cover) เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้นำเข้าแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก แต่จำเป็นต้องมีการตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดภาวะโลกร้อน เช่น รูปแบบการพัฒนาทางเศรษฐกิจ การเติบโตประชากร การพัฒนาทางเทคโนโลยี นวัตกรรมและปัจจัยอื่นๆ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกควรมีระดับการปล่อยก๊าซในระดับต่างๆ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศในอนาคต ยกตัวอย่างเช่น การประเมินผลกระทบ (impact assessment) การปรับตัว (adaptation) และการลดกระทบ (mitigation) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



รูปที่ 2-2 ภาพการจำลองปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ AR4 และ AR5 (IPCC, 2013)

ภาพการจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก Representative Concentration Pathways

Representative Concentration Pathways (RCPs) เป็นตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นตัวแทนของเวลาและสถานที่ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกและมลภาวะทางอากาศ ซึ่งทั้งสองเป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นหลัก เช่น การเปลี่ยนแปลงจากการใช้ที่ดิน เป็นต้น RCPs จะอธิบายความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเชิงปริมาณในชั้นบรรยากาศของโลก โดยจากการแผ่รังสี (radiative forcing) หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปตามช่วงเวลาที่กำหนดคือสิ้นสุดปี ค.ศ. 2100 ยกตัวอย่างเช่น RCP6 จะทำการแผ่รังสี 6 วัตต์ต่อตารางเมตรและมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในปี ค.ศ. 2100 จากนั้นจะอยู่ในระดับคงที่ (stabilization) คำว่า Representative มีความหมายว่าแต่ละ RCP จะมีเพียงหนึ่งสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในแนวทางการแผ่รังสี โดยการแผ่รังสีเป็นตัวชี้วัดพลังงานที่เกิดขึ้นจากระบบโลก อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมลภาวะที่เพิ่มขึ้น

แต่ละ RCPs จะถูกพัฒนาโดยกลุ่มหรือสถาบันที่พัฒนาแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก ซึ่งจะมีการพัฒนาที่แตกต่างกัน โดยทำการกำหนดแนวทางสำหรับการแผ่รังสีและความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก ผู้พัฒนาแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกได้ทำการจำลอง (simulation) และวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการประเมินแบบจำลองโดยใช้ตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก RCPs แล้วจัดทำรายงานการประเมินฉบับที่ 5 (Fifth Assessment Report, AR5) เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและวิจัย RCPs ถูกพัฒนาในลักษณะกระบวนการคู่ขนาน โดยมีการพัฒนาในส่วนของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตไปพร้อมกับในส่วนของความร่วมมือของสถานการณ์ ซึ่งจะทำการพัฒนาชุดสถานการณ์ทางเศรษฐกิจและสังคมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการลดผลกระทบ (mitigation) การปรับตัว (adaptation) และการวิเคราะห์การลดผลกระทบ (mitigation analysis) ซึ่งเรียกหลักการนี้ว่า shared socio – economic pathways (SSPs) และจะถูกประเมินโดยคณะกรรมระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คณะทำงานที่ 3 (IPCCs AR5 Working Group 3 Report, 2014)

Van Vuuren et al. (2011) อธิบายหลักการของ RCPs (Representative Concentration Pathways) ที่มีความแตกต่างจากตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ผ่านมาคือไม่มีการบังคับในการกำหนดสมมุติฐานที่ตายตัวเกี่ยวกับการเติบโตของจำนวนประชากร การพัฒนาทางเศรษฐกิจ และเทคโนโลยี โดยมีแนวคิดที่ว่าความแตกต่างทางเศรษฐกิจและสังคมในอนาคตมีความเป็นไปได้ที่ระดับอาจจะเท่ากันกับการแผ่รังสีในอนาคต ซึ่งจะช่วยให้นักวิจัยทำการศึกษาหรือทำการทดสอบที่หลากหลายเกี่ยวกับนโยบายต่างๆ ของสภาพภูมิอากาศ สภาพทางสังคม การพัฒนาของเทคโนโลยีและสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ ยกตัวอย่างเช่น ในระดับสเกลโลกจำนวนประชากรที่สูงขึ้น การใช้

พลังงานก็เพิ่มสูงขึ้นตาม แต่สามารถได้รับการชดเชยจากพลังงานทดแทนที่มีแนวโน้มในการใช้เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นแทนที่จะกำหนดตัวเลขหรือสมมุติฐานการพัฒนาทางเศรษฐกิจและคำนวณการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นักวิจัยสามารถเลือกสถานการณ์ RCPs ที่เข้ากันกับสถานการณ์ที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกันได้ แต่ต้องมีการประเมินการพัฒนาทางเทคโนโลยีและทางเลือกเชิงนโยบายเพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ผ่านมา เช่น SRES (Special Report on Emission and Scenarios) โดยจะเริ่มต้นทำการวิเคราะห์เรื่องราวทางเศรษฐกิจและสังคมจากแนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและทำการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งได้ทำการกำหนดหรือล็อกตัวเลือกสำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งในความเป็นจริงเป็นเรื่องยากที่จะทำการกำหนดการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมได้

Representative Concentration Pathways (RCPs) ที่ใช้ในการประเมินในรายงานการประเมินที่ 5 (Fifth Assessment Report, AR5) จะประกอบด้วย 4 RCPs ซึ่งมีความสอดคล้องกับสมมุติฐานทางเศรษฐกิจและสังคม โดยทั้ง 4 RCPs เหล่านี้ต่อมาจะถูกแทนที่โดย shared socio – economic pathways (SSPs) ซึ่งจะให้รายละเอียดที่มีความยืดหยุ่นของความเป็นไปได้ในอนาคตในแต่ละ RCPs ดังนี้

1) RCP8.5 แนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราที่สูง

RCP8.5 เป็นการจำลองแนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยไม่มีมาตรการหรือนโยบายควบคุมในการลดก๊าซเรือนกระจก โดย RCP8.5 จะทำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือทำการแผ่รังสี 8.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งถือว่าเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราที่สูง ถ้าทำการเทียบเคียงกับตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายงานการประเมินฉบับที่ 4 (Fourth Assessment Report, AR4) คือ SRES A1 F1 (fossil intensive) ซึ่งเป็นตั้งสมมุติฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูง โดยเน้นการใช้พลังงานฟอสซิลเป็นหลัก RCP8.5 ได้รับการพัฒนาจาก International Institute for Applied System Analysis ประเทศออสเตรีย RCP8.5 ได้กำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

- กำหนดว่าหนึ่งวันจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนสามครั้งจนถึงปี ค.ศ. 2100
- มีการปล่อยก๊าซมีเทนที่รวดเร็วเพิ่มขึ้น
- เพิ่มอัตราการใช้พื้นที่ทำการเพาะปลูกและทุ่งหญ้าในการปศุสัตว์ ซึ่งจะเป็นแรงกระตุ้นในการเพิ่มขึ้นของประชากร
- จำนวนประชากรโลกจะมีจำนวน 12 พันล้านคน เมื่อสิ้นสุด ค.ศ. 2100

- อัตราการพัฒนาทางเทคโนโลยีอยู่ในระดับต่ำ
- พึ่งพาการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างหนัก
- การใช้พลังงานบนโลกในอัตราที่สูง
- ไม่มีมาตรการหรือนโยบายควบคุมในการลดก๊าซเรือนกระจก

2) RCP6 แนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราปานกลาง

RCP6 เป็นการจำลองแนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยมีการกำหนดมาตรการและนโยบายควบคุมในการลดก๊าซเรือนกระจก รวมถึงมีการพัฒนาทางเทคโนโลยีในระดับหนึ่ง โดย RCP6 จะทำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือทำการแผ่รังสี 6.0 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในปี ค.ศ. 2100 จากนั้นจะอยู่ในระดับคงที่ (stabilization) ซึ่งถือว่าเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราปานกลาง ถ้าทำการเทียบเคียงกับตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายงานการประเมินฉบับที่ 4 (Fourth Assessment Report, AR4) คือ SRES B2 ซึ่งเป็นการตั้งสมมุติฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปานกลาง – ต่ำ RCP6 ได้รับการพัฒนาจาก National Institute for Environmental Studies ประเทศญี่ปุ่น RCP6 ได้กำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

- พึ่งพาการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างหนัก
- การใช้พลังงานบนโลกในอัตราปานกลาง
- เพิ่มอัตราการใช้พื้นที่ทำการเพาะปลูกและลดอัตราการใช้พื้นที่ทุ่งหญ้าในการปศุสัตว์
- มีการปล่อยก๊าซมีเทนในระดับคงที่
- จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดที่ร้อยละ 75 ในปี ค.ศ. 2060 และลดลงร้อยละ 25 หลังจากผ่านปี ค.ศ. 2060

3) RCP4.5 แนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราปานกลาง – ต่ำ

RCP4.5 เป็นการจำลองแนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยมีการกำหนดมาตรการและนโยบายควบคุมในการลดก๊าซเรือนกระจก รวมถึงมีการพัฒนาทางเทคโนโลยีที่มีความทันสมัย RCP4.5 มีความคล้ายคลึงกับ RCP6 ในการตั้งสมมุติฐานบางอย่าง โดย RCP4.5 จะทำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือทำการแผ่รังสี 4.5 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในปี ค.ศ. 2100 จากนั้นจะอยู่ในระดับคงที่ (stabilization) ซึ่งถือว่าเป็น

RCP ที่มีความสอดคล้องกับความพยายามในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปัจจุบัน ถ้าทำการเทียบเคียงกับตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายงานการประเมินฉบับที่ 4 (Fourth Assessment Report, AR4) คือ SRES B1 ซึ่งเป็นการตั้งสมมุติฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ RCP4.5 ได้รับการพัฒนาจาก Pacific Northwest National Laboratory ประเทศสหรัฐอเมริกา RCP4.5 ได้กำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

- การใช้พลังงานบนโลกในอัตราต่ำ
- มีการส่งเสริมการปลูกป่าเพื่อลดปัญหาภาวะโลกร้อน
- ลดอัตราการใช้พื้นที่ทำการเพาะปลูกและทุ่งหญ้าในการปศุสัตว์ เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของผลผลิตจากการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี
- มีนโยบายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเข้มงวด
- มีการปล่อยก๊าซมีเทนในระดับคงที่
- จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยก่อนจะเริ่มลดลงในปี ค.ศ. 2040

4) RCP2.6 แนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราที่ต่ำ

RCP2.6 เป็นการจำลองแนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยมาตรการหรือนโยบายควบคุมในการลดก๊าซเรือนกระจก โดยมีมาตรการบังคับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดการปล่อยมลพิษตลอดเวลา โดย RCP2.6 จะทำการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือทำการแผ่รังสี 3.1 วัตต์ต่อตารางเมตรและค่อยๆ ลดลงเหลือ 2.6 วัตต์ต่อตารางเมตรจนสิ้นสุดปี ค.ศ. 2100 ซึ่งถือว่าเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราที่ต่ำ RCP2.6 ได้รับการพัฒนาจาก PBL Netherlands Environmental Assessment Agency ประเทศเนเธอร์แลนด์ RCP2.6 ได้กำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

- ลดการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟอลซิล
- การใช้พลังงานบนโลกในอัตราต่ำ
- จำนวนประชากรโลกจะมีจำนวน 9 พันล้านคน เมื่อสิ้นสุด ค.ศ. 2100
- เพิ่มอัตราการใช้พื้นที่ทำการเพาะปลูก โดยใช้พลังงานชีวภาพ
- การเลี้ยงปศุสัตว์มีประสิทธิภาพ

- มีการปล่อยก๊าซมีเทนลดลงร้อยละ 40
- จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณคงที่จนกระทั่งถึงปี ค.ศ. 2040 และเริ่มลดลงและอาจติดลบจนสิ้นสุด ค.ศ. 2100
- จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในปี ค.ศ. 2050 และจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 400 ppm

2.3.4 การประเมินเพื่อเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

รายงานการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทยเล่มที่ 2 (อำนาจ ชิดไธสง และคณะ, 2553) ได้นำเสนอแนวคิดเพื่อเลือกแบบจำลอง โดยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกแต่ละแบบ จะให้ผลลัพธ์ของภูมิอากาศในอนาคตต่างกัน เมื่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้น เนื่องจากแต่ละสถาบัน มีทฤษฎี วิธีการ และข้อมูลในการประมวลผลที่แตกต่างกัน การเลือกใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกจึงควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1) อายุของแบบจำลอง แบบจำลองที่พัฒนาใหม่ จะได้รับการแก้ไขและปรับปรุงข้อบกพร่อง ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและมีความแม่นยำเพิ่มขึ้น
2) ขนาดของพื้นที่แสดงผล (resolution) แบบจำลองที่มีขนาดพื้นที่แสดงผลที่เล็ก ย่อมดีกว่าแบบจำลองที่มีขนาดพื้นที่แสดงผลกว้าง เนื่องจากขนาดพื้นที่แสดงผลที่เล็กจะมีความละเอียดเชิงพื้นที่มากกว่า
3) ความแม่นยำในการแสดงผลสภาพภูมิอากาศปัจจุบัน แบบจำลองที่แสดงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันใกล้เคียงกับสภาพภูมิอากาศจากการตรวจวัดในพื้นที่หรือข้อมูลสังเกตการณ์ ควรมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองในอนาคตได้ดีกว่า

Hamlet et al. (2010) ได้ทำการศึกษาศักยภาพของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก โดยการประเมินศักยภาพของแบบจำลอง อาจจะทำการประเมินโดยใช้หลากหลายตัวชี้วัด (metric) ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแบบจำลองแต่ละแบบที่ใช้ในการศึกษา โดยทั่วไปการจัดอันดับแบบจำลองจะขึ้นอยู่กับตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินและอาจมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดความผิดพลาดในการเลือกแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่ดีที่สุด แม้ว่าจะมีการใช้สภาพภูมิอากาศในศตวรรษที่ 20 (20c3m) เป็นหนึ่งในตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินศักยภาพของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกและเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดที่มีศักยภาพสำหรับการประเมินศักยภาพของแบบจำลอง แต่ไม่รับประกันว่าแบบจำลองจะทำการจำลองรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ที่เสมือนจริง เนื่องจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอดีต (historical)

และความไม่แน่นอนของก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ด้วยเหตุผลเหล่านี้ ด้วยตัวชี้วัดนี้จึงได้รับการยอมรับในการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยในการศึกษาได้ทำการเลือก 10 แบบจำลองมาทำการประเมินศักยภาพในพื้นที่มหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือ โดยใช้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายงานการประเมินที่ 4 (AR4) ของ IPCC พบว่ามี 5 แบบจำลองที่มีศักยภาพในการนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่มหาสมุทรแปซิฟิกตอนเหนือ ได้แก่ CNRM-CM3, ECHAM5/MPI-OM, ECHO-G, CGCM3.1 (T47) และ UKMO-HadCM3

Danai et al. (2011) ได้ทำการศึกษาและประเมินแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก โดยใช้ข้อมูลฝนโลก (GPCP) หรือข้อมูลสังเกตการณ์ (observation data) เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนที่ได้จากแบบจำลอง 23 แบบจำลองภายใต้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายงานการประเมินฉบับที่ 4 (Fourth Assessment Report, AR4) ของ IPCC โดยใช้ค่าทางสถิติ 2 ค่าคือ Spatial correlation (Scorr) และค่าคลาดเคลื่อนรากกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ในการประเมินฝนรายเดือน โดยทำการให้คะแนนในแต่ละเดือน จากนั้นทำการรวมคะแนนและเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย จากการศึกษาพบว่ามี 6 แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ได้แก่ gfdl_cm2_0, gfdl_cm2_1, ingv_echam4, inmcm3_0, k-1, miroc3_2_hires และ ncar_ccsm3_0

McMahon et al. (2015) ได้ทำการศึกษาและประเมินข้อมูลฝนและอุณหภูมิจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกภายใต้ CMIP3 (Coupled Model Intercomparison Project 3) สำหรับแบบจำลองทางอุทกวิทยา โดยทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองใน CMIP3 เปรียบเทียบกับการนำแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ (observation data) ของหน่วยวิจัยสภาพภูมิอากาศโลก (Climatic Research Unit, CRU) เมื่อทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องแล้ว ผู้ศึกษาจะใช้หลักการการประเมินแบบจำลองข้อมูลฝนจาก Gleckler et al. (2008) และหลักการการประเมินข้อมูลอุณหภูมิจาก Macadam et al. (2010) และทำการจัดอันดับแบบจำลองที่เหมาะสมเรียงตามลำดับ จากนั้นทำการประเมินศักยภาพของแบบจำลองทั้งข้อมูลฝนและข้อมูลอุณหภูมิอีกครั้งโดยใช้ดัชนีชี้วัดศักยภาพ (performance index) ของ Reichler et al. (2008) จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในขั้นแรกสามารถทำการเลือกแบบจำลองที่มีศักยภาพทั้งหมด 10 แบบจำลอง ในขั้นตอนที่สองผู้ศึกษาทำการนำแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกใน CMIP3 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ (observation data) ของหน่วยวิจัยสภาพภูมิอากาศโลก ระหว่างปี 1950 -1999 และใช้ค่าทางสถิติ 8 ค่าในการประเมินศักยภาพของแบบจำลอง แต่ผู้ศึกษาจะทำการแสดงค่าทางสถิติเพียง 3 ค่า ได้แก่ Nash–Sutcliffe efficiency (NSE), product moment coefficient of determination (R^2) และค่าคลาดเคลื่อนรากกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) จากค่าทางสถิติทั้ง 3 ค่าของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิรายปีพบว่าค่า Nash–Sutcliffe efficiency (NSE) และ product

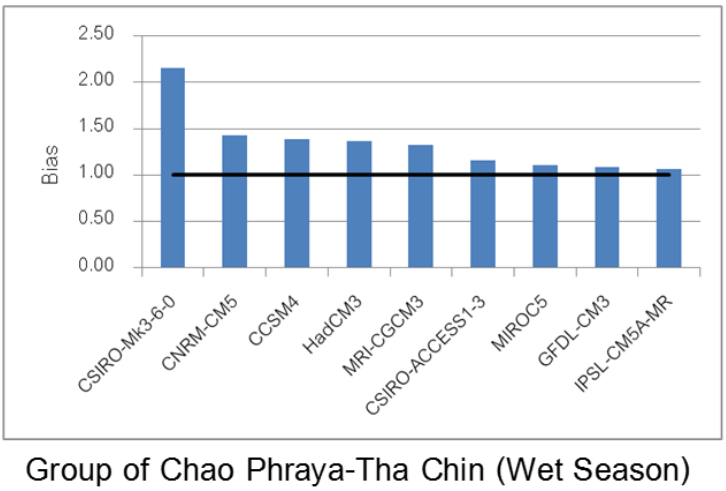
moment coefficient of determination (R^2) มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลของแบบจำลองและข้อมูลสังเกตการณ์มีความสัมพันธ์กันอย่างดี ส่วนค่าคลาดเคลื่อนรากกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) พบว่ามีค่าที่น้อย ดังนั้นจากค่าทางสถิติทั้ง 3 ค่าจะแสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิของแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนรายปีพบว่า Nash–Sutcliffe efficiency (NSE) และ product moment coefficient of determination (R^2) มีค่าไม่เกิน 0.7 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลของแบบจำลองและข้อมูลสังเกตการณ์มีความสัมพันธ์กัน แต่ไม่ดีถ้าเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิรายปี ส่วนค่าคลาดเคลื่อนรากกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) พบว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 335 – 697 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งค่อนข้างคลาดเคลื่อนมาก เมื่อทำการประเมินศักยภาพแบบจำลองด้วยค่าทางสถิติ ผู้ศึกษาจึงทำการจัดอันดับแบบจำลองที่มีความเหมาะสมตามลำดับ จากการนำแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกใน CMIP3 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ (observation data) ในขั้นที่สองสามารถทำการเลือกแบบจำลองที่มีศักยภาพทั้งหมด 6 แบบจำลอง จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบโดยผลจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและจากการนำแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกใน CMIP3 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ (observation data) จะต้องตรงกันจึงจะถือว่าแบบจำลองนั้นมีศักยภาพในการนำเข้าข้อมูลแบบจำลองอุทกวิทยา จากการเปรียบเทียบพบว่า มีแบบจำลองทั้งหมด 5 แบบจำลองที่มีศักยภาพ ได้แก่ HadCM3, MIROCm, MIUB, MPI และ MRI

Ruangrassamee et al. (2015) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบการจำลองรูปแบบฝนของประเทศไทยจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก โดยทำการเลือกแบบจำลองจำนวน 6 แบบจำลอง ได้แก่ CCSM4, CNRM-CM5, GFDL-CM3, IPSL-CM54-MR, MIROC5 และ MRI-CGCM3 ซึ่งทั้ง 6 แบบจำลองมีการนำเข้าสถานการณ์แนวทางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับความเข้มข้นทั้ง 3 สถานการณ์คือ RCP2.6, RCP4.5 และ RCP8.5 จากรายงานการประเมินฉบับที่ 5 (Fifth Assessment Report, AR5) โดยทำการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทย 9 กลุ่มลุ่มน้ำหลัก และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยในพื้นที่กลุ่มลุ่มน้ำของปริมาณฝนที่ได้จากแบบจำลองในช่วงปี 1979 – 2005 กับค่าเฉลี่ยปริมาณฝนจากการสำรวจจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน จากการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนรายปีของแบบจำลอง MRI-CGCM3 มีค่า Bias ใกล้เคียง 1 มากที่สุดและให้ค่า RMSE น้อยที่สุด และปริมาณฝนรายเดือนของแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ให้ค่า RMSE น้อยที่สุด และจากการเปรียบเทียบปริมาณฝนรายปีแบ่งตามพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทย โดยในส่วนพื้นที่ตอนบนของประเทศที่ไม่ติดกับทะเล พบว่าแบบจำลอง MRI-CGCM3 สามารถจำลองฝนได้ใกล้เคียงกับฝนสำรวจมากที่สุด และในส่วนพื้นที่ตอนล่างของประเทศที่ติดกับทะเล พบว่าแบบจำลอง MIROC5 สามารถจำลองฝนได้ใกล้เคียงกับฝนสำรวจมากที่สุด และจากการเปรียบเทียบปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนของแต่ละปีแบ่งตามพื้นที่ลุ่มน้ำหลักที่ได้จากการสำรวจกับ

ปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนของแต่ละปีแบ่งตามพื้นที่ลุ่มน้ำหลักที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าแบบจำลอง MIROC5 สามารถจำลองฝนได้ใกล้เคียงกับฝนสำรวจมากที่สุด และจากการเปรียบเทียบปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้งของแต่ละปีแบ่งตามพื้นที่ลุ่มน้ำหลักที่ได้จากการสำรวจกับปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้งของแต่ละปีแบ่งตามพื้นที่ลุ่มน้ำหลักที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าแบบจำลอง MRI-CGCM3 สามารถจำลองฝนได้ใกล้เคียงกับฝนสำรวจมากที่สุด และจากการเปรียบเทียบค่า Bias ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าในพื้นที่ตอนบนของประเทศที่ไม่ติดกับทะเล แบบจำลองทั้ง 6 แบบจำลอง สามารถจำลองปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนได้ใกล้เคียงกับฝนสำรวจมากที่สุด ส่วนในพื้นที่ตอนล่างของประเทศที่ติดกับทะเล มีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจน

Climate Model	Annual Bias	RMSE (mm/year)	RMSE (mm/month)
IPSL-CM5A-MR	1.00	185.5	50.2
GFDL-CM3	1.02	191.9	57.1
MRI-CGCM3	1.06	257.8	98.7
CNRM-CM5	1.10	242.3	53.0
MIROC5	1.13	251.3	52.6
HadCM3	1.17	334.7	73.0
CSIRO-ACCESS1-3	1.20	387.7	93.6
CCSM4	1.27	407.6	70.8
CSIRO-Mk3-6-0	1.44	626.1	121.7

รูปที่ 2-3 Bias และ RMSE ของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกของรูปแบบฝนในประเทศไทยโดย (Ruangrassamee et al., 2015)



รูปที่ 2-4 ค่า bias ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาช่วงฤดูฝน (Ruangrassamee et al., 2015)

การศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งคือการเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสม เพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่ความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งจากการเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมคือ แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR และ MIROC5 จากโครงการ Integrated study on Hydro-Meteorological Prediction and Adaptation to Climate Change in Thailand (IMPAC-T) ซึ่งเป็นโครงการที่มีความร่วมมือระหว่างประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่น ในการศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยมีการศึกษาวิจัยตัวแปรต่างๆที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก รวมถึงมีการศึกษาแบบจำลองปริมาณน้ำท่าอีกด้วย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะใช้ข้อมูลในส่วนของ IMPAC-T Driving Dataset (IDD) ซึ่งเป็นส่วนในการรวมข้อมูลตัวแปรต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (GCMs) ซึ่งในโครงการ IMPAC-T Driving Dataset จะใช้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกทั้งหมด 10 แบบจำลองได้แก่ bcc-csm1-1-m, CanESM2, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3.6, GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, INM-CM4, IPSL-CM5A-MR, MIROC5 และ MRI-CGCM3 ซึ่งมี 2 ภาพฉายคือ RCP4.5 และ RCP8.5 โดยจะใช้ช่วงเวลาในอนาคต 2 ช่วงได้แก่ ค.ศ. 2040 – 2059 และ ค.ศ. 2080 – 2099 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกทั้ง 10 แบบจำลองจะผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติ (bias correction) และการย่อส่วนแบบจำลองแบบภูมิภาค ซึ่งขนาดกริดของแบบจำลองจากประมาณ 300 x 300 กิโลเมตรจะถูกย่อส่วนเหลือขนาดกริด 0.083 x 0.083 กิโลเมตร ซึ่งจะมีความละเอียดอย่างมากในการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆเชิงพื้นที่ โดยตัวแปรในโครงการ IMPAC-T Driving Dataset จะมีทั้งหมด 8 ตัวแปรได้แก่ albedo, longwave radiation, precipitation, surface pressure, specific humidity, shortwave radiation, surface temperature และ wind speed แต่ในการศึกษาวิจัยจะใช้เพียงตัวแปรฝนเท่านั้น

จากการศึกษาของ Watanabe et al. (2014) ทำการศึกษาอัตราการไหลในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในอนาคตโดยคาดการณ์บนพื้นฐานการทำงานที่มีประสิทธิภาพของ GCMs หลายแบบจำลอง โดยทำการพัฒนาการปรับแก้ความเอนเอียงทางสถิติ (bias – corrected) ชุดข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคตที่เรียกว่า IDD (IMPACT-T Driving Dataset) ภายใต้แบบจำลองอุทกวิทยา H08 เพื่อใช้ในการคาดการณ์อัตราการไหลของแม่น้ำในอนาคต IDD ช่วยให้สามารถดำเนินการพิจารณาการขยายการคาดการณ์ที่ได้รับจาก GCMs หลายแบบจำลอง ประสิทธิภาพในการคาดการณ์ได้ใช้ความสัมพันธ์ของฝนมรสุมระหว่าง GCMs กับข้อมูลที่สำรวจมาได้ ประสิทธิภาพในการคาดการณ์จะบ่งชี้อัตราการไหลของแม่น้ำในอนาคต พบว่าในเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงเข้าฤดูมรสุมเพิ่มขึ้น 60-90% มีค่ามากกว่าการจำลองสภาพภูมิอากาศในอดีต

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่ใช้ในการศึกษา

IPSL-CM5A-MR เป็นแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาโดยสถาบัน The Institute Pierre Simon Laplace (IPSL) ประเทศฝรั่งเศส โดยการคำนวณของแบบจำลองจะใช้หลักการความร่วมมือของโครงการ CMIP5 และใช้การปล่อยพลังงานการแผ่รังสีในรายงานการประเมินฉบับที่ 5 ของ IPCC โดยแบบจำลองนี้จะมีขนาดกริดของแบบจำลองที่มีขนาดกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ ซึ่งมีขนาดกริดเท่ากับ 1.25° x 2.5° (143 x 144 L 39) แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR เป็นแบบจำลองที่มีการนิยมใช้กันมาก เนื่องจากการศึกษาของ Ruangrassamee et al. (2015) พบว่า แบบจำลองนี้มีค่า bias ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งเข้าใกล้หนึ่ง ทำให้แบบจำลองมีแนวโน้มที่จะมีศักยภาพในการจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่เปลี่ยนแปลงไปได้เป็นอย่างดี

MIROC5 เป็นแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาโดยสถาบัน The Model for Interdisciplinary Research on Climate (MIROC) ประเทศญี่ปุ่น โดยการคำนวณของแบบจำลองจะใช้หลักการความร่วมมือของโครงการ CMIP5 และใช้การปล่อยพลังงานการแผ่รังสีในรายงานการประเมินฉบับที่ 5 ของ IPCC โดยแบบจำลองนี้จะมีขนาดกริดของแบบจำลองที่มีขนาดใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ ซึ่งมีขนาดกริดเท่ากับ 1.4° x 1.4° แบบจำลอง MIROC5 เป็นแบบจำลองที่มีการนิยมใช้กันมาก เนื่องจากการศึกษาของ Ruangrassamee et al. (2015) พบว่า แบบจำลองนี้มีค่า bias ในฤดูฝนเข้าใกล้หนึ่ง ทำให้แบบจำลองมีแนวโน้มที่จะมีศักยภาพในการจำลองสภาพภูมิอากาศโลกที่เปลี่ยนแปลงไปได้

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (GCMs) จากโครงการ IMPAC-T ซึ่งได้มีการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติของแบบจำลอง GCMs โดยใช้วิธีการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติจากการศึกษาวิจัยของ Watanabe et al. (2012) ซึ่งการศึกษาจะใช้วิธีการปรับแก้อุณหภูมิและฝนแบบรายเดือนด้วยวิธี quantile-based mapping method ซึ่งจะปรับแก้ตัวแปรต่างๆด้วยวิธีทางสถิติ ซึ่งจะใช้ค่าเฉลี่ย (mean, μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, σ) ซึ่งการปรับแก้อุณหภูมิจะใช้การกระจายตัวทางสถิติแบบ normal distribution จะมีกระบวนการปรับแก้มีสูตรสมการ 2-2 และสมการ 2-3

$$\mu_{cor} = \mu_o + \mu_p - \mu_b \qquad (2\text{-}2)$$

$$\sigma_{cor} = \frac{\sigma_p \sigma_o}{\sigma_b} \qquad (2\text{-}3)$$

โดย μ_{cor} , σ_{cor} ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ปรับแก้แล้ว

μ_o , σ_o ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลสังเกตการณ์

μ_p , σ_p ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลคาดการณ์ GCMs (projected period)

μ_b , σ_b ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการศึกษา (baseline period)

หลังจากทำการปรับแก้ค่าทางสถิติทั้ง 2 ค่าแล้ว จะนำค่าทางสถิตินี้ไปทำการปรับแก้อุณหภูมิรายเดือนด้วยสูตรสมการ 2-4

$$x_{cor,i} = F^{-1}\left(F\left(x_{p,i};\mu_p,\sigma_p\right);\mu_{cor},\sigma_{cor}\right) \quad (2\text{-}4)$$

เมื่อ F เท่ากับ CDF (cumulative distribution function) ของการตั้งสมมติฐานการกระจายตัวทางสถิติแบบ normal distribution สำหรับการปรับแก้ข้อมูลฝน จะมีกระบวนการเหมือนการปรับแก้ข้อมูลอุณหภูมิ โดยการปรับแก้ข้อมูลฝนจะใช้การกระจายตัวทางสถิติแบบ gamma distribution จะมีกระบวนการปรับแก้มีสูตรสมการ 2-5 และสมการ 2-6

$$\mu_{cor} = \frac{\mu_p \mu_o}{\mu_b} \quad (2\text{-}5)$$

$$CV_{cor} = \frac{CV_p CV_o}{CV_b} \quad (2\text{-}6)$$

โดย CV_{cor} ค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรผันที่ปรับแก้แล้ว

CV_p ค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรผันของข้อมูลคาดการณ์ในอนาคต

CV_o ค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรผันของข้อมูลสังเกตการณ์

CV_b ค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรผันของข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ในการศึกษา

หลังจากทำการปรับแก้ค่าทางสถิติทั้ง 2 ค่าแล้ว จะทำการคำนวณหาค่า k และ θ ในสูตรการกระจายตัวทางสถิติแบบ gamma distribution ซึ่งหาจากการประมาณค่าจากค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน โดยใช้วิธี method of moments ข้อมูลฝนจะสามารถคำนวณได้จากสูตรสมการ 2-7

$$x_{cor,i} = F^{-1}\left(F\left(x_{p,i};k_p,\theta_p\right);k_{cor},\theta_{cor}\right) \quad (2\text{-}7)$$

เมื่อ F เท่ากับ CDF (cumulative distribution function) ของการตั้งสมมติฐานการกระจายตัวทางสถิติแบบ gamma distribution

2.4 ตัวแปรเพื่อการตัดสินใจที่ใช้ในการศึกษา

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆในการศึกษานี้ ตลอดไปจนถึงการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง ได้อาศัยตัวแปรเพื่อการตัดสินใจทั้งหมด 4 ตัว (ธีรวัฒน์ รามอินทรา, 2557) ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ค่าความเบี่ยงเบนจากการประมาณ (bias of estimation, bias) ค่า Nash-Sutcliffe coefficient (NSE) และ normalize root mean square error (NRMSE) โดยมีรายละเอียดและสมการดังต่อไปนี้

1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) เป็นการวัดความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด ในเชิงเส้นตรงว่ามีความสัมพันธ์กันมาก (เข้าใกล้ 1) หรือน้อย (เข้าใกล้ 0) โดยค่า R ที่ได้ในทางบวกหมายความว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ในขณะที่ค่าที่เป็นลบได้สื่อถึงความสัมพันธ์ที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม

$$R = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n\left(\sum x^2\right) - (\sum x)^2}\sqrt{n\left(\sum y^2\right) - (\sum y)^2}} \quad (2\text{-}8)$$

เมื่อ x คือ ข้อมูลสังเกตการณ์

y คือ ข้อมูลจากแบบจ้าลอง

2) Nash-Sutcliffe coefficient (NSE) ได้ถูกใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลสังเกตการณ์กับข้อมูลจากการจำลอง เป็นการรวมค่าความผิดพลาดจากแบบจำลองที่เกิดขึ้นเทียบกับสัดส่วนกับข้อมูลสังเกตการณ์ที่ถูกปรับค่าเป็นเป็นมาตรฐาน (normalize) จากการลบออกด้วยค่าเฉลี่ยของข้อมูลสังเกตการณ์ ค่า NSE นี้ในช่วงเวลาของข้อมูลสังเกตการณ์ที่มีค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลสังเกตการณ์ด้วยกัน (เช่น ช่วงที่เกิดน้ำท่าสูงสุด) ซึ่งทำให้ตัวหารตาม

สมการมีค่าสูงตาม เป็นการยอมให้ข้อมูลจากการจำลองสามารถมีค่าผิดพลาดได้สูงตามจากตัวหารที่มากขึ้นกล่าวคือ NSE จะอ่อนไหวมากในช่วงที่ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์นั้นอยู่ในช่วงต่ำ (low flow) ค่าที่ได้จากตัวแปรนี้เมื่อเข้าใกล้ 1 คือข้อมูลจากการจำลองมีความแม่นยำสูงขึ้นตามเมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ ค่าตัวแปรในช่วง ที่น้อยกว่า 0 คือข้อมูลการจำลองนั้นแย่กว่าการใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสังเกตการณ์

$$NSE = 1 - \frac{\sum \left(Q_{obs} - Q_{sim}\right)^2}{\sum \left(Q_{obs} - \overline{Q_{obs}}\right)^2} \qquad (2\text{-}9)$$

เมื่อ Q_{obs} คือปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ (ลบ.ม./วินาที)

Q_{sim} คือปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง (ลบ.ม./วินาที)

Q_{obs} คือค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ (ลบ.ม./วินาที)

3) Normalize root mean square error (NRMSE) เป็นตัวแปรที่เพิ่มเติมมาจาก root mean square error (RMSE) จากการหาค่าความผิดพลาดรวมของข้อมูลจากการจำลองเมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ และหารช่วงของข้อมูลมากที่สุดกับข้อมูลน้อยที่สุดของข้อมูลที่ใช้เป็นหลักในการเทียบหรือข้อมูลสังเกตการณ์ ทำให้ค่าที่แสดงออกเป็นเปอเซ็นต์ผิดพลาดที่เกิดขึ้นในช่วงของข้อมูล ในช่วงที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดสามารถมีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้มากกว่าซึ่งจะส่งผลกับตัวแปรนี้ได้มากจากการที่ความผิดพลาดจะถูกยกกำลังสองเพิ่มขึ้นไป การเลือกใช้ตัวแปรนี้จะสามารถอธิบายเพิ่มเติมจากค่า NSE ได้มากขึ้น รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเป็นในเชิงปริมาณท้าให้การเปรียบเทียบระหว่างกรณีของฝนแบบต่างๆสามารถใช้เทียบกันได้โดยตรง

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum \left(Q_{obs} - Q_{sim}\right)^2}{n}}$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{Q_{obs,\max} - Q_{obs,\min}} \qquad (2\text{-}10)$$

เมื่อ $Q_{obs,max}$ คือค่าปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์สูงสุด (ลบ.ม./วินาที)

$Q_{obs,min}$ คือค่าปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ต่ำสุด (ลบ.ม./วินาที)

บทที่ 3
พื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.1 พื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำน่าน (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548)

ลุ่มน้ำน่านตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 34,682.04 ตร.กม. พื้นที่ครอบคลุม 11 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร พะเยา แพร่ น่าน เลย สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศา 42 ลิปดาเหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ 18 องศา 37 ลิปดาเหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 99 องศา 51 ลิปดาตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 101 องศา 21 ลิปดาตะวันออก โดยมีอาณาเขตติดต่อกับลุ่มน้ำข้างเคียง ดังนี้

ทิศเหนือของลุ่มน้ำ	ติดกับลุ่มน้ำโขง
ทิศใต้	ติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา
ทิศตะวันออก	ติดกับลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำป่าสัก
ทิศตะวันตก	ติดกับลุ่มน้ำน่าน

แม่น้ำน่านมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาหลวงพระบาง ซึ่งเป็นเส้นแบ่งเขตแดนไทย-ลาว มีความสูงอยู่ที่ระดับ 220 ม.รทก. จากนั้นไหลผ่านที่ราบระหว่างหุบเขาในเขตอำเภอเมือง และอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน หุบเขาทางด้านตะวันตกและตะวันออกทั้งสองด้านนี้เป็นต้นกำเนิดของลำน้ำสาขาหลายสาย ที่ราบบริเวณนี้จะมีระดับความสูงประมาณ 180-220 ม.รทก. จากนั้นแม่น้ำน่านจะไหลผ่านหุบเขาลงสู่อ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ พื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำน่านจะเป็นที่ราบสองฝั่งแม่น้ำซึ่งจัดได้ว่าเป็นทุ่งราบผืนใหญ่ที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย จากจังหวัดพิษณุโลก แม่น้ำน่านจะไหลเคียงคู่กับแม่น้ำยมลงมาจนบรรจบกันที่อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ จากนั้นจะไหลผ่านบึงบอระเพ็ดทางฝั่งซ้าย ก่อนจะบรรจบกับแม่น้ำปิง ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของแม่น้ำเจ้าพระยา

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดของลุ่มน้ำสาขาต่างๆ ในลุ่มน้ำน่าน (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548)

ลำดับ	รหัส	ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่		ร้อยละของพื้นที่ในลุ่มน้ำ	ครอบคลุมพื้นที่บางส่วน	
			(ตร.กม.)	(ไร่)		จังหวัด	อำเภอ
1	0902	แม่น้ำน่านตอนบน	2,222.34	1,388,964	6.41	-น่าน	-เฉลิมพระเกียรติ เชียงกลาง ทุ่งวังผา ทุ่งช้าง บ่อเกลือ ปัว และสองแคว
2	0903	ห้วยน้ำยาว	787.73	492,329	2.27	-น่าน -พะเยา	-เชียงกลาง ทุ่งวังผา ทุ่งช้าง ปัว และสองแคว -เชียงคำ และปง
3	0904	แม่น้ำน่านส่วนที่ 2	1,532.19	957,617	4.42	-น่าน -พะเยา	-กิ่ง อ.ภูเพียง ท่าวังผา บ่อเกลือ ปัว เมืองน่าน แม่จริม เวียงสา และสันติสุข -ปง
4	0905	น้ำยาว	598.88	374,301	1.73	-น่าน	-กิ่ง อ.ภูเพียง ท่าวังผา บ่อเกลือ ปัว เมืองน่าน แม่จริม และสันติสุข
5	0906	น้ำสมุน	589.57	368,481	1.70	-น่าน -พะเยา	-บ้านหลวง เมืองน่าน และเวียงสา -ปง
6	0907	แม่น้ำน่านส่วนที่ 3	3,375.80	2,109,873	9.73	-น่าน -แพร่ -อุตรดิตถ์	-นาน้อย นาหมื่น และเวียงสา -เด่นชัย เมืองแพร่ ร้องกวาง และสูงเม่น -ท่าปลา น้ำปาด บ้านโคก ฟากท่า และเมืองอุตรดิตถ์

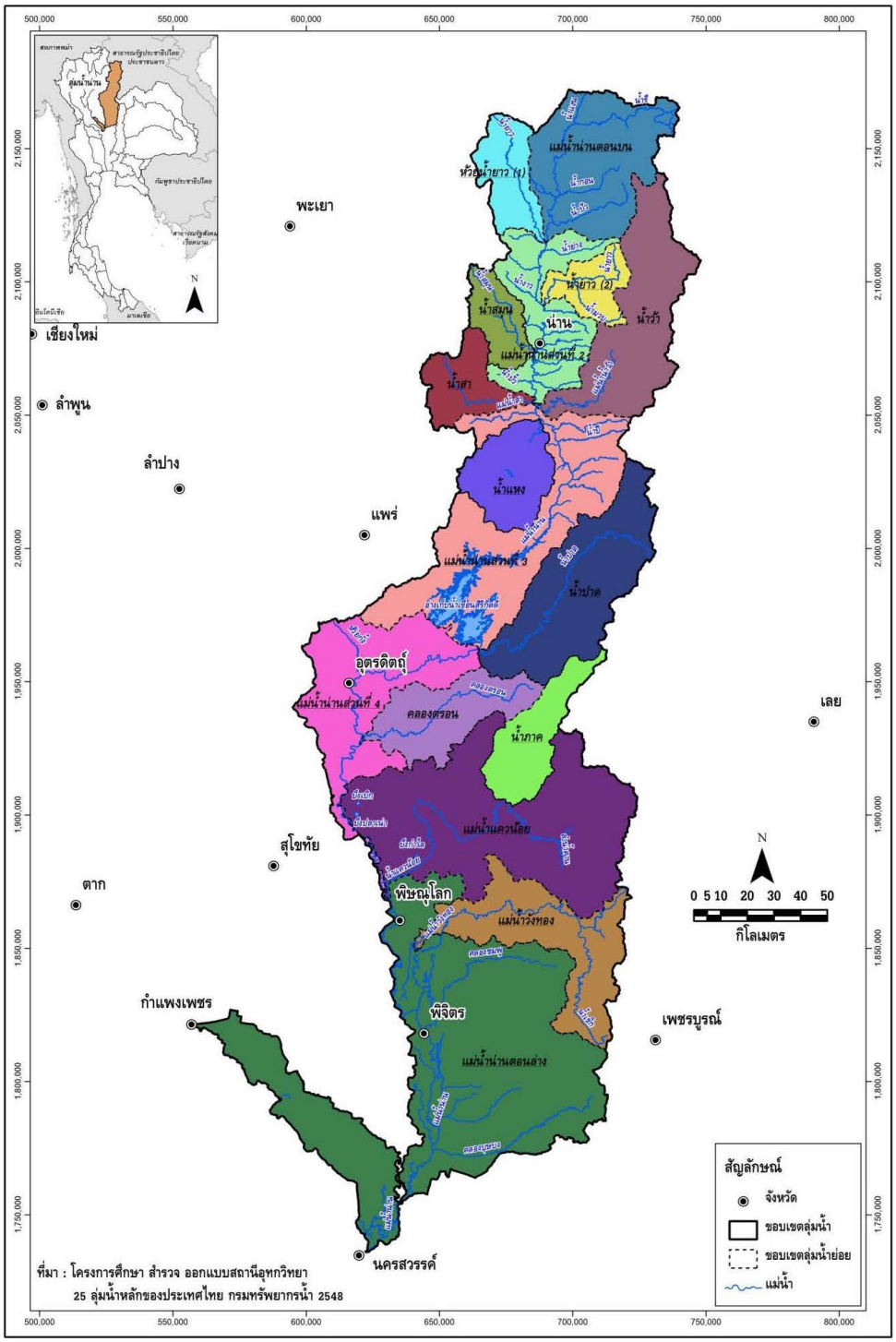
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	รหัส	ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่		ร้อยละของพื้นที่ในลุ่มน้ำ	ครอบคลุมพื้นที่บางส่วน	
			(ตร.กม.)	(ไร่)		จังหวัด	อำเภอ
7	0908	น้ำสา	778.40	486,501	2.24	-น่าน -แพร่	-บ้านหลวง เมืองน่าน และเวียงสา -ร้องกวาง และสอง
8	0909	น้ำว้า	2,200.39	1,375,244	6.34	-น่าน	-กิ่ง อ.ภูเพียง เฉลิมพระเกียรติ บ่อเกลือ ปัว แม่จริม เวียงสา และสันติสุข
9	0910	น้ำแหง	1,043.80	652,376	3.01	-น่าน -แพร่	-นาน้อย นาหมื่น และเวียงสา -ร้องกวาง
10	0911	แม่น้ำน่านส่วนที่ 4	2,470.50	1,544,062	7.12	-พิษณุโลก -แพร่ -สุโขทัย -อุตรดิตถ์	-พรหมพิราม เมืองพิษณุโลก และวัดโบสถ์ -เด่นชัย -ศรีนคร และศรีสัชนาลัย -ตรอน ทองแสงขัน ท่าปลา น้ำปาด พิชัย เมืองอุตรดิตถ์ และลับแล
11	0912	น้ำปาด	2,435.02	1,521,886	7.02	-น่าน -พิษณุโลก -อุตรดิตถ์	-นาน้อย และนาหมื่น -ชาติตระการ -ท่าปลา น้ำปาด บ้านโคก และฟากท่า
12	0913	คลองตรอน	1,297.54	810,964	3.74	-พิษณุโลก -อุตรดิตถ์	-ชาติตระการ และวัดโบสถ์ -ตรอน ทองแสนขัน ท่าปลา น้ำปาด พิชัย และเมืองฯ
13	0914	แม่น้ำแควน้อย	4,578.86	2,861,785	13.20	-พิษณุโลก -เลย -อุตรดิตถ์	-ชาติตระการ นครไทย พรหมพิราม เมืองพิษณุโลก วังทอง และวัดโบสถ์ -ด่านซ้าย และนาแห้ว -ทองแสนขัน น้ำปาด และพิชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	รหัส	ลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่		ร้อยละของพื้นที่ในลุ่มน้ำ	ครอบคลุมพื้นที่บางส่วน	
			(ตร.กม.)	(ไร่)		จังหวัด	อำเภอ
14	0915	น้ำภาค	992.83	620,513	2.86	-พิษณุโลก -เลย -อุตรดิตถ์	-ชาติตระการ และนครไทย -นาแห้ว -ทองแสนขัน และน้ำปาด
15	0916	แม่น้ำวังทอง	2,008.04	1,255,028	5.79	-พิษณุโลก -เพชรบูรณ์ -เลย	-นครไทย เนินมะปราง เมืองพิษณุโลก และวังทอง -เขาค้อ เมืองเพชรบูรณ์ วังโป่ง และหล่มเก่า -ด่านซ้าย
16	0917	แม่น้ำน่านตอนล่าง	7,770.16	4,856,347	22.40	-กำแพงเพชร -นครสวรรค์ -พิจิตร -พิษณุโลก -เพชรบูรณ์	-กิ่ง อ.บึงสามัคคี ขาณุวรลักษบุรี คลองขลุง ทรายทองวัฒนา ไทรงาม และเมืองฯ -เก้าเลี้ยว ชุมแสง บรรพตพิสัย และเมืองนครสวรรค์ -กิ่ง อ.ดงเจริญ กิ่ง อ.บึงนาราง กิ่ง อ.สากเหล็ก ทับคล้อ บางมูลนาก โพทะเล โพธิ์ประทับช้าง เมืองพิจิตร วังทรายพูน สะพานหิน และสามง่าม -เนินมะปราง บางกระทุ่ม พรหมพิราม เมืองพิษณุโลก วังทอง และ วัดโบสถ์ -เขาค้อ ชนแดน เมืองเพชรบูรณ์ วังโป่ง และหนองไผ่
		รวม	34,682.04	21,676,276	100.00		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3-1 พื้นที่ลุ่มน้ำน่านและลุ่มน้ำสาขา (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548)

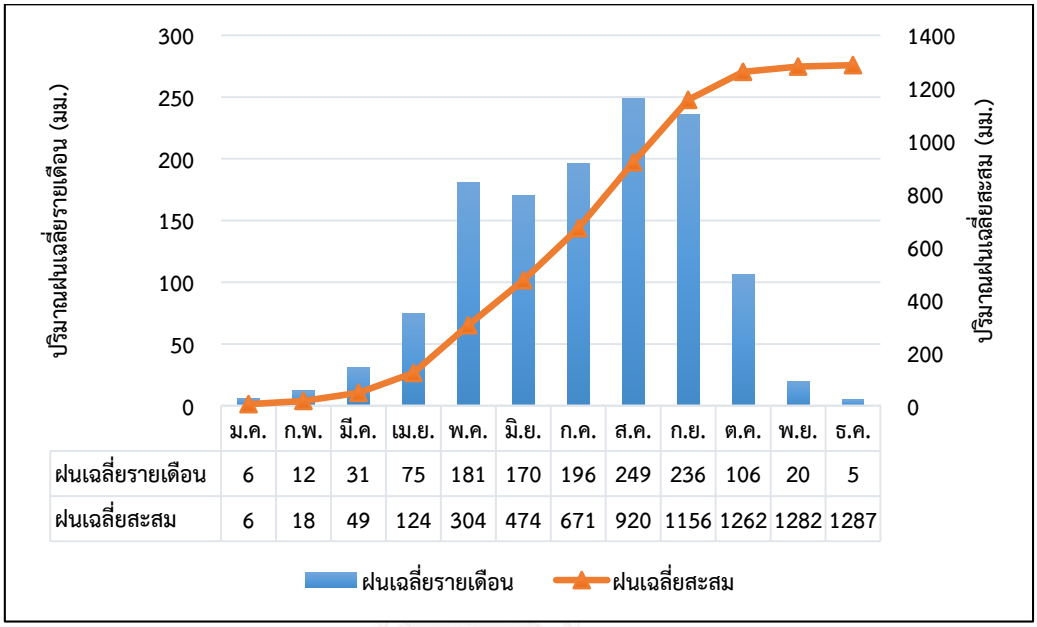
3.1.2 สภาพอุตุ-อุทกวิทยาของลุ่มน้ำน่าน

จากการศึกษาสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีพายุดีเปรสชั่นและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศที่สถานีตรวจอากาศต่างๆ ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ซึ่งบันทึกไว้โดยกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงปี พ.ศ. 2523 – 2552 จำนวน 7 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดน่าน สถานี สกษ.น่าน สถานีท่าวังผา สถานีทุ่งช้าง สถานีจังหวัดอุตรดิตถ์ สถานีจังหวัดพิษณุโลก และสถานีจังหวัดนครสวรรค์ สรุปค่าเฉลี่ยช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน ค่าสูงสุดรายเดือน และค่าเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศหลักของแต่ละสถานีตรวจอากาศ การผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศในลุ่มน้ำน่าน สรุปค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

- อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 26.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายนวัดได้36.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนธันวาคมวัดได้ 15.3 องศาเซลเซียส ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 22.1-29.3 องศาเซลเซียส
- ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยตลอดปีจะอยู่ระหว่าง 75.9 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 95.6 เปอร์เซ็นต์ และค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดวัดได้ 37.9 เปอร์เซ็นต์ ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 65.1 -84.4 เปอร์เซ็นต์
- ปริมาณการระเหยโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปี 1,457.4 มิลลิเมตร ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 95.4 - 168.9 มิลลิเมตร
- ความครึ้มของเมฆโดยเฉลี่ย 4.7 อ๊อกต้า (0-10 อ๊อกต้า) ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 1.7 - 8.1 อ๊อกต้า
- ความเร็วลมโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 0.9น๊อต ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 0.5 - 1.4 น๊อต
- ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,371.0 มิลลิเมตร ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 5.9 - 280.9 มิลลิเมตร

ส่วนปริมาณฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ได้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนและรายวันของสถานีวัดน้ำฝนที่รวบรวมโดยกรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จำนวน 84 สถานี พบว่า มีเพียง 36 สถานี ที่มีช่วงเวลาของการจดบันทึกข้อมูลค่าปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของแต่ละสถานีครบตลอดทั้งปี และมีช่วงเวลาการเก็บมากกว่า 60 ปี

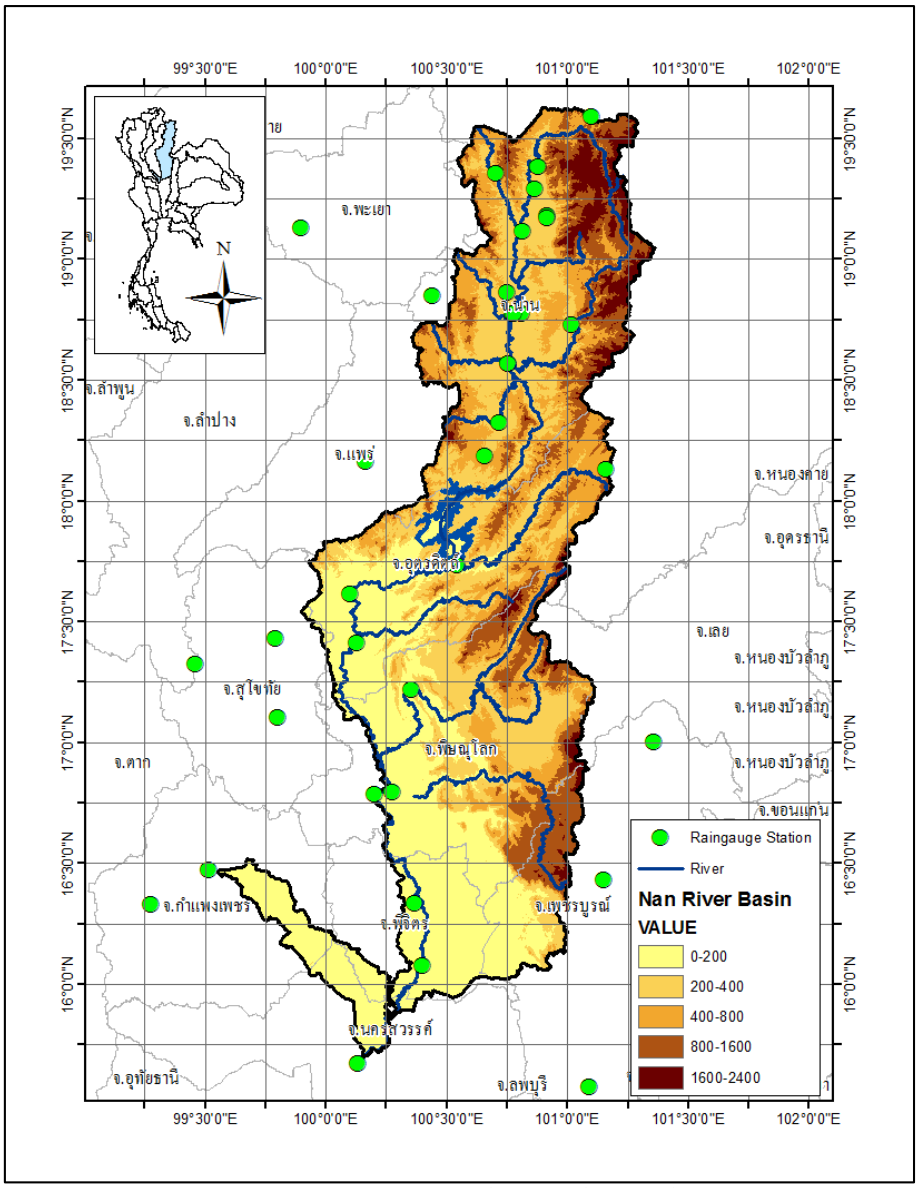
ในช่วงปี พ.ศ.2497-2557 นอกจากนี้ ยังนำค่าปริมาณฝนจากสถานีข้างเคียงของลุ่มน้ำมาร่วมวิเคราะห์ปริมาณฝนในลุ่มน้ำน่านอีกด้วย จากการวิเคราะห์พบว่า มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,287 มิลลิเมตร การกระจายตัวของปริมาณฝนจะเกิดตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนตุลาคม ดังรูปที่ 3-2



	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ฝนเฉลี่ยรายเดือน	6	12	31	75	181	170	196	249	236	106	20	5
ฝนเฉลี่ยสะสม	6	18	49	124	304	474	671	920	1156	1262	1282	1287

รูปที่ 3-2 ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยในลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2497-2557

ข้อมูลฝนที่ใช้ในการศึกษา จะใช้ข้อมูลฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนกรมชลประทานจำนวน 28 สถานี และกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 9 สถานี รวมทั้งสิ้นทั้งหมด 37 สถานีดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 37 สถานีมีความสมบูรณ์ของการบันทึกข้อมูล ช่วงเวลาของข้อมูล และตลอดจนสถานีวัดน้ำฝนที่มีการกระจายตัวทั้งพื้นที่การศึกษา ข้อมูลฝนรายวันที่ใช้ในการศึกษาจะต้องทำการเปลี่ยนเป็นปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อจะสามารถทำการตรวจวัดด้วยสถานีวัดปริมาณน้ำท่าได้ โดยวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (inverse distance weight method) ซึ่งในแบบจำลองน้ำฝน – น้ำท่าในแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา มีฟังก์ชั่นการหาปริมาณฝนเฉลี่ยแบบวิธีวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง จึงทำให้สะดวกต่อการดำเนินการวิจัย

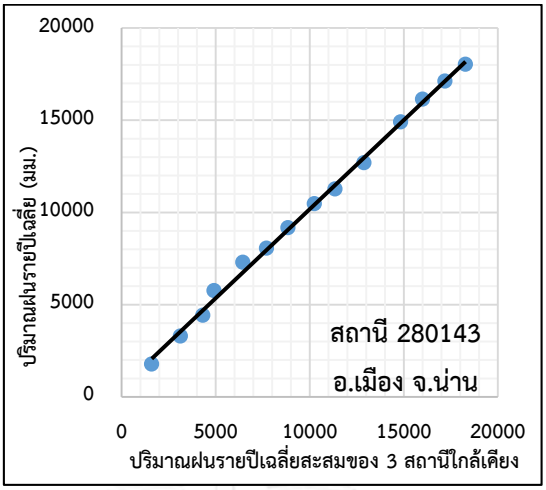


รูปที่ 3-3 สถานีวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน

3.1.3 การทดสอบความความคงตัวของข้อมูลฝน

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลฝนทั้งหมดแล้ว จะต้องทำการตรวจสอบความคงตัวของข้อมูลฝน (consistency test) ด้วยวิธีวิเคราะห์มวลฝนสะสม (double-mass curve analysis) เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมีความคงตัว (consistency) และทิศทางเดียวกันหรือไม่ โดยเปรียบเทียบค่าสะสมของปริมาณฝนของสถานีที่ตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยสะสมรายปีของสถานีต่างๆใกล้เคียงจำนวน 3 สถานี ผลการตรวจสอบกราฟมวลฝนสะสมของสถานีวัดน้ำฝน แสดงในภาคผนวก ก ผลการตรวจสอบพบว่าข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนที่เลือกใช้ในการศึกษามีความคงตัว เนื่องจากกราฟเป็นเส้นตรงที่มีความลาด

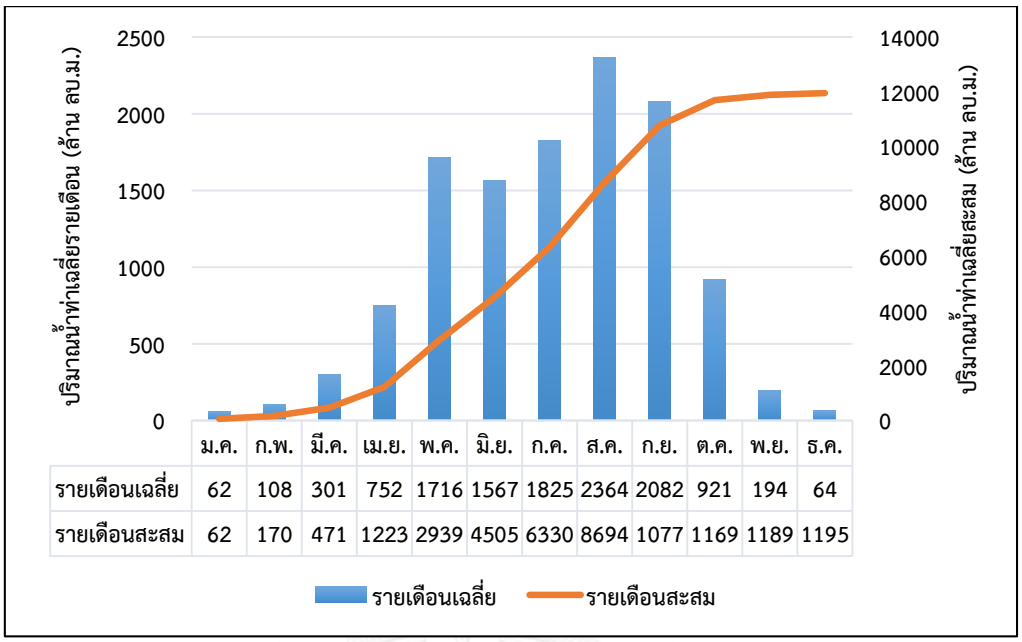
ชันเดียวกันตลอด ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทำการปรับแก้ข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 การทดสอบความความคงตัวของข้อมูลฝนสถานี 280143

และส่วนปริมาณน้ำท่าจากการศึกษาปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ศึกษา ได้ทำการทบทวนการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำในลุ่มน้ำน่านของหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ กรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จำนวน 101 สถานี มีเพียง 76 สถานี ที่มีช่วงเวลาของการจดบันทึกข้อมูลค่าปริมาณน้ำท่าครบตลอดทั้งปี ลุ่มน้ำน่านมีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 11,955 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีการกระจายรายเดือนเฉลี่ยอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ดังรูปที่ 3-5

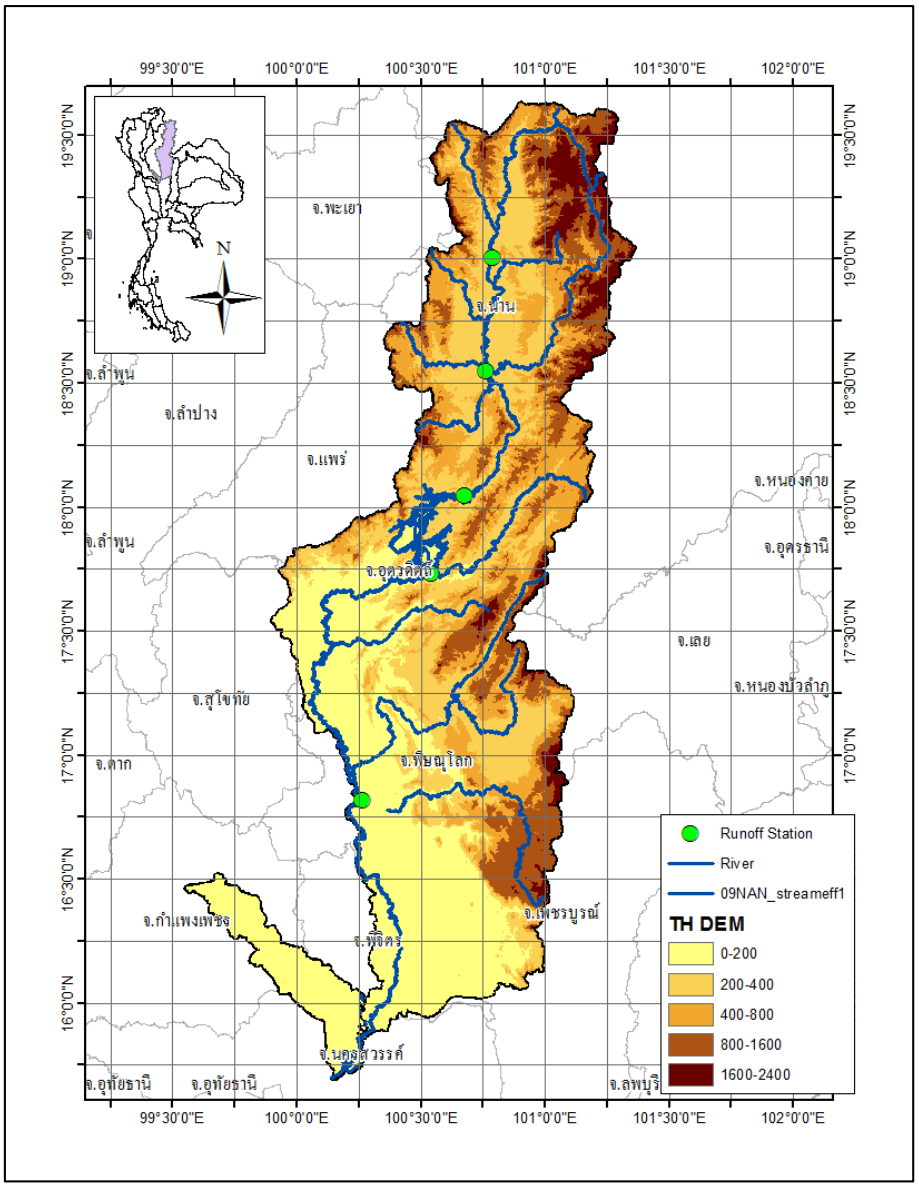
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
รายเดือนเฉลี่ย	62	108	301	752	1716	1567	1825	2364	2082	921	194	64
รายเดือนสะสม	62	170	471	1223	2939	4505	6330	8694	1077	1169	1189	1195

รูปที่ 3-5 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ยในลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2497-2557

ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษา จะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันจากกรมชลประทาน จำนวน 4 สถานี และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจำนวน 1 สถานีคือ สถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ รวมทั้งหมด 5 สถานีดังแสดงในรูปที่ 3-6 ซึ่งสถานีวัดปริมาณน้ำท่าทั้ง 5 สถานีที่ใช้ในการศึกษาจะมีความสมบูรณ์ของการบันทึกและช่วงเวลาของข้อมูล โดยสถานีวัดปริมาณน้ำท่าทั้ง 5 สถานีที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ สถานี N.64 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน สถานี N.13A อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน สถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ สถานี N.12A อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ และสถานี N.5A อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 3-6 ที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำท่าที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.1.4 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำน่าน จากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552) จำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำน่านประกอบด้วยการใช้ประโยชน์ที่ดิน 6 ประเภท ดังนี้

1) การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร มีพื้นที่รวมร้อยละ 43.80 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน มีพื้นที่ทั้งหมด 15,142 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

พื้นที่นาข้าว มีพื้นที่ร้อยละ 20.39 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พื้นที่นาข้าวเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรที่มีสัดส่วนมากที่สุด โดยพบในบริเวณที่ราบลุ่ม ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำน่านส่วนที่ 4 และพื้นที่ลุ่มน้ำสขาแม่น้ำน่านตอนล่าง หรือบริเวณจังหวัดอุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์ สำหรับในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำน่าน พบเฉพาะในบริเวณที่ราบลุ่มเป็นแนวแคบๆขนานไปกับลำน้ำน่าน นาข้าวที่พบส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าวที่อาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ โดยมีฤดูกาลเพาะปลูกที่อาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ โดยมีฤดูกาลเพาะปลูกในช่วงเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม และเก็บเกี่ยวในราวปลายเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม หลังจากนั้น พื้นที่ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยให้ว่างเปล่า สำหรับในพื้นที่ที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำอาจจะมีการเกษตรเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง เช่น ยาสูบ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว หรือพืชสวนครัวแต่มีพื้นที่ไม่มากนัก

พื้นที่ปลูกพืชไร่ มีพื้นที่ร้อยละ 13.74 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ซึ่งมีสัดส่วนรองลงมาจากพื้นที่นาข้าว พบกระจายอยู่ทั่วไปในที่ดอนที่มีการระบายน้ำดีของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน โดยเฉพาะในบริเวณตอนกลางของลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำแควน้อย ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำน่านตอนล่าง ลุ่มน้ำสาขาน่านส่วนที่ 2 พืชไร่ที่ปลูกกันมากได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง อ้อย ถั่วเหลือง ถั่วเขียว เป็นต้น การใช้พื้นที่ดังกล่าวขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการปลูกพืชแต่ละชนิด เช่น การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีช่วงการเพาะปลูกในราวเดือนมิถุนายน – กรกฎาคม และเก็บเกี่ยวในราวเดือนสิงหาคม – กันยายน หรือบางพื้นที่มีการเพาะปลูก 2 ครั้งในรอบปี โดยมีช่วงปลูกรุ่นแรกในราวเดือนพฤษภาคม และเก็บเกี่ยวในเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม และเริ่มปลูกครั้งที่สองและจะไปเก็บเกี่ยวประมาณเดือนพฤศจิกายนของทุกปี

พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น มีพื้นที่ร้อยละ 0.42 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พบในบางพื้นที่ของลุ่มน้ำน่าน โดยเฉพาะในบริเวณลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำน่านส่วนที่ 4 บริเวณจังหวัดอุตรดิตถ์ และบริเวณอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ไม้ยืนต้นที่ปลูกกันมากคือ ยูคาลิปตัส สน กระถิน เป็นต้น

พื้นที่ปลูกไม้ผล มีพื้นที่ร้อยละ 2.55 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ไม้ผลที่ปลูกกันมากคือ ลำไย ลิ้นจี่ มะม่วง ขนุน พื้นที่ที่มีการปลูกไม้ผลมากคือ บริเวณอำเภอเวียงสา กิ่งอำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน หรือบริเวณลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำน่านส่วนที่ 2 บริเวณอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ หรือบริเวณลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำน่านส่วนที่ 4

พื้นที่ปลูกพืชผัก มีพื้นที่ร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ซึ่งมีพื้นที่ไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรด้านอื่นๆ

พื้นที่ไร่เลื่อนลอย เป็นพื้นที่เกษตรที่ส่วนมากเป็นพืชไร่ และมีการปลูกหมุนเวียนไปตามปีมีพื้นที่ร้อยละ 9.11 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านพบในบริเวณตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ในบริเวณอำเภอท่า

วังผา อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอสองแคว อำเภอปัว อำเภอท่าช้าง อำเภอบ่อเกลือ และอำเภอ อื่นๆ

พื้นที่ปศุสัตว์ มีพื้นที่ร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ซึ่งมีพื้นที่ไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรด้านอื่นๆ พื้นที่ปศุสัตว์ที่พบในลุ่มน้ำน่านจะเป็นพื้นที่ของทางราชการ

พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีพื้นที่ร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

2) การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ มีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 45 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน มีพื้นที่ทั้งหมด 15,562 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย

พื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติ มีพื้นที่ร้อยละ 29.70 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเป็นพื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ และป่าไม้ไม่ผลัดใบ สำหรับสภาพป่าไม้ในพื้นที่ตอนบนส่วนใหญ่ได้ถูกบุกรุกเพื่อทำการเกษตรแบบไร่หมุนเวียนหรือไร่เลื่อนลอย โดยชาวไทยภูเขาเผ่าต่างๆ คิดเป็นร้อยละ 9.11 นอกจากนี้ยังมีป่าไม้เสื่อมโทรมคิดเป็นร้อยละ 8.29

พื้นที่ป่าปลูกหรือสวนป่าผสม มีพื้นที่ร้อยละ 8.29 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน

พื้นที่วนเกษตร มีพื้นที่ร้อยละ 0.04 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พบในบริเวณอำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ในเขตลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำแควน้อย

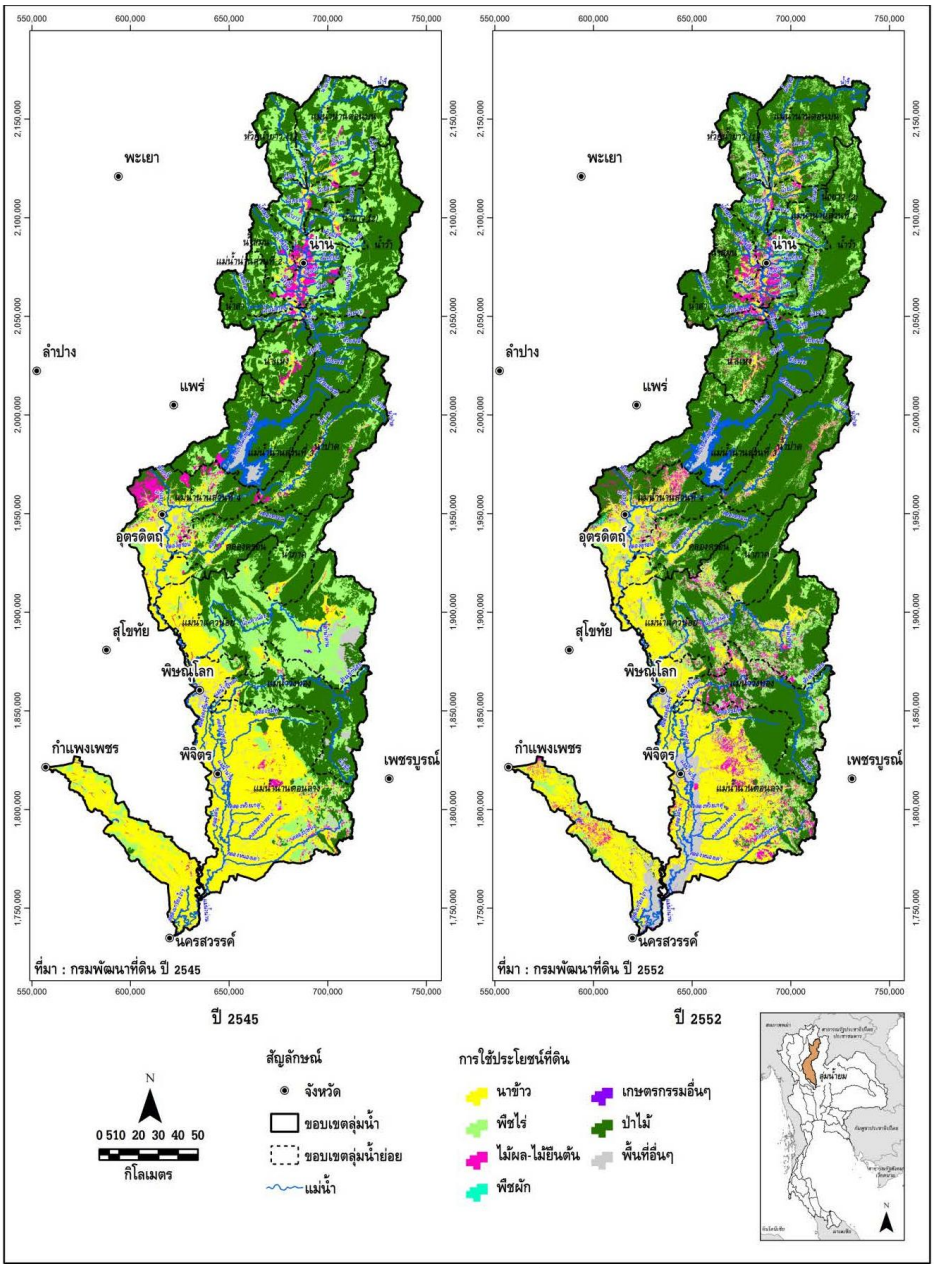
3) พื้นที่อยู่อาศัยและตัวเมือง ซึ่งพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน เป็นที่ตั้งอำเภอ จังหวัด มีความหนาแน่นของพื้นที่อยู่อาศัยสูงในเขตจังหวัดพิษณุโลก เนื่องจากเป็นเขตการประกอบอุตสาหกรรม และอยู่ใต้เขื่อนสิริกิติ์ ได้รับประโยชน์จากน้ำในเขื่อนในการใช้อุปโภค – บริโภค สำหรับที่อยู่อาศัยทั้งหมดของลุ่มน้ำน่าน ทั้งหมดรวม 2,143 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.20 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน

4) พื้นที่ชลประทาน ส่วนใหญ่พื้นที่ชลประทานสำคัญของลุ่มน้ำน่าน อยู่ในเขตจังหวัดอุตรดิตถ์ และจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งได้รับประโยชน์จากน้ำในเขื่อนสิริกิติ์โดยตรง ในฐานะที่พื้นที่ตั้งอยู่บริเวณใต้เขื่อน ส่งน้ำให้พื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ เพื่อการเพาะปลูกทำการเกษตร พื้นที่ชลประทานทั้งหมด 759 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.20 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน

5) พื้นที่แหล่งน้ำ ประกอบด้วยเขื่อน และอ่างเก็บน้ำต่างๆ เช่น เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน เขื่อนนเรศวร เป็นต้น รวมทั้งพื้นที่ชุ่มน้ำต่างๆ และมีแม่น้ำสายสำคัญไหลผ่านตลอดลุ่มน้ำ คือ แม่น้ำน่าน ที่มีต้นกำเนิดจากอำเภอเฉลิมพระเกียรติ ในจังหวัดน่าน ไหลย้อนขึ้นทางเหนือและไหลตัดผ่านหุบเขาทางตอนบนลงมาบรรจบแม่น้ำยม และไหลเข้าบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัด

นครสวรรค์ เป็นแหล่งน้ำสำคัญของลุ่มน้ำน่าน พื้นที่แหล่งน้ำทั้งหมดรวม 422 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.23 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน

6) พื้นที่อื่นๆ ทั้งหมดรวม 547 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.57 ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน



รูปที่ 3-7 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำน่าน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552)

3.1.5 ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมของลุ่มน้ำ

โครงสร้างทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ

จากการศึกษาภาพรวมทางเศรษฐกิจสังคมโดยรวมในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ตัวชี้วัดสำคัญของโครงสร้างทางเศรษฐกิจคือรายได้ประชาชาติของจังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) ซึ่งจะแสดงดังตารางที่ 3-2 ดังนี้

ตารางที่ 3-2 รายได้ประชาชาติจังหวัดในลุ่มน้ำน่าน (ล้านบาท)

ปี พ.ศ.	จังหวัด								
	น่าน	อุตรดิตถ์	พิษณุโลก	พิจิตร	นครสวรรค์	เพชรบูรณ์	กำแพงเพชร	เลย	สุโขทัย
2538	9162	11826	23734	11627	32789	20196	20641	10027	11469
2539	10154	14360	29135	14331	38547	22766	24368	11713	13699
2540	10410	14645	30028	15468	39823	22090	24359	12386	14081
2541	10074	14928	32393	17803	39580	24021	26407	12854	15345
2542	10289	16094	32904	15088	39030	23685	25992	12610	15034
2543	10698	13041	29870	15766	36492	23129	29545	13464	14825
2544	11072	13426	30888	16508	37440	25391	28202	13474	15399
2545	12082	14403	35426	18103	42007	26708	37709	14596	16329
2546	12796	16075	38628	19701	50200	30401	50757	15295	18643
2547	13894	16763	38970	21112	53550	32169	51862	16416	19437
2548	14607	18709	43780	23711	58713	37179	56377	17212	20462
2549	15863	21044	47051	25885	65361	40254	63791	19182	22216
2550	17582	20936	49803	26140	66295	43729	68278	23312	23716
2551	19098	24419	57223	32450	75018	52487	74921	23783	27437
2552	19022	24571	57343	33744	78914	53655	71145	24652	27480
2553	22011	26715	62145	37478	82849	59252	77473	30332	31615
2554	22586	30691	66721	37961	91880	61805	91798	36199	35223
2555	25943	37958	90927	54927	113979	74254	116208	40346	46731
2556	26343	38362	91584	60289	117938	72924	121972	41737	48218
2557	27205	36643	88615	51101	110864	80008	113006	42737	45169

จากข้อมูลรายได้ประชาชาติจังหวัดในลุ่มน้ำ จะสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์ในการหารายได้ประชาชาติลุ่มน้ำซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

1) ด้านเกษตรกรรม

พืชเศรษฐกิจที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จากการรวบรวมข้อมูลด้านการเกษตรในระดับจังหวัดที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2554) สามารถสรุปพืชเศรษฐกิจที่สำคัญได้ดังนี้

ข้าว เป็นพืชที่ปลูกกันมากกว่าพืชอื่นๆ มีทั้งข้าวนาปีและนาปรัง ส่วนใหญ่ยังคงอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ข้าวนาปีมีทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้า พันธุ์ที่นิยมใช้ข้าวเหนียวพันธุ์ กข. 6 เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นมีข้าวเจ้าพันธุ์ กข. 15 และข้าวดอกมะลิ 105 (ข้าวหอมมะลิ) ข้าวนาปีส่วนใหญ่เป็นข้าวเจ้า ข้าวนาปรังที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นข้าวเจ้าเช่นกัน พันธุ์ที่นิยมปลูกมี กข. 7 การปลูกข้าวนาปรังส่วนใหญ่จะปลูกเพื่อขาย ส่วนข้าวนาปี ปลูกเพื่อการบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก การปลูกข้าวนาปีมีฤดูกาลเพาะปลูกในช่วงเดือนมิถุนายน – กรกฎาคม และเก็บเกี่ยวในราวเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 300 – 400 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับข้าวนาปรังมีช่วงการเพาะปลูกในเดือนมกราคม และเก็บเกี่ยวในเดือนเมษายน ผลผลิตเฉลี่ยสำหรับข้าวนาปรังประมาณ 500 – 600 กิโลกรัมต่อไร่

ข้าวโพด เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งสำหรับลุ่มน้ำน่านที่สามารถทำรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นจำนวนมาก ข้าวโพดที่ปลูกส่วนมากเป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่วนใหญ่ปลูกในที่ดอน มีทั้งปลูกในช่วงต้นฤดูฝน (พฤษภาคม – สิงหาคม) และปลายฤดูฝน (สิงหาคม – ธันวาคม) สำหรับข้าวโพดหลังนา ซึ่งปลูกช่วงเดือนมกราคมนั้นมีพื้นที่ปลูกไม่มากนัก พันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นพันธุ์ส่งเสริมหรือเป็นพันธุ์ลูกผสมของบริษัทเอกชนเช่น พันธุ์ CP888 และ Pioneer 3001 และพันธุ์ประเภทผสมเปิด เช่น สุวรรณ 1 สุวรรณ 3 เกษตรกรในเขตลุ่มน้ำน่าน นิยมโดยใช้ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง เพื่อเป็นข้าวโพดฝักสด เป็นข้าวโพดหวาน และข้าวโพดอ่อน ซึ่งมีปลูกกระจายทั่วไปในฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี

อ้อย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งสำหรับลุ่มน้ำน่านสามารถทำรายได้ให้เกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นจำนวนมากเช่นกัน นิยมปลูกในพื้นที่ราบลุ่ม พื้นที่ดินเหนียว อ้อยที่ปลูกส่วนมากนิยมปลูกพันธุ์ เค.84-200, เค.76-4, ซีโอ 775, คิว 130, เค.88-92 และอู่ทอง 1 โดยเกษตรกรจะเลือกปลูกตามความเหมาะสมของพื้นที่ แต่ส่วนใหญ่จะนิยมปลูกพันธุ์ เค.84-200 เนื่องจากให้ผลผลิตสูงและทนทานต่อโรคมากกว่า

มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งสำหรับลุ่มน้ำน่านรองลงมาจากข้าว ข้าวโพด และอ้อย มันสำปะหลังที่นิยมปลูกส่วนมากจะปลูกพันธุ์ระยอง 5 และระยอง 90 ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูก การที่พื้นที่ลุ่มน้ำมีการปลูกมันสำปะหลังกันมากขึ้น เนื่องจากปัญหาอาการเสื่อมโทรมของส้มเขียวหวาน ทำให้เกษตรกรหันมาปลูกมันสำปะหลังกันมากขึ้นกว่าในอดีต

ไม้ผลไม้ยืนต้น ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน มีการปลูกไม้ผลไม้ยืนต้นหลายชนิด แต่ที่ปลูกมากได้แก่ มะม่วง ลำไย ส้มเขียวหวาน กล้วย ลิ้นจี่ ขนุน และมะขามหวาน ลำไยที่ปลูกกันมากคือ พันธุ์อีดอ

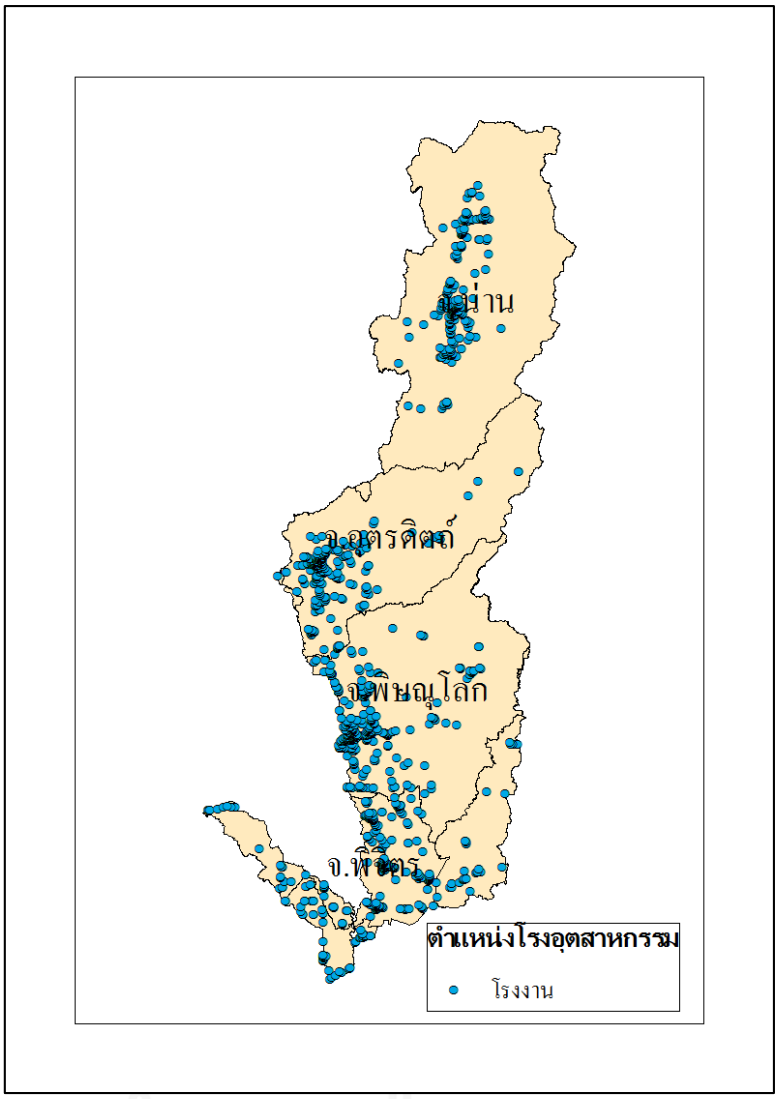
พันธุ์สีชมพู ลิ้นจี่ที่ปลูกกันมากคือ พันธุ์ฮงฮวย ส้มเขียวหวานที่ปลูกกันมากได้แก่ พันธุ์ส้มสีทอง มะขามหวานที่ปลูกกันมากคือ พันธุ์สีทอง สำหรับมะม่วงที่ปลูกกันมากคือ เขียวเสวย และน้ำดอกไม้

ถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกพืชหนึ่งที่ทำรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำ ถั่วเหลืองเป็นพืชอายุสั้น ปีหนึ่งสามารถเพาะปลูกได้ 3 ครั้งคือ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และฤดูแล้ง การปลูกในต้นฤดูฝนจะปลูกในเดือนพฤษภาคม – กรกฎาคม เก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม พันธุ์ที่ใช้คือ นครสวรรค์ 1, สุโขทัย 1, สจ. 4, สจ. 5 และพันธุ์พื้นเมืองการปลูกปลายฤดูฝนจะปลูกในเดือนกันยายน – ตุลาคม เก็บเกี่ยวเดือนธันวาคม – มกราคม ฤดูแล้งจะปลูกประมาณเดือนธันวาคม – มกราคม เก็บเกี่ยวเดือนมีนาคม – เมษายน ผลผลิตเฉลี่ย 200 – 300 กิโลกรัมต่อไร่

2) ด้านอุตสาหกรรม

จากการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำน่านพบว่า การทำอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำ ส่วนใหญ่จะทำอุตสาหกรรมเกี่ยวกับสินค้าเกษตร เช่น โรงสีข้าว โรงงานเก็บเมล็ดพันธุ์ และโรงงานประกอบหรือซ่อมเครื่องจักรทางการเกษตร เป็นต้น โดยสามารถทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนอุตสาหกรรม จำนวนคนงาน และเงินทุนจดทะเบียนของ 11 จังหวัด ที่อยู่ในลุ่มน้ำน่านได้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – 2557 จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557) ซึ่งจะแสดงในภาคผนวก ค และจากการขอข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556) พบว่า กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้จัดทำข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) แสดงที่ตั้ง และรายละเอียดของโรงงานอุตสาหกรรมของปี พ.ศ. 2556 ของทั้งประเทศไทยเป็นครั้งแรก โดยการศึกษานี้จะทำการตัดเฉพาะเพียงพื้นที่ลุ่มน้ำน่านมาทำการวิเคราะห์เท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 3-8 ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อการหารายได้ประชาชาติลุ่มน้ำน่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3-8 ที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556)

3) ด้านบริการ

จากการศึกษาภาคบริการในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านพบว่า ภาคบริการเป็นภาคส่วนที่มีความสลับซับซ้อนที่สุด การรวบรวมข้อมูลในภาคส่วนนี้ จึงใช้ข้อมูลรายได้ประชาชาติจังหวัด (GPP) มาใช้เป็นข้อมูลในการศึกษา โดยรายละเอียดการนำไปวิเคราะห์จะกล่าวในหัวข้อการหารายได้ประชาชาติลุ่มน้ำน่าน

บทที่ 4
การจำลองความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝน-น้ำท่าด้วยแบบจำลองอุทกวิทยา

แบบจำลองปริมาณน้ำฝนและน้ำท่า หรือที่นิยมเรียกว่า Rainfall-Runoff Model (R-R model) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำใด ลุ่มน้ำหนึ่ง เพื่อศึกษาลักษณะการไหลของน้ำในลุ่มน้ำ รวมถึงเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำหรืออัตราการไหลในลุ่มน้ำ การปรับเทียบหรือสอบเทียบ เป็นขั้นตอนแรก และเป็นขั้นตอนสำคัญของการทำแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองสามารถแสดงลักษณะหรือพฤติกรรมให้ใกล้เคียงกับลุ่มน้ำที่ทำการศึกษามากที่สุด โดยทำการปรับพารามิเตอร์ต่างๆ ของแบบจำลอง เพื่อให้สอดคล้องกับลุ่มน้ำ เราเรียกวิธีนี้ว่า การสอบเทียบแบบจำลอง (model calibration) และเมื่อสามารถทำการสอบเทียบแบบจำลองได้แล้ว โดยการประเมินค่าทางสถิติต่างๆ จะต้องนำพารามิเตอร์ที่ผ่านการสอบเทียบมาจำลองสภาพของลุ่มน้ำในช่วงเวลาต่างๆ เราเรียกวิธีนี้ว่า การสอบทานแบบจำลอง (model validation) โดยในบทนี้จะแสดงขั้นตอนการสอบเทียบ และสอบทานแบบจำลอง Integrated Flood Assessment System (IFAS) ที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งพบว่าแบบจำลองนี้สามารถทำการจำลองปริมาณน้ำท่าทั้งในช่วงฤดูแล้ง (dry season) และฤดูฝน (wet season) ได้เป็นอย่างดี โดยการสอบเทียบใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2553 และการสอบทานใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2557 ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนต่างๆ ดังนี้

4.1 การกำหนดเงื่อนไขและตั้งค่าแบบจำลอง IFAS

การสอบเทียบแบบจำลอง IFAS ของลุ่มน้ำน่าน จะแบ่งลุ่มน้ำน่านออกเป็น 2 ส่วนคือ ลุ่มน้ำน่านตอนบน และลุ่มน้ำน่านตอนล่าง โดยลุ่มน้ำน่านตอนบนจะใช้ข้อมูลสถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การที่เลือกใช้สถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ เนื่องจากตำแหน่งสถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์เป็นจุดแบ่งพื้นที่ลุ่มน่านระหว่างลุ่มน้ำน่านตอนบน และลุ่มน้ำน่านตอนล่าง และเพื่อทำการสอบเทียบปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำน่านตอนบน ส่วนลุ่มน้ำน่านตอนล่างจะทำการสอบทานกับสถานี N.12A จังหวัดอุตรดิตถ์ และ N.5A จังหวัดพิจิตร โดยในการสอบเทียบได้ทำการเลือกจำลองสภาพน้ำท่าในลำน้ำในช่วงปี พ.ศ. 2544 – 2553 มาลองทำการสอบเทียบกับอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ โดยทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง IFAS ซึ่งมีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก โดยเงื่อนไขในการสอบเทียบแบบจำลองอุทกวิทยาจะต้องพิจารณาจากเงื่อนไข 4 ข้อ (ธีรวัฒน์ รามอินทรา, 2557) ดังนี้

1) ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์กับปริมาณน้ำท่าในแบบจำลองจะต้องมีความใกล้เคียงกัน
2) ลักษณะการไหลระหว่างข้อมูลสังเกตการณ์กับแบบจำลองผันแปรไปทิศทางเดียวกัน
3) อัตราการไหลสูงสุด (peak flow) ของข้อมูลสังเกตการณ์และแบบจำลองต้องสอดคล้องกันทั้งในเชิงปริมาณ (quantity) และเวลา (time)
4) ความเข้ากันได้ดีระหว่างข้อมูลสังเกตการณ์และแบบจำลองในสภาพการไหลที่มีลักษณะไหลน้อย

นอกจากเงื่อนไขทั้ง 4 ข้อในการสอบเทียบแบบจำลองอุทกวิทยา จะต้องทำการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยค่าชี้วัดทางสถิติต่างๆ ซึ่งในการสอบเทียบนี้จะใช้ค่าชี้วัดทางสถิติทั้งหมด 4 ตัว ได้แก่ Correlation coefficient (R), Root mean square error (RMSE), Normalized root mean square error (NRMSE) และ Nash–Sutcliffe model efficiency coefficient (NSE) เพื่อให้ผลของการสอบเทียบมีลักษณะที่สอดคล้องกับพฤติกรรมในลำน้ำให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ วิธีการสอบเทียบโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ การสอบเทียบแบบลองผิดลองถูก (trial and error method) และการสอบเทียบแบบการหาค่าเหมาะสมที่สุดทางคณิตศาสตร์ (mathematical optimization) ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้วิธีการสอบเทียบแบบแรก ด้วยการปรับค่าพารามิเตอร์แบบลองผิดลองถูกจนกรทั่งบรรลุเงื่อนไขทั้ง 4 ข้อข้างต้น

รูปที่ 4-1 ลำดับการสอบเทียบและสอบทาน และวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า

แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ถูกสร้างมาเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่าย ซึ่งทำให้การปรับพารามิเตอร์จะไม่ยุ่งยากและไม่สลับซับซ้อนมากนัก โดยแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะแบ่งการทำงานออกเป็น 6 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะต้องทำการตั้งค่าและปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้สอดคล้องกับข้อมูลทางกายภาพของลุ่มน้ำให้ได้มากที่สุด เพื่อให้การจำลองปริมาณน้ำท่าใกล้เคียงกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ (Fukami et al., 2009)

1) ส่วนที่ 1 Project information manager

ส่วน Project information manager จะเป็นส่วนระบบปฏิบัติการแรกที่ต้องทำการตั้งค่า ซึ่งจะมีอยู่ 4 ข้อหลักที่ต้องทำการตั้งค่าเพื่อให้แบบจำลองสามารถทำการประมวลผลได้ โดยทั้ง 4 ข้อหลักได้แก่ การกำหนดขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำ การกำหนดช่วงเวลาในการรันแบบจำลอง การกำหนดขนาดกริดที่ใช้ในการจำลอง และการนำเข้าข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการจำลอง

- <u>การกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ</u> แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะให้ทำการกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ โดยการกำหนดพิกัดภูมิศาสตร์ระบบ Geographic coordinate systems (GCS) ซึ่งจะต้องทำการกำหนดพิกัดมุมซ้ายล่าง และพิกัดมุมขวาบน ให้ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำที่จะทำการศึกษาให้ครบถ้วน โดยในการศึกษาวิจัยนี้จะทำการกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งมีพิกัดมุมซ้ายล่างเท่ากับแลตติจูด 15 องศา 30 ลิปดา ลองจิจูด 99 องศา 30 ลิปดา และพิกัดมุมขวาบนเท่ากับแลตติจูด 20 องศา ลองจิจูด 101 องศา 30 ลิปดา
- <u>การกำหนดช่วงเวลาในการรันแบบจำลอง</u> แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะให้ทำการกำหนดช่วงเวลาในการรันแบบจำลอง เนื่องจากการกำหนดช่วงเวลาจะเชื่อมโยงถึงการตั้งค่าส่วน IWRM controller ส่วน Rainfall data manager รวมถึงการแสดงผลปริมาณน้ำท่าที่ทำการจำลองออกมาด้วย ดังนั้น การกำหนดช่วงเวลาจะต้องพิจารณาว่าจะทำการจำลองช่วงเวลาไหนเพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริงของกายภาพของลุ่มน้ำ
- <u>การกำหนดขนาดกริดที่ใช้ในการจำลอง</u> แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะให้ทำการกำหนดขนาดกริดที่ใช้ในการจำลอง เนื่องจากแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะทำการสร้างโครงข่ายลำน้ำจากขนาดของกริดในส่วน Basin data manager โดยแบบจำลอง IFAS จะมีการแนะนำว่า หากขนาดลุ่มน้ำมีขนาด ตามเกณฑ์ จะต้องใช้ขนาดกริดประมาณเท่านี้ ดังนั้นหากทำการกำหนดขนาดกริดให้เล็กมากเกินไปเมื่อเทียบกับขนาดลุ่มน้ำ จะมีผลให้แบบจำลอง IFAS สร้างลำน้ำที่ไม่ถูกต้อง รวมถึงจะทำให้การประมวลผลช้าตามไปอีกด้วย โดยในการศึกษาวิจัยนี้จะทำการกำหนดขนาดกริดในการจำลองเท่ากับ 6 กิโลเมตร เนื่องจาก

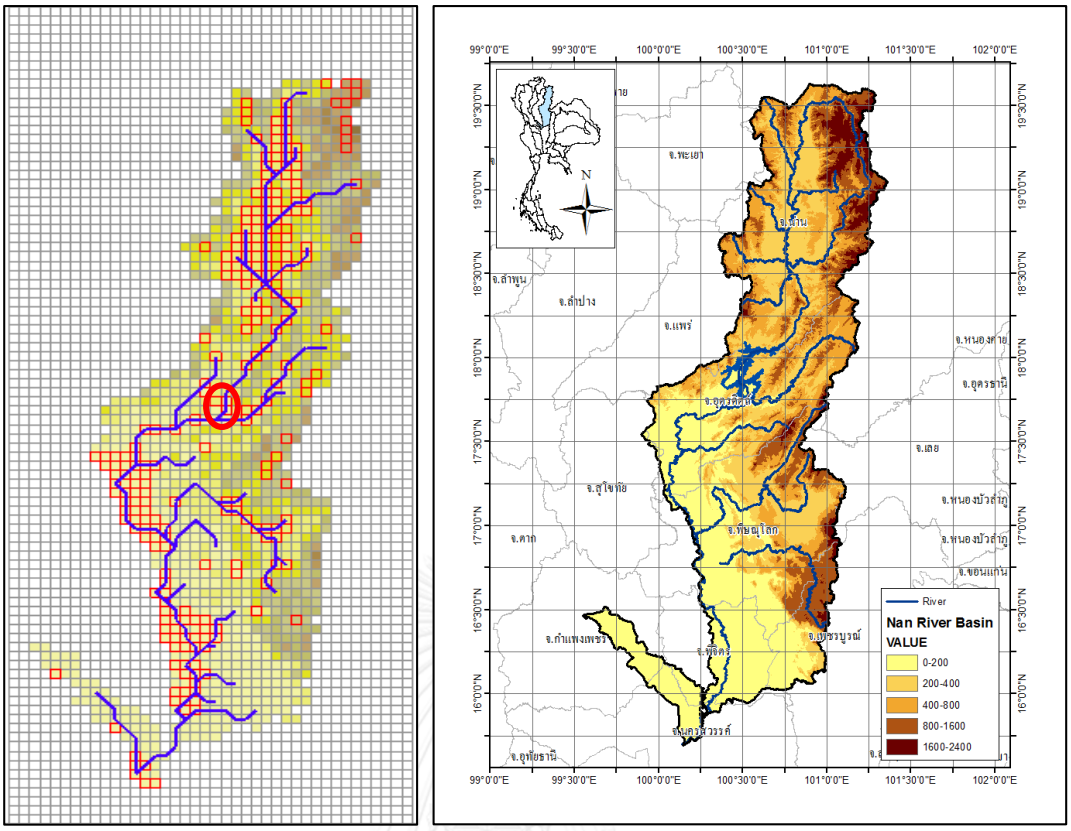
ขนาดกริดค่านี้สามารถสร้างโครงข่ายลำน้ำที่ถูกต้องสอดคล้องกับโครงข่ายลำน้ำจริงของลุ่มน้ำที่ทำการศึกษา

- <u>การนำเข้าข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการจำลอง</u> แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะต้องการข้อมูลสำคัญ 2 อย่างคือ แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital elevation model, DEM) และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) โดยทั้ง 2 ส่วนนี้ แบบจำลอง IFAS จะสามารถทำการดาว์โหลดจากแหล่งข้อมูลจากหลายสถาบันได้ ทำให้สะดวกต่อการทำงาน โดยไม่ต้องจัดเตรียมข้อมูลในทั้ง 2 ส่วนนี้ โดยการศึกษาวิจัยนี้จะทำการใช้แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขที่มีชื่อว่า Hydro1k จาก United States Geological Survey (USGS) และใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก Global Land Cover Characterization (GLCC)

2) ส่วนที่ 2 Basin data manager

ส่วน Basin data manager จะเป็นส่วนระบบปฏิบัติการที่ 2 ที่ต้องทำการตั้งค่า โดยในส่วนนี้จะเป็นการกำหนดขอบเขตของลุ่มน้ำ ซึ่งแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะให้ทำการใส่ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของขอบเขตลุ่มน้ำ แบบจำลอง IFAS จะทำการตัดเฉพาะขอบเขตลุ่มน้ำออกมาตามข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ทำการใส่ในแบบจำลอง จากนั้นแบบจำลอง IFAS จะทำการสร้างโครงข่ายลำน้ำในลุ่มน้ำออกมา สิ่งที่ต้องสังเกตในขั้นสุดท้ายคือ โครงข่ายลำน้ำของแบบจำลองตรงกับโครงข่ายลำน้ำของลุ่มน้ำจริงหรือไม่ หากไม่ถูกต้องจะต้องไปทำการปรับขนาดกริดของแบบจำลองใหม่ เพื่อให้แบบจำลองสามารถทำการสร้างโครงข่ายลำน้ำให้ใกล้เคียงกับลำน้ำจริงให้มากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 4-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-2 (a) พื้นที่ลุ่มน้ำ โครงข่ายลำน้ำ และที่ตั้งเขื่อนในแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS เปรียบเทียบกับ (b) พื้นที่จริงของลุ่มน้ำ

3) ส่วนที่ 3 IWRM controller

ส่วน IWRM controller จะเป็นส่วนระบบปฏิบัติการที่ 3 ที่ต้องทำการตั้งค่า โดยในส่วนนี้จะเป็นกำหนดที่ตั้งเขื่อนดังรูปที่ 4-2 และระบบการบริหารจัดการเขื่อน เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านมีเขื่อนขนาดใหญ่คือ เขื่อนสิริกิติ์ ที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาวิจัย ดังนั้น จึงต้องทำการตั้งค่าวิธีการระบายน้ำออกจากเขื่อน เพื่อให้สอดคล้องกับระบบบริหารจัดการเขื่อนสิริกิติ์ โดยของแบบจำลอง IFAS มีวิธีการระบายน้ำออกจากเขื่อนทั้งหมด 3 วิธีได้แก่ Fixed value, Fixed Rate, Fixed value and Fix Rate ซึ่งทั้ง 3 วิธีจะมีวิธีการในการระบายน้ำที่ต่างกัน และจากการศึกษาที่ผ่านมาของแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS พบว่าส่วน IWRM controller module มีประสิทธิภาพในการจำลองการระบายน้ำออกจากเขื่อนได้เป็นอย่างดี โดยรายละเอียดแต่ละวิธีจะอยู่ในภาคผนวก ช การเลือกใช้การระบายน้ำออกจากเขื่อนวิธีไหนนั้น ผู้ใช้แบบจำลองจะต้องทำการทดสอบการระบายน้ำในแต่ละวิธีว่า วิธีไหนมีความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้จะใช้วิธีการ Fixed value เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยการจำลองจะต้องทำการจำลองการระบายน้ำของเขื่อนตามช่วงเวลา เพื่อให้

การสอบเทียบและสอบทานสามารถสอดคล้องกับความเป็นจริงของการระบายน้ำออกจากเขื่อนมากที่สุด

4) ส่วนที่ 4 Rainfall data manager

ส่วน Rainfall data manager จะเป็นส่วนระบบปฏิบัติการที่ 4 ที่ต้องทำการตั้งค่า โดยในส่วนนี้จะเป็นการนำเข้าข้อมูลฝนที่ใช้ในการจำลองปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำ ซึ่งการนำเข้าข้อมูลฝนในแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะต้องทำการเลือกว่าข้อมูลฝนที่จะนำเข้า จะใช้วิธีไหนในการกระจายฝนให้เป็นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ ซึ่งแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะมีวิธีการหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ 3 วิธีได้แก่ วิธีที่ 1 วิธีการประมาณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (inverse distance weight method, IDW) วิธีที่ 2 วิธีรูปหลายเหลี่ยมธีเอสเสน (Thiessen Polygon) และวิธีที่ 3 วิธี Kriging ซึ่งแต่ละวิธีจะมีวิธีการหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการกระจายฝนให้เป็นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้ง 3 วิธี ซึ่งพบว่าวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (IDW) สามารถแสดงค่าปริมาณน้ำฝนได้ใกล้เคียงกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์มากที่สุด จึงใช้วิธีการกระจายฝนวิธีนี้ในการศึกษาแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ต่อไป

5) ส่วนที่ 5 Parameter manager

ส่วน Parameter manager จะเป็นส่วนระบบปฏิบัติการที่ 5 ที่ต้องทำการตั้งค่าและปรับค่าพารามิเตอร์ และถือว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุดในการจำลองปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำ เนื่องจากในส่วนนี้จะเป็นการปรับค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของลุ่มน้ำ ไม่ว่าจะเป็นปริมาณน้ำผิวดิน ปริมาณน้ำใต้ดิน และการไหลในลำน้ำ ซึ่งสมการในคำนวณในแต่ละส่วนก็ใช้หลักการสมการที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนที่จะทำการปรับเทียบแบบจำลอง จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ใช้แบบจำลองจะต้องทำความเข้าใจหลักการสมการให้ถูกต้องเสียก่อน ไม่เช่นนั้นการปรับเทียบพารามิเตอร์จะไม่สะท้อนลักษณะความเป็นจริงทางกายภาพของลุ่มน้ำ และจะไม่สามารถทำการปรับเทียบให้ปริมาณน้ำท่าใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์ได้

6) ส่วนที่ 6 Simulation manager

ส่วน Simulation manager จะเป็นส่วนระบบปฏิบัติการที่ 6 และเป็นส่วนที่จะทำการประมวลผลของแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS โดยในส่วนนี้จะต้องทำการตรวจสอบข้อมูลทั้ง 3 ส่วนที่ได้ทำการตั้งค่าไว้จะต้องมีความครบถ้วนสมบูรณ์ได้แก่ ส่วน IWRM controller ส่วน Rainfall data manager และส่วน Parameter manager ซึ่งหากส่วนใดส่วนหนึ่งไม่ครบถ้วนหรือมีความผิดพลาดบางอย่าง แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะไม่สามารถทำการรันข้อมูลของจำลองได้ การใช้เวลาในการรันแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะใช้เวลามานานนัก โดยผลการจำลองปริมาณน้ำท่าจะแสดงใน

ลักษณะข้อมูล comma delimited (.CSV) ซึ่งจะต้องนำไปพล็อตกราฟในโปรแกรม Microsoft excel อีกที เพื่อให้สามารถพิจารณาให้ง่ายขึ้น

4.2 การปรับเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS

เนื่องจากการปรับเทียบพารามิเตอร์แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะใช้หลักการของ tank model ซึ่งมีการแบ่งเป็น surface tank, groundwater tank และ river channel tank ดังนั้น การปรับเทียบพารามิเตอร์ในแบบจำลอง จำเป็นต้องทำการปรับเทียบทีละ tank เพื่อให้มีความสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำที่ทำการจำลอง โดยการปรับเทียบแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะเริ่มจากการปรับพารามิเตอร์ของ surface tank หลังจากนั้นจะทำการปรับพารามิเตอร์ของ groundwater tank และสุดท้ายจึงปรับพารามิเตอร์ของ river channel tank โดยรายละเอียดพารามิเตอร์ของแบบจำลองจะอยู่ในภาคผนวก ช

ก. แบบจำลองอุทกวิทยาชั้น surface tank

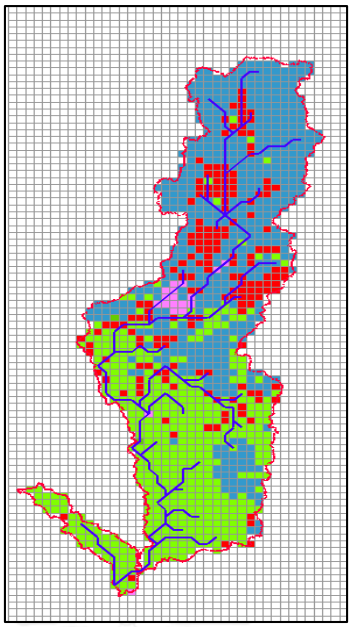
แบบจำลองอุทกวิทยาชั้น surface tank จะมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 6 ตัว ที่จะต้องทำการปรับเทียบเพื่อให้สามารถจำลองลักษณะปริมาณน้ำท่าผิวดินให้มีความสอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยชั้น surface tank จะเป็นชั้นที่จำลองลักษณะของปริมาณน้ำท่าสูงสุด (peak flow) รวมถึงเป็นชั้นที่ควบคุมปริมาณน้ำท่าว่าจะให้มีปริมาณน้ำท่าผิวดินมากหรือน้อย โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) ดังแสดงในรูปที่ 4-3 ซึ่งสีฟ้าเป็นตัวแทนพื้นที่ป่าทึบ สีแดงเป็นตัวแทนพื้นที่ป่าโปร่ง ไม้พุ่ม สีเขียวเป็นตัวแทนพื้นที่ทำการเกษตร สีเขียวเข้มเป็นตัวแทนพื้นที่เขตชุมชนเมือง และสีชมพูเป็นตัวแทนพื้นที่บ่อน้ำหรือพื้นที่ที่มีน้ำเป็นส่วนมาก โดยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจะเป็นพื้นที่ที่ปริมาณน้ำท่าผิวดินต้องทำการไหลผ่านในแต่ละกริดของแบบจำลอง โดยแบบจำลอง IFAS จะทำการแนะนำให้ใช้ค่าการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นที่การไหล (Surface roughness coefficient) จาก (Hashimoto, 1977) ทำให้สามารถทำการปรับเทียบพารามิเตอร์ได้ง่ายขึ้น จากการสอบเทียบพารามิเตอร์จะสามารถปรับเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองได้ดังตารางที่ 4-1 และตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 สรุปพารามิเตอร์ต่างๆที่ผ่านการปรับเทียบของชั้น surface tank

ตัวแปรต่างๆ ของชั้น surface tank	ตัวแปรสมการ	หน่วย	ค่าในการสอบเทียบ
ค่าการซึมของน้ำลง aquifer tank (Final infiltration capacity)	f_0	ซม./วิ	$5 \times 10^{-6} - 7 \times 10^{-5}$
ความสูงของ surface tank (Maximum water height)	S_{f2}	เมตร	0.015-0.18
ความสูงที่จะให้น้ำไหลแบบรวดเร็วผ่านชั้นดิน (Height where rapid intermediate flow)	S_{f1}	เมตร	0.0005-0.01
ความสูงของการไหลแบบรวดเร็วผ่านชั้นดิน (Height where ground infiltration flow)	S_{f0}	เมตร	0.0001-0.005
ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นผิวการไหล (Surface roughness coefficient)	N	$m^{-1/3}/s$	0.005-0.3
ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลแบบรวดเร็วผ่านชั้นดิน (Rapid intermediate flow coefficient)	α_n	ไม่มีหน่วย	0.2

ตารางที่ 4-2 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ผ่านการปรับเทียบโดยแบ่งตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตัวแปรสมการ	หน่วย	พื้นที่ป่าทึบ	พื้นที่ป่าโปร่ง ไม้พุ่ม	พื้นที่ทำการเกษตร	พื้นที่เขตชุมชนเมือง	พื้นที่บ่อน้ำ
f_0	ซม./วิ	5×10^{-5}	7×10^{-5}	5×10^{-5}	5×10^{-6}	5×10^{-6}
S_{f2}	เมตร	0.18	0.18	0.18	0.015	0.18
S_{f1}	เมตร	0.01	0.01	0.01	0.0005	0.01
S_{f0}	เมตร	0.005	0.005	0.005	0.0001	0.005
N	$m^{-1/3}/s$	0.30	0.10	0.10	0.03	0.005
α_n	ไม่มีหน่วย	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20



รูปที่ 4-3 การใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS

ข. แบบจำลองอุทกวิทยาชั้น groundwater tank

แบบจำลองอุทกวิทยาชั้น groundwater tank จะมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ตัวที่จะต้องทำการปรับเทียบเพื่อให้สามารถจำลองลักษณะปริมาณน้ำใต้ดินให้มีความสอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งปริมาณน้ำใต้ดินจะส่งผลโดยตรงกับปริมาณน้ำท่าผิวดิน นั่นก็คือ ปริมาณน้ำท่าที่ไหลในลำน้ำโดยที่ยังไม่มีปริมาณฝนมาเกี่ยวข้อง หรือที่เรียกว่า base flow รวมถึงปริมาณน้ำบางส่วนของชั้น groundwater tank ที่ไหลลงสู่แม่น้ำ โดยแบบจำลองจะทำการสร้างชั้นน้ำใต้ดินขึ้นมาตามขอบเขตพื้นที่ของลุ่มน้ำที่ทำการศึกษา จากการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์จะสามารถปรับเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองชั้น groundwater tank ได้ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 พารามิเตอร์ต่างๆที่ผ่านการปรับเทียบของชั้น groundwater tank

ตัวแปรต่างๆ	**ตัวแปรสมการ**	**หน่วย**	**ค่าในการสอบเทียบ**
ค่าสัมประสิทธิ์ของชั้นน้ำใต้ดินไม่มีแรงดัน (Runoff coefficient of unconfined aquifer)	A_u	$(1/mm/day)^{1/2}$	0.2
ค่าสัมประสิทธิ์ของชั้นน้ำใต้ดินมีแรงดัน (Runoff coefficient of confined aquifer)	A_g	1/วัน	0.0005

ค. แบบจำลองอุทกวิทยาชั้น river channel tank

แบบจำลองอุทกวิทยาชั้น river channel tank จะมีพารามิเตอร์ 1 ตัวที่จะต้องทำการปรับเทียบเพื่อให้สามารถจำลองลักษณะการไหลของปริมาณน้ำท่าในลำน้ำ ซึ่งในชั้นนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับเวลาในการไหลของปริมาณน้ำท่า โดยสามารถทำให้การไหลเร็วขึ้นหรือช้าลง ซึ่งพารามิเตอร์ที่มีบทบาทสำคัญในการไหลของปริมาณน้ำท่าในลำน้ำคือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งนั่นเอง

ตารางที่ 4-4 พารามิเตอร์ต่างๆที่ผ่านการปรับเทียบของชั้น river channel tank

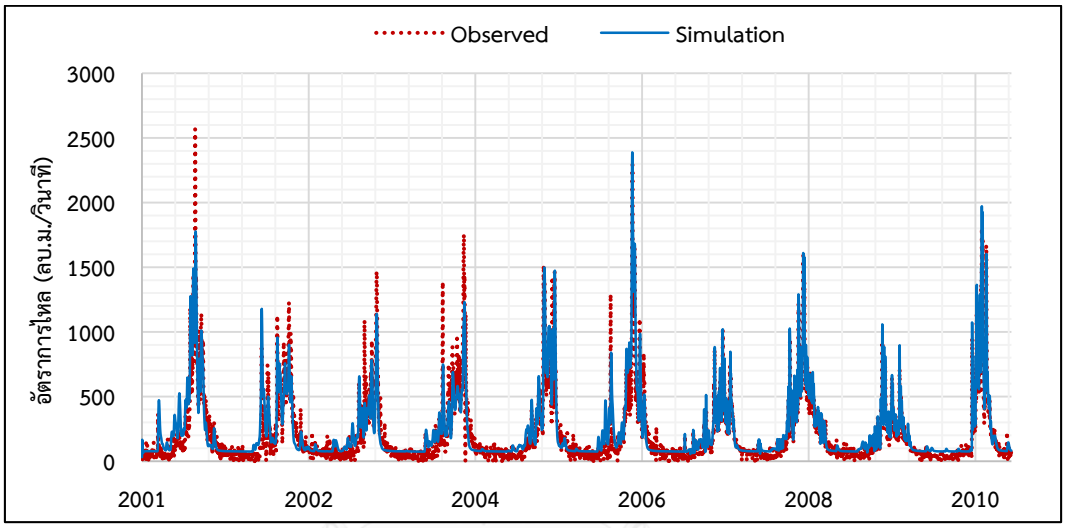
ตัวแปรต่างๆ	**ตัวแปรสมการ**	**หน่วย**	**ค่าในการสอบเทียบ**
ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (Manning's coefficient of roughness)	n	$m^{-1/3}/s$	0.035

การสอบเทียบในการศึกษานี้จะทำการจำลองสภาพปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลฝน และปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์รายวัน โดยใช้ข้อมูลระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2544 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 รวมทั้งหมด 10 ปี ก่อนที่จะนำพารามิเตอร์ของแบบจำลองไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่า จากปริมาณฝนในอนาคตอันใกล้ โดยได้ทำการสอบเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำท่าของสถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ ก่อนที่จะนำพารามิเตอร์ต่างๆในแบบจำลองไปทำการจำลองสภาพน้ำท่าเพื่อสอบทานกับสถานีอื่นๆต่อไป

การเลือกช่วงเวลาปี พ.ศ. 2544 – 2553 เป็นเวลาทั้งหมด 10 ปีในการสอบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS เพื่อทำการศึกษา และพิจารณาปริมาณน้ำท่าในช่วงการเกิดปริมาณน้ำท่าที่มีค่าสูง (high flow) และที่มีค่าต่ำ (low flow) เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการสอบเทียบสามารถจำลองปริมาณน้ำท่าให้สอดคล้องกับทุกเหตุการณ์ของข้อมูลสังเกตการณ์ที่เกิดขึ้นได้ และเนื่องจากในการศึกษาในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำและตารางปัจจัยการผลิตใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 เป็นปีฐานในการวิเคราะห์ จึงจำเป็นต้องทำการสอบเทียบแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ในปี พ.ศ. 2553 ด้วยเพื่อให้สอดคล้องกับการศึกษาในขั้นตอนต่อๆไป

ผลจากการสอบเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำท่าปี พ.ศ. 2544 – 2553 พบว่า ผลของแบบจำลองสามารถทำการสอบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์ได้ค่อนข้างดี เป็นไปตามเงื่อนไขการสอบเทียบแบบจำลองอุทกวิทยาทั้ง 4 ข้อ ดังแสดงในรูปที่ 4-4 เมื่อทำการทดสอบการสอบเทียบด้วยค่าทางสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดยกกำลังสอง (NRMSE) และดัชนี Nash–Sutcliffe (NSE) พบว่า ค่า R มีค่าเท่ากับ 0.90

แสดงให้เห็นว่ามีความน่าเชื่อถือที่ดีมากระหว่างความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นตรงระหว่างข้อมูลน้ำท่าจากแบบจำลองและข้อมูลจากน้ำท่าสังเกตการณ์ ค่า NRMSE จะมีค่าเท่ากับ 0.048 บ่งบอกว่าผลของปริมาณน้ำท่ารวมจากการจำลองมีความแตกต่างจากข้อมูลสังเกตการณ์ เมื่อเทียบในช่วงของปริมาณน้ำท่าสูงสุด 2,567.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และต่ำสุด 2.78 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ของปริมาณน้ำท่าจากสถานีสังเกตการณ์อัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ในปี พ.ศ. 2544 – 2553 ค่า RMSE จะแสดงความคลาดเคลื่อนอยู่ประมาณ 122.83 ลูกบาศก์เมตร และดัชนี NSE มีค่าเท่ากับ 0.79 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีสำหรับความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่า



รูปที่ 4-4 ผลการสอบเทียบแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าลุ่มน้ำน่าน ปี พ.ศ. 2544-2553

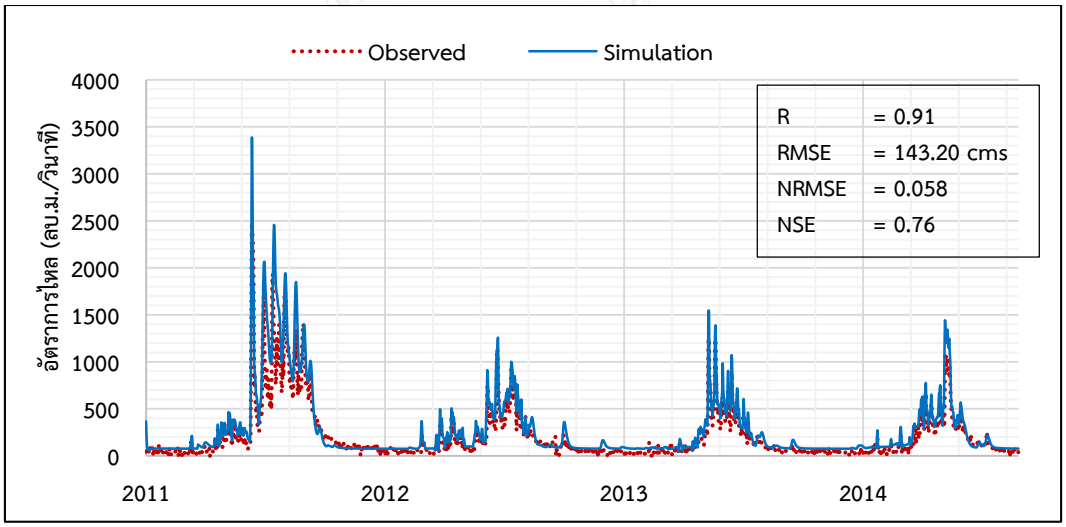
4.3 การสอบทานปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำน่าน

การสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS จะใช้ข้อมูลปริมาณฝน และน้ำท่าสังเกตการณ์รายวัน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2554 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2557 รวมทั้งหมด 4 ปี โดยจะใช้สถานีน้ำท่าตั้งแต่สถานี N.64 ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดน่าน สถานี N.13A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน สถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์และสถานี N.12A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ และสถานี N.5A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ตั้งแต่ลุ่มน้ำน่านตอนบนถึงลุ่มน้ำน่านตอนล่าง

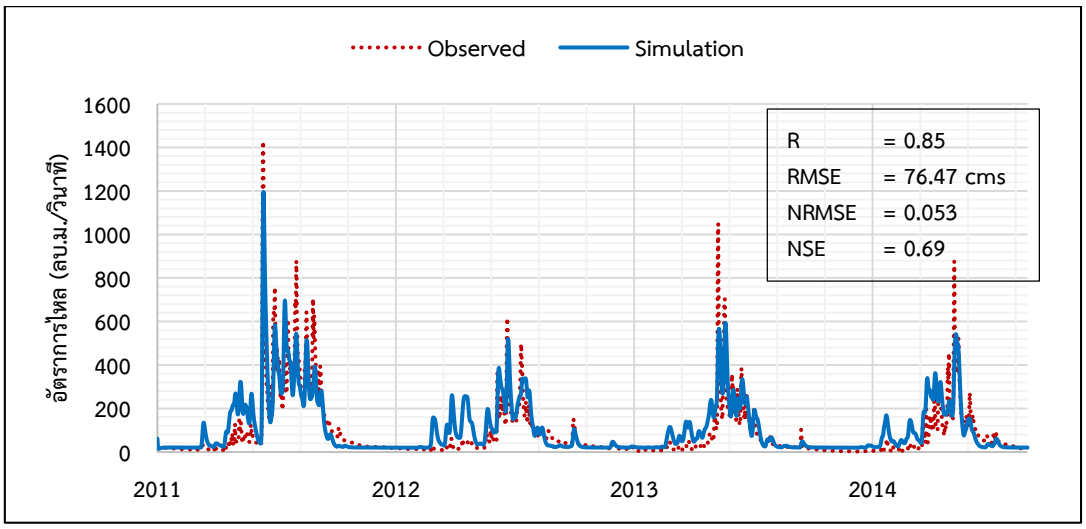
เมื่อสามารถสอบเทียบปริมาณน้ำท่าในแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ได้ในปี พ.ศ. 2544 – 2553 จะต้องลองนำค่าพารามิเตอร์ที่สอบเทียบได้นั้นมาทำการสอบทานปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาคือตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 – 2557 เพื่อสังเกตว่าพารามิเตอร์ชุดนี้สามารถทำการสอบทานปริมาณน้ำท่าได้ดีหรือไม่ และเพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ชุดนี้สามารถทำการจำลองปริมาณน้ำท่าให้สอดคล้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำ

น่านในอนาคตมากที่สุด ซึ่งจากการนำพารามิเตอร์ชุดนี้ไปสอบทานแบบจำลองพบว่า สามารถแสดงผลการสอบทานปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำได้เป็นอย่างดี ดังแสดงในรูปที่ 4-5 - 4-9 โดยค่าทางสถิติทั้ง 4 ค่าที่ได้ทำการทดสอบการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยาพบว่า ค่า R มีค่าเท่ากับ 0.91, 0.85, 0.87, 0.91 และ 0.90 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามีความน่าเชื่อถือที่ดีมากระหว่างความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นตรงระหว่างข้อมูลน้ำท่าจากแบบจำลองและข้อมูลจากน้ำท่าสังเกตการณ์ ค่า NRMSE จะมีค่าเท่ากับ 0.058, 0.053, 0.056, 0.099 และ 0.061 ตามลำดับ บ่งบอกว่าผลของปริมาณน้ำท่ารวมจากการจำลองมีความแตกต่างจากข้อมูลสังเกตการณ์ เมื่อเทียบในช่วงของปริมาณน้ำท่าสูงสุดและต่ำสุด ค่า RMSE จะแสดงความคลาดเคลื่อนอยู่ประมาณ 143.20, 76.47, 200.94, 115.93 และ 96.26 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และดัชนี NSE มีค่าเท่ากับ 0.76, 0.69, 0.71, 0.70 และ 0.70 ตามลำดับ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีสำหรับความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่า

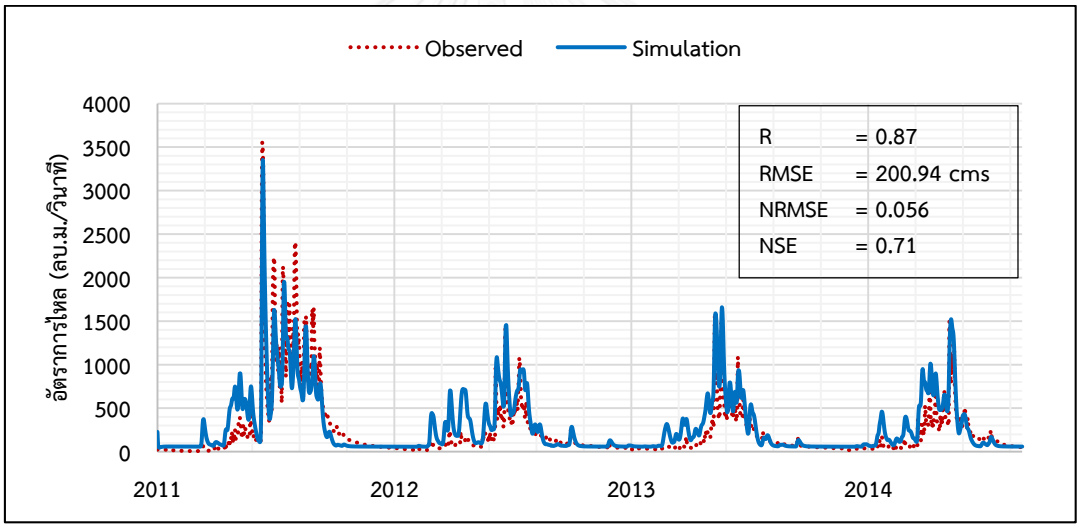
จะเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ชุดนี้สามารถแสดงผลสถานีวัดปริมาณน้ำท่า 5 สถานีได้เป็นอย่างดีตามเงื่อนไขทั้ง 4 ข้อของการสอบทานของแบบจำลองอุทกวิทยาเช่นกันทั้งลุ่มน้ำน่านตอนบน และลุ่มน้ำน่านตอนล่าง หลังจากสามารถทำการสอบเทียบและสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS เป็นที่เรียบร้อย ก็จะนำแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ไปทำการจำลองปริมาณน้ำท่าในการวิเคราะห์ข้อมูลฝนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก โดยใช้ทั้ง 5 สถานีวัดปริมาณน้ำท่าที่ทำการสอบเทียบและสอบทาน เป็นสถานีในการวิเคราะห์ในบทอื่นๆที่จะกล่าวต่อไป



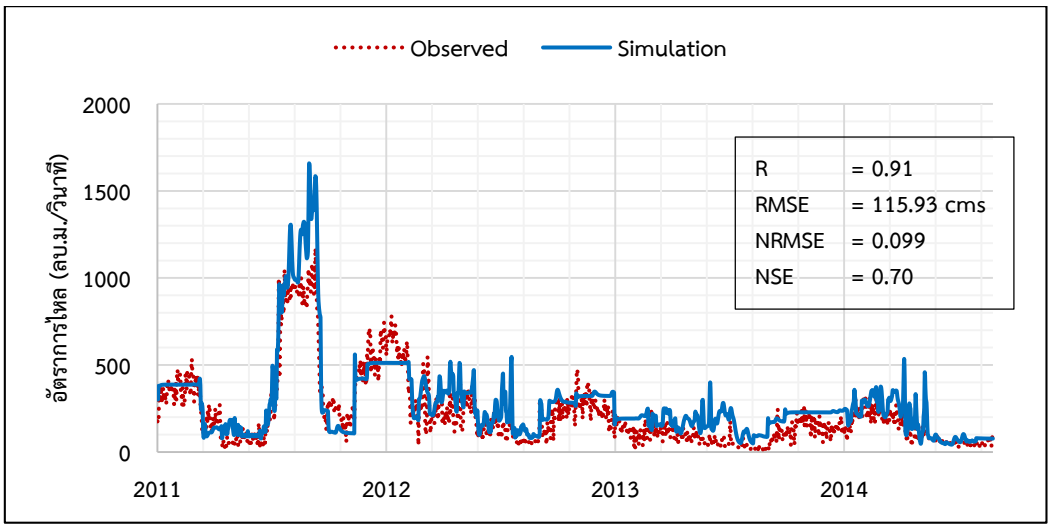
รูปที่ 4-5 ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าลุ่มน้ำน่าน ปี พ.ศ. 2554-2557



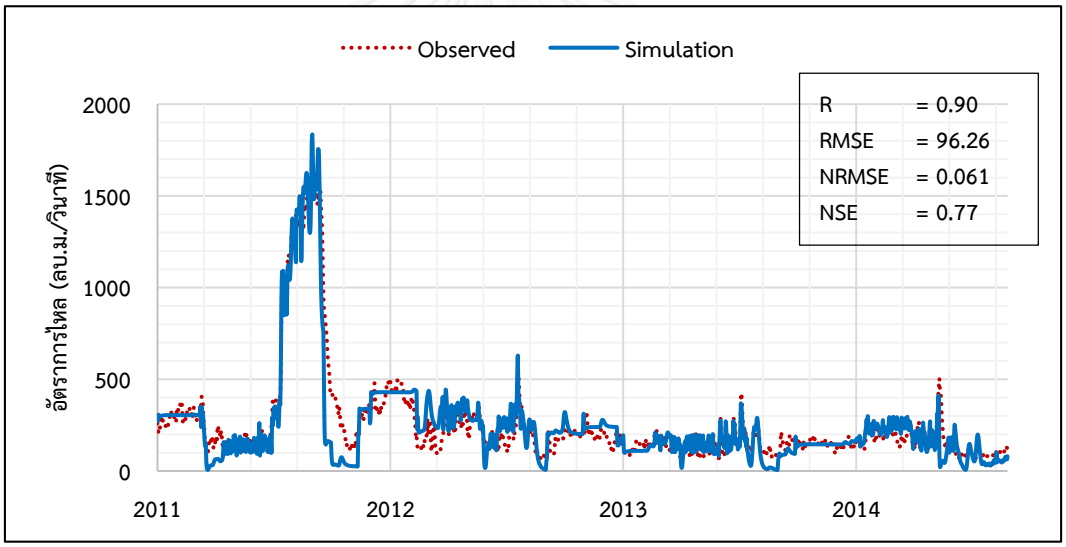
รูปที่ 4-6 ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N.64 ปีพ.ศ. 2554-2557



รูปที่ 4-7 ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N.13A ปีพ.ศ. 2554-2557



รูปที่ 4-8 ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N.12A ปีพ.ศ. 2554-2557



รูปที่ 4-9 ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าสถานี N.5A ปีพ.ศ. 2554-2557

บทที่ 5
ความสัมพันธ์ของความต้องการใช้น้ำกับตารางปัจจัยการผลิต

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก ทำให้ปริมาณฝนที่ตกในประเทศไทยมีการแปรปรวน ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าที่เป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่สำคัญสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากทุกๆ ภาคส่วนทางเศรษฐกิจจำเป็นต้องใช้น้ำในการดำเนินและประกอบธุรกิจและเพื่อการอุปโภค – บริโภคของประชาชน ตารางปัจจัยการผลิตหรือที่เรียกว่า Input – Output table เป็นเครื่องมือที่สามารถหาความเสียหายทางเศรษฐกิจของทุกๆภาคส่วน และยังสามารถเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการ การแก้ไขปัญหาเพื่อลดผลกระทบต่อเศรษฐกิจในภาคส่วนต่างๆ โดยในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินการในการหารายได้ประชาชาติ (Gross Domestic Product, GDP) ของลุ่มน้ำน่าน ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน และความต้องการใช้น้ำแต่ละภาคส่วนหลักทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่าน (water demand) ก่อนที่จะสามารถหาความเสียหายทางเศรษฐกิจของทุกๆภาคส่วนได้

5.1 ความต้องการใช้น้ำแต่ละภาคส่วนหลักทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ

การขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศมีตัวแปรสำคัญหลายตัวแปรที่ส่งผลต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นการบริโภคภายในประเทศ การนำเข้าและส่งออกสินค้าต่างๆ และวัตถุดิบในการป้อนเข้าสู่ระบบทางเศรษฐกิจในภาคส่วนต่างๆ แต่มีตัวแปรที่สำคัญตัวแปรหนึ่งที่คนส่วนใหญ่มักไม่พูดถึงกันคือ น้ำ น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจของประเทศในภาคส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะภาคส่วนไหนก็ต้องใช้น้ำเพื่อขับเคลื่อนภาคส่วนต่างๆให้ดำเนินต่อไปได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคการเกษตรที่ต้องใช้น้ำในการเพาะปลูก เพาะพันธุ์พืช ปศุสัตว์และประมง เพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ จากการศึกษาแผนยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรน้ำ จัดทำโดยคณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการน้ำ , 2558) พบว่า รายได้ประชาชาติของ 3 ภาคส่วนหลักของประเทศได้แก่ เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และบริการ มีรายได้ประชาชาติร้อยละ 10, 32 และ 58 ตามลำดับ โดยที่ความต้องการใช้น้ำของแต่ละภาคส่วนพบว่า ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ มีความต้องการใช้น้ำร้อยละ 75.10, 2.80, 4.20 ตามลำดับ อีกร้อยละ 17.90 เป็นปริมาณน้ำที่ใช้รักษาระบบนิเวศ ซึ่งจะเห็นได้ว่าทุกภาคส่วนต้องการใช้น้ำในการขับเคลื่อนภาคส่วนเศรษฐกิจของประเทศ รวมถึงการอุปโภคและบริโภค แต่ปัญหาสำคัญคือปริมาณน้ำมีไม่เพียงพอสำหรับทุกภาคส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้ประเทศเกิดภาวะภัยแล้งและอุทกภัย เกิดความไม่แน่นอนของ

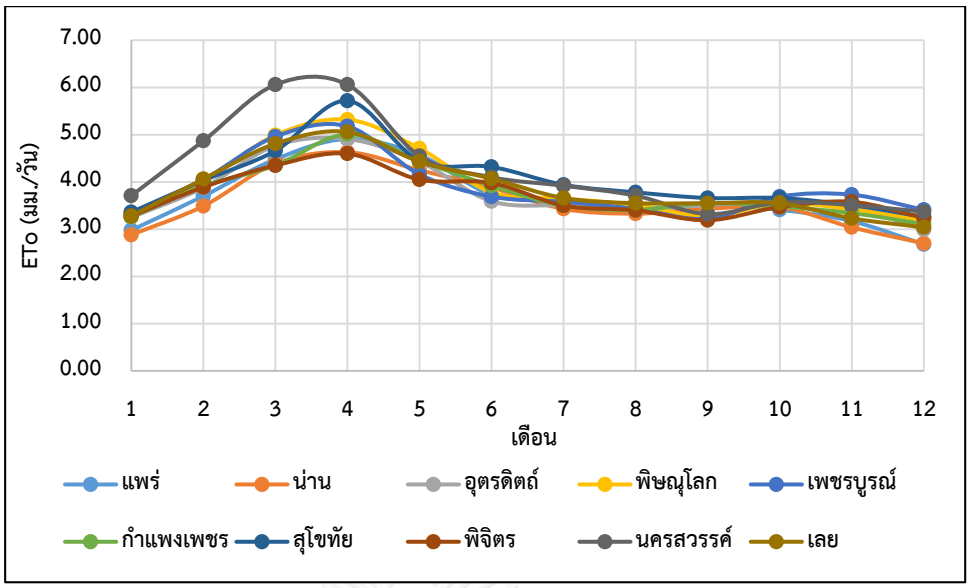
ปริมาณน้ำต้นทุน อีกทั้งการพัฒนาและการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศตามจังหวัดต่างๆ ทำให้ความต้องการใช้น้ำยังมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาว่าผลกระทบทางเศรษฐกิจจะเป็นอย่างไรจากปัจจัยหลักเหล่านี้ที่มีผลต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศโดยตรง

ความต้องการใช้น้ำของลุ่มน้ำน่าน จะทำการพิจารณาใน 3 ภาคส่วนหลักทางเศรษฐกิจได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ โดยทั้ง 3 ภาคส่วนจะมีวิธีการหาความต้องการใช้น้ำที่ต่างกัน ซึ่งจะใช้ปีฐานในการหาความต้องการใช้น้ำปี พ.ศ. 2553 เพื่อให้สอดคล้องกับตารางปัจจัยการผลิตที่ใช้ปีฐานเป็นปี พ.ศ. 2553 เช่นกัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1.1 ความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรกรรมของลุ่มน้ำน่าน

5.1.1.1 ความต้องการใช้น้ำของพืช

การหาความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรกรรม จะต้องทำการคำนวณหาค่าความต้องการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดในลุ่มน้ำน่าน โดยตัวแปรสำคัญในการหาค่าความต้องการใช้น้ำของพืชคือ ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ค่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง (ETo) และพื้นที่การเพาะปลูก (crop area) พืชแต่ละชนิด เพื่อคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำจริงของพืช (ETcrop) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์พืช และค่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง จะใช้ข้อมูลจากกรมชลประทาน (สำนักอุทกวิทยาและการจัดการ, 2558) โดยกรมชลประทานได้จัดทำค่าสัมประสิทธิ์พืชจำนวน 40 ชนิด ซึ่งเป็นพืชที่เกษตรกรนิยมในการเพาะปลูก เช่น ข้าว กข. ถั่วเหลือง และอ้อย เป็นต้น รวมถึงจัดทำค่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงในแต่ละจังหวัด โดยใช้วิธี Penman-Monteith แบบรายเดือน เพื่อสะดวกในการหาค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช ซึ่งแสดงในภาคผนวก ฉ โดยสามารถพล็อตกราฟแสดงค่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงในจังหวัดที่ทำการศึกษาได้ดังรูปที่ 5-1 เมื่อสามารถหาข้อมูลเหล่านี้ ก็จะสามารถหาค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชได้จากสูตร ETcrop = Kc x ETo ซึ่งหน่วยจะเป็นมิลลิเมตรต่อวัน เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานต่อในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช จะทำการเปลี่ยนหน่วยค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชจริงจากหน่วยมิลลิเมตรต่อวันไปเป็นลูกบาศก์เมตรต่อไร่



รูปที่ 5-1 ปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง (ETo) ของจังหวัดในลุ่มน้ำน่าน

จะเห็นได้ว่าค่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงในแต่ละจังหวัดจะมีการผันผวนจากสภาพภูมิประเทศและสภาพอากาศในแต่ละจังหวัด ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้น้ำของพืชในการเจริญเติบโต จากรูปที่ 5-1 จะเห็นได้ว่าค่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงในพื้นที่ลุ่มน้ำ จะมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันอย่างเห็นได้ชัด แต่จะมีเพียงจังหวัดนครสวรรค์ที่มีค่าสูงขึ้นมาในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน

แต่เนื่องจากมีพืชบางชนิดที่กรมชลประทานไม่ได้ทำการศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์พืช จึงจำเป็นต้องทำการใช้ข้อมูลการใช้น้ำของพืชด้วยวิธี Lysimeter ซึ่งวิธีนี้ทางกรมชลประทานได้ทีการศึกษาและทดลองโดยใช้ถังวัดอัตราการใช้น้ำของพืช และตรวจวัดจากแปลงทดลองโดยตรง (สำนักอุทกวิทยาและการจัดการ, 2558) ซึ่งทุกๆจังหวัดจะมีข้อมูลการศึกษาทดลองการใช้น้ำของพืช 36 ชนิด แสดงผลเป็นการใช้น้ำของพืชต่อวัน หน่วยมิลลิเมตร และการใช้น้ำของพืชตลอดอายุของการเพาะปลูก ซึ่งมีทั้งหน่วย มิลลิเมตร และลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ซึ่งแสดงในภาคผนวก ฉ

เมื่อสามารถทำการหาค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชในแต่ละเดือน และแต่ละชนิดในลุ่มน้ำน่านได้แล้ว ในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ก็จะนำข้อมูลเหล่านี้มาคูณกับพื้นที่เพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ตามช่วงเวลาการเพาะปลูกของพืช (สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2554) เพื่อจะทราบปริมาณการใช้น้ำของพืชในแต่ละวันโดยการปลูกพืชแต่ละชนิด เกษตรกรจะมีช่วงเวลาในการปลูกที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งปกติลุ่มน้ำน่านจะมีช่วงเวลาการปลูกพืชดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ช่วงเวลาการเพาะปลูกของพืชในลุ่มน้ำน่าน (สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2554)

ชนิดพืช	ม.ค.	ก.พ	มี.ค.	เม.ษ	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย	ธ.ค.
ข้าวนาปรัง	■	■	■									
ข้าวนาปี					■	■	■	■	■	■		
ข้าวโพด				■	■	■	■	■				
อ้อย ชลประทาน	■	■	■									
อ้อย										■	■	■
ถั่วเหลือง	■	■	■	■								
มัน สำปะหลัง	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ไม้ผล	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ปศุสัตว์	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

จะเห็นได้ว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่ละช่วงเวลาจะไม่เหมือนกัน โดยปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดการเพาะปลูกคือ เกษตรกรและปริมาณน้ำต้นทุน เมื่อพิจารณาช่วงเวลาการเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดพบว่า ช่วงเวลาการปลูกข้าวจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกจะเป็นการปลูกข้าวนาปรัง ซึ่งเป็นการปลูกข้าวนอกฤดูกาลการทำนาปกติ โดยปกติจะเริ่มเพาะปลูกเดือนมกราคม จะเก็บเกี่ยวไม่เกินเดือนมีนาคม ส่วนใหญ่จะทำการเพาะปลูกในท้องที่ที่มีชลประทานที่ดี เช่น เขตพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิจิตร และจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีโครงการชลประทานในพื้นที่ และช่วงที่สองจะเป็นการปลูกข้าวนาปี ซึ่งเป็นการปลูกข้าวในฤดูกาลทำนาปกติ โดยปกติจะเริ่มเพาะปลูกเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และจะเก็บเกี่ยวไม่เกินเดือนพฤศจิกายน ส่วนใหญ่จะทำการเพาะปลูกในทุกจังหวัด เมื่อพิจารณาช่วงเวลาการเพาะปลูกอ้อยพบว่า การเพาะปลูกอ้อยจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเหมือนกับการเพาะปลูกข้าวคือ ช่วงแรกจะเป็นการเพาะปลูกอ้อยชลประทาน ซึ่งจะทำการเพาะปลูกเฉพาะพื้นที่ที่มีชลประทานที่ดี จะนิยมปลูกในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยจะเริ่มเพาะปลูกเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และช่วงที่สองจะเป็นการเพาะปลูกอ้อยหลังจากการทำนาปี โดยจะเริ่มเพาะปลูกเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม เมื่อพิจารณาช่วงเวลาการเพาะปลูกข้าวโพดพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำจะเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งนิยมปลูกในทุกจังหวัด โดยจะเริ่มเพาะปลูกในเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม และจะทำการปลูกเพียงช่วงเดียวของทุกปี เมื่อพิจารณาการ

เพาะปลูกถั่วเหลือง ส่วนใหญ่จะทำการเพาะปลูกเพื่อเป็นการเตรียมดินสำหรับเพาะปลูกข้าวนาปี ส่วนใหญ่จะทำการเพาะปลูกในเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และเมื่อพิจารณาการเพาะปลูกพืชต่อเนื่อง ได้แก่ ลำไย ส้ม และมันสำปะหลัง ส่วนใหญ่จะมีช่วงเวลาการเพาะปลูกต่อเนื่องตลอดทั้งปี ซึ่งจำเป็นต้องได้น้ำในปริมาณที่เพียงพอในการออกผลผลิต เมื่อสามารถหาทั้งช่วงเวลาในการเพาะปลูกของพืช และปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดได้แล้ว ก็จะสามารถทำการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจริงได้ตามช่วงเวลาการเพาะปลูก ดังแสดงในตารางที่ 5-3 และแสดงตัวอย่างการคำนวณการใช้น้ำของข้าวนาปี

ตัวอย่างการคำนวณการใช้น้ำของข้าวนาปีในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 1.24 เพื่อให้สะดวกกับการคำนวณคูณกับค่าการใช้น้ำอ้างอิงในช่วงที่มีการเพาะปลูกข้าวนาปีตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมได้ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ตัวอย่างการคำนวณการใช้น้ำจริง (ETcrop) ของข้าวนาปี

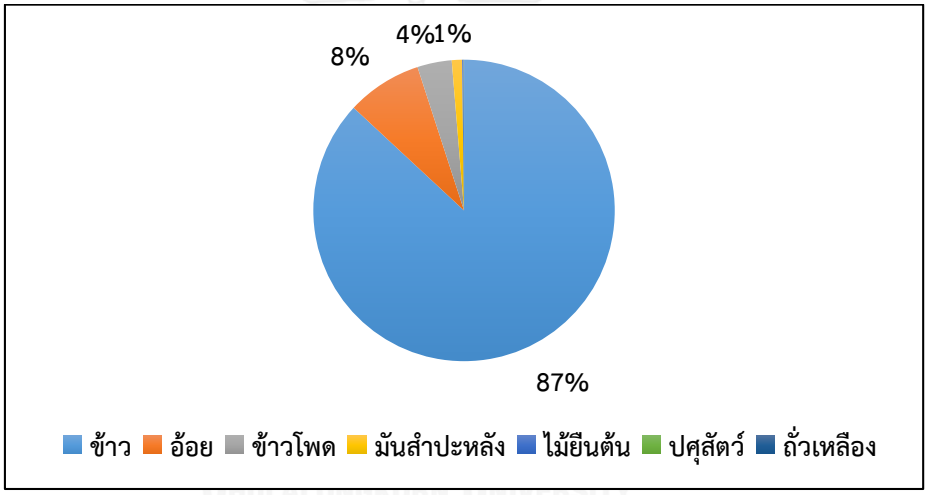
เดือน	ปริมาณการใช้น้ำจริงจากการคำนวณ (ETcrop) (มม.ต่อวัน)	ปริมาณการใช้น้ำจริง (มม.ต่อเดือน)
พฤษภาคม	5.67	175.67
มิถุนายน	4.63	138.76
กรกฎาคม	4.45	138.00
สิงหาคม	4.27	132.23
กันยายน	4.34	130.20
ตุลาคม	4.23	131.08

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อสามารถทราบปริมาณการใช้น้ำจริงของข้าวนาปีแล้ว จึงนำค่าที่ได้นี้หน่วย มิลลิเมตรต่อวัน เปลี่ยนหน่วยไปเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อเดือน และทำการคูณกับพื้นที่การเพาะปลูกข้าวนาปี ซึ่งมีทั้งหมด 7.21 ล้านไร่ ก็จะสามารถทราบค่าความต้องการใช้น้ำของข้าวนาปี ซึ่งมีค่าประมาณ 13,318 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ตารางที่ 5-3 ความต้องการใช้น้ำในการเพาะปลูกพืชของลุ่มน้ำน่าน

ชนิดของพืชในการเพาะปลูก	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม. ต่อปี)
ข้าว	27,747,877,182
อ้อย	2,578,645,463
ข้าวโพด	1,177,959,610
ถั่วเหลือง	1,630,272
มันสำปะหลัง	349,327,973
ไม้ผล	57,873,260
ปศุสัตว์	8,574,130



รูปที่ 5-2 เปอร์เซ็นต์ความต้องการใช้น้ำของการเพาะปลูกพืชของลุ่มน้ำน่าน

5.1.1.2 ความต้องการใช้น้ำของการทำปศุสัตว์

การหาความต้องการใช้น้ำของการทำปศุสัตว์หรือการเลี้ยงสัตว์ สามารถใช้ข้อมูลความต้องการน้ำสำหรับการเลี้ยงสัตว์จากสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ 2557) ซึ่งมีรายละเอียดความต้องการใช้น้ำของสัตว์ชนิดต่างๆดังตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 ความต้องการใช้น้ำของการเลี้ยงสัตว์

ชนิดของสัตว์	ความต้องการใช้น้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)
โคนม	90
โคเนื้อ	60
กระบือ	60
สุกร	8
ไก่เนื้อ	0.5
เป็ดเนื้อ	0.5
ไก่พื้นเมือง	0.5
ไก่ไข่	0.5
เป็ดไข่	0.5

จากที่กล่าวมาแล้วในการหารายได้ประชาชาติภาคเกษตรกรรมว่า จะทำการใช้การทำปศุสัตว์ทั้งหมด 4 จังหวัดเป็นตัวแทนของลุ่มน้ำน่าน ได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดพิจิตร จากการศึกษาข้อมูลจำนวนสัตว์เลี้ยงในการทำปศุสัตว์ จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปี พ.ศ. 2553 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) สามารถแสดงจำนวนการเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ 4 จังหวัด และทำการคำนวณความต้องการใช้น้ำได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5-5 ความต้องการใช้น้ำของโคเนื้อ

จังหวัดในลุ่มน้ำ	จำนวน (ตัว)	ความต้องการน้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลิตร/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./วัน)
น่าน	59,206	60	3,552,360	3,552
อุตรดิตถ์	42,720	60	2,563,200	2,563
พิษณุโลก	106,594	60	6,395,640	6,396
พิจิตร	52,175	60	3,130,500	3,131
รวม	260,695		15,641,700	15,642

ตารางที่ 5-6 ความต้องการใช้น้ำของโคนม

จังหวัดในลุ่มน้ำ	จำนวน (ตัว)	ความต้องการน้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลิตร/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./วัน)
น่าน	37	90	3,330	3.33
อุตรดิตถ์	78	90	7,020	7.02
พิษณุโลก	184	90	16,560	16.56
พิจิตร	794	90	71,460	71.46
รวม	1,093		98,370	98.37

ตารางที่ 5-7 ความต้องการใช้น้ำของกระบือ

จังหวัดในลุ่มน้ำ	จำนวน (ตัว)	ความต้องการน้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลิตร/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./วัน)
น่าน	17,000	60	1,020,000	1,020
อุตรดิตถ์	5,460	60	327,600	328
พิษณุโลก	10,049	60	602,940	603
พิจิตร	4,675	60	280,500	281
รวม	37,184		2,231,040	2,231

ตารางที่ 5-8 ความต้องการใช้น้ำของสุกร

จังหวัดในลุ่มน้ำ	จำนวน (ตัว)	ความต้องการน้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลิตร/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./วัน)
น่าน	64,314	8	514,512	514.51
อุตรดิตถ์	71,185	8	569,480	569.48
พิษณุโลก	64,569	8	516,552	516.55
พิจิตร	51,583	8	412,664	412.66
รวม	251,651		2,013,208	2,013.21

ตารางที่ 5-9 ความต้องการใช้น้ำของไก่เนื้อ

จังหวัดในลุ่มน้ำ	จำนวน (ตัว)	ความต้องการน้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลิตร/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./วัน)
น่าน	49,211	0.5	24,606	24.61
อุตรดิตถ์	947,666	0.5	473,833	473.83
พิษณุโลก	788,882	0.5	394,441	394.44
พิจิตร	248,650	0.5	124,325	124.33
รวม	2,034,409		1,017,205	1,017.20

ตารางที่ 5-10 ความต้องการใช้น้ำของไก่พื้นเมือง

จังหวัดในลุ่มน้ำ	จำนวน (ตัว)	ความต้องการน้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลิตร/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./วัน)
น่าน	929,682	0.5	464,841	464.84
อุตรดิตถ์	636,478	0.5	318,239	318.24
พิษณุโลก	541,070	0.5	270,535	270.54
พิจิตร	735,986	0.5	367,993	367.99
รวม	2,843,216		1,421,608	1,421.61

ตารางที่ 5-11 ความต้องการใช้น้ำของเป็ดเนื้อ

จังหวัดในลุ่มน้ำ	จำนวน (ตัว)	ความต้องการน้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลิตร/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./วัน)
น่าน	22,546	0.5	11,273	11.27
อุตรดิตถ์	77,707	0.5	38,854	38.85
พิษณุโลก	9,386	0.5	4,693	4.69
พิจิตร	7,382	0.5	3,691	3.69
รวม	117,021		58,511	58.51

ตารางที่ 5-12 ความต้องการใช้น้ำของไก่ไข่

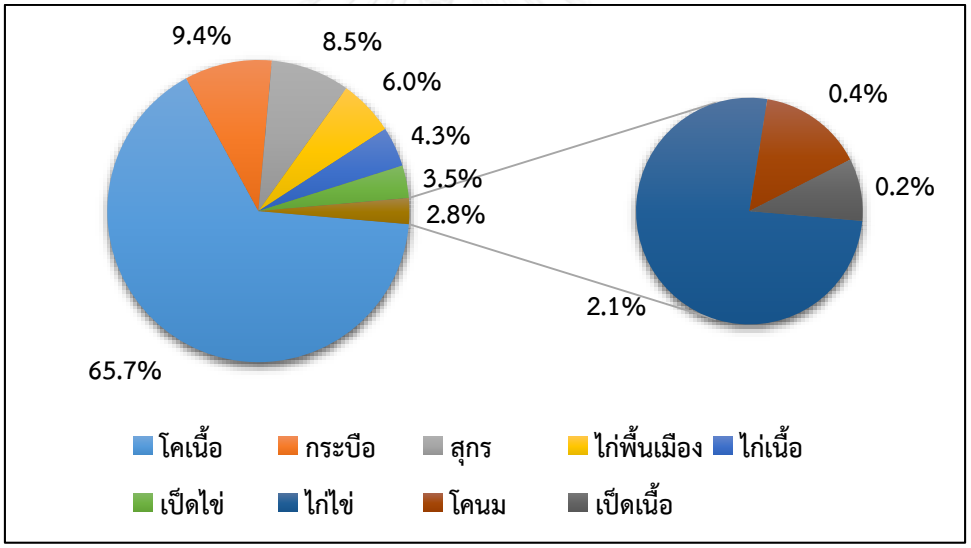
จังหวัดในลุ่มน้ำ	จำนวน (ตัว)	ความต้องการน้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลิตร/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./วัน)
น่าน	77,439	0.5	38,720	38.72
อุตรดิตถ์	875,806	0.5	437,903	437.90
พิษณุโลก	39,965	0.5	19,983	19.98
พิจิตร	9,183	0.5	4,592	4.59
รวม	1,002,393		501,197	501.20

ตารางที่ 5-13 ความต้องการใช้น้ำของเป็ดไข่

จังหวัดในลุ่มน้ำ	จำนวน (ตัว)	ความต้องการน้ำ (ลิตร/ตัว/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลิตร/วัน)	ความต้องการใช้น้ำรวม (ลบ.ม./วัน)
น่าน	3,235	0.5	1,618	1.62
อุตรดิตถ์	126,096	0.5	63,048	63.05
พิษณุโลก	615,404	0.5	307,702	307.70
พิจิตร	918,856	0.5	459,428	459.43
รวม	1,663,591		831,796	831.80

จากการคำนวณหาความต้องการใช้น้ำของการทำปศุสัตว์ จะสามารถพิจารณาได้ว่า จำนวนสัตว์ชนิดไหนในลุ่มน้ำที่มีความต้องการใช้น้ำเรียงลำดับจากมากที่สุดถึงน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5-3 จะเห็นได้ว่า จำนวนสัตว์ที่มีความต้องการน้ำมากที่สุดในลุ่มน้ำคือ โคเนื้อ ซึ่งมีจำนวน 260,695 ตัว แม้ว่าจำนวนจะน้อยเมื่อเทียบกับสัตว์ประเภทสัตว์ปีก แต่โคเนื้อมีความต้องการใช้น้ำถึงตัวละ 60 ลิตรต่อตัวต่อวัน ทำให้ความต้องการใช้น้ำของโคเนื้อขึ้นมาเป็นอันดับหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 65.7 อันดับที่สองคือ กระบือ ซึ่งมีจำนวน 37,184 ตัว แต่มีความต้องการใช้น้ำถึงตัวละ 60 ลิตรต่อตัวต่อวัน เหมือนโคเนื้อ จึงทำให้ขึ้นมาเป็นอันดับสองคิดเป็นร้อยละ 9.4 และอันดับสามคือ สุกร ซึ่งมีจำนวน 251,651 ตัว มีความต้องการใช้น้ำตัวละ 8 ลิตรต่อตัวต่อวัน แม้ปริมาณการใช้น้ำต่อตัวจะไม่สูงเท่าโคเนื้อ โคนม และกระบือ แต่ด้วยจำนวนที่มาก จึงทำให้ความต้องการใช้น้ำสูงขึ้นมาเป็นอันดับสามด้วยร้อยละ 8.5

จากการรวมความต้องการใช้น้ำทั้งส่วนของการเพาะปลูกพืช และการทำปศุสัตว์ จะเท่ากับ 31,922 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยภาคเกษตรกรรมจะเป็นภาคส่วนที่มีความต้องการใช้น้ำมากที่สุด



รูปที่ 5-3 เปอร์เซ็นต์ความต้องการใช้น้ำของปศุสัตว์ของลุ่มน้ำน่าน

5.1.2 ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่าน

การหาความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรม จะใช้หลักการในการคำนวณโดยการใช้แรงม้าของโรงอุตสาหกรรมในแต่ละโรงงาน ซึ่งรวบรวมข้อมูลโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2556 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำต่อหนึ่งหน่วยแรงม้าต่อวันแต่ละประเภทโรงงานใช้ปี พ.ศ. 2548 (WRSRU, 2005) จะได้ความต้องการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภท ซึ่งจากการศึกษารายงานการจัดการน้ำเพื่อความยั่งยืน จากสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (WIS, 2014) พบว่า ความต้องการใช้น้ำรวมภาคอุตสาหกรรมทั้งประเทศไทยปี พ.ศ. 2556 ทั้งหมด มีผลรวมความต้องการใช้น้ำมากกว่าความต้องการใช้น้ำรวมของภาคอุตสาหกรรมทั้งประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 สาเหตุเนื่องมาจาก ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำต่อหนึ่งหน่วยแรงม้าต่อวันที่แต่ละประเภทโรงงานใช้เป็นค่าเมื่อปี พ.ศ. 2548 เพื่อความถูกต้องในการคำนวณหาความต้องการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำ จึงจำเป็นต้องหาค่าปรับแก้เพื่อทำการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรม โดยค่าปรับแก้นี้สามารถหาได้จากผลหารระหว่างความต้องการใช้น้ำรวมของภาคอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2553 กับความต้องการใช้น้ำรวมของภาคอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2548 ซึ่งจะมีรายละเอียดกล่าวในหัวข้อต่อไป

เมื่อสามารถทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมที่ผ่านการปรับแก้ได้แล้ว จะต้องทำการหาจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่ในลุ่มน้ำน่านว่ามีกี่โรงงาน ซึ่งจากการหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะทำให้สามารถทราบจำนวนโรงงานอุตสาหกรรม และแรงม้าในการประกอบกิจการ หลังจากนั้นจะต้องทำการแยกประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามนิยามของพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ให้ตรงตามประเภทรายการอุตสาหกรรม ซึ่งถูกแบ่งเป็น 107 ประเภทโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากประเภทโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำที่ต่างกันตามแต่ละประเภท จึงต้องทำการแยกประเภทโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการคำนวณความต้องการใช้น้ำที่ถูกต้อง จากการจำแนกประเภทโรงงานอุตสาหกรรมจะสามารถทำการจำแนกจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมและผลรวมแรงม้าในการประกอบกิจการประเภทต่างๆได้ดังตารางต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5-14 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมและผลรวมแรงม้าประเภทต่างๆ ในลุ่มน้ำน่าน

ตัวเลข พรบ.	ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมตาม พรบ.	จำนวน โรงงาน	ผลรวม แรงม้า
1	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการบ่มใบชาหรือใบยาสูบ	16	2801.39
2	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตผลเกษตรกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	139	72629.86
3	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดินสำหรับใช้ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	37	7682.00
4	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมิใช่สัตว์น้ำ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	21	877.02
5	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำนมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	1	65.45
6	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	2	90.50
8	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผัก พืช หรือผลไม้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	11	4975.78
9	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ เมล็ดพืช หรือหัวพืชอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	60	24109.27
10	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแป้งอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	19	5339.83
11	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ น้ำตาล ซึ่งทำจากอ้อย บีช หญ้าหวาน หรือพืชอื่นที่ให้ความหวานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	2	393841.93
12	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับชา กาแฟ โกโก้ ช็อกโกเลต หรือขนมหวาน อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	4	149.28
13	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	5	63.29
14	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ การทำน้ำแข็ง หรือ ตัด ซอย บด หรือย่อยน้ำแข็ง	43	20529.40
15	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ อาหารสัตว์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	3	10082.41
16	โรงงานต้ม กลั่น หรือผสมสุรา	2	12265.09
20	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับน้ำดื่ม เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ น้ำอัดลม หรือน้ำแร่อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	6	321.10
21	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยาสูบ ยาอัด ยาเส้น ยาเคี้ยว หรือยานัตถุ์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	1	16.50
22	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย หรือเส้นใยซึ่งมิใช่ใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือ หลายอย่าง	1	463.18
25	โรงงานผลิตเสื่อหรือพรมด้วยวิธีทอ สาน ถัก หรือผูกให้เป็นปุย ซึ่งมิใช่เสื่อหรือพรมที่ทำด้วยยางหรือพลาสติกหรือพรมน้ำมัน	7	7379.41
29	โรงงานหมัก ชำแหละ อบ ปนหรือบด ฟอก ขัดและแต่งสำเร็จ อัดให้เป็นลายนูน หรือเคลือบสีหนังสัตว์	1	64.62
31	โรงงานทำพรม หรือเครื่องใช้จากหนังสัตว์หรือขนสัตว์	1	59.08
34	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับไม้ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	37	4946.64
35	โรงงานผลิตภาชนะบรรจุ หรือเครื่องใช้จากไม้ไผ่ หวาย ฟาง อ้อ กก หรือผักตบชวา	3	88.00

ตัวเลข พรบ.	ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมตาม พรบ.	จำนวน โรงงาน	ผลรวม แรงม้า
37	โรงงานทำเครื่องเรือนหรือเครื่องตบแต่งในอาคารจากไม้ แก้ว ยาง หรืออโลหะอื่น ซึ่งมิใช่เครื่องเรือนหรือเครื่องตบแต่งภายในอาคารจากพลาสติกอัดเข้ารูป และรวมถึงชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว	106	5699.84
38	โรงงานผลิตเยื่อ หรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	2	9309.33
41	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการพิมพ์	2	24.00
42	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ เคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมี ซึ่งมิใช่ปุ๋ย	1	464.00
43	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับปุ๋ย หรือสารป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticides) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	21	1669.03
46	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ ยา อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง	1	42.57
47	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ สบู่ เครื่องสำอาง หรือสิ่งปรุงแต่งร่างกาย อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	1	7.66
53	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์พลาสติกอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง	7	9530.91
54	โรงงานผลิตแก้ว เส้นใยแก้ว หรือผลิตภัณฑ์แก้ว	2	307.60
56	โรงงานผลิตอิฐ กระเบื้องหรือท่อสำหรับใช้ในการก่อสร้างเบ้าหลอมโลหะ กระเบื้องประดับ (Architectural Terracotta) รองในเตาไฟท่อหรือยอดปล่องไฟ หรือวัตถุทนไฟ จากดินเหนียว	9	830.38
57	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับซีเมนต์ ปูนขาว หรือปูนปลาสเตอร์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	4	1819.20
58	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อโลหะอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง	1	5.25
62	โรงงานผลิตตบแต่ง ดัดแปลง หรือซ่อมแซม เครื่องเรือนหรือเครื่องตบแต่งภายในอาคารที่ทำจากโลหะหรือโลหะเป็นส่วนใหญ่ และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ ของเครื่องเรือนหรือเครื่องตบตบแต่งดังกล่าว	3	283.40
64	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โละหะ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	66	3343.34
65	โรงงานผลิต ประกอบ หรือดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องยนต์ เครื่องกังหัน และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของเครื่องยนต์ หรือเครื่องกังหันดังกล่าว	278	16304.78
66	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องจักรสำหรับใช้ในการกสิกรรมหรือการเลี้ยงสัตว์ และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของเครื่องจักรดังกล่าว	110	7970.44
68	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ เคมีอาหาร การปั่นท่อ การพิมพ์ การผลิตซีเมนต์ หรือผลิตภัณฑ์ดินเหนียว การก่อสร้าง การทำเหมืองแร่ การเจาะหาปิโตเลียม หรือการกลั่นน้ำมัน และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของเครื่องจักรดังกล่	151	19568.08
69	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดปลง หรือซ่อมแซมเครื่องคำนวณ เครื่องทำบัญชี เครื่องจักรสำหรับระบบบัตรเจาะ เครื่องจักรสำหรับใช้ในการคำนวณชนิดดิจิตัล หรือชนิดอนาล็อก หรือเครื่องอิเล็กทรอนิกส์สำหรับปฏิบัติกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกัน หรืออุปกรณ์ (Digital or Analog Computer)	1	21.14

ตัวเลข พรบ.	ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมตาม พรบ.	จำนวน โรงงาน	ผลรวม แรงม้า
70	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องสูบน้ำ เครื่องอัดอากาศหรือก๊าซ เครื่องเป่าลม เครื่องปรับหรือถ่ายเทอากาศ เครื่องโปรยน้ำดับไฟ ตู้เย็นหรือเครื่องประกอบตู้เย็น เครื่องขายสินค้าอัตโนมัติ เครื่องล้าง ซัก ซักแห้ง หรือรีดผ้า เครื่องเย็บ เครื่องส่งกำลังไฟฟ้า	3	94.63
71	โรงงานผลิต ประกอบ ดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องจักรหรือผลิตภัณฑ์ที่ระบุไว้ในลำดับที่ 70 เฉพาะที่ใช้ไฟฟ้า เครื่องยนต์ไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงแรงไฟฟ้า เครื่องสับหรือบังคับไฟฟ้า เครื่องใช้สำหรับแผงไฟฟ้า เครื่องเปลี่ยนทางไฟฟ้า เครื่องส่งหรือจำหน่ายไฟฟ้า	2	48.55
74	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	1	1426.38
81	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องมือ เครื่องใช้ หรืออุปกรณ์วิทยาศาสตร์ หรือการแพทย์อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง	2	28.93
84	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ เพชร พลอย ทอง เงิน นาก หรืออัญมณี อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	10	9378.65
88	โรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า	3	2165246.25
89	โรงงานผลิตก๊าซ ซึ่งมิใช่ก๊าซธรรมชาติ ส่งหรือจำหน่ายก๊าซ	14	255.83
91	โรงงานบรรจุสินค้าในภาชนะโดยไม่มีการผลิตอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	2	196.50
92	โรงงานห้องเย็น	6	326.06
94	โรงงานซ่อมเครื่องมือไฟฟ้า หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับใช้ในบ้านหรือใช้ประจำตัว	1	28.68
99	โรงงานผลิต ซ่อมแซม ดัดแปลง หรือเปลี่ยนลักษณะอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระบิด อาวุธหรือสิ่งอื่นใดที่มีอำนาจในการประหาร ทำลายหรือทำให้หมดสมรรถภาพในทำนองเดียวกับอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน หรือวัตถุระเบิด และรวมถึงสิ่งประกอบของสิ่งดังกล่าว	1	23.48
105	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการคัดแยกหรือฝังกลบสิ่ง ปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีลักษณะและคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535	1	400.00
106	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียจากโรงงานมาผลิตเป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่โดยผ่านกรรมวิธีการผลิตทางอุตสาหกรรม	19	1367.50

5.3.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำต่อหนึ่งหน่วยแรงม้าต่อวัน

การคำนวณหาค่าปรับแก้ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำต่อหนึ่งหน่วยแรงม้าต่อวัน โดยนำความต้องการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมทั้งประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 ซึ่งมีค่าประมาณ 4,585 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (WIS, 2014) หารด้วยความต้องการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมทั้งประเทศไทยปี พ.ศ. 2548 ซึ่งมีค่าประมาณ 14,849 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งปริมาณความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2548 สามารถคำนวณได้จากผลรวมของจำนวนแรงม้าในแต่ละโรงงาน โดยรวบรวมจากทุกจังหวัดคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำต่อหนึ่งหน่วยแรงม้าต่อวัน แต่ละ

ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2548 (WRSRU, 2005) ดังนั้น จะสามารถได้ค่าปรับแก้ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมเท่ากับ 0.31 และใช้ค่าปรับแก้นี้ เพื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2548 ให้มีความสอดคล้องในการวิเคราะห์กับความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2553

หลังจากที่สามารถคำนวณหาค่าปรับแก้ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมต่อหนึ่งหน่วยแรงม้าต่อวันได้แล้ว จะนำค่าปรับแก้ที่สามารถคำนวณได้คูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมต่อหนึ่งหน่วยแรงม้าต่อวัน แต่ละประเภทโรงงานอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2548 เพื่อปรับแก้ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมเป็นของปี พ.ศ. 2553 ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 5-15

ตารางที่ 5-15 ค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำ พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2553 (ลบ.ม./แรงม้า/วัน)

ประเภทตาม พรบ.	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2553	ประเภทตาม พรบ.	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2553
1	0.000	0.000	55	0.001	0.000
2	0.159	0.049	56	0.047	0.015
3	0.091	0.028	57	0.294	0.091
4	0.138	0.043	58	0.025	0.008
5	0.000	0.000	59	0.052	0.016
6	0.026	0.008	60	0.135	0.042
7	0.034	0.011	61	0.014	0.004
8	0.111	0.034	62	0.005	0.002
9	0.056	0.017	63	0.031	0.010
10	0.062	0.019	64	0.054	0.017
11	0.010	0.003	65	0.143	0.044
12	0.012	0.004	66	0.294	0.091
13	0.319	0.099	67	0.004	0.001
14	0.039	0.012	68	0.035	0.011
15	0.012	0.004	69	0.101	0.031
16	0.000	0.000	70	0.012	0.004
17	0.004	0.001	71	0.162	0.050
18	0.004	0.001	72	0.114	0.035
19	0.071	0.022	73	0.024	0.008
20	0.097	0.030	74	0.025	0.008
21	0.000	0.000	75	0.003	0.001
22	1.767	0.548	76	0.000	0.000
23	0.042	0.013	77	0.060	0.019

ประเภทตาม พรบ.	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2553	ประเภทตาม พรบ.	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2553
24	0.175	0.054	78	0.048	0.015
25	0.000	0.000	79	0.231	0.072
26	0.000	0.000	80	0.000	0.000
27	0.074	0.023	81	0.064	0.020
28	0.214	0.066	82	0.000	0.000
29	0.144	0.045	83	0.000	0.000
30	0.000	0.000	84	0.000	0.000
31	0.000	0.000	85	0.000	0.000
32	0.255	0.079	86	0.072	0.022
33	0.220	0.068	87	0.145	0.045
34	0.026	0.008	88	0.026	0.008
35	0.000	0.000	89	0.018	0.006
36	0.047	0.015	90	6.108	1.893
37	0.200	0.062	91	2.664	0.826
38	0.176	0.055	92	0.107	0.033
39	0.038	0.012	93	0.000	0.000
40	0.327	0.101	94	0.000	0.000
41	0.046	0.014	95	0.117	0.036
42	0.112	0.035	96	0.000	0.000
43	0.016	0.005	97	0.816	0.253
44	0.163	0.051	98	2.105	0.653
45	0.064	0.020	99	0.000	0.000
46	0.000	0.000	100	0.006	0.002
47	0.479	0.148	101	0.018	0.006
48	0.035	0.011	102	0.000	0.000
49	0.035	0.011	103	0.000	0.000
50	0.036	0.011	104	0.045	0.014
51	0.020	0.006	105	0.258	0.080
52	0.016	0.005	106	0.240	0.074
53	0.006	0.002	107	0.000	0.000
54	0.003	0.001			

5.3.2.2 ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมจากแรงม้าดำเนินการ

เมื่อสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2553 ได้สำเร็จแล้ว จะนำค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2553 ไปคูณกับจำนวนแรงม้ารวมของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ก็จะสามารถได้ค่าความต้องการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมของทุกประเภทอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำน่านในหน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 5-16

ตารางที่ 5-16 ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่าน

ประเภทตาม พรบ.	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)	ประเภทตาม พรบ.	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)
1	0.000	43	8.515
2	3583.959	46	0.000
3	216.420	47	1.137
4	37.473	53	16.298
5	0.000	54	0.296
6	0.743	56	12.133
8	171.233	57	165.596
9	416.010	58	0.040
10	102.571	62	0.430
11	1224.295	64	55.546
12	0.541	65	721.795
13	6.256	66	725.200
14	246.122	68	210.128
15	37.688	69	0.659
16	0.000	70	0.351
20	9.613	71	2.439
21	0.000	74	11.122
22	253.685	81	0.576
25	0.000	84	0.000
29	2.890	88	21.131
31	0.000	89	1.437
34	40.472	91	162.285
35	0.000	92	10.808
37	354.075	94	0.000
38	507.781	99	0.000
41	0.345	105	31.979
42	16.115	106	101.834

จากการศึกษาความต้องการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553 พบว่าความต้องการใช้น้ำรวมภาคอุตสาหกรรมเท่ากับ 9,490.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวันหรือคิดเป็น 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยส่วนใหญ่ประเภทอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่านที่มีความต้องการใช้น้ำสูงคืออุตสาหกรรมประเภทผลผลิตทางการเกษตรเกี่ยวกับเมล็ดพันธุ์พืช เช่น การสีข้าว การอบเมล็ดพันธุ์พืช เป็นต้น และอุตสาหกรรมประเภทการซ่อมแซมเครื่องจักรกลการเกษตร จากตารางแสดงผลความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรม จะเห็นได้ว่า ลุ่มน้ำน่านเป็นลุ่มน้ำที่มีจำนวนอุตสาหกรรมไม่มากนัก ทำให้ความต้องการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมไม่มากเท่ากับลุ่มน้ำอื่นๆ เช่น ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งมีจำนวนอุตสาหกรรม และความต้องการใช้น้ำที่มากกว่า

5.1.3 ความต้องการใช้น้ำภาคอุปโภค-บริโภคของลุ่มน้ำน่าน

ความต้องการใช้น้ำของภาคอุปโภค-บริโภค หมายถึงข้อมูลการใช้น้ำภายในครัวเรือน และการใช้น้ำเพื่อการบริการและการท่องเที่ยว โดยหลักการหาความต้องการใช้น้ำในภาคอุปโภค-บริโภคนี้มีความซับซ้อนและสามารถคำนวณได้จากหลากหลายวิธี เนื่องจากข้อมูลความต้องการใช้น้ำรายบุคคลในการทำกิจกรรมหนึ่งๆ ไม่สามารถหาได้โดยละเอียด เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำภาคอุปโภค-บริโภคจะต้องแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนภายในครัวเรือน และส่วนเพื่อการบริการและการท่องเที่ยว ส่วนภายในครัวเรือนจะใช้ข้อมูลความต้องการใช้น้ำรายบุคคล ในหน่วย ลิตรต่อคนต่อวัน (Liter per capita per day, Lpcd) และจำนวนประชากรจากหน่วยปฏิบัติการวิจัยแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2554) และกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (กรมการปกครอง, 2553) ตามลำดับ ซึ่งความละเอียดของข้อมูลถึงในระดับตำบล ของแต่ละจังหวัดในประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 และส่วนเพื่อการบริการและการท่องเที่ยว จะใช้ข้อมูลความต้องการใช้น้ำและจำนวนผู้ใช้บริการจากภาคการศึกษา ภาคการท่องเที่ยว และภาคสาธารณสุข จากการตั้งสมมติฐานความต้องการใช้น้ำและการศึกษาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และสำนักงานสถิติแห่งชาติ ตามลำดับ

5.3.3.1 ความต้องการใช้น้ำส่วนภายในครัวเรือน

การคำนวณหาความต้องการใช้น้ำส่วนภายในครัวเรือน จำเป็นต้องทราบข้อมูลจำนวนประชากรในพื้นที่จังหวัดต่างๆที่อยู่ในลุ่มน้ำ และความต้องการใช้น้ำรายบุคคลในแต่ละตำบล โดยใช้ข้อมูลจากกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (กรมการปกครอง, 2553) และหน่วยปฏิบัติการวิจัยแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2554) ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในรูปของทุกตำบลในประเทศไทย ดังนั้นจะต้องทำการตัดเฉพาะพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือลุ่มน้ำน่านออกมา และทำการคำนวณความต้องการใช้น้ำภาคบริการในส่วนภายในครัวเรือน โดยนำจำนวนประชากรรายตำบลในลุ่มน้ำคูณกับความต้องการใช้น้ำรายบุคคลในแต่ละตำบล ซึ่งสามารถสรุปความต้องการใช้น้ำภาคบริการในส่วนภายในครัวเรือนในแต่ละจังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำได้ในตารางที่ 5-17 โดยมีรายละเอียดทั้งหมดในภาคผนวก จ

ตารางที่ 5-17 ความต้องการใช้น้ำภายในครัวเรือนในลุ่มน้ำน่าน

พื้นที่จังหวัดในลุ่มน้ำ	จำนวนประชากร	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)
น่าน	586,398	70,013
แพร่	73,491	8,403
พะเยา	32,305	4,467
เลย	33,574	3,600
สุโขทัย	51,437	7,319
อุตรดิตถ์	527,480	67,999
เพชรบูรณ์	215,761	29,397
กำแพงเพชร	195,907	27,504
พิษณุโลก	889,089	138,300
พิจิตร	415,865	52,526
นครสวรรค์	201,230	29,011

จะเห็นได้ว่า ถ้าหากทำการรวมความต้องการใช้น้ำภายในครัวเรือนทั้งหมดจะเท่ากับ 438,539.11 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือเท่ากับ 160 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เมื่อพิจารณาความต้องการใช้น้ำส่วนครัวเรือนที่มีความต้องการใช้น้ำในการอุปโภค-บริโภคที่สูงคือ จังหวัดพิษณุโลก เนื่องจากมีความต้องการใช้น้ำรายบุคคลอยู่ระหว่าง 120 – 170 ลิตรต่อคนต่อวัน และมีจำนวนประชากรถึง 889,089 คน ซึ่งอาศัยอยู่ในลุ่มน้ำ จึงทำให้ความต้องการใช้น้ำในจังหวัดนี้อยู่ในอัตราที่สูง รองลงมาคือจังหวัดน่าน และอุตรดิตถ์ ซึ่งมีความต้องการใช้น้ำรายบุคคลอยู่ระหว่าง 50 – 170 ลิตรต่อคนต่อวัน และเนื่องจากเนื้อที่จังหวัดน่าน และจังหวัดอุตรดิตถ์ ส่วนใหญ่อยู่ในลุ่มน้ำน่าน จึงทำให้มีจำนวนประชากรที่สูง ส่งผลทำให้ความต้องการใช้น้ำจึงสูงตาม

5.3.3.2 ความต้องการใช้น้ำเพื่อการบริการและการท่องเที่ยว

การคำนวณหาความต้องการใช้น้ำเพื่อการบริการและการท่องเที่ยว จะไม่สามารถคำนวณหาละเอียดในระดับลุ่มน้ำได้ เนื่องจากไม่มีการจัดทำเป็นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเชิงพื้นที่ จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูล 4 จังหวัดเป็นตัวแทนในการศึกษาความต้องการใช้น้ำเพื่อการบริการและการท่องเที่ยวปี พ.ศ. 2553 ได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดพิจิตร โดยการคำนวณความต้องการใช้น้ำในส่วนนี้จะต้องทำการแบ่งการคิดออกมาเป็น 3 ส่วนได้แก่ ส่วนการท่องเที่ยว ส่วนการบริการสาธารณสุข และส่วนการศึกษา โดยจำนวนบุคลากรมาจากหน่วยงานต้นสังกัด และความต้องการใช้น้ำจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ และการตั้งสมมติฐานและการศึกษาจาก

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับ ซึ่งส่วนการท่องเที่ยวจำเป็นต้องทราบข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวและนักทัศนาจร จากกรมการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา (กรมการท่องเที่ยว, 2553) ส่วนการบริการสาธารณสุขจำเป็นต้องทราบข้อมูลจำนวนผู้ป่วยใน และจำนวนผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาลจากกระทรวงสาธารณสุข (กรมการแพทย์, 2553) และส่วนการศึกษาจำเป็นต้องทราบข้อมูลจำนวนนักเรียนและนักศึกษา จำนวนครูและอาจารย์ จากกระทรวงศึกษาธิการ (กรมการศึกษา, 2553)

1) ความต้องการใช้น้ำส่วนการท่องเที่ยว

ก่อนที่จะเริ่มทำการคำนวณความต้องการใช้น้ำส่วนการท่องเที่ยว จำเป็นต้องทราบนิยามของคำว่านักท่องเที่ยวกับนักทัศนาจรก่อน เพื่อทำให้สามารถกำหนดความต้องการใช้น้ำได้อย่างถูกต้อง โดยนิยามของคำว่า “นักท่องเที่ยว” หมายถึง ผู้เดินทางมาเยือนชั่วคราว โดยพำนักอยู่ในประเทศหรือจังหวัดที่มาเยือนมากกว่า 24 ชั่วโมง และนิยามของคำว่า “นักทัศนาจร” หมายถึง ผู้เดินทางมาเยือนชั่วคราวที่พำนักอยู่ในประเทศหรือจังหวัดที่มาเยือนน้อยกว่า 24 ชั่วโมง (กรมการท่องเที่ยว, 2553)

การคำนวณหาความต้องการใช้น้ำสำหรับส่วนการท่องเที่ยวปี พ.ศ. 2553 จากข้อมูลการวิจัยของกรมการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาพบว่า นักท่องเที่ยวจะมีความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย 350 ลิตรต่อคนต่อวัน โดยพิจารณาจากอัตราการใช้น้ำของนักท่องเที่ยวที่พักในโรงแรมคิดเป็น 300 ถึง 400 ลิตรต่อคนต่อวัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2540) ส่วนนักทัศนาจรที่ไม่พักค้างคืน ข้อมูลจากกรมโยธาธิการและผังเมืองพบว่า นักทัศนาจรจะมีการต้องการใช้น้ำอัตราเฉลี่ย 30 ลิตรต่อคนต่อวัน (กรมโยธาธิการ, 2536)

สิ่งแรกที่ต้องทราบข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำคือ จำนวนนักท่องเที่ยวและจำนวนนักทัศนาจรในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งการศึกษานี้จะใช้ตัวแทน 4 จังหวัด โดยมีข้อมูลแสดงในตารางที่ 5-18 ดังนี้

ตารางที่ 5-18 จำนวนนักท่องเที่ยวและนักทัศนาจรในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553
(กรมการท่องเที่ยว, 2553)

จังหวัด	น่าน	อุตรดิตถ์	พิษณุโลก	พิจิตร
จำนวนนักท่องเที่ยว (คน)	228,127	417,712	1,318,738	135,916
จำนวนนักทัศนาจร (คน)	47,263	153,107	838,076	144,578

แต่ข้อจำกัดของการศึกษาความต้องการใช้น้ำของส่วนการท่องเที่ยวคือ จะไม่สามารถทราบวันที่นักท่องเที่ยวและนักทัศนาจรเข้ามาท่องเที่ยวหรือเยี่ยมเยียน รวมถึงมาพักค้างคืนกี่วัน ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลการพักค้างคืนเป็นการยากที่จะสามารถทำการสำรวจได้ ดังนั้น เพื่อความ

เหมาะสมในการวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำในส่วนการท่องเที่ยว จะทำการตั้งสมมติฐานว่าสำหรับนักท่องเที่ยว จะมีช่วงที่นักท่องเที่ยวนิยมมาท่องเที่ยวที่เรียกว่า Hi season ซึ่งจะเริ่มต้นเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน มีจำนวน 180 วัน ซึ่งจะเป็นช่วงที่มีความต้องการใช้น้ำมาก จึงทำการเฉลี่ยจำนวนนักท่องเที่ยวทั้งหมดใน 4 จังหวัดใน 180 วัน เพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์ สำหรับนักทัศนาจร จะถือว่ามีการมาเยี่ยมเยียนทุกวันคือ 365 วัน จากการตั้งสมมติฐานนี้ จะสามารถทำการหาความต้องการใช้น้ำของส่วนการท่องเที่ยวได้ดังนี้

ตารางที่ 5-19 ความต้องการใช้น้ำของนักท่องเที่ยวต่อวันและต่อปี โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	Lpcd	จำนวนนักท่องเที่ยวต่อปี	จำนวนนักท่องเที่ยวต่อวัน	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./ปี)
น่าน	350	228,127	1,267	444	161,907
อุตรดิตถ์	350	417,712	2,321	812	296,459
พิษณุโลก	350	1,318,738	7,326	2,564	935,938
พิจิตร	350	135,916	755	264	96,463

ตารางที่ 5-20 ความต้องการใช้น้ำของนักทัศนาจรต่อวันและต่อปี โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	Lpcd	จำนวนนักทัศนาจรต่อปี	จำนวนนักทัศนาจรต่อวัน	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./ปี)
น่าน	30	47,263	129	4	1,418
อุตรดิตถ์	30	153,107	419	17	6,205
พิษณุโลก	30	838,076	2296	69	25,185
พิจิตร	30	144,578	396	12	4,380

จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการรวมความต้องการใช้น้ำของนักท่องเที่ยวและนักทัศนาจรทั้งหมดจะเท่ากับ 1,490,767 และ 37,188 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ โดยจังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำสูงที่สุดทั้งในส่วนนักท่องเที่ยวและนักทัศนาจรคือ จังหวัดพิษณุโลก อันเนื่องมาจากจังหวัดพิษณุโลก มีสถานที่ท่องเที่ยวที่มีความสำคัญ โดดเด่น และมีประวัติศาสตร์ที่ยาวนาน เช่น พระพุทธชินราช เป็นต้น ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการหารายได้ประชาชาติภาคบริการของลุ่มน้ำน่าน ซึ่งจะเห็นว่าความต้องการใช้น้ำต่อปีเท่ากับ 935,938 ลูกบาศก์เมตรต่อปี คิดเป็นร้อยละ 63 ของความต้องการใช้น้ำในส่วนนักท่องเที่ยว และ 25,185 ลูกบาศก์เมตรต่อปี คิดเป็นร้อยละ 68 ของความต้องการใช้น้ำในส่วน

นักทัศนาจร ตามลำดับ ดังนั้น จังหวัดพิษณุโลก ถือว่าเป็นจังหวัดที่มีความสำคัญต่อการกำหนดความต้องการใช้น้ำส่วนนักท่องเที่ยวของลุ่มน้ำเลยทีเดียว

2) ความต้องการใช้น้ำส่วนการบริการสาธารณสุข

การคำนวณหาความต้องการใช้น้ำส่วนการบริการสาธารณสุข จากข้อมูลความต้องการใช้น้ำของกระทรวงสาธารณาสุขปี พ.ศ. 2553 พบว่า ผู้ป่วยในในโรงพยาบาล จะมีความต้องการใช้น้ำ 200 ลิตรต่อคนต่อวัน (กรมการแพทย์, 2555) สำหรับผู้ป่วยนอกในโรงพยาบาลจะมีความต้องการใช้น้ำเหมือนนักทัศนาจรคือ 30 ลิตรต่อคนต่อวัน (กรมโยธาธิการ, 2536) แต่ข้อจำกัดในการศึกษาความต้องการใช้น้ำของส่วนการบริการสาธารณสุขคือ จะไม่สามารถทราบวันที่ผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอกเข้ามารักษาพยาบาลได้ จึงต้องตั้งสมมติฐานว่า ทุกวันจะมีผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอกเข้ามารักษาพยาบาลทุกวันทั้งหมด 365 วัน เพราะเป็นความไม่แน่นอน เนื่องจากไม่สามารถกำหนดการป่วยของคนแต่ละคนได้ จากการกำหนดข้อมูลทั้งหมดนี้เราจะสามารถทราบความต้องการใช้น้ำส่วนการบริการสาธารณสุขได้ดังนี้

ตารางที่ 5-21 จำนวนผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอกของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553 (กรมการแพทย์, 2553)

จังหวัด	จำนวนผู้ป่วยนอกต่อปี (คน)	จำนวนผู้ป่วยนอกต่อวัน (คน)	จำนวนผู้ป่วยในต่อปี (คน)	จำนวนผู้ป่วยในต่อวัน (คน)
น่าน	1,221,728	3,347	170,092	466
อุตรดิตถ์	1,852,631	5,076	100,284	275
พิษณุโลก	2,792,801	7,652	219,477	601
พิจิตร	2,100,742	5,755	109,007	299

ตารางที่ 5-22 ความต้องการใช้น้ำของผู้ป่วยนอกปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	จำนวนผู้ป่วยนอกต่อวัน (คน)	Lpcd	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./ปี)
น่าน	3,347	30	100	36,652
อุตรดิตถ์	5,076	30	152	55,579
พิษณุโลก	7,652	30	230	83,784
พิจิตร	5,755	30	173	63,022

ตารางที่ 5-23 ความต้องการใช้น้ำของผู้ป่วยในปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	จำนวนผู้ป่วยในต่อวัน (คน)	Lpcd	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./ปี)
น่าน	466	200	93	34,018
อุตรดิตถ์	275	200	55	20,057
พิษณุโลก	601	200	120	43,895
พิจิตร	299	200	60	21,801

จากการพิจารณาความต้องการใช้น้ำส่วนการบริการสาธารณสุข จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการรวมความต้องการใช้น้ำของผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยในทั้งหมดของพื้นที่ลุ่มน้ำจะเท่ากับ 239,037 และ 119,772 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งถือว่าความต้องการใช้น้ำของส่วนการบริการสาธารณสุขจะมีค่าไม่สูงเท่ากับส่วนการท่องเที่ยวเพราะจำนวนนักท่องเที่ยวกับจำนวนผู้ป่วยมีจำนวนแตกต่างกันมาก แม้ว่าความต้องการใช้น้ำต่อลิตรต่อคนต่อวันจะค่อนข้างมีค่าใกล้เคียงกับส่วนการท่องเที่ยวก็ตาม และเมื่อพิจาณาความต้องการใช้น้ำของผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยในของ 4 จังหวัดพบว่า จังหวัดพิษณุโลก จะมีความต้องการใช้น้ำมากที่สุด เนื่องจากมีจำนวนผู้ป่วยนอกและในมีจำนวนมากที่สุดนั่นเอง

3) ความต้องการใช้น้ำส่วนการศึกษา

การคำนวณหาความต้องการใช้น้ำส่วนการศึกษา เนื่องจากยังไม่มีการสำรวจความต้องการใช้น้ำภาคการศึกษา จึงจำเป็นต้องตั้งสมมติฐานการพิจารณาความต้องการใช้น้ำเหมือนนักทัศนาจร เนื่องจากมีความคล้ายคลึงตามคำนิยามของนักทัศนาจร (กรมโยธาธิการ, 2536) ดังนั้นจะให้นักเรียน นักศึกษา และครูอาจารย์ มีความต้องการใช้น้ำ 30 ลิตรต่อคนต่อวัน และจะต้องตั้งสมมติฐานอีกว่าใน 1 ปี สถานศึกษาจะเปิดภาคการศึกษา 2 ภาคการศึกษา ภาคการศึกษาละ 4.5 เดือน ได้แก่ ภาคการศึกษาที่ 1 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนเดือนสิงหาคม และภาคการศึกษาที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ดังนั้นใน 1 ปี สถานศึกษาจะมีความต้องการใช้น้ำเท่ากับ 9 เดือน เดือนละ 20 วัน ไม่นับวันหยุดวันเสาร์และวันอาทิตย์ รวมเป็นวันทั้งหมด 180 วัน จึงสามารถทราบความต้องการใช้น้ำส่วนการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 5-24 จำนวนและความต้องการใช้น้ำของนักเรียน โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553 (กรมการศึกษา, 2553)

จังหวัด	Lpcd	จำนวนนักเรียน (คน)	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./ปี)
น่าน	30	8,688	261	46,915
อุตรดิตถ์	30	9,708	291	52,380
พิษณุโลก	30	3,240	97	17,460
พิจิตร	30	20,218	607	109,177
รวม		41,854	1,255	225,932

ตารางที่ 5-25 จำนวนและความต้องการใช้น้ำของครู อาจารย์ โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	Lpcd	จำนวนครู (คน)	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./วัน)	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./ปี)
น่าน	30	1,266	38	6,836
อุตรดิตถ์	30	1,152	35	6,300
พิษณุโลก	30	1,726	52	9,360
พิจิตร	30	1,893	57	10,222
รวม		6,037	182	32,719

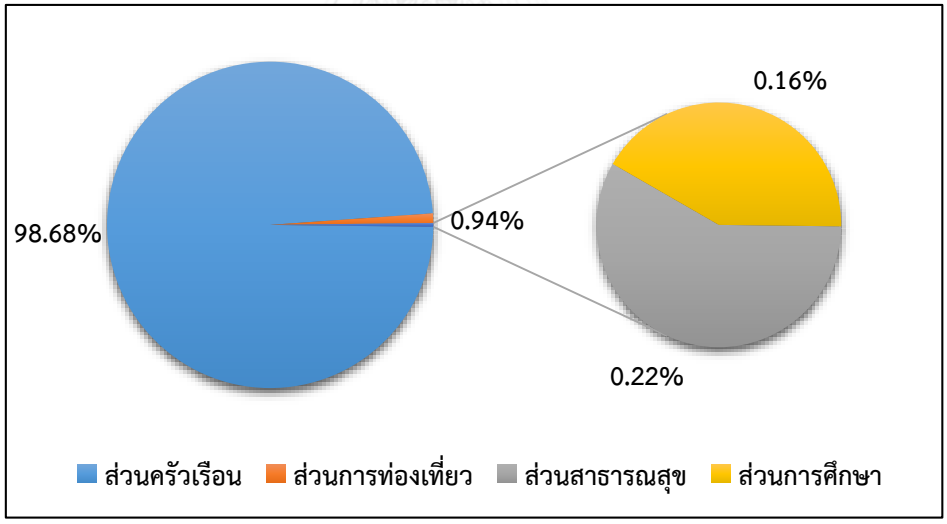
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อพิจารณาความต้องการใช้น้ำส่วนการศึกษาพบว่า เมื่อทำการรวมความต้องการใช้น้ำของนักเรียนและครู อาจารย์ทั้งหมดจะเท่ากับ 225,932 และ 32,719 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความต้องการใช้น้ำกับส่วนอื่นๆในภาคบริการ จะเห็นได้ว่า ความต้องการใช้น้ำของภาคการศึกษาถือได้ว่าเป็นภาคส่วนที่มีความต้องการใช้น้ำน้อยที่สุด เนื่องจากความต้องการใช้น้ำของส่วนการศึกษาจะมีค่าเท่ากับนักทัศนาจรคือ 30 ลิตรต่อคนต่อวัน แม้ว่าจำนวนนักเรียนจะมากกว่าจำนวนผู้ป่วยก็ตาม และเมื่อพิจารณาความต้องการใช้น้ำส่วนการศึกษาทั้ง 4 จังหวัดในลุ่มน้ำพบว่าจังหวัดพิจิตร จะมีความต้องการใช้น้ำมากที่สุด เนื่องจากมีจำนวนนักเรียนและครู อาจารย์มากที่สุด

ตารางที่ 5-26 สรุปความต้องการใช้น้ำภาคบริการของลุ่มน้ำน่าน

ส่วนการใช้น้ำ	ความต้องการใช้น้ำ (ลบ.ม./ปี)
ส่วนครัวเรือน	160,066,775
ส่วนการท่องเที่ยว	1,527,954
ส่วนสาธารณสุข	358,809
ส่วนการศึกษา	258,651
รวม	162,212,189

จากการศึกษาความต้องการใช้น้ำของภาคบริการทั้งหมดได้แก่ ส่วนภายในครัวเรือน และส่วนเพื่อการบริการและการท่องเที่ยว ซึ่งสรุปความต้องการใช้น้ำในตารางที่ 5-26 พบว่า ใน 1 ปีภาคบริการจะมีความต้องการใช้น้ำเท่ากับ 162,212,190 ลูกบาศก์เมตรต่อปีหรือประมาณ 162 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 ภาคส่วนคือ ภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรม ถือว่ามีความต้องการใช้น้ำน้อยที่สุด แต่เป็นภาคส่วนที่ไม่ควรขาดน้ำมากที่สุดเพราะภาคส่วนนี้มีการอุปโภค-บริโภคของประชาชนรวมอยู่ด้วย



รูปที่ 5-4 เปอร์เซ็นต์ความต้องการใช้น้ำภาคบริการของลุ่มน้ำน่าน

5.2 การหารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่าน

เนื่องจากลุ่มน้ำน่านประกอบด้วย 11 จังหวัดที่คาบเกี่ยวกันอยู่ ทำให้การหารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำจำเป็นต้องพิจารณาตามความเป็นจริงของพื้นที่จังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำ โดยไม่สามารถใช้รายได้ประชาชาติจังหวัด (Gross Province Product, GPP) มาใช้ในการหารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำได้โดยตรง โดยในส่วนนี้จะทำการวิเคราะห์หารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่าน

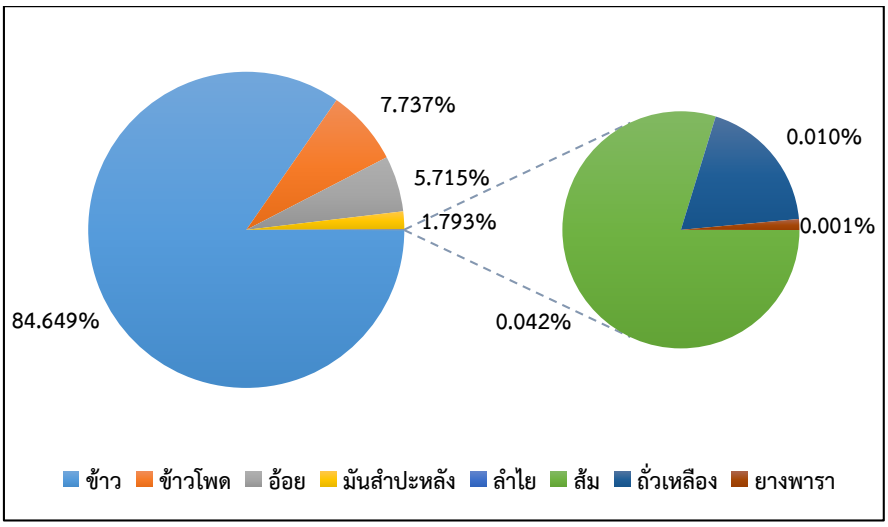
ใน 3 ภาคส่วนหลักคือ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการของลุ่มน้ำน่าน โดยใช้ตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 เป็นฐานในการวิเคราะห์

5.2.1 รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำภาคเกษตรกรรม

ภาคเกษตรกรรมของลุ่มน้ำน่าน จะประกอบไปด้วย การทำการเกษตรกรรมโดยการปลูกพืชชนิดต่างๆ และการทำปศุสัตว์ การหารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำภาคเกษตรกรรม จะใช้ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 จากกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552) มาทำการหาพื้นที่ที่ทำการปลูกพืชต่างๆในลุ่มน้ำน่าน และใช้ข้อมูลผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิด (yield of product) ในจังหวัดต่างๆ จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปี พ.ศ. 2553 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) และราคาสินค้าเกษตรต่างๆ จากกรมการค้าภายในปี พ.ศ. 2553 (กรมการค้าภายใน, 2553) แต่เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกบางพื้นที่ มีการทับซ้อนกันในจังหวัดที่ติดกัน จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (GISTDA) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2553) มาทำการจำแนกพื้นที่ที่มีการทับซ้อนกันว่า พื้นที่ที่มีการทับซ้อนอยู่ในจังหวัดอะไร เนื่องจากผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดของแต่ละจังหวัดไม่เท่ากันนั่นเอง แต่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก GISTDA มีข้อจำกัด เนื่องจาก GISTDA มีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเฉพาะพืชเศรษฐกิจ 4 ชนิดได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถหาพื้นที่เพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดในลุ่มน้ำน่านได้ดังตารางที่ 5-27 และรูปที่ 5-5

ตารางที่ 5-27 เนื้อที่การเพาะปลูกของพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน

ชนิดพืช	เนื้อที่การเพาะปลูก (ไร่)
ข้าว	24,565,131
ข้าวโพด	2,245,278
อ้อย	1,658,417
มันสำปะหลัง	520,473
ลำไย	15,375
ส้ม	12,323
ถั่วเหลือง	2,906
ยางพารา	230



รูปที่ 5-5 เนื้อที่เพาะปลูกของพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

จะเห็นได้ว่าพืชเศรษฐกิจหลักของลุ่มน้ำน่านที่มีพื้นที่การปลูกมากที่สุดคือ ข้าว อ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง แต่ในการวิเคราะห์พื้นที่เพาะปลูกของข้าว จำเป็นต้องทำการคิดพื้นที่การเพาะปลูกข้าวออกเป็น 2 ส่วนคือ พื้นที่การปลูกข้าวนาปี และพื้นที่การปลูกข้าวนาปรัง เนื่องจากการปลูกข้าวนาปีและข้าวนาปรัง มีช่วงเวลาการปลูกไม่เหมือนกัน โดยการปลูกข้าวนาปีส่วนใหญ่จะปลูกในช่วงฤดูฝน เป็นการทำนาในฤดูกาลปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้นไม่เกินเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนการปลูกข้าวนาปรังส่วนใหญ่จะปลูกในช่วงฤดูแล้ง เป็นการทำนานอกฤดูกาลปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม ในบางท้องที่จะเก็บเกี่ยวอย่างช้าที่สุดไม่เกินเดือนเมษายน ซึ่งการปลูกข้าวนาปรังจะทำในเขตพื้นที่ชลประทานเท่านั้น เนื่องจากมีน้ำในการหล่อเลี้ยงต้นข้าวนั่นเอง

เมื่อทำการหาพื้นที่เพาะปลูกพืชแต่ละชนิดได้แล้ว จะนำพื้นที่เพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดคูณกับผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิด จะได้เป็นผลผลิต (product) หน่วยเป็น กิโลกรัม (kg) โดยจะทำการแสดงตารางค่าผลผลิตต่อไร่ของพืชแต่ละชนิดในแต่ละจังหวัด พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตของพืชแต่ละชนิด โดยจะทำการแสดงตัวอย่างการคำนวณข้าวนาปีดังตารางที่ 5-28

ตารางที่ 5-28 ตัวอย่างการคำนวณข้าวนาปี

จังหวัดในลุ่มน้ำ	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัมต่อไร่)	แปลงหน่วยเป็นตัน	ราคาข้าว (บาท/ตัน)	ต้นทุนและมูลค่าเพิ่มของข้าว (บาท)
จ.กำแพงเพชร	157,581	543	85,566	8,050	688,810,524
จ.พิจิตร	1,949,974	535	1,043,235	7,800	8,137,240,356
จ.นครสวรรค์	76,782	533	40,924	8,012.5	327,909,532
จ.เพชรบูรณ์	84,624	566	47,896	8,012.5	383,774,488
จ.พิษณุโลก	4,043,416	567	2,292,616	8,000	18,340,933,043
จ.น่าน	315,599	553	174,526	8,012.5	1,398,391,792
จ.อุตรดิตถ์	585,839	588	344,473	8,012.5	2,760,091,819
					32,037,151,554

จากนั้นเมื่อสามารถทราบผลผลิตของพืชแต่ละชนิด จะนำราคาของพืชแต่ละชนิดในแต่ละจังหวัดมาคูณเพื่อหาราคาว่าผลผลิตทั้งหมดมีราคาเท่าไหร่ โดยแต่ละจังหวัดจะมีราคาสินค้าเกษตรในราคาตลาดไม่เท่ากัน แต่สินค้าเกษตรบางชนิดบางจังหวัดก็ไม่มีข้อมูลราคา จึงใช้สมมุติฐานว่าราคาพืชชนิดนั้นจะมีราคาเท่ากับจังหวัดใกล้เคียง

การหารายได้ประชาชาติในส่วนของการทำปศุสัตว์นั้น จะมีความแตกต่างจากการหารายได้ประชาชาติของพืชเกษตร เนื่องจากข้อมูลการทำปศุสัตว์นั้น ไม่มีข้อมูลพื้นที่การทำปศุสัตว์ที่ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับพืชเกษตรที่สามารถใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการศึกษานี้จึงตั้งสมมติฐานว่าจะใช้ข้อมูลการทำปศุสัตว์ของจังหวัดที่มีเนื้อที่ส่วนใหญ่อยู่ในลุ่มน้ำน่าน ซึ่งมีทั้งหมด 4 จังหวัดคือ จังหวัดน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดพิจิตร โดยใช้ข้อมูลจำนวนของสัตว์ต่างๆในพื้นที่จังหวัดจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปี พ.ศ. 2553 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

เมื่อทราบราคารวมของสินค้าเกษตรทั้งหมด และราคารวมจากผลผลิตจากการทำปศุสัตว์ ตัวเลขราคาที่ได้นั้นยังไม่ถือว่าเป็นรายได้ประชาชาติภาคเกษตรกรรมของลุ่มน้ำน่าน เพราะตัวเลขที่ออกมานั้นเป็นตัวเลขที่รวมค่าของต้นทุน (cost) กับมูลค่าเพิ่ม (value added) ซึ่งมูลค่าเพิ่มนั่นก็คือรายได้ประชาชาติ ดังนั้นจำเป็นต้องหาต้นทุนของแต่ละการปลูกพืชแต่ละชนิด และการทำปศุสัตว์ต่างๆ ซึ่งต้นทุนหลักของการปลูกพืชแต่ละชนิดคือ ต้นทุนเมล็ดพันธุ์ ต้นทุนจากปุ๋ย และเครื่องจักรในการทำการเพาะปลูก ส่วนต้นทุนหลักของการทำปศุสัตว์คือ ต้นทุนอาหารสัตว์ที่มีทั้งพืชและอาหารเสริมต่างๆ การหาตัวเลขต้นทุนนั้นจะทำการหาจากตารางปัจจัยการผลิตปี พ.ศ. 2553 (สำนักงาน

คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) โดยในตารางปัจจัยการผลิตจะแบ่งประเภทของเกษตรกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นของทั้งประเทศไว้ โดยวิธีการหาต้นทุนของสินค้าเกษตร และการทำปศุสัตว์นั้น จะทำโดยการนำค่าผมรวมของต้นทุนกับมูลค่าเพิ่มของสินค้าเกษตรชนิดต่างๆในตารางปัจจัยการผลิตของประเทศปี พ.ศ. 2553 มาหักลบกับมูลค่าเพิ่มของสินค้าเกษตรชนิดนั้นๆ จึงจะได้ต้นทุนที่แท้จริงของสินค้าเกษตรชนิดนั้นออกมา จากนั้นคำนวณต้นทุนออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อจะนำไปคูณกับผลรวมของต้นทุนกับมูลค่าเพิ่มของสินค้าเกษตรของลุ่มน้ำน่านที่หาออกมาดังแสดงในตาราง ที่ 5-29

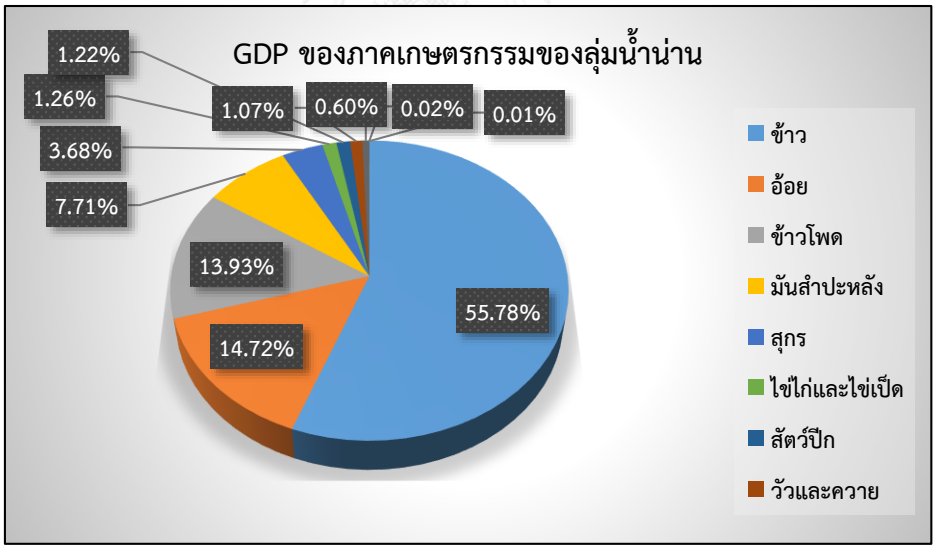
ตารางที่ 5-29 ต้นทุนและมูลค่าเพิ่มของสินค้าเกษตรของลุ่มน้ำน่าน

พืชในพื้นที่ลุ่มน้ำ	ต้นทุนของสินค้าเกษตร (บาท)	ต้นทุนและมูลค่าเพิ่มของสินค้าเกษตร (บาท)
ข้าว	10,591,188,754	34,806,540,941
อ้อย	4,571,361,866	10,961,096,264
ข้าวโพด	4,031,090,621	10,077,726,551
สุกร	2,924,628,126	4,521,352,500
มันสำปะหลัง	1,870,761,065	5,218,715,469
ไข่ไก่และไข่เป็ด	1,337,902,056	1,884,377,550
สัตว์ปีก	806,192,768	1,336,896,669
ไม้ผล	166,701,058	427,787,173
วัวและควาย	155,587,015	620,015,670
ถั่วเหลือง	5,936,044	12,721,350
ยางพารา	1,740,975	8,164,687

เมื่อสามารถหาต้นทุนของสินค้าเกษตร และปศุสัตว์ได้แล้ว จึงนำต้นทุนที่หาได้ไปหักลบกับค่าของต้นทุนกับมูลค่าเพิ่มของสินค้าเกษตรของลุ่มน้ำน่าน จึงจะได้รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านภาคเกษตรกรรม ซึ่งจะแสดงในตารางที่ 5-30 และรูปที่ 5-6

ตารางที่ 5-30 รายได้ประชาชาติของภาคเกษตรกรรมของลุ่มน้ำน่าน

การเพาะปลูกพืช	GDP ภาคเกษตรกรรม (บาท)
ข้าว	24,215,352,187
อ้อย	6,389,734,399
ข้าวโพด	6,046,635,931
มันสำปะหลัง	3,347,954,404
สุกร	1,596,724,374
ไข่ไก่และไข่เป็ด	546,475,494
สัตว์ปีก	530,703,901
วัวและควาย	464,428,655
ไม้ผล	261,086,116
ถั่วเหลือง	6,785,306
ยางพารา	6,423,712
รวม	43,412,304,478



รูปที่ 5-6 เปอร์เซ็นต์รายได้ประชาชาติภาคเกษตรกรรมของลุ่มน้ำน่าน

จะเห็นได้ว่ารายได้ประชาชาติของสินค้าเกษตรของลุ่มน้ำน่าน ข้าวถือเป็นสินค้าเกษตรที่มีรายได้ประชาชาติสูงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง คิดเป็นมูลค่า 24,215 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 55.78 ของลุ่มน้ำ เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่างตั้งแต่จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิจิตร และจังหวัดนครสวรรค์ เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวมากที่สุด เนื่องจากมีแหล่งน้ำจากโครงการชลประทาน

เพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืชทั้ง การเพาะปลูกข้าวนาปี และการเพาะปลูกข้าวนาปรัง สินค้าเกษตรที่มีรายได้ประชาชาติรองมาคือ อ้อย คิดเป็นมูลค่า 6,389 ล้านบาท เป็นร้อยละ 14.72 ข้าวโพด คิดเป็นมูลค่า 6,046 ล้านบาท เป็นร้อยละ 14.72 และมันสำปะหลัง คิดเป็นมูลค่า 3,348 ล้านบาท เป็นร้อยละ 13.93 เมื่อรวมมูลค่าทั้ง 4 พืชจะเท่ากับ 40,000 ล้านบาท เป็นร้อยละ 92.14 ของลุ่มน้ำน่านเลยทีเดียว ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้ง 4 พืชที่ได้กล่าวมาล้วนแต่เป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นรายได้หลักของประเทศไทย

รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านที่ถัดมาจาก 4 พืชเศรษฐกิจคือ การทำปศุสัตว์ ซึ่งจะประกอบไปด้วย การผลิตโคเนื้อ นมดิบจากโคนม กระบือ สุกร ไก่เนื้อ ไก่พื้นเมือง เป็ดเนื้อ ไข่ไก่ และไข่เป็ด ซึ่งในกรณีการศึกษานี้จะทำการจัดหมวดหมู่การทำปศุสัตว์ออกมาเป็น 4 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือกลุ่มโคและกระบือ กลุ่มที่สองคือกลุ่มสุกร กลุ่มที่สามคือกลุ่มสัตว์ปีก และกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มการผลิตไข่ไก่และไข่เป็ด การจัดกลุ่มออกมาเป็น 4 กลุ่มก็เพื่อให้ตรงกับการแบ่งประเภทในตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทยเพื่อมีความสอดคล้องในการหาต้นทุนการผลิตของการทำปศุสัตว์นั่นเอง จากผลการวิเคราะห์รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านของการทำปศุสัตว์ จะเห็นได้ว่า การผลิตสุกร มีรายได้ประชาชาติเป็นอันดับหนึ่งของการทำปศุสัตว์ คิดเป็นมูลค่า 1,527 ล้านบาท เป็นร้อยละ 3.68 ของลุ่มน้ำ การที่รายได้ประชาชาติของการผลิตสุกรเป็นอันดับหนึ่ง เนื่องจากจำนวนของสุกรในพื้นที่ 4 จังหวัดหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำมีจำนวนค่อนข้างมาก และราคาหมูท้องตลาดใน 4 จังหวัดมีราคาอยู่ที่ 135-140 บาทต่อ 1 กิโลกรัม โดยคิดราคาที่ค่าเฉลี่ย 135 บาทต่อกิโลกรัม จึงทำให้มีรายได้ประชาชาติที่สูง แม้ว่าจะมีต้นทุนในการผลิตถึงร้อยละ 65 ก็ตาม รายได้ประชาชาติที่ตามมาเป็นอันดับสองและอันดับสามของการทำปศุสัตว์คือ กลุ่มการผลิตไข่ไก่ ไข่เป็ด และกลุ่มการผลิตไก่เนื้อ ไก่พื้นเมือง และเป็ดเนื้อ ซึ่งมีมูลค่า 546 ล้านบาท และ 531 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 1.26 และ 1.22 ตามลำดับ การที่รายได้ประชาชาติของกลุ่มการผลิตสัตว์ปีกและไข่เป็นอันดับสองและอันดับสาม เนื่องจากเกษตรกรมักจะทำการเกษตรผสมผสานในพื้นที่คือ ไม่ได้เพียงแค่ทำนาเพียงอย่างเดียวเหมือนในอดีต แต่มีการเลี้ยงสัตว์ปีกเพื่อรับประทานเองและขายตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง เมื่อเจาะลงไปถึงกลุ่มการผลิตสัตว์ปีกพบว่า การผลิตไก่เนื้อ จะมีมูลค่าเป็นอันดับหนึ่งของกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ตามมาด้วยการผลิตไก่พื้นเมืองและเป็ดเนื้อ ซึ่งจังหวัดที่มีจำนวนไก่เนื้อและเป็ดเนื้อมากที่สุดคือจังหวัดอุตรดิตถ์ ส่วนจังหวัดที่มีจำนวนไก่พื้นเมืองมากที่สุดคือ จังหวัดน่าน และเมื่อเจาะลงไปกลุ่มการผลิตไข่พบว่า การผลิตไข่เป็ด จะมีมูลค่าเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งจังหวัดที่มีจำนวนเป็ดไข่มากที่สุดคือจังหวัดพิจิตร และจังหวัดที่มีจำนวนไก่ไข่มากที่สุดคือ จังหวัดอุตรดิตถ์ รายได้ประชาชาติที่เป็นอันดับสุดท้ายของการทำปศุสัตว์คือ การเลี้ยงโคเนื้อ โคนม และกระบือ เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำไม่นิยมในการเลี้ยงสัตว์ประเภทนี้ในการเลี้ยงชีพ เมื่อเปรียบเทียบกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งนิยมเลี้ยงสัตว์

ประเภทนี้มากกว่า เมื่อเจาะลงไปในกลุ่มการผลิตนี้พบว่า การผลิตโคเนื้อ จะมีมูลค่าเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือการผลิตกระบือ และการผลิตโคนม ตามลำดับ

รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านที่ถัดมาจากการทำปศุสัตว์คือ การปลูกพืชไม้ผล โดยส่วนใหญ่การปลูกพืชไม้ผลหลักของลุ่มน้ำน่านคือ ลำไย ส้ม และมะม่วง ซึ่งในกรณีการศึกษานี้จะทำการรวมพืชไม้ผลเป็นกลุ่มเดียวกันเพื่อให้สอดคล้องกับตารางปัจจัยการผลิตของประเทศ โดยรวมมูลค่าทั้งลำไย และส้ม เข้าด้วยกัน ส่วนมะม่วงไม่สามารถหาข้อมูลผลผลิตต่อไร่ของพื้นที่ได้ รวมถึงการปลูกมะม่วงส่วนใหญ่จะปลูกในลักษณะตามบ้านหรือปลูกเสริมในพื้นที่เกษตรกรรมมากกว่า จากผลการวิเคราะห์รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านของการปลูกพืชไม้ผลพบว่า รายได้ประชาชาติของการปลูกพืชไม้ผลจะมีมูลค่า 261 ล้านบาท เป็นร้อยละ 0.60 ของลุ่มน้ำ ซึ่งพบว่าลำไยมีรายได้ประชาชาติมากกว่าส้ม โดยลำไยมีมูลค่าเท่ากับ 150 ล้านบาท และส้มมีมูลค่าเท่ากับ 111 ล้านบาท การที่ไม้ผลทั้ง 2 ชนิดนี้มีบทบาทสำคัญในลุ่มน้ำน่าน เนื่องจากในแถบภาคเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดน่าน มักนิยมปลูกลำไยและส้มในการหาเลี้ยงชีพและส่งออกไปขายทั้งในประเทศและต่างประเทศอีกด้วย รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านที่ถัดมาคือ ถั่วเหลือง และยางพารา ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของรายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำค่อนข้างน้อย ซึ่งพบว่าถั่วเหลืองมีมูลค่าเท่ากับ 6.7 ล้านบาท เป็นร้อยละ 0.02 และยางพารามีมูลค่าเท่ากับ 6.4 ล้านบาท เป็นร้อยละ 0.01 การที่รายได้ประชาชาติของยางพารามีมูลค่าที่น้อยที่สุด เนื่องจากประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านไม่นิยมการปลูกยางพาราเมื่อเปรียบเทียบกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ที่นิยมกันปลูกมากกว่า

5.2.2 รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำภาคอุตสาหกรรม

ภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่าน ประกอบไปด้วยอุตสาหกรรมประเภทต่างๆที่มีความหลากหลาย โดยมีทั้งอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ การวิเคราะห์หารายได้ประชาชาติของภาคอุตสาหกรรมลุ่มน้ำนั้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ที่ระบุที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อพิจารณาว่าโรงงานในจังหวัดไหนบ้างที่อยู่ในลุ่มน้ำน่านเพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยจะใช้ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2556 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2556) มาใช้ในการวิเคราะห์ การที่ต้องใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2556 มาวิเคราะห์ในครั้งนี้เนื่องจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่งทำการสำรวจที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2556 ทำให้มีฐานข้อมูลเพียงชุดเดียวที่สามารถใช้ในการหาที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมในลุ่มน้ำได้ รวมถึงต้องใช้ข้อมูลรายได้ประชาชาติจังหวัด จากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สคช.) (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) จำนวนโรงงาน จำนวนเงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงานในจังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำ จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557) และนำข้อมูลทั้งหมดเหล่านี้มาเพื่อหาความสัมพันธ์ใน

ทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb–Douglas production function ว่าสามารถใช้ทฤษฎีนี้ในการหารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำภาคอุตสาหกรรมได้หรือไม่

จากการศึกษาของ Chuenchum (2005) ได้ทำการศึกษาการหารายได้ประชาชาติของภาคอุตสาหกรรมใน 76 จังหวัด ซึ่งใช้ทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb–Douglas production function เพื่อทดสอบว่าทฤษฎีนี้สามารถใช้ในการศึกษาการหารายได้ประชาชาติของภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้หรือไม่ ซึ่งพบว่าทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb–Douglas production function สามารถแสดงผลรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของแต่ละจังหวัดได้เป็นอย่างดีทั้ง 76 จังหวัด จึงพัฒนาทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb–Douglas production function ไปใช้เป็นแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์หนึ่งของการศึกษาหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรม

ทฤษฎีปัจจัยการผลิตของ Cobb–Douglas production function เป็นแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ที่นิยมใช้เพื่อหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของจังหวัด และประเทศ ซึ่งมีตัวแปรที่สำคัญคือ ค่าสัมประสิทธิ์ค่าคงที่ 3 ค่าคือ ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งเป็นค่าคงที่ของ Cobb–Douglas ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อแรงงาน และค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของผลผลิตต่อทุน โดยมีรายละเอียดทางทฤษฎีและสูตรกล่าวไว้ในบทที่ 2 ดังนั้นในการศึกษาจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องหาค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ค่าเพื่อสามารถแทนค่าลงในสูตรของ Cobb–Douglas production function ได้ การหาค่าสัมประสิทธิ์นั้นจะต้องหาโดยการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ประชาชาติจังหวัด มูลค่าเงินทุนของอุตสาหกรรมจังหวัด และจำนวนคนงานในจังหวัด ซึ่งจะใช้ความสัมพันธ์ของ Cobb–Douglas production function ในรูปของสมการล็อกการิทึม เพื่อแปลงสมการของ Cobb–Douglas production function เป็นสมการเส้นตรง และหาค่าสัมประสิทธิ์โดยการใช้หลักการสมการเส้นตรงเชิงถดถอยหลายตัวแปร (multiple linear regression) โดยมีรายละเอียดวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ดังนี้

1. จะต้องทำการรวบรวมข้อมูลรายได้ประชาชาติจังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ในลุ่มน้ำ ซึ่งในตัวอย่างจะแสดงรายได้ประชาชาติจังหวัดสุโขทัยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – 2557 จาก (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559)

ตารางที่ 5-31 รายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของจังหวัดสุโขทัย (หน่วย: ล้านบาท)

จังหวัดสุโขทัย	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012r	2013r	2014p
เหมืองแร่	170	179	196	210	202	394	271	835	837	835
อุตสาหกรรม	1314	1397	1600	1808	2218	2673	2653	2370	2679	3044
GPP อุตสาหกรรม	1484	1576	1797	2018	2420	3067	2925	3205	3516	3879

2. ทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนโรงงาน เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงานในจังหวัด ซึ่งในตัวอย่างจะแสดงข้อมูลจากจังหวัดสุโขทัยตั้งแต่ปี 2548 – 2557 จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557)

ตารางที่ 5-32 ข้อมูลจำนวนโรงงาน เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงานในจังหวัดสุโขทัย

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
จำนวนโรงงาน	939	952	982	554	577	585	590	592	627	659
เงินทุนจดทะเบียน (ล้านบาท)	2,838	2,957	3,479	4,154	4,008	7,086	7,394	7,359	8,717	9,833
จำนวนคนงาน (คน)	7,083	6,951	7,498	7,205	6,646	6,870	6,432	6,444	6,836	7,055
ชาย	4,038	4,132	4,399	3,708	3,746	4,077	4,074	4,061	4,384	4,555
หญิง	3,045	2,819	3,099	3,497	2,900	2,793	2,358	2,383	2,452	2,500

3. ทำการจัดข้อมูลที่ได้มา โดยมีรายได้ประชาชาติจังหวัด เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงาน ซึ่งกำหนดให้รายได้ประชาชาติจังหวัดเป็นตัวแปร Q เงินทุนจดทะเบียนเป็นตัวแปร K และจำนวนคนงานเป็นตัวแปร L

ตารางที่ 5-33 จัดข้อมูลรายได้ประชาชาติจังหวัด เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงาน

	GPP (ล้านบาท)	เงินทุนจดทะเบียน (ล้านบาท)	จำนวนคนงาน (คน)
ปี พ.ศ.	Q	K	L
2548	1483.995	2,838	7,083
2549	1575.834	2,957	6,951
2550	1796.549	3,479	7,498
2551	2017.748	4,154	7,205
2552	2419.839	4,008	6,646
2553	3066.946	7,086	6,870
2554	2924.690	7,394	6,432
2555	3205.256	7,359	6,444
2556	3516.348	8,717	6,836
2557	3878.978	9,833	7,055

4. จากนั้นทำการแปลงค่าในข้อ 3 ให้เปลี่ยนอยู่ในรูปของล็อกการิทึม เพื่อให้สมการ Cobb – Douglas production function อยู่ในรูปสมการเส้นตรง Log Q= Log a + (b x Log L) + (c x Log K)

ตารางที่ 5-34 รายได้ประชาชาติจังหวัด เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงานในรูปล็อกการิทึม

ปี พ.ศ.	Log Q	Log K	Log L
2548	3.171	3.453	3.850
2549	3.198	3.471	3.842
2550	3.254	3.541	3.875
2551	3.305	3.618	3.858
2552	3.384	3.603	3.823
2553	3.487	3.850	3.837
2554	3.466	3.869	3.808
2555	3.506	3.867	3.809
2556	3.546	3.940	3.835
2557	3.589	3.993	3.848

5. จากนั้นทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ค่าโดยใช้วิธี multiple linear regression โดยสามารถใช้ฟังก์ชั่นในโปรแกรม Microsoft excel

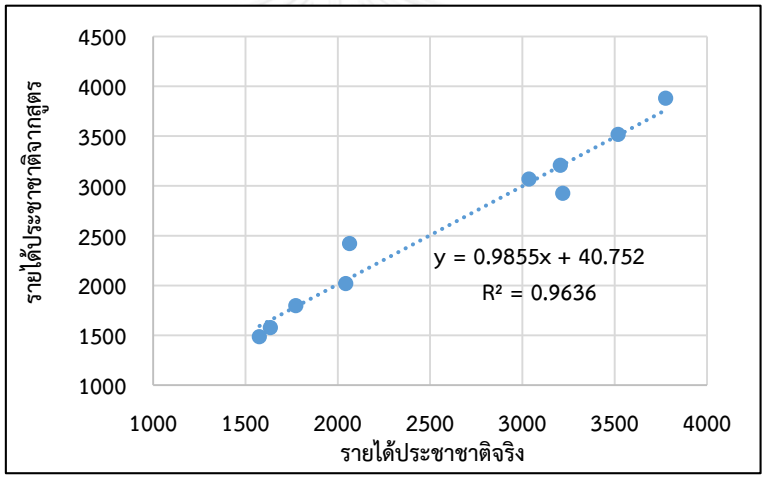
ตารางที่ 5-35 ค่าสัมประสิทธิ์ Cobb – Douglas production function ของจังหวัดสุโขทัย

จังหวัดสุโขทัย	a	b	c
ค่าสัมประสิทธิ์	2.453	-0.436	0.702

6. ทำการแทนค่าสัมประสิทธิ์ที่หาได้ลงในสมการ Log Q= Log a + (b x Log L) + (c x Log K) เพื่อตรวจสอบว่ารายได้ประชาชาติใหม่จากค่าสัมประสิทธิ์ สามารถใช้เป็นตัวแทนในการหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของจังหวัดนั้นได้รึเปล่า

ตารางที่ 5-36 การตรวจสอบรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของจังหวัดสุโขทัย

New Q (ล้านบาท)	Q (ล้านบาท)
1576	1484
1636	1576
1774	1797
2044	2018
2065	2420
3036	3067
3219	2925
3206	3205
3519	3516
3777	3879



รูปที่ 5-7 ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจากสูตร Cobb – Douglas production function กับข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจริง

จากตารางผลของจังหวัดสุโขทัยพบว่า รายได้ประชาชาติใหม่จากค่าสัมประสิทธิ์กับรายได้ประชาชาติจริงที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมากโดยมีค่าสหสัมพันธ์อยู่ที่ 0.96 แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่หาได้สามารถเป็นตัวแทนในการหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของจังหวัดได้

7. เมื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ Cobb–Douglas production function ของจังหวัดสุโขทัยแล้ว จึงนำค่าสัมประสิทธิ์แทนค่าลงในสมการ Cobb–Douglas production function โดยใช้เงินทุนจดทะเบียน และจำนวนคนงานที่อยู่ในลุ่มน้ำ มาทำการหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของจังหวัดสุโขทัยในลุ่มน้ำ จากการใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมพบว่า จังหวัดสุโขทัยมีจำนวนโรงงาน 1

โรงงาน มีเงินทุนจดทะเบียน 842,250 บาท และจำนวนคนงาน 50 คน เมื่อนำตัวแปรเหล่านี้แทนค่าในสมการ จะได้รายได้ประชาชาติลุ่มน้ำจากจังหวัดสุโขทัยจำนวน 3,353,985 บาท

จากตัวอย่างการคำนวณรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของสุโขทัยเป็นเพียงการหารายได้ประชาชาติเพียงจังหวัดเดียว แต่จริงๆแล้วลุ่มน้ำน่านมีหลายจังหวัดที่เป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำ เมื่อใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ระบุที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมพบว่า มีทั้งหมด 8 จังหวัดที่มีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ในลุ่มน้ำ ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ พิจิตร กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ น่าน และสุโขทัย ดังนั้นจะต้องทำการคำนวณรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของทั้ง 8 จังหวัดเหมือนในตัวอย่างการคำนวณเพื่อให้ทราบรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำ โดยรายละเอียดการวิเคราะห์ของทุกจังหวัด จะแสดงในภาคผนวก ฌ

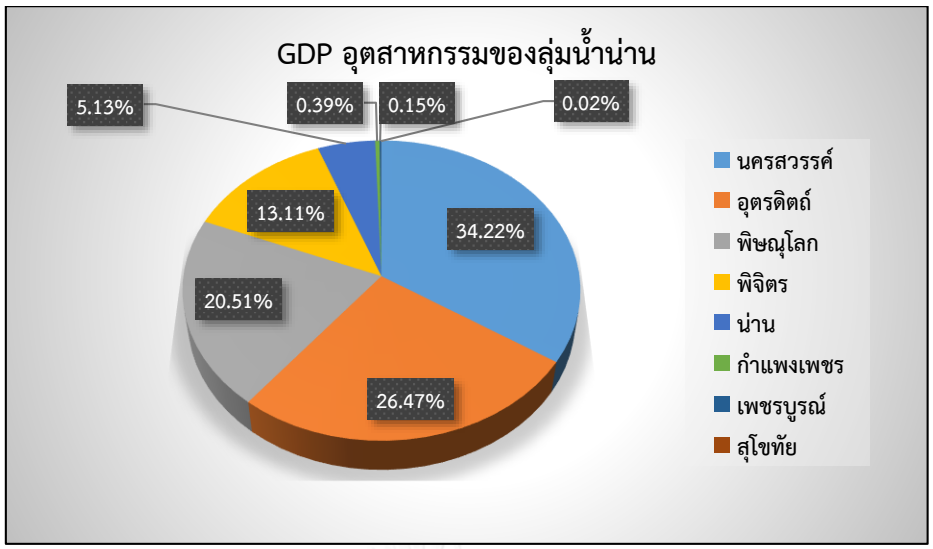
จากตารางที่ 5-37 จะเห็นได้ว่ารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำเท่ากับ 18,663,302,588 บาท ซึ่งค่ารายได้ประชาชาตินี้เป็นรายได้ประชาชาติของปี พ.ศ. 2556 เนื่องจากข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ได้จากกรมโรงงานอุตสาหกรรมเป็นของปี พ.ศ. 2556 ซึ่งถ้านำมาใช้จะไม่ตรงกับตารางปัจจัยการผลิตของประเทศ เนื่องจากตารางปัจจัยการผลิตของประเทศใช้ปีฐานข้อมูล ปี พ.ศ. 2553 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมให้ตรงกับปี พ.ศ. 2553 โดยในการศึกษานี้ได้ทำการใช้ข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของภูมิภาคภาคเหนือของประเทศไทย โดยเปรียบเทียบการเติบโตทางเศรษฐกิจของรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2553 กับปี พ.ศ. 2556 พบว่า รายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจากปี พ.ศ. 2553 ถึงปี พ.ศ. 2556 มีการเติบโตทางเศรษฐกิจภาคอุตสาหกรรมร้อยละ 5.14 ดังนั้น ถ้าต้องการปรับรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2556 ให้เป็นปี พ.ศ. 2553 ก็ต้องนำค่าการเติบโตทางเศรษฐกิจภาคอุตสาหกรรมร้อยละ 5.14 คูณกับรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2556 และนำค่าที่ได้ไปลบกับรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2556 ก็จะได้รายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2553 โดยตั้งสมมติฐานว่าทุกจังหวัดในลุ่มน้ำมีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเท่าๆกันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 - 2556 เพื่อให้ง่ายต่อการหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 5-37 ผลจากการวิเคราะห์รายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่าน

จังหวัด	GPP อุตสาหกรรมปี 2013	Coeff. A (Log)	Coeff. B	Coeff. C	R squares	GDP อุตสาหกรรมของลุ่มน้ำ (บาท)
นครสวรรค์	20,057,137,524	7.833	1.882	1.032	0.40	6,385,862,400
พิจิตร	6,223,967,428	28.000	11.879	2.385	0.71	2,447,093,704
กำแพงเพชร	57,136,848,145	14.226	3.935	0.573	0.40	72,373,584
เพชรบูรณ์	10,828,623,287	70.842	19.479	2.123	0.84	28,335,729
พิษณุโลก	5,730,065,349	2.794	0.366	0.601	0.79	3,828,179,840
อุตรดิตถ์	5,796,621,554	9.211	3.860	1.312	0.94	4,940,839,048
น่าน	1,530,792,596	2.877	0.353	0.487	0.78	957,264,298
สุโขทัย	3,516,347,549	2.453	0.436	0.702	0.96	3,353,985
รวม	110,820,403,433					18,663,302,588

ตารางที่ 5-38 แสดงรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553 และสัดส่วนมูลค่าของจังหวัดและลุ่มน้ำ

จังหวัดในลุ่มน้ำ	GDP ภาคอุตสาหกรรมลุ่มน้ำ (บาท)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจังหวัด (%)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของลุ่มน้ำ (%)
นครสวรรค์	6,057,629,073	31.84	34.22
พิจิตร	2,321,313,087	39.32	13.11
กำแพงเพชร	68,653,582	0.13	0.39
เพชรบูรณ์	26,879,273	0.26	0.15
พิษณุโลก	3,631,411,396	66.81	20.51
อุตรดิตถ์	4,686,879,921	85.24	26.47
น่าน	908,060,913	62.53	5.13
สุโขทัย	3,181,591	0.1	0.02
รวม	17,704,008,835	100.00	100.00



รูปที่ 5-8 เปอร์เซ็นต์รายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่าน

ดังนั้นจะสามารถหารายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมของลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553 ได้เท่ากับ 17,704,008,835 บาท โดยจะสังเกตได้ว่าจังหวัดที่มีรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมสูงที่สุดในลุ่มน้ำคือ จังหวัดนครสวรรค์ โดยคิดเป็นร้อยละ 34.22 ของลุ่มน้ำ และคิดเป็นร้อยละ 31.84 ของจังหวัด รองลงมาเป็นอันดับสองคือจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยคิดเป็นร้อยละ 26.47 ของลุ่มน้ำ และคิดเป็นร้อยละ 85.24 ของจังหวัด และรองลงมาเป็นอันดับสามคือ จังหวัดพิษณุโลก โดยคิดเป็น 20.51 ของลุ่มน้ำ และคิดเป็นร้อยละ 66.81 ของจังหวัด ซึ่งอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ที่อยู่ในลุ่มน้ำจะเป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรกรรม เช่น โรงสีข้าว โรงงานอบและคัดแยกเมล็ดพันธุ์ และศูนย์ซ่อมเครื่องมือ เครื่องใช้ในการทำการเกษตรกรรม เป็นต้น

5.2.3 รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำภาคบริการ

ภาคบริการ เป็นภาคส่วนทางเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอีกภาคส่วนหนึ่ง และมีความสลับซับซ้อนในการหารายได้ประชาชาติมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับภาคส่วนอื่นๆ เนื่องจากภาคบริการจะมีการจำแนกหลายหมวดหมู่ และการสำรวจข้อมูลในระดับพื้นที่ก็ยังมีความยากลำบาก ซึ่งขนาดการทำรายได้ประชาชาติระดับจังหวัดยังต้องใช้วิธีทางสถิติและความน่าจะเป็นทางเศรษฐศาสตร์ในการคาดการณ์รายได้ประชาชาติ และถ้าจัดทำรายได้ประชาชาติระดับประเทศจะต้องทำการสำรวจลงพื้นที่จริงและใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 3 ปี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียด ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การหารายได้ประชาชาติภาคบริการจะค่อนข้างลำบาก หากทำการหาอย่างละเอียดในพื้นที่ศึกษา

วิธีการคำนวณหารายได้ประชาชาติภาคบริการได้ดีที่สุด และให้เหมาะสมต่อการศึกษาในงานวิจัยนี้คือ จะทำการใช้ข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคบริการของจังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำทั้งหมด 11 จังหวัด และจำนวนประชากร โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) และกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (กรมการปกครอง, 2553) ตามลำดับ มาทำการหารายได้ประชาชาติภาคบริการของลุ่มน้ำ ซึ่งรายได้ประชาชาติภาคบริการของจังหวัดจะแบ่งออกเป็น 12 หมวดหมู่ ซึ่งประกอบด้วย

1) การไฟฟ้า แก๊ส และการประปา
2) การก่อสร้าง
3) การขายส่ง การขายปลีก การซ่อมแซมยานยนต์ จักรยานยนต์ ของใช้ส่วนบุคคลและของใช้ในครัวเรือน
4) โรงแรมและภัตตาคาร
5) การขนส่ง สถานที่เก็บสินค้าและการคมนาคม
6) ตัวกลางทางการเงิน
7) บริการด้านอสังหาริมทรัพย์ การให้เช่าและบริการทางธุรกิจ
8) การบริหารราชการและการป้องกันประเทศ รวมทั้งการประกัน สังคมภาคบังคับ
9) การศึกษา
10) การบริการด้านสุขภาพและสังคม
11) การให้บริการด้านชุมชน สังคมและบริการส่วนบุคคลอื่นๆ
12) ลูกจ้างในครัวเรือนส่วนบุคคล

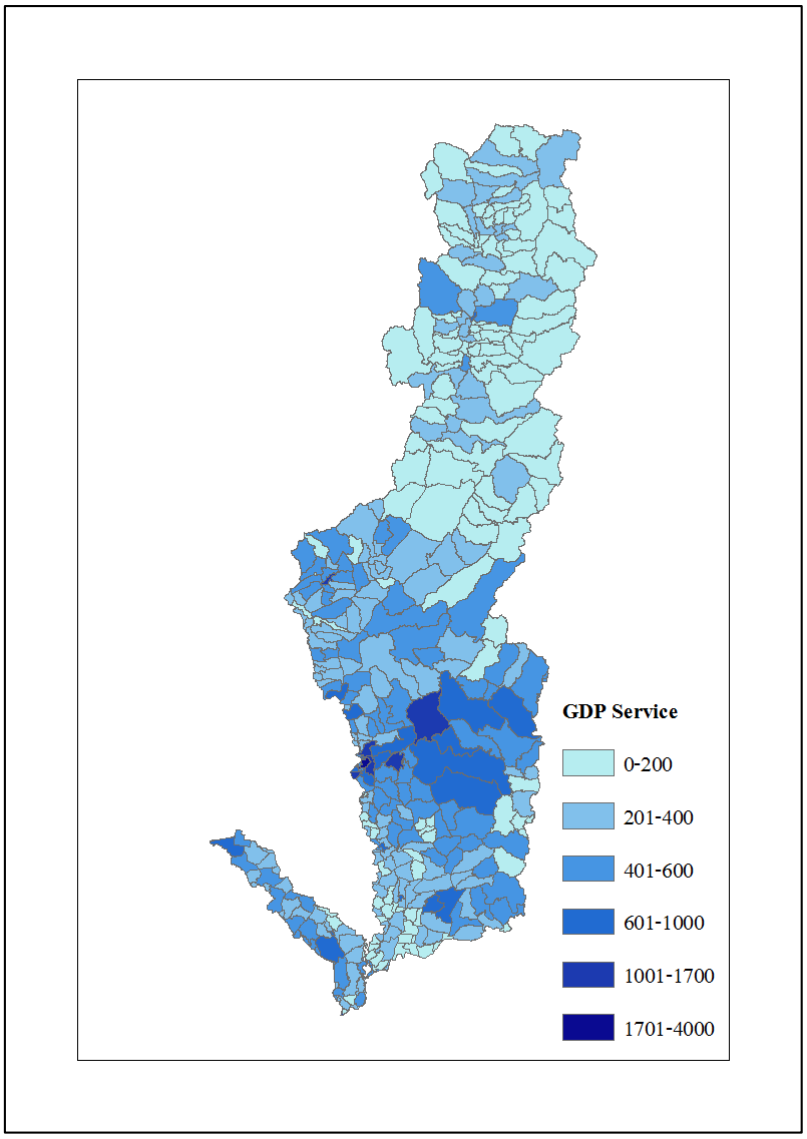
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยวิธีการที่จะทำให้ข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคบริการมีความเหมาะสมในการศึกษาวิจัยมากที่สุดคือ ทำการกระจายรายได้ประชาชาติภาคบริการลงเป็นระดับตำบล โดยใช้หลักการการกระจายตามสัดส่วน (ratio) จำนวนประชากรของแต่ละตำบลในจังหวัดนั้นกับจำนวนประชากรทั้งหมดของจังหวัดนั้น ซึ่งถ้าจำนวนประชากรในตำบลไหนมีจำนวนมากก็จะกระจายรายได้ประชาชาติภาคบริการไปมากนั่นเอง การทำการกระจายตามสัดส่วนแบบนี้จะตั้งสมมติฐานว่า การที่จำนวนประชากรของตำบลไหนมีมากแสดงให้เห็นการบริโภคในภาคส่วนย่อยต่างๆของภาคบริการ ยกตัวอย่างเช่น การใช้ไฟฟ้า ถือว่าเป็นภาคส่วนย่อยที่มีบทบาทสำคัญต่อการชี้วัดการเติบโตทาง

เศรษฐกิจในระดับพื้นที่ ดังนั้น ตำบลที่อยู่ในจังหวัดไหนมีจำนวนประชากรที่มากย่อมแสดงให้เห็นการใช้ไฟฟ้าที่มากเช่นกัน ก็จะทำให้รายได้ประชาชาติภาคบริการสูงตามนั่นเอง ตัวอย่างการกระจายสัดส่วนของจังหวัด เช่น จังหวัดพิษณุโลก มีทั้งหมด 9 อำเภอ 93 ตำบล ก็จะต้องทราบจำนวนประชากรของทั้ง 93 อำเภอ และหาสัดส่วนของแต่ละตำบลเพื่อคูณกับรายได้ประชาชาติภาคบริการของจังหวัดพิษณุโลก ก็จะสามารถทำให้รายได้ประชาชาติในระดับลุ่มน้ำละเอียดขึ้น การที่ต้องจัดทำการกระจายรายได้ประชาชาติภาคบริการแบบนี้ เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำน่านบางส่วนไม่ได้อยู่ในขอบเขตจังหวัดทั้งจังหวัด แต่อยู่เพียงบางตำบลของแต่ละจังหวัดเท่านั้น เช่น จังหวัดแพร่ จังหวัดพะเยา เป็นต้น ที่มีบางส่วนของตำบลอยู่ในลุ่มน้ำน่าน

เมื่อสามารถทำการกระจายรายได้ประชาชาติภาคบริการลงสู่ระดับตำบลแล้ว จะนำข้อมูลเหล่านี้สร้างเป็นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในโปรแกรม ArcGIS เพื่อให้ออกมาเป็นแผนที่จังหวัดทั้ง 11 จังหวัดที่แสดงรายได้ประชาชาติภาคบริการ จากนั้นทำการตัดแผนที่จังหวัดทั้ง 11 จังหวัดด้วยขอบเขตลุ่มน้ำน่าน ดังนั้น จะได้ข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคบริการของลุ่มน้ำน่านที่มีความละเอียดในระดับตำบลดังแสดงในรูปที่ 5-9 และจะแสดงรายละเอียดในภาคผนวก จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



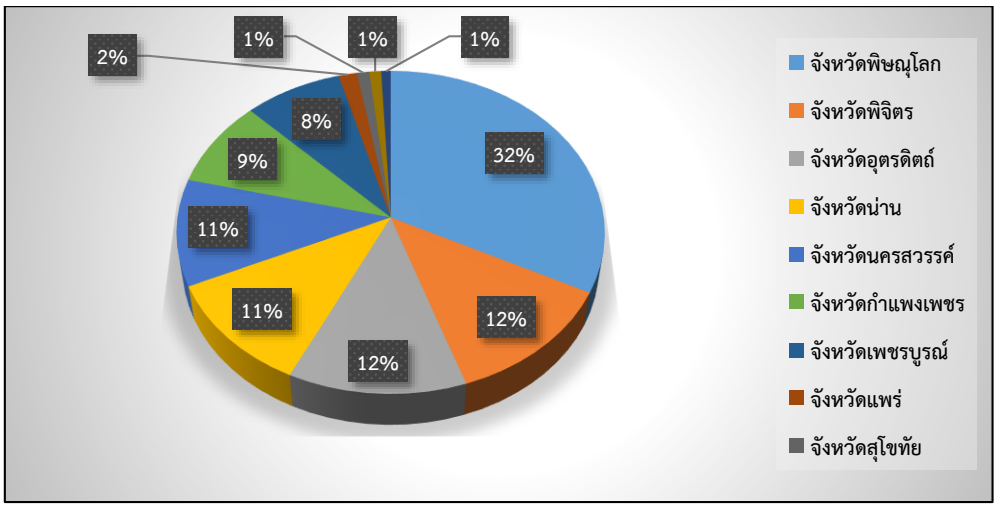
รูปที่ 5-9 ข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคบริการของลุ่มน้ำน่านระดับตำบล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคบริการของลุ่มน้ำน่านซึ่งแสดงในตารางที่ 5-39 และรูปที่ 5-10 พบว่า จังหวัดที่มีรายได้ประชาชาติภาคบริการมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งคือ จังหวัดพิษณุโลก คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 55,377 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 32 ของลุ่มน้ำ อันดับสองคือ จังหวัดพิจิตร คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 21,134 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 12 และอันดับที่สามคือ จังหวัดอุตรดิตถ์ คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 21,102 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 12 จะเห็นได้ว่าจังหวัดที่มีรายได้ประชาชาติภาคบริการ 3 อันดับแรก เป็นจังหวัดที่มีจำนวนประชากรสูง มีพื้นที่อยู่ในลุ่มน้ำเป็นส่วนมาก มีแหล่งท่องเที่ยวที่โดดเด่น และเป็นแหล่งการกระจายสินค้าในพื้นที่จังหวัดข้างเคียงอีกด้วย เมื่อพิจารณาทั้ง 3 จังหวัดโดยละเอียดพบว่า การที่รายได้ประชาชาติภาคบริการจังหวัดพิษณุโลกขึ้นมาเป็นอันดับหนึ่งเนื่องจากจังหวัดพิษณุโลกเป็นจังหวัดที่มีความสำคัญในภาคเหนือตอนล่างเป็นประตูสู่ภาคเหนือ

ตอนบน เป็นเมืองเศรษฐกิจของภูมิภาครองจากเชียงใหม่ และเป็นแหล่งการกระจายสินค้าและโลจิสติกส์ อีกทั้งมีแหล่งท่องเที่ยวมากมาย เมื่อศึกษาจำนวนนักท่องเที่ยว และนักทัศนาจรที่เข้ามาในจังหวัดพิษณุโลกปี พ.ศ. 2553 พบว่า มีจำนวนนักท่องเที่ยวถึง 1,318,738 คน และมีจำนวนนักทัศนาจรถึง 838,076 คน ซึ่งถือว่ามีจำนวนนักท่องเที่ยวสูงที่สุดในลุ่มน้ำอีกด้วย ส่วนจังหวัดพิจิตร และจังหวัดอุตรดิตถ์ ที่มีรายได้ประชาชาติสูงเนื่องจากปัจจัยในเรื่องการขายปลีก ขายส่งสินค้าเกษตร และเป็นแหล่งกระจายสินค้าเกษตร เพราะเมื่อศึกษาจำนวนนักท่องเที่ยว และนักทัศนาจรที่เข้ามาในจังหวัดพิจิตร และจังหวัดอุตรดิตถ์ปี พ.ศ. 2553 พบว่า มีจำนวนนักท่องเที่ยวถึง 135,916 คนและ 417,712 คน ตามลำดับ และมีจำนวนนักทัศนาจรถึง 144,578 คนและ 153,107 คน ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ทั้ง 2 จังหวัดมีนักท่องเที่ยวน้อยเมื่อเทียบกับจังหวัดพิษณุโลก ส่วนใหญ่จะเป็นการเดินทางผ่านไปจุดหมายอื่นมากกว่า

ตารางที่ 5-39 รายได้ประชาชาติภาคบริการของลุ่มน้ำน่าน

จังหวัด	GDP ภาคบริการ (ล้านบาท)
พิษณุโลก	55,378
พิจิตร	21,134
อุตรดิตถ์	21,102
น่าน	18,962
นครสวรรค์	18,120
กำแพงเพชร	14,939
เพชรบูรณ์	13,868
แพร่	2,609
สุโขทัย	1,738
พะเยา	1,674
เลย	1,344
รวม	170,867



รูปที่ 5-10 เปอร์เซ็นต์รายได้ประชาชาติภาคบริการของลุ่มน้ำน่าน

การที่ไม่ใช้วิธีการหารายได้ประชาชาติภาคบริการแบบนี้กับการหารายได้ประชาชาติทั้ง 2 ภาคส่วนข้างต้นคือ ภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรมนั้น เนื่องจากหากใช้วิธีนี้กับภาคเกษตรกรรม จะไม่สามารถทราบรายละเอียดการเพาะปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านว่ามีการเพาะปลูกพืชชนิดใดบ้าง และมีเนื้อที่การเพาะปลูกกี่ไร่ เพราะข้อมูลรายได้ประชาชาติจังหวัดภาคเกษตรกรรมจะแสดงรายละเอียดของข้อมูลเพียง 2 หัวข้อย่อยคือ เกษตรกรรม การล่าสัตว์และป่าไม้ และการประมงเท่านั้น จะเห็นได้ว่าจะไม่สามารถทราบรายละเอียดการเพาะปลูกในพื้นที่ได้เลย อีกประการหนึ่งภาคเกษตรกรรมไม่สามารถตั้งสมมติฐานที่ว่า ตำบลไหนมีจำนวนประชากรมาก จะมีรายได้ประชาชาติที่สูงได้ เนื่องจากการทำกสิกรรมไม่สามารถพิจารณาเป็นแบบนั้นได้เพราะการมีประชากรที่สูงไม่ได้บ่งบอกว่าจะมีการทำกสิกรรมที่สูงด้วย ซึ่งจะมีความแตกต่างในเรื่องวิธีวิเคราะห์กับภาคบริการเช่นเดียวกันกับภาคอุตสาหกรรม หากใช้วิธีนี้ก็จะไม่สามารถทราบรายละเอียดการใช้แรงม้าในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะข้อมูลรายได้ประชาชาติจังหวัดภาคอุตสาหกรรมจะแสดงรายละเอียดข้อมูลเหมือนภาคเกษตรกรรม โดยมีข้อมูลเพียง 2 หัวข้อย่อยคือ การทำเหมืองแร่และเหมืองหิน และอุตสาหกรรมต่างๆ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าภาคเกษตรกรรมกับภาคอุตสาหกรรมจะมีความคล้ายคลึงกันในเชิงข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์รายได้ประชาชาติที่ไม่สามารถคิดได้เหมือนภาคบริการ

5.3 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน

เมื่อทำการหารายได้ประชาชาติของทั้ง 3 ภาคส่วนหลักของลุ่มน้ำน่านได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการได้แล้ว จะต้องนำรายได้ประชาชาติทั้ง 3 ภาคส่วนมาทำการหาตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน เพื่อที่จะนำตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำไปทำการศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจในลุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศว่าเป็นอย่างไร ลักษณะการทำ

ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำจะมีความคล้ายคลึงกับการย่อส่วนแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก กล่าวคือ การทำวิจัยต้องการศึกษาเฉพาะพื้นที่ที่ต้องการศึกษาเท่านั้น จึงต้องทำการย่อส่วนแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกให้เหลือเฉพาะพื้นที่ที่ทำการศึกษา ในทำนองเดียวกัน ตารางปัจจัยการผลิตก็เป็นข้อมูลในระดับประเทศไทย จึงจำเป็นต้องทำการย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตของประเทศให้เป็นตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านเท่านั้น เพื่อให้การศึกษาเห็นลักษณะความเป็นจริงให้ได้มากที่สุด

การจัดทำตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน จำเป็นต้องมีข้อมูลตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทยมาเป็นข้อมูลหลักในการย่อส่วน โดยในการศึกษาจะใช้ตารางปัจจัยการผลิตปี พ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นปีล่าสุดเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะความเป็นจริงของเศรษฐกิจประเทศ รวมถึงข้อมูลรายได้ประชาชาติ 3 ภาคส่วนหลักของลุ่มน้ำน่านที่กล่าวไปแล้วในข้างต้น โดยการย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตของประเทศให้เป็นตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านจะใช้วิธีการที่เรียกว่า RAS method ซึ่งมีรายละเอียดกล่าวไว้ในภาคผนวก ซ และมีขั้นตอนการย่อส่วนดังนี้

1. จะต้องทำการยุบรวมตารางปัจจัยการผลิตของประเทศ ซึ่งมีข้อมูลภาคส่วนทางเศรษฐกิจทั้งหมด 180 x 180 ภาคส่วน ให้ออกมาเป็น 3 ภาคส่วนทางเศรษฐกิจหลักได้แก่ ภาคเกษตรกรรม (Agricultural, A) ภาคอุตสาหกรรม (Manufacturing, M) และภาคบริการ (Service, S) เพื่อให้ง่ายต่อการย่อส่วนข้อมูลตารางปัจจัยการผลิต และเพื่อให้สอดคล้องกับการหารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านด้วย

ตารางที่ 5-40 ตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO
A	167,540	1,195,668	167,635	1,530,842	256,517	1,787,359
M	445,126	8,581,620	2,888,249	11,914,994	2,400,013	14,315,008
S	62,617	951,848	1,999,466	3,013,930	8,398,396	11,412,327
SUM IT	675,282	10,729,135	5,055,349	(หน่วย: ล้านบาท)		
SUM VA	1,112,077	3,585,873	6,356,977			
SUM TI	1,787,359	14,315,008	11,412,327			

2. ทำการหาค่าอัตราส่วน 3 ค่าเพื่อใช้ในการย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำ เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นจึงได้จัดทำตารางแสดงการคำนวณและผลลัพธ์ดังนี้

    1) ตัวแปร a คือค่าอัตราส่วนของผลรวมกำไร (value added, VA) หรือรายได้ประชาชาติ (GDP) หารด้วยผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมา (total output, TO)

2) ตัวแปร b คือค่าอัตราส่วนของผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลาง (intermediate transection, IT) หารด้วยผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมา

3) ตัวแปร c คือค่าอัตราส่วนของผลรวมการบริโภคขั้นสุดท้าย (final demand, FD) หารด้วยผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมา

ตารางที่ 5-41 ค่าอัตราส่วนเพื่อใช้ในการย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำ

a = GDP/TO	b = IT/TO	c = FD/TO
$\frac{1,112,077}{1,787,359} = 0.622$	$\frac{1,530,842}{1,787,359} = 0.856$	$\frac{256,517}{1,787,359} = 0.144$
$\frac{3,585,873}{14,315,008} = 0.250$	$\frac{11,914,994}{14,315,008} = 0.832$	$\frac{2,400,013}{14,315,008} = 0.168$
$\frac{6,356,977}{11,412,327} = 0.557$	$\frac{3,013,930}{11,412,327} = 0.264$	$\frac{8,398,396}{11,412,327} = 0.736$

3. จะแบ่งการหาค่าต่างๆในตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำเป็น 3 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นตอนที่ 1 ทำการแทนค่ารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำลงในตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำที่กำลังสร้างใหม่ โดยจากทฤษฎีกล่าวไว้ว่ารายได้ประชาชาติจะเท่ากับค่าผลรวมกำไร ดังนั้นสามารถแทนค่ารายได้ประชาชาติลงในตารางปัจจัยการผลิตได้เลย และทำการหาผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมา (total output, TO) โดยใช้ค่าอัตราส่วนตัวแปร a ที่หาไว้ในข้อ 2 คือผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาของลุ่มน้ำจะเท่ากับรายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำในแต่ละภาคส่วนหารด้วยค่าอัตราส่วนตัวแปร a และจากทฤษฎีกล่าวไว้ว่าผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาของลุ่มน้ำจะเท่ากับผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เข้าไป (total input, TI) จึงสามารถแทนค่าลงในตารางปัจจัยการผลิตได้เลย ดังแสดงในตารางที่ 5-42

2) ขั้นตอนที่ 2 ทำการหาค่าผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลาง (intermediate transection, IT) ในแนวนอน โดยจากทฤษฎีกล่าวไว้ว่าผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางในแต่ละ 3 ภาคส่วนจะหาได้จากนำ 1 ลบด้วยค่าอัตราส่วนตัวแปร a แล้วคูณด้วยผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาของลุ่มน้ำในแต่ละภาคส่วน ส่วนการหาค่าผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางในแนวตั้ง หาได้จากการนำค่าอัตราส่วนตัวแปร b คูณด้วยผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาของลุ่มน้ำในภาคการเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม ส่วนภาคบริการสามารถหาได้จากผลรวมของมูลค่าผลิตผลขั้นกลางในแนวนอนลบด้วยผลรวมผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางในแนวตั้งจากภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม

3) ขั้นตอนที่ 3 ทำการหาค่าผลรวมการบริโภคขั้นสุดท้าย สามารถหาโดยการนำค่าผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางในแนวตั้งลบด้วยผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาของลุ่มน้ำในแต่ละภาคส่วน ก็จะได้ค่าผลรวมการบริโภคครั้งสุดท้าย

ตารางที่ 5-42 การหาค่าต่างๆในตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	มูลค่าผลิตผลขั้นกลางของแต่ละภาคส่วน			59,760	10,014	69,773	43,412
M				58,826	11,849	70,675	17,704
S				96,627	210,120	306,748	170,867
SUM IT	26,361	52,971	135,881	(หน่วย: ล้านบาท)			
SUM VA	43,412	17,704	170,867				
SUM TI	69,773	70,675	306,748				

4) เมื่อสามารถหาค่าตัวแปรต่างๆ อันได้แก่ ผลรวมกำไร ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมา ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เข้าไป (total input, TI) ผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางในแนวนอน ผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางในแนวตั้ง และผลรวมการบริโภคครั้งสุดท้าย เป็นที่เรียบร้อย จะต้องทำการหาค่าผลิตผลขั้นกลางของแต่ละภาคส่วนเพื่อให้ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำครบถ้วนสมบูรณ์ โดยการหาค่าผลิตผลขั้นกลางจะใช้หลักการ RAS method ซึ่งหลักการนี้จะใช้หลักการของเมตริกซ์มาใช้แก้สมการ โดยให้ค่าในเมตริกซ์เท่ากับผลรวมของมูลค่าผลิตผลขั้นกลางในแนวตั้งและแนวนอน จากการดำเนินการแก้สมการจะสามารถทราบผลลัพธ์ของค่าผลผลิตขั้นกลางในแต่ละภาคส่วนได้ดังตารางที่ 5-43

ตารางที่ 5-43 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านแบบสมบูรณ์

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	18,073	24,647	17,039	59,760	10,014	69,773	43,412
M	5,448	20,070	33,308	58,826	11,849	70,675	17,704
S	2,843	8,257	85,528	96,627	210,120	306,748	170,867
SUM IT	26,361	52,971	135,881	(หน่วย: ล้านบาท)			
SUM VA	43,412	17,704	170,867				
SUM TI	69,773	70,675	306,748				

เมื่อสามารถหาตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำได้แล้ว ก็จะใช้ตารางปัจจัยการผลิตอันนี้ในการศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจในลุ่มน้ำอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความต้องการใช้น้ำจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในลุ่มน้ำต่อไป

5.4 ความเชื่อมโยงของความต้องการใช้น้ำกับตารางปัจจัยการผลิต

เมื่อทราบความต้องการใช้น้ำของแต่ละภาคส่วนทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านแล้ว จะนำตารางปัจจัยการผลิต และความต้องการใช้น้ำของลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553 มาทำการหาความเชื่อมโยงทางด้านมูลค่าของน้ำเป็นตัวเงินในพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อที่จะทราบว่าในแต่ละภาคส่วนทางเศรษฐกิจปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรจะคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจเท่าไหร่ และมูลค่าของน้ำที่หาได้จะสามารถนำไปใช้ในการประเมินความเสียหาย รวมถึงการคำนวณหาความต้องการใช้น้ำในอนาคตได้อีกด้วย

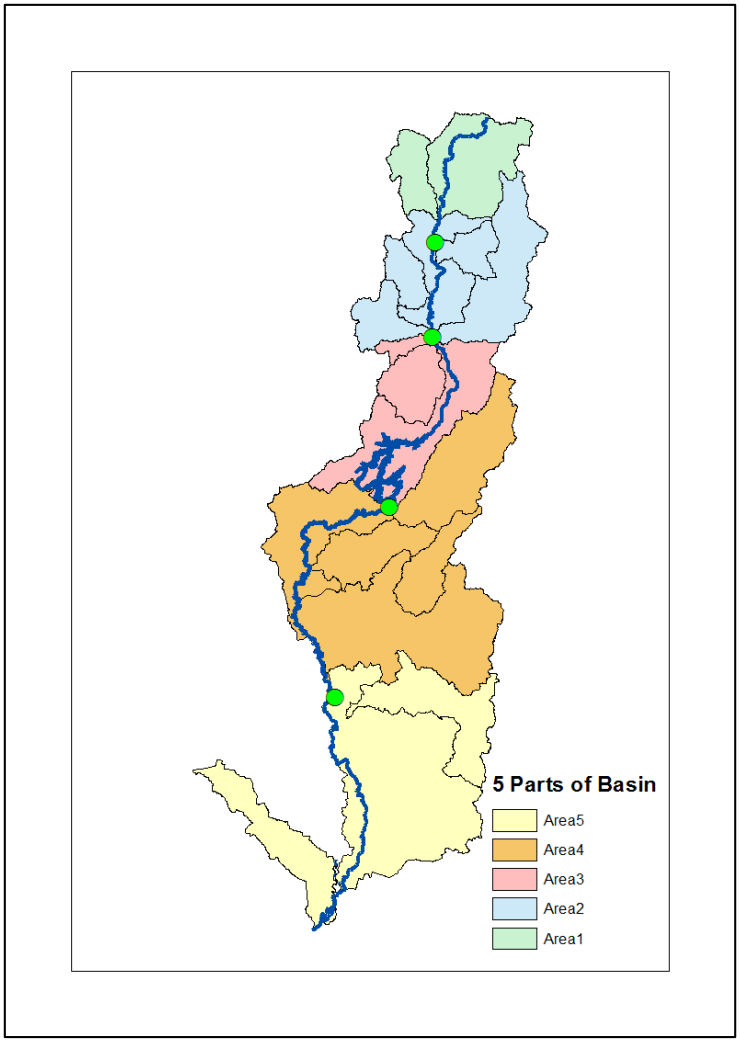
มูลค่าน้ำที่จะทำการวิเคราะห์สามารถทำการสื่อความหมายได้ว่า สมมุติว่าหากภาคเกษตรกรรมมีมูลค่าน้ำ 5 บาท ภาคอุตสาหกรรมมีมูลค่าน้ำ 200 บาท และภาคบริการมีมูลค่าน้ำ 500 บาท หมายความว่า ถ้าให้น้ำภาคเกษตรกรรมไป 1 ลูกบาศก์เมตร จะสามารถสร้างมูลค่ากลับคืนมาได้ 5 บาท ถ้าให้น้ำภาคอุตสาหกรรมไป 1 ลูกบาศก์เมตร จะสามารถสร้างมูลค่ากลับคืนมาได้ถึง 200 บาท และถ้าหากให้น้ำภาคบริการไป 1 ลูกบาศก์เมตร จะสามารถสร้างมูลค่ากลับคืนมาได้ถึง 500 บาทเลยทีเดียว ในทางกลับกัน หากปริมาณน้ำไม่เพียงพอ (deficit volume) ก็จะนำมูลค่าน้ำแต่ละภาคส่วนคูณกับปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ ก็จะออกมาเป็นมูลค่าความเสียหายนั่นเอง

โดยในการวิเคราะห์หามูลค่าน้ำนี้ จะทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำน่านออกเป็น 5 ส่วนตามลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำตามลุ่มน้ำสาขาดังแสดงในรูปที่ 5-11 ซึ่งจะใช้สถานีน้ำท่าต่างๆในการแบ่งพื้นที่ของลุ่มน้ำน่านที่ผ่านการสอบเทียบและสอบทานมาแล้วดังนี้

1) พื้นที่ส่วนที่ 1 คือพื้นที่จังหวัดน่านตอนบน ใช้สถานีวัดปริมาณน้ำท่า N.64 ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดน่าน
2) พื้นที่ส่วนที่ 2 คือพื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมือง ใช้สถานีวัดปริมาณน้ำท่า N.64 และสถานีวัดปริมาณน้ำท่า N.13A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน
3) พื้นที่ส่วนที่ 3 คือพื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง ใช้สถานีวัดปริมาณน้ำท่า N.13A และสถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์
4) พื้นที่ส่วนที่ 4 คือพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก ใช้สถานีวัดปริมาณน้ำท่า N.12A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ และสถานีวัดปริมาณน้ำท่า N.5A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

5) พื้นที่ส่วนที่ 5 คือพื้นที่จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลกบางส่วน ใช้สถานีวัดปริมาณน้ำท่า N.5A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

การแบ่งพื้นที่ของลุ่มน้ำออกเป็น 5 ส่วน เนื่องจากเหตุผลที่หนึ่ง พื้นที่ในแต่ละลุ่มน้ำจะมีมูลค่าของน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งมูลค่าของน้ำจะขึ้นอยู่กับความต้องการใช้น้ำแต่ละภาคส่วน และในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นว่าในพื้นที่ไหนของลุ่มน้ำที่มีมูลค่าของน้ำที่สูง และต่ำ เหตุผลที่สองพื้นที่ที่ทำการแบ่งลุ่มน้ำทั้ง 5 ส่วนก็เพื่อพิจารณาความต้องการใช้น้ำในแต่ละจังหวัดในลุ่มน้ำด้วยว่าแต่ละจังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำมีความต้องการใช้น้ำเป็นอย่างไร โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 5-11การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำน่านออกเป็น 5 ส่วน

- พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน เพื่อศึกษาว่าปริมาณน้ำท่า และความต้องการใช้น้ำก่อนเข้าเขตพื้นที่ตัวเมืองจังหวัดน่านจะเป็นอย่างไร

- พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน เพื่อศึกษาว่าปริมาณน้ำท่า และความต้องการใช้น้ำเมื่อเข้าเขตตัวเมืองน่านจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร
- พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง เพื่อศึกษาว่าปริมาณน้ำท่า และความต้องการใช้น้ำหลังออกจากพื้นที่ตัวเมืองน่านจะมีความเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร
- พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก เพื่อศึกษาว่าปริมาณน้ำท่า และความต้องการใช้น้ำจากการระบายน้ำออกจากเขื่อนจะเป็นอย่างไร
- พื้นที่จังหวัดพิจิตรและจังหวัดพิษณุโลกบางส่วน เพื่อศึกษาว่าปริมาณน้ำท่า และความต้องการใช้น้ำจากการใช้น้ำในจังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลกเป็นมีผลต่อพื้นที่นี้อย่างไร

การที่ไม่แบ่งพื้นที่ออกเป็นเพียง 2 ส่วนระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน และพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง เนื่องจากเกรงว่าจะไม่สามารถสะท้อนความต้องการใช้น้ำในพื้นที่จังหวัดได้ เพราะการขยายตัวทางเศรษฐกิจโดยส่วนใหญ่แล้ว จะมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจในภาพของจังหวัดมากกว่าลุ่มน้ำ จึงต้องทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ส่วน เพื่อให้สะท้อนภาพของจังหวัดให้เห็นชัดเจนขึ้นด้วย

จากการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำน่านออกเป็น 5 ส่วน จะเห็นว่าพื้นที่สามส่วนแรกของลุ่มน้ำน่านจะเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน ส่วนสองพื้นที่ที่เหลือจะเป็นพื้นที่ของลุ่มน้ำน่านตอนล่าง ดังนั้น จากการแบ่งพื้นที่ของลุ่มน้ำจะสามารถทำการแบ่งความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ดังนี้

ตารางที่ 5-44 สรุปความต้องการใช้น้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้ง 5 ส่วน (หน่วย: ล้านลูกบาศก์เมตร)

พื้นที่ของลุ่มน้ำน่าน	ภาคเกษตรกรรม	ภาคอุตสาหกรรม	ภาคบริการ
พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน	65.9	0.024	8.10
พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน	268.6	0.14	15.2
พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง	48.8	0.025	9.8
พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก	9,159	1.27	42.4
พื้นที่จังหวัดพิจิตรและจังหวัดพิษณุโลกบางส่วน	22,515	2.00	86.1

จะเห็นได้ว่า จากการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำน่านออกเป็น 5 ส่วน จะเห็นความต้องการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และสามารเห็นความแตกต่างความต้องการใช้น้ำของพื้นที่ของลุ่มน้ำระหว่างเขตตัวเมืองของจังหวัดกับนอกเขตเมือง รวมถึงความต้องการใช้น้ำของจังหวัดที่มีศักยภาพในการ

ขยายตัวทางเศรษฐกิจเช่น จังหวัดพิษณุโลก เป็นต้น โดยเมื่อพิจารณาความต้องการใช้น้ำแต่ละพื้นที่ของลุ่มน้ำ จะเห็นว่าพื้นที่ในเขตตัวเมืองจังหวัดน่าน จะมีความต้องการใช้น้ำทั้งสามภาคส่วนสูงที่สุดในพื้นที่ของลุ่มน้ำน่านตอนบน แสดงให้เห็นว่า การขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านตอนบนจะเกิดขึ้นในพื้นที่ส่วนนี้เป็นอันดับแรก ส่วนพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ พิษณุโลก และพิจิตร ซึ่งถือได้ว่าเป็นลุ่มน้ำน่านตอนล่าง จะมีความต้องการใช้น้ำสูงในภาคเกษตรกรรม และภาคบริการ เนื่องจากการเพาะปลูกในพื้นที่ที่มีพื้นที่ชลประทานที่เอื้อต่อการเพาะปลูกพืช เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน จะเห็นได้ว่าพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนมีความต้องการใช้น้ำน้อยกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่างมาก แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรกรรมส่วนใหญ่มาจากพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง ส่วนในภาคบริการ โดยในพื้นที่สองส่วนนี้มีจำนวนประชากรในอัตราที่สูง และจำนวนโรงแรมสถานที่บริการเกี่ยวกับการท่องเที่ยว ศูนย์กระจายสินค้า และการขนส่งมีในอัตราที่สูงเช่นกัน ส่วนภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่นี้นั้น ถ้าเปรียบเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน พื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่างจะมีความต้องการใช้น้ำสูงกว่าประมาณ 1 ล้านลูกบาศก์เมตร แสดงให้เห็นว่าภาคอุตสาหกรรมนิยมจะนิยมตั้งในพื้นที่จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลกมากกว่า

เมื่อสามารถทำการหาความต้องการใช้น้ำของแต่ละพื้นที่ของลุ่มน้ำน่านได้แล้ว จะทำการใช้ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านที่ทำการหาไว้แล้วในหัวข้อที่ผ่านมา มาทำการหามูลค่าของน้ำในแต่ละพื้นที่ว่า ในแต่ละพื้นที่จะมีมูลค่าน้ำคิดเป็นกี่บาท โดยวิธีการคำนวณหามูลค่าน้ำนั้น สามารถทำโดยง่ายกล่าวคือ จากตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน ตัวแปรที่ใช้ในคำนวณหามูลค่าน้ำคือผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เข้าไป (total input, TI) ของแต่ละภาคส่วน และทำการหารด้วยความต้องการใช้น้ำในแต่ละภาคส่วน และในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำที่หาไว้แล้ว ก็จะสามารถทราบมูลค่าน้ำในแต่ละภาคส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 5-12 จากการคำนวณหามูลค่าน้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จะสามารถแสดงมูลค่าน้ำตามพื้นที่ได้ดังตารางที่ 5-45

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	18,073	24,647	17,039	59,760	10,014	69,773	43,412
M	5,448	20,070	33,308	58,826	11,849	70,675	17,704
S	2,843	8,257	85,528	96,627	210,120	306,748	170,867
SUM IT	26,361	52,971	135,881				
SUM VA	43,412	17,704	170,867	$\frac{\text{Sum total input}}{\text{Water demands}}$ = มูลค่าน้ำ (บาท)			
SUM TI	69,773	70,675	306,748				

รูปที่ 5-12 การคำนวณหามูลค่าน้ำ

ตารางที่ 5-45 มูลค่าของน้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (หน่วย: บาท)

พื้นที่ของลุ่มน้ำน่าน	ภาคเกษตรกรรม	ภาคอุตสาหกรรม	ภาคบริการ
พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน	1,057	2,904,063	38,101
พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน	260	500,933	20,090
พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง	1,429	2,731,950	31,471
พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก	8	55,868	7,237
พื้นที่จังหวัดพิจิตรและจังหวัดพิษณุโลกบางส่วน	3	35,296	3,565

จากตารางที่ 5-45 จะเห็นได้ว่ามูลค่าน้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ จะมีการแปรผกผันกับความต้องการใช้น้ำกล่าวคือ ยิ่งความต้องการใช้น้ำภาคส่วนไหนมีมาก มูลค่าน้ำจะมีมูลค่าที่ต่ำ แต่ถ้าความต้องการใช้น้ำภาคส่วนไหนน้อย มูลค่าน้ำจะมีมูลค่าที่สูง ดังนั้น จากมูลค่าน้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำในการคำนวณ ภาคอุตสาหกรรมถือได้ว่า มีมูลค่าน้ำที่สูงในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมมีจำนวนไม่มากเมื่อเทียบกับภาคอื่นๆ อีกทั้งภาคอุตสาหกรรมมีการใช้น้ำน้อย แต่มีกำไรทางเศรษฐกิจที่สูง ทำให้ภาคส่วนนี้ เป็นภาคส่วนที่ขับเคลื่อนการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำเลยทีเดียว ภาคส่วนที่รองลงมาคือภาคบริการ ส่วนใหญ่ภาคบริการจะมีความต้องการใช้น้ำมากรองมาเป็นอันดับสองจากภาคเกษตรกรรม แต่มีมูลค่าน้ำที่สูงกว่า เนื่องจากภาคบริการจะมีส่วนของการท่องเที่ยว และขนส่ง ที่มีมูลค่ากำไรทางเศรษฐกิจสูง จึงทำให้น้ำมีมูลค่าที่สูงตามรองจากภาคอุตสาหกรรมนั่นเอง ส่วนภาคเกษตรกรรมที่มีมูลค่าต่ำ เนื่องจากภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำที่มาก แต่ผลผลิตที่ขายออกสู่ตลาดมีมูลค่าทางกำไรของสินค้าที่ต่ำมาก หากพิจารณาลึกลงไปถึงตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทย จะพบว่าต้นทุนของภาคการเกษตรมีถึง 60% ของราคาสินค้าเกษตรทำให้มูลค่าน้ำในภาคการเกษตรมีราคาต่ำตามไปด้วย

ดังนั้นมูลค่าน้ำในแต่ละพื้นลุ่มน้ำที่ทำการหาไว้นั้น จะนำไปใช้ในการหามูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจจากการที่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมถึงสามารถนำมูลค่าน้ำนี้ไปทำการหาความต้องการใช้น้ำในอนาคตได้อีกด้วย

บทที่ 6
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำต้นทุน จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ

การวิเคราะห์การเติบโตทางเศรษฐกิจและความแปรปรวนของปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก จำเป็นจะต้องแยกการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วนก่อนได้แก่ ส่วนที่หนึ่งคือการคาดการณ์การเติบโตทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำในอนาคต ซึ่งจะส่งผลต่อความต้องการใช้น้ำที่สูงขึ้น ส่วนที่สองคือ การคาดการณ์การแปรปรวนของปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในอนาคต เมื่อทำการวิเคราะห์ทั้งสองส่วนแล้ว จะนำผลจากการวิเคราะห์ทั้งสองส่วนมารวมกันเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต เพื่อวิเคราะห์ดูว่าผลจากการเปลี่ยนแปลงทั้งสองส่วนที่เกิดขึ้น จะส่งผลต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านอย่างไร และในอนาคตจะมีแนวโน้มอย่างไร

6.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จะใช้ข้อมูลฝนจากโครงการศึกษาวิจัยที่มีชื่อว่า Integrated study on Hydro-Meteorological Prediction and Adaptation to Climate Change in Thailand (IMPAC-T) ซึ่งเป็นโครงการที่มีความร่วมมือระหว่างประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่น ในการศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยมีการศึกษาวิจัยตัวแปรต่างๆที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก รวมถึงมีการศึกษาแบบจำลองปริมาณน้ำท่าอีกด้วย

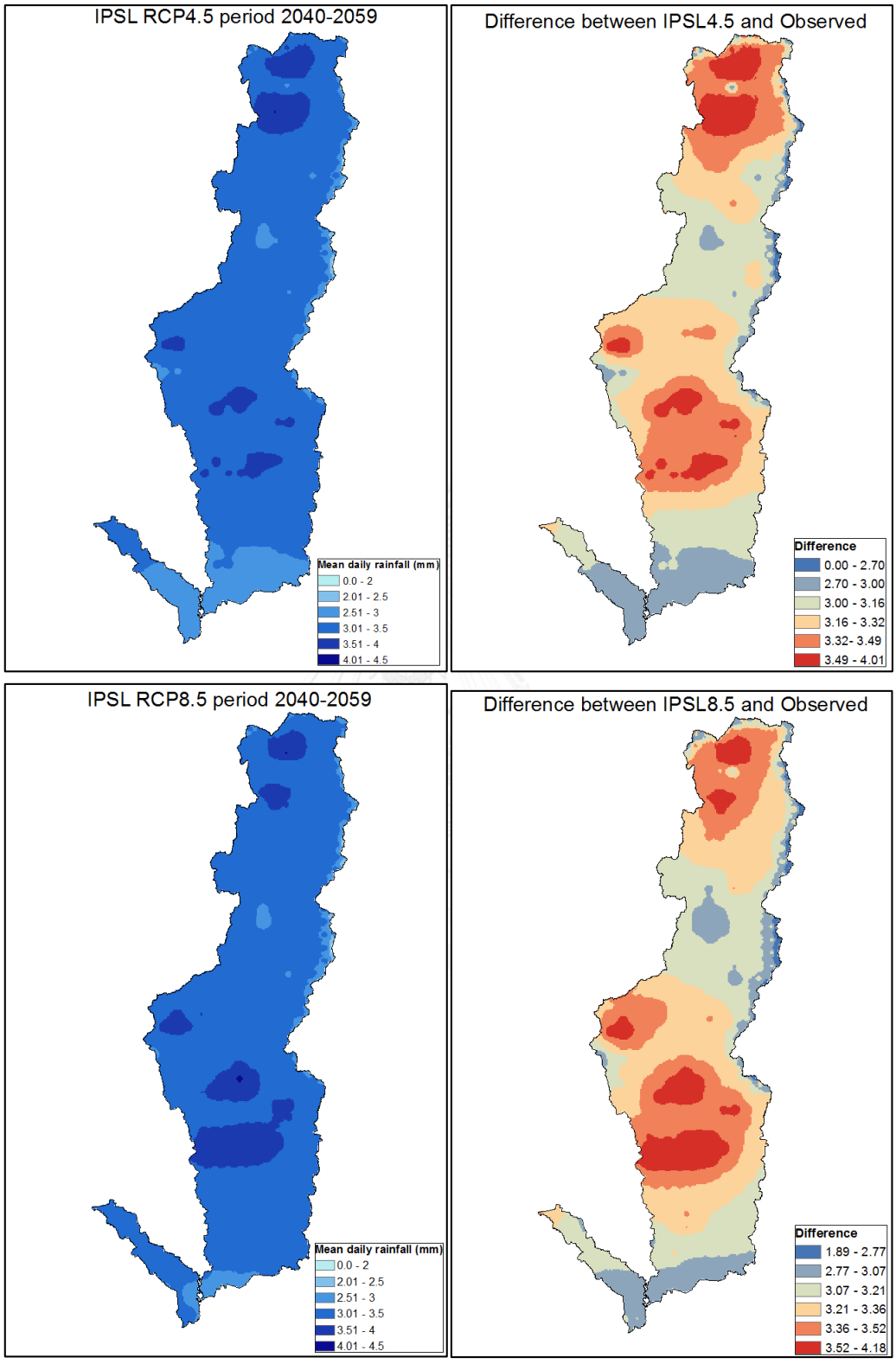
การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะใช้ข้อมูลในส่วนของ IMPAC-T Driving Dataset (IDD) ซึ่งเป็นส่วนในการรวมข้อมูลตัวแปรต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (GCMs) ซึ่งในโครงการ IMPAC-T Driving Dataset จะใช้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกทั้งหมด 10 แบบจำลองได้แก่ bcc-csm1-1-m, CanESM2, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3.6, GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, INM-CM4, IPSL-CM5A-MR, MIROC5 และ MRI-CGCM3 ซึ่งมี 2 ภาพฉายคือ RCP4.5 และ RCP8.5 โดยจะใช้ช่วงเวลาในอนาคต 2 ช่วงได้แก่ ค.ศ. 2040 ─ 2059 และ ค.ศ. 2080 ─ 2099 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกทั้ง 10 แบบจำลองจะผ่านการปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติ (bias correction) และการย่อส่วนแบบจำลองแบบภูมิภาค ซึ่งขนาดกริดของแบบจำลองจากประมาณ 300 x 300 กิโลเมตรจะถูกย่อส่วนเหลือขนาดกริด 0.083 x 0.083 กิโลเมตร ซึ่งจะมีความละเอียดอย่างมากในการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆเชิงพื้นที่ โดยตัวแปรใน

โครงการ IMPAC-T Driving Dataset จะมีทั้งหมด 8 ตัวแปรได้แก่ albedo, long wave radiation, precipitation, surface pressure, specific humidity, shortwave radiation, surface temperature และ wind speed แต่ในการศึกษาวิจัยจะใช้เพียงตัวแปรฝนเท่านั้น

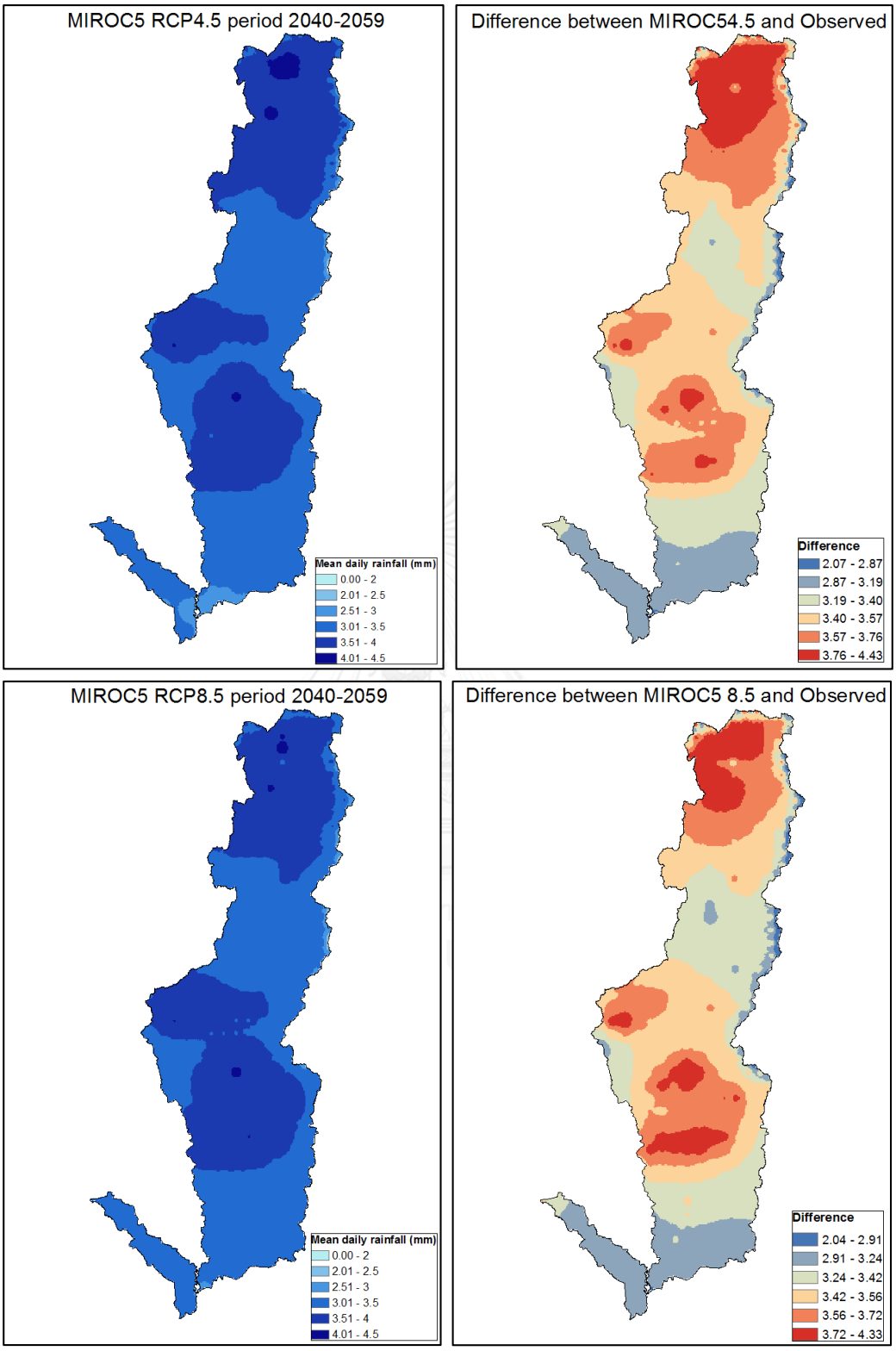
จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องของ Ruangrasamee et al. (2015) พบว่า แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีความเหมาะสมต่อประเทศไทยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้แก่ แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR และแบบจำลอง MIROC5 ซึ่งเป็นแบบจำลอง GCMs 2 อันดับแรกที่มีข้อมูลฝนใกล้เคียงกับข้อมูลฝนในอดีตมากที่สุด โดยแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR เป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสม ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า ข้อมูลฝนในช่วงฤดูฝนมีค่า bias เท่ากับ 0.99 และข้อมูลฝนในช่วงฤดูแล้งมีค่า bias เท่ากับ 1.06 ซึ่งค่าทั้งสองมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลฝนของแบบจำลองกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์มีค่าที่ใกล้เคียงกันอย่างมาก ส่วนแบบจำลอง MIROC5 พบว่าข้อมูลฝนในช่วงฤดูฝนได้แสดงค่า bias เท่ากับ 1.06 และข้อมูลฝนในช่วงฤดูแล้งมีค่า bias เท่ากับ 1.46 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงฤดูฝนแบบจำลอง MIROC5 สามารถแสดงค่าที่ใกล้เคียงระหว่างข้อมูลฝนของแบบจำลองกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์มากที่สุด จึงนำทั้ง 2 แบบจำลองมาใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำท่าในอนาคต โดยจะใช้ช่วงเวลา ค.ศ. 2040 – 2059 หรือ พ.ศ. 2583 – 2602 และ 2 ภาพฉายคือ RCP4.5 และ RCP8.5

จากการนำปริมาณฝนของแบบจำลอง GCMs ทั้ง 2 แบบจำลอง มาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณฝนสังเกตการณ์ช่วงเวลา ค.ศ. 1981-2010 โดยใช้ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน (mean daily rainfall) มาทำการกระจายฝนด้วยวิธีวิธีการประมาณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (IDW) ดังแสดงในรูปที่ 6-1, 6-2 และ 6-3 พบว่า ปริมาณฝนของแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองมีปริมาณฝนที่มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในพื้นที่ตอนเหนือของจังหวัดน่าน และบริเวณจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดพิจิตร ซึ่งมีความหนาแน่นของปริมาณฝนเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งทั้ง 2 แบบจำลองมีลักษณะของฝนที่คล้ายคลึงกันอย่างมาก แต่จะมีความแตกต่างเฉพาะบางพื้นที่เท่านั้น

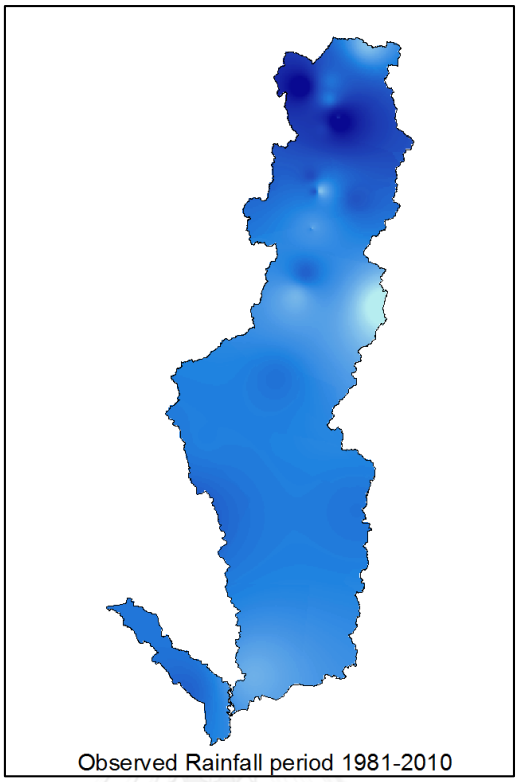
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 6-1 ปริมาณฝนจากแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ทั้ง 2 ตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



รูปที่ 6-2 ปริมาณฝนจากแบบจำลอง MIROC5 ทั้ง 2 ตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



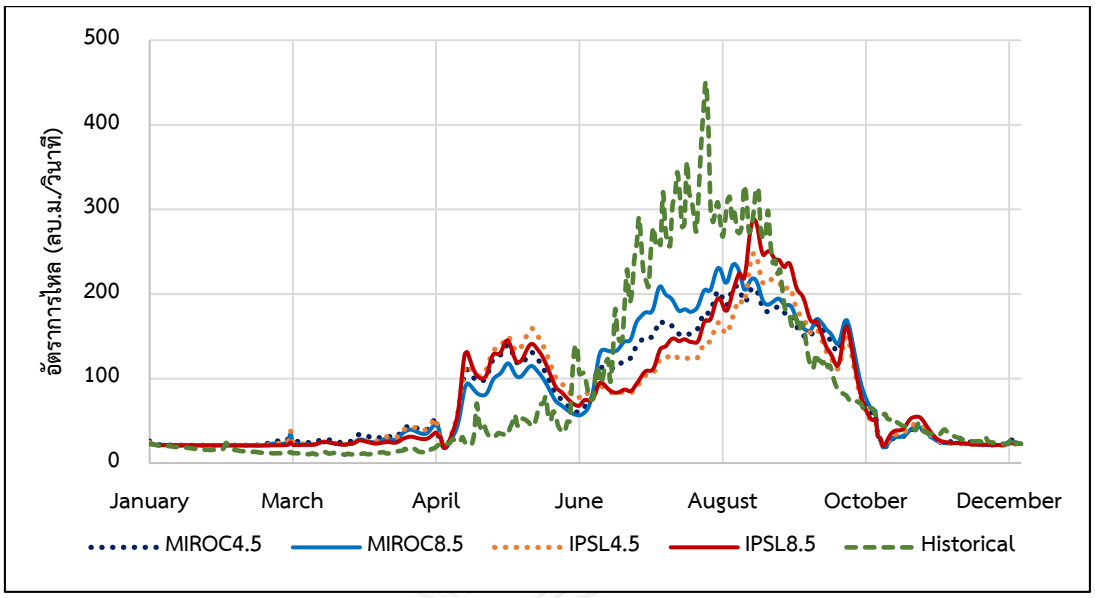
รูปที่ 6-3 ปริมาณฝนสังเกตการณ์ของลุ่มน้ำน่านระหว่างปี ค.ศ. 1981-2010

จากนั้นนำข้อมูลฝนจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่ได้ นำเข้าในแบบจำลองปริมาณน้ำฝน – น้ำท่า ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้จะใช้ชุดพารามิเตอร์ของแบบจำลอง IFAS ที่ผ่านการสอบเทียบและสอบทาน ซึ่งกล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 มาทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในอนาคต โดยข้อมูลฝนของแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองจะต้องทำการเปลี่ยนเป็นปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยใช้วิธีการประมาณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (IDW) ซึ่งในแบบจำลอง IFAS มีฟังก์ชั่นในการหาปริมาณฝนเฉลี่ยในแต่ละวิธีให้เลือกได้ แล้วแต่ความเหมาะสมของพื้นที่และข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา รวมถึงจะต้องมีการตั้งค่าในส่วนของ reservoir operation manager โดยจะตั้งค่าด้วยวิธี fixed value ซึ่งต้องทำการกำหนดการระบายน้ำออกจากเขื่อน ดังนั้น เพื่อความเหมาะสมในการศึกษาวิจัยจะทำการตั้งสมมติฐานว่า เขื่อนสิริกิติ์จะมีความจุของเขื่อนเริ่มต้นในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2583 เท่ากับ 7,651 ล้านลูกบาศก์เมตร และการระบายน้ำจากเขื่อนจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนเท่ากับ 255 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีและช่วงฤดูฝน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมเท่ากับ 135.2 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดที่กล่าวมาจะมาจากค่าเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2557 จากข้อมูลเขื่อนสิริกิติ์ จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยในการศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำท่า 5 สถานี ได้แก่

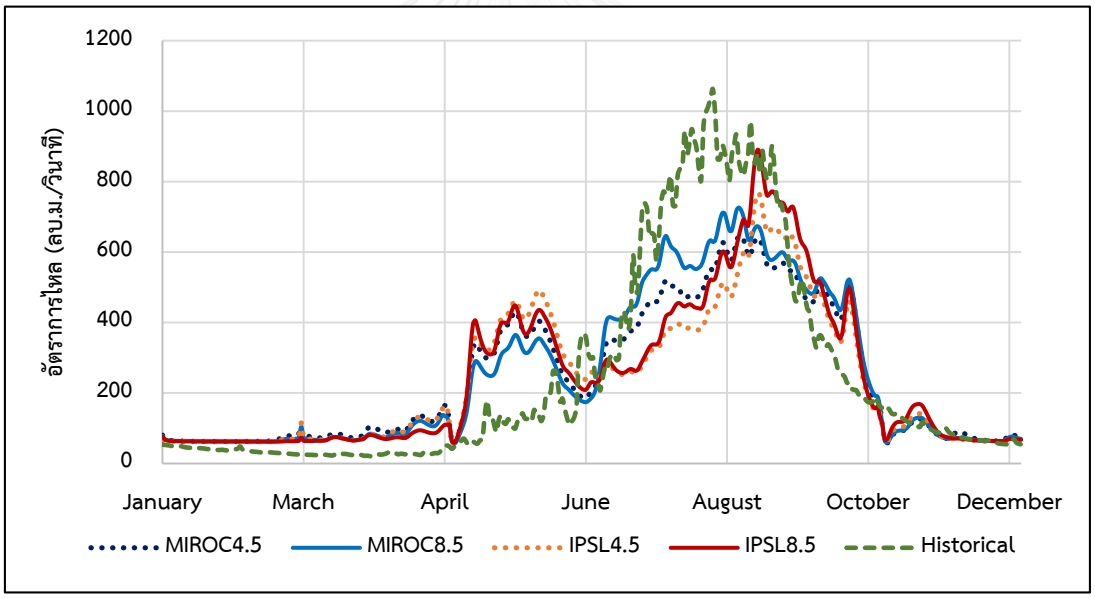
N.64, N.13A, สถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์, N.12A และ N.5A ซึ่งทั้ง 5 สถานีจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์เป็นตัวแทนปริมาณน้ำต้นทุนในหัวข้อต่อไป

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตจากแบบจำลอง IFAS กับค่าเฉลี่ยข้อมูลสถานีวัดปริมาณน้ำท่าช่วงปี พ.ศ. 2544 – 2557 ดังรูปที่ 6-4-6-8 พบว่า ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลกทั้ง 2 แบบจำลอง และ 2 ภาพฉาย ยังคงรูปแบบ (pattern) ของช่วงเวลาการไหลของปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ได้เป็นอย่างดี แต่จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 แบบจำลองจะมีปริมาณฝนมากกว่าในอดีตในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงสิ้นเดือนมิถุนายนใน 3 สถานีแรก ซึ่งแสดงปริมาณน้ำท่าสูงในช่วงเวลานั้นอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนมรสุมหรือความผิดพลาดจากแบบจำลอง GCMs เอง จากการพิจารณารูปที่ 6-4 และ 6-5 ของสถานี N.64 และสถานี N.13A จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่าในอดีต โดยสถานี N.64 จะมีปริมาณน้ำที่สูงกว่าแบบจำลองตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน โดยค่าปริมาณน้ำสูงสุดอยู่ประมาณ 450.4 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าค่าปริมาณน้ำสูงสุดของแบบจำลองอยู่ประมาณ 2 เท่า ส่วนสถานี N.13A จะเห็นได้ว่าจะมีปริมาณน้ำที่สูงกว่าแบบจำลองตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายนเช่นกัน แต่ค่าปริมาณน้ำสูงสุดในอดีตจะอยู่ประมาณ 1,039 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าค่าปริมาณน้ำสูงสุดของแบบจำลองไม่มากนัก

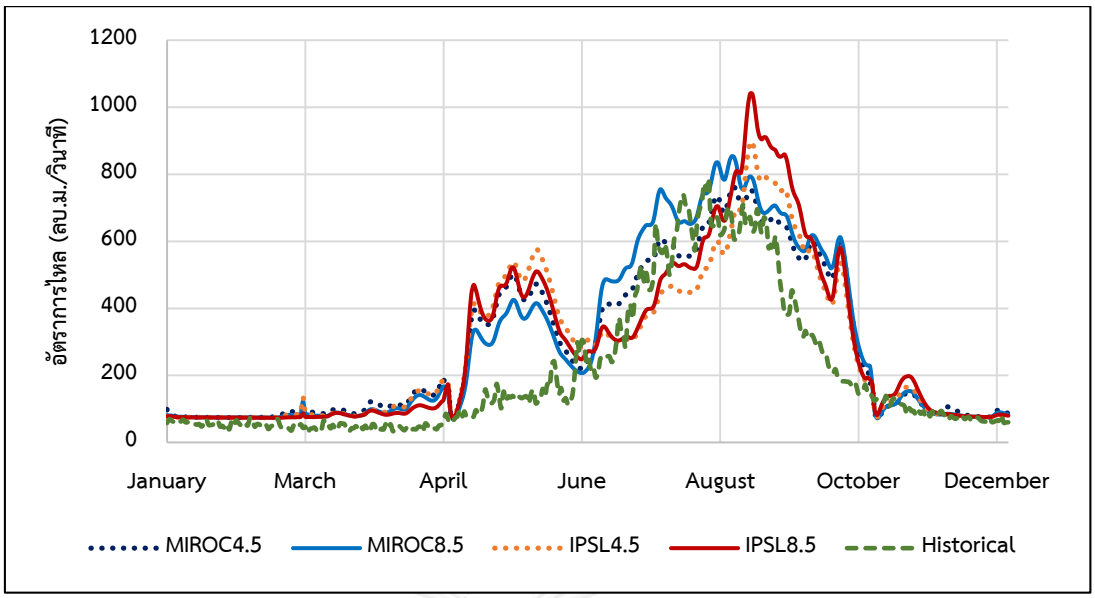
จากรูปที่ 6-6 สถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ จะมีช่วงเวลาของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อนสูงสุดจะมีรูปแบบคล้ายคลึงกับแบบจำลอง MIROC5 ทั้ง 2 ภาพฉายมากที่สุด โดยเฉพาะ RCP4.5 ส่วนแบบจำลอง IPSL- CM5A-LR ทั้ง 2 ภาพฉายจะแสดงให้เห็นถึงการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่เกิดช้ากว่าแบบจำลอง MIROC5 คือ จะเริ่มเกิดในเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม และ RCP8.5 ของแบบจำลอง IPSL- CM5A-LR จะแสดงปริมาณน้ำท่าสูงที่สุดเท่ากับ 1,040 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แต่เมื่อมาพิจารณารูปที่ 6-7 และ 6-8 จะเห็นว่าปริมาณน้ำท่าในอดีตจะมีค่าต่ำกว่าแบบจำลอง GCMs อย่างมาก เนื่องมาจากปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ของ 2 สถานีนี้มีความหนาแน่นของปริมาณฝนที่สูงดังที่แสดงมาแล้วในข้างต้น รวมถึงผลกระทบจากการกำหนดและการตั้งค่าการระบายน้ำออกจากเขื่อนในแบบจำลอง IFAS ทำให้ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง GCMs มีปริมาณน้ำท่าที่สูงกว่าปริมาณน้ำท่าในอดีตอย่างเห็นได้ชัด



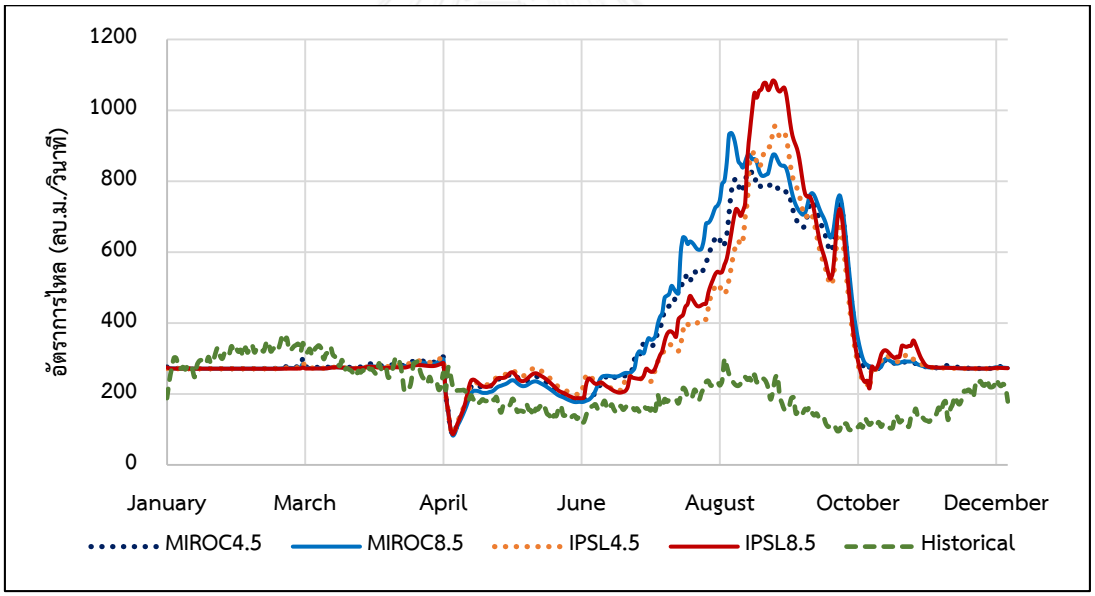
รูปที่ 6-4 ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ในอดีตของสถานี N.64 เปรียบเทียบกับแบบจำลอง GCMs



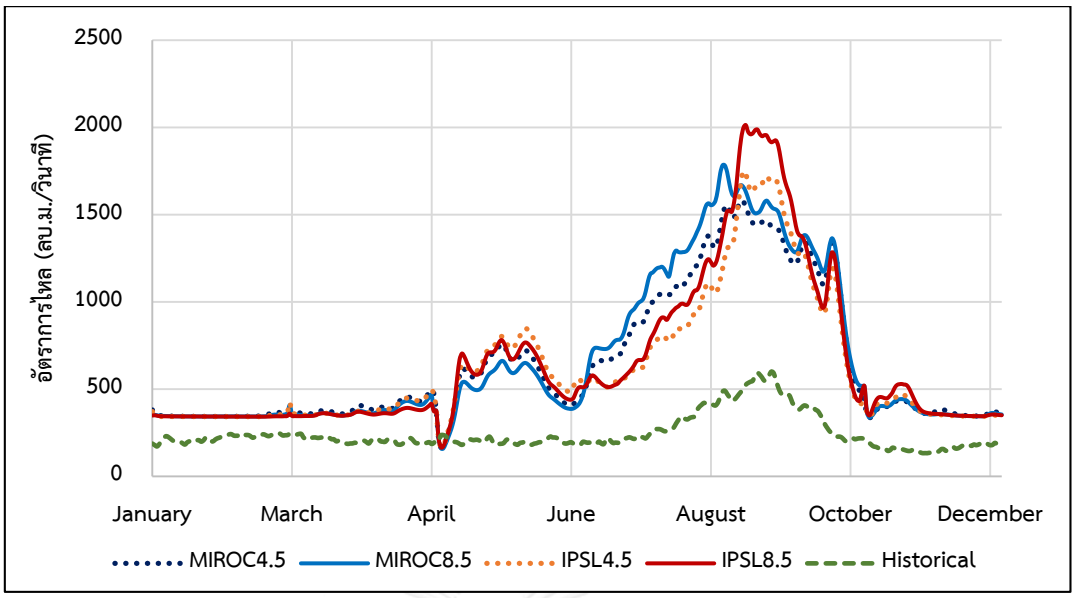
รูปที่ 6-5 ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ในอดีตของสถานี N.13A เปรียบเทียบกับแบบจำลอง GCMs



รูปที่ 6-6 ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ในอดีตของสถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนเปรียบเทียบกับแบบจำลอง GCMs



รูปที่ 6-7 ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ในอดีตของสถานี N.12A เปรียบเทียบกับแบบจำลอง GCMs



รูปที่ 6-8 ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ในอดีตของสถานี N.5A เปรียบเทียบกับแบบจำลอง GCMs

6.2 การวิเคราะห์แผนพัฒนาจังหวัดและการกำหนดการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ

การขยายตัวทางเศรษฐกิจ ถือว่าเป็นตัวแปรสำคัญตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดความต้องการใช้น้ำที่สูงขึ้น เนื่องจากเมื่อมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจก็จะส่งผลให้เกิดกิจกรรมของทุกภาคส่วนทางเศรษฐกิจตามมาด้วย ไม่ว่าจะเป็นภาคการเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ เพราะทุกภาคส่วนจะมีความเชื่อมโยงทางเศรษฐกิจในลักษณะลูกโซ่กัน หากมีการขยายตัวหรือทรุดตัวทางเศรษฐกิจย่อมต้องมีผลกระทบส่งต่อไปอีกภาคส่วนหนึ่ง

6.2.1 การกำหนดการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่าน

การกำหนดภาพฉายการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ถือว่าเป็นเรื่องที่ยากที่จะสามารถทำการกำหนดได้ เพราะไม่มีใครสามารถที่จะกำหนดได้ว่าในอนาคต เศรษฐกิจของประเทศจะไปในทิศทางไหน และจะโตเท่าไหร่ เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการขยายตัว ไม่ว่าจะเป็นเศรษฐกิจโลกหรือนโยบายของรัฐบาล เป็นต้น ดังนั้น การกำหนดภาพฉายการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านจำเป็นต้องพิจารณารายได้ประชาชาติจังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำในอดีตที่ผ่านมาว่า ในอดีตแต่ละจังหวัดมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างไร เพื่อที่จะนำมากำหนดภาพฉายการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำในอนาคต

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการกำหนดภาพฉายการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำทั้งหมด 3 ภาพฉาย โดย 2 ภาพฉายแรกจะใช้แนวคิดการพัฒนาภาพฉายเพื่อการประเมินการผลกระทบจากการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำน่านในอนาคตจากโครงการการศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำ

น่านเชิงกลยุทธ์ จัดทำโดยหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ (สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2554) ซึ่ง 2 ภาพฉายแรกจะทำการกำหนดภาพฉายจากนโยบายการพัฒนาลุ่มน้ำน่านจากรัฐบาล ซึ่งจะมีการระบุรายละเอียดการพัฒนาว่า ลุ่มน้ำน่านจะมีการพัฒนาไปในแนวทางไหน ส่วนภาพฉายที่ 3 เป็นการกำหนดภาพฉายจากแผนพัฒนาจังหวัด 4 จังหวัดจากรัฐบาลเป็นตัวแทนได้แก่ น่าน อุตรดิตถ์ พิษณุโลก และพิจิตร ซึ่งในแผนพัฒนาจังหวัดจะมีการระบุชัดเจนว่าทุกภาคส่วนทางเศรษฐกิจจะต้องมีการขยายตัวร้อยละเท่าไหร่ เพื่อเป็นเป้าหมายในการพัฒนาจังหวัดนั้นๆ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2558)

การกำหนดภาพฉายการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำทั้ง 3 ภาพฉายจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ภาพฉายที่ 1 ลุ่มน้ำน่านจะเป็นลุ่มน้ำที่คนและป่าอยู่ร่วมกัน

ลุ่มน้ำน่านมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องภายใต้การคำนึงถึงต้นทุนทางทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ประชาชนมีชีวิตที่เรียบง่าย การพัฒนาเศรษฐกิจเน้นแนวทางการเกษตรกึ่งพาณิชย์ โดยมีความเชื่อมโยงกับป่าชุมชน อุตสาหกรรม และบริการที่มีความสอดคล้องกัน ภายใต้การสนับสนุนจากภาครัฐ

<u>การพัฒนาทางเศรษฐกิจแต่ละภาคส่วน</u>

- ภาคเกษตรกรรม จะมีอัตราการขยายตัวอยู่ประมาณ 3 – 12% ในทุกๆ 5ปี เป็นระบบพืชกึ่งพาณิชย์ ในการวิเคราะห์จะตั้งสมมติฐานขยายตัวเฉลี่ย 7.5% ในทุกๆ 5 ปี
- ภาคอุตสาหกรรม จะมีอัตราการขยายตัว 6% ในทุกๆ 5 ปี ระบบอุตสาหกรรมการเกษตรมีการขยายตัวเพื่อสอดรับกับการขยายตัวในภาคเกษตรกรรม
- ภาคบริการ จะมีอัตราการขยายตัว 6% ในทุกๆ 5 ปี โดยมีการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์มากขึ้น เพื่อช่วยดูแลพื้นที่ป่าในการท่องเที่ยวด้วย

2. ภาพฉายที่ 2 ลุ่มน้ำน่านจะเป็นลุ่มน้ำที่มีความโดดเด่นในภูมิภาค

ลุ่มน้ำน่านมีการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด มีเมืองใหญ่ที่พัฒนาอย่างโดดเด่น มีประชาชนย้ายมาในพื้นที่มากขึ้นทั้งคนไทยและคนต่างชาติ รูปแบบการทำการเกษตรจะเป็นระบบพาณิชย์เชิงเดี่ยว ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมการเกษตร การบริการ และการท่องเที่ยวได้รับการพัฒนาอย่างมาก โดยในแต่ละภาคส่วนต่างคนต่างพัฒนา

การพัฒนาทางเศรษฐกิจแต่ละภาคส่วน

- ภาคเกษตรกรรม จะมีอัตราการขยายตัวอยู่ประมาณ 20% ในทุกๆ 5ปี เป็นระบบพืชเชิงเดี่ยว มุ่งเน้นทำการเกษตรกรรมโดยไม่คำนึงถึงต้นทุนทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด
- ภาคอุตสาหกรรม จะมีอัตราการขยายตัว 10% ในทุกๆ 5 ปี ระบบอุตสาหกรรมทุกประเภทขยายตัวอย่างต่อเนื่อง
- ภาคบริการ จะมีอัตราการขยายตัว 10% ในทุกๆ 5 ปี โดยมีการส่งเสริมการท่องเที่ยวและส่งเสริมระบบโลจิสติกส์อย่างเป็นระบบ

3. ภาพฉายที่ 3 ลุ่มน้ำน่านจะขับเคลื่อนโดยวิสัยทัศน์ของแต่ละจังหวัด ไม่คำนึงทั้งลุ่มน้ำน่าน

วิสัยทัศน์แต่ละจังหวัดจะมีความแตกต่างกันจากการวางแผนพัฒนาจังหวัดว่าจะกำหนดทิศทางจังหวัดอย่างไร ซึ่งจะมาจากการวางแผนจากภาครัฐนั่นเอง ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะใช้แผนพัฒนาจังหวัด 4 จังหวัด (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2558) ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีเนื้อที่จังหวัดที่อยู่ในลุ่มน้ำเป็นส่วนมากได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดพิจิตร ซึ่งมีรายละเอียดการพัฒนาแต่ละจังหวัดดังนี้

1. จังหวัดน่าน
    - วิสัยทัศน์จังหวัดคือเมืองแห่งความสุข ธรรมชาติสมบูรณ์ แหล่งท่องเที่ยวหลากหลาย พร้อมมุ่งสู่ประชาคมอาเซียน
    - แนวโน้มของยุทธศาสตร์ตามแผนพัฒนาจังหวัดใน 3 ประเด็น คือ ยุทธศาสตร์ที่ 1 บริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยการมีส่วนร่วมของภาคประชาสังคม ยุทธศาสตร์ที่ 2พัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพเศรษฐกิจการค้า การลงทุนและการท่องเที่ยว ตลอดจนพัฒนาทรัพยากรการผลิตทางการเกษตรอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน และยุทธศาสตร์ที่ 3 พัฒนาและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตชุมชนตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
    - จากแนวโน้มยุทธศาสตร์ทั้ง 3 ประเด็นทำให้จังหวัดน่านตั้งเป้าหมายว่า ทุกภาคส่วนทางเศรษฐกิจจะต้องมีการขยายตัว 20% ในทุกๆ 5 ปีให้ได้ โดยเฉลี่ยจังหวัดน่านจะต้องมีการขยายตัว 20% ในทุกๆ 5 ปี

2. จังหวัดอุตรดิตถ์

   - วิสัยทัศน์จังหวัดคือ เมืองแห่งคุณภาพชีวิต ผลผลิตปลอดภัย สืบสานวัฒนธรรมไทย ก้าวไกลสัมพันธ์เพื่อนบ้านยั่งยืน

   - แนวโน้มของยุทธศาสตร์ตามแผนพัฒนาจังหวัดใน 2 ประเด็น คือ ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 1 เสริมสร้างบ้านเมืองให้น่าอยู่ ชุมชนและครอบครัวเข้มแข็ง มีคุณภาพชีวิตที่ดี และประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 พัฒนาการเกษตรกรรม อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ OTOP ให้มีคุณภาพปลอดภัยได้มาตรฐาน และมีการบริการจัดการด้านการตลาดที่มีประสิทธิภาพ

   - จากแนวโน้มยุทธศาสตร์ทั้ง 2 ประเด็นทำให้จังหวัดอุตรดิตถ์ตั้งเป้าหมายว่า ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการจะมีการขยายตัว 51%, 46% และ 14% ในทุกๆ 5 ปี ตามลำดับ ดังนั้น โดยเฉลี่ยแล้วจังหวัดพิษณุโลกจะต้องมีการขยายตัว 37% ในทุกๆ 5 ปี

3. จังหวัดพิษณุโลก

   - วิสัยทัศน์จังหวัดคือ เมืองบริการเศรษฐกิจและสังคมสี่แยกอินโดจีน

   - แนวโน้มของยุทธศาสตร์ตามแผนพัฒนาจังหวัดใน 4 ประเด็น คือ ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 1 ศูนย์กลางการบริการการค้า โลจิสติกส์ และการขนส่ง ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 พัฒนากระบวนการผลิต การตลาด และการบริหารจัดการสินค้าเกษตรเชิงคุณภาพ ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 3 ส่งเสริมการดาเนินงานด้านการท่องเที่ยว ศิลปวัฒนธรรม กีฬา และนันทนาการ และประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 4 ศูนย์กลางด้านการศึกษา การบริการทางวิชาการ ด้านสุขภาพ และ ICT

   - จากแนวโน้มยุทธศาสตร์ทั้ง 4 ประเด็นทำให้จังหวัดพิษณุโลกตั้งเป้าหมายว่า ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการจะมีการขยายตัว 11.5%, 25% และ 25% ในทุกๆ 5 ปี ตามลำดับ ดังนั้น โดยเฉลี่ยแล้วจังหวัดพิษณุโลกจะต้องมีการขยายตัว 55% ในทุกๆ 5 ปี

4. จังหวัดพิจิตร

   - วิสัยทัศน์จังหวัดคือ แหล่งผลิตข้าวคุณภาพสินค้าเกษตรปลอดภัยได้มาตรฐาน ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีพร้อมก้าวสู่ประชาคมอาเซียน

- แนวโน้มของยุทธศาสตร์ตามแผนพัฒนาจังหวัด ใน 3 ประเด็น คือ ยุทธศาสตร์ที่ 1 บริหารจัดการน้ำ อนุรักษ์ ฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ยุทธศาสตร์ที่ 2 เพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันภาคการเกษตร สินค้าข้าว และการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ ยุทธศาสตร์ที่ 3 แก้ปัญหาและมุ่งพัฒนาสังคมตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง
- จากแนวโน้มยุทธศาสตร์ทั้ง 4 ประเด็นทำให้จังหวัดพิจิตรตั้งเป้าหมายว่า ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการจะมีการขยายตัว 50%, 20% และ 20% ในทุกๆ 5 ปี ตามลำดับ ดังนั้น โดยเฉลี่ยแล้วจังหวัดพิษณุโลกจะต้องมีการขยายตัว 30% ในทุกๆ 5 ปี

จากแผนพัฒนาจังหวัดทั้ง 4 จังหวัด จะเห็นได้ว่าแต่ละจังหวัดมีแผนพัฒนาที่ต่างกันไปตามแต่ละวิสัยทัศน์ของแต่ละจังหวัด ดังนั้น เมื่อทราบตัวเลขการขยายตัวแต่ละภาคส่วนทางเศรษฐกิจในแต่ละจังหวัดแล้ว จะนำตัวเลขการขยายตัวทั้งหมดของทุกจังหวัด มาหาค่าเฉลี่ยการขยายตัวในแต่ละภาคส่วนทางเศรษฐกิจเพื่อเป็นตัวแทนการขยายตัวของลุ่มน้ำน่าน โดยมีค่าเฉลี่ยการขยายตัวทางเศรษฐกิจดังนี้

ตารางที่ 6-1 การขยายตัวทางเศรษฐกิจของแต่ละจังหวัดในทุกๆ 5 ปี

	ภาคเกษตรกรรม (%)	ภาคอุตสาหกรรม (%)	ภาคบริการ (%)
จังหวัดน่าน	20	20	20
จังหวัดอุตรดิตถ์	51	46	14
จังหวัดพิษณุโลก	11.5	25	25
จังหวัดพิจิตร	50	20	20
ค่าเฉลี่ย	33	28	20

เมื่อทราบค่าการขยายตัวทางเศรษฐกิจของทั้ง 3 ภาพฉายแล้ว สามารถทำการสรุปตัวเลขการขยายทางเศรษฐกิจทั้ง 3 ภาพฉายได้ดังในตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2 การขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านในทุกๆ 5 ปี

	ภาคเกษตรกรรม (%)	ภาคอุตสาหกรรม (%)	ภาคบริการ (%)
ภาพฉายที่ 1	7.5	6	6
ภาพฉายที่ 2	20	10	10
ภาพฉายที่ 3	33	28	20

จากตัวเลขการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำทั้ง 3 ภาพฉาย จะสามารถทำการหาความต้องการใช้น้ำในอนาคตได้ทั้ง 3 ภาพฉาย ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

6.2.2 ความต้องการใช้น้ำในอนาคตจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจในอนาคต

แนวโน้มความต้องการใช้น้ำในอนาคตในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะถูกกำหนดจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจของทั้ง 3 ภาพฉายที่ได้ทำการกำหนดมาแล้วจากหัวข้อที่แล้ว โดยวิธีการหาความต้องการใช้น้ำในอนาคต จะต้องใช้ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านในอนาคต และตัวเลขการขยายตัวทางเศรษฐกิจจากทั้ง 3 ภาพฉายมาทำการหาความต้องการใช้น้ำในอนาคต ซึ่งตัวแปรที่มีความสำคัญในการหาความต้องการใช้น้ำในตารางปัจจัยการผลิตก็คือ ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เข้าไป (total input) ในอนาคตหารด้วยมูลค่าของน้ำปี พ.ศ. 2553 ในแต่ละพื้นที่ ก็จะได้ความต้องการใช้น้ำในอนาคตออกมา โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

1) จะต้องนำค่าตัวเลขการขยายตัวทางเศรษฐกิจของทั้ง 3 ภาพฉายมาทำการคูณกับรายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่าน เพื่อให้ทราบว่าในแต่ละภาพฉายจะมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจคิดเป็นมูลค่าทางตัวเงินเท่ากับเท่าไหร่ เมื่อนำค่าการการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่คิดเป็นมูลค่าทางตัวเงินรวมกับรายได้ประชาชาติลุ่มน้ำน่านก็จะทราบว่าในแต่ละภาพฉายรายได้ประชาชาติลุ่มน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปเท่าไหร่ ดังแสดงในตารางที่ 6-3

ตารางที่ 6-3 มูลค่าการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านจากทั้ง 3 ภาพฉาย (ล้านบาท)

	ภาพฉายที่ 1	ภาพฉายที่ 2	ภาพฉายที่ 3
ภาคเกษตรกรรม	86,825	32,559	256,133
ภาคอุตสาหกรรม	10,622	17,704	49,571
ภาคบริการ	102,520	170,867	341,733

ตารางที่ 6-4 รายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านจากทั้ง 3 ภาพฉาย (ล้านบาท)

	GDP ภาพฉายที่ 1	GDP ภาพฉายที่ 2	GDP ภาพฉายที่ 3
ภาคเกษตรกรรม	130,237	75,972	299,545
ภาคอุตสาหกรรม	28,326	35,408	67,275
ภาคบริการ	273,387	341,734	512,600

2) เมื่อทราบรายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านในอนาคตจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจทั้ง 3 ภาพฉาย จะต้องนำรายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านทั้ง 3 ภาพฉายไปทำการคำนวณหาตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านใหม่ โดยใช้วิธี RAS method ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในบทที่

5 ซึ่งจะสามารถได้ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านของทั้ง 3 ภาพฉาย ดังแสดงในตารางที่ 6-5, 6-6 และ 6-7

ตารางที่ 6-5 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านของภาพฉายที่ 1

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO
A	32,653	41,611	30,315	104,579	17,524	122,103
M	8,995	30,968	54,159	94,122	18,959	113,081
S	4,486	12,178	132,930	149,594	341,202	490,796
SUM IT	46,132	84,754	217,409	(หน่วย: ล้านบาท)		
SUM VA	75,972	28,326	273,387			
SUM TI	122,103	113,081	490,796			

ตารางที่ 6-6 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านของภาพฉายที่ 2

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO
A	65,348	55,100	58,832	179,279	30,041	209,320
M	10,325	23,518	60,279	94,122	18,959	113,081
S	3,421	6,144	98,282	107,846	382,950	490,796
SUM IT	79,083	84,754	217,409	(หน่วย: ล้านบาท)		
SUM VA	130,237	28,326	273,387			
SUM TI	209,320	113,081	490,796			

ตารางที่ 6-7 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านของภาพฉายที่ 3

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO
A	151,508	132,219	128,615	412,342	69,095	481,436
M	25,223	59,463	138,853	223,539	45,027	268,567
S	5,173	9,616	140,154	154,944	765,299	920,243
SUM IT	181,892	201,291	407,642	(หน่วย: ล้านบาท)		
SUM VA	299,545	67,275	512,600			
SUM TI	481,436	268,567	920,243			

3) เมื่อได้ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านของทั้ง 3 ภาพฉายแล้ว จะต้องนำมูลค่าน้ำที่หาไว้ในแต่ละพื้นที่ในบทที่ 5 มาทำการหารกับผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เข้าไป (total input) ในตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำของทั้ง 3 ภาพฉาย ก็จะสามารถทราบว่าความต้องการใช้น้ำในอนาคตจะมีปริมาณเท่าไหร่

จากการหาความต้องการใช้น้ำในอนาคตสามารถทำการสรุปความต้องการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่และในแต่ละภาพฉายได้ดังนี้

ตารางที่ 6-8 ความต้องการใช้น้ำในอนาคตของภาพฉายที่ 1 (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)

ความต้องการใช้น้ำแต่ละภาพฉายในอนาคต	ภาคเกษตรกรรม	ภาคอุตสาหกรรม	ภาคบริการ
พื้นที่ที่ 1	115,464,902	38,939	12,881,489
พื้นที่ที่ 2	470,074,195	225,740	24,429,691
พื้นที่ที่ 3	85,429,323	41,392	15,595,215
พื้นที่ที่ 4	15,973,196,934	2,024,084	67,815,862
พื้นที่ที่ 5	17,806,494,094	3,203,777	137,687,911
รวม	34,450,659,448	5,533,932	258,410,168

ตารางที่ 6-9 ความต้องการใช้น้ำในอนาคตของภาพฉายที่ 2 (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)

ความต้องการใช้น้ำแต่ละภาพฉายในอนาคต	ภาคเกษตรกรรม	ภาคอุตสาหกรรม	ภาคบริการ
พื้นที่ที่ 1	197,939,833	40,496	13,396,748
พื้นที่ที่ 2	805,841,477	234,770	25,406,879
พื้นที่ที่ 3	146,450,268	43,048	16,219,023
พื้นที่ที่ 4	27,382,623,316	2,105,048	70,528,497
พื้นที่ที่ 5	33,902,657,826	3,331,928	143,195,427
รวม	62,435,512,720	5,755,290	268,746,574

ตารางที่ 6-10 ความต้องการใช้น้ำในอนาคตของภาพฉายที่ 3 (หน่วย: ลูกบาศก์เมตร)

ความต้องการใช้น้ำแต่ละภาพฉายในอนาคต	ภาคเกษตรกรรม	ภาคอุตสาหกรรม	ภาคบริการ
พื้นที่ที่ 1	455,261,615	92,480	24,152,792
พื้นที่ที่ 2	1,853,435,397	536,132	45,805,671
พื้นที่ที่ 3	336,835,616	98,306	29,241,028
พื้นที่ที่ 4	31,490,016,813	4,807,200	127,154,742
พื้นที่ที่ 5	38,988,056,500	7,608,970	258,164,833
รวม	73,123,605,941	13,143,088	484,519,066

จากความต้องการใช้น้ำในอนาคตที่แสดงในตารางที่ 6-8, 6-9 และ 6-10 พบว่า มีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องแสดงให้เห็นว่า ยิ่งหากมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจตามภาพฉายที่ได้ทำการกำหนดไว้ จะส่งผลต่อความต้องการใช้น้ำตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยจะเห็นว่าภาคเกษตรกรรมในทั้ง 3 ภาพฉายจะมีความต้องการใช้น้ำสูงที่สุด เนื่องมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน โดยส่วนใหญ่จะทำการเพาะปลูกพืชที่ใช้น้ำมาก และเป็นพืชเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ นั่นก็คือ ข้าวและอ้อย ทำให้ความต้องการใช้น้ำในภาคส่วนนี้ถึงมีแนวโน้มที่สูง ยิ่งถ้าหากภาคอุตสาหกรรมการแปรรูปสินค้าเกษตรเอื้อประโยชน์ภาคเกษตรกรรมให้มีการผลิตสินค้าเกษตรด้วยแล้ว ย่อมส่งผลให้ภาคเกษตรกรรมขยายตัวทางเศรษฐกิจแน่นอน

เมื่อทราบความต้องการใช้น้ำที่เกิดขึ้นในอนาคตแล้ว จะนำทั้งปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในพื้นที่ลุ่มน้ำกับความต้องการใช้น้ำที่เกิดขึ้นในอนาคตมาทำการวิเคราะห์ว่า จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกจะส่งผลอย่างไรกับปริมาณน้ำต้นทุนที่เกิดขึ้น และจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ ความต้องการใช้น้ำที่สูงขึ้นจะส่งผลอย่างไรกับภาวะเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ

6.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต

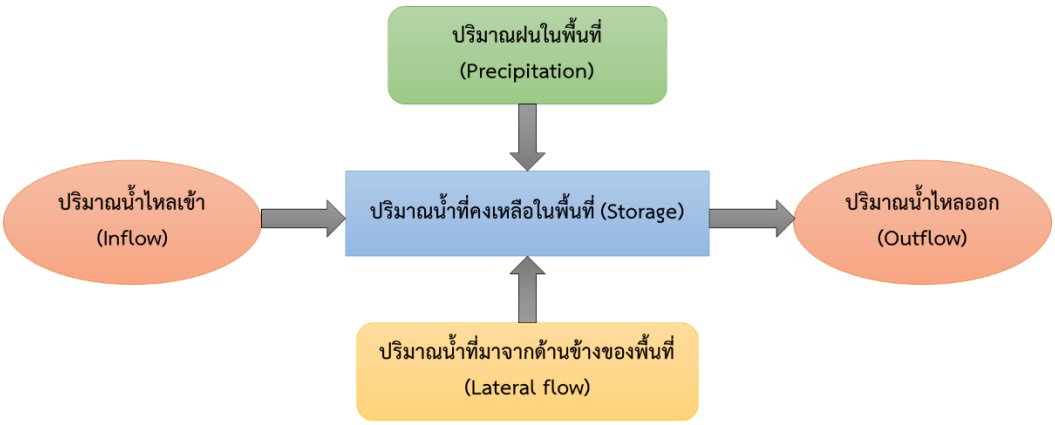
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า ซึ่งเป็นปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต จะต้องทำการวิเคราะห์โดยทำการพล็อตกราฟระหว่างทั้งสองส่วนมาเปรียบเทียบกันเพื่อให้เห็นภาพว่า ในแต่ละส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำเกิดอะไรขึ้น ช่วงเวลาไหนที่เกิดการขาดแคลนน้ำหรือปริมาณน้ำไม่เพียงพอ (deficit volume) โดยการวิเคราะห์จะใช้หลักการการจะแบ่งพื้นที่ และใช้สถานีวัดปริมาณน้ำท่า 5 สถานี ซึ่งจะทำการพล็อตกราฟแยกตามความต้องการใช้น้ำ

ในอนาคต 3 ภาพฉาย เพื่อให้สะดวกในการทำความเข้าใจมากยิ่งขึ้น โดยการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะคิดเฉพาะปริมาณน้ำท่าบนผิวดินเท่านั้น

โดยในการวิเคราะห์นี้ จะใช้สถานีวัดปริมาณน้ำท่าต่างๆในการแบ่งพื้นที่ของลุ่มน้ำน่านเหมือนในการวิเคราะห์มูลค่าน้ำในบทที่ 5 ดังนี้

1) พื้นที่ส่วนที่ 1 ใช้สถานีวัดน้ำท่า N.64 ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดน่าน
2) พื้นที่ส่วนที่ 2 ใช้สถานีวัดน้ำท่า N.64 และสถานีวัดน้ำท่า N.13A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน
3) พื้นที่ส่วนที่ 3 ใช้สถานีวัดน้ำท่า N.13A และสถานีวัดน้ำไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์
4) พื้นที่ส่วนที่ 4 ใช้สถานีวัดน้ำท่า N.12A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ และสถานีวัดน้ำท่า N.5A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
5) พื้นที่ส่วนที่ 5 สถานีวัดน้ำท่า N.5A ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

รูปแบบการวิเคราะห์ใช้หลักการสมดุลน้ำ (water balance) ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามสมการ Inflow – Outflow = ΔS เมื่อนำปริมาณน้ำไหลออกจากระบบ หักลบกับปริมาณน้ำไหลเข้าระบบจะได้ปริมาณน้ำที่เหลือในระบบ ซึ่งถ้าปริมาณน้ำที่เหลือในระบบออกมาเป็นค่าลบ สามารถอธิบายได้ว่าปริมาณน้ำในระบบมีปริมาณน้ำที่เพิ่มเข้ามาในระบบ ซึ่งอาจจะเป็นปริมาณฝนหรือปริมาณน้ำที่มาจากด้านข้างระบบ (lateral flow) ดังแสดงในรูปที่ 6-9 โดยจะมีเพียง 2 พื้นที่ในการวิเคราะห์ที่จะไม่ครบองค์ประกอบตามหลักการนี้คือ พื้นที่ส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นพื้นที่เริ่มต้น จะมีเพียงสถานีวัดปริมาณน้ำท่า N.64 เป็นสถานีที่ปริมาณน้ำออกจากระบบ และพื้นที่ส่วนที่ 5 ซึ่งเป็นพื้นที่สิ้นสุด จะใช้เพียงสถานีวัดปริมาณน้ำท่า N.5A เนื่องจากสถานีวัดน้ำท่าที่เป็นสถานีสิ้นสุดของลุ่มน้ำน่านคือสถานีวัดปริมาณน้ำท่า C.2 ซึ่งเป็นจุดรวมของปริมาณน้ำทั้งหมดของลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน ถ้าหากใช้สถานีนี้จะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ตามความเป็นจริง จึงใช้สถานีวัดน้ำท่า N.5A เป็นสถานีที่ปริมาณน้ำไหลเข้าระบบเป็นปริมาณน้ำต้นทุนของพื้นที่ส่วนที่ 5



รูปที่ 6-9 หลักการการคำนวณหาปริมาณน้ำต้นทุนในพื้นที่ลุ่มน้ำ

หลักการอีกอย่างที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ในหัวข้อนี้คือ หลักการการจัดสรรน้ำของประเทศไทย ซึ่งโดยปกติประเทศไทยเมื่อเกิดการขาดแคลนน้ำหรือภัยแล้ง องค์กรของรัฐบาลตัดสินใจจัดสรรน้ำให้ภาคบริการ และภาคอุตสาหกรรมก่อนเป็นอันดับแรก โดยจัดสรรน้ำให้ภาคเกษตรกรรมเป็นอันดับรองหรือไม่จัดสรรให้เลยดังเหตุการณ์ภัยแล้งปี พ.ศ. 2558/59 เนื่องจากภาคบริการเป็นภาคส่วนที่รวมการอุปโภค-บริโภคของประชาชน ทำให้ภาคส่วนนี้ไม่สามารถขาดน้ำได้ และภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคส่วนที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ หากมีผลกระทบจะส่งผลให้รายได้ประชาชาติของประเทศลดลง ดังนั้น มูลค่าความเสียหายส่วนใหญ่จึงจะอยู่ในภาคเกษตรกรรมจากปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก

6.3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต

1) พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน

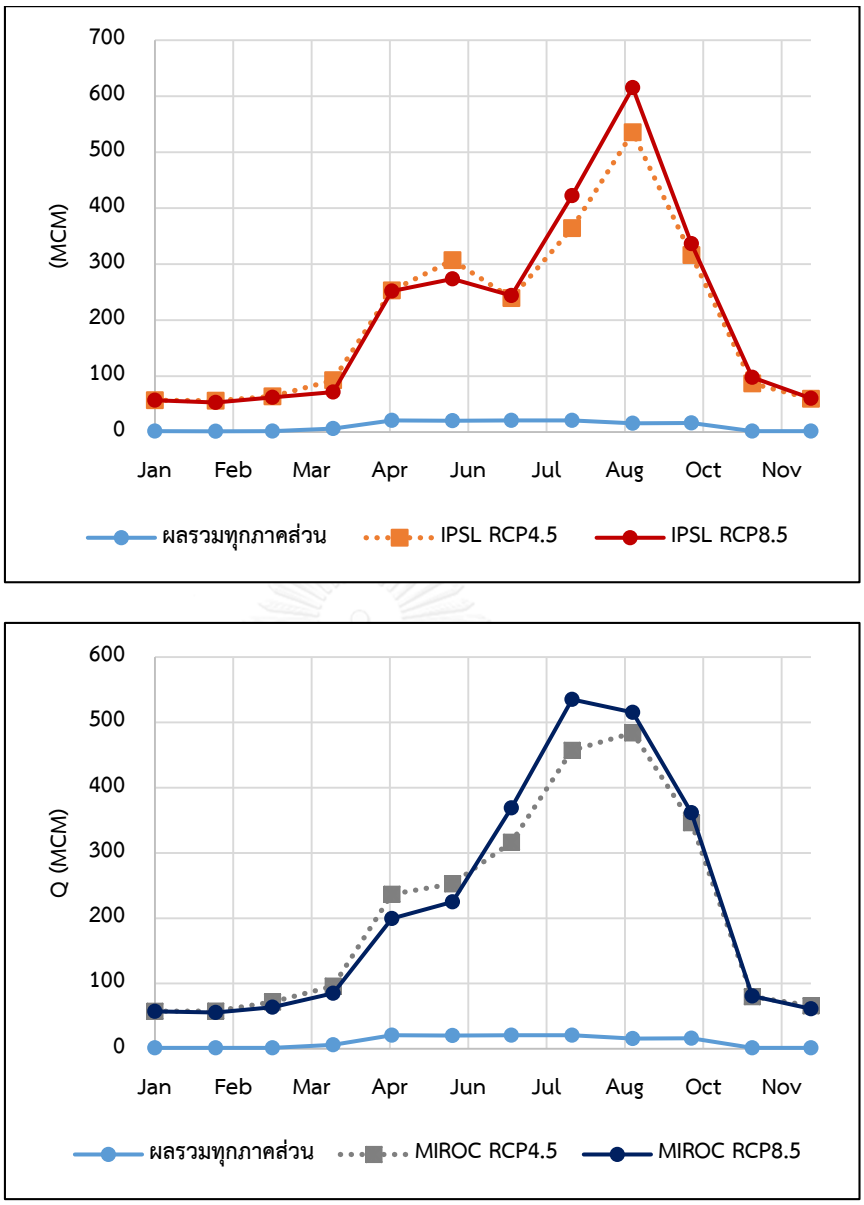
<u>ความต้องการใช้น้ำในอนาคตภาพฉายที่ 1,2 และ 3</u>

เมื่อนำปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตจากภาพฉายมาทำการพล็อตกราฟ จะเห็นได้ว่า ในพื้นที่จังหวัดน่านตอนบน จะมีความต้องการใช้น้ำที่น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดน่านตอนบนเป็นเทือกเขา และมีการทำกิจกรรมทางเศรษฐกิจของทุกภาคส่วนค่อนข้างน้อย โดยมีความต้องการใช้น้ำรวมในภาพฉายที่ 1 อยู่ระหว่าง 1.6 – 20.7 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-10 ความต้องการใช้น้ำรวมภาพฉายที่ 2 อยู่ระหว่าง 2.1 – 34 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-11 และความต้องการใช้น้ำรวมภาพฉายที่ 3 อยู่ระหว่าง 3.9 – 77.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-12 เมื่อทำการแยกพิจารณาแต่ละภาพฉายแบบรายเดือนพบว่า ภาพฉายที่ 1, 2 และ

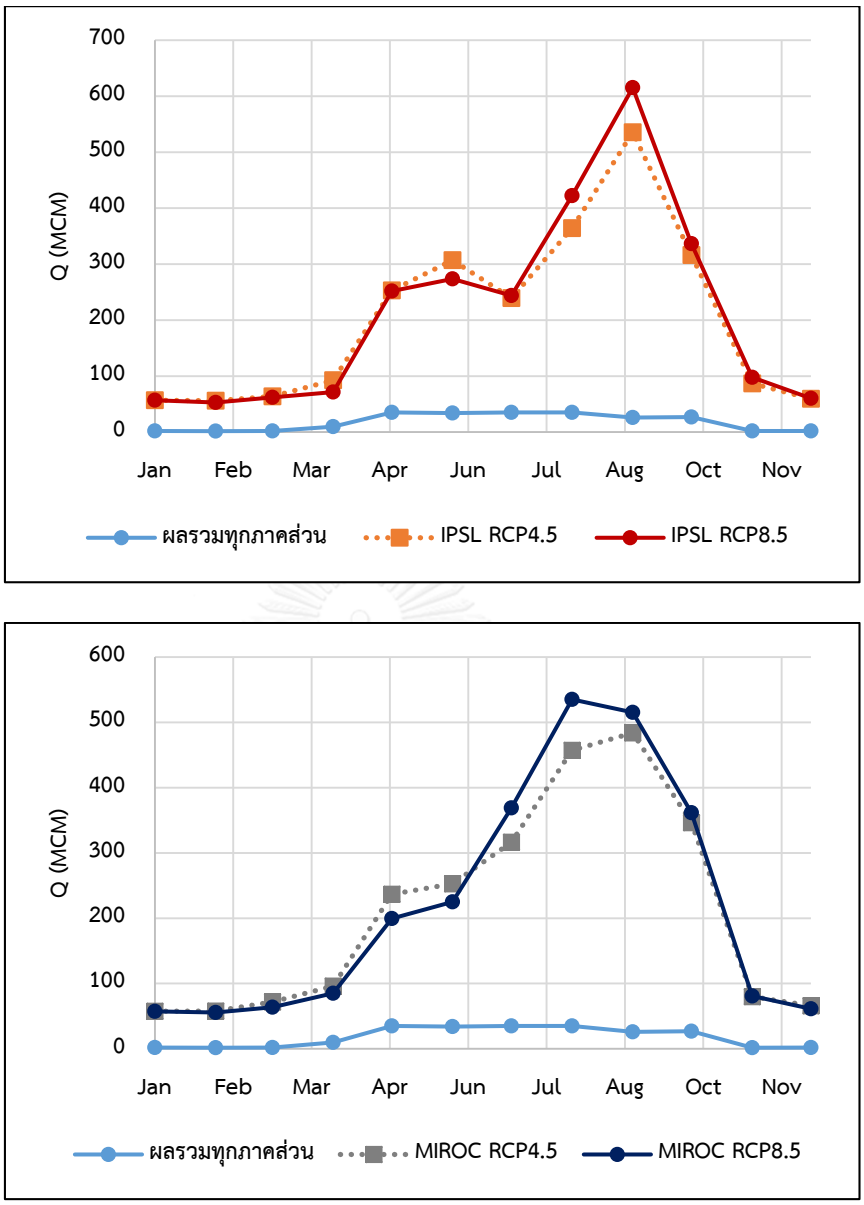
3 จะมีปริมาณน้ำต้นทุนมีจำนวนมากกว่าความต้องการใช้น้ำอย่างมาก ทำให้ไม่เกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำเกิดขึ้น แต่เมื่อพิจารณาภาพฉายแบบรายวันพบว่าภาพฉายที่ 3 แบบรายวันในภาคผนวก ข พบว่า เกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำในภาคเกษตรกรรม ซึ่งเป็นช่วงเริ่มการปลูกข้าวนาปีในพื้นที่ โดยทั้ง 4 แบบจำลอง GCMs แสดงผลออกมาได้ดังนี้

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 3</u>

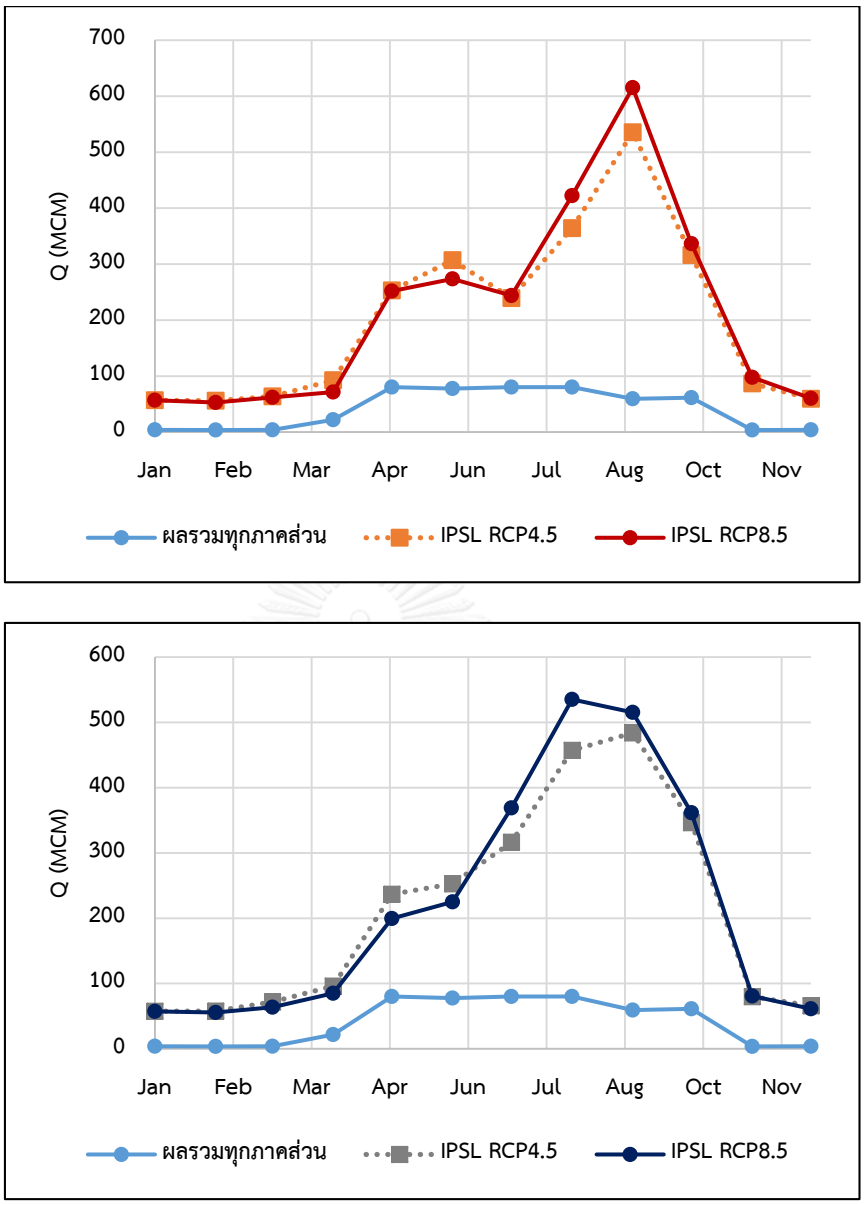
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 29.3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 75.9 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 29.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 77.2 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 31.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 81.4 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 37.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 98.2 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม



รูปที่ 6-10 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5



รูปที่ 6-11 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5



รูปที่ 6-12 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

2) พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน

ความต้องการใช้น้ำในอนาคตภาพฉายที่ 1,2 และ 3

เมื่อนำปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตจากภาพฉายมาทำการพล็อตกราฟ จะเห็นได้ว่า ในพื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง จะมีความต้องการใช้น้ำที่น้อย เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ เนื่องจากจังหวัดน่านตอนล่าง มีการทำกิจกรรมทางเศรษฐกิจของทุกภาคส่วนค่อนข้างน้อย ไม่ว่าจะเป็นภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และบริการ โดยมี

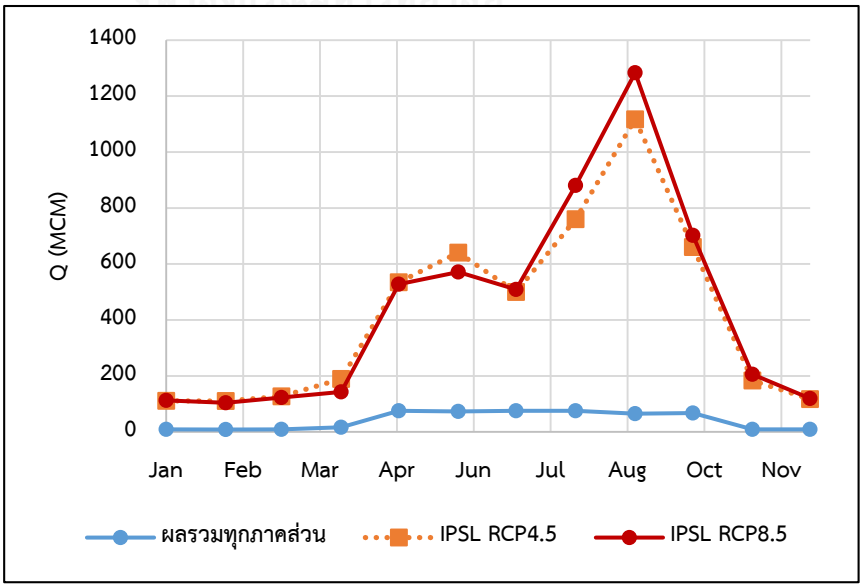
ความต้องการใช้น้ำรวมในภาพฉายที่ 1 อยู่ระหว่าง 8.8 – 73.4 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือนดังแสดงในรูปที่ 6-13 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 อยู่ระหว่าง 15.6 – 124.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-14 และความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 อยู่ระหว่าง 36.3 – 285.1 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-15 เมื่อทำการแยกพิจารณาแต่ละภาพฉายแบบรายเดือนพบว่า ภาพฉายที่ 1, 2 และ 3 จะมีปริมาณน้ำต้นทุนมีจำนวนมากกว่าความต้องการใช้น้ำอย่างมาก ทำให้ไม่เกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำเกิดขึ้น แต่เมื่อพิจารณาภาพฉายแบบรายวันพบว่าภาพฉายที่ 2 และ 3 แบบรายวันในภาคผนวก ข พบว่า เกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำในภาคเกษตรกรรม ซึ่งเป็นช่วงเริ่มการปลูกข้าวนาปีในพื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน โดยทั้ง 4 แบบจำลอง GCMs แสดงผลออกมาได้ดังนี้

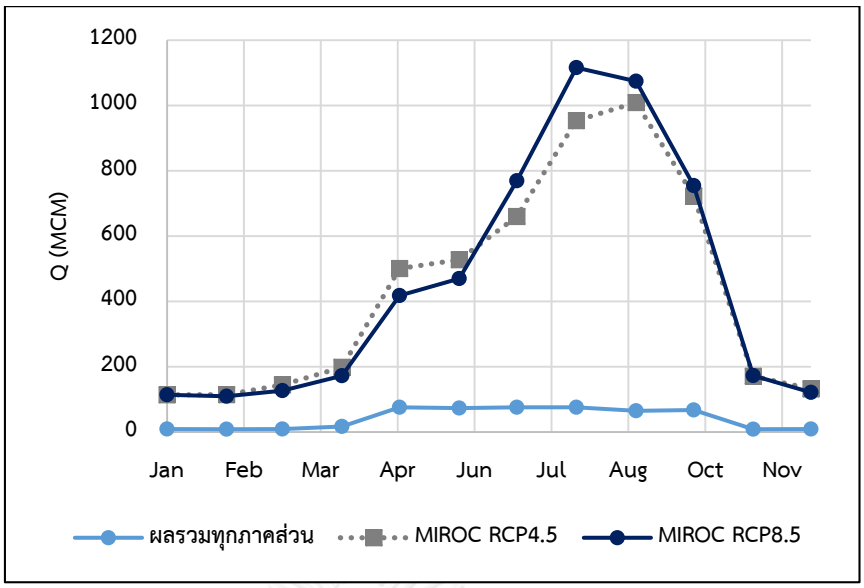
<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 2</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 12.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 33.2 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 13.3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 34.5 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 15.1 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 39.1 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 19.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 51.6 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม

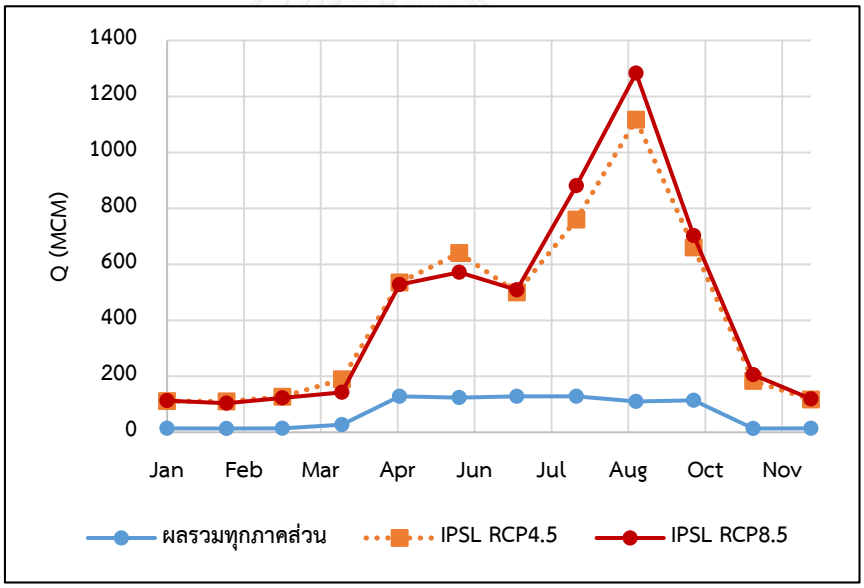
สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 3

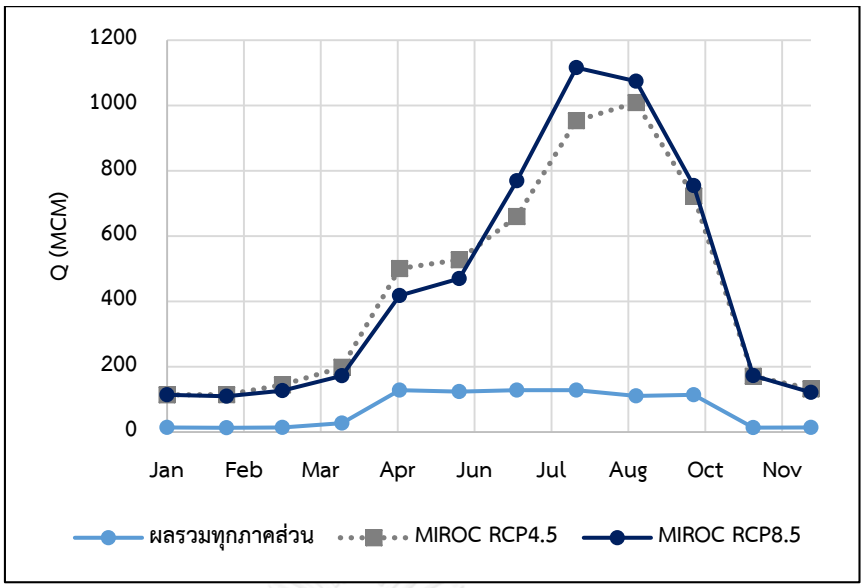
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 320.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 830.5 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 362.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 939.3 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 338.1 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 75.9 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 415.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 1,077.5 ล้านลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤษภาคม



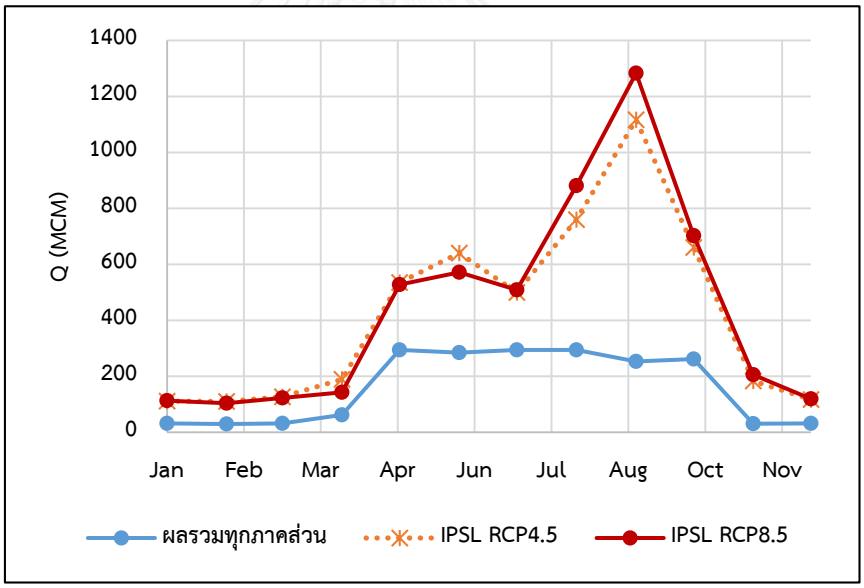


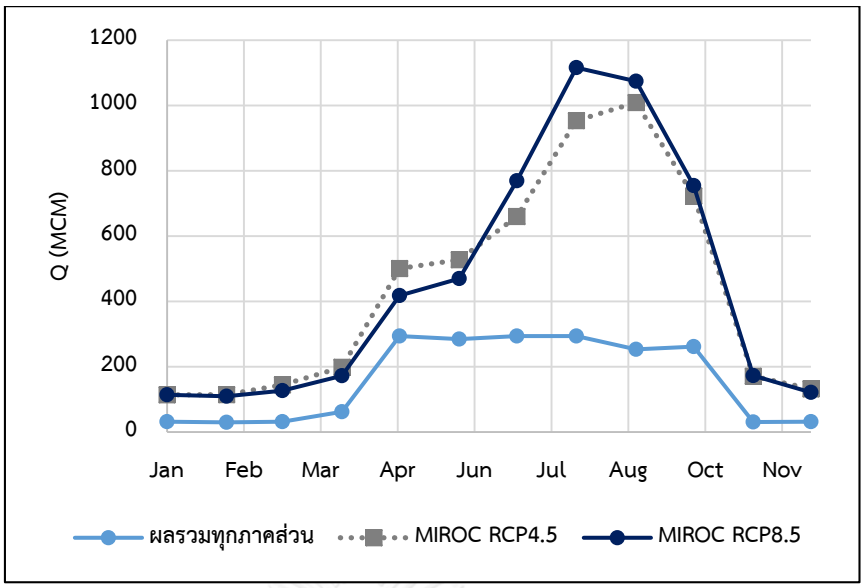
รูปที่ 6-13 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL(b) แบบจำลอง MIROC5





รูปที่ 6-14 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a)แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5





รูปที่ 6-15 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

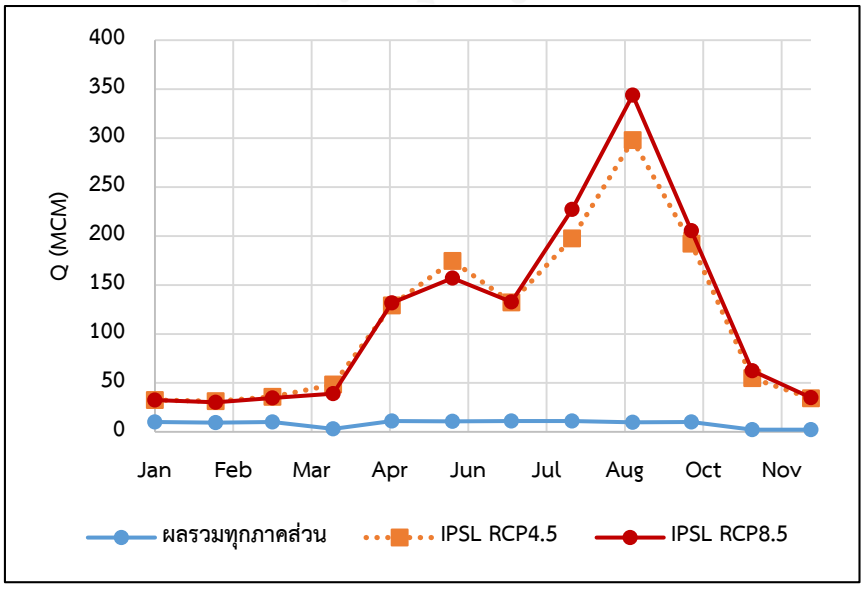
3) พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง

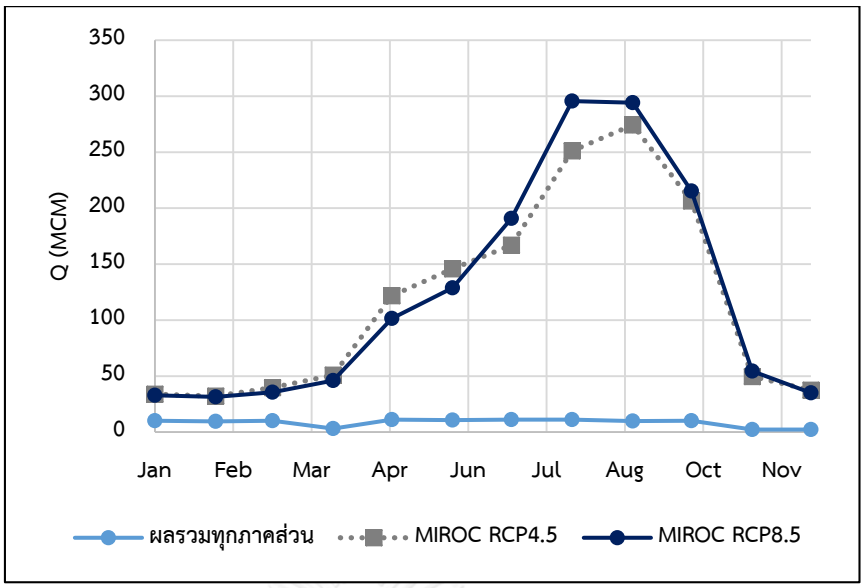
<u>ความต้องการใช้น้ำในอนาคตภาพฉายที่ 1,2 และ 3</u>

เมื่อนำปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตจากภาพฉายมาทำการพล็อตกราฟ จะเห็นได้ว่า ในพื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง จะมีความต้องการใช้น้ำที่น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ เนื่องจากจังหวัดน่านตอนล่าง มีการทำกิจกรรมทางเศรษฐกิจของทุกภาคส่วนค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ ส่วนภาคเกษตรกรรมจะมีความต้องการใช้น้ำสูงขึ้น เนื่องจากพื้นที่ส่วนนี้มีเนื้อที่จังหวัดอุตรดิตถ์บางส่วนด้วย เมื่อพิจารณาความต้องการใช้น้ำรวมในภาพฉายที่ 1 อยู่ระหว่าง 9.8 – 10.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-16 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 อยู่ระหว่าง 16.1 – 18.1 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-17 และความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 อยู่ระหว่าง 31.1 – 39.7 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-18 เมื่อทำการแยกพิจารณาแต่ละภาพฉายพบว่ารูปแบบความต้องการใช้น้ำจะคล้ายคลึงกับพื้นที่จังหวัดน่านตอนบนคือภาพฉายที่ 1 และภาพฉายที่ 2 มีปริมาณน้ำต้นทุนมีจำนวนมากกว่าความต้องการใช้น้ำอย่างมาก ทำให้ไม่เกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำเกิดขึ้น แต่เมื่อพิจารณาภาพฉายแบบรายวันพบว่าภาพฉายที่ 3 ในภาคผนวก ค พบว่าเกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำในภาคเกษตรกรรมเช่นเดิม โดยเฉพาะช่วงการปลูกข้าวนาปรังและช่วงเริ่มปลูกข้าวนาปี โดยพิจารณาทั้ง 4 แบบจำลอง GCMs แสดงผลออกมาได้ดังนี้

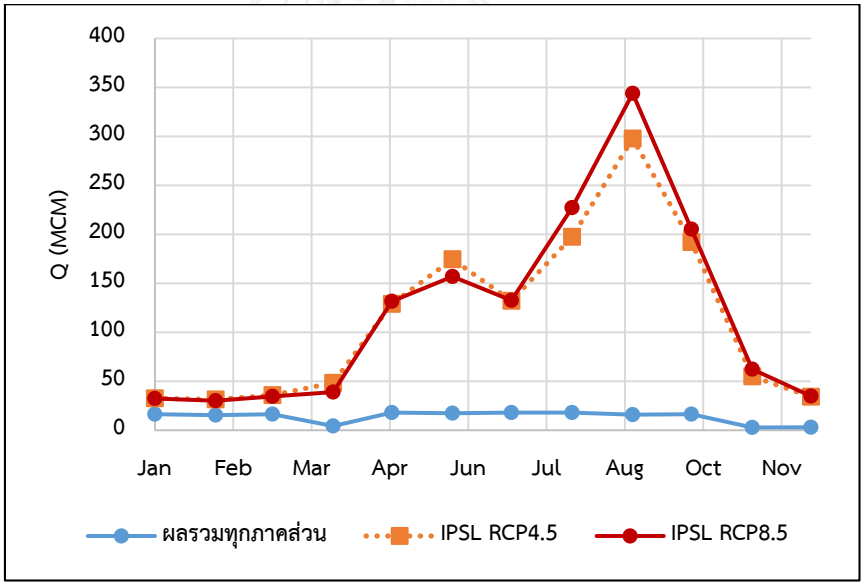
สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 3

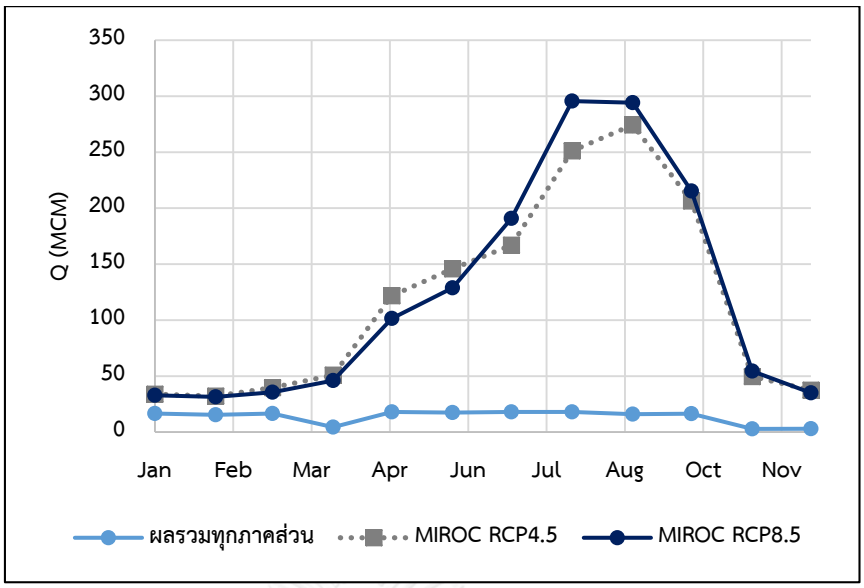
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 137.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคมหรือคิดเป็น 356.1 ล้านลูกบาศก์เมตร
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 159.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคมหรือคิดเป็น 413.9 ล้านลูกบาศก์เมตร
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 101 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคมหรือคิดเป็น 261.8 ล้านลูกบาศก์เมตร
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะไม่มีการขาดแคลนน้ำเลย แต่หากพิจารณาแบบรายวันจะพบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 132.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีในเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคมหรือคิดเป็น 343.2 ล้านลูกบาศก์เมตร



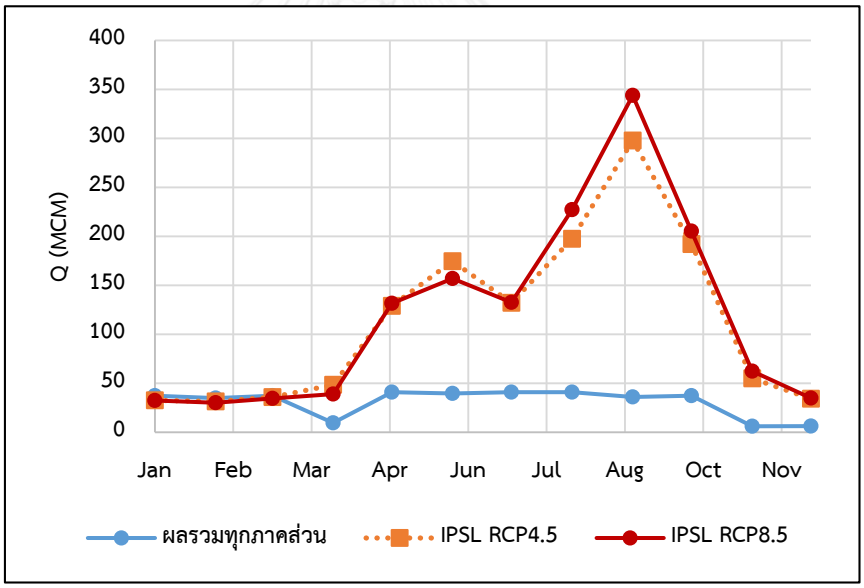


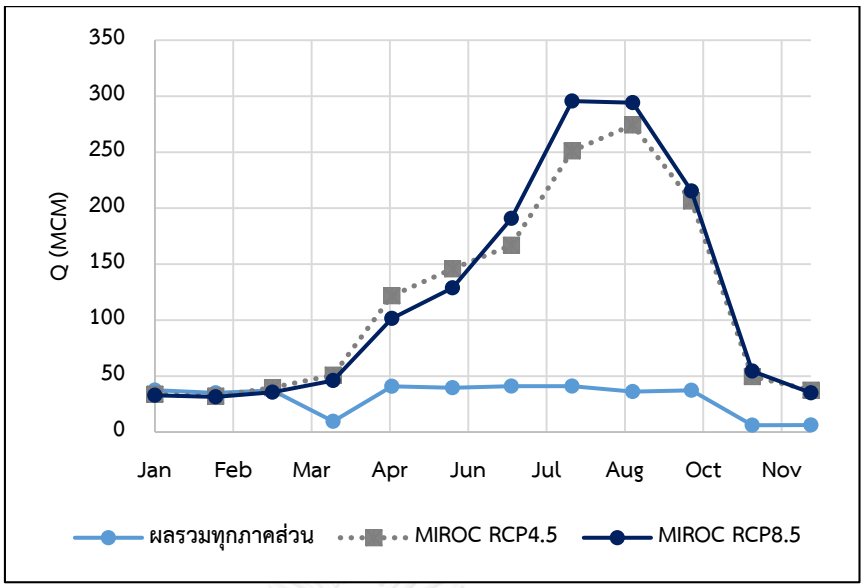
รูปที่ 6-16 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5





รูปที่ 6-17 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5





รูปที่ 6-18 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

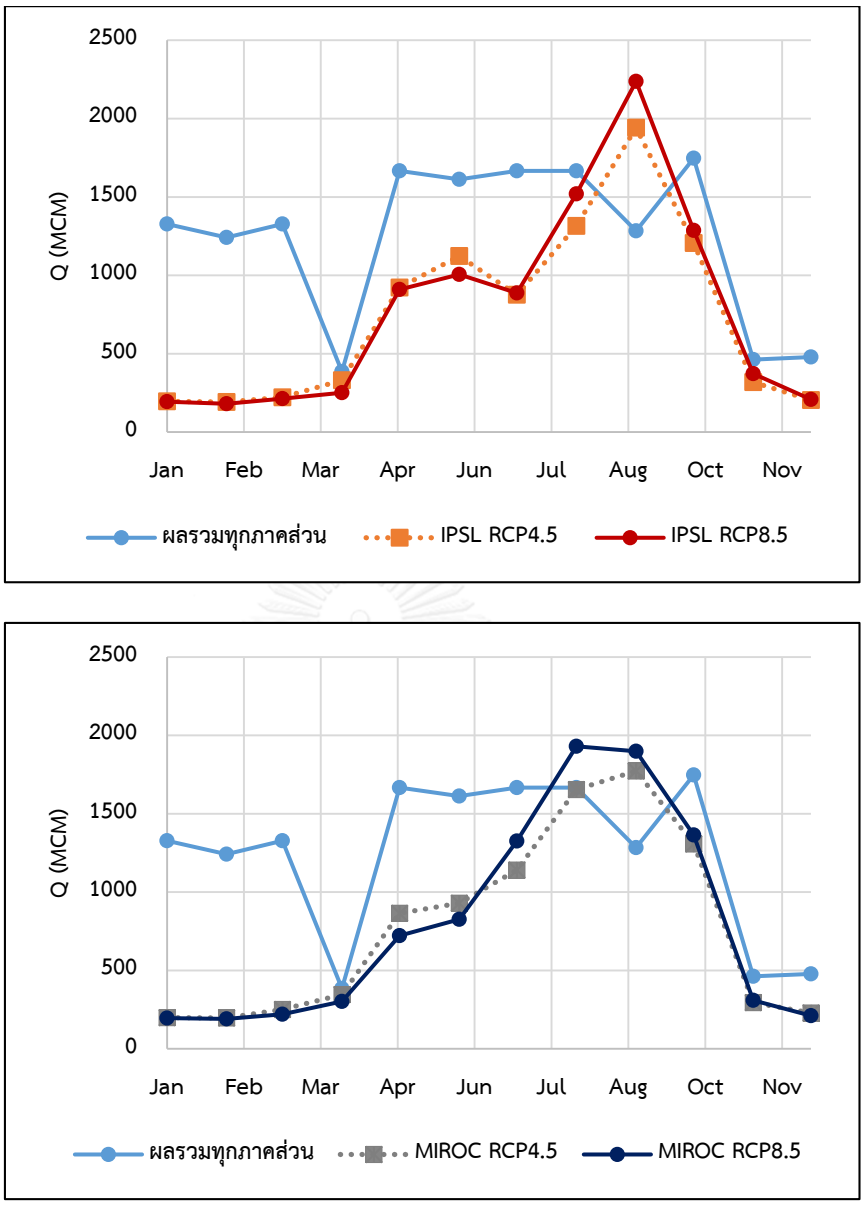
4) พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก

<u>ความต้องการใช้น้ำในอนาคตภาพฉายที่ 1,2 และ 3</u>

เมื่อนำปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตจากภาพฉายมาทำการพล็อตกราฟ จะเห็นได้ว่า ในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก ซึ่งเป็นลุ่มน้ำน่านตอนล่างจะมีความต้องการใช้น้ำที่มาก เนื่องจากจังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลกทั้งสองจังหวัดเป็นพื้นที่ที่มีการทำการกสิกรรมอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะปลูกข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง อีกทั้งภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ ส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในพื้นที่สองจังหวัดนี้ โดยเฉพาะจังหวัดพิษณุโลก ที่ถือได้ว่าเป็นเมืองหลวงของภาคเหนือตอนล่างรองจากเชียงใหม่ ทำให้ความต้องการใช้น้ำในพื้นที่นี้มีแนวโน้มที่สูงอย่างมากนั่นเอง เมื่อพิจารณาความต้องการใช้น้ำรวมในภาพฉายที่ 1 จะอยู่ระหว่าง 357.7 – 1,690.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-19 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 จะอยู่ระหว่าง 656.8 – 2,894.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-20 และความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 อยู่ระหว่าง 759.5 – 3,332.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-21 เมื่อทำการแยกพิจารณาแต่ละภาพฉายทั้งแบบรายเดือนและรายวันพบว่า ภาพฉายที่ 1, 2 และ 3 เกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำในภาคเกษตรกรรมอย่างหนัก โดยเฉพาะช่วงการปลูกข้าวนาปรังและช่วงเริ่มปลูกข้าวนาปี เมื่อทำการพิจารณาทั้ง 4 แบบจำลอง GCMs แสดงผลออกมาได้ดังนี้

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 1</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 77,836 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 6,725 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 77,604 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 6,705 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 72,287 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 6,247 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 72,675 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 6,279 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม

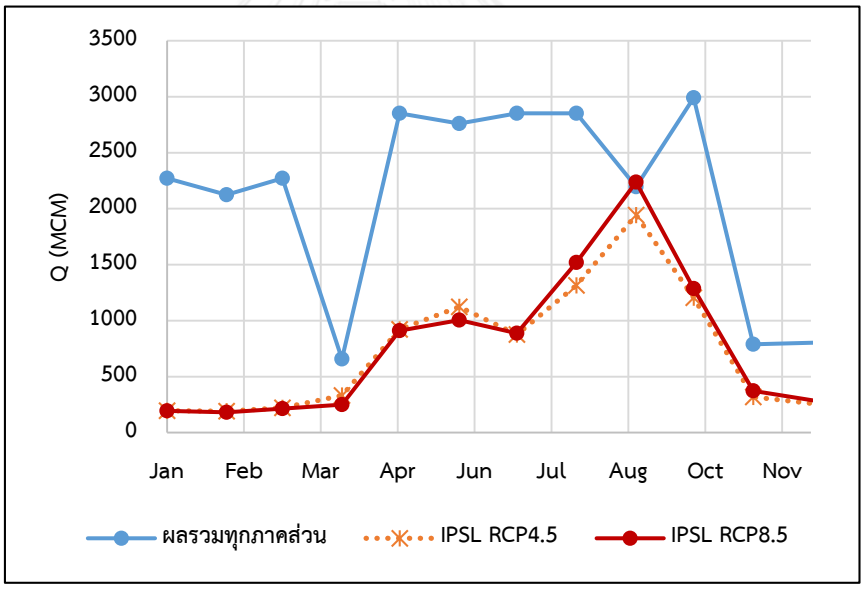


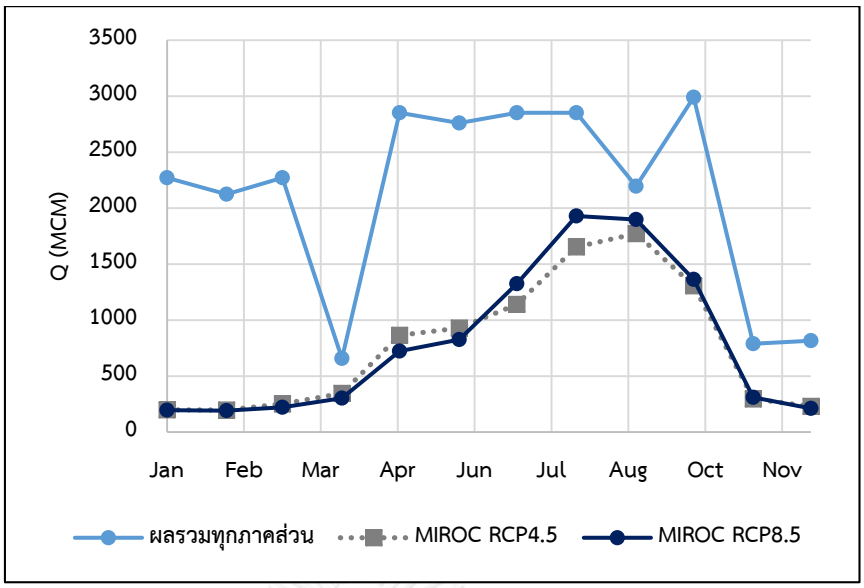
รูปที่ 6-19 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 2</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 95,991 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 8,294 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำทั้งปี

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 94,146 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 8,134 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำทั้งปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 94,005 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 8,122 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำทั้งปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 92,214 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 7,967 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำทั้งปี

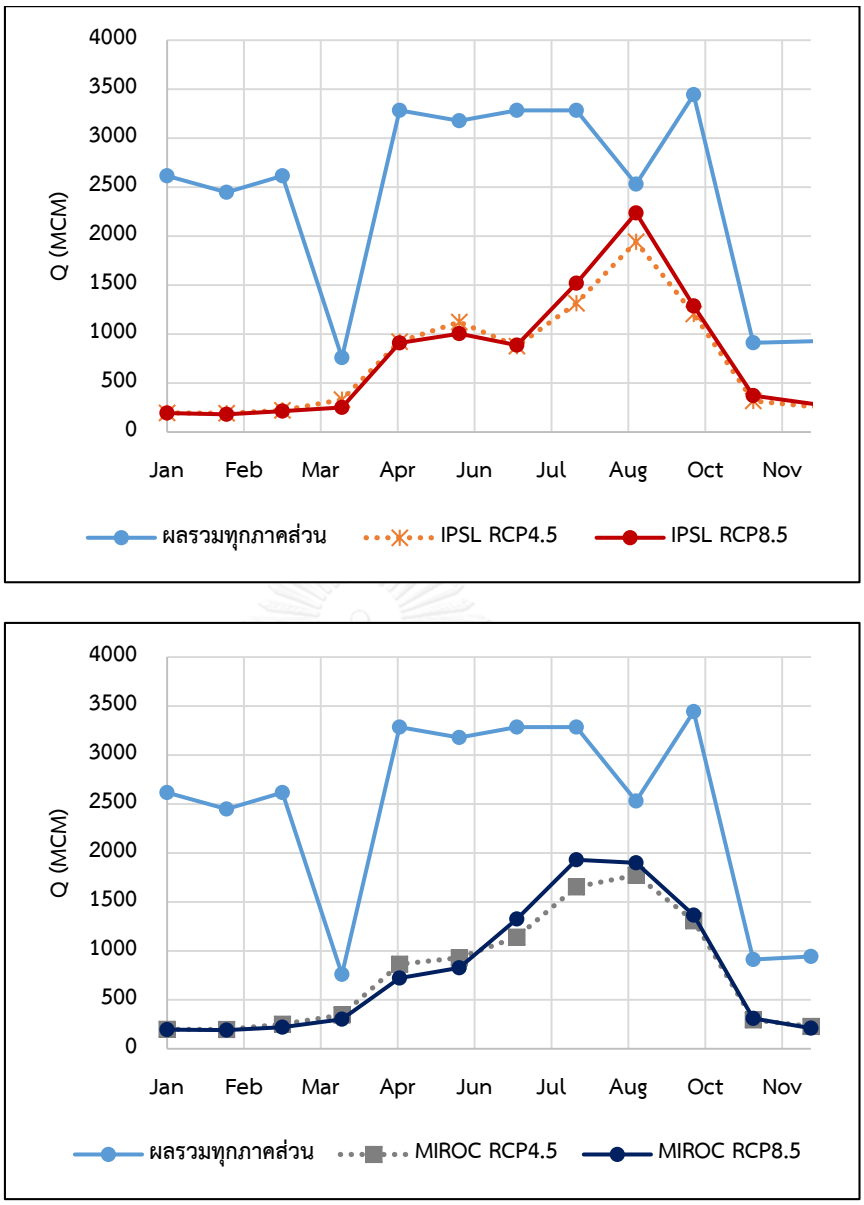




รูปที่ 6-20 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 3</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 107,592 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 9,296 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำทั้งปี
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 105,417 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 9,108 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำทั้งปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 105,801 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 9,141 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำทั้งปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 104,173 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 9,001 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำทั้งปี



รูปที่ 6-21 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

5) พื้นที่จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลกบางส่วน

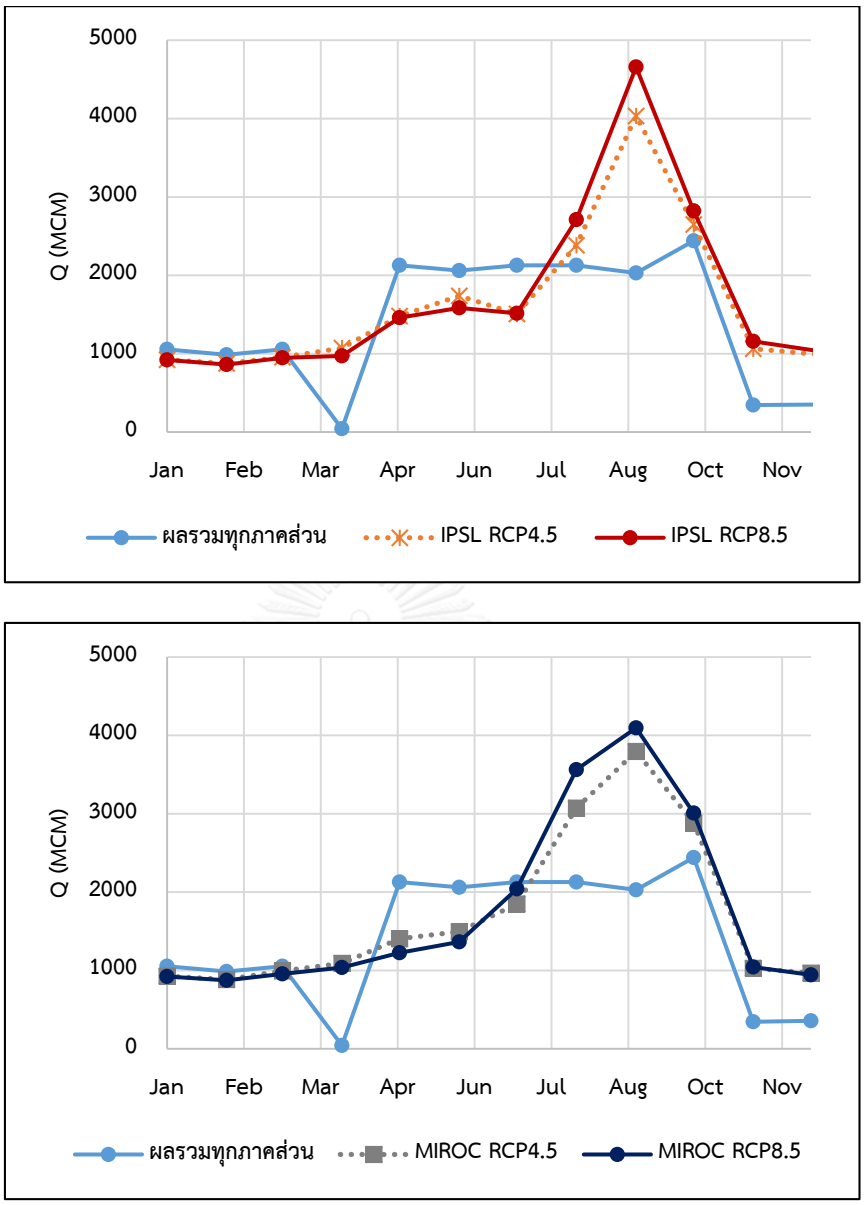
<u>ความต้องการใช้น้ำในอนาคตภาพฉายที่ 1,2 และ 3</u>

เมื่อนำปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตจากภาพฉายมาทำการพล็อตกราฟ จะเห็นได้ว่า ในพื้นที่จังหวัดพิจิตร ซึ่งเป็นลุ่มน้ำน่านตอนล่าง จะมีความต้องการใช้น้ำที่มาก เนื่องจากจังหวัดพิจิตรเป็นพื้นที่ที่มีการทำการกสิกรรมอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเพาะปลูกข้าว แต่ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ มีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำไม่สูง

มากนัก ถ้าเปรียบเทียบกับภาคเกษตรกรรม เมื่อพิจารณาความต้องการใช้น้ำรวมในภาพฉายที่ 1 จะอยู่ระหว่าง 43.3 – 2,362 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-22 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 จะอยู่ระหว่าง 65.8 – 4,041 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-23 และความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 อยู่ระหว่าง 146.7 – 4,658 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6-24 เมื่อทำการแยกพิจารณาแต่ละภาพฉายพบว่า ภาพฉายที่ 1, 2 และ 3 เกิดภาวการณ์ขาดแคลนน้ำในภาคเกษตรกรรมอย่างหนัก โดยเฉพาะช่วงการปลูกข้าวนาปรังและช่วงเริ่มปลูกข้าวนาปี เมื่อทำการพิจารณาทั้ง 4 แบบจำลอง GCMs แสดงผลออกมาได้ดังนี้

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 1</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 25,817 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 2,231 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 27,416 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 2,369 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 24,351 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 2,104 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 25,817 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 2,342 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม



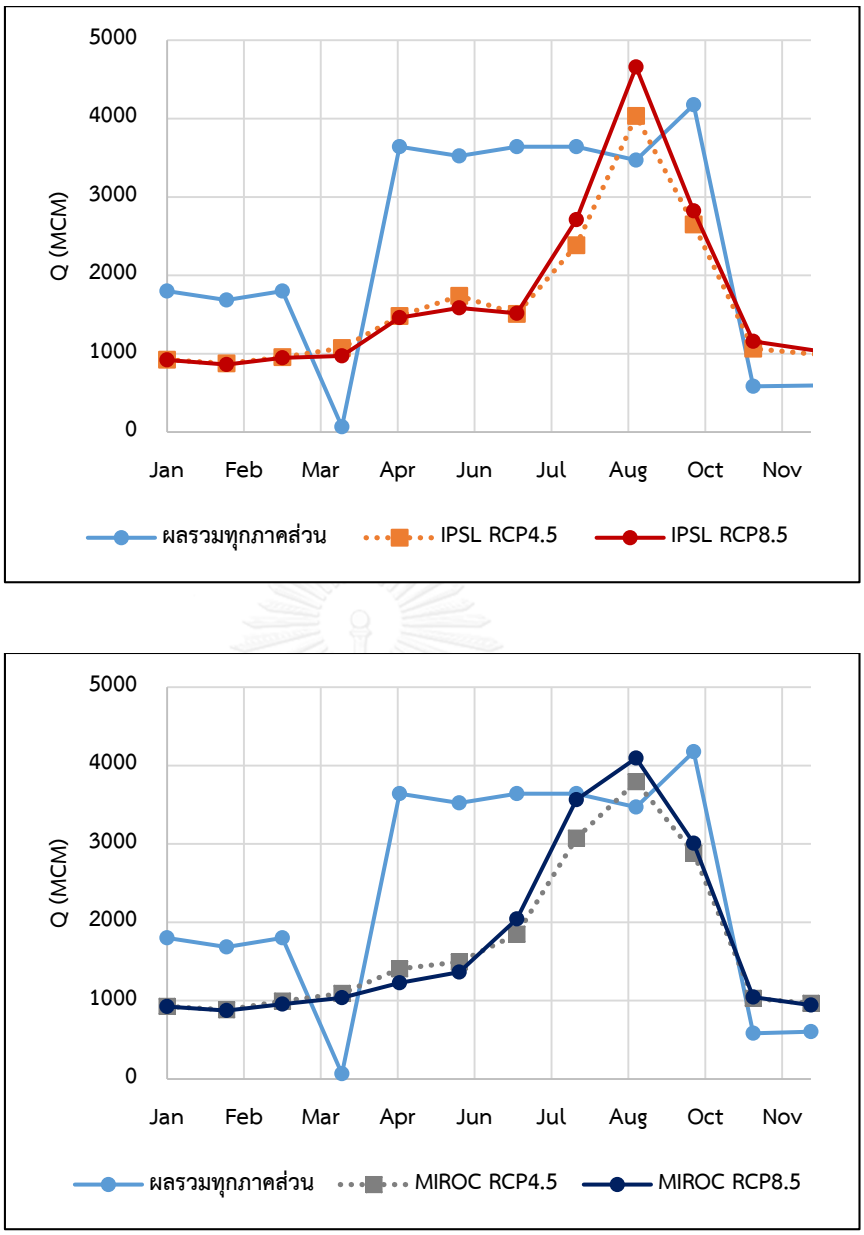
รูปที่ 6-22 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 2</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 66,203 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 5,720 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนกันยายน และช่วงที่ 3 คือเดือนตุลาคมเกือบทั้งเดือน

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 64,182 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 5,545 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนกันยายน และช่วงที่ 3 คือเดือนตุลาคมเกือบทั้งเดือน
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 60,220 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 5,203 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนกันยายน และช่วงที่ 3 คือเดือนตุลาคมเกือบทั้งเดือน
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่าเมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 58,421 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 5,048 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนกันยายน และช่วงที่ 3 คือเดือนตุลาคมเกือบทั้งเดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



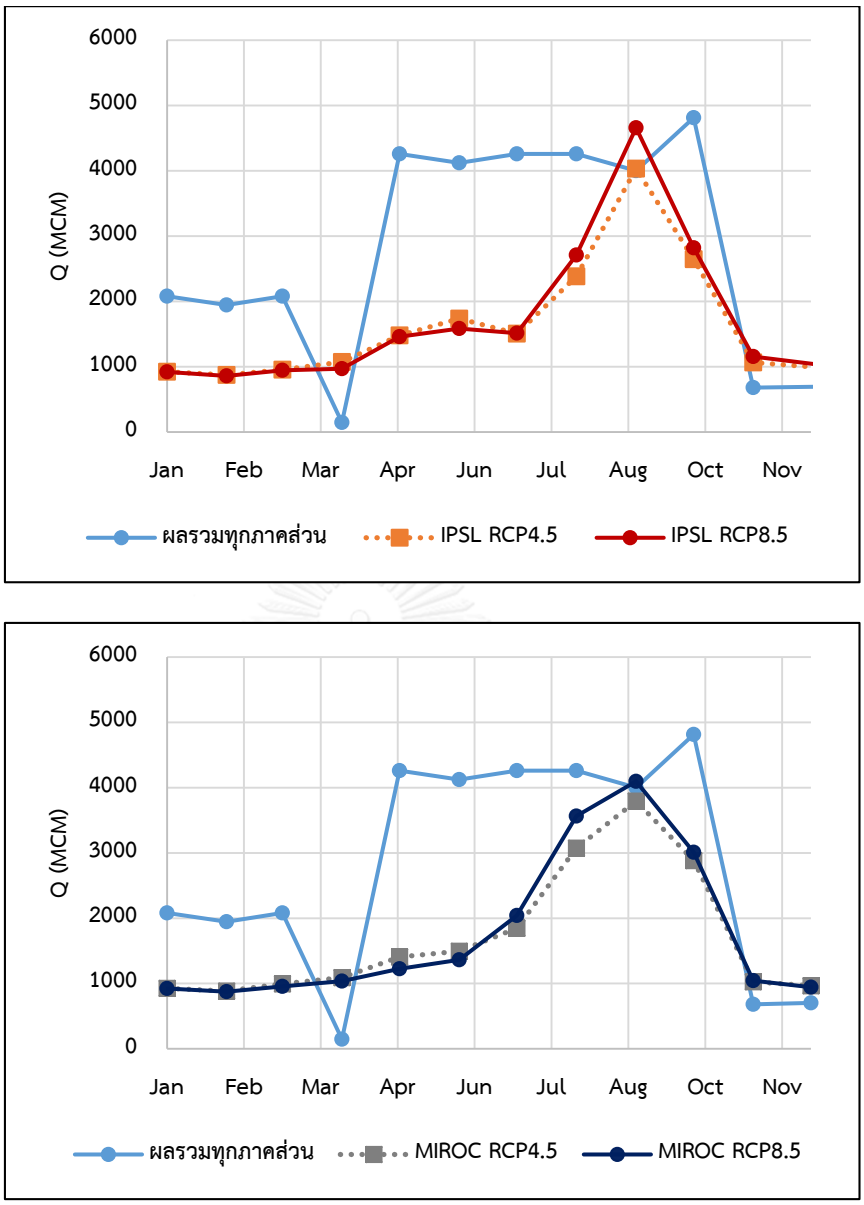
รูปที่ 6-23 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 3</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 81,547 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 7,046 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนกันยายน และช่วงที่ 3 คือเดือนตุลาคมเกือบทั้งเดือน

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 79,167 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 6,840 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนกันยายน และช่วงที่ 3 คือเดือนตุลาคมเกือบทั้งเดือน
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 76,427 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 6,603 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนกันยายน และช่วงที่ 3 คือเดือนตุลาคมเกือบทั้งเดือน
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า เมื่อทำการพิจารณาปริมาณน้ำและความต้องการใช้น้ำแบบรายเดือนจะมีการขาดแคลนน้ำ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอรวมเท่ากับ 73,304 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือคิดเป็น 6,334 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนกันยายน และช่วงที่ 3 คือเดือนตุลาคมเกือบทั้งเดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 6-24 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงไปของสภาพภูมิอากาศโลกกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต สามารถทำการสรุปออกมาเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 6-11 ปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (หน่วย: ล้านลูกบาศก์เมตร

พื้นที่	ภาพฉายความต้องการใช้น้ำ	แบบจำลอง IPSL RCP4.5	แบบจำลอง IPSL RCP8.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP4.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP8.5
พื้นที่ 1	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	2.53	2.57	2.71	3.20
พื้นที่ 2	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	1.11	1.15	1.30	1.72
	3	27.7	31.3	29.2	36
พื้นที่ 3	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	11.9	13.8	8.7	11.5
พื้นที่ 4	1	6,686	6,618	6,246	6,249
	2	8,294	8,134	8,122	7,967
	3	9,295	9,108	9,141	9,001
พื้นที่ 5	1	2,280	2,369	2,104	2,342
	2	5,720	5,545	5,203	5,403
	3	7,046	6,840	6,603	6,333

จากตารางที่ 6-11 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าพื้นที่ของลุ่มน้ำน่านตอนบนได้แก่ พื้นที่ 1,2 และ 3 จะมีการขาดแคลนน้ำน้อยมากจากทุกแบบจำลอง GCMs ซึ่งอยู่ในระดับหน่วยเพียงแค่หลักสิบ เมื่อเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่างได้แก่พื้นที่ 4 และ 5 จะมีการขาดแคลนน้ำหนักมากจากทุกแบบจำลอง GCMs ซึ่งอยู่ในระดับหน่วยเป็นหลักพันล้าน ดังนั้น พื้นที่ของลุ่มน้ำน่านตอนล่าง ถือได้ว่าเป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำที่สูง เนื่องมากจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในอนาคตนั่นเอง

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตในส่วนนี้แล้ว จะต้องนำปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอไปทำการคำนวณหาความเสียหายที่เกิดขึ้นกับระบบเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านว่ามีมูลค่าเป็นตัวเงินคิดเป็นเท่าไหร่ และจะสามารถลดผลกระทบได้อย่างไร เพื่อช่วยให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นลดลงหรือคลี่คลายสถานการณ์ให้ประคับประคองไปได้

6.4 การประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจและมาตรการลดกระทบ

6.4.1 วิธีการประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจจากการขาดแคลนน้ำ

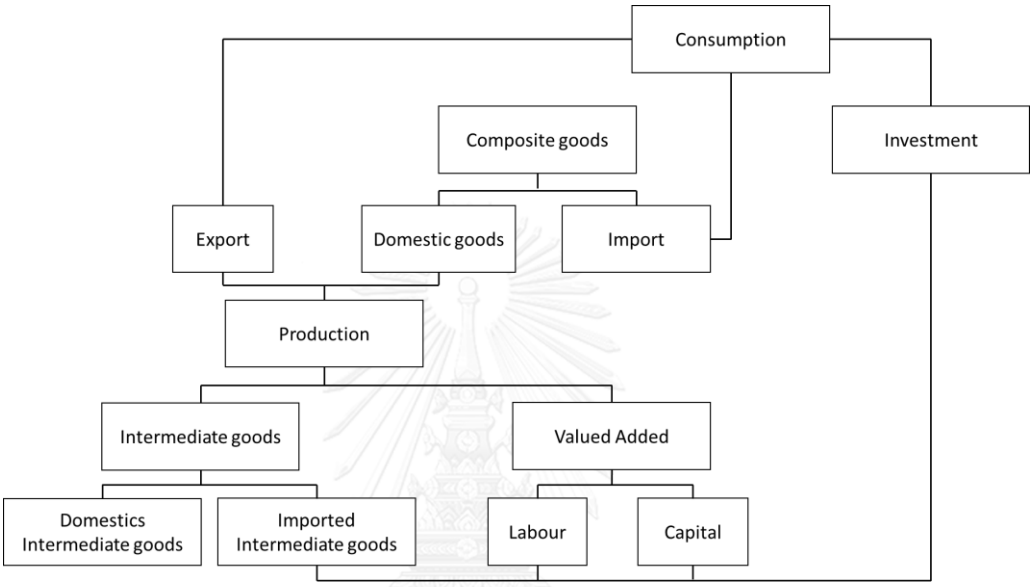
หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต ทำให้สามารถทราบว่าในอนาคต หากความต้องการใช้น้ำเป็นไปตามแต่ละภาพฉายที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ ลุ่มน้ำน่านจะเกิดความต้องการใช้น้ำที่ไม่เพียงพอ โดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง ที่เป็นพื้นที่เศรษฐกิจของลุ่มน้ำจะได้รับผลกระทบมากที่สุด ดังนั้น ในหัวข้อนี้จะทำการประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำจากการที่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอ โดยหลักการในการประเมินเสียหายจะใช้ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านในแต่ละภาพฉายของการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำที่ทำการหาไว้แล้วในหัวข้อที่ผ่านมา และทำการหามูลค่าของน้ำต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตรในแต่ละพื้นที่และในแต่ละภาคส่วน เพื่อที่จะนำมูลค่าของน้ำที่หาได้คูณกับปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ ก็จะสามารถทราบว่าความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นเท่ากับเท่าไหร่ ซึ่งวิธีการแบบนี้คือวิธีการคิดความเสียหายทางเศรษฐกิจเพียงภาคส่วนใดภาคส่วนหนึ่ง โดยไม่คิดผลกระทบที่มีต่อภาคส่วนอื่นๆ แต่ในความเป็นจริง เมื่อภาคส่วนใดภาคส่วนหนึ่งได้รับผลกระทบ ภาคส่วนอื่นๆย่อมต้องได้รับผลกระทบตามกัน ในลักษณะเป็นผลกระทบลูกโซ่เกิดขึ้น (impact chains) การประเมินความเสียหายแบบผลกระทบหลายภาคส่วน จะทำการคำนวณต่อจากแบบผลกระทบเพียงภาคส่วนเดียว โดยการใช้ทฤษฎีของตารางปัจจัยการผลิตที่เรียกว่า Leontief inverse matrix ด้วยสูตรการคำนวณนี้จะสามารถทำการหาความเสียหายแบบผลกระทบหลายภาคส่วนว่า แท้ที่จริงมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกับทุกๆภาคส่วนคิดเป็นมูลค่าเท่าไหร่

การประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ จะทำการประเมินความเสียหายทั้งแบบผลกระทบเพียงภาคส่วนเดียว และแบบผลกระทบหลายภาคส่วน เพื่อเปรียบเทียบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

วิธีการคำนวณความเสียหายแบบผลกระทบเพียงภาคส่วนเดียว วิธีการนี้จะไม่คิดความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างภาคส่วน แต่จะเน้นเพียงภาคส่วนที่ขาดแคลนน้ำ โดยจะใช้วิธีการนำมูลค่า

น้ำคูณกับปริมาณที่น้ำขาดแคลนในแต่ละภาคส่วน ซึ่งวิธีการนี้รัฐบาลมักจะใช้ในการประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้น

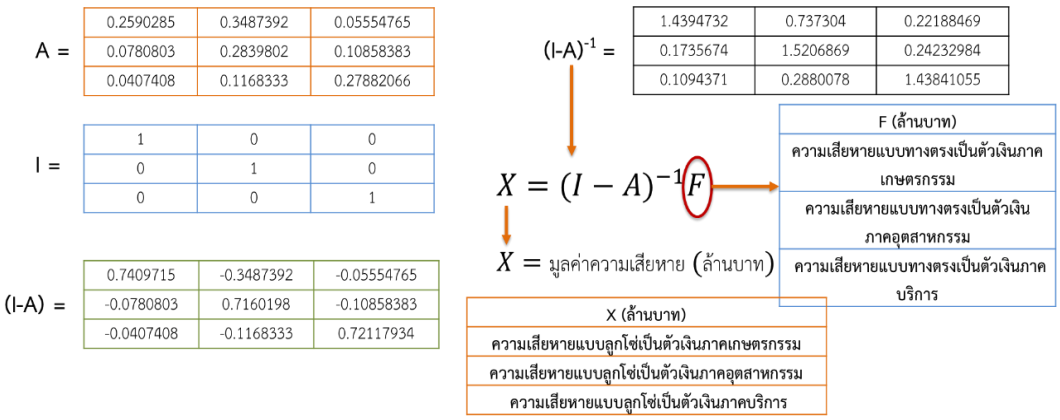
วิธีการคำนวณความเสียหายแบบผลกระทบระหว่างภาคส่วน วิธีการประเมินความเสียหายแบบนี้จะสะท้อนความเป็นจริงของความเสียหายมากที่สุด เนื่องจากในความเป็นจริงเมื่อมีภาคส่วนใดรับผลกระทบ ผลกระทบนั้นจะส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงภาคส่วนอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่...



รูปที่ 6-25 โครงสร้างทางเศรษฐกิจระหว่างภาคส่วน

จากรูปที่ 6-25 จะเห็นได้ว่าหากมีช่องหนึ่งช่องใดมีปัญหาย่อมจะส่งผลกระทบให้อีกช่องหนึ่งมีปัญหาตามในลักษณะลูกโซ่ ยกตัวอย่างเช่น หากภาคส่วนเกษตรกรรมไม่สามารถทำการผลิตข้าวออกมาได้ อุตสาหกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับข้าวทั้งหมดจะหยุดชะงัก กระทบถึงภาคบริการคือการท่องเที่ยว และประชาชนที่ต้องรับประทานข้าวอีกด้วย

การประเมินความเสียหายแบบผลกระทบหลายภาคส่วน จะเป็นการประเมินความเสียหายต่อจากการประเมินความเสียหายในแต่ละภาคส่วน โดยหลักการในการประเมินความเสียหายในส่วนนี้จะใช้สูตรการคำนวณจากทฤษฎีของตารางปัจจัยการผลิตที่เรียกว่า Leontief inverse matrix ซึ่งเป็นสูตรที่สามารถทำการคำนวณความเสียหายทางเศรษฐกิจลักษณะผลกระทบแบบลูกโซ่ในระหว่างภาคส่วนได้ โดยสูตร Leontief inverse matrix คือ $X = (I-A)^{-1} \times F$ โดยค่า A จะหามาจากค่าผลผลิตขั้นกลาง (intermediate transection) หารด้วยผลรวมของต้นทุนในแต่ละภาคส่วนในตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน สิ่งที่ต้องการทราบคือตัวแปร X ซึ่งเป็นมูลค่าความเสียหายทั้งหมดระหว่างสามภาคส่วน ตัวแปรที่ต้องแทนค่าลงไปในสูตรเพื่อหามูลค่าความเสียหายทั้งหมดระหว่างภาคส่วน (X) คือตัวแปร F ซึ่งคือมูลค่าความเสียหายโดยตรงของแต่ละภาคส่วน ดังแสดงในรูปที่ 6-26



รูปที่ 6-26 การคำนวณความเสียหายแบบผลกระทบหลายภาคส่วน

6.4.1.1 ตัวอย่างการคำนวณความเสียหายทางเศรษฐกิจจากการขาดแคลนน้ำปี พ.ศ. 2553

การคำนวณความเสียหายทางเศรษฐกิจจากการขาดแคลนน้ำปี พ.ศ. 2553 จะใช้วิธีการประเมินความเสียหายผลกระทบเพียงภาคส่วนเดียว และความเสียหายระหว่างภาคส่วน และนำผลที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบมูลค่าความเสียหายจากสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยตามที่มีการแสดงมูลค่าความเสียหาย จากการประเมินความเสียหายจะมีมูลค่าความเสียหายดังนี้

ตารางที่ 6-12 ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553

พื้นที่ของลุ่มน้ำน่าน	ภาคเกษตรกรรม (ล้าน ลบ.ม.)	ภาคอุตสาหกรรม (ล้าน ลบ.ม.)	ภาคบริการ (ล้าน ลบ.ม.)
พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน	0	0	0
พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน	47,5	0	0
พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง	0.59	0.0003	0.05
พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก	6,109	0	0
พื้นที่จังหวัดพิจิตรและจังหวัดพิษณุโลกบางส่วน	17,180	0	0
รวม	23,337.1	0.0003	0.05

ตารางที่ 6-13 การประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจจากการขาดแคลนน้ำ

พื้นที่ของลุ่มน้ำน่าน	ประเมินแบบภาคส่วนเดียว (ล้านบาท)	ประเมินแบบหลายภาคส่วน (ล้านบาท)
พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน	0	0
พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน	12,350	21,273
พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง	3,064	6,177
พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก	46,697	80,435
พื้นที่จังหวัดพิจิตรและจังหวัดพิษณุโลกบางส่วน	53,690	92,480
รวม	115,801	200,365

จากการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านพบว่า ภาคเกษตรกรรมเป็นภาคส่วนที่มีการขาดแคลนน้ำมากที่สุด ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจเพียงภาคส่วนเดียวมูลค่าความเสียหายประมาณ 115,801 ล้านบาท ซึ่งจากการประมาณการความเสียหายจากภัยแล้งของสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยปี พ.ศ. 2553 (สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2553) พบว่า จังหวัดในลุ่มน้ำน่าน 11 จังหวัดมีความเสียหายอยู่ประมาณ 665 ล้านบาท ซึ่งมูลค่าเงินจำนวนนี้สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกล่าวว่าเป็นเพียงงบประมาณที่รัฐสามารถชดเชยได้เท่านั้น แต่ในความเป็นจริงควรมีความเสียหายถึง 100,000 ล้านบาท แต่เนื่องจากรัฐบาลมีงบประมาณไม่เพียงพอในการชดเชยความเสียหายที่เกิดขึ้น จึงไม่สามารถชดเชยได้ทั้งหมดจากความเสียหายที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่านี้เป็นเพียงผลกระทบเพียงภาคส่วนเดียวเท่านั้น แต่เมื่อทำการคิดมูลค่าความเสียหายระหว่างภาคส่วน จะเห็นว่าความเสียหายจะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นมาเกือบ 1 เท่าตัว แสดงว่ายังมีภาคส่วนอื่นๆ นอกจากภาคเกษตรกรรมที่รับผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำครั้งนี้ด้วย

6.4.1.2 มูลค่าน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่าน

ก่อนที่จะประเมินความเสียหายจะต้องทำการหามูลค่าของน้ำในแต่ละพื้นที่ และในแต่ละภาพฉาย เพื่อที่จะทราบว่าในแต่ละพื้นที่มูลค่าของน้ำในแต่ละภาคส่วนคิดเป็นมูลค่าเท่าไหร่ มูลค่าของน้ำในแต่ละภาคส่วนจะคิดจากผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เข้าไป (total input) แต่ละภาค

ส่วนในตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำในแต่ละภาพฉายการขยายตัวทางเศรษฐกิจหารด้วยความต้องการใช้น้ำทั้งหมดในแต่ละภาคส่วน ก็จะสามารถทราบว่าในแต่ละภาคส่วน มูลค่าของน้ำคิดเป็นตัวเงินกี่บาท โดยจากการคำนวณจะมูลค่าของน้ำในแต่ละพื้นที่และในแต่ละภาพฉาย จะสามารถได้มูลค่าของน้ำต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 6-14, 6-15 และ 6-16

ตารางที่ 6-14 มูลค่าของน้ำของภาพฉายที่ 1 (หน่วย: บาท)

พื้นที่ในลุ่มน้ำ	ภาคเกษตรกรรม	ภาคอุตสาหกรรม	ภาคบริการ
พื้นที่ 1	1,057	2,904,063	38,101
พื้นที่ 2	152	499,565	20,035
พื้นที่ 3	1,425	2,724,485	31,384
พื้นที่ 4	8	89,388	7,217
พื้นที่ 5	7	35,200	3,555

ตารางที่ 6-15 มูลค่าของน้ำของภาพฉายที่ 2 (หน่วย: บาท)

พื้นที่ในลุ่มน้ำ	ภาคเกษตรกรรม	ภาคอุตสาหกรรม	ภาคบริการ
พื้นที่ 1	352	1,810,080	23,748
พื้นที่ 2	260	499,565	20,035
พื้นที่ 3	475	1,702,803	19,615
พื้นที่ 4	8	89,388	7,217
พื้นที่ 5	7	35,200	3,555

ตารางที่ 6-16 มูลค่าของน้ำของภาพฉายที่ 3 (หน่วย: บาท)

พื้นที่ในลุ่มน้ำ	ภาคเกษตรกรรม	ภาคอุตสาหกรรม	ภาคบริการ
พื้นที่ 1	1,057	6,878,306	37,996
พื้นที่ 2	260	499,565	20,035
พื้นที่ 3	1,425	2,724,485	31,384
พื้นที่ 4	17	212,297	13,532
พื้นที่ 5	15	35,200	3,555

จากตารางแสดงมูลค่าของน้ำในแต่ละพื้นที่ จะเห็นได้ว่า พื้นที่ที่ 1,2 และ 3 ซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน จะเป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำน้อยถึงปานกลาง จึงทำให้มูลค่าของน้ำในทั้ง 3 พื้นที่ ทั้ง 3 ภาพฉาย มีมูลค่าทางตัวเงินที่สูง แต่เมื่อพิจารณาพื้นที่ที่ 4 และ 5 ซึ่งเป็นลุ่มน้ำน่าน

ตอนล่าง จะเป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำที่สูง ทำให้มูลค่าของน้ำในพื้นที่มีมูลค่าทางตัวเงินน้อยกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน และจะเห็นได้ว่าภาคส่วนที่มีมูลค่าของน้ำน้อยที่สุดในทั้ง 3 ภาพฉายคือภาคเกษตรกรรม เนื่องจากเป็นภาคส่วนที่ใช้น้ำจำนวนมากเป็นต้นทุนในการผลิต จึงทำให้มูลค่าของน้ำมีราคาน้อยมาก

6.4.2 การประเมินความเสียหายโดยตรงในแต่ละภาคส่วน

เมื่อสามารถทำการหามูลค่าของน้ำในแต่ละพื้นที่ และทั้ง 3 ภาพฉายได้แล้ว จะต้องนำค่ามูลค่าน้ำคูณกับปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอในแต่ละพื้นที่ เพื่อที่จะทำให้สามารถทราบว่าปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอนี้ จะส่งผลกระทบเป็นมูลค่าทางตัวเงินในภาคส่วนเดียวเท่าไหร่ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าภาคส่วนที่มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอคือ ภาคเกษตรกรรม ส่วนภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ จะมีปริมาณน้ำใช้เพียงพอ จึงทำให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นอยู่ที่ภาคเกษตรกรรม จากการประเมินความเสียหายในแต่ละภาคส่วนจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6-17 ประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจเพียงภาคเกษตรกรรม (หน่วย: ล้านบาท)

พื้นที่	ภาพฉายความต้องการใช้น้ำ	แบบจำลอง IPSL RCP4.5	แบบจำลอง IPSL RCP8.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP4.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP8.5
พื้นที่ 1	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	2,681	2,720	2,864	3,388
พื้นที่ 2	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	286	299	338	447
	3	7,191	8,134	7,588	9,330
พื้นที่ 3	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	16,916	19,659	12,427	16,300
พื้นที่ 4	1	55,182	54,624	51,546	51,823
	2	136,897	134,267	134,065	131,511
	3	337,573	330,750	331,954	326,846
พื้นที่ 5	1	16,389	17,405	15,459	17,205
	2	84,057	81,491	76,461	74,176
	3	225,520	218,936	211,361	202,723

จากตารางที่ 6-17 สามารถสรุปมูลค่าความเสียหายทั้งหมดของแต่ละแบบจำลอง GCMs ตามภาพฉายของความต้องการใช้น้ำได้ดังนี้

1) แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5

ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 71,571 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 221,240 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 589,881 ล้านบาท

2) แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5

ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 72,029 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 216,057 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 580,199 ล้านบาท

3) แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5

ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 67,005 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 210,864 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 566,194 ล้านบาท

4) แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5

ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 69,028 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 206,134 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 558,587 ล้านบาท

จากตารางที่ 6-17 จะเห็นได้ว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นจะอยู่ในพื้นที่ที่ 4 และ 5 ซึ่งเป็นลุ่มน้ำน่านตอนล่างเป็นส่วนใหญ่ ความเสียหายที่เกิดขึ้นนี้เป็นความเสียหายจากภาคเกษตรกรรมเพียงภาคเดียว เนื่องจากเป็นภาคส่วนที่มีความต้องการใช้น้ำในการเพาะปลูก โดยเฉพาะการปลูกข้าวที่มีการใช้น้ำในการเพาะปลูกมาก ทำให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงมากตามมาด้วย อีกอย่างจะเห็นได้ว่าภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำจะมีความเสียหายสูงอย่างมาก เนื่องมาจากความต้องการใช้น้ำในภาพฉายที่ 3 มีความต้องการใช้น้ำที่สูงมากในการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ ทำให้ส่งผลต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจของภาคเกษตรกรรมที่สูง

6.4.3 การประเมินความเสียหายแบบผลกระทบหลายภาคส่วน

ดังนั้น หากทำการแทนค่าตัวแปร F ลงไปในสูตร Leontief inverse matrix ก็จะสามารถทราบความเสียหายในลักษณะลูกโซ่ระหว่างภาคส่วน เมื่อนำมูลค่าความเสียหายโดยตรงของแต่ละภาคส่วนในแต่ละพื้นที่ของทั้ง 3 ภาพฉายมาทำการคำนวณด้วยการแทนค่าลงในสูตร Leontief inverse matrix จะสามารถแสดงมูลค่าความเสียหายได้ดังตารางที่ 6-18

ตารางที่ 6-18 มูลค่าความเสียหายระหว่างภาคส่วนทางเศรษฐกิจในลุ่มน้ำ (หน่วย: ล้านบาท)

พื้นที่	ภาพฉายความต้องการใช้น้ำ	แบบจำลอง IPSL RCP4.5	แบบจำลอง IPSL RCP8.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP4.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP8.5
พื้นที่ 1	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	4,489	4,554	4,796	5,674
พื้นที่ 2	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	479	500	565	747
	3	12,042	13,622	12,706	15,624
พื้นที่ 3	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	28,328	32,920	20,809	27,297
พื้นที่ 4	1	94,608	93,651	88,374	88,849
	2	228,879	224,480	224,143	219,873
	3	565,299	553,874	555,890	547,336
พื้นที่ 5	1	28,099	29,841	26,504	29,498
	2	140,535	136,245	127,835	124,015
	3	377,657	366,631	353,945	339,481

จากตารางที่ 6-18 สามารถสรุปมูลค่าความเสียหายทั้งหมดของแต่ละแบบจำลอง GCMs ตามภาพฉายของความต้องการใช้น้ำได้ดังนี้

1) แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5

ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 122,707 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 369,893 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 987,815 ล้านบาท

2) แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5

ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 123,492 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 361,225 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 971,601 ล้านบาท

3) แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5

ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 114,878 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 352,543 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 948,146 ล้านบาท

4) แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5

ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 118,347 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 344,635 ล้านบาท

ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 935,412 ล้านบาท

จากการประเมินความเสียหายแบบผลกระทบระหว่างภาคส่วนจะเห็นได้ว่า มูลค่าความเสียหายจะสูงขึ้นประมาณ 1 - 2 เท่าของมูลค่าความเสียหายโดยตรงของภาคส่วน มูลค่าความเสียหายที่สูงขึ้นประมาณ 1 เท่านี้จะเป็นมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากผลกระทบของภาคเกษตรกรรมและส่งต่อผลกระทบไปยังภาคอุตสาหกรรม และบริการที่เกี่ยวข้องกับภาคเกษตรกรรม เช่น อุตสาหกรรมที่ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการแปรรูปสินค้าเกษตร หากภาคเกษตรกรรมไม่สามารถผลิตสินค้าเกษตรออกมาได้ ก็จะไม่มีสินค้าส่งต่อให้กับภาคอุตสาหกรรมเพื่อไปแปรรูป ก็จะส่งผลไม่สามารถนำไปขายในห้างสรรพสินค้าหรือตลาดได้ ซึ่งภาคบริการก็จะรับผลกระทบตามมา ซึ่งจะเห็นได้ว่า จะมีผลกระทบทางเศรษฐกิจเป็นลูกโซ่นั่นเอง การประเมินความเสียหายในลักษณะนี้จะทำให้สามารถทราบมูลค่าความเสียหายที่แอบแฝงอยู่ในผลกระทบของภาคส่วนใดภาคส่วนหนึ่ง

6.4.4 ประเมินมาตรการลดผลกระทบจากความเสียหายทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ

มาตรการลดผลกระทบจากความเสียหายทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำนั้น มีอยู่ 2 ปัจจัยหลักที่เป็นตัวกำหนดมาตรการลดผลกระทบได้แก่ ปัจจัยที่หนึ่งคือปริมาณน้ำต้นทุน ถ้าหากปริมาณน้ำต้นทุนเพียงพอ ก็จะส่งผลต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ แต่ถ้าหากปริมาณน้ำต้นทุนไม่เพียงพอ ก็จะเกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจขึ้นกับลุ่มน้ำ ปัจจัยที่สองคือความต้องการใช้น้ำ หากความต้องการใช้น้ำมีมากกว่าปริมาณน้ำต้นทุนย่อมส่งผลให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ แต่ถ้าหากความต้องการใช้น้ำมีน้อยกว่าปริมาณน้ำต้นทุน ก็จะไม่เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ ทั้ง 2 ปัจจัยนี้จำเป็นต้องทำให้เกิดความสมดุล ซึ่งในความเป็นจริงเป็นไปได้ยาก วิธีการที่จะสามารถลดผลกระทบมี

เพียง 2 วิธีได้แก่ วิธีที่หนึ่งคือ การเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน และวิธีที่สองคือ การลดความต้องการใช้น้ำลง โดยจะนำทั้ง 2 วิธีไปทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตใหม่ เพื่อพิจารณาว่า จะสามารถลดผลกระทบลงได้เท่าไหร่

1) การเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน

การเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนที่สามารถช่วยเพิ่มปริมาณน้ำได้ทันทีในพื้นที่ลุ่มน้ำคือ แหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดพิจิตร จะมีการสูบน้ำบาดาลมาเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำในการทำการเกษตรในพื้นที่ ดังนั้น ถ้าหากนำปริมาณน้ำบาดาลมาเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน จะสามารถช่วยลดความเสียหายทางเศรษฐกิจให้ลดลงได้

โดยจากการศึกษารายงานโครงการจัดทำแผนบูรณาการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินพื้นที่ที่ 1 ภาคเหนือ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554) พบว่า จังหวัดพิษณุโลกจะมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เฉลี่ยปีละ 1,017 ล้านลูกบาศก์เมตร และจังหวัดพิจิตรจะมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้โดยเฉลี่ยปีละ 154 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยในฤดูแล้งจะสูบขึ้นมาใช้ประมาณ 80% และในฤดูฝนจะสูบขึ้นมาใช้ประมาณ 20% ดังนั้น จะนำปริมาณน้ำบาดาลของทั้งสองจังหวัดไปทำการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนดูว่าจะสามารถลดผลกระทบลงได้ประมาณเท่าไหร่

2) การลดความต้องการใช้น้ำลง

ปริมาณน้ำต้นทุนที่ไม่เพียงพอในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ส่วนใหญ่มาจากความต้องการใช้น้ำในภาคเกษตรกรรม ดังนั้น การลดความต้องการใช้น้ำลงในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จะต้องทำการเปลี่ยนพฤติกรรมของเกษตรกรในการเพาะปลูก หรือลดการเพาะปลูกลง เพื่อให้เป็นไปตามปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ในพื้นที่ ในการศึกษาในส่วนนี้จะลองนำมาตรการบรรเทาภัยแล้งปี พ.ศ. 2557/58 (สำนักนายกรัฐมนตรี , 2558) มาลองทำการวิเคราะห์ลดความต้องการใช้น้ำลง โดยมีสองมาตรการดังนี้

มาตรการที่สามารถดำเนินการในการลดความต้องการใช้น้ำได้แก่

1) การส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชใช้น้ำน้อยคือพืชตระกูลถั่วแทนการปลูกข้าวนาปรัง
2) เกษตรบางพื้นที่จำเป็นต้องหยุดปลูกข้าวนาปรังและอ้อยชลประทาน เนื่องจากการเพาะปลูกพืชทั้งสองชนิดนี้ จำเป็นต้องใช้ปริมาณน้ำที่มาก ควรเน้นให้เกษตรกรปลูกข้าวนาปีให้มีคุณภาพมากกว่า
3) ทำการจัดพื้นที่การเพาะปลูกให้เป็นลักษณะโซนนิ่ง (crop zoning) โดยจัดให้มีการเพาะปลูกพืชชนิดต่างๆตามพื้นที่ที่มีศักยภาพที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกเท่านั้น เพื่อเน้นการใช้

น้ำให้ลดลง แต่ศักยภาพของผลผลิตในการเพาะปลูกดีขึ้น โดยเริ่มจากพืชหลักของลุ่มน้ำที่มีการใช้น้ำมากที่สุดคือ การเพาะปลูกข้าว

จากมาตรการลดความต้องการใช้น้ำทั้งสามข้อนี้จะนำไปทำการลดความต้องการใช้น้ำในลุ่มน้ำน่าน และพิจารณาดูว่าจะสามารถลดความเสียหายทางเศรษฐกิจลงได้ประมาณเท่าไหร่

จากการนำทั้งสองมาตรการคือ มาตรการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน และมาตรการลดความต้องใช้น้ำ ไปทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตใหม่ โดยจะทำการตั้งสมมติฐานในการลดผลกระทบความเสียหายดังนี้

- จะทำการลดความเสียหายเฉพาะพื้นที่ที่มีความเสียหายมาก นั่นก็คือ พื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง ที่มีความเสียหายในระดับแสนล้านทั้งสามภาพฉายในอนาคต และทุกแบบจำลอง GCMs
- ปริมาณน้ำบาดาลที่สูบขึ้นมาจะสูบเฉพาะจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดพิจิตร โดยทำการสูบตามค่าเฉลี่ยในรายงานของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น
- จะทำการหยุดการปลูกข้าวนาปรังและอ้อยชลประทาน และทำการปลูกพืชใช้น้ำน้อยได้แก่ พืชตระกูลถั่ว เป็นต้น
- การทำการจัดโซนนิ่งการเพาะปลูก จะใช้สมมติฐานกับการเพาะปลูกข้าวว่า ถ้าสามารถดำเนินการได้จริงในอนาคต จะสามารถลดความต้องการใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าวลงครึ่งหนึ่งจากความต้องการใช้น้ำในอนาคตของทั้งสามภาพฉาย และของทุกๆแบบจำลอง GCMs

เมื่อทำการตั้งสมมติฐานแล้ว จะทำการประเมินความเสียหายใหม่จากการลดกระทบในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก

<u>ความต้องการใช้น้ำในอนาคตภาพฉายที่ 1,2 และ 3</u>

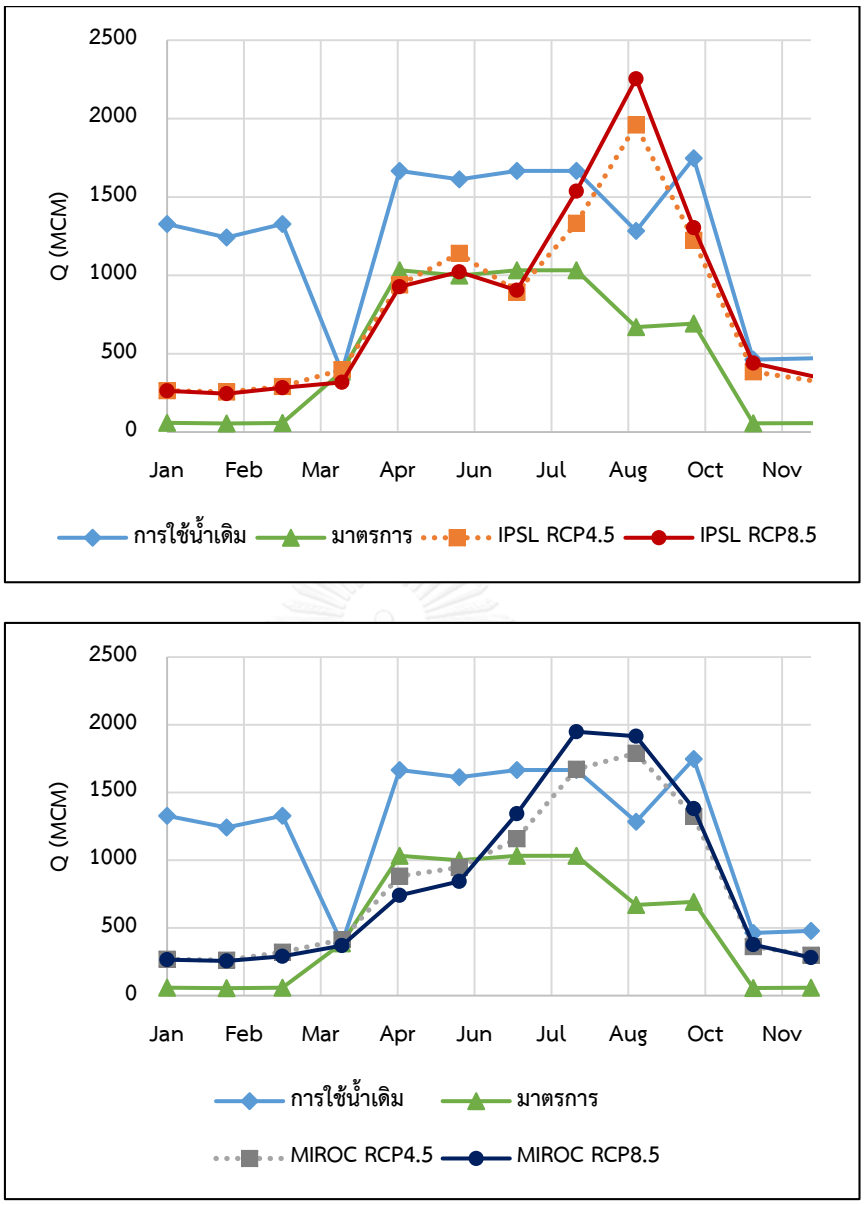
เมื่อนำสมมติฐานที่ตั้งไว้มาทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตใหม่ โดยใช้มาตรการการลดความเสียหายจากภาครัฐ จะเห็นได้ว่า ทุกๆภาพฉายความต้องการใช้น้ำในอนาคต จะสามารถลดความต้องการใช้น้ำลงได้อย่างมาก โดยเฉพาะพืชที่ต้องใช้ปริมาณน้ำในการผลิตจำนวนมากๆ เช่น ข้าวและอ้อย เมื่อทำการควบคุมหรือลดการเพาะปลูกข้าวหรืออ้อยลงได้ รวมถึงเมื่อมีการสูบน้ำบาดาลในจังหวัดพิษณุโลก มาช่วยเพิ่มศักยภาพปริมาณน้ำผิวดิน ก็จะสามารถลดความเสียหายในภาคเกษตรกรรมได้ในระดับหนึ่ง จากเดิม

จะมีความต้องการใช้น้ำสูงสุดในภาพฉายที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 1,691, 2,894 และ 3,333 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ตามลำดับ จะเหลือเพียงเท่ากับ 999, 1,708 และ 1,968 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ตามลำดับ จากกราฟทั้ง 3 ภาพฉาย ดังแสดงในรูปที่ 6-27, 6-28 และ 6-29 จะสามารถทำการสรุปได้ดังนี้

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 1 หลังจากมาตรการลดความเสียหาย</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 6,725 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 443 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 6,705 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 528 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 6,247 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 427 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 6,279 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 569 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

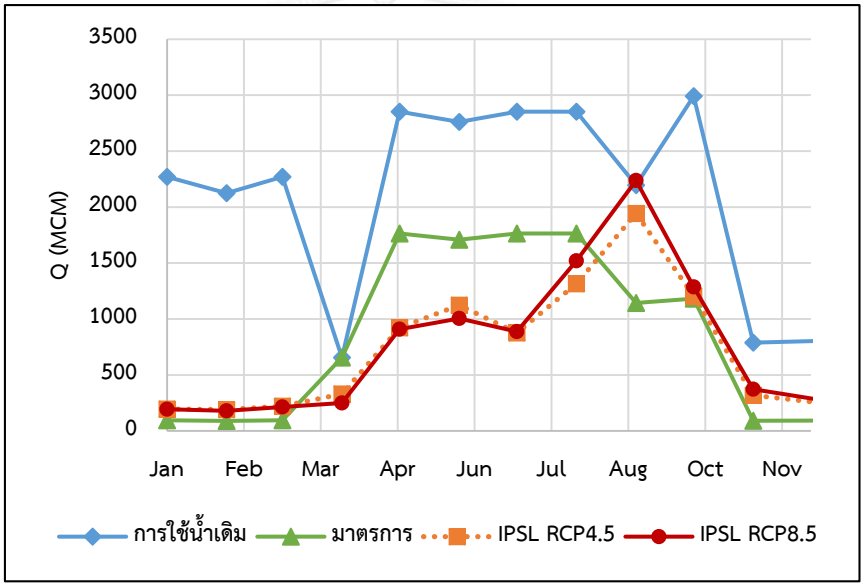


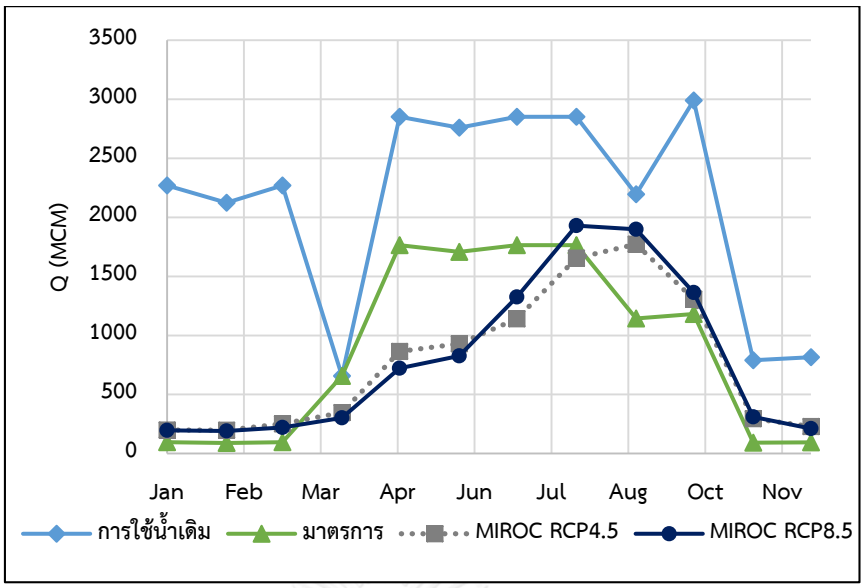
รูปที่ 6-27 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 2 หลังมาตรการลดความเสียหาย</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 8,294 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 3,081 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 8,134 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 3,082 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 8,122 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 2,717 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 7,967 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 2,693 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

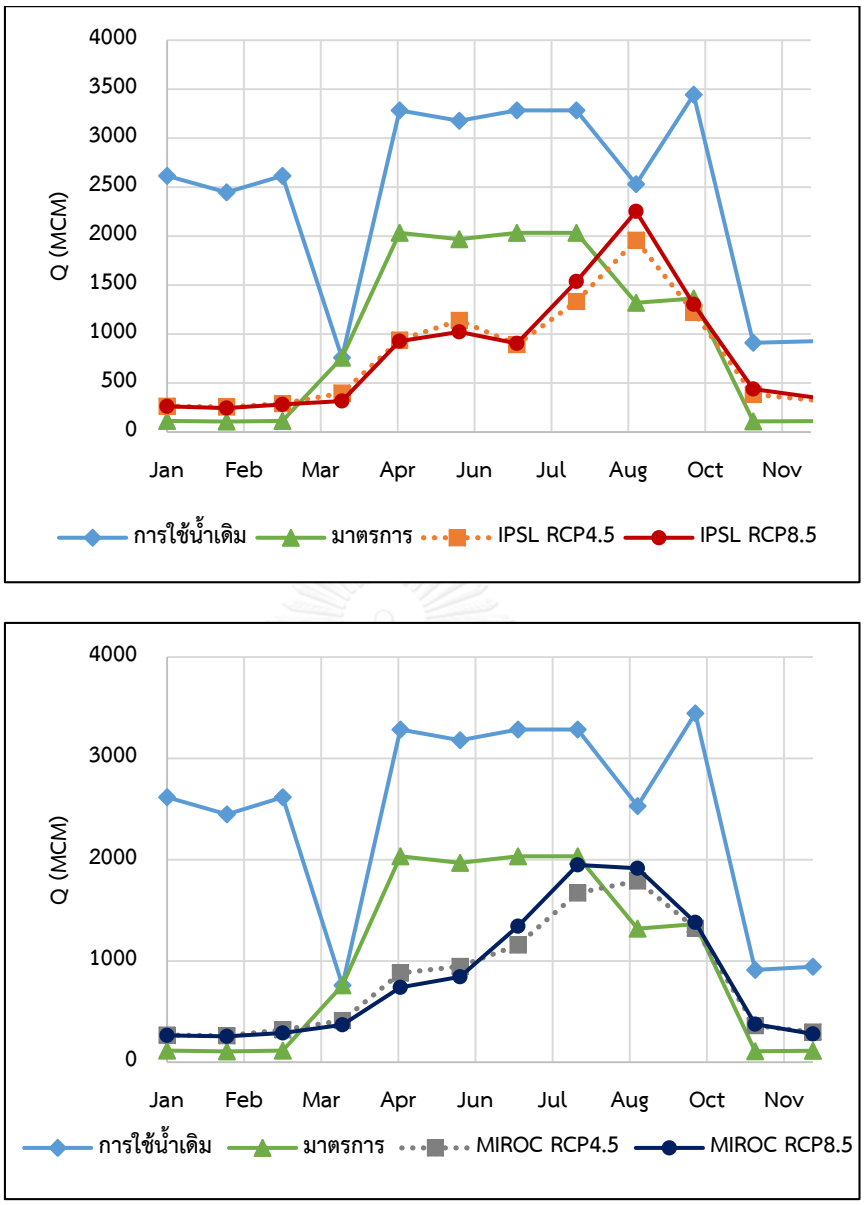




รูปที่ 6-28 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 3 หลังมาตรการลดความเสียหาย</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 9,296 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 4,336 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 9,108 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 4,309 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 9,141 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 3,900 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 9,001 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 3,749 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี



รูปที่ 6-29 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

2) พื้นที่จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลกบางส่วน

ความต้องการใช้น้ำในอนาคตภาพฉายที่ 1,2 และ 3

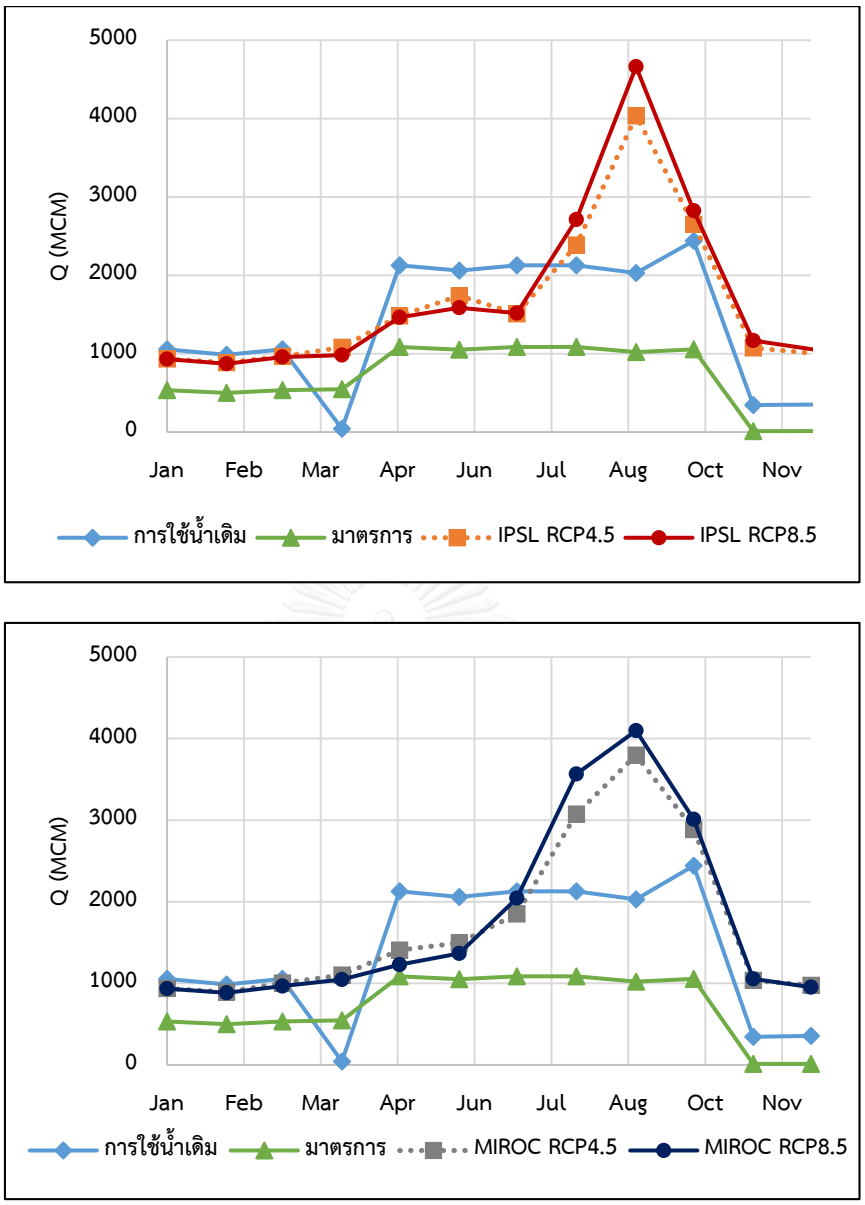
เมื่อนำสมมติฐานที่ตั้งไว้มาทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตใหม่ โดยใช้มาตรการการลดความเสียหายจากภาครัฐ จะเห็นได้ว่า ทุกๆภาพฉายความต้องการใช้น้ำในอนาคต จะสามารถลดความต้องการใช้น้ำลงได้อย่างมากเช่นกันเหมือนกับพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก เนื่องจากลักษณะการเพาะปลูกมีความ

คล้ายคลึงกัน รวมถึงเมื่อมีการสูบน้ำบาดาลในจังหวัดพิจิตร มาช่วยเพิ่มศักยภาพปริมาณน้ำผิวดิน ก็จะสามารถลดความเสียหายในภาคเกษตรกรรมได้ในระดับหนึ่งเช่นกัน จากเดิมจะมีความต้องการใช้น้ำสูงสุดในภาพฉายที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 911.4, 1,559.2 และ 1,797 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ จะเหลือเพียงเท่ากับ 405.7, 658.9 และ 759.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ จากกราฟทั้ง 3 ภาพฉาย ดังแสดงในรูปที่ 6-30, 6-31 และ 6-32 จะสามารถทำการสรุปได้ดังนี้

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 1 หลังจากมาตรการลดความเสียหาย</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 2,231 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 102 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 2,369 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 108 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 2,104 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 107 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 2,342 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 132 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

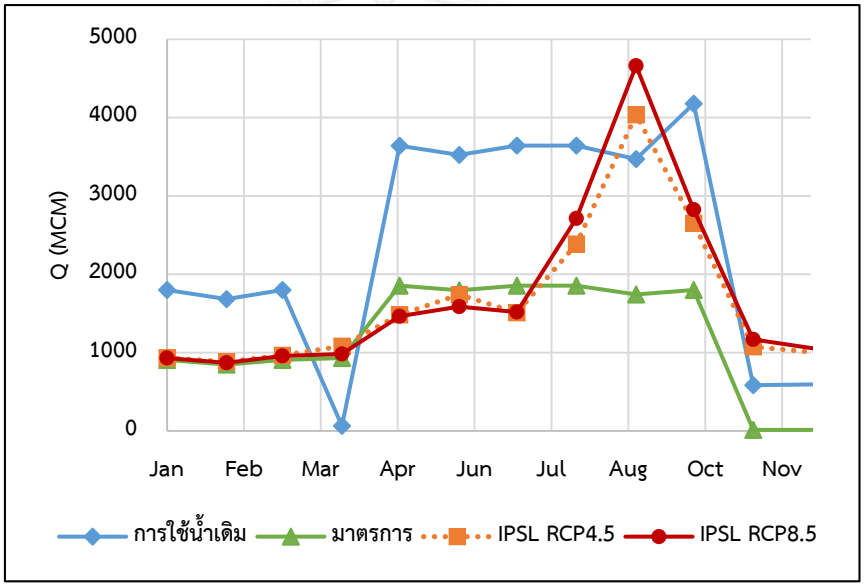


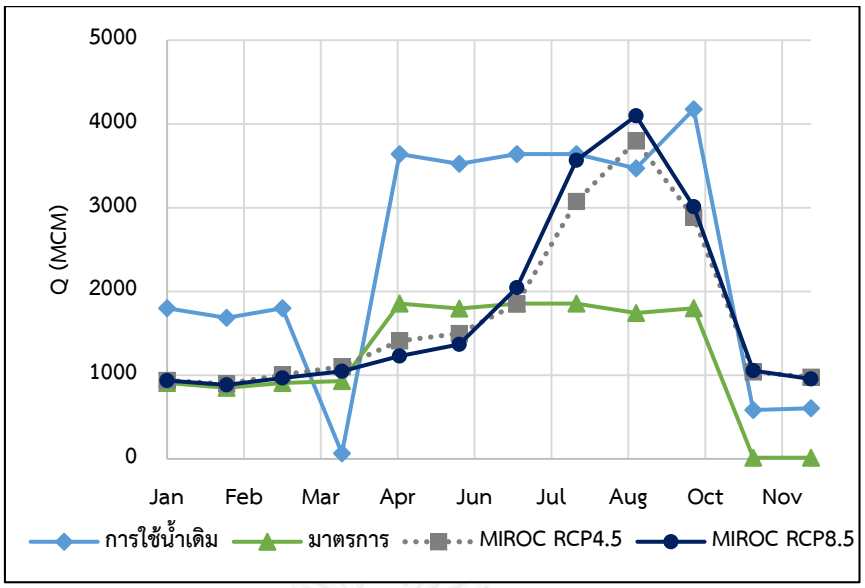
รูปที่ 6-30 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 1 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 2 หลังจากมาตรการลดความเสียหาย</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 5,720 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 1,038 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 5,545 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 1,095 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 5,203 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 977 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 5,048 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 1,211 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

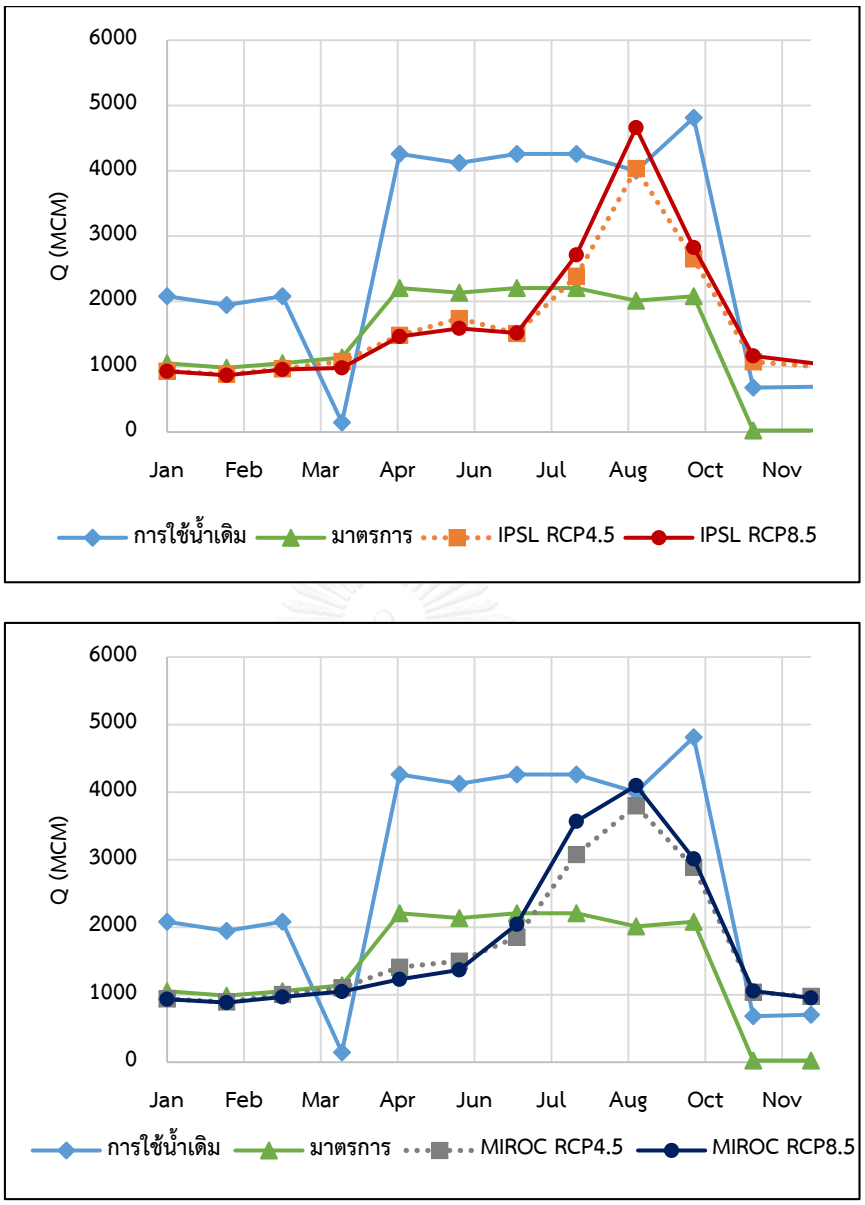




รูปที่ 6-31 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 2 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

<u>สรุปปริมาณน้ำไม่เพียงพอในภาพฉายที่ 3 หลังจากมาตรการลดความเสียหาย</u>

- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 7,046 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 2,406 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 6,840 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 2,628 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 6,630 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 2,247 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
- แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5 พบว่า มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอน้อยลงจากมาตรการลดผลกระทบ โดยจากเดิมมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเท่ากับ 6,334 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จะเหลือปริมาณน้ำไม่เพียงพอลดลงเหลือ 2,522 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี



รูปที่ 6-32 ความต้องการใช้น้ำภาพฉายที่ 3 และปริมาณน้ำต้นทุนจาก (a) แบบจำลอง IPSL (b) แบบจำลอง MIROC5

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงไปของสภาพภูมิอากาศโลกกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตโดยใช้มาตรการลดความเสียหายทั้งการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนและลดความต้องการใช้น้ำลง จะเห็นได้ว่าเส้นความต้องการใช้น้ำ (demand line) ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่างของทุกๆภาพฉาย จะมีแนวโน้มที่ลดลงแบ่งเป็น 3 ช่วงอย่างชัดเจน โดยช่วงที่หนึ่งเกิดจากมาตรการเปลี่ยนการเพาะปลูกข้าวนาปรังไปเป็นการเพาะปลูกถั่วเหลือง ซึ่งเป็นพืชใช้น้ำน้อยทำให้ความต้องการใช้น้ำลดลง ช่วงที่สองเกิดจากมาตรการการจัดพื้นที่การเพาะปลูกข้าวนาปี (crop zoning) ตามนโยบายรัฐบาลที่ต้องการให้เกษตรกรเพาะปลูกข้าวนาปีเฉพาะพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูก

เท่านั้น โดยเน้นคุณภาพในการเพาะปลูกข้าวนาปีเพื่อลดความต้องการใช้น้ำลง และช่วงที่สามเกิดจากมาตรการส่งเสริมให้หยุดการเพาะปลูกข้าวนาปรังและอ้อยชลประทานในช่วงเดือนพฤศจิกายนเป็นต้นไปเพื่อลดความต้องการใช้น้ำลงให้ได้มากที่สุด ส่วนเส้นของปริมาณน้ำต้นทุน (supply line) จะมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาช่วยเสริมศักยภาพน้ำผิวดิน (conjunctive use) ของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่างของทุกๆภาพฉาย จะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนัก ทำให้ไม่สามารถแสดงเส้นปริมาณน้ำต้นทุนที่เพิ่มขึ้นมาได้อย่างชัดเจน

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงไปของสภาพภูมิอากาศโลกกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต โดยใช้มาตรการลดความเสียหายที่นำมาประเมินสามารถทำการสรุปออกมาเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 6-19 ปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำน่านจากมาตรการลดความเสียหาย (หน่วย: ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี)

พื้นที่	ภาพฉายความต้องการใช้น้ำ	แบบจำลอง IPSL RCP4.5	แบบจำลอง IPSL RCP8.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP4.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP8.5
พื้นที่ 1	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	2.53	2.57	2.71	3.20
พื้นที่ 2	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	1.11	1.15	1.30	1.72
	3	27.7	31.3	29.2	36
พื้นที่ 3	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	11.9	13.8	8.7	11.5
พื้นที่ 4	1	443	528	427	569
	2	3,081	3,082	2,717	2,693
	3	4,336	4,309	3,900	3,749
พื้นที่ 5	1	102	108	107	132
	2	1,038	1,095	977	1,211
	3	2,406	2,628	2,247	2,522

จากตารางที่ 6-19 จะเห็นได้ว่ามาตรการลดความเสียหายที่ใช้ในการประเมิน สามารถลดปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอลงในภาคเกษตรกรรมได้อย่างมาก ซึ่งสามารถลดปริมาณน้ำลงได้ถึงประมาณ 5,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งแน่นอนว่าปริมาณน้ำที่ลดลงไปจะสามารถลดความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นกับลุ่มน้ำน่านได้

จากมาตรการลดความเสียหายที่นำมาประเมินสามารถลดผลกระทบในเชิงของบริหารจัดการน้ำได้มากขึ้นจากการวิเคราะห์ผล แต่เพื่อให้เห็นภาพในเชิงของเศรษฐศาสตร์ จะต้องทำการประเมินมาตรการลดผลกระทบในรูปของตัวเงินว่าจะสามารถลดมูลค่าความเสียหายลงได้เท่าไหร่ เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้มาตรการลดผลกระทบความเสียหาย โดยใช้การประเมินความเสียหายทั้งแบบโดยทางตรงในแต่ละภาคส่วน และแบบผลกระทบหลายภาคส่วน ซึ่งจะหลักการเหมือนที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อข้างต้น

จากการประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจโดยตรงในแต่ละภาคส่วน และแบบผลกระทบหลายภาคส่วน จะสามารถแสดงผลการประเมินออกเป็นตารางที่ 6-20 และ 6-21 ซึ่งความเสียหายทางเศรษฐกิจโดยตรงในแต่ละภาคส่วน จะมีผลกระทบเพียงภาคเกษตรกรรมเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6-20 ประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจเพียงภาคเกษตรกรรม (หน่วย: ล้านบาท)

พื้นที่	ภาพฉายความต้องการใช้น้ำ	แบบจำลอง IPSL RCP4.5	แบบจำลอง IPSL RCP8.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP4.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP8.5
พื้นที่ 1	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	2,681	2,720	2,864	3,388
พื้นที่ 2	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	286	299	338	447
	3	7,191	8,134	7,588	9,330
พื้นที่ 3	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	16,916	19,659	12,427	16,300
พื้นที่ 4	1	3,658	4,356	3,524	4,697
	2	25,428	25,437	22,425	22,228
	3	71,584	71,132	64,374	61,886
พื้นที่ 5	1	748	790	786	970
	2	7,630	8,044	7,176	8,895
	3	35,010	38,240	32,698	36,691

จากตารางที่ 6-20 สามารถสรุปมูลค่าความเสียหายทั้งหมดจากการประเมินแบบผลกระทบโดยตรงในแต่ละภาคส่วนของแต่ละแบบจำลอง GCMs ตามภาพฉายของความต้องการใช้น้ำได้ดังนี้

1) แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5

- ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 4,406 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 67,165 ล้านบาท คิดเป็น 93.9 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 33,344 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 187,896 ล้านบาท คิดเป็น 84.9 เปอร์เซ็นต์

- ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 133,382 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 456,499 ล้านบาท คิดเป็น 77.4 เปอร์เซ็นต์

2) แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5

- ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 5,146 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 66,883 ล้านบาท คิดเป็น 92.9 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 33,780 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 182,277 ล้านบาท คิดเป็น 84.4 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 139,885 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 440,314 ล้านบาท คิดเป็น 75.9 เปอร์เซ็นต์

3) แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5

- ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 4,310 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 62,695 ล้านบาท คิดเป็น 93.6 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 29,939 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 180,925 ล้านบาท คิดเป็น 85.8 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 119,951 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 446,243 ล้านบาท คิดเป็น 78.8 เปอร์เซ็นต์

4) แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5

- ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 5,667 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 63,361 ล้านบาท คิดเป็น 91.8 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 31,570 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 174,564 ล้านบาท คิดเป็น 84.7 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 127,595 ล้านบาทความเสียหายลงลงไปจากเดิม 430,992 ล้านบาท คิดเป็น 77.2 เปอร์เซ็นต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6-21 มูลค่าความเสียหายระหว่างภาคส่วนทางเศรษฐกิจในลุ่มน้ำ (หน่วย: ล้านบาท)

พื้นที่	ภาพฉายความต้องการใช้น้ำ	แบบจำลอง IPSL RCP4.5	แบบจำลอง IPSL RCP8.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP4.5	แบบจำลอง MIROC5 RCP8.5
พื้นที่ 1	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	4,489	4,554	4,796	5,674
พื้นที่ 2	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	479	500	565	747
	3	12,042	13,622	12,706	15,624
พื้นที่ 3	1	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	28,328	32,920	20,809	27,297
พื้นที่ 4	1	6,271	7,468	6,041	8,053
	2	42,514	42,528	37,493	37,163
	3	119,875	119,118	107,801	103,634
พื้นที่ 5	1	1,282	1,355	1,348	1,664
	2	12,757	13,449	11,997	14,872
	3	58,628	64,036	54,755	61,442

จากตารางที่ 6-21 สามารถสรุปมูลค่าความเสียหายทั้งหมดจากการประเมินแบบผลกระทบหลายภาคส่วนของแต่ละแบบจำลอง GCMs ตามภาพฉายของความต้องการใช้น้ำได้ดังนี้

1) แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5

- ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 7,553 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 115,154 ล้านบาท คิดเป็น 93.8 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 55,750 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 314,143 ล้านบาท คิดเป็น 84.9 เปอร์เซ็นต์

- ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 223,362 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 764,453 ล้านบาท คิดเป็น 77.4 เปอร์เซ็นต์

2) แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5

- ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 8,823 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 114,669 ล้านบาท คิดเป็น 92.9 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 56,477 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 304,748 ล้านบาท คิดเป็น 84.4 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 234,250 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 737,351 ล้านบาท คิดเป็น 75.9 เปอร์เซ็นต์

3) แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5

- ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 7,389 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 107,489 ล้านบาท คิดเป็น 93.6 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 50,055 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 302,488 ล้านบาท คิดเป็น 85.8 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 200,867 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 747,279 ล้านบาท คิดเป็น 78.8 เปอร์เซ็นต์

4) แบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5

- ภาพฉายที่ 1 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 118,347 9,717 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 108,630 ล้านบาท คิดเป็น 91.8 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 2 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 52,782 ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 291,853 ล้านบาท คิดเป็น 84.9 เปอร์เซ็นต์
- ภาพฉายที่ 3 ของความต้องการใช้น้ำ มีมูลค่าความเสียหายทั้งหมด 935,412 213,671ล้านบาท ความเสียหายลงลงไปจากเดิม 721,741 ล้านบาท คิดเป็น 77.2 เปอร์เซ็นต์

จากการประเมินผลกระทบโดยตรงเพียงภาคส่วนเดียว และการประเมินผลกระทบแบบหลายภาคส่วน จะเห็นได้ว่า มาตรการลดความเสียหายสามารถลดผลกระทบทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำได้ค่อนข้างมาก โดยพบว่าทุกๆภาพฉายของความต้องการใช้น้ำของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ และของทุกๆแบบจำลอง GCMs สามารถลดความเสียหายเป็นมูลค่าทางตัวเงินถึงร้อยละ 70 ขึ้นไป เนื่องจากพื้นที่

ลุ่มน้ำน่านที่ได้รับความเสียหายทางเศรษฐกิจเป็นส่วนใหญ่คือ พื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนล่าง เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ทุกภาคส่วนทางเศรษฐกิจต้องใช้น้ำอย่างมากในการดำเนินการ โดยเฉพาะภาคเกษตรกรรม ดังนั้น เมื่อทำการลดความต้องการใช้น้ำลง รวมถึงทำการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนเข้าไปในพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงทำให้สามารถลดความเสียหายได้เป็นอย่างดี

หากสามารถลดความเสียหายจากการขาดแคลนน้ำหรือการที่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจได้มากเท่าไหร่ ก็ยิ่งส่งผลให้การขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่านเติบโตขึ้นเรื่อยๆ ตามเป้าหมายหรือยุทธศาสตร์ที่วางแผนไว้ เพราะอย่าลืมว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นจะฉุดรายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำลง และเมื่อลุ่มน้ำมีรายได้ประชาชาติที่ลดลง รายได้ประชาชาติของประเทศก็จะลดลงตามด้วย ส่งผลให้ประเทศไม่สามารถขยายตัวทางเศรษฐกิจได้ตามเป้าหมายของรัฐบาล ดังนั้นจะเห็นได้ว่า น้ำ คือปัจจัยหลักสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจทุกภาคส่วนของประเทศ

6.4.5 แนวทางแก้ไขการลดความเสียหายในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน

จากการประเมินในหัวข้อที่ผ่านมาจะเห็นว่าด้วยมาตรการทั้ง 2 ปัจจัยคือการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน และการลดความต้องการใช้น้ำ สามารถที่จะช่วยให้ความเสียหายทางเศรษฐกิจน้อยลง แต่จริงๆแล้วยังมีแนวทางที่สามารถช่วยให้ความเสียหายลดลงได้มากกว่านี้ โดยมีแนวทางการแก้ไขเพิ่มเติมดังนี้

<u>การเพิ่มเสถียรภาพปริมาณน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำน่าน</u>

1) พัฒนาโครงข่ายส่งน้ำและกระจายน้ำ เพื่อผันน้ำจากพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำต้นทุนมากสู่พื้นที่ที่มีต้นทุนน้ำน้อยหรือขาดแคลน โดยให้ความสำคัญกับการกระจายน้ำให้แก่พื้นที่ด้อยโอกาส พื้นที่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำและภัยแล้งซ้ำซาก พื้นที่การผลิตที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจและมีตลาดรองรับผลผลิต รวมทั้งการลดความสูญเสียน้ำในระบบส่งน้ำโดยมีการสร้างกลไกในการจัดการโครงข่ายน้ำให้เกิดประโยชน์ได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว
2) เพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน เพื่อแก้ไขความขาดแคลนน้ำ โดยให้ความสำคัญกับการเสริมขีดความสามารถของแหล่งน้ำที่มีอยู่ทั้งแหล่งน้ำตามธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ให้สามารถเก็บกักน้ำได้ เพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุด เพื่อใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำที่มีอยู่อย่างเต็มที่ตลอดจนเพื่อหลีกเลี่ยงข้อขัดแย้งในการใช้พื้นที่เพื่อสร้างแหล่งเก็บกักน้ำใหม่เพิ่มขึ้น
3) ฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำให้อุดมสมบูรณ์ ให้ความสำคัญกับการฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร เพื่อสร้างความมั่นคงของน้ำต้นทุนตามธรรมชาติ ชะลอการไหลหลากของน้ำในฤดูฝน เพิ่มความชุ่มชื้นให้กับพื้นที่ป่าและเพิ่มน้ำในลำน้ำในหน้าแล้ง

4) พัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก ในพื้นที่สาธารณะที่เหมาะสมและสนับสนุนการขุดสระน้ำในไร่นาของเกษตรกร ให้มีแหล่งน้ำที่สามารถเก็บกักน้ำในฤดูฝนไว้ใช้ได้ตลอดฤดูแล้งอย่างเพียงพอและทั่วถึง

5) ขุดเจาะน้ำบาดาลและบำรุงรักษาบ่อบาดาลที่มีอยู่ เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการอุปโภคบริโภค โดยพิจารณาอย่างเหมาะสมจากศักยภาพน้ำบาดาลของพื้นที่

<u>การลดความต้องการใช้น้ำ</u>

1) เสริมสร้างให้คนในพื้นที่ลุ่มน้ำเกิดความตระหนักในคุณค่าน้ำ เพื่อให้มีน้ำคุณภาพดีใช้อย่างเพียงพอ โดยสนับสนุนมาตรการจูงใจให้มีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ไม่สร้างความเสียหายต่อคุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อม

2) สนับสนุนให้เกษตรกรมีองค์ความรู้เรื่องน้ำให้มากยิ่งขึ้น สามารถเข้าใจสภาวการณ์ของปริมาณน้ำต้นทุนในแต่ละปี เพื่อสามารถประเมินได้ว่าไม่ควรปลูกพืชในช่วงที่มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอ

3) ในปีที่เป็นหน้าแล้ง ควรส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชใช้น้ำน้อย เช่น พืชตระกูลถั่ว และรัฐบาลควรให้เกษตรจังหวัดให้ความรู้กับเกษตรในการปลูกพืชชนิดนี้ และรัฐบาลควรเป็นผู้หาตลาดให้เกษตรกรสามารถนำผลผลิตเหล่านี้ไปขายได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 7
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้เสนอกรอบการประเมินผลกระทบของการขาดแคลนน้ำโดยการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยาร่วมกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความต้องการใช้น้ำจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และประเมินผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างภาคส่วน สามารถสรุปผลการศึกษา ข้อจำกัดของงานวิจัย ข้อเสนอแนะ รวมถึงแนวคิดงานวิจัยที่สามารถทำการศึกษาต่อในอนาคต ดังต่อไปนี้**7.1**

7.1 การปรับเทียบและการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS

การจำลองปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านในครั้งนี้ ได้ทำการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ทำการเปลี่ยนปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ไปเป็นปริมาณน้ำท่า ด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยา Integrated Flood Assessment System (IFAS) ซึ่งได้รับการพัฒนาจาก ICHARM ประเทศญี่ปุ่น โดยการปรับเทียบแบบจำลองอุทกวิทยาจะทำการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ เพื่อให้สะท้อนความแตกต่างของลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และลักษณะการไหลในลำน้ำให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งการปรับเทียบจะต้องทำการพิจารณาถึงเงื่อนไขทั้ง 4 ข้อในการปรับเทียบแบบจำลองอุทกวิทยาได้แก่ ปริมาณน้ำท่า (volume) ลักษณะการไหล อัตราการไหลสูงสุด (peak flow) และรูปร่างของชลภาพการไหล (hydrograph) ซึ่งในการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองจะใช้ช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553 (ค.ศ. 2001 – 2010) เพื่อพิจารณาให้ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการปรับเทียบสามารถจำลองปริมาณน้ำท่าได้ทั้งในปีฝนปกติ ปีฝนมาก และปีฝนน้อย ผลการปรับเทียบแบบจำลอง IFAS โดยใช้สถานีวัดปริมาณน้ำท่า N.64, N.13A, อัตราการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์, N.12A และ N.5A พบว่า สามารถจำลองอัตราการไหลรายวัน และชลภาพของการไหลได้ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด แต่ผลการจำลองอัตราการไหลสูงสุดยังต่ำกว่าข้อมูลตรวจวัด โดยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบของแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS แสดงไว้ในภาคผนวก ช

ผลการสอบทานแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ซึ่งใช้ช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 – 2557 (ค.ศ. 2011 – 2014) พบว่า สามารถทำการจำลองสภาพการไหลในลำน้ำ และปริมาณน้ำท่าได้ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด แต่ผลการจำลองอัตราการไหลสูงสุดยังต่ำกว่าข้อมูลตรวจวัด โดยมีค่าการประเมินทางสถิติของทั้ง 5 สถานี ดังนี้ ค่า R อยู่ในช่วง 0.85 – 0.91 ค่า RMSE อยู่ในช่วง 76 – 143 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ค่า NRMSE อยู่ในช่วง 0.05 – 0.10 และค่า NSE อยู่ในช่วง 0.69 – 0.77 จากนั้นนำ

แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ที่ผ่านการปรับเทียบและสอบทาน ไปทำการศึกษาการจำลองปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อไป

7.2 การหาความสัมพันธ์ของตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำกับความต้องการใช้น้ำ

การศึกษานี้ได้ทำการพัฒนาตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำ และหาความสัมพันธ์ของตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำกับความต้องการใช้น้ำเพื่อใช้ในการประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการขาดแคลนน้ำ โดยสรุปดังนี้

ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำ

การพัฒนาและจัดทำตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อนำตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านไปใช้ในการหามูลค่าน้ำ ความต้องการใช้น้ำในอนาคต และมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ซึ่งการจัดทำจะต้องทำการย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตของประเทศลงมาเป็นตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำ โดยใช้วิธี RAS method วิธีนี้ต้องอาศัยข้อมูลรายได้ประชาชาติ (Gross Domestic Product, GDP) ของลุ่มน้ำมาทำการย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตของประเทศ

จากการศึกษารายได้ประชาชาติลุ่มน้ำน่าน และทำการสอบทาน สามารถทำการสรุปข้อมูลออกมาเป็น 3 ภาคส่วนหลักทางเศรษฐกิจได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ ดังนี้

1) ภาคเกษตรกรรม

ภาคเกษตรกรรมมีรายได้ประชาชาติประมาณ 43,412 ล้านบาท ซึ่งรายได้ประชาชาติส่วนใหญ่มาจากพืชเศรษฐกิจหลักของลุ่มน้ำน่านได้แก่ ข้าว อ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง คิดเป็น 92.14 เปอร์เซ็นต์ของรายได้ประชาชาติภาคเกษตรกรรมทั้งหมดของลุ่มน้ำน่าน

2) ภาคอุตสาหกรรม

ภาคอุตสาหกรรมมีรายได้ประชาชาติประมาณ 17,704 ล้านบาท ซึ่งพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านมีการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมค่อนข้างน้อย โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการทำการเกษตร และการแปรรูปสินค้าเกษตรเป็นหลัก โดยจังหวัดในลุ่มน้ำน่านที่มีรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมมากที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ นครสวรรค์ อุตรดิตถ์ และพิษณุโลก คิดเป็น 82.14 เปอร์เซ็นต์ของรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมทั้งหมดของลุ่มน้ำน่าน

3) ภาคบริการ

ภาคบริการมีรายได้ประชาชาติประมาณ 170,867 ล้านบาท ซึ่งเป็นภาคส่วนที่มีรายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำสูงที่สุด เนื่องจากภาคบริการเป็นภาคส่วนที่ประชาชนต้องใช้เป็นประจำทุกวัน เช่น ไฟฟ้า ประปา และการบริการด้านต่างๆ จึงทำให้ภาคส่วนนี้มีรายได้ประชาชาติที่สูง โดยจังหวัดในลุ่มน้ำน่านที่มีรายได้ประชาชาชาติมากที่สุด 4 อันดับแรกได้แก่ พิษณุโลก พิจิตร อุตรดิตถ์ และน่าน

ข้อมูลรายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านในแต่ละภาคส่วนหลังทำการสอบทาน จะนำไปใช้ในการทำการย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตของประเทศเพื่อจัดทำตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านด้วยวิธี RAS method

<u>ความต้องการใช้น้ำในปัจจุบันของลุ่มน้ำน่าน</u>

จากการศึกษาความต้องการใช้น้ำของลุ่มน้ำน่าน เพื่อนำไปทำการหามูลค่าน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยทำการเชื่อมโยงกับตารางปัจจัยการผลิตลุ่มน้ำ ความต้องการใช้ในปีฐาน พ.ศ. 2553 ใน 3 ภาคส่วนหลักทางเศรษฐกิจได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคอุปโภคบริโภคและบริการ สรุปได้ดังนี้

1) ภาคเกษตรกรรม

การคำนวณความต้องการใช้น้ำภาคเกษตรกรรม ใช้ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ค่าปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง (ETo) และพื้นที่การเพาะปลูก (crop area) ของพืชแต่ละชนิด เพื่อคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำจริงของพืช (ETcrop) ส่วนความต้องการใช้น้ำของการทำปศุสัตว์หรือการเลี้ยงสัตว์ ใช้ข้อมูลความต้องการน้ำสำหรับการเลี้ยงสัตว์จากสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ โดยภาคเกษตรกรรมในลุ่มน้ำน่านมีความต้องการใช้น้ำรวมทั้งหมด 31,922 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยความต้องการใช้น้ำแยกรายพืชของ ข้าว, อ้อย, ข้าวโพด, ถั่วเหลือง, มันสำปะหลัง, ไม้ผล มีความต้องการใช้น้ำ 27,748, 2,579, 1,178, 1.6, 349 และ 58 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ และความต้องการใช้น้ำของการทำปศุสัตว์เป็น 8.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

2) ภาคอุตสาหกรรม

ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรม ใช้หลักการในการคำนวณโดยการใช้แรงม้าของโรงอุตสาหกรรมในแต่ละโรงงานคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการใช้น้ำต่อหนึ่งหน่วยแรงม้าต่อวันตามประเภทโรงงาน โดยสามารถสรุปผลการศึกษาความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมทั้งหมดในลุ่มน้ำน่าน 9,490 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวันหรือ 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งมีประเภทอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้น้ำสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตผลเกษตรกรรม

อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ น้ำตาล ซึ่งทำจากอ้อย บีช หญ้าหวาน หรือพืชอื่นที่ให้ความหวานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง และโรงงานผลิต ประกอบดัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องคำนวณ เครื่องทำบัญชี เครื่องจักรสำหรับระบบบัตรเจาะ เครื่องจักรสำหรับใช้ในการคำนวณชนิดดิจิตอล หรือชนิดอนาล็อก หรือเครื่องอิเล็กทรอนิกส์สำหรับปฏิบัติกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกัน หรืออุปกรณ์ (Digital or Analog Computer)

3) ภาคอุปโภคบริโภคและบริการ

ความต้องการใช้น้ำภาคอุปโภคบริโภค ใช้ข้อมูลความต้องการใช้น้ำรายบุคคล ในหน่วย ลิตรต่อคนต่อวัน และจำนวนประชากรจากกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ในส่วนภาคบริการและการท่องเที่ยว ใช้ข้อมูลความต้องการใช้น้ำและจำนวนผู้ใช้บริการจากภาคการศึกษา ภาคการท่องเที่ยว และภาคสาธารณสุข จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ โดยสามารถสรุปผลการศึกษาความต้องการใช้น้ำภาคอุปโภคบริโภคและบริการในลุ่มน้ำน่านทั้งหมด 162 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ประกอบด้วย ส่วนอุปโภคบริโภค 160 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนการท่องเที่ยว 1.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนสาธารณสุข 0.36 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และส่วนการศึกษา 0.26 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

<u>ความเชื่อมโยงระหว่างตารางปัจจัยการผลิตกับความต้องการใช้น้ำ</u>

ตารางปัจจัยการผลิตและความต้องการใช้น้ำของลุ่มน้ำน่านปี พ.ศ. 2553 นำมาใช้ทำการหาความเชื่อมโยงทางด้านมูลค่าของน้ำเป็นตัวเงิน เพื่อคำนวณมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจของปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรในแต่ละภาคส่วน นอกจากการวิเคราะห์ผลตามภาคส่วนแล้ว ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์ผลแยกตามพื้นที่ โดยแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำน่านออกเป็น 5 ส่วน เนื่องจากพื้นที่ในแต่ละส่วนมีกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ผลการคำนวณมูลค่าน้ำในการศึกษานี้ เป็นการคำนวณภายใต้สมมติฐานและขอบเขตของการศึกษา แต่มิได้สะท้อนถึงมูลค่าน้ำที่แท้จริง โดยสามารถทำการสรุปความต้องการใช้น้ำ และมูลค่าน้ำในแต่ละพื้นที่ได้ดังนี้

1) พื้นที่ที่ 1 พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน

ความต้องการใช้น้ำและมูลค่าน้ำในพื้นที่จังหวัดน่านตอนบน สามารถแบ่งตามภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 66 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 1,057 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 0.025 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 2,904,063 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และภาคบริการมีความต้องการใช้น้ำ 8.1 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 38,101 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

2) พื้นที่ที่ 2 พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน

ความต้องการใช้น้ำและมูลค่าน้ำในพื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน สามารถแบ่งตามภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 269 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 260 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 0.14 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 500,933 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และภาคบริการมีความต้องการใช้น้ำ 15.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 20,090 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

3) พื้นที่ที่ 3 พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง

ความต้องการใช้น้ำและมูลค่าน้ำในพื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง สามารถแบ่งตามภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 49 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 1,429 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 0.03 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 2,731,950 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และภาคบริการมีความต้องการใช้น้ำ 10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 31,471 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

4) พื้นที่ที่ 4 พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก

ความต้องการใช้น้ำและมูลค่าน้ำในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก สามารถแบ่งตามภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 9,159 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 8 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 1.3 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 55,868 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และภาคบริการมีความต้องการใช้น้ำ 42 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 7,237 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

5) พื้นที่ที่ 5 พื้นที่จังหวัดพิจิตรและจังหวัดพิษณุโลกบางส่วน

ความต้องการใช้น้ำและมูลค่าน้ำในพื้นที่จังหวัดพิจิตรและจังหวัดพิษณุโลกบางส่วน สามารถแบ่งตามภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 22,515 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 3 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 35,296 บาท และภาคบริการมีความต้องการใช้น้ำ 86 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีมูลค่าน้ำเท่ากับ 3,565 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

7.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก และการวิเคราะห์การขยายตัวทางเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน

การศึกษาส่วนนี้นำข้อมูลฝนจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกจากโครงการ IMPAC-T มาทำการจำลองปริมาณน้ำท่าในอนาคตในช่วงเวลา พ.ศ. 2583 – 2602 (ค.ศ. 2040 – 2059) และความต้องการใช้น้ำในอนาคตมาจากการตั้งสมมติฐานการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่าน จากนั้นนำปริมาณน้ำท่าและความต้องการใช้น้ำที่ได้มาทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตจะมีปริมาณน้ำที่เพียงพอหรือไม่ สามารถทำการสรุปแต่ละส่วนได้ดังนี้

<u>ข้อมูลฝนจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากโครงการ IMPAC-T</u>

ข้อมูลฝนในอนาคตของแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR และแบบจำลอง MIROC5 ภายใต้ 2 ภาพฉายคือ RCP4.5 และ RCP8.5 ที่ได้ทำการย่อส่วนและปรับแก้ความเอนเอียงเชิงสถิติจากโครงการ IMPAC-T เมื่อนำไปทำการจำลองปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ทั้ง 5 สถานีวัดปริมาณน้ำท่าพบว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงปีพ.ศ. 2583 – 2602 มีรูปแบบการกระจายตัวเชิงเวลาที่ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในอดีต แต่มีปริมาณน้ำท่าที่เพิ่มสูงขึ้น โดยพบว่าแบบจำลอง MIROC5 ทั้ง 2 ภาพฉายมีปริมาณน้ำท่าสูงกว่าผลจากแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ส่วนแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่เกิดช้ากว่าแบบจำลอง MIROC5 ประมาณ 1 เดือน แต่ทั้ง 2 แบบจำลองมีปริมาณฝนมากกว่าในอดีตในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงสิ้นเดือนมิถุนายน ซึ่งปริมาณน้ำท่าสูงขึ้นในช่วงเวลานั้น

<u>การวิเคราะห์แผนพัฒนาจังหวัดและการกำหนดการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ</u>

การศึกษาการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำน่าน ใช้ข้อมูลการขยายตัวทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำของภาครัฐ 2 ภาพฉาย และอีก 1 ภาพฉายจะใช้ค่าเฉลี่ยการขยายตัวของจังหวัดในลุ่มน้ำ 4 จังหวัดจากวิสัยทัศน์จังหวัดของภาครัฐเช่นกัน ตัวเลขการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่ทำการกำหนดทั้ง 3 ภาพฉาย นำไปทำการคำนวณหาความต้องการใช้น้ำในอนาคต จากการศึกษาสามารถสรุปตัวเลขการขยายตัวทางเศรษฐกิจของอนาคตทั้ง 3 ภาพ และความต้องการใช้น้ำในอนาคตได้ดังนี้

<u>ตัวเลขการขยายตัวทางเศรษฐกิจของอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย</u>

1) การขยายตัวทางเศรษฐกิจของอนาคตภาพฉายที่ 1

กำหนดการขยายตัวทางเศรษฐกิจจากเป้าหมายการขยายตัวของลุ่มน้ำ โดยภาครัฐ ซึ่งมีการขยายตัวของภาคเกษตรกรรมเท่ากับ 7.5% ภาคอุตสาหกรรมเท่ากับ 6% ภาคบริการเท่ากับ 6%

2) การขยายตัวทางเศรษฐกิจของอนาคตภาพฉายที่ 2

กำหนดการขยายตัวทางเศรษฐกิจจากเป้าหมายการขยายตัวของลุ่มน้ำ โดยภาครัฐ ซึ่งมีการขยายตัวของภาคเกษตรกรรมเท่ากับ 20% ภาคอุตสาหกรรมเท่ากับ 10% ภาคบริการเท่ากับ 10%

3) การขยายตัวทางเศรษฐกิจของอนาคตภาพฉายที่ 3

กำหนดการขยายตัวทางเศรษฐกิจจากเป้าหมายวิสัยทัศน์ของจังหวัด โดยภาครัฐ ซึ่งมีการขยายตัวของภาคเกษตรกรรมเท่ากับ 33% ภาคอุตสาหกรรมเท่ากับ 28% ภาคบริการเท่ากับ 20%

<u>ความต้องการใช้น้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย</u>

จากการนำตัวเลขการขยายตัวทางเศรษฐกิจของอนาคตมาทำการคำนวณกับตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย จะสามารถทำการสรุปความต้องการใช้น้ำของอนาคตได้ดังนี้

1) พื้นที่ที่ 1 พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน

ความต้องการใช้น้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย สามารถแบ่งเป็นภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 115, 198 และ 455 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 38,939 , 40,496 และ 92,480 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และภาคบริการมีความต้องการใช้น้ำ 13 , 13.4 และ 24.2 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

2) พื้นที่ที่ 2 พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน

ความต้องการใช้น้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย สามารถแบ่งเป็นภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 470, 806 และ 1,853.4 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 225,740 , 234,770 และ 536,132 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และภาคบริการมีความต้องการใช้น้ำ 24.4, 25.4 และ 45.8 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

3) พื้นที่ที่ 3 พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง

ความต้องการใช้น้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย สามารถแบ่งเป็นภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 85.4, 146.5 และ 336.8 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 41,392 , 43,048 และ 98,306 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และภาคบริการมีความต้องการใช้น้ำ 15.6, 16.2 และ 29.2 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

4) พื้นที่ที่ 4 พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก

ความต้องการใช้น้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย สามารถแบ่งเป็นภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 15,973, 27,383 และ 31,490 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 2.02, 2.11 และ 4.81 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และภาคบริการมีความต้องการใช้น้ำ 67.8, 70.5 และ 127.2 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

5) พื้นที่ที่ 5 พื้นที่จังหวัดพิจิตรและจังหวัดพิษณุโลกบางส่วน

ความต้องการใช้น้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย สามารถแบ่งเป็นภาคส่วนได้แก่ ภาคเกษตรกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 17,806, 33,902 และ 38,988 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้น้ำ 3.20, 3.33 และ 7.61 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และภาคบริการมีความต้องการใช้น้ำ 137.7, 143.2 และ 258.2 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

การวิเคราะห์ปริมาณการขาดแคลนน้ำจากปริมาณน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความต้องการใช้น้ำในอนาคต

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต โดยวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากสมดุลน้ำและความต้องการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ ในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย เพื่อทำการคำนวณปริมาณการขาดแคลนน้ำและประเมินความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์ในแต่ละพื้นที่ โดยทำการประเมินความเสียหายโดยตรงในภาคเกษตรกรรมเปรียบเทียบกับการประเมินความเสียหายระหว่างภาคส่วน ดังนี้

1) พื้นที่ที่ 1 พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน

ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย และ 2 แบบจำลอง GCMs จะมีเพียงภาพฉายที่ 3 ที่มีปริมาณที่น้ำไม่เพียงพอ โดยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 2.53-3.20 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเพียงภาคส่วนเดียวประมาณ 2,681-3,388 ล้านบาทและผลกระทบระหว่างภาคส่วนประมาณ 4,489-5,674 ล้านบาท ตามลำดับ

2) พื้นที่ที่ 2 พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน

ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย และ 2 แบบจำลอง GCMs จะมีภาพฉายที่ 2 และ 3 ที่มีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ โดยภาพฉายที่ 2 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.11-1.72 ล้านลูกบาศก์เมตร และภาพฉายที่ 3 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 27.7-36 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเพียงภาคส่วนเดียวประมาณ 286-447 และ 7,191-9,330 ล้านบาท ตามลำดับ และผลกระทบระหว่างภาคส่วนประมาณ 479-747 และ 12,042-15,624 ล้านบาท ตามลำดับ

3) พื้นที่ที่ 3 พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง

ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย และ 2 แบบจำลอง GCMs จะมีเพียงภาพฉายที่ 3 ที่มีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ โดยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 8.7-13.8 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็น

มูลค่าความเสียหายเพียงภาคส่วนเดียวประมาณ 12,427-19,659 ล้านบาทและผลกระทบระหว่างภาคส่วนประมาณ 20,809-32,920 ล้านบาท ตามลำดับ

4) พื้นที่ที่ 4 พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก

ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย และ 2 แบบจำลอง GCMs ซึ่งพบว่าทั้ง 3 ภาพฉายมีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ โดยภาพฉายที่ 1 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 6,246-6,686 ล้านลูกบาศก์เมตร ภาพฉายที่ 2 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 7,967-8,294 ล้านลูกบาศก์เมตร และภาพฉายที่ 3 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 9,001-9,295 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเพียงภาคส่วนเดียวประมาณ 51,546-55,182, 131,511-136,897 และ 326,846-337,573 ล้านบาท และผลกระทบระหว่างภาคส่วนประมาณ 88,374-94,608, 219,873-228,879 และ 547,336-565,299 ล้านบาท ตามลำดับ

5) พื้นที่ที่ 5 พื้นที่จังหวัดพิจิตรและจังหวัดพิษณุโลกบางส่วน

ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย และ 2 แบบจำลอง GCMs ซึ่งพบว่าทั้ง 3 ภาพฉายมีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ โดยภาพฉายที่ 1 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 2,104-2,369 ล้านลูกบาศก์เมตร ภาพฉายที่ 2 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 5,203-5,720 ล้านลูกบาศก์เมตร และภาพฉายที่ 3 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 6,333-7,046 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเพียงภาคส่วนเดียวประมาณ 15,459-17,405, 74,176-84,057 และ 202,723-225,520 ล้านบาท และผลกระทบระหว่างภาคส่วนประมาณ 26,504-29,841, 124,015-140,535 และ 339,481-377,657 ล้านบาท ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนการประเมินมาตรการลดผลกระทบจากความเสียหายทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำ จากการศึกษามาตรการลดผลกระทบความเสียหายทางเศรษฐกิจของลุ่มน้ำนั้น มีอยู่ 2 ปัจจัยหลักที่เป็นตัวกำหนดมาตรการลดผลกระทบได้แก่ ปัจจัยที่หนึ่งคือปริมาณน้ำต้นทุน และปัจจัยที่สองคือความต้องการใช้น้ำ สามารถทำการประเมินปริมาณการขาดแคลนน้ำ และความเสียหายแบบโดยตรงเพียงภาคส่วนเดียวคือภาคเกษตรกรรม และแบบผลกระทบระหว่างภาคส่วนได้ดังนี้

1) พื้นที่ที่ 1 พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน

ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย และ 2 แบบจำลอง GCMs จะมีเพียงภาพฉายที่ 3 ที่มีปริมาณที่น้ำไม่เพียงพอ โดยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 2.53-3.20 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเพียงภาคส่วนเดียวประมาณ 2,681-3,388 ล้านบาทและผลกระทบระหว่างภาคส่วนประมาณ 4,489-5,674 ล้านบาท ตามลำดับ

2) พื้นที่ที่ 2 พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน

ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย และ 2 แบบจำลอง GCMs จะมีภาพฉายที่ 2 และ 3 ที่มีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ โดยภาพฉายที่ 2 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.11-1.72 ล้านลูกบาศก์เมตร และภาพฉายที่ 3 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 27.7-36 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเพียงภาคส่วนเดียวประมาณ 286-447 และ 7,191-9,330 ล้านบาท ตามลำดับ และผลกระทบระหว่างภาคส่วนประมาณ 479-747 และ 12,042-15,624 ล้านบาท ตามลำดับ

3) พื้นที่ที่ 3 พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง

ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย และ 2 แบบจำลอง GCMs จะมีเพียงภาพฉายที่ 3 ที่มีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ โดยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 8.7-13.8 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเพียงภาคส่วนเดียวประมาณ 12,427-19,659 ล้านบาทและผลกระทบระหว่างภาคส่วนประมาณ 20,809-32,920 ล้านบาท ตามลำดับ

4) พื้นที่ที่ 4 พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก

ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย และ 2 แบบจำลอง GCMs ซึ่งพบว่าทั้ง 3 ภาพฉายมีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ โดยภาพฉายที่ 1 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 427-569 ล้านลูกบาศก์เมตร ภาพฉายที่ 2 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 2,693-3,082 ล้านลูกบาศก์เมตร และภาพฉายที่ 3 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 3,749-4,336 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเพียงภาคส่วนเดียวประมาณ 3,524-4,697, 22,228-25,437 และ 61,886-71,584 ล้านบาท และผลกระทบระหว่างภาคส่วนประมาณ 6,041-8,053, 37,163-42,528 และ 103,634-119,875 ล้านบาท ตามลำดับ

5) พื้นที่ที่ 5 พื้นที่จังหวัดพิจิตรและจังหวัดพิษณุโลกบางส่วน

ปริมาณการขาดแคลนน้ำในอนาคตทั้ง 3 ภาพฉาย และ 2 แบบจำลอง GCMs ซึ่งพบว่าทั้ง 3 ภาพฉายมีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ โดยภาพฉายที่ 1 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 102-132 ล้านลูกบาศก์เมตร ภาพฉายที่ 2 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 977-1,211 ล้านลูกบาศก์เมตร และภาพฉายที่ 3 มีปริมาณอยู่ระหว่าง 2,247-2,628 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเพียงภาคส่วนเดียวประมาณ 748-970, 7,176-8,895 และ 32,698-38,240 ล้านบาท และผลกระทบระหว่างภาคส่วนประมาณ 1,282-1,664, 11,997-14,872 และ 54,755-64,036 ล้านบาท ตามลำดับ

ผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อเสนอกรอบแนวคิดการประเมินผลกระทบระหว่างภาคส่วนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มแม่น้ำน่าน ดังนั้น ผลการศึกษาเป็นการแสดงให้เห็นภาพของการวิเคราะห์แบบบูรณาการของการใช้องค์ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์และ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เศรษฐศาสตร์ ทั้งนี้ผลการคำนวณมูลค่าน้ำและความเสียหายจากการขาดแคลนน้ำในการศึกษานี้ เป็นการคำนวณภายใต้สมมติฐานและขอบเขตของการศึกษา ซึ่งยังมิได้สะท้อนถึงมูลค่าน้ำและความเสียหายที่แท้จริง

7.4 ข้อเสนอแนะ

1) แบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นแบบจำลองอุทกวิทยาแบบ distributed hydrological model ซึ่งข้อดีของแบบจำลองคือ มีการเตรียมข้อมูลที่ต้องใช้ในการจำลองปริมาณน้ำท่าไว้อย่างครบถ้วน ได้แก่ แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) การใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลชั้นดิน รวมถึงฝนดาวเทียม แบบจำลองยังมีระบบปฏิบัติการที่สามารถจำลองลักษณะการระบายน้ำออกจากเขื่อน ที่ค่อนข้างมีความแม่นยำในระดับหนึ่ง และแบบจำลองยังมีระบบที่ทำการคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่ จึงทำให้สะดวกต่อการใช้งานอย่างมาก แต่ข้อจำกัดหลักคือพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการไหลในลำน้ำ มีจำนวนค่อนข้างมากและหลายครั้งไม่มีการสำรวจและวัดจริง ดังนั้นขั้นตอนการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลองในพื้นที่และช่วงเวลาที่ศึกษาจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

2) การศึกษานี้ใช้ข้อมูลปริมาณฝนสังเกตการณ์เฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน และบริเวณใกล้เคียงกับลุ่มน้ำ โดยใช้เฉพาะข้อมูลที่อยู่ในประเทศไทยเท่านั้น มิได้ทำการใช้ข้อมูลปริมาณฝนในบริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือของลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทำให้ขาดข้อมูลปริมาณฝนที่ก่อให้เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุด เนื่องจากทิศทางนั้นเป็นทิศทางของลมพายุที่เข้ามาในประเทศไทยตอนบน อาจส่งผลให้การจำลองปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์จากแบบจำลองอุทกวิทยาไม่สามารถทำการจำลองปริมาณน้ำท่าในช่วงการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุด (peak flow) ได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นควรนำข้อมูลปริมาณฝนในพื้นที่ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวมาทำการศึกษาวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วย

3) ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำต้นทุน จะใช้ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำต้นทุนจากแบบจำลอง GCMs มาทำการวิเคราะห์เท่านั้น หากต้องการศึกษาความแปรปรวนของปริมาณน้ำต้นทุน ควรทำการศึกษาเป็นรายปีเพื่อทำการวิเคราะห์ทั้งปีน้ำมากและปีน้ำน้อย

4) การหารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำและความต้องการใช้น้ำในแต่ละภาคส่วน พบว่า ไม่สามารถทำการวิเคราะห์และหาข้อมูลได้โดยละเอียด เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องข้อมูลที่ไม่มีการสำรวจหรือการทำวิจัย จึงทำให้การวิเคราะห์บางส่วนอาจจะไม่ครบถ้วนสมบูรณ์

5) ข้อจำกัดในการวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรมพบว่า ไม่สามารถทำการแยกระหว่างอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำในการผลิตกับอุตสาหกรรมที่ไม่ใช้น้ำในการผลิต ทำให้มูลค่าน้ำใน

ภาคส่วนอุตสาหกรรมมีค่าที่สูงเกินความเป็นจริง ดังนั้น หากต้องการหามูลค่าน้ำภาคอุตสาหกรรมให้มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการแยกอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำในการผลิตกับอุตสาหกรรมที่ไม่ใช้น้ำในการผลิต และทำการวิเคราะห์มูลค่าน้ำเฉพาะอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำในการผลิตเท่านั้น เพื่อให้สะท้อนมูลค่าน้ำภาคอุตสาหกรรมมากที่สุด

6) การศึกษาเรื่องความต้องการใช้น้ำภาคอุปโภค-บริโภคพบว่า การวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำอาจมีการวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำซ้ำกัน (double count) เนื่องจากการวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำในส่วนของครัวเรือน จะวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำรายบุคคลตามจำนวนประชากรทั้งหมดในลุ่มน้ำ และเมื่อทำการวิเคราะห์ส่วนการบริการและการท่องเที่ยว เพิ่มเข้ามาทำให้อาจมีการวิเคราะห์ซ้อนทับกันกับความต้องการใช้น้ำในส่วนครัวเรือน เช่น ความต้องการใช้น้ำของภาคการศึกษา เป็นต้น ส่งผลให้ค่าความต้องการใช้น้ำภาคอุปโภค-บริโภคที่วิเคราะห์ได้ อาจมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง

7) ในการศึกษานี้ใช้ขอบเขตของลุ่มน้ำเป็นหลักในการประเมินความต้องการใช้น้ำ และปริมาณน้ำต้นทุนในอนาคต รวมถึงทำการประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้น แต่การใช้ขอบเขตลุ่มน้ำมีข้อจำกัดคือ การใช้น้ำและการขยายตัวทางเศรษฐกิจของทุกภาคส่วนไม่ได้มีลักษณะขอบเขตเป็นลุ่มน้ำ แต่จะเป็นลักษณะขอบเขตของจังหวัดแต่ละจังหวัด ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในส่วนของค่าความต้องการใช้น้ำ และการขยายตัวทางเศรษฐกิจ

8) แนวคิดและกรอบการประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์จากการศึกษานี้ สามารถใช้เป็นฐานในการประเมินความเสียหายจากการเกิดอุทกภัยได้ แต่ต้องใช้แบบจำลองปริมาณน้ำท่าที่สามารถทำการคำนวณหาพื้นที่น้ำท่วม (inundation) รวมถึงความลึกและระยะเวลาของการเกิดอุทกภัย เช่น แบบจำลองอุทกวิทยา Rainfall-Runoff Inundation Model (RRI) ซึ่งแบบจำลองอุทกวิทยา IFAS ไม่สามารถทำการจำลองได้ จึงเป็นข้อจำกัดในการศึกษาในส่วนของอุทกภัย

9) การศึกษานี้จะทำการศึกษาเฉพาะส่วนของศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์และการจัดการเท่านั้น มิได้ทำการศึกษาต่อถึงการปรับตัว (adaptation) ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการขยายตัวทางเศรษฐกิจในอนาคต และยังมิได้ทำการศึกษาผลกระทบต่อภาคสังคม ซึ่งเป็นส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

รายการอ้างอิง

Aziz, A. and S. Tanaka (2011). "Regional parameterization and applicability of Integrated Flood Analysis System (IFAS) for flood forecasting of upper-middle Indus River." Pak. J. Meteorol **8**: 21-38.

Beven, K. J. (1999). Rainfall – Runoff Modelling the Primer. Lancester, UK, John Wiley & Son.

Chuenchum, N. (2005). Theory of Economics and Analysis. Thammasat University, Thammasat University.

Danai, J., et al. (2011). "Assessment on current global climate model simulations based on precipitation data by model selection for Thailand." International Journal of Advanced in Science and Technology: 184-187.

Deng, X., et al. (2014). "An extended input output table compiled for analyzing water demand and consumption at county level in China." Sustainability **6**(6): 3301-3320.

Fukami, K., et al. (2009). Integrated Flood Analysis System (IFAS Ver. 2.0), User's Manual. Japan PWRI-technical note, ICHARM.

Hamlet, A. F., et al. (2010). "Statistical downscaling techniques for global climate model simulations of temperature and precipitation with application to water resources planning studies." The Columbia Basin Climate Change Scenarios Project (CBCCSP) report.

Harrison, P. A., et al. (2015). "Cross-sectoral impacts of climate change and socio-economic change for multiple, European land- and water-based sectors." Climatic Change **128**(3-4): 279-292.

Hashimoto (1977). equivalent roughness coefficient. Integrated Flood Assessment System. International Centre for water Hazards and Risk Management, International Centre for water Hazards and Risk Management.

IPCC (2013). Climate Change 2013: Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom, and New York, Cambridge University Press.

Kimura, N., et al. (2014). "Tsengwen Reservoir Watershed Hydrological Flood Simulation Under Global Climate Change Using the 20 km Mesh Meteorological Research Institute Atmospheric General Circulation Model (MRI-AGCM)." Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences **25**(3): 449-461.

Lehner, B., et al. (2006). "Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis." Climatic Change **75**(3): 273-299.

MANEE, D., et al. (2015). Climate Change Impacts on Reservoir Water Availability in Thailand. AOGS2015. Singapore, AOGS.

McMahon, T., et al. (2015). "Assessment of precipitation and temperature data from CMIP3 global climate models for hydrologic simulation." Hydrology and Earth System Sciences **19**(1): 361-377.

Ruangrassamee, P., et al. (2015). Assessment of precipitation simulations from CMIP5 climate models in Thailand. The 3rd EIT International Conference on Water Resources Engineering (ICWRE3), Thailand.

Supharatid, S. (2015). "Assessment of CMIP3-CMIP5 Climate Models Precipitation Projection and Implication of Flood Vulnerability of Bangkok." American Journal of Climate Change **4**(01): 140.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Suttinon, P., et al. (2012). System of Environmental-Economic Accounting for Water in case of Thailand. Pawees 2012 International Conference, Thailand.

Suttinon, P. and S. Nasu (2014). "AGRICULTURAL WATER DEMAND PREDICTION MODEL BY USING INPUT-OUTPUT TABLE WITH IMPACTS FROM DECLARED STRATEGY OF THAILAND."

Suttinon, P., et al. (2014). "HYBRID WATER INPUT-OUTPUT MODEL FOR REGIONAL MANAGEMENT."

Suttinon, P., et al. (2013). "WATER RESOURCES MANAGEMENT IN SHIKOKU REGION BY INTER-REGIONAL INPUT–OUTPUT TABLE." Review of Urban & Regional Development Studies **25**(2): 107-127.

Taylor, K. E., et al. (2012). "An overview of CMIP5 and the experiment design." Bulletin of the American Meteorological Society **93**(4): 485-498.

Van Vuuren, D. P., et al. (2011). "The representative concentration pathways: an overview." Climatic Change **109**: 5-31.

Vansteenkiste, T., et al. (2014). "Intercomparison of five lumped and distributed models for catchment runoff and extreme flow simulation." Journal of Hydrology **511**: 335-349.

Wang, L. and W. Chen (2014). "A CMIP5 multimodel projection of future temperature, precipitation, and climatological drought in China." International Journal of Climatology **34**(6): 2059-2078.

Wang, X., et al. (2006). "Human Capital Accounting and the System of National Accounts Extension." Research and Practice in Human Resource Management **14**(1): 49-69.

Watanabe, S., et al. (2014). "Application of performance metrics to climate models for projecting future river discharge in the Chao Phraya River basin." Hydrological Research Letters **8**(1): 33-38.

Watanabe, S., et al. (2012). "Intercomparison of bias-correction methods for monthly temperature and precipitation simulated by multiple climate models." Journal of Geophysical Research: Atmospheres **117**(D23).

WIS (2014). Water demand of manufacturing sector of Thailand. Water Institute for Sustainability, The Federation of Thailand Industrial.

WRSRU, C. (2005). Effectiveness Aspect of Surface Water Management and Impact on Groundwater. Chulalongkorn University Water Resources System Research Unit, Chulalongkorn University.

กรมโยธาธิการ (2536). การคำนวณอัตราการใช้น้ำของนักทัศนาจร. กรมโยธาธิการ, กระทรวงมหาดไทย.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2556). โรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดต่างๆของประเทศไทย. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมการแพทย์ (2553). สถิติจำนวนผู้ป่วยในโรงพยาบาลรัฐและเอกชน. กรมการแพทย์, กระทรวงสาธารณสุข.

กรมการแพทย์ (2555). การคำนวณอัตราการใช้น้ำของผู้ป่วย. กรมการแพทย์, กระทรวงสาธารณสุข.

กรมการค้าภายใน (2553). ราคาสินค้าของประเทศไทยปี 2553. กรมการค้าภายใน, กระทรวงพาณิชย์.

กรมการท่องเที่ยว (2553). สถิติจำนวนนักท่องเที่ยวของประเทศไทยปี 2553. กรมการท่องเที่ยว, กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.

กรมการปกครอง (2553). จำนวนประชากรของประเทศไทยปี 2553. กรมการปกครอง, กระทรวงมหาดไทย.

กรมการศึกษา (2553). สถิติจำนวนบุคลากรภาคการศึกษาของประเทศไทยปี 2553. กรมการศึกษา, กระทรวงศึกษาธิการ.

กรมทรัพยากรน้ำ (2548). รายงานโครงการจัดทำแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน่าน. กรุงเทพมหานคร, กรมทรัพยากรน้ำ. **1**.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2554). โครงการจัดทำแผนบูรณาการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินทั่วประเทศและนำร่องการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลร่วมกับผิวดิน. พื้นที่ 1 ภาคเหนือ. 1. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมพัฒนาที่ดิน (2552). ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ.2552. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการน้ำ (2558). แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการน้ำ, คณะรักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.).

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2540). การคำนวณอัตราการใช้น้ำของนักท่องเที่ยว. กรมการท่องเที่ยว, กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.

ธีรวัฒน์ รามอินทรา (2557). ฝนออกแบบเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำยม. ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.

ภักดิ์ ทองส้ม (2556). แนวทางการพัฒนาและจัดทำตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตของ SMEs. สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

Chulalongkorn University

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553). สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2553. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2558). เป้าหมายการพัฒนาจังหวัดของประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2559). ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดและตารางปัจจัยการผลิต. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2553). ภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับติดตามพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศ.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2557). ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย. สำนักงานสถิติแห่งชาติ, สำนักงานสถิติแห่งชาติ.

สำนักนายกรัฐมนตรี (2558). แผนพัฒนาอาชีพเกษตรกรตามความต้องการของชุมชนเพื่อบรรเทาภัยแล้ง ปี 2558/59. สำนักนายกรัฐมนตรี.

สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2553). สรุปสถานการณ์สาธารณภัยประจำปี 2553. สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, กระทรวงมหาดไทย.

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ (2557). ความต้องการน้ำสำหรับการเลี้ยงสัตว์. กรมปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์

สำนักอุทกวิทยาและการจัดการ (2558). ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช. กรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ (2554). รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์. หน่วยวิจัยปฏิบัติการแหล่งน้ำ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. **1**.

อำนาจ ชิดไธสง และคณะ (2553). การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทยเล่มที่ 2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต. ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. **1**.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ข้อมูลอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ

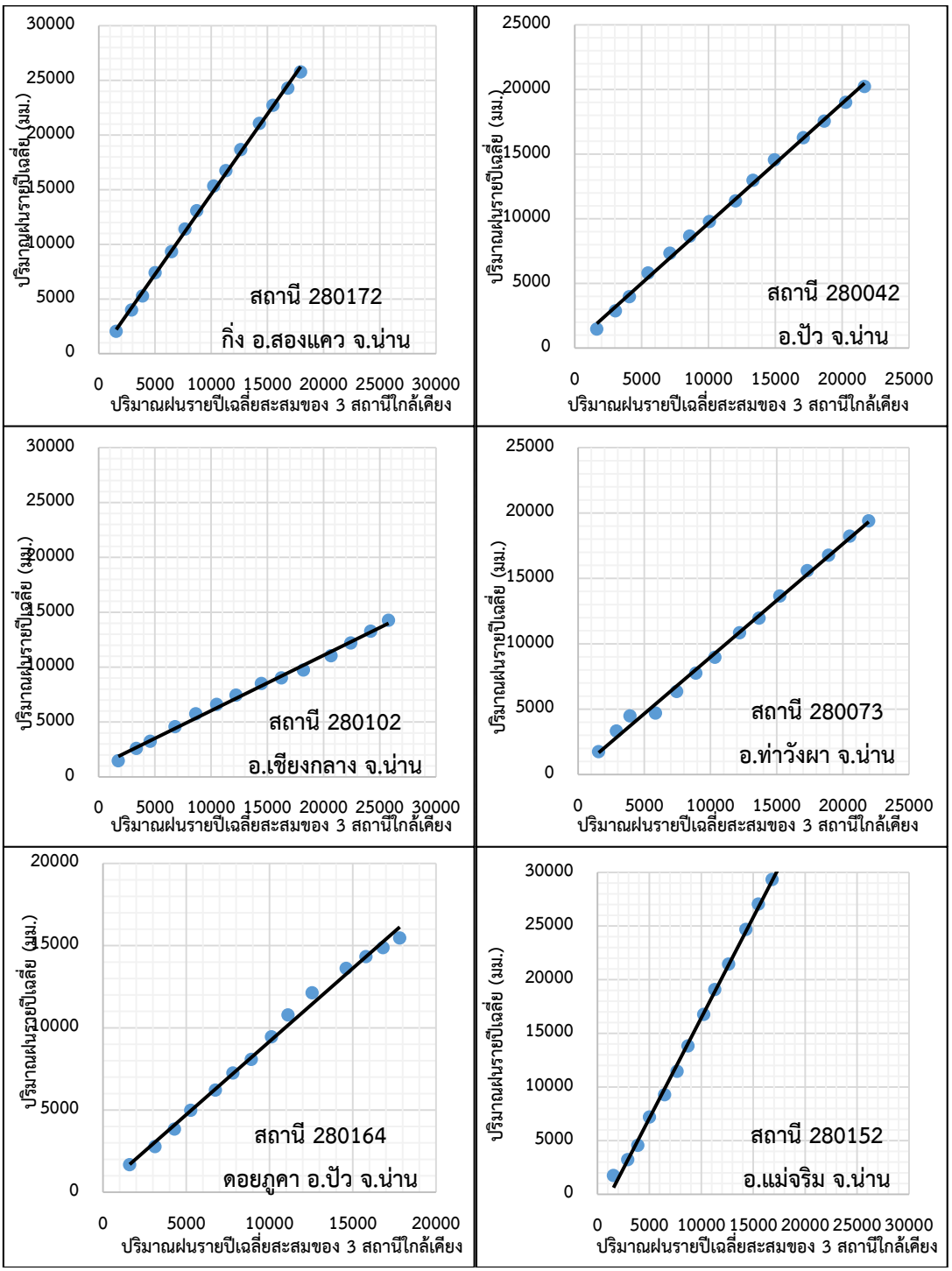
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก–1 สถานีวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา

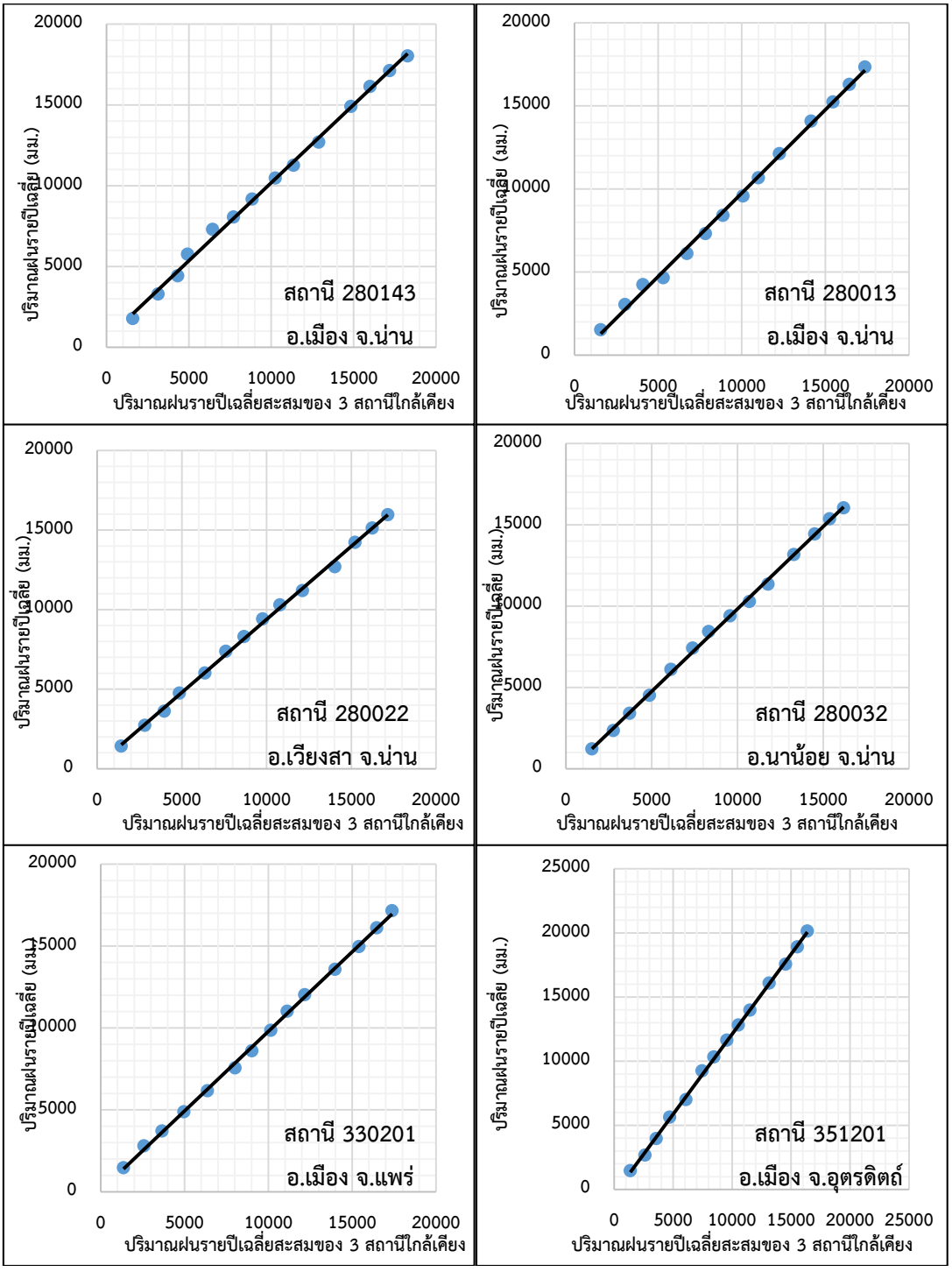
ลำดับที่	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด	X	Y
1	อ.เมือง	280013	น่าน	18-46-35	100-46-26	686973	2077017
2	อ.เวียงสา	280022	น่าน	18-34-10	100-45-15	685118	2054091
3	อ.นาน้อย	280032	น่าน	18-19-34	100-43-02	681474	2027121
4	อ.ปัว	280042	น่าน	19-10-57	100-55-03	701625	2122129
5	อ.ท่าวังผา	280073	น่าน	19-07-04	100-48-48	690743	2114848
6	อ.เชียงกลาง	280102	น่าน	19-17-33	100-51-57	696060	2134247
7	อากาศเกษตรน่าน	280143	น่าน	18-52-00	100-45-00	684356	2086985
8	อ.แม่จริม	280152	น่าน	18-44-00	101-01-00	712624	2072523
9	อุทยานแห่งชาติดอยภูคา อ.ปัว	280164	น่าน	19-10-20	100-55-02	701608	2120991
10	กิ่ง อ.สองแคว	280172	น่าน	19-21-26	100-42-22	679202	2141238
11	สถานีวิจัยและปลูกป่าบ้านหลวง	280182	น่าน	18-50-57	100-26-32	651942	2084756
12	อ.บ่อเกลือ	280242	น่าน	18-08-00	101-09-34	728475	2006277
13	อ.ทุ่งช้าง (N.17)	280252	น่าน	19-23-11	100-52-47	697407	2144656
14	อ.นาหมื่น	280312	น่าน	18-11-16	100-39-27	675300	2011752
15	อ.ภูเวียง	280322	น่าน	18-46-45	100-48-33	690689	2077362
16	ป่าไม้แม่น้ำน่าน อ.เวียงสา	280331	น่าน	18-34-17	100-45-25	685409	2054309
17	อ.เฉลิมพระเกียรติ	280352	น่าน	19-35-40	101-05-55	720120	2167955
18	331201/48331	น่าน	น่าน	18-46-47	100-46-40	685882	2076535
19	351201/48351	อุตรดิตถ์	อุตรดิตถ์	17-37-00	100-06-00	616673	1948247
20	310201/48310	พะเยา	พะเยา	19-08-00	99-54-00	591840	2121992
21	330201/48330	แพร่	แพร่	18-10-00	100-10-00	619439	2006114

ลำดับที่	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด	X	Y
22	ต.ท่าทอง อ.เมือง	39022	พิษณุโลก	16-47-24	100-12-16	606996	1769192
23	อ.เมือง	12016	กำแพงเพชร	16-28-38	99-31-06	555324	1821795
24	อ.คลองตรอน	12012	กำแพงเพชร	16-20-03	99-16-29	529343	1805919
25	อ.ศรีสัชนาลัย	59012	สุโขทัย	17-26-03	99-47-32	584132	1927760
26	อ.เถิน	16022	ลำปาง	17-19-45	99-27-42	549055	1916028
27	อ.ท่าปลา	70015	อุตรดิตถ์	17-44-10	100-32-28	663403	1961659
28	อ.ตรอน	70022	อุตรดิตถ์	17-24-50	100-07-50	620079	1925697
29	อ.วัดโบสถ์	39016	พิษณุโลก	17-13-14	100-21-10	606448	1879827
30	อ.บางมูลนาก	38011	พิจิตร	16-04-45	100-24-00	649454	1778506
31	อ.หล่มเก่า	36071	เพชรบูรณ์	17-00-11	101-21-22	712923	1880641
32	อ.วิเชียรบุรี	36079	เพชรบูรณ์	15-34-35	101-05-28	715923	1659297
33	373201/48372	สุโขทัย	สุโขทัย	17-06-22	99-48-00	591769	1897683
34	378201/48378	พิษณุโลก	พิษณุโลก	16-47-46.4	100-16-33.4	636442	1858195
35	386301/48386	พิจิตร	พิจิตร	16-20-19.6	100-22-1.6	649751	1778508
36	379201/48379	เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	16-26-00	101-09-00	739744	1855725
37	400201/48400	นครสวรรค์	นครสวรรค์	15-40-18.6	100-07-56.5	622007	1733065

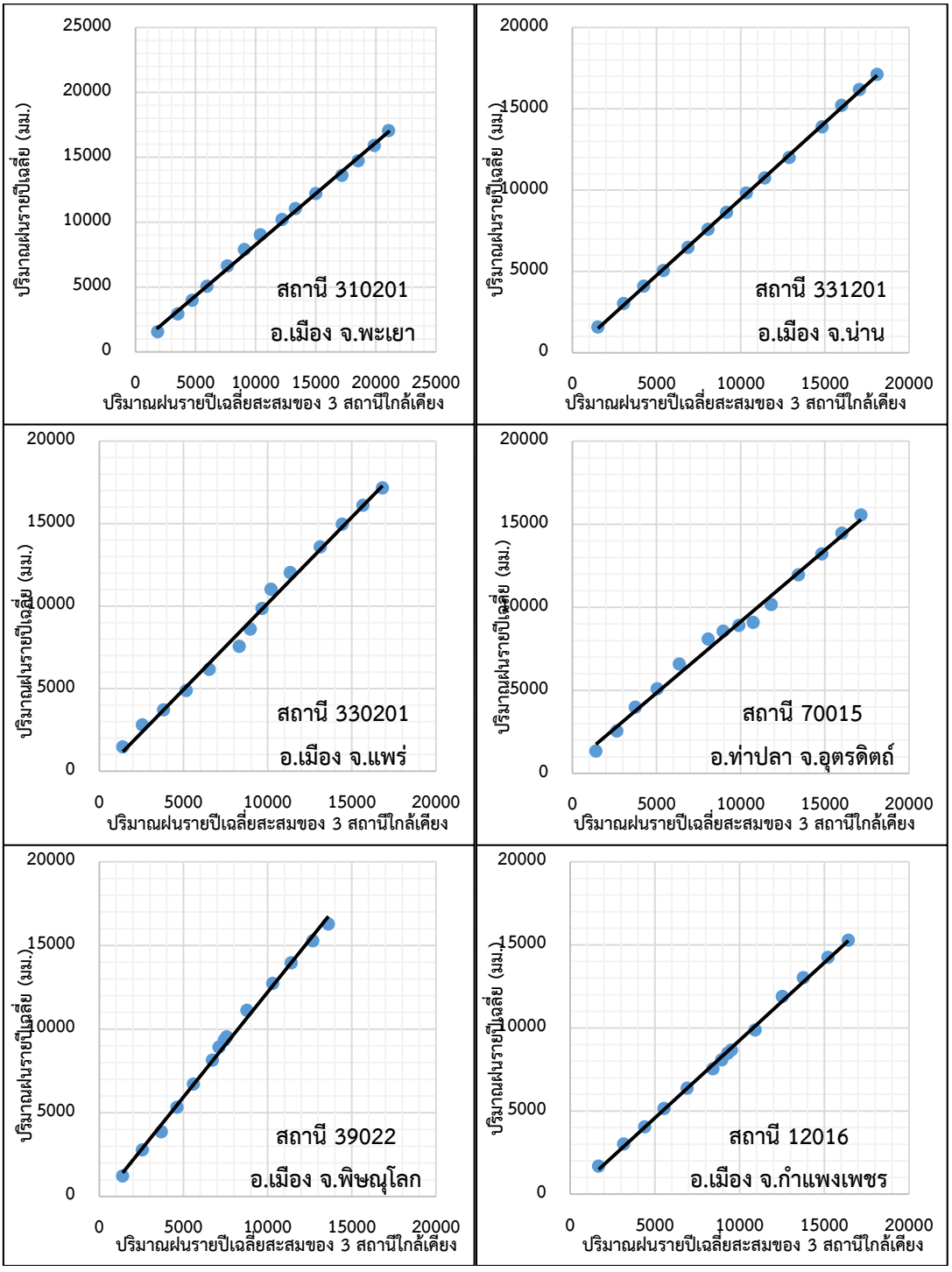
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



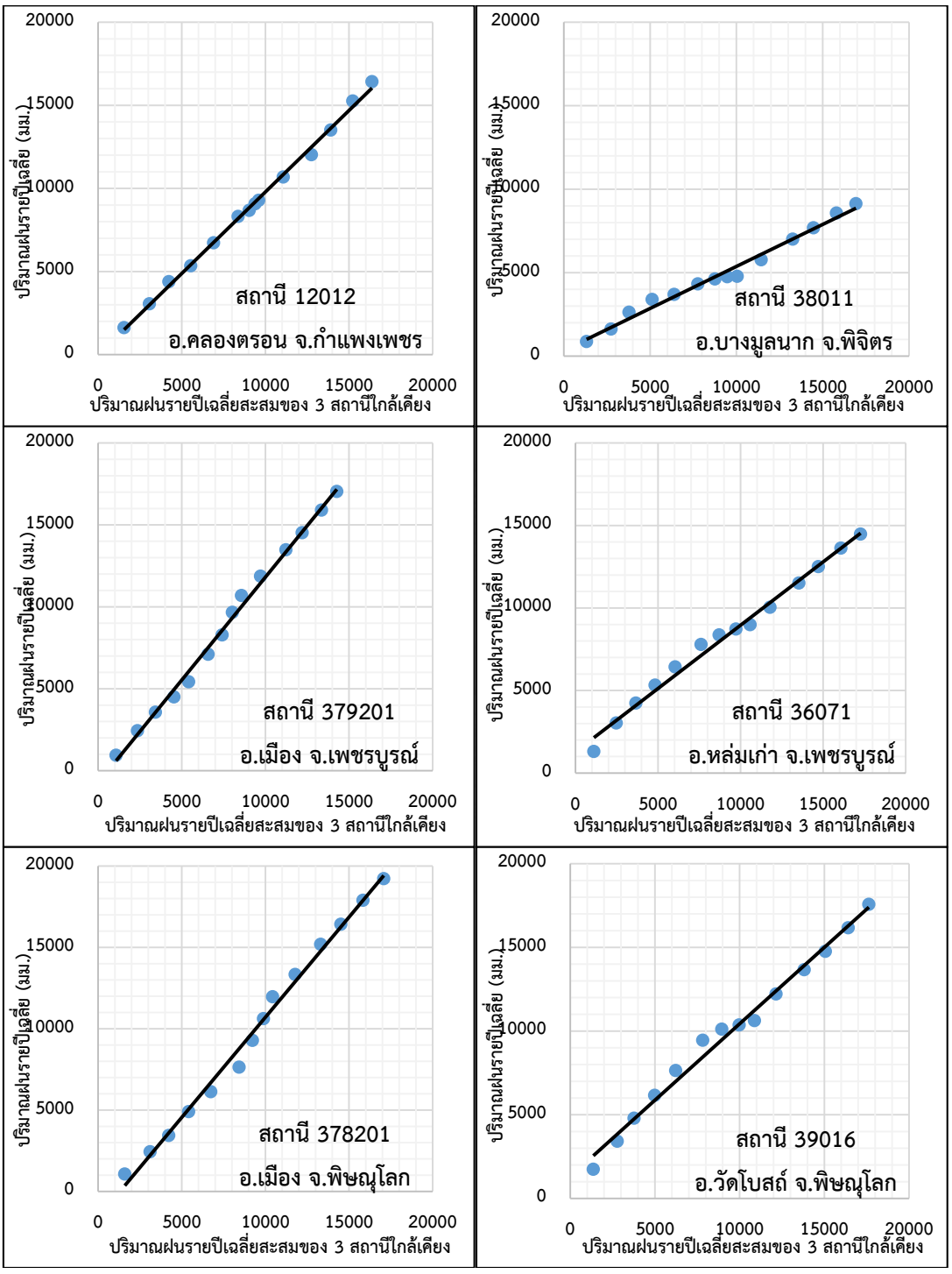
รูปที่ ก–1 การตรวจสอบความคงตัวของข้อมูลน้ำฝนโดยวิธี Double mass analysis



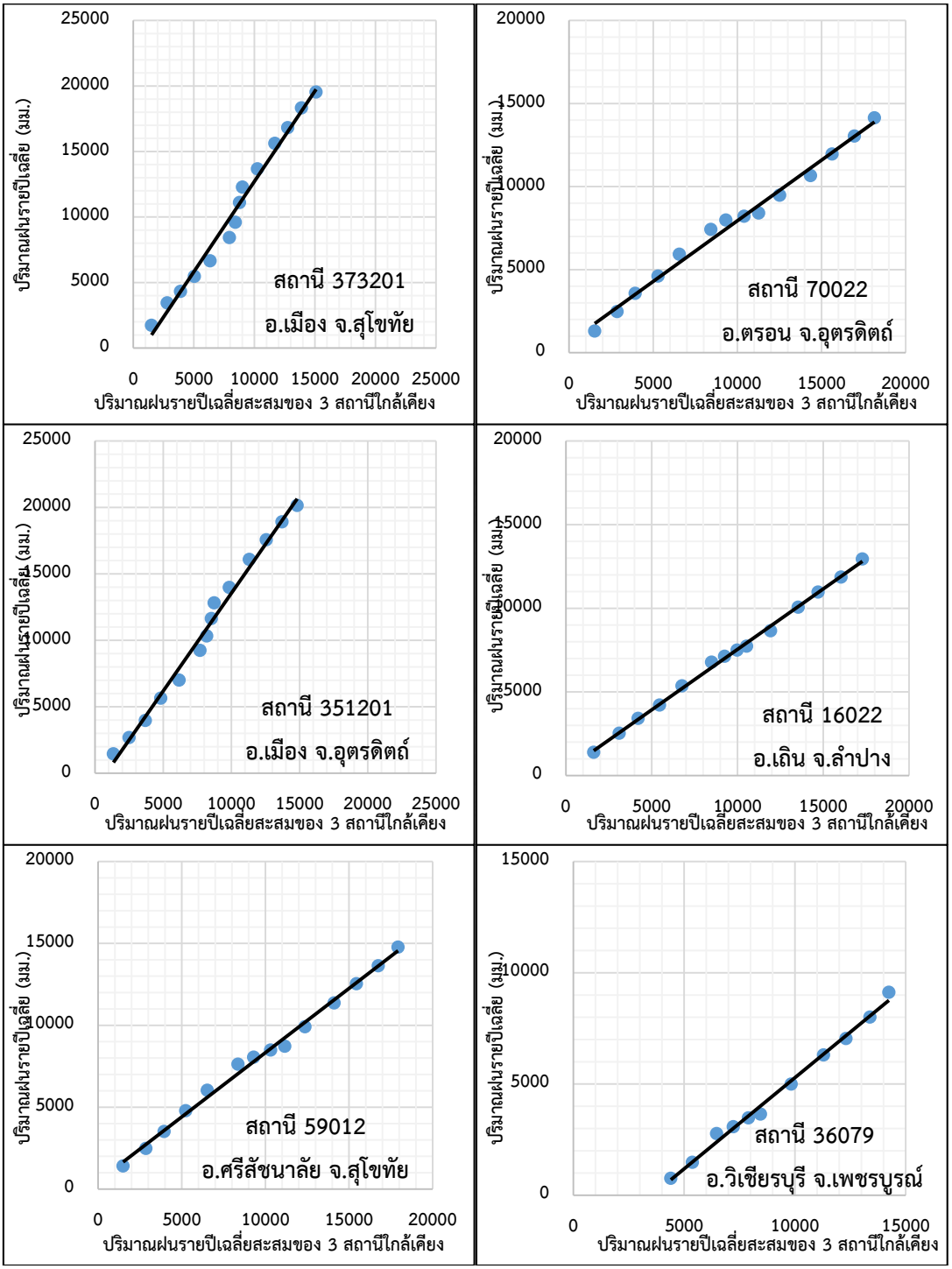
รูปที่ ก–2 การตรวจสอบความคงตัวของข้อมูลน้ำฝนโดยวิธี Double mass analysis (ต่อ)



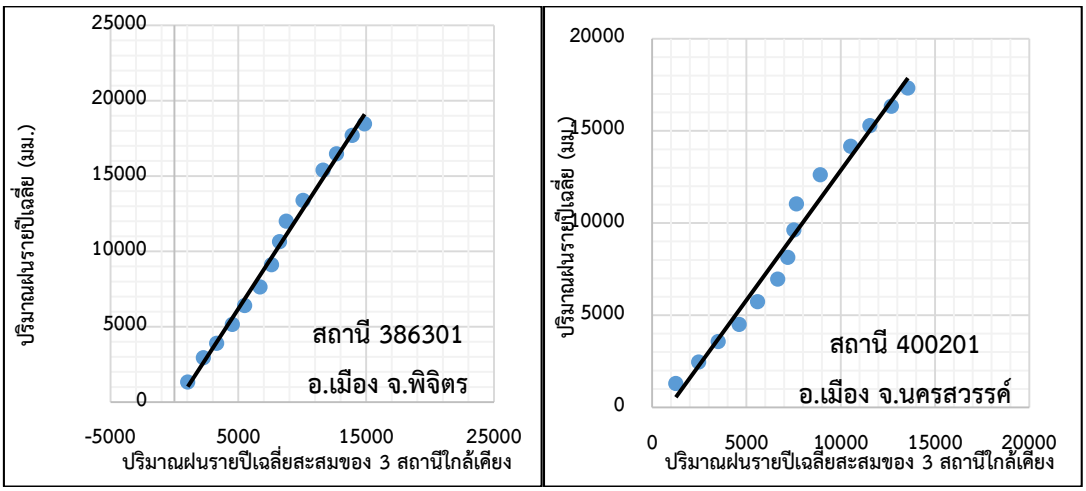
รูปที่ ก–3 การตรวจสอบความคงตัวของข้อมูลน้ำฝนโดยวิธี Double mass analysis (ต่อ)



รูปที่ ก–4 การตรวจสอบความคงตัวของข้อมูลน้ำฝนโดยวิธี Double mass analysis (ต่อ)



รูปที่ ก–5 การตรวจสอบความคงตัวของข้อมูลน้ำฝนโดยวิธี Double mass analysis (ต่อ)

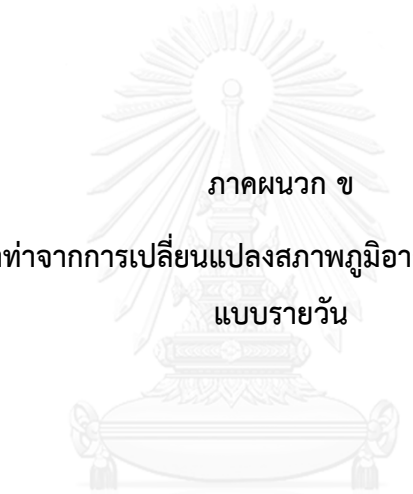


รูปที่ ก–6 การตรวจสอบความคงตัวของข้อมูลน้ำฝนโดยวิธี Double mass analysis (ต่อ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต แบบรายวัน

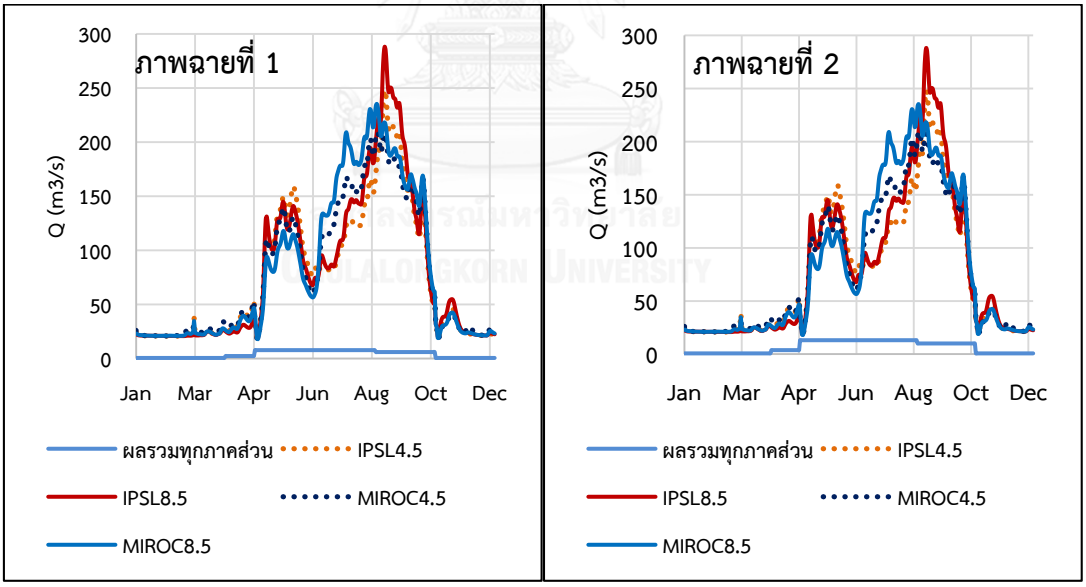


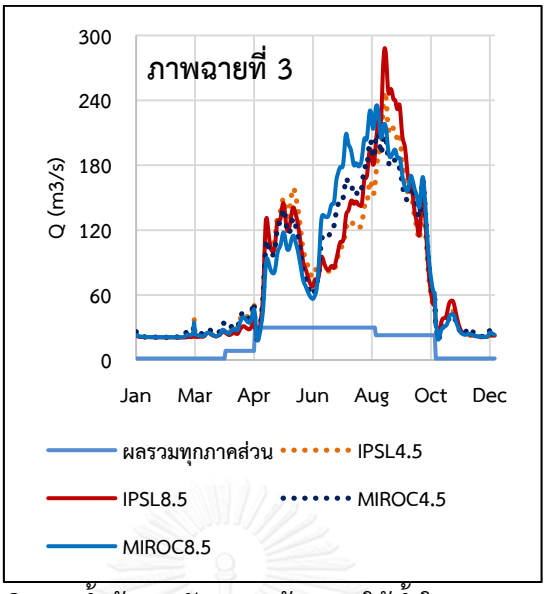
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตในบทที่ 6 จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนและความต้องการใช้น้ำ จะทำการวิเคราะห์โดยทำการพล็อตกราฟเปรียบเทียบในลักษณะแบบรายเดือน เพื่อให้สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในลักษณะภาพรวมในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย และโดยการวิเคราะห์ในลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะทำการวิเคราะห์เป็นแบบรายเดือน แต่ในการศึกษานี้วิจัยนี้ได้จัดทำการวิเคราะห์ทั้งแบบรายเดือนและแบบรายวัน โดยแบบรายเดือนจะทำการแสดงไว้ในบทที่ 6 ส่วนแบบรายวันจะทำการแสดงไว้ในภาคผนวก ข เพื่อให้ผู้สนใจสามารถเห็นภาพการวิเคราะห์ทั้งสองแบบ และสามารถเห็นความแตกต่างของการพล็อตกราฟวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต

การแสดงกราฟการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความต้องการใช้น้ำในอนาคตแบบรายวัน เพื่อสอดคล้องกับการวิเคราะห์ในบทที่ 6 โดยจะทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็น 5 ส่วน และในหนึ่งพื้นที่จะแบ่งเป็นภาพฉายความต้องการใช้น้ำ 3 ภาพฉาย ซึ่งแสดงไว้ดังนี้

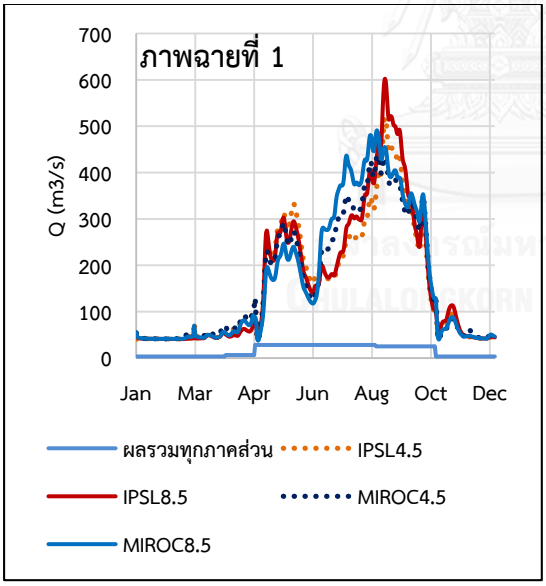
1) พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน

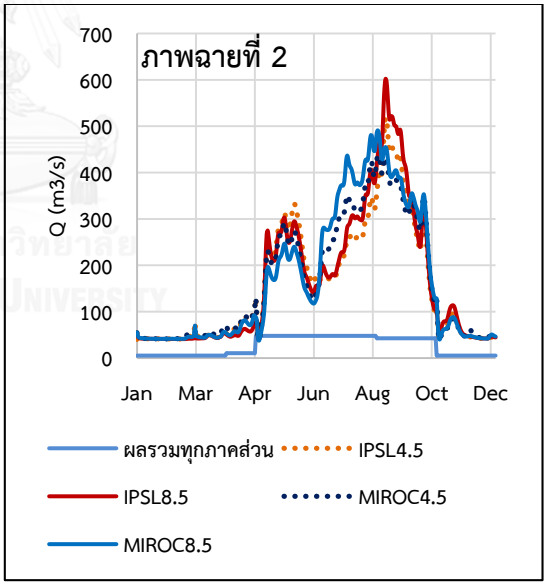


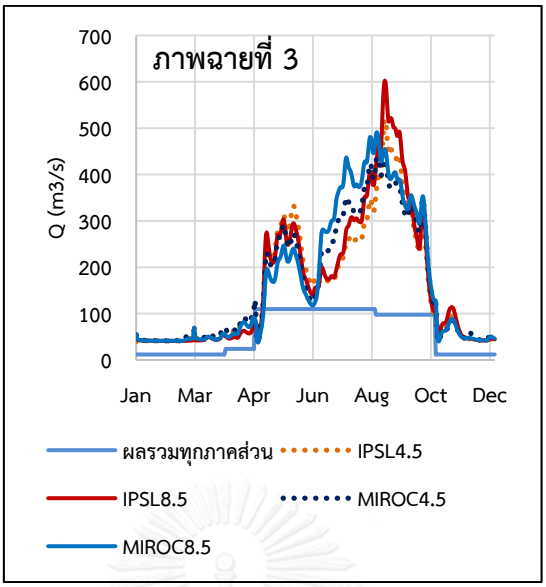


รูปที่ ข-1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต พื้นที่จังหวัดน่านตอนบน

2) พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมืองน่าน

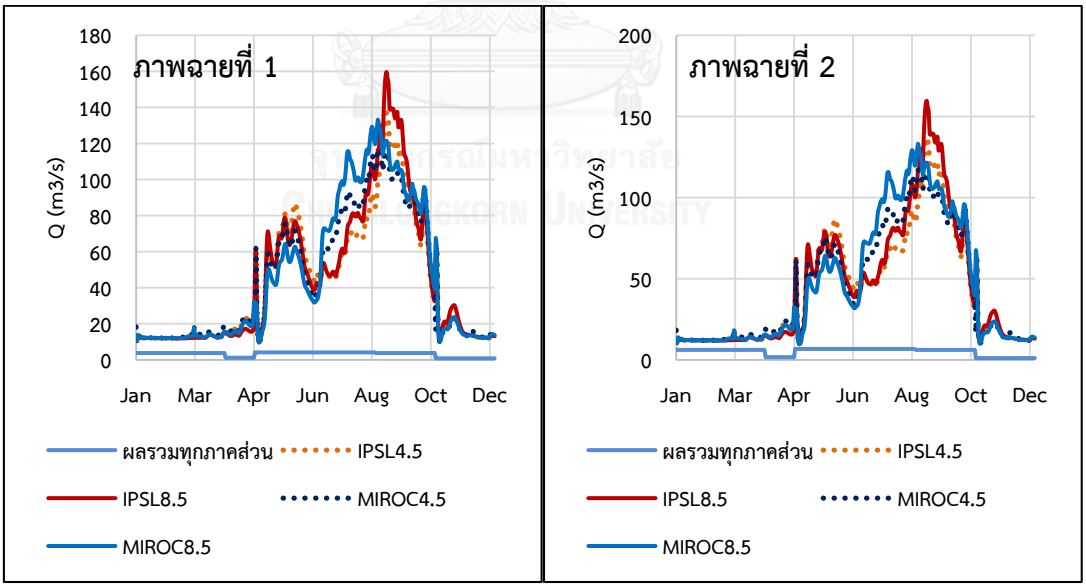


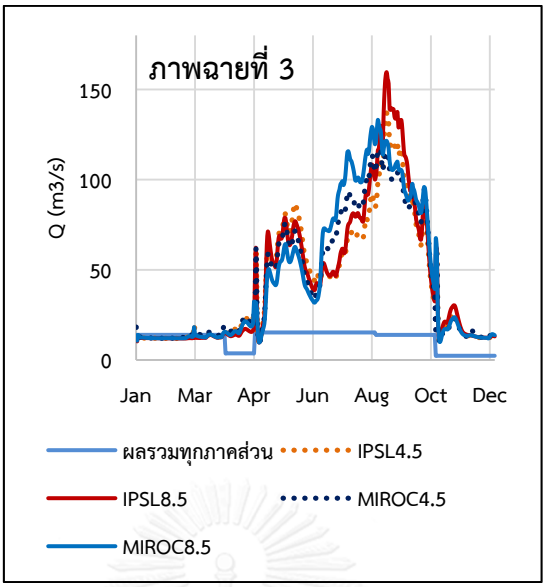




รูปที่ ข-2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต พื้นที่จังหวัดน่านเขตตัวเมือง

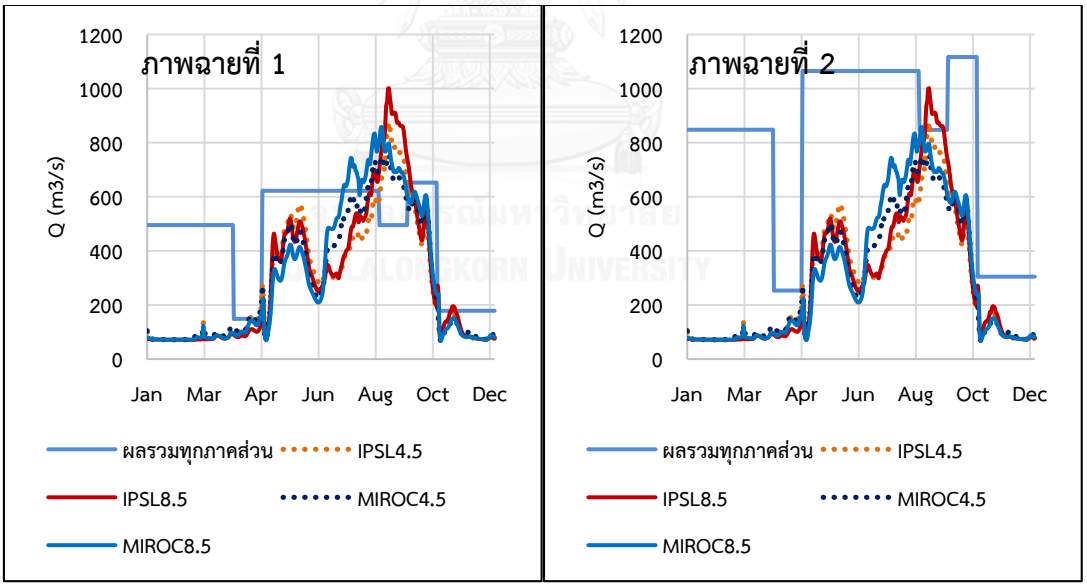
3) พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง

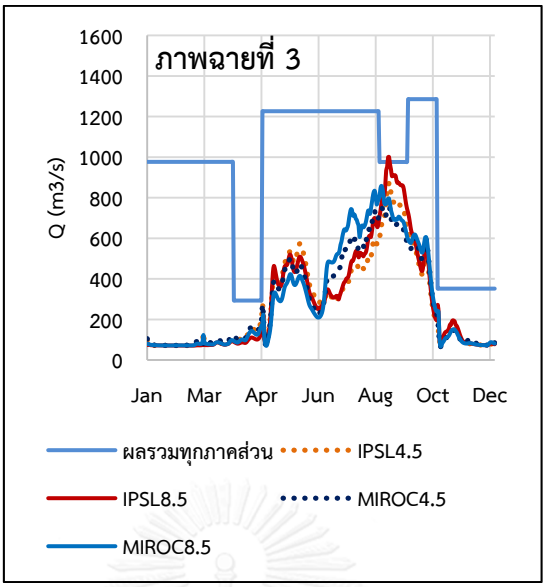




รูปที่ ข-3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต พื้นที่จังหวัดน่านตอนล่าง

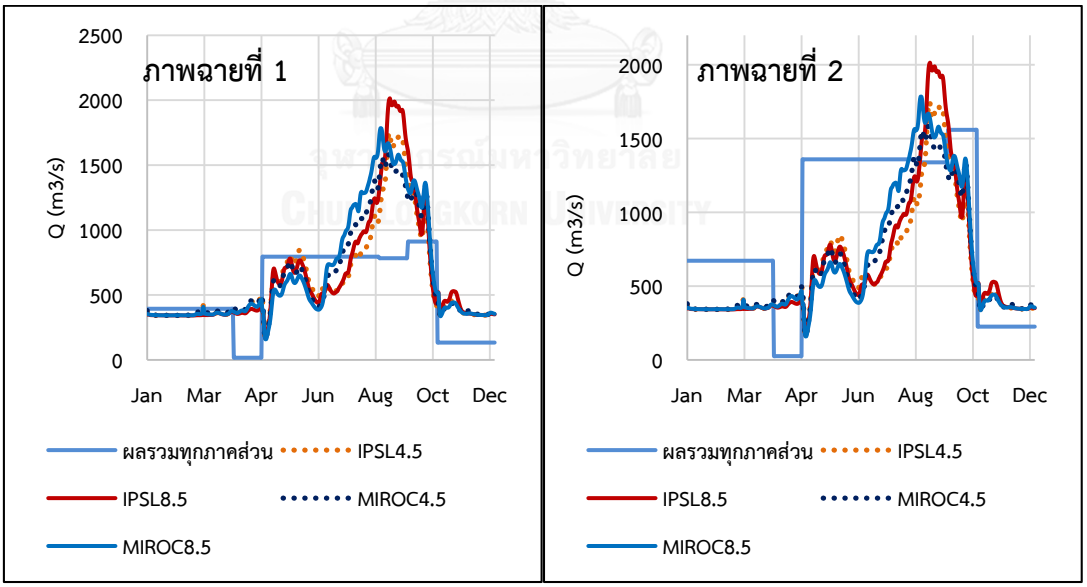
4) พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก

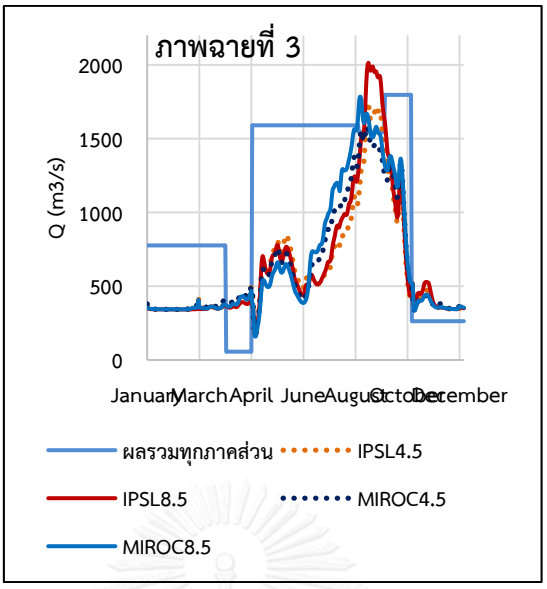




รูปที่ ข-4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก

5) พื้นที่จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลกบางส่วน

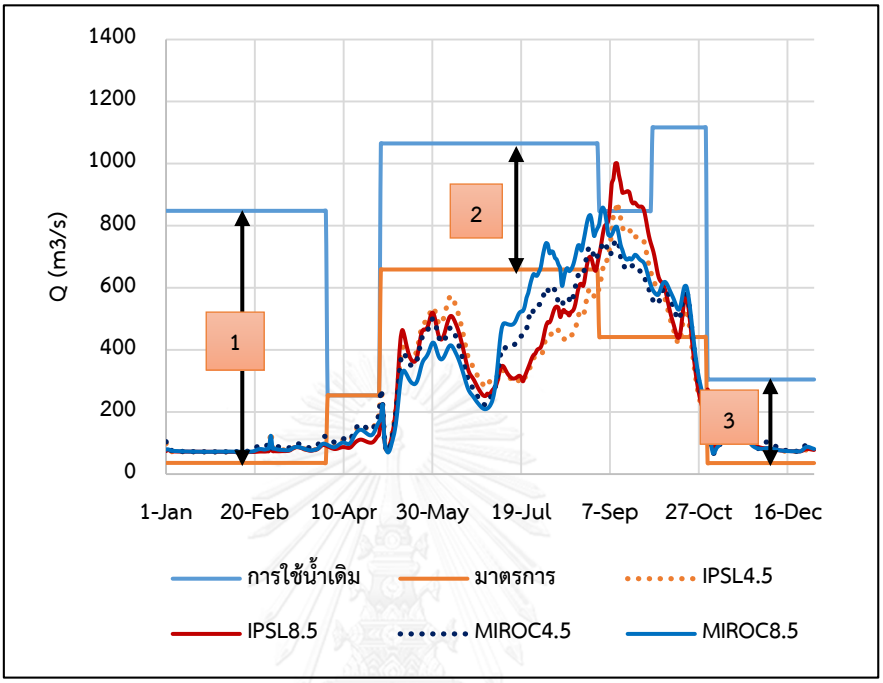




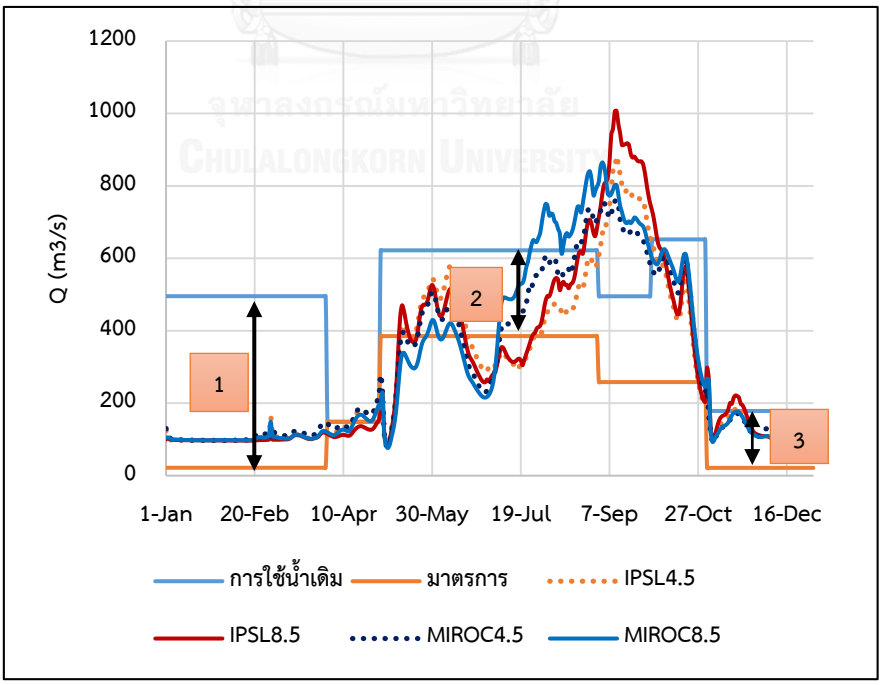
รูปที่ ข-5 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนกับความต้องการใช้น้ำในอนาคต
พื้นที่จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลกบางส่วน

หลังจากแสดงกราฟการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความต้องการใช้น้ำแบบรายวันในพื้นที่ทั้ง 5 ส่วนของลุ่มน้ำน่านแล้ว จะทำการแสดงกราฟการวิเคราะห์ปริมาณน้ำต้นทุนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความต้องการใช้น้ำจากมาตรการลดผลกระทบ โดยมาตรการลดผลกระทบจะแบ่งออกมาเป็น 3 ช่วง จากมาตรการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน และลดความต้องการใช้น้ำ ซึ่งได้ทำการกล่าวรายละเอียดไปแล้วในบทที่ 6 โดยสามารถแสดงกราฟการวิเคราะห์มาตรการลดกระทบแบบรายวันไว้ดังนี้

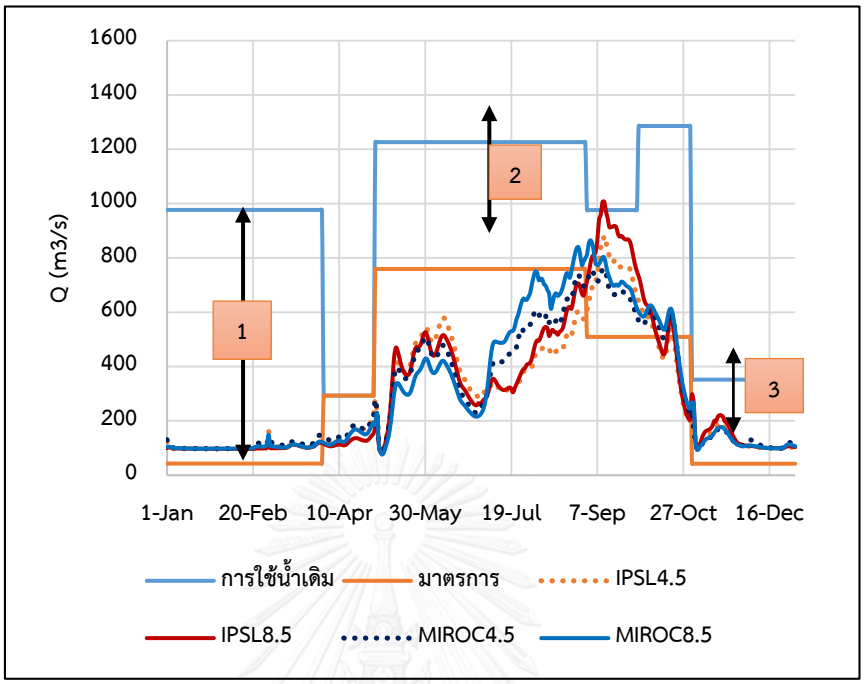
1) พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก



รูปที่ ข-6 การวิเคราะห์มาตรการลดผลกระทบภาพฉายที่ 1 พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก

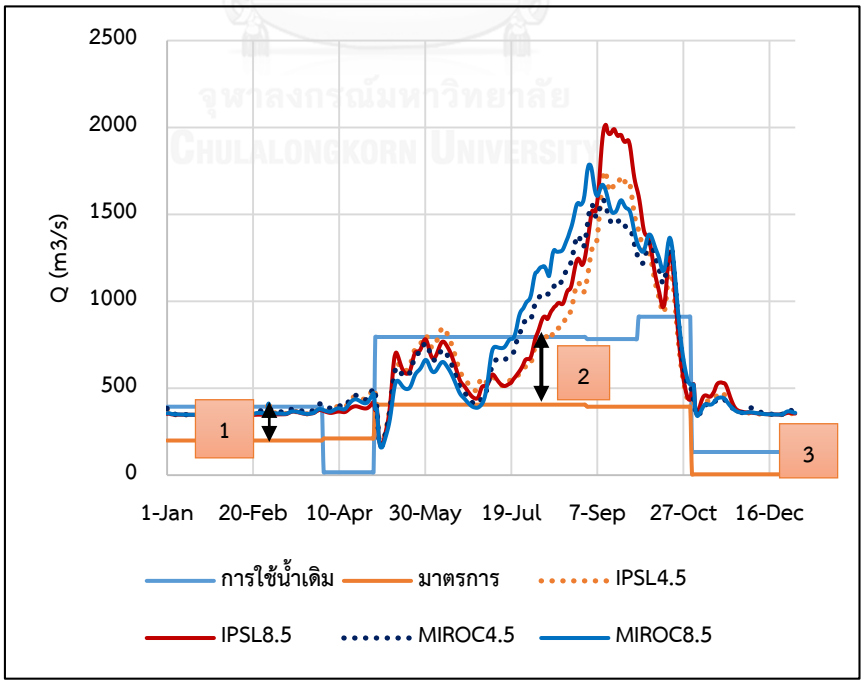


รูปที่ ข-7 การวิเคราะห์มาตรการลดผลกระทบภาพฉายที่ 2 พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก

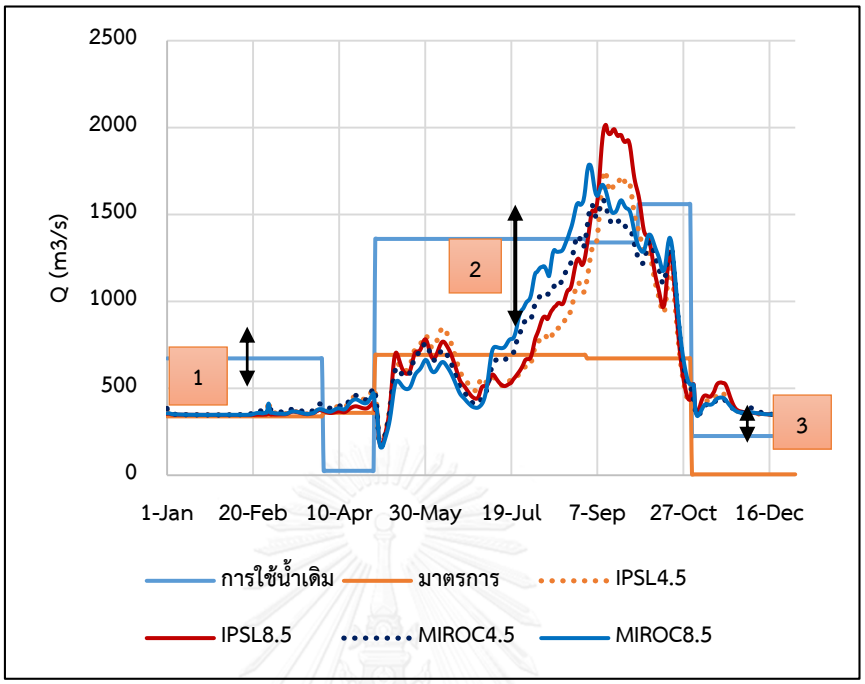


รูปที่ ข-8 การวิเคราะห์มาตรการลดผลกระทบภาพฉายที่ 3 พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และพิษณุโลก

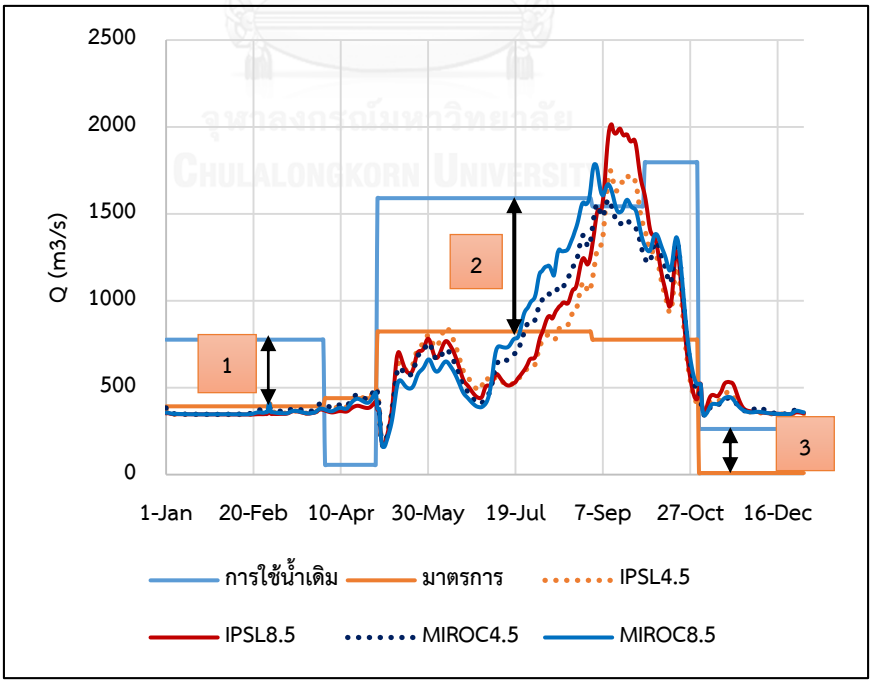
2) พื้นที่จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลกบางส่วน



รูปที่ ข-9 การวิเคราะห์มาตรการลดผลกระทบภาพฉายที่ 1 พื้นที่จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลกบางส่วน



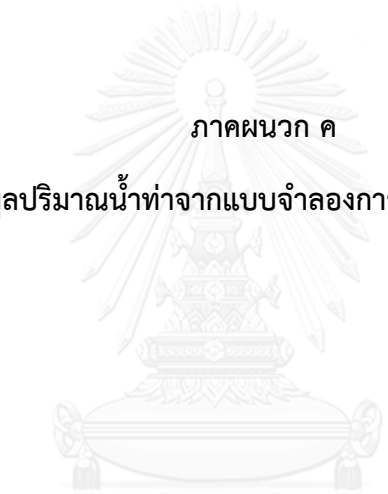
รูปที่ ข-10 การวิเคราะห์มาตรการลดผลกระทบภาพฉายที่ 2 พื้นที่จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลกบางส่วน



รูปที่ ข-11 การวิเคราะห์มาตรการลดผลกระทบภาพฉายที่ 3 พื้นที่จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลกบางส่วน

ภาคผนวก ค

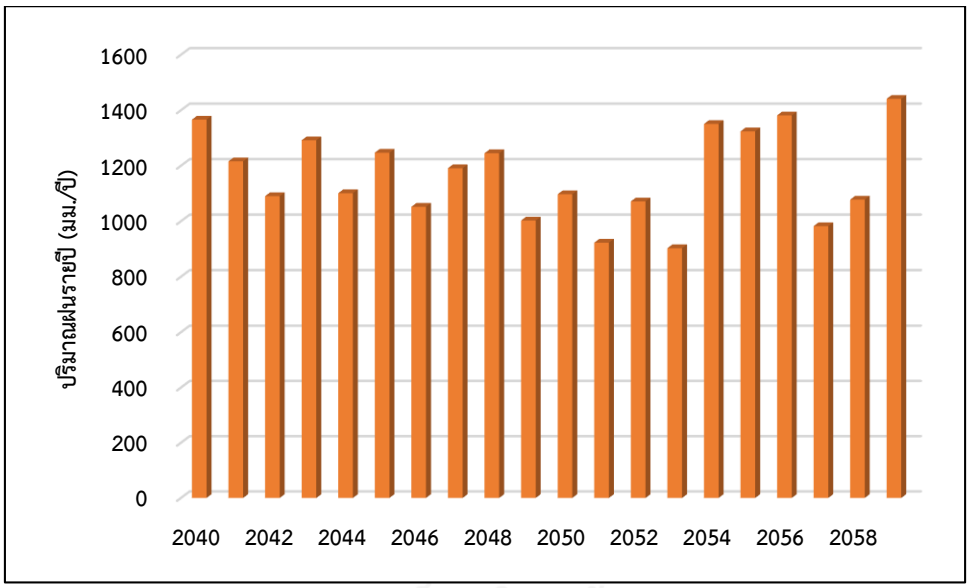
ข้อมูลฝนและข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



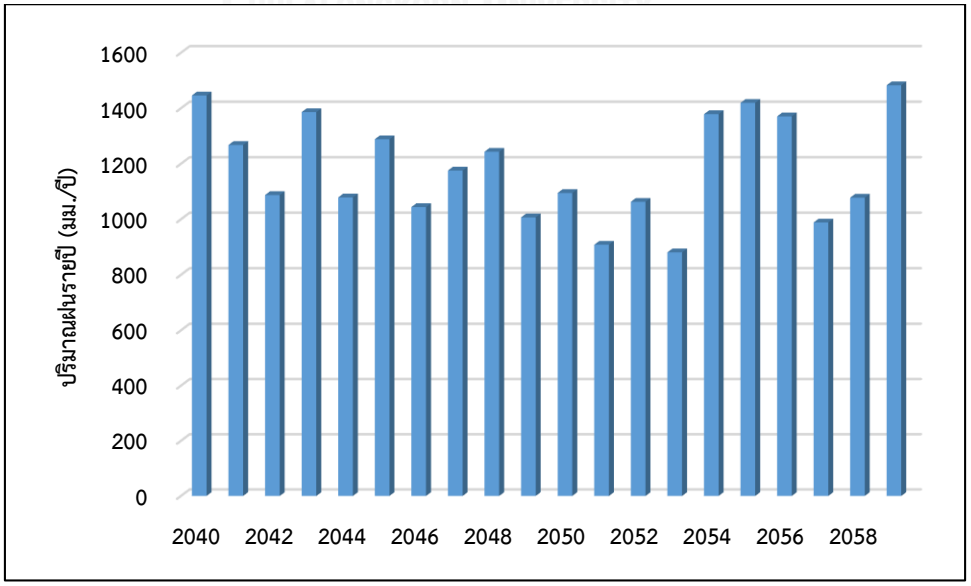
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลฝนจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก

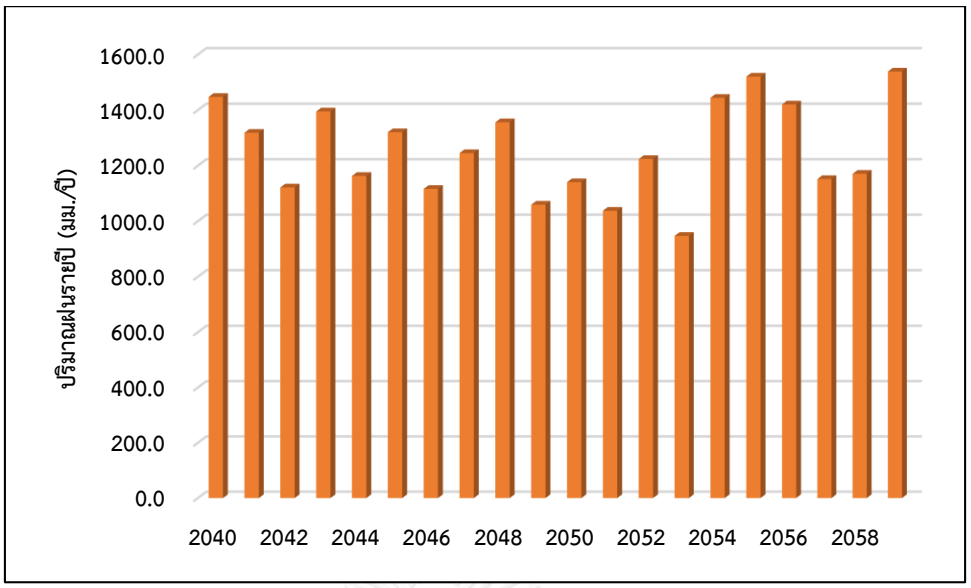
ข้อมูลฝนจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 2 แบบจำลองได้แก่ แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR และ MIROC5 โดยมีตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2 ภาพฉายได้แก่ RCP4.5 และ RCP8.5 จากโครงการ IMPAC-T จะทำการแสดงเป็นปริมาณฝนรายปีตั้งแต่ปี ค.ศ. 2040-2059 เพื่อให้เห็นแนวโน้มของปริมาณฝนในแต่ละปีของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านและแต่ละแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้



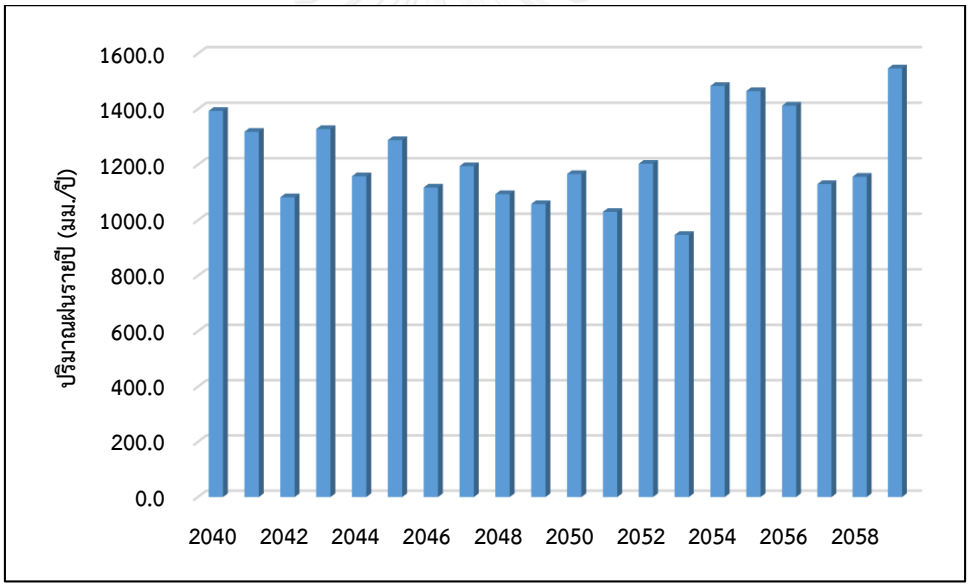
รูปที่ ค-1 ปริมาณฝนรายปีจากแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5



รูปที่ ค-2 ปริมาณฝนรายปีจากแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5



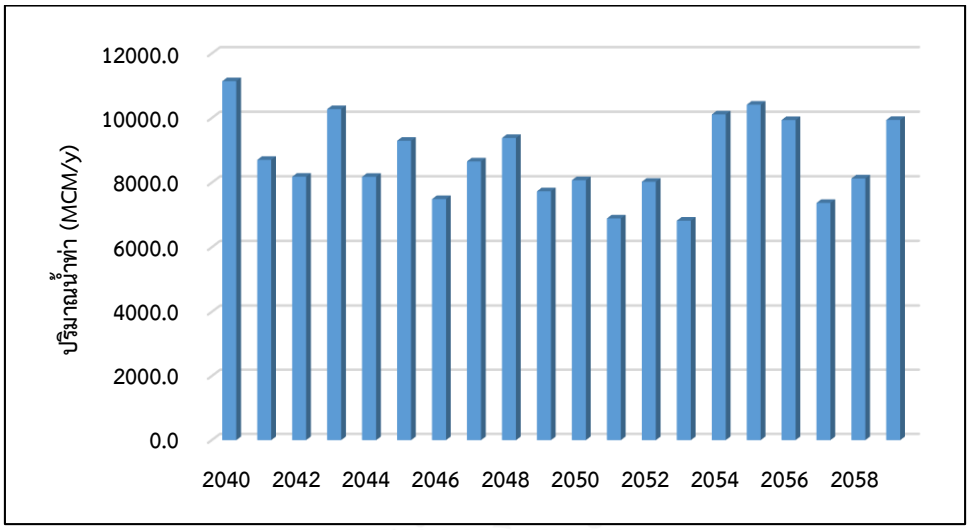
รูปที่ ค-3 ปริมาณฝนรายปีจากแบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5



รูปที่ ค-4 ปริมาณฝนรายปีจากแบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5

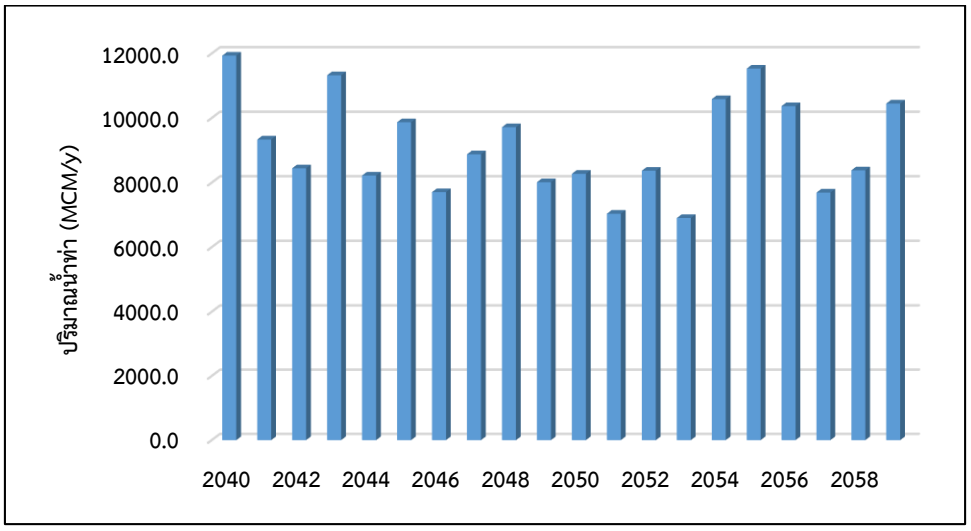
ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก

ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 2 แบบจำลองได้แก่ แบบจำลอง IPSL-CM5A-MR และ MIROC5 โดยมีตัวแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2 ภาพฉายได้แก่ RCP4.5 และ RCP8.5 จากโครงการ IMPAC-T จะทำการแสดงเป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ปี ค.ศ. 2040-2059 เพียงสถานีวัดอัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์ เพื่อให้เห็นแนวโน้มของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในแต่ละปีของพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน และแต่ละแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

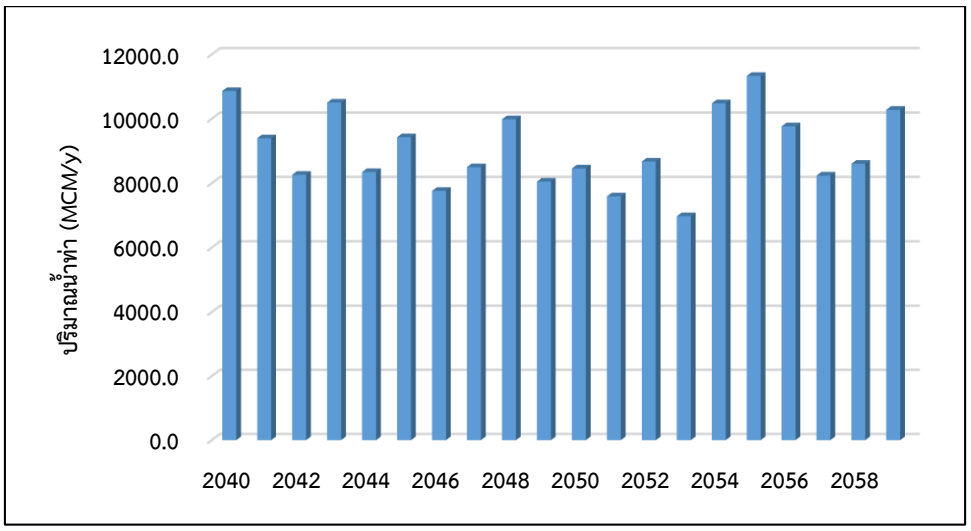


รูปที่ ค-5 อัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์เฉลี่ยรายปีจากแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP4.5

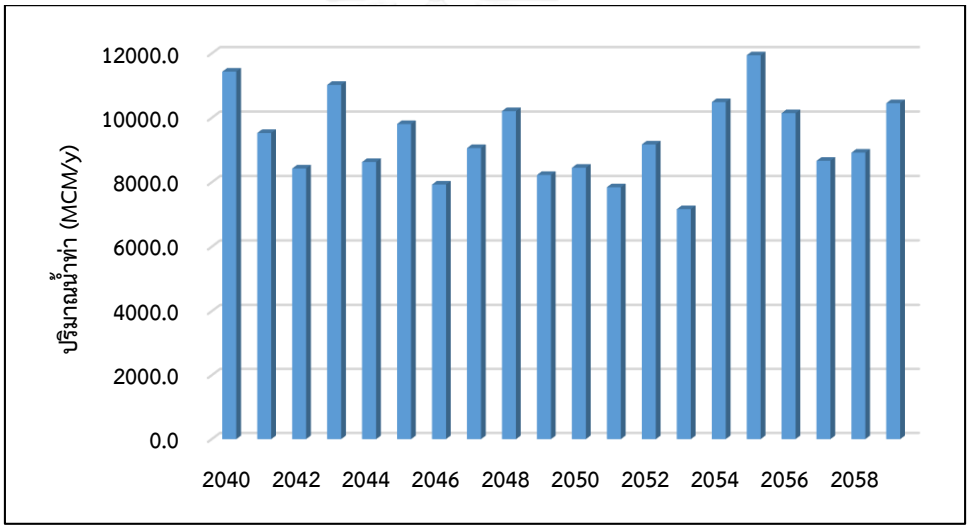
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ ค-6 อัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์เฉลี่ยรายปีจากแบบจำลอง IPSL-CM5A-MR ภาพฉาย RCP8.5



รูปที่ ค-7 อัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์เฉลี่ยรายปีจากแบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP4.5



รูปที่ ค-8 อัตราการไหลเข้าเขื่อนสิริกิติ์เฉลี่ยรายปีจากแบบจำลอง MIROC5 ภาพฉาย RCP8.5

ภาคผนวก ง

สถิติการเกษตรและราคาของจังหวัดในลุ่มน้ำน่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>หมวดพืชเกษตรของลุ่มน้ำ</u>

ตารางที่ ง-1 ข้าวนาปี: ผลผลิตต่อไร่ และราคาของข้าว ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาสินค้าเกษตร (บาท/ตัน)
กำแพงเพชร	543	8,050
พิจิตร	535	7,800
นครสวรรค์	533	8,013
เพชรบูรณ์	566	8,013
พิษณุโลก	567	8,000
น่าน	553	8,013
อุตรดิตถ์	588	8,013

ตารางที่ ง-2 ข้าวนาปรัง: ผลผลิตต่อไร่ และราคาของข้าว ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาสินค้าเกษตร (บาท/ตัน)
พิจิตร	629	7,800
นครสวรรค์	602	8,013
พิษณุโลก	585	8,000
อุตรดิตถ์	655	8,013

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง-3 มันสำปะหลัง: ผลผลิตต่อไร่ และราคาของมันสำปะหลัง ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาสินค้าเกษตร (บาท/กก.)
พิจิตร	3,224	2.10
พิษณุโลก	3,239	2.10
อุตรดิตถ์	2,994	2.10

ตารางที่ ง-4 ข้าวโพด: ผลผลิตต่อไร่ และราคาของข้าวโพด ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาสินค้าเกษตร (บาท/ตัน)
พิษณุโลก	706	7,663
พิจิตร	696	7,663
สุโขทัย	645	7,663
เพชรบูรณ์	671	8,000
อุตรดิตถ์	648	7,663
เลย	681	7,500

ตารางที่ ง-5 อ้อย: ผลผลิตต่อไร่ และราคาของอ้อย ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาสินค้าเกษตร (บาท/ตัน)
กำแพงเพชร	11,970	808
นครสวรรค์	12,443	808
พิจิตร	10,680	808
สุโขทัย	10,529	808
อุตรดิตถ์	10,595	808
พิษณุโลก	10,949	808

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ง-6 ส้ม: ผลผลิตต่อไร่ และราคาของส้ม ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาสินค้าเกษตร (บาท/กก.)
กำแพงเพชร	2,409	21.85
เพชรบูรณ์	1,485	21.85
น่าน	548	21.85

ตารางที่ ง-7 ลำไย: ผลผลิตต่อไร่ และราคาของลำไย ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาสินค้าเกษตร (บาท/กก.)
น่าน	361	29.22
พิษณุโลก	387	29.22

ตารางที่ ง-8 ถั่วเหลือง: ผลผลิตต่อไร่ และราคาของถั่วเหลือง ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาสินค้าเกษตร (บาท/กก.)
อุตรดิตถ์	285	15.36

ตารางที่ ง-9 ยางพารา: ผลผลิตต่อไร่ และราคาของยางพารา ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาสินค้าเกษตร (บาท/กก.)
พิษณุโลก	293	103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมวดปศุสัตว์ของลุ่มน้ำ

ตารางที่ ง-10 โคเนื้อ: จำนวน ปริมาณการผลิต และราคาโคเนื้อ ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	จำนวน (ตัว)	ปริมาณการผลิต (ตัว)	ราคาโคเนื้อ (บาท/ตัว)
น่าน	59,206	9,763	12,998
อุตรดิตถ์	42,720	7,934	12,998
พิษณุโลก	106,594	15,639	12,998
พิจิตร	52,175	8,824	12,998

ตารางที่ ง-11 โคนม: จำนวน ปริมาณการผลิต และราคาโคนม ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	จำนวน (ตัว)	ปริมาณน้ำนมดิบ (ตัน)	ราคานมต่อ 1 กิโลกรัม (บาท)	ราคานมต่อ 1 ตัน (บาท)
น่าน	37	38	17	17,000
อุตรดิตถ์	78	93	17	17,000
พิษณุโลก	184	183	17	17,000
พิจิตร	794	1,416	17	17,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-12 กระบือ: จำนวน ปริมาณการผลิต และราคากระบือ ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	จำนวน (ตัว)	ปริมาณการผลิต (ตัว)	ราคากระบือ (บาท/ตัว)
น่าน	17,000	1,000	11,390
อุตรดิตถ์	5,460	662	11,390
พิษณุโลก	10,049	1,402	11,390
พิจิตร	4,675	677	11,390

ตารางที่ ง-13 สุกร: จำนวน ปริมาณการผลิต และราคาสุกร ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	จำนวน (ตัว)	ปริมาณการผลิต (ตัว)	ตัวละ 100 กก. (กก.)	ราคา (บาท/กก.)
น่าน	64,314	49,650	4,965,000	135
อุตรดิตถ์	71,185	80,877	8,087,700	135
พิษณุโลก	64,569	103,921	10,392,100	135
พิจิตร	51,583	100,467	10,046,700	135

ตารางที่ ง-14 ไก่เนื้อ: จำนวน ปริมาณการผลิต และราคาไก่เนื้อ ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	จำนวน (ตัว)	ปริมาณการผลิต (ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 2 กก.ต่อตัว	ราคา (บาท/กก.)
น่าน	49,211	371,900	743,800	40
อุตรดิตถ์	947,666	5,190,988	10,381,976	40
พิษณุโลก	788,882	3,943,196	7,886,392	40
พิจิตร	248,650	1,624,681	3,249,362	40

ตารางที่ ง-15 ไก่พื้นเมือง: จำนวน ปริมาณการผลิต และราคาไก่พื้นเมือง ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	จำนวน (ตัว)	ปริมาณการผลิต (ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 1.38 กก.ต่อตัว	ราคา (บาท/กก.)
น่าน	929,682	1,442,929	1,991,242.02	82.00
อุตรดิตถ์	636,478	678,989	937,004.82	82.00
พิษณุโลก	541,070	557,790	769,750.20	82.00
พิจิตร	735,986	669,874	924,426.12	82.00

ตารางที่ ง-16 เป็ดเนื้อ: จำนวน ปริมาณการผลิต และราคาเป็ดเนื้อ ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	จำนวน (ตัว)	ปริมาณการผลิต (ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 3.5 กก.ต่อตัว	ราคา (บาท/กก.)
น่าน	22,546	54,305	190,067.50	60
อุตรดิตถ์	77,707	233,550	817,425.00	60
พิษณุโลก	9,386	20,508	71,778.00	60
พิจิตร	7,382	12,574	44,009.00	60

ตารางที่ ง-17 ไก่ไข่: จำนวน ปริมาณการผลิต และราคาไข่ไก่ ปี พ.ศ. 2553

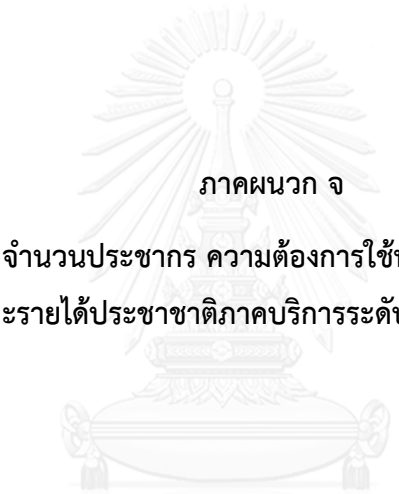
จังหวัด	จำนวน (ตัว)	ปริมาณไข่ไก่ (1000 ฟอง)	ปริมาณไข่ไก่ (ฟอง)	ราคาไข่ (บาท/ฟอง)
น่าน	77,439	21,079	21,079,000	2.7
อุตรดิตถ์	875,806	244,658	244,658,000	2.7
พิษณุโลก	39,965	10,665	10,665,000	2.7
พิจิตร	9,183	2,442	2,442,000	2.7

ตารางที่ ง-18 เป็ดไข่: จำนวน ปริมาณการผลิต และราคาไข่เป็ด ปี พ.ศ. 2553

จังหวัด	จำนวน (ตัว)	ปริมาณไข่เป็ด (1000ฟอง)	ปริมาณไข่เป็ด (ฟอง)	ราคาไข่ (บาท/100 ฟอง)
น่าน	3,235	889	889,000	255
อุตรดิตถ์	126,096	24,829	24,829,000	255
พิษณุโลก	615,404	215,559	215,559,000	255
พิจิตร	918,856	202,448	202,448,000	255

ภาคผนวก จ

จำนวนประชากร ความต้องการใช้น้ำรายบุคคล และรายได้ประชาชาติภาคบริการระดับตำบลในลุ่มน้ำ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ จ-1 รายละเอียดภาคบริการระดับตำบลของลุ่มน้ำ

ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ลิตร/คน/วัน	GPP บริการ (ล้านบาท)
ร่มเย็น	เชียงคำ	พะเยา	170	448.3
แม่ลาว	เชียงคำ	พะเยา	120	238.8
ผาช้างน้อย	ปง	พะเยา	120	191.8
ขุนควร	ปง	พะเยา	120	346.7
ร่มเย็น	เชียงคำ	พะเยา	170	448.3
เหล่ากอหก	นาแห้ว	เลย	50	93.1
แสงภา	นาแห้ว	เลย	50	73.3
นาพึง	นาแห้ว	เลย	50	83.7
นามาลา	นาแห้ว	เลย	120	124.3
ด่านซ้าย	ด่านซ้าย	เลย	120	378.0
กกสะทอน	ด่านซ้าย	เลย	120	309.8
แสงภา	นาแห้ว	เลย	50	73.3
นาพึง	นาแห้ว	เลย	50	83.7
นามาลา	นาแห้ว	เลย	120	124.3
ในเมือง	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	200	1058.0
เทพนคร	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	170	739.6
คณฑี	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	120	354.5
วังบัว	คลองขลุง	กำแพงเพชร	120	247.5
ท่ามะเขือ	คลองขลุง	กำแพงเพชร	120	298.2
วังยาง	คลองขลุง	กำแพงเพชร	120	204.2
วังแขม	คลองขลุง	กำแพงเพชร	120	360.4
ยางสูง	ขาณุวรลักษบุรี	กำแพงเพชร	120	272.7
ป่าพุทรา	ขาณุวรลักษบุรี	กำแพงเพชร	120	357.9
สระแก้ว	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	170	547.7
นิคมทุ่งโพธิ์ทะ	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	120	339.9
ในเมือง	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	200	1058.0
หนองคล้า	ไทรงาม	กำแพงเพชร	120	186.3
หนองทอง	ไทรงาม	กำแพงเพชร	120	244.3
ทุ่งทอง	ทรายทองวัฒนา	กำแพงเพชร	120	262.6
บึงสามัคคี	บึงสามัคคี	กำแพงเพชร	120	175.8
ทุ่งทราย	ทรายทองวัฒนา	กำแพงเพชร	120	351.9
ถาวรวัฒนา	ทรายทองวัฒนา	กำแพงเพชร	120	239.6

ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ลิตร/คน/วัน	GPP บริการ (ล้านบาท)
วังชะโอน	บึงสามัคคี	กำแพงเพชร	120	332.2
คณฑี	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	120	354.5
พานทอง	ไทรงาม	กำแพงเพชร	120	286.6
ทุ่งทราย	ทรายทองวัฒนา	กำแพงเพชร	120	351.9
วังบัว	คลองขลุง	กำแพงเพชร	120	247.5
ถาวรวัฒนา	ทรายทองวัฒนา	กำแพงเพชร	120	239.6
ทุ่งทอง	ทรายทองวัฒนา	กำแพงเพชร	120	262.6
บึงสามัคคี	บึงสามัคคี	กำแพงเพชร	120	175.8
ท่ามะเขือ	คลองขลุง	กำแพงเพชร	120	298.2
วังชะโอน	บึงสามัคคี	กำแพงเพชร	120	332.2
วังยาง	คลองขลุง	กำแพงเพชร	120	204.2
วังแขม	คลองขลุง	กำแพงเพชร	120	360.4
ยางสูง	ขาณุวรลักษบุรี	กำแพงเพชร	120	272.7
ป่าพุทรา	ขาณุวรลักษบุรี	กำแพงเพชร	120	357.9
เทพนิมิต	บึงสามัคคี	กำแพงเพชร	120	181.1
ระหาน	บึงสามัคคี	กำแพงเพชร	120	266.5
สระแก้ว	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	170	547.7
นิคมทุ่งโพธิ์ทะ	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	120	339.9
เทพนคร	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	170	739.6
หนองคล้า	ไทรงาม	กำแพงเพชร	120	186.3
หนองทอง	ไทรงาม	กำแพงเพชร	120	244.3
ในเมือง	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	200	1058.0
ตาขีด	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	379.4
ตาสัง	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	333.6
เจริญผล	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	348.1
บางตาหงาย	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	321.1
หัวดง	เก้าเลี้ยว	นครสวรรค์	120	459.2
หนองเต่า	เก้าเลี้ยว	นครสวรรค์	120	320.8
มหาโพธิ	เก้าเลี้ยว	นครสวรรค์	120	228.0
บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	120	454.3
บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	120	359.2
บึงเสนาท	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	120	235.5
ปากน้ำโพ	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	250	1695.8

ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ลิตร/คน/วัน	GPP บริการ (ล้านบาท)
ท่าไม้	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	379.6
เกยไชย	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	367.2
ตาขีด	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	379.4
หนองกรด	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	170	550.4
ตาสัง	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	333.6
เจริญผล	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	348.1
บางตาหงาย	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	321.1
ฆะมัง	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	173.5
หัวดง	เก้าเลี้ยว	นครสวรรค์	120	459.2
หนองเต่า	เก้าเลี้ยว	นครสวรรค์	120	320.8
ท่าไม้	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	379.6
หนองกระเจา	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	201.3
พิกุล	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	159.5
บางเคียน	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	252.4
ชุมแสง	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	391.5
เกยไชย	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	367.2
โคกหม้อ	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	202.1
พันลาน	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	197.9
มหาโพธิ	เก้าเลี้ยว	นครสวรรค์	120	228.0
ทับกฤชใต้	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	155.2
บ้านมะเกลือ	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	120	454.3
ทับกฤช	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	432.5
บางพระหลวง	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	50	108.6
บางม่วง	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	120	359.2
บึงเสนาท	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	120	235.5
เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	120	270.1
แควใหญ่	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	50	113.2
ปากน้ำโพ	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	250	1695.8
พันลาน	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	197.9
ทับกฤชใต้	ชุมแสง	นครสวรรค์	120	155.2
เกรียงไกร	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	120	270.1
ปากน้ำโพ	เมืองนครสวรรค์	นครสวรรค์	250	1695.8
ด่านช้าง	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	323.3

ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ลิตร/คน/วัน	GPP บริการ (ล้านบาท)
บึงปลาทู	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	204.7
หนองตางู	บรรพตพิสัย	นครสวรรค์	120	300.7
ยอด	สองแคว	น่าน	50	96.1
ชนแดน	สองแคว	น่าน	120	107.8
ยอด	สองแคว	น่าน	50	96.1
นาไร่หลวง	สองแคว	น่าน	120	199.5
ผาทอง	ท่าวังผา	น่าน	120	138.2
แสนทอง	ท่าวังผา	น่าน	120	127.5
ป่าคา	ท่าวังผา	น่าน	120	169.0
ศรีภูมิ	ท่าวังผา	น่าน	120	220.5
บ่อ	เมืองน่าน	น่าน	120	146.6
สะเนียน	เมืองน่าน	น่าน	170	408.6
บ้านพี้	บ้านหลวง	น่าน	50	83.1
สวด	บ้านหลวง	น่าน	50	99.0
แม่ขะนิง	เวียงสา	น่าน	120	122.5
บ้านฟ้า	บ้านหลวง	น่าน	120	121.5
ยาบหัวนา	เวียงสา	น่าน	120	169.0
อ่ายนาไลย	เวียงสา	น่าน	120	225.9
น้ำตก	นาน้อย	น่าน	50	84.9
บัวใหญ่	นาน้อย	น่าน	120	133.9
สันทะ	นาน้อย	น่าน	120	207.2
เมืองลี	นาหมื่น	น่าน	50	67.3
ปิงหลวง	นาหมื่น	น่าน	120	102.9
ปอน	ทุ่งช้าง	น่าน	50	92.2
ห้วยโก๋น	เฉลิมพระเกียรติ	น่าน	50	97.2
ขุนน่าน	เฉลิมพระเกียรติ	น่าน	120	223.3
งอบ	ทุ่งช้าง	น่าน	120	186.2
ชนแดน	สองแคว	น่าน	120	107.8
และ	ทุ่งช้าง	น่าน	120	155.0
ยอด	สองแคว	น่าน	50	96.1
ทุ่งช้าง	ทุ่งช้าง	น่าน	120	182.6
นาไร่หลวง	สองแคว	น่าน	120	199.5
ภูคา	ปัว	น่าน	120	162.2

ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ลิตร/คน/วัน	GPP บริการ (ล้านบาท)
พระธาตุ	เชียงกลาง	น่าน	120	126.2
เปือ	เชียงกลาง	น่าน	120	226.0
บ่อเกลือเหนือ	บ่อเกลือ	น่าน	120	106.4
เชียงกลาง	เชียงกลาง	น่าน	120	242.4
พญาแก้ว	เชียงกลาง	น่าน	120	110.8
ผาทอง	ท่าวังผา	น่าน	120	138.2
สกาด	ปัว	น่าน	50	97.9
พระพุทธบาท	เชียงกลาง	น่าน	120	168.9
ดงพญา	บ่อเกลือ	น่าน	120	112.6
เชียงคาน	เชียงกลาง	น่าน	50	55.5
ผาตอ	ท่าวังผา	น่าน	120	180.8
ไชยวัฒนา	ปัว	น่าน	120	141.3
สถาน	ปัว	น่าน	120	175.5
แงง	ปัว	น่าน	120	161.8
เจดีย์ชัย	ปัว	น่าน	120	230.3
บ่อเกลือใต้	บ่อเกลือ	น่าน	120	168.1
ปัว	ปัว	น่าน	120	243.7
แสนทอง	ท่าวังผา	น่าน	120	127.5
วรนคร	ปัว	น่าน	120	194.4
ป่าคา	ท่าวังผา	น่าน	120	169.0
ศิลาแลง	ปัว	น่าน	120	131.8
ท่าวังผา	ท่าวังผา	น่าน	120	177.3
ริม	ท่าวังผา	น่าน	120	137.4
ป่ากลาง	ปัว	น่าน	120	269.7
จอมพระ	ท่าวังผา	น่าน	120	177.4
ศิลาเพชร	ปัว	น่าน	120	153.7
ยม	ท่าวังผา	น่าน	120	154.6
ศรีภูมิ	ท่าวังผา	น่าน	120	220.5
อวน	ปัว	น่าน	120	166.8
ภูฟ้า	บ่อเกลือ	น่าน	120	107.6
ตาลชุม	ท่าวังผา	น่าน	120	213.6
บ่อ	เมืองน่าน	น่าน	120	146.6
สะเนียน	เมืองน่าน	น่าน	170	408.6

ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ลิตร/คน/วัน	GPP บริการ (ล้านบาท)
ป่าแลวหลวง	สันติสุข	น่าน	120	146.5
พงษ์	สันติสุข	น่าน	120	213.5
บ้านพี้	บ้านหลวง	น่าน	50	83.1
ดู่พงษ์	สันติสุข	น่าน	120	167.4
เมืองจัง	ภูเพียง	น่าน	120	199.2
ผาสิงห์	เมืองน่าน	น่าน	120	214.6
แม่จริม	แม่จริม	น่าน	50	75.1
สวด	บ้านหลวง	น่าน	50	99.0
ฝายแก้ว	ภูเพียง	น่าน	170	383.9
หนองแดง	แม่จริม	น่าน	120	137.8
แม่ขะนิง	เวียงสา	น่าน	120	122.5
บ้านฟ้า	บ้านหลวง	น่าน	120	121.5
ถืมตอง	เมืองน่าน	น่าน	120	114.1
ไชยสถาน	เมืองน่าน	น่าน	120	243.8
ในเวียง	เมืองน่าน	น่าน	170	628.5
เรือง	เมืองน่าน	น่าน	120	163.1
น้ำพาง	แม่จริม	น่าน	120	173.2
ดู่ใต้	เมืองน่าน	น่าน	120	281.2
สวก	เมืองน่าน	น่าน	120	219.4
ม่วงตึ๊ด	ภูเพียง	น่าน	120	141.5
น้ำเกี๋ยน	ภูเพียง	น่าน	50	94.4
ท่าน้าว	ภูเพียง	น่าน	120	111.8
ยาบหัวนา	เวียงสา	น่าน	120	169.0
นาซาว	เมืองน่าน	น่าน	120	120.0
น้ำแก่น	ภูเพียง	น่าน	120	147.9
นาปัง	ภูเพียง	น่าน	120	112.6
หมอเมือง	แม่จริม	น่าน	50	80.7
ทุ่งศรีทอง	เวียงสา	น่าน	50	83.3
น้ำปาย	แม่จริม	น่าน	50	67.9
กองควาย	เมืองน่าน	น่าน	120	181.0
นาเหลือง	เวียงสา	น่าน	120	104.2
น้ำปั้ว	เวียงสา	น่าน	120	135.4
ตาลชุม	เวียงสา	น่าน	120	127.5

ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ลิตร/คน/วัน	GPP บริการ (ล้านบาท)
จอมจันทร์	เวียงสา	น่าน	120	132.9
ปงสนุก	เวียงสา	น่าน	50	45.3
ไหล่น่าน	เวียงสา	น่าน	120	115.4
กลางเวียง	เวียงสา	น่าน	170	361.0

ภาคผนวก ฉ

ค่าสัมประสิทธิ์พืช และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman-Monteith รายเดือน

ตารางที่ ฉ-1 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman-Monteith รายเดือน (หน่วย: มม.)

จังหวัด	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
แพร่	2.98	3.70	4.48	4.91	4.57	3.73	3.59	3.44	3.50	3.41	3.17	2.68
น่าน	2.88	3.49	4.39	4.63	4.25	3.88	3.43	3.33	3.43	3.47	3.04	2.70
อุตรดิตถ์	3.25	3.88	4.77	4.91	4.43	3.59	3.50	3.40	3.52	3.59	3.48	2.99
พิษณุโลก	3.27	4.01	4.99	5.32	4.71	3.78	3.65	3.51	3.27	3.55	3.42	3.19
เพชรบูรณ์	3.33	4.05	4.96	5.18	4.16	3.69	3.58	3.43	3.22	3.69	3.73	3.41
กำแพงเพชร	3.26	3.91	4.35	5.01	4.45	3.92	3.5	3.41	3.55	3.48	3.34	3.11
สุโขทัย	3.36	4.03	4.66	5.72	4.44	4.32	3.94	3.78	3.66	3.66	3.51	3.26
พิจิตร	3.28	3.89	4.35	4.6	4.05	3.98	3.5	3.4	3.19	3.47	3.58	3.24
นครสวรรค์	3.71	4.87	6.06	6.06	4.55	4.10	3.92	3.71	3.32	3.57	3.51	3.37
เลย	3.28	4.06	4.81	5.06	4.43	4.07	3.66	3.55	3.55	3.55	3.23	3.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าสัมประสิทธิ์ของพืช (Kc)

ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) เป็นข้อมูลสำคัญที่จะต้องใช้เพื่อการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET) เนื่องจากในแต่ละท้องที่มีภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศของท้องที่นั้นๆ ซึ่งมีค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ที่คำนวณได้จากสูตรต่างๆ ผันแปรไปตามสภาพอากาศแต่ละแห่งไปด้วย โดยจะทำการแสดงเพียงค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์พืช ซึ่งใช้วิธี Penman-Monteith ทั้ง 40 ชนิด ส่วนรายละเอียดสามารถหาข้อมูลได้ในเว็บไซต์ของกรมชลประทาน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ ฉ-2 ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์พืช 40 ชนิด

ชนิดของพืช	ค่าเฉลี่ย Kc	ชนิดของพืช	ค่าเฉลี่ย Kc
ข้าว กข.	1.24	อ้อย	1.01
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	1.31	ละหุ่ง	0.84
ข้าวบาสมาติ	1.34	หน่อไม้ฝรั่ง	0.93
ข้าวสาลี	0.91	เผือก	1.63
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	1.19	มะนาว (1-3 ปี)	1.25
ข้าวโพดหวาน	0.93	มะนาว (3-5 ปี)	1.31
ข้าวฟ่าง	0.91	มะม่วง	1.92
ถั่วเหลือง	0.99	ส้มโอ	1.72
ถั่วเขียว	0.88	หญ้าแฝก	1.13
งา	0.97	กุหลาบ	1.60
ทานตะวัน	0.87	หญ้ารูซี่	0.96
แตงโม	1.32	หญ้าเนเปียร์แคระ	1.71
กะหล่ำดอก	1.30	ถั่วไมยรา	0.99
คะน้า	0.69	กล้วยน้ำว้า	2.15
มะเขือเทศ	1.15	ปทุมมา	0.64
หอมหัวใหญ่	1.15	ธูปฤาษี	1.27
หอมแดง	0.97	ขนุน	1.35
มะระ	1.31	มะลิ	1.74
บานชื่น	0.99	ข้าวนาหว่านนาตม	1.33
ฝ้าย	1.01	กล้วยหอม	2.00

ปริมาณการใช้น้ำของพืชด้วยวิธี Lysimeter

ตารางที่ ฉ-3 ปริมาณการใช้น้ำของพืชด้วยวิธี Lysimeter (หน่วย: ลบ.ม. ต่อไร่)

จังหวัด	ข้าว กข.	ข้าวโพด	อ้อย	มัน สำปะหลัง	ถั่ว เหลือง	ส้มเขียว หวาน	ลำไย	ยางพารา
กำแพงเพชร	1029	506	1411	671	538	2500	2197	5531
พิจิตร	1065	528	1472	700	561	2500	2197	5531
นครสวรรค์	1351	705	1963	934	749	2500	2197	5531
เพชรบูรณ์	1137	572	1595	759	608	2500	2197	5531
พิษณุโลก	1029	506	1411	671	538	2500	2197	5531
น่าน	850	396	1104	525	421	2500	2197	5531
อุตรดิตถ์	1065	528	1472	700	561	2500	2197	5531
สุโขทัย	1137	572	1595	759	608	2500	2197	5531
เลย	1029	506	1411	671	536	2500	2197	5531

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

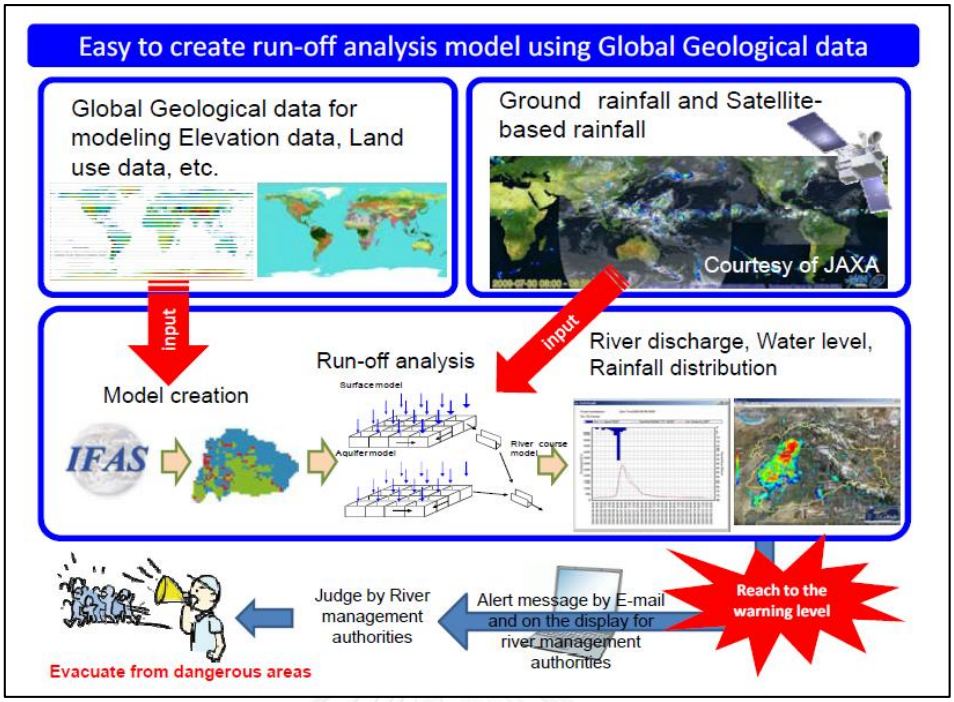
ภาคผนวก ช

ทฤษฎีพื้นฐานของแบบจำลองอุทกวิทยา Integrated Flood Analysis System (IFAS)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การพัฒนาของแบบจำลอง IFAS

IFAS เป็นแบบจำลองทางอุกวิทยาที่มีความกระชับและสะดวกสำหรับผู้ใช้งานในการสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า (distributed rainfall – runoff analysis model) โดยโปรแกรมจะทำงานผ่านคอมพิวเตอร์ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows ที่มีเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต แบบจำลองการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา IFAS ใช้หลักการการวิเคราะห์แบบ Public Works Research Institute Distributed Hydrological Model (PWRI – DHM) โดยแบบจำลองจะมีส่วนประกอบในการวิเคราะห์โดยใช้หลักการของแบบจำลองการกระจายตัวของปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่า (distributed rainfall – runoff model) ด้วยวิธี tank model และแบบจำลองการไหลของน้ำ (routing model) ด้วยวิธี kinematic wave hydraulic model แบบจำลอง PWRI – DHM ได้รับการพัฒนาในปี ค.ศ.1990 โดยแบบจำลองสามารถทำการประยุกต์ใช้ในลุ่มน้ำขนาดใหญ่ และทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าสำหรับการไหลในแม่น้ำในประเทศญี่ปุ่น โดย IFAS เวอร์ชั่น 1.0 ได้รับความร่วมมือจากหลากหลายสถาบันการวิจัยและบริษัทต่างๆ ในการพัฒนาแบบจำลองขึ้น ได้แก่ International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM), the Public Works Research Institute (PWRI), CTI Engineering Co., Ltd., NIPPON KOPEI Co., Ltd., IDEA Consultants, Inc., Yachiyo Engineering Co., Ltd., Pacific Consultants Co., Ltd., Tokyo Kensetsu Consultants Co., Ltd., NEWJEC Inc., CTI Engineering International Co. Ltd., Kokusai Kogyo., Ltd. and Infrastructure Development Institute (IDI) หลังจากนั้น ICHARM ได้ทำการพัฒนาและเพิ่มศักยภาพของ IFAS เวอร์ชั่น 1.0 อย่างต่อเนื่องและในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2014 ICHARM ได้เผยแพร่ IFAS เวอร์ชั่น 2.0 ที่มีศักยภาพเพิ่มมากขึ้นจากเวอร์ชั่น 1.0



รูปที่ ช-1 กระบวนการการทำงานของแบบจำลอง IFAS

2. จุดประสงค์ของแบบจำลอง IFAS

IFAS ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคาดการณ์อุทกภัยและระบบการเตือนภัยสำหรับอุทกภัยที่จะมาถึงโดยเร็ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดผลกระทบจากอุทกภัยและลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีสถานีวัดน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่าที่ไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามมีหลากหลายตัวแปรที่มีความท้าทายในการพัฒนาระบบการเตือนภัยอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำโดยการวิเคราะห์ปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่า ได้แก่

1) การพัฒนาจำเป็นต้องมีความรู้ขั้นสูงทางด้านวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมแหล่งน้ำและมีทักษะคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างแบบจำลองปริมาณฝนและปริมาณท่าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2) จำเป็นต้องมีงบประมาณในการพัฒนาที่เพียงพอ
3) เนื่องจากมีข้อมูลของปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าที่ขาดหายไปในช่วงอดีตที่ผ่านมา จึงเป็นเรื่องยากที่จะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและอัตราการไหลของปริมาณน้ำท่า

ดังนั้น ผู้ใช้งานจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมในการนำเข้าและส่งออกข้อมูล (input and output data) การสร้างแบบจำลองพื้นที่ที่ทำการศึกษา (model building modules) ฟังก์ชั่นการตั้งค่าตัวแปร (parameter – setting functions) และสิ่งที่สำคัญคือการทำความเข้าใจในหลักการวิเคราะห์ของแบบจำลอง โดยการวิเคราะห์ปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่ามีความเป็นไปได้ที่สามารถทำการวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำที่มีสถานีวัดปริมาณน้ำฝนและสถานีวัดน้ำท่าที่ไม่มีคุณภาพ

3. ลักษณะของแบบจำลอง IFAS

PWRI Distributed Hydrological Model (PWRI – DHE) เป็นแบบจำลองในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนและทำวิเคราะห์ผลออกมาเป็นปริมาณน้ำท่าให้กับพื้นที่ลุ่มน้ำ หลักการการวิเคราะห์สามารถทำการแบ่งออกมาเป็นหลักการในเรื่องของแนวคิดในการใช้วิเคราะห์ (conceptual) หรือหลักการตัวแปรเสริม (parametric) และหลักการทางฟิสิกส์กายภาพบนพื้นฐานของแบบจำลองการกระจายตัว (physically based distributed model)

- แนวคิดของแบบจำลอง (conceptual models) มีพื้นฐานจากการตั้งสมมุติฐานของสมการทางฟิสิกส์กายภาพที่สมเหตุสมผลรวมกับสมการกึ่งเชิงประจักษ์ (semi – empirical) ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณฝนและอัตราการไหลของปริมาณน้ำท่า โดยมีความสัมพันธ์ของตัวแปรหลักและตัวแปรเสริมที่มาจากการประมาณค่า ตัวแปรหลักจะทำการตั้งค่าเป็นข้อมูลปริมาณฝนและข้อมูลอัตราการไหลสังเกตการณ์หรือทำการประมาณจากลุ่มน้ำที่มีความคล้ายคลึงกัน
- หลักการทางฟิสิกส์กายภาพบนพื้นฐานของแบบจำลองการกระจายตัว (physically based distributed model) มีความเกี่ยวข้องกับอัตราการไหลของน้ำ ที่มีผลมาจากปรากฏการณ์เคลื่อนที่หรือการโยกย้ายของน้ำ (migration phenomena) จากปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ และเป็นตัวแทนของกระบวนการการเคลื่อนที่หรือการโยกย้ายของน้ำ (migration process) โดยใช้หลักการการซึมของน้ำลงสู่ดินหรือสมการการไหลที่ไม่เท่ากันทุกทิศทาง (non – equilateral flow) ในปัจจุบันไม่มีแบบจำลองที่สามารถแสดงตัวแทนของกระบวนการการเคลื่อนที่หรือโยกย้ายของน้ำโดยฟังก์ชั่นที่ดีที่สุดได้

โดยทั่วไป หลักการทางฟิสิกส์กายภาพของแบบจำลองการกระจายตัวจำเป็นต้องมีพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาที่มีขนาดใหญ่ โดยจะต้องมีข้อมูลประเภทของดิน ธรณีวิทยา และรูปร่างของแม่น้ำสำหรับ

การนำเข้าแบบจำลอง ดังนั้น เวลาสำหรับการคำนวณจะต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนาน อย่างไรก็ตาม แนวคิดของแบบจำลองจะใช้สมการจากกฎของธรรมชาติ (natural laws) เพื่อทำการประมาณอัตราการไหลของปริมาณน้ำท่าที่มาจากพื้นที่ลุ่มน้ำ นี่จะเป็นการช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณลงและจะถูกพิจารณาให้เหมาะสมในการคาดการณ์อุทกภัย

PWRI Distributed Hydrological Model (PWRI – DHE) จะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนในการกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ดังนี้

1) กำหนด tank 3 ใบหรือมากกว่าในการเชื่อมต่อแนวดิ่ง
2) กำหนด tank 2 ใบในการเชื่อมต่อในแนวดิ่ง เพื่อลดระยะเวลาในการคำนวณสำหรับอัตราการไหลของน้ำท่วม (flood outflow) (รูปที่ 1)
3) ทำการพิจารณาอัตราการระเหยและอัตราการคายน้ำสำหรับการคำนวณอัตราการไหลที่ต่ำ (low outflow)

IFAS เวอร์ชั่น 2.0 จะใช้หลักการของ PWRI Distributed Hydrological Model (PWRI – DHE) โดยทำการปรับปรุงมาจากเวอร์ชั่น 1.0 โดย IFAS จะทำการประมวลผลโดยทำการจำลองปริมาณน้ำท่ากับลักษณะที่แสดงดังนี้

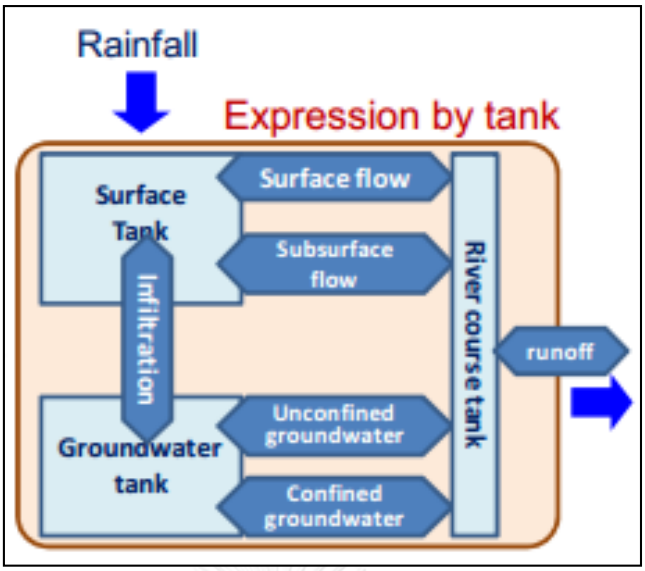
1) อัตราการไหลของปริมาณน้ำท่าที่มาจากแต่ละช่อง (mesh) จะถูกคำนวณโดยความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น (non – linear relationship) บนพื้นฐานของหลักการแบบ tank model ความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นจะไม่เสร็จสิ้นในระบบเพียงหลักการเดียวในการนำเข้าและส่งออกข้อมูลเท่านั้น แต่จะมีการใช้หลักการของสมการแมนนิ่ง (manning's equation) และสมการไฮเพอร์โบลิก (hyperbolic equation)
2) PWRI Distributed Hydrological Model (PWRI – DHE) มีการใช้สมการไม่เชิงเส้นสองชั้นในการกำหนดลักษณะ tank model (two – layer non – linear tank configuration) เพื่อลดระยะเวลาในการคำนวณลง
3) โดยทั่วไป การจำลองการไหลจากฟังก์ชั่นของแบบจำลอง tank model สำหรับน้ำท่วมขนาดเล็กหรือขนาดกลาง จะมีการกำหนดฟังก์ชั่นที่ไม่ดี (poorly fitted)

4) การคำนวณแบบเชิงตัวเลข (numerical calculation) PWRI Distributed Hydrological Model (PWRI – DHE) จะไม่ใช้การคำนวณในลักษณะลู่เข้าหาคำตอบ (convergence calculation) ในการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (differential equation) แต่จะใช้ฟังก์ชั่นในการประมาณค่าในการแก้สมการอินทิกรัลของเวลาสำหรับเหตุผล เนื่องจากระบบสามารถนำการคำนวณเชิงตัวเลข (numerical calculation) ได้อย่างราบรื่นและใช้สำหรับการดำเนินการในเวลาจริง
5) การคำนวณอัตราการไหลในแม่น้ำในระบบ tank model PWRI Distributed Hydrological Model (PWRI – DHE) จะใช้หลักการ kinematic wave model

ในขั้นตอนที่หนึ่งของ PWRI Distributed Hydrological Model (PWRI – DHE) จะกำหนดถังเป็นสามชั้นหรือมากกว่าในการเชื่อมต่อแนวดิ่งและมีแนวทางดังนี้

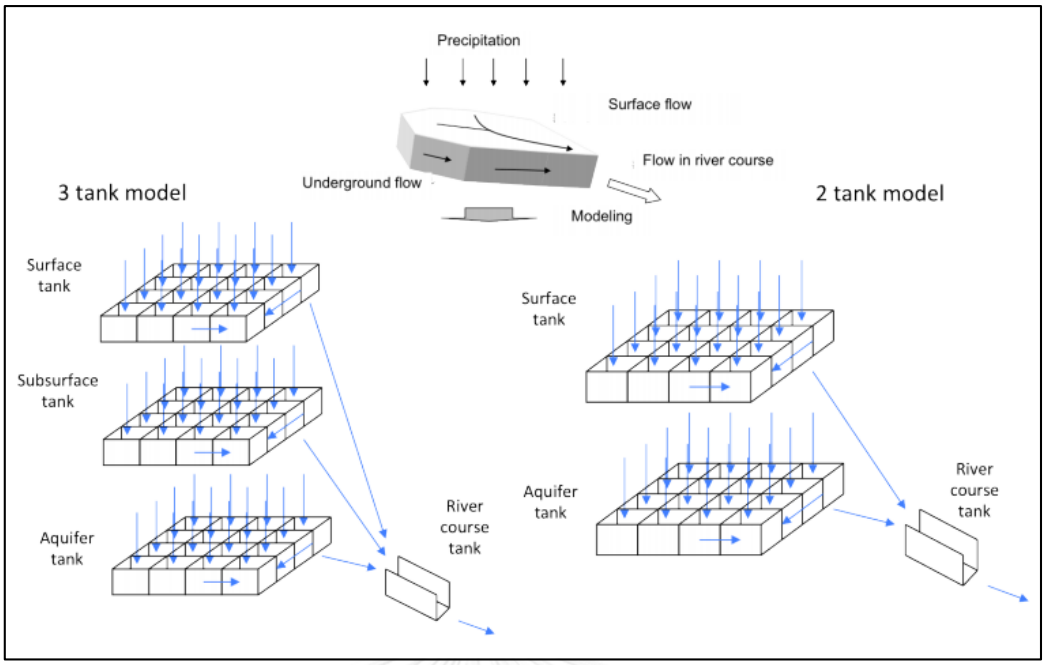
ตารางที่ ช-1 การกำหนดรูปแบบการจำลอง

รูปแบบการจำลอง	ฟังก์ชั่นของการจำลอง
Surface tank model	มีการซึมของน้ำลงสู่ชั้นดินไม่อิ่มตัว (unsaturated layer), น้ำท่าบนผิวดิน (surface runoff), ชั้นผิวดินเก็บกักน้ำ (surface storage), การระเหยและการคายน้ำ (evapotranspiration), การไหลของน้ำท่าในความเร็วสูง (rapid intermediate outflow)
Unsaturated tank model	มีการซึมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล (aquifer), น้ำท่าของชั้นน้ำใต้ดิน (subsurface runoff), ชั้นน้ำใต้ดินเก็บกักน้ำ (subsurface storage), การไหลของน้ำท่าในความเร็วต่ำ (low intermediate outflow)
Aquifer tank model	การไหลของน้ำจากชั้นน้ำบาดาล, การสูญเสียพลังงานในชั้นน้ำบาดาล
River tank model	อัตราการไหลในแม่น้ำ



รูปที่ ช-2 ความสัมพันธ์ของการไหลของน้ำใน IFAS

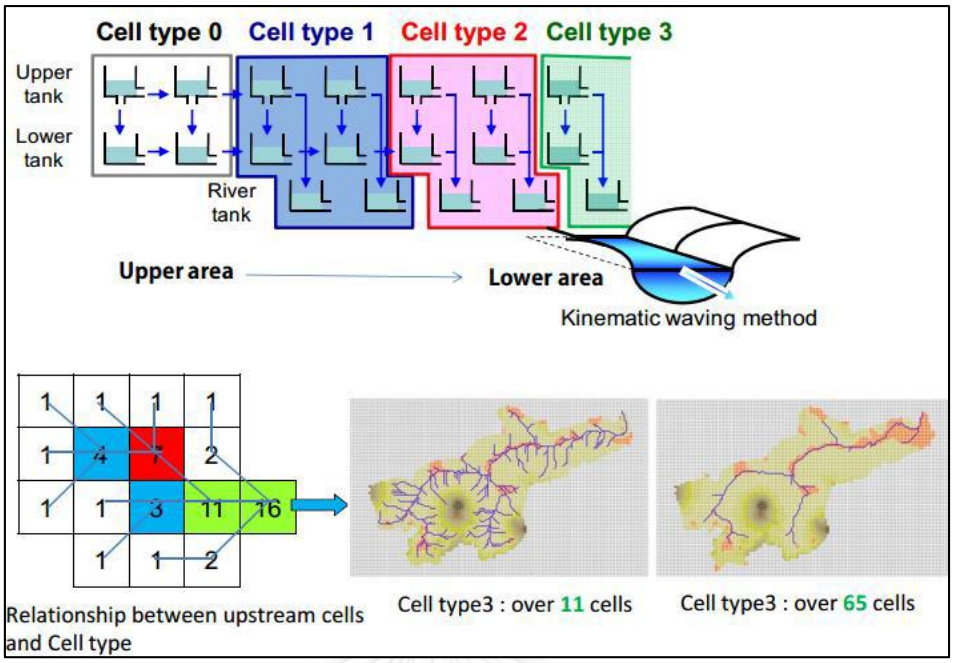
การไหลของน้ำจะมีการเชื่อมต่อในลักษณะแนวนอนระหว่างช่อง (mesh) ของแบบจำลอง โดยจะขึ้นอยู่กับประเภทของเซลล์ (cell type) ในแต่ละช่อง แบบจำลองจะมีความพยายามในการกำหนดรูปแบบการไหลของแม่น้ำและลุ่มน้ำ โดยอาศัยความแตกต่างของชุดประเภทของเซลล์เป็นตัวแทนในการทำความเข้าใจความแตกต่างของระดับน้ำในแม่น้ำ แบบจำลองจะทำการแบ่งประเภทของเซลล์ออกมาเป็น 4 ประเภท โดยเลขที่ขึ้นต้นจะบ่งบอกถึงตำแหน่งในลุ่มน้ำว่าเป็นต้นน้ำหรือท้ายน้ำ (upstream or downstream) ประเภทของเซลล์จะถูกกำหนดเป็นเลขของแต่ละ tank ในแนวดิ่งของแต่ละช่องและทำการเชื่อมต่อระหว่าง tank



รูปที่ ช-3 การจำลองของ IFAS จากน้ำฝนผ่านผิวดินสู่ชั้นน้ำใต้ดินและไหลลงสู่ลำน้ำแบบ 2 และ 3 ถัง

ตารางที่ ช-2 ประเภทของเซลล์และโครงสร้างการกำหนดของแต่ละ tank

Cell type	ตัวเลขของ tank (2tanks model)	ตัวเลขของ tank (3tanks model)	Tanks
0	2	3	Surface tank, (unsaturated tank), aquifer tank
1	3	4	Surface tank, (unsaturated tank), aquifer tank และ river tank type 1 จะไม่ได้รับอัตราการไหลของน้ำจาก aquifer tank
2	3	4	Surface tank, (unsaturated tank), aquifer tank และ river tank type 2 จะได้รับอัตราการไหลของน้ำจาก aquifer tank
3	3	4	Surface tank, (unsaturated tank), aquifer tank และ river tank โดยอัตราการไหลจะถูกคำนวณด้วยหลักการ kinematic wave method



รูปที่ ช-4 การจำลองรูปแบบการไหลของน้ำไปยังเซลล์ต่างๆของ IFAS

4. การคำนวณของแบบจำลอง IFAS

IFAS จะทำการจำแนกการจำลองของน้ำท่าออกมาเป็น 4 ขั้นตอน คือ

4.1 Surface tank model

Surface tank model เป็นแบบจำลองจะใช้ข้อมูลปริมาณฝนและแปลงออกมาเป็นปริมาณน้ำบนผิวดิน ปริมาณน้ำที่ไหลอย่างรวดเร็วในชั้นน้ำที่ดินไม่อิ่มตัว และปริมาณการซึมของน้ำจากน้ำผิวดิน โดย tank จะทำการแบ่งทางออกของน้ำเป็น 3 ทาง ได้แก่ ทางออกด้านบน ทางออกด้านล่างและทางออกด้านข้าง ทางออกทั้ง 3 ทางจะเป็นตัวแทนของปริมาณน้ำบนผิวดิน ปริมาณน้ำที่ไหลอย่างรวดเร็ว และปริมาณการซึมของน้ำจากน้ำผิวดิน โดยน้ำบนผิวดินหรือน้ำส่วนเกินจากดินอิ่มตัวจะประมาณเป็น 3/5 ของความจุการเก็บกักน้ำโดยอาศัยหลักกฎของแมนนิ่ง (Manning law) น้ำที่ไหลอย่างรวดเร็วจากชั้นน้ำที่ดินไม่อิ่มตัวจะประมาณด้วยเศษส่วนของความจุการเก็บกักน้ำ ส่วนน้ำจากการซึมจากน้ำผิวดินจะประมาณด้วยเศษส่วนของความจุการเก็บกักน้ำโดยอาศัยกฎของดาร์ซี่ (Darcy law) แบบจำลอง surface tank model สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

ถ้า $h \geq S_{f2}$,ดังนั้น

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R - E_{ps} - Q_0 - Q_{sf} - Q_{ri} \qquad (1)$$

ถ้า $S_{f1} \le h < S_{f2}$,ดังนั้น $$\frac{\partial h}{\partial t} = R - E_{ps} - Q_0 - Q_{ri} \quad (2)$$

ถ้า $S_{f0} \le h < S_{f1}$,ดังนั้น $$\frac{\partial h}{\partial t} = R - E_{ps} / S_{f1} \bullet h - Q_0 \quad (3)$$

ถ้า $h \le S_{f0}$,ดังนั้น $$\frac{\partial h}{\partial t} = R - E_{ps} / S_{f1} \bullet h \quad (4)$$

โดยที่

R = ปริมาณฝนที่ตก

E_{ps} = อัตราการระเหยของน้ำและการคายน้ำ

Q_0 = อัตราการซึมของน้ำลงสู่ aquifer tank

Q_{sf} = อัตราการไหลของน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน

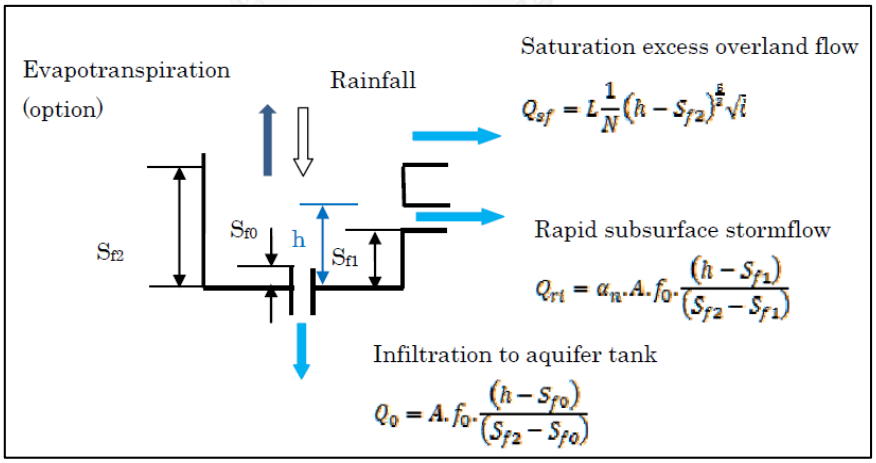
Q_{ri} = อัตราการไหลของน้ำที่ไหลอย่างรวดเร็วจากชั้นน้ำที่ดินไม่อิ่มตัว

h = ความสูงของอัตราการไหลของน้ำใน tank

S_{f2} = ความสูงของอัตราการไหลของน้ำท่าที่ไหลบนผิวดิน

S_{f1} = ความสูงของอัตราการไหลของน้ำที่ไหลอย่างรวดเร็วจากชั้นดินไม่อิ่มตัว

S_{f0} = ความสูงของอัตราการซึมของน้ำลงสู่ aquifer tank



รูปที่ ช-5 แผนผังตัวแทนการทำงานของ surface tank model

4.2 Unsaturated tank model

Unsaturated tank model เป็นแบบจำลองที่จะทำการจำลองเงื่อนไขการไหลของน้ำในลักษณะที่มีความเร็วช้าและมีระยะเวลาที่ยาวนาน อาศัยกฎของดาร์ซี่ (Darcy law) โดยแบบจำลอง unsaturated tank model สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

ถ้า $S_s > h \geq S_w$,ดังนั้น

$$\theta_s \frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - E_{ps} - Q_{S1} - Q_{S2} \qquad (5)$$

ถ้า $h < S_w$,ดังนั้น จะไม่มีอัตราการไหลของน้ำในชั้นดินไม่อิ่มตัวและไม่มีการซึมของน้ำสู่ aquifer

$$\theta_s \frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - \frac{E_{ps}}{S_W} \cdot h \qquad (6)$$

โดยที่ E_{ps} = อัตราการระเหยของน้ำและการคายน้ำ

Q_{in} = อัตราการไหลของน้ำจาก surface tank

Q_{S1} = อัตราการไหลของน้ำในชั้นดินไม่อิ่มตัว (แกนนอน)

Q_{S2} = อัตราการไหลของน้ำในชั้นดินไม่อิ่มตัว (แกนตั้ง)

D = ความสูงของอัตราการไหลของน้ำใน unsaturated tank

h = ความสูงของอัตราการไหลของน้ำใน tank

θ = ความชื้นของดิน (h/D)

S_S = ความสูงเมื่อ $\theta = \theta_S$ โดยความชื้นของดิน

จะเท่ากับความชื้นของดินที่ดินอิ่มตัว $\left(\theta_S = \frac{S_S}{D}\right)$

S_W = ความสูงเมื่อ $\theta = \theta_W$ โดยความชื้นของดิน

จะเท่ากับความชื้นของดินที่ดินแห้ง $\left(\theta_W = \frac{S_W}{D}\right)$

K_X = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ยอมให้น้ำซึมผ่านในแกนนอนที่ θ

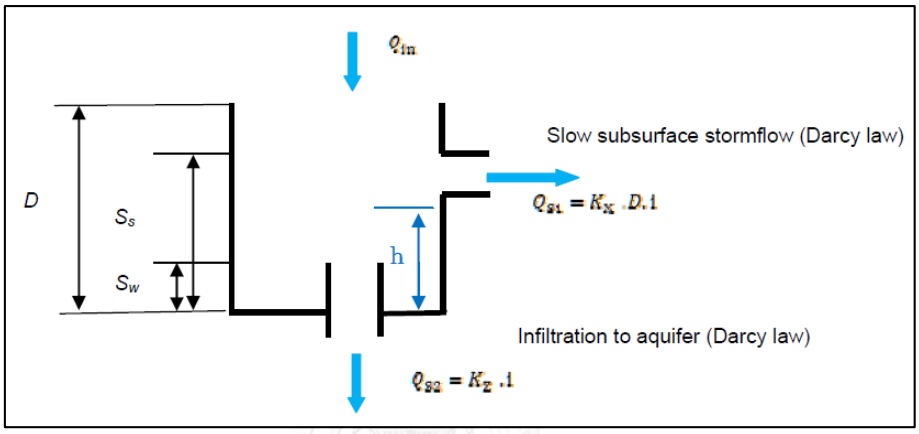
K_{SX} = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ยอมให้น้ำซึมผ่านในแกนนอนที่ θ_S

b = ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความพรุนของดิน

$$K_X = \frac{K_{SX}}{100} \cdot \frac{\exp(b.\theta) - \exp(b.\theta_W)}{\exp(b.\theta_S) - \exp(b.\theta_W)}$$
$$K_Z = K_{SZ} \cdot \frac{\exp(b.\theta) - \exp(b.\theta_W)}{\exp(b.\theta_S) - \exp(b.\theta_W)} \quad (7)$$

โดยที่ K_Z = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ยอมให้น้ำซึมผ่านในแกนนอนที่ θ

K_{SZ} = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ยอมให้น้ำซึมผ่านในแกนนอนที่ θ_S



รูปที่ ช-6 แผนผังตัวแทนการทำงานของ unsaturated tank model

4.3 Aquifer tank model

การกำหนดรูปแบบการจำลองของ aquifer model จะแสดงในรูปที่ ทางออกของน้ำทางด้านขวาจะมี 2 ทาง เป็นตัวแทนของชั้นน้ำใต้ดิน โดยทางออกขวามือบนจะเป็นการไหลของน้ำในชั้นน้ำใต้ดินที่ไม่มีแรงดัน (unconfined aquifer) และทางออกทางขวาด้านล่างจะเป็นการไหลของน้ำในชั้นน้ำใต้ดินที่มีแรงดัน (confined aquifer) การไหลของน้ำใต้ดินจะพิจารณาจากสัดส่วนของชั้นน้ำใต้ดินที่มีแรงดัน (confined aquifer) กับความสูงของอัตราการไหลของน้ำใน tank (h) และสัดส่วนของชั้นน้ำใต้ดินที่ไม่มีแรงดัน (unconfined aquifer) กับความสูงของอัตราการไหลของน้ำใน tank ยกกำลังสอง (h^2)

ถ้า $h \geq S_g$,ดังนั้น
$$\frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - Q_{g1} - Q_{g2} - Q_{g_loss} \quad (8)$$

ถ้า $h \leq S_g$,ดังนั้น
$$\frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - Q_{g2} - Q_{g_loss} \quad (9)$$

โดยที่ Qin = อัตราการไหลของน้ำจากการซึม

h = ความสูงของอัตราการไหลของน้ำใน tank

Qg1 = อัตราการไหลของน้ำจากชั้นน้ำใต้ดินที่ไม่มีแรงดัน

Sg = ความสูงของอัตราการไหลของน้ำจากชั้นน้ำใต้ดินที่ไม่มีแรงดัน

Qg2 = อัตราการไหลของน้ำจากชั้นน้ำใต้ดินที่มีแรงดัน

Qg_loss = การสูญเสียพลังงานของการไหลของน้ำในชั้นน้ำใต้ดิน (ไม่สามารถวัดได้)

อัตราการไหลของน้ำในชั้นน้ำใต้ดินที่มีแรงดันและไม่มีแรงดันสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$Q_{g1} = A_u^2 (h - Sg)^2 A \qquad (10)$$

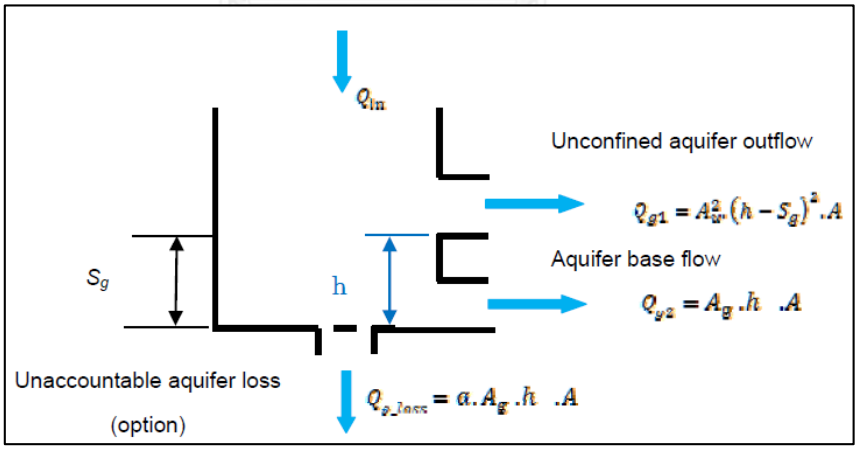
$$Q_{g2} = A_g hA \qquad (11)$$

โดยที่ A_u = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลชั้นน้ำใต้ดินที่ไม่มีแรงดัน

A_g = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลชั้นน้ำใต้ดินที่มีแรงดัน

ถ้ามีการเลือกใช้ตัวแปร unaccountable aquifer loss แบบจำลองจะคำนวณโดยใช้สมการ

$$Q_{g_loss} = \alpha_{g_loss} Q_{g2} \qquad (12)$$



รูปที่ ช-7 แผนผังตัวแทนการทำงานของ aquifer tank model

4.4 River course tank model

อัตราการไหลของน้ำที่ออกจาก river course tank จะใช้หลักการของสมการแมนนิ่งสำหรับเซลล์ที่ 1 และเซลล์ที่ 2 (cell type) ในการคำนวณดังนี้

$$LB\frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - Q_r \qquad (13)$$

โดยที่ Qin = อัตราการไหลเข้าของน้ำจากน้ำใต้ดินและอัตราการไหลจากต้นแม่น้ำ

Qr = อัตราการไหลออกของน้ำจากแม่น้ำ

L = ความยาวของแม่น้ำ

B = ความกว้างของแม่น้ำ

ความกว้างของแม่น้ำจะคำนวณโดยการเปลี่ยนตัวแปรดังนี้

$$B = cA^s \qquad (14)$$

โดยที่ c และ s เป็นค่าคงที่ (โดยทั่วไป s < 1) เนื่องจากแบบจำลองจะพิจารณาการไหลของน้ำท่า แต่ด้วยอิทธิพลของอัตราการไหลในแม่น้ำสามารถทำการละเว้นไม่ต้องคำนวณได้ แบบจำลองจะพิจารณาเวลาหน่วง (time delay) และใช้สมการพื้นฐานในการคำนวณดังนี้

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \text{ และ } Q = \frac{1}{n} Bh^{5/3} I^{1/2} \qquad (15)$$

โดยที่ Q = อัตราการไหลของลำน้ำ

A = พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำโดย A = Bh

h = ความลึกของน้ำในหน้าตัดลำน้ำ

I = ความลาดเชิง

n = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ

x = ระยะทางในการไหลของน้ำ

t = เวลาในการไหลของน้ำ

อัตราการไหลของน้ำที่ออกจาก river course tank ในเซลล์ที่ 3 จะใช้หลักการการคำนวณของการไหลในแม่น้ำ (river routing method) แบบ kinematic wave method โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + C\frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \text{ และ } C = \frac{dQ}{dA} \tag{16}$$

ใช้การแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยทำการแก้สมการ

$$\frac{1}{2\Delta t}\left[Q_i^{n+1} + Q_{i+1}^{n+1} - Q_i^n - Q_{i+1}^n\right] + \frac{C}{2\Delta x}\left[Q_i^{n+1} + Q_{i+1}^{n+1} - Q_i^n - Q_{i+1}^n\right] = 0 \tag{17}$$

โดยที่ i = ระยะทางและ n = เวลา

$$Q_{i+1}^{n+1} = \frac{\left(\frac{1}{2\Delta t} + \frac{C}{2\Delta x}\right)Q_i^n + \left(\frac{1}{2\Delta t} - \frac{C}{2\Delta x}\right)Q_{i+1}^n + \left(-\frac{1}{2\Delta t} + \frac{C}{2\Delta x}\right)Q_i^{n+1}}{\frac{1}{2\Delta t} + \frac{C}{2\Delta x}} \tag{18}$$

แบบจำลองจะทำการคำนวณพจน์ Δx ในความยาวเซลล์และทำการลดระยะเวลาพจน์ Δt ลง โดยแบบจำลอง river course จะทำการรวมทุกๆ ส่วนเพื่อทำการคำนวณภายในแบบจำลอง นอกจากนี้ แบบจำลองจะตั้งสมมุติฐานอัตราการไหลของช่องทางที่น้ำท่วม (flood channel) เป็น 0 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงหรือลูกบาศก์เมตรต่อวัน และคำนวณเพียงอัตราการไหลของช่องทางที่เป็นการไหลต่ำ (low flow) เพราะพื้นที่ทุกส่วนในแบบจำลองจะประกอบด้วยช่องทางที่น้ำท่วม และจะมีการพิจารณาผลกระทบจากการเก็บกักน้ำในลำน้ำเกินตัวลำน้ำที่กำหนดไว้ สุดท้ายนี้ผลกระทบจากการเก็บกักน้ำเกินตัวลำน้ำจนขึ้นมาถึงช่องทางน้ำท่วม จะทำการพิจารณาพื้นที่น้ำท่วมรอบๆ แม่น้ำ โดยมีตัวเลือกที่สามารถทำการเลือกได้

โดย B จะถูกกำหนดเป็น $B = RBW \cdot A^{RBS}$ และ $hc1 = RHW \cdot A^{RHS}$ (19)

โดยที่ B = ความกว้างของแม่น้ำ (เมตร), A = พื้นที่ของลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร), RBW และ RBS = ค่าคงที่ และ RHW และ RHS = ค่าคงที่

hc1 จะถูกกำหนดเป็น $hc1 = RHW \cdot A^{RHS}$ (20)

hc2 จะถูกกำหนดเป็น $hc2 = RHW \cdot A^{RHS} + B \cdot RBH \cdot RBET$ (21)

เนื่องจากความเร็วคลื่น (wave speed) เมื่อ $h \le hc1$ และ $A = Bh$ ดังนั้น

$$C_0 = \frac{\frac{dQ}{dh}}{\frac{dA}{dh}} = \frac{\frac{5}{3}\frac{1}{n}Bh^{2/3}i^{1/2}}{B} = \frac{5}{3}\frac{1}{n}h^{2/3}i^{1/2} = \frac{5}{3}Q^{2/5}n^{-3/5}I^{3/10}B^{-2/5} \quad (22)$$

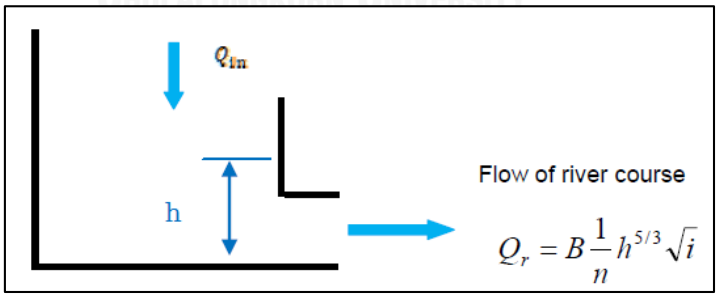
ความเร็วคลื่น (wave speed) เมื่อ $hc1 \le h < hc2$ และ $A = Bh + RBET \cdot \left(h - h_{c1}\right)^2$ ดังนั้น

$$C = \frac{\frac{dQ}{dh}}{\frac{dA}{dh}} = \frac{\frac{5}{3}\frac{1}{n}Bh^{2/3}i^{1/2}}{B + 2\left(h - h_{c1}\right)/RBET} = \frac{B}{B + 2\left(\left(\frac{Qn}{BI^{1/2}}\right)^{3/5} - h_{c1}\right)/RBET}C_0 \quad (23)$$

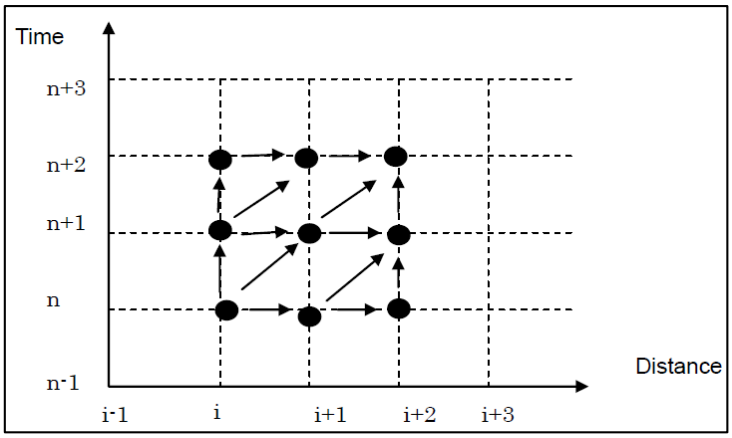
ความเร็วคลื่น (wave speed) เมื่อ $hc2 \le h$

และ $A = Bh + RBET \cdot \left(h_{c2} - h_{c1}\right)^2 + 2B \cdot RBET \left(h - h_{c2}\right)$ ดังนั้น

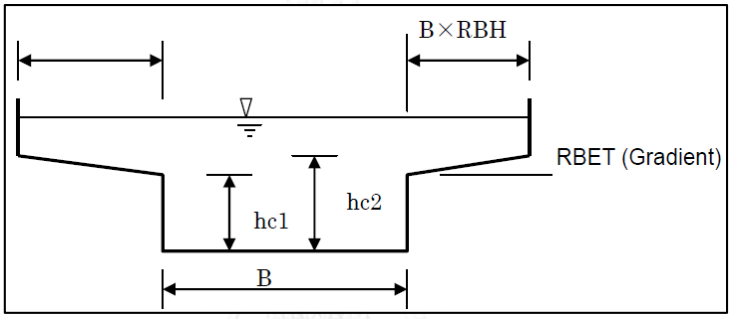
$$C = \frac{\frac{dQ}{dh}}{\frac{dA}{dh}} = \frac{\frac{5}{3}\frac{1}{n}Bh^{2/3}i^{1/2}}{B + 2B \cdot RBH} = \frac{1}{1 + 2RBH}C_0 \quad (24)$$



รูปที่ ช-8 แผนผังตัวแทนการทำงานของ river tank model



รูปที่ ช-9 kinematic wave difference method



รูปที่ ช-10 แผนผังตัวแทนของหน้าตัดแม่น้ำหลายหน้าตัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. ตัวแปรในถังประเภทต่างๆ ของ IFAS

5.1 Surface tank model

ตัวแปรต่างๆ	ตัวแปรสมการ	ตัวแปรแบบจำลอง	หน่วย	วิธีตั้งค่าในการสอบเทียบ
ค่าการซึมของน้ำลง aquifer tank (Final infiltration capacity)	f_0	SKF	cm/s	วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error)
ความสูงของ surface tank (Maximum water height)	S_{f2}	HFMXD	m	วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error)
ความสูงที่จะให้น้ำไหลแบบรวดเร็วผ่านชั้นดิน (Height where rapid intermediate flow)	S_{f1}	HFMND	m	วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error)
ความสูงของการไหลแบบรวดเร็วผ่านชั้นดิน (Height where ground infiltration flow)	S_{f0}	HFOD	m	วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error)
ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นผิวการไหล (Surface roughness coefficient)	N	SNF	$m^{-1/3}/s$	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระอ้างอิงจาก Hashimoto et al. 1977
ความยาวเซลล์หรือกริด (Cell length)	L	-	m	กำหนดจากขนาดกริด
ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลแบบรวดเร็วผ่านชั้นดิน (Rapid intermediate flow coefficient)	α_n	FALFX	ไม่มีหน่วย	วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error)
ความสูงของน้ำเริ่มต้นใน tank (Initial water height)	-	HIFD	m	โดยทั่วไปเท่ากับ 0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

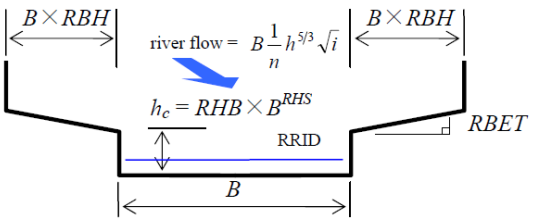
5.2 Aquifer tank model

ตัวแปรต่างๆ	ตัวแปรสมการ	ตัวแปรแบบจำลอง	หน่วย	วิธีตั้งค่าในการสอบเทียบ
ค่าสัมประสิทธิ์ของชั้นน้ำใต้ดินไม่มีแรงดัน (Runoff coefficient of unconfined aquifer)	A_u	AUD	$(1/mm/day)^{1/2}$	วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error)
ค่าสัมประสิทธิ์ของชั้นน้ำใต้ดินมีแรงดัน (Runoff coefficient of confined aquifer)	A_g	AGD	1/day	วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error)
ความสูงที่จะให้น้ำไหลชั้นน้ำใต้ดินไม่มีแรงดัน (Height where the unconfined aquifer runs off)	S_g	HCGD	m	วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error)
ความสูงของน้ำเริ่มต้นใน tank (Initial water height)	-	HIGD	m	วิธีลองผิดลองถูก (Trial and error)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.3 River course tank model

ตัวแปรต่างๆ	ตัวแปรสมการ	ตัวแปรแบบจำลอง	หน่วย	วิธีตั้งค่าในการสอบเทียบ
ความกว้างของแม่น้ำ (River width)	B	-	m	ค่าของ B จะถูกคำนวณใน resume formula
c สำหรับสมการ resume (resume formula)	c	RBW	m	ค่าจะอยู่ประมาณ 3.5-7 ตามลักษณะของแม่น้ำ
s สำหรับสมการ resume (resume formula)	s	RBS	ไม่มีหน่วย	โดยทั่วไปเท่ากับ 0.5
ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (Manning's coefficient of roughness)	n	RNS	$m^{-1/3}/s$	ตามลักษณะของแม่น้ำ
ระดับน้ำเริ่มต้น (Initial water level)	-	RRID	m	ค่าตามระดับน้ำเริ่มต้น
ปริมาตรการซึมของชั้น aquifer tank (Infiltration volume of aquifer layer tank)	-	RGWD	1/day	โดยทั่วไปเท่ากับ 0
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับหน้าตัดแม่น้ำ (coefficient related cross-section)	-	RHW	ไม่มีหน่วย	ตามลักษณะของแม่น้ำ
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับหน้าตัดแม่น้ำ (coefficient related cross-section)	-	RHS	ไม่มีหน่วย	ตามลักษณะของแม่น้ำ
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับหน้าตัดแม่น้ำ (coefficient related cross-section)	-	RBH	ไม่มีหน่วย	ตามลักษณะของแม่น้ำ
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับหน้าตัดแม่น้ำ (coefficient related cross-section)	-	RBET	ไม่มีหน่วย	ตามลักษณะของแม่น้ำ
ค่าสัมประสิทธิ์เกี่ยวกับหน้าตัดแม่น้ำ (coefficient related cross-section)	-	RLCOF	ไม่มีหน่วย	ค่าตามลักษณะภูมิประเทศ



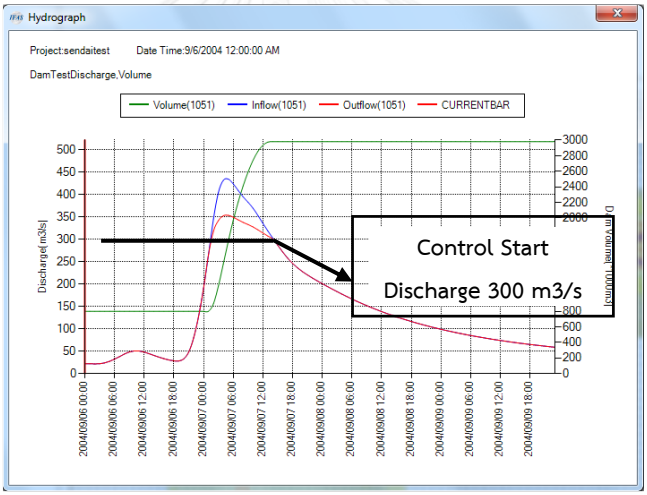
รูปที่ ช-11 ตัวแปรต่างๆ ของ River course tank

6. ระบบปฏิบัติการบริหารจัดการเขื่อน

IFAS มีระบบปฏิบัติการบริหารจัดการเขื่อนในแบบจำลองหลายวิธีในการควบคุมการระบายน้ำ และป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยมีวิธีดังต่อไปนี้

1) วิธี Fixed Rate

วิธีการนี้จะทำการคำนวณการระบายน้ำออก ด้วยวิธีการกำหนดอัตราการระบายน้ำเริ่มต้น (control start discharge) ที่ค่าคงที่ค่าหนึ่ง และทำการกำหนดอัตราการระบายน้ำหลาก (flood rate) ด้วยเปอร์เซ็นต์ว่าจะทำการระบายน้ำเท่าไหร่ ตัวอย่างเช่น ถ้าทำการกำหนดอัตราการระบายน้ำเริ่มต้นที่ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และกำหนดอัตราการระบายน้ำหลากที่ 40% ถ้าเขื่อนมีอัตราการไหลเข้าที่ 400 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจะเท่ากับ (400 – 300) x 40% + 300 = 340 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

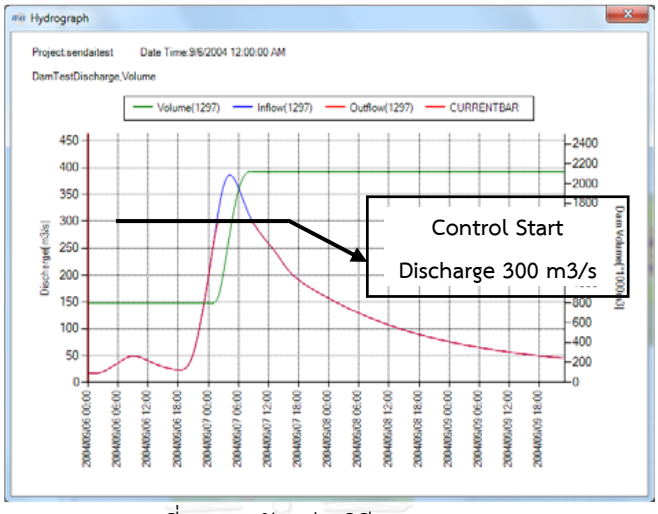


รูปที่ ช-12 ตัวอย่างวิธี Fixed Rate

2) วิธี Fixed Value

วิธีการนี้จะทำการคำนวณการระบายน้ำออก ด้วยวิธีการกำหนดอัตราการระบายน้ำเริ่มต้นด้วยค่าคงที่ค่าหนึ่ง โดยใช้การกำหนดค่าคงที่นี้ในการควบคุมการระบายน้ำออก ตัวอย่างเช่น ถ้าทำการกำหนดอัตราการระบายน้ำเริ่มต้นที่ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ถ้าเขื่อนมีอัตราการไหลเข้าน้อยกว่า 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจะเท่ากับอัตราการไหลเข้า แต่ถ้าเขื่อนมีอัตราการไหลเข้ามากกว่า 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังนั้น ปริมาณน้ำที่เกิน 300

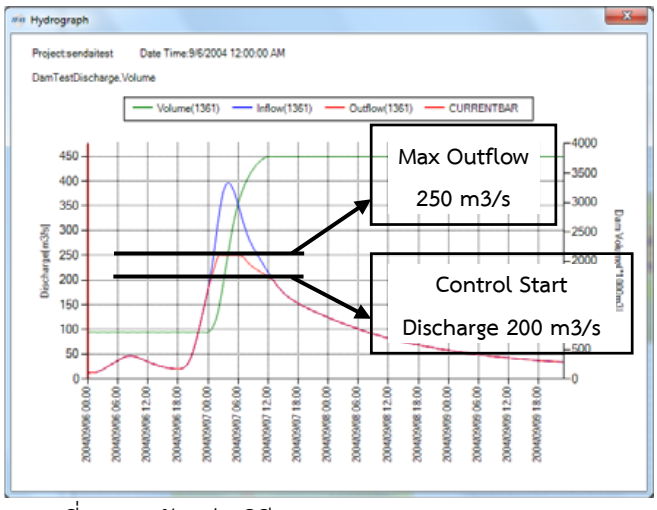
ลูกบาศก์เมตร จะเก็บปริมาณน้ำเข้าเขื่อนตามสมการ stored water = inflow – 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



รูปที่ ช-13 ตัวอย่างวิธี Fixed Value

3) วิธี Fixed Rate และ Fixed Value

วิธีการนี้จะทำการผสมหลักการจาก 2 วิธีแรกมาคำนวณการระบายน้ำออก ด้วยวิธีการกำหนดอัตราการระบายน้ำเริ่มต้นด้วยค่าคงที่ค่าหนึ่ง กำหนดอัตราการระบายน้ำหลาก (flood rate) ด้วยเปอร์เซ็นต์ว่าจะทำการระบายน้ำเท่าไหร่ และทำการกำหนดอัตราการระบายน้ำสูงสุดด้วยค่าคงที่อีกค่าหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ถ้าทำการกำหนดอัตราการระบายน้ำเริ่มต้นที่ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที กำหนดอัตราการระบายน้ำหลากที่ 40% และกำหนดอัตราการระบายน้ำสูงสุดที่ 250 ลูกบาศก์เมตร ถ้าเขื่อนมีอัตราการไหลเข้าน้อยกว่า 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจะเท่ากับอัตราการไหลเข้า แต่ถ้ามีอัตราการไหลเข้ามามากกว่าหรือเท่ากับ 325 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สมการการคำนวณการระบายน้ำออกจะเป็น (X – 200) x 40% + 200 = 250 ดังนั้น X = 325 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



รูปที่ ช-14 ตัวอย่างวิธี Fixed Rate และ Fixed Value

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ซ

ตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทยและการย่อส่วนด้วยวิธี RAS Method

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทย

ตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทย จะมีการจัดทำเป็น 16x16, 26x26, 58x58 และ 180x180 ภาคส่วน ซึ่งการจะเลือกขนาดของตารางปัจจัยการผลิตมาทำการวิเคราะห์ จะขึ้นอยู่กับผู้ที่จะนำไปศึกษาว่าต้องการละเอียดมากน้อยแค่ไหน การหาตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทยในการศึกษานี้ จะทำการรวมตารางปัจจัยการผลิตให้เหลือเพียง 3 ภาคส่วนคือ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการ โดยจะต้องทำการรวมภาคส่วนต่างๆ ของแต่ภาคส่วนหลักเข้าด้วยกัน เพื่อให้ง่ายต่อการนำมาวิเคราะห์ต่อ โดยจะสามารถย่อให้ตารางปัจจัยการผลิตได้ดังนี้

ตารางที่ ซ-1 ตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทย

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO
A	167,540	1,195,668	167,635	1,530,842	256,517	1,787,359
M	445,126	8,581,620	2,888,249	11,914,994	2,400,013	14,315,008
S	62,617	951,848	1,999,466	3,013,930	8,398,396	11,412,327
SUM IT	675,282	10,729,135	5,055,349	(หน่วย: ล้านบาท)		
SUM VA	1,112,077	3,585,873	6,356,977			
SUM TI	1,787,359	14,315,008	11,412,327			

โดยในการศึกษานี้ได้ใช้ตารางปัจจัยการผลิตขนาด 180x180 ภาคส่วน เนื่องจากในขณะนั้นสำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เพิ่งจะจัดทำตารางปัจจัยการผลิตปี พ.ศ. 2553 เสร็จสิ้น ซึ่งความหมายของรหัสรายการในตารางปัจจัยการผลผลิตและผลผลิตขนาด 180X180 มีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ซ-2 นิยามของข้อมูลตามรหัสตารางปัจจัยการผลิต (I/O | Input Output Classification)

รหัส	รายละเอียด
	ปัจจัยขั้นกลาง (Intermediate Transaction)
ภาคเกษตร (001-029)	
	ภาคเกษตร: เกษตรเพาะปลูก (001-017)
001	การทำนา สาขานี้ประกอบด้วยการทำนาทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้ารวมทั้งผลพลอยได้ซึ่งได้แก่ฟางข้าว
002	การทำไร่ข้าวโพด สาขานี้ประกอบด้วยการทำไร่ข้าวโพดเช่นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ข้าวโพดหวานและผลพลอยได้
003	ข้าวฟ่างและธัญญพืชอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการเพาะปลูกข้าวฟ่างข้าวสาลีข้าวบาร์เลย์และผลพลอยได้ต่างๆ
004	การทำไร่มันสำปะหลัง สาขานี้ประกอบด้วยหัวมันสดและผลพลอยได้ซึ่งได้แก่ต้นมันและใบมันสำปะหลัง
005	การเพาะปลูกพืชไร่อื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการทำไร่มันฝรั่งมันเทศเผือกแห้วกระจับและพืชไร่ที่มิได้จัดประเภทไว้ในสาขาอื่นๆ
006	การทำไร่พืชตระกูลถั่ว สาขานี้ประกอบด้วยการเพาะปลูกถั่วเขียวถั่วเหลืองเมล็ดละหุ่งงาถั่วลิสงถั่วดำและพืชตระกูลถั่วอื่นๆ
007	การทำไร่ผัก สาขานี้ประกอบด้วยการเพาะปลูกผักต่างๆเช่นพริกขิงหัวหอมกระเทียมกะหล่ำปลีผักคะน้ามะเขือเทศและผักอื่นๆที่มิได้จัดประเภทไว้ในสาขาอื่น
008	การทำสวนผลไม้ สาขานี้ประกอบด้วยการทำสวนผลไม้เช่นส้มองุ่นทุเรียนเงาะมะม่วงสับปะรดแตงโมกล้วยมังคุดส้มโอลำไยลิ้นจี่เป็นต้น
009	การทำไร่อ้อย สาขานี้ประกอบด้วยการเพาะปลูกอ้อยทั้งอ้อยที่เข้าโรงงานผลิตน้ำตาลและอ้อยรับประทาน
010	การทำสวนมะพร้าว สาขานี้ประกอบด้วยการเพาะปลูกมะพร้าวรวมทั้งผลพลอยได้เช่นใบและใยมะพร้าว
011	การทำสวนปาล์ม สาขานี้ประกอบด้วยลูกปาล์มสดและลูกหมากรวมทั้งผลพลอยได้เช่นใยและเปลือก
012	การทำไร่ปอแก้วและปอกระเจา สาขานี้ประกอบด้วยการเพาะปลูกปอแก้วและปอกระเจา
013	การเพาะปลูกพืชเส้นใยอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการปลูกฝ้ายนุ่นป่านป่านรามีฝ้ายลินินรวมทั้งผลพลอยได้จากพืชเส้นใยต่างๆ
014	การทำไร่ยาสูบ สาขานี้ประกอบด้วยการทำไร่ยาสูบได้แก่พันธุ์เวอร์จิเนียพันธุ์เบอร์เลย์พันธุ์เตอร์กีชและพันธุ์พื้นเมืองรวมทั้งเมล็ดยาสูบ
015	การทำสวนกาแฟชาและโกโก้ สาขานี้ประกอบด้วยการทำสวนชากาแฟและโกโก้
016	การทำสวนยางพารา สาขานี้ประกอบด้วยการเพาะปลูกยางพาราน้ำยางดิบและยางแผ่นดิบ
017	ผลิตผลทางการเกษตรอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยไม้ดอกไม้ประดับพืชประเภทเครื่องเทศพืชสมุนไพรและเมล็ดพันธุ์พืชต่างๆรวมทั้งกิ่งตอนกิ่งพันธุ์
	ภาคเกษตร: เกษตรปศุสัตว์ (018-024)
018	การปศุสัตว์ สาขานี้ประกอบด้วยการเลี้ยงโคกระบือเพื่อส่งโรงฆ่าสัตว์เพื่อการส่งออกเพื่อทำพันธุ์การเลี้ยงไว้ใช้งานรวมทั้งน้ำนมสดและผลพลอยได้ต่างๆเช่นมูลสัตว์เป็นต้น
019	การเลี้ยงสุกร สาขานี้ประกอบด้วยการเลี้ยงสุกรเพื่อส่งโรงฆ่าสัตว์เพื่อการส่งออกเพื่อทำพันธุ์และผลพลอยได้ต่างๆ
020	การปศุสัตว์อื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการเลี้ยงสัตว์อื่นๆที่ไม่รวมอยู่ในสาขาอื่นเช่นแพะแกะม้าช้างกระต่ายจระเข้รวมทั้งผลผลิตจากสัตว์และผลพลอยได้เช่นน้ำผึ้งและเขาสัตว์เป็นต้น
021	การเลี้ยงสัตว์ปีก สาขานี้ประกอบด้วยการเลี้ยงสัตว์ปีกทั้งที่เลี้ยงเพื่อเข้าโรงฆ่าเพื่อการส่งออกและเพื่อทำพันธุ์
022	ผลผลิตจากสัตว์ปีก สาขานี้ประกอบด้วยไข่สดทั้งไข่สดเพื่อการบริโภคและไข่ฟักรวมทั้งผลพลอยได้อื่นๆ
023	การเลี้ยงไหม สาขานี้ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ไข่ไหมรังไหมดิบและการปลูกหม่อน
024	บริการทางการเกษตร สาขานี้ประกอบด้วยบริการทางการเกษตรเช่นบริการไถการนวดการป้องกันและกำจัดแมลงการชลประทานบริการทำเกือกม้าบริการด้านสหกรณ์บริการสีข้าวโพดและบริการอื่นๆที่เกี่ยวกับการเกษตร
	ภาคเกษตร: เกษตรป่าไม้ (025-027)
025	การทำไม้ซุง สาขานี้ประกอบด้วยการทำไม้ซุงทุกประเภทเช่นไม้สักไม้ยางไม้เต็งไม้รังไม้ตะเคียนไม้แดงไม้ประดู่ไม้ตะแบกและไม้อื่นๆ
026	การเผาถ่านและการทำฟืน สาขานี้ประกอบด้วยการเผาถ่านและการทำฟืน
027	ผลิตภัณฑ์จากป่าและการล่าสัตว์อื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยไม้ไผ่หน่อไม้ไม้รวกหวายและผลิตภัณฑ์จากป่าอื่นๆ
	ภาคเกษตร: เกษตรประมง (028-029)

รหัส	รายละเอียด
028	การประมงทะเลและการประมงชายฝั่ง สาขานี้ประกอบด้วยการประมงทะเลการประมงชายฝั่งและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทะเลทุกชนิด
029	การประมงน้ำจืด สาขานี้ประกอบด้วยการประมงน้ำจืดทั้งการเลี้ยงและการจับสัตว์น้ำทุกชนิด
ภาคอุตสาหกรรม (030-134)	
	ภาคอุตสาหกรรม: อุตสาหกรรมเหมืองแร่ (030-041)
030	การทำเหมืองถ่านหิน สาขานี้ประกอบด้วยการทำเหมืองถ่านหินและลิกไนต์
031	การผลิตน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ สาขานี้ประกอบด้วยกิจกรรมการขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติการลำเลียงและการดำเนินงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง
032	การทำเหมืองแร่เหล็ก สาขานี้ประกอบด้วยการขุดและแต่งแร่เหล็ก
033	การทำเหมืองแร่ดีบุก สาขานี้ประกอบด้วยการขุดและแต่งแร่ดีบุก
034	การทำเหมืองแร่ทังสเตน สาขานี้ประกอบด้วยการขุดและแต่งแร่วุลแฟรมและซีไลต์
035	การทำเหมืองแร่อื่นที่มิใช่แร่เหล็ก สาขานี้ประกอบด้วยการขุดและแต่งแร่อื่นที่มิใช่แร่เหล็กเช่นพลวงโครไมต์ทองแดงแมงกานีสโคลัมไบต์แทนตาไลต์ซีโนไทท์สังกะสีเซอร์คอนและแร่ตะกั่วฯลฯ
036	การทำเหมืองแร่ฟลูออไรท์ สาขานี้ประกอบด้วยการขุดเจาะแร่ฟลูออไรท์
037	การทำเหมืองแร่ที่ใช้ทำเคมีภัณฑ์และปุ๋ย สาขานี้ประกอบด้วยการขุดเจาะและการทำเหมืองแร่ที่ใช้ทำเคมีภัณฑ์และปุ๋ยเช่นฟอสเฟตไพโรฟิลไลต์แมกนีเซียมคาร์บอเนตและอื่นๆ
038	การผลิตเกลือ สาขานี้ประกอบด้วยการขุดเจาะเกลือหินและผลิตภัณฑ์เกลือทะเล
039	การทำเหมืองหินปูน สาขานี้ประกอบด้วยการขุดเจาะหินปูน
040	การทำเหมืองหินและการย่อยหิน สาขานี้ประกอบด้วยกิจการที่เกี่ยวกับหินดินกรวดทรายดินเหนียวและหินอ่อน
041	การทำเหมืองแร่และเหมืองหินอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการทำเหมืองแร่และเหมืองหินที่มิได้จัดประเภทไว้ในสาขาอื่นๆเช่นแคลไซต์ไดอาโตไมต์โดโลไมท์เฟลด์สปาร์ยิบซั่มดินเหนียวปนปูนดินขาวทรายละเอียดและหินมีค่าต่างๆ
	ภาคอุตสาหกรรม: อุตสาหกรรม
	ภาคอุตสาหกรรม: อุตสาหกรรมการเกษตร (042, 065, 066)
042	โรงฆ่าสัตว์ สาขานี้ประกอบด้วยกิจกรรมเกี่ยวกับโรงฆ่าสัตว์ได้แก่เนื้อสุกรเนื้อไก่เนื้อโคเนื้อกระบือเนื้อเป็ดรวมทั้งหนังโคหนังกระบือขนไก่ขนเป็ดเขากระบือและผลพลอยได้อื่นๆของโคกระบือสุกรไก่และเป็ด
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร (043-061)
043	การทำเนื้อกระป๋องและผลิตภัณฑ์เนื้ออื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยกิจกรรมเนื้อสุกรเนื้อไก่เนื้อโคเนื้อกระบือเนื้อเป็ดกระป๋องและการเก็บรักษาเนื้อเช่นการทำแฮมไส้กรอกเนื้อเค็มเนื้อแช่เย็นและแช่แข็งเป็นต้น
044	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำนม สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตนมพร้อมดื่มนมข้นนมผงครีมเนยมาการีนไอศครีมและนมเปรี้ยวฯลฯ
045	การทำผลไม้และผักกระป๋องและการเก็บรักษาผักและผลไม้ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลไม้แช่แข็งและผลไม้ตากแห้งผักและผลไม้บรรจุกระป๋องบรรจุขวดน้ำผลไม้แยมเยลลี่ผลไม้ดองผักดองสับปะรดกระป๋องการเก็บรักษาผักและผลไม้อื่นๆ
046	การทำปลากระป๋องอาหารทะเลกระป๋องและการเก็บรักษาอาหารทะเลอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการบรรจุปลากุ้งปูหอยอาหารทะเลอื่นๆและผลิตภัณฑ์อาหารทะเลในภาชนะบรรจุที่ผนึกและอากาศเข้าไม่ได้รวมทั้งอาหารทะเลแช่แข็งและอาหารทะเลตากแห้ง
047	การผลิตน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันปาล์ม สาขานี้ประกอบด้วยน้ำมันมะพร้าวน้ำมันปาล์มกากน้ำมันมะพร้าวและกากน้ำมันปาล์ม
048	การผลิตน้ำมันสัตว์ไขสัตว์น้ำมันพืชและผลพลอยได้ สาขานี้ประกอบด้วยน้ำมันหมูไขมันสัตว์น้ำมันถั่วเหลืองน้ำมันสกัดจากเมล็ดละหุ่งน้ำมันสกัดจากเมล็ดฝ้ายน้ำมันสกัดจากเมล็ดนุ่นน้ำมันเมล็ดทานตะวันน้ำมันรำข้าวน้ำมันพืชอื่นๆและผลพลอยได้ของผลิตภัณฑ์เหล่านี้เช่นกากถั่วเหลืองเป็นต้น
049	โรงสีข้าว สาขานี้ประกอบด้วยการสีข้าวการขัดข้าวการผลิตข้าวนึ่งข้าวหักและผลพลอยได้เช่นรำข้าวและแกลบ
050	การผลิตผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังทุกชนิดเช่นแป้งมันสำปะหลังแป้งสาคูมันเส้นมันอัดเม็ดและผลพลอยได้
051	การบดข้าวโพด สาขานี้ประกอบด้วยการบดข้าวโพด

รหัส	รายละเอียด
052	การผลิตแป้งและการปั่นแป้งอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการทำแป้งและการปั่นแป้งเช่นแป้งข้าวเจ้าแป้งสาลีแป้งข้าวโพดแป้งถั่วและแป้งอื่นๆ
053	การผลิตขนมปัง สาขานี้ประกอบด้วยการทำขนมปังขนมเค็กคุ๊กกี้พายขนมปังกรอบขนมคบเคี้ยวเป็นต้น
054	การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวและผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตอาหารเส้นทุกชนิดเช่นบะหมี่ก๋วยเตี๋ยวสปาเก็ตตี้มักกะโรนีบะหมี่สำเร็จรูปและวุ้นเส้น
055	การผลิตน้ำตาล สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตน้ำตาลดิบน้ำตาลทรายขาวน้ำตาลที่ได้จากมะพร้าวและน้ำตาลที่ได้จากปาล์มต่างๆกลูโคสน้ำหวานรวมทั้งน้ำตาลสังเคราะห์และผลพลอยได้เช่นกากอ้อยและกากน้ำตาล
056	การผลิตขนมชนิดต่างๆ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตขนมต่างๆเช่นลูกกวาดช็อคโกแล็ตหมากฝรั่งขนมหวานและขนมไทยอื่นๆ
057	การผลิตน้ำแข็ง สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตน้ำแข็งที่ใช้เพื่อการบริโภคและที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม
058	การผลิตผงชูรส สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผงชูรสและผลพลอยได้
059	การผลิตชากาแฟและเครื่องดื่มกึ่งสำเร็จรูปต่างๆ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตชากาแฟและเครื่องดื่มกึ่งสำเร็จรูปต่างๆเช่นโกโก้ผงเก๊กฮวยผงขิงผง
060	การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยซีอิ๊วเต้าหู้น้ำปลาไข่เค็มเครื่องแกงเกลือเครื่องชูรสและเครื่องเตรียมอาหารอื่นๆ
061	การผลิตอาหารสัตว์ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปทุกชนิดและปลาป่น
	ภาคอุตสาหกรรม: เครื่องดื่ม (062-064)
062	การต้มการกลั่นและการผสมสุรา สาขานี้ประกอบด้วยการต้มการกลั่นเอธิลแอลกอฮอล์และการผสมสุราเช่นบรั่นดีวิสกี้สุราไวน์แชมเปญและสุราอื่นๆ
063	การผลิตเบียร์ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตข้าวมอลต์และเบียร์
064	อุตสาหกรรมเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์และน้ำอัดลม สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์เช่นน้ำอัดลมน้ำโซดาน้ำกลั่นน้ำแร่อัดลมและการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด
065	การบ่มและอบใบยาสูบ สาขานี้ประกอบด้วยการบ่มและอบใบยาสูบและการดำเนินการอื่นๆซึ่งเกี่ยวเนื่องกับการเตรียมใบยาดิบเพื่อการผลิตต่อไป
066	การผลิตผลิตภัณฑ์ใบยาสูบ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตซิการ์บุหรี่ยาจุกและยาเส้น
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตสิ่งทอ (067-070)
067	การปั่นด้ายการหีบฝ้ายและเส้นใยประดิษฐ์ สาขานี้ประกอบด้วยการหีบฝ้ายการปั่นด้ายจากฝ้ายขนสัตว์และเส้นใยสังเคราะห์ต่างๆ
068	การทอผ้า สาขานี้ประกอบด้วยการทอผ้าจากฝ้ายไหมขนสัตว์และเส้นใยประดิษฐ์ต่างๆ
069	การฟอกการพิมพ์การย้อมและการแต่งเสร็จ สาขานี้ประกอบด้วยการพิมพ์ผ้าการฟอกขาวการย้อมและการแต่งสำเร็จด้วยด้ายและผ้า
070	การผลิตสินค้าสิ่งทอถักสำเร็จรูปยกเว้นเครื่องแต่งกาย สาขานี้ประกอบด้วยสิ่งทอที่มิได้ระบุไว้ในสาขาอื่นรวมทั้งสิ่งทอถักที่ใช้ในครัวเรือนเช่นผ้าขนหนูผ้าปูที่นอนผ้าห่มผ้าสักหลาดและผลิตภัณฑ์สักหลาดผ้าสำลีและผ้าม่านเป็นต้น
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตเครื่องแต่งกาย รวมทั้งการตกแต่งและย้อมสีขนสัตว์ (071-074)
071	การผลิตสิ่งถัก สาขานี้ประกอบด้วยการดำเนินกิจการเกี่ยวกับการถักถุงเท้าเครื่องแต่งกายชั้นในเครื่องแต่งกายชั้นนอกผ้าถักผ้าลูกไม้จากเส้นใยธรรมชาติเส้นใยเทียมทั้งที่ถักด้วยมือและเครื่องจักรเป็นต้น
072	การผลิตเครื่องแต่งกาย สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องแต่งกายโดยการตัดและเย็บจากผ้าหนังสัตว์และวัสดุอื่นๆรวมทั้งผ้าเช็ดหน้าเน็คไทผ้าคลุมไหล่ผ้าคลุมหน้าและสิ่งตัดเย็บสำเร็จรูปทุกชนิด

รหัส	รายละเอียด
073	การผลิตพรมและเครื่องปูลาด สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตพรมเสื่อหมอนที่นอนและเครื่องปูลาดอื่นๆ
074	การผลิตผลิตภัณฑ์ป่านและปอ สาขานี้ประกอบด้วยการอัดปอเบลการผลิตผลิตภัณฑ์จากปอแก้วและปอกระเจาเช่นการทำเชือกกระสอบแหอวนและผลิตภัณฑ์จากป่านและปออื่นๆ
	ภาคอุตสาหกรรม: การฟอกและตกแต่งหนังฟอก รวมทั้งการผลิตกระเป๋าเดินทาง กระเป๋าถือ อานม้า เครื่องเทียมลาก และรองเท้า (075-077)
075	โรงฟอกหนังและการแต่งสำเร็จหนัง สาขานี้ประกอบด้วยการฟอกและการแต่งสำเร็จหนังสัตว์เช่นการฟอกการแปรงขนการพิมพ์ลายและการย้อมสีเป็นต้น
076	การผลิตผลิตภัณฑ์หนังสัตว์ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์หนังสัตว์และหนังเทียมเช่นกระเป๋าซองใส่กุญแจสายหนังถุงมือสายพานอุปกรณ์ประกอบเสื้อผ้าผลิตภัณฑ์ขนสัตว์และผลิตภัณฑ์หนังสัตว์อื่นๆ
077	การผลิตรองเท้ายกเว้นรองเท้ายาง สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตรองเท้าที่ทำด้วยหนังผ้าและวัตถุดิบอื่นๆไม่รวมการผลิตที่ทำด้วยไม้ยางหรือพลาสติก
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตเฟอร์นิเจอร์ รวมทั้งการผลิตซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น (078-080)
078	โรงเลื่อย สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการเลื่อยไม้การทำไม้อัดกรอบประตูหน้าต่างไม้ปาร์เก้เป็นต้น
079	การผลิตผลิตภัณฑ์ไม้และไม้ก๊อก สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้ไม้ก๊อกหวายไม้ไผ่ที่มิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่นๆเช่นตะกร้าลังไม้แขวนเสื้อไม้จิ้มฟันและหลอดด้ายเป็นต้น
080	การผลิตเครื่องเรือนและเครื่องตกแต่งทำด้วยไม้ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องเรือนและเครื่องตกแต่งทุกชนิด
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ (081-082)
081	การผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษชนิดต่างๆ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษต่างๆเช่นกระดาษพิมพ์เขียนกระดาษหนังสือพิมพ์กระดาษแข็งกระดาษคราฟท์กระดาษสาและเศษกระดาษเป็นต้น
082	การผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์กระดาษเช่นกล่องกระดาษกระดาษคอมพิวเตอร์แฟ้มกระดาษซองจดหมายฉลากถุงกระดาษกระดาษชำระผ้าอนามัยเป็นต้น
	ภาคอุตสาหกรรม: การพิมพ์โฆษณา การพิมพ์ และการทำสำเนาสื่อบันทึก (083-083)
083	การพิมพ์การพิมพ์โฆษณา สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการเกี่ยวกับการพิมพ์เช่นเลตเตอร์เพรสลิโธกราฟออฟเซทการทำเล่มหนังสือการพิมพ์หนังสือพิมพ์วารสารหนังสือและแผนที่
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์เคมี (084-092)
084	การผลิตเคมีภัณฑ์อุตสาหกรรมขั้นมูลฐาน สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเคมีภัณฑ์ขั้นมูลฐานเช่นกำมะถันไฮโดรเจนอ๊อกซิเจนไนโตรเจนซัลเฟอร์และเคมีภัณฑ์อื่นๆอาทิกรดอนินทรีย์และสารประกอบอื่นๆเช่นกรดเกลือกรดกำมะถันคาร์บอนไดออกไซด์ชนิดแข็งและโลหะออกไซด์เป็นต้น
085	การผลิตปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชเช่นปุ๋ยยูเรียแอมโมเนียมซัลเฟตฟอสเฟตปุ๋ยเคมีปุ๋ยอินทรีย์ยาปราบศัตรูพืชและยาฆ่าแมลงต่างๆ
086	การผลิตยางสังเคราะห์และปิโตรเคมี สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตยางสังเคราะห์วัสดุสังเคราะห์และเม็ดพลาสติก
087	การผลิตสีทาน้ำมันชักเงาและแลคเกอร์ สาขานี้ประกอบด้วยอุตสาหกรรมการผลิตสีทาน้ำมันชักเงาแลคเกอร์สารละลายสีเคลือบและน้ำยาเคลือบเครื่องดินเผาทั้งนี้รวมถึงการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวเนื่องกันเช่นน้ำมันผสมสีน้ำยาล้างสีน้ำยาล้างแปรงวัสดุที่ใช้ในการอุดร่องยาแนวและพอกเนื้อทั้งนี้ไม่รวมสีย้อมผมและสีย้อมผ้าทุกชนิด
088	การผลิตยารักษาโรค สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตยารักษาโรคในรูปแบบต่างๆเช่นเม็ดแคปซูลผงไซรัปยาฉีดและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากสมุนไพร
089	การผลิตสบู่และผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับรักษาความสะอาด สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตสบู่ผงซักฟอกแชมพูและสารทำความสะอาดเป็นต้น

รหัส	รายละเอียด
090	การผลิตเครื่องสำอางค์ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตน้ำหอมเครื่องสำอางค์ครีมแต่งผมยาสีฟันแป้งฝุ่นและยาระงับกลิ่นตัวเป็นต้น
091	การผลิตไม้ขีดไฟ สาขานี้ได้แก่การผลิตไม้ขีดไฟ
092	การผลิตผลิตภัณฑ์เคมีอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์เคมีอื่นๆเช่นฟิล์มกระดาษอัดรูปน้ำแข็งแห้งขี้ผึ้งกาวเทียนไขหมึกผงถ่านดำเครื่องหอมและการะบูนธูป
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตผลิตภัณฑ์ถ่านโค้ก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่น น้ำมันปิโตรเลียมและเชื้อเพลิงปรมาณู (092-094)
093	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม สาขานี้ประกอบด้วยโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งผลิตน้ำมันเบนซินน้ำมันเครื่องน้ำมันเตาน้ำมันก๊าดน้ำมันดีเซลฯลฯ
094	การผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆจากน้ำมันปิโตรเลียม สาขานี้ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปิโตรเลียมเช่นยางมะตอยน้ำมันเครื่องจารบีคาร์บอนแบล็คผงถ่านอัดถ่านโค๊กทาร์เป็นต้น
	ภาคอุตสาหกรรม: ผลิตภัณฑ์ยาง (095-097)
095	การผลิตยางแผ่นรมควันยางเครปและยางแท่ง สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตยางแผ่นดิบรมควันยางแท่งยางเครปรวมทั้งเศษยาง
096	การผลิตยางนอกและยางใน สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตยางนอกและยางในเพื่อใช้กับยานพาหนะทุกชนิดรวมทั้งการหล่อดอกยาง
097	การผลิตผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางเช่นรองเท้ายางยางยืดท่อยางสายพานยางที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมสายพานอื่นๆยางโฟมกระเบื้องยางปูพื้นตลอดจนผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ
	ภาคอุตสาหกรรม: พลาสติกและผลิตภัณฑ์พลาสติก (098)
098	การผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกต่างๆเช่นท่อพีวีซีของเล่นพลาสติกภาชนะพลาสติกฟองน้ำโฟมแผ่นไฟเบอร์แหอวนรวมทั้งพลาสติกที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและในครัวเรือนอื่นๆ
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตผลิตภัณฑ์จากแร่อโลหะ (099-104)
099	การผลิตกระเบื้องและเครื่องปั้นดินเผา สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องปั้นดินเผาเซรามิคผลิตภัณฑ์โมเสคเครื่องสุขภัณฑ์และเครื่องปั้นดินเผาที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมและการก่อสร้างอื่นๆเป็นต้น
100	การผลิตแก้วและผลิตภัณฑ์แก้ว สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตกระจกแผ่นเรียบกระจกนิรภัยแท่งแก้วขวดแก้วน้ำแฟลชใยแก้วหลอดแก้วทำหลอดไฟฟ้ารวมทั้งเศษแก้วเป็นต้น
101	การผลิตผลิตภัณฑ์จากดินที่ใช้กับงานก่อสร้าง สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตอิฐกระเบื้องต่างๆท่ออิฐทนไฟและผลิตภัณฑ์จากดินที่ใช้กับงานก่อสร้างซึ่งคล้ายคลึงกันอื่นๆ
102	การผลิตซีเมนต์ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ผสมซีเมนต์ขาวและปูนขาว
103	การผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีต สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตเช่นคอนกรีตบล็อคเสารับอาคารและเสาเข็มคอนกรีตท่อคอนกรีตและผลิตภัณฑ์คอนกรีตเสริมเหล็กประเภทคอนกรีตหล่อสำเร็จและคอนกรีตอัดแรงเพื่อใช้ในการก่อสร้างอาคารแบบสำเร็จรูปรวมทั้งคอนกรีตผสมเสร็จ
104	การผลิตผลิตภัณฑ์อโลหะอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ยิบซั่มปลาสเตอร์และผลิตภัณฑ์แอสเบสทอสอื่นๆผลิตภัณฑ์หินที่มิได้ทำการผลิตเกี่ยวเนื่องกับการทำเหมืองหินและผลิตภัณฑ์แร่อโลหะอื่นๆซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในสาขาอื่นๆ
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตโลหะขั้นมูลฐาน (105-106)
105	อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กและเหล็กกล้าขั้นมูลฐานซึ่งประกอบด้วยกรรมวิธีทุกขั้นตอนนับตั้งแต่การถลุงด้วยเตาถลุงแร่แบบพ่นลมจนถึงขั้นกึ่งสำเร็จรูปในโรงรีดและโรงหล่อ
106	การผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตแผ่นเหล็กชุบสังกะสีแผ่นเหล็กชุบดีบุกแผ่นเหล็กรีดร้อนเหล็กเส้นลวดเหล็กท่อเหล็กการหล่อเหล็กกล้าและผงเหล็กเป็นต้น
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตผลิตภัณฑ์จากแร่โลหะ (107-111)

รหัส	รายละเอียด
107	การผลิตผลิตภัณฑ์โลหะที่มิใช่เหล็ก สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะที่มิใช่เหล็กอันประกอบด้วยกรรมวิธีต่างๆเริ่มตั้งแต่การถลุงขั้นต้นและขั้นที่สองการทำโลหะผสมการทำให้บริสุทธิ์การรีดการดึงการหล่อและการทำเป็นรูปพรรณกรรมวิธีที่เป็นการผลิตโลหะให้เป็นแท่งท่อนท่อเส้นรูปหน้าตัดต่างๆผลิตภัณฑ์ชนิดที่ต้องหล่อและอัดบีบเป็นรูปพรรณรวมทั้งสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการแยกดีบุกออกจากเศษโลหะและการแยกเศษโลหะกลับคืนมาใช้ประโยชน์
108	การผลิตเครื่องตัดเครื่องมือและเครื่องใช้ที่ทำด้วยเหล็กและเหล็กกล้าทั่วไป สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องตัดเครื่องมือและเครื่องใช้ที่ทำด้วยเหล็กและเหล็กกล้าทั้งที่ใช้ในครัวเรือนใช้ในการเกษตรกรรมการก่อสร้างและในการประกอบอาชีพอื่นๆเช่นมีดขวานมีดตัดหญ้าเคียวเสียมพลั่วคราดฆ้อนเหล็กไขควงและตะไบเป็นต้น
109	การผลิตเครื่องเรือนและเครื่องติดตั้งซึ่งทำด้วยโลหะเป็นส่วนใหญ่ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตการดัดแปลงเครื่องเรือนและเครื่องติดตั้งที่ทำด้วยโลหะเป็นส่วนใหญ่ที่ใช้กับบ้านเรือนอาคารสำนักงานภัตตาคารร้านค้าและอุปกรณ์การขนส่ง
110	การผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการก่อสร้างเช่นสะพานถังน้ำประตูมุ้งลวดกรอบหน้าต่างราวบันไดประตูเหล็กเครื่องโลหะซึ่งใช้ในงานสถาปัตยกรรมส่วนประกอบโลหะสำหรับใช้กับระบบเครื่องระบายอากาศและเครื่องปรับอากาศเป็นต้น
111	การผลิตผลิตภัณฑ์โลหะอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะต่างๆเช่นกระป๋องซึ่งทำจากเหล็กวิลาศหรือแผ่นโลหะเคลือบการผลิตเครื่องลำเลียงซึ่งทำด้วยโลหะการทำภาชนะบรรจุสิ่งของเพื่อส่งไปจำหน่ายการทำผลิตภัณฑ์โลหะที่ประดิษฐ์ขึ้นด้วยวิธีปั้นหรือกระแทกขึ้นรูปการทำลวดและผลิตภัณฑ์จากลวดโดยใช้ลวดซึ่งซื้อมาจากแหล่งผลิตอื่น(แต่ไม่รวมถึงการทำลวดและสายเคเบิลชนิดหุ้มฉนวน)การทำเครื่องสุขภัณฑ์และเครื่องใช้ทองเหลืองที่ใช้ในการประปาวาล์วชิ้นส่วนสำหรับประกอบท่อและผลิตภัณฑ์โลหะชนิดต่างๆซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่นรวมทั้งการดำเนินกิจการเกี่ยวกับการเคลือบด้วยแลคเกอร์การอาบการชุบสังกะสีการชุบด้วยไฟฟ้าการขัดผิวผลิตภัณฑ์โลหะ
	<u>ภาคอุตสาหกรรม: เครื่องจักรและเครื่องกล (112-115)</u>
112	การผลิตเครื่องยนต์และเครื่องกังหัน สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตและการซ่อมเครื่องยนต์ไอน้ำเครื่องยนต์ก๊าซเครื่องกังหันไอน้ำเครื่องกังหันก๊าซเครื่องกังหันน้ำเครื่องยนต์เบนซินเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์สันดาปภายในชนิดอื่นๆ
113	การผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ทางการเกษตรกรรม สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตและการซ่อมเครื่องจักรและอุปกรณ์ทางการเกษตรเช่นอุปกรณ์การหว่านการเก็บเกี่ยวเป็นต้นรวมทั้งการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ดังกล่าว
114	การผลิตเครื่องจักรที่ใช้ประดิษฐ์เครื่องไม้และเครื่องโลหะ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตและการซ่อมเครื่องจักรที่ใช้ประดิษฐ์เครื่องไม้และเครื่องโลหะต่างๆเช่นเครื่องจักรที่ใช้สำหรับโรงเลื่อยเครื่องกลึงเครื่องคว้านและเครื่องเจาะเป็นต้นรวมทั้งการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรดังกล่าว
115	การผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์พิเศษ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตและการซ่อมเครื่องจักรชนิดหนักสำหรับใช้ในการก่อสร้างเหมืองแร่และเครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่มิได้จัดประเภทไว้ในสาขาอื่นๆรวมทั้งการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรและอุปกรณ์ดังกล่าว
	<u>ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตเครื่องจักรและเครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น (116-122)</u>
116	การผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ในสำนักงานและในครัวเรือน สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ในสำนักงานและในครัวเรือนเช่นเครื่องปรับอากาศเครื่องซักผ้าตู้เย็นตู้แช่ตู้ทำน้ำแข็งจักรเย็บผ้าพิมพ์ดีดเครื่องคิดเลขเครื่องคอมพิวเตอร์รวมทั้งชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของเครื่องมือเครื่องใช้ดังกล่าวเช่นคอมเพรสเซอร์คอนเดนเซอร์
117	การผลิตเครื่องจักรและเครื่องมือไฟฟ้าสำหรับงานอุตสาหกรรม สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตและการซ่อมเครื่องจักรและเครื่องมือไฟฟ้าที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเช่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหม้อแปลงไฟฟ้าเครื่องเชื่อมไฟฟ้ามิเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นรวมทั้งการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรเครื่องมือดังกล่าว
118	การผลิตอุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยุโทรทัศน์และการคมนาคม สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตวิทยุโทรทัศน์วีดีโอเครื่องบันทึกคำบอกเครื่องเล่นแผ่นเสียงเครื่องบันทึกเสียงด้วยเทปเครื่องกระจายเสียงชนิดต่างๆโทรศัพท์จานดาวเทียมเครื่องมือสื่อสารอื่นๆรวมทั้งชิ้นส่วนและส่วนประกอบเช่นแผงวงจรไฟฟ้าแผ่นวงจรพิมพ์หลอดภาพโทรพิมพ์สีเป็นต้น
119	การผลิตเครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านขนาดเล็กเช่นเตาอบไมโครเวฟเตารีดพัดลมหม้อหุงข้าวเครื่องปิ้งขนมปังเครื่องผสมอาหารและชิ้นส่วนประกอบต่างๆ

รหัส	รายละเอียด
120	การผลิตลวดและสายเคเบิลชนิดหุ้มฉนวน สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตลวดและสายเคเบิลชนิดหุ้มฉนวน
121	การผลิตหม้อเก็บประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่ต่างๆ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตหม้อเก็บประจุไฟฟ้าชนิดด่างหรือตะกั่วกรดและเซลไฟฟ้าปฐมภูมิเช่นแบตเตอรี่ถ่านไฟฉายเป็นต้น
122	การผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มิได้จัดประเภทไว้ในสาขาอื่นๆเช่นโคมไฟฟ้าหลอดไฟฟ้าฟิวส์ตัวนำและอุปกรณ์ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านเป็นต้น
	ภาคอุตสาหกรรม: การผลิตยานยนต์ และอุปกรณ์ขนส่ง (123-128)
123	การต่อและการซ่อมเรือ สาขานี้ประกอบด้วยการต่อเรือการซ่อมเรือชนิดต่างๆเช่นเรือเดินทะเลเรือท้องแบนเรือลำเลียงเรือขนาดเล็กทุกประเภทเป็นต้นรวมทั้งการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ
124	การผลิตรถไฟ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตรถไฟโดยสารและบรรทุกสินค้าการผลิตชิ้นส่วนและส่วนประกอบต่างๆของรถไฟรวมทั้งการซ่อมแซมรถไฟ
125	การผลิตยานยนต์ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตการประกอบรถยนต์นั่งรถโดยสารรถบรรทุกรถจี๊บรถยกแชสซีชิ้นส่วนและส่วนประกอบของรถดังกล่าวด้วย
126	การผลิตรถจักรยานยนต์และรถจักรยาน สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตรถจักรยานยนต์รถจักรยานรถสามล้อรถเข็นรวมทั้งชิ้นส่วนและส่วนประกอบของรถดังกล่าวด้วย
127	การซ่อมแซมยานพาหนะทุกชนิด สาขานี้ประกอบด้วยการซ่อมแซมและบำรุงรักษายานพาหนะเช่นรถยนต์รถจักรยานยนต์รถจักรยาน
128	การผลิตอากาศยาน สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตและการซ่อมแซมอากาศยานต่างๆเช่นเครื่องบินเครื่องร่อนบอลลูนอุปกรณ์กระโดดร่มรวมทั้งการผลิตชิ้นส่วนอากาศยานดังกล่าว
	ภาคอุตสาหกรรม: อุตสาหกรรมอื่นๆ (129-134)
129	การผลิตเครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และการแพทย์ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์เครื่องมือและอุปกรณ์การแพทย์เช่นเครื่องวัดเครื่องมือทำฟันเข็มฉีดยารวมทั้งการผลิตชิ้นส่วนและส่วนประกอบและการซ่อมแซมเครื่องมือและอุปกรณ์ดังกล่าวด้วย
130	การผลิตเครื่องมือเครื่องใช้เกี่ยวกับการถ่ายภาพและสายตา สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้เกี่ยวกับนัยน์ตาหรือการวัดสายตาเช่นเลนซ์แว่นตากล้องส่องทางไกลอุปกรณ์สำหรับดูดาวกล้องจุลทรรศน์เครื่องฉายกล้องถ่ายรูปเครื่องถ่ายเอกสารเครื่องมือเครื่องใช้ในการถ่ายภาพรวมทั้งชิ้นส่วนประกอบของเครื่องมือเครื่องใช้ดังกล่าว
131	การผลิตนาฬิกา สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตนาฬิกาตั้งแขวนนาฬิกาข้อมือและชิ้นส่วนนาฬิกาทุกประเภท
132	การผลิตเครื่องประดับและกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง สาขานี้ประกอบด้วยการเจียรไนและการขัดหินมีค่าหินกึ่งมีค่ามุกเครื่องเงินเครื่องถมเครื่องใช้ทำด้วยแผ่นเงินทองแผ่นโลหะมีค่าอื่นๆรวมทั้งการผลิตเครื่องประดับสำเร็จรูปการทำเหรียญกษาปณ์และเหรียญตราเป็นต้น
133	การผลิตเครื่องดนตรีและเครื่องกีฬา สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตเครื่องดนตรีและเครื่องกีฬาทุกประเภทเช่นกีตาร์เปียโนลูกฟุตบอลลูกกอล์ฟแบดมินตันนวมต่อยมวยเป็นต้น
134	การผลิตสินค้าอุตสาหกรรมอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมที่มิได้จัดไว้ในสาขาอื่นๆเช่นเครื่องเขียนของเล่นเด็กร่มซิปกระดุมขอติดเสื้อดอกไม้ประดิษฐ์เพชรพลอยเทียมภาพวาดเป็นต้น
ภาคบริการ (135-179)	
	ภาคบริการ: การไฟฟ้า แก๊ส และการประปา (135-137)
135	การไฟฟ้า สาขานี้ประกอบด้วยการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานต่างๆเช่นผลิตจากพลังน้ำน้ำมันเตาก๊าซธรรมชาติเป็นต้นการส่งและการจำหน่ายพลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ตามครัวเรือนสถานประกอบการอุตสาหกรรมพาณิชยกรรมกิจการสาธารณประโยชน์รวมทั้งโรงผลิตไฟฟ้าที่อุตสาหกรรมปั่นเอง
136	การผลิตก๊าซธรรมชาติ สาขานี้ประกอบด้วยการแยกก๊าซธรรมชาติและการขนส่งทางท่อ

รหัส	รายละเอียด
137	การประปา สาขานี้ประกอบด้วยกิจการและโรงงานซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการทำน้ำให้บริสุทธิ์การจ่ายหรือจำหน่ายให้แก่ผู้ใช้ตามบ้านเรือนสถานประกอบการอุตสาหกรรมพาณิชยกรรมและกิจการสาธารณประโยชน์
	ภาคบริการ: การก่อสร้าง (138-144)
138	การก่อสร้างที่อยู่อาศัย สาขานี้ประกอบด้วยการก่อสร้างอาคารใหม่สำหรับเป็นที่อยู่อาศัยเช่นบ้านพักอาศัยตึกแถวอาคารชุดอพาทเมนต์และหอพักกิจกรรมที่เกี่ยวกับการต่อเติมการซ่อมทาสีการตกแต่งอาคารรวมทั้งการเดินสายไฟระบบเครื่องทำความเย็นมูลค่าการก่อสร้างในสาขานี้ไม่รวมค่าที่ดิน
139	การก่อสร้างอาคารที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย สาขานี้ประกอบด้วยการก่อสร้างอาคารใหม่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัยเช่นอาคารที่ทำการโรงงานโรงแรมโรงเรียนโรงพยาบาลและโกดังเก็บสินค้ารวมทั้งกิจการต่อเติมและซ่อมแซมอาคารดังกล่าวยกเว้นการก่อสร้างสถานีรถไฟสถานีพลังงานและอาคารสื่อสาร
140	การก่อสร้างงานบริการสาธารณะทางด้านเกษตรและป่าไม้ สาขานี้ประกอบด้วยการก่อสร้างและต่อเติมงานบริการสาธารณะทางด้านเกษตรและป่าไม้เช่นการก่อสร้างเขื่อนและโครงการชลประทานเป็นต้น
141	การก่อสร้างงานบริการสาธารณะที่ไม่เกี่ยวกับงานเกษตร สาขานี้ประกอบด้วยการก่อสร้างและซ่อมแซมทางหลวงถนนสะพานท่าเทียบเรือสนามบินสถานีรถไฟท่อน้ำสายใหญ่และทางระบายสิ่งโสโครกเป็นต้น
142	การก่อสร้างโรงงานผลิตพลังไฟฟ้าและสาธารณูปโภค สาขานี้ประกอบด้วยการก่อสร้างและซ่อมแซมโรงไฟฟ้าและระบบส่งไฟสถานีย่อย
143	การก่อสร้างอาคารและระบบสื่อสาร สาขานี้ประกอบด้วยการก่อสร้างอาคารและระบบการสื่อสารเช่นโทรเลขโทรศัพท์สถานีวิทยุกระจายเสียงเป็นต้น
144	การก่อสร้างอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยการก่อสร้างที่มิได้จัดประเภทไว้ในสาขาอื่นเช่นการวางท่อก๊าซธรรมชาติสวนสาธารณะลานจอดรถสนามกอล์ฟสนามเทนนิสสระว่ายน้ำและสนามกีฬาทุกชนิด
	ภาคบริการ: การขายส่ง การขายปลีก การซ่อมแซมยานยนต์ จักรยานยนต์ ของใช้ส่วนบุคคลและของใช้ในครัวเรือน (145-146)
145	การค้าส่ง สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการเกี่ยวกับการขายสินค้าใหม่และสินค้าที่ใช้แล้วแก่ผู้ขายปลีกผู้ใช้ในงานอุตสาหกรรมผู้ใช้ในงานพาณิชย์และในงานวิชาชีพอื่นผู้ขายส่งรายอื่นผู้ทำหน้าที่เป็นตัวแทนซื้อสินค้าเพื่อขายให้แก่สถานประกอบการธุรกิจประเภทสำคัญๆรวมถึงพ่อค้าขายส่งซึ่งดำเนินการซื้อและขายสินค้าที่เป็นของตนเองผู้จำหน่ายสินค้าอุตสาหกรรมผู้ส่งออกผู้สั่งสินค้าเข้าและสมาคมสหกรณ์การซื้อสำนักงานขายของกิจการเหมืองแร่และอุตสาหกรรมที่ตั้งขึ้นเพื่อขายผลิตผลของตนเองสมาคมสหกรณ์ซึ่งดำเนินกิจการเกี่ยวกับการขายผลิตผลการเกษตรผู้ขายเศษโลหะผู้ขายของเก่ารวมทั้งเศษวัสดุต่างๆผู้ขายส่งซึ่งจำแนกและคัดเกรดสินค้าจำนวนมากพ่อค้าส่งที่ทำการบรรจุหีบห่อและบรรจุขวดทั้งนี้ยกเว้นการบรรจุขวดและบรรจุหีบห่อในตู้คอนเทนเนอร์ของสนามบิน
146	การค้าปลีก สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการเกี่ยวกับการขายปลีกสินค้าใหม่และสินค้าที่ใช้แล้วแก่บุคคลทั่วไปหรือครัวเรือนสถานประกอบการขายปลีกเช่นห้างสรรพสินค้าแผงลอยสถานีบริการขายน้ำมันเบนซินผู้จำหน่ายปลีกรถยนต์คนเร่ขายของสหกรณ์ผู้บริโภคสถานที่ประมูลสินค้าผู้ขายปลีกส่วนมากมักดำเนินกิจการซื้อขายที่เป็นของตนเองแต่บางรายอาจจะเป็นตัวแทนของสำนักงานใหญ่และทำหน้าที่ขายให้ตามที่ได้รับมอบหมายหรือขายให้โดยได้รับค่าธรรมเนียมตอบแทนสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการขายสินค้าที่นำมาแสดงให้แก่ประชาชนทั่วไปเช่นเครื่องพิมพ์ดีดเครื่องเขียนน้ำมันเบนซินได้จัดไว้ในประเภทนี้ด้วยถึงแม้การขายสิ่งของเหล่านี้อาจจะไม่ใช่เพื่อการบริโภคหรือการใช้ประโยชน์เฉพาะส่วนบุคคลหรือในครัวเรือน
	ภาคบริการ: โรงแรมและภัตตาคาร (147-148)
147	ภัตตาคารและร้านขายเครื่องดื่ม สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการขายอาหารและเครื่องดื่มที่จัดเตรียมไว้พร้อมที่จะบริโภคได้ทันทีเช่นไนท์คลับภัตตาคารบาร์ร้านกาแฟหาบเร่แผงลอยที่ขายอาหารสำเร็จรูปและก๋วยเตี๋ยวทั้งนี้รวมถึงโรงอาหารและสถานที่ใช้รับประทานอาหารในโรงงานและสถานที่ทำงานเป็นต้น
148	โรงแรมและที่พักอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการที่ดำเนินธุรกิจในการจัดหาที่พักและค่ายพักแรม
	ภาคบริการ: การขนส่ง สถานที่เก็บสินค้าและการคมนาคม (149-159)
149	การขนส่งทางรถไฟ สาขานี้ประกอบด้วยการบริการขนส่งทางรถไฟทั้งการขนส่งผู้โดยสารและการขนส่งสินค้า
150	การขนส่งทางบก สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งให้บริการทางด้านการขนส่งผู้โดยสารโดยรถแท็กซี่รถโดยสารประจำทางระหว่างจังหวัดและยานพาหนะอื่นเช่นสามล้อเป็นต้น

รหัส	รายละเอียด
151	การขนส่งสินค้าทางบก สาขานี้ประกอบด้วยบริการขนส่งสินค้าทางบกโดยรถบรรทุก
152	การให้บริการเสริมการขนส่งทางบก สาขานี้ประกอบด้วยการให้บริการเสริมการขนส่งทางบกเช่นการดำเนินงานเกี่ยวกับการเก็บค่าที่จอดรถการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านถนนการให้เช่ารถยนต์และรถบรรทุกเป็นต้น
153	การขนส่งทางทะเล สาขานี้ประกอบด้วยการให้บริการขนส่งสินค้าทางทะเล
154	การขนส่งชายฝั่งและการขนส่งทางน้ำภายในประเทศ สาขานี้ประกอบด้วยการบริการขนส่งสินค้าและผู้โดยสารชายฝั่งและการขนส่งทางน้ำภายในประเทศโดยทางแม่น้ำลำคลองเช่นเรือข้ามฟากเรือลากจูงเป็นต้น
155	บริการเสริมการขนส่งทางน้ำ สาขานี้ประกอบด้วยการให้บริการเสริมการขนส่งทางน้ำทุกประเภทเช่นการบำรุงรักษาและการปฏิบัติงานเกี่ยวกับสะพานเทียบเรืออู่เรืออาคารที่เกี่ยวข้องทั่วไปสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆการบำรุงรักษาและการปฏิบัติงานเกี่ยวกับประภาคารเครื่องหมายช่วยการเดินเรืออื่นๆการบรรทุกและขนถ่ายสินค้าของเรือการกู้ตัวเรือและสินค้าในเรือบริการให้เช่าเรือบริการการท่าเรือแห่งประเทศไทยเป็นต้น
156	การขนส่งทางอากาศ สาขานี้ประกอบด้วยการขนส่งผู้โดยสารและสินค้าทางอากาศทั้งการให้บริการโดยทั่วไปและบริการเช่าเหมาเฉพาะบุคคลการดำเนินงานเกี่ยวกับท่าอากาศยานสนามบินและเครื่องอำนวยความสะดวกในการเดินอากาศเช่นสถานีวิทยุการบินศูนย์ควบคุมการบินสถานีเรดาร์และการให้เช่าอากาศยาน
157	บริการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่ง สาขานี้ประกอบด้วยกิจการที่ตั้งขึ้นเพื่อดำเนินกิจการเกี่ยวเนื่องกับการขนส่งโดยทำหน้าที่เป็นตัวแทนจัดการเดินทางท่องเที่ยวและการขนส่งสินค้าและผู้โดยสารเช่นตัวแทนการเดินทางการให้บริการบรรจุหีบห่อและบรรจุลังการตรวจสอบและการชั่งน้ำหนักสินค้าเป็นต้น
158	สถานที่เก็บสินค้าและการเก็บสินค้า สาขานี้ประกอบด้วยการดำเนินงานเกี่ยวกับการเก็บสินค้าคลังสินค้าและบริการไซโล
159	บริการไปรษณีย์โทรเลขและการสื่อสาร สาขานี้ประกอบด้วยกิจการไปรษณีย์โทรเลขโทรศัพท์และการสื่อสารอื่นๆ
	ภาคบริการ: ตัวกลางทางการเงิน (160-162)
160	สถานบันการเงิน สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับด้านการเงินเช่นธนาคารแห่งประเทศไทยธนาคารพาณิชย์ธนาคารออมสินโรงรับจำนำสหกรณ์ทางการเครดิตสถานแลกเปลี่ยนเงินตราและสถาบันการเงินที่เกี่ยวข้องอื่นๆ
161	การประกันชีวิต สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการประกันชีวิตและการบริการที่เกี่ยวเนื่องกัน
162	การประกันวินาศภัย สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการประกันอัคคีภัยการประกันภัยรถยนต์การประกันภัยทางทะเลเป็นต้น
	ภาคบริการ: บริการด้านอสังหาริมทรัพย์ การให้เช่าและบริการทางธุรกิจ (163-164)
163	บริการด้านอสังหาริมทรัพย์ สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการจัดการด้านอสังหาริมทรัพย์โดยทำหน้าที่เป็นตัวแทนหรือนายหน้าเช่นการให้บริการการเช่าการซื้อการขายการจัดการและการตีราคาอสังหาริมทรัพย์โดยได้รับค่าธรรมเนียมเป็นค่าตอบแทนหรือโดยทำสัญญาจ้างเป็นต้น
164	การบริการทางด้านธุรกิจ สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งให้บริการทางด้านการบัญชีการตรวจสอบบัญชีกฎหมายวิศวกรรมสถาปัตยกรรมเทคนิคการโฆษณาการเช่าเครื่องมือเครื่องจักรรวมทั้งบริการธุรกิจซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในสาขาอื่นๆ
	ภาคบริการ: การบริหารราชการและการป้องกันประเทศ รวมทั้งการประกัน สังคมภาคบังคับ (165-166)
165	การบริหารราชการ สาขานี้รวมถึงรัฐบาลกลางรัฐบาลส่วนภูมิภาคและรัฐบาลส่วนท้องถิ่นรวมถึงพระบรมวงศานุวงศ์รัฐสภาคณะรัฐมนตรีกระทรวงทบวงกรมกองทัพตำรวจและฝ่ายตุลาการมูลค่าการผลิตในสาขานี้ประกอบด้วยมูลค่าเพิ่มทางด้านค่าจ้างแรงงานทั้งที่เป็นเงินสดและเป็นค่าตอบแทนอย่างอื่นค่าเสื่อมราคาและรายการอื่นที่เป็นค่าใช้จ่ายของรัฐบาลยกเว้นค่าใช้จ่ายในส่วนการรักษาความสะอาดและการจัดระบบท่อระบายน้ำทิ้งโรงเรียนของรัฐและโรงพยาบาลของรัฐซึ่งได้แยกไว้ในสาขาและตามลำดับ
166	บริการสุขาภิบาลและบริการที่คล้ายคลึงกัน สาขานี้ประกอบด้วยการดำเนินงานหลักเกี่ยวกับบริการสุขาภิบาลและบริการที่คล้ายคลึงกันเช่นการเก็บการขนและการกำจัดขยะมูลฝอยกับสิ่งปฏิกูลการจัดทำระบบทางระบายน้ำทั้งนี้รวมสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการทำความสะอาดอาคารสำนักงานการกำจัดแมลงและสัตว์นำโรคและบริการอื่นที่คล้ายคลึงกัน
	ภาคบริการ: การศึกษา (167-168)

รหัส	รายละเอียด
167	บริการการศึกษา สาขานี้ประกอบด้วยสถาบันการศึกษาทุกประเภทและทุกระดับการศึกษาทั้งสายสามัญและสายอาชีพเช่น อนุบาลประถมศึกษามัธยมศึกษาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยโรงเรียนเกษตรกรรมโรงเรียนฝึกหัดครูวิทยาลัยครูโรงเรียนอาชีวศึกษา โรงเรียนนาฏศิลป์และดนตรีโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์พิเศษเช่นโรงเรียนคนพิการตาบอดหูหนวกเป็นต้น
168	สถาบันวิจัย สาขานี้ประกอบด้วยสถาบันซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการวิจัยขั้นพื้นฐานและการวิจัยทั่วไปในด้านชีววิทยาฟิสิกส์และสังคมศาสตร์เป็นต้น
	ภาคบริการ: การบริการด้านสุขภาพและสังคม (169)
169	บริการทางการแพทย์และบริการทางอนามัยอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการให้บริการการป้องกันการรักษาทางการแพทย์ทันตกรรมและการอนามัยอื่นๆซึ่งรวมถึงโรงพยาบาลสถานพักฟื้นสถานพยาบาลและสถาบันที่คล้ายคลึงกันสถานสงเคราะห์มารดาและเด็กสำนักงานให้คำปรึกษาทางแพทย์ศัลยแพทย์และผู้ประกอบวิชาชีพเวชกรรมอื่นๆเช่นทันตแพทย์ผดุงครรภ์และพยาบาลที่ทำงานส่วนตัวบริการแพทย์เคลื่อนที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ด้านเวชกรรมและทันตกรรมซึ่งบริการเกี่ยวกับการทดสอบการวินิจฉัยโรคและบริการอื่นๆแก่แพทย์และทันตแพทย์สถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการทำฟันปลอมเป็นต้น
	ภาคบริการ: การให้บริการด้านชุมชน สังคมและบริการส่วนบุคคลอื่นๆ (170-177)
170	สถาบันธุรกิจสมาคมอาชีพและสมาคมกรรมกร สาขานี้ประกอบด้วยสถาบันธุรกิจเอกชนเช่นสภาหอการค้าแห่งประเทศไทยหอการค้าไทยสมาคมอุตสาหกรรมไทยองค์กรอาชีพต่างๆเช่นวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยสหภาพแรงงานและองค์กรแรงงานที่คล้ายคลึงกัน
171	บริการชุมชนอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยสถาบันซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการให้บริการด้านสังคมสงเคราะห์เช่นสภากาชาดและองค์กรอื่นๆซึ่งทำหน้าที่รวบรวมและจัดสรรเงินเรี่ยไรหรือเงินอุดหนุนเพื่อการกุศลเช่นสมาคมสงเคราะห์เด็กสถานเลี้ยงเด็กตอนกลางวันโรงเลี้ยงเด็กกำพร้าสถานสงเคราะห์คนชราสถานสงเคราะห์คนพิการสมาคมสงเคราะห์ครอบครัวองค์กรศาสนาและองค์กรการกุศลอื่นๆเป็นต้น
172	การผลิตและการจัดจำหน่ายภาพยนตร์ สาขานี้ประกอบด้วยการสร้างภาพยนตร์การสร้างฟิล์มภาพนิ่งและภาพสไลด์รวมทั้งสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการเกี่ยวข้องกันเช่นการล้างและอัดฟิล์มภาพยนตร์การตัดต่อและลำดับภาพการให้ชื่อหัวเรื่องภาพยนตร์การทำเทปม้วนใหม่และการจัดจำหน่ายภาพยนตร์เป็นต้น
173	โรงภาพยนตร์ สาขานี้ประกอบด้วยการดำเนินกิจการโรงภาพยนตร์ทั้งหมด
174	วิทยุโทรทัศน์และบริการที่เกี่ยวข้องอื่นๆ สาขานี้ประกอบด้วยสถานีวิทยุกระจายเสียงสถานีโทรทัศน์และห้องส่งซึ่งดำเนินกิจการหลักเกี่ยวกับการจัดรายการวิทยุกระจายเสียงและโทรทัศน์ส่งออกอากาศที่ถ่ายทอดรายการโทรทัศน์และวิทยุกระจายเสียง
175	ห้องสมุดและพิพิธภัณฑ์ สาขานี้ประกอบด้วยการดำเนินงานห้องสมุดหอจดหมายเหตุโบราณคดีพิพิธภัณฑ์และหอศิลป์ต่างๆ
176	บริการบันเทิงและบริการสันทนาการ สาขานี้ประกอบด้วยการดำเนินงานเกี่ยวกับการให้การบันเทิงและสันทนาการต่างๆเช่นโบว์ลิ่งบิลเลียดสนุ๊กเกอร์สนามม้าสนามมวยสนามฟุตบอลสนามเทนนิสสนามกอล์ฟสโมสรกีฬาอื่นๆสวนสาธารณะสำหรับพักผ่อนหย่อนใจบริการการกีฬาและการบันเทิงซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ที่อื่นบริการให้เช่าเรือสำราญจักรยานยนต์รถเข็นไม้กอล์ฟม้าและสิ่งที่ใช้เพื่อการบันเทิงหรือสันทนาการที่คล้ายคลึงกัน
177	การซ่อมแซม สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งดำเนินกิจการเกี่ยวกับการซ่อมเครื่องมือเครื่องใช้ในครัวเรือนอุปกรณ์เครื่องตกแต่งและสินค้าผู้บริโภคอื่นๆซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ที่อื่นเช่นเตาอบเตาหุงข้าวตู้เย็นเครื่องปรับอากาศเครื่องรับโทรทัศน์รองเท้าเครื่องดนตรีเครื่องกีฬานาฬิกาและเฟอร์นิเจอร์เป็นต้น
	ภาคบริการ: ลูกจ้างในครัวเรือนส่วนบุคคล (178-190)
178	การบริการส่วนบุคคล สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการซึ่งดำเนินการหลักเกี่ยวกับการให้บริการส่วนบุคคลเช่นการซักรีดบริการตัดผมเสริมสวยการถ่ายรูปอาบอบนวดฌาปนกิจบริการดูแลและรักษาสุสานและคนรับใช้เป็นต้น
179	การบริการอื่นๆ สาขานี้ประกอบสถานประกอบการในด้านบริการที่มิได้รวมไว้ในสาขาอื่น
180	กิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกสาขาการผลิตได้ สาขานี้ประกอบด้วยสถานประกอบการที่มิได้จัดไว้ในสาขาอื่นหรือกิจกรรมที่ไม่สามารถจำแนกไว้ในสาขาการผลิตใดๆ
190	ผลรวมของมูลค่าปัจจัยการผลิตขั้นกลางทั้งหมด เป็นผลรวมของสาขาถึง
มูลค่าเพิ่ม (Value Added) (201-209)	

รหัส	รายละเอียด
201	เงินเดือนค่าจ้างค่าตอบแทน ได้แก่เงินเดือนค่าจ้างค่าตอบแทนที่ผู้จ้างจ่ายให้แก่ผู้รับจ้างทั้งในรูปของตัวเงินและสิ่งของผู้รับจ้างได้แก่ลูกจ้างระยะยาวลูกจ้างชั่วคราวผู้บริหารเป็นต้น
202	ผลตอบแทนการผลิต ผลตอบแทนการผลิตได้แก่ผลตอบแทนจากปัจจัยการผลิตทั้งหมดหรือมูลค่าเพิ่มทั้งหมดหักด้วยค่าตอบแทนแรงงานค่าเสื่อมราคาและภาษีทางอ้อมสุทธิ
203	ค่าเสื่อมราคา ค่าเสื่อมราคาคือเงินสำรองค่าสึกหรอของสินทรัพย์ประเภททุนต่างๆเช่นค่าเสื่อมของอาคารที่ทำการของสถานประกอบการและเครื่องมือเครื่องจักรต่างๆ
204	ภาษีทางอ้อมสุทธิ ภาษีทางอ้อมได้แก่ภาษีการค้าภาษีส่งออกภาษีใบอนุญาตภาษีค่าบริการในโรงแรมและภัตตาคารแสตมป์และภาษีการขายพิเศษอื่นๆเช่นรถยนต์เครื่องใช้ทางไฟฟ้าเครื่องดื่มชนิดมีแอลกอฮอล์บุหรี่ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมภาษีทางอ้อมแตกต่างจากการคำนวณของกองบัญชีประชาชาติตรงที่ภาษีขาเข้าและภาษีการค้าจากสินค้านำเข้าไม่ได้รวมอยู่ด้วยภาษีทางอ้อมสุทธิเท่ากับภาษีทางอ้อมทั้งหมดหักด้วยเงินอุดหนุน
209	มูลค่าเพิ่มรวม เป็นผลรวมของรายการถึง
210	ผลผลิตรวมในประเทศ เป็นผลรวมของมูลค่าปัจจัยการผลิตขั้นกลางและมูลค่าเพิ่มทั้งหมด(+)
ความต้องการขั้นปลาย (Final demand) (301-509)	
301	รายจ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของเอกชน หมายถึงรายจ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของเอกชนเป็นรายจ่ายรวมที่ครัวเรือนและสถาบันที่ไม่แสวงหากำไรได้ใช้จ่ายไปในการซื้อสินค้าและบริการโดยไม่คำนึงถึงอายุของการใช้งานทั้งนี้มิได้รวมถึงรายจ่ายลงทุนในรูปต่างๆเช่นสิ่งก่อสร้างเครื่องจักรเครื่องมือต่างๆซึ่งก่อให้เกิดผลผลิตถือว่าเป็นการสะสมทุนรายจ่ายเพื่ออุปโภคบริโภคของเอกชนครอบคลุมถึงการใช้จ่ายของชาวไทยในต่างประเทศในรูปของนักท่องเที่ยวและครอบครัวชาวต่างประเทศที่ทำงานให้เอกชนหรือองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรในไทยการซื้อสินค้าและบริการซึ่งอาจจะเป็นสินค้าคงทนมีอายุการใช้งานเช่นรถยนต์รถจักรยานยนต์ของใช้ที่บริโภคสิ้นเปลืองค่าบริการเช่นค่ารักษาพยาบาลสินค้าและบริการที่ผลิตเองและบริโภคเองก็ประเมินค่า(impute)ขึ้นด้วยเช่นอาหารที่ทำแล้วบริโภคเองค่าเช่าบ้านที่เจ้าของเป็นผู้อยู่อาศัยเองการซ่อมแซมรักษาบ้านเรือนด้วยตนเอง
302	รายจ่ายเพื่อการอุปโภคบริโภคของรัฐบาล ได้แก่รายจ่ายรวมของรัฐบาลในการซื้อสินค้าและบริการทั้งนี้รวมถึงรายจ่ายของทหารทั้งหมดและการใช้จ่ายของราชวงศ์แต่ไม่รวมรายจ่ายของสถานประกอบการของรัฐที่ประกอบการเพื่อหวังผลกำไร
303	การสะสมทุน การสะสมทุนได้แก่สิ่งก่อสร้างเครื่องจักรและเครื่องมือทั้งของภาครัฐบาลและเอกชนแต่ไม่รวมสิ่งก่อสร้างทางทหาร
304	ส่วนเปลี่ยนของสินค้าคงเหลือ ส่วนเปลี่ยนของสินค้าคงเหลือประกอบด้วยสินค้าดังนี้
305	การส่งออก ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตในราคาผู้ซื้อ (Purchaser's price) สินค้าส่งออกคิดมูลค่าตามราคาf.o.b.สำหรับราคาผู้ผลิต(Producer's price) สินค้าส่งออกคิดมูลค่าโดยหักส่วนเหลื่อมทางการค้าและค่าขนส่งออกจากราคาf.o.b.
306	การส่งออกพิเศษ ได้แก่non-merchandised goods และบริการที่มิได้รายงานไว้ในหนังสือรายงานสินค้าเข้าและออกของประเทศไทยซึ่งจัดทำโดยกรมศุลกากรรายการที่รวมอยู่ในนี้คือค่าขนส่งและประกันภัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งออกค่าใช้จ่ายของนักท่องเที่ยวต่างประเทศในไทยค่าพาหนะขนส่งค่าใช้จ่ายขององค์การรัฐบาลต่างประเทศองค์การระหว่างประเทศและครอบครัวทูตค่าใช้จ่ายของฐานทัพต่างประเทศและบริการอื่นที่จ่ายโดยชาวต่างประเทศและการส่งออกสินค้าที่ไม่ผ่านการตรวจค้น (Smuggling)
309	อุปสงค์ขั้นสุดท้ายรวม เป็นผลรวมของสาขาถึง
310	อุปสงค์รวม เป็นผลรวมของสาขาและ
401	สินค้านำเข้า ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตในราคาผู้ซื้อ (Purchaser's price) สินค้านำเข้าคิดมูลค่าตามราคา c.i.f เช่นเดียวกับตารางราคาผู้ผลิต (Producer's price)
402	ภาษีศุลกากร ได้แก่ภาษีศุลกากรของสินค้านำเข้าทุกประเภท
403	ภาษีการค้านำเข้า ได้แก่ภาษีการค้านำเข้ารวมภาษีการขายและภาษีเทศบาล
404	การนำเข้าพิเศษ ได้แก่non-merchandised goods และบริการที่ซึ่งมิได้รายงานไว้ในหนังสือรายงานสินค้าเข้าและออกของประเทศไทยที่จัดทำโดยกรมศุลกากรเช่นการใช้จ่ายของคนไทยในต่างประเทศค่าใช้จ่ายขององค์การรัฐบาลไทยและครอบครัวทูตนอกประเทศไทยการนำเข้าโดยไม่ผ่านด่านศุลกากรของไทย (Smuggling)
409	การนำเข้ารวม เป็นผลรวมของสาขาถึง
501	ส่วนเหลื่อมการค้าส่ง เป็นส่วนเหลื่อมการค้าในขั้นตอนการค้าส่งสินค้าจากโรงงานไปยังพ่อค้าปลีกหรือสถานประกอบการอื่นๆ
502	ส่วนเหลื่อมการค้าปลีก เป็นส่วนเหลื่อมทางการค้าในขั้นตอนการค้าปลีกสินค้าไปยังผู้บริโภคซึ่งหมายถึงครัวเรือนและบุคคลทั่วไป

รหัส	รายละเอียด
503	ค่าขนส่ง เป็นค่าขนส่งรวมของค่าขนส่งจากโรงงานจนถึงผู้บริโภค
509	ผลรวมของส่วนเหลื่อมการค้าและค่าขนส่ง เป็นผลรวมของรายการถึง
600	ผลผลิตรวมในประเทศ เป็นผลรวมของมูลค่าปัจจัยการผลิตขั้นกลางและอุปสงค์ขั้นสุดท้ายทั้งหมดหักด้วยมูลค่าการนำเข้าส่วนเหลื่อมทางการค้าและค่าขนส่งซึ่งได้แก่รายการ+--
700	อุปทานรวม เป็นผลรวมของผลผลิตรวมในประเทศบวกด้วยมูลค่าการนำเข้าส่วนเหลื่อมทางการค้าและค่าขนส่งซึ่งได้แก่รายการ

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการย่อส่วนตารางปัจจัยการผลิตของประเทศเป็นของลุ่มน้ำ RAS method

1) นำค่ารายได้ประชาชาติของลุ่มน้ำน่านที่หาไว้แล้วมาทำการเติมในตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน จากนิยามที่ว่าค่ารายได้ประชาชาติ (GDP) จะเท่ากับผลรวมกำไร (value added, VA) จะสามารถเติมช่องว่างในตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่านได้เป็นอันดับแรก จากนั้นทำการหาค่าผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมา (total output, TO) ซึ่งทำการคำนวณหาโดยนำค่ารายได้ประชาชาติหารด้วยอัตราส่วน a ในตารางที่ 5-41 ในบทที่ 5 จะสามารถคำนวณหาค่าผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาของลุ่มน้ำออกมาได้ จากนิยามที่ว่าผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาจะเท่ากับผลรวมมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เข้าไป (total input, TI)

ตารางที่ ซ-3 วิธีการย่อส่วน RAS method ขั้นตอนที่ 1

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A						69,773	43,412
M						70,675	17,704
S						306,748	170,867
SUM IT				(หน่วย: ล้านบาท)			
SUM VA	43,412	17,704	170,867				
SUM TI	69,773	70,675	306,748				

2) ทำการคำนวณหาค่าผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางในแนวตั้ง (intermediate transection, IT) โดยสามารถหาได้จากสูตร SUM IT = (1 - อัตราส่วน a ในบทที่ 5) x SUM TO จะสามารถหาค่าผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางได้ในแนวตั้ง จากนั้นคำนวณหาค่าผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางได้ในแนวนอน โดยสามารถหาได้จากสูตร SUM IT = อัตราส่วน b ในบทที่ 5) x SUM TO จะสามารถหาค่าผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางได้ในแนวนอน จากนั้นทำการคำนวณหาค่าผลรวมการบริโภคขั้นสุดท้าย (final demand, FD) ด้วยการนำ SUM IT – SUM TO ก็จะสามารถได้ค่าผลรวมการบริโภคขั้นสุดท้าย

ตารางที่ ซ-4 วิธีการย่อส่วน RAS method ขั้นตอนที่ 2

	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A				59,760	10,014	69,773	43,412
M				58,826	11,849	70,675	17,704
S				96,627	210,120	306,748	170,867
SUM IT	26,361	52,971	135,881	(หน่วย: ล้านบาท)			
SUM VA	43,412	17,704	170,867				
SUM TI	69,773	70,675	306,748				

3) จากนั้นทำการหามูลค่าผลิตผลขั้นกลาง (intermediate transection, IT) โดยทำการแก้สมการเมตริกซ์ ซึ่งต้องทำการหาค่าที่ทำให้ผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางในแนวตั้งและแนวนอนเท่ากันทั้งสองแนว โดยวิธีการเริ่มจากกำหนดผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ออกมาเป็นเมตริกซ์ X ขนาด 3x3 จากนั้นกำหนดผลรวมมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เข้าไปเป็นตัวแปร C และกำหนดผลรวมมูลค่าผลิตผลขั้นกลางได้ในแนวนอนเป็นตัวแปร D ดังแสดงในรูปที่ ซ-1 และทำการกำหนดเมตริกซ์ I และ J เป็นเมตริกซ์ขนาด 1x3 และ 3x1 โดยให้มีค่าเท่ากับ 1

4) ทำการหาค่าของเมตริกซ์ A ขนาด 3x3 โดยหาจากมูลค่าผลิตผลขั้นกลางของแต่ละภาคส่วนหารด้วยผลรวมมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เข้าไปของภาคส่วนนั้น ก็จะสามารถหาค่า A ได้ จากนั้นเริ่มทำการแก้สมการ โดยต้องทำให้ค่าเมตริกซ์ M คูณเมตริกซ์ J เท่ากับค่าเมตริกซ์ D และค่าเมตริกซ์ R และเมตริกซ์ S จะต้องเท่ากับ 1 ในแนวมุมทแยง ซึ่งจะเริ่มจากการนำค่าเมตริกซ์ A คูณกับค่าเมตริกซ์ X จะได้ค่าเมตริกซ์ M จากนั้นนำเมตริกซ์ M คูณเมตริกซ์ J และสังเกตดูว่าค่าเมตริกซ์ตรงกับเมตริกซ์ D หรือไม่ ถ้าค่าไม่ตรงก็ทำการแก้สมการต่อไป ส่วนการตรวจสอบการแก้สมการด้วยค่าเมตริกซ์ R จะนำค่าเมตริกซ์ D หารด้วยผลลัพธ์ของเมตริกซ์ M คูณเมตริกซ์ J และสังเกตดูว่าค่าเมตริกซ์ R เท่ากับ 1 หรือไม่ ถ้าค่าไม่ตรงก็ทำการแก้สมการต่อไป โดยนำค่าเมตริกซ์ R คูณเมตริกซ์ M และนำผลลัพธ์คูณเมตริกซ์ I จากนั้นหาเมตริกซ์ S โดยจะทำการตรวจสอบการแก้สมการ ซึ่งจะนำเมตริกซ์ C หารด้วยผลลัพธ์จากการคูณเมตริกซ์ I x R x M และสังเกตดูว่าค่าเมตริกซ์ R เท่ากับ 1 หรือไม่ ถ้าค่าไม่ตรงก็ทำการแก้สมการต่อไป ทำแบบนี้ไปเรื่อยๆจนกว่าจะตรงตามเงื่อนไขการแก้สมการด้วยวิธี RAS method

x new	69,773	0	0	C	26,361	52,971	135,881	D	59,760
	0	70,675	0						58,826
	0	0	306,748						96,627
				I	1	1	1	J	1
									1
									1
round	1								
A1	0.0937	0.0835	0.0147	A1*X	6540.26	5903.20	4505.79	M1 * J	16949.25
	0.2490	0.5995	0.2531	. = M1	17376.45	42368.79	77632.13		137377.36
	0.0350	0.0665	0.1752		2444.38	4699.42	53742.88		60886.68
R1	3.5258	0	0	R1*M1	23059.67	20813.50	15886.51		
	0	0.4282	0		7440.74	18142.68	33242.75		
	0	0	1.5870		3879.24	7458.00	85290.19		
				I*R1*M1	34379.663	46414.184	134419.446		
S1	0.77	0	0	R1*A1	0.3305	0.2945	0.0518		
	0	1.14	0		0.1066	0.2567	0.1084		
	0	0	1.01		0.0556	0.1055	0.2780		

รูปที่ ซ-1 รายละเอียดวิธีการ RAS method

ตารางที่ ซ-4 ตารางปัจจัยการผลิตของลุ่มน้ำน่าน

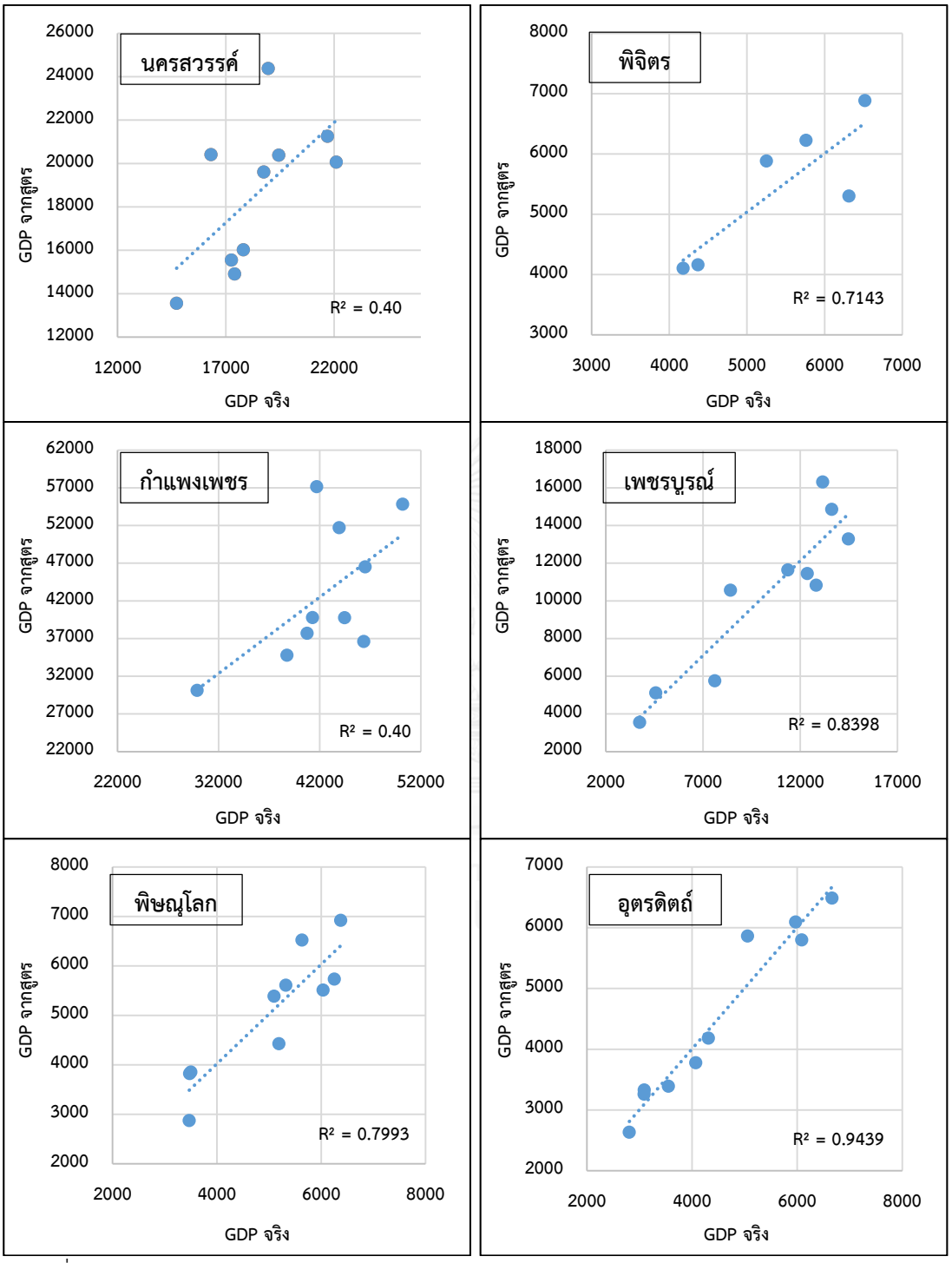
	A	M	S	SUM IT	SUM FD	SUM TO	GDP
A	18,073	24,647	17,039	59,760	10,014	69,773	43,412
M	5,448	20,070	33,308	58,826	11,849	70,675	17,704
S	2,843	8,257	85,528	96,627	210,120	306,748	170,867
SUM IT	26,361	52,971	135,881				
SUM VA	43,412	17,704	170,867		(หน่วย: ล้านบาท)		
SUM TI	69,773	70,675	306,748				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

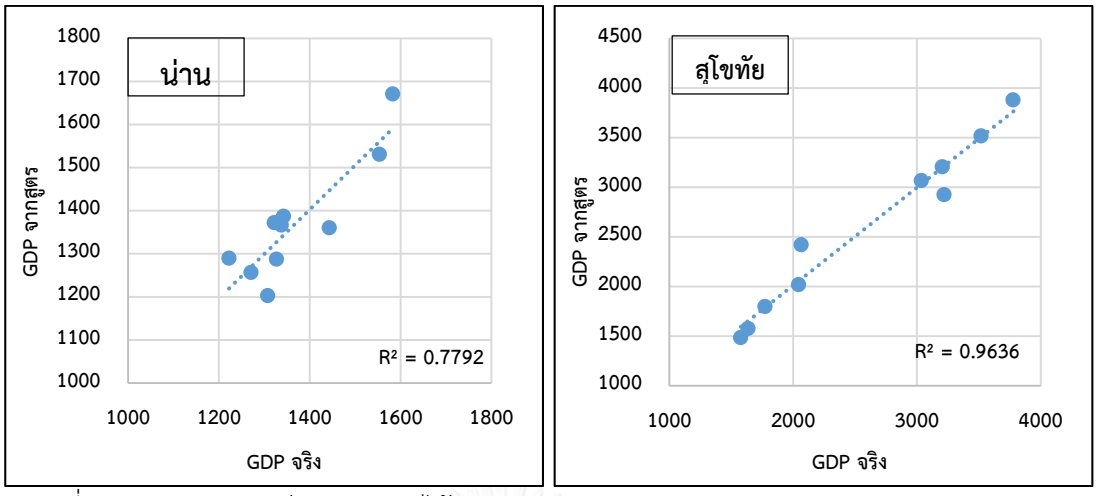
ภาคผนวก ฌ

ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจากสูตร Cobb – Douglas production function กับข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ ฌ-1 ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจากสูตร Cobb – Douglas production function กับข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจริง



รูปที่ ฌ-2 ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจากสูตร Cobb – Douglas production function กับข้อมูลรายได้ประชาชาติภาคอุตสาหกรรมจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ: นายภวิสร ชื่นชุ่ม

วันที่เกิด: 19 กันยายน พ.ศ. 2534 สมุทรสาคร

Email: pavisornchuenchum@gmail.com

ประวัติการศึกษา:

พ.ศ. 2553-2557 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พ.ศ. 2557-2559 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน:

พ.ศ. 2557-2559 ผู้ช่วยวิจัยโครงการ การประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนจากดาวเทียมสำหรับระบบปฏิบัติการเพื่อการคาดการณ์สภาวะน้ำหลาก

ผลงานทางวิชาการ:

Chuenchum, P., Suttinon, P. and Ruangrassamee, P. (2016). Impact of Changing Climate on Inflow into Sirikit Dam, the 21th National Convention on Civil Engineering. 28-30 June 2016, Songkhla, Thailand.

Ruangrassamee, P., Khamkong, A. and Chuenchum, P. (2015). Assessment of Precipitation Simulations from CMIP5 Climate Models in Thailand, the 3rd Engineering Institute of Thailand Under H.M. The King's Patronage International Conference on Water Resources Engineering and the 6th National Convention on Water Resources Engineering. 5-7 August 2015, Udon Thani, Thailand. 591-599.