

การศึกษาการไหลเวียนของอากาศและการกระจายตัวของอุณหภูมิ
ภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ

พิชานนท์ วงศ์บุญมา

การศึกษารายบุคคลนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยี
และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
ปีการศึกษา 2564

**A STUDY AIR FLOW AND TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE
CONTROLLED TEMPERATURE ROOM**

PITCHANNON VONGBUNMA

**An Individual Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
College of Innovative Technology and Engineering
Dhurakij Pundit University
Academic Year 2021**

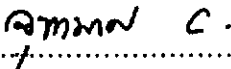


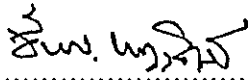
ใบรับรองการศึกษารายบุคคล


วิทยาลัยนวัตกรรมการเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

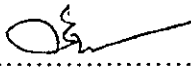
หัวข้อการศึกษารายบุคคล การศึกษาการไหลเวียนของอากาศและการกระจายตัวของอนุภาคนิวเคลียสใน
ห้องควบคุมอุณหภูมิ
เสนอโดย พิชชานนท์ วงศ์บุญมา
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
ได้พิจารณาเห็นชอบ โดยคณะกรรมการสอบการศึกษารายบุคคลแล้ว


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ ทุมถักขันธ์)


.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล
(รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภราชชัย วรรณรัตน์)

วิทยาลัยนวัตกรรมการเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว


.....

(ดร.ชัยพร เขมะภาดะพันธ์)

คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมการเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 30 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2565

หัวข้อการศึกษารายบุคคล	การศึกษาการไหลเวียนของอากาศและการกระจายตัวของ อุณหภูมิภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ
ชื่อผู้เขียน	พิชชานนท์ วงศ์บุญมา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการไหลเวียนของอากาศ และการกระจายตัวของอุณหภูมิในห้องที่ต้องควบคุมอุณหภูมิภายในห้องไม่เกิน 25 องศาเซลเซียสเพื่อรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ภายในห้อง โดยห้องที่ทำการศึกษามีขนาด 235 ตารางเมตร ด้านกว้าง 15 เมตร ด้านยาว 19 เมตรและสูง 3 เมตรมีระบบปรับอากาศ Air handling unit ขนาด 180,000 BTU/hr. จำนวน 2 เครื่องส่งผ่านลมเย็นผ่านดักทึ่และจุดจ่ายลม โดยการศึกษานี้สร้างแบบจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Autodesk CFD ผลการวิจัยด้านทิศทางการไหลเวียนของอากาศ พบว่า ภายในห้องมีความหนืดของอากาศสูงทำให้อากาศที่มาจากระบบปรับอากาศและอากาศภายในห้องไม่มีการไหลเวียนของอากาศ ทำให้ภายในห้องมีการระบายไม่ดียากต่อการรักษาอุณหภูมิภายในห้องได้ ผลการวิจัยด้านการกระจายตัวของอุณหภูมิ พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นที่ทางออกเครื่องปรับอากาศ Air handling unit มีอุณหภูมิที่ 12 องศาเซลเซียส จุดจ่ายลม Supply air grill ที่ส่งลมเข้าสู่ห้อง มีอุณหภูมิที่ 22 องศาเซลเซียส และภายในห้องมีอุณหภูมิที่สูงมีอุณหภูมิที่ 27.5 องศาเซลเซียสเห็นได้ว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้องไม่ดีทำให้มีอุณหภูมิสูงเกินกว่าอุณหภูมิควบคุม ผลจากการสร้างแบบจำลองเห็นได้ว่าต้องมีการปรับปรุงระบบปรับอากาศการเปลี่ยนขนาดของเครื่องปรับอากาศให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ปรับปรุงระบบระบายอากาศให้มีจุดจ่ายลม จุดดูดลมกลับให้เหมาะสมเพื่อให้อากาศภายในห้องไหลเวียนและมีอุณหภูมิที่ไม่เกิน 25 องศาเซลเซียสที่ควบคุมไว้

คำสำคัญ: การไหลของอากาศ / การกระจายตัวของอุณหภูมิ / ห้องควบคุมอุณหภูมิ / พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

Individual Study Title	A STUDY AIR FLOW AND TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE CONTROLLED TEMPERATURE ROOM
Author	Pitchanon Vongbunma
Thematic Paper Advisor	Associate Professor Aumnad Phdungsilp, Ph.D., Tekn. Dr.
Department	Engineering Management
Academic Year	2021

ABSTRACT

This study of airflow and the distribution of temperature in the room where the temperature in the room must not exceed 25 degrees Celsius to maintain product quality in the room. The room has dimensions of 235 square meters, 15 meters wide, 19 meters long and 3 meters high. There are 2 Air handing units with a size 180,000 BTU/hr. Sending air through the duct and supply air grill. This study was modeled through the Autodesk CFD computer program. The results of research on the airflow found that the air viscosity in the room was high, causing the air from the air conditioning system and the air in the room to have no air circulation. causing the room to have poor ventilation, difficult to maintain the temperature inside the room. The results of the research on temperature distribution found that the starting temperature at the air conditioning outlet of the Air handing unit was 12 degrees Celsius. The temperature was 22 degrees Celsius and the room temperature was high with a temperature of 27.5°C. It was seen that the distribution of the room temperature was not good, causing the temperature to exceed the control temperature. The results of the modeling show that the air conditioning system needs to be improved, changing the size of the air conditioner to a larger size. Improve the ventilation system to have air distribution points. Optimized air intake points to allow room air to circulate and maintain a controlled temperature of 25 °C.

Keywords: air flow, temperature distribution, temperature control room, computational fluid dynamics

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษารายบุคคลฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษารายบุคคล ที่ได้สละเวลาอันมีค่าอย่างยิ่งในการอนุเคราะห์ ให้คำแนะนำ แนวทาง คำปรึกษาตลอดจนข้อชี้แนะเกี่ยวกับงานวิจัย ตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ ให้ การศึกษารายบุคคลสำเร็จเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ในส่วนของบริษัทกรณีศึกษาผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะผู้บริหาร ผู้จัดการโรงงาน และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้ความกรุณาแบ่งปันความรู้ให้ข้อมูล คำแนะนำและแนวทางการ แก้ปัญหา และให้ความร่วมมือในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ เพื่อนๆ และผู้ให้ความช่วยเหลือทุกท่านที่ไม่ สามารถเอ่ยนามได้ในที่นี้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา คุณประโยชน์ อันใดที่จะก่อเกิดจากการศึกษารายบุคคลฉบับนี้สืบไป ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ คณาจารย์ และผู้มี พระคุณทุกท่าน

พิชชานนท์ วงศ์บุญมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
สารบัญตาราง.....	๗
สารบัญภาพ.....	๘
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	23
3.1 ข้อมูลทั่วไป.....	23
3.2 การสร้างแบบจำลอง 3D ห้องที่ทำการศึกษโดยโปรแกรม Autodesk Revit...	26
3.3 การวิเคราะห์การไหลเวียนของอากาศ และการกระจายอุณหภูมิโดยโปรแกรม Autodesk CFD.....	27
3.4 ขั้นตอนการสรุปและประเมินผลวิจัย.....	27
4. ผลการศึกษา.....	28
4.1 ผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศ.....	28
4.2 ผลการจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิ.....	29
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	31
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	31
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	31

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	32
ภาคผนวก.....	34
ก. รูปแบบแปลนห้อง รูปด้านข้างห้อง ชนิดวัสดุของห้องและแบบระบบปรับอากาศ ของห้องทำการศึกษา.....	35
ประวัติผู้เขียน.....	40

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงผลการคำนวณอุณหภูมิจากแบบจำลอง.....	30

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของของไหล.....	5
2.2 แสดงขั้นตอนระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์.....	7
2.3 แสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ (มี 2 จุดต่อ)	8
2.4 แสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ และมีจุดเชื่อมกลาง (มี 3 จุดต่อ)...	8
2.5 แสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 2 มิติ.....	9
2.6 แสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ.....	10
2.7 แสดงการทำงานของระบบปรับอากาศอย่างง่าย.....	14
2.8 แสดงวัฏจักรอัดไอ.....	14
2.9 แสดงเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)....	16
2.10 แสดงเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)....	16
2.11 แสดงไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วย อากาศ (Air Cooled Water Chiller)	18
2.12 แสดงไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)	19
2.13 แสดงเครื่องข่ายการวิจัยเรื่อง Airflow – CFD simulation.....	20
3.1 แสดงแผนภาพแสดงขั้นตอนการทำการวิจัย.....	24
3.2 แสดงแบบแปลนห้อง.....	25
3.3 แสดงแบบแปลนระบบปรับอากาศ.....	25
3.4 แสดงมุมมองด้านบนแบบจำลอง 3D ของห้องที่ทำการศึกษา.....	26
3.5 แสดงมุมมอง Isometric แบบจำลอง 3D ของห้องที่ทำการศึกษา.....	26
4.1 แสดงแบบจำลองแสดงความหนาของอากาศภายในห้อง.....	28
4.2 แสดงแบบจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศภายในห้อง.....	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันระบบปรับอากาศเป็นสิ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับทางด้านต่างๆมากมายไม่ว่าจะเป็นทางด้านการดำรงชีวิตของทุกคนเพื่อความสะดวกสบายแก่แต่ละบุคคลที่ใช้งานพื้นที่บริเวณนั้นๆ หรือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินธุรกิจที่ต้องรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญ ทั้งในประเทศที่มีภูมิอากาศหนาวเย็นที่จะต้องใช้เครื่องปรับอากาศที่ให้ความร้อนในการกลับกันภูมิอากาศในประเทศที่มีอากาศร้อน เช่น ประเทศไทย จึงใช้เครื่องปรับอากาศที่ให้ความเย็นพื้นที่การใช้งานที่มีขนาดใหญ่หรือพื้นที่มีการใช้งานด้วยภาระงานที่สูงขึ้น เช่น ห้องที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ ห้องที่มีคนใช้งานจำนวนมาก เป็นต้น การใช้เครื่องปรับอากาศจึงจำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นตามรวมถึงระบบต่างๆที่ใช้ในการส่งลม กระจายลม ตำแหน่งของจุดจ่ายลม (Supply air grill) ตำแหน่งของจุดดูดลมกลับ (Return air grill) ส่งผลต่อการกระจายลม การไหลเวียนของอากาศ และอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆภายในพื้นที่ ซึ่งจะส่งผลต่อตำแหน่งต่างๆภายในพื้นที่ การรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งสำคัญสำหรับส่วนที่ต้องการห้องที่ควบคุมอุณหภูมิเพื่อรักษาคุณภาพ ตำแหน่งพื้นที่การทำงานจึงเป็นส่วนสำคัญที่ต้องคำนึงถึงการกระจายตัวของอากาศและอุณหภูมิ เทคนิคการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลถูกนำมาใช้ในการจำลองการไหลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินความสามารถในการทำงานของเครื่องปรับอากาศเดิมที่มีอยู่และช่วยวิเคราะห์การกระจายตัวของอากาศและอุณหภูมิให้เหมาะสม

วิธีทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล ซึ่งอาศัยความสามารถของคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ที่สามารถมองเห็นลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในสถานะหนึ่งๆ และสามารถคาดการณ์สถานะเชิงความร้อน ความเร็ว หรือทิศทางของอากาศได้ และช่วยในการออกแบบทางอุตสาหกรรม ซึ่งการจำลองการไหลแบบต่างๆ อาจทำให้ผลลัพธ์ที่ออกมาเปลี่ยนแปลงไป สามารถทำการเปลี่ยนแปลงรูปแบบได้ง่ายบนคอมพิวเตอร์ ทำให้กระบวนการออกแบบมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเทียบกับกระบวนการแบบเดิมๆ ที่ต้องมีการทดลองที่ยุ่งยาก ตัวอย่างการประยุกต์ใช้วิธี CFD ใน

การคำนวณด้านต่างๆ เช่น การนำ CFD มาช่วยในการออกแบบทางพลศาสตร์ของไหล การนำ CFD มาช่วยวิเคราะห์ผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อน และการนำ CFD มาช่วยวิเคราะห์ปัญหาประสิทธิภาพการไหลเวียนของระบบปรับอากาศ เป็นต้น

ดังนั้นการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบพฤติกรรมของอากาศที่ไหลเวียนภายในห้องที่มีการทำงานที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องภายใต้ระบบปรับอากาศที่มีจุดจ่ายลมและดูดลมกลับผ่านจุดดูดลมกลับ จากงานวิจัยนี้สามารถนำผลที่ได้รับจากการจำลองเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพัฒนาออกแบบจุดต่างๆ ขนาดของเครื่องปรับอากาศ การจัดวางตำแหน่งของจุดจ่ายลม การจัดวางจุดดูดลมกลับ รวมถึงการจัดตำแหน่งพื้นที่การทำงานที่ทำให้อากาศเกิดการไหลเวียนเหมาะสมกับการทำงานและผู้ใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการจำลองและวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิและการไหลของอากาศด้วยเทคนิคการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ห้องทำงานที่ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ห้องบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห่งหนึ่ง
2. งานวิจัยนี้จะศึกษาระบบปรับอากาศเดิม ได้แก่ ขนาดของ Air handling unit ตำแหน่งจุดจ่ายลม Supply air grill และตำแหน่งดูดลมกลับ Return air grill ที่ติดตั้งและใช้งานในปัจจุบันสำหรับห้องบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห่งหนึ่ง
3. งานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์คือโปรแกรม AutodeskSimulationCFD ในการสร้างแบบจำลองการไหลเวียนอากาศภายในห้องบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห่งหนึ่งที่ต้องควบคุมอุณหภูมิภายในห้องเพื่อศึกษาวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิและความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเดิม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงกระจายตัวของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ทิศทางการไหลของอากาศภายในห้องบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห่งหนึ่ง และความสามารถการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเดิม เพื่อประเมินขนาด Air handling unit

2. ทำให้ทราบถึงแนวทางการประยุกต์ใช้ วิธีทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) โดยใช้โปรแกรมที่สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ผ่านคอมพิวเตอร์

3. ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์แก่มหาวิทยาลัยและผู้ออกแบบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคำนวณขนาดของเครื่องปรับอากาศ ตำแหน่งจุดจ่ายลม และตำแหน่งดูดลมกลับ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics : CFD) เป็นเครื่องมือช่วยแก้ไขปัญหาคำนวณที่ซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการไหลโดยใช้คอมพิวเตอร์ และระเบียบวิธีการเชิงตัวเลข (Numerical Method) คำนวณแก้ปัญหาคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการไหล (Fluid) การใช้เทคนิค CFD แก้ไขปัญหาคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการไหลทำให้เข้าใจพฤติกรรมของการไหลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ระเบียบวิธีการเชิงตัวเลขที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ CFD ประกอบด้วย วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) วิธีผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference Method)

สมการการไหลของของไหลที่นำมาใช้แก้ปัญหาคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณประกอบด้วย

1. สมการอนุรักษ์มวล (Mass Conservation Equation)
2. สมการโมเมนตัม (Momentum Equation)
3. สมการพลังงาน (Energy Equation)

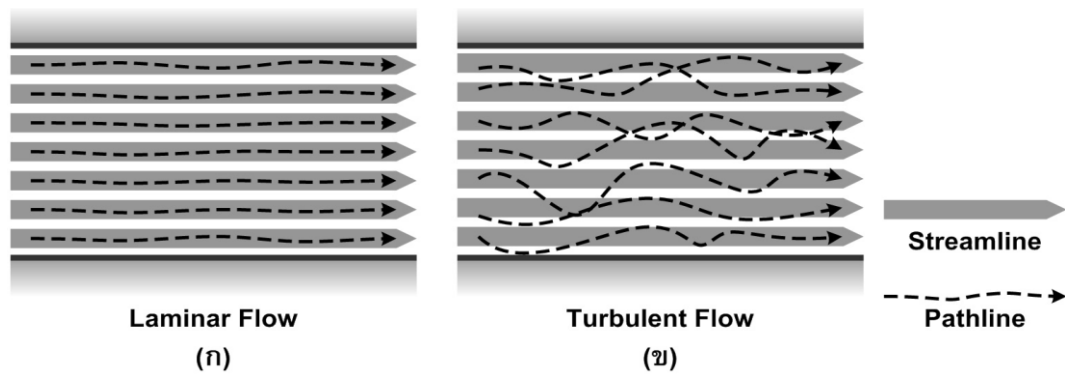
สมการทั้งหมดจะอยู่ในสมการอนุรักษ์ของการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flows) และสมการอนุรักษ์ของการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flows) สมการแต่ละสมการจะนำไปแก้ปัญหาคำนวณการไหลโดยสมการไม่ต่อเนื่อง (Discretized Equation) ที่มาจากการอินทิเกรต (Integrate) ของสมการข้างต้น

2.1.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของของไหล

พิจารณาจากเส้นทางการเคลื่อนที่ของของไหล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.1.1.1 การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) การไหลของของไหลจะเคลื่อนที่เป็นระเบียบ (ตามเส้น Streamline) ไปตามเส้นทางการไหลที่แน่นอน สภาพการไหลจะไม่ปั่นป่วน โดยการไหลประเภทนี้มักเกิดกับของไหลที่ไหลที่มีความหนืดสูง หรือการไหลที่มีความเร็วต่ำมากๆ (ภาพที่ 1)

2.1.1.2 การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) การไหลของของไหลจะเคลื่อนไม่เป็นระเบียบไปตามเส้นทางการไหลที่ไม่แน่นอน สภาพการไหลมีความปั่นป่วนโดยการไหลประเภทนี้ มักเกิดกับของไหลที่มีความหนืดที่ต่ำหรือการไหลที่มีความเร็วสูง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของของไหล

2.1.2 สมการพื้นฐานสำหรับการไหล

สมการอนุรักษ์มวล (Mass Conservation Equation) หรือสมการต่อเนื่อง (Continuity Equation)

$$\frac{\partial M_{cv}}{\partial t} = \sum \dot{M}_{in} - \sum \dot{M}_{out} \quad (1)$$

โดยที่
$$\sum \dot{M} = \rho \times Q \quad (2)$$

สมการโมเมนตัม (Momentum Equation) ของของไหลที่อัดตัวไม่ได้ (Incompressible Fluid) ภายใต้การไหลที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (Steady stage)

$$\sum F_{sys} = \sum(\rho_{out} \times Q_{out} \times v_{out}) - \sum(\rho_{in} \times Q_{in} \times v_{in}) \quad (3)$$

$\sum F_{sys}$ คือ อัตราเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงเส้นของระบบ

สมการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Equation) เป็นสมการที่ได้ประยุกต์จากสมการพลังงานของ Bernoulli ที่เป็นสมการความสัมพันธ์ของเฮดภายใต้สมมุติฐานว่าไม่มีการสูญเสียพลังงาน หรือการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างระบบและสิ่งแวดล้อม ซึ่งให้ทางการไหลของของไหลของไหลมีการสูญเสียพลังงานสามารถแบ่งชนิดการสูญเสียได้ดังนี้

1. การสูญเสียหลัก (Major loss) เป็นการสูญเสียที่เกิดจากแรงเสียดทาน หรือการสูญเสียเนื่องจากความฝืด (Friction head loss)
2. การสูญเสียรอง (Minor loss) เป็นการสูญเสียที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว อย่างกระทันหันของของไหล

สมการ Bernoulli

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (4)$$

Z คือเฮดของพลังงานศักย์ซึ่งก็คือความสูงจากระดับอ้างอิง

$\frac{P}{\gamma}$ คือ เฮดที่มาจากความดันสถิตหรือเฮดความดัน

$\frac{v^2}{2g}$ คือ เฮดพลังงานจลน์ที่เกิดจากความเร็ว

สมการ Bernoulli ที่พิจารณาการสูญเสีย

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + (\sum h_f + \sum h_m) \quad (5)$$

h_f คือ เฮดจากการสูญเสียหลัก

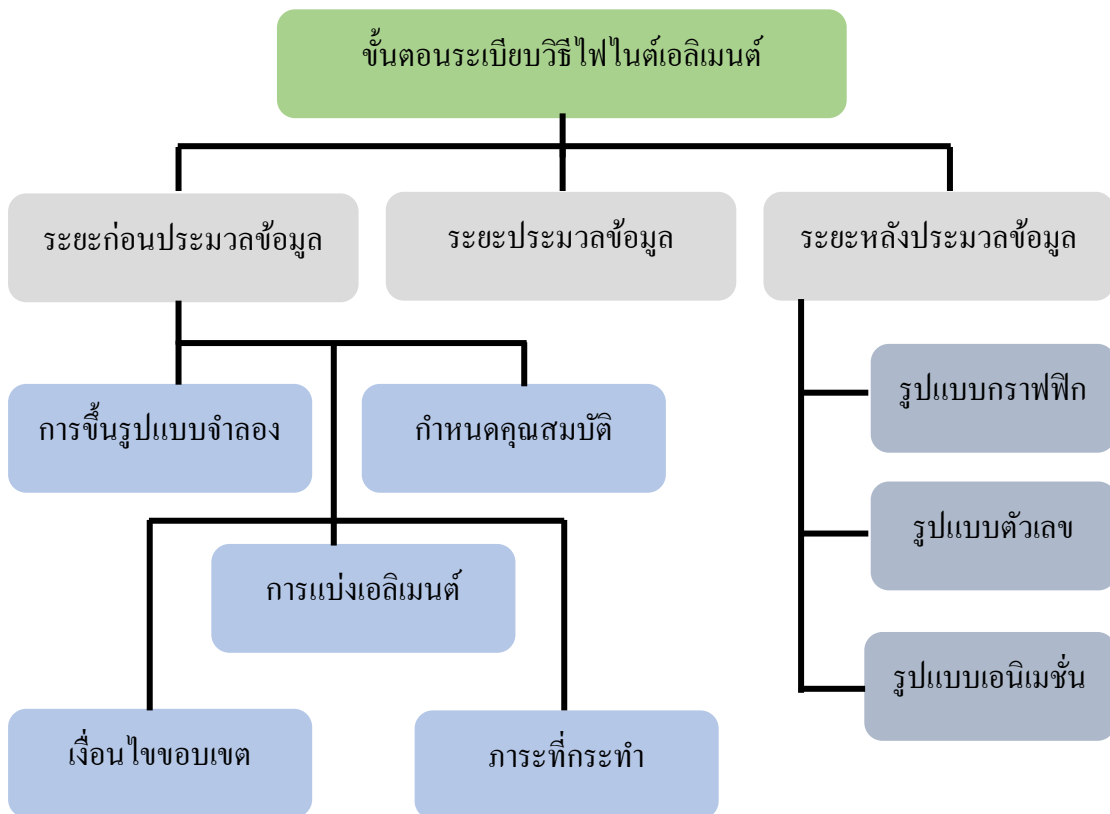
h_m คือ เฮดจากการสูญเสียรอง

2.1.3 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element method)

วิธีการนำหลักการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในเชิงพฤติกรรมของวัสดุเชิงโครงสร้าง (Structural) ความร้อน (Heat transfer) หรือของไหล (Fluid flow) ในสภาพแวดล้อมที่กำหนด โดยแก้ปัญหาคำนวณด้วยสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (Partial differential equation) ด้วยวิธีเชิงตัวเลข (Numerical methods) เพื่อได้ผลลัพธ์โดยประมาณ (Approximate solution) ของปัญหาที่ผ่านคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้การขึ้นรูปแบบจำลองได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และมีรูปร่างลักษณะเสมือนโครงสร้างจริง ทำให้การคำนวณแม่นยำมากขึ้น และทำทดลองซ้ำได้ไม่จำกัดจำนวนครั้งสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ตามคุณสมบัติของสิ่งที่ต้องการศึกษา กำหนดทิศทาง และปริมาณแรงที่กระทำต่อวัสดุ ซึ่งสามารถศึกษาพฤติกรรมที่มีสถานะกายภาพที่แตกต่างกัน ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สามารถประเมินผลลัพธ์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การเคลื่อนที่ (Displacement) ความเค้น (Stress) ความเครียด (Strain) การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer) กลศาสตร์ของไหล (Fluid mechanic) เป็นต้น การแก้ปัญหาคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

สามารถลดเวลาในการสร้างแบบทดลองจริง การสร้างแบบจำลองต้นแบบ เวลาในการทดสอบ และค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการทำวิจัย จึงทำให้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นที่นิยมใช้มาจนถึงปัจจุบัน

2.1.3.1 ขั้นตอนระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์



ภาพที่ 2.2 แสดงขั้นตอนระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

องค์ประกอบการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ประกอบด้วย แบบจำลอง สำหรับการวิเคราะห์ (Geometry) ค่าเฉพาะของสิ่งที่ต้องการศึกษา (Material parameter) เงื่อนไขขอบเขต (Boundary conditions) และภาระที่กระทำ (Load) ซึ่งขั้นตอนการศึกษาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะสามารถแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ ระยะก่อนประมวลผล (Pre-processing phase) ระยะประมวลข้อมูล (Solution phase) และระยะหลังประมวลผล (Post-processing phase)

2.1.3.2 ระยะก่อนประมวลข้อมูล

ระยะก่อนประมวลข้อมูลมีความสำคัญส่งผลกระทบต่อความถูกต้องแม่นยำในการวิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนการเตรียมแบบจำลองก่อนเข้าสู่ขั้นตอนประมวลผล แบบจำลองที่ดีควรมีความเหมือนหรือใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุดทั้งมิติรูปร่าง และคุณสมบัติเชิงกล เพื่อให้ผลลัพธ์ของ

การวิเคราะห์พฤติกรรมการตอบสนองที่กำหนดใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีลักษณะทั้งแบบสองมิติหรือสามมิติขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา โดยแบบจำลองสามมิติจะสามารถวิเคราะห์คุณภาพใกล้เคียงความจริงมากกว่าสองมิติ แต่การสร้างแบบจำลองสามมิตินั้นมีกระบวนการขึ้นรูปซับซ้อนมากกว่า ต้องอาศัยความชำนาญและเทคโนโลยีขั้นสูง การสร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

ก. การขึ้นรูปแบบจำลอง (Model simulation)

การขึ้นรูปแบบจำลองโดยการวาดแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น AutoCAD, Solid Works, Rhino 3D เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เทคนิคการถ่ายภาพหรือการสแกน (Scan) ของต้นแบบ ข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนขึ้นรูปแบบจำลองเก็บในรูปแบบดิจิทัลต่อมานำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ต่อไป

ข. การแบ่งเอลิเมนต์ (Meshing model)

ขั้นตอนแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ขั้นสูงในการแบ่งรูปร่าง (Meshing geometry) ขอบเขตของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็นชิ้นส่วนย่อยเรียกว่าเอลิเมนต์ (Element) ที่มีขนาดเล็กลงเพื่อให้ง่าย สะดวกต่อการคำนวณ แต่ละเอลิเมนต์มีคุณสมบัติเฉพาะตัวทางกายภาพ เช่น ความหนา ความหนาแน่น โมดูลัสของยัง (Young's modulus) และอัตราส่วนปัวซอง (Poisson ratio) เป็นไปตามชนิดของสิ่งที่ต้องการศึกษา เอลิเมนต์ที่ถูกแบ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ฟังก์ชันการประมาณภายใน (interpolation functions) ที่แตกต่างกันไปขึ้นกับรูปร่าง ขอบเขต จำนวนจุดต่อ เอลิเมนต์ที่อยู่ติดกันใช้จุดต่อร่วมกัน โดยมีขอบที่เป็นขอบเขตเชื่อมต่อกันระหว่างจุดต่อของเอลิเมนต์ นอกจากจุดต่ออยู่บริเวณมุมของเอลิเมนต์แล้วยังอยู่บนขอบที่เชื่อมต่อกันระหว่างจุดต่อสองจุด เรียกว่าจุดต่อกลาง (midsized node) ดังรูปที่ 2 การเพิ่มจำนวนจุดต่อบนแบบจำลองช่วยให้การวิเคราะห์ผลมีความแม่นยำมากขึ้น



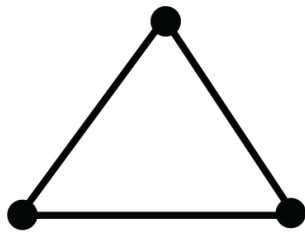
ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ (มี 2 จุดต่อ)



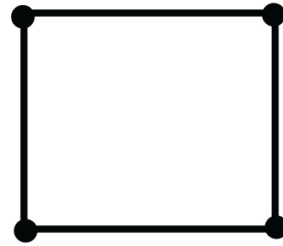
ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะจุดต่อสองจุด เชื่อมกันด้วยขอบ และมีจุดเชื่อมกลาง (มี 3 จุดต่อ)

จากการศึกษาที่ผ่านมาสามารถจำแนกรูปร่างและความสัมพันธ์ของจุดต่อได้ดังนี้

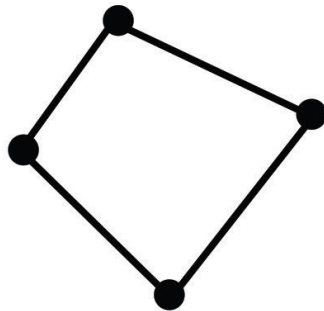
- 1) รูปร่างเอลิเมนต์ 1 มิติ ได้แก่ ลักษณะเชิงเส้น (linear) เช่น คาน (beam) โครงถัก (truss) คานประกอบด้วย 3 จุดต่อ (quadratic beam) คานประกอบด้วย 4 จุดต่อ (cubic beam)
- 2) รูปร่างเอลิเมนต์ 2 มิติ ได้แก่ เอลิเมนต์พื้นที่เชิงเส้นเป็นระนาบความเค้น ความเครียด ลักษณะเป็นแผ่น (plate) หรือเปลือกบาง (shell) มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมรูปร่างต่าง ๆ



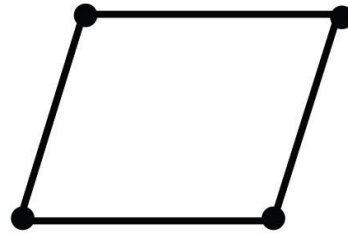
สามเหลี่ยม (triangle)



สี่เหลี่ยมมุมฉาก (rectangle)

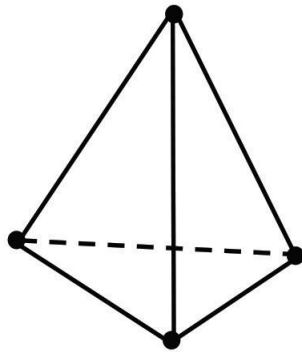


สี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า
(quadrilateral)

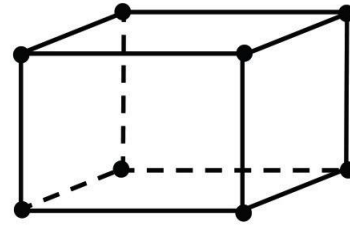


สี่เหลี่ยมด้านขนาน
(parallelogram)

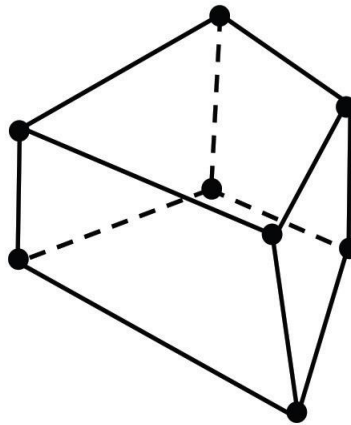
ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 2 มิติ



พีระมิดฐานสามเหลี่ยม
(tetrahedron)



ปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก
(Rectangular prism)



ทรงหกหน้า (hexahedron)

ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะพื้นฐานรูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ

3) รูปร่างเอลิเมนต์ 3 มิติ ได้แก่ เอลิเมนต์ปริมาตรอาจเป็น โครงสร้างพีระมิดฐานสามเหลี่ยม (tetrahedron) ปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉาก (rectangular prism) หรือทรงหกหน้า (hexahedron)

ค. การกำหนดคุณสมบัติและพฤติกรรมวัสดุ

การกำหนดคุณสมบัติและความสัมพันธ์ตามลักษณะพฤติกรรมและคุณสมบัติทางกายภาพของสิ่งที่ต้องการศึกษา หลังจากแบ่งแบบจำลองเป็นเอลิเมนต์ต่างๆ แต่ละเอลิเมนต์มีลักษณะเสมือนวัตถุอิสระที่แยกจากกัน จำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติและความสัมพันธ์ของแต่ละเอลิเมนต์ คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุให้ใกล้เคียงกับลักษณะจริงของสิ่งที่ต้องการศึกษาชนิดนั้นๆ รวมถึงการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของสิ่งที่ต้องการศึกษาให้สิ่งนั้นเคลื่อนขยับ หยุคนิ่ง หรือมีแรงกระทำบริเวณใด ด้วยขนาดของแรงเท่าใด มีตำแหน่งถ่ายทอดแรงระหว่างแต่ละหน่วยย่อยมีลักษณะเป็นจุดหรือเป็นพื้นที่ เพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีพฤติกรรมในระดับ โครงสร้างที่

สอดคล้องกับสภาวะที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด สามารถจำแนกรูปแบบฟังก์ชันการประมาณภายในและพฤติกรรมปฏิกริยาระหว่างวัสดุที่สัมผัสกันได้ดังนี้

1) ประเภทของวัสดุตามพฤติกรรมตอบสนองเมื่อมีแรงกระทำแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่มที่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมหลังเกิดการเปลี่ยนรูป (linear elastic material) กลุ่มที่ไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมหลังการเปลี่ยนรูป (plastic material) กลุ่มที่สามารถคืนสู่สภาพเดิมได้บางส่วนหลังเกิดการเปลี่ยนรูป (elastoplastic material) กลุ่มที่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้หลังการเปลี่ยนรูปแต่ต้องใช้เวลา (viscoelastic material) กลุ่มที่ต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนรูปและวัสดุเกิดการเสีรูปร่างอย่างถาวร (viscoelastic material)

2) พฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้น ความเครียดบริเวณผิวสัมผัส กรณีแบบจำลองประกอบด้วยโครงสร้างสองส่วนขึ้นไปเกิดการสัมผัสกัน การกำหนดพฤติกรรมบริเวณผิวสัมผัสเป็นแบบเชิงเส้น (linear contact) หรือแบบไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear contact) ขึ้นกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นและความเครียดบริเวณผิวสัมผัสเมื่อมีแรงมากระทำวัสดุ หากความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะกราฟเส้นตรงเป็นลักษณะแบบเชิงเส้น แต่พฤติกรรมส่วนใหญ่ของเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตมักไม่เกิดลักษณะที่เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น

3) พฤติกรรมการตอบสนองของโครงสร้างวัสดุ พิจารณาพฤติกรรมการตอบสนองของโครงสร้างวัสดุเมื่อได้รับแรง พบว่าแต่ละหน่วยย่อยเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในลักษณะสามมิติ คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงตามแนวแกน x y และ z คุณสมบัติดังกล่าวสามารถจำแนกวัสดุได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มวัสดุที่มีคุณสมบัติเชิงกลเหมือนกันในทุกทิศทางคือไอโซโทรปิก (Isotropic materials) ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้า แก้ว เป็นต้น กลุ่มวัสดุที่มีคุณสมบัติเชิงกลเหมือนกันในระนาบหนึ่ง และมีคุณสมบัติเชิงกลที่เปลี่ยนไปในทิศทางตั้งฉากกับระนาบนั้น (transversely isotropic materials) ตัวอย่างเช่น ไทเทเนียม (Ti) กลุ่มวัสดุที่มีคุณสมบัติเชิงกลแตกต่างกันในทุกแนวแกนคือแอนไอโซโทรปิก (anisotropic materials) ตัวอย่างเช่น ไม้ คอมโพสิต และกลุ่มวัสดุที่มีคุณสมบัติเชิงกลแตกต่างกันในแต่ละแนวแกน โดยมีสองแนวแกนที่เหมือนกัน (orthotropic materials) ซึ่งเป็นกลุ่มย่อยของกลุ่มแอนไอโซโทรปิก การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ศึกษาทันตกรรมรากเทียมมักกำหนดให้วัสดุมีพฤติกรรมแบบวัสดุเนื้อเดียวเชื่อมติดกันเป็นชิ้นเดียว (perfect bond) มีคุณสมบัติเชิงกลวัสดุเหมือนกันในทุกทิศทางและมีความสัมพันธ์ ความเค้น ความเครียดเป็นเชิงเส้น (linearly isotropic)

ง. เงื่อนไขขอบเขต

เป็นการกำหนดค่าตัวแปรหนึ่งในสมการซึ่งเป็นข้อมูลรับเข้า (input) เพื่อเป็นเงื่อนไขในการประมวลผล ค่าตัวแปรนี้มีความสำคัญในการกำหนดบริเวณจุดต่อใดเกิดการเคลื่อนขยับได้

บริเวณใดกำหนดให้อยู่หนึ่ง (zero displacement) มีผลต่อระดับความเสรีของแต่ละจุดต่อ รูปแบบของระดับความเสรีมีหลายแบบขึ้นกับลักษณะสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ ถ้าต้องการวิเคราะห์โครงสร้างวัสดุในรูปสามมิติโดยพิจารณาตามแนวแกนทั้งสามคือ แนวแกน x y และ z เมื่อพิจารณาเพียงจุดต่อเดียว เกิดการเคลื่อนที่อิสระได้ทุกทิศทาง พบว่าการเคลื่อนที่มี 6 ระดับ ความเสรีที่จุดต่อสามารถเกิดการเลื่อนขนาน (translation) หมุน (rotation) หรือเกิดโมเมนตัม (momentum) ไปตามแนวแกนทั้งสาม เมื่อจุดต่อเชื่อมต่อกันเกิดเป็นเอลิเมนต์ย่อย ระดับความเสรีถูกจำกัดลง ดังนั้นรูปร่างเอลิเมนต์ และตำแหน่งความสัมพันธ์จุดต่อที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อระดับความเสรีของจุดต่อเป็นเสมือนตัวแปรอิสระ (independent variable) ที่เลือกกำหนดค่าได้ทำให้การอธิบายระบบเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

จ. พลังงานภายนอกที่มากระทำ

พลังงานที่มากระทำบนวัตถุที่เป็นของแข็ง (solid structure) อาจเป็นพลังงานในรูปแบบของแรง หรือความดัน พื้นที่บนวัตถุที่พลังงานมากระทำเกิดขึ้นบางพื้นที่ (concentrated load) หรือเกิดการกระจายทั่วพื้นที่ในแนวระนาบ (distributed load) ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการทดสอบ ทัวไปกำหนดให้เกิดการกระจายบนพื้นผิวในแนวระนาบ เนื่องจากแรงกำหนดให้ลงเฉพาะที่มักทำให้เกิดความเค้นคั่ง (stress concentration) ที่เอลิเมนต์บริเวณนั้นสูงกว่าความเป็นจริง และเกิดรูปแบบการกระจายความเค้นที่ไม่เหมาะสม

การประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นเป็นการกำหนดค่าตัวแปรต้น ได้แก่ รูปแบบวิธีการวิเคราะห์ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ คุณสมบัติเฉพาะของวัสดุ เงื่อนไขขอบเขต พลังงานที่มากระทำ เพื่อให้การวิเคราะห์ผลมีความใกล้เคียงกับสภาวะจริงมากที่สุด

2.1.3.3 ระยะประมวลผลข้อมูล (the solution phase)

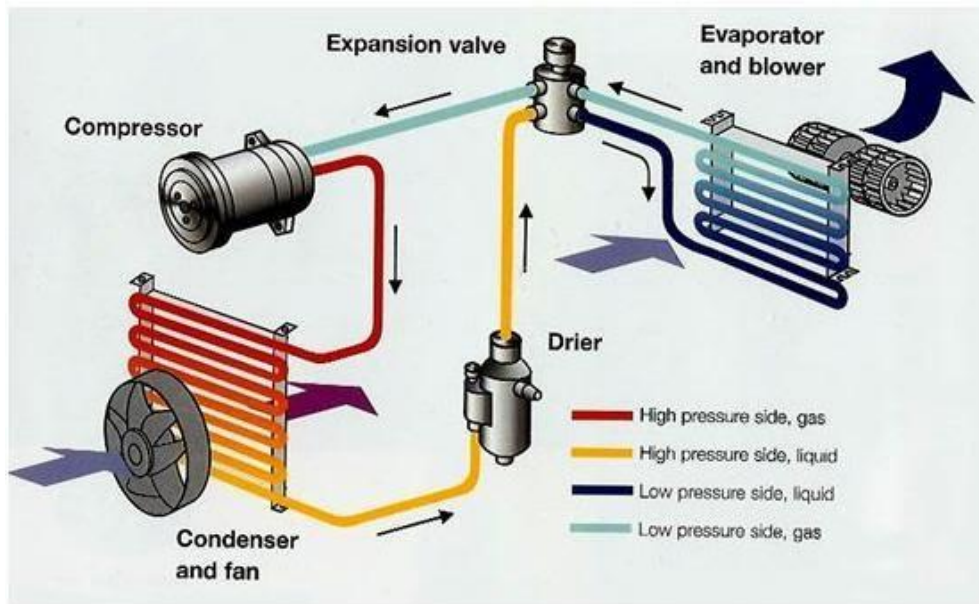
โดยนำระบบคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ทางงานวิศวกรรม (computer aided engineering; CAE) ช่วยประมวลผลจากสมการรวมระบบของแต่ละเอลิเมนต์ที่เกิดขึ้นได้ค่าผลเฉลยโดยประมาณ ความแม่นยำที่ได้ขึ้นกับการกำหนดขนาด รูปร่าง จำนวนของเอลิเมนต์ การสมมติรูปแบบของฟังก์ชันภายในโดยประมาณ ถ้ากำหนดค่าดังกล่าวได้ใกล้เคียงกับความจริงมาก ผลเฉลยที่ได้แม่นยำมากขึ้น ปัจจุบันมีบริษัทผลิตซอฟต์แวร์เพื่อคำนวณระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่นิยมใช้ได้แก่ Abaqus, Ansys, Hyper mesh เป็นต้น การแปลผลข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (interpretation) ผลลัพธ์ที่ได้จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์วิเคราะห์ได้หลายประการขึ้นกับข้อมูลเข้า ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรมเพื่อให้ประมวลผลได้ตามต้องการ วิเคราะห์ข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้ในรูปค่าความเค้น ความเครียด ทิศทางการเคลื่อนขยับ หรือการบิดเบี้ยวของวัสดุเมื่อมีแรงมากระทำ

2.1.3.4 ระยะเวลาประมวลข้อมูล

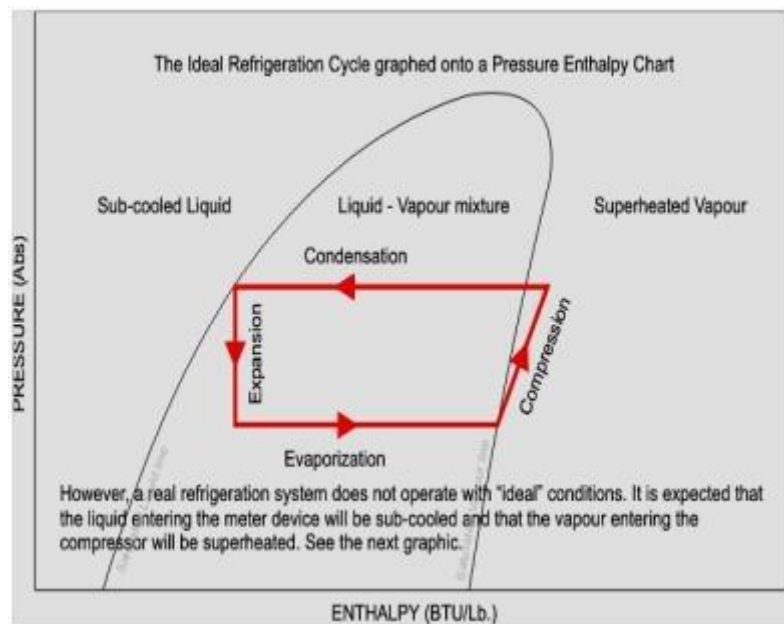
การแสดงผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์มีหลากหลายรูปแบบ เช่น กราฟฟิก (graphical output) เป็นรูปแบบที่นิยมใช้แสดงผลเป็นแถบสี (color-coded map) รูปแบบการกระจายความเค้น ความเครียดหรือการเคลื่อนขยับเมื่อมีแรงกระทำหรือการแสดงผลเชิงตัวเลข (numeric output) แสดงบริเวณที่วัสดุเกิดค่าความเค้นสูงสุด (stress contour) ดังแสดงรูปที่ 6 อธิบายแนวโน้มรูปแบบการกระจายความเค้นตามแถบสี โดยค่าความเค้นน้อยที่สุดดูจากแถบสี สีนํ้าเงินเป็นค่าความเค้นวอนมิสเชสสูงสุดประมาณ 1.62 เมกะปาสกาล ไล่ระดับสีไปจนถึงแถบสีแดงเป็นค่าความเค้นวอนมิสเชสสูงสุดประมาณ 69.57 เมกะปาสกาล เช่น ตัวหลักยึดสิ่งปลูกฝัง (implant abutment) รากเทียมขนาดเล็กที่ระดับขอบบนของส่วนรากเทียมที่ฝังในกระดูก (fixture) การแสดงผลเชิงแอนิเมชัน (animated output) เป็นภาพเคลื่อนไหว แสดงลักษณะการถ่ายทอดแรง และทิศทางที่เกิดขึ้นภายในวัสดุ ผู้ศึกษาเห็นภาพชัดเจน และทำนายพฤติกรรมภายในวัสดุได้มากขึ้น

2.1.4 ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning)

หลักการทางานของระบบปรับอากาศแต่ละประเภทจะแตกต่างกันตามลักษณะการออกแบบ การติดตั้งและใช้งาน แต่ทุกระบบโดยส่วนใหญ่ จะใช้วัฏจักรการทำความเย็นแบบวงจรอัดไอ โดยมีสารทำความเย็นเช่น R22 หรือ R134a และอื่นๆ เป็นสารที่ทำหน้าที่ดูดและคายความร้อนจากสารตัวกลาง ใต้แก๊สหรือให้นํ้าให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ เมื่อสารตัวกลางได้รับความเย็นจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (ในกรณีที่สารตัวกลางเป็นนํ้า) หรืออากาศเย็นไปยังพื้นที่ปรับอากาศโดยตรง (ในกรณีที่สารตัวกลางเป็นอากาศ) ส่วนความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไประบายออกที่ชุดระบายความร้อนซึ่ง อาจจะเป็นการระบายความร้อนด้วยอากาศหรือระบายความร้อนด้วยนํ้าขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้งาน สำหรับส่วนประกอบของวัฏจักรการทำความเย็นนั้นมีส่วนประกอบดังนี้



ภาพที่ 2.7 แสดงการทำงานของระบบปรับอากาศอย่างง่าย



ภาพที่ 2.8 แสดงวัฏจักรอัดไอ

1 – 2 การอัด (Compression) อัดสารทำความเย็นสถานะก๊าซความดันต่ำ ให้เป็นก๊าซร้อน

ความดันสูง

2 – 3 การควบแน่น (Condensing) สารทำความเย็นสถานะก๊าซควบแน่นเป็นของเหลว และคายความร้อนออก

3 – 4 การขยายตัว (Expansion) จากสารทำความเย็นความดันสูงไปเป็นความดันต่ำ พร้อมทั้งลดอุณหภูมิลงและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของเหลวผสมก๊าซ

4 – 1 การระเหย (Evaporation) ความร้อนจากสารตัวกลาง (อากาศหรือน้ำ) จะถูกดูดเพื่อใช้ในการระเหยของสารทำความเย็นเหลวให้เป็นก๊าซ

ระบบปรับอากาศมักจะถูกออกแบบเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในช่วงความสบายของผู้ที่อยู่ในอาคาร หรือที่เรียกว่า Comfort Zone คืออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-27 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20-75%

2.1.4.1 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ หรือเรียกว่าระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศที่ขนาดใหญ่มีจำนวนห้องที่จำเป็นต้องปรับอากาศหลายห้อง หลายโซน หรือหลายชั้น โดยส่วนใหญ่จะใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน หรือความเย็นโดยมีส่วนประกอบของระบบดังต่อไปนี้

ก. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ถือว่าเป็นหัวใจของระบบปรับอากาศประเภทนี้ ในการออกแบบระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นนี้ เครื่องทำน้ำเย็นจะทำหน้าที่ ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากเครื่องระเหย (Evaporator) ให้ได้ 12 °C และ 7 °C โดยมีอัตราการไหลของน้ำเย็นตามมาตรฐานการออกแบบของผู้ผลิตอยู่ที่ 2.4 แกลลอนต่อนาทีต่อตันความเย็น ภายในประกอบไปด้วยระบบทำน้ำเย็นโดยมีวัฏจักร การทำความเย็น ที่มีส่วนประกอบ 4 ส่วนคือ เครื่องระเหย (Evaporator) เครื่องอัดไอ (Compressor) เครื่องควบแน่น (Condenser) และวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานให้เลือกหลายประเภทซึ่งมีข้อดีและข้อเสียของแต่ละประเภทแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน หากแบ่งตามลักษณะการระบาย ความร้อนที่เครื่องควบแน่น (Condenser) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ 1. ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) โดยปกติขนาดการ ทำความเย็นไม่เกิน 500 ตัน เหมาะสำหรับพื้นที่ปรับอากาศที่มีขีดจำกัดของพื้นที่ติดตั้ง หรือระบบน้ำสำหรับระบายความร้อน ประสิทธิภาพสำหรับเครื่อง ทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศจะอยู่ระหว่าง 1.4-1.6 กิโลวัตต์ต่อตัน 2. ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) ใช้สำหรับระบบที่ต้องการขนาดการทำความเย็นมาก ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นชนิด ระบายความร้อนด้วยน้ำดีกว่าระบายความร้อนด้วยอากาศโดยจะอยู่ระหว่าง 0.62-0.75 กิโลวัตต์ต่อตัน อย่างไรก็ตามเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความ

ร้อน ด้วยน้ำต้องมีการลงทุนที่สูงกว่าเนื่องจากการติดตั้งหอระบายความร้อน (Cooling Tower) เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) และยังต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมเพื่อป้องกันการสึกกร่อนและตะกรัน ในระบบท่อและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอันเป็นสาเหตุทำให้ประสิทธิภาพ เครื่องทำน้ำเย็นต่ำลง



ภาพที่ 2.9 แสดงเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)

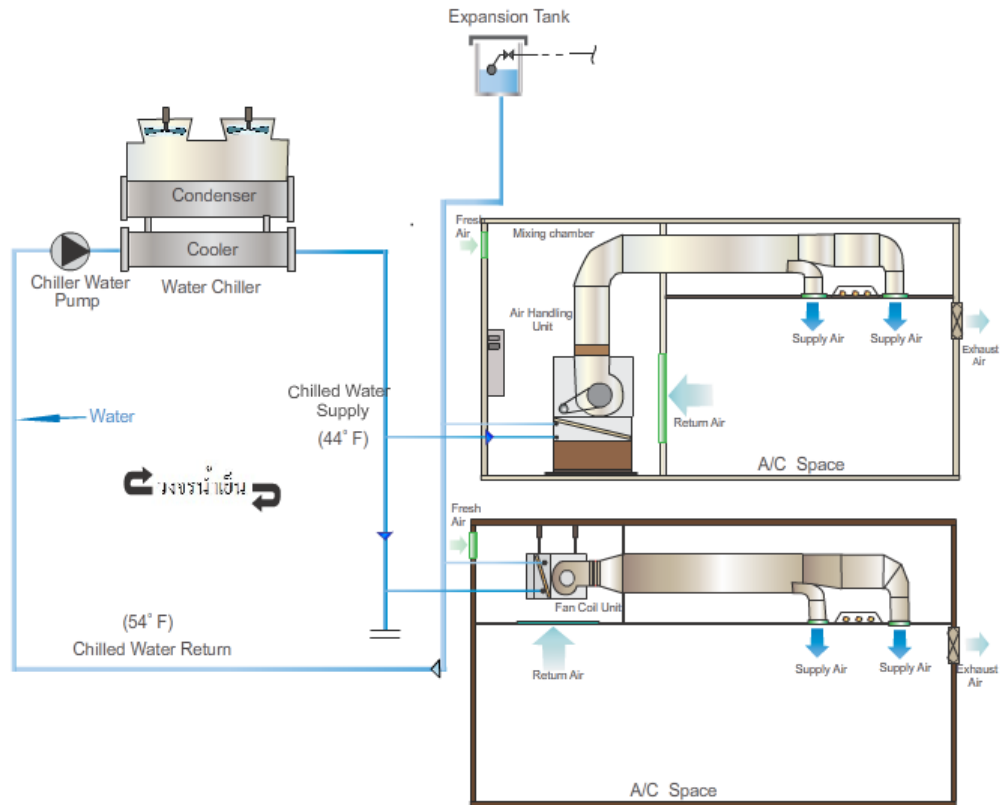


ภาพที่ 2.10 แสดงเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

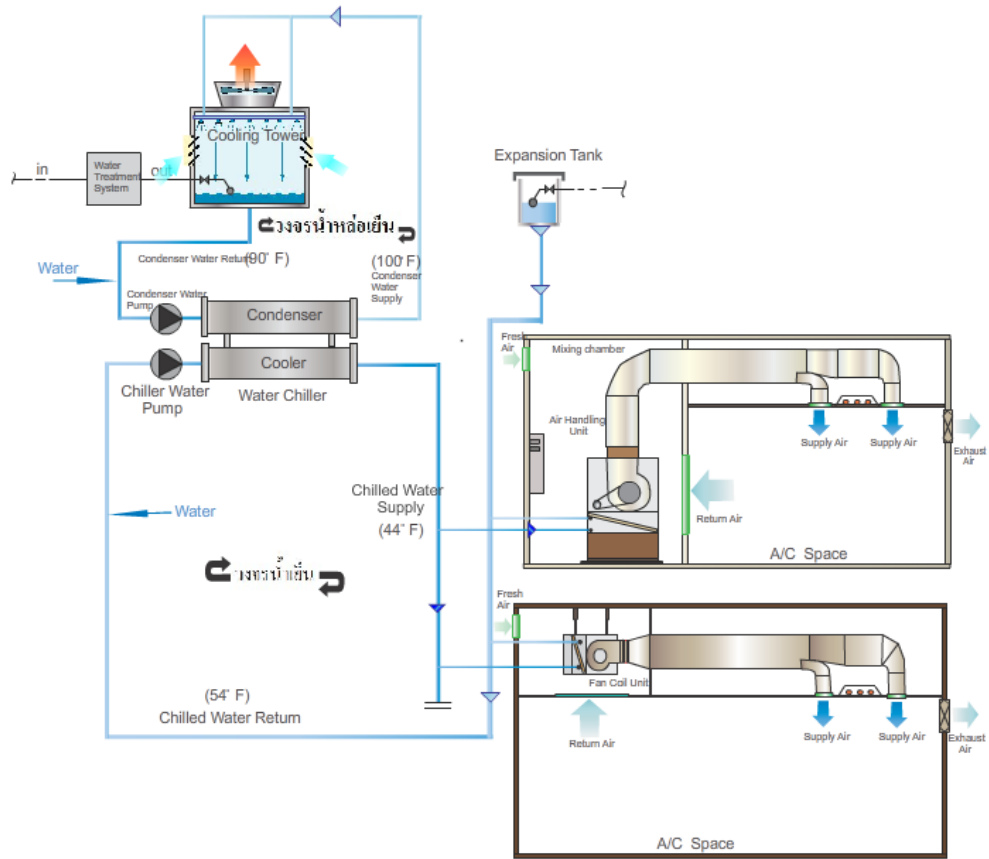
ข. เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สูบน้ำสารตัวกลางหรือน้ำจากเครื่องทำน้ำเย็นไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เช่นเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) หรือคอยล์เย็น (Fan Coil Unit)

ค. ระบบส่งจ่ายลมเย็น (Air Handling Unit) และท่อส่งลมเย็น (Air Duct System) ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิอากาศภายนอก (Fresh Air) หรืออุณหภูมิอากาศไหลกลับ (Return Air) ให้อยู่ในระดับที่ควบคุมโดยอากาศจะถูกเปิดด้วยพัดลม (Blower) ผ่านแผงคอยล์น้ำเย็น (Cooling Coil) ซึ่งจะมีวาล์วควบคุมปริมาณน้ำเย็นที่ส่งมาจากเครื่องทำน้ำเย็นด้วย เครื่องสูบน้ำเย็นตามความต้องการของภาระการทำความเย็น ณ ขณะนั้นอากาศเย็นที่ไหลผ่านแผงคอยล์เย็นจะไหลไปตามระบบท่อส่งลมเย็นไปยังพื้นที่ปรับอากาศ

ง. คอยล์ร้อน (Condensing Unit) สำหรับระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ หรือหอระบายความร้อน (Cooling Tower) สำหรับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นเพื่อเปลี่ยนสถานะสารทำความเย็นจากก๊าซไปเป็นของเหลว สำหรับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำโดยหอระบายความร้อนนั้น อุณหภูมิของน้ำที่ออกแบบไว้เมื่อเข้าและออกของเครื่องควบแน่นจะอยู่ที่ 32°C และ 37°C โดยมีอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนตามมาตรฐานการออกแบบของผู้ผลิตอยู่ที่ 3.0 แกลลอนต่อนาทีต่อตันความเย็นเนื่องจากน้ำที่ใช้ในระบบหล่อเย็นต้องใช้เป็นปริมาณมากจึงจำเป็นต้องใช้ระบบน้ำหมุนเวียน และใช้หอระบายความร้อนเพื่อปรับ อุณหภูมิของน้ำให้ต่ำลงเพื่อสามารถนำกลับไปใช้ได้อีกปริมาณจะสูญเสียไปประมาณ 4-6 % ของปริมาณน้ำหมุนเวียน ซึ่งแบ่งเป็นน้ำ 2-3 % กระเด็นสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์น้ำอีก 2-3 % จะระเหยหายไป การระเหยของน้ำจะมากขึ้นเพียงใดขึ้นกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิกระเปาะเปียก ของอากาศยิ่งต่ำเท่าใดเราจะยิ่งได้น้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.11 แสดงไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)



ภาพที่ 2.12 แสดงไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบห้องเย็นเพื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดีและสามารถลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นต่อไป

มักตาร์ แวะหะยี (2559) ทำการศึกษาลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่มีรอยเว้าและรอยนูนจำนวน 5 อันบนพื้นผิวภายในของอุโมงค์ลมหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าติดตั้งฉากกั้นทิศทางการไหลภายในอุโมงค์ โดยทั้งหมดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของอุโมงค์ $D = 26.4 \text{ mm}$. และความลึกของรอยเว้าหรือความสูงของรอยนูน $H = 0.2D$ ปรับระยะห่างระหว่างรอยเว้าและนูนที่ $S = 1.125D, 1.25D, 1.5D$ และ $2D$ และเรย์โนลด์นัมเบอร์ของอากาศ $Re = 20,000$ ใช้การคำนวณพลศาสตร์การไหลด้วยคอมพิวเตอร์พบว่ารอยนูนทรงกลมในอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าแบบอื่น และเมื่อระยะห่างระหว่างรอยนูนแคบลงทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น โดยที่ $S = 1.125D$ เป็นระยะที่มีการถ่ายเทความร้อนสูงสุด

ธัญญ์ ภาววรรณ (2560) ศึกษาแบบจำลองพฤติกรรมการไหลของอากาศผ่านทรงกระบอกตันแบบ 2 มิติด้วยเทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณโดยการกระจายตัวของความเร็วอากาศ สัมประสิทธิ์การไหล (Re_d) และ เลขเรย์โนลด์ (Reynolds Number, Re_d) ที่ค่าความเร็วอากาศเริ่มต้นที่ 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 3, 5, 10, 30 และ 50 m/s โดยมีเงื่อนไขเลขเรย์โนลด์ที่ $Re_d \leq 10^3$ เป็นการไหลเป็นแบบราบเรียบและใช้แบบจำลองความหนืด (Viscous Model) แบบ Laminar เงื่อนไขเลขเรย์โนลด์ที่ $10^3 \leq Re_d \leq 10^5$ การไหลเป็นแบบปั่นป่วนและใช้แบบจำลองความหนืดแบบ k-epsilon และเงื่อนไขเลขเรย์โนลด์ที่ $Re_d > 10^5$ การไหลเป็นแบบปั่นป่วนเต็มรูปแบบและใช้แบบจำลองความหนืดแบบ k-epsilon ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองสร้างแบบจำลองจะมีความสอดคล้องกัน ในช่วงค่าของเลขเรย์โนลด์ ที่ 10^3 ถึง 10^5 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลเฉลี่ยโดยการทดลองสร้างแบบจำลอง CFD จะมีค่า 1.62 และค่าสัมประสิทธิ์การไหลเฉลี่ยโดยการคำนวณตามทฤษฎี จะมีค่า 1.03 และค่าสัมประสิทธิ์การไหลของอากาศที่ไหลผ่านทรงกระบอกตันผิวเรียบที่ใช้จริงตามทฤษฎี จะมีค่าอยู่ที่ 1.20

Cinzia Buratti, Domenico Palladino and Elisa Moretti (2560) ได้ทำการศึกษาการประเมินความสบายทางความร้อน Thermal comfort จากการพาความร้อนจากธรรมชาติโดยการใช้การตั้งค่าสภาพอากาศภายนอกเป็นค่าตั้งต้นการทดลองและใช้เครื่องมือ CFD จำลองลักษณะของความร้อนสถานที่ที่ทำการวิจัยคือ ห้องเรียนที่ Department of Engineering, University of Perugia การทำการทดลองจะตรวจสอบแบบจำลองดำเนินการ โดยการตรวจสอบพารามิเตอร์ควบคุมที่แตกต่างกันสามแบบ (อุณหภูมิอากาศ พื้นผิว อุณหภูมิของพื้นผิวที่บดแสงและ โปร่งใส) ซึ่งผลจากการทำแบบจำลองทำให้ได้ค่า PMV ที่ใกล้เคียงกับมากในแบบจำลองทั้งเพศชายและเพศหญิง

สุพัชรพล มงคลนาม, ยุทธนา ตาละลักษมณ์ และวราภรณ์ จันทร์จันทโร (2563) ได้ทำการศึกษาการสลายพลังงานของน้ำล้นผ่านอาคารระบายน้ำล้นก่อนปล่อยสู่ธรรมชาติ ในงานศึกษานี้ ได้ใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการจำลองการไหลของน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำประแสร์ก่อนมีการปรับปรุง เพื่อศึกษาลักษณะการสลายพลังงานโดยทำการศึกษา 2 กรณี ที่ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเท่ากับ +36.570 ม.รทก. และ +35.785 ม.รทก. โดยมีอัตราการระบายน้ำที่ 100% และ 32.5% ของอัตราการไหลที่ระดับน้ำสูงสุดผลการศึกษาพบว่า เกิด Hydraulic jump แบบ Submerged jump ทั้งสองกรณี ผลการศึกษานี้จะถูกนำไปปรับเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการสลายพลังงานของอาคารสลายพลังงานของอ่างเก็บน้ำประแสร์และทำให้มีการเพิ่มระดับสันอาคารระบายน้ำล้นขึ้น 1.00 เมตร ด้วยบานระบายน้ำแบบพับได้ และเพิ่มระดับพื้นของอาคารท้ายฝายขึ้นอีก 0.75 เมตร

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

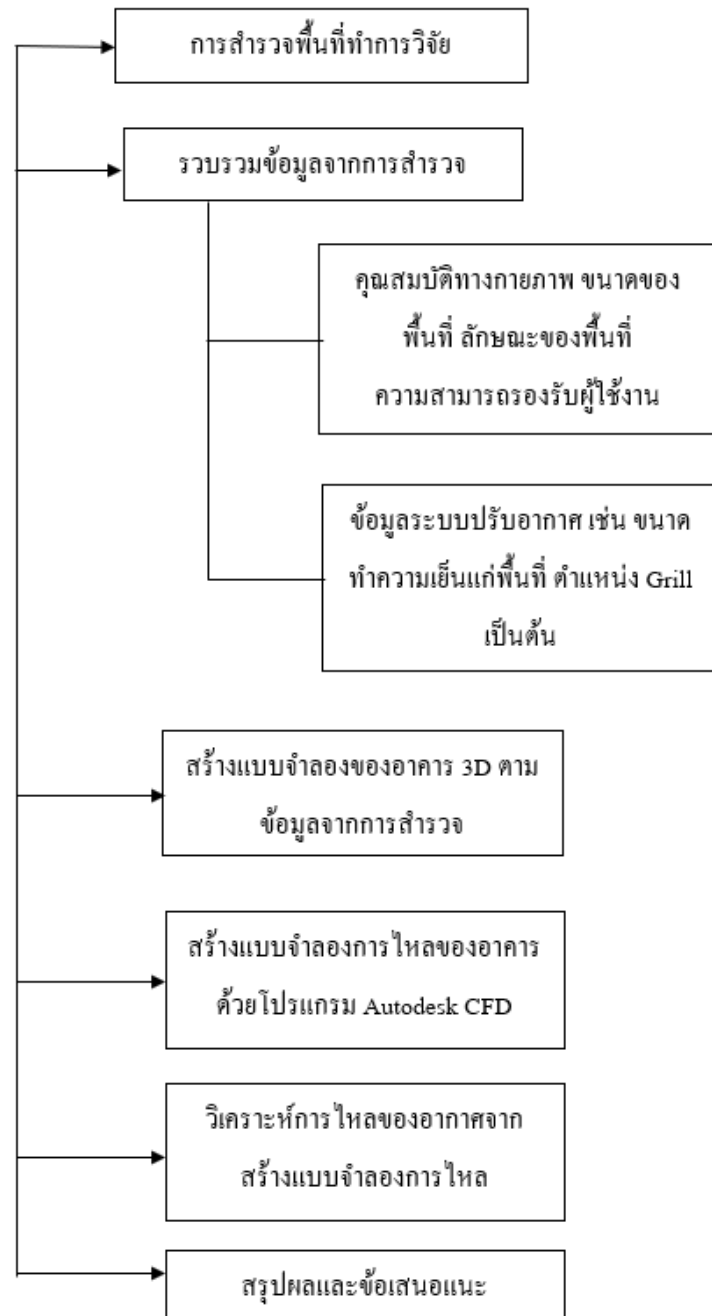
การศึกษารายละเอียดการไหลของอากาศภายในห้องบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห่งหนึ่งที่ต้องควบคุมอุณหภูมิขณะทำการผลิตเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวการไหลของอากาศและอุณหภูมิภายในห้องโดยวิธีการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics : CFD) จะดำเนินการเก็บข้อมูลเบื้องต้นทั้งทางด้านกายภาพได้แก่ ขนาด ลักษณะความสามารถของการรองรับผู้ใช้งานภายในห้อง รวมถึงระบบปรับอากาศที่ใช้สำหรับในพื้นที่ เช่น ขนาดการทำความเย็น จุดจ่ายลมส่ง จุดดูดลมกลับ เป็นต้น โดยมีวิธีการดำเนินการศึกษา และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษิตตามขั้นตอนดังนี้ (ภาพที่ 3.1)

1. การสำรวจพื้นที่ทำการวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะการใช้งาน พฤติกรรมการใช้งาน และพื้นที่ ตำแหน่งที่ตั้งของห้องและส่วนต่างๆของระบบปรับอากาศ
2. รวบรวมข้อมูลจากการสำรวจทั้งข้อมูลทางด้านกายภาพ ขนาดของพื้นที่ และข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศ เช่น ขนาดของเครื่องปรับอากาศ ตำแหน่งของจุดจ่ายลมต่างๆ เป็นต้น
3. สร้างแบบจำลอง 3D จากข้อมูลที่สำรวจ นำข้อมูลที่ได้รวบรวมจากการสำรวจทั้งขนาดของพื้นที่และระบบปรับอากาศ เพื่อนำแบบจำลอง 3D ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป
4. สร้างแบบจำลองการไหลของอากาศด้วยโปรแกรม Autodesk CFD นำแบบจำลอง 3D ที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้ามาใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Autodesk CFD เพื่อกำหนดวัสดุต่างๆของโครงสร้างและเงื่อนไขของสร้างการจำลองการไหลของอากาศ
5. วิเคราะห์การไหลของอากาศ โดยนำผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองการไหลของอากาศมาวิเคราะห์การไหลเวียนของอากาศและการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้อง
6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ สรุปผลการศึกษาจากการวิเคราะห์และนำเสนอข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางกานนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป

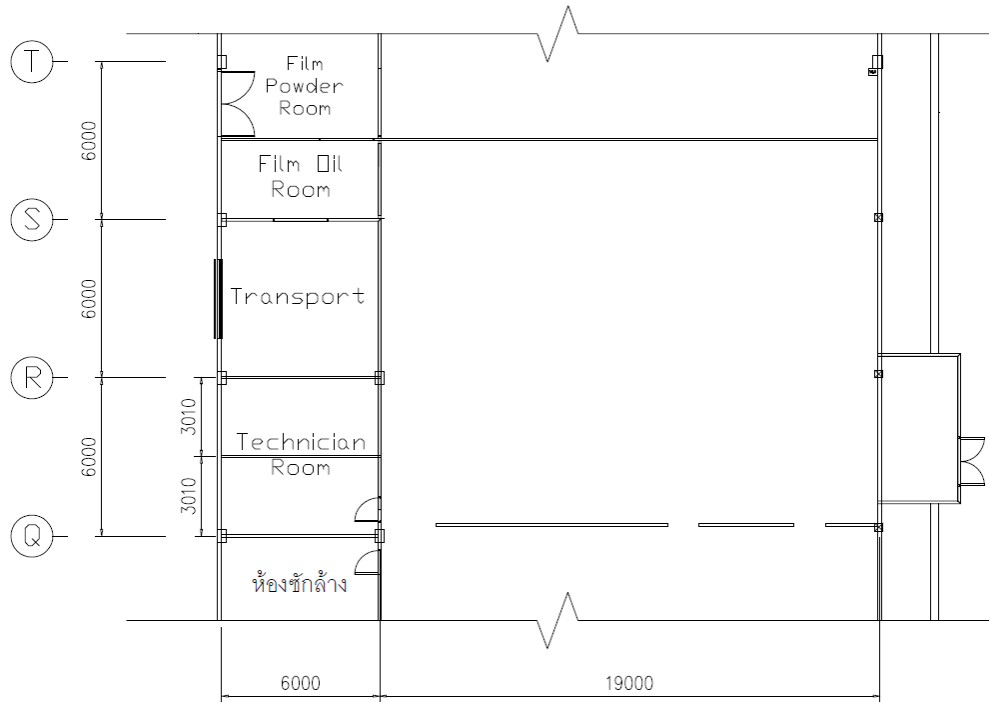
3.1 ข้อมูลทั่วไป

ห้องบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห่งหนึ่งอยู่ภายในอาคารมีขนาดพื้นที่ห้องกว้าง 15 เมตร ยาว 19 เมตร สูง 3 เมตร มีพื้นที่ใช้สอย 285 ตารางเมตร (ภาพที่ 3.2) โดยเป็นห้องบรรจุผลิตภัณฑ์

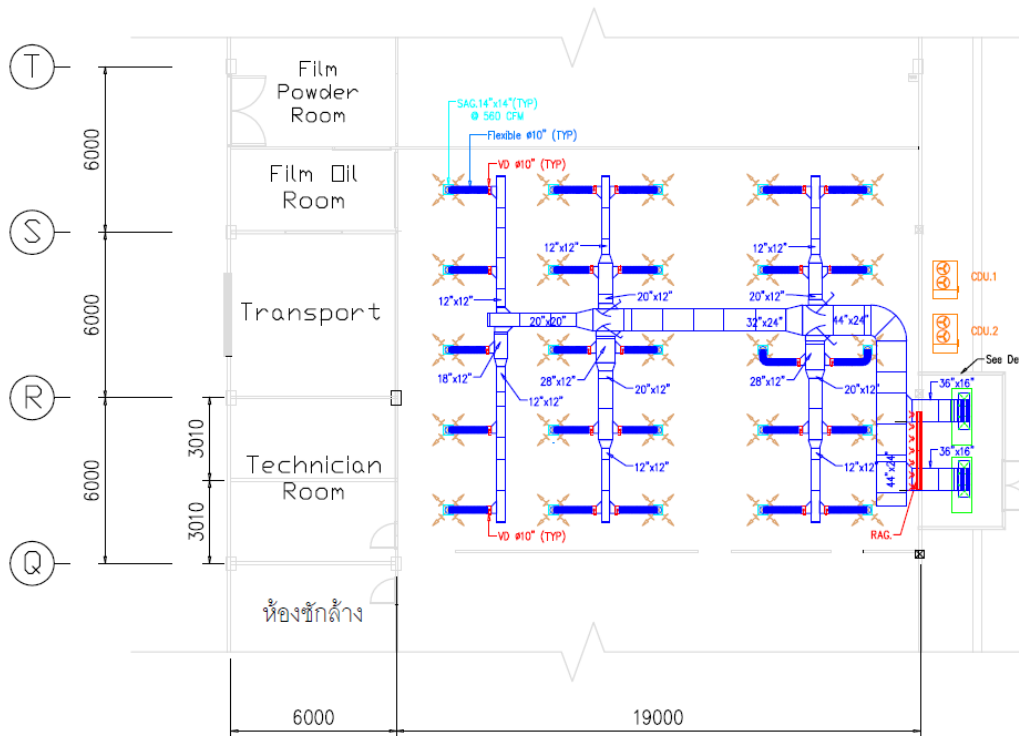
ประเภทน้ำมันลงของบรรจุภัณฑ์ที่ต้องควบคุมอุณหภูมิภายในห้องไม่เกิน 25 องศาเซลเซียสเพื่อ
ต้องรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีระบบปรับอากาศโดยมี Air handing unit ขนาด 180,000 BTU/hr.
จำนวน 2 เครื่อง ตำแหน่งจุดจ่ายลม Supply air grill และตำแหน่งดูดลมกลับ Return air grill ตาม
แบบแปลนระบบปรับอากาศ (ภาพที่ 3.3)



ภาพที่ 3.1 แสดงแผนภาพแสดงขั้นตอนการทำการวิจัย



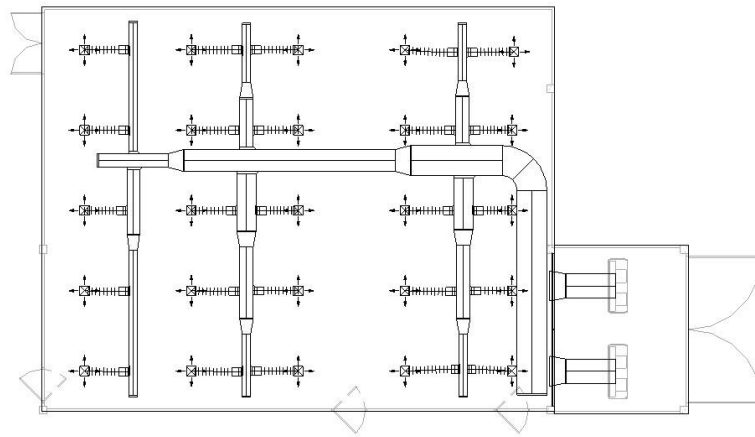
ภาพที่ 3.2 แสดงแบบแปลนห้อง



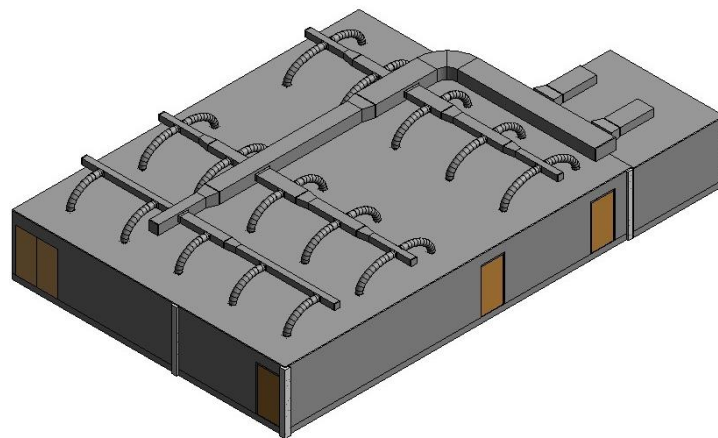
ภาพที่ 3.3 แสดงแบบแปลนระบบปรับอากาศ

3.2 การสร้างแบบจำลอง 3D ห้องที่ทำการศึกษาโดยโปรแกรม Autodesk Revit

ในการศึกษานี้จะใช้โปรแกรมจำลองการกระจายตัวของอากาศ และอุณหภูมิแต่ละจุด โดยจะทำการสร้างแบบจำลอง 3D ของห้องที่ทำการศึกษาร่วมส่วนต่างๆของระบบปรับอากาศ ตำแหน่งของท่อส่งลม Duct ขนาดของ Air handling unit ตำแหน่งจุดจ่ายลม Supply air grill และ ตำแหน่งดูดลมกลับ Return air grill โดยนำข้อมูลที่ได้รวบรวมตามแบบแปลนห้อง ภาพที่ 3.2 และแบบแปลนระบบปรับอากาศ ภาพที่ 3.3 โดยการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Autodesk Revit สร้างเป็นแบบจำลอง 3D ของห้องทำการศึกษา (ภาพที่ 3.4) ภาพแสดงแบบแปลนมุมมองด้านบนของแบบจำลอง 3D ที่สร้างผ่านโปรแกรม และ(ภาพที่ 3.5) ภาพแสดงมุมมองด้าน Isometric ของแบบจำลอง 3D เพื่อนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ในโปรแกรมการวิเคราะห์การไหลเวียนของอากาศ และการกระจายตัวของอุณหภูมิ



ภาพที่ 3.4 แสดงมุมมองด้านบนแบบจำลอง 3D ของห้องที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3.5 แสดงมุมมอง Isometric แบบจำลอง 3D ของห้องที่ทำการศึกษา

3.3 การวิเคราะห์การไหลเวียนของอากาศ และการกระจายอุณหภูมิโดยโปรแกรม Autodesk CFD

โปรแกรมจำลองการทิศทางการไหลเวียนของอากาศ การกระจายของอุณหภูมิ Autodesk CFD สร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ห้องที่ศึกษา โดยการนำแบบจำลอง 3D จากขั้นตอน 3.2 มาใช้ เพื่อวิเคราะห์ทิศทางการไหลเวียนของอากาศ การกระจายของอุณหภูมิภายในพื้นที่ที่ศึกษาเป็นแนวทางการปรับปรุงพื้นที่การทำงานให้มีความเหมาะสมกับระบบปรับอากาศเดิมที่ใช้ในปัจจุบัน หรือพิจารณาการเปลี่ยนขนาดเครื่องปรับอากาศให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่และเงื่อนไขสำหรับห้องที่ทำการศึกษา

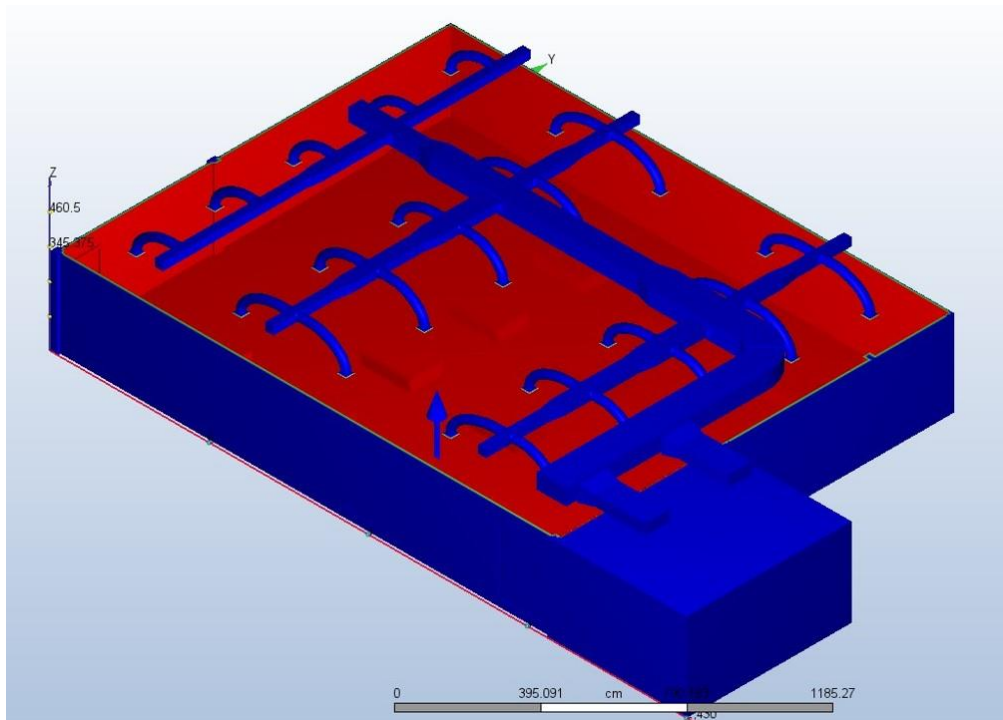
3.4 ขั้นตอนการสรุปและประเมินผลวิจัย

สรุปและประเมินผลวิจัย การประเมินข้อผิดพลาด พร้อมทั้งแนวทางการปรับปรุง เสนอแนะข้อเสนอแนะเพื่อดำเนินการกำหนดมาตรการ แนวทางต่างๆที่สามารถนำไปปรับปรุงให้มีความเหมาะสม และเกิดประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุดสำหรับพื้นที่ทำการศึกษา

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 ผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศ

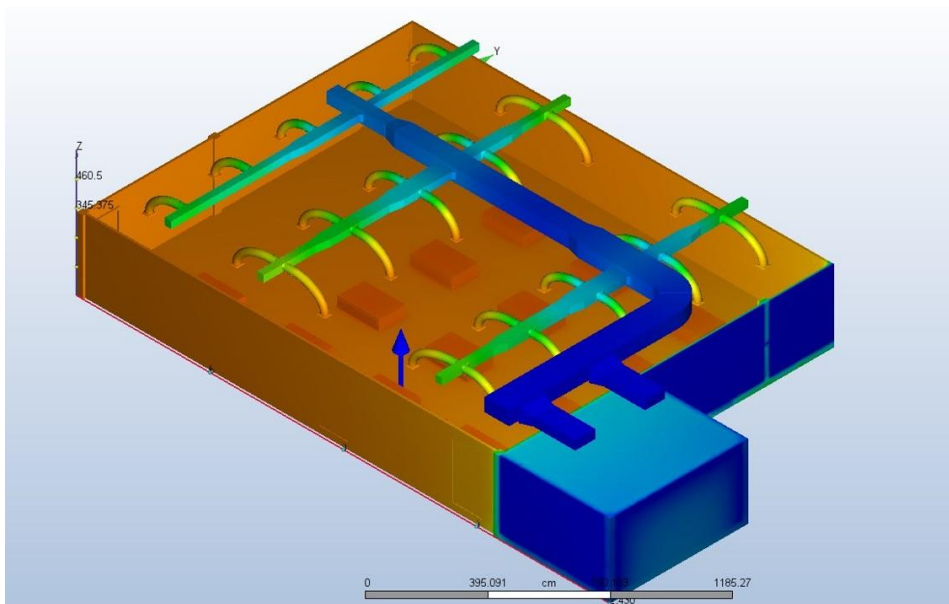
จากการจำลองการไหลเวียนของอากาศ จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Autodesk CFD เพื่อทำการวิเคราะห์การไหลเวียนของอากาศภายในห้องที่ทำการศึกษา ที่มีขนาดพื้นที่ห้องกว้าง 15 เมตร ยาว 19 เมตร สูง 3 เมตร มีพื้นที่ใช้สอย 285 ตารางเมตร มาสร้างแบบจำลองการไหลเวียนของอากาศ และทำการพิจารณาลักษณะการไหลของอากาศจากแบบจำลองพบว่าภายในห้องมีความหนืดของอากาศสูงทำให้อากาศภายในห้องไม่เกิดการไหลเวียน ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งเกิดจากการทำงานภายในห้องที่เป็นห้องบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมีความหนืดสูง หนืด และมีการเคลื่อนไหวของพนักงานในการทำงานตลอดเวลา ซึ่งพื้นที่ที่มีความหนืดสูงจะแสดงผลออกมาเป็นสีแดงในแบบจำลอง



ภาพที่ 4.1 แสดงแบบจำลองแสดงความหนืดของอากาศภายในห้อง

4.2 ผลการจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิ

จากการจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิ จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Autodesk CFD เพื่อทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้องที่ทำการศึกษา ที่มีขนาดพื้นที่ห้องกว้าง 15 เมตร ยาว 19 เมตร สูง 3 เมตร มีพื้นที่ใช้สอย 285 ตารางเมตร มาตรฐานแบบจำลองและพิจารณาด้านการกระจายตัวของอุณหภูมิจะเห็นได้ว่าภายในห้องไม่มีการไหลเวียนของอากาศตามผลการจำลองการไหลเวียนของอากาศซึ่งทำให้การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้องไม่ดี ดังภาพที่ 4.2 โดยมีอุณหภูมิจากทางเริ่มต้นของ Duct ที่เชื่อมต่อกับเครื่องปรับอากาศ Air handling unit มีอุณหภูมิที่ 12 องศาเซลเซียสจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นตามระยะทางของการไหลของอากาศจนถึงจุดจ่ายลม Supply air grill มีอุณหภูมิที่ 22 องศาเซลเซียสที่ส่งลมเข้าสู่ภายในห้อง และภายในห้องมีอุณหภูมิที่สูงมีอุณหภูมิที่ 27.5 องศาเซลเซียส จะแสดงผลอุณหภูมิจากการจำลองตามตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.2 แสดงแบบจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศภายในห้อง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการคำนวณอุณหภูมิจากแบบจำลอง

ตารางแสดงค่าอุณหภูมิ	
Value Range [°C]	
12.000000	12.832395
12.832395	13.664791
13.664791	14.497186
14.497186	15.329581
15.329581	16.161977
16.161977	16.994372
16.994372	17.826767
17.826767	18.659163
18.659163	19.491558
19.491558	20.323953
20.323953	21.156349
21.156349	21.988744
21.988744	22.821139
22.821139	23.653535
23.653535	24.485930
24.485930	25.318325
25.318325	26.150721
26.150721	26.983116
26.983116	27.815511
27.815511	28.647907
Mean Value =	21.655984
Standard Deviation =	4.850832

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการคำนวณอุณหภูมิจากแบบจำลองที่เริ่มต้นจาก Duct ที่เชื่อมจากเครื่องปรับอากาศ Air handing unit ไปตามแนว Duct จนถึงอุณหภูมิภายในห้อง โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 12.00 องศาเซลเซียสจนถึง 28.65 องศาเซลเซียสที่กระจายอยู่ภายในห้อง

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาแบบจำลองและวิเคราะห์การไหลเวียนของอากาศ อากาศภายในห้องไม่สามารถไหลเวียนได้เนื่องจากความสามารถในการระบายอากาศของห้องทั้งทางด้านระบบปรับอากาศเดิมมีขนาดที่ไม่เพียงพอสำหรับภาระโหลดการทำงานของห้อง ตำแหน่งจุดจ่ายลม จุดดูดลมกลับไม่สอดคล้องกับลักษณะของห้อง และการทำงานที่ทำภายในห้องที่มีพนักงานเคลื่อนที่ตลอดเวลาในการทำงานและเป็นห้องบรรจุผลิตภัณฑ์ของเหลว และผลการจำลองการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้อง ภายในห้องมีอุณหภูมิที่ 27.5 องศาเซลเซียสสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่ควบคุมไว้ไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าขนาดของเครื่องทำความเย็น Air handling unit เดิมไม่เพียงพอต่อการใช้งานจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศให้มีขนาดทำความเย็นที่ใหญ่ขึ้นจากเดิมเพื่อเพิ่มความสามารถทำความเย็นมากขึ้น พิจารณาจุดระบายอากาศตำแหน่งอื่นๆเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มการไหลเวียนของอากาศภายในห้อง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- ชั้นยบูรณ์ ถาวรวรรณ.(2560). *ศึกษาแบบจำลองพฤติกรรมการไหลของอากาศผ่านทรงกระบอกตันแบบ 2 มิติด้วยเทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ โดยการกระจายตัวของความเร็วอากาศ* (รายงานงานวิจัย). อุดรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์.
- สุพัชร์พล มงคลนาม, บุทธนา ตาละลักษมณ์, วรางค์รัตน์ จันทสาโร.(2563). *การศึกษาอาคารสลายพลังงาน อ่างเก็บน้ำประแสร์ โดยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ การประชุมวิชาการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 13, วันที่ 31 กรกฎาคม 2563 น. 90-103 กรุงเทพมหานคร.*
- มักตาร์ แวะหะยี.(2559). *ลักษณะการไหลและถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่มีรอยเว้าและรอยนูน* (รายงานงานวิจัย). สงขลา: สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ภัทรฤทัย คำแสง, ชนวัฒน์ นิตศน์วิจิตร, จาตุพงศ์ วาฤทธิ, สมเกียรติ จตุรงค์กล้าเลิศ.(2556). *การจำลองการไหลของอากาศในห้องเย็น โดยใช้เทคนิคการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 2 ประจำปี 2556.*
- ปราโมทย์ เฉชะอาไพ และ วรสิทธิ์ กาญจนกิจเกษม.(2541). *การคำนวณการหมุนวนของอากาศด้วย Computational Fluid Dynamics*. น. 1-6. ในวิทยุทัศน์งานวิศวกรรมปรับอากาศในอนาคต. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย.

ภาษาต่างประเทศ

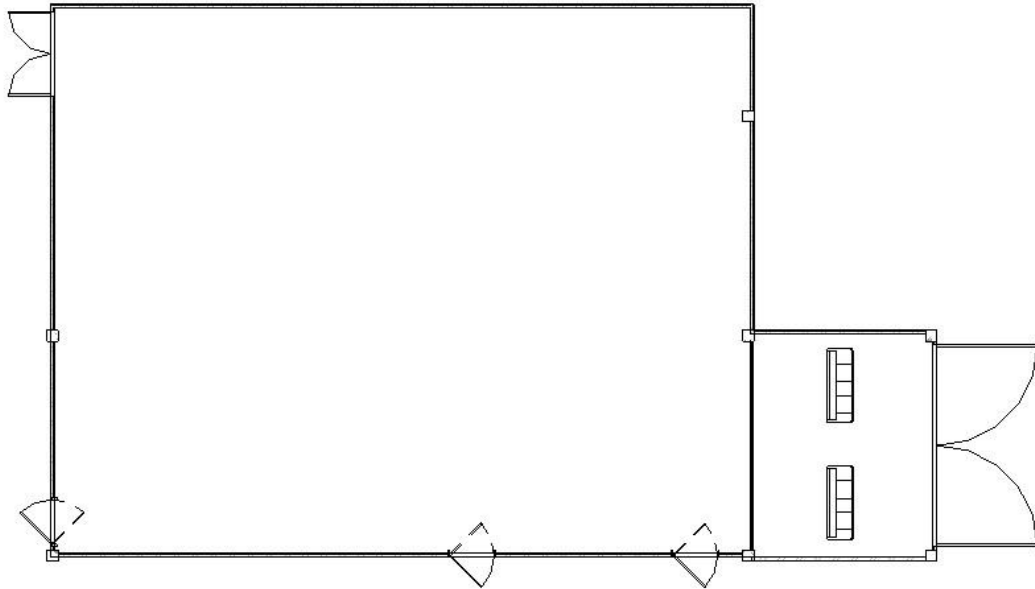
- Davey L.M. and Q. T Pham. (1997). *Predicting the Dynamic Product heat Load and Weight Loss During Beef Chilling Using a Multi-Region Finite Difference Approach*. International Journal of Refrigeration 20(4): 470–482.
- Lu Zhang, Xiaoling Yu, Qian Lv, Feng Cao, Xiaolin Wang. (2018). *Study of transient indoor temperature for a HVAC room using a modified CFD method*. 2nd International Conference on Energy and Power, ICEP2018, 13–15 December 2018, Sydney, Australia.

ภาคผนวก

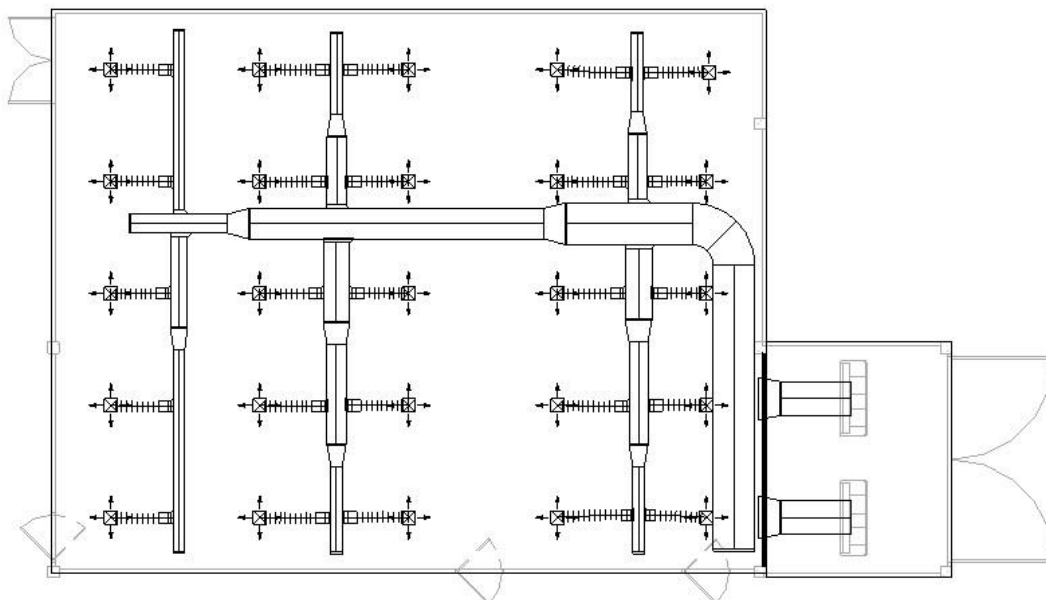
ภาคผนวก ก

**รูปแบบแปลนห้อง รูปด้านข้างห้อง ชนิดวัสดุของห้อง
และแบบระบบปรับอากาศ ของห้องทำการศึกษา**

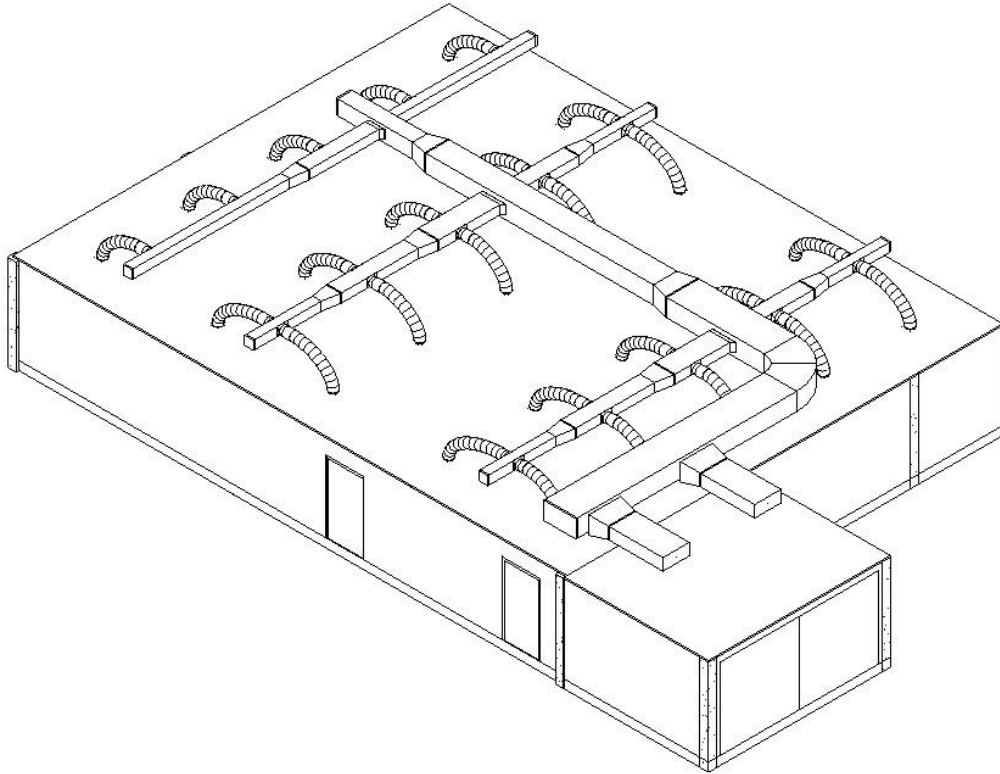
ภาพที่ ก.1 แบบแปลนพื้นที่ชั้น 1 พร้อมตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ ของห้องทำการศึกษา



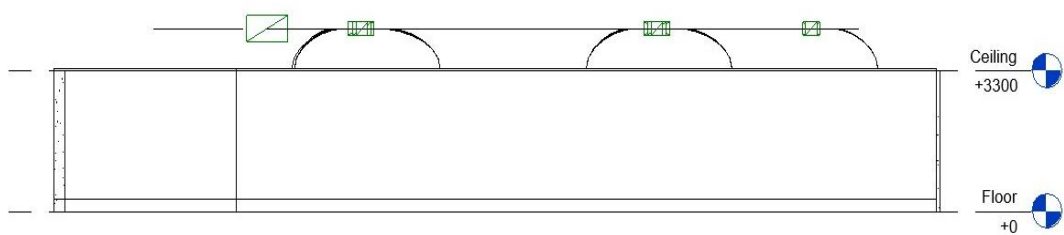
ภาพที่ ก.2 แบบแปลนพื้นที่ชั้นบนเพดาน พร้อมแบบระบบปรับอากาศ ของห้องทำการศึกษา



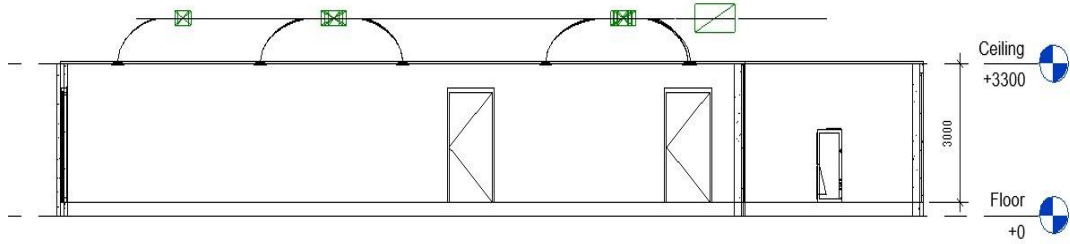
ภาพที่ ก.3 แบบ Isometric ของห้องทำการศึกษาพร้อมระบบปรับอากาศ



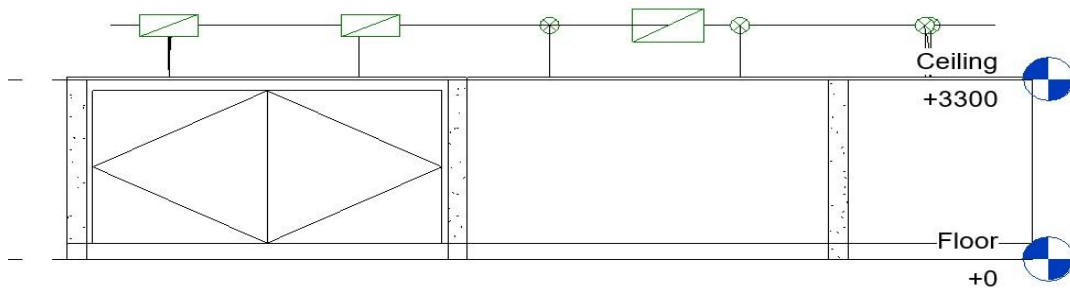
ภาพที่ ก.4 แบบด้านข้างทางทิศเหนือของห้องทำการศึกษา



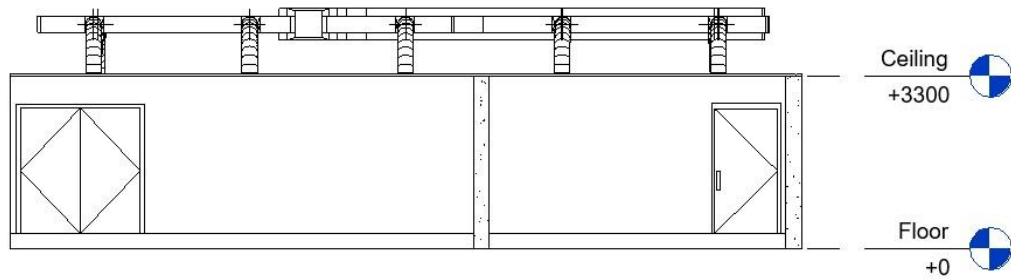
ภาพที่ ก.5 แบบด้านข้างทางทิศใต้ของห้องทำการศึกษา



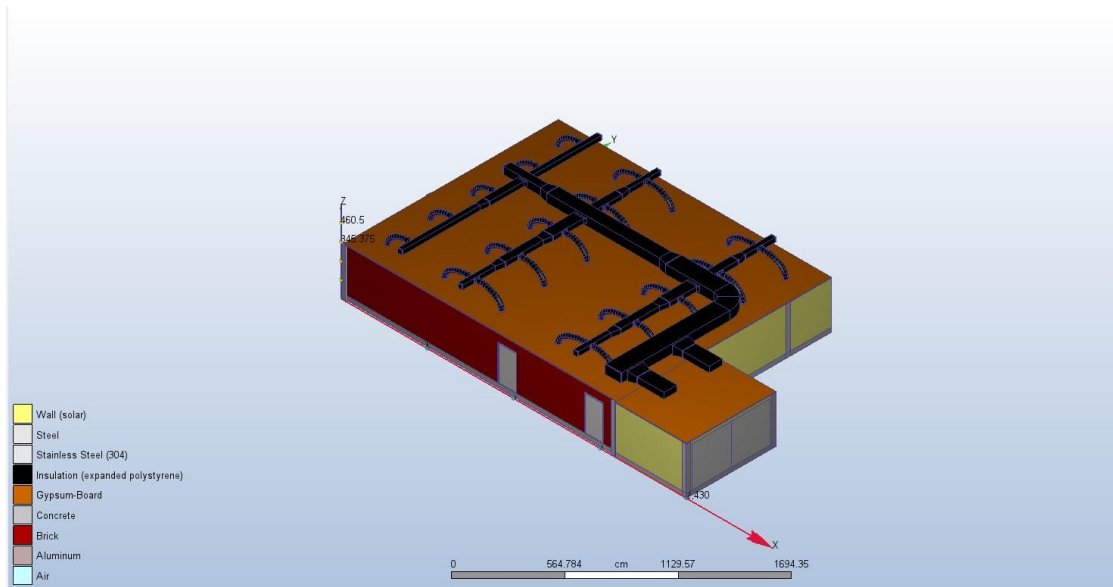
ภาพที่ ก.6 แบบด้านข้างทางทิศตะวันออกของห้องทำการศึกษา



ภาพที่ ก.7 แบบด้านข้างทางทิศตะวันตกของห้องทำการศึกษา



ภาพที่ ก.8 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในโครงสร้างห้องและระบบปรับอากาศ



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

พิชชานนท์ วงศ์บุญมา

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2561

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

วิศวกรโรงงาน บริษัท ไทยเพรซิเดนท์ฟูดส์ จำกัด
(มหาชน)