# 2. ผลงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและลำดับการพัฒนาลุ่มน้ำยม

ในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการหางบน้ำหรือความสมดุลย์ปริมาณน้ำของลุ่มน้ำยมที่ผ่านมา ส่วนมากจะเป็นลักษณะการศึกษาเพื่อวางแผนการใช้น้ำทั้งลุ่มน้ำยมในลักษณะของความสมมูลของน้ำ (Water Balance Studies)เพื่อการพัฒนาลุ่มน้ำยม และโครงการพัฒนาน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานสุโขทัย นอกจากนี้ก็ยังมีผลการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำแม่น้ำยม ของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ที่ดำเนินการทุกลุ่มน้ำทั่วทั้งประเทศไทย 25 ลุ่มน้ำใหญ่ ในปี 2537 ซึ่งก็จะมีข้อมูลส่วนหนึ่งที่ทำการศึกษาวิเคราะห์ความสมมูลของน้ำทั่วทั้งลุ่มน้ำเป็นต้น โดยจะมุ่งเน้นที่การวิเคราะห์เพื่อพัฒนาน้ำผิวดินเป็นหลัก ลุ่มน้ำยมเป็นหนึ่งในสี่ของลุ่มน้ำที่สำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยา คือ ปิง วัง ยม และ น่าน มีพื้นที่ใหญ่เป็นอันดับสามรองจากปิงและน่าน ลุ่มน้ำยมประสบปัญหาน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานในช่วงฤดูฝนในพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำ และประสบปัญหาขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรงในฤดูแล้งทั่วทุกพื้นที่อีกด้วย การพัฒนาในลุ่มน้ำยมนี้ยังมีการพัฒนาไม่มากนัก โดยในระยะแรกได้มีโครงการชลประทานประเภทเหมืองฝายหรือชลประทานราษฎร์มาแต่โบราณ แล้วกรมชลประทานได้ก่อสร้างฝายแม่ยม ที่จังหวัดแพร่ แล้วเสร็จในปี2505 ซึ่งสามารถส่งน้ำเพื่อการเกษตรได้ 224,000 ไร่ โดยตอนบนของลุ่มน้ำยมมีน้ำไหลตลอดปีจึงไม่จำเป็นต้องมีเขื่อนขนาดใหญ่ เว้นแต่มีโครงการชลประทานขนาดกลางและขนาดเล็กรวมถึงสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าหลายแห่งในปัจจุบัน แต่ก็ยังไม่อาจแก้ไขปัญหาได้มาก ต่อมากระทรวงพัฒนาการฯได้วางแผนงานการพัฒนาลุ่มน้ำขึ้นทั้งลุ่มน้ำยม โดยได้กำหนดจุดคร่าวๆจากแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ว่าควรจะสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่บ้านดอนระเบียง เหนืออำเภอศรีสัชนาลัย เพื่อจะได้เปิดพื้นที่การเกษตรให้กว้างออกไปเพื่อตอบสนองการพัฒนาประเทศไทยในระยะนั้น แต่ต่อมาพื้นที่แถบนั้นได้กลายเป็นพื้นที่การเกษตรและสวนผลไม้ รัฐบาลจึงได้ให้มีการทบทวนการศึกษาการพัฒนาลุ่มน้ำอย่างจริงจังโดยควรว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศมาดำเนินการศึกษา

Howard Humphreys (2514) ได้ทำการศึกษาและวางแผนพัฒนาลุ่มน้ำยม ซึ่งดำเนินงานภายใต้การว่าจ้างของกระทรวงพัฒนาการฯให้พัฒนาลุ่มน้ำครบวงจร ซึ่งคณะศึกษาได้เสนอแนะว่าควรสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำตอนบนของลุ่มน้ำที่บ้านห้วยสัก (ต่อมาในการศึกษาทบทวนในระยะปัจจุบันได้ย้ายสถานที่จะสร้างเขื่อนมาทางท้ายน้ำของจุดเดิมเรียกว่าแก่งเสือเต้น) ที่อยู่ทางตอนเหนือน้ำของฝายแม่ยม

ระบบการใช้น้ำโดยมุ่งเน้นน้ำใต้ดินเป็นหลัก แต่ผลจากการวิเคราะห์ส่วนหนึ่งชี้ให้เห็นว่า ปริมาณน้ำใต้ดินที่มีอยู่ส่วนหนึ่งไหลมาจากการซึมน้ำผิวดินนอกพื้นที่ชลประทานในโซนดังกล่าว แต่มีผลมาจากพื้นที่อื่นที่นอกเขตชลประทานแต่อยู่ในลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่านซึ่งเป็นลุ่มน้ำติดกัน ดังนั้นผลกระทบการใช้น้ำและการใช้ที่ดินทั้งในและนอกบริเวณดังกล่าวจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการเพิ่มและลดระดับน้ำใต้ดินของโครงการและนอกโครงการในรัศมี 13 กิโลเมตรจากโครงการ หรือคิดเป็นพื้นที่โดยรอบประมาณ 530 ตารางกิโลเมตร

Howard Humphreys (2534) ได้ทำการศึกษาและสร้างแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินของโซน 1 WELFUT เพื่อจะฝึกฝนให้เจ้าหน้าที่กรมชลประทานที่ปฏิบัติงานด้านส่งน้ำและบำรุงรักษา ของโครงการพัฒนาน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานสุโขทัยได้ใช้วางแผนและติดตามผลการสูบน้ำและส่งน้ำของโครงการ ในพื้นที่โซน 1 จำนวน 100 บ่อ โดยเฉพาะ ซึ่งมีพื้นที่ส่งน้ำบ่อละประมาณ 350 ไร่ ซึ่งจะคู่กับใช้โปรแกรม ABSPROG สำหรับวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำชลประทานเพื่อการปลูกพืชรายสัปดาห์ ซึ่งอัตราการใช้น้ำของพืชนอกจากขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่จะปลูกแล้ว ยังมีค่าสัมประสิทธิ์การปลูกพืช หรือ ค่า Kc ช่วงเวลาเพาะปลูก และอายุของพืชนั้นๆ สำหรับข้าวแล้วจะมีช่วงการเตรียมแปลงซึ่งต้องการน้ำในช่วงแรกก่อนการปักดำประมาณ 100 ม.ม. และจะใช้น้ำขังอีก 100 ม.ม. หลังจากปักดำแล้วในช่วงนานเป็นระยะเวลาประมาณ 4-5 สัปดาห์ อัตราการรั่วซึม (deep percolation losses) ที่ใช้ในโปรแกรมประมาณ 7 ม.ม. ต่อสัปดาห์ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาแบบจำลอง Water Balance สำหรับชั้นให้น้ำใต้ดิน (Aquifer) สำหรับปี 2533-2534 โดยใช้ข้อมูลในอดีตของปี 2524-2532 ที่ใช้น้ำชลประทานปีละ 36.1 ล้านลบ.ม.ต่อปี เป็น 47.4 ล้านลบ.ม.ต่อปีในช่วงปี 2533-2534 ซึ่งจะมีผลให้ระดับน้ำใต้ดินลดต่ำลงทันทีปีละ 1 ล้านลบ.ม.ต่อปี ดังนั้นทางคณะศึกษาฯจึงได้เสนอแนะว่าไม่ควรให้สูบน้ำไปใช้ในอัตราที่สูงกว่า 40 ล้านลบ.ม.ต่อปี จนถึงปี 2542

ต่อมาเมื่อโครงการก่อสร้างพัฒนาน้ำใต้ดินฯใกล้แล้วเสร็จและจะปิดงาน ทางกรมชลประทานเห็นว่าควรดำเนินงานโครงการต่อในเรื่องของการแก้ไขปัญหาขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งตามแนวพระราชดำริ จึงได้เริ่มสร้างฝายขนาดย่อมเก็บกักน้ำในลำน้ำยมรวมสามแห่งเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนในช่วงแล้งจัด คือฝาย(ประตูระบาย)บ้านยางซ้าย อำเภอเมืองสุโขทัย ฝายบ้านกง อำเภอกงไกรลาศ และ ฝายบางบ้า อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ปริมาณน้ำหน้าฝายจะจุน้ำได้แห่งละ 2 ล้านลบ.ม. นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงขุดลอกแหล่งน้ำธรรมชาติที่ตื้นเขินให้จุน้ำได้เพิ่มขึ้นเพื่อจะเก็บน้ำที่ไหลหลากจากแม่น้ำยมไปเก็บกักไว้ เช่น บึงหนองแม่ระวิง (2,000 ไร่) และบึงแก่งใหญ่ (828 ไร่) สร้างอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง บนลุ่มน้ำย่อยเช่น เขื่อนแม่มอกบนลำน้ำห้วยแม่มอก จุน้ำได้ 96 ล้านลบ.ม.

สำหรับการพัฒนาแหล่งน้ำของจังหวัดสุโขทัยเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำท่วม และการขาดแคลนน้ำใ ฤดูแล้ง ได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องโดยหน่วยงานหลัก คือ กรมชลประทาน ซึ่งได้เน้นการก่อสร้างโคร การชลประทานขนาดเล็กเป็นหลัก มีโครงการที่เสร็จแล้วถึงปี 2538 จำนวน 69 แห่ง คิดเป็นพื้นที่รั ประโยชน์ 200,000 ไร่ จุน้ำได้ 4.5 ล้านลบ.ม. โครงการขนาดกลางประเภทอ่างเก็บน้ำ 4 แห่ง เช่น อ่าง คลองข้างใน ห้วยท่าแพ ห้วยแม่สูง และแม่มอก จุน้ำรวมกัน 175.5 ล้านลบ.ม. โครงการประเภทขุดลอ หนองน้ำและคลองธรรมชาติ โครงการศูนย์บริการเกษตรกรเคลื่อนที่ รวมพื้นที่ชลประทานที่เสร็จแล้วถึงปี 2541 ทั้งสิ้น 500,730 ไร่ (รวมพื้นที่ของโครงการพัฒนาน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทานสุโขทัยแล้ว) สำหรั หน่วยงานอื่นที่ดำเนินงานในลักษณะเดียวกันนี้เช่น สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท สร้างอ่างเก็บน้ำ แห่ง จุน้ำได้ 12 ล้านลบ.ม.กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ติดตั้งสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า 39 แห่ง คิดเป็ พื้นที่ 86,800 ไร่ (รูปที่ 2.1-1)

สมยศ ศะศิธร และคณะ (2543) ได้ทำการศึกษาข้อมูลการใช้น้ำในพื้นลุ่มน้ำยม โดยเน้นเฉพา พื้นที่ราบสุโขทัย โดยได้เสนอในรูปของข้อมูลสนเทศภูมิศาสตร์แหล่งน้ำผิวดิน (GIS) เช่น ลำคลอง หนอ บึง และแหล่งน้ำธรรมชาติ ในบริเวณพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงของสุโขทัยและพิษณุโลก ในท้องที่อำเภอศ สำโรง เมืองสุโขทัย กงไกรลาศ และบางระกำ ซึ่งการศึกษาดังกล่าวมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสภาพ ภูมิศาสตร์ของแหล่งน้ำผิวดิน ที่ถูกอิทธิพลในหน้าฝนจากน้ำจากแม่น้ำยมไหลบ่าล้นตลิ่งเข้าท่วมพื้นที่ เกษตรและที่อยู่อาศัย ประกอบกับในปัจจุบันบริเวณดังกล่าว ได้มีการตัดถนนผ่านชนบทเพิ่มมากขึ้นไป ปิดกันทางระบายน้ำธรรมชาติ ทำให้น้ำระบายไม่ออกทำให้เกิดการบ่าล้นตลิ่งออกมาท่วม ณ พื้นที่ดัง กล่าวเป็นบริเวณกว้าง ทางคณะฯจึงได้จัดทำทำการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น คำนวณหาปริมาณ พื้นที่กักเก็บน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำหลากในแต่ละปี แล้วเสนอในรูปของข้อมูลสนเทศภูมิศาสตร์

บ. แอ็กกี้คอนซัลแตนท์ จ.ก. บ. เอพีที จ.ก. และ บ. เอิทซ์ไซแอนซ์ จ.ก. (2541) ได้จัดทำการ ศึกษาโครงการพัฒนาลุ่มน้ำยม(สายเก่า) จังหวัดสุโขทัย การศึกษาศักยภาพลำน้ำ/ลุ่มน้ำ และการศึกษา ความเหมาะสมโครงการ เพื่อเสนอต่อสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท มีรูปแบบในการพัฒนาตามแนวพระ ราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในเรื่องการบรรเทาอุทกภัยและแก้ปัญหาความเดือดร้อนจาก การขาดแคลนน้ำ คือ เน้นการแพร่กระจายน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยประเภทแก้มลิง โดยได้เสนอแนะ ให้สร้างฝายทดน้ำแม่น้ำยมที่บ้านหาดสะพานจันทร์ แล้วให้ปรับปรุงลำน้ำยมสายเก่าให้สามารถรับน้ำที่ จะผันน้ำจากแม่น้ำยมมายังลำน้ำนี้เพื่อให้เป็นคลองส่งน้ำและระบายน้ำได้ดี และสามารถใช้เป็นที่เก็บ

กักน้ำได้เป็นช่วงๆ ในพื้นที่อำเภอสวรรคโลกและศรีสำโรงฝั่งตะวันออกของแม่น้ำยม ตลอดจนเสนอแนะให้มีการขุดลอกแม่น้ำยมในช่วงที่ตื้นเขิน

บ. ไอดับเบิลยู สยามเทค จ.ก. (2541) ได้จัดทำผลการศึกษาจัดทำพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยและภัยธรรมชาติ ของลุ่มน้ำต่างๆในภาคเหนือ เสนอต่อสำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม โดยได้ใช้ข้อมูลในอดีตของการเกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม มาผสมผสานกับแผนที่มาตราส่วน 1:250,000 และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) แล้วเสนอผลงานในรูปของข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่แสดงพื้นที่น้ำท่วมจากฝนที่ตกหนัก 1วัน 2 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ในแผนที่มาตราส่วน 1:250,000 โดยได้ดำเนินงานในลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน กก อิง โดยใช้ผลจากการดำเนินการสอบเทียบผลการศึกษาจากลุ่มน้ำกกเป็นเกณฑ์

วิชาญ กวินภูมิสถาน (2541) ได้จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในลุ่มน้ำยมที่ชุมชนเมืองแพร่และสุโขทัย โดยประยุกต์การวิเคราะห์คาบความถี่ของการเกิดน้ำท่วม ร่วมกับการใช้แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า (NAM) และการคำนวณการไหลบ่าของน้ำท่วมจากแบบจำลองน้ำหลากสำเร็จรูปMIKE-11 ซึ่งผลที่ได้จัดแสดงเป็นแผนที่เส้นชั้นความสูงของน้ำท่วม ที่รอบการเกิดซ้ำต่างๆกัน เช่น ทุกๆ2ปี 5ปี 10ปี 25ปี 50 ปี และ100ปี ตามลำดับ เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนบรรเทาอุทกภัย แต่อย่างไรก็ตามการนำไปใช้งานจริงของแผนที่ดังกล่าวก็ยังเป็นการยากที่จะระบุได้แน่นอนว่าพื้นที่ใดจะท่วมนานและลึกเท่าใด เนื่องจากข้อมูลทั้งหมดส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการคาดการณ์ปริมาณฝนที่ตกและที่ตกจริงตอนบนของลุ่มน้ำ

สมบัติ ชื่นชูกลิ่น และ ปัญญา พลแสน (2542) ได้ทำการศึกษาทบทวนแนวโน้มการเกิดอุทกภัยและน้ำแล้งจากการนำข้อมูลสภาพฝนและน้ำท่าในลุ่มน้ำยมในอดีต มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติและหาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำในแม่น้ำยมที่ไหลผ่านตัวเมืองสุโขทัย พบว่าแม้แนวโน้มจะมีฝนเฉลี่ยลดลงทุกปีแต่ปริมาณอัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำท่วมมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นทุกปี แต่ในฤดูแล้งนั้นมีสภาพน้ำดีขึ้น ทั้งนี้เกิดจากอิทธิพลการพัฒนาโครงสร้างปัจจัยพื้นฐานต่างๆ เช่น ฝายกลางลำน้ำยม ถนนและพนังกั้นน้ำสองฟากฝั่งของลำน้ำยม

บ. ปัญญาคอนซัลแตนท์ จ.ก. และ บ. พีแอนด์ซีแมเนจเมนท์ จ.ก. (2542) ได้ศึกษาการจัดทำแผนแม่บท และศึกษาความเหมาะสมของการออกแบบรายละเอียดโครงการประตูระบายน้ำแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย เพื่อเสนอต่อกรมชลประทาน มีรูปแบบในการพัฒนาตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในเรื่องการบรรเทาอุทกภัยและแก้ปัญหาความเดือดร้อนจากการขาดแคลนน้ำ คือ

สร้างอาคารกักเก็บน้ำเป็นช่วงๆในลำน้ำยม แพร่กระจายน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยประเภทแก้มลิง โด
ได้เสนอแนะให้สร้างประตูระบายน้ำในแม่น้ำยมที่บ้านหาดสะพานจันทร์ บ้านคลองกระจง และบ้านท่
ช้าง แล้วให้ปรับปรุงลำน้ำยมสายเก่าให้สามารถรับน้ำที่จะผันน้ำจากแม่น้ำยมมายังลำน้ำนี้เพื่อให้เป็
คลองส่งน้ำและระบายน้ำได้ดี และสามารถใช้เป็นที่เก็บกักน้ำได้เป็นช่วงๆ ในพื้นที่อำเภอสวรรคโลกและ
ศรีสำโรง ทั้งนี้ทางบริษัทที่ปรึกษาได้ทำการวิเคราะห์สมดุลย์ของน้ำโดยใช้แบบจำลอง Acres Irrigatio
Support Package (AISP)

การพัฒนาแหล่งน้ำในเขตจังหวัดสุโขทัยยังคงดำเนินการสร้างระบบชลประทาน และการแก้ไ
ปัญหาทั้งสองอย่างต่อเนื่อง โดยกรมชลประทานมีแผนงานนอกจากที่บริษิทที่ปรึกษาได้เสนอไว้เบื้องต้
แล้ว ยังมีแผนดำเนินงานก่อสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดกลางเช่น อ่างฯห้วยแม่รำพัน ห้วยแม่กองค่าย ห้วย
ทรวง ซึ่งจะจุน้ำรวมกัน 21.5 ล้านลบ.ม. ทั้งนี้กรมชลประทานได้ชี้แจงว่า การแก้ไขปัญหาดังกล่าวจะเบา
บางลงมากถ้าหากได้สร้างอ่างเก็บน้ำอเนกประสงค์ที่แก่งเสือเต้น ทางตอนบนของลุ่มน้ำยมจังหวัดแพ
ซึ่งจะจุน้ำได้ 1,175 ล้านลบ.ม. ซึ่งขณะนี้กำลังอยู่ในขั้นตอนของการพิจารณาความเหมาะสมทางด้า
ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

สมบัติ ชื่นชูกลิ่น (2543) ได้ทบทวนภาพรวมการพัฒนาลุ่มน้ำยมจังหวัดสุโขทัยในปัจจุบัน ที่มี
การพัฒนาแหล่งเก็บน้ำ การขุดลอกคลองแม่น้ำเก่าและคลองธรรมชาติต่างๆ รวมเป็นความจุของน้ำ
192 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่การชลประทาน 471,000ไร่ แต่การบรรเทาปัญหาอุทกภัยยังไม่ได้ดำเนิน
การจัดทำเป็นแผนหลักในการระบายน้ำที่ชัดเจน แต่ก็มีคลองผันน้ำขนาดใหญ่จากแม่น้ำยมลงสู่แม่น้ำ
น่านที่สร้างพร้อมโครงการพัฒนาเกษตรชลประทานพิษณุโลก 2 คลอง สามารถระบายน้ำได้สูงสุด 100
ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งสามารถบรรเทาอุทกภัยได้มากถ้าหากมีการจัดการที่เหมาะสมระหว่างพื้นที่
นอกเขตและในเขตชลประทาน แม้ว่ามีการศึกษาให้สร้างอาคารบังคับน้ำกลางแม่น้ำยม 3 แห่งพร้อม
ระบบชลประทาน แล้วผันน้ำไปเก็บกักที่บึงธรรมชาติ คลองธรรมชาติต่างๆ อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่ตอน
บนของลุ่มน้ำฯ อ่างฯขนาดกลางที่สุโขทัยเพิ่มอีก โครงการขุดลอกแม่น้ำเก่าพร้อมระบบคูส่งน้ำในแปลง
นา ในพื้นที่ที่น้ำเคยท่วมเดิมถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่รองรับน้ำท่วมชั่วคราวเพื่อเก็บกักน้ำ และเสนอโครง
การขุดลอกแม่น้ำยมที่ตื้นเขิน ซึ่งจะมีแหล่งเก็บกักน้ำเพิ่มขึ้นอีก 83 ล้านลูกบาศก์เมตร จะกระจายน้ำ
เพิ่มขึ้นในพื้นที่การเกษตรเดิมอีกประมาณ 600,000ไร่ เมื่อวิเคราะห์ความต้องการน้ำใช้เพื่อการเกษตร
ในพื้นที่จังหวัดสุโขทัยตามที่ศึกษาไว้เดิม แล้วยังไม่เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำในฤดูแล้ง การทบ
ทวนการศึกษาจึงได้เสนอให้ขอใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ประมาณไม่เกิน 1 ล้านลบ.ม.ต่อวัน
เฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ผ่านคลองชักน้ำแม่น้ำน่าน-ยมตามแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก แต่ต้องควบคุม

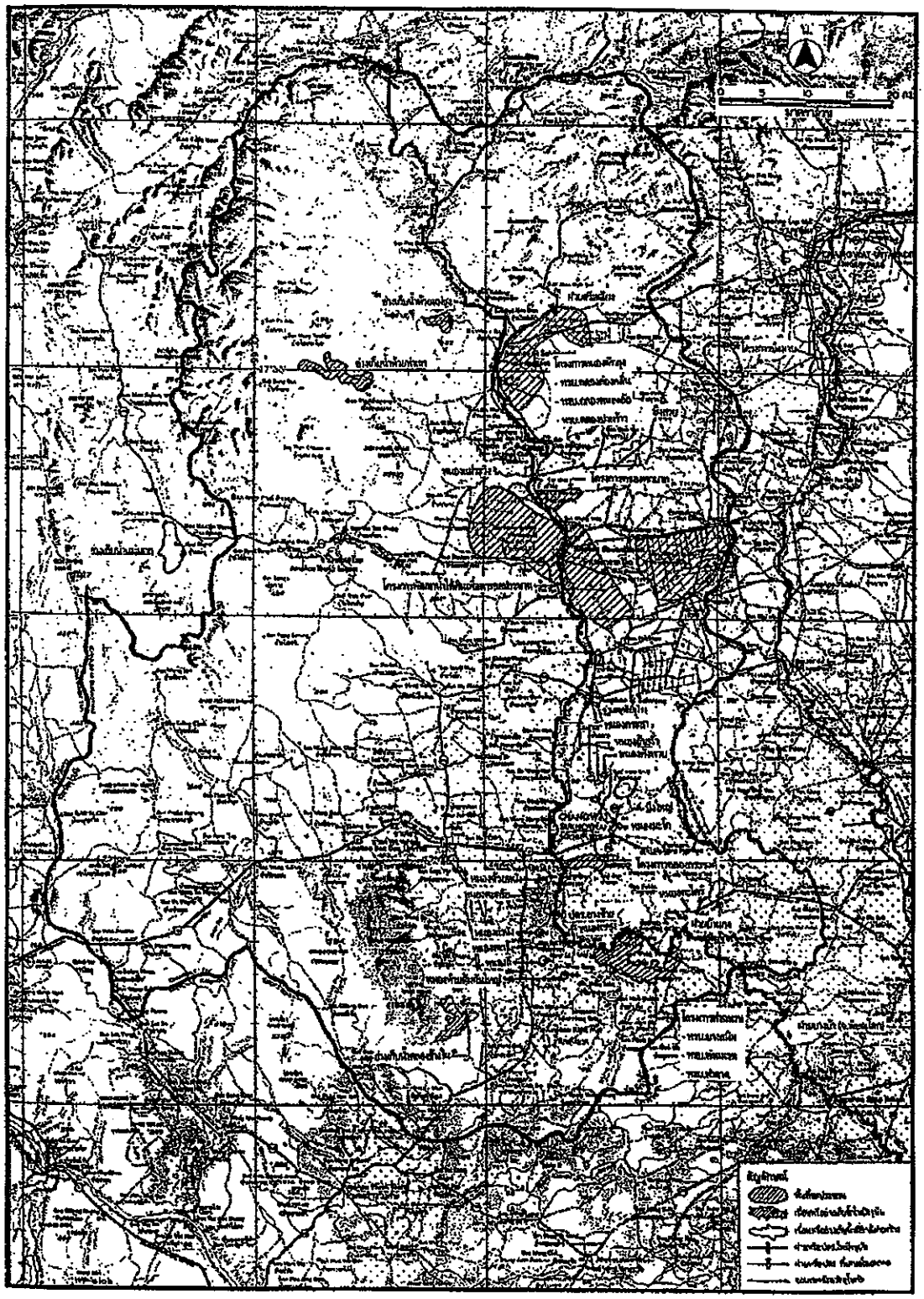
และจัดการน้ำให้ดี ก็จะสามารถบรรเทาความเดือดร้อนในพื้นที่ส่วนตอนในที่อยู่ไกลจากแหล่งน้ำระหว่างพื้นที่สองลุ่มน้ำได้

ศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญในพื้นที่จังหวัดสุโขทัย มีหนองบึงขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่เก็บมากกว่า 100 ไร่ เช่น บึงใหญ่ หนองแม่ระวิง หนองตะไคร้ หนองลี้ ทะเลหลวง หนองเซซุง หนองตะคร้อ หนองลำหนัง และหนองตะเข้ ทางที่ปรึกษาได้เสนอให้ผันน้ำจากแม่น้ำยมเข้าไปเก็บกักได้ในช่วงฤดูฝน สามารถผันน้ำจาก ปตร.บ้านหาดสะพานจันทร์ไปยังบึงสวยและบึงมายได้ พร้อมปรับปรุงขุดลอกแนวคลองผันน้ำแม่น้ำยม-บึงสวย ใช้เป็นแหล่งเก็บกักเป็นประโยชน์ต่อการใช้น้ำในช่วงฤดูแล้ง การผันน้ำไปตามคลองแม่น้ำเก่าซึ่งได้มีการปรับปรุงและมีแผนงานการปรับปรุงของหน่วยงานต่าง ๆ กล่าวคือ สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบทได้ศึกษาโครงการพัฒนาลุ่มน้ำยม ( สายเก่า ) จังหวัดสุโขทัย จากรายงานความเหมาะสม ( ฉบับสุดท้าย ) มีนาคม 2541 ให้มีฝายทดน้ำปิดกั้นแม่น้ำยมที่บ้านหาดสะพานจันทร์ ปรับปรุงแม่น้ำเก่า พร้อมสร้างอาคารประกอบในลำน้ำยมสายเก่าสำหรับระบบชลประทาน 65,000 ไร่ กรมชลประทานได้ดำเนินการสำรวจแผนที่รูปตัดตามยาวคลองแม่น้ำเก่าจากแม่น้ำยมบริเวณคลองหกบาทบรรจบคลองเมม ขุดลอกคลองแม่น้ำเก่า บึงใหญ่ พร้อมอาคารประกอบส่งน้ำให้พื้นที่การเกษตรประมาณ 6,000 ไร่ ขุดลอกคลองบึงใหญ่-แม่น้ำยม พร้อมอาคารส่งน้ำให้พื้นที่การเกษตรประมาณ 10,000 ไร่ ขุดลอกคลองโบสถ์โพธิ์-คลองกุ่มพร้อมอาคารประกอบ

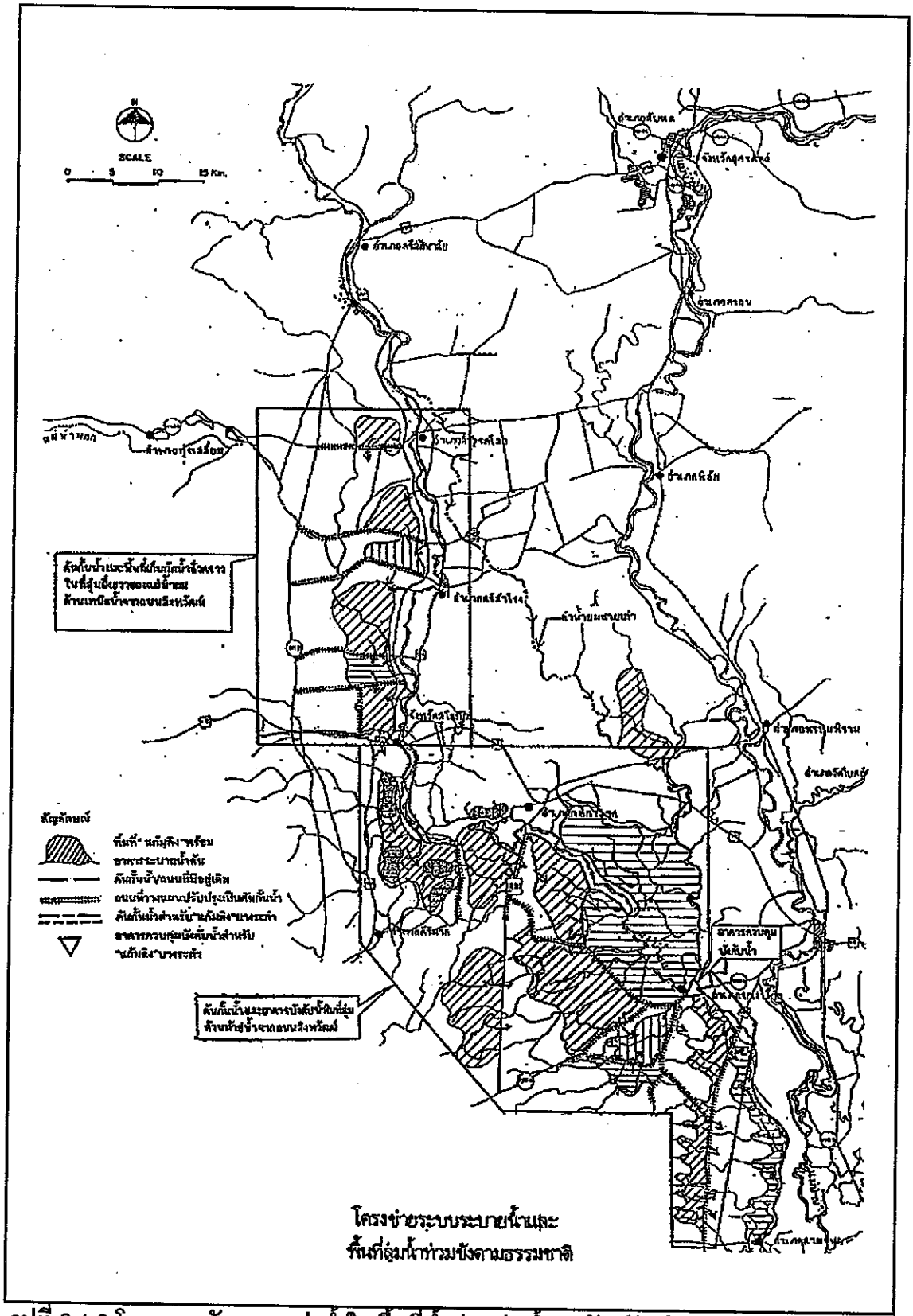
สำหรับการพัฒนาวางแผนบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำยมตอนล่างได้เตรียมการให้มีการพัฒนาโครงการแหล่งน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำยมตอนล่าง เช่น การก่อสร้างอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำสาขาเพื่อเก็บกักน้ำในช่วงน้ำหลาก เช่น อ่างเก็บน้ำห้วยท่าแพมีความจุอ่าง 58 ล้าน ลบ.ม. อ่างเก็บน้ำห้วยแม่สูง มีความจุอ่าง 12 ล้าน ลบ.ม อ่างเก็บน้ำแม่มอก มีความจุอ่าง 96 ล้าน ลบ.ม. การวางแผนพัฒนาลุ่มน้ำยม (Yom Basin Study) ดำเนินการโดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา อังกฤษ (Howard Humphrey & Sons and others) ให้แก่กรมชลประทาน ในปี พ.ศ. 2514 การวางแผนบรรเทาอุทกภัยลุ่มน้ำยมตอนล่าง (Lower Yom Flood Relief Study) ดำเนินการโดยกลุ่มบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา ELC-NK-SEATEC ให้แก่กรมชลประทาน ในปี พ.ศ. 2523 การวางแผนพัฒนาโครงการแก่งเสือเต้น กำลังดำเนินการศึกษาทบทวนและสรุปผลการศึกษาความเหมาะสมโดยกลุ่มบริษัทที่ปรึกษา บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด บริษัท พีแอนด์ซี แมนเนจเมนท์ จำกัด และ บริษัท แอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด ให้แก่กรมชลประทาน มาตรการบรรเทาอุทกภัยที่เสนอแนะได้แก่ การผันน้ำเลี่ยงตัวเมืองสุโขทัย (Sukhothai By-pass) และการพัฒนาช่องทางระบายน้ำหลากบนฝั่งขวาของลำน้ำยม (Right

Bank Floodway) การเก็บกักน้ำในช่วงน้ำหลากในพื้นที่ลุ่มน้ำฝั่งซ้ายของลำน้ำยม (Off-River Storage Reservoir) ปิดกั้นมิให้น้ำจากแม่น้ำยมล้นเข้าท่วมพื้นที่ฝั่งซ้ายระหว่างอำเภอศรีสำโรงกับตัวเมืองสุโขทัยโดยยอมให้น้ำท่วมพื้นที่ฝั่งขวาได้ (รูปที่ 2.1-2)

เนื่องจากสภาพความจุลำน้ำยมตั้งแต่ช่วงอำเภอสวรรคโลกลงมา มีสภาพความจุของลำน้ำลดลงทำให้ปริมาณน้ำล้นตลิ่ง แต่เนื่องจากพื้นที่สองฝั่งลำน้ำยมมีถนนเลียบลำน้ำทำให้น้ำหลากเข้าสู่พื้นที่ลุ่มสองฝั่งลำน้ำยมได้เฉพาะตามช่องสะพานและท่อลอด น้ำที่ล้นตลิ่งจากลำน้ำยมจะเข้าสู่พื้นที่ลุ่มบนฝั่งขวาและฝั่งซ้ายจะถูกเก็บกักไว้ชั่วคราวโดยถนนสิงหวัฒน์ซึ่งสร้างไว้ในแนวตะวันตก-ตะวันออก แล้วจึงระบายลงสู่พื้นที่ด้านใต้ของถนนซึ่งได้ทำหน้าที่เป็นพื้นที่เก็บกักน้ำชั่วคราวหรือพื้นที่ "แก้มลิง" สำหรับพื้นที่ลุ่มด้านใต้ของถนนสิงหวัฒน์ช่วงจากตัวเมืองสุโขทัยถึงอำเภอบางระกำส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ซึ่งมีระดับพื้นดินค่อนข้างต่ำ จากระดับ+45.00 ที่บริเวณตัวเมืองสุโขทัย ลดลงเหลือเพียงประมาณ +38.00 ถึง +40.00 ม.(รทก.) ที่อำเภอบางระกำ พื้นที่ลุ่มบริเวณนี้ส่วนใหญ่มีสภาพน้ำท่วมที่มีความลึกมากและท่วมขังเป็นเวลานานหลายเดือนในฤดูน้ำหลากเกือบทุกปี นอกจากปริมาณน้ำที่ระบายจากพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำยมผ่านแนวถนนสิงหวัฒน์แล้ว พื้นที่ลุ่มนี้ยังต้องรับน้ำที่ระบายจากพื้นที่ลุ่มน้ำด้านตะวันตกที่ล้อมรอบด้วยทิวเขาเขียว-เขาหนองหอย-เขาหลวงซึ่งระบายน้ำผ่านทางหลวงหมายเลข101 (กำแพงเพชร-สุโขทัย) ผ่านโครงข่ายของระบบคลองธรรมชาติในแนวตะวันตกเฉียงใต้ไปยังตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นการบรรเทาอุทกภัยสำหรับพื้นที่ที่ปรึกษาจึงได้เสนอแนะให้ปรับปรุงพื้นที่ลุ่มบางระกำซึ่งเป็นที่ลุ่มน้ำท่วมขังประจำทุกปีให้มีลักษณะเป็นอ่างเก็บน้ำที่มีขอบเขตแน่ชัด โดยเสนอแนะให้สร้างคันดินกั้นน้ำโดยรอบพื้นที่อ่าง ทั้งนี้เพื่อกันพื้นที่หมู่บ้านซึ่งมีอยู่ตามริมฝั่งน้ำยมออกจากพื้นที่น้ำท่วมไม่ให้ราษฎรบุกรุกเข้ามาอยู่ในพื้นที่ระบายน้ำของโครงการ ปรับปรุงระดับหลังถนนโดยการยกระดับให้สูงขึ้นและปรับปรุงท่อลอดถนนต่าง ๆ ให้สามารถระบายน้ำได้พอเพียงกับปริมาณและรวดเร็ว ปรับปรุงขุดลอกหนองน้ำคลองธรรมชาติและคลองผันน้ำให้สามารถทำหน้าที่ได้ทั้งเก็บกักน้ำและระบายน้ำในพื้นที่ให้เชื่อมโยงกับแม่น้ำสายหลัก ปรับปรุงอาคารระบายน้ำที่มีอยู่เดิมในแม่น้ำยมให้สามารถระบายน้ำได้ทันต่อความต้องการระบาย พัฒนาโครงการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำแก่งเสือเต้นจะช่วยบรรเทาน้ำท่วมบางส่วนในเขตจังหวัดสุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์ พร้อมปรับปรุงแม่น้ำยมบางช่วงที่มีลักษณะแคบและตื้นเขิน กำหนดพื้นที่ "แก้มลิง" กำหนดขนาดสะพาน ท่อลอดถนน ที่เหมาะสมของถนนสายหลักต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงหรือก่อสร้างเพิ่มเติมตามลำน้ำยม.



รูปที่ 2.1-1 ภาพรวมของการพัฒนาแหล่งน้ำในปัจจุบันของจังหวัดสุโขทัย

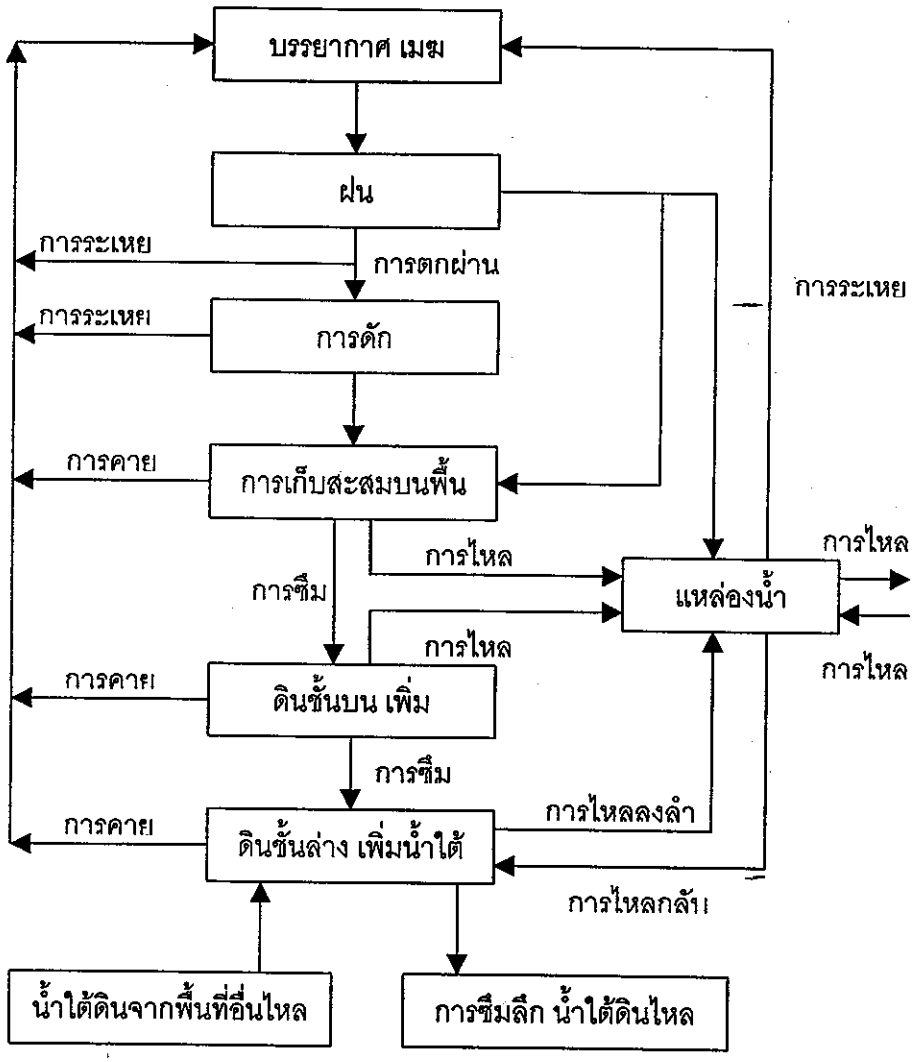



รูปที่ 2.1-2 โครงการพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่น้ำท่วมลุ่มน้ำยมจังหวัดสุโขทัยตามข้อเสนอของ

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.2.1 งบน้ำในวงจรอุทกวิทยา (Water Budget หรือ Water Balance)

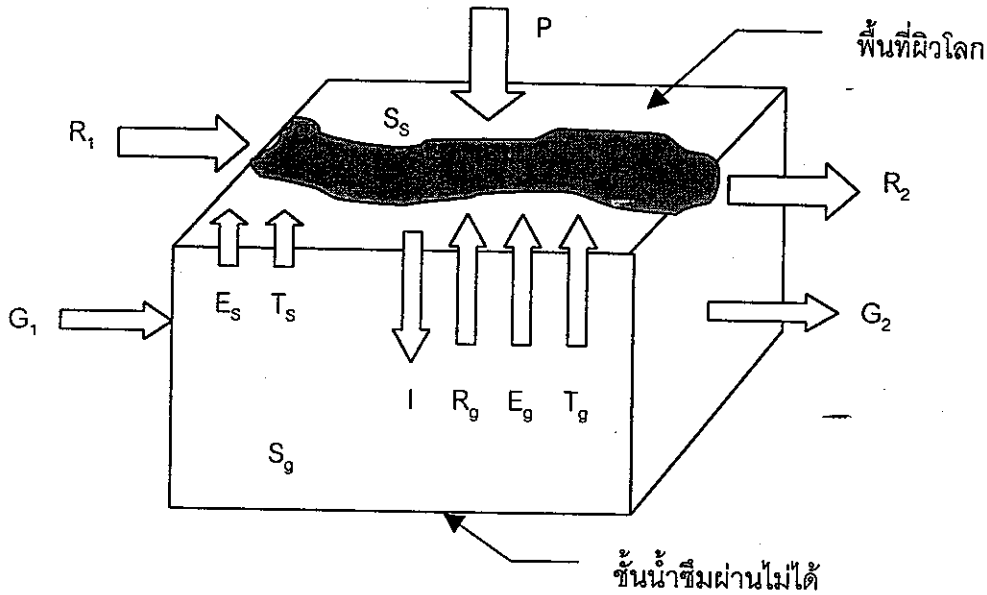
งบน้ำสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้โดยการพิจารณาถึงองค์ประกอบของอุทกวิทยาดังรูป




รูปที่ 2.2-1 วงจรการหมุนเวียนของน้ำ

เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือองค์ประกอบต่างๆในวงจรอุทกวิทยาซึ่งใช้หลักการที่ว่า ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในระบบจะมีค่าคงที่ ไม่มีการสูญหาย แต่อาจมีการเปลี่ยนสถานะหรือเคลื่อนเข้าออกจากระบบ รูปที่ 2.2-1 ถือได้ว่าเป็นหลักการของการจำลองจากของจริง(Conceptual Model) สำหรับวงจรอุทกวิทยาตามธรรมชาติเป็นระบบที่ใหญ่มาก แต่ในทางปฏิบัติเรามักจะศึกษาอุทก

วิทยาสำหรับลุ่มน้ำหนึ่งเท่านั้น ซึ่งเท่ากับว่าเป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งของรูป 2.2-1 ในที่นี้แสดงโดยรูป 2.2-2 มีพื้นที่เท่ากับ A ส่วนล่างน้ำซึมผ่านไม่ได้




รูปที่ 2.2-2 วงจรอุทกวิทยาของพื้นที่ที่ต้องการศึกษา

จากรูปที่ 2.2-2 ตัวแปรในวงจรอุทกวิทยาของพื้นที่ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน(Rainfall, P) การระเหย (Evaporation, E) การคายน้ำของพืช(Transpiration, T) การไหลตามผิว(Runoff, R) การไหลของน้ำใต้ดิน(Groundwater, G) การซึม(Infiltration, I) และการเก็บน้ำ(Storage, S) ตัวอักษรห้อย s และ g หมายถึง เหนือและใต้ผิวดินตามลำดับ เช่น $R_g$ หมายถึง น้ำใต้ดินที่ไหลออกมารวมกับลำน้ำ (Effluent) ลักษณะเช่นนี้ลำน้ำนั้นจะถูกเรียกว่าลำน้ำรับ(Effluent Stream) เนื่องจากได้รับน้ำส่วนหนึ่งจากใต้ดิน แต่ถ้าเกิดตรงกันข้าม ลำน้ำนั้นจะเป็นลำน้ำให้(Influent Stream) เนื่องจากส่วนหนึ่งของน้ำในลำน้ำไหลซึมไปหาชั้นน้ำใต้ดิน สัญลักษณ์ที่จะใช้คือ $R_s$ การระเหยของน้ำจากผิวดินโดยตรงหรือจากผิวน้ำคือ $E_s$

จาก***หลักการของงบน้ำ*** คือ ความสมดุลย์ของปริมาณน้ำที่ไหลเข้า-ออก ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเก็บกัก สามารถเขียนได้เป็น 3 กรณีด้วยกัน คือ

กรณีที่ 1 งบน้ำเหนือผิวดิน

$$(P+R_1+R_g) - (R_2+E_s+T_s+I) = \Delta S_s$$

กรณีที่ 2 งบน้ำใต้ผิวดิน

$$(I+G_1) - (G_2+R_g+E_g+T_g) = \Delta S_g$$

กรณีที่ 3 งบน้ำรวม

$$(P + R_1 + G_1) - (R_2 + G_2 + E_s + E_g + T_g) = \Delta_{(S_s + S_g)}$$

หรือ $$P - (R_2 - R_1) - (E_s + E_g) - (T_s + T_g) - (G_2 - G_1) = \Delta_{(S_s + S_g)}$$

หรือ $$P - \Delta_R - \Delta_G - E - T = \Delta_{S-}$$

ในเมื่อ P, $\Delta_R$, $\Delta_G$, E, และ T เป็นปริมาณฝนที่วัดได้บนพื้นที่ ผลต่างของปริมาณการไหลของน้ำผิวดินเข้าและออกจากพื้นที่ ผลต่างของปริมาณน้ำใต้ดินไหลเข้าและออกจากพื้นที่ ปริมาณการระเหย และปริมาณการคายน้ำของพืช ตามลำดับ โดยพิจารณาในช่วงเวลาที่กำหนด($\Delta_t$) ในบางกรณีอาจตัดค่า G ทิ้ง ถ้าพบว่าการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินมีความสำคัญน้อยมาก

สำหรับ***วิธีงบดุลน้ำของอ่างเก็บน้ำ***เป็น วิธีการคำนวณหาค่าการระเหยจากสมการงบดุลของน้ำเมื่อรู้ค่าอื่นๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย อาศัยกฎการไม่สูญหายของสสาร สมการงบดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ สระ หรือ ทะเลสาบ ในช่วงเวลา $\Delta_t$ สามารถเขียนได้ดังนี้ (ประกอบ 2539)

$$P - \Delta_R - \Delta_{G-E} = \Delta_S$$

**2.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน**

ข้อมูลน้ำฝนที่ได้มาจะต้องนำมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของพื้นที่ การหาเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

(1) <u>วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์</u> วิธีนี้จะนำข้อมูลน้ำฝนของพื้นที่ที่ต้องการศึกษา ($P_i$) มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนสถานีเฉพาะที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษา (n) นั่นคือ

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} P_i$$

(2) <u>วิธีแบ่งโครงข่ายสามเหลี่ยมของทิสเส็น</u> ใช้ในกรณีที่การกระจายของสถานีในพื้นที่ไม่ดี โดยมีการใช้เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เข้ามาเป็นตัวคูณ ดังสมการ

$$P = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^{n} A_i P_i$$

(3) <u>วิธีสร้างเส้นชั้นน้ำฝน</u> วิธีนี้จัดว่าเป็นวิธีที่ถูกต้องมากที่สุด กำหนดตำแหน่งของสถานีลงบนแผนที่ขนาดเหมาะสม ลากเส้นแสดงระดับที่เท่ากัน (Isohyet) ค่าเฉลี่ยของทั้งพื้นที่หาจากผลรวม

ของผลคูณแต่ละคู่ของพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝนกับค่าเฉลี่ยของน้ำฝนระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน แล้วหารด้วยพื้นที่รวม

2.2.3 **การระเหย**(Evaporation)**และการคายน้ำ** (Transpiration)

การระเหยเป็นกระบวนการที่น้ำจากพื้นดินและพื้นน้ำของโลกโยกย้ายไปสู่บรรยากาศ สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการระเหยน้ำ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ เช่น การแผ่รังสี ความดันไอ อุณหภูมิ ลม ความดันบรรยากาศ การระเหยจะผันแปรกับความสูง ฤดูกาล ช่วงเวลาของวันและสภาพของท้องฟ้า ธรรมชาติของผิวที่มีการระเหย คุณภาพน้ำหรือสารประกอบอื่นๆละลาย การหาค่าการระเหย เช่น การใช้ถาดวัดการระเหยวัดโดยตรง หรือคำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลทางภูมิศาสตร์ เช่น สมการงบน้ำ (Water budget) สมการงบพลังงาน (Energy budget) การถ่ายเทมวล (Mass transfer)

(1) <u>สมการงบน้ำ</u> อาศัยหลักการที่ว่า:

ปริมาณที่ไหลเข้า = ปริมาณน้ำที่ไหลออก + การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

$$R_1 + P + R_g = R_2 + E + S_2 - S_1 + I$$

$$E = P + (R_1 - R_2) + (Rg - I) + (S_1 - S_2)$$

ถ้า $R_g - I$ เท่ากับค่าสุทธิที่น้ำซึมออกจากอ่างและให้เท่ากับ $O_g$

จะได้ $E = P + (R_1 - R_2) + (S_1 - S_2) + O_g$

โดยที่ ไม่มี $T_s$ (การคายน้ำ) เนื่องจากเป็นการวัดการระเหยจากแหล่งน้ำ

(2) <u>สมการงบพลังงาน</u> อาศัยหลักการที่ว่า:

พลังงานเข้า = พลังงานออก + พลังงานสะสมในระบบ

(3) <u>การถ่ายเทมวล</u> มีรูปแบบของสมการต่างๆดังจะสรุปได้ดังนี้

**ก) สมการ** Delton

$$E = (e_o - e_a)(a + bV)$$

เมื่อ $e_o$ = ความดันไอของอากาศที่ผิวน้ำ

$e_a$ = ความดันไอที่ระยะความสูงคงที่ในบรรยากาศที่กำลังเคลื่อนไหว

$V$ = ความเร็วลมที่ระยะความสูงนั้น

$a, b$ = ค่าคงที่เฉพาะแห่งของพื้นที่

ข) สมการ Sverdrup

$$E = 0.623\,\rho k^2 U_8(e_2-e_8)/(P(\ln 800/Z_0)^2)$$

ค) สมการของ Thornwaite และ Holzman

$$E = 0.623\,\rho k^2 (U_2-U_8)(e_2-e_8)/(P(\ln 800/200)^2)$$

เมื่อ $E$ = การระเหย ซม./วินาที

$\rho$ = ความหนาแน่นของอากาศ กรัม/ลบ.ซม.

$k$ = ค่าคงที่ Von Karman เท่ากับ 0.4

$U_2, U_8$ = ความเร็วลมที่ ระดับ 2 และ 8 ม.

$e_2, e_8$ = ความดันไอเป็นมิลลิบาร์ ที่ระดับ 2 และ 8 ม.

$Z_0$ = ค่าระยะความขรุขระ ซม.

(4) <u>การใช้ถาดวัดการระเหย</u> เป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลาย โดยที่ สปส. ของถาด คือ อัตราส่วนการระเหยรายปีของแต่ละแห่งต่อการระเหยรายปีของถาดมีค่าค่อนข้างคงที่ ถาดวัดการระเหยที่นิยมใช้กับแพร่หลาย และเป็นที่ยอมรับขององค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก ก็คือ U.S Weather Bureau Class A Pan หรือเรียกสั้นๆว่า Class-A Pan การวัดการระเหยจะวัดทุกวันเป็นความลึกของน้ำที่ระเหยไปจะต้องมีการปรับโดยการพิจารณาความลึกของน้ำฝนที่ตก

สมการหาค่าการระเหยคือ

$$E = k_p E_p$$

เมื่อ $k_p$ = สปส. ของถาดระเหยจะมีค่าประมาณ 0.70

$E_p$ = ค่าการระเหยที่วัดได้จากถาด

ส่วนวิธีดุลยภาพของน้ำ ดุลยภาพของพลังงานและแอโรไดนามิกส์เป็นการคำนวณหาปริมาณการระเหยจากทะเลสาปหรืออ่างเก็บน้ำโดยตรง มีความยุ่งยากและต้องใช้ข้อมูลมากจึงไม่เป็นที่นิยมใช้

การคายน้ำ คือ กระบวนการของพืชในระหว่างการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างคาร์โบไฮเดรต พืชคายน้ำตลอดเวลา เป็นกลไกหลักทางอุทกวิทยาที่นำน้ำกลับคืสู่บรรยากาศ โดยทั่วไปการศึกษาสมดุลย์ของน้ำหรืองบน้ำของลุ่มน้ำใดๆมักไม่แยกการระเหยและการคายน้ำออกจากกัน

2.2.4 **การคายระเหย** (Evapotranspiration)

การคายระเหย คือ กระบวนการที่เกิดการระเหยและการคายน้ำพร้อมกัน ในทางปฏิบัติจึงวัดสองค่ารวมกัน เนื่องจากการระเหยวัดได้เฉพาะบนพื้นที่ผิวน้ำหรือดินที่เปียกน้ำหลังฝนตกใหม่ๆ ส่วนการคายน้ำของพืชในสภาพธรรมชาติไม่สามารถทำได้ ศักย์การคายระเหย (Potential Evapotranspiration) คือ การคายระเหยน้ำสูงสุดของพืช โดยไม่ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศและดินที่มีความชุ่มชื้นเต็มที่ Thornwaite ได้เสนอหลักการซึ่งใช้กันกว้างขวาง ว่า การคายระเหยขึ้นกับความหนาแน่นของสิ่งปกคลุมและระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช

**การวัดการคายระเหย**

(1) โดยใช้ถังวัด ฝังลงในดิน สภาพดินภายในและภายนอกต้องเหมือนกัน เช่น ความหนาแน่น ชนิด และความสูงของพืช โดยใช้หลักของงบน้ำ คือ

การคายระเหย = น้ำฝน + น้ำชลประทาน – การระบาย + การเปลี่ยนแปลงความชื้น

$$ET = \frac{\sum_{i=1}^{n}(d_i - d_{i-1}) + p + I_{rr} - D_r}{\Delta t}$$

เมื่อ

| | | |
|---|---|---|
| ET | = | การคายระเหย มม. |
| p | = | ปริมาณน้ำฝน มม. |
| $I_{rr}$ | = | ปริมาณน้ำชลประทาน มม. |
| $D_r$ | = | การระบายออก มม. |
| $\Delta_t$ | = | ช่วงเวลา |
| n | = | จำนวนชั้นของดิน |

(2) งบน้ำจากแปลงทดลอง เป็นการหาค่าการคายระเหยที่สภาพธรรมชาติ

(3) การหาค่าการคายระเหยทั้งลุ่มน้ำ

(4) การคำนวณศักย์การคายระเหย

นักวิจัยพยายามพัฒนาสมการเพื่อประเมินค่าศักย์การคายระเหยของพืชอ้างอิง เช่น อาศัยอุณหภูมิ การแผ่รังสี ความชื้น การระเหย

ก) **สมการ** Blaney-Criddle

พบว่าขึ้นกับอุณหภูมิและระยะเวลาของแสงแดด

$$ET_p = K\sum tp/100$$

เมื่อ $ET_p$ = ศักย์การคายระเหย นิ้ว/ช่วงเวลา

$t$ = อุณหภูมิเฉลี่ย องศาฟาเร็นต์ไฮท์

$p$ = เปอร์เซ็นต์ของแสงแดด

$K$ = สปส. การใช้น้ำของพืช เป็น เดือน ฤดู หรือปี

กรณีที่อุณหภูมิเป็น องศาเซลเซียส $ET_p$ เป็น มม./ช่วงเวลา สมการจะเป็น

$$ET_p = 25.4K\sum(1.8t+32)p/100$$

ข) สมการ Jensen-Haise

พบว่ารังสีจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานหลักที่ควบคุมการใช้น้ำของพืช และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิของบรรยากาศ สำหรับพืชอ้างอิง คือ หญ้าอัลฟัลฟา ได้สมการ

$$ET_p = C_t(T-T)R_s$$

เมื่อ $ET_p$ = ศักย์การคายระเหยของพืชอ้างอิง มม./วัน

$T$ = อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศเป็น องศาเซลเซียส

$R_s$ = ปริมาณการแผ่รังสี โดยเทียบเป็น มม.ของน้ำ/วัน

$C_t$ = สปส. ความกดดันบรรยากาศ

ค) สมการPenman-Monteith

ค้นพบโดย Monteith (1965) ซึ่งดัดแปลงสมการของผู้ที่คิดค้นสมการเป็นคนแรก โดยอาศัยหลักของการถ่ายเทมวลคือ Penman มาเป็นสมการ Penman-Monteith ซึ่งอยู่ในรูปของ

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho C_p(e_a - e_d)/r}{\Delta + \gamma(1 + r_c/r_a)}$$

เมื่อ $\lambda ET$ = การถ่ายเทมวลของไอน้ำ (เมกะจูล/ม$^2$/เวลา)

$R_n$ = การถ่ายเทมวลของรังสีแสงแดดไปยังพุ่มไม้ (เมกะจูล/ม$^2$/เวลา)

$G$ = การถ่ายเทมวลของความร้อนในดิน (เมกะจูล/ม$^2$/เวลา)

$\Delta$ = เส้นลาดของความดันไอน้ำอิ่มตัว (กิโลปาสคาล/องศาเซนเซียส)

$\rho$ = มวลของอากาศ (ก.ก./ม.$^3$)

$C_p$ = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (เมกะจูล/ม$^2$/เวลา)

$e_a$ = ความดันไอน้ำอิ่มตัว ณ อุณหภูมิของอากาศปัจจุบัน (กิโลปาสคาล)

$e_d$ = ความดันไอน้ำอิ่มตัว ณ อุณหภูมิของอากาศที่จุดน้ำค้าง (กิโลปาสคาล)

$r_a$ = ความต้านทานในการเคลื่อนตัวทางอากาศต่อการแตกตัวของไอและความร้อน (เวลา/ม.)

$r_c$ = ความต้านทานความจุของพุ่มไม้ (เวลา/ม.)

$\gamma$ = ค่าคงที่พิโครเมตริก (กิโลปาสคาล/องศาเซนเซียส)

ค่าตัวแปร t จะเป็นฐานเวลาสำหรับการประมาณการถ่ายเทของไอน้ำ หน่วยของอัตราการคายระเหยจึงเป็น มม./เวลา ซึ่งคำนวณโดยหารเทอม $\lambda ET$ ด้วยเทอม $\lambda$ (Latent heat of vaporization)

เพื่อความสะดวกในการคำนวณหาค่าอัตราการคายระเหยดังกล่าว จึงใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ CROPWAT ซึ่งพัฒนาโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) มาใช้ประกอบการวิจัยครั้งนี้ทั้งหมด โดยข้อมูลเบื้องต้นต่างๆที่จะต้องใส่เข้าไปในการคำนวณประกอบด้วย ที่ตั้งเส้นรุ้ง-เส้นแวงของสถานีตรวจอากาศ ระดับความสูงของพื้นที่ ข้อมูลรายเดือนของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด-ต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมเฉลี่ยต่อวัน(วัดที่ความสูง 2 เมตร) จำนวนชั่วโมงของแสงแดดต่อวัน

### 2.2.5 **ความต้องการใช้น้ำของพืช** (Crop water requirement)

การใช้น้ำของพืชหรืออัตราการคายน้ำจริงของพืชแต่ละชนิดมีผลโดยตรงต่อความสมดุลย์หรืองบน้ำในระบบการไหลของน้ำที่พื้นผิวดินของลุ่มน้ำที่พิจารณา ในการประมาณอัตราการใช้น้ำดังกล่าวสามารถหาได้จากค่าอัตราการคายระเหยอ้างอิงคูณกับสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของพืชซึ่งได้มีผู้ทำการศึกษาทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวไว้บ้างแล้วสำหรับพืชบางชนิด ดังนั้นสมการจะเป็น

$$[ET_c]_{ij} = [K_c]_{ij}[ET_o]_i$$

เมื่อ $ET_c$ คือ ความต้องการใช้น้ำของพืช, มม.

$ET_o$ คือ อัตราการคายระเหยอ้างอิง, มม.

$i$ คือ ช่วงเวลาที่พิจารณา ($i = 1, 2, 3, \ldots, n$)

$j$ คือ ชนิดของพืชที่ปลูก ($j = 1, 2, \ldots, m$)

$K_c$ คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด

มห
TD
513
.T5
ส255ร
2542



- 1 มิ.ย. 2544
4411324

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องในการเพาะปลูกของพืช เช่น จะต้องนำค่าการสูญเสียของปริมาณน้ำรั่วซึมจากแปลงเพาะปลูกลงไปในดิน (Percolation losses) ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียมแปลง วิธีการให้น้ำ ชนิดของดิน ระดับน้ำใต้ดิน ปกติดินเหนียวจะมีค่าประมาณ 1-2 ม.ม. ต่อวัน แต่จะเป็น 7-10 ม.ม. ต่อวัน ตามปกติจะใช้ 1-3 ม.ม. ต่อวัน และใช้ 2 ม.ม. ต่อวัน สำหรับภาคเหนือของไทย

ปริมาณฝนใช้การได้ (Effective rainfall) ซึ่งเป็นฝนที่ตกลงมาแล้วพืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ขึ้นอยู่กับชนิดดิน ความชื้นในดินก่อนฝนตก ระดับน้ำใต้ดิน ความเข้มและปริมาณของฝน อัตราการใช้น้ำของพืช วิธีการเขตกรรม วิธีการให้น้ำ ในการกำหนดค่าฝนใช้การสามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น กำหนดเป็นตัวเลขคงที่ (เช่น 80% ของปริมาณฝนรายเดือน) หรือวิธีของFAO วิธีของUS-SCS หรือวิธีของACRE เป็นต้น ตามปกติจะใช้วิธีแรกและของFAO ซึ่งจะรวมอยู่ในโปรแกรมCROPWAT (FAO) สำหรับการคำนวณปริมาณการใช้น้ำชลประทานของพืช

ประสิทธิภาพการชลประทาน (Irrigation efficiency) เป็นดัชนีที่บอกความสามารถในการให้น้ำจากระบบส่งน้ำไปยังแปลงเพาะปลูก ซึ่งจะเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่พืชใช้ตามทฤษฎีรวมกับอัตราการรั่วซึมหักฝนใช้การต่อปริมาณน้ำที่ส่งให้จากระบบส่งน้ำ โดยจะมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝนรายวัน ปริมาณน้ำที่ส่งรายวัน อัตราการใช้น้ำซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงการเจริญเติบโตของพืช อัตราการรั่วซึม ชนิดของพืชและวิธีการเขตกรรม เช่น การส่งน้ำปลูกข้าวนาปีในฤดูฝนจะมีประสิทธิภาพประมาณ 30-35 % และ 50-59 % สำหรับนาปรังในฤดูแล้ง

### 2.2.6 การดัก (Interception) และการซึม (Infiltration)

การดัก คือ ปริมาณของน้ำที่ค้างอยู่บนสิ่งต่างๆ ซึ่งในที่สุดก็จะระเหยกลายเป็นไอสู่บรรยากาศ สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการดัก คือ ชนิดของพืช เช่น ลักษณะของใบ ความหนาแน่นของใบ การแตกกิ่งก้านสาขา ความสูงต่ำ ความหนาแน่นของพืช ลักษณะพายุฝน ความแรงของฝน ลม

การคำนวณปริมาณการดัก

(1) <u>สมการของ Horton</u> ได้หาปริมาณการดักกับชนิดของพืช ความสูง และ พืชคลุมดิน พบว่า

$$I_i = S_i + RET$$

เมื่อ $I_i$ = ปริมาณการดัก มม.

$S_i$ = ปริมาณการดักน้อยที่สุดที่สามารถค้างอยู่บนใบไม้

$R$ = เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ถูกใบไม้บังตามแนวราบ

E = ปริมาณการระเหยต่อชั่วโมง

T = ระยะเวลาเป็นชั่วโมง

(2) <u>สมการ Meriam</u> ได้ปรับปรุงจากสมการ Horton เป็น

$$I_i = S_i (1 - e^{-P/Si}) + RET$$

เมื่อ P = ปริมาณน้ำฝน มม.

การซึม คือ การที่น้ำไหลผ่านผิวดินซึมลงไปข้างใต้ตามชั้นดิน เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก จนถึงน้ำใต้ดิน ลักษณะการซึม มี 2 แบบ คือ การซึมที่เกิดจากฝนตก (Rain Infiltration) และการซึมจากที่ขังบนผิวดิน (Ponding Infiltration) การซึมจากที่ขังบนผิวดิน 2-3 มม. ดินจะอิ่มน้ำอัตราการซึมจะลดลงอย่างรวดเร็วและมีค่าเข้าสู่การนำชลศาสตร์อิ่มน้ำ เมื่อระยะการเคลื่อนตัวของน้ำไหลลึกลงไปเรื่อยๆ ตราบที่ยังมีน้ำขังที่ผิว ส่วนการซึมที่เกิดจากฝนตกขึ้นกับอัตราการตกของฝน ถ้าฝนตกน้อยอัตราการซึมจะมีค่าคงที่เท่ากับอัตราการตกของฝนจนกว่าจะเกิดน้ำขังบนผิวดิน ดินจะอิ่มตัวด้วยน้ำและอัตราการตกของฝนจะมากกว่าอัตราการซึม อัตราการซึมจะลดลงเรื่อยๆ สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการซึม ได้แก่ ลักษณะผิวหน้าดิน การจัดเรียงตัวของเม็ดดิน พืชที่ปกคลุมดิน ชนิดของพืช ความชื้นเริ่มต้นของดิน เป็นต้น

การคำนวณปริมาณการซึม นิยมใช้วิธีตามสมการของ Horton ได้หาปริมาณการซึม ดังนี้

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$

f = อัตราการซึม=ระยะทางต่อเวลา, t = ที่เวลาใดๆ, c = เวลาที่นานมากๆ, 0 = เวลาเริ่มต้น, k = ค่าคงที่

$$k = -\frac{\Delta \log(f_t - f_c)}{\Delta t . \log e}$$

นอกจากนี้ยังวิธีของPhilip, Kostiakove และ Phi-index ซึ่งไม่ขอกล่าวในที่นี้

### 2.2.7 น้ำท่า (Stream flow) และน้ำไหลหลาก (Runoff หรือ Direct runoff)

น้ำท่า คือ น้ำที่ไหลในลำน้ำตามธรรมชาติ น้ำท่าจะประกอบด้วยน้ำจาก 3 แหล่ง คือ น้ำจากการไหลตามผิวจากฝนส่วนเกิน (Excess rainfall) ที่ไม่สามารถซึมลงดินได้จะไหลไปตามผิวดิน รวมตัวกันไหลไปตามร่องน้ำเล็กๆ ค่อยๆ ใหญ่ขึ้นกลายเป็นลำน้ำ น้ำจากการไหลเสริม (Interflow) เป็นน้ำที่ซึมลงดินชั้นบนๆ และจะไหลออกมารวมกับร่องน้ำเล็กๆ บางส่วนจะไหลไปรวมกับลำน้ำใหญ่โดยตรง น้ำจากชั้นน้ำใต้ดินเป็นน้ำไหลที่ซึมไปสะสมยังชั้นน้ำใต้ดิน และไหลออกรวมกับลำน้ำในที่สุด

ในทางปฏิบัติ การไหลในลำน้ำหรือน้ำท่า จะแยกออกเป็น

(ก) <u>การไหลโดยตรง</u> (Direct runoff) การไหลตามผิวทั้งหมด รวมทั้งการไหลออกทันทีของน้ำที่ซึมลงไปในดินระดับตื้นๆ (Prompt subsurface runoff) รวมทั้งการไหลของน้ำใต้ดิน จากชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater runoff)

(ข) <u>การไหลพื้นฐาน</u> (Base flow) เป็นผลมาจากน้ำใต้ดินไหลออก และการไหลใต้ดินจากระยะตื้นๆ ที่ไหลออกช้า (Delayed)

การวัดอัตราการไหลทำได้หลายวิธี เช่น วิธีทุ่นลอย วิธีวัดความเร็ว-พื้นที่รูปตัดทางน้ำ (V-A) วิธีวัดความเข้มข้นของสารละลาย วิธีฝายและรางวัดน้ำ และ วิธีคำนวณอาศัยสมการของ Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

เมื่อ V = ความเร็วเฉลี่ย ม./วินาที

S = ความลาดเอียงของผิวน้ำ

R = รัศมีชลศาสตร์ ม. =A/P

A = พื้นที่รูปตัด P = ความยาวขอบเปียก ม.

และอัตราการไหล Q = AV

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

น้ำท่ามีข้อพิจารณาจากปัจจัยต่างๆที่สำคัญ เช่นปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของฝนซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการตกของฝน (Rainfall intensity) ระยะเวลาที่ฝนตก (duration) การกระจายของฝนบนพื้นที่ (distribution) ทิศทางการเคลื่อนที่ของฝน (pattern) ปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่รับน้ำ เช่น ชนิดของดิน (soil type) ลักษณะการใช้พื้นที่ (land-use) ขนาดของพื้นที่รับน้ำ (watershed area) รูปร่างของพื้นที่รับน้ำ (shape) ความลาดชัน (slope) ทิศทางการวางตัวของพื้นที่รับน้ำ (orientation) สภาพการระบายของลุ่มน้ำ (drainage condition) สภาพการกักเก็บน้ำ (storage characteristics) สภาพการขาดแคลนน้ำในดิน (soil moisture deficit) สภาพการไหลของน้ำใต้ดิน (gปริมาณน้ำท่าส่วนหนึ่งได้มาจากการที่น้ำใต้ดินไหลเสริมเข้าสู่ลำน้ำในบริเวณที่ท้องนาติดต่อกับชั้นน้ำใต้ดิน (groundwater contribution)

น้ำไหลหลากหรือน้ำนองหรือน้ำบ่าเหนือผิวดิน เกิดเมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกมีค่ามากกว่าค่าความจุการดูดซึมของดินที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดิน ความชื้นเริ่มต้น รวมถึงการดักและการสะสมบนร่องผิว ซึ่งจะเกิดก่อนน้ำหลาก สิ่งที่มีผลต่อน้ำไหลหลาก ได้แก่ ธรรมชาติของ

ฝน และลักษณะของพื้นที่รับน้ำ การคำนวณหาปริมาณน้ำหลากจากข้อมูลน้ำฝนสามารถดำเนินการได้
หลายวิธี เช่น

(ก) Rational Method มักใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำ สามารถใช้ในลุ่มน้ำขนาดเล็กได้ดี พอควร อัตราน้ำหลากสูงสุดจะแปรผันโดยตรงกับอัตราการตกของฝน ในช่วงเวลารวมตัว (Time of concentration) ซึ่งเป็นเวลาที่ต้องการสำหรับพื้นที่ทั้งหมดที่จะมีส่วนรับน้ำหลาก และปริมาณน้ำหลากจะมีคาบการเกิดซ้ำเช่นเดียวกับฝน

$$Q = 2.78CIA$$

เมื่อ $Q$ = อัตราน้ำหลากสูงสุด ลบม./วินาที

$C$ = สปส. น้ำหลากขึ้นกับชนิดของพื้นผิว

$i$ = ความเข้มของฝนขึ้นกับช่วงเวลาการตก และความถี่การเกิดซ้ำ ซม./ชม.

$A$ = พื้นที่รับน้ำ (Drainage area) ตร.กม.

โดยที่ $t_c = 0.0003245L^{0.77}/S^{0.385}$

เมื่อ $t_c$ = เวลารวมตัวของน้ำ ชม.

$L$ = ความยาวของลำน้ำ ม.

$S$ = ความลาดเอียงของพื้นตามแนวลำน้ำ

(ข) วิธีของ SCS ซึ่งพัฒนาโดยหน่วยงานอนุรักษ์ดินของอเมริกา โดยอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับดิน และพืชที่ปกคลุม ประกอบด้วย การจำแนกชนิดของดิน การจำแนกสิ่งที่ปกคลุมดิน และการซึมบนดินก่อนที่ฝนตก มาประเมินอัตราน้ำหลาก ในรูปของจำนวนโค้ง (Curve Number: CN) เป็นต้น

### 2.2.8 การวิเคราะห์ความถี่ของการเกิดน้ำท่วม (Flood frequency analysis)

การวิเคราะห์ความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆที่ซ้ำๆกัน เช่น ระดับน้ำท่วม จะใช้เป็นแนวทางในการวางแผนเตือนภัยและอพยพผู้คน หรือ ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบสิ่งก่อสร้างต่างๆ ซึ่งจำเป็นจะต้องทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความเป็นไปได้หรือโอกาสที่จะเกิดขึ้นซ้ำอีกในรอบกี่ปีที่ระบุ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้วิธีการแจกแจงแบบ Extreme-Value Type I หรือวิธีของ Gumbel โดยมีสมการเป็น

$$X_T = X + K_T.S$$

เมื่อ $X_T$ = ค่าตัวแปรเช่นระดับน้ำสูงสุดที่รอบการเกิดซ้ำ T ปี, ม

$T$ = Return Period รอบของการเกิดซ้ำที่กำหนด, ปี

X = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวแปรดังกล่าวที่มาวิเคราะห์, ม

$K_T$ = ค่าแฟคเตอร์ที่รอบการเกิดซ้ำ T ปี

$K_T = \sqrt{-6}/[\pi\{0.5772 + \ln(T/(T-1))\}]$

**2.2.9 การเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วม (Flood routing)**

การเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำท่วมในลำน้ำจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จะใช้วิธีของ Muskingum โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของความจุของน้ำในลำน้ำที่ไหลเข้าไหลออกในคาบเวลาที่ระบุ ดังสมการ

$S = k[xI+(1-x)O]$

เมื่อ k = ค่าคงที่เวลาเก็บกักในช่วงลำน้ำนั้นๆ (storage time constant)

x = ตัวประกอบเฉลี่ยน้ำหนัก (weighing factor=0.0-0.5)

S = การเก็บกักในลำน้ำจาก

$(I_1+I_2)/2-(O_1+O_2)/2 = (S_2-S_1)/\Delta t$

I = อัตราการไหลเข้า (inflow) ที่สถานีด้านเหนือน้ำ

O = อัตราการไหลออก (outflow) ที่สถานีด้านท้ายน้ำ

และ $O_2 = C_0I_2+C_1I_1+C_2O_1$

$S_2-S_1 = k[x(I_2-I_1)+(I-x)(O_2-O_1)]$

$C_0+C_1+C_2 = 1$

$$C_0 = \frac{-kx+0.5\Delta t}{k(1-k)+0.5\Delta t}$$

$$C_1 = \frac{kx+0.5\Delta t}{k(1-k)+0.5\Delta t}$$

$$C_2 = \frac{k-kx-0.5\Delta t}{k(1-k)+0.5\Delta t}$$

เมื่อตัวเลขที่ห้อยท้าย 1, 2 ของ S, I, O คือ ค่าของ S, I, O ที่เวลาเริ่มต้นและเวลาถัดไปตามลำดับ

**2.2.10 น้ำใต้ดิน** (Groundwater)

น้ำใต้ดิน คือ น้ำจืดจำนวนหนึ่งที่แทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของเม็ดดิน ภายใต้ผิวดินลงไป ข
ให้ชั้นดินที่มีน้ำอยู่เต็มนี้อิ่มตัวด้วยน้ำ มีจุดกำเนิดจากชั้นอุ้มน้ำ (Aquifers) ชั้นไม่อิ่มน้ำ (Unsaturated
ชั้นอิ่มน้ำ (Saturated) ชั้นน้ำอิสระ (Unconfined aquifer) ชั้นน้ำใต้ดินแบบจำกัด (Confined aquifer)

ระดับน้ำใต้ดินจะมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำตามแหล่งน้ำต่างๆ ระดับน้ำจะอยู่ต่ำจากผิวดินล
ไปมากเมื่ออยู่ห่างออกไปจากแหล่งน้ำ น้ำใต้ดินเองส่วนหนึ่งจะมาจากฝนบางส่วนที่ไหลซึมลงดินเรื่อย
ตามแรงโน้มถ่วง จนถึงชั้นที่กั้นน้ำไว้ ก็จะสะสมจนมีระดับสูงขึ้น ในกรณีที่ระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่าระดับน้
ในแหล่งน้ำ น้ำในแหล่งน้ำจะไหลเสริมเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดิน (Influent stream) แต่ถ้าระดับน้ำใต้ดิ
อยู่สูงกว่า น้ำใต้ดินก็จะไหลเสริมลำน้ำ (Effluent stream)