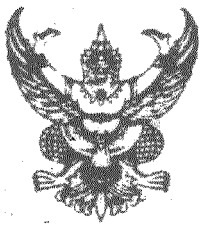
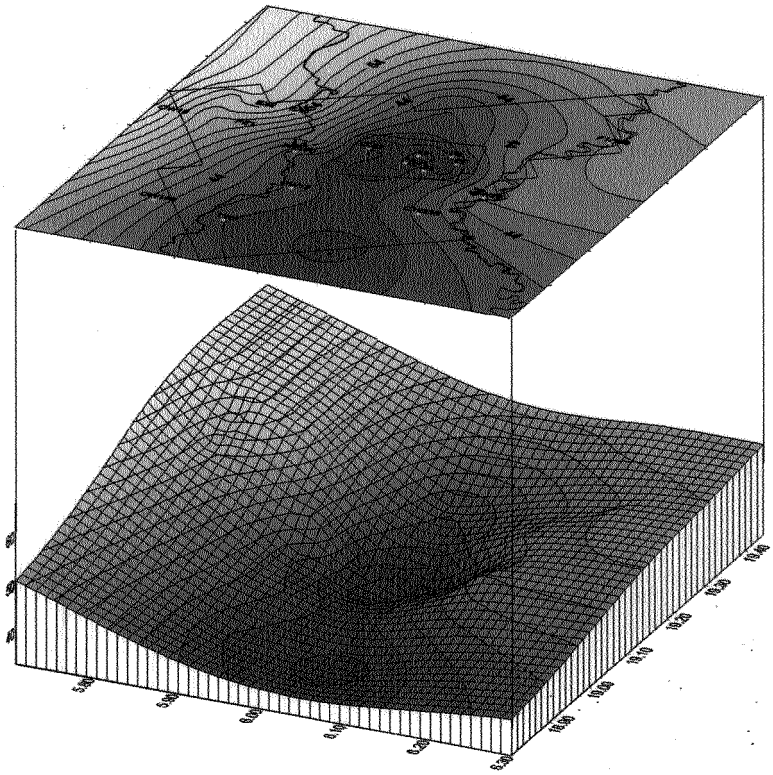


การวิเคราะห์รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย : ปี ค.ศ. 1981 - 1998



ฝ่ายสำรวจน้ำบาดาลเพื่อการชลประทาน
ส่วนวิทยาการธรณี
สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา
กรมชลประทาน

เมษายน 2542

การวิเคราะห์รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย : ปี ค.ศ. 1981 - 1998

โดย

นางสุวิชา มณีขัติย์

ฝ่ายสำรวจน้ำบาดาลเพื่อการชลประทาน

ส่วนวิทยาการธรณี

สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา

กรมชลประทาน

เมษายน 2542

สารบัญ

	หน้า
สารบัญรูป	i
สารบัญตาราง	ii
บทคัดย่อ	iii
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สภาพทางอุทกธรณีวิทยา	2
2 การจัดเก็บและรวบรวมข้อมูล	14
3 การปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	15
4 การนำเสนอข้อมูล	18
4.1 การนำเสนอในรูปแบบกราฟระดับน้ำ (Hydrographs)	18
4.2 การนำเสนอในรูแบบแผนที่ระดับน้ำ (Piezometric Maps)	18
5 การวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำ	21
5.1 การวิเคราะห์แผนที่ระดับน้ำจำลอง	21
5.2 การวิเคราะห์แผนที่ระดับน้ำจริง	24
6 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูล	26
6.1 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบกราฟระดับน้ำ	26
6.2 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบแผนที่ระดับน้ำ	37
7 สรุปผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ	40
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก ก. แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง (Piezometric Surface) จากการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล	42
ภาคผนวก ข. แผนที่แสดงระดับน้ำลด (Drawdown Surface) จากการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล	52
ภาคผนวก ค. กราฟระดับน้ำ (Hydragraphs) เปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำจำลอง กับระดับน้ำจริง ปี ค.ศ.1981-1998	59

ภาคผนวก ง. แผนที่ 2 มิติและ 3 มิติ ของระดับน้ำจำลอง และระดับน้ำลด 69
ภาคผนวก จ. แผนที่ 2 มิติและ 3 มิติ ของระดับน้ำจริง (Aquifer Piezometric Levels) 94

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แสดงสภาพธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่ศึกษารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล 4
รูปที่ 2 กราฟแสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 2 ในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998 7
รูปที่ 3 กราฟแสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 1 ในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998 9
รูปที่ 4 กราฟแสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 1 และ โซน 2 ในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998 11
รูปที่ 5 กราฟแสดงปริมาณน้ำฝนในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998 13
รูปที่ 6 แผนที่ Grid Network รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย 16
รูปที่ 7 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย 19

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 2 ในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998	6
ตารางที่ 2 แสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 1 ในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998	8
ตารางที่ 3 แสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 1 และโซน 2 ในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998	10
ตารางที่ 4 แสดงปริมาณน้ำฝน ในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998	12

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการคำนวณด้วยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล (Groundwater Modeling) กับข้อมูลอุทกธรณีวิทยาในสภาพจริงที่ได้จากการติดตามตรวจวัดอย่างต่อเนื่องของโครงการน้ำใต้ดินสุโขทัยในครั้งนี้ เป็นการตรวจสอบว่ารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล ที่จัดทำขึ้นโดยบริษัทที่ปรึกษา HOWARD HUMPHREYS (H.H.P.) จากประเทศอังกฤษ มีความถูกต้องใกล้เคียงกับสภาพจริงของแหล่งน้ำบาดาลมากน้อยเพียงใด ซึ่งขณะนี้ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มมากขึ้น จึงทำการปรับ (Recalibration) ใหม่โดยที่ยังคงใช้ตัวแปรเดิมจากการปรับครั้งสุดท้าย (H.H.P.1991) ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดทำรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลให้มีความถูกต้องใกล้เคียงความจริงมากที่สุด การวิเคราะห์เปรียบเทียบแบ่งการนำเสนอเป็นสองรูปแบบ ได้แก่

การนำเสนอในรูปแบบกราฟระดับน้ำ (Hydrographs) ของบ่อบาดาลในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ต่อเนื่องกัน ตั้งแต่ปี ค.ศ.1981-1998 โดยทำกราฟเปรียบเทียบกันระหว่างระดับน้ำจำลอง (Simulated Aquifer Piezometric Levels) ที่ได้จากการคำนวณด้วยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล กับระดับน้ำจริง (Aquifer Piezometric Levels) ที่วัดได้จากบ่อสังเกตการณ์จำนวน 25 บ่อ จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลปรากฏว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจำลองมีความสอดคล้องใกล้เคียงกันกับระดับน้ำจริงมาก และระดับน้ำแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน ซึ่งปรากฏว่าในปีที่มีการสูบน้ำขึ้นมาใช้ปริมาณมาก เช่น ปี ค.ศ. 1991 และ 1992 เป็นต้น มีการสูบน้ำประมาณ 46.396 และ 45.947 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,135 ม.ม. ต่อปี พบว่าบางบ่อมีระดับน้ำจริงลดต่ำกว่าระดับน้ำจำลอง ประมาณ 2 เมตร แต่ในบางบ่อระดับน้ำจริงสูงกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 1-2 เมตร เนื่องจากมีน้ำจากแม่น้ำไหลเข้ามาเพิ่มเติมอีกด้วย

การนำเสนอในรูปแบบแผนที่ระดับน้ำ (Piezometric Maps) ของบ่อบาดาลบริเวณต่าง ๆ ในพื้นที่โครงการ โดยทำแผนที่ 2 มิติ และ 3 มิติ เปรียบเทียบกันระหว่างระดับน้ำจำลองที่ได้จากการคำนวณด้วยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลกับระดับน้ำจริงที่วัดได้จากบ่อสังเกตการณ์จำนวนประมาณ 50 บ่อ ในช่วงระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ สัปดาห์ที่ 26, 39 และ 52 ของปี ค.ศ.1986, 1991 และ1998 ซึ่งทำให้สามารถพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิว (Surface) ของระดับน้ำของบริเวณต่าง ๆ ในแต่ละช่วงระยะเวลา ตลอดจนการเปลี่ยนทิศทางการไหลไปสู่ทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ได้อย่างชัดเจนจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลปรากฏว่าการเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปของระดับน้ำจำลองมีความสอดคล้องใกล้เคียงกันกับระดับน้ำจริง

มากและระดับน้ำในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ แปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน นอกจากนั้นยังพบว่าในปีที่มีการสูบน้ำขึ้นมาใช้ปริมาณมาก เช่น ปี ค.ศ. 1991 และ 1992 เป็นต้น มีบางบริเวณระดับน้ำจริงลดต่ำกว่าระดับน้ำจำลองเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร เช่น บริเวณโซน 1 ที่อยู่ใกล้กับแม่น้ำยม และบริเวณที่อยู่ถัดจากโซน 2 ไปทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้เนื่องจากมีการสูบน้ำขึ้นมาใช้มากกว่าปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมให้กับแหล่งเก็บกัก ทำให้น้ำในแหล่งเก็บกักลดน้อยลงและสภาพสมดุลย์ของแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลให้ระดับน้ำลดต่ำลง

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบดังกล่าวข้างต้นแสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ของบ่อบาดาลที่ใช้ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลส่วนใหญ่มีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก แม้ว่าจะมีบางบ่อที่ตัวแปรทางชลศาสตร์มีคุณสมบัติให้น้ำมากกว่าความเป็นจริงเล็กน้อยในบริเวณ โซน 1 และให้น้ำน้อยกว่าความเป็นจริงเล็กน้อยในบางบริเวณที่อยู่ใกล้แม่น้ำน่าน ซึ่งผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบนี้ยังคงสนับสนุนการควบคุมปริมาณการสูบน้ำไม่ให้เกิน 40 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (H.H.P.1991) และสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลให้มีความถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดและมีความแม่นยำในการทำนายอนาคตของแหล่งน้ำบาดาลในโอกาสต่อไป ทั้งนี้เพื่อให้การบริหารจัดการการใช้น้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในการป้องกันและรักษาสภาพสมดุลย์ของแหล่งน้ำบาดาลไม่ให้มีระดับน้ำลดลงมากกว่าที่เป็นอยู่ ซึ่งจะนำไปสู่การได้รับผลประโยชน์สูงสุดและยาวนานตลอดไป นอกจากนั้นยังเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเจาะบ่อใหม่หรือติดตั้งเครื่องสูบน้ำใหม่อีกด้วย

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

การศึกษาเบื้องต้นในชั้นหินอุ้มน้ำของที่ราบสุโขทัย เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970-1971 โดยบริษัทที่ปรึกษา HOWARD HUMPHREYS & SON และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย โดยแบ่งโซนในการศึกษาเป็น 11 โซน และพบว่า โซน 1 และ โซน 2 มีแหล่งน้ำบาดาลศักยภาพสูงมีความเหมาะสมที่จะทำการศึกษาในขั้นละเอียดมากกว่าโซนอื่น ๆ ต่อมาจึงมีการศึกษาอย่างละเอียดเพิ่มเติมและในปี ค.ศ. 1979 เริ่มทำการเจาะบ่อบาดาลบริเวณโซน 2 ซึ่งมีขอบเขตอยู่ระหว่างแม่น้ำยมกับแม่น้ำน่าน จำนวน 100 บ่อ แล้วเสร็จในปี ค.ศ. 1980 และเริ่มทำการสูบขึ้นมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981 เป็นบางบ่อ ต่อมาปี ค.ศ. 1983 ประเทศสมาคมยุโรปให้ความช่วยเหลือแบบให้เปล่าแก่รัฐบาลไทยเพื่อเจาะบ่อบาดาลบริเวณโซน 1 จำนวน 104 บ่อ และเริ่มทำการสูบน้ำตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 แต่ไม่ครบทุกบ่อ ในต้นปี ค.ศ. 1991 จึงสูบน้ำครบทุกบ่อ รวม 204 บ่อ และได้มีการจัดทำรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลขึ้นมา เพื่อใช้ประกอบการวางแผนการจัดการใช้น้ำในแหล่งน้ำบาดาลนี้ให้ได้รับประโยชน์สูงสุดต่อไปในอนาคต โดยบริษัทที่ปรึกษา HOWARD HUMPHREYS & PARTNERS (H.H.P.) ได้ทำการเขียนโปรแกรมและทดลองคำนวณที่ประเทศอังกฤษ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ของ HARRIS ก่อนแล้วจึงนำมาใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ของ HEWLETT PACKARD 9816S ในประเทศไทยเมื่อเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 1986 แต่เนื่องจากคำนวณได้ช้ามาก ต่อมาในปี ค.ศ. 1990 จึงได้มีการดัดแปลงโปรแกรมให้สามารถใช้ได้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง รุ่น Intel 80386 ซึ่งสามารถคำนวณได้รวดเร็วขึ้นและใช้กันอย่างแพร่หลายในขณะนั้น โดยในการคำนวณยังใช้ข้อมูลตัวแปรทางชลศาสตร์เดิมที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลในปี ค.ศ. 1987 และเนื่องจากปัจจุบันนี้มีข้อมูลอุทกธรณีวิทยาเพิ่มมากขึ้นจนถึงปี ค.ศ. 1998 ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลใหม่ครั้งล่าสุดนี้จึงได้เปลี่ยนไปใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง รุ่น Intel PENTIUM เพื่อเพิ่มความสามารถในการคำนวณให้ได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น แต่ยังคงใช้ข้อมูลตัวแปรทางชลศาสตร์เดิมที่ใช้ในการปรับรูปแบบในปี ค.ศ. 1987 และ 1991 ประกอบกับปัจจุบันนี้มีเทคโนโลยีทางด้านซอฟท์แวร์ใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมกับการประมวลผลข้อมูลเพื่อการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้สามารถมองเห็นสภาพแหล่งน้ำบาดาลได้อย่างชัดเจนขึ้น ฉะนั้นในการวิเคราะห์รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในครั้งนี้จึงได้นำโปรแกรมอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ด้วย อาทิ เช่น SURFER for Windows เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

การศึกษารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลในครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการคำนวณด้วยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลที่ได้ทำการปรับครั้งล่าสุด กับข้อมูลอุทกธรณีวิทยาของโครงการน้ำใต้ดินสุโขทัยในสภาพจริงที่ได้จากการติดตามตรวจวัดอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-1998 เพื่อทำการตรวจสอบว่ารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล ที่ได้จัดทำขึ้นโดยบริษัทที่ปรึกษา HOWARD HUMPHREYS (H.H.P.) จากประเทศอังกฤษ มีความถูกต้องใกล้เคียงกับสภาพจริงของแหล่งน้ำบาดาลมากน้อยเพียงใด ผลของการวิเคราะห์เปรียบเทียบนี้จะใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลให้มีความถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดและมีความแม่นยำในการทำนายอนาคตของแหล่งน้ำบาดาลในโอกาสต่อไป ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจัดการใช้น้ำให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับการปลูกพืชในบริเวณนี้ เพื่อป้องกันและรักษาสภาพสมดุลย์ของแหล่งน้ำบาดาลไม่ให้ระดับน้ำลดลงมากกว่านี้ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด สามารถใช้น้ำในแหล่งน้ำบาดาลนี้ได้ยาวนานตลอดไป

1.3 สภาพทางอุทกธรณีวิทยา

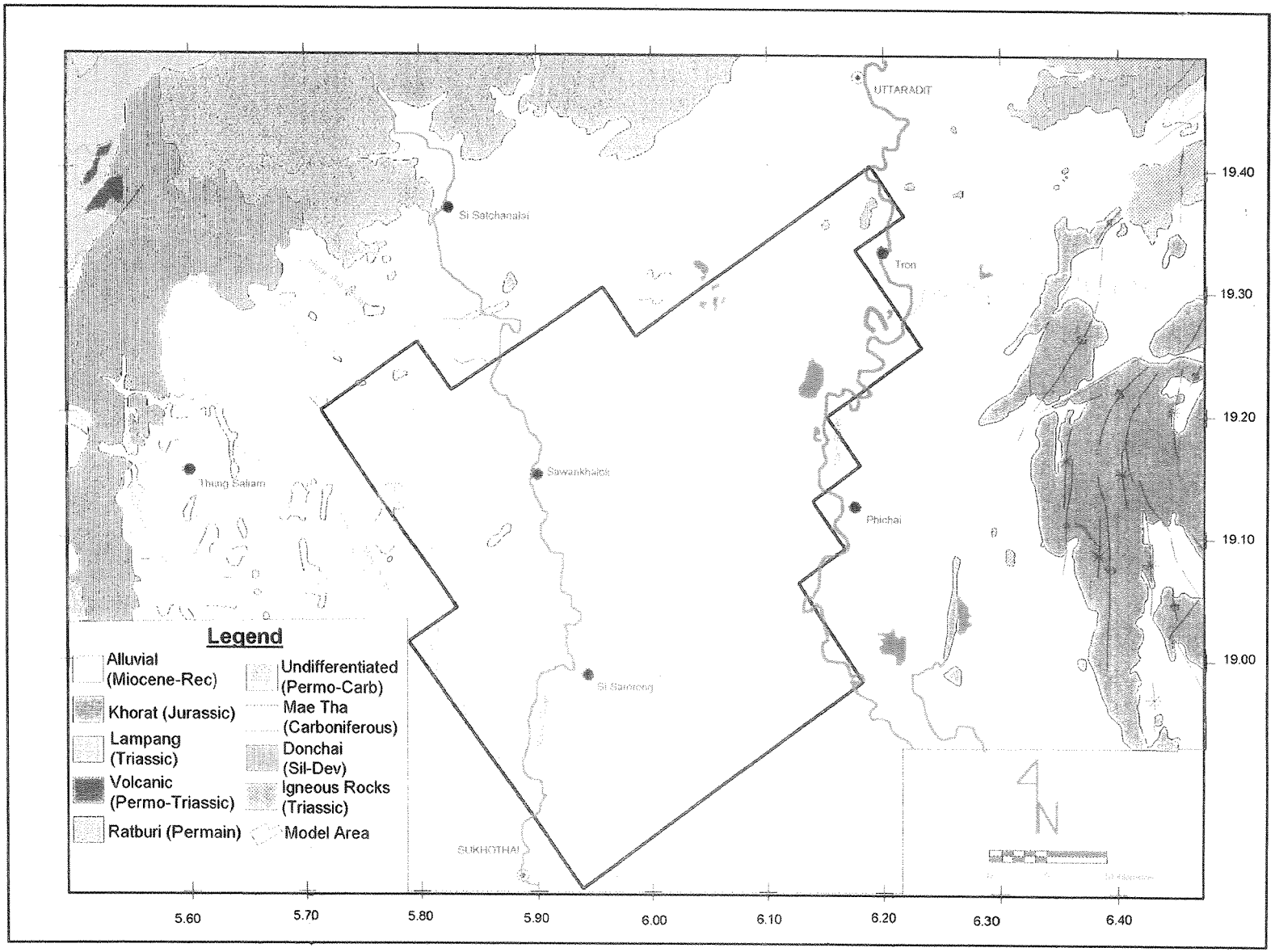
1.3.1 สภาพธรณีวิทยา พื้นที่ที่ทำการศึกษา ตั้งอยู่เกือบเหนือสุดของแอ่งเจ้าพระยาตอนบน ในปี ค.ศ. 1982 ได้มีการบินสำรวจ ด้วยวิธี Aeromagnetic (Nakanart, 1982) พบว่าในบริเวณแอ่งมีหินฐาน Pre-Tertiary อยู่ในระดับลึกประมาณ 4,000 เมตร บางบริเวณเป็นโครงสร้างรูปกะทะคว่ำ (Anticlinal) จึงอยู่ในระดับตื้นประมาณ 2,000 เมตร และมีแอ่งสวรรคโลกซึ่งเป็นแอ่งขนาดเล็กแทรกอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของแอ่ง มีรอยเลื่อนแนวใหญ่ (Major Fault) เกิดขึ้นหลายทิศทางในช่วงยุค Tertiary และทำให้เกิดตะกอนสะสมปริมาณมาก เกิดเป็นชั้นหินตะกอนยุค Cenozoic วางตัวอยู่บนชั้นหินยุค Mesozoic และ Paleozoic แบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งอยู่ล้อมรอบแอ่งเจ้าพระยาตอนบน ชั้นหินฐานรากภายในบริเวณแอ่งเป็นยุค Pre-Tertiary ประกอบด้วย หินกรวดมน หินทราย หินดินดาน หินปูนและหินอ่อน เป็นต้น ชั้นหินอื่นๆ ประกอบด้วยหินภูเขาไฟยุค Permo-Triassic และ Carboniferous ได้แก่ Rhyolites, Andesites และ Agglomerates บริเวณทางขอบตอนบนของพื้นที่โครงการมีภูเขายุค Carboniferous และ Jurassic อยู่กระจัดกระจาย ถัดขึ้นมาจากหินฐานรากเป็นชั้นหินตะกอนซึ่งสะสมอยู่ในแอ่ง คาดว่ามีอายุตั้งแต่ Miocene ถึงปัจจุบัน ชั้นหินที่อยู่ถัดจากขอบแอ่งเข้าไปจะมีความหนาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 200 เมตร เช่นในบริเวณโซน 1 บริเวณอื่นถัดไปอาจมีความหนามากกว่า 500 เมตร

และบริเวณตอนใต้ ได้แก่ อำเภอศรีสำโรง อาจมีความหนาถึง 4,000 เมตร เพราะจากบ่อเจาะสำรวจน้ำมันบริเวณดังกล่าว เจาะลึกถึง 3,800 เมตรในชั้นตะกอนและไม่พบชั้นหินฐานราก จากข้อมูลบ่อเจาะสำรวจลึกประมาณ 100-200 เมตรในบริเวณนี้พบว่าชั้นตะกอนประกอบด้วย กรวด ทราย หินกรวดมน ดินเหนียวและดินทรายแป้ง แทรกสลับ ดูแผนที่ธรณีวิทยา รูปที่ 1 ประกอบ

1.3.2 สภาพแหล่งน้ำบาดาล บริเวณโซน 1 ทางด้านตะวันตกของแม่น้ำยมมีแหล่งน้ำบาดาลประกอบไปด้วยกรวดและทรายหยาบ มีชั้นดินทรายแป้งและดินเหนียวแทรกสลับ ชั้นหินตะกอนจะค่อย ๆ บางลงไปทางทิศตะวันออกและมีทรายหยาบปริมาณมากขึ้นในบริเวณตะวันออกของโซน 2 ส่วนบริเวณทางตอนใต้ของพื้นที่โครงการมีการแทรกสลับของดินเหนียวและดินทรายแป้งในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น และมีชั้นดินเหนียวทึบน้ำปิดทับชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ บริเวณทางด้านตะวันตกของพื้นที่โครงการพบชั้นหินฐานรากมีชั้นดินเหนียวทึบน้ำปิดทับอยู่ ส่วนบริเวณทางด้านตะวันออกของแม่น้ำยมเจาะไม่พบชั้นหินฐานรากแสดงว่าชั้นหินฐานรากมีความลาดชันสูง ชั้นดินเหนียวและดินทรายแป้งที่แทรกสลับอยู่พบว่าวางตัวในแนวราบ พื้นล่างสุดของชั้นหินอุ้มน้ำคาดว่าอยู่ในระดับความลึกประมาณ 130 เมตรจากพื้นดินลงไป

1.3.3 คุณสมบัติเฉพาะของชั้นหินอุ้มน้ำ จากผลสรุปการสูบทดลอง(H.H.P. ,1986) ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการจ่ายน้ำ (Transmissivity) มีค่าอยู่ในช่วง 120-2,500 ตารางเมตรต่อวัน บริเวณตอนกลางของพื้นที่โครงการมีค่าสูงประมาณ 1,000-2,000 ตารางเมตรต่อวัน ได้แก่บริเวณพื้นที่ตอนกลางของโซน 1 ไปจนถึงทางด้านตะวันออกของโซน 2 และพบว่าแปรตามความหนาของชั้นกรวด-ทรายด้วย สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของการเก็บกักน้ำ (Storage Coefficients) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.002-0.004 ซึ่งได้จากผลการสูบทดลองในบ่อสังเกตการณ์บางบ่อ ชั้นหินอุ้มน้ำเป็นชนิด Confined หรือ Semi-Confined ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของความซึมผ่านได้ (Permeability) มีค่าสูงสุดประมาณ 30-50 เมตรต่อวันในบริเวณตอนกลางของโซน 1 และมีค่าลดลงเรื่อย ๆ ในบริเวณรัศมีที่อยู่รอบนอกออกไป ซึ่งแสดงให้เห็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำ ที่มีการคัดขนาดและปริมาณทรายลดลงไปทางด้านเหนือและด้านตะวันตก และเม็ดกรวดทรายมีขนาดเล็กลงไปทางด้านทิศตะวันออกและทิศใต้ และค่าสัมประสิทธิ์ของความซึมผ่านได้ของชั้นดินเหนียวมีค่าอยู่ระหว่าง 0.001-0.003 เมตรต่อวัน

1.3.4 สภาพการใช้น้ำบาดาล บ่อผลิตในโซน 2 เริ่มทำการสูบน้ำขึ้นมาใช้ใน ปี ค.ศ. 1981 ประมาณ 5.94 ล้านลูกบาศก์เมตร และในปีต่อ ๆ มามีการสูบน้ำปริมาณเพิ่มมากขึ้น และในปี



รูปที่ 1 แสดงสภาพธรณีวิทยา บริเวณพื้นที่ศึกษารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล

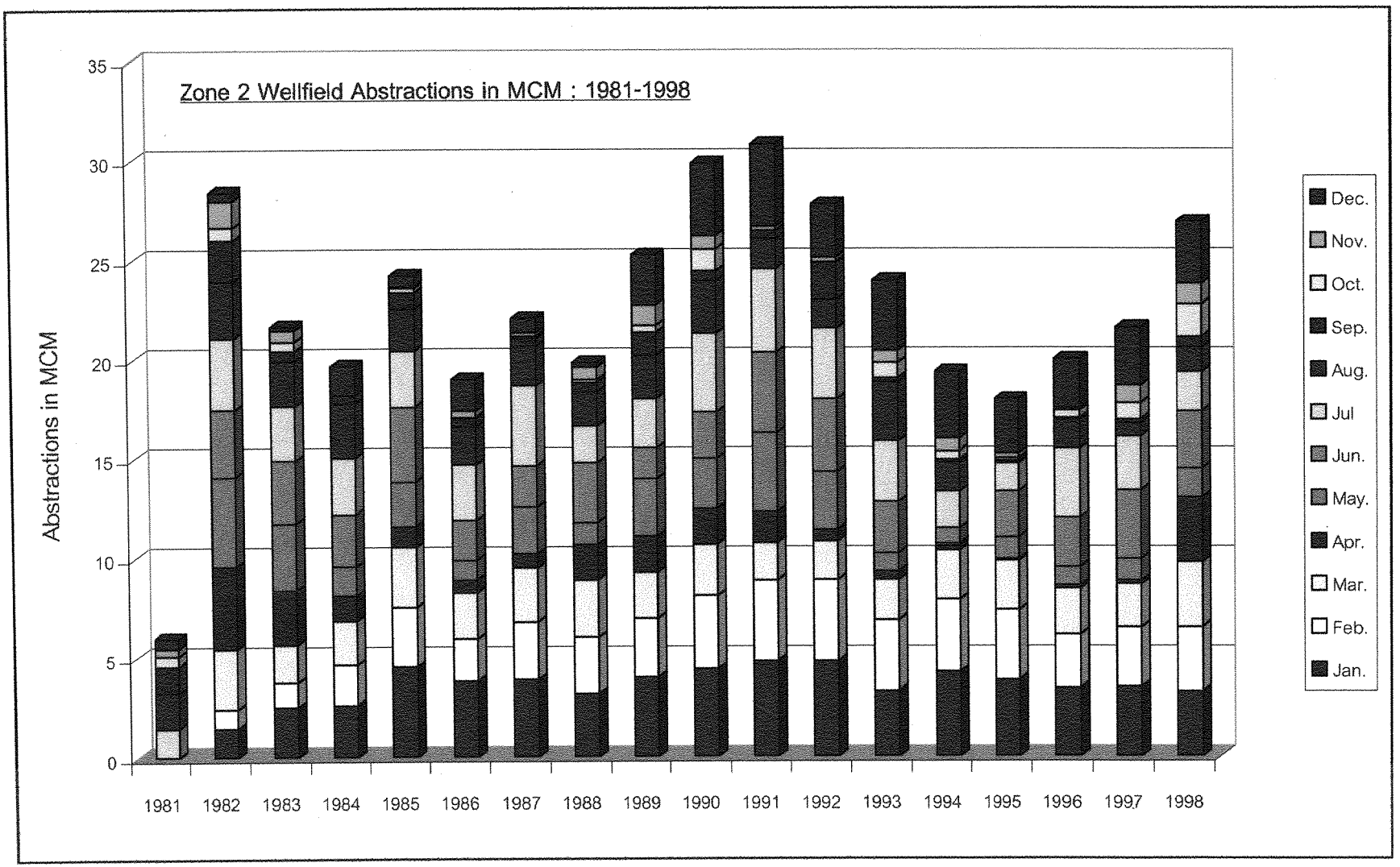
ค.ศ. 1991 ได้สูบน้ำขึ้นมาใช้เป็นปริมาณสูงสุด คือ 30.773 ล้านลูกบาศก์เมตร มีปริมาณการสูบน้ำจากบ่อผลิตในโซน 2 โดยเฉลี่ยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-1998 ประมาณ 23.408 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (ดูตารางที่ 1 และรูปที่ 2) ส่วนบ่อผลิตในโซน 1 เริ่มทำการสูบน้ำขึ้นมาใช้ใน ปี ค.ศ. 1983 ประมาณ 0.042 ล้านลูกบาศก์เมตร และในปีต่อ ๆ มามีการสูบน้ำปริมาณเพิ่มมากขึ้น และในปี ค.ศ. 1992 ได้สูบน้ำขึ้นมาใช้เป็นปริมาณสูงสุด คือ 18.183 ล้านลูกบาศก์เมตร มีปริมาณการสูบน้ำจากบ่อผลิตในโซน 1 โดยเฉลี่ยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-1998 ประมาณ 9.732 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (ดูตารางที่ 2 และรูปที่ 3) รวมปริมาณการสูบน้ำขึ้นมาใช้ทั้ง 2 โซน โดยเฉลี่ยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-1998 ประมาณ 32.140 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และในปี ค.ศ. 1991 มีการสูบน้ำขึ้นมาใช้ทั้ง 2 โซน สูงสุดเป็นปริมาณ 46.396 ล้านลูกบาศก์เมตร (ดูตารางที่ 3 และรูปที่ 4)

1.3.5 <u>สภาพปริมาณน้ำฝน</u> ปริมาณน้ำฝนของพื้นที่บริเวณนี้ ได้จากสถานีวัดปริมาณน้ำฝนอากาศเกษตร อำเภอศรีสำโรง ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-1998 ประมาณ 1121.461 มิลลิเมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำฝนตกมากในช่วงเดือน พฤษภาคม-ตุลาคม มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนกันยายน เฉลี่ย 218.07 มิลลิเมตร ส่วนในช่วงเดือนตุลาคม-เมษายน มีปริมาณน้ำฝนน้อยมาก เดือนมกราคมมีน้ำฝนต่ำสุด เฉลี่ย 1.46 มิลลิเมตร (ดูตารางที่ 4 และรูปที่ 5)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิต โซน 2 ในช่วงปี ค.ศ.1981-1998

ZONE 2 WELLFIELD MONTHLY ABSTRACTIONS IN MCM : 1981-1998													
Year	**Jan.**	**Feb.**	**Mar.**	**Apr.**	**May.**	**Jun.**	**Jul**	**Aug.**	**Sep.**	**Oct.**	**Nov.**	**Dec.**	**Annual Total**
1981	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.457	1.758	1.321	0.548	0.398	0.459	5.941
1982	1.449	0.938	3.053	4.115	4.516	3.387	3.610	2.847	2.071	0.650	1.336	0.413	28.385
1983	2.516	1.238	1.895	2.722	3.353	3.166	2.758	2.235	0.541	0.454	0.562	0.208	21.648
1984	2.599	2.030	2.211	1.278	1.423	2.639	2.841	2.736	0.444	0.000	0.004	1.465	19.670
1985	4.499	2.992	3.053	1.035	2.225	3.793	2.810	2.116	0.817	0.212	0.079	0.561	24.192
1986	3.805	2.096	2.317	0.648	1.009	1.980	2.805	1.935	0.429	0.037	0.320	1.601	18.982
1987	3.869	2.895	2.698	0.733	2.346	2.059	4.063	1.984	0.377	0.118	0.173	0.718	22.033
1988	3.136	2.850	2.897	1.752	1.128	2.995	1.874	1.724	0.454	0.122	0.659	0.222	19.813
1989	3.989	2.947	2.307	1.808	2.896	1.548	2.515	2.133	1.172	0.347	1.047	2.517	25.226
1990	4.400	3.684	2.586	1.776	2.505	2.361	3.945	2.633	0.511	1.078	0.703	3.650	29.832
1991	4.798	4.050	1.898	1.520	4.033	4.011	4.219	1.494	0.409	0.010	0.195	4.136	30.773
1992	4.765	4.101	1.941	0.579	2.919	3.652	3.556	1.431	1.873	0.044	0.223	2.680	27.764
1993	3.279	3.565	2.028	0.399	0.945	2.542	3.067	2.978	0.223	0.750	0.599	3.548	23.923
1994	4.249	3.634	2.473	0.173	0.160	0.751	1.858	1.438	0.163	0.429	0.654	3.358	19.340
1995	3.845	3.498	2.479	0.076	1.112	2.284	1.416	0.073	0.027	0.154	0.216	2.773	17.953
1996	3.428	2.664	2.315	0.156	0.932	2.487	3.480	1.423	0.125	0.364	0.151	2.443	19.968
1997	3.492	3.001	2.159	0.136	1.124	3.446	2.760	0.648	0.183	0.820	0.867	2.935	21.571
1998	3.247	3.247	3.247	3.247	1.451	2.907	1.984	1.203	0.543	1.651	1.029	3.109	26.865
Mean	**3.610**	**2.908**	**2.445**	**1.303**	**2.005**	**2.706**	**2.915**	**1.825**	**0.610**	**0.426**	**0.519**	**2.137**	**23.408**

ที่มา : โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำใต้ดินสุโขทัย

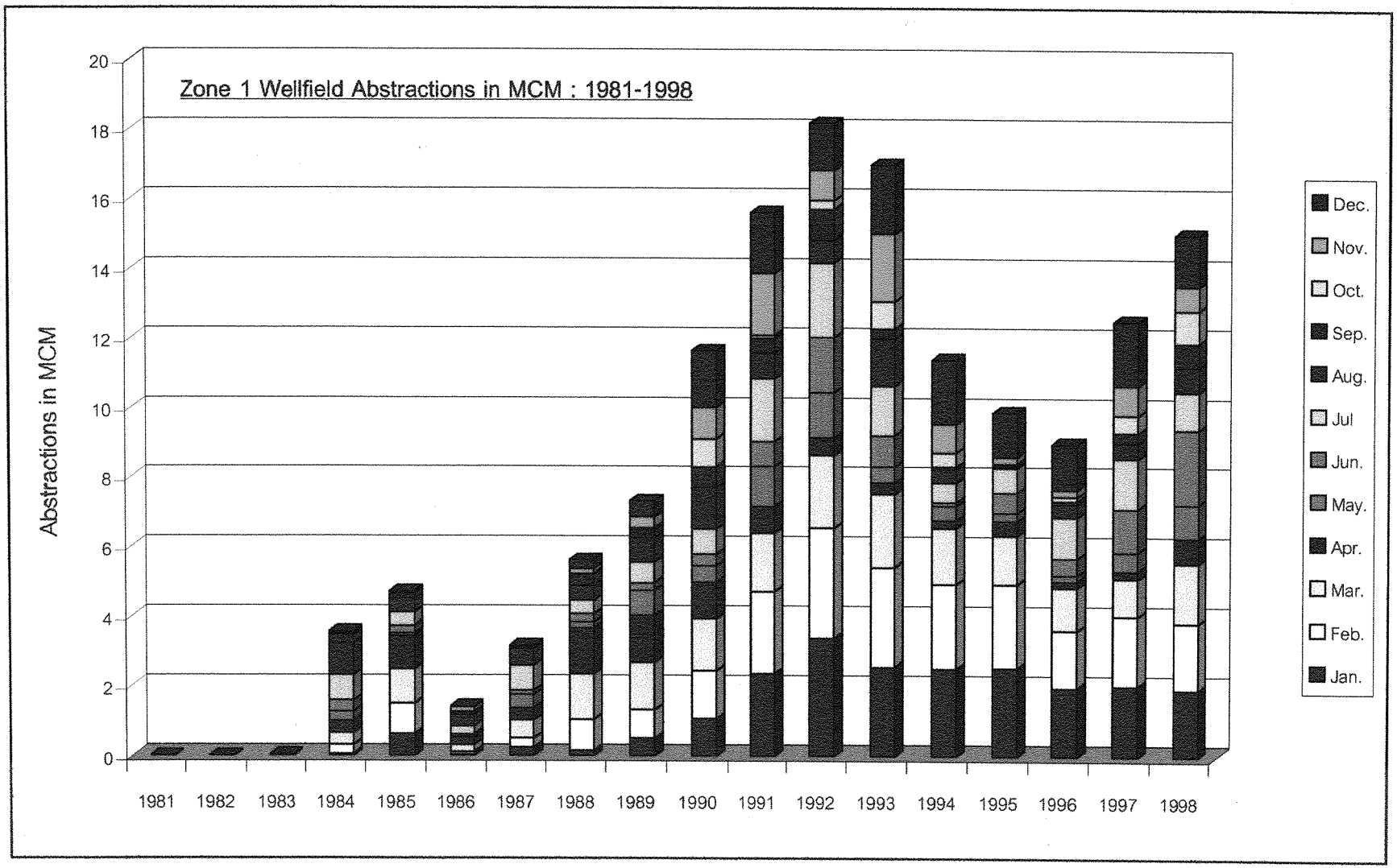


รูปที่ 2 กราฟแสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 2 ในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิต โซน 1 ในช่วงปี ค.ศ.1981-1998

ZONE 1 WELLFIELD MONTHLY ABSTRACTIONS IN MCM : 1981-1998													
Year	**Jan.**	**Feb.**	**Mar.**	**Apr.**	**May.**	**Jun.**	**Jul**	**Aug.**	**Sep.**	**Oct.**	**Nov.**	**Dec.**	**Annual Total**
1981	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1982	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1983	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.008	0.030	0.042
1984	0.056	0.245	0.349	0.357	0.260	0.318	0.741	0.901	0.242	0.009	0.027	0.054	3.505
1985	0.626	0.873	0.999	0.949	0.067	0.220	0.387	0.380	0.146	0.027	0.023	0.024	4.721
1986	0.033	0.083	0.190	0.212	0.023	0.066	0.248	0.317	0.064	0.029	0.126	0.030	1.421
1987	0.235	0.272	0.509	0.349	0.390	0.106	0.746	0.461	0.029	0.022	0.039	0.018	3.176
1988	0.147	0.893	1.312	1.302	0.173	0.241	0.399	0.413	0.310	0.038	0.139	0.256	5.623
1989	0.504	0.817	1.377	1.335	0.719	0.214	0.591	0.694	0.216	0.085	0.305	0.466	7.323
1990	1.063	1.378	1.500	1.049	0.466	0.353	0.701	1.193	0.596	0.822	0.906	1.611	11.638
1991	2.361	2.359	1.684	0.764	1.138	0.749	1.790	0.736	0.438	0.081	1.777	1.746	15.623
1992	3.384	3.172	2.079	0.519	1.308	1.572	2.153	0.638	0.898	0.253	0.868	1.339	18.183
1993	2.570	2.851	2.117	0.332	0.437	0.922	1.429	1.330	0.303	0.775	1.950	1.969	16.985
1994	2.520	2.414	1.635	0.216	0.407	0.102	0.561	0.386	0.071	0.425	0.831	1.827	11.395
1995	2.536	2.395	1.414	0.415	0.237	0.573	0.725	0.052	0.010	0.055	0.190	1.286	9.888
1996	1.958	1.660	1.228	0.190	0.156	0.501	1.186	0.366	0.106	0.123	0.197	1.324	8.995
1997	2.008	2.019	1.077	0.235	0.540	1.253	1.445	0.447	0.306	0.501	0.833	1.847	12.511
1998	1.912	1.916	1.742	0.707	0.974	2.163	1.094	0.704	0.683	0.952	0.677	1.472	14.996
Mean	**1.461**	**1.556**	**1.281**	**0.595**	**0.486**	**0.624**	**0.946**	**0.601**	**0.295**	**0.280**	**0.593**	**1.018**	**9.732**

ที่มา : โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำใต้ดินสุโขทัย



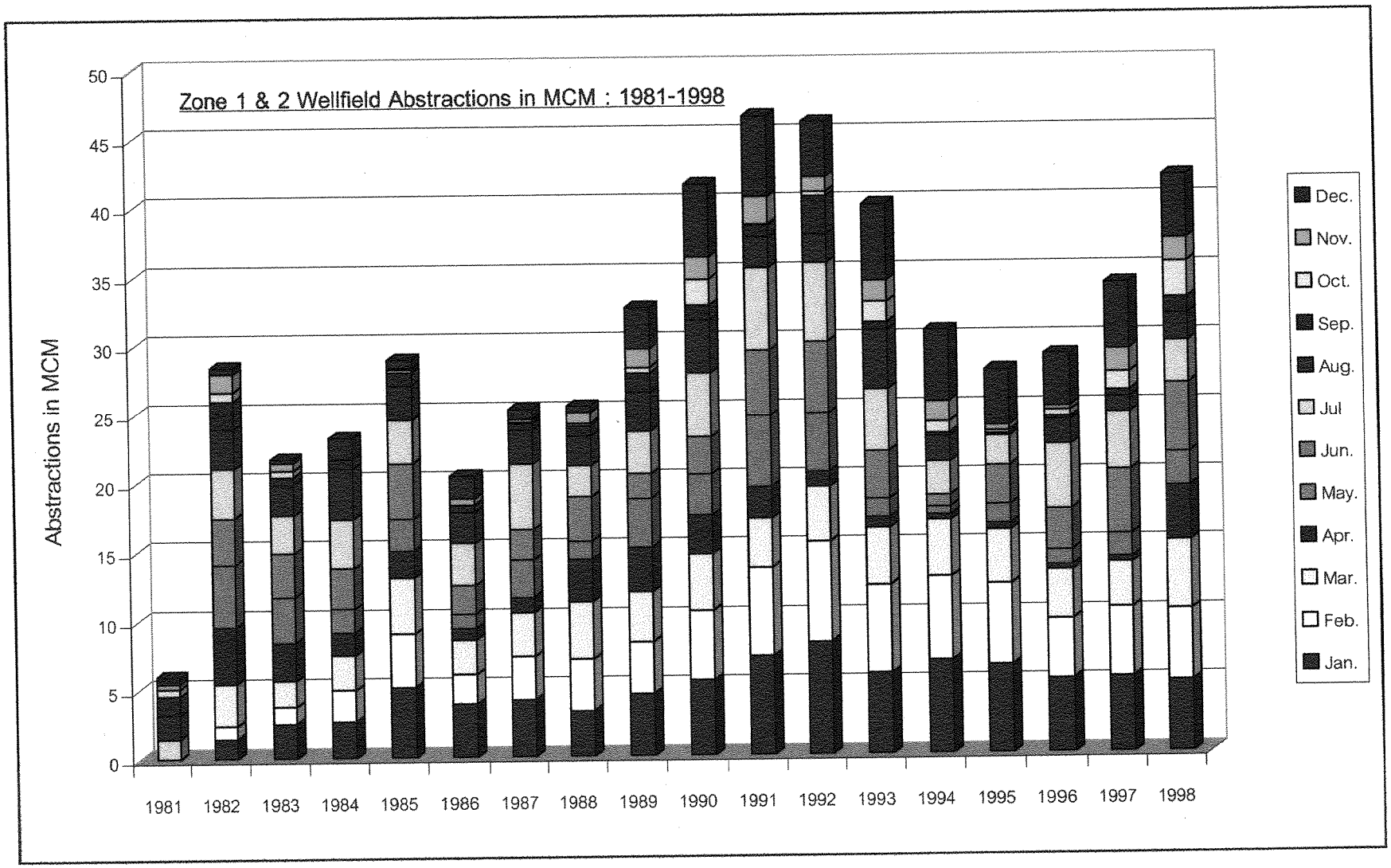
รูปที่ 3 กราฟแสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 1 ในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิต โซน 1 และ โซน 2 ในช่วงปี ค.ศ.1981-1998

ZONE 1& 2 WELLFIELD MONTHLY ABSTRACTIONS IN MCM : 1981-1998

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual Total
1981	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.457	1.758	1.321	0.548	0.398	0.459	5.941
1982	1.449	0.938	3.053	4.115	4.516	3.387	3.610	2.847	2.071	0.650	1.336	0.413	28.385
1983	2.516	1.238	1.895	2.722	3.353	3.166	2.758	2.235	0.542	0.457	0.570	0.238	21.690
1984	2.655	2.275	2.560	1.635	1.683	2.957	3.582	3.637	0.686	0.009	0.031	1.519	23.229
1985	5.125	3.865	4.052	1.984	2.292	4.013	3.197	2.496	0.963	0.239	0.102	0.585	28.913
1986	3.838	2.179	2.507	0.860	1.032	2.046	3.053	2.252	0.493	0.066	0.446	1.631	20.403
1987	4.104	3.167	3.207	1.082	2.736	2.165	4.809	2.445	0.406	0.140	0.212	0.736	25.209
1988	3.283	3.743	4.209	3.054	1.301	3.236	2.273	2.137	0.764	0.160	0.798	0.478	25.436
1989	4.493	3.764	3.684	3.143	3.615	1.762	3.106	2.827	1.388	0.432	1.352	2.983	32.549
1990	5.463	5.062	4.086	2.825	2.971	2.714	4.646	3.826	1.107	1.900	1.609	5.261	41.470
1991	7.159	6.409	3.582	2.284	5.171	4.760	6.009	2.230	0.847	0.091	1.972	5.882	46.396
1992	8.149	7.273	4.020	1.098	4.227	5.224	5.709	2.069	2.771	0.297	1.091	4.019	45.947
1993	5.849	6.416	4.145	0.731	1.382	3.464	4.496	4.308	0.526	1.525	1.549	5.517	39.908
1994	6.769	6.058	4.108	0.389	0.567	0.853	2.419	1.824	0.234	0.854	1.485	5.185	30.745
1995	6.381	5.893	3.893	0.491	1.349	2.857	2.141	0.125	0.037	0.209	0.406	4.059	27.841
1996	5.386	4.324	3.543	0.346	1.088	2.988	4.666	1.789	0.231	0.487	0.348	3.767	28.963
1997	5.500	5.020	3.236	0.371	1.664	4.699	4.205	1.095	0.489	1.321	1.700	4.782	34.082
1998	5.159	5.163	4.989	3.954	2.425	5.070	3.078	1.907	1.226	2.603	1.706	4.581	41.861
Mean	**4.899**	**4.282**	**3.575**	**1.828**	**2.434**	**3.257**	**3.750**	**2.356**	**0.869**	**0.673**	**0.983**	**3.037**	**31.943**

ที่มา : โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำใต้ดินสุโขทัย



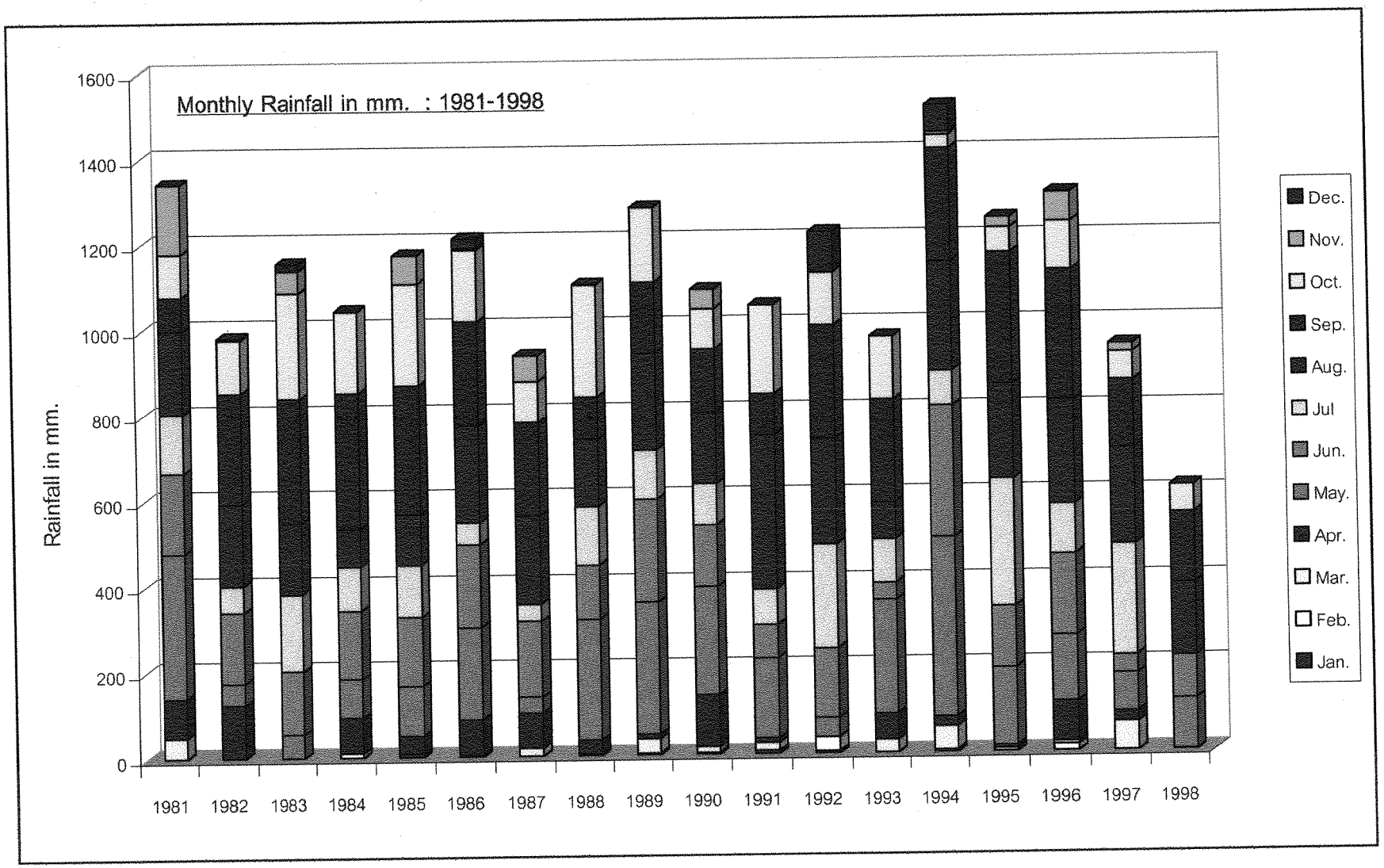
รูปที่ 4 กราฟแสดงปริมาณการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 1 และโซน 2 ในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณน้ำฝน ในช่วงปี ค.ศ.1981-1998

MONTHLY RAINFALL [1981 - 1998] Unit : mm. Location : Si Samrong

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual Total
1981	0.00	0.30	48.70	91.40	338.30	188.10	138.50	194.50	78.50	100.90	162.90	0.10	1342.20
1982	0.00	0.00	1.00	123.60	51.20	165.00	61.70	192.30	258.70	124.30	3.70	0.80	982.30
1983	0.30	0.00	0.00	0.00	55.10	147.60	180.80	164.40	291.20	248.10	51.20	16.20	1154.90
1984	0.10	10.90	0.00	82.70	90.10	159.90	103.30	86.70	318.00	191.30	0.00	0.00	1043.00
1985	7.10	0.40	0.90	42.60	115.10	161.20	121.90	117.10	302.80	237.60	65.20	0.00	1171.90
1986	0.00	3.60	0.00	83.70	214.80	194.30	50.90	226.60	242.50	167.70	3.90	22.40	1210.40
1987	0.00	0.00	18.70	82.60	37.60	176.20	40.70	205.60	217.40	97.50	60.90	0.00	937.20
1988	0.00	2.90	1.20	33.00	282.60	124.40	138.70	157.10	97.70	262.70	0.70	0.00	1101.00
1989	3.80	0.00	35.50	9.00	308.40	240.80	114.90	226.40	166.20	174.30	0.00	0.00	1279.30
1990	2.30	2.00	13.80	120.50	253.20	144.10	96.50	167.00	147.40	94.90	45.20	0.00	1086.90
1991	7.10	0.00	19.60	9.60	188.30	77.00	84.00	359.60	96.00	207.70	0.10	1.00	1050.00
1992	5.00	34.10	0.00	0.00	43.60	162.40	243.60	245.00	267.50	123.40	1.00	93.90	1219.50
1993	0.00	0.10	31.80	60.80	264.70	39.90	102.60	84.40	241.70	146.60	0.00	0.00	972.60
1994	0.00	6.20	55.20	21.70	418.60	308.50	82.20	254.70	264.60	31.40	5.60	63.00	1511.70
1995	0.00	0.00	7.80	7.00	181.90	142.90	297.60	221.90	307.40	57.60	23.80	0.00	1247.90
1996	0.00	15.70	7.30	93.00	154.90	189.20	117.60	243.20	304.40	112.20	69.10	0.10	1306.70
1997	0.30	0.00	67.00	24.60	87.90	42.90	259.80	224.80	158.80	64.90	19.40	0.00	950.40
1998	0.20	0.00	2.00	0.00	117.40	101.10	0.00	168.60	164.50	64.60	0.00	0.00	618.40
Mean	1.46	4.23	17.25	49.21	177.98	153.64	124.18	196.66	218.07	139.32	28.48	10.97	1121.46

ที่มา : ฝ่ายวิเคราะห์และประมวลสถิติ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ



รูปที่ 5 กราฟแสดงปริมาณน้ำฝนในช่วงปี ค.ศ. 1981-1998

2. การจัดเก็บและรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการศึกษารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก จำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บและรวบรวมอย่างเป็นระบบที่ดีและอยู่ในรูปแบบที่พร้อมสำหรับการนำไปประมวลผล โดยแบ่งตามลักษณะของข้อมูลได้ 2 แบบ คือ ข้อมูลการจัดทำรูปแแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และข้อมูลที่ได้จากการติดตามตรวจวัดอย่างต่อเนื่องในภาคสนาม ดังนี้

<u>ข้อมูลการจัดทำรูปแแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล</u> ประกอบด้วยข้อมูลหลายแบบ ได้แก่

1. ข้อมูลปริมาณการสูบน้ำรายเดือน (Abstractions) ของบ่อผลิตในโซน 1 และโซน 2 ได้รับรายงานข้อมูลจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำใต้ดินสุโขทัย
2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันและรายเดือน บริเวณสถานีวัดปริมาณน้ำฝนอากาศเกษตร อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย ได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลจาก ฝ่ายวิเคราะห์และประมวลสถิติ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ
3. ข้อมูลทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ ข้อมูลทางชลศาสตร์ของชั้นหินทึบน้ำ อัตราการระเหยของน้ำจากน้ำผิวดินและพืช ข้อมูลความสัมพันธ์ของแม่น้ำกับแหล่งน้ำบาดาล และ ข้อมูลของการจำแนกดินสำหรับการเพาะปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ตลอดจนข้อมูล Nodes ของบ่อบาดาล ที่ใช้ในการจัดทำรูปแแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งจัดทำโดย บริษัทที่ปรึกษา H.H.P.
4. ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา ได้จากกรมทรัพยากรธรณี

<u>ข้อมูลการวัดระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์</u> ข้อมูลที่ได้จากการติดตามตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง เป็นข้อมูลระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์ในบริเวณโครงการและพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งดำเนินการวัดในภาคสนามโดยเจ้าหน้าที่ของงานสำรวจน้ำบาดาลเพื่อการชลประทาน 2 ฝ่ายสำรวจน้ำบาดาลเพื่อการชลประทาน สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา

3. การปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากมีข้อมูลเพิ่มมากขึ้นคือ ตั้งแต่ปีค.ศ.1981-1998 จึงทำการปรับ (Recalibration) รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลขึ้นใหม่ แต่ยังคงใช้ตัวแปรทางชลศาสตร์เดิมจากการปรับครั้งสุดท้าย (H.H.P.1991) รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลซึ่งเป็นชนิด Numerical Model ใช้วิธีการคำนวณแบบ Finite-difference และใช้ Line Successive Over-Relaxation Technique เข้าช่วยในการแก้สมการ ซึ่งเป็นการประมาณค่าของ Partial differential equation ของสมการการไหลของน้ำบาดาลแบบ 2 มิติของชั้นหินอุ้มน้ำชนิดไม่คงที่ (Non-steady state) โดยใช้ Laplace equation ดังนี้

$$\frac{d^2h}{dx^2} \cdot \frac{d^2h}{dy^2} = S \cdot \frac{dh}{dt}$$

h = ความดันของระดับน้ำ (piezometric head)

x = ระยะทางการไหลของน้ำในแนวแกน x

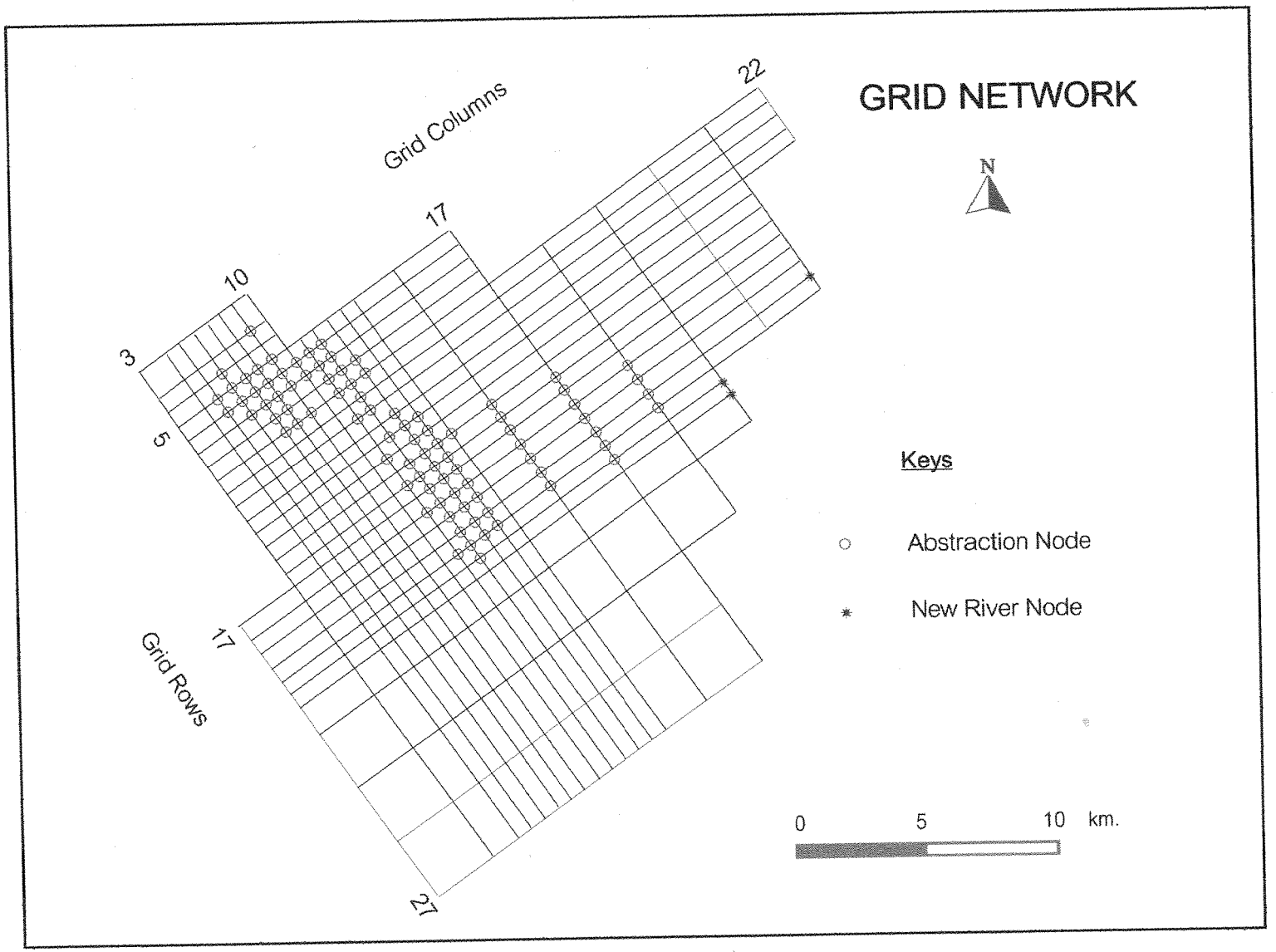
y = ระยะทางการไหลของน้ำในแนวแกน y

S = ค่าสัมประสิทธิ์ของการเก็บกักน้ำ

t = เวลา

วิธีการแก้สมการใช้ matric โดยทางตรงและทำซ้ำ (iterative) ซึ่งการคำนวณโดยวิธี Finite-diference เป็นวิธีการคำนวณหรือประมาณค่าสมการ differential equation โดยอาศัยหลักการแบ่งพื้นที่เป็น grid และวิเคราะห์การไหลของน้ำในแต่ละ grid และของ grid ข้างเคียง

พื้นที่โครงการ มีทั้งหมด 1,575 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่โซน 1 และโซน 2 โดยกำหนดให้ Boundary Conditions ทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันตกเป็นแบบ No flow boundary ทิศตะวันออกเป็นแบบ Recharge boundary และทิศใต้เป็น Constant หรือ Fixed head boundary มีพื้นที่โซน 1 และโซน 2 เป็นเป้าหมายหลักและเป็นบริเวณที่มีบ่อบาดาลจำนวนมาก grid ในบริเวณนี้จึงมีขนาดเล็กที่สุด คือ 1.5 x 1.5 ตารางกิโลเมตร ส่วนบริเวณอื่น grid มีขนาด 5 x 5 ตารางกิโลเมตร ใน Grid network กำหนด Node point เป็นแบบ Mesh contered โดยให้ node แต่ละจุดแทนจำนวนบ่อบาดาลที่ครอบคลุมถึงอาจมีมากกว่าหนึ่งบ่อบาดาลก็ได้ หรืออาจไม่มีบ่อบาดาลอยู่แต่ใช้คำนวณการไหลของน้ำบาดาล มีทั้งหมด 368 nodes (ดูแผนที่ Grid Network รูปที่ 6)



รูปที่ 6 แผนที่ Grid Network รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย (H.H.P.,1991)

ข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล ได้แก่ ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา ข้อมูลคุณสมบัติเฉพาะของชั้นหินอุ้มน้ำ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในบ่อบาดาล ข้อมูลปริมาณการสูบน้ำบาดาล ข้อมูลปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ถ้าข้อมูลเหล่านี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ผลที่ได้ก็จะใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงในธรรมชาติมากที่สุด

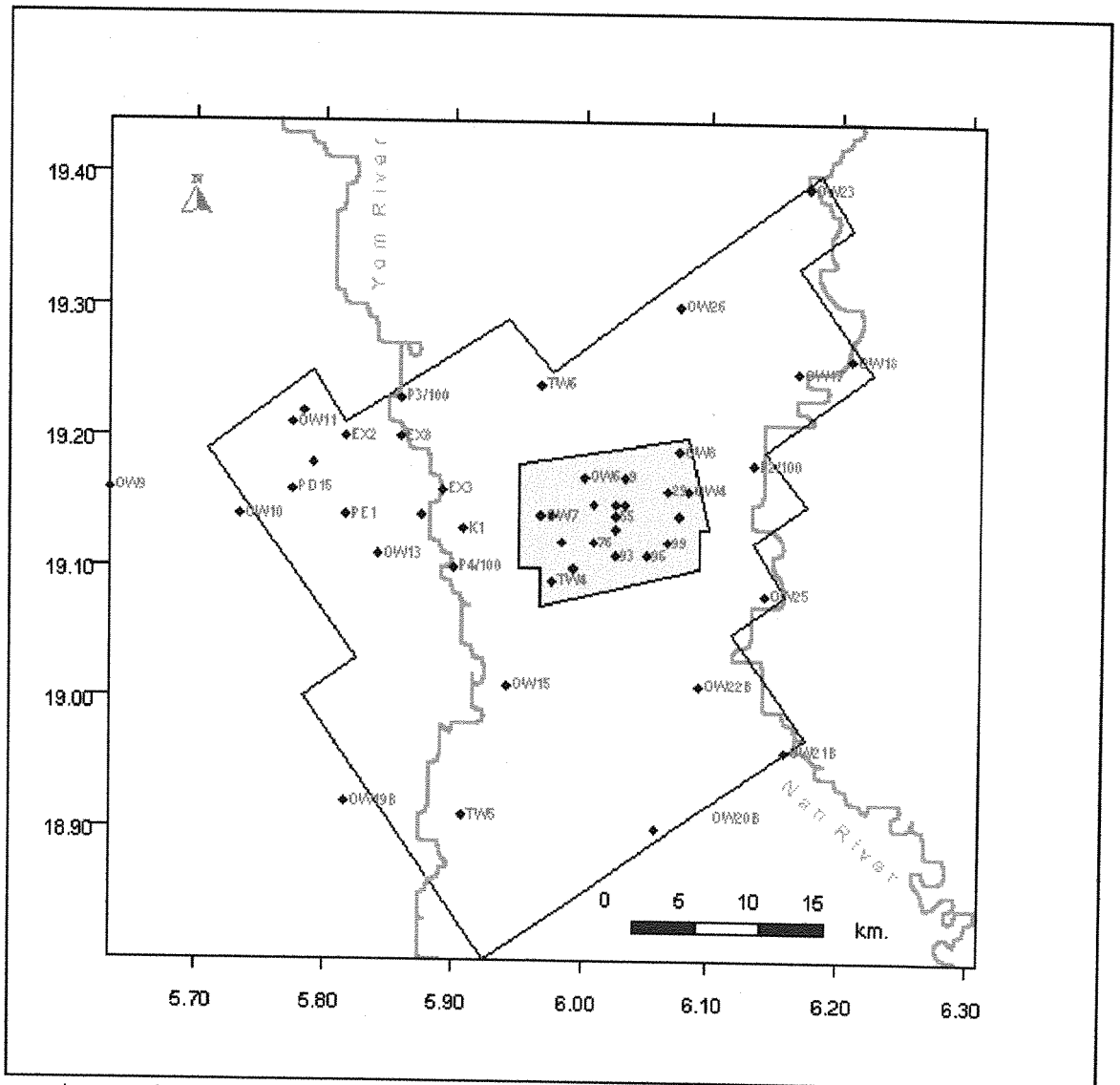
การปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลในครั้งนี้ ใช้ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นของช่วงปี ค.ศ.1981-1998 ผลที่ได้สามารถนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น Piezometric Surface ดูรูปที่ ก.1 - ก.9 ในภาคผนวก ก และ Drawdown Surface ดูรูปที่ ข.1 - ข.6 ในภาคผนวก ข ซึ่งเป็นข้อมูลต้นแบบของการวิเคราะห์และเปรียบเทียบในขั้นตอนต่อไป

4. การนำเสนอข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในโครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย ได้กระทำอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบตั้งแต่ปี ค.ศ.1981-1998 ทั้งที่เป็นข้อมูลทางด้านอุทกธรณีวิทยาในสภาพจริงที่ได้จากการติดตามตรวจวัดระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์บริเวณพื้นที่โครงการและใกล้เคียง (ดูแผนที่ตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ รูปที่ 7) และข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล ที่ทำการปรับปรุงใหม่ในครั้งนี้ เพื่อให้สามารถเข้าใจถึงสภาพของแหล่งน้ำใต้ดินจึงได้มีการนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผลและนำเสนอเป็นสองรูปแบบ ดังนี้

4.1 <u>การนำเสนอในรูปแบบกราฟระดับน้ำ (Hydrographs)</u> เป็นกราฟแสดงระดับน้ำอย่างต่อเนื่องกัน ตั้งแต่ปี ค.ศ.1981-1998 ประกอบด้วยกราฟระดับน้ำ 2 ลักษณะ คือ กราฟเชิงเส้นแสดงระดับน้ำจำลอง (Simulated Model Hydrographs) ที่ได้จากการคำนวณด้วยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งนำมา Plot ไว้รวมกันกับกราฟแสดงสัญลักษณ์ของระดับน้ำจริง (Observed Hydrographs) ที่วัดได้จากบ่อสังเกตการณ์ จำนวน 25 บ่อ โดย Plot ค่าระดับน้ำของบ่อบาดาลในแกนตั้ง ซึ่งแสดงค่าของระดับน้ำ (Water Level) มีหน่วยเป็นเมตรเหนือระดับน้ำทะเล (masl) ส่วนในแกนนอน แสดงระยะเวลาต่อเนื่องกัน (Time) ตั้งแต่ปี ค.ศ.1981-1998 โดยใช้โปรแกรม PLOTHYD ในการประมวลผลข้อมูล กราฟดังกล่าวแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในแต่ละช่วงเวลาของปีนั้น ๆ ต่อเนื่องกันไป และนอกจากนี้ยังได้ทำกราฟแท่งของปริมาณการสูบน้ำในโซน 1 และโซน 2 หรือ กราฟแท่งของปริมาณน้ำฝนมาแสดงประกอบด้วย ทำให้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกันได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังได้ทำกราฟแสดงระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์ใกล้แม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่อาจเป็นผลเนื่องมาจากมีน้ำจากแม่น้ำไหลเข้ามาเพิ่มเติมน้ำให้กับบ่อบาดาลในบริเวณนี้อีกด้วย ดูรูปที่ ค.1 - ค. 9 ในภาคผนวก ค.

4.2 <u>การนำเสนอในรูปแบบแผนที่ระดับน้ำ (Piezometric Maps)</u> เป็นแผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง (Simulated Aquifer Piezometric Levels) และระดับน้ำลด (Drawdown Surface) ของ nodes ต่างๆ จำนวน 368 nodes ที่ได้จากการคำนวณด้วยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล กับแผนที่แสดงระดับน้ำจริง (Aquifer Piezometric Levels) ที่วัดได้จากบ่อสังเกตการณ์จำนวนประมาณ 50 บ่อ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ได้แก่ สัปดาห์ที่ 26, 39 และ 52 ของปี ค.ศ.1986, 1991 และ1998 ของบ่อบาดาลบริเวณต่าง ๆ ในพื้นที่โครงการ โดยทำเป็น



รูปที่ 7 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย

แผนที่ 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งใช้โปรแกรม PLOTCONT ร่วมกับโปรแกรม SURFER for windows ทำให้สามารถพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิว (Surface) ของระดับน้ำ ตลอดจนการเคลื่อนไหวของน้ำบาดาลของบริเวณต่าง ๆ ในแต่ละช่วงระยะเวลาได้อย่างชัดเจน สามารถใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจำลองว่ามีความสอดคล้องใกล้เคียงกันกับระดับน้ำจริงมากน้อยเพียงใดได้เป็นอย่างดี ดูรูปในภาคผนวก ง. และภาคผนวก จ.

5. การวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำ เป็นการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับที่ได้จากรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล และข้อมูลระดับน้ำ ที่ได้จากการติดตามตรวจวัดในภาคสนาม โดยจะทำการวิเคราะห์ตามรูปแบบการนำเสนอข้อมูลเป็นแผนที่ระดับน้ำ ตลอดจนการเคลื่อนไหวของน้ำบาดาลในช่วงเวลาต่าง ๆ แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

5.1 <u>การวิเคราะห์แผนที่ระดับน้ำจำลอง</u> เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลครั้งใหม่ และเพื่อความสะดวกในการพิจารณาจึงประยุกต์ใช้โปรแกรม SURFER for Windows ร่วมกับโปรแกรม PLOTCONT ในทำการแผนที่ระดับน้ำจำลอง มีทั้งภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ แบ่งการวิเคราะห์ได้ดังนี้

5.1.1 <u>แผนที่ 2 มิติของระดับน้ำจำลอง</u> ประกอบด้วยแผนที่ระดับน้ำจำลองของสัปดาห์ที่ 26, 39 และ 52 ในปี ค.ศ.1981,1986,1991 และ1998 ดูรูปที่ ง.1 - ง.9 ภาคผนวก ง

จากแผนที่ดังกล่าวแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตั้งแต่ ปีแรกเริ่ม คือ ปี ค.ศ. 1981 สัปดาห์ที่ 26 ซึ่งมีการสูบน้ำในบริเวณนี้เพียง 5.941 ล้านลูกบาศก์เมตร ระดับน้ำจำลองในบริเวณโซน 2 เฉลี่ยประมาณ 46 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และบริเวณโซน 1 ประมาณ 48-62 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนในสัปดาห์ที่ 52 มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่หลังจากนั้นตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1983-1985 มีการสูบน้ำในบ่อผลิตทั้ง 2 โซนเฉลี่ยประมาณ 25.554 ล้านลูกบาศก์เมตร และเมื่อศึกษาระดับน้ำในปี ค.ศ. 1986 สัปดาห์ที่ 26 พบว่าระดับน้ำจำลองในบริเวณโซน 2 มีค่าระหว่าง 40-44 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลและบริเวณโซน 1ประมาณ 44-60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ในปีต่อ ๆ มามีการสูบน้ำเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และหลังจากที่มีการสูบน้ำครบ 204 บ่อมีการสูบน้ำปริมาณมากในปี ค.ศ. 1991 สัปดาห์ที่ 26 ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน ปรากฏว่าระดับน้ำจำลองลดลงมาก โดยเฉพาะในบริเวณโซน 2 มีค่าระหว่าง 34-40 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนบริเวณโซน 1 ประมาณ 42-60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจำลองลดลงมากที่สุดบริเวณตอนกลางของโซน 2 และอัตราการเปลี่ยนแปลงค่อย ๆ ลดลงในบริเวณถัดออกไปโดยรอบต่อมาในช่วงฤดูฝน ซึ่งเป็นเดือนกันยายน ของปี ค.ศ. 1991 มีฝนตกปริมาณมาก ระดับน้ำจำลองในบริเวณโซน 2 มีค่าสูงขึ้น คือ มีค่าระหว่าง 42-44 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และในช่วงฤดูหนาวเดือนธันวาคม สัปดาห์ที่ 52 ของปี ค.ศ. 1991 พบว่าระดับน้ำจำลองลดลงไปอีกโดยเฉพาะในบริเวณโซน 2 มีค่าระหว่าง 34-41 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนบริเวณโซน 1

ประมาณ 41-60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล สำหรับระดับน้ำจำลองในปี ค.ศ. 1998 สัปดาห์ที่ 26 และ 52 พบว่าระดับน้ำจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ระดับน้ำจำลองในบริเวณโซน 2 มีค่าระหว่าง 36-41 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนบริเวณโซน 1 ประมาณ 41-60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ระดับน้ำสูงกว่าปี ค.ศ. 1991 ในช่วงเดียวกัน เฉลี่ยประมาณ 2 เมตร ทั้งนี้เนื่องจากในปี ค.ศ.1998 มีการสูบน้ำน้อยกว่าปี ค.ศ. 1991 ประมาณ 4.54 ล้านลูกบาศก์เมตร

5.1.2 <u>แผนที่ 3 มิติของระดับน้ำจำลอง</u> ประกอบด้วยแผนที่ระดับน้ำจำลองของสัปดาห์ที่ 26, 39 และ 52 ในปี ค.ศ.1981,1986,1991 และ1998 ดูรูปที่ ง.10 - ง.18 ภาคผนวก ง

จากแผนที่ 3 มิติ แสดงให้เห็นการเคลื่อนไหวของน้ำบาดาลว่ามีทิศทางการไหลไปทางทิศใต้และตะวันออกเฉียงใต้และสามารถมองเห็นสภาพพื้นผิวของระดับน้ำจำลองได้อย่างชัดเจนเช่นกัน ภาพ 3 มิติของระดับน้ำจำลองในช่วงฤดูต่าง ๆ ของแต่ละปี แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวบริเวณต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบริเวณพื้นที่โซน 2 ในปีแรกเริ่มปี ค.ศ. 1981 เปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 1991 และ 1998 สัปดาห์ที่ 26 จะเห็นระดับน้ำลดลงไปมากลักษณะเหมือนแอ่งลึกลงไป ซึ่งแสดงสภาพให้เห็นว่าน้ำในแหล่งเก็บกักลดลงไปจากเดิมมากและปริมาณการสูบน้ำมีผลโดยตรงต่อระดับน้ำจำลองในบริเวณต่าง ๆ โดยเฉพาะบริเวณบ่อผลิตในโซน 1 และโซน 2

5.1.3 <u>แผนที่ระดับน้ำลด</u> ประกอบด้วยแผนที่ระดับน้ำลดของสัปดาห์ที่ 26, 39 และ 52 ในปี ค.ศ.1991 และ 1998 เปรียบเทียบกับระดับน้ำจำลองของปีแรกเริ่มสัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1981 ดูรูปที่ ง.19 - ง.24 ภาคผนวก ง

จากระดับน้ำจำลองของ สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1981บริเวณโซน 2 มีค่าประมาณ 46 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลและบริเวณโซน 1 ประมาณ 46-48 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ต่อมาระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ ปริมาณการสูบและปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีมีความแตกต่างกัน กล่าวคือถ้าปริมาณการสูบน้ำมากกว่าปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมให้กับแหล่งเก็บกัก ซึ่งส่วนมากได้จากน้ำฝน เป็นผลให้ระดับน้ำลดลง แผนที่ระดับน้ำลดสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการใช้น้ำในอนาคตได้เป็นอย่างดี เช่น การวางระดับเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสม หรือการจัดการใช้น้ำให้เหมาะสมและสอดคล้องกับการปลูกพืช เป็นต้น จากการศึกษาระดับน้ำลดในช่วงฤดูร้อน คือ สัปดาห์ที่ 26 ของปี ค.ศ. 1991 ซึ่งมีการสูบน้ำครบ 204 บ่อ พบว่าระดับน้ำลดลงจากปีแรกเริ่มมากประมาณ 6-12 เมตร โดยมีอัตราการลดมากที่สุด คือ 12 เมตรในบริเวณตอนกลางของพื้นที่โซน 2 และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาโดยรอบ คือในรอบนอกลดลงประมาณ 6 เมตร ส่วนบริเวณโซน 1 ที่อยู่ติดกับโซน 2 ระดับน้ำลด

ประมาณ 6 เมตร และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาทางด้านตะวันตก คือ มีระดับน้ำลดต่ำสุดประมาณ 2 เมตร ต่อมาช่วงฤดูฝน คือ สัปดาห์ที่ 39 ของปี ค.ศ. 1991 ระดับน้ำลดมีค่าน้อยกว่าช่วงฤดูร้อน และบริเวณโซน 1ที่อยู่ใกล้แม่น้ำยมและอยู่ติดโซน 2 มีอัตราการลดสูงกว่าบริเวณอื่น คือมีระดับน้ำลดสูงสุดประมาณ 5 เมตร และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาโดยรอบ ถึงแม้ว่าจะเป็นฤดูฝน ซึ่งแหล่งน้ำบาดาลได้รับน้ำเพิ่มเติม แต่ระดับน้ำยังลดลงจากปีแรกเริ่มซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนอยู่ประมาณ 1-5 เมตร แสดงว่าสภาพสมดุลย์ของแหล่งน้ำบาดาลเปลี่ยนแปลงไป น้ำในแหล่งเก็บกักถูกนำขึ้นมาใช้มากกว่าปริมาณน้ำที่เข้ามาเพิ่มเติม ระดับน้ำจึงลดลงมากกว่าเดิม และในช่วงฤดูหนาว คือสัปดาห์ที่ 52 ของปี ค.ศ. 1991 ลักษณะและอัตราการลดโดยทั่วไปใกล้เคียงกับช่วงฤดูร้อน คือ ระดับน้ำลดลงจากปีแรกเริ่มมากประมาณ 5-11 เมตร โดยมีอัตราการลดมากที่สุด คือ 11 เมตรในบริเวณตอนกลางของพื้นที่โซน 2 และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาโดยรอบ คือในรอบนอกลดลงประมาณ 5 เมตร ส่วนบริเวณโซน 1 ที่อยู่ติดกับโซน 2 ระดับน้ำลดประมาณ 5 เมตร และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาทางด้านตะวันตก คือ มีระดับน้ำลดต่ำสุดประมาณ 1 เมตร และเมื่อมีการลดปริมาณการสูบลงในปีต่อ ๆ มาจนถึงสัปดาห์ที่ 26 ของปี ค.ศ. 1998 ผลปรากฏว่าระดับน้ำลดมีค่าน้อยลง คือ ระดับน้ำต่างจากปีแรกเริ่มประมาณ 2-9 เมตร โดยมีอัตราการลดมากที่สุด คือ 9 เมตรในบริเวณตอนกลางของพื้นที่โซน 2 และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาโดยรอบ คือในรอบนอกลดลงประมาณ 5 เมตร ส่วนบริเวณโซน 1 ที่อยู่ติดกับโซน 2 ระดับน้ำลดประมาณ 5 เมตร และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาทางด้านตะวันตก คือ มีระดับน้ำลดต่ำสุดประมาณ 2 เมตร ต่อมาช่วงฤดูฝน คือ สัปดาห์ที่ 39 ของปี ค.ศ. 1998 ระดับน้ำลดมีค่าน้อยกว่าช่วงฤดูร้อน และบริเวณโซน 1 ที่อยู่ใกล้แม่น้ำยมจนถึงทางด้านตะวันตกของโซน 2 มีอัตราการลดสูงกว่าบริเวณอื่น คือมีระดับน้ำลดสูงสุดประมาณ 3 เมตร และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาโดยรอบ ถึงแม้ว่าจะเป็นฤดูฝน ซึ่งแหล่งน้ำบาดาลได้รับน้ำเพิ่มเติม และมีการสูบน้ำลดลง แต่ระดับน้ำยังลดลงจากปีแรกเริ่มซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนอยู่ประมาณ 1-3 เมตร แสดงว่าสภาพสมดุลย์ของแหล่งน้ำบาดาลเปลี่ยนแปลงไป น้ำในแหล่งเก็บกักถูกนำขึ้นมาใช้มากกว่าปริมาณน้ำที่เข้ามาเพิ่มเติม ระดับน้ำจึงลดลง และต่อมาในช่วงฤดูหนาว คือสัปดาห์ที่ 52 ของปี ค.ศ. 1998 ลักษณะและอัตราการลดโดยทั่วไปใกล้เคียงกับช่วงฤดูร้อน คือ ระดับน้ำลดลงจากปีแรกเริ่มมากประมาณ 4-8 เมตร โดยมีอัตราการลดมากที่สุด คือ 8 เมตรในบริเวณตอนกลางของพื้นที่โซน 2 และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาโดยรอบ คือในรอบนอกลดลงประมาณ 4 เมตร ส่วนบริเวณโซน 1 ที่อยู่ติดกับโซน 2 ระดับน้ำลดประมาณ 4 เมตร และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาทางด้านตะวันตก คือ มีระดับน้ำลดต่ำสุดประมาณ 1 เมตร

5.2 การวิเคราะห์แผนที่ระดับน้ำจริง เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการติดตามตรวจวัดในบ่อสังเกตุการณ์อย่างต่อเนื่อง (Monitoring) และเพื่อความสะดวกในการพิจารณาจึงประยุกต์ใช้โปรแกรม SURFER for Windows ร่วมกับโปรแกรม PLOTCONT ในการทำแผนที่ระดับน้ำจำลอง มีทั้งภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ แบ่งการวิเคราะห์ได้ดังนี้

5.2.1 แผนที่ 2 มิติของระดับน้ำจริง ประกอบด้วยแผนที่ระดับน้ำจริง ของสัปดาห์ที่ 26, 39 และ 52 ในปี ค.ศ.1986,1991 และ1998 ดูรูปที่ จ.1 - จ.7 ภาคผนวก จ

จากแผนที่ระดับน้ำจริง ของสัปดาห์ที่ 26 ในปี ค.ศ.1986 ซึ่งเป็นปีในช่วงระยะแรกที่มีข้อมูลค่อนข้างสมบูรณ์ พบว่าระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์บริเวณโซน 2 มีระดับน้ำ 42-44 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนบริเวณโซน 1 ประมาณ 44-62 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ในขณะที่ก่อนช่วงนี้ประมาณ 5 ปี มีการสูบน้ำทั้ง 2 โซนเฉลี่ยประมาณ 24.524 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1112.50 มิลลิเมตรต่อปี ในช่วงต่อมามีการสูบน้ำปริมาณเพิ่มมากขึ้นและสูงที่สุดในปี ค.ศ. 1991 คือ ประมาณ 46.396 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำฝนประมาณ 1,050.00 มิลลิเมตร ดังนั้นเมื่อศึกษาระดับน้ำในปี ค.ศ. 1991 พบว่าในช่วงเดือนมิถุนายน ระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์บริเวณโซน 1 และโซน 2 มีการเปลี่ยนแปลงมาก คือมีระดับน้ำลดลงมาก บริเวณโซน 2 มีระดับน้ำอยู่ที่ 34-40 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และบริเวณโซน 1 มีระดับน้ำอยู่ที่ 38-60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล โดยมีอัตราการลดมากที่สุด คือ ระดับน้ำ 34 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลในบริเวณตอนกลางของพื้นที่โซน 2 และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาโดยรอบ คือในรอบนอกมีระดับน้ำ 40 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนบริเวณโซน 1 ที่อยู่ติดกับโซน 2 มีระดับน้ำ 38 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาทางด้านตะวันตก คือ มีระดับน้ำประมาณ 60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ต่อมาในช่วงเดือนกันยายน ของปี ค.ศ. 1991 ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่มีฝนตกเฉลี่ยมากที่สุดและมีการสูบน้ำในช่วงนี้ปริมาณน้อยมาก ปรากฏว่าในบริเวณต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำสูงขึ้น ระดับน้ำบริเวณโซน 2 สูงขึ้นเป็น 40-42 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และบริเวณโซน 1 ระดับน้ำสูงขึ้นเป็น 42-62 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล แต่ต่อมาช่วงเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่มีฝนตกน้อยมากและมีการสูบน้ำในช่วงนี้ปริมาณมากขึ้น พบว่าระดับน้ำลดต่ำลงไปอีก คือ บริเวณโซน 2 มีระดับน้ำอยู่ที่ 36-42 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และบริเวณโซน 1 มีระดับน้ำอยู่ที่ 40-62 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล โดยมีอัตราการลดมากที่สุด คือ ระดับน้ำ 36 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลในบริเวณตอนกลางของพื้นที่โซน 2 และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออกมาโดยรอบ คือในรอบนอกมีระดับน้ำ 42 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนบริเวณโซน 1 ที่อยู่ติดกับโซน 2 มีระดับน้ำ 42 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และอัตราการลดค่อย ๆ น้อยลงเรื่อย ๆ ในบริเวณถัดออก

มาทางด้านตะวันตก คือ มีระดับน้ำประมาณ 62 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล เป็นที่น่าสังเกตุว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน ซึ่งในช่วงปีต่อมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992-1998 มีการสูบน้ำปริมาณลดลงเฉลี่ย 35.621 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,118.17 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณการสูบน้ำมากกว่าช่วงปีแรกแต่น้อยกว่าปี ค.ศ.1991 ปรากฏว่าในปี ค.ศ.1998 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำน้อยกว่าปี ค.ศ.1991 ดังนี้ คือ ในเดือนมิถุนายน ปีค.ศ.1998 ระดับน้ำบริเวณโซน 2 มีระดับน้ำเฉลี่ย 38-42 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลและบริเวณโซน 1 มีระดับน้ำอยู่ที่ 40-60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ระดับน้ำตื้นกว่าปี ค.ศ.1991 โดยเฉลี่ยประมาณ 3 เมตร แต่เนื่องจากปีนี้มีฝนตกน้อยมากเพียง 618.40 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี แม้ว่าจะมีการสูบน้ำน้อยกว่าปี ค.ศ.1991 ในช่วงเดือนกันยายน ปี ค.ศ.1998 ระดับน้ำจึงลดต่ำลงใกล้เคียงกับปี ค.ศ.1991 คือ ระดับน้ำบริเวณโซน 2 มีระดับน้ำเฉลี่ย 38-44 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลและบริเวณโซน 1 มีระดับน้ำอยู่ที่ 42-60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนในช่วงเดือนธันวาคม ระดับน้ำบริเวณโซน 2 ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ระดับ 40-42 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนบริเวณโซน 1 ระดับน้ำประมาณ 40-60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล

5.2.2 <u>แผนที่ 3 มิติของระดับน้ำจริง</u> ประกอบด้วยแผนที่ระดับน้ำจริง ของสัปดาห์ที่ 26, 39 และ 52 ในปี ค.ศ.1986,1991 และ1998 ดูรูปที่ จ.8 - จ.14 ภาคผนวก จ.

จากแผนที่ 3 มิติ แสดงให้เห็นการเคลื่อนไหวของน้ำบาดาลว่ามีทิศทางการไหลไปทางทิศใต้และตะวันออกเฉียงใต้และสามารถมองเห็นสภาพพื้นผิวของระดับน้ำจำลองได้อย่างชัดเจนเช่นกัน ภาพ 3 มิติของระดับน้ำจำลองในช่วงฤดูต่าง ๆ ของแต่ละปี แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวบริเวณต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบริเวณพื้นที่โซน 2 ในช่วงแรก คือปี ค.ศ. 1986 เปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 1991 และ 1998 สัปดาห์ที่ 26 จะเห็นระดับน้ำลดลงไปมากมีลักษณะเหมือนแอ่งลึกลงไป ซึ่งแสดงสภาพให้เห็นว่าน้ำในแหล่งเก็บกักลดลงไปจากเดิมมาก และปริมาณการสูบน้ำมีผลโดยตรงต่อระดับน้ำในบริเวณต่าง ๆ โดยเฉพาะบริเวณตอนกลางของบ่อผลิตในโซน 2 และต่อเนื่องไปจนถึงพื้นที่โซน1 และบริเวณทางด้านใต้ของโครงการ

6. การวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูล

จากการนำเสนอข้อมูลระดับน้ำ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-1998 ทั้งที่เป็นข้อมูลอุทกธรณีวิทยาในสภาพจริงที่ได้จากการติดตามตรวจวัดอย่างต่อเนื่องและข้อมูลที่ได้จากการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลใหม่ในครั้งนี้ ในรูปแบบกราฟระดับน้ำ (Hydrographs) และแผนที่ระดับน้ำ (Piezometric Maps) สามารถนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลว่ามีความสอดคล้องใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด ถ้ามีความถูกต้องหรือใกล้เคียงกันมากก็สามารถใช้ในการทำนายอนาคตของน้ำบาดาลในขั้นตอนต่อไปได้เลย แต่ถ้ายังมีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยก็ควรทำการปรับใหม่อีกครั้ง ขั้นตอนนี้มีความสำคัญมากดังนั้นข้อมูลอุทกธรณีวิทยาในสภาพจริงที่ได้จากการติดตามตรวจวัดอย่างต่อเนื่องในภาคสนาม ต้องปฏิบัติตามหลักวิชาการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง เพราะเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญมากในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับข้อมูลของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล การวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลดังกล่าวได้แบ่งตามการนำเสนอข้อมูล ดังนี้

6.1 <u>**การวิเคราะห์และเปรียบเทียบกราฟระดับน้ำ**</u> จากกราฟแสดงระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-1998 ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ กราฟเชิงเส้นแสดงระดับน้ำจำลอง (Simulated Model Hydrographs) ที่ได้จากการคำนวณด้วยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งนำมา Plot ไว้รวมกันกับกราฟแสดงสัญลักษณ์ของระดับน้ำจริง (Observed Hydrographs) ที่วัดได้จากบ่อสังเกตการณ์ จำนวน 25 บ่อ และได้แบ่งบ่อสังเกตุการณ์ที่มีช่วงระดับน้ำสูงและต่ำต่างกันจัดไว้ในรูปเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการพิจารณา (ดูรูปที่ ค.1 - ค.9 ในภาคผนวก ค.)

<u>*กราฟระดับน้ำรูปที่ ค.1*</u> แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบกันระหว่างระดับน้ำจำลองกับระดับน้ำจริงในบ่อสังเกตการณ์ EX2, EX3 และ OW6 เมื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำของ 3 บ่อดังกล่าวปรากฏว่า ***บ่อ EX2*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ทางด้านเหนือของโซน 1 ในช่วงปีแรก คือ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984-1990 ระดับน้ำจริง มีค่าเฉลี่ย 60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (masl) ส่วนระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ย 57 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ระดับน้ำจริงสูงกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 3 เมตร ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1991-1998 ซึ่งมีการสูบน้ำในบริเวณนี้มากกว่าช่วงแรก เป็นผลให้ระดับน้ำจริงลดต่ำลงจนใกล้เคียงกับระดับน้ำจำลอง สำหรับ***บ่อ EX3*** ซึ่งบริเวณโซน 1 และอยู่ใกล้แม่น้ำยม ในช่วงปีแรก คือ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984-1990 โซน 1 มีการสูบน้ำปริมาณ 3.505, 4.721, 1.421, 3.176 ,5.623 , 7.323 และ

11.638 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,118.53 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงมีค่าเฉลี่ย 52 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (masl) ส่วนระดับน้ำจำลองมีระดับน้ำเฉลี่ย 51.5 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล แสดงให้เห็นว่าระดับน้ำจริงมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจำลองมาก ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1991-1993 มีการสูบน้ำในบริเวณนี้ปริมาณ 15.623, 18.183 และ 16.985 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1080.70 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งมีปริมาณการสูบน้ำมากกว่าช่วงแรก เป็นผลให้ระดับน้ำจริงลดต่ำลงกว่าระดับน้ำจำลองเฉลี่ย ประมาณ 1 เมตร และเมื่อลดปริมาณการสูบน้ำลงเหลือเพียง 11.395 , 9.888 และ 8.995 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นเป็น 1,355.43 มิลลิเมตรต่อปี ในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นกว่าระดับน้ำจำลองเล็กน้อย ตรงกันข้ามเมื่อเพิ่มปริมาณการสูบน้ำมากขึ้นเป็น 12.511 และ 14.996 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 784.40 มิลลิเมตรต่อปี ในปี ค.ศ. 1997-1998 พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน และจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำแสดงว่าได้รับน้ำเพิ่มเติมจากแม่น้ำยมน้อยมากหรือไม่มีเลย และพบว่าอัตราการลดของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำจริงเล็กน้อย แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงหรือมากกว่าความจริงเล็กน้อย และเป็นที่น่าสังเกตุว่าระดับน้ำในบริเวณนี้จะลดลง ถ้ามีการสูบน้ำในโซน 1 มากกว่า 10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี ส่วน ***บ่อ OW6*** เป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ในโซน 2 ในช่วงปี ค.ศ. 1982-1991 มีการสูบน้ำในโซน 2 ปริมาณเฉลี่ย 24.06 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,101.69 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 40 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1992-1998 มีการสูบน้ำในบริเวณนี้ปริมาณเฉลี่ย 22.48 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,118.17 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งมีปริมาณการสูบน้ำเฉลี่ยน้อยกว่าและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่าช่วงแรก ปรากฏว่าระดับน้ำจำลองมีค่าต่ำกว่ากับระดับน้ำจริงเล็กน้อย แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงหรือน้อยกว่าความจริงเล็กน้อย และเป็นที่น่าสังเกตุว่าในกรณีที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,101.69 มิลลิเมตรต่อปี สามารถทำการสูบน้ำในบ่อ OW6 ปริมาณเฉลี่ย 24.06 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อระดับน้ำ แสดงว่าเป็นปริมาณที่สูบน้ำกับปริมาณน้ำที่เข้าเพิ่มเติมในบ่อสมดุลย์กัน

กราฟระดับน้ำรูปที่ ค.2 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบกันระหว่างระดับน้ำจำลองกับระดับน้ำจริงในบ่อสังเกตการณ์ OW24B, OW11 และ PE1 เมื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำของ 3 บ่อดังกล่าวปรากฏว่า ***บ่อ OW24B*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ทางด้านเหนือของโซน 1 กราฟแสดงระดับน้ำตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985-1998 ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ย 61 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (masl) เท่ากัน แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงมาก สำหรับ ***บ่อ OW11*** เป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ทางด้านเหนือของโซน 1 และอยู่ใกล้กับบ่อ OW24B กราฟแสดงระดับน้ำตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985-1998 จึงมีลักษณะคล้ายคลึงกัน มีระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ย 58 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (masl) เท่ากัน แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงมาก ***ส่วนบ่อ PE1*** เป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ในโซน 1 ในปีแรก ปี ค.ศ. 1982 ยังไม่มีการสูบน้ำ ในโซน 1 ปีต่อมาสูบน้ำเพียง 0.042 ล้านลูกบาศก์เมตรเท่านั้น ในช่วงต่อมามีการสูบน้ำมากขึ้น คือตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984-1990 โซน 1 มีการสูบน้ำปริมาณ 3.505, 4.721, 1.421, 3.176 ,5.623 และ7.323 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,123.80 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ย 54 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (masl) เท่ากัน แสดงให้เห็นว่าระดับน้ำจริงมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจำลองมาก ในช่วงถัดมา คือปี ค.ศ. 1991-1993 มีการสูบน้ำในบริเวณนี้ปริมาณ 15.623, 18.183 และ 16.985 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,080.70 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งมีปริมาณการสูบน้ำมากกว่าช่วงแรก เป็นผลให้ระดับน้ำจริงลดต่ำลงกว่าระดับน้ำจำลองเฉลี่ย ประมาณ 3 เมตร และเมื่อลดปริมาณการสูบน้ำลงเหลือเพียง 11.395 , 9.888 และ 8.995 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นเป็น 1355.43 มิลลิเมตรต่อปี ในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นโดยเฉลี่ยเท่ากับระดับน้ำจำลอง และเมื่อเพิ่มปริมาณการสูบน้ำมากขึ้นเป็น 12.511 และ 14.996 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 784.40 มิลลิเมตรต่อปี ในปีค.ศ. 1997-1998 พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 3 เมตร การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน และพบว่าอัตราการลดของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำจริงเล็กน้อย แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงหรือมากกว่าความจริงเล็กน้อย และเป็นที่น่าสังเกตุว่าระดับน้ำในบริเวณนี้จะลดลง ถ้ามีการสูบน้ำในโซน 1 มากกว่า 10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี

กราฟระดับน้ำรูปที่ ค.3 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบกันระหว่างระดับน้ำจำลองกับระดับน้ำจริงในบ่อสังเกตการณ์ OW4, OW15 และ OW25 เมื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำของ 3 บ่อดังกล่าวปรากฏว่า ***บ่อ OW4*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ทางด้านตะวันออกของโซน 2 กราฟแสดงระดับน้ำตั้งแต่ปี ค.ศ.1982-1998 ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในช่วงปี ค.ศ. 1982-1990 มีการสูบน้ำในโซน 2 ปริมาณเฉลี่ย 23.31 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,107.43 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 42 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1991-1993 มีการสูบน้ำในบริเวณนี้ปริมาณมากขึ้นเฉลี่ย 27.49 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,080.70 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 39 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ระดับน้ำลดลงจากช่วงแรก ประมาณ 3 เมตร และในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 ปริมาณการสูบน้ำลดลงเฉลี่ย 19.09 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นเป็น 1,355.43 มิลลิเมตรต่อปี พบว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นโดยเฉลี่ยเท่ากัน คือ 41 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ระดับน้ำสูงขึ้นอีกประมาณ 2 เมตร ต่อมาในปีค.ศ. 1997-1998 ปริมาณการสูบน้ำเพิ่มมากขึ้นเฉลี่ย 24.22 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 784.40 มิลลิเมตรต่อปี พบว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงลดต่ำลงประมาณ 1 เมตร แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงมาก และเป็นที่น่าสังเกตุว่าในกรณีที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,107.43 มิลลิเมตรต่อปี สามารถทำการสูบน้ำในบ่อ OW4 ปริมาณเฉลี่ย 23.31 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อระดับน้ำ แสดงว่าเป็นปริมาณการสูบน้ำที่สมดุลย์กันกับปริมาณน้ำที่เข้าเพิ่มเติมในบ่อสำหรับ ***บ่อ OW15*** เป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ทางด้านใต้ของโซน 1 และโซน 2 การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำรวมของโซน 1และโซน 2 และปริมาณน้ำฝนโดยตรง อัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงมากกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 1-2 เมตร จากกราฟระดับน้ำเริ่มแรกปีค.ศ. 1986 ปริมาณการสูบน้ำ 20.40 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝน 1,210.40 มิลลิเมตรต่อปีระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน ระดับน้ำจริงลึกกว่าระดับน้ำจำลองเล็กน้อย ในปีต่อมา คือ ปีค.ศ. 1987 ปริมาณน้ำฝนลดลงเป็น 937 มิลลิเมตรและปริมาณการสูบน้ำเพิ่มมากขึ้นเป็น 25.436 ล้านลูกบาศก์เมตร ระดับน้ำจริงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 1-2 เมตร ในปีค.ศ.1988 มีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นเป็น 1,101.00 มิลลิเมตร ปริมาณการสูบน้ำใกล้เคียงกับปีที่แล้ว คือ 25.209 ล้านลูกบาศก์เมตร ปรากฏว่าระดับน้ำจริงสูงขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจำลอง และเมื่อมีการสูบน้ำเพิ่มปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่ปีค.ศ.1989-1991

คือ เพิ่มเป็น 32.549, 41.470 และ 46.396 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีส่วนปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงกับปีค.ศ.1988 พบว่าระดับน้ำจริงลดลงไปจากเดิมประมาณ 2 เมตร หลังจากนั้นได้ลดปริมาณการสูบน้ำลงเรื่อย ๆ ตั้งแต่ปีค.ศ. 1992-1993 ปรากฏว่าระดับน้ำจริงสูงขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจำลองมากที่สุด และในช่วงปี ค.ศ.1994-1996 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 1,355.43 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณการสูบน้ำก็ลดลงเหลือ 30.745, 27.841, และ 28.963 ล้านลูกบาศก์เมตร ปรากฏว่าระดับน้ำจริงสูงขึ้นประมาณ 2-3 เมตร และสูงกว่าระดับน้ำจำลองเล็กน้อย ต่อมาปี ค.ศ.1997-1998 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงเป็น 784.40 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณการสูบน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 34.082 และ 41.861 ล้านลูกบาศก์เมตร ปรากฏว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองลดลงประมาณ 1 เมตร แสดงให้เห็นของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝนอย่างชัดเจน และพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำจริงเล็กน้อย แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงหรือมากกว่าความจริงเล็กน้อย ส่วน ***บ่อ OW25*** เป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ใกล้แม่น้ำน่าน ห่างจากโซน 2 ไปทางตะวันออกเฉียงใต้ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจำลองสอดคล้องกันระดับน้ำจริง แต่ระดับน้ำจริงสูงกว่าระดับน้ำจำลอง ประมาณ 2-3 เมตร เมื่อพิจารณาจากลักษณะของกราฟแล้วคาดว่านอกจากระดับน้ำจริงจะแปรตามปริมาณน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่แล้วยังได้รับน้ำเพิ่มเติมจากแม่น้ำน่านอีกด้วย ดังนั้นในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำครั้งต่อไปต้องปรับตัวแปรทางชลศาสตร์บริเวณ บ่อ OW25 นี้ให้มีความถูกต้องหรือใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น

กราฟระดับน้ำรูปที่ ค.4 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบกันระหว่างระดับน้ำจำลองกับระดับน้ำจริงในบ่อสังเกตการณ์ EX8, OW13, L1 และ OW15 เมื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำของ 3 บ่อดังกล่าวปรากฏว่า ***บ่อ EX8*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ในโซน 1 และติดกับแม่น้ำยมทางด้านตะวันตก กราฟแสดง ระดับน้ำมีลักษณะคล้ายคลึงกับบ่อ EX 3 คือ ในช่วงแรกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984-1990 โซน 1 มีการสูบน้ำปริมาณ 3.505, 4.721, 1.421, 3.176 ,5.623 และ7.323 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,123.80 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลอง มีค่าเฉลี่ย 55 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (masl) เท่ากัน แสดงให้เห็นว่าระดับน้ำจริงมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจำลองมาก ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1991-1993 มีการสูบน้ำในบริเวณนี้ปริมาณ 15.623, 18.183 และ 16.985 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,080.70 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งมีปริมาณการสูบน้ำมากกว่าช่วงแรก เป็นผลให้ระดับน้ำจริงลดต่ำลงกว่าระดับน้ำจำลองเฉลี่ย ประมาณ 2 เมตร และเมื่อลดปริมาณการสูบน้ำลงเหลือเพียง 11.395 , 9.888 และ 8.995 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นเป็น

1,355.43 มิลลิเมตรต่อปี ในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 พบว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำ จำลองมีค่าการเปลี่ยนแปลงเท่ากัน คือมีระดับน้ำสูงขึ้นอีกประมาณ 2 เมตร และเมื่อเพิ่มปริมาณการสูบน้ำมากขึ้นเป็น 12.511 และ 14.996 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 784.40 มิลลิเมตรต่อปี ในปีค.ศ. 1997-1998 พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2 เมตร การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน และจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำแสดงว่าได้รับน้ำเพิ่มเติมจากแม่น้ำยมน้อยมากหรือไม่มีเลย และพบว่าอัตราการลดของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำจริงเล็กน้อย แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงหรือมากกว่าความจริงเล็กน้อย และเป็นที่น่าสังเกตุว่าระดับน้ำในบริเวณนี้จะลดลง ถ้ามีการสูบน้ำในโซน 1 มากกว่า 10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี สำหรับ ***บ่อ OW13*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ในทางด้านใต้ของโซน 1 กราฟแสดงระดับน้ำในช่วงแรกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985-1989 โซน 1 มีการสูบน้ำปริมาณ 4.721, 1.421, 3.176 ,5.623 และ 7.323 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,139.96 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริง และระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ย 54 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (masl) เท่ากัน แสดงให้เห็นว่าระดับน้ำจริงมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจำลองมาก แต่หลังจากเพิ่มปริมาณการสูบน้ำมากขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 เป็นต้นมา ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน แต่พบว่าอัตราการลดของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำจริงเฉลี่ยประมาณ 3 เมตร และในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 ที่มีปริมาณการสูบน้ำลดลงและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นระดับน้ำจริงก็ไม่สูงขึ้นเท่าช่วงแรกอีกเลย แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำมากกว่าความจริงเล็กน้อย และเป็นที่น่าสังเกตุว่าระดับน้ำในบริเวณนี้จะลดลงเรื่อยๆ ถ้ามีการสูบน้ำในโซน 1 มากกว่า 7.323 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1,100 มิลลิเมตรต่อปี ส่วน***บ่อ L1*** เป็นบ่อผลิต อยู่ในโซน 1 ในช่วงปีแรก คือ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984-1989 โซน 1 มีการสูบน้ำปริมาณ 3.505, 4.721, 1.421, 3.176 ,5.623 และ7.323 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,123.80 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ย 45 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (masl) เท่ากัน แสดงให้เห็นว่าระดับน้ำจริงมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจำลองมาก ปีต่อมามีการสูบน้ำปริมาณ 11.638 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำฝน1086.90 มิลลิเมตร ระดับน้ำน้ำจริงและระดับน้ำจำลองเริ่มลดลงเล็กน้อย หลังจากมีการสูบน้ำในบ่อผลิตครบ 104 บ่อในช่วงปี ค.ศ. 1991-1993 มีการสูบน้ำในบริเวณนี้ปริมาณ 15.623, 18.183 และ 16.985 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ

และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,080.70 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งมีปริมาณการสูบน้ำมากกว่าช่วงแรก เป็นผลให้ระดับน้ำจริงลดต่ำลงกว่าระดับน้ำจำลองเฉลี่ย ประมาณ 5 เมตร และเมื่อลดปริมาณการสูบน้ำลงเหลือเพียง 11.395 , 9.888 และ 8.995 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นเป็น 1,355.43 มิลลิเมตรต่อปี ในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นโดยเฉลี่ยน้อยกว่าระดับน้ำจำลอง ประมาณ 1 เมตร และเมื่อเพิ่มปริมาณการสูบน้ำมากขึ้นเป็น 12.511 และ 14.996 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 784.40 มิลลิเมตรต่อปี ในปีค.ศ. 1997-1998 พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 5 เมตร การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน และพบว่าอัตราการลดของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำจริง แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำมากกว่าความจริงเล็กน้อย และเป็นที่น่าสังเกตุว่าระดับน้ำในบริเวณนี้จะลดลง ถ้ามีการสูบน้ำในโซน 1 มากกว่า 10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1000 มิลลิเมตรต่อปี สำหรับ ***บ่อ OW15*** ดูได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบรูปที่ ค.3

กราฟระดับน้ำรูปที่ ค.5 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบกันระหว่างระดับน้ำจำลองกับระดับน้ำจริงในบ่อสังเกตการณ์ PD15, G1, OW26 และ TW4 เมื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำของ 3 บ่อดังกล่าวปรากฏว่า ***บ่อ PD15*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์ของบ่อผลิต D15 ในโซน 1 จากข้อมูลกราฟแสดงระดับน้ำในช่วงแรกปี ค.ศ. 1982-1989 ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่หลังจากมีการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 1 ปริมาณมากขึ้นตั้งแต่ปีค.ศ. 1990 เป็นต้นมา พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร และในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 เมื่อปริมาณการสูบน้ำลดลงมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นกว่าช่วงก่อน พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นโดยเฉลี่ยน้อยกว่าระดับน้ำจำลอง ประมาณ 1 เมตร และต่อมาในปีค.ศ. 1997-1998 เมื่อเพิ่มปริมาณการสูบน้ำมากขึ้นและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงมากกว่าในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2 เมตร จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน และพบว่าอัตราการลดของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำจริง แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำมากกว่าความจริงเล็กน้อย *ส่วน**บ่อ G1*** เป็นบ่อผลิต อยู่ในโซน 1 จากกราฟแสดงระดับน้ำในช่วงปีแรก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982-1987 ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ย 50 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (masl) เท่ากัน แสดงให้เห็นว่าระดับน้ำจริงมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจำลองมาก

ช่วงปี ค.ศ. 1988-1990 ไม่มีข้อมูล ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1991-1998 หลังจากมีการสูบน้ำในบ่อผลิตครบ 104 บ่อมีการสูบน้ำปริมาณมากขึ้น ระดับน้ำน้ำจริงและระดับน้ำจำลองลดลง พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 3 เมตร การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน อัตราการลดของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำจริง แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำมากกว่าความจริงเล็กน้อย ดังนั้นบริเวณนี้สูบน้ำได้น้อยกว่ารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลกำหนด *ส่วนบ่อ OW26* เป็นบ่อสังเกตการณ์อยู่ห่างจากโซน 2 ขึ้นไปทางทิศเหนือประมาณ 10 กิโลเมตร ช่วงแรกเริ่ม ปี ค.ศ. 1986 ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีค่าสอดคล้องใกล้เคียงกัน ต่อมาระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลอง โดยแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำมากกว่าความจริงเล็กน้อย ดังนั้นบริเวณนี้สูบน้ำได้น้อยกว่ารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลกำหนด และ*บ่อ TW4* เป็นบ่อสังเกตการณ์ ของโซน 2 อยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของโซน 2 กราฟแสดงระดับน้ำมีลักษณะคล้ายคลึงกับบ่อ OW4 ในโซน 2 และบ่อ EX 3 ในบริเวณโซน 1 คือ ในช่วงปี ค.ศ. 1984-1990 มีการสูบน้ำในโซน 2 ปริมาณเฉลี่ย 22.82 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1118.53 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 44 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1991-1993 มีการสูบน้ำในบริเวณนี้ปริมาณมากขึ้นเฉลี่ย 27.49 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,080.70 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงลดลงมีค่าเฉลี่ย 41 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ส่วนระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ย 38 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 ปริมาณการสูบน้ำลดลงเฉลี่ย 19.09 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นเป็น 1,355.43 มิลลิเมตรต่อปี พบว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นโดยเฉลี่ยเท่ากัน คือ มีค่า 41 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลต่อมาในปีค.ศ. 1997-1998 ปริมาณการสูบน้ำเพิ่มมากขึ้นเฉลี่ย 24.22 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 784.40 มิลลิเมตรต่อปี พบว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงลดต่ำลงประมาณ 1 เมตร แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงมาก และเป็นที่น่าสังเกตุว่าในกรณีที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1118.53 มิลลิเมตรต่อปี สามารถทำการสูบน้ำในบ่อ TW4 ปริมาณเฉลี่ย 22.82 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อระดับน้ำ แสดงว่าเป็นปริมาณที่สูบน้ำกับปริมาณน้ำที่เข้าเพิ่มเติมในบ่อสมดุลย์ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน และอัตราการลดของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำ

จริงเล็กน้อย แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงหรือมากกว่าความจริงเล็กน้อย

กราฟระดับน้ำรูปที่ ค.6 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบกันระหว่างระดับน้ำจำลองกับระดับน้ำจริงในบ่อสังเกตการณ์ PD22, EX7 และ OW8 เมื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำของ 3 บ่อดังกล่าวปรากฏว่า ***บ่อ PD22*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์ของบ่อผลิต D22 ในโซน 1 กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994-1996 แสดงให้เห็นระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีค่าใกล้เคียงกันมาก ระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 57 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน และอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจำลองเท่ากันกับระดับน้ำจริง แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงมาก ส่วน ***บ่อ EX7*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์ของโซน 1 อยู่ใกล้แม่น้ำยมจากข้อมูลกราฟแสดงระดับน้ำในช่วงแรกปี ค.ศ. 1984-1989 ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีค่าใกล้เคียงกันมาก ระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 52 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล แต่หลังจากมีการสูบน้ำในบ่อผลิตโซน 1 ปริมาณมากขึ้นตั้งแต่ปีค.ศ. 1990 เป็นต้นมา พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองเฉลี่ยประมาณ 3 เมตร และในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 เมื่อปริมาณการสูบน้ำลดลงมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นกว่าช่วงก่อน พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นโดยเฉลี่ยน้อยกว่าระดับน้ำจำลอง ประมาณ 1 เมตร และต่อมาในปี ค.ศ. 1997-1998 เมื่อเพิ่มปริมาณการสูบน้ำมากขึ้นและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงมากกว่าในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 พบว่าระดับน้ำจริงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 3 เมตร จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน และพบว่าอัตราการลดของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำจริง แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำมากกว่าความจริงเล็กน้อยดังนั้นบริเวณนี้สูบน้ำได้น้อยกว่ารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลกำหนด ส่วน***บ่อ OW8*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของโซน 2 กราฟแสดงระดับน้ำตั้งแต่ปี ค.ศ.1982-1998 ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องใกล้เคียงกัน ในช่วงปี ค.ศ. 1982-1990 มีการสูบน้ำในโซน 2 ปริมาณเฉลี่ย 23.31 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,107.43 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 43 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1991-1993 มีการสูบน้ำในบริเวณนี้ปริมาณมาก

ขึ้นเฉลี่ย 27.49 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,080.70 มิลลิเมตรต่อปี ปรากฏว่าระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 40 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ระดับน้ำลดลงจากช่วงแรก ประมาณ 3 เมตร และในช่วงปี ค.ศ. 1994-1996 ปริมาณการสูบน้ำลดลงเฉลี่ย 19.09 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นเป็น 1,355.43 มิลลิเมตรต่อปี พบว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น ปรากฏว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงสูงกว่าระดับน้ำจำลองต่อมาในปีค.ศ. 1997-1998 ปริมาณการสูบน้ำเพิ่มมากขึ้นเฉลี่ย 24.22 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 784.40 มิลลิเมตรต่อปี พบว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงลดต่ำลงประมาณ 2 เมตร แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงมาก และเป็นที่น่าสังเกตุว่าในกรณีที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1107.43 มิลลิเมตรต่อปี สามารถทำการสูบน้ำในบ่อ OW8 ปริมาณเฉลี่ย 23.31 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อระดับน้ำ แสดงว่าเป็นปริมาณที่สูบน้ำกับปริมาณน้ำที่เข้าเพิ่มเติมในบ่อสมดุลย์กัน

กราฟระดับน้ำรูปที่ ค.7 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบกันระหว่างระดับน้ำจำลองกับระดับน้ำจริงในบ่อสังเกตการณ์ TW6, OW7 และ OW18 เมื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลระดับน้ำของ 3 บ่อดังกล่าวปรากฏว่า ***บ่อ TW6*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์ อยู่ห่างโซน 2 ไปทางด้านเหนือประมาณ 8 กิโลเมตร พบว่าระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 43 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณน้ำฝนและปริมาณการสูบน้ำของโซน 2 และอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจำลองน้อยกว่าระดับน้ำจริงเล็กน้อย แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงหรือมากกว่าความจริงเล็กน้อย ส่วน***บ่อ OW7*** ซึ่งเป็นบ่อสังเกตการณ์อยู่ในโซน 2 ทางด้านตะวันตก จากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ ตั้งแต่ปี ค.ศ.1982-1998 ปรากฏว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องใกล้เคียงกันมาก มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจำลองและระดับน้ำจริงเท่ากัน ช่วงระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดห่างกันประมาณ 7 เมตร การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณน้ำฝนและปริมาณการสูบน้ำของโซน 2 แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบริเวณนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงมาก และ ***บ่อ OW18*** เป็นบ่อสังเกตการณ์อยู่ใกล้แม่น้ำน่าน ปรากฏว่าระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 40 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องใกล้เคียงกัน ระดับน้ำจริงมีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากกว่าระดับน้ำจำลองเล็ก

น้อย ช่วงระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยห่างกันเพียง 1 เมตร แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบ่อนี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริง

กราฟระดับน้ำรูปที่ ค.8 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง เปรียบเทียบกันระหว่างระดับน้ำจำลองกับระดับน้ำจริงของ***บ่อ*** *33, 14,* และ***บ่อ***28 ซึ่งเป็นบ่อผลิตของโซน 2 และบ่อสังเกตการณ์ ***บ่อ*** *TW4* เมื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบกราฟระดับน้ำของทั้ง 4 บ่อ พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกันมาก ระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ 40 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องใกล้เคียงกัน มีอัตราการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ช่วงระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยห่างกันประมาณ 5 เมตร การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองแปรตามปริมาณน้ำฝนและปริมาณการสูบน้ำของโซน 2 แสดงว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลของบ่อเหล่านี้ มีคุณสมบัติในการให้น้ำใกล้เคียงกับความจริงมาก

กราฟระดับน้ำรูปที่ ค.9 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่องกัน ตั้งแต่ปี ค.ศ.1982-1998 ของบ่อสังเกตการณ์ใกล้แม่น้ำ อยู่ห่างจากแม่น้ำประมาณ 100 เมตร ได้แก่ ***บ่อ*** *P1/100* และ ***บ่อ*** *P2/100* ใกล้แม่น้ำยมและ***บ่อ*** *P3/100* และ ***บ่อ*** *P4/100* ใกล้แม่น้ำน่าน เพื่อศึกษาการเพิ่มเติมน้ำจากแม่น้ำให้กับแหล่งน้ำบาดาลบริเวณนี้ ดังนี้

บ่อ *P1/100* อยู่ที่วัดหาดสองแคว อยู่ห่างจากแม่น้ำน่านประมาณ 100 เมตร จากกราฟแสดงระดับน้ำเฉลี่ยประมาณ 48 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล การสูบน้ำบริเวณโซน 2 มีผลกระทบต่อระดับน้ำในบ่อเล็กน้อย เมื่อพิจารณาจากลักษณะของกราฟแล้วคาดว่านอกจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะแปรตามปริมาณน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่แล้วยังได้รับน้ำเพิ่มเติมจากแม่น้ำน่านอีกด้วย

บ่อ *P2/100* อยู่ที่บ้านไร่อ้อย อยู่ห่างจากแม่น้ำน่านประมาณ 100 เมตร จากกราฟแสดงระดับน้ำเฉลี่ยประมาณ 46 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ไม่พบว่าการสูบน้ำของบริเวณโซน 2 มีผลกระทบต่อระดับน้ำในบ่อ เมื่อพิจารณาจากลักษณะของกราฟแล้วคาดว่านอกจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะแปรตามปริมาณน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่แล้วยังได้รับน้ำเพิ่มเติมจากแม่น้ำน่านเช่นเดียวกับบ่อ P1/100

บ่อ *P3/100* อยู่ที่บ้านท่าชัย อยู่ห่างจากแม่น้ำยมประมาณ 100 เมตร จากกราฟแสดงระดับน้ำเฉลี่ยประมาณ 56 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ไม่พบว่าการสูบน้ำของบริเวณโซน 1 และโซน 2 มีผลกระทบต่อระดับน้ำในบ่อ เมื่อพิจารณาจากลักษณะของกราฟแล้วคาดว่านอกจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะแปรตามปริมาณน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่แล้วยังได้รับน้ำเพิ่มเติมจากแม่น้ำยมส่วนหนึ่ง

บ่อ P4/100 อยู่ที่วัดคุ้งวารี อยู่ห่างจากแม่น้ำยมประมาณ 100 เมตร จากกราฟแสดงระดับน้ำการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำแปรตามปริมาณน้ำฝนและปริมาณการสูบน้ำของโซน 1และโซน 2 พบว่าในช่วงปี ค.ศ. 1991-1993 ที่มีการสูบน้ำปริมาณมากระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงลดต่ำลงมากเฉลี่ยประมาณ 6 เมตร และจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำดังกล่าวแสดงว่าได้รับน้ำเพิ่มเติมจากแม่น้ำยมน้อยมากหรือไม่มีเลย

6.2 **<u>การวิเคราะห์และเปรียบเทียบแผนที่ระดับน้ำ</u>** เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำจำลองกับระดับน้ำจริง โดยใช้แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง (Simulated Aquifer Piezometric Levels) ที่ได้จากการการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลใหม่ และแผนที่แสดงระดับน้ำจริง (Aquifer Piezometric Levels) ที่ได้จากการติดตามตรวจวัดระดับน้ำของบ่อสังเกตการณ์จำนวนประมาณ 50 บ่ออย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981-1998 ในช่วงเวลาหรือฤดูกาลต่างๆของปี เช่น เดือนมิถุนายน (สัปดาห์ที่ 26) เดือนกันยายน (สัปดาห์ที่ 39) และ เดือนธันวาคม (สัปดาห์ที่ 52) ของปี ค.ศ. 1991 และ ปี ค.ศ. 1998 เป็นต้น เพื่อตรวจสอบว่าระดับน้ำจำลองที่ได้จากการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลใหม่มีความใกล้เคียงกับระดับน้ำจริงในบริเวณต่าง ๆ ของพื้นที่โครงการมากน้อยเพียงใด และเพื่อศึกษาการเคลื่อนไหวของน้ำบาดาล นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบแผนที่ระดับน้ำลด (Drawdown Surface) ของปีต่าง ๆ กับปีแรกเริ่มโครงการอีกด้วย ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบแบ่งตามปีต่างๆมีดังนี้ (ดูรูปในภาคผนวก ง. และภาคผนวก จ. ประกอบ)

<u>ปี ค.ศ. 1986</u> เดือนมิถุนายน (สัปดาห์ที่ 26) สภาพการเคลื่อนไหวของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีทิศทางการไหลสอดคล้องกัน คือไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ และพบว่าระดับน้ำเฉลี่ยโดยทั่วไปสอดคล้องใกล้เคียงกัน มีบางบริเวณ เช่น ตอนกลางโซน 2 ระดับน้ำจริงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2 เมตร และทางด้านใต้ระดับน้ำจริงตื้นกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2-4 เมตร

<u>ปี ค.ศ. 1991</u> เดือนมิถุนายน (สัปดาห์ที่ 26) สภาพการเคลื่อนไหวของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีทิศทางการไหลสอดคล้องกัน คือไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ และพบว่าระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองเฉลี่ยโดยทั่วไปของโซน 2 สอดคล้องใกล้เคียงกัน แต่ระดับน้ำจริงบริเวณโซน 1 ลดต่ำกว่าระดับน้ำจำลองเฉลี่ยประมาณ 2 เมตรและทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ระดับน้ำจริงลึกกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 4 เมตร ส่วนทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณบ่อ TW6 และ OW26 ระดับน้ำจริงลดลงมากกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 1-2 เมตร จะเห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับน้ำจริงลดลงมากกว่าระดับน้ำจำลอง แสดงว่าในสภาพความเป็นจริงแหล่งน้ำบาดาลบริเวณนี้สามารถให้น้ำได้น้อยกว่าปริมาณที่รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

คำนวณไว้ ดังนั้นในการสูบน้ำครั้งต่อไปควรควบคุมปริมาณการสูบน้ำในบริเวณดังกล่าว โดยเฉพาะบริเวณโซน 1 ควรต่ำกว่า 15 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ปี ค.ศ. 1991 เดือนกันยายน (สัปดาห์ที่ 39) สภาพการเคลื่อนไหวของระดับน้ำจริงมีทิศทางการไหลสอดคล้องกัน คือไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ และพบว่าบริเวณโซน 2 มีระดับน้ำจริงต่ำกว่าระดับน้ำจำลอง ประมาณ 1-2 เมตรและระดับน้ำจริงบริเวณโซน 1 ที่อยู่ถัดจากโซน 2 ไปทางทิศตะวันตก ลดต่ำกว่าระดับน้ำจำลองเฉลี่ยประมาณ 1-2 เมตร ตลอดจนทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณบ่อ TW6 และ OW26 ระดับน้ำจริงลดลงมากกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 1-2 เมตร เช่นกัน ส่วนทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ระดับน้ำจริงลึกกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2-4 เมตร จะเห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับน้ำจริงลดลงมากกว่าระดับน้ำจำลอง ถึงแม้ว่าจะเป็นฤดูฝนระดับน้ำจริงก็ยังคงต่ำกว่าระดับน้ำจำลอง แสดงว่าน้ำในแหล่งเก็บกักถูกนำขึ้นมาใช้มากกว่าปริมาณน้ำที่คำนวณได้ด้วยรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล ดังนั้นในบริเวณโซน 1 ควรสูบน้ำต่ำกว่า 15 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีและบริเวณโซน 2 ควรสูบน้ำต่ำกว่า 30 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

ปี ค.ศ. 1991 เดือนธันวาคม (สัปดาห์ที่ 52) สภาพการเคลื่อนไหวของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีทิศทางการไหลสอดคล้องกัน คือไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ และพบว่าระดับน้ำจำลองบริเวณตอนกลางของโซน 2 ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนน้อยลดต่ำกว่าระดับน้ำจริงประมาณ 2 เมตร แต่บริเวณถัดออกมาทางด้านใต้ของโซน 2 ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนบริเวณโซน 1ที่อยู่ติดกับโซน 2 ปรากฏว่าระดับน้ำจริงลดต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2-4 เมตร และบริเวณที่อยู่ถัดออกไปทางด้านตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ของโซน 2 (บริเวณ OW20B) ระดับน้ำจริงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 4 เมตร เมื่อมองสภาพโดยทั่วไปของระดับน้ำโดยรวมแล้วระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองเฉลี่ยโดยทั่วไปมีความสอดคล้องใกล้เคียงกัน

ปี ค.ศ. 1998 เดือนมิถุนายน (สัปดาห์ที่ 26) แม้เวลาผ่านไปหลายปีสภาพการเคลื่อนไหวของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองยังคงมีทิศทางการไหลสอดคล้องกัน คือไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ และพบว่าระดับน้ำบริเวณโซน 2 บางบริเวณระดับน้ำมีค่าเท่ากัน บางบริเวณระดับน้ำจำลองต่ำกว่าประมาณ 2 เมตร แต่ส่วนใหญ่ระดับน้ำจริงใกล้เคียงกันกับระดับน้ำจำลอง และบริเวณโซน 1 ระดับน้ำจริงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2 เมตร ส่วนบริเวณทางด้านตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ระดับน้ำจริงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 4-10 เมตร

ปี ค.ศ. 1998 เดือนกันยายน (สัปดาห์ที่ 39) สภาพการเคลื่อนไหวของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองยังคงมีทิศทางการไหลสอดคล้องกัน คือไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้

เป็นช่วงฤดูฝน ทั้งระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองสูงขึ้นมากกว่าช่วงเดือนมิถุนายน และพบว่าบริเวณตอนกลางของโซน 2 ระดับน้ำจริงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2-4 เมตร ส่วนในบริเวณที่อยู่ถัดออกมาระดับน้ำจริงมีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำจำลองมากขึ้น ส่วนบริเวณที่โซน 1 ที่อยู่ติดกับโซน 2 ระดับน้ำจริงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2 เมตร และบริเวณตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ระดับน้ำจริงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2 เมตรเช่นกัน

ปี ค.ศ. 1998 เดือนธันวาคม (สัปดาห์ที่ 52) สภาพการเคลื่อนไหวของระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองยังคงมีทิศทางการไหลสอดคล้องกัน คือไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ และพบว่าบริเวณโซน 2 ระดับน้ำจำลองลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจริงประมาณ 2-4 เมตร ส่วนบริเวณที่โซน 1 ที่อยู่ติดกับโซน 2 ระดับน้ำจริงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2 เมตร และบริเวณตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ระดับน้ำจริงลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจำลองประมาณ 2-8 เมตร

7. สรุปผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระดับน้ำจริงกับระดับน้ำจำลอง โดยใช้แบบกราฟระดับน้ำ (Hydrographs) และแผนที่ระดับน้ำ (Piezometric Maps) ในช่วงเวลาและปีต่าง ๆ ตั้งแต่ปี ค.ศ.1981-1998 ปรากฏว่าลักษณะโดยทั่วไปมีความสอดคล้องใกล้เคียงกัน ส่วนใหญ่พบว่าระดับน้ำจริงมีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากกว่าระดับน้ำจำลอง คือ ระดับน้ำจริงลดต่ำกว่าระดับน้ำจำลองโดยเฉพาะบริเวณโซน 1 และบริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ของโครงการ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำแปรตามปริมาณการสูบน้ำและปริมาณน้ำฝน แสดงว่าปริมาณการสูบน้ำบริเวณโซน 1 ทำการสูบมากเกินกว่าความสามารถในการให้น้ำของแหล่งน้ำ ดังนั้นในบริเวณโซน 1 ควรสูบน้ำต่ำกว่า 15 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลบริเวณนี้มีคุณสมบัติในการให้น้ำมากกว่าความเป็นจริงเล็กน้อย ต้องทำการปรับแก้ในโอกาสต่อไป สำหรับบริเวณโซน 2 ส่วนใหญ่ระดับน้ำจริงและระดับน้ำจำลองเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก แต่มีบางปีที่ระดับน้ำจำลองลดลงต่ำกว่าระดับน้ำจริงเล็กน้อย โดยเฉพาะในบริเวณตอนกลางโซน 2 ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากหลายกรณี เช่น มีน้ำจากแม่น้ำน่านไหลเข้ามาเพิ่มเติมน้ำให้กับแหล่งน้ำบาดาลบริเวณนี้มากกว่าที่กำหนดไว้ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล หรือการวัดระดับน้ำในบ่อผลิตโซน 2 ในช่วงนั้นคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง หรือตัวแปรทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลบริเวณนี้มีค่าคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง หรือมีบ่อผลิตบางบ่อไม่ได้ทำการสูบน้ำในช่วงนั้น และปริมาณการสูบน้ำในแต่ละบ่อของแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกัน ส่วนบริเวณทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ พบว่าระดับน้ำจริงลดต่ำกว่าระดับน้ำจำลองมากในช่วงระยะหลังนั้น อาจเนื่องมาจาก มีข้อมูลบ่อสังเกตการณ์บริเวณนั้นน้อยมาก มีเพียงบ่อ OW20B เป็นข้อมูลอ้างอิง

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสรุปได้ว่า รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลนี้ค่อนข้างมีความถูกต้องใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากพอสมควร คาดว่าเมื่อมีการปรับแก้ตัวแปรทางชลศาสตร์บางตัวอีกเพียงเล็กน้อย ก็จะได้รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ผลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาลอย่างละเอียดในขั้นต่อไป ซึ่งจะสามารถใช้ในการทำนายอนาคตของแหล่งน้ำบาดาลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ อันจะเป็นผลให้การจัดการใช้น้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและได้รับประโยชน์สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ ศรีสุข, 2526, รูปแบบจำลองแหล่งน้ำบาดาล, ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 12 หน้า

บรรหาร จารุกลัส, 2534, การจัดการโครงการพัฒนาน้ำใต้ดินสุโขทัยและผลกระทบ, ฝ่ายพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการชลประทาน กองวิทยาการธรณี กรมชลประทาน, 10 หน้า

สุวิชา มณีขัติย์, 2535, รายงานการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านอุทกธรณีวิทยา เพื่อใช้ประกอบการจัดทำรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล โครงการพัฒนาน้ำใต้ดินสุโขทัย, ฝ่ายพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการชลประทาน กองวิทยาการธรณี กรมชลประทาน, 64 หน้า

สุวิชา มณีขัติย์, 2538, รายงานการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านอุทกธรณีวิทยา ปี ค.ศ. 1981-1994 เพื่อศึกษารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล โครงการพัฒนาน้ำใต้ดินสุโขทัย, ฝ่ายพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการชลประทาน กองวิทยาการธรณี กรมชลประทาน, 34 หน้า

Asian Institute of Technology, 1980. Water Balance and Economic Apprasal of Groundwater Development Project in Sukhothai Province.

Groundwater Brance, R.I.D., 1981. Report on Groundwater for Irrigation, Sukhothai Groundwater Project Zone 2, Record of Wells, vol.1, pp. 49-69.

Howard Humphreys & Sons in association with Sir M. Macdonal & Partners and Hunting Technical Survice Ltd., Yom Basin Study, Volume 6, Groundwater Resources, 1971.

Howard Humphreys, June 1986. Sukhothai Groundwater Development Project, Aquifer Modelling Studies, Main Report and Appendix I, Royal Irrigation Department.

Howard Humphreys, September 1987. Sukhothai Groundwater Development Project, Aquifer Modelling Studies, Main Report and Appendix II, Royal Irrigation Department.

Howard Humphreys, April 1991. Sukhothai Groundwater Development Project, Aquifer Modelling Studies, Main Report and Appendix III, Royal Irrigation Department.

Nakanart, A., 1982. Conceal Tertiary Hydrocarbons in Northern Chao Phraya Basin Analog by Mae Sot Basin, Department of Mineral Resources.

ภาคผนวก ก.

แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง (Piezometric Surface) จากการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล

รูปที่ ก.1 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1981

รูปที่ ก.2 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1981

รูปที่ ก.3 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1986

รูปที่ ก.4 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1991

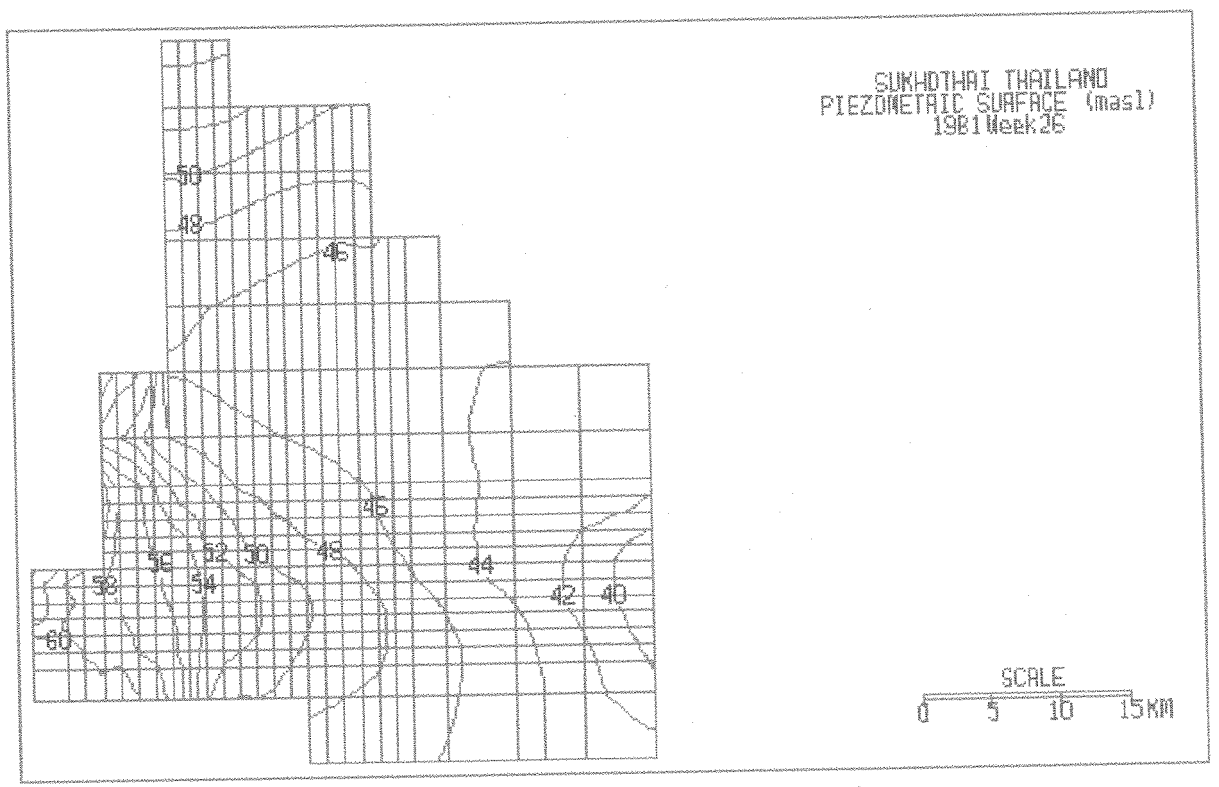
รูปที่ ก.5 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ.1991

รูปที่ ก.6 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1991

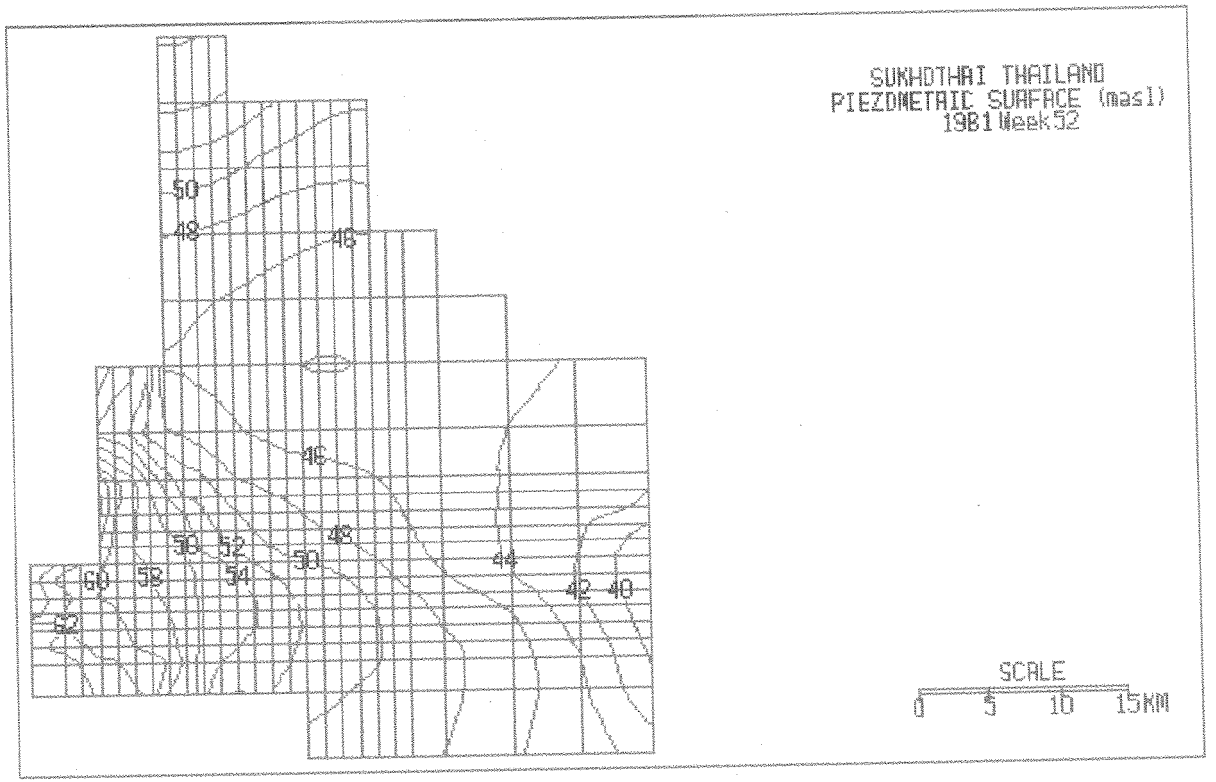
รูปที่ ก.7 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1998

รูปที่ ก.8 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ.1998

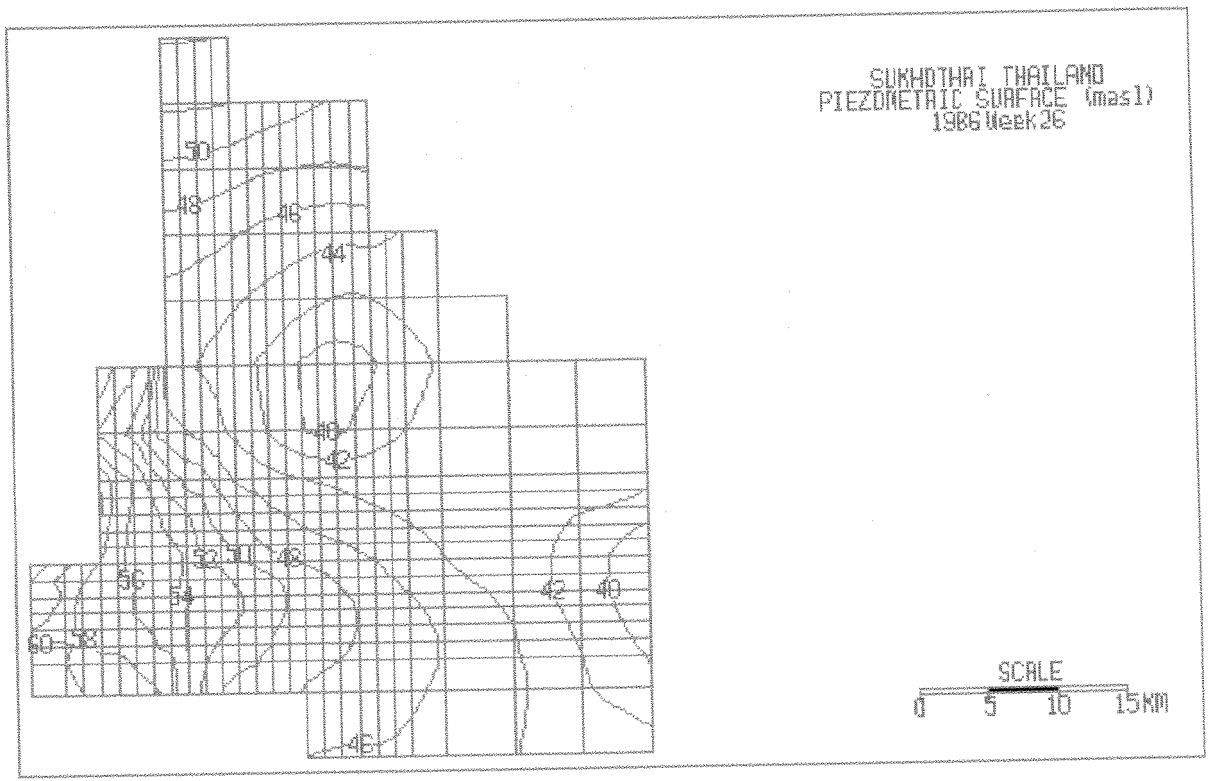
รูปที่ ก.9 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1998



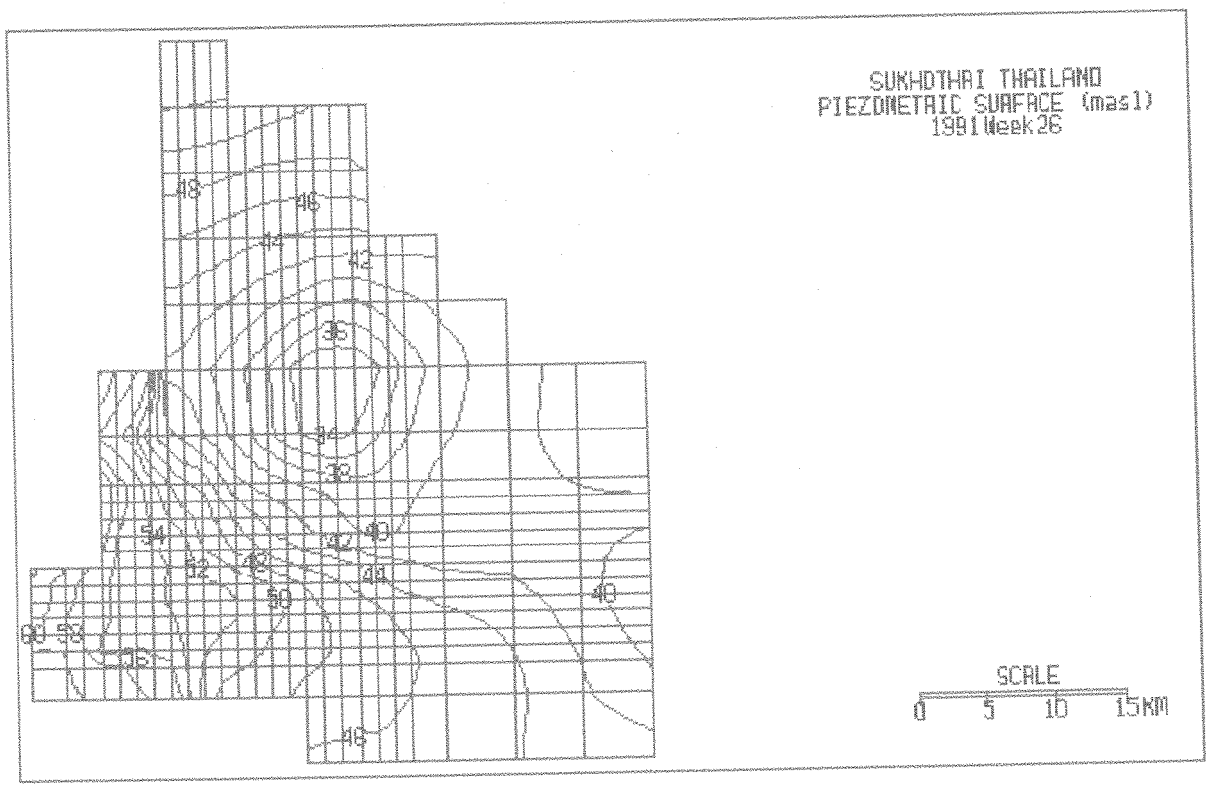
รูปที่ ก.1 แผนที่แสดงระดับน้ำ จำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1981



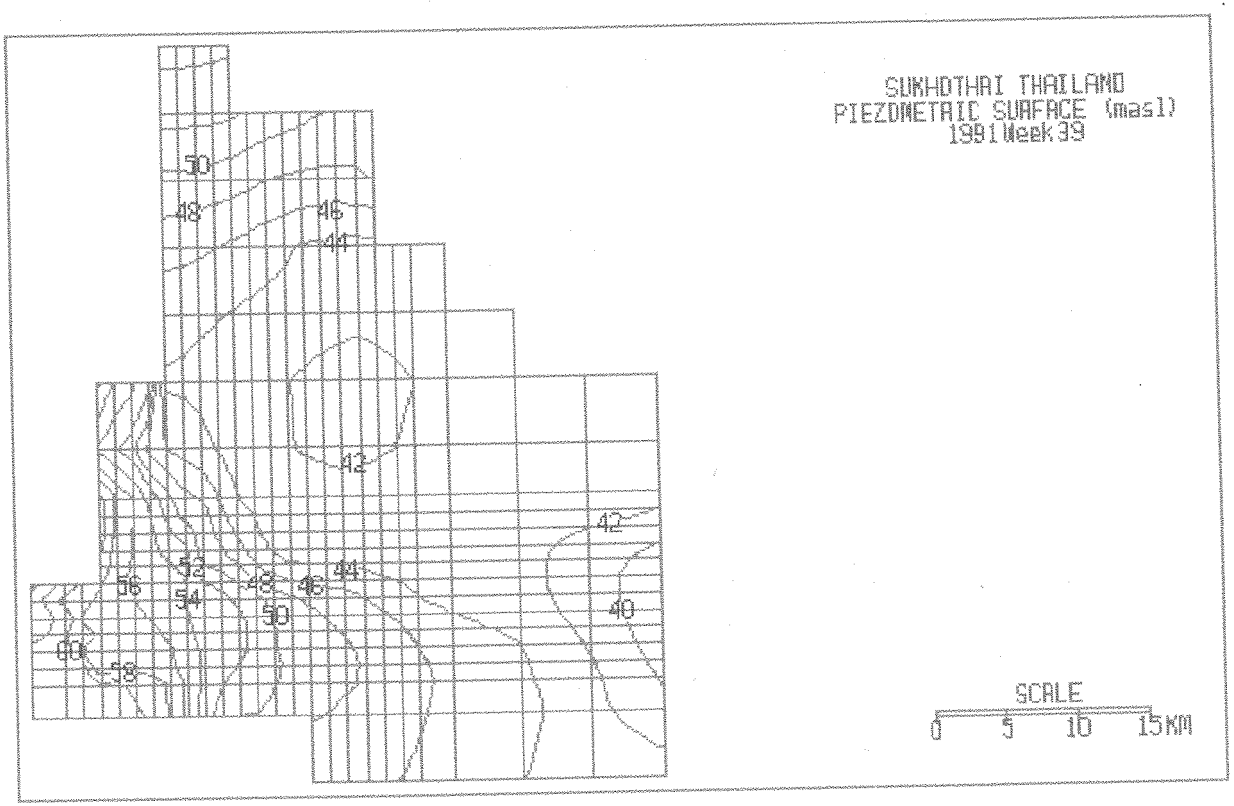
รูปที่ ก.2 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1981



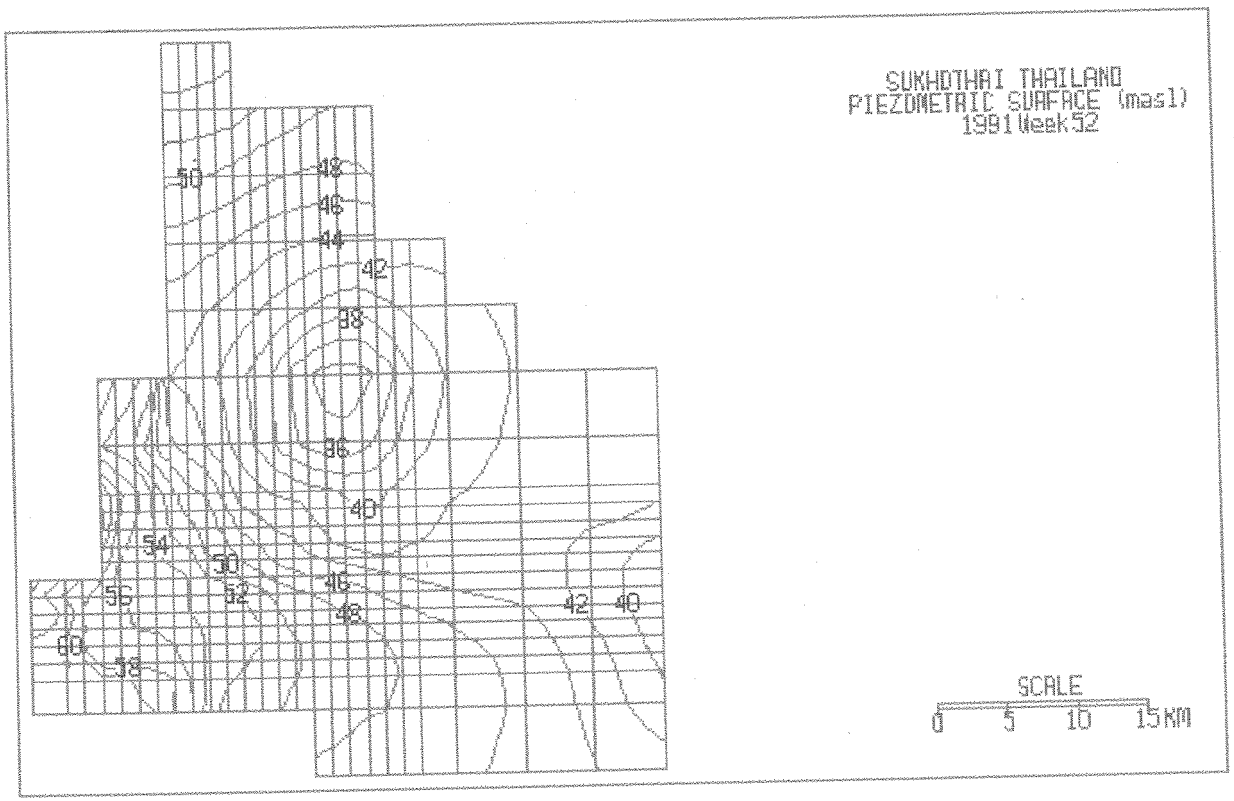
รูปที่ ก.3 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1986



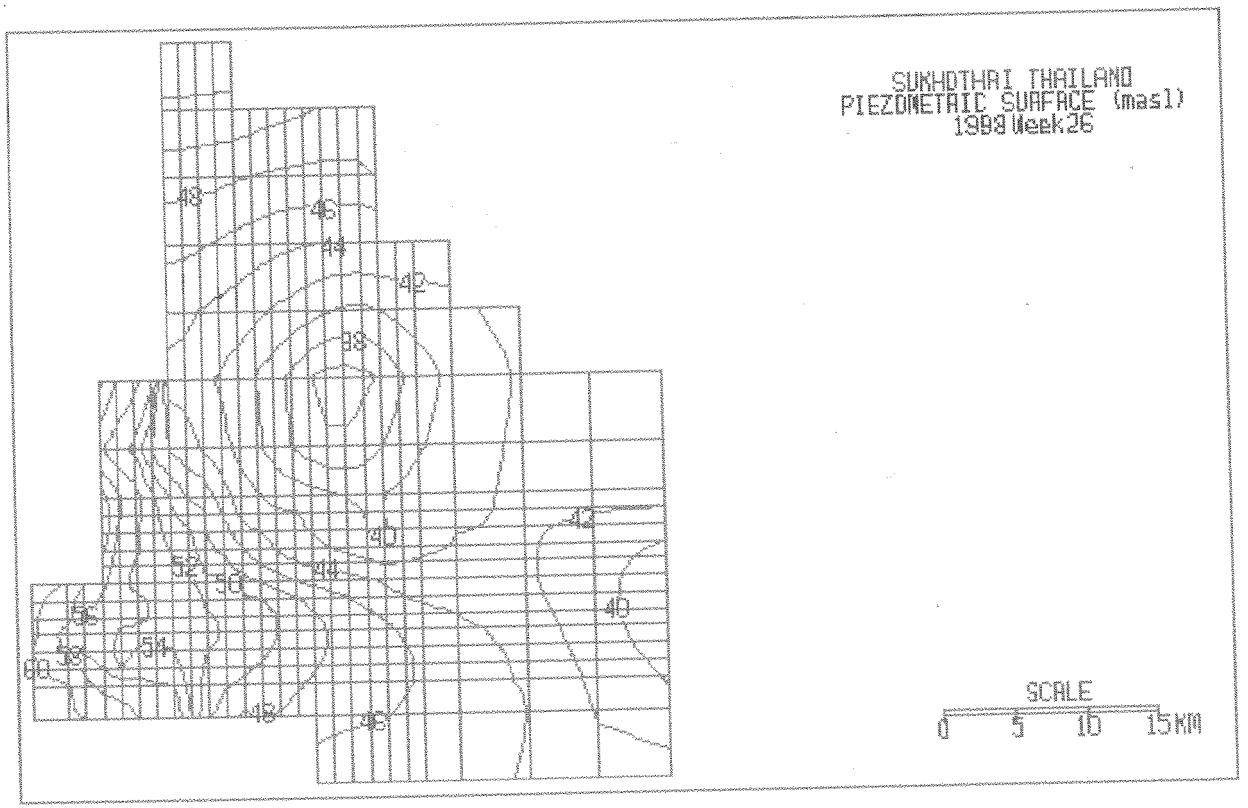
รูปที่ ก.4 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1991



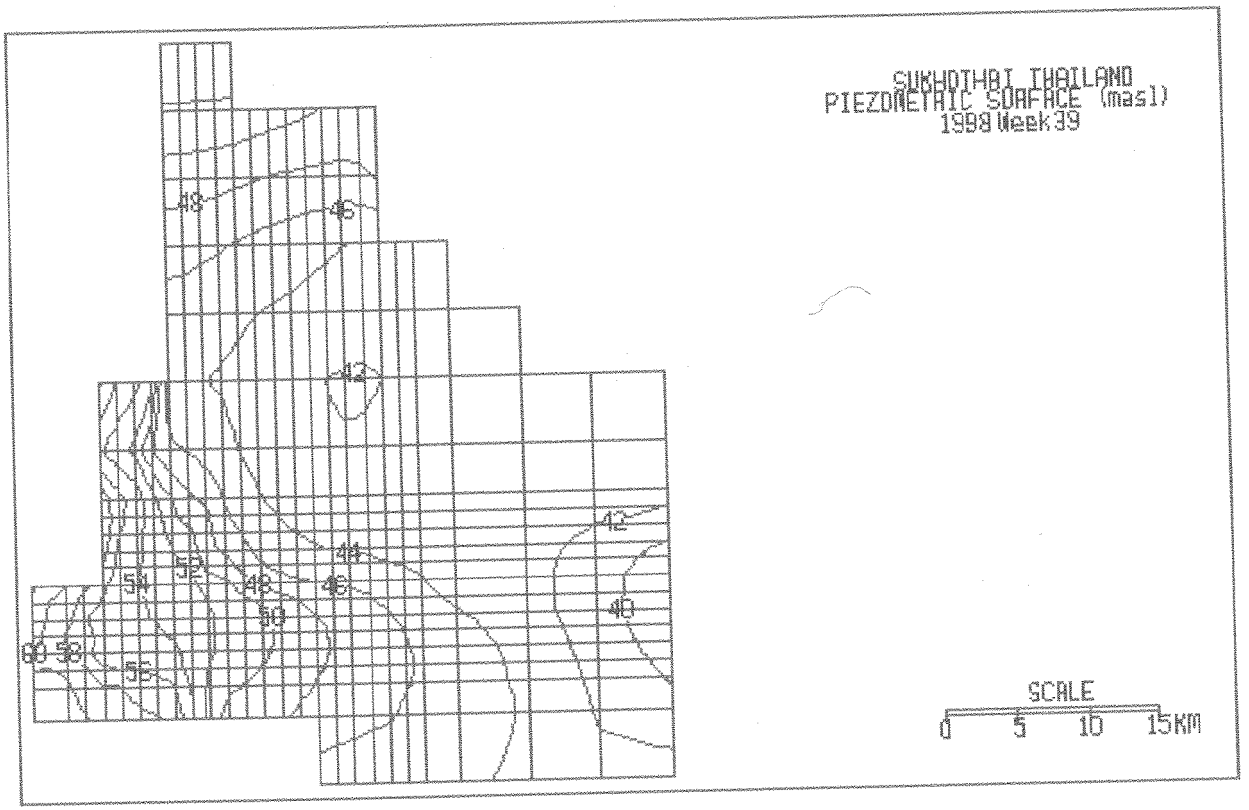
รูปที่ ก.5 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ. 1991



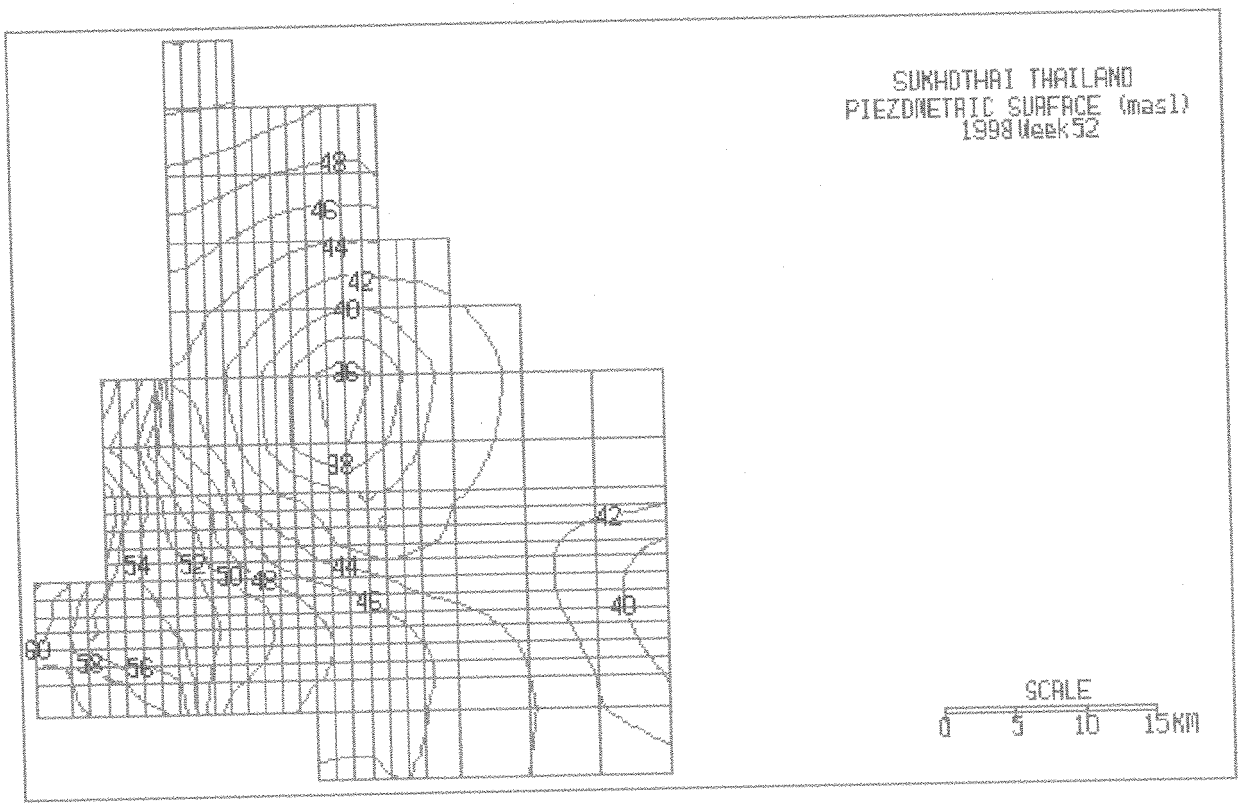
รูปที่ ก.6 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1991



รูปที่ ก.7 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1998



รูปที่ ก.8 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ. 1998



รูปที่ ก.9 แผนที่แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1998

ภาคผนวก ข.

แผนที่แสดงระดับน้ำลด (Drawdown Surface) จากการปรับรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งน้ำบาดาล

รูปที่ ข.1 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1991

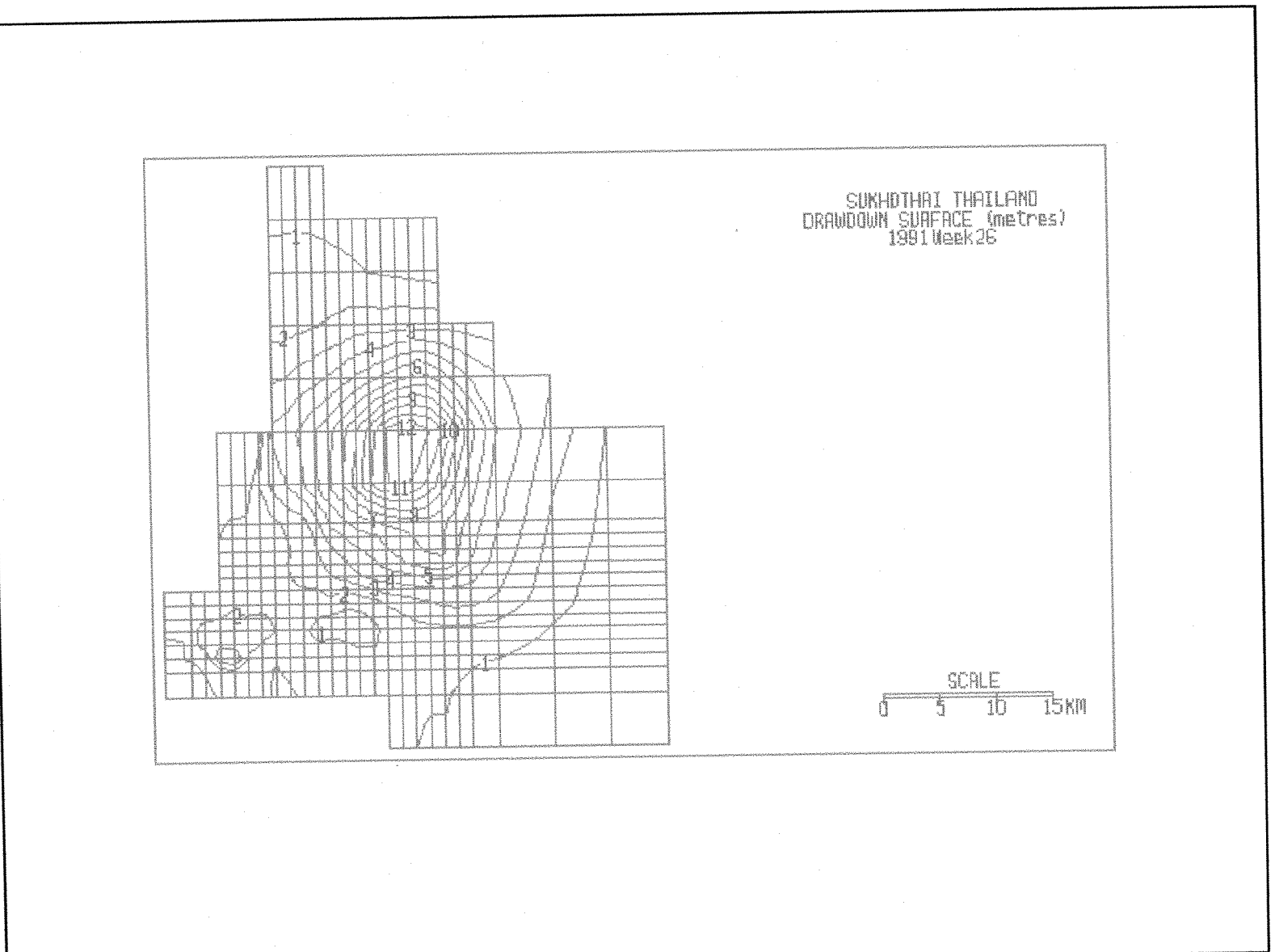
รูปที่ ข.2 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ.1991

รูปที่ ข.3 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1991

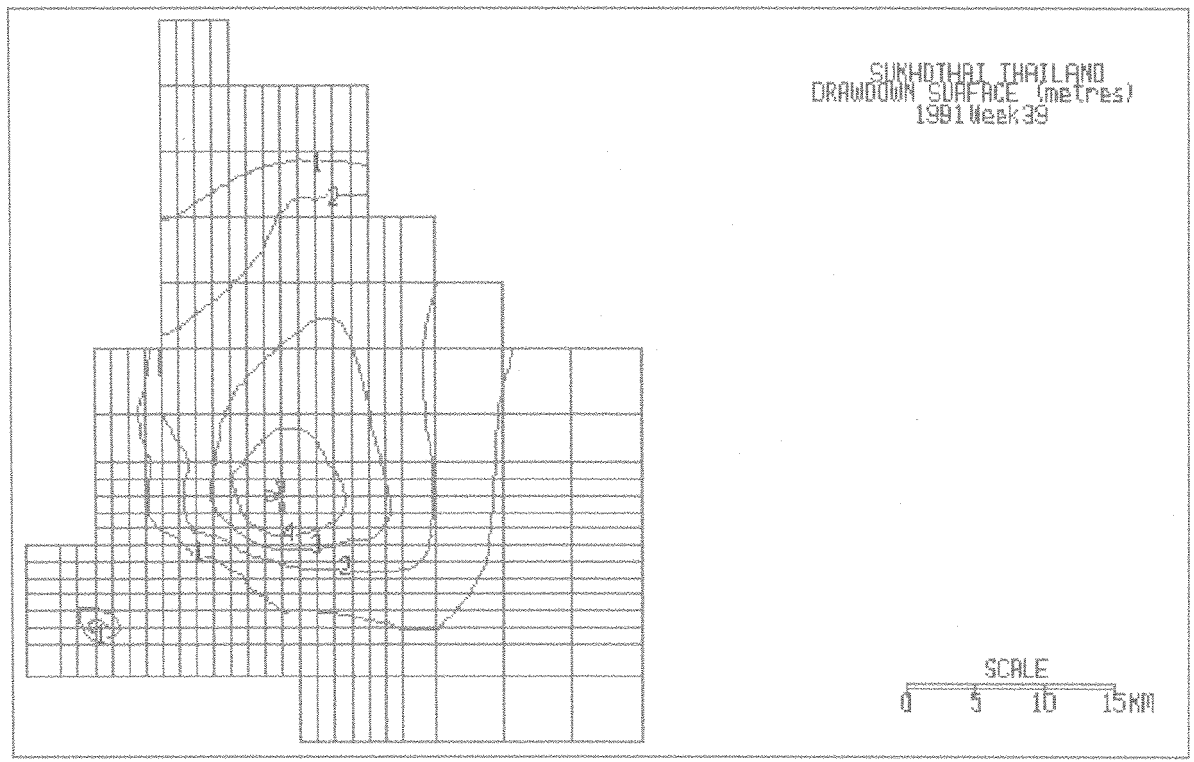
รูปที่ ข.4 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1998

รูปที่ ข.5 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ.1998

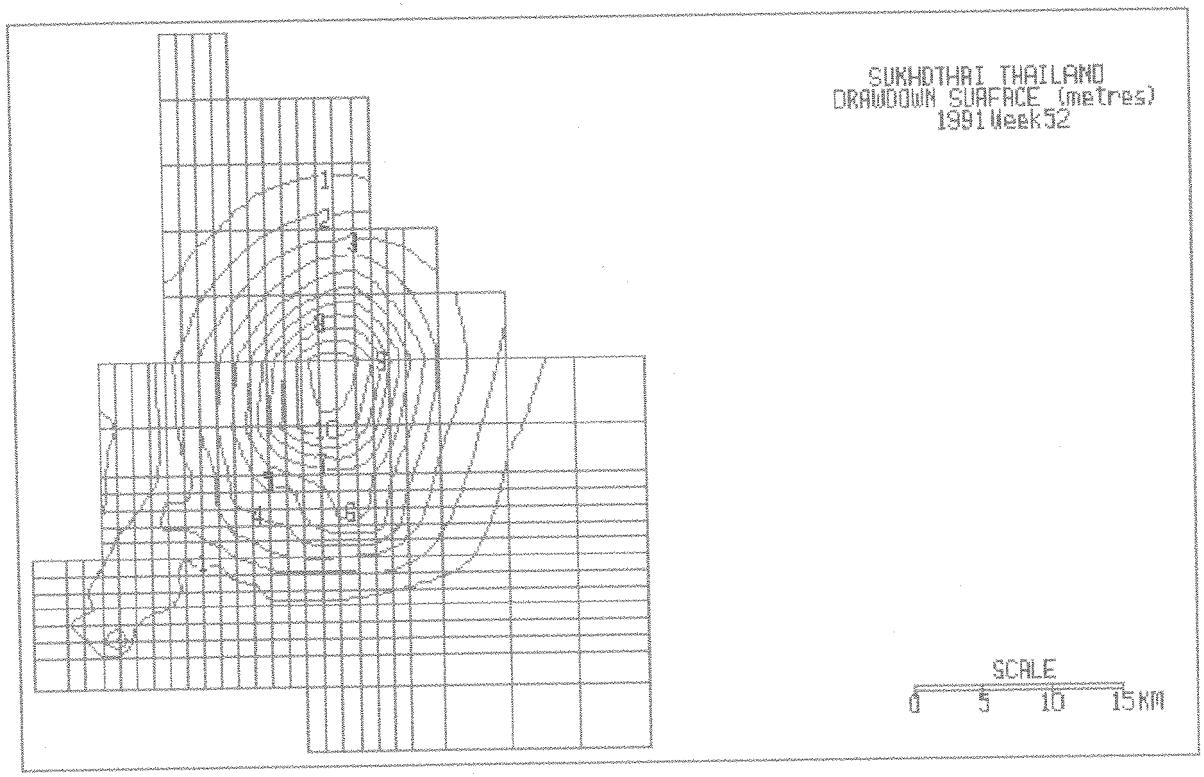
รูปที่ ข.6 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1998



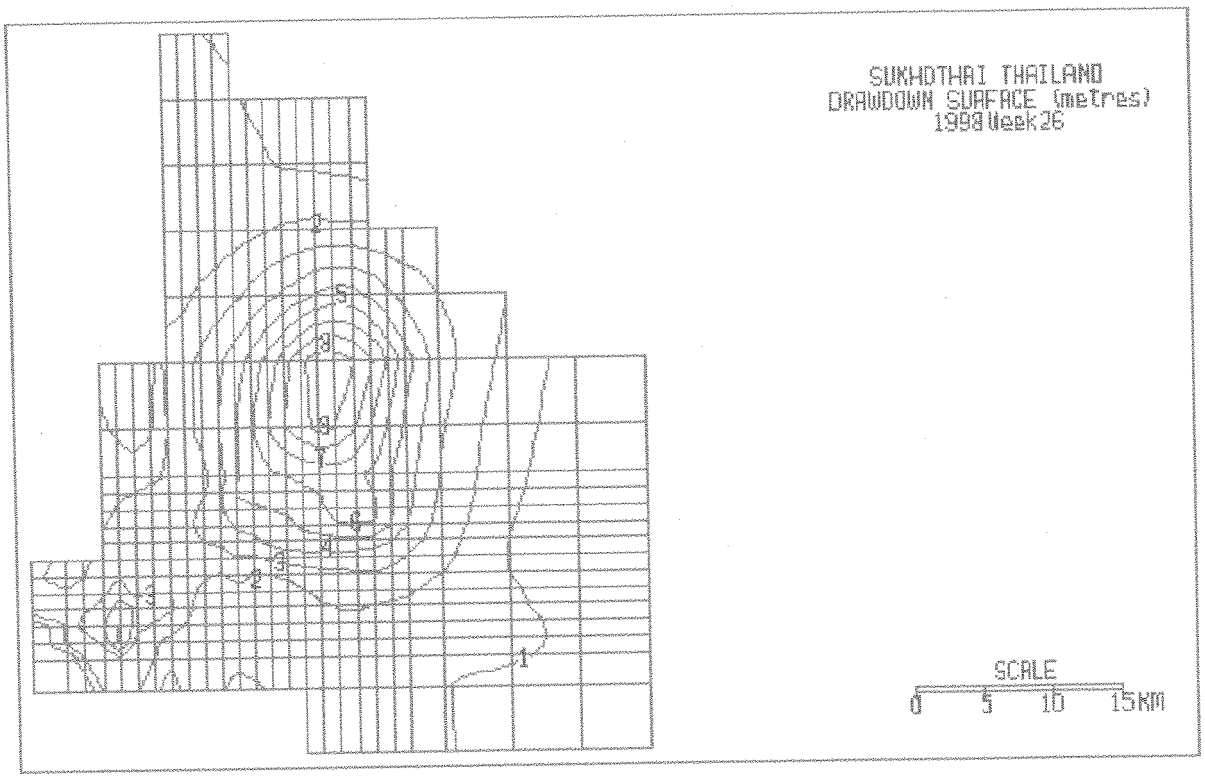
รูปที่ ข.1 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1991



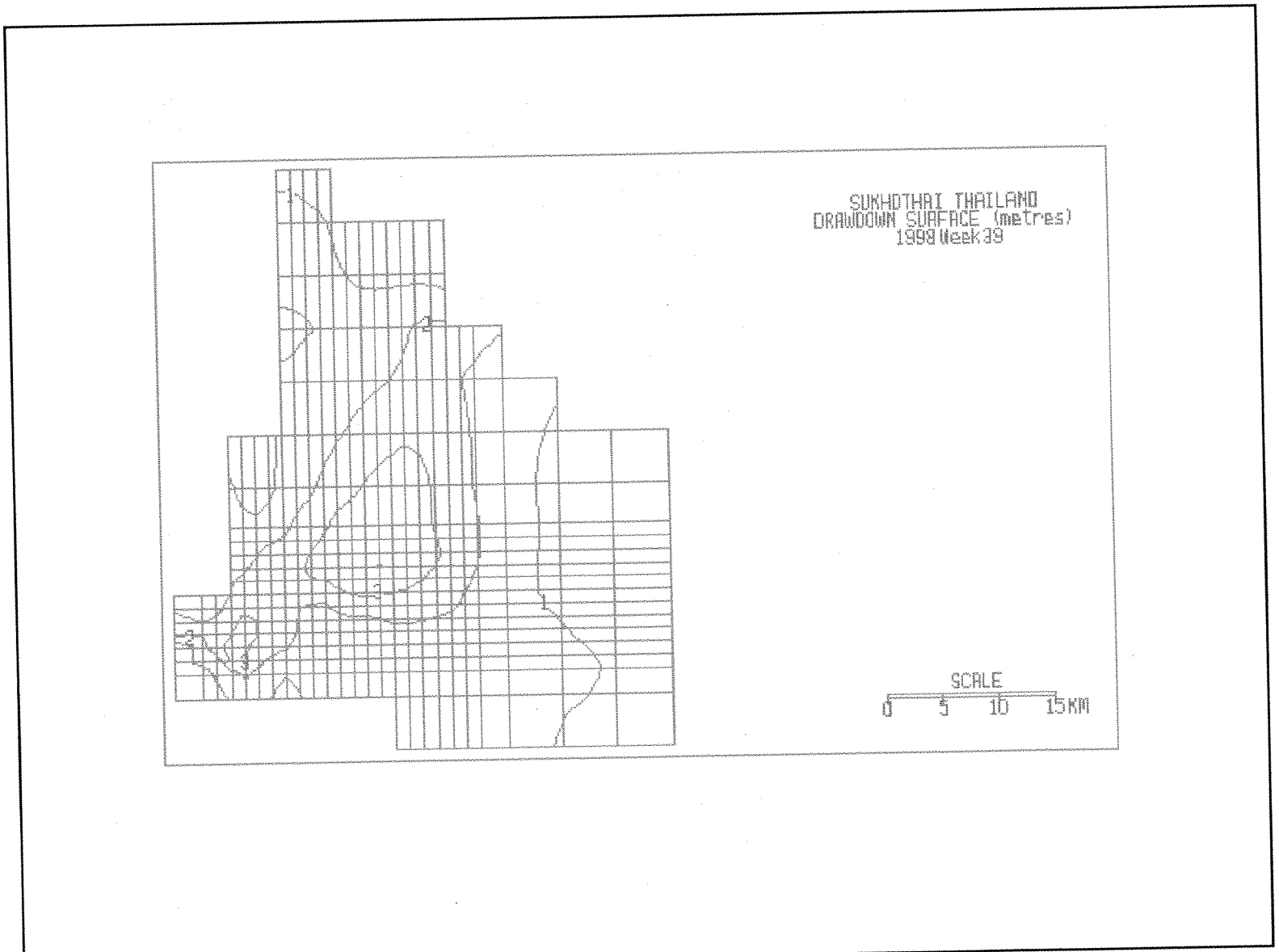
รูปที่ ข.2 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ. 1991



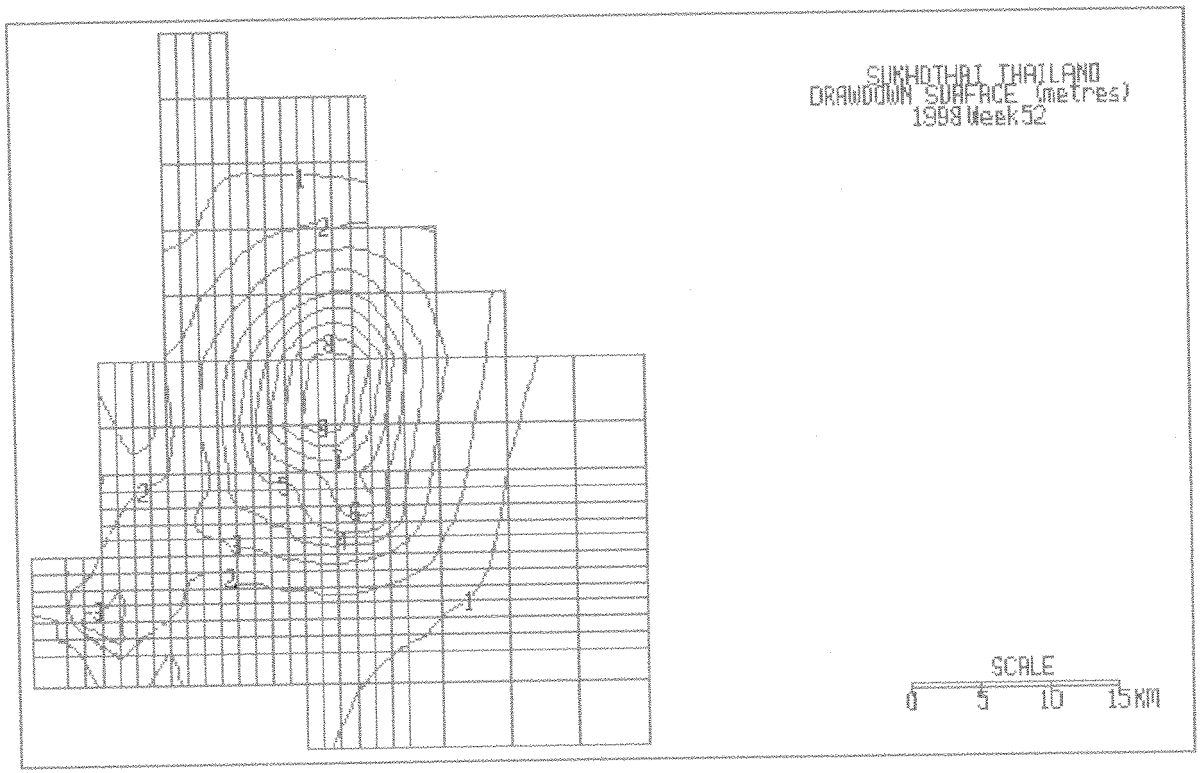
รูปที่ ข.3 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1991



รูปที่ ข.4 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1998



รูปที่ ข.5 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ. 1998



รูปที่ ข.6 แผนที่แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1998

ภาคผนวก ค.

กราฟระดับน้ำ (Hydragraphs) **เปรียบเทียบระหว่างระดับน้ำจำลองกับระดับน้ำจริง ปี ค.ศ.** 1981-1998

รูปที่ ค.1 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ EX2, EX3 และ OW6

รูปที่ ค.2 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ OW24B, OW11 และ PE1

รูปที่ ค.3 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ OW4, OW15 และ OW25

รูปที่ ค.4 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ EX8, OW13, L1 และ OW15

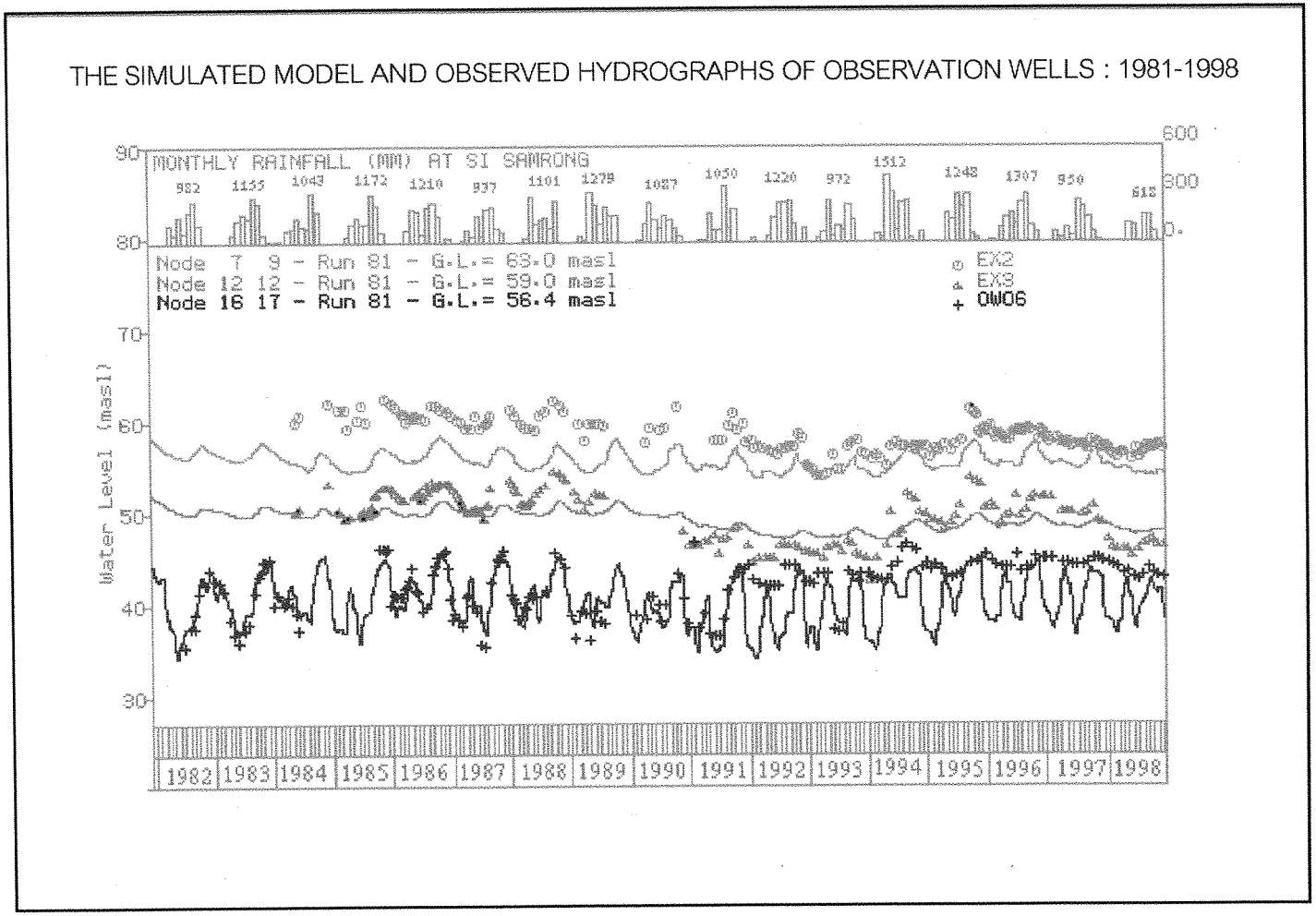
รูปที่ ค.5 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ PD15, G1, OW6 และ TW4

รูปที่ ค.6 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ PD22, EX7 และ OW8

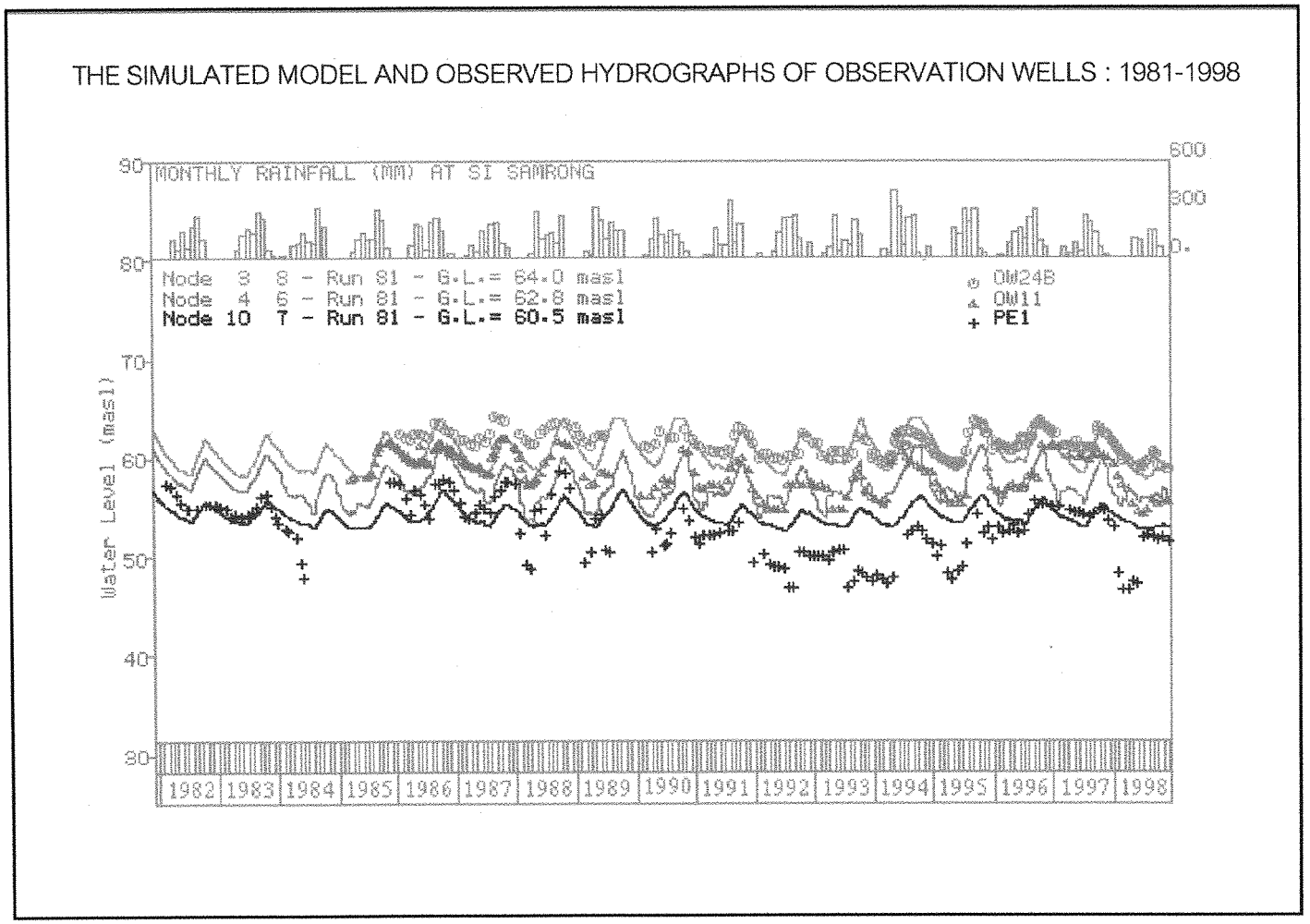
รูปที่ ค.7 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ TW6, OW7 และ OW18

รูปที่ ค.8 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ 33, 14, 28 และ TW4

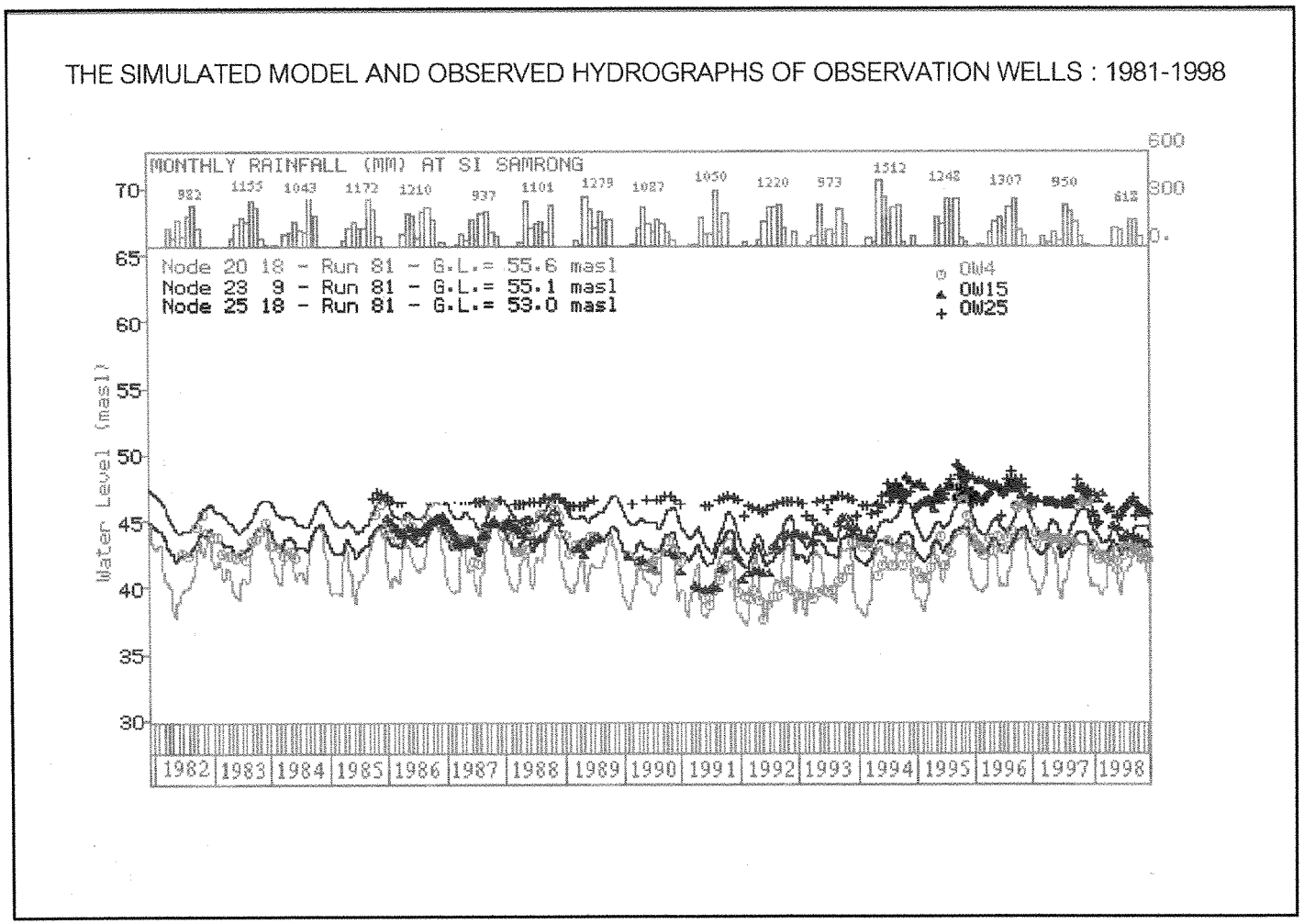
รูปที่ ค.9 กราฟการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ใกล้แม่น้ำน่าน P1/100 และ P2/100 บ่อสังเกตการณ์ใกล้แม่น้ำยม P3/100 และ P4/100



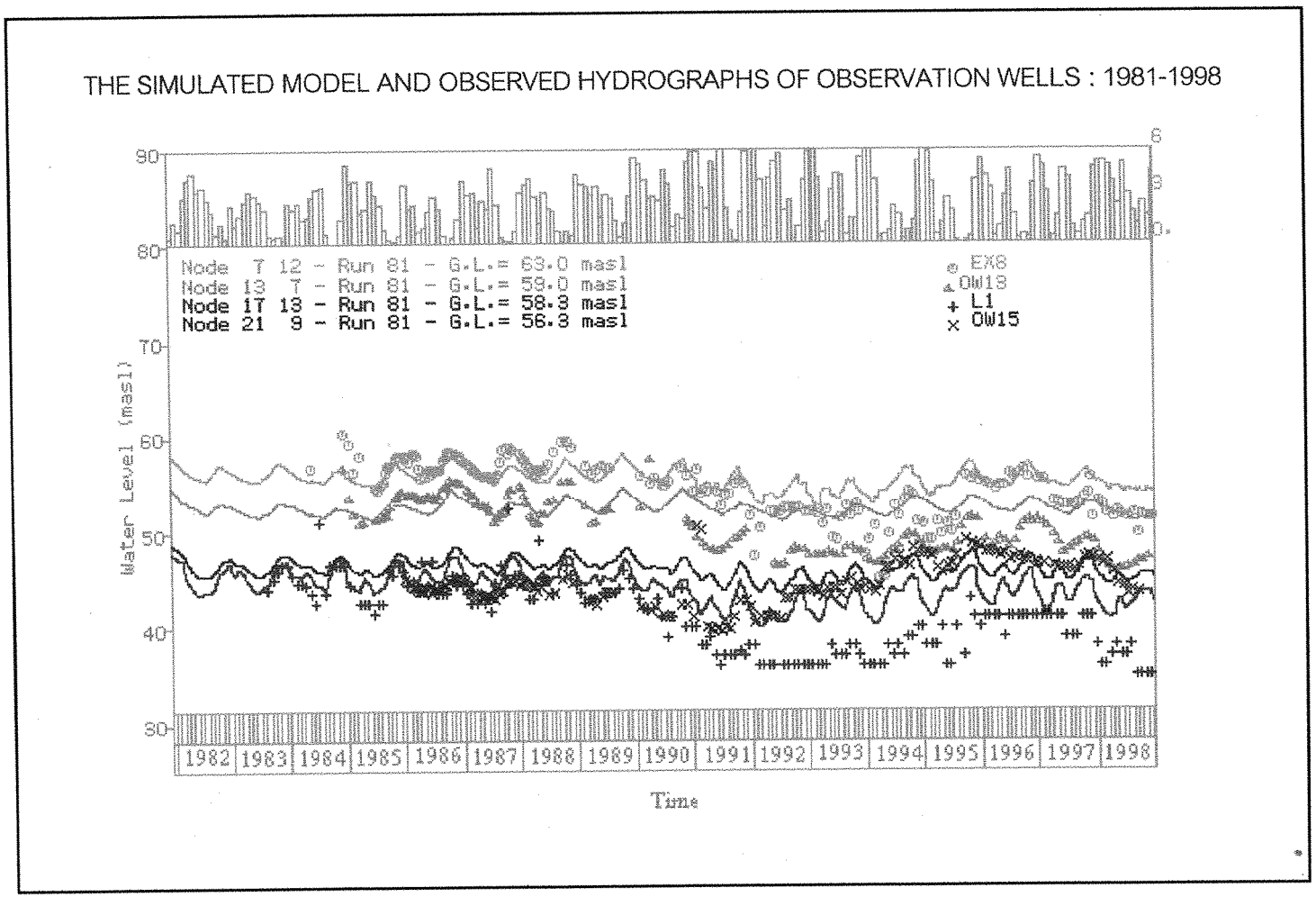
รูปที่ ค.1 กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ EX2, EX3 และ OW6



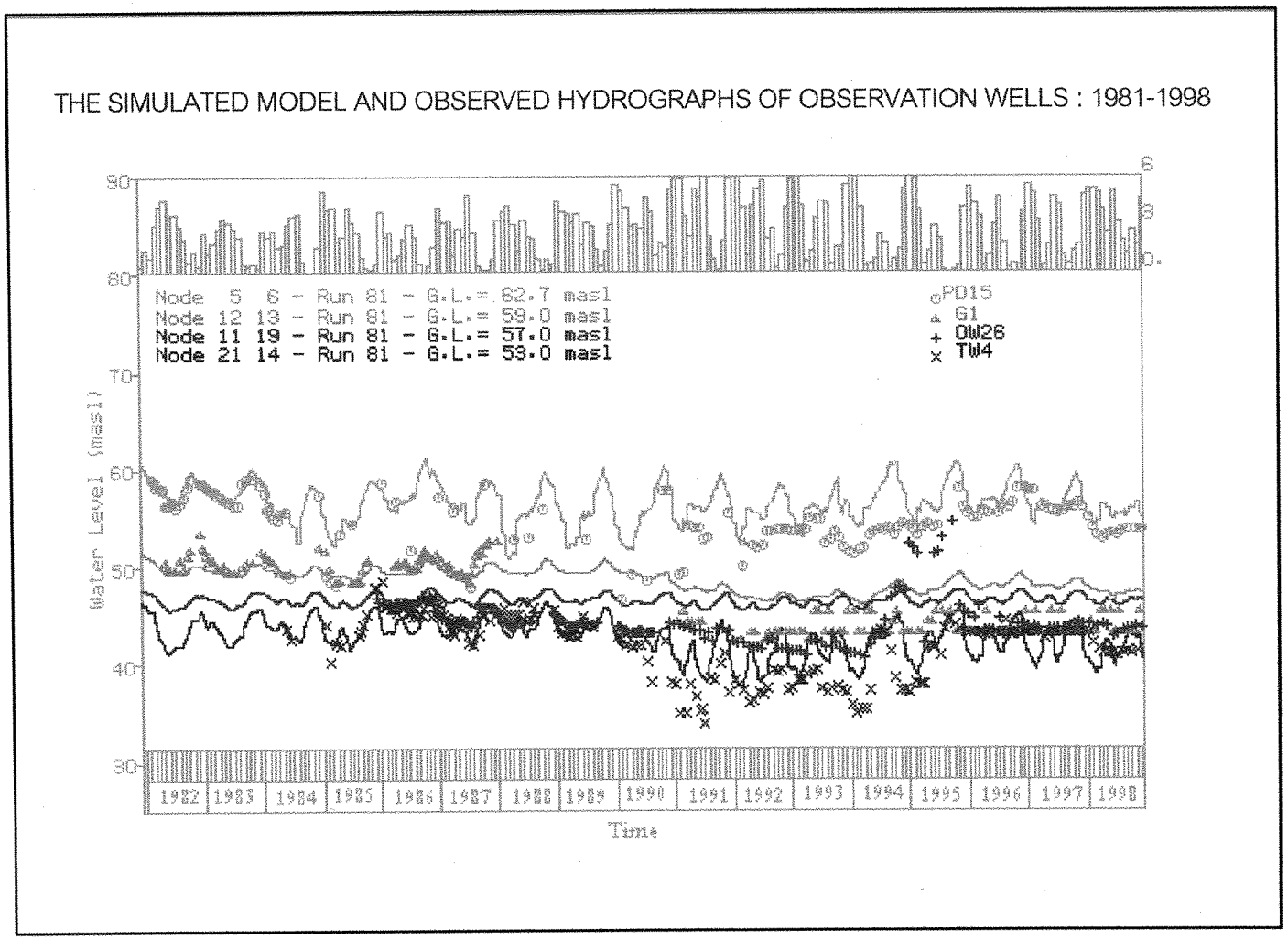
รูปที่ ค.2 กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ OW24B, OW11 และ PE1



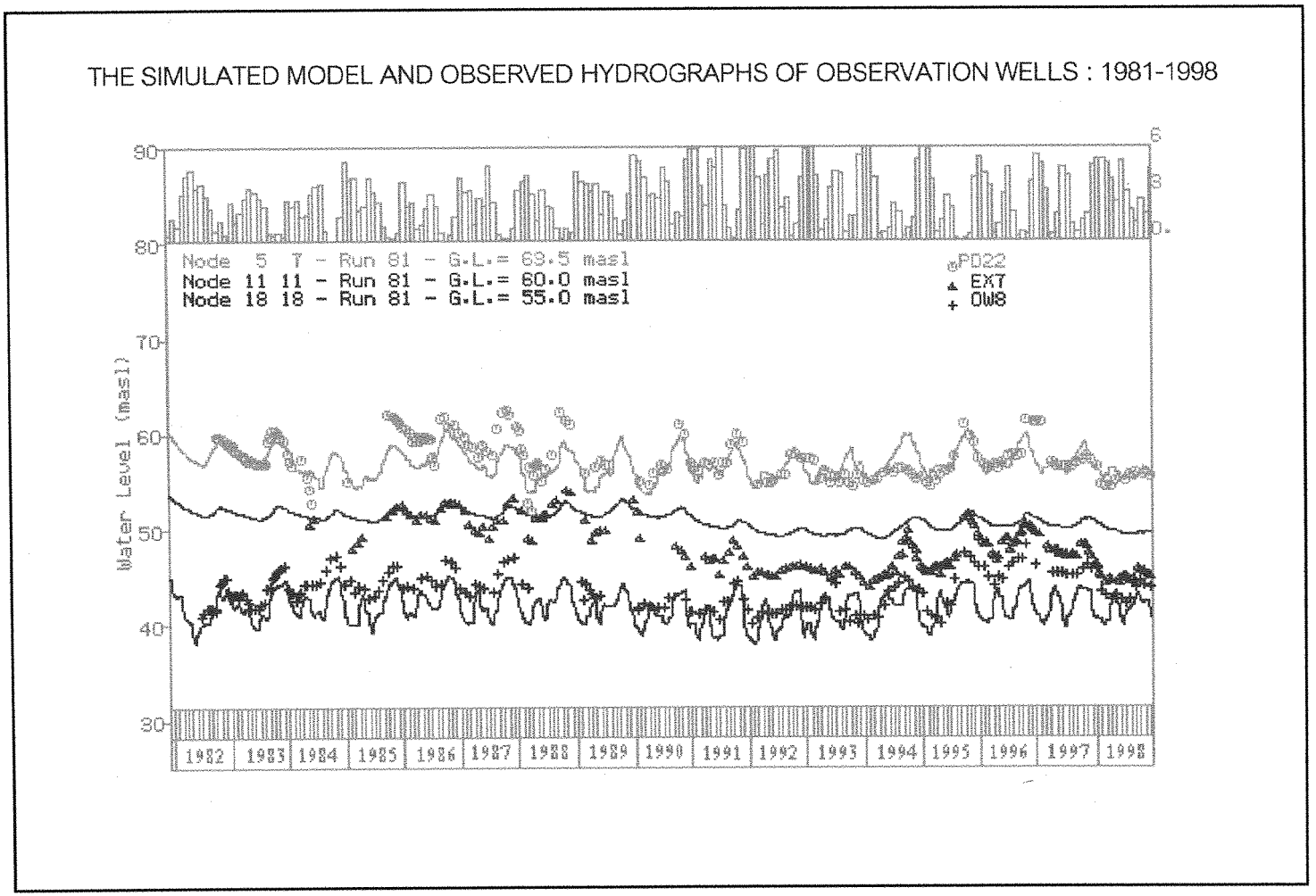
รูปที่ ค.3 กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ OW4, OW15 และ OW25



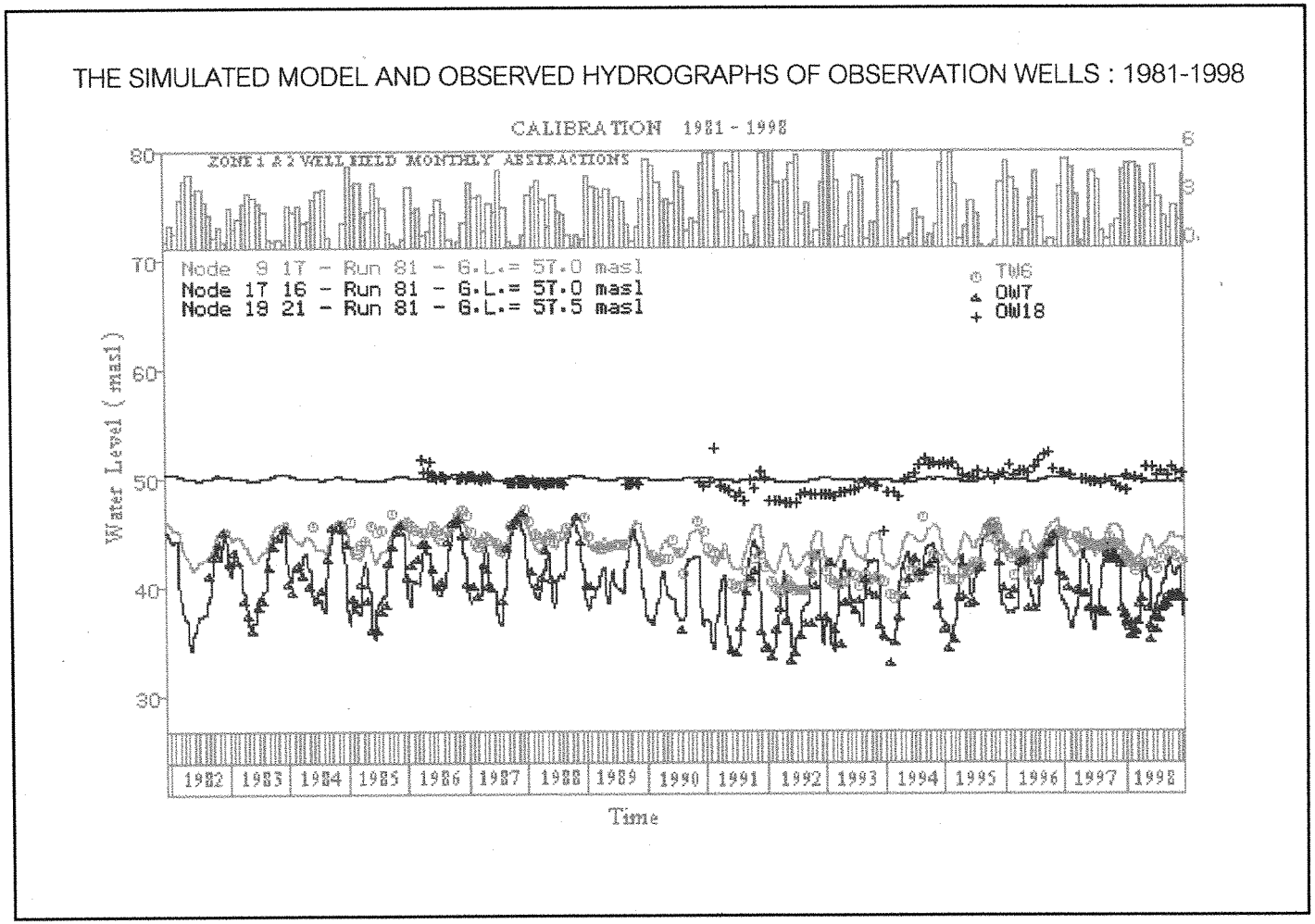
รูปที่ ค.4 กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ EX8, OW13, L1 และ OW15



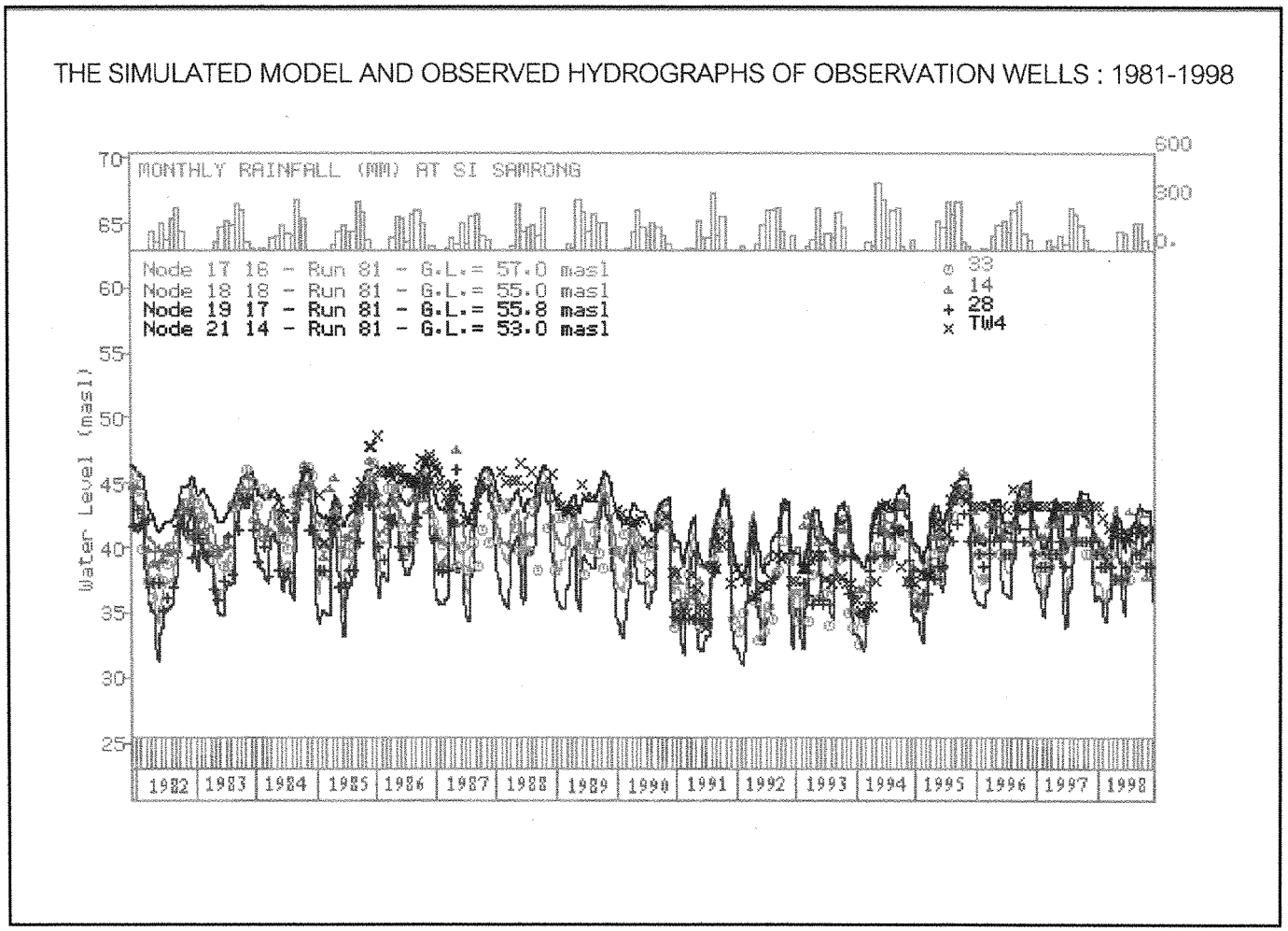
รูปที่ ค.5 กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ PD15, G1, OW6 และ TW4



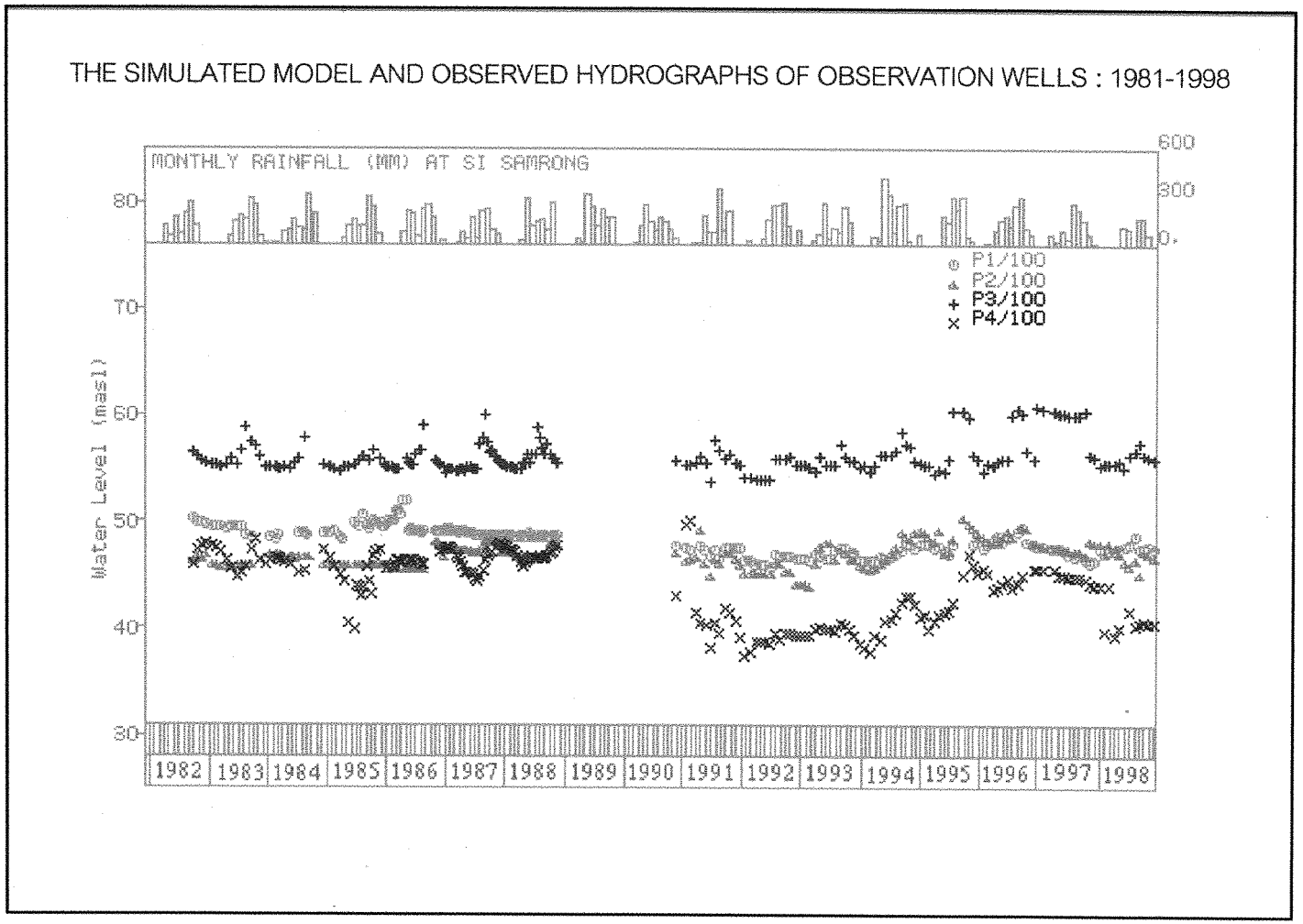
รูปที่ ค.6 กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ PD22, EX7 และ OW8



รูปที่ ค.7 กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ TW6, OW7 และ OW18



รูปที่ ค.8 กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ 33, 14, 28 และ TW4



รูปที่ ค.9 กราฟการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างต่อเนื่อง บ่อสังเกตการณ์ใกล้แม่น้ำน่าน P1/100 และ P2/100
บ่อสังเกตการณ์ใกล้แม่น้ำยม P3/100 และ P4/100

ภาคผนวก ง.

แผนที่ 2 มิติและ 3 มิติ ของระดับน้ำจำลอง และระดับน้ำลด

รูปที่ ง.1 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1981

รูปที่ ง.2 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1981

รูปที่ ง.3 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1986

รูปที่ ง.4 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1991

รูปที่ ง.5 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ.1991

รูปที่ ง.6 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1991

รูปที่ ง.7 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1998

รูปที่ ง.8 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ.1998

รูปที่ ง.9 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1998

รูปที่ ง.10 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1981

รูปที่ ง.11 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1981

รูปที่ ง.12 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1986

รูปที่ ง.13 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1991

รูปที่ ง.14 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ.1991

รูปที่ ง.15 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1991

รูปที่ ง.16 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1998

รูปที่ ง.17 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ.1998

รูปที่ ง.18 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1998

รูปที่ ง.19 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1991

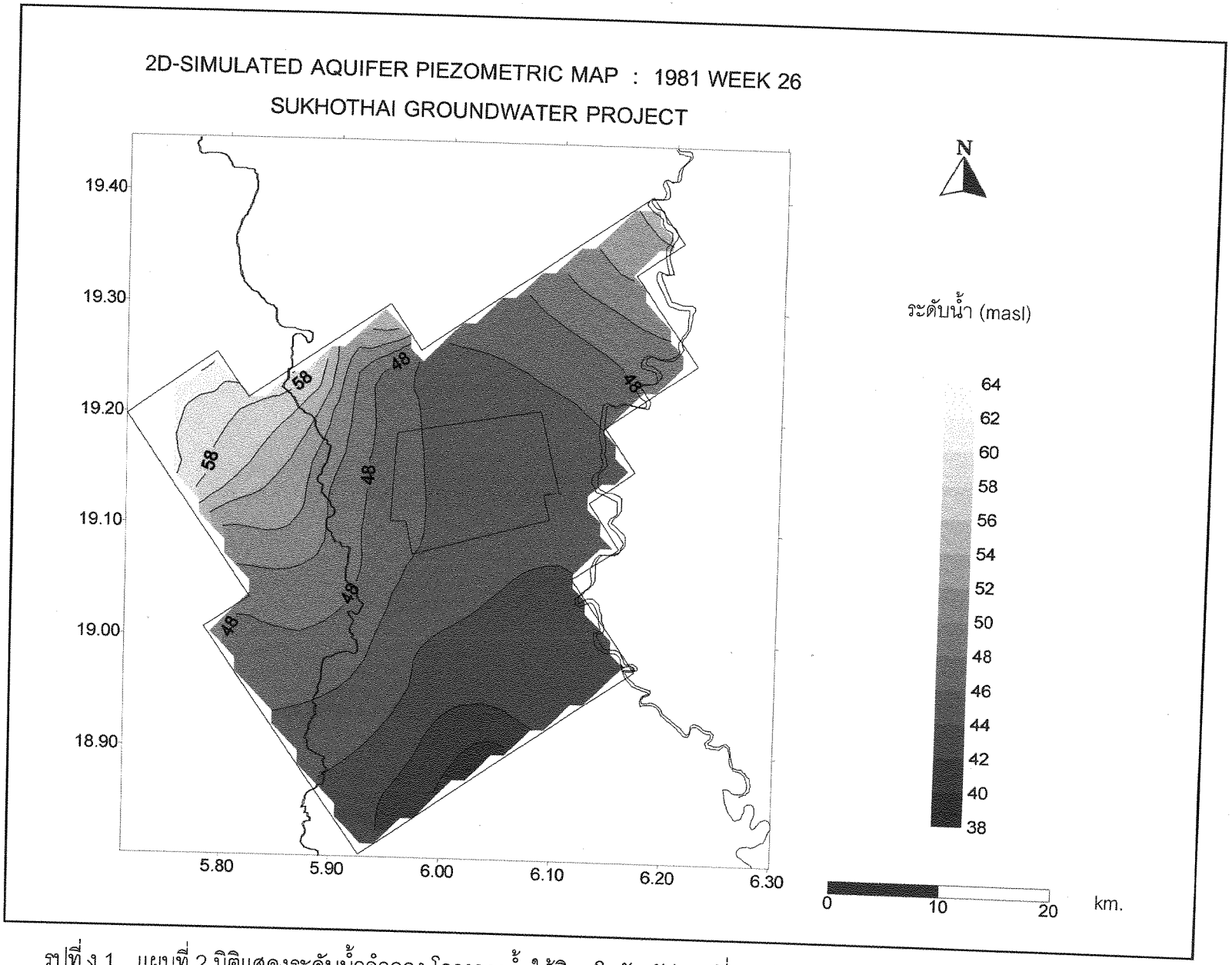
รูปที่ ง.20 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ.1991

รูปที่ ง.21 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1991

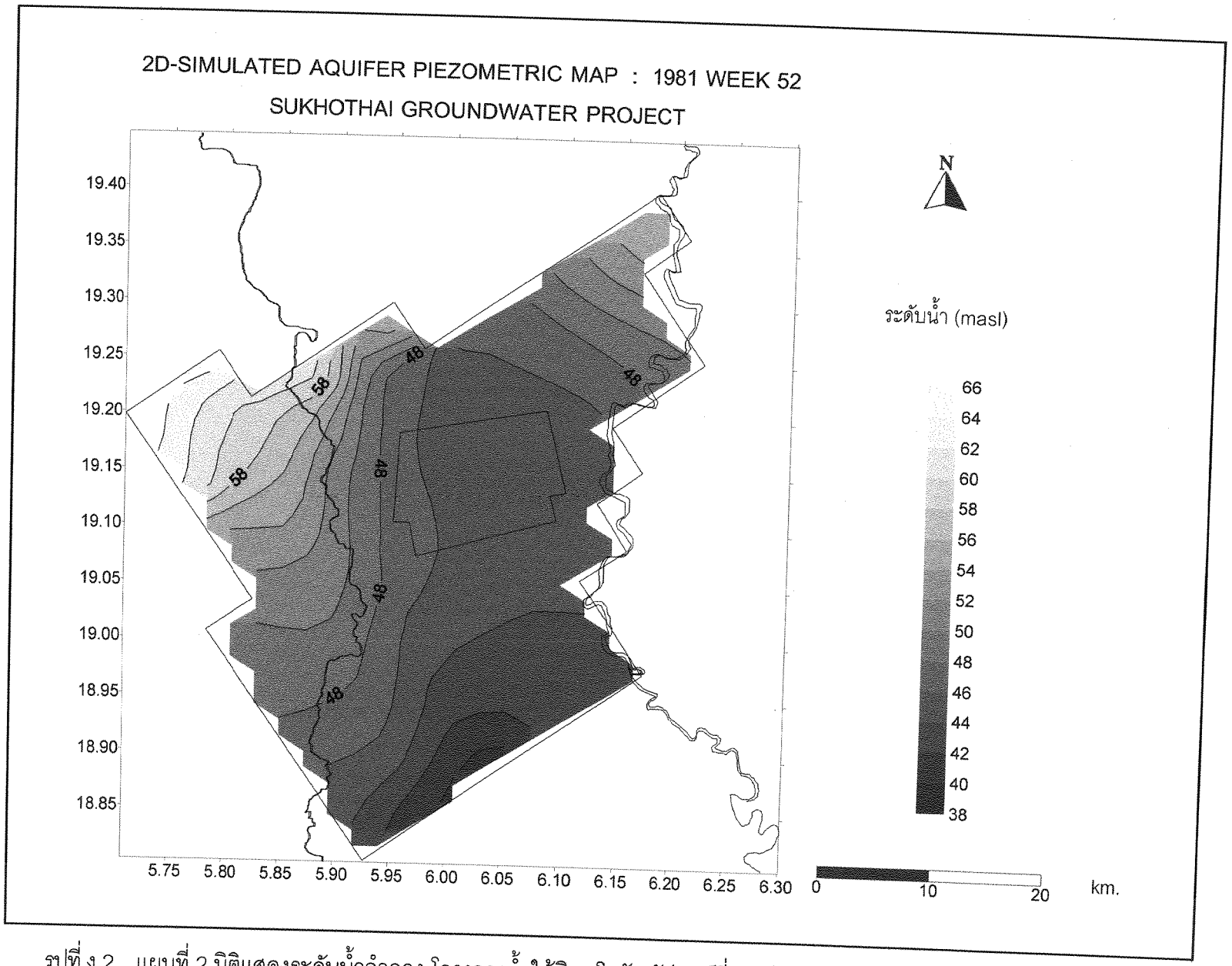
รูปที่ ง.22 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ.1998

รูปที่ ง.23 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ.1998

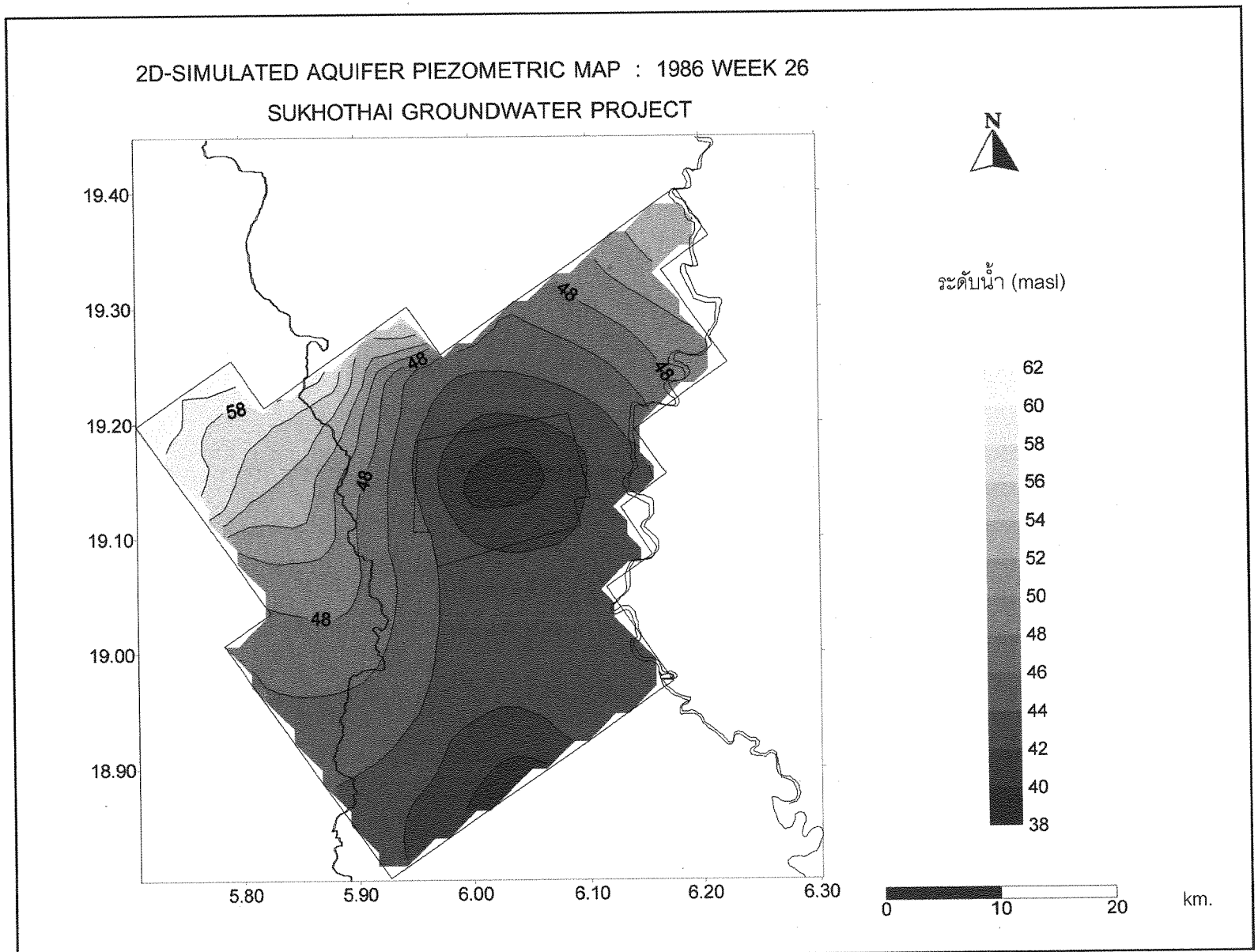
รูปที่ ง.24 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ.1998



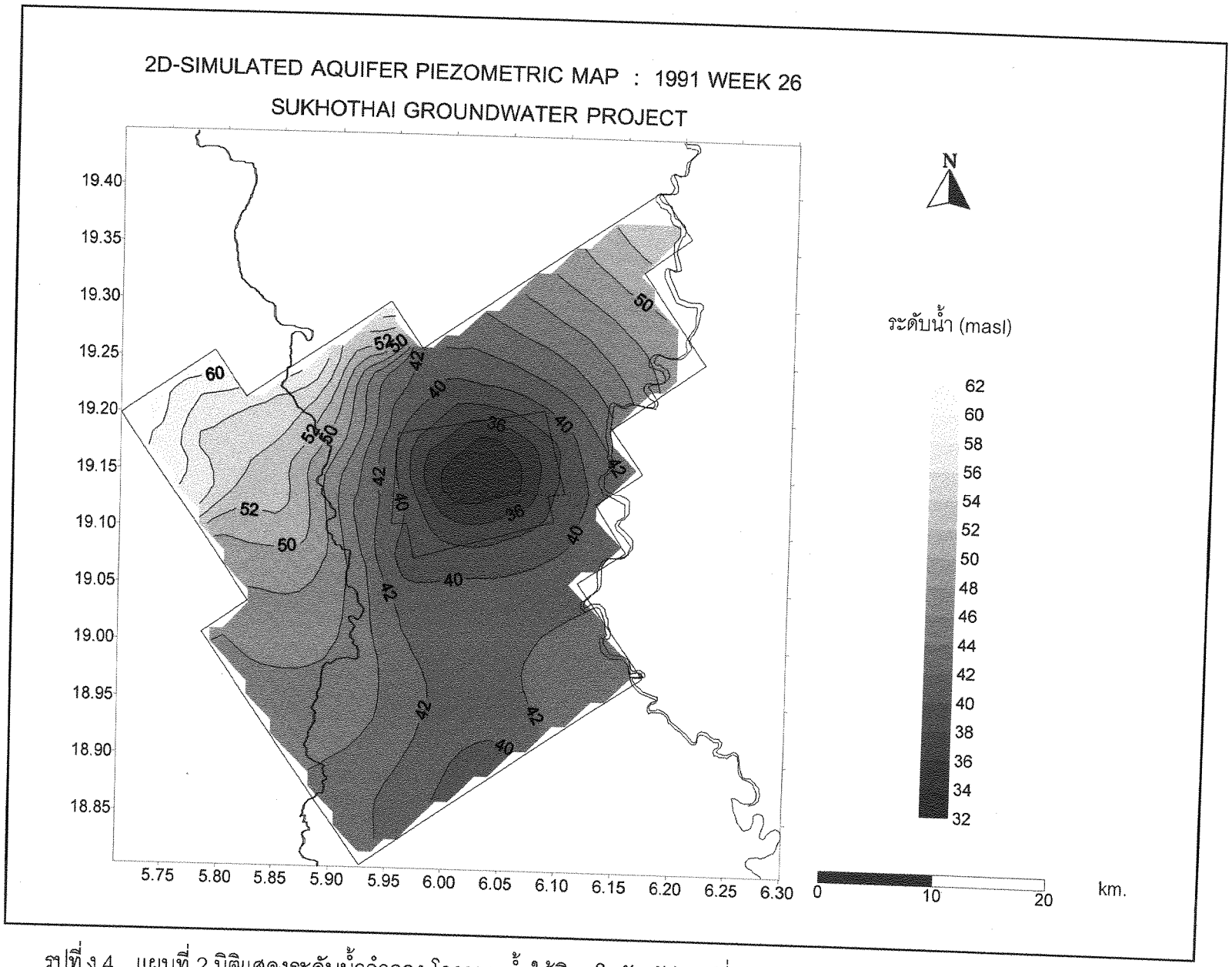
รูปที่ ง.1 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1981



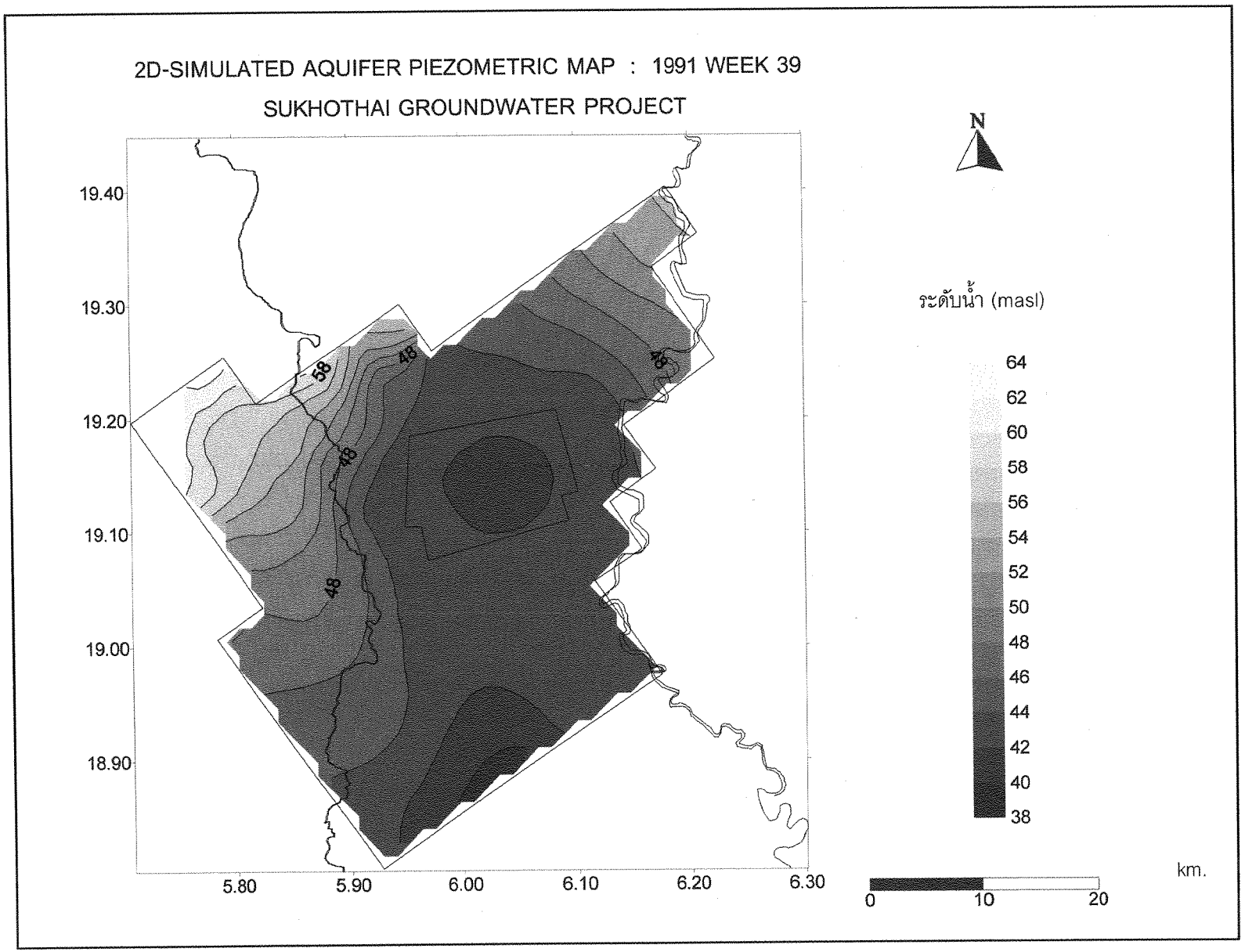
รูปที่ ง.2 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1981



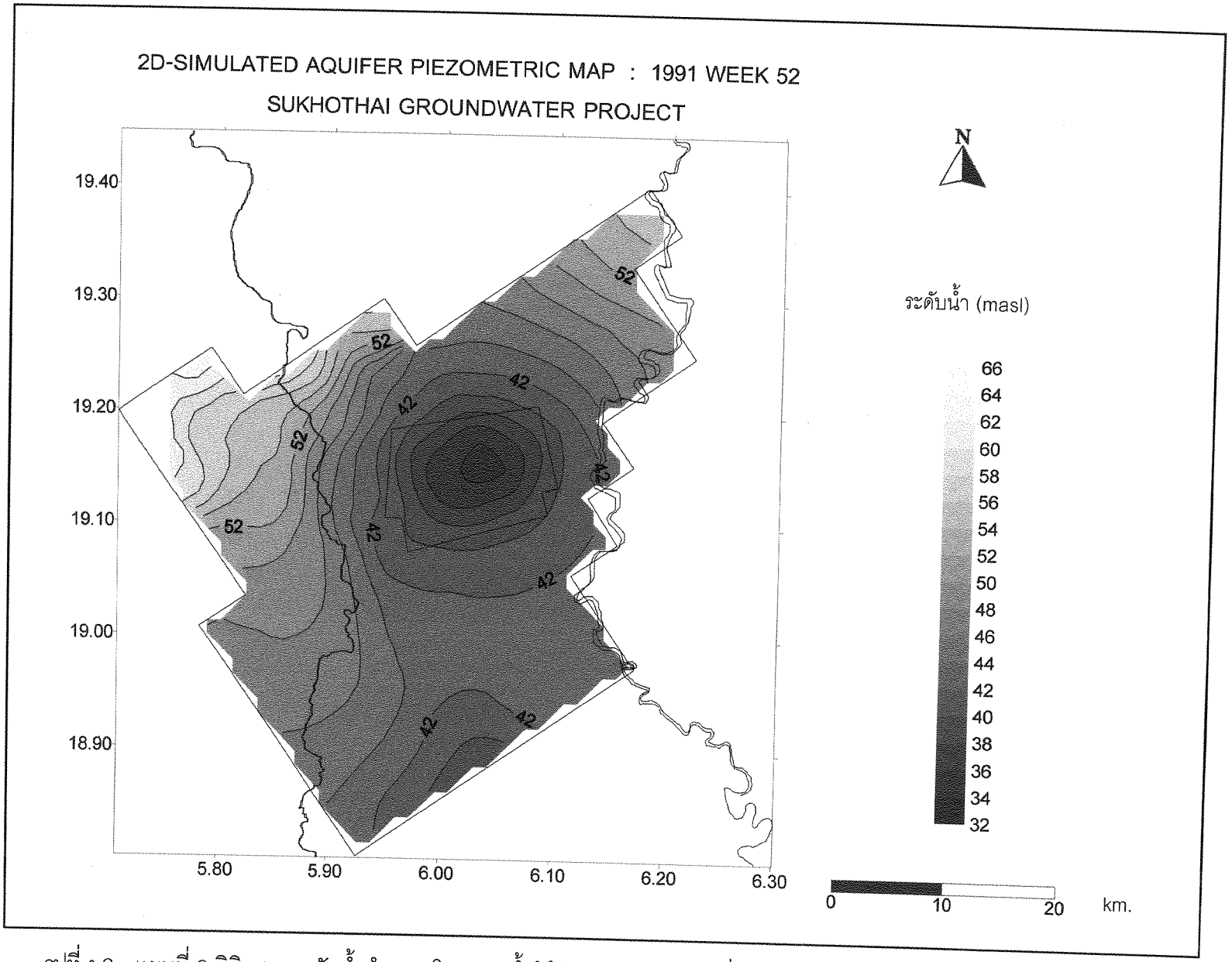
รูปที่ ง.3 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1986



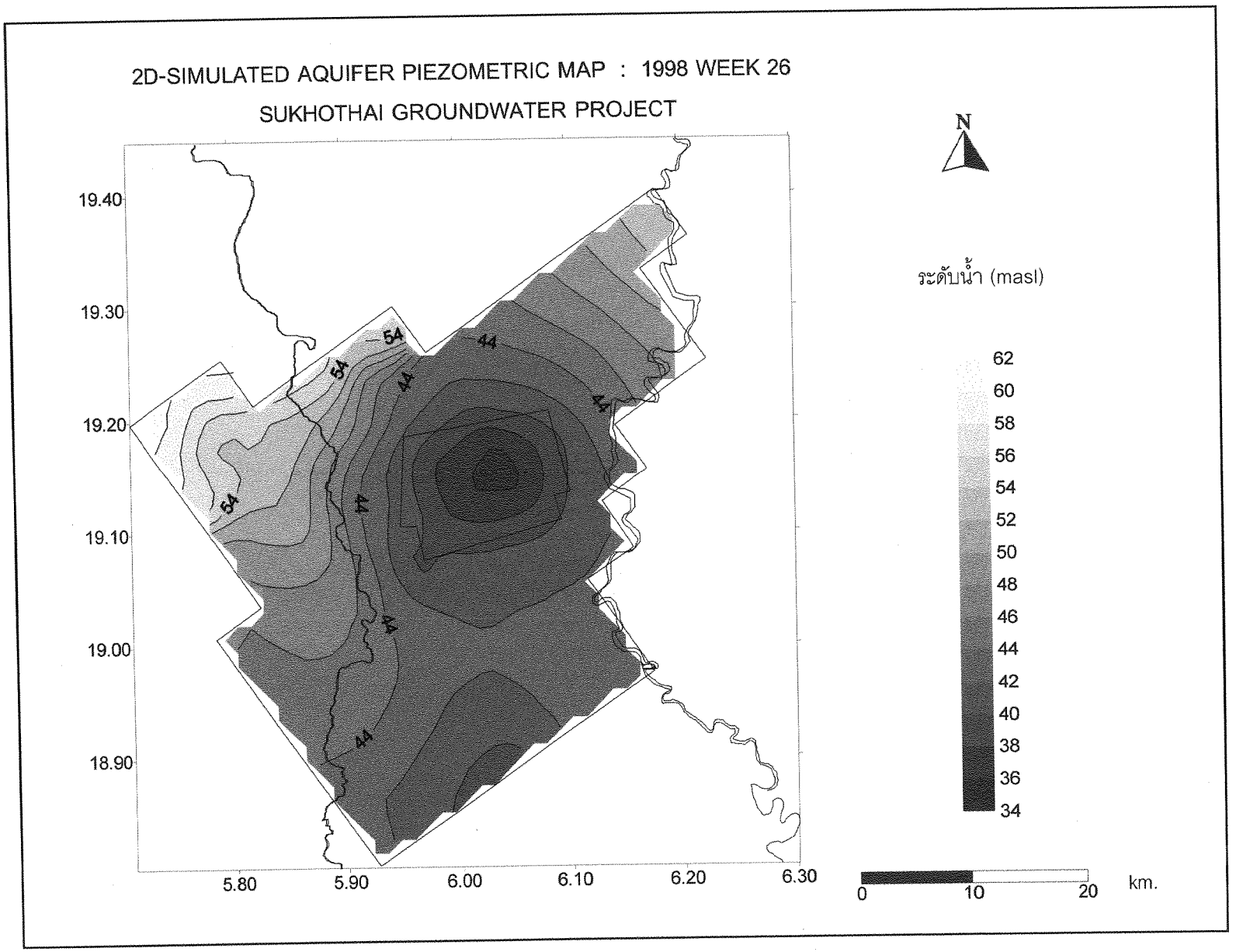
รูปที่ ง.4 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1991



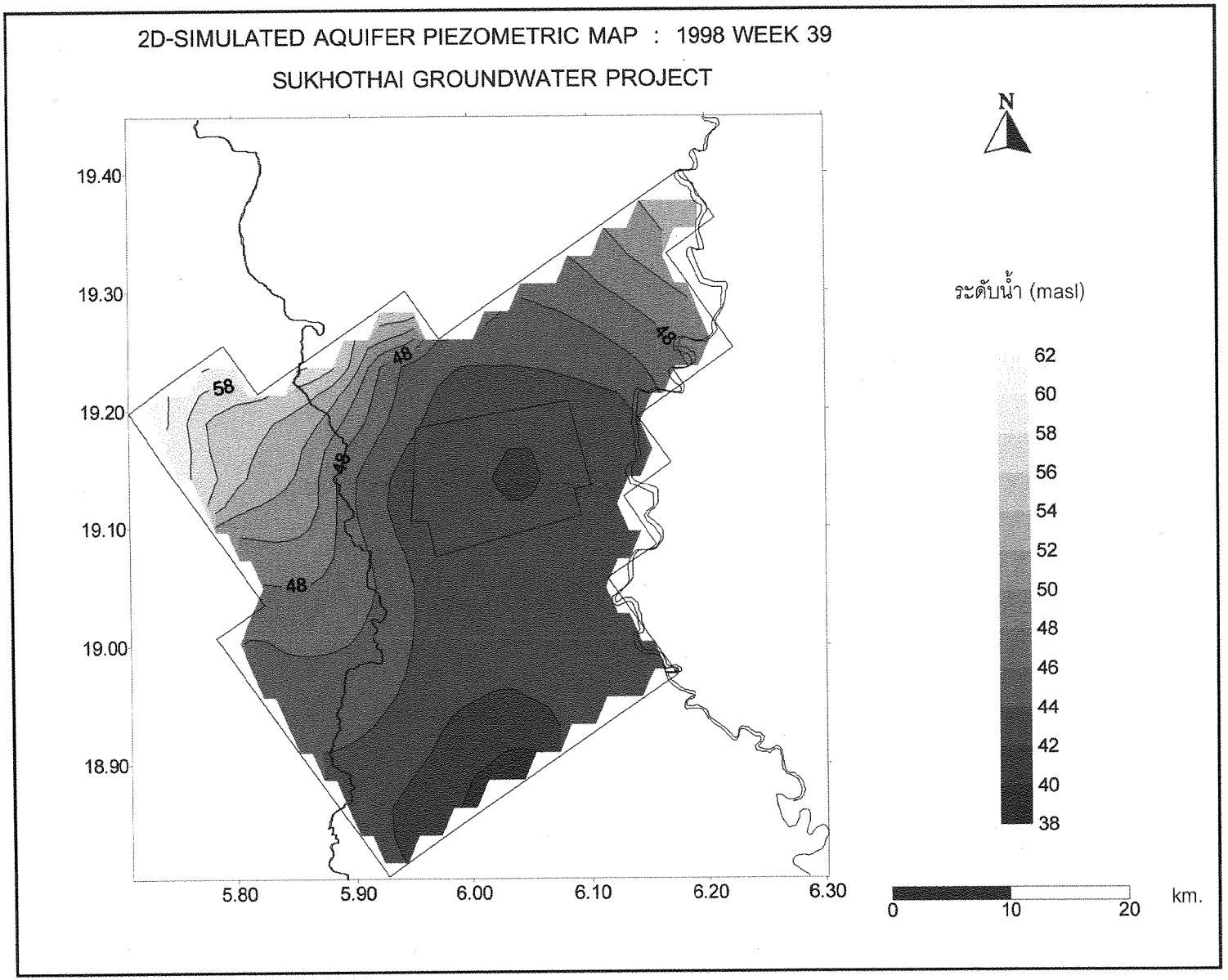
รูปที่ ง.5 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ. 1991



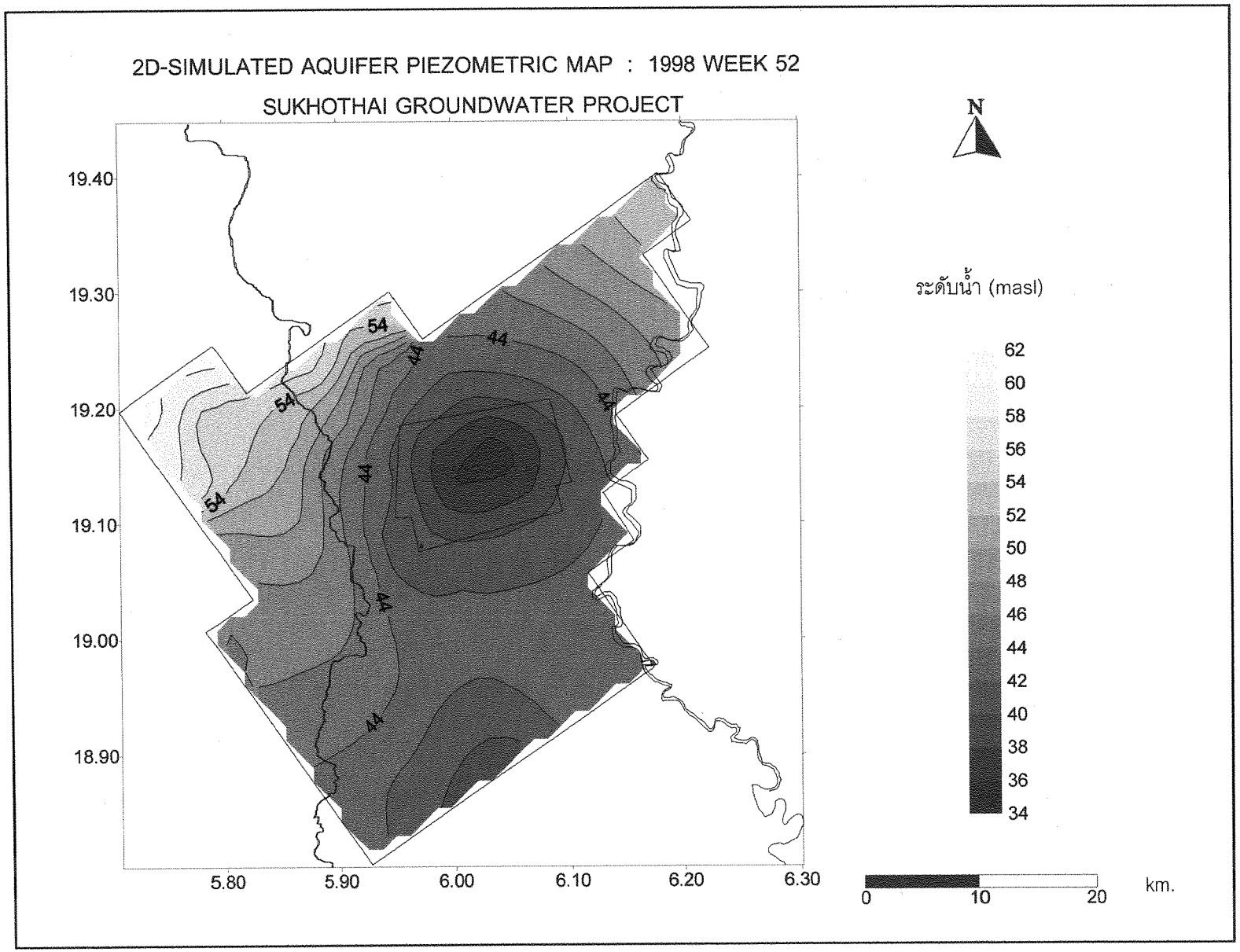
รูปที่ ง.6 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1991



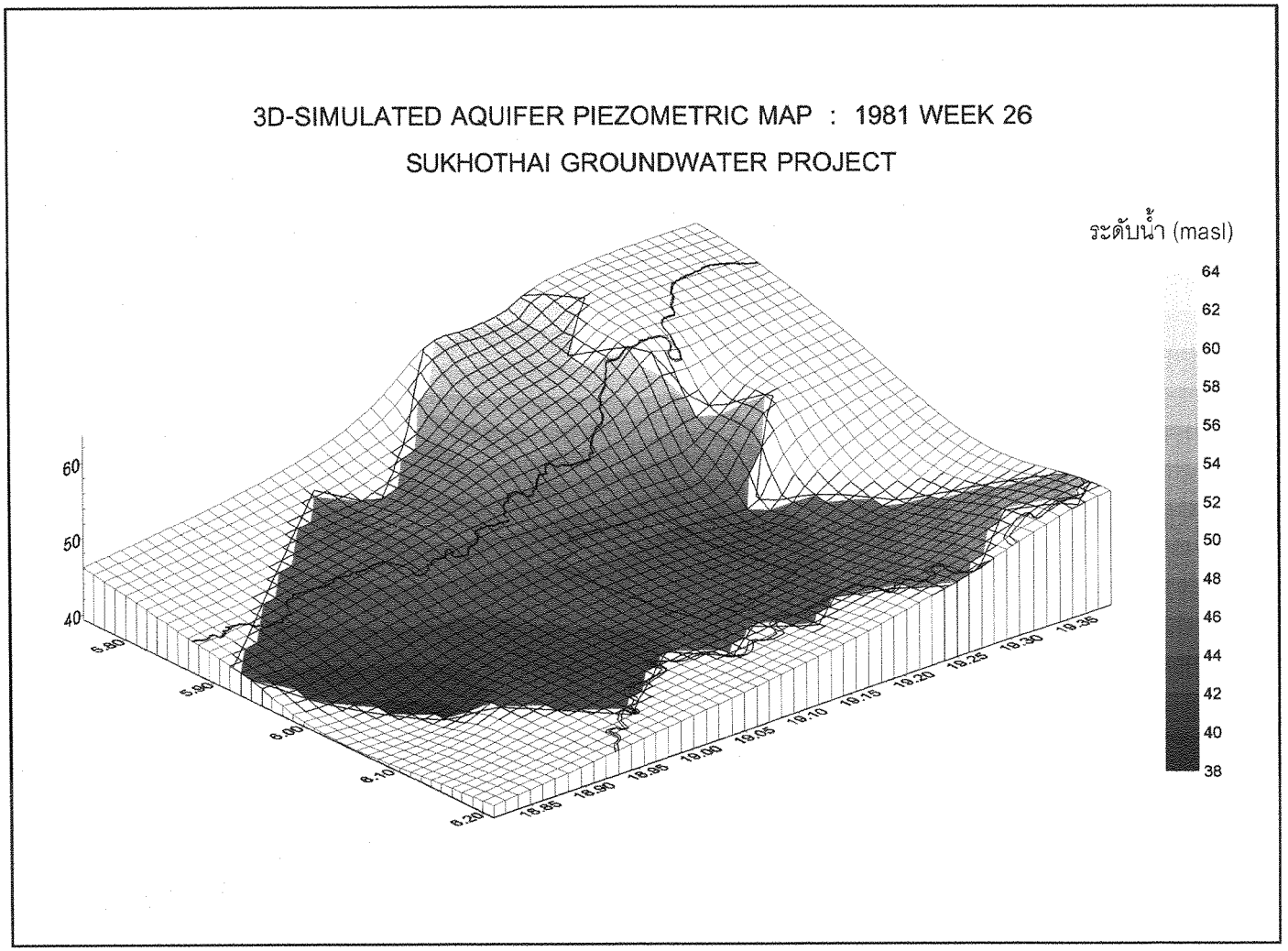
รูปที่ ง.7 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1998



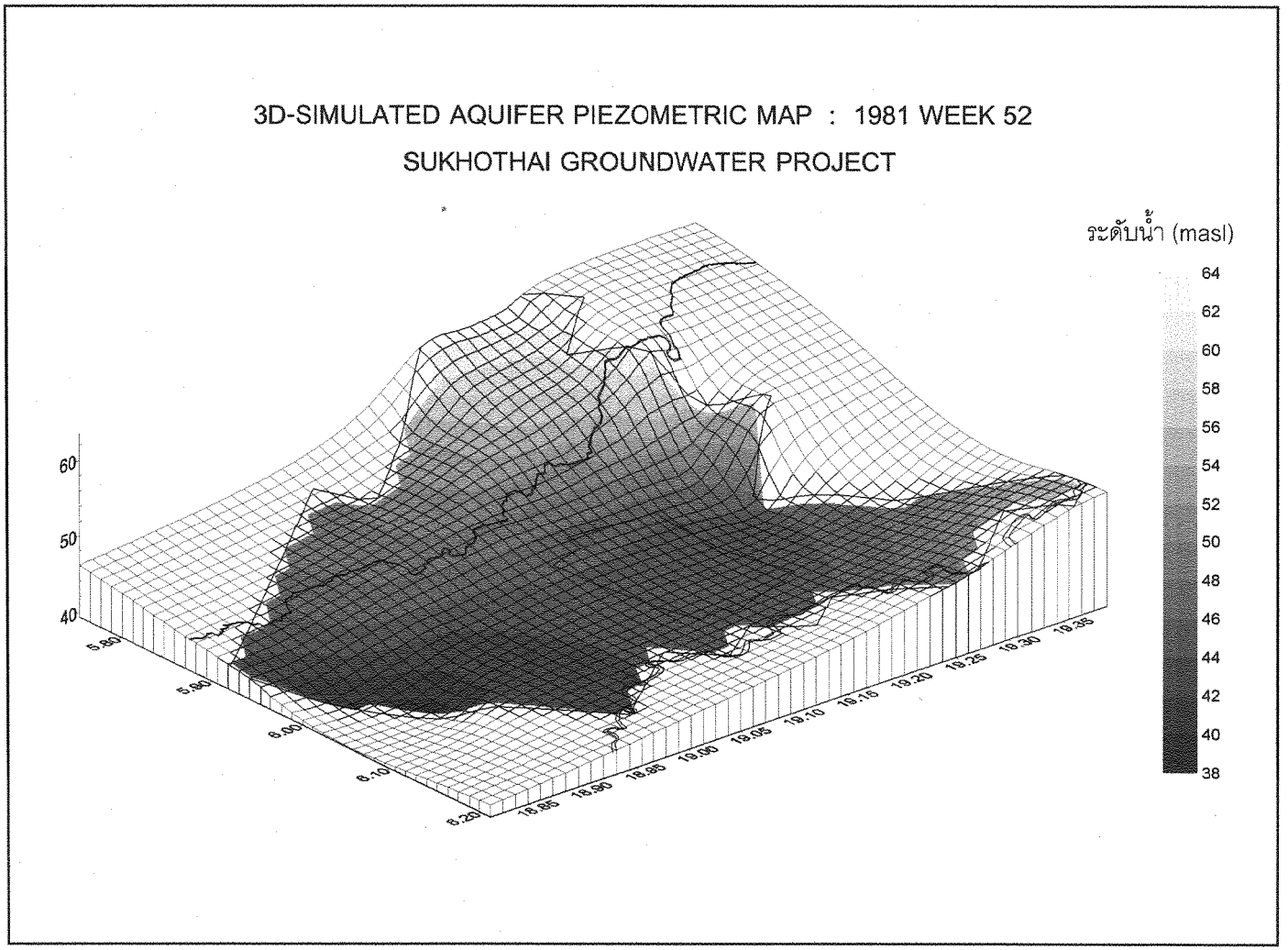
รูปที่ ง.8 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ. 1998



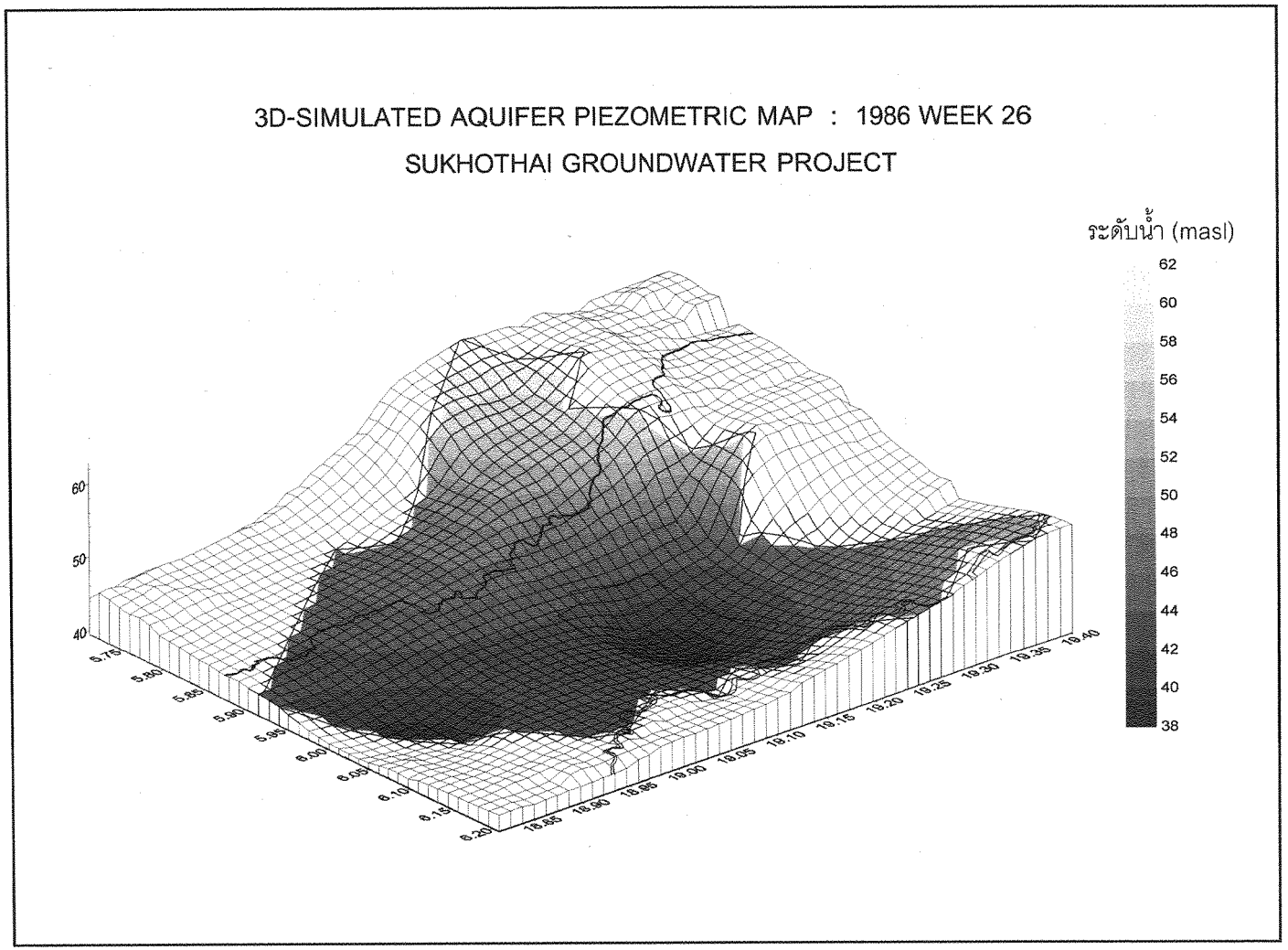
รูปที่ ง.9 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1998



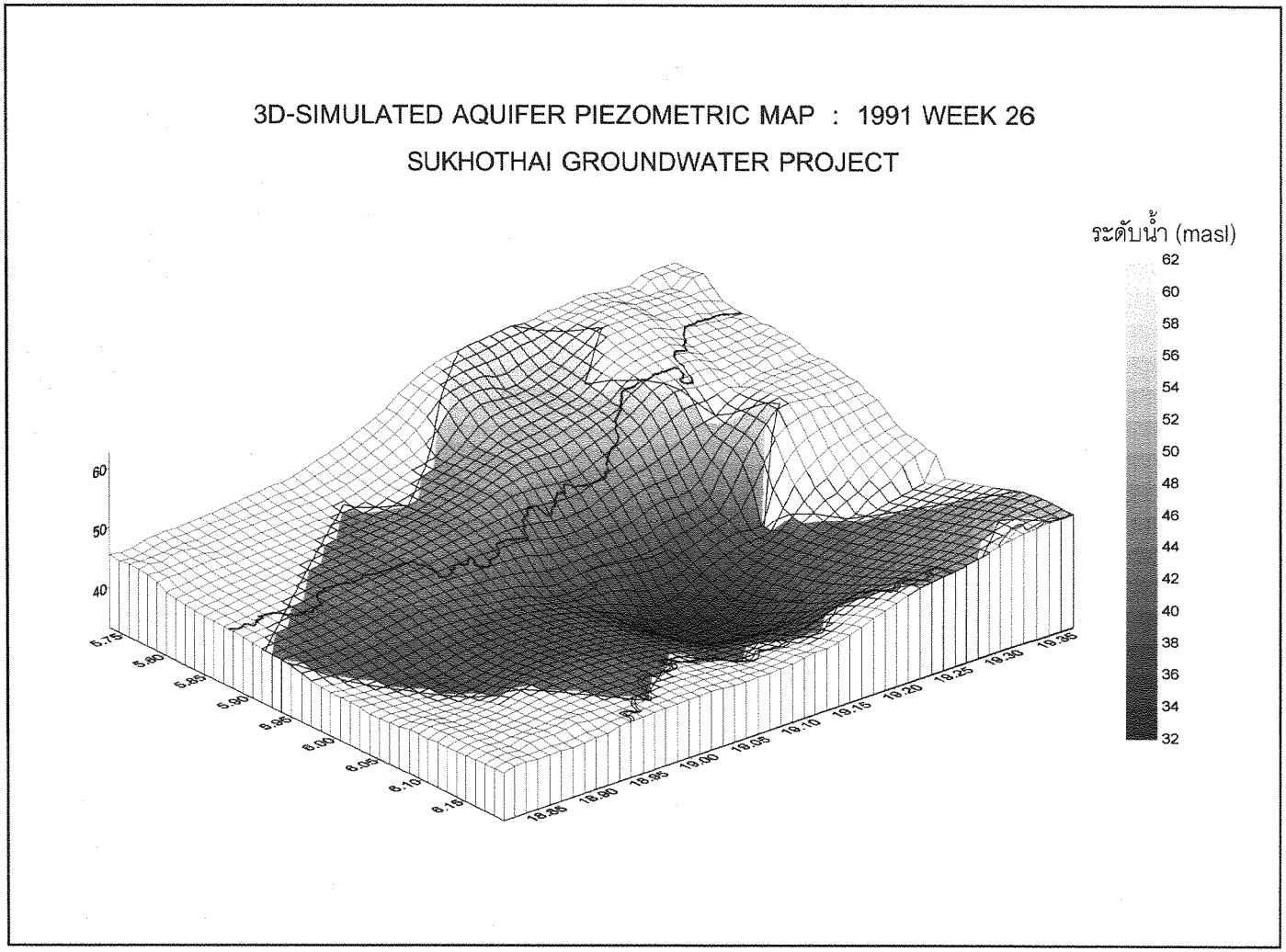
รูปที่ ง.10 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1981



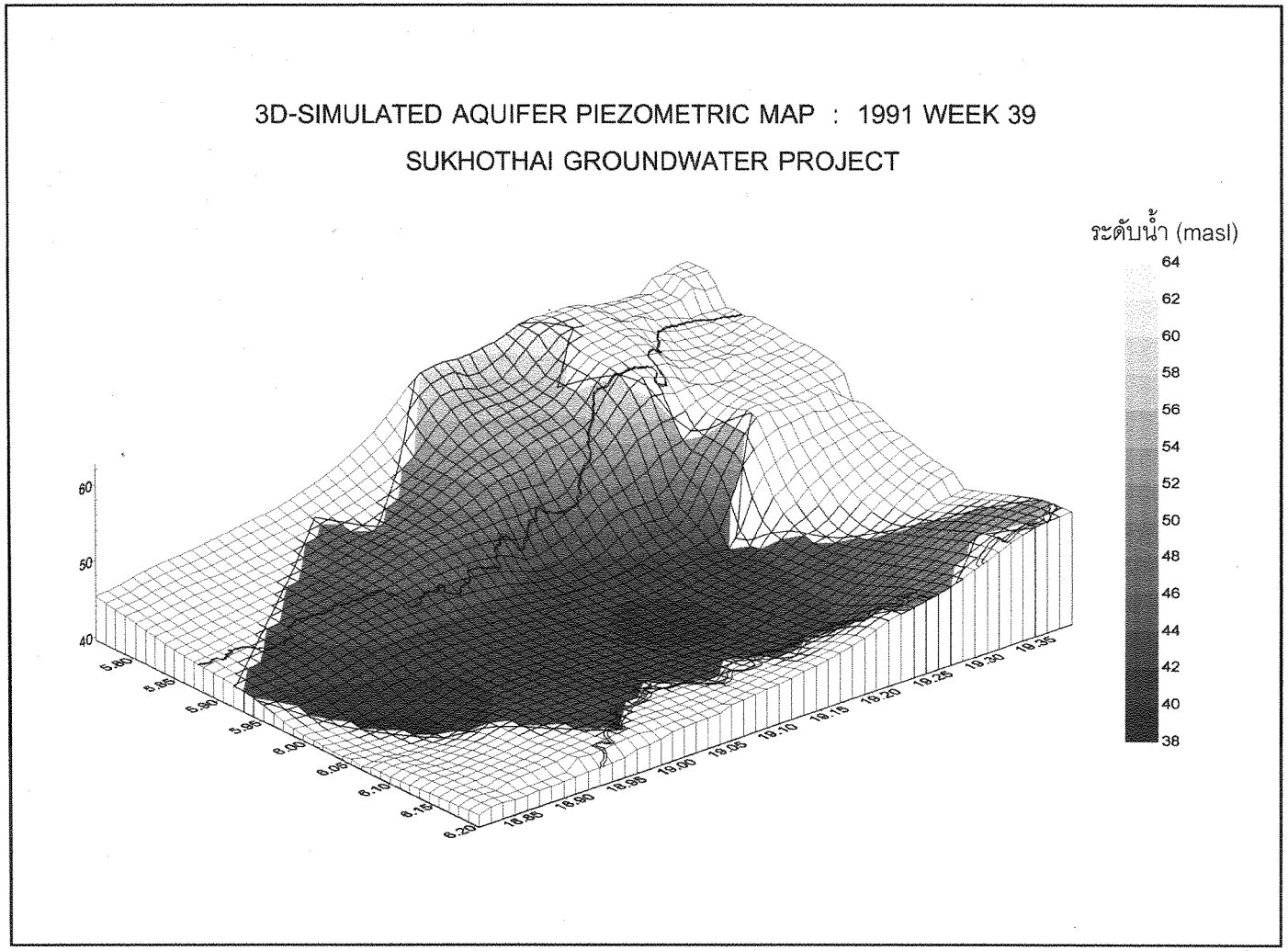
รูปที่ ง.11 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1981



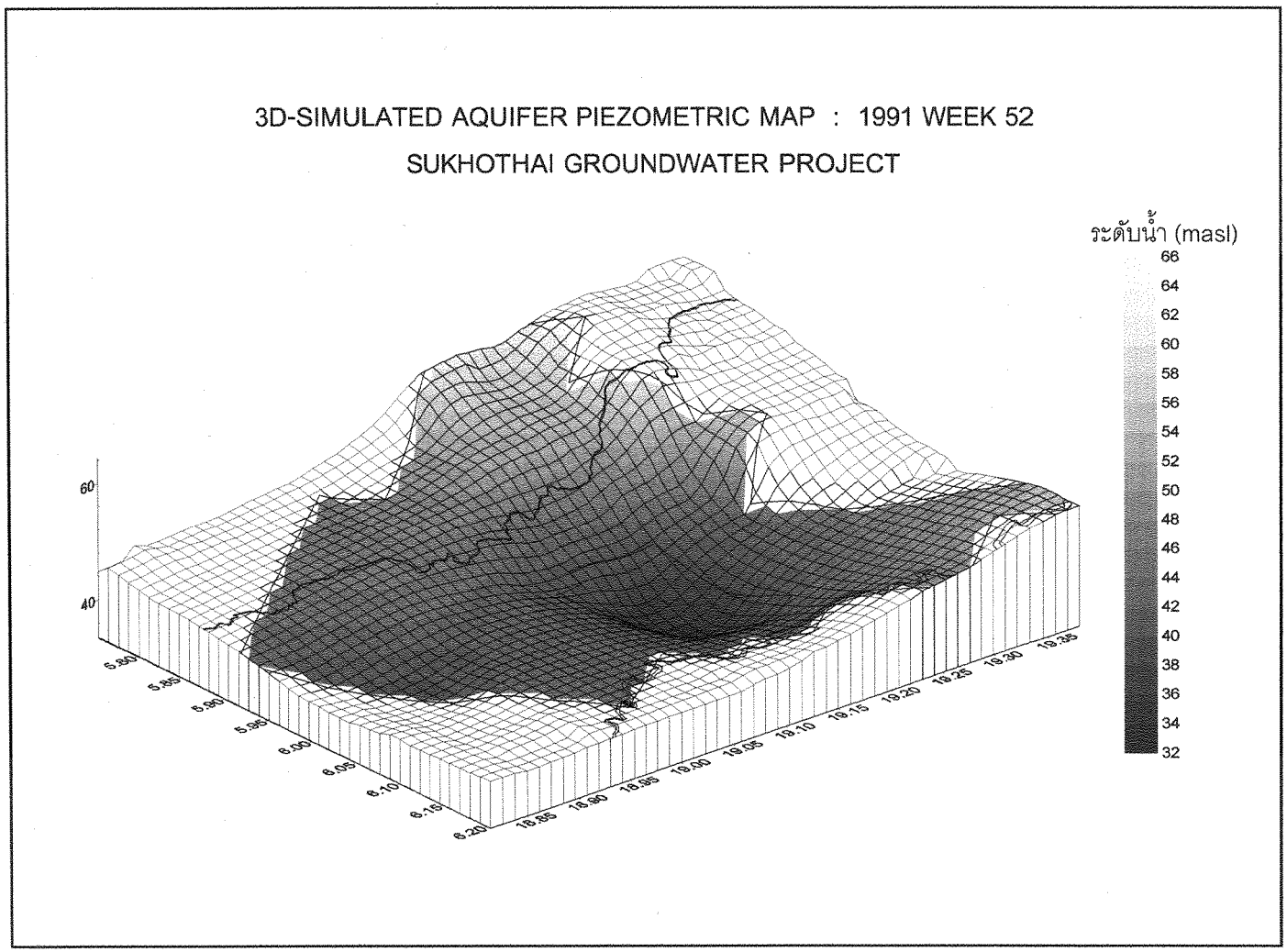
รูปที่ ง.12 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1986



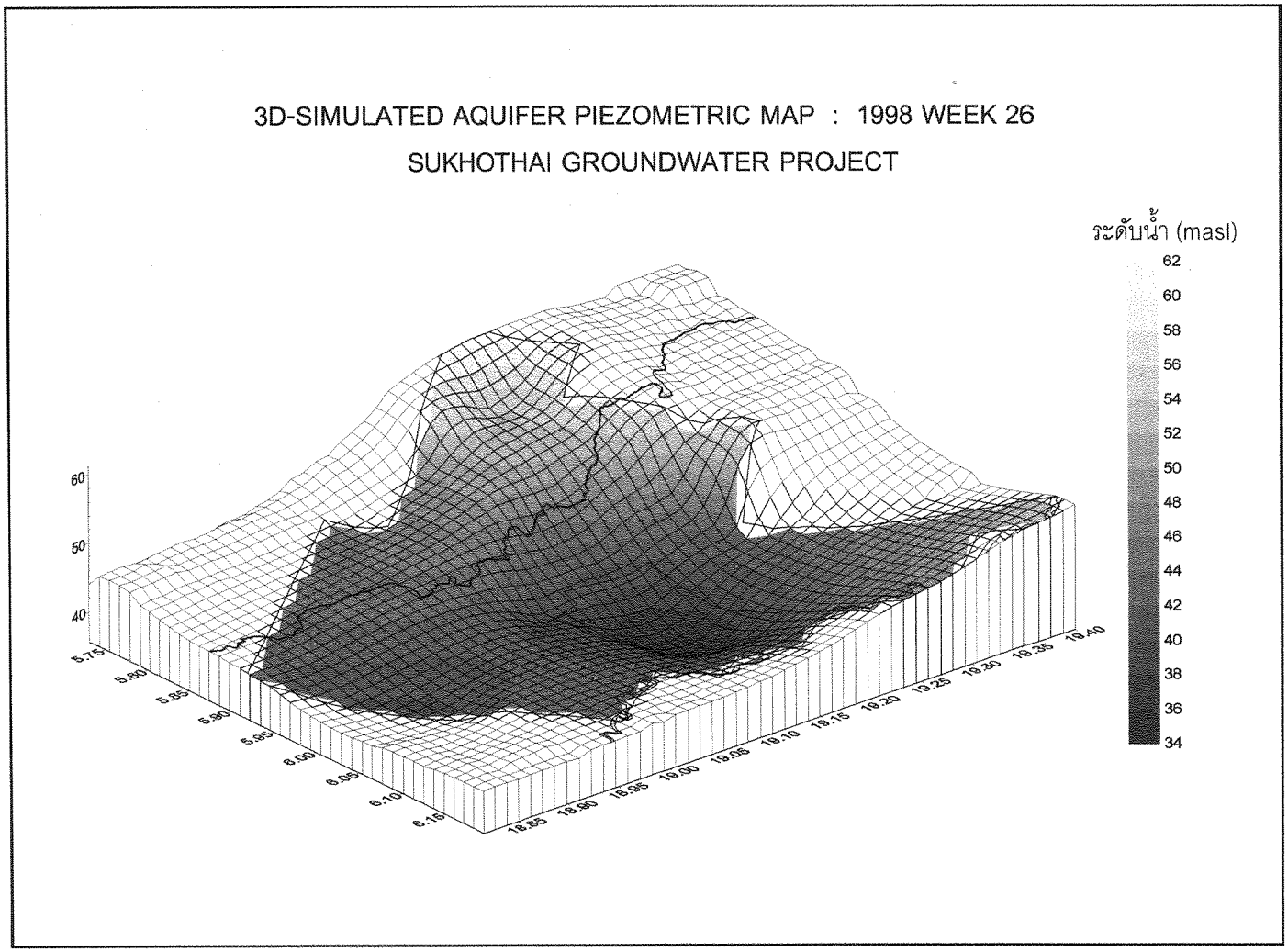
รูปที่ ง.13 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1991



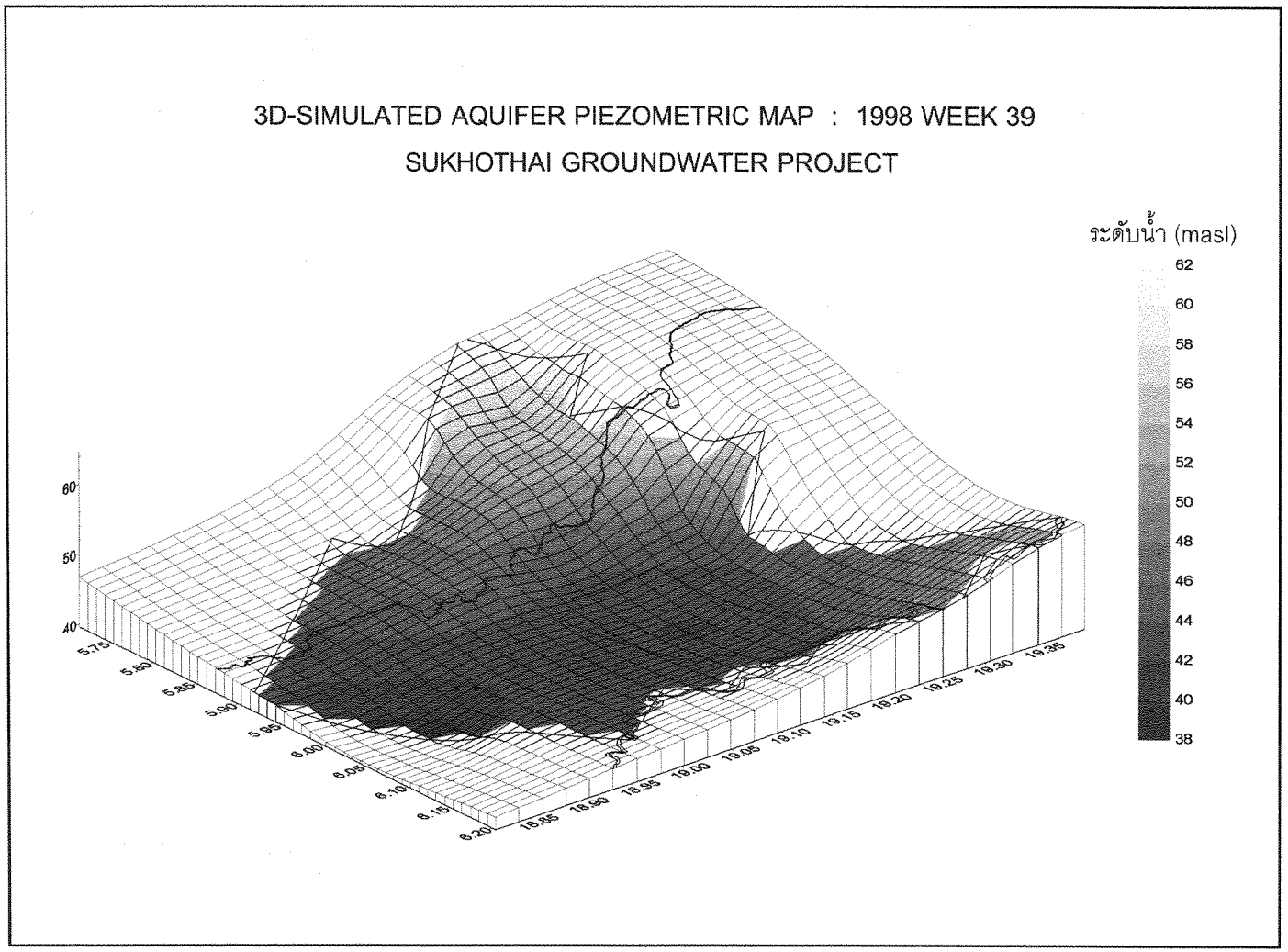
รูปที่ ง.14 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ. 1991



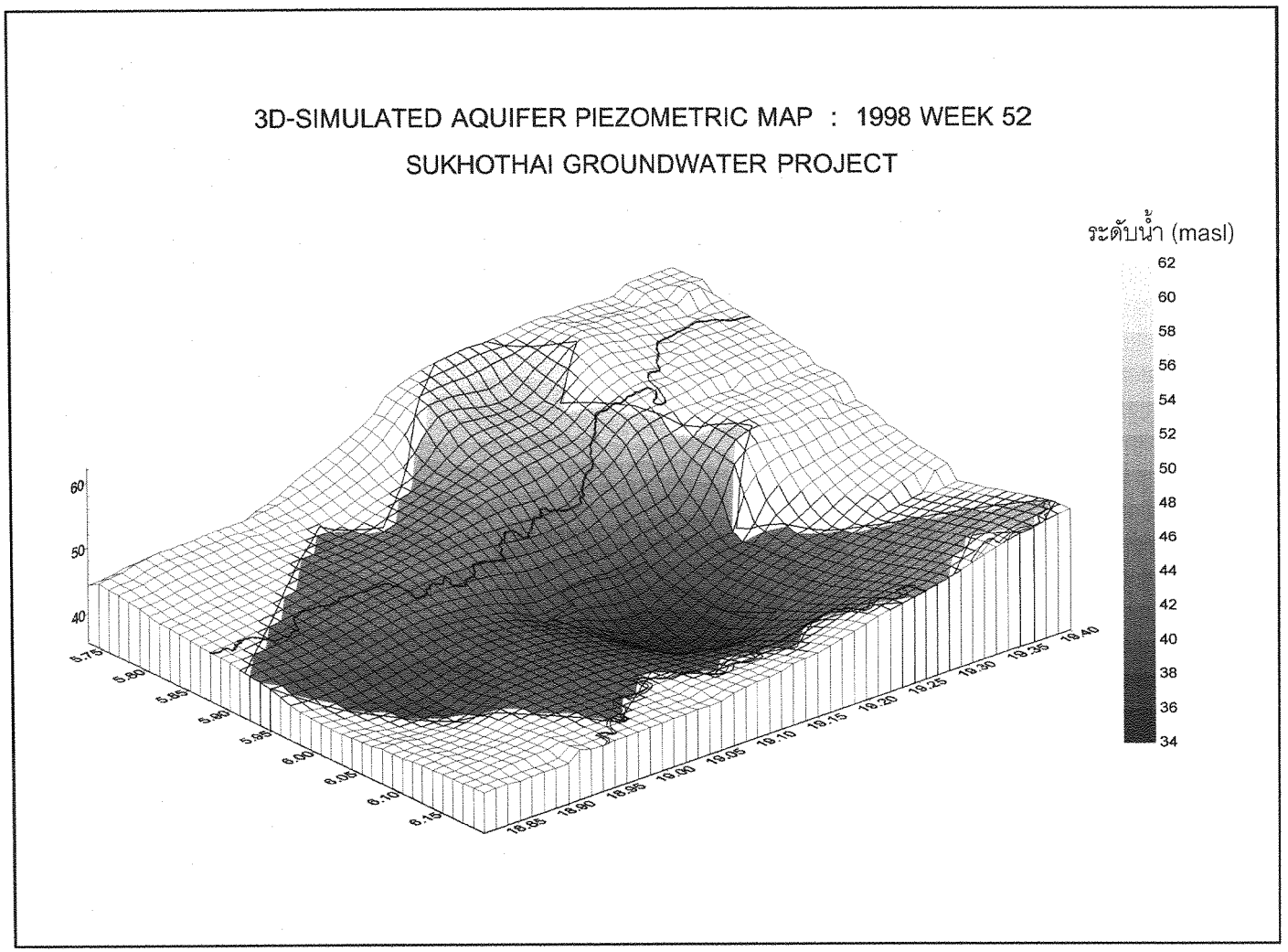
รูปที่ ง.15 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1991



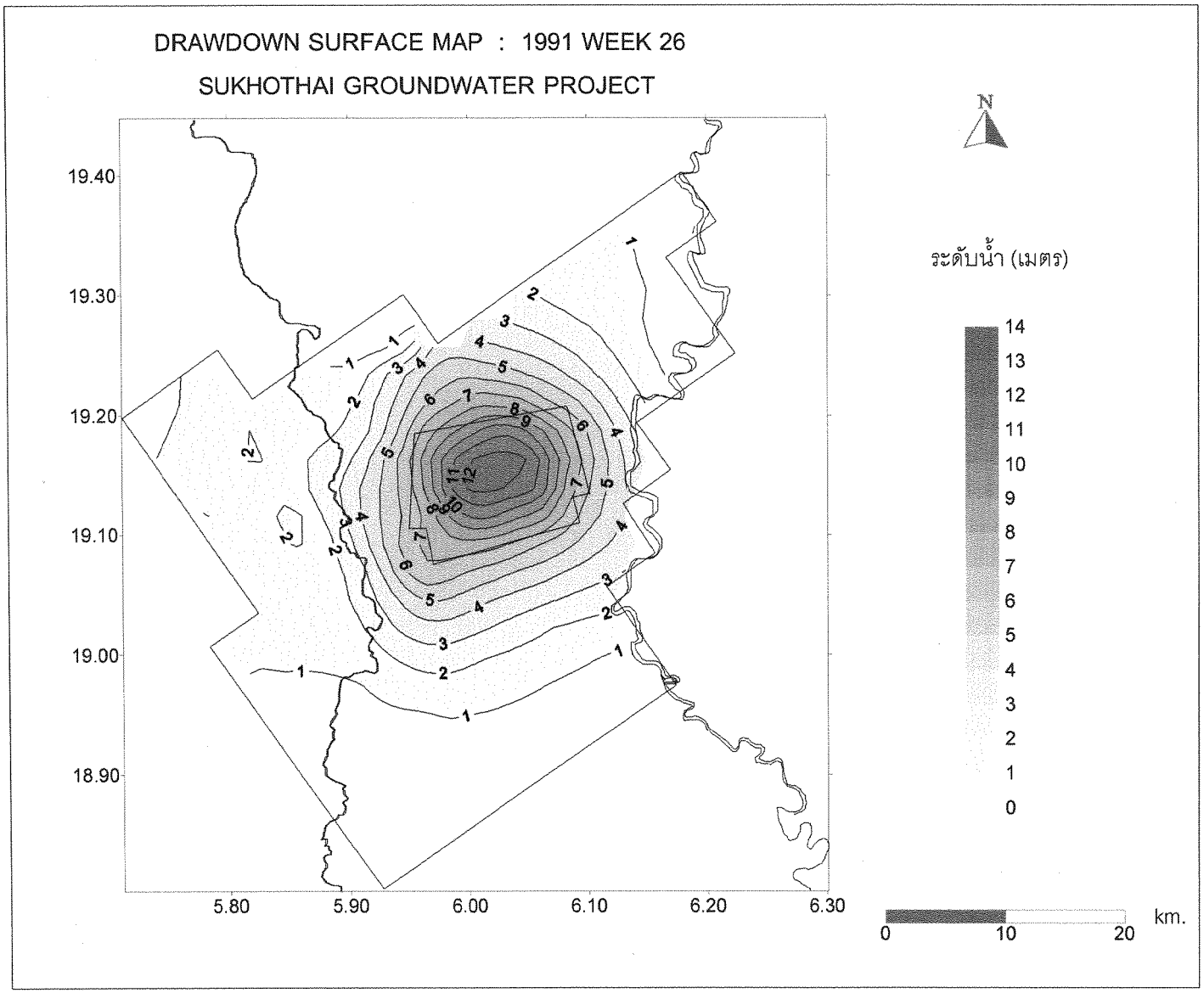
รูปที่ ง.16 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1998



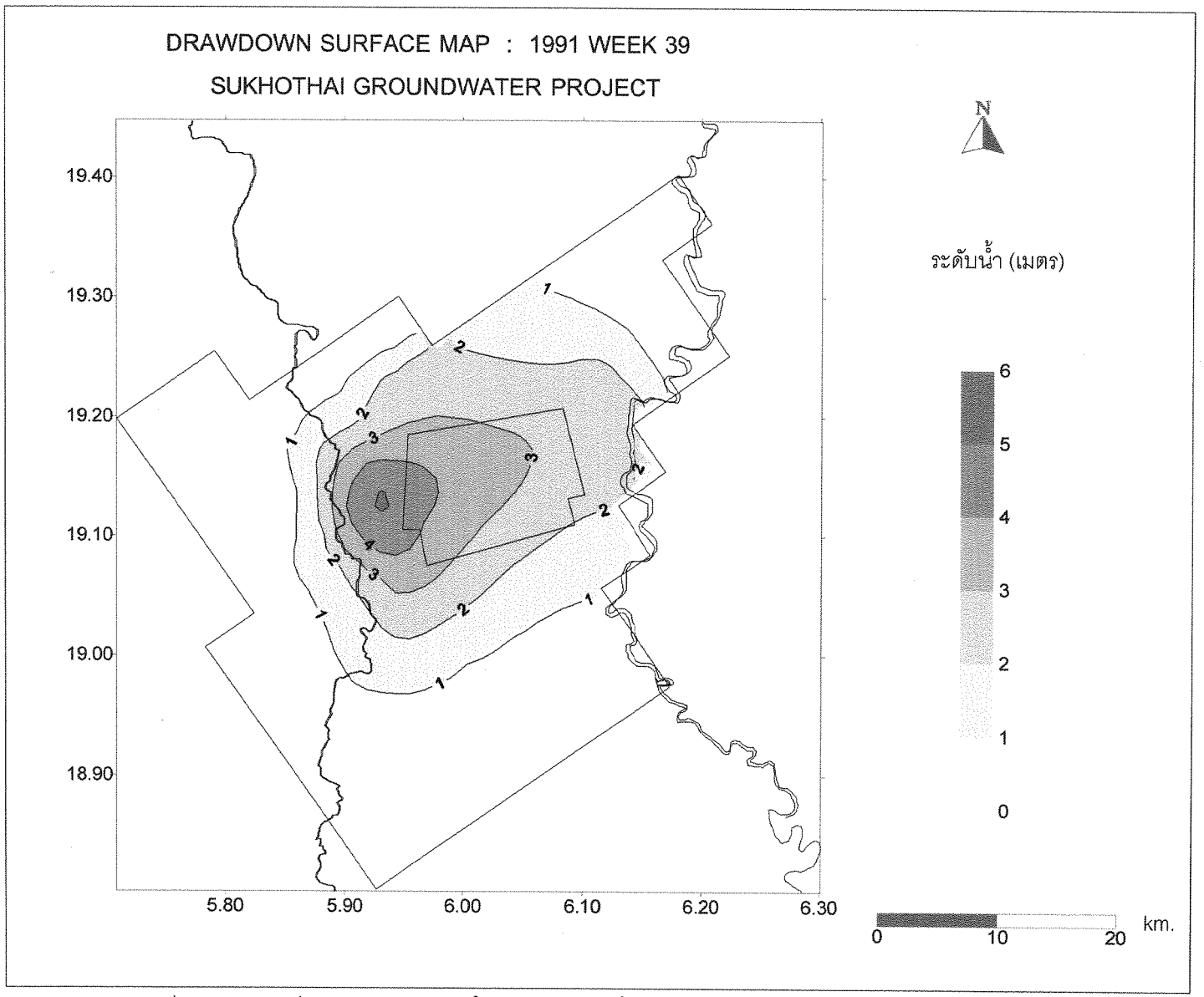
รูปที่ ง.17 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ. 1998



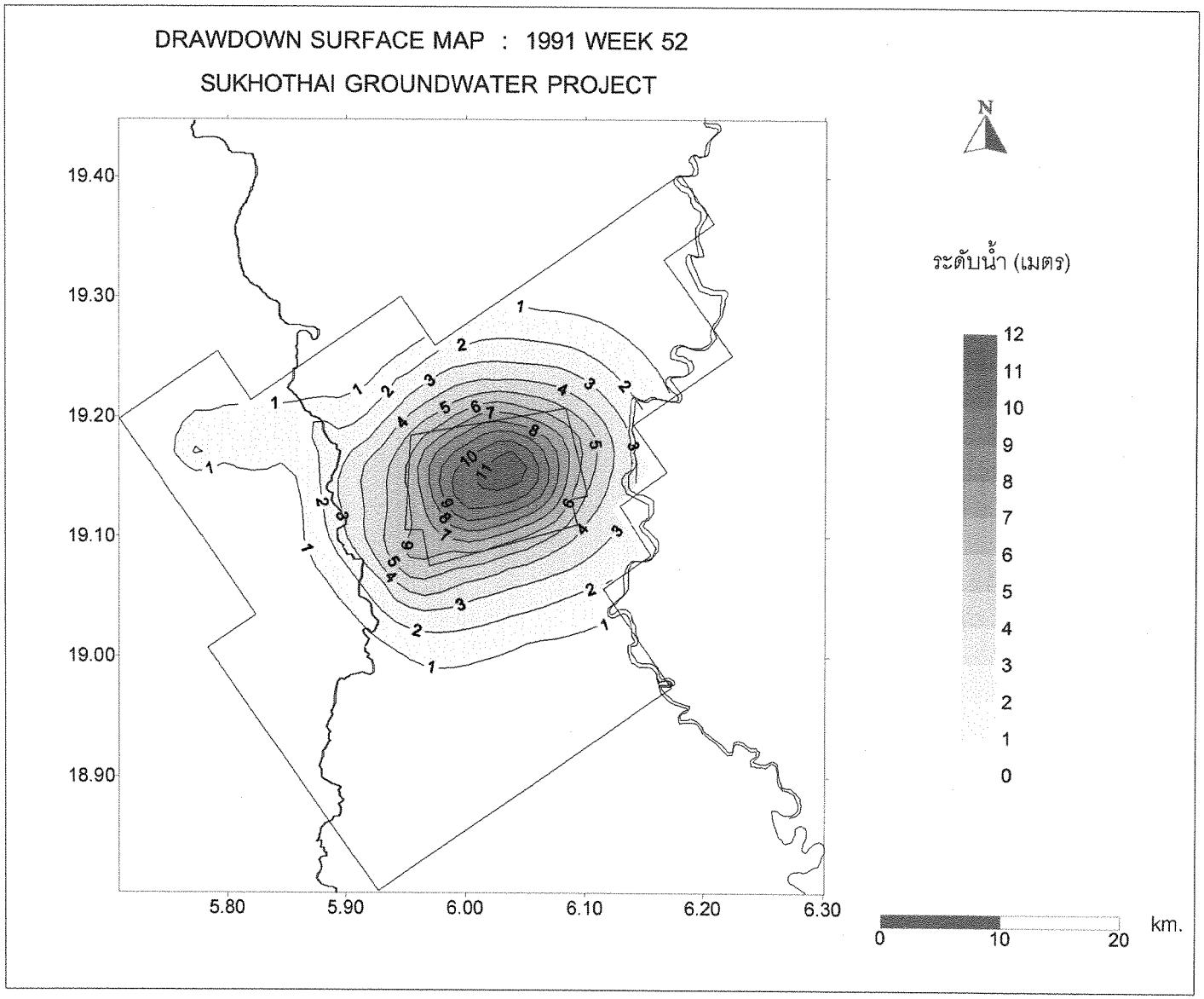
รูปที่ ง.18 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจำลอง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1998



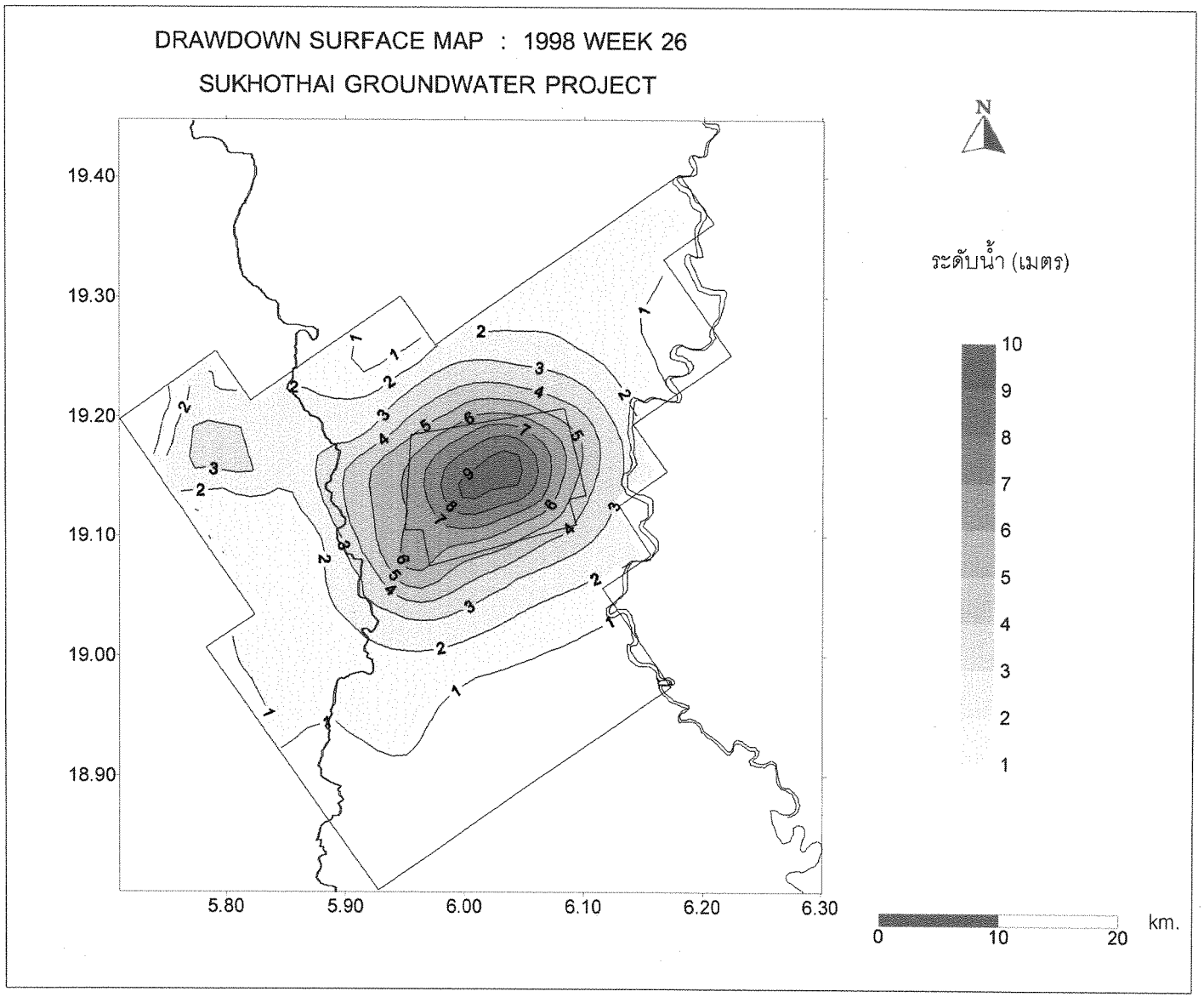
รูปที่ ง.19 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1991



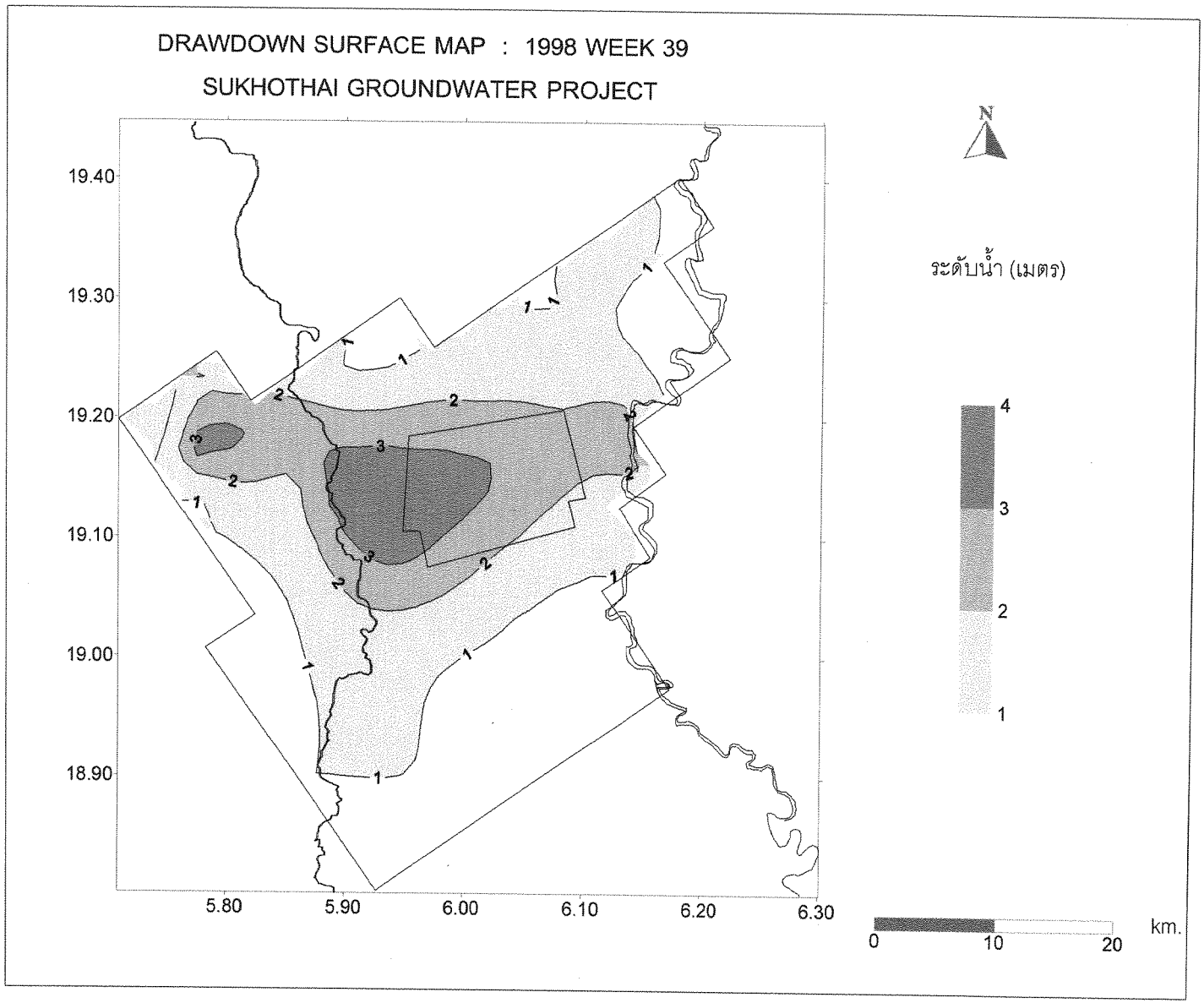
รูปที่ ง.20 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ. 1991



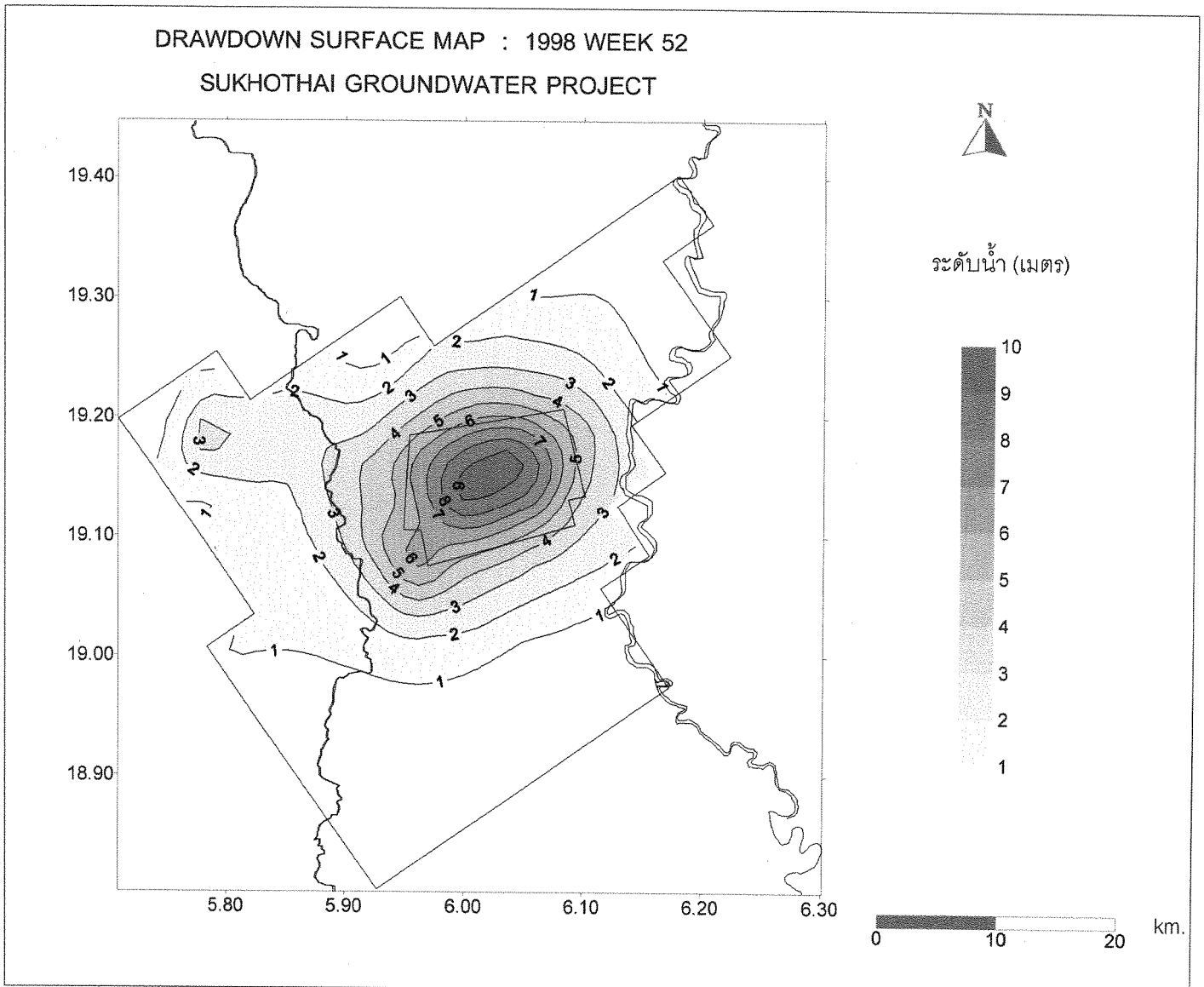
รูปที่ ง.21 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1991



รูปที่ ง.22 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 26 ปี ค.ศ. 1998



รูปที่ ง.23 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 39 ปี ค.ศ. 1998



รูปที่ ง.24 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำลด โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย สัปดาห์ที่ 52 ปี ค.ศ. 1998

ภาคผนวก จ.

แผนที่ 2 มิติและ 3 มิติ ของระดับน้ำจริง (Aquifer Piezometric Levels)

รูปที่ จ.1 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน มิถุนายน ปี ค.ศ.1986

รูปที่ จ.2 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน มิถุนายน ปี ค.ศ.1991

รูปที่ จ.3 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน กันยายน ปี ค.ศ.1991

รูปที่ จ.4 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน ธันวาคม ปี ค.ศ.1991

รูปที่ จ.5 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน มิถุนายน ปี ค.ศ.1998

รูปที่ จ.6 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน กันยายน ปี ค.ศ.1998

รูปที่ จ.7 แผนที่ 2 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน ธันวาคม ปี ค.ศ.1998

รูปที่ จ.8 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน มิถุนายน ปี ค.ศ.1986

รูปที่ จ.9 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน มิถุนายน ปี ค.ศ.1991

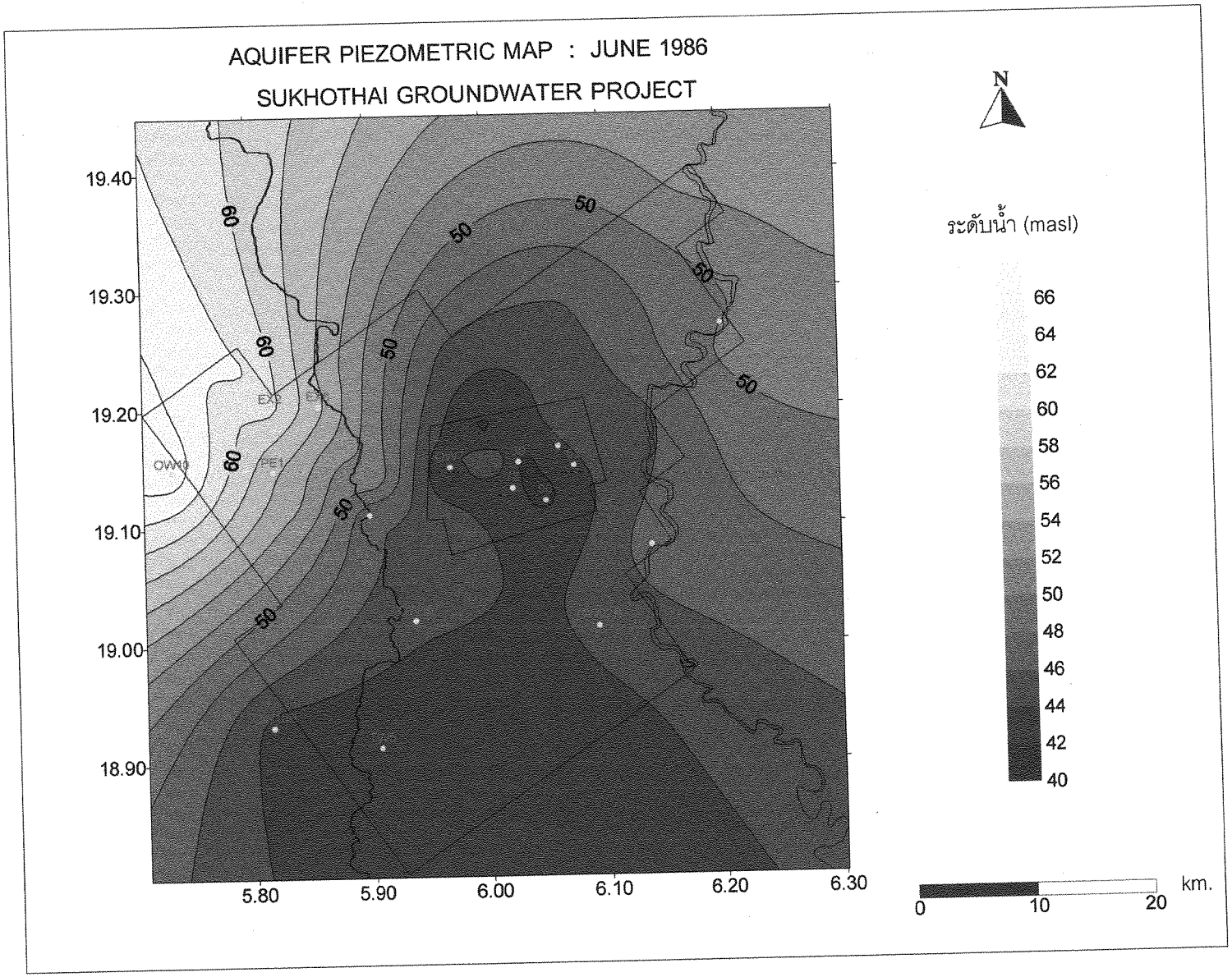
รูปที่ จ.10 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน กันยายน ปี ค.ศ.1991

รูปที่ จ.11 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน ธันวาคม ปี ค.ศ.1991

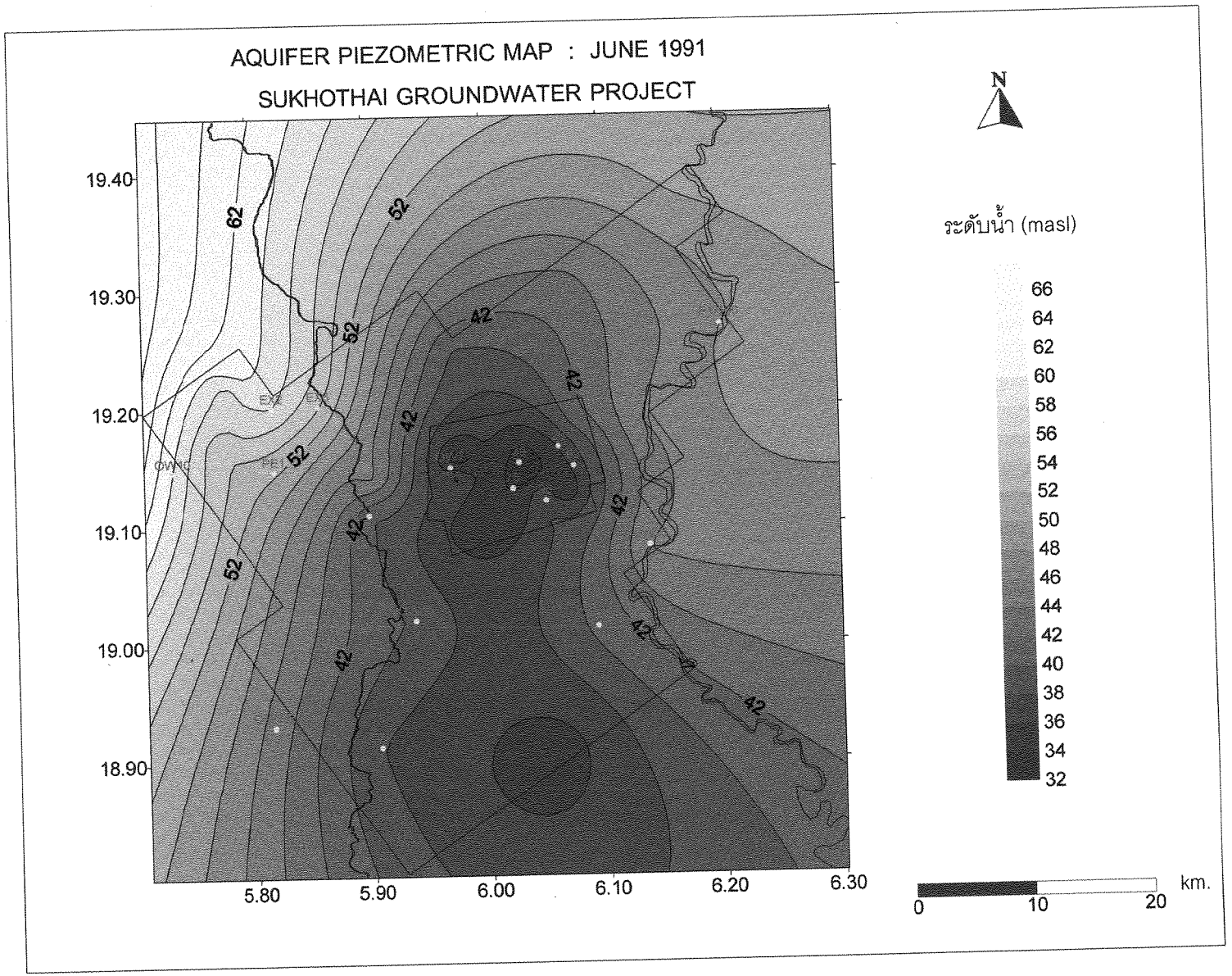
รูปที่ จ.12 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน มิถุนายน ปี ค.ศ.1998

รูปที่ จ.13 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน กันยายน ปี ค.ศ.1998

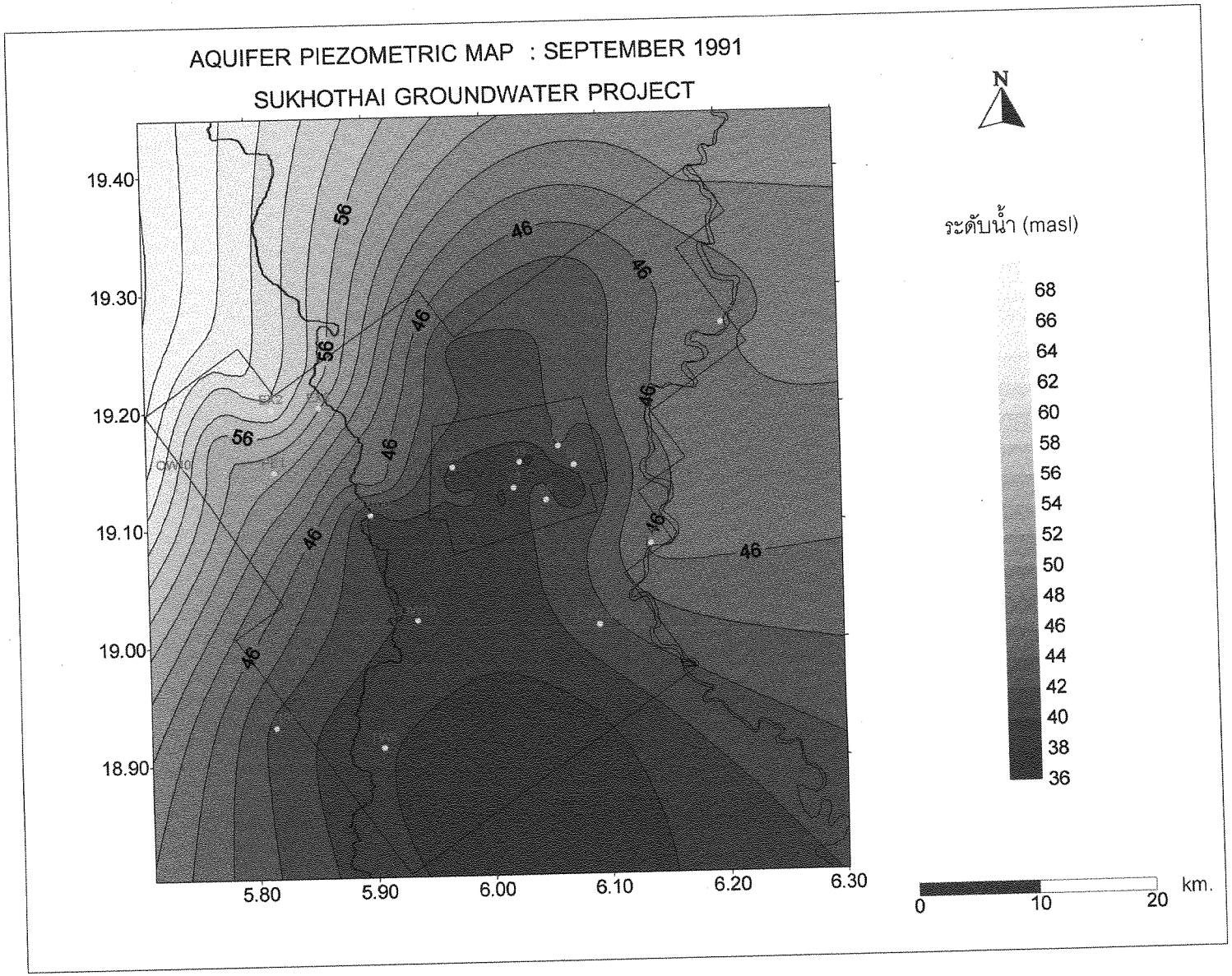
รูปที่ จ.14 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน ธันวาคม ปี ค.ศ.1998



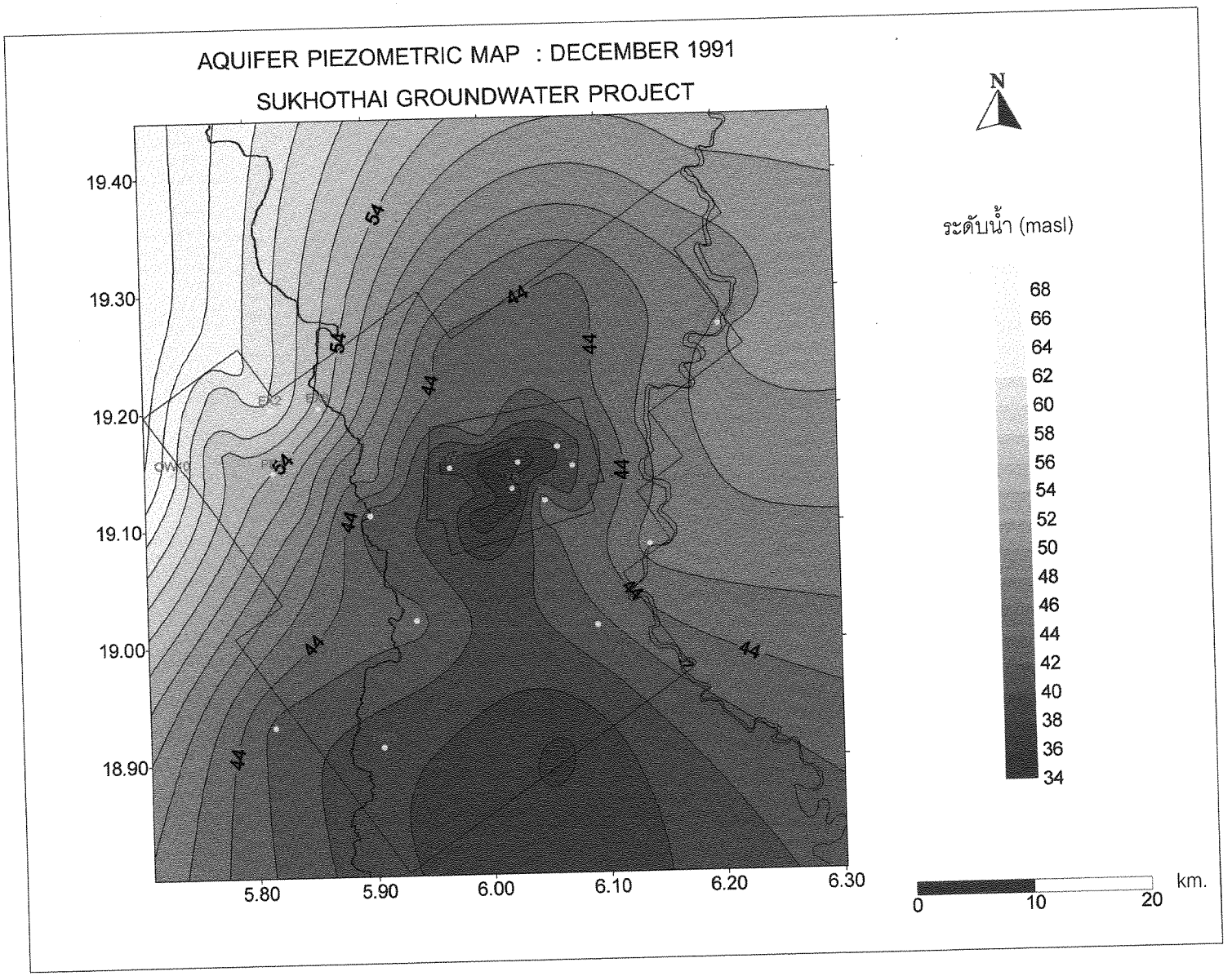
รูปที่ จ.1 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน มิถุนายน ปี ค.ศ. 1986



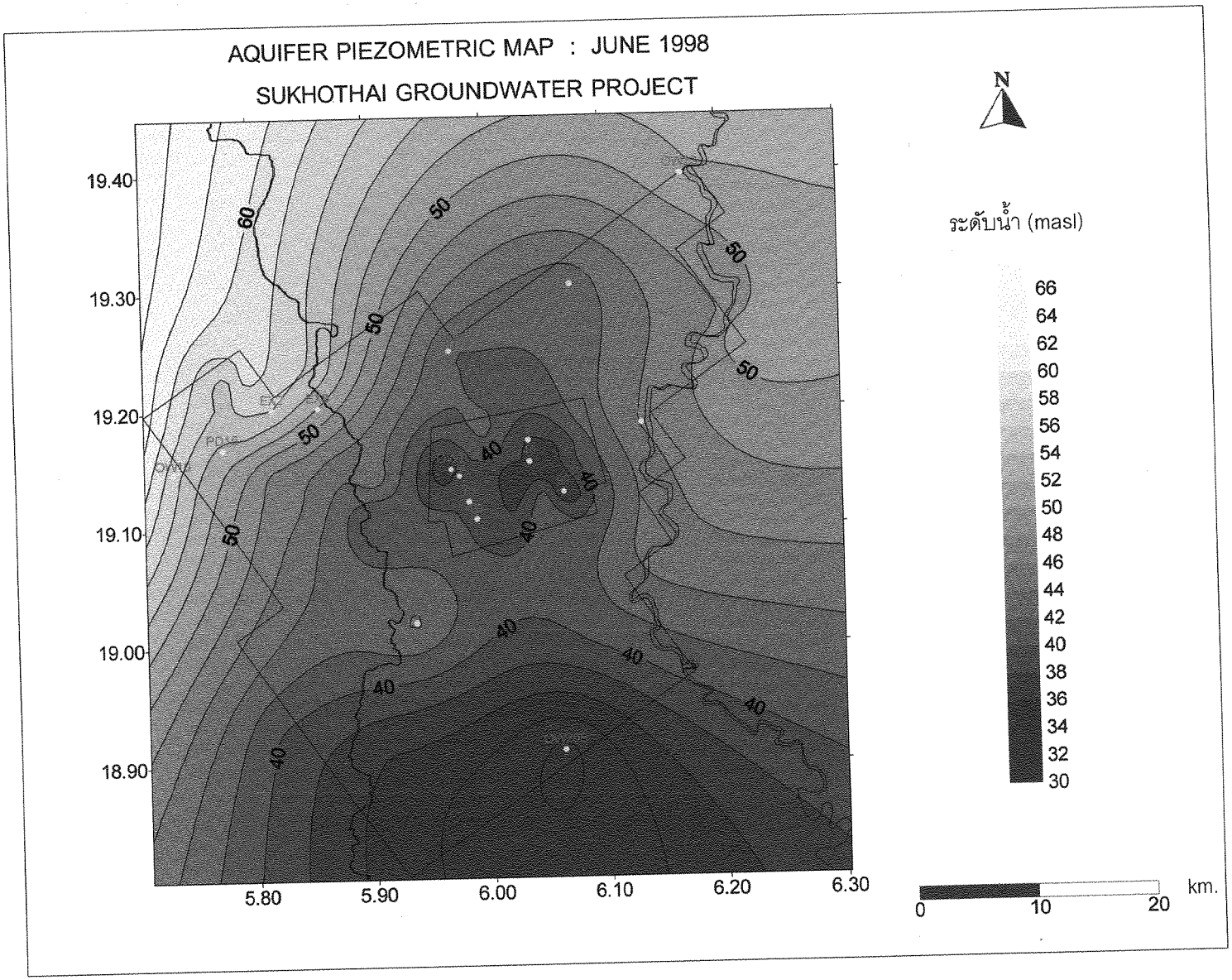
รูปที่ จ.2 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 1991



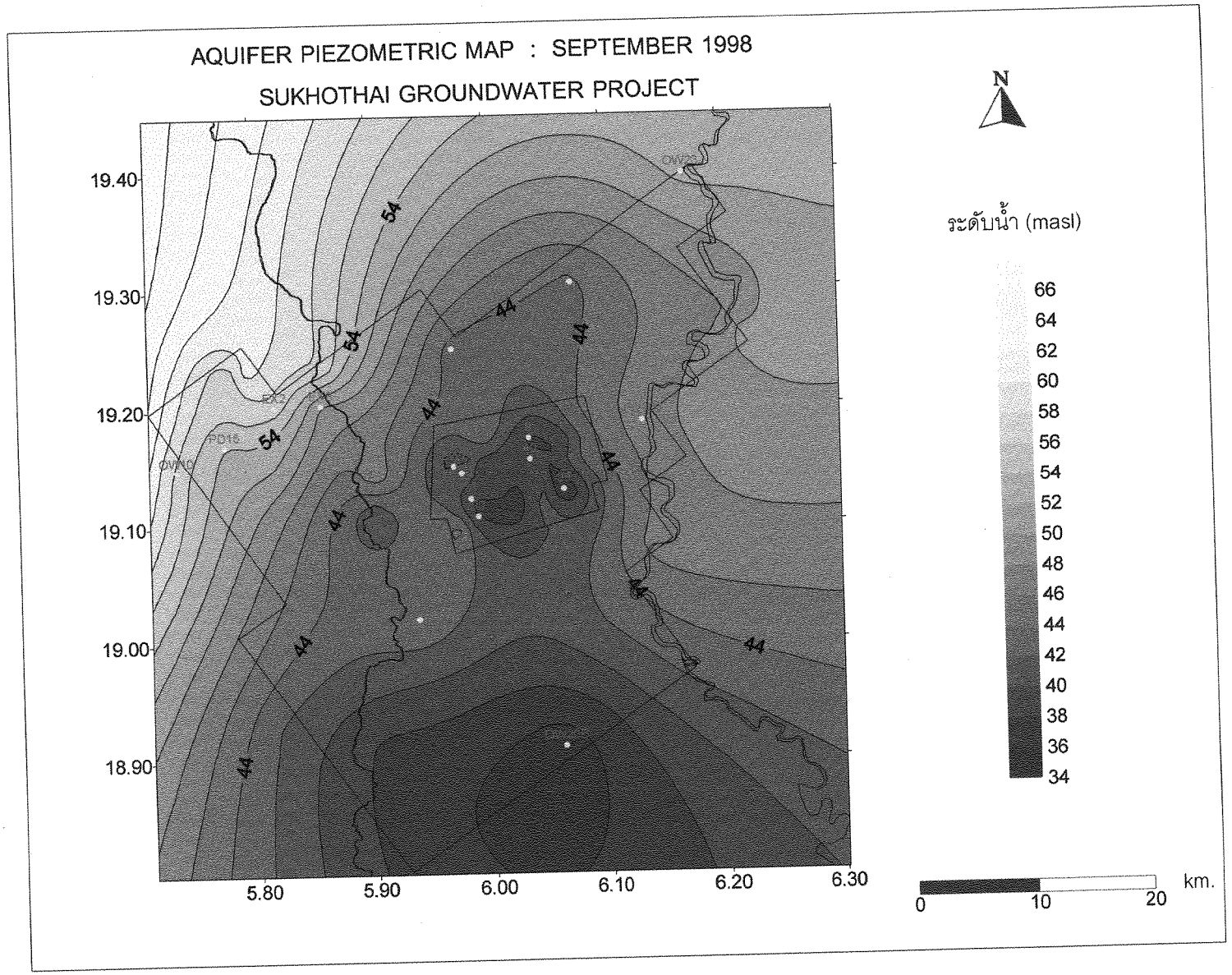
รูปที่ จ.3 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนกันยายน ปี ค.ศ. 1991



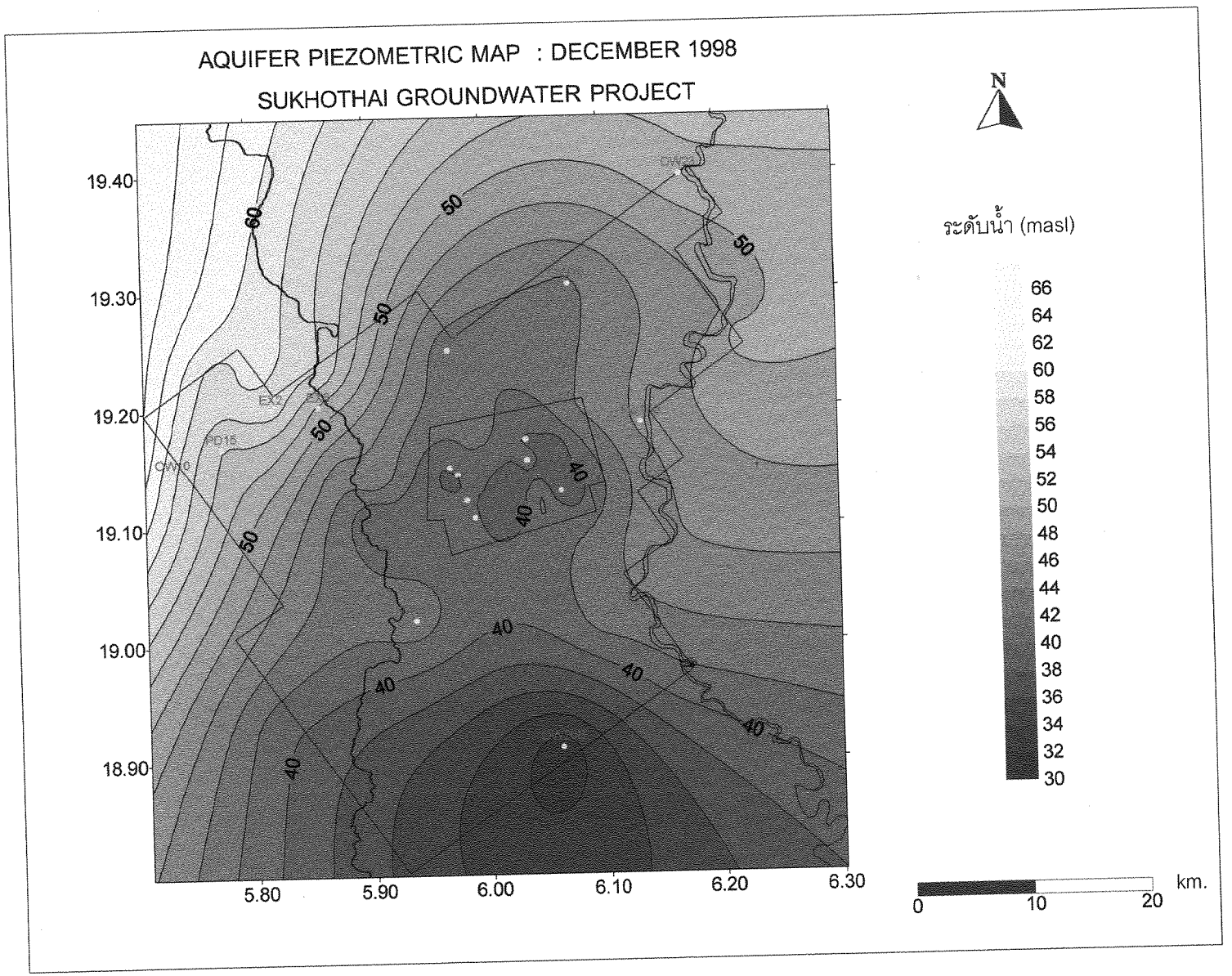
รูปที่ จ.4 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1991



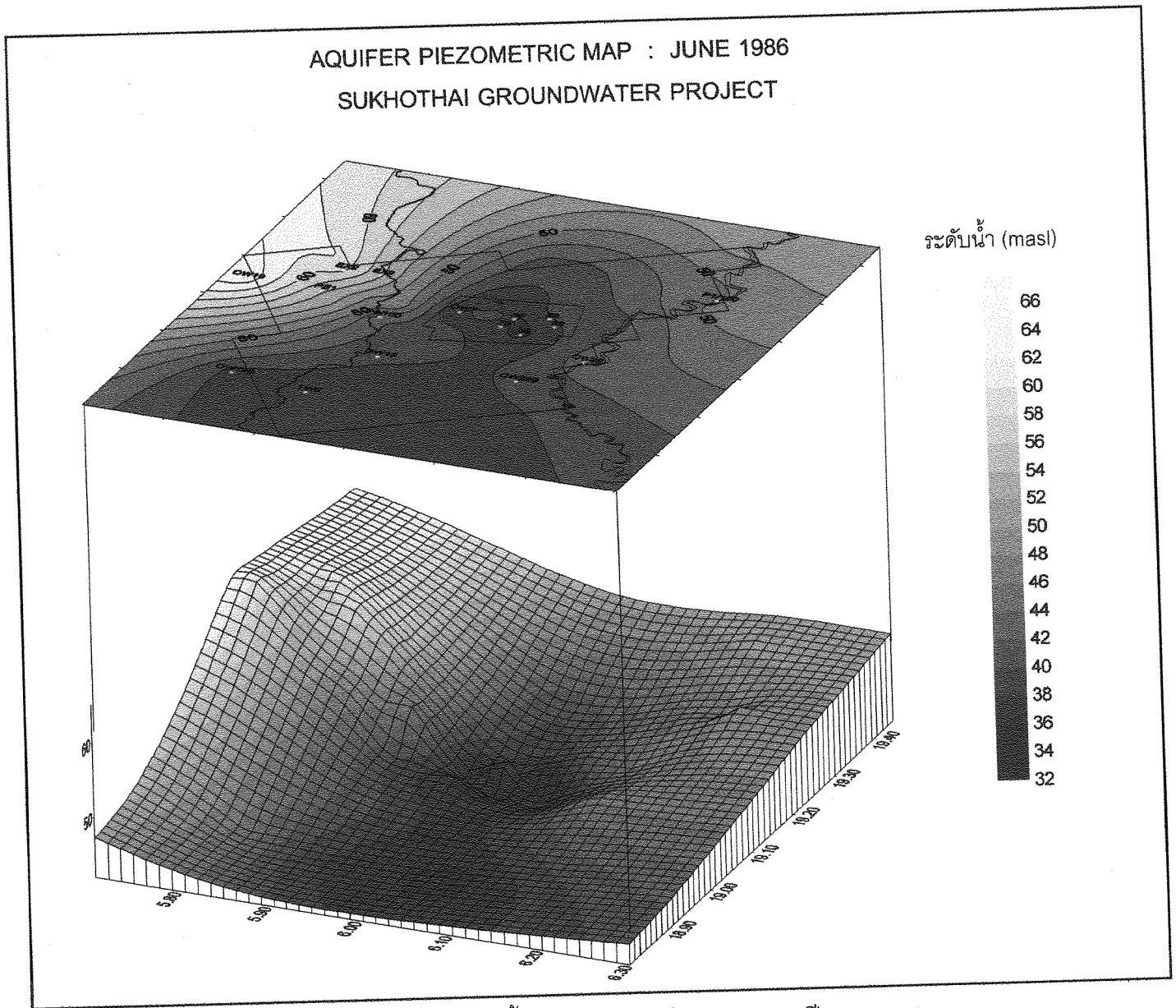
รูปที่ จ.5 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 1998



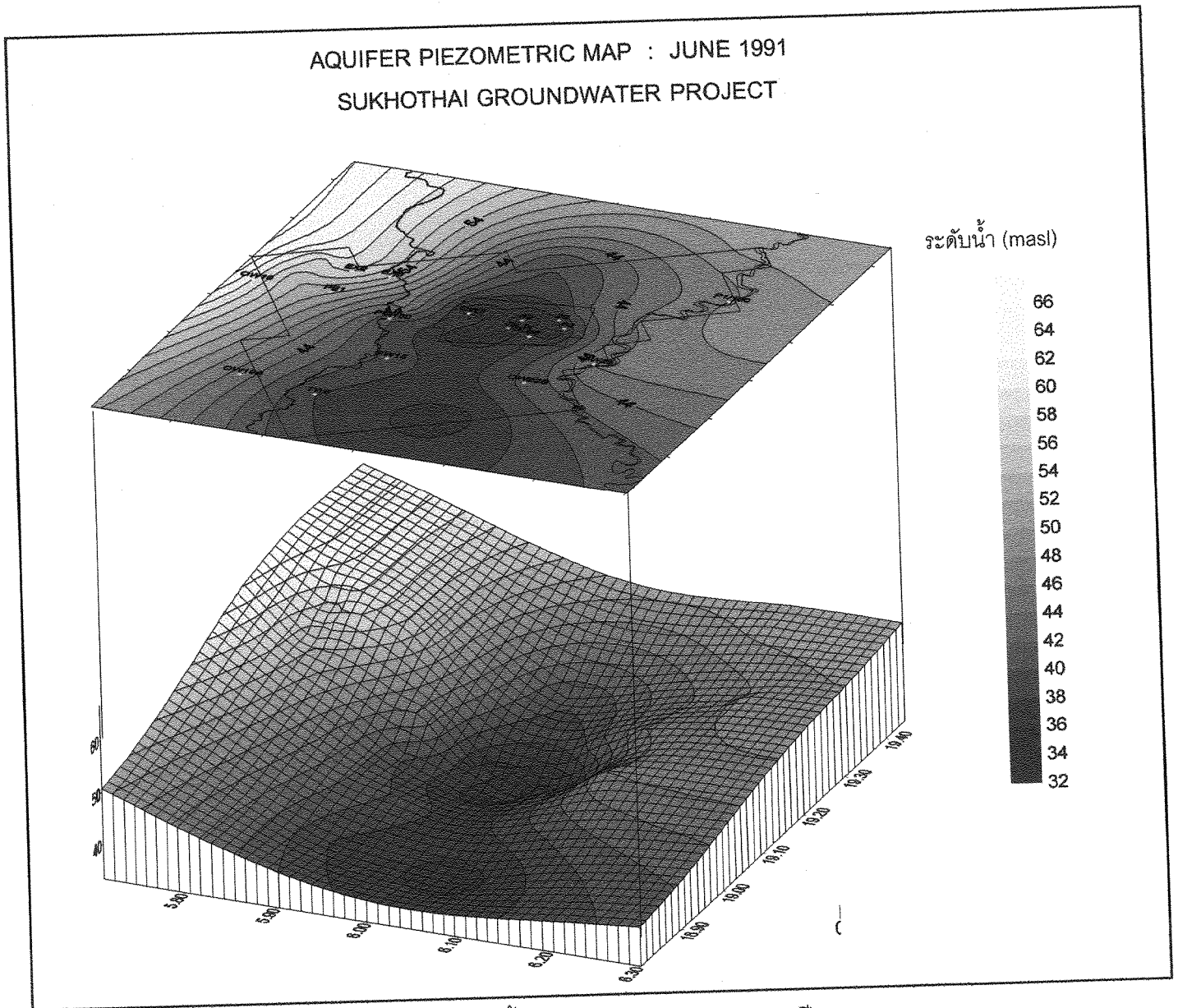
รูปที่ จ.6 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนกันยายน ปี ค.ศ. 1998



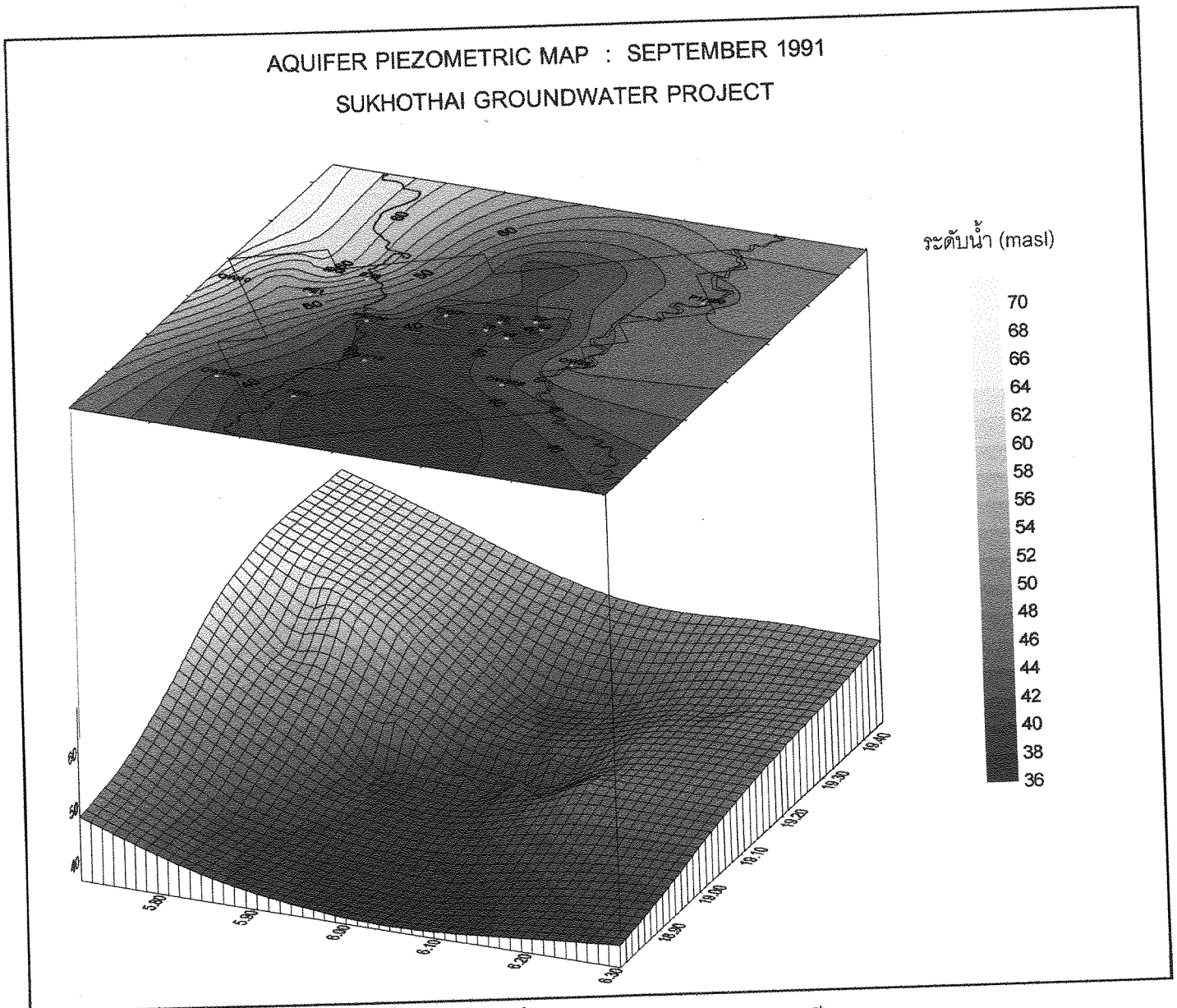
รูปที่ จ.7 แผนที่ 2 มิติแสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1998



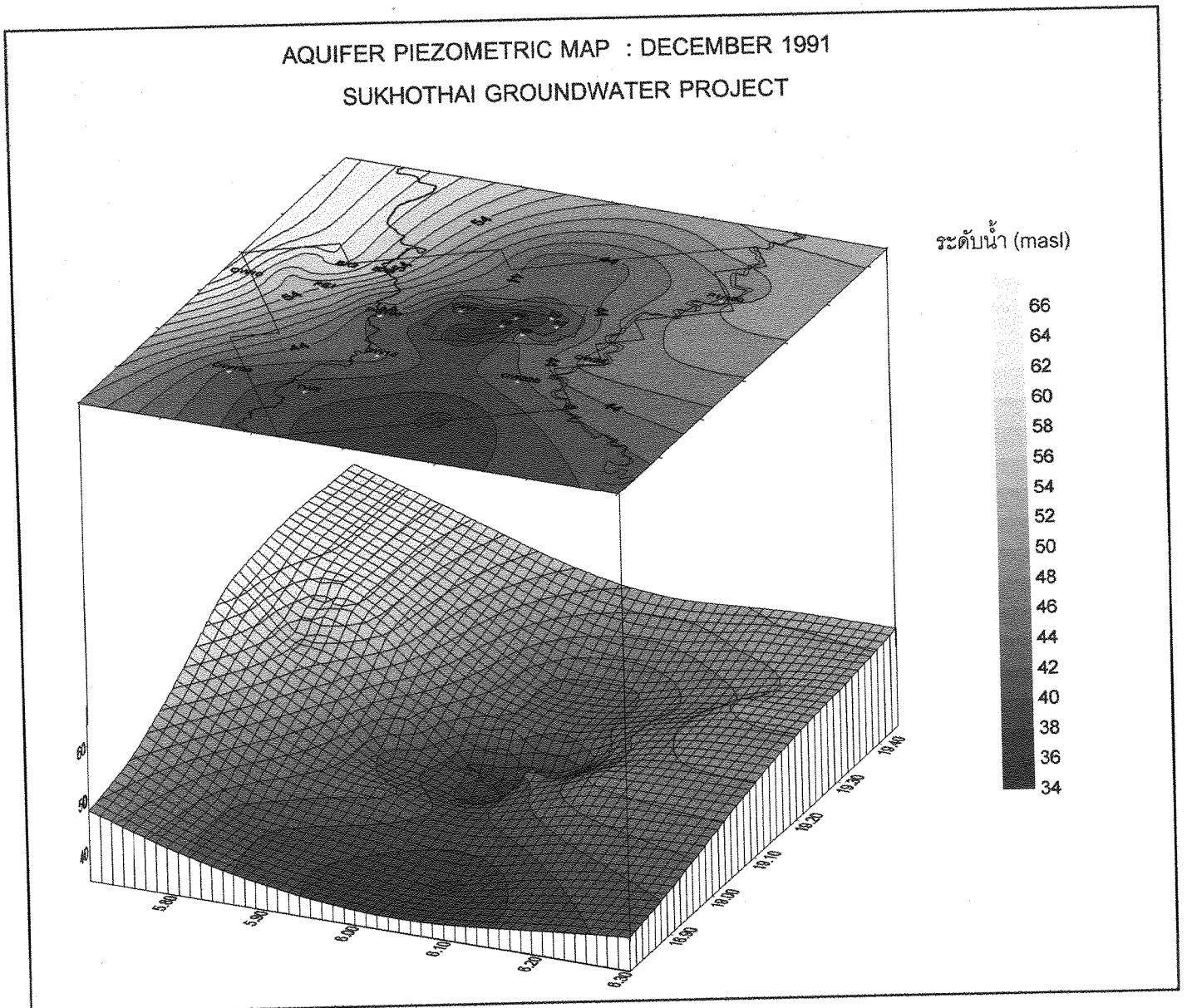
รูปที่ จ.8 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือน มิถุนายน ปี ค.ศ. 1986



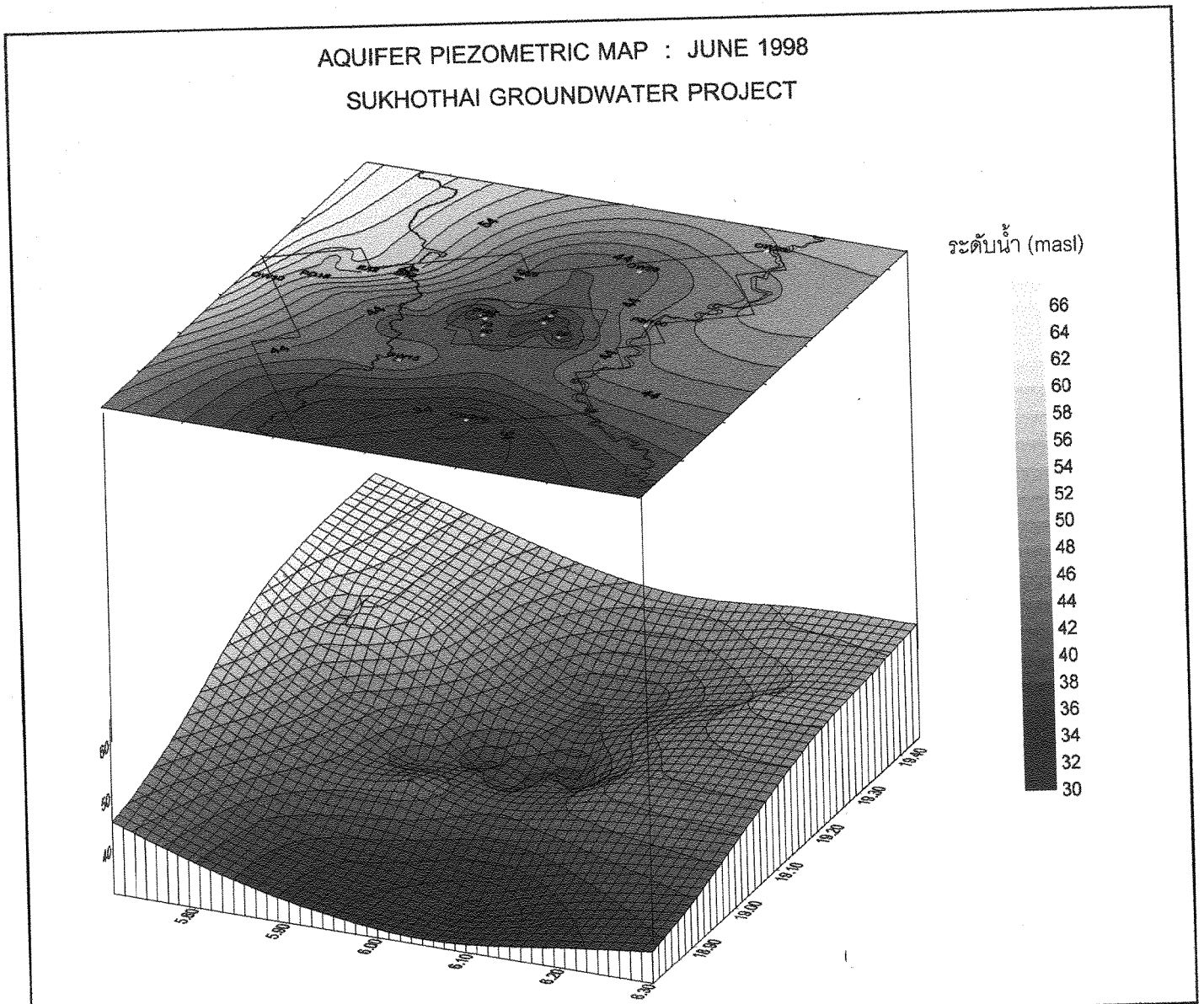
รูปที่ จ.9 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 1991



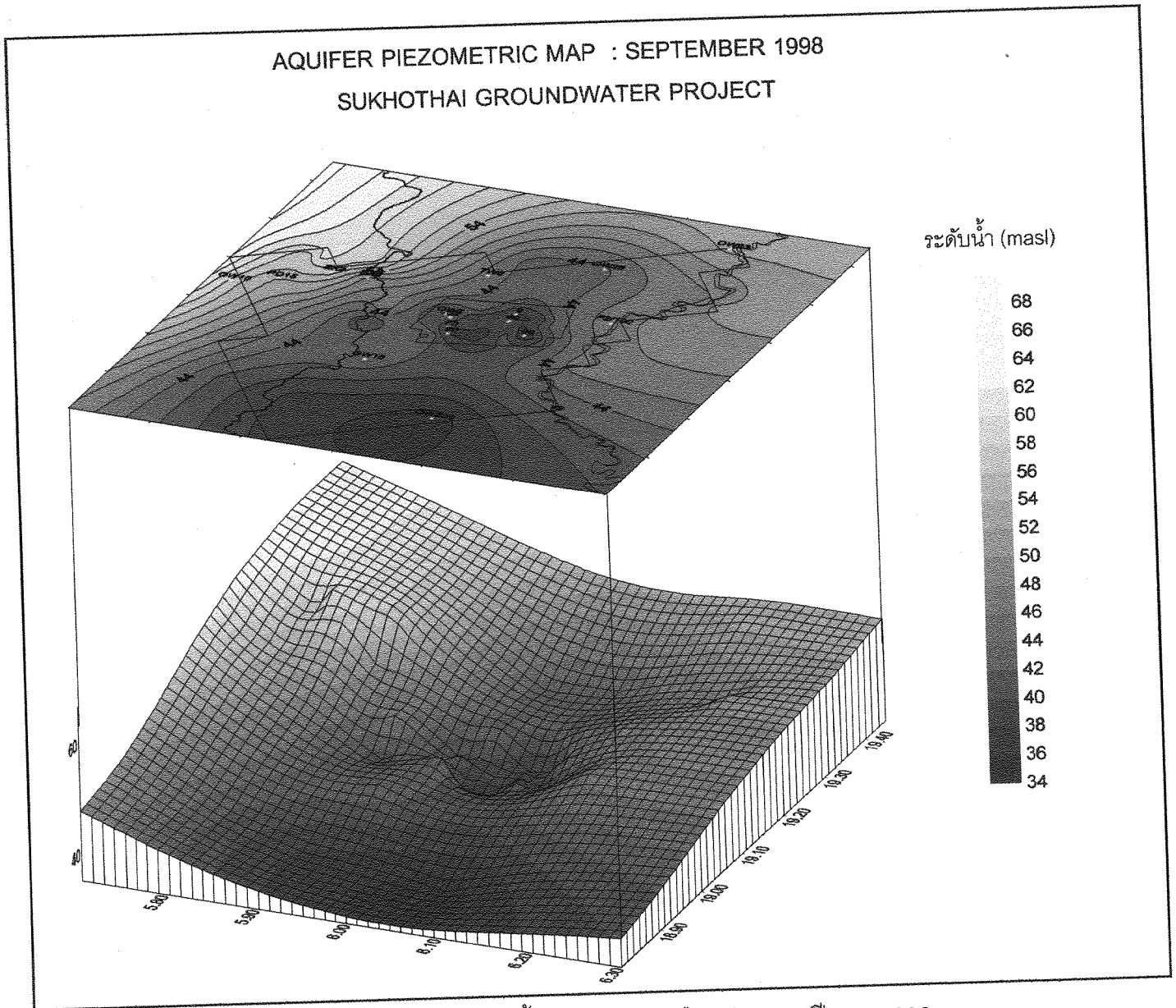
รูปที่ จ.10 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนกันยายน ปี ค.ศ. 1991



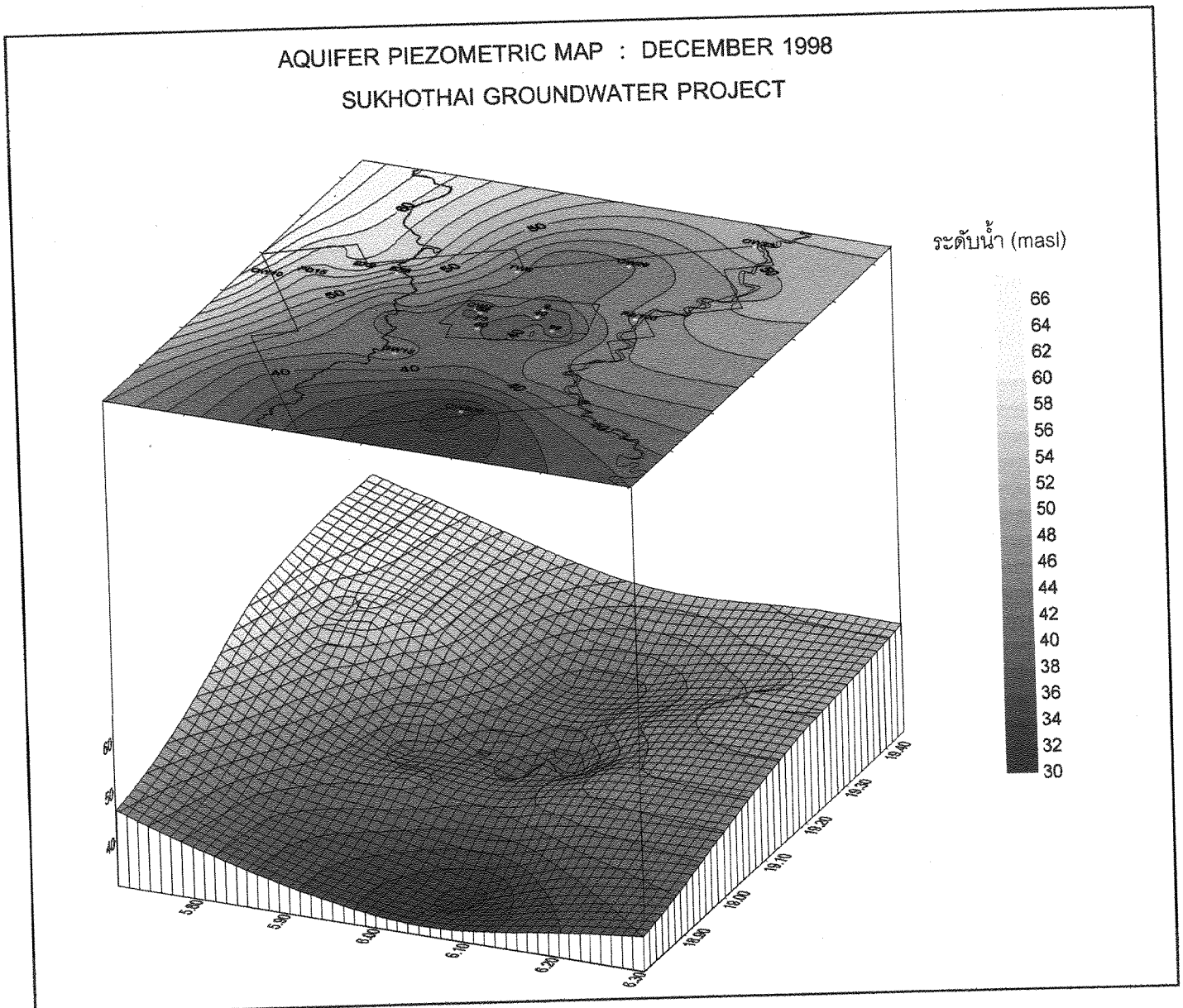
รูปที่ จ.11 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1991



รูปที่ จ.12 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 1998



รูปที่ จ.13 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนกันยายน ปี ค.ศ. 1998



รูปที่ จ.14 แผนที่ 3 มิติ แสดงระดับน้ำจริง โครงการน้ำใต้ดินสุโขทัย เดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1998