บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

การศึกษาการแพร่กระจายของสารหนูในน้ำใต้ดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในครั้งนี้ประกอบด้วยการจัดเตรียมข้อมูลพื้นที่ศึกษาสำหรับใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การจัดเตรียมข้อมูลภาคสนามและข้อมูลจากห้องปฏิบัติการ การศึกษาลักษณะการไหลของน้ำใต้ดิน และการแพร่กระจายของสารหนูโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.1.1 ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ตำบลร่อนพิบูลย์ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงทางทิศตะวันตกวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีความสูงตั้งแต่ 100 ถึง 1,000 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง และพื้นที่ทางทิศตะวันออกเป็นที่ราบเชิงเขา ที่ราบระหว่างหุบเขา ที่ราบสลับเนิน ที่ราบลุ่มน้ำเพื่อการเกษตร และที่อยู่อาศัยมีความสูง 20 ถึง 60 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง มีชั้นน้ำใต้ดินที่สำคัญสองชั้น คือ ชั้นน้ำใต้ดินระดับตื้นมีความลึกน้อยกว่า 10 เมตร ประกอบด้วยกรวด ทราย และดินเหนียวของที่ราบตะกอนน้ำพา มีอัตราการให้น้ำ 240 ถึง 1200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และ ชั้นน้ำใต้ดินระดับลึกอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำที่แตกต่างกัน ได้แก่ ชั้นหินปูนอุ้มน้ำ ชั้นหินอุ้มน้ำชุดราชบุรี ชั้นหินอุ้มน้ำชุดโคราช ชั้นหินแปรอุ้มน้ำ และชั้นหินอัคนีอุ้ม ส่วนใหญ่ใช้น้ำจากชั้นหินปูนชุดทุ่งสงสีเทาแก่มีเนื้อดินปน มีอัตราการให้น้ำ 240 ถึง 480 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่ความลึกประมาณ 30 เมตร คุณภาพน้ำดีแต่มีความกระด้างสูงและน้ำใต้ดินทั้งสองชั้นไม่มีความสัมพันธ์กัน เพราะถูกกั้นด้วยชั้นดินเหนียวที่มีความหนามาก ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของพื้นที่ 2116 มิลลิเมตรต่อปี มีการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินอยู่ระหว่าง ร้อยละ 3 ถึง 14 ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะไหลจากเชิงเขาลงมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้แล้วไหลวกขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

6.1.2 ข้อมูลภาคสนามและข้อมูลจากห้องปฏิบัติการ

ระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา อยู่ในช่วง 14 ถึง 21 เมตรเหนือระดับะเลปานกลาง และมีความสัมพันธ์โดยเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับน้ำฝน ส่วนปริมาณสารหนูทั้งหมดในน้ำ

สามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มที่มีสารหนู น้อยกว่า 50 ไมโครกรัมต่อลิตร กับกลุ่มที่มีสารหนูมากกว่า 50 ไมโครกรัมต่อลิตร โดย ค่าที่วิเคราะห์ได้น้อยสุดคือ ไม่พบสารหนู และมากสุดคือ 4699 ไมโครกรัมต่อลิตร

ดินในพื้นที่ ส่วนใหญ่เป็นทรายแป้งและทราย มีสารอินทรีย์ในดินอยู่ในช่วงร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 5 ของน้ำหนักดิน

6.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำลองการไหลของน้ำใต้ดินและจำลองการแพร่กระจายของสารหนู โดยใช้ข้อมูลที่กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยแบ่งการจำลองเป็น 5 ขั้นตอน กล่าวคือ การจำลองการไหลในสภาวะคงที่ การจำลองการไหลในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา การจำลองการแพร่กระจายของสารหนูในสภาวะคงที่ การจำลองการแพร่กระจายของสารหนูในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา และการจำลองการแพร่กระจายของสารหนูในกรณีที่มีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากสภาพปัจจุบัน โดยใช้บ่อสังเกตการณ์ จำนวน 25 บ่อ เป็นระดับอ้างอิงเพื่อทำการปรับเทียบค่าที่ได้จากการจำลอง

การจำลองการไหลในสภาวะคงที่เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของแบบจำลอง พบว่าน้ำใต้ดินมีการไหลที่สอดคล้องกับการไหลในแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ กล่าวคือทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน โดยทั่วไปจะไหลจากพื้นที่เติมน้ำทางทิศตะวันตกบริเวนที่เป็นที่ราบเชิงเขาร่อนนา-สรวงจันทร์ ผ่านชุมชนร่อนพิบูลย์ บริเวณหมู่ที่12 ลงมาทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ผ่านพื้นที่ศึกษาในหมู่ที่ 13 แล้ววงอ้อมขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือด้วยความเร็วเฉลี่ย ประมาณ 0.9 เมตรต่อวัน โดยมีค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.31 เมตร และมีค่าปรกติของค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 4.93 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ น้ำที่ไหลเข้าสู่แบบจำลองมาจากการไหลเข้าจากนอกระบบโดยผ่านทางขอบเขตระดับน้ำคงที่และการเติมน้ำจากน้ำฝน ส่วนน้ำไหลออกไปนอกระบบผ่านขอบเขตระดับน้ำคงที่

การจำลองการไหลในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา เพื่อจำลองสภาพการไหลในปัจจุบัน (พฤษภาคม 2545-ธันวาคม 2545) พบว่าระดับน้ำในเดือนพฤษภาคม 2545 มีค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.156 เมตร และมีค่าปรกติของค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 2.94 และระดับน้ำในเดือนธันวาคม 2545 มีค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.182 เมตร และมีค่าปรกติของค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 3.32 โดย น้ำที่เข้าระบบส่วนใหญ่มาจากการเติมน้ำจากน้ำฝน 8.37 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

จากปริมาณการเติมน้ำทั้งหมด 18 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และน้ำที่ออกจากระบบส่วนใหญ่คือน้ำที่ไหลออกผ่านทางขอบเขตระดับน้ำคงที่ 12.95 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จากปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมด 18 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีเช่นกัน

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง พบว่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุดคือ การเติมน้ำอันเนื่องมาจากน้ำฝน รองลงมาคือค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านได้

การจำลองการแพร่กระจายของสารหนูในสภาวะคงที่ เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของแบบจำลองพบว่าค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนของปริมาณสารหนูมีค่าเท่ากับ 62.74 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าปรกติของค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อน มีค่าร้อยละ 2.81 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ

การจำลองการแพร่กระจายของสารหนูในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเพื่อจำลองสภาพการแพร่กระจายของสารหนูในสภาวะปัจจุบัน (พฤษภาคม 2545-ธันวาคม 2545) พบว่า ค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนของปริมาณสารหนูและค่าปรกติของค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในเดือนพฤษภาคม ตัวแทนของฤดูร้อนมีค่า 86.49 ไมโครกรัมต่อลิตร และร้อยละ 3.14 ตามลำดับ ส่วนในเดือนธันวาคมซึ่งถือเป็นตัวแทนของฤดูฝนมีค่า 157.89 ไมโครกรัมต่อลิตร และร้อยละ 5.35 ซึ่งทั้งสองช่วงเวลามีค่าปรกติของค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนของระดับสารหนู ไม่เกิน 7% แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองนี้มีความน่าเชื่อถือ

ลักษณะการแพร่กระจายของสารหนูในปัจจุบัน พบว่าปริมาณสารหนูจะค่อยๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากการไหลของน้ำ และเกิดการแพร่กระจายได้น้อยมาก สภาวะปัจจุบันไม่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของสารหนูที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองการแพร่กระจายของสารหนู พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย จะมีผลต่อแบบจำลองมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ

การจำลองการแพร่กระจายของสารหนู ในกรณีที่มีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากสภาพปัจจุบัน พบว่าสารหนูจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง มีการแพร่กระจายไปในทิศทางเดียวกับการไหลของน้ำใต้ดิน โดยแพร่กระจายไปยังพื้นที่ที่อยู่ท้ายน้ำ ซึ่งจะเห็นผลในช่วงเวลาตั้งแต่ 5 ปี ขึ้นไปจนถึง 20 ข้างหน้า ดังนั้นการเพิ่มปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่นี้ สามารถทำให้เกิดพื้นที่ปนเปื้อนสารหนูเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ

6.2 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีข้อจำกัดในหลายๆ ด้าน เนื่องจาก งบประมาณที่ใช้ในการศึกษา ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา ธรณีเคมีวิทยา อุทกวิทยาและอุทกธรณีวิทยาต่างๆ ยังมีจำกัด ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองจึงมีเพียงระดับหนึ่งตามข้อจำกัดของข้อมูล และยังอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน การเพิ่มความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสามารถทำได้โดยการทำการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมทั้งในด้านปริมาณและความละเอียด ดังข้อเสนอแนะต่อไปนี้

1) ในการเก็บตัวอย่างน้ำ ควรจะต้องมีการสูบน้ำออกจากบ่อก่อน แล้วรอให้ระดับคืนกลับ จึงเก็บตัวอย่างน้ำ

2) ควรมีการศึกษาทางด้านธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาอย่างละเอียด เพื่อความชัดเจนในการทำแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ ในเรื่องของขอบเขตของแบบจำลอง

3) ควรมีการศึกษาข้อมูลทางชลศาสตร์เพิ่มเติม เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของชั้นดินในพื้นที่ศึกษา สัมประสิทธิ์การกักเก็บ รวมถึงข้อมูลการเพิ่มเติมน้ำฝน อัตราการคายระเหยและข้อมูลน้ำท่า ให้ละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อนำมาปรับปรุงความถูกต้องของแบบจำลอง เนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลอง

4) จากผลการทดสอบความอ่อนไหวของแบบจำลอง ในกรณีการจำลองการแพร่กระจายของสารหนู พบว่าควรมีการศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ค่าคงที่ของการดูดซับสารหนูของดินให้ละเอียดขึ้น เพื่อความแม่นยำการจำลองการแพร่กระจายของสารหนู

5) ควรมีการนำแบบจำลองนี้ไปทำการตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง ด้วยข้อมูลชุดใหม่ เนื่องจาก ข้อมูลที่ได้ทำการเก็บบันทึกมา ได้ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองทั้งหมด

6) เนื่องจากมีข้อมูลระดับน้ำและข้อมูลปริมาณสารหนูมีเฉพาะในปีพ.ศ. 2545 ดังนั้นการจำลองการแพร่กระจายของสารหนูในอนาคตเป็นระยะเวลานานๆ จะให้ค่าที่ไม่น่าเชื่อถือมากนัก ดังนั้นจึงควรมีการเก็บข้อมูลระดับน้ำและเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ปริมาณสารหนู อย่างมีระบบและต่อเนื่อง เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น

6.1 สรุป 121
6.1.1 ข้อมูลพื้นที่ศึกษา 121
6.1.2 ข้อมูลภาคสนามและข้อมูลจากห้องปฏิบัติการ 121
6.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 122
6.2 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย 124