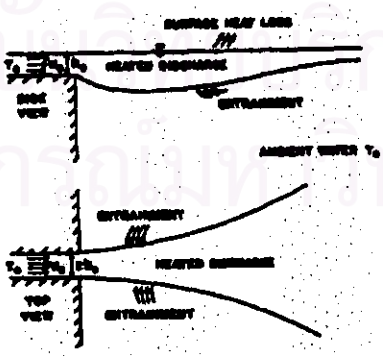
บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีของการปล่อยน้ำร้อนลงสู่กระแสน้ำ ได้มีผู้ที่เคยทำการศึกษาเอาไว้ทั้งในส่วนที่เป็นการศึกษาโดยทำการทดลองและการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

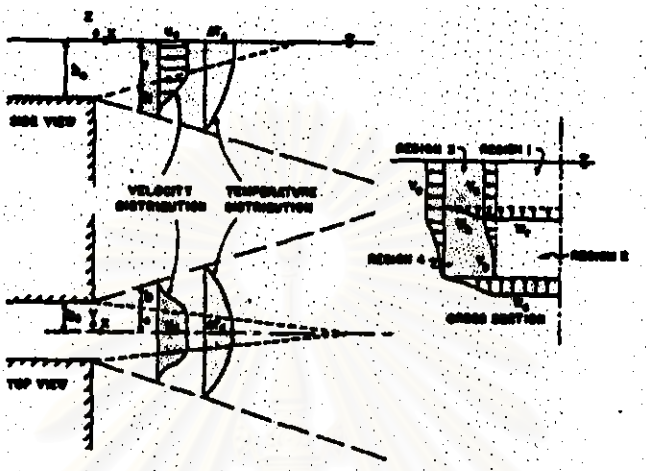
Carter, H.H. [1] ได้ทำการทดลองวัดผลการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในกรณีของการปล่อยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงลงสู่รางน้ำพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมมุมฉาก เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนของความเร็วในการปล่อยน้ำอุณหภูมิสูงกับความเร็วของน้ำที่ไหลอยู่ในรางน้ำต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิ โดยที่มีหนึ่งการทดลองที่ทำการศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีที่มีอิทธิพลของผนังไกลของรางน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย นอกจากนี้ยังได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายวิถีการเคลื่อนที่ของเจ็ตน้ำอุณหภูมิสูงเฉพาะในช่วงแรกที่น้ำอุณหภูมิสูงสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในกระแสน้ำโดยที่ยังคงรักษาสภาพของลำน้ำเอาไว้ได้ ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้จะอาศัยข้อมูลอัตราการลดลงของอุณหภูมิของลำน้ำร้อนที่ได้จากการทดลองข้างต้น

K.D. Stolzenbach และ D.R.F. Harleman [2] พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบ 3 มิติ เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ของการปล่อยน้ำอุณหภูมิสูงลงสู่รางน้ำที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยลักษณะของการปล่อยจะกระทำที่บริเวณผิวน้ำดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะของการปล่อยน้ำอุณหภูมิสูงที่ศึกษาโดย K.D. Stolzenbach และ D.R.F. Harleman [2]

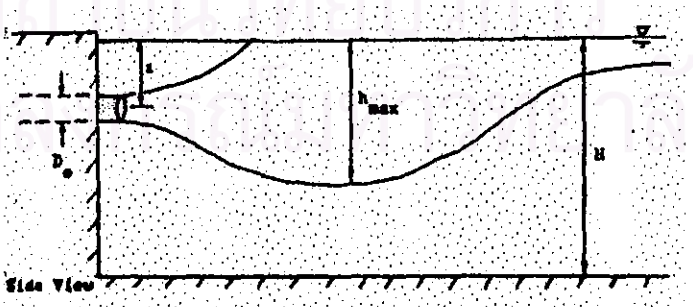
สมการที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะประกอบด้วย สมการอนุรักษ์มวล สมการอนุรักษ์โมเมนตัม และสมการอนุรักษ์พลังงาน ในการแก้สมการทั้ง 3 จะทำการอินทิเกรทสมการทั้ง 3 โดยมีการกำหนดโพรไฟล์ของความเร็วและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.2



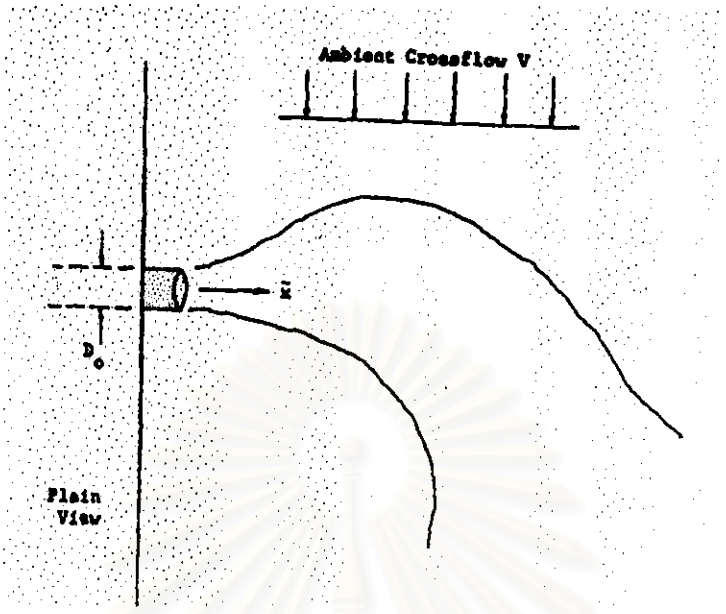
รูปที่ 2.2 ลักษณะการกำหนดโพรไฟล์ของความเร็วและอุณหภูมิที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ [2]

ผลลัพธ์ที่ได้จากสมการจะแสดงให้เห็นลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น อัตราการลดลงของอุณหภูมิ และวิถีการไหลของเจ็ตน้ำอุณหภูมิสูง ซึ่งให้ค่าที่ใกล้เคียงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง

Koester [3]ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการปล่อยน้ำอุณหภูมิสูงจากท่อปล่อยทรงกระบอกที่อยู่ในตำแหน่งต่ำกว่าระดับของผิวน้ำลงสู่อ่างน้ำ (basin) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4



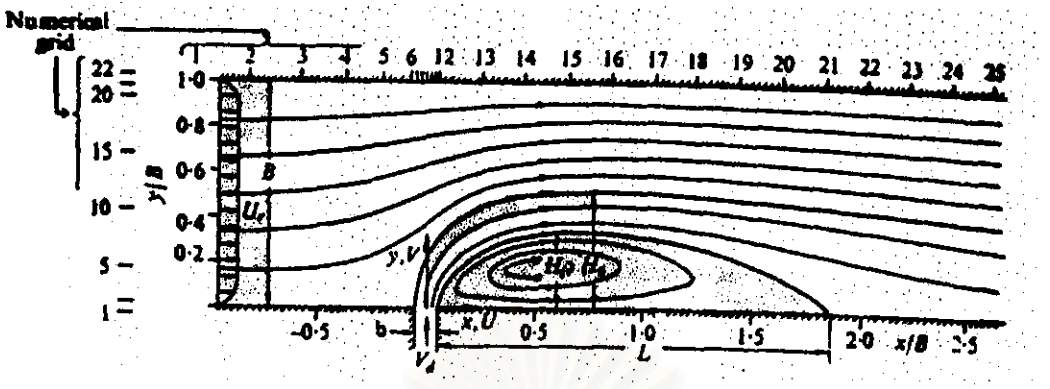
รูปที่ 2.3 ลักษณะของการกระจายตัวของอุณหภูมิจากการปล่อยน้ำอุณหภูมิเมื่อมองทางด้านข้าง [3]



รูปที่ 2.4 ลักษณะของการกระจายตัวของอุณหภูมิจากการปล่อยน้ำอุณหภูมิสูงเมื่อมองทางด้านบน [3]

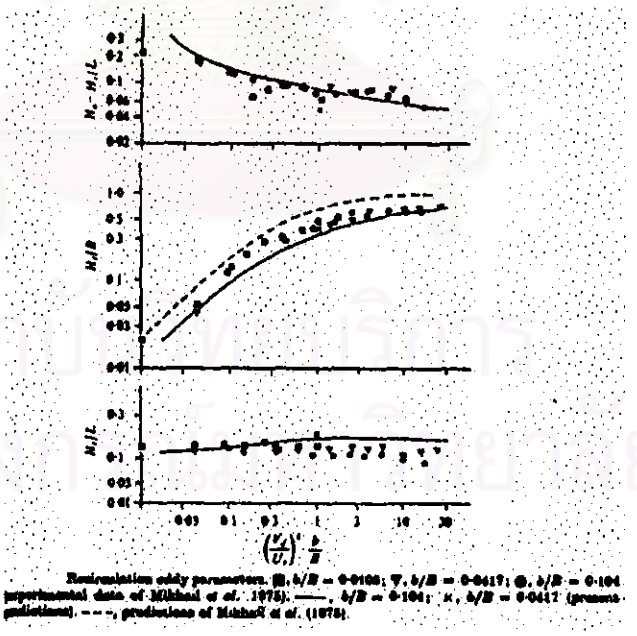
ในการศึกษาจะเน้นในบริเวณที่อยู่ใกล้กับจุดปล่อยน้ำอุณหภูมิสูง (near-field) โดยทำการพิจารณาทั้งในกรณีที่น้ำในอ่างน้ำไม่มีการเคลื่อนที่และมีการเคลื่อนที่ ซึ่งในกรณีที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำในอ่างน้ำจะทำการศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนความลึกของน้ำกับขนาดท่อ (H/D_o) อัตราส่วนความเร็วของน้ำอุณหภูมิสูงที่ปล่อยกับความเร็วของน้ำในอ่างน้ำ และอัตราส่วนของตำแหน่งของท่อใต้ผิวน้ำกับความลึกของน้ำ (z/H) จากการศึกษาพบว่าเมื่อทำการเพิ่มอัตราส่วนความเร็วของน้ำอุณหภูมิสูงที่ปล่อยกับความเร็วของน้ำในอ่างน้ำจะทำให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่อิทธิพลของอัตราส่วนของตำแหน่งของท่อใต้ผิวน้ำกับความลึกของน้ำจะไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการลดลงของอุณหภูมิมากนักเมื่อเทียบกับอิทธิพลที่ได้จากอัตราส่วนความลึกของน้ำกับขนาดท่อ

J.J. McGuirk และ W. Rodi [4] ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบความลึกเฉลี่ย (depth-average) ในสภาวะคงตัว (steady state) แบบ 2 มิติ โดยอาศัยแบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วน $k-\varepsilon$ ในกรณีที่ระบบมีการไหลแบบปั่นป่วน เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าการกระจายตัวของอุณหภูมิและความเร็วที่เกิดขึ้นในบริเวณใกล้กับจุดปล่อยน้ำร้อนที่อยู่ทางด้านข้างของทางน้ำเปิด (open-channel) พื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ดังมีลักษณะในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะของการปล่อยน้ำอุณหภูมิสูงทางด้านข้างของทางน้ำเปิดในลักษณะ 2 มิติ ที่ศึกษาโดย J.J. McGuirk และ W. Rodi [4]

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้จะเน้นความสามารถในการทำนายลักษณะบริเวณของการหมุนวน(recircular zone) ที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปล่อยน้ำจากทางด้านข้างลงสู่ทางน้ำเปิด ซึ่งผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองจะให้แนวโน้มที่ใกล้เคียงกันดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการทดลอง [4]

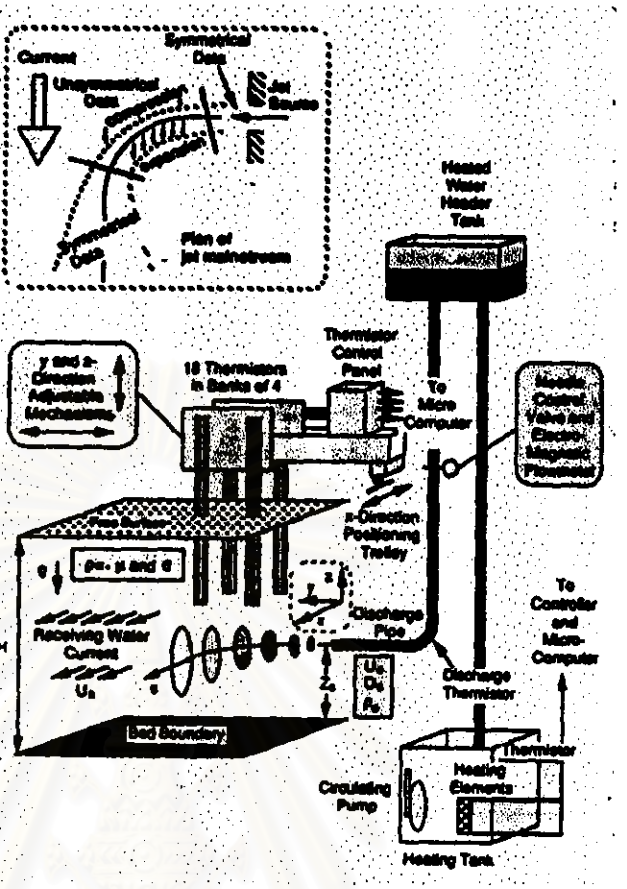
นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบวิถีการเคลื่อนที่ของเจ็ตน้ำอุณหภูมิสูง อัตราการลดลงของอุณหภูมิ และเส้นอุณหภูมิคงที่ (isothermal line) ที่เกิดขึ้นกับผลการทดลอง ซึ่งจากการที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่ได้คิดอิทธิพลของแรงลอยตัวที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำทำให้ผลการเปรียบเทียบมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นบ้างในบริเวณที่มีอิทธิพลของแรงลอยตัว

Shih-Huang Chieh [5] ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบ 2 มิติ เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในกรณีของการปล่อยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงลงสู่แหล่งน้ำในบริเวณชายฝั่ง โดยหลักการของเทคนิคไฟไนต์ดิฟเฟอร์เรนท์ (finite difference) ในการคำนวณ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการทำนายผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงได้มีการนำไปใช้ในการศึกษาการปล่อยน้ำหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าในบริเวณชายฝั่งทะเลแดงโดยคำนวณผลลัพธ์ผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ VAX-11/730 จากการศึกษาพบว่าผลลัพธ์ที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สามารถใช้ในการประมาณลักษณะการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะในกรณีที่ไม่ต้องการทำการสำรวจจริง

A.J. Johnson, N. Nguyen, และ R.E. Volker [6] ทำการทดลองเพื่อสังเกตการผสมกันเมื่อทำการปล่อยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจากท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมลงในแหล่งน้ำตื้น (shallow) ที่น้ำภายในมีการเคลื่อนที่ซึ่งมีขนาดกว้าง 10 เมตร ยาว 3.5 เมตร และสูง 0.35 เมตร โดยการปล่อยน้ำจะปล่อยในลักษณะขนานกับผิวน้ำ (horizontal) และท่อที่ใช้ในการปล่อยจะอยู่ต่ำกว่าระดับของผิวน้ำลงไป ดังแสดงลักษณะของชุดการทดลองที่ใช้ได้ในรูปที่ 2.7

ผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าลักษณะการผสมที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกับการผสมในกรณีที่เกิดในแหล่งน้ำที่มีความลึกอันเป็นผลมาจากอิทธิพลของก้นแหล่งน้ำที่มีต่อการเคลื่อนที่ของน้ำอุณหภูมิสูง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 ลักษณะของชุดการทดลองที่ใช้ในการศึกษาของ A.J. Johnson, N. Nguyen, และ R.E. Volker [6]

I. Ozturk, H.Z. Sarikaya, A.F. Aydin และ I. Demir [7] ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ชื่อ THERMOD คำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในแบบ 2 มิติ เพื่อหาการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดจากการปล่อยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงลงในแหล่งน้ำที่มีสภาวะเป็นทะเล โดยสามารถที่จะกำหนดลักษณะของน้ำทะเลได้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น ค่าความเค็มของน้ำทะเล ผลที่ได้จากการคำนวณจะอยู่ในรูปแบบของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบริเวณต่างๆ และอัตราการลดลงของอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังสามารถวาดรูปแสดงลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในบริเวณต่างๆ ได้ แบบจำลองนี้ได้นำไปใช้ในการศึกษาประเมินผลกระทบที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อมจากกรณีการปล่อยน้ำหล่อเย็นจากโรงไฟฟ้าขนาด 500 เมกะวัตต์ ลงในทะเลมามาลา (Marmara sea) ในประเทศตุรกี

จากงานศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีของการปล่อยน้ำร้อนลงสู่กระแสน้ำที่มีผู้เคยทำการศึกษาเอาไว้ข้างต้นพบว่า ในงานที่เป็นการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยส่วนมากจะเป็นลักษณะของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในแบบ 2 มิติ ซึ่งในความเป็นจริงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจะอยู่ในลักษณะของ 3 มิติทำให้ในการศึกษาในรูปแบบ 2 มิติ อาจจะทำให้ไม่สามารถมองเห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ครบในทุกด้าน ด้วยเหตุนี้ในงานศึกษานี้จึงจะทำการศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีของการปล่อยน้ำร้อนลงสู่กระแสน้ำในลักษณะ 3 มิติ ดังจะมีรายละเอียดของการศึกษาในบทต่อๆ ไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย