บทที่ 3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 โรงเรือนสุกร

โรงเรือนที่ดีจะสะดวกในการจัดการฟาร์ม สุกรจะอยู่ภายในคอกอย่างสบาย ขั้นตอนในการสร้างโรงเรือนสุกรมี ดังนี้

3.1.1 สถานที่ก่อสร้างโรงเรือนสุกร ควรเป็นที่ดอนน้ำไม่ท่วมมีที่ระบายน้ำได้ดี ไกลจากที่ชุมชนตลาดและผู้เลี้ยงสุกรรายอื่น

3.1.2สร้างโรงเรือนสุกรตามแนว ตะวันออก-ตะวันตก และระยะห่าง ของแต่ละโรงเรือนประมาณ20-25เมตรเพื่อแยกโรงเรือนออกจากกันเป็นสัดส่วน

3.1.3ลักษณะของหลังคาโรงเรือนสุกรมี5แบบด้วยกันดูตามรูป

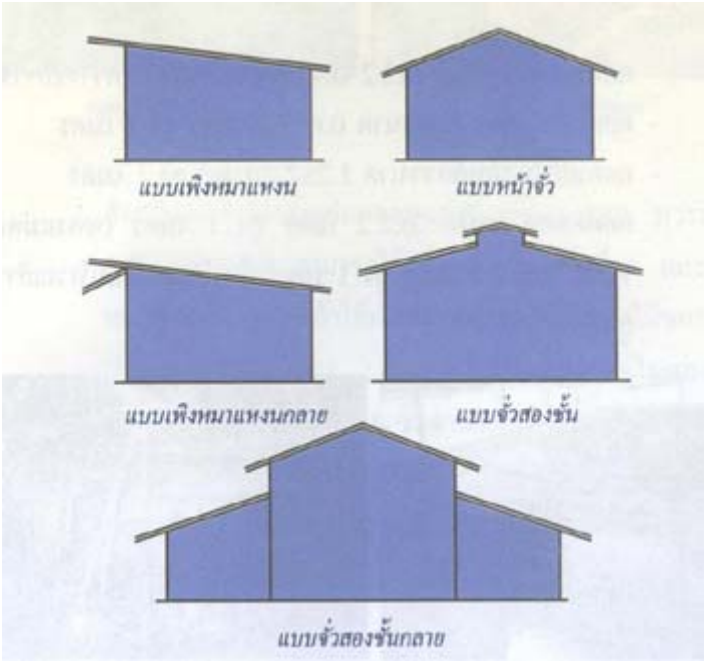
3.1.3.1 แบบเพิงหมาแหงน โรงเรือนแบบนี้สร้างง่าย ราคาก่อสร้างถูก แต่มีข้อเสีย คือ แสงแดดจะส่องมากเกินไปในฤดูร้อน ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูง ในฤดูฝน น้ำฝนสาดเข้าไปในโรงเรือนได้ง่าย ทำให้ภายในโรงเรือนชื้นแฉะ ข้อเสียอีกอย่างหนึ่ง คือหากมุงหลังคาด้วยหญ้าคาแฝก และจาก จะต้องให้มีความลาดเอียงของหลังคา ในระดับลาดชันสูง เพื่อให้น้ำฝนไหลลงง่ายหัวคอกไปท้ายคอกได้สะดวกมิฉะนั้นจะทำให้น้ำฝนรั่วลงในตัวโรงเรือน

3.1.3.2 แบบเพิงหมาแหงนกลาย จะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น กว่าแบบ เพิงหมาแหงน แต่มีข้อดีสามารถใช้บังแดดป้องกันฝนสาดได้ดีขึ้น

3.1.3.3 แบบหน้าจั่ว ราคาก่อสร้างจะสูงกว่าแบบแรก แต่ดีกว่ามาก ในแง่การป้องกันแสงแดดและฝนสาด โรงเรือนแบบนี้ถ้าสร้างสูงจะดี เนื่องจากอากาศภายในโรงเรือน จะเย็นสบาย แต่ถ้าสร้างต่ำหรือเตี้ยเกินไป จะทำให้อากาศภายใน โดยเฉพาะตอนบ่ายร้อนอบอ้าว อากาศจะไม่มีช่องระบายออกด้านบนของหลังคา

3.1.3.4 แบบจั่วสองชั้น เป็นแบบที่นิยมสร้างกันทั่วไป มีความปลอดภัย จาก แสงแดด และฝนมาก อากาศภายในโรงเรือน มีการระบายถ่ายเทได้ดี แต่ราคาค่าก่อสร้าง จะสูงกว่าสามแบบแรก แต่ ก็นับว่าคุ้มค่าข้อแนะนำก็คือ ตรงจั่วบนสุดควรมีปีกหลังควรยาวลงมาพอสมควรทั้งนี้เพื่อป้องกันฝนสาดเข้าในช่องจั่วในกรณีที่ ฝนตกแรงทำให้คอกภายในชื้น โดยเฉพาะลูกสุกรจะเจ็บป่วย

3.1.3.5 แบบจั่วสองชั้นกลาง มีคุณสมบัติคล้าย ๆ กับจั่วสองชั้น หลังคาโรงเรือนแบบนี้เพื่อต้องการขยายเนื้อที่ในโรงเรือนให้กว้างขึ้น และดีในแง่ป้องกันฝนสาด



รูปที่ 3.1 ลักษณะโรงเรือนแบบต่างๆ

3.1.4 วัสดุที่ใช้มุงหลังคา ขึ้นอยู่กับงบการลงทุน วัสดุที่ใช้ เช่น กระเบื้อง อะลูมิเนียม สังกะสีแฝกและจากเป็นต้น

3.1.5 ความสูงและความกว้างของโรงเรือน ถ้าโรงเรือนสูงและกว้าง จะมีส่วนช่วยให้ภายในโรงเรือนเย็นสบาย ถ้าเลี้ยงสุกรขุน มักจะสร้างคอกเป็น 2 แถว มีทางเดินอยู่ตรงกลาง ขนาดของคอก ด้านหน้ากว้าง 4 เมตร ยาวไปด้านท้ายคอก 3.5 เมตร (ขังสุกรขุนคอกละ 8-10 ตัว) หลังคาจั่ว2ชั้นควรสูงประมาณ8เมตรความยาวของโรงเรือนตามความเหมาะสม20-100เมตร

3.1.6 พื้นคอก โดยทั่วไปจะสร้างโรงเรือนเลี้ยงสุกรด้วยพื้นคอนกรีต ซึ่งจะประหยัดเงินลงทุน ยกเว้นจะสร้างโรงเรือนสุกรพ่อแม่พันธุ์ อาจจะเป็นพื้นสองชั้น หรือเรียกว่าพื้นสแล็ต (พื้นสแล็ต สำเร็จรูป เป็นแผ่นมีรูเป็นช่อง ๆ สำหรับให้น้ำไหล จากพื้นชั้นบนลงไปพื้นชั้นล่าง) ใช้งบลงทุนมากแต่สะดวกในการจัดการดูแลสุกรพ่อแม่พันธุ์และแม่สุกรเลี้ยงลูก

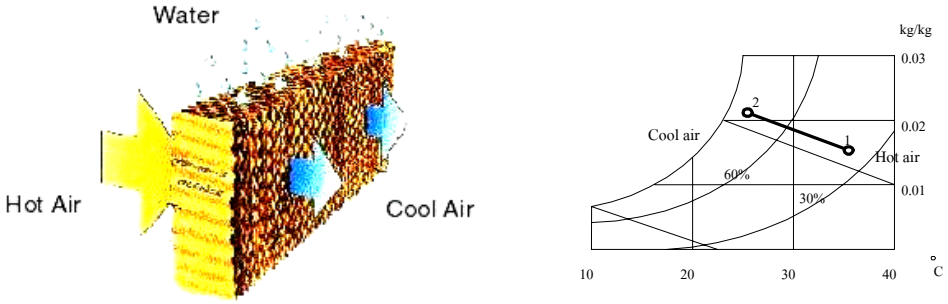
3.1.7ผนังคอก ทั่ว ๆ ไป มักใช้อิฐบล็อค แป๊บน้ำ ลวดถัก ไม้ขนาด 1.5 นิ้ว x 3 นิ้ว ความสูงของผนังคอก จะสูงประมาณ 1 เมตร ถ้าเป็นสุกรพ่อพันธุ์ ควรสูง 1.2 เมตร

3.2 การทำความเย็นแบบระเหย (Evaporative Cooling)

การทำความเย็นแบบระเหย อาศัยหลักการ ระเหยน้ำเข้าไปในอากาศ ทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลง และความชื้นสูงขึ้น เนื่องจากการระเหยของน้ำจำเป็นต้องใช้ความร้อนแฝงในการระเหย หากเป็นระบบปิดและไม่มีแหล่งพลังงานอื่นๆจากภายนอก น้ำจะดูดความร้อนจากอากาศทำให้อากาศมีความร้อนสัมผัสลดลง คืออุณหภูมิกระเปาะแห้งลดลง แต่ความร้อนแฝงจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการระเหยของน้ำ นั่นคือการทำความเย็นแบบระเหยไม่สามารถนำความร้อนแฝงออกจากพื้นที่ปรับอากาศ เพียงแต่นำความร้อนสัมผัสออกไปเท่านั้น โดยสามารถที่จะแบ่งประเภทของการทำความเย็นแบบระเหยออกได้ตามวิธีการทำให้น้ำระเหย ดังต่อไปนี้

3.2.1 วิธีการพ่นน้ำ (Evaporative Cooling by Fogger) เป็นวิธีการระเหยน้ำจากละอองน้ำเล็กๆที่ได้จากการพ่นน้ำ ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะละอองน้ำมีขนาดเล็กมีพื้นที่สัมผัสกับอากาศมากจึงระเหยได้เร็ว ขณะเดียวกันความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วย แต่จะมีน้ำส่วนเกินที่ระเหยไม่หมดหลงเหลืออยู่ ไม่สามารถนำกลับมาใช้อีกทำให้อัตราการใช้น้ำค่อนข้างสูง ในทางปฏิบัติมักควบคุมความชื้นและอุณหภูมิด้วยการปิด-เปิดการพ่นน้ำเป็นระยะ

3.2.2 วิธีการใช้แผ่นระเหยน้ำ (Evaporative Cooling by Dripped Pad) ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำจากของเหลวเป็นก๊าซ ต้องใช้พลังงานในรูปความร้อนแฝง ยิ่งมีการระเหยน้ำในอัตราสูงเท่าใด ยิ่งทำให้อุณหภูมิของอากาศในบริเวณนั้นลดต่ำลงยิ่งขึ้น วัสดุสำคัญที่ทำหน้าที่ เพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศ และช่วยให้อัตราการระเหยน้ำสูงขึ้น คือ แผ่นระเหยน้ำ (Cooling Pad) ใช้วัสดุที่ทำจากกระดาษเคลือบเซลลูโลส มีลักษณะ เป็นร่องลูกฟูกประกบกัน ทำให้อากาศและน้ำไหลผ่านได้



รูปที่ 3.2 แผ่นระเหยน้ำที่ใช้ในกระบวนการทำความเย็นแบบระเหย

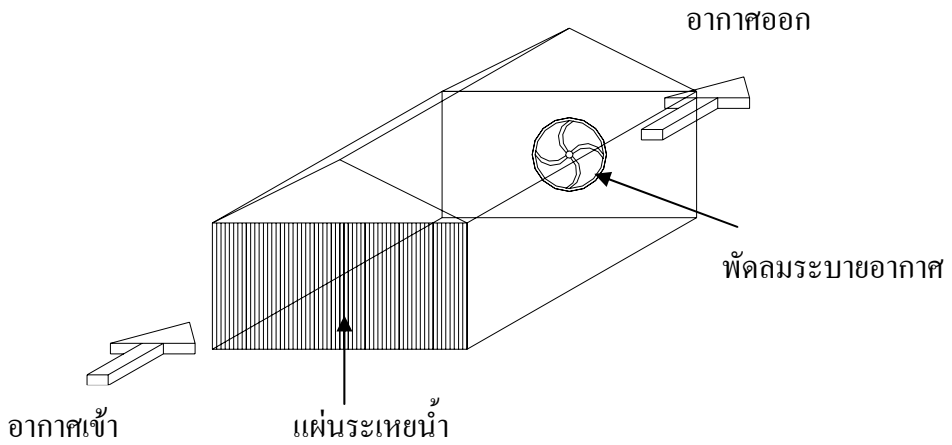
เพื่อให้การลดอุณหภูมิของอากาศ ด้วยวิธีระเหยน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อุปกรณ์ ที่สำคัญคือ พัดลม เพื่อทำหน้าที่ระบายอากาศร้อนออกไปนอกโรงเรือนและดูดอากาศภายนอกผ่านแผ่นระเหน้ำเข้าสู่โรงเรือน พัดลมที่นิยมใช้ในโรงเรือนระบบปิด ส่วนใหญ่จะมีอยู่ 2 แบบคือ

1. พัดลมขนาด 48 นิ้ว มีความสามารถในการดูดอากาศประมาณ 675 ลูกบาศก์เมตร / นาที
2. พัดลมขนาด 36 นิ้ว มีความสามารถในการดูดอากาศประมาณ 270 ลูกบาศก์เมตร / นาที

รูปที่ 3.3 พัดลมดูดอากาศ ขนาด 36 นิ้วที่นิยมใช้ในโรงเรือนการเกษตร

3.2.3 ความร้อนที่ผ่านเข้าสู่โรงเรือน

ความร้อนที่เข้าสู่โรงเรือนมาจากความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ และความร้อนจากอากาศภายนอกโรงเรือน เพื่อลดความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ นิยมใช้การบุฉนวนภายในโครงสร้างของโรงเรือน และเป็นการปิดรูรั่ว เพราะหากจากอากาศภายนอก ซึ่งเป็นอากาศร้อนสามารถผ่านเข้าสู่โรงเรือนตามรูรั่วโดย ไม่ผ่านกระบวนการทำความเย็นจากแผ่นระเหยน้ำก่อน จะไหลเข้าไปปะปน กับอากาศเย็นภายในโรงเรือน มีผลทำให้อุณหภูมิในโรงเรือนสูงขึ้น



รูปที่ 3.4 ลักษณะโรงเรือนการเกษตรที่ใช้ระบบการทำความเย็นแบบระเหย

3.3 การสมดุลความร้อนและความชื้นภายในโรงเรือน

พิจารณาโครงสร้างของโรงเรือนสำหรับเลี้ยงสุกรที่นิยมสร้างกันทั่วไป จะเป็นรูปทรงหน้าจั่ว ผนังทำด้วยคอนกรีต พลาสติกใส และพลาสติกทึบ หลังคาทำด้วยกระเบื้อง ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือนประกอบไปด้วยความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝงความร้อนสัมผัสที่เกิดจากภายในและภายนอกโรงเรือนเป็นสาเหตุให้อุณหภูมิภายใน โรงเรือนสูงขึ้น ส่วนความร้อนแฝงจะอยู่ในรูปของไอน้ำ ทำให้ความชื้นในโรงเรือนสูงขึ้น แต่จะไม่มีผลกระทบต่อการเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือน

3.3.1 ความร้อนสัมผัสที่โรงเรือนได้รับ แบ่งออกเป็น

1. ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านส่วนต่างๆของโรงเรือน ได้แก่ ผนัง และหลังคา ซึ่งเป็นความร้อนที่เกิดจากรังสีแสงอาทิตย์
2. ความร้อนจากการระบายอากาศเข้าสู่โรงเรือน
3. ความร้อนที่ถ่ายเทจากพื้นโรงเรือน
4. ความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ ในส่วนของผนังที่เป็นพลาสติกใส

3.3.2 ความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นในโรงเรือน แบ่งออกเป็น

1. ความร้อนแฝงของไอน้ำจากอากาศภายนอกเข้าสู่โรงเรือน
2. ความร้อนแฝงจากการคายความร้อน ของสุกร

3.4 สมมุติฐานในการศึกษาอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

การศึกษาอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน มีการตั้งสมมุติฐานในการศึกษาอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิภายในโรงเรือนเท่ากันสม่ำเสมอทุกจุด
2. สมบัติทางความร้อนของวัสดุโรงเรือนคงที่
3. ไม่มีการแผ่รังสีระหว่างผนังและหลังคาภายในโรงเรือน
4. ไม่มีการนำความร้อนตามความหนาของผนังเนื่องจากผนังบางมาก เมื่อเทียบกับความยาว
5. ไม่คิดการคายความร้อนจากสุกร

ดังนั้นสามารถที่จะเขียนสมการสมดุลพลังงานของอากาศภายในโรงเรือนได้เป็น [5]

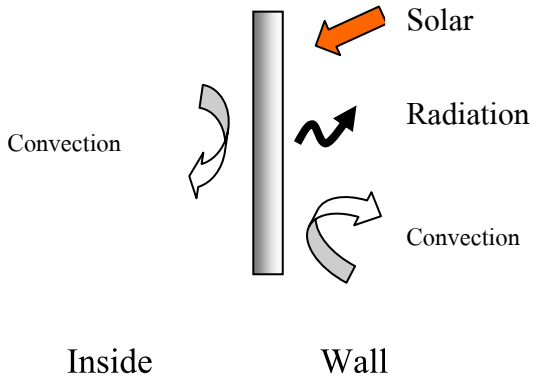
$$Q_{room} = \rho_a C_{pa} V_a \frac{dT_i}{dt} = \sum Q_{wall} + \sum Q_{roof} + Q_{infil/vent} + Q_g \qquad (3.1)$$

โดยที่

Q_{room}	คือ ความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือน (kW)
C_{pa}	คือ ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ ($\frac{kJ}{kg.^{\circ}C}$)
ρ_a	คือ ความหนาแน่นของอากาศ ($\frac{kg}{m^3}$)
Q_{wall}	คือ ความร้อนสัมผัสที่ผ่านผนังทั้งหมด (kW)
Q_{roof}	คือ ความร้อนสัมผัสที่ผ่านหลังคาทั้งหมด (kW)
$Q_{inf/vent}$	คือ ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงจากการถ่ายเทอากาศทั้งหมด (kW)
Q_g	คือ ความร้อนที่สูญเสียแก่พื้นดินทั้งหมด (kW)
T_i	คือ อุณหภูมิภายในโรงเรือน ($^{\circ}C$)
t	คือ เวลา (s)
V_a	คือ ปริมาตรอากาศภายในโรงเรือน (m^3)

3.5 สมดุลพลังงานความร้อนของผนังโรงเรือนส่วนที่เป็นพลาสติก

การคำนวณหาภาระความร้อนที่ผ่านผนังโรงเรือนโดย ที่ผนังจะรับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งความร้อนส่วนหนึ่งสูญเสียสู่ท้องฟ้าและถูกพาออกสู่ภายนอก และส่วนหนึ่งจะถ่ายเทเข้าภายในโรงเรือน ดังสมการ



รูปที่ 3.5 สมดุลพลังงานความร้อนที่ผนังพลาสติก

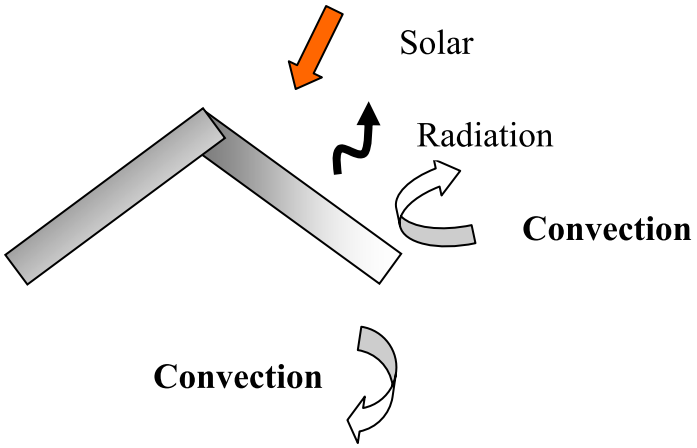
$$Q_{wall} = \rho_w C_w V_w \frac{dT_w}{dt} = Q_{su} - Q_{sk} + A_w h_{wo}(T_a - T_w) + A_w h_{wi}(T_i - T_w) \quad 3.2$$

โดยที่

ρ_w	คือ ความหนาแน่นของผนัง ($\frac{kg}{m^3}$)
C_w	คือ ความจุความร้อนของผนัง ($\frac{kJ}{kg.^\circ C}$)
V_w	คือ ปริมาตรของผนัง (m^3)
T_w	คือ อุณหภูมิของผนัง ($^\circ C$)
Q_{su}	คือ ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผนัง (kW)
Q_{sk}	คือ ความร้อนที่สูญเสียสู่ท้องฟ้า (kW)
A_w	คือ พื้นที่ของผนัง (m^2)
h_{wo}	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผนังด้านนอก ($\frac{kW}{m^2.^\circ C}$)
h_{wi}	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผนังด้านใน ($\frac{kW}{m^2.^\circ C}$)
T_i	คือ อุณหภูมิภายในโรงเรือน ($^\circ C$)
T_a	คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อมภายนอกโรงเรือน ($^\circ C$)

3.6 สมดุลพลังงานของหลังคาโรงเรือน

เนื่องจากหลังคาและผนังใช้วัสดุชนิดเดียวกันคือหญ้าคา ดังนั้นการหาค่าความร้อนผ่านหลังคาจึงใช้สมการเดียวกันกับผนัง



รูปที่ 3.6 สมดุลพลังงานความร้อนที่ผ่านหลังคาโรงเรือน

$$Q_{roof} = \rho_r C_r V_r \frac{dT_r}{dt} = Q_{su} - Q_{sk} + A_r h_{ro}(T_o - T_r) + A_r h_{ri}(T_i - T_r) \qquad (3.3)$$

โดยที่

ρ_r	คือ ความหนาแน่นของหลังคา ($\frac{kg}{m^3}$)
C_r	คือ ความจุความร้อนของหลังคา ($\frac{kJ}{kg.^\circ C}$)
V_r	คือ ปริมาตรของหลังคา (m^3)
T_r	คือ อุณหภูมิของหลังคา ($^\circ C$)
A_r	คือ พื้นที่ของหลังคา (m^2)
h_{ro}	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่หลังคาด้านนอก ($\frac{kW}{m^2.^\circ C}$)
h_{ri}	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่หลังคาด้านใน ($\frac{kW}{m^2.^\circ C}$)

3.7 การแลกเปลี่ยนความร้อนที่พื้นโรงเรือน

การถ่ายเทความร้อนที่พื้นคอนกรีตเกิดจากการนำความร้อนเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นการนำความร้อนที่สม่ำเสมอในหนึ่งมิติ การถ่ายเทความร้อนโดยการพาและการแผ่รังสีเกิดขึ้นน้อยมาก

$$Q_g = U_{bg} A(T_i - T_g) \qquad (3..4)$$

โดยที่

Q_g	คือ ภาระความร้อนที่พื้น (W)
U_{bg}	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($\frac{W}{m^2.C}$)
A	คือ พื้นที่ของพื้นโรงเรือน (m^2)
T_g	คือ อุณหภูมิของพื้นดิน ($^\circ C$)

สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของพื้นดินหาได้โดยสมการ

$$U_{bg} = \frac{k_g}{L_g} \qquad (3.5)$$

โดยที่

k_g	คือ ค่าการนำความร้อนของพื้นดิน ($\frac{kW}{m.C}$)
L_g	คือ ความลึกจากผิวดินถึงจุดที่อุณหภูมิคงที่ (m)

3.8 อุณหภูมิท้องฟ้า

$$T_{sky} = 0.0552 T_a^{1.5} \qquad (3..6)$$

เมื่อ

T_{sky}	คือ อุณหภูมิประสิทธิผลของท้องฟ้า ($^\circ K$)
T_a	คือ อุณหภูมิแวดล้อม ($^\circ K$)

3.9 การประมาณค่ารังสีดวงอาทิตย์

กรณีที่ไม่มีการวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถที่จะประมาณค่ารังสีดวงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วยรังสีตรงและรังสีกระจาย จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเวลาสุริยะ เส้นรุ้ง และมุมเดคลิเนชั่น ซึ่งความเข้มของรังสีทั้งหมดที่ตกกระทบบนพื้นคือ

$$\frac{\overline{H}}{\overline{H}_o} = \quad a + b\left(\frac{\overline{S}}{\overline{N}}\right) \tag{3.7}$$

โดย

$$\overline{H}_o = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{SC} \left\{\left[1 + 0.033 \cos\left(\frac{360 \cdot n}{365}\right)\right] \times \left[\cos\varphi \cos\delta \cos\omega_s + \frac{2\pi\omega_s}{360} \sin\varphi\right.\right. \tag{3.8}$$

เมื่อ

$\overline{H}$	คือค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยบนพื้นตามแนวราบรายเดือนของค่ารายวัน ($MJ.m^2.day^{-1}$)
$\overline{H}_o$	คือ ค่ารังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศของโลก ($MJ.m^2.day^{-1}$)
a, b	คือ สัมประสิทธิ์ความถดถอยจากตาราง
$\overline{S}$	คือ จำนวนชั่วโมงที่มีแดดเฉลี่ยรายเดือนตามตาราง (hr)
$\overline{N}$	คือ ความยาวของวันเฉลี่ยรายเดือน (hr)
Gsc	คือ ค่าคงที่พลังงานแสงอาทิตย์ = 1,353 W/m^2
ϕ	คือ เส้นรุ้งของตำแหน่งที่ต้องการทราบค่ารังสี
n	คือ วันที่ของปี
δ	คือ มุมเดคลิเนชั่น = $23.45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right)$
ω_s	คือ มุมดวงอาทิตย์ขึ้น = $\cos^{-1}(-\tan\phi \ \tan\delta)$

ตารางที่ 3.1 จำนวนชั่วโมงที่มีแดดเฉลี่ยรายเดือน

Month	$\overline{S}$ (hr)	Month	$\overline{S}$ (hr)
January	8.16	July	5.17
February	8.29	August	4.65
March	8.60	September	4.98
April	7.44	October	5.05
May	6.54	November	5.53
June	4.98	December	7.88

ตารางที่ 3.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรังสีรวมกับชั่วโมงที่มีแดดเฉลี่ยรายเดือน

Station	Mean of $\overline{K}_f = \frac{\overline{H}}{\overline{H}_o}$	Coefficient		R	RSME
		a	B		
Bangkok(KMUTT)	0.5354	0.3097	0.3914	0.8776	0.0612
Chiangmai	0.5694	0.3579	0.3531	0.9049	0.0624
Ubonratchathani	0.5534	0.2626	0.4526	0.9369	0.0695
Hat Yai	0.5271	0.2733	0.4344	0.8584	0.0416

3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยรายเดือนของรังสีกระจายและรังสีรวม

Collares-Perira ได้เสนอสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรังสีกระจายกับรังสีรวม

$$\frac{\overline{H}_D}{\overline{H}_o} = -4.6408 + 26.5495\left(\frac{\overline{H}}{\overline{H}_o}\right) - 28.3422\left(\frac{\overline{H}}{\overline{H}_o}\right)^2 - 31.4543\left(\frac{\overline{H}}{\overline{H}_o}\right)^3 + 46.4421\left(\frac{H}{\overline{H}_o}\right)^4 \quad (3.9)$$

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.9443 และ RMSE มีค่าเท่ากับ 0.0999 สมการนี้ใช้ในการประมาณค่ารังสีกระจายได้ทั่วประเทศไทย

3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีรายชั่วโมงกับรายวัน

โดยใช้สมการ Collares- Perira ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรังสีรวมรายชั่วโมงกับรังสีรายวัน

$$r_t = \frac{\pi}{24}(a + b.\cos\omega)\left[\frac{\cos\omega - \cos\omega_s}{\sin\omega_s - \omega_s\cos\omega_s}\right] \quad (3.10)$$

โดย

$$a = a_1 + a_2\sin\omega_s - 1.047 \quad (3.11)$$

และ

$$b = b_1 + b_2\sin\omega_s - 1.047 \quad (3.12)$$

เมื่อ

ω คือ มุมชั่วโมง

a_1, a_2, b_1, b_2 คือสัมประสิทธิ์ความถดถอยดังแสดงตารางที่ 2.3

โดยที่

$$r_t = \frac{\bar{I}}{\bar{H}}$$

$\bar{I}_t$ คือรังสีรวมรายชั่วโมงเฉลี่ยรายเดือน (MJ/m^2Day)

ตารางที่ 3.3 ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีเฉลี่ยรายชั่งโมงกับรายวัน

Station	Coefficient				R	RSME
	a_1	a_2	b_1	b_2		
KMUTT	0.792	-0.25	0.189	0.417	0.9754	0.0105
Chiangmai	0.514	0.228	0.512	0.83	0.9753	0.0108
Ubonratchathani	0.760	-0.031	0.207	0.238	0.9718	0.0110
Hat Yai	0.607	-0.124	0.417	0.007	0.9747	0.0104

3.12 Computational Fluid Dynamics

CFD (Computational Fluid Dynamics) คือ การวิเคราะห์ระบบที่เกี่ยวข้องกับการไหลตัวของของไหล การไหลตัวของความร้อนหรือการถ่ายเทความร้อน รวมถึงปรากฏการการแผ่กระจายของอนุภาค เช่น การเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้คอมพิวเตอร์เพื่อ คำนวณหาผลเฉลยเชิงตัวเลข และจำลองลักษณะการไหล ที่เกิดขึ้นในระบบที่พิจารณา ปัจจุบันวิธีการดังกล่าวมีประโยชน์และใช้กันอย่าง กว้างขวางมากในวงการอุตสาหกรรมและงานวิจัยต่างๆ

- ศึกษาการไหลของอากาศผ่านรถยนต์และอากาศยานเพื่อหาแรงยกและแรงต้าน
- ศึกษาการไหลของกระแสระบบน้ำผ่านลำเรือ
- ศึกษาการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบและแก๊สเทอไบน์
- ศึกษาการไหลของของไหลผ่านปั๊มคอมเพลสเซอร์
- การหล่อเย็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- กระบวนการทางด้านเคมี เช่น การผสมกันของสารเคมี
- การไหลและการถ่ายเทความร้อนผ่านตึกตัวอาคาร
- การกระจายของมลภาวะในอากาศ น้ำ
- การไหลของน้ำในแม่น้ำลำธารและมหาสุทร
- การทำนายสภาพภูมิอากาศในแต่ละวัน
- ศึกษาการไหลของเลือดในระบบหมุนเวียนในร่างกาย

การใช้ประโยชน์จาก CFD เริ่มจากในปี ค.ศ. 1960 โดยใช้วิธีการนี้ศึกษาเพื่อออกแบบอากาศยานและเครื่องยนต์เจ็ต (Jet engine) หลังจากนั้นก็ได้ประยุกต์ใช้กับการออกแบบเครื่องยนต์สันดาปภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เพื่อประโยชน์ในการออกแบบให้รถยนต์เกิดแรงต้านน้อยที่สุด

3.12.1 การทำงานของโปรแกรม CFD

โปรแกรม CFD ที่เขียนขึ้นเองหรืออาจได้มาในรูปของโปรแกรมสำเร็จรูปแล้วนั้น มีขั้นตอนของการทำงานของโปรแกรมแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.12.1.1 ขั้นก่อนการประมวลผล (Pre-processor)

- ลักษณะรูปร่างของปัญหาหรือโดเมนของปัญหา
- การสร้างกริดหรือปริมาตรควบคุมหรือเอลิเมนต์บนโดเมนปัญหา
- กำหนดคุณสมบัติของการไหล เช่น ความหนาแน่น ความหนืด

- กำหนดค่าเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) ให้กับจุดต่อที่อยู่ติดกับขอบเขตของ ปัญหาค่าผลเฉลย ของปัญหาการไหลที่ต้องหา เช่น ความเร็ว ความดัน อุณหภูมิ นั้นจะเป็นค่า ผลเฉลยที่จุดต่อต่างๆในแต่ละเซลล์ ความถูกต้องของค่าที่ได้นี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนจุดต่อ ในปัญหาเดียวกันการแบ่งปัญหาให้มีจำนวนเซลล์หรือจุดต่อมาก ย่อมให้ค่าผลเฉลี่ยที่ถูกต้องมากกว่าจำนวนเซลล์จุดต่อ ที่น้อย แต่นั่นก็ย่อมหมายถึง ว่าต้องใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นตามจำนวนจุดต่อที่มากขึ้นด้วย ในซอฟแวร์ CFD นั้นในขณะที่รันโปรแรมประมาณ 50% ของเวลาที่ใช้ทั้งหมด จะใช้สำหรับการสรางกริดบนโดเมนของปัญหา เพราะฉะนั้นในการป้อนข้อมูลให้กับปัญหาเพื่อการคำนวณนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงทั้งสองส่วนคือ สร้างจุดต่อให้จำนวนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องของผลเฉลยอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และใช้เวลาในการคำนวณที่ไม่นานเกินไปด้วย

3.12.1.2 ขั้นตอนการคำนวณ

วิธีการที่นำมาเพื่อใช้ในการหาผลเฉลยมีหลายวิธีดังต่อไปนี้

1.1 วิธีผลต่างสืบเนื่อง (Finite difference methods)

เป็นวิธีการหาค่าผลเฉลยของตัวไม่ทราบค่าที่จุดต่อต่างๆ บนเส้นกริดเทอมของสมการการไหลที่อยู่ในรูปของสมการอนุพันธ์บางส่วน (PDE) จะถูกกระจายโดยใช้อนุกรมเทเลอร์ให้อยู่ในรูปของผลต่างโดยประมาณบนจุดต่อต่างๆ ซึ่งจะทำให้สมการของระบบซึ่งอยู่ในรูปสมการ อนุพันธ์ย่อยบาง ส่วนกลายเป็นสมการผลต่าง (Difference Equation) ของตัวไม่ทราบค่าที่จุดต่อต่างๆ

2.2 วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์

เป็นวิธีการแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ ซึ่งมีขนาดต่างๆ กัน จากนั้นพิจารณาเอลิเมนต์ทีละเอลิเมนต์ โดยการสร้างสมการสำหรับแต่ละเอลิเมนต์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่าสมการที่สร้างขึ้นนั้นต้องสอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหาที่พิจารณาอยู่ จากนั้นปัญหาทั้งหมด เมื่อทำการประยุกต์เข้ากับเงื่อนไขที่ขอบเขต แล้วทำการแก้ชุดสมการดังกล่าวก็จะได้ค่าผลเฉลยโดยประมาณของค่าที่ต้องการที่ตำแหน่งจุดต่อต่างๆ ความแม่นยำของผลเฉลยนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของเอลิเมนต์ที่ใช้ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถประยุกต์เข้ากับปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ดี

2.3 วิธีสเปคตรัล (Spectral method)

เป็นวิธีการหาค่าผลเฉลยโดยประมาณ โดยใช้พื้นฐานของอนุกรมฟูเรียร์ซึ่งจะไม่เหมือนวิธีผลต่างสืบเนื่อง และวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ให้ค่าผลเฉลยที่จุดต่อต่างๆ แต่วิธีการนี้ให้ค่าผลเฉลยตลอดทั้งโดเมนของปัญหา

2.4 วิธีปริมาตรสืบเนื่อง (Finite volume method)

เป็นวิธีที่ได้รับการพัฒนามาจากวิธีผลต่างสืบเนื่อง ขั้นตอนของกระบวนการเป็นดังนี้

- ทำการอินทิเกรดสมการของปัญหาตลอดปริมาตรควบคุมที่พิจาณา ในโดเมนของปัญหา
- เขียนสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปของสมการผลต่าง
- หาค่าผลเฉลยโดยประมาณที่ตำแหน่งต่างๆ โดยใช้วิธีการทำซ้ำ

การอินทิเกรตบนปริมาตรควบคุมนั้น เป็นวิธีที่ทำให้วิธีการนี้แตกต่างจากวิธีการอย่างอื่นการอินทิเกรตปริมาณใดๆ ตลอดปริมาตรควบคุมนั้น เป็นขั้นตอนพื้นฐานของการพิจารณากฎการอนุรักษ์ปริมาณ ที่ไหลผ่านเข้าออกปริมาตรควบคุมนั้น ทริกการนี้เป็นความรู้พื้นฐานที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายกว่าวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และวิธีสเปคตัล การใช้กฎการอนุรักษ์คุณสมบัติใดๆ ซึ่งอาจเป็น ความเร็ว เอนทาลปี ที่ไหลผ่านปริมาตรควบคุมนั้น พิจารณาได้จากสมดุลของการเปลี่ยนแปลงซึ่งก็คือการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาตรนั้นๆ เมื่อไหลผ่านปริมาตรควบคุม

3.12.1.3 ขั้นตอนการแสดงผล

เป็นขั้นตอนสุดท้ายสำหรับขั้นตอนของ CFD ขั้นตอนนี้จะต้องได้ค่าผลเฉลยโดยประมาณจากขั้นตอนการคำนวณเรียบร้อยแล้ว การแสดงผลของโปรแกรมนั้นจะออกมาในรูปแบบ ต่อไปนี้

- แสดงรูปร่างของปัญหาและกริด
- เขียนกราฟแบบเวคเตอร์
- เขียนกาฟคอนทัวร์
- เขียนกราฟพื้นผิวใน 2 หรือ 3 มิติ
- แสดงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง เช่น การเคลื่อนไหว การหมุน

3.12.2 การแก้ปัญหาการไหลด้วย CFD

พื้นฐานสำคัญก่อนที่จะวิเคราะห์หาผลเฉลย เชิงตัวเลขของการแก้ ปัญหาของการไหล คือ ผู้วิเคราะห์จะต้อง เข้าใจสมการและ กฎทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะ การไหลนั้นเป็นอย่างดี เพราะความเข้าใจดังกล่าวนี้จะทำให้การประยุกต์โปรแกรมเข้ากับสมการหลักเป็นไปได้โดยง่าย และผลเฉลยที่ได้ในแต่ละขั้นตอนของการเขียนโปรแกรม ก็จะเป็นไปในแนวทางที่ต้องการทั้งนี้เนื่องจากว่า ผู้วิเคราะห์สามารถคาดเดาได้ล่วงหน้าว่าเป็นการไหลในกรณีที่ต้องการศึกษา นี้จะให้ผลเฉลยหรือพฤติกรรมการไหลอย่าง คร่าวๆเป็นเช่นใด นอกจากนี้แล้วทักษะในการวิเคราะห์

ปัญหาและการเขียนโปรแกรมก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญ การวิเคราะห์ลักษณะปัญหาการไหลได้ถูกต้องก็จะทำให้สามารถสร้างโปรแกรมให้เป็นไปตามแนวทางที่ถูกต้องได้ การวิเคราะห์ปัญหา ดังกล่าวคือ การวางกรอบของปัญหาให้อยู่ในขอบเขตที่ต้องการยกตัวอย่างเช่นปัญหาการไห้ดังกล่าวจะพิจารณาให้เป็นแบบ 2 หรือ 3 มิติ รวมผลกระทบของอุณหภูมิและความดันเข้ากับการเปลี่ยนแปลงความ หนาแน่นหรือไม่ เลือกใช้สมการหลักและวิธีขั้นตอนในการแก้ปัญหาแบบใด มีเทอมใดบ้างในสมการที่น่าจะส่งผล กระทบกับผลเฉลยของปัญหาได้น้อยมาก จนสามารถพิจารณาตัดทิ้งไปได้เพื่อลดความยุ่งยากเป็นต้น ซึ่งเหล่านี้วิเคราะห์จำเป็นต้องรู้ก่อนลงมือเขียนโปรแกรม การคำนวณเงื่อนไขดังกล่าวนี้ จะทำให้โปรแกรมที่เขียนมีความกระชับในทางตรงกันข้ามถ้ากำหนดเงื่อนไข หรือลักษณะปัญหาผิดพลาดไปจากความเป็นจริงแล้ว ย่อมจะส่งอผลทำให้การเขียนโปรแกรมเกิดความยุ่งยากและอาจไม่ได้ผลเฉลย เป็นไปตาม ต้องการได้