

การศึกษาและออกแบบเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย ภายในห้องเครื่องส่งลมเย็น โดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัย

A Study on Design and Installation of Fire Detectors in HVAC Room Using Fire Dynamic Simulation.

คำนำ

ห้องเครื่องส่งลมเย็นของอาคารที่ออกแบบระบบปรับอากาศเป็นแบบศูนย์รวม โดยส่วนใหญ่จะเป็นห้องเล็กๆ ซึ่งมีพื้นที่แค่นี้เพียงพอต่อการตั้งวางเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit ,AHU) เท่านั้น ภายในปริมาตรที่จำกัดของห้อง จะประกอบไปด้วยอากาศที่ไหลเข้ามาจากภายนอกอาคาร (Fresh Air) อากาศที่ถูกดูดจากพื้นที่ปรับอากาศ (Return Air) และทั้งสองส่วนจะถูกดูดผสมกันด้วย AHU เพื่อทำความเย็น และส่งเข้าไปยังพื้นที่ปรับอากาศ ทำให้ภายในห้องเกิดสภาพการไหลของอากาศแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ภายในห้องดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการคำนึงถึงการไหลของอากาศเป็นพิเศษ หากจุดที่ติดตั้ง หรือชนิดของอุปกรณ์ไม่เหมาะสม การทำงานของอุปกรณ์อาจเกิดการผิดพลาด ทำให้เป็นปัจจัยการเกิดเพลิงไหม้

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน และหัวกระจายน้ำดับเพลิงนั้น ออกแบบมาเพื่อให้ทำงานเมื่อเกิดเพลิงไหม้ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ เวลาเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเพื่อการอพยพจากสถานที่เกิดเหตุ และการดับเพลิงได้อย่างทันทีทันใด ก่อนที่ไฟจะลุกลามเป็นไฟขนาดใหญ่ ดังนั้นระยะห่างของอุปกรณ์และจุดติดตั้งภายใต้สภาพที่มีการไหลของอากาศแบบปั่นป่วน จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญมากนอกเหนือจากชนิดของอุปกรณ์และมาตรฐานการติดตั้ง การออกแบบที่ดีที่สุดและถูกต้องตามหลักการออกแบบเชิงประสิทธิภาพ (Performance Base Design) จะต้องกำหนดเวลาการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับขึ้นต่ำก่อนที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตคน โครงสร้าง หรือทรัพย์สินแล้ว จึงนำเวลานั้นไปพิจารณาพัฒนาจุดติดตั้ง และระยะห่างของอุปกรณ์

โปรแกรมสร้างภาพเสมือนที่นำมาประยุกต์ใช้ในการทำนาย หรือคาดคะเนการเคลื่อนที่ของไฟและควันนั้น เป็นโปรแกรมการทำงานที่มีชื่อว่า Fire Dynamic Simulator (FDS) and Smokeview ของสถาบัน National Institute of Standard and Technology (NIST) เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมเคลื่อนที่ของไฟ (Fire-Driven Fluid Flow) โดยประยุกต์ใช้สมการด้านกลศาสตร์ของไหลในการ

พิจารณาค่าความร้อนและการเคลื่อนที่ของไฟและควัน และสามารถกำหนดอุปกรณ์เพื่อวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่างๆ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ ผลลัพธ์ของการจำลองจะประกอบไปด้วยรูปแสดงการจำลองการเกิดอัคคีภัยในห้องเครื่องส่งลมเย็น และข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้รับจากการจำลองการเกิดอัคคีภัย (Output File) โดยจุดบกพร่องต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ จะนำมาซึ่งการปรับปรุงแก้ไขตามเป้าหมายของวิธีการป้องกันทั้งเชิงรุกและเชิงรับที่เหมาะสม นำไปสู่กระบวนการของระบบป้องกันอัคคีภัยเชิงประสิทธิภาพ (Performance Base for Fire Protection Design) ได้อย่างถูกต้อง

แต่เนื่องจากโปรแกรม FDS นั้น ทำงานด้วยคำสั่งซึ่งเขียนอยู่ในรูปแบบของข้อความ (Text Mode) แล้วนำไปคำนวณเพื่อสร้างภาพเสมือน การเขียนภาพเสมือนสามมิติของแบบจำลองด้วยคำสั่งในรูปแบบข้อความ เป็นไปด้วยความไม่สะดวก ใช้นาน จึงนำเอาโปรแกรม PyroSim จาก Thunder Head Engineering (www.thunderheadeng.com) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เป็นเครื่องมือในการสร้างภาพเสมือนด้วยคำสั่งที่เป็นรูปแบบทางกราฟฟิค (Graphic Mode) สำหรับโปรแกรม FDS โดยเฉพาะ เพื่อสร้างไฟล์คำสั่งสำหรับโปรแกรม FDS แล้วจึงนำไปคำนวณเพื่อสร้างภาพเสมือนสำหรับโปรแกรม Smoke View เพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้จากการคำนวณ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบจากห้องเครื่องส่งลมเย็นที่มีต่ออุปกรณ์ป้องกันอัคคีภัยของอาคารตัวอย่าง ด้วยการจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย
2. เพื่อกำหนดแนวทางในการออกแบบ และติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอัคคีภัย ภายใต้สภาพการไหลแบบปั่นป่วนในห้องเครื่องส่งลมเย็นแบบเชิงประสิทธิผล (Performance Base Design)

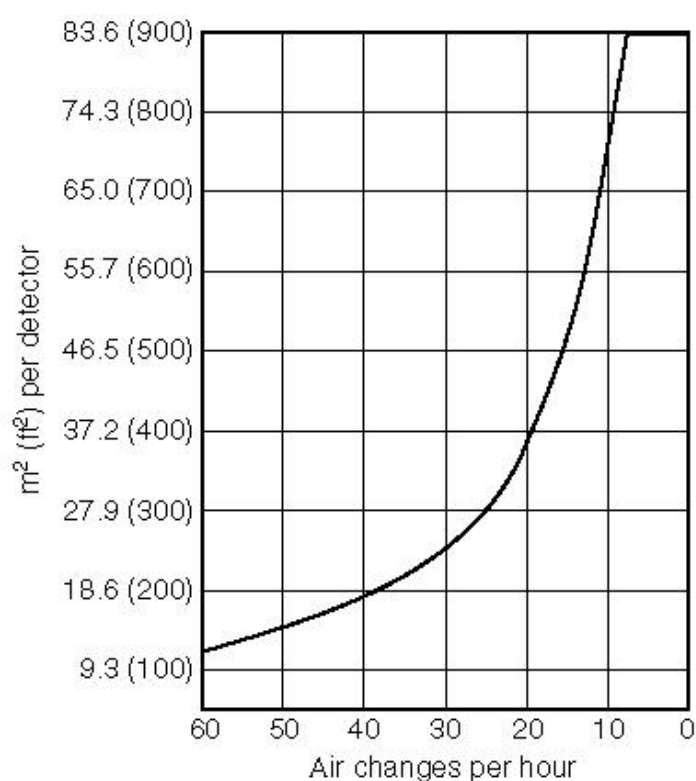
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. วิศวกรผู้ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอัคคีภัย จะเล็งเห็นถึงความสำคัญในการออกแบบเชิงประสิทธิผลมากขึ้น โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ และจำลองสถานการณ์จริงในการช่วยออกแบบ
2. ลดผลกระทบจากสภาพการไหลของอากาศแบบปั่นป่วน ที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ป้องกันอัคคีภัยภายในห้องเครื่องส่งลมเย็น ทำให้การตอบสนองของอุปกรณ์อยู่ในเกณฑ์เดียวกัน หรือใกล้เคียงกันกับพื้นที่ที่มีการไหลของอากาศแบบปกติ

การตรวจเอกสาร

NFPA72 (2002) ข้อ 5.7.8.1 (4) กำหนดข้อกำหนดสำหรับการติดตั้งตัวตรวจจับควันไว้ในสถานที่ซึ่งมีความเร็วของอากาศไม่เกิน 1.5 m/sec (300 ft/min) แสดงให้เห็นถึงขีดความสามารถที่มีขีดจำกัดของอุปกรณ์ตรวจจับควัน เมื่อติดตั้งในบริเวณที่มีความเร็วในการไหลของอากาศ ผ่านตัวอุปกรณ์เกินข้อกำหนด จะทำให้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์

NFPA72 (2002) ข้อ 5.7.5.3.3 กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่ครอบคลุมของอุปกรณ์ตรวจจับควัน กับอัตราการระบายอากาศ (Air Change) ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงค่าพื้นที่ที่ครอบคลุมของอุปกรณ์ จะมีค่าลดลง เมื่อมีอัตราการระบายของอากาศเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่ครอบคลุมของอุปกรณ์ตรวจจับควัน และปริมาณการระบายอากาศของพื้นที่
ที่มา: NFPA72(2002)

NFPA72 (2002) ข้อ 5.7.5.3.4 กำหนดสำหรับห้องเครื่องจักร (HVAC mechanical rooms) ซึ่งประกอบไปด้วยอากาศไหลวน ระยะห่าง หรือพื้นที่ครอบคลุมของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันจะต้องลดลงโดยขึ้นอยู่กับปริมาณการระบายอากาศ (Air Change) ภายในห้องนั้นๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะห่างระหว่างตัวตรวจจับควันที่ขึ้นอยู่กับปริมาณการระบายอากาศ

Minutes per Air Change	Air Changes per Hour	Spacing per Detector	
		m ²	ft ²
1	60	11.61	125
2	30	23.23	250
3	20	34.84	375
4	15	46.45	500
5	12	58.06	625
6	10	69.68	750
7	8.6	81.29	875
8	7.5	83.61	900
9	6.7	83.61	900
10	6	83.61	900

ที่มา: NFPA72 (2002)

มาตรฐาน NFPA 72 (2002) ที่เป็นข้อกำหนดในการติดตั้งระบบแจ้งเหตุนั้น แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่มีข้อจำกัด ภายใต้สภาพการไหลของอากาศโดยรอบ ซึ่งเป็นมาตรฐานเชิงรายละเอียด (Prescriptive Base) อย่างไรก็ตาม การทำการจำลองพลศาสตร์อวกาศภายในพื้นที่ลักษณะดังกล่าว เพื่อสามารถทราบถึงผลหรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง ของสภาพการติดตั้ง เพื่อเปรียบเทียบกันระหว่างสภาพมาตรฐาน และสถานการณ์จริง และสามารถกำหนดแนวทางการแก้ไขป้องกันทั้งเชิงรุก และเชิงรับ

การวิเคราะห์อวกาศเพื่อการออกแบบระบบป้องกันนั้น พิษณุ (2547) กล่าวถึงวิศวกรสามารถกำหนดวิธีการวิเคราะห์ได้หลายวิธีการ เช่น การประเมินความเสี่ยงอวกาศ (Fire Risk

Assessment) การวิเคราะห์ความผิดพลาด (Failure Analysis) และการประยุกต์ใช้พลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics) เป็นต้น ซึ่งผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีใดที่ให้ค่าประสิทธิผลไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด หรือไม่เกินความสูญเสียที่ยอมรับได้ก็ถือว่าผ่าน การวิเคราะห์อัคคีภัยจะต้องพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. ลักษณะของอาคาร กิจกรรมการใช้อาคาร และผู้ใช้อาคาร (Building and Occupant Characteristic)
2. แหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดการจุดติดไฟได้ (Ignition Source)
3. เชื้อเพลิงเริ่มต้น (Initial Fuels or Fuel Packages)
4. เชื้อเพลิงชุดที่สอง (Secondary Fuels)
5. การลุกลามขยายวงกว้าง (Extension Potential)
6. สถานที่เป้าหมาย (Target Location)
7. ข้อมูลทางสถิติ (Statistical Data)

McCaffrey (1995) เขียนระบุไว้ใน SFPE Handbook ถึงการคายพลังงานและปล่อยสสารต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ออกมาจากการลุกไหม้ หรือการสันดาปนั้น ส่วนที่เป็นพลังงานคือ ค่าอัตราการคายความร้อน (Heat Release Rate) ซึ่งเป็นค่าพื้นฐานทางพลศาสตร์อัคคีภัยที่สำคัญ ซึ่งอาจเป็นค่าคงที่ (Steady State) หรือเป็นค่าที่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Growing Fire or Decaying Fire) โดยที่อัตราการคายความร้อน จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมี ปริมาณอากาศที่เติมเข้ากองเพลิง และสถานที่ที่เชื้อเพลิงลุกไหม้อยู่ในพื้นที่เปิดหรือปิด สมการของอัตราการคายความร้อนคือ

$$\dot{Q} = \Delta H_C \cdot \dot{m} \quad (1)$$

- $\dot{Q}$: ค่าอัตราการคายความร้อน, kW
 ΔH_C : พลังงานความร้อนของการเผาไหม้, kJ/g
 $\dot{m}$: อัตราการเผาไหม้ของมวล, g/sec

พิกัดควันไฟและสสารที่ผลิตออกมาจากการสันดาป สามารถคำนวณได้จากข้อมูลการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงต่างๆ จากการทดลองของห้องทดสอบซึ่งสามารถหาได้จากหนังสืออ้างอิง เช่น SFPE Handbook เป็นต้น โดยแสดงเป็นอัตราส่วนของมวลควัน (คาร์บอน+อากาศ) และมวลสารที่ผลิตออกมาต่อมวลเชื้อเพลิงที่ลุกไหม้ (Mass Burning Rate หรือ Smoke or Species Yield) จากข้อมูล

การทดลองนี้ หากทราบมวลเชื้อเพลิงที่ถูกไหม้ ก็สามารถคำนวณหาค่าพิกัดควันไฟและสารที่ผลิตออกมาจากการสันดาปได้

นอกจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสันดาป (Heat of Combustion) ซึ่งใช้กับการลุกไหม้แบบคงที่ (Steady State) แล้ว กรณีที่แปรเปลี่ยนตามเวลา (Time Dependent Fires) สามารถอ้างอิงจาก Evan (1995) และสามารถเขียนสมการได้ ดังนี้

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^p \quad (2)$$

- $\dot{Q}$: ค่าพิกัดการคายความร้อน, kW
 t : เวลา, sec
 p : Positive exponent เท่ากับ 2 เนื่องจากเชื้อเพลิงรวมทั้งการกระจายของเชื้อเพลิงภายในอาคารส่วนใหญ่ จะอยู่ในช่วง $p=2$
 α : ค่าคงที่ของการพัฒนาไฟของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท, kW/sec²

แบบจำลองการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Model) และหลักการสมดุลพลังงานที่ศึกษาจาก Schifiliti and Custer (1995) ใน SFPE Handbook ซึ่งเป็นสมการพื้นฐาน คือ

$$\dot{Q}_{\text{total}} = \dot{Q}_{\text{cond}} + \dot{Q}_{\text{conv}} + \dot{Q}_{\text{rad}} \quad (3)$$

- $\dot{Q}_{\text{total}}$: อัตราการคายความร้อนรวม, kW.
 $\dot{Q}_{\text{cond}}$: อัตราการคายความร้อนแบบการนำ, kW.
 $\dot{Q}_{\text{conv}}$: อัตราการคายความร้อนแบบการพา, kW
 $\dot{Q}_{\text{rad}}$: อัตราการคายความร้อนแบบการแผ่รังสี, kW

ในการวิเคราะห์ควรทำการตัดผลการถ่ายเทความร้อน ทั้งแบบนำความร้อนและการแผ่รังสีออก เพราะถือว่ามีค่าน้อยมาก ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนจากไฟไปสู่อุปกรณ์จึงมีพจน์เดียว ในการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจึงเขียนสมการได้ ดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA(T_g - T_d) \quad (4)$$

$$\dot{Q}_{\text{total}} = hA(T_g - T_d) \quad (5)$$

$\dot{Q}$	:	ค่าอัตราการคายความร้อน, kW (Btu/s)
h	:	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน, $\frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
T_g	:	อุณหภูมิของแก๊สที่ถ่ายเทไปยังอุปกรณ์, $^\circ\text{C}$
T_d	:	อุณหภูมิตั้งไว้ให้อุปกรณ์ทำงาน, $^\circ\text{C}$

หลักการวิเคราะห์แบบ Lumped-mass จึงถูกนำมาใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชิ้นส่วนที่ไวต่อความร้อน จากลักษณะของอุณหภูมิของแก๊สที่ถ่ายเทไปยังอุปกรณ์ (T_g) ทั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน และหัวกระจายน้ำดับเพลิง

Heskestad and Delechataios (1976) ได้นำเสนอการใช้ค่า Time Constant, τ ซึ่งเป็นค่าคงที่ของเวลา ของชิ้นส่วนที่ไวต่อความร้อน(วินาที) ในการอธิบายการถ่ายเทความร้อนแบบพา สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับ และพบว่า Time Constant, τ นั้นเป็นผลมาจาก มวล พื้นที่ และค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุที่ทำขึ้นเป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ตรวจจับ ถ้าเพิ่มมวลของชิ้นส่วนที่ไวต่อความร้อน จะทำให้ค่า τ มากขึ้น เป็นผลให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของชิ้นส่วนที่ไวต่อความร้อนนั้นลดลง

การหาค่า RTI (Response Time Index) ซึ่งเป็นค่าคงที่ของเวลา ของชิ้นส่วนที่ไวต่อความร้อนนั้นๆ จะกระทำในห้องทดลอง จากการกำหนดความเร็วของแก๊สให้คงที่ และจับเวลาเพื่อหาค่า τ_0 เมื่อทราบค่า RTI แล้ว ก็จะสามารถหาค่าความเร็วของแก๊สที่ผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ได้

สำหรับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนั้นเป็นผลมาจากความเร็วของแก๊สที่ไหลผ่านชิ้นส่วนของอุปกรณ์ตรวจจับ และรูปร่างของอุปกรณ์ตรวจจับ ถ้ากำหนดให้ความเร็วในการไหลผ่านอุปกรณ์ตรวจจับของแก๊สคงที่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแบบพาสำหรับอุปกรณ์รูปทรงกลม

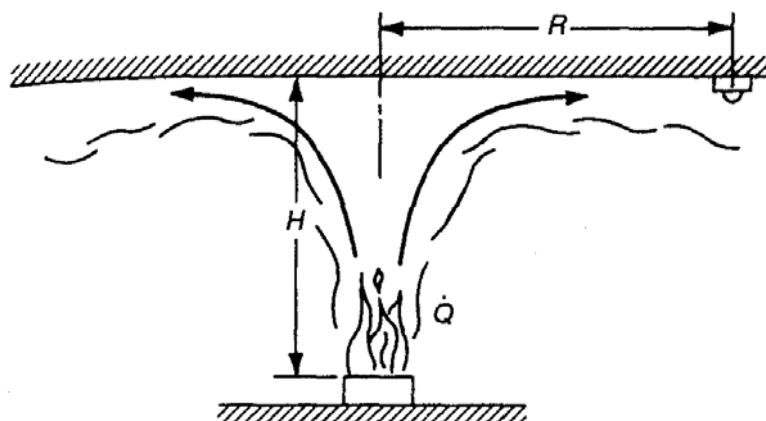
ทรงกระบอก หรือรูปทรงอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายหัวกระจายน้ำดับเพลิงหรือตัวตรวจจับความร้อน จะแปรผันตามรากที่สองของความเร็วแก๊ส หรือค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์, Re

สำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler) เมื่อเกิดการแตกและน้ำไหลออกมา จะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อน ดังนั้นสมการสมดุลพลังงานจะมีเทอมของการนำความร้อนที่สูญเสียเพิ่มมาอีกหนึ่งเทอมดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{total}} = \dot{Q}_{\text{conv}} + \left(-\dot{Q}_{\text{cond}} \right) \quad (6)$$

Evan (1995) ได้แสดงการคำนวณการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับ หรือชิ้นส่วนไวต่อความร้อนนั้นจำเป็นต้องรู้ค่าฟิสิกส์ที่สำคัญคือ อุณหภูมิของแก๊สชั้นบน (Upper Gas Temperature) และความเร็วของแก๊ส (Gas Velocity) ที่ตำแหน่งของอุปกรณ์ซึ่งติดตั้งอยู่ได้เพดาน ในการนี้ต้องใช้แบบจำลองที่สำคัญที่เรียกว่า Field Models ซึ่งประกอบไปด้วยแบบจำลอง 3 แบบดังนี้

1. แบบจำลองแบบค่าอัตราการคายความร้อนคงที่ ของ Alpert (1975) (Alpert's Steady State Fire Model) ซึ่งได้ทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการคายความร้อนกับ อุณหภูมิ และความเร็วของแก๊สที่ตำแหน่งต่างๆ โดยตั้งสมมติฐานว่า ค่าอัตราการคายความร้อนมีค่าคงที่ และระยะของอุปกรณ์ที่เพดานในห้องเรียบเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในภาพที่ 2 จากการทดลอง จึงได้สมการต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการคายความร้อนกับอุณหภูมิและความเร็วของแก๊สที่ตำแหน่งต่างๆ

ที่มา: Evan (1995)

$$T_g - T_a = 5.38 \frac{\left(\frac{\dot{Q}}{r} \right)^{2/3}}{H} \quad : r/H > 0.18 \quad (7)$$

$$T_g - T_a = \frac{16.9 \dot{Q}^{2/3}}{H^{5/3}} \quad : r/H \leq 0.18 \quad (8)$$

T_a : อุณหภูมิแวดล้อม, °C

$\dot{Q}$: ค่าอัตราการคายความร้อนรวม หรือ Total Heat Release Rate, kW

r : ระยะทางจากกึ่งกลางของ Fire Plume ถึงตำแหน่งที่ต้องการคำนวณ, m

H : ความสูงของเพดานเหนือกองเพลิง, m

สมการที่ (7) เป็นสมการเพื่อหาค่าอุณหภูมิของแก๊สที่ตำแหน่งต่างๆ ที่ห่างออกไปจากกึ่งกลางของ Fire Plume หรือกล่าวได้ว่าเป็นการคำนวณเพื่อหาอุณหภูมิของแก๊สใน Ceiling Jet ($r/H > 0.18$) ส่วนสมการที่ (8) จะไม่มีค่าตัวแปร r ปรากฏในสมการ จะเป็นสมการเพื่อหาค่าอุณหภูมิของแก๊สภายใน Fire Plume ($r/H \leq 0.18$) หรือระยะจากกึ่งกลางของ Fire Plume ถึงจุดเปลี่ยนหรือวกกลับ (Turning Point)

$$U = \frac{0.195 \dot{Q}^{1/3} H^{1/2}}{r^{5/6}} \quad : r/H > 0.15 \quad (9)$$

$$U = 0.96 \left(\frac{\dot{Q}}{H} \right)^{1/3} \quad : r/H \leq 0.15 \quad (10)$$

U: ความเร็วของแก๊ส, m/sec

สมการที่ (9) และ (10) ใช้คำนวณความเร็วของแก๊สใน Ceiling jet และ Fire Plume มีหน่วยเป็น m/sec จากสมการทั้งสองสมการ เมื่อนำไปแทนค่าในสมการที่ได้มาจากแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน และหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ จะทำให้สามารถคำนวณหาค่าอุณหภูมิและความเร็วที่อุปกรณ์ในระยะเวลาที่กำหนด หรือคำนวณหาเวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ได้

2. แบบจำลองของ Alpert (1975) แบบกึ่งค่าอัตราการคายความร้อนคงที่ (Alpert's Quasi Steady State Fire Model) แบบจำลองนี้ จะใช้สมการเดียวกันกับสมการในหัวข้อที่ 1 โดยจะทำการคำนวณเป็นซีรีส์ของค่าอัตราการคายความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาที่กำหนด โดยได้มาจากการเฉลี่ยค่า อัตราการคายความร้อน การใช้แบบจำลองนี้ จะทำให้ได้ค่าที่ละเอียดขึ้นระดับหนึ่ง ถ้ายังมีค่าอัตราการคายความร้อนในช่วงเวลาที่แคบๆ ก็จะได้ผลลัพธ์ที่ละเอียดมากขึ้น ตัวอย่างการเฉลี่ยค่า พิกัดการคายความร้อน สามารถแสดงได้ในตารางที่ 2

3. โมเดลแบบค่าพิกัดคายความร้อนแปรเปลี่ยนตามเวลา (Power-Law Fire Model) โดย Heskestad and Delechatios (1976) ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการคายความร้อนแบบแปรเปลี่ยนตามเวลา กับอุณหภูมิและความเร็วของแก๊ส ณ ตำแหน่งใดๆ ที่กำหนดขึ้น แบบจำลองนี้มีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวกของ NFPA72 (2002) เพื่อใช้ในการหาอุณหภูมิ และความเร็วที่อุปกรณ์ในระยะเวลาที่กำหนด หรือคำนวณหาเวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์

ตารางที่ 2 ค่าอัตราการคายความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาที่กำหนดจากการคำนวณ

t(sec)	$\dot{Q}$ (kW)
0-60	42
60-120	381
120-180	1058
180-240	2073
240-300	3426
300-360	5718

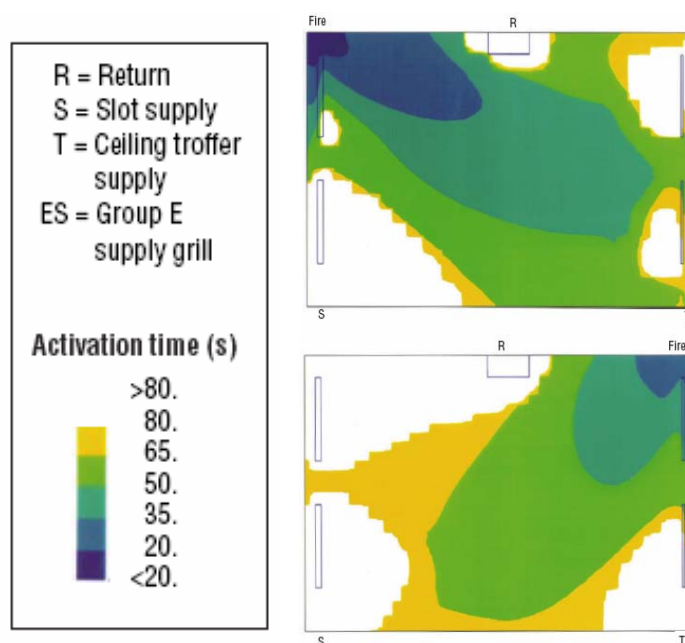
ที่มา: พิษณุ (2547)

สมการและความสัมพันธ์ของแบบจำลองที่อ้างถึงข้างต้น ทำให้สามารถคำนวณค่าอุณหภูมิที่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนได้ ณ ใดๆ หรือคำนวณค่าเวลาที่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงาน ส่วนหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ เมื่อได้ค่าความเร็วและอุณหภูมิของแก๊สแล้ว ก็จะสามารถหาอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงได้

ทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด เป็นการศึกษาถึงผลการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย ในสถานการณ์ปกติที่ไม่มีเพลิงไหม้ของอากาศแบบปั่นป่วน อย่างไรก็ตาม เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย ได้ถูกติดตั้งในพื้นที่ซึ่งมีอากาศไหลผ่าน เนื่องจากผลของระบบความร้อน ระบบระบายอากาศ และระบบปรับอากาศ (Heating Ventilation and Air Conditioning, HVAC) ผลจากการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัยอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปจากผลของการคำนวณด้วยแบบจำลองข้างต้น

Klote (1998) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับจุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย ในพื้นที่ที่มีอากาศจากระบบ HVAC ซึ่งประกอบไปด้วยช่องลมกลับ (Return Air) ช่องลมส่ง (Supply Air) โดยใช้โปรแกรมการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamic, CFD) พบว่าเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้น พื้นที่ลักษณะดังกล่าวสามารถทำให้ควันเจือจาง และอุปกรณ์ตรวจจับฯ ที่ติดตั้งใกล้เคียง

ช่องอากาศไหลของระบบ HVAC จะทำให้เกิดการหน่วงเวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ ตามที่แสดงในภาพที่ 3



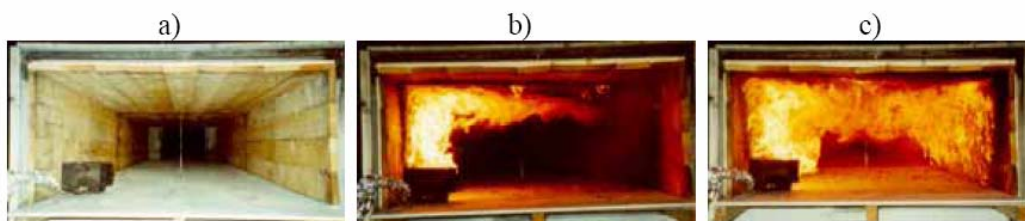
ภาพที่ 3 เวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย ในแต่ละพื้นที่ที่มีการไหลของอากาศแตกต่างกัน ทำให้เวลาในการตอบสนองแตกต่างกัน

ที่มา: Klote (1998)

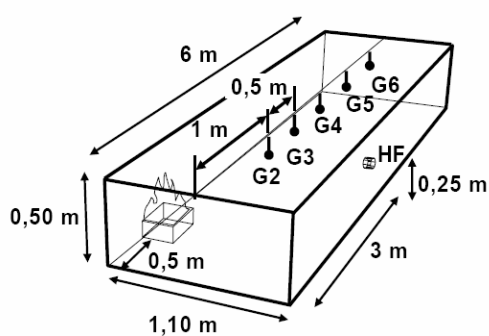
การศึกษาของ Klote (1998) เป็นการศึกษาถึงผลกระทบของการไหลของอากาศภายในพื้นที่ปรับอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากห้องเครื่องส่งลมเย็น ส่งลมเย็นเข้ามายังพื้นที่ปรับอากาศ โดยใช้โปรแกรมการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamic, CFD) ซึ่งอาจมีขอบเขตที่จำกัดต่อการพิจารณาทางด้านอัคคีภัย การศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นดังกล่าว หากใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยโดยตรงเพื่อศึกษา ย่อมจะมีโอกาสครอบคลุมการเกิดอัคคีภัยมากกว่า และมีความน่าเชื่อถือของข้อมูลเพิ่มขึ้น หากผลการศึกษาที่นั่นสอดคล้องกัน

Hietaniemi et al. (2004) ได้ทำการศึกษาถึงความเชื่อถือได้ของโปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัย โดยเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างการจำลองการเกิดอัคคีภัยจริง กับการจำลองการเกิดอัคคีภัยด้วยโปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัย ดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการสร้างแบบจำลองการเกิดอัคคีภัยจริง โดยใช้ห้องยาว 6 เมตรและมีการติดตั้งเครื่องมือวัดตามจุดต่างๆ และทำการจุดไฟเพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิ ต่อจากนั้นจึงทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัย โดยมีการกำหนดค่าตัวแปรและเงื่อนไขต่างๆ ให้เหมือนกันกับแบบจำลองจริงทุกประการ และทำการจุดไฟ

เพื่อบันทึกราค่าอุณหภูมิ และนำผลที่ได้มาสร้างกราฟเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า ภายในเวลาไม่เกิน 240 วินาที โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยให้ผลการคำนวณที่สามารถทำนายถึงสภาวะการณ์ที่เกิดขึ้นจริงอย่างเชื่อถือได้



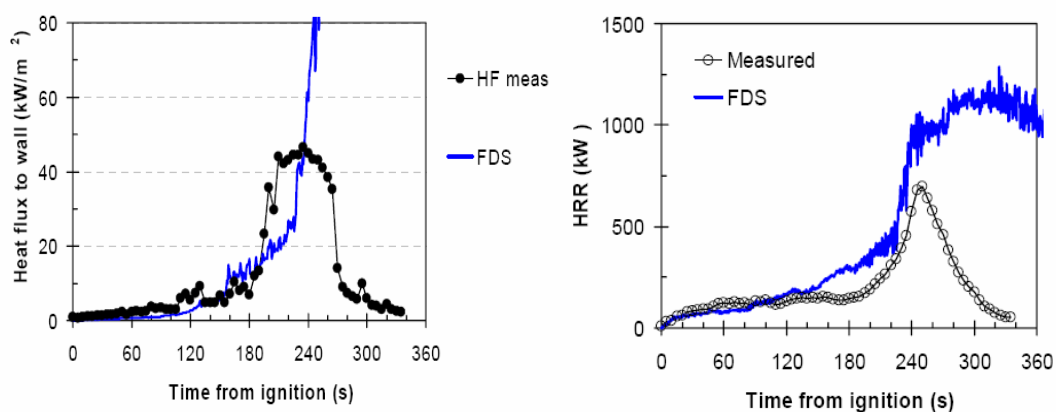
Pictures showing the development of the experiment: a) before ignition, b) 1 min after burner ignition and c) ca. 3:45 after burner ignition.



G2-G6 : Thermocouple

ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองอัคคีภัยจริง กับแบบจำลองอัคคีภัยด้วยโปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัย

ที่มา: Hietaniemi et al. (2004)



ภาพที่ 5 กราฟการเปรียบเทียบผลระหว่างแบบจำลองอัคคีภัยจริง กับแบบจำลองอัคคีภัยด้วยโปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัย

ที่มา: Hietaniemi et al. (2004)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สมมติฐาน

ผลการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย ที่เกิดขึ้นจากการไหลของอากาศในห้องเครื่องส่งลมเย็น สามารถควบคุมและปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ เมื่อทำการสร้างแบบจำลองการเกิดเพลิงไหม้ในห้องดังกล่าว และทำการศึกษาการเคลื่อนที่ของความร้อน และควันไฟ เพื่อออกแบบและกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์ให้เหมาะสม

2. วัสดุและอุปกรณ์

2.1 โปรแกรมจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamic Simulator, FDS) รุ่น 4.0.6 พร้อมโปรแกรม SmokeView จาก National Institute of Standard and Technology (NIST) ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ที่ <http://fire.nist.gov/fds/>

2.2 โปรแกรม PyroSim จาก Thunder Head Engineering ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ที่ <http://www.thunderheadeng.com> นำมาติดตั้งลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วได้โปรแกรมตามภาพที่



ภาพที่ 6 โปรแกรม PyroSim เมื่อติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์

ที่มา: Thunder Head Engineering (2006)

2.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ ด้วยคุณสมบัติทางเทคนิค ตามความต้องการขั้นต่ำของโปรแกรมในข้อที่ 2.1 และ 2.2

2.4 เครื่องมือวัด เช่น เครื่องวัดความเร็วลม เครื่องวัดอุณหภูมิ เป็นต้น

3. วิธีการ

3.1 การตรวจเอกสาร (Literature Review) เพื่อศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมถึงศึกษาถึงความสามารถของโปรแกรมการจำลองพลศาสตร์อวกาศ

3.2 เก็บข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัย เพื่อทำการจำลองพลศาสตร์อวกาศ สำหรับห้องเครื่องส่งลมเย็นของอาคารตัวอย่าง ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลเบื้องต้น ดังนี้

3.2.1 ขนาดของเครื่องส่งลมเย็น และห้องที่ติดตั้ง

3.2.2 ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้า และออกจากห้องเครื่องส่งลมเย็น

3.2.3 จุดติดตั้ง และชนิดของอุปกรณ์ป้องกันอวกาศ

3.3 กำหนดสถานการณ์การเกิดเหตุเพลิงไหม้ ด้วยไฟที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่กำหนด

3.4 ดำเนินการสร้างแบบจำลองพลศาสตร์อวกาศ สำหรับห้องเครื่องส่งลมเย็นของอาคารตัวอย่าง ในสภาวะต่างๆ ตามต้องการ

3.5 เก็บข้อมูลที่เป็นผลจากการจำลองพลศาสตร์อวกาศ ในสภาวะต่างๆ ข้างต้นซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลเบื้องต้น ดังนี้

3.5.1 ผลของเวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ป้องกันอวกาศแต่ละประเภท

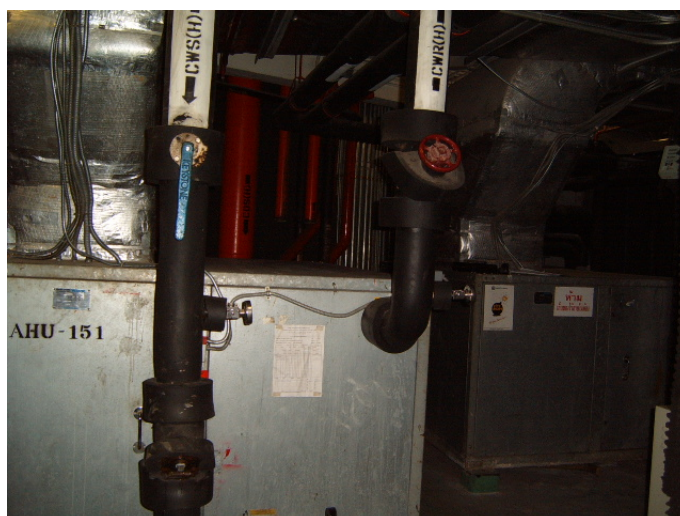
3.5.2 อุณหภูมิ ณ จุดที่สนใจ ที่ได้กำหนดในแบบจำลองฯ เป็นต้น

3.6 ศึกษา เปรียบเทียบ และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองพลศาสตร์อวกาศ จากสภาวะต่างๆ เช่น สภาวะการไหลของอากาศแบบปกติ และสภาวะการไหลแบบปั่นป่วน เพื่อทำนายผลที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ป้องกันอวกาศ

3.7 สรุปผลการจำลองพลศาสตร์อวกาศ เพื่อกำหนดแนวทางการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอวกาศในห้องเครื่องส่งลมเย็น ในเชิงประสิทธิผล โดยคำนึงถึงผลกระทบของการไหลของอากาศ และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

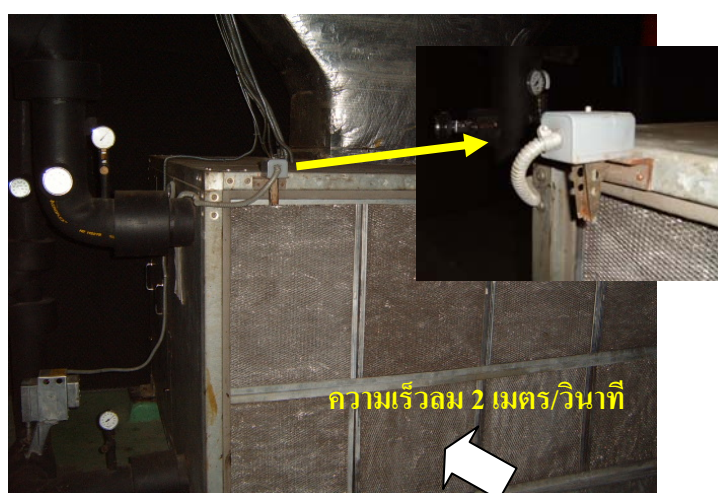
4. สถานที่ทำการวิจัย

การศึกษาและวิจัยนี้จะใช้ห้องเครื่องส่งลมเย็นของอาคารตัวอย่าง(ไม่สามารถเปิดเผยชื่ออาคาร) ซึ่งเป็นอาคารขนาด 25 ชั้น มีระบบเครื่องปรับอากาศแบบศูนย์รวม โดยมีห้องเครื่องส่งลมเย็นทำหน้าที่ส่งลมที่ได้รับการปรับอากาศแล้ว เข้าสู่พื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 7 ถึงภาพที่ 10 ซึ่งจะทำการวัดค่าต่างๆ ที่จำเป็นต่อการสร้างแบบจำลองทั้งหมด จากห้องเครื่องส่งลมเย็นนี้



ภาพที่ 7 ห้องเครื่องส่งลมเย็นของอาคารตัวอย่าง

ที่มา: ได้จากการถ่ายภาพจากสถานที่จริง



ภาพที่ 8 เครื่องส่งลมเย็นที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอักลักษณ์ไว้ที่ด้านหน้า บริเวณช่องลมกลับ

ที่มา: ได้จากการถ่ายภาพจากสถานที่จริง



ภาพที่ 9 ช่องอากาศจากภายนอกของอาคาร (Fresh Air)

ที่มา: ได้จากการถ่ายภาพจากสถานที่จริง



ภาพที่ 10 หัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ที่ติดตั้งภายในห้อง

ที่มา: ได้จากการถ่ายภาพจากสถานที่จริง

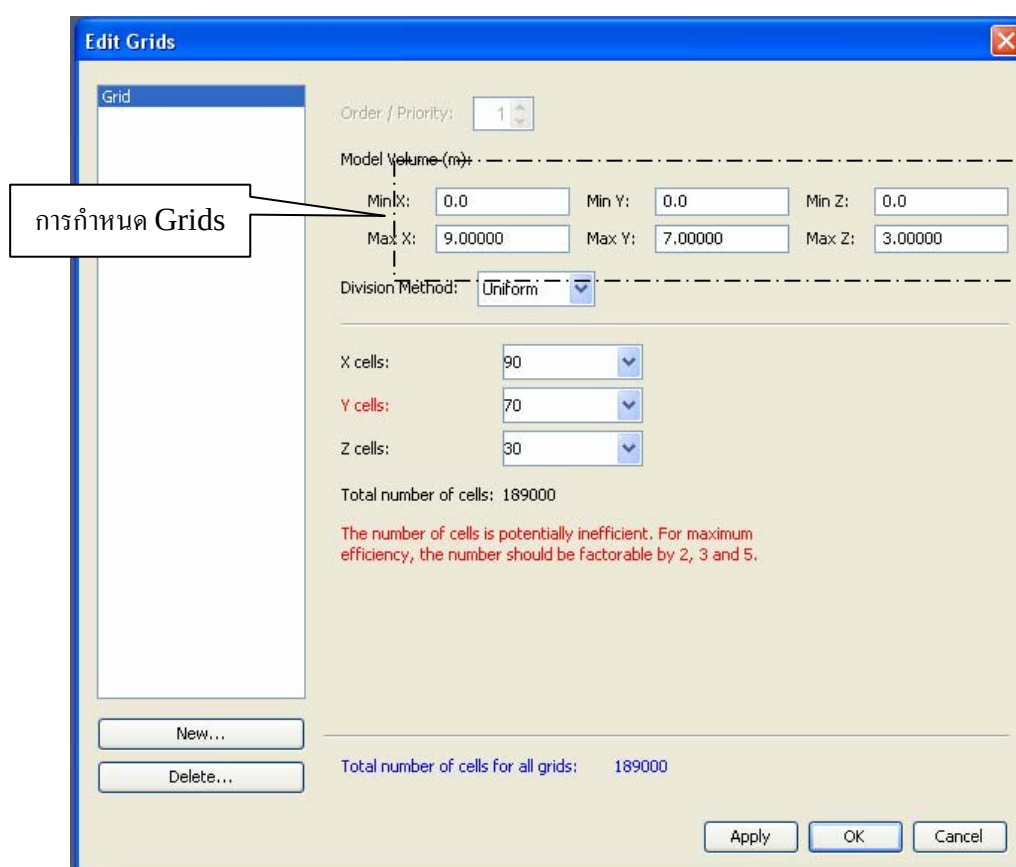
ผลและการวิจารณ์

1. การสร้างแบบจำลอง และการกำหนดตัวแปรและเงื่อนไข

โปรแกรม FDS เป็นโปรแกรมที่เขียนคำสั่งในการสร้างแบบจำลองด้วยรูปแบบข้อความ ซึ่งเป็นความไม่สะดวกอย่างยิ่ง หากต้องสร้างภาพเสมือนสามมิติของแบบจำลองด้วยวิธีดังกล่าว ดังนั้น จึงต้องใช้โปรแกรม PyroSim ซึ่งสามารถเขียนคำสั่งในการสร้างแบบจำลองด้วยรูปแบบกราฟิก แล้วจึงบันทึกเป็นไฟล์คำสั่งของ FDS ก่อนทำการคำนวณ และวิเคราะห์ผลจากภาพเสมือนด้วยโปรแกรม SmokeView การสร้างแบบจำลองสามารถอธิบายโดยสังเขป ดังนี้

1.1 การกำหนด GRID

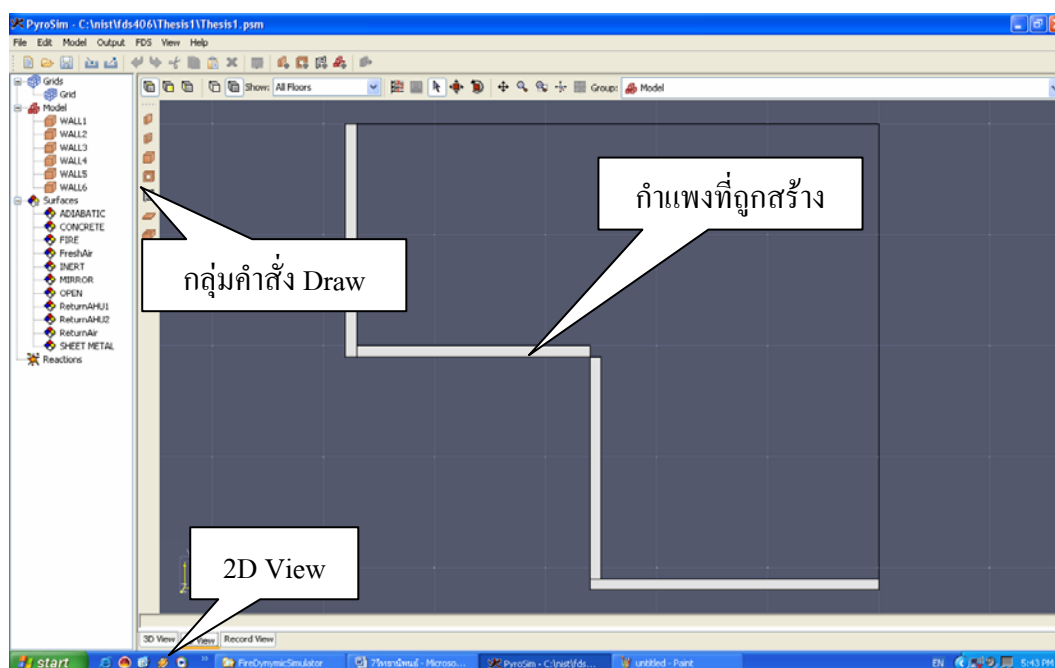
จากขนาดของห้องเครื่องส่งลมเย็นของอาคารตัวอย่าง ซึ่งมีขนาด $9 \times 7 \times 3$ เมตร สามารถนำมากำหนดค่าให้แก่ PyroSim จากเมนู Model>Edit Grids ได้ดังแสดงในภาพที่ 11



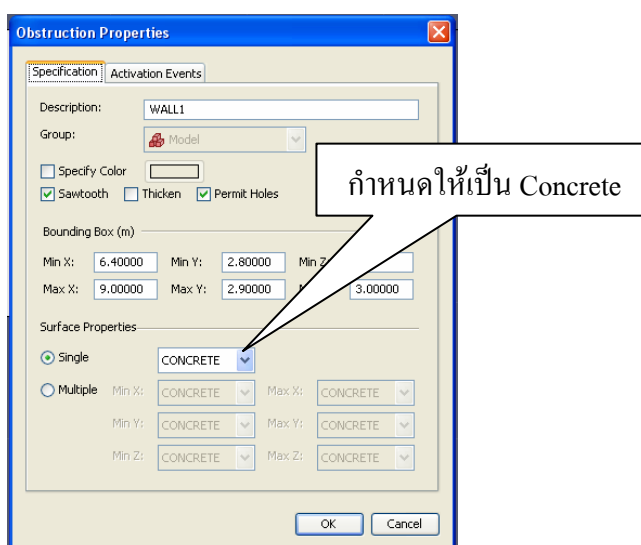
ภาพที่ 11 การกำหนด Grids

1.2 การสร้างผนัง และส่วนปิดล้อม

การสร้างกำแพงของห้อง และการกำหนดค่าต่างๆ ที่เป็นไปตามสภาวะจริง ต้องใช้ฟังก์ชัน 2D View และใช้คำสั่งต่างๆ ที่เกี่ยวกับ Draw ที่อยู่บน Tools Bar สามารถนำมากำหนดให้แก่ Pyrosim ดังแสดงในภาพที่ 12 และเมื่อชี้เลือกส่วนของกำแพงที่สร้างขึ้น แล้วคลิกเมาส์ด้านขวา ก็จะสามารถกำหนดชนิดของวัสดุที่เป็นกำแพงจากเมนู Properties ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 12 การสร้างกำแพง และส่วนปิดล้อม



ภาพที่ 13 การกำหนดวัสดุที่ใช้เป็นกำแพง และส่วนปิดล้อม

1.3 การสร้างเครื่องจักรในระบบ HVAC

เครื่องส่งลมเย็นที่ติดตั้งภายในห้อง ประกอบด้วย Air Handling Unit ขนาด 40 ตัน จำนวน 2 เครื่อง ทำหน้าที่ดูดลมกลับ (Return Air) ทางด้านหน้าของเครื่อง และส่งลมเย็นโดยผ่านท่อส่งลม (Air Duct) เข้าไปยังพื้นที่ปรับอากาศ ในส่วนนี้ต้องอาศัยคำสั่งเกี่ยวกับการ Draw เช่นเดียวกับข้อ 1.2 โดยใช้ขนาดของเครื่องจักร และวัสดุที่ใช้เป็น Sheet Metal

ภาพที่ 14 แสดงถึงการกำหนดค่าอุณหภูมิ และความเร็วในการไหลของอากาศ ที่เกิดจากเครื่องจักรในระบบ HVAC จำเป็นต้องมีการวัดค่าด้วยเครื่องมือวัด ค่าที่ได้สามารถนำมากำหนดให้แก่ PyroSim ดังแสดงในภาพที่ 15



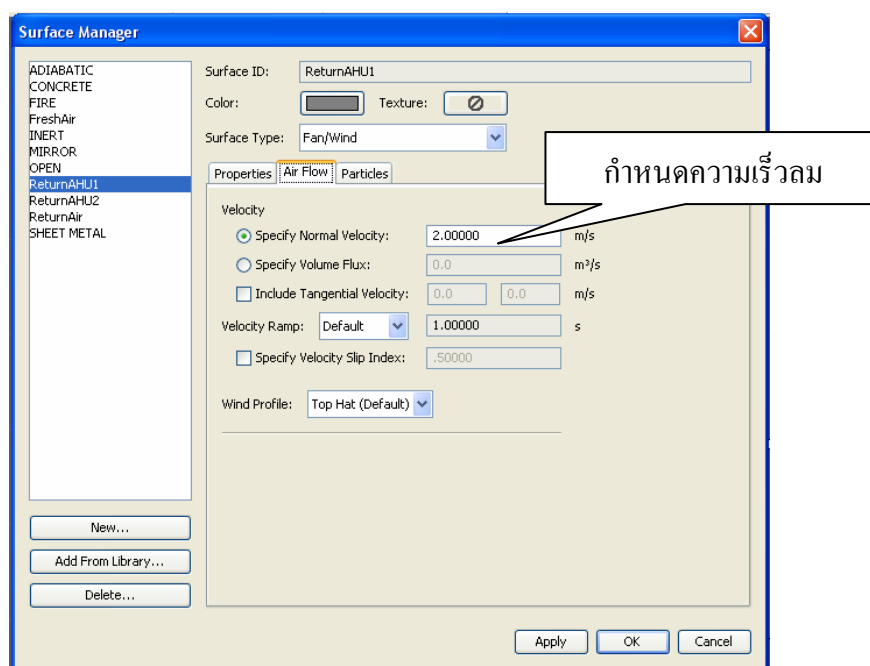
ภาพที่ 14 การวัดค่าความเร็วลมกลับ (Return Air) ของเครื่องส่งลมเย็น

ที่มา: ได้จากการถ่ายภาพจากสถานที่จริง

1.3.1 AHU Return Air ; ความเร็วลม = 2 m/s, อุณหภูมิ = 24 °C

1.3.2 Total Return Air ; ความเร็วลม = 4 m/s, อุณหภูมิ = 22 °C

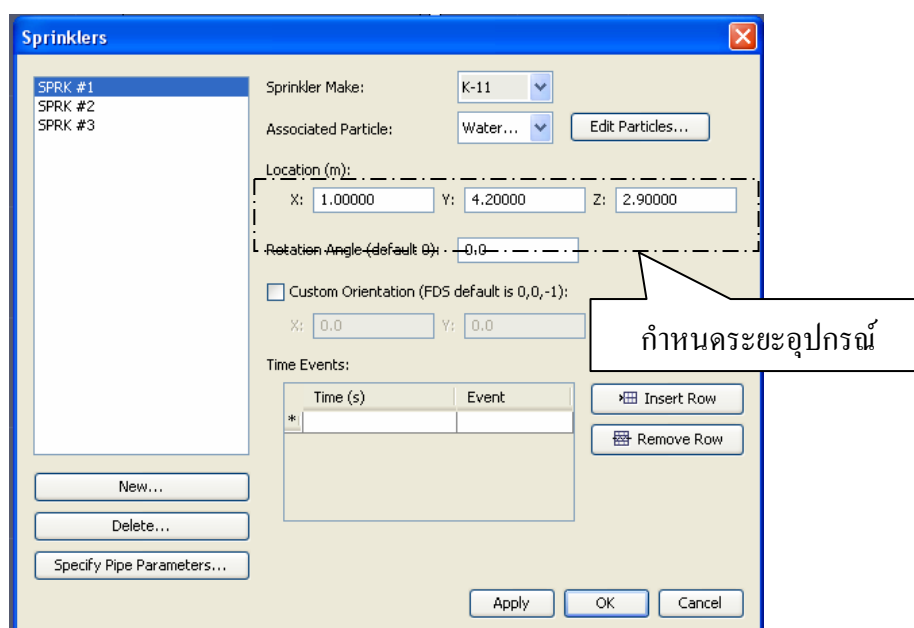
1.3.3 Fresh Air ; ความเร็วลม = 2 m/s, อุณหภูมิ = 27 °C



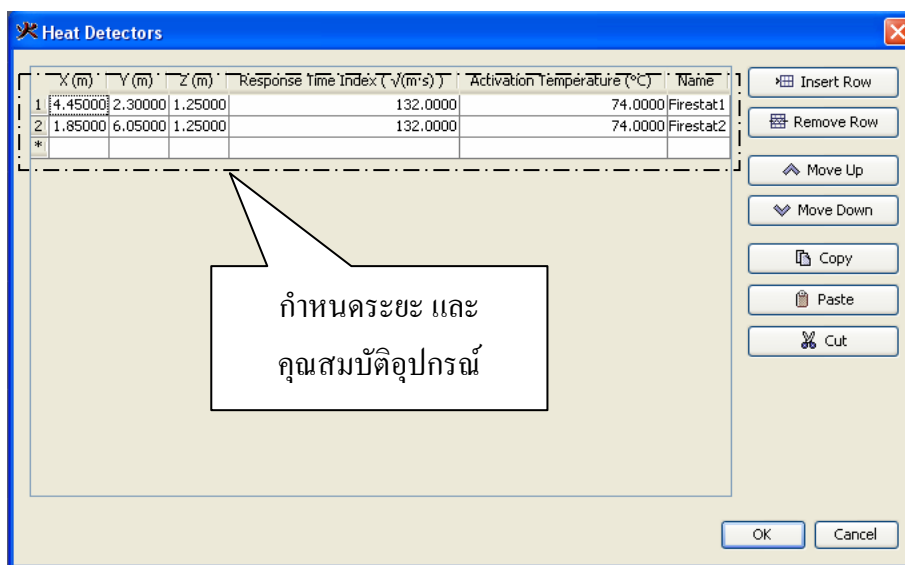
ภาพที่ 15 การกำหนดค่าของลมที่เกิดขึ้นจากเครื่องส่งลมเย็น

1.4 การสร้างอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย และหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

เมื่อทำการวิเคราะห์จริงของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัยที่ติดตั้งอยู่ จึงนำมากำหนดให้กับ PyroSim ได้จากเมนู Model>Edit Sprinklers และเมนู Model>Edit Heat Detectors ดังแสดงในภาพที่ 16 และภาพที่ 17 ตามลำดับ



ภาพที่ 16 การกำหนดระยะของหัวกระจายน้ำดับเพลิง

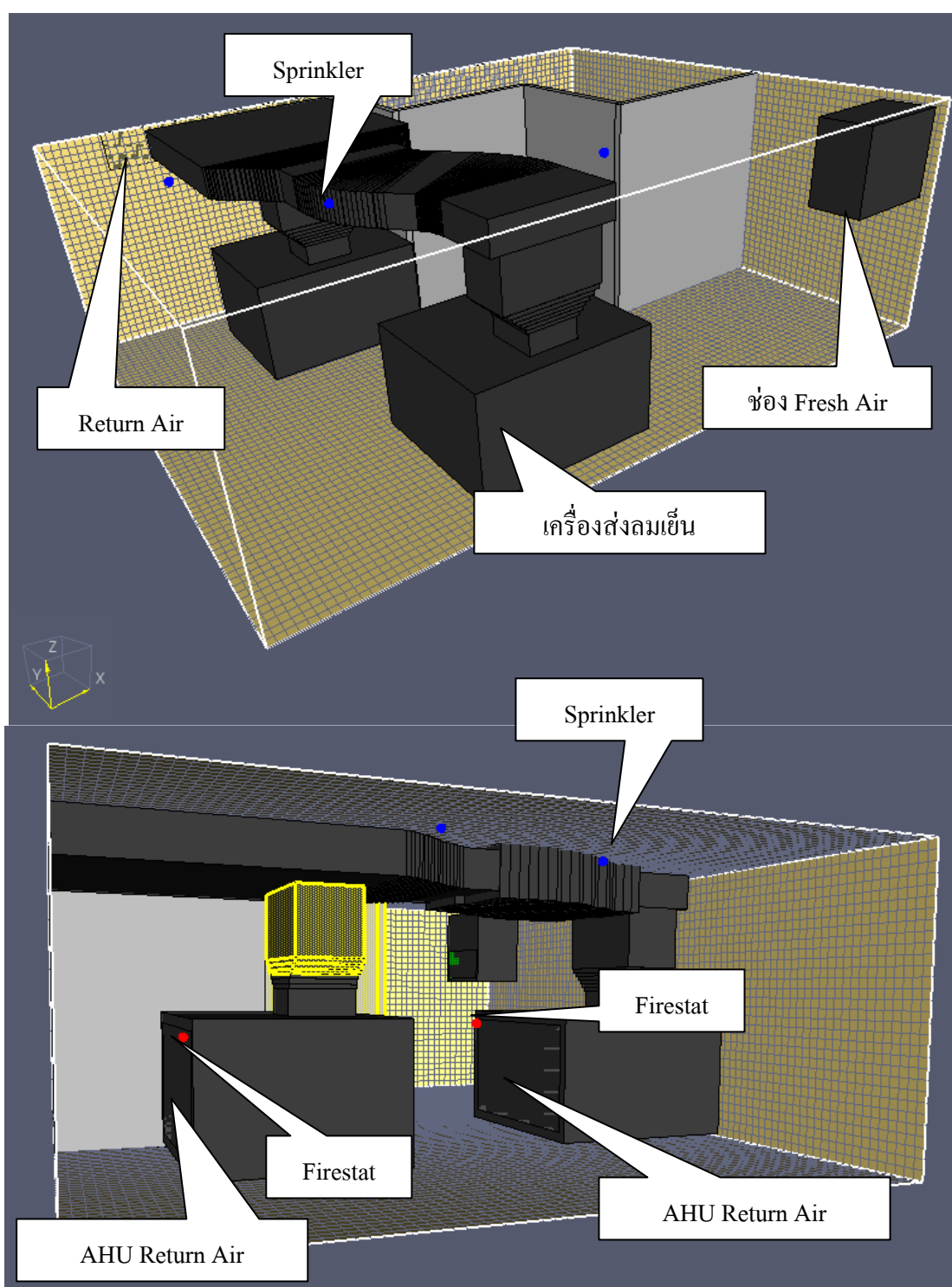


ภาพที่ 17 การกำหนดระยะ และคุณสมบัติของอุปกรณ์ Heat Detectors

1.5 ค่าเวลาในการทำการจำลอง (Simulation Time)

เวลาในการดำเนินการจำลอง (Simulation) นั้น หากกำหนดค่ามากเกินไป จะทำให้ FDS ใช้เวลาในการคำนวณนานมากกว่า 20 ชั่วโมง อันเนื่องมาจากสภาพเงื่อนไขความเป็น Dynamic ภายในห้อง แต่หากกำหนดน้อยเกินไป ก็จะไม่สามารถนำข้อมูลมาพิจารณาถึงผลที่เกิดขึ้นได้ ในเบื้องต้นได้ทำการกำหนดค่าเวลาดังกล่าวไว้ที่ 10 นาที หรือ 600 วินาที แต่พบว่าต้องใช้เวลาคำนวณมากกว่า 5 วัน ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ ซึ่งเป็นเวลาที่มากเกินไป และผลที่ได้รับจากนาทีที่ 4 เป็นต้นไป ก็ไม่มีผลใดๆ ต่อการวิเคราะห์พิจารณา เพราะฉะนั้น จึงกำหนดเวลาในการ จำลองไว้ที่ 3 นาที หรือ 180 วินาทีซึ่งสอดคล้องกับผลของเวลาที่ Hietaniemi, Hostikka and Vaari (2004) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบไว้ คือไม่เกิน 240 วินาที

ผลจากการกำหนด และสร้างแบบจำลอง ทำให้ได้แบบจำลองของห้องเครื่องส่งลมเย็นตามสภาพจริง ดังแสดงในภาพที่ 18 ซึ่งเป็นภาพ 3 มิติ และหากต้องการที่จะ จำลองแบบ ให้เป็นไปตามเวลา หรือการทำการจำลอง ก็ต้องดำเนินการให้ FDS ทำการคำนวณค่าตามเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 18 แบบจำลองห้องเครื่องลมเย็น (Air Handling Unit Room)

2. ผลจากการดำเนินการจำลองอัคคีภัย (Fire Simulation)

เพื่อการศึกษาข้อมูลของแบบจำลอง จากการดำเนินการจำลอง จึงต้องกำหนดลักษณะการจำลอง ในหลายกรณี เพื่อครอบคลุมถึงประเด็นในการพิจารณาวิเคราะห์ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นประเด็นของผลการดำเนินการ ได้ดังนี้

2.1 การจำลองสภาวะการไหลของอากาศ ภายในห้องเครื่องส่งลมเย็น

เพื่อการศึกษาถึงสภาวะของการไหลแบบปั่นป่วนที่เกิดขึ้นภายในห้อง จึงต้องกำหนดข้อมูลที่สนใจ ให้เป็น Output ของ FDS ซึ่งในการจำลองกรณีนี้ เมื่อต้องการทราบถึงความเร็วลม ณ ระดับติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย คือที่ความสูง ระดับ 2.9 m เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมากำหนดให้แก่ FDS เพื่อทำการคำนวณดังนี้ (สามารถดูรายละเอียดจากภาคผนวก ก)

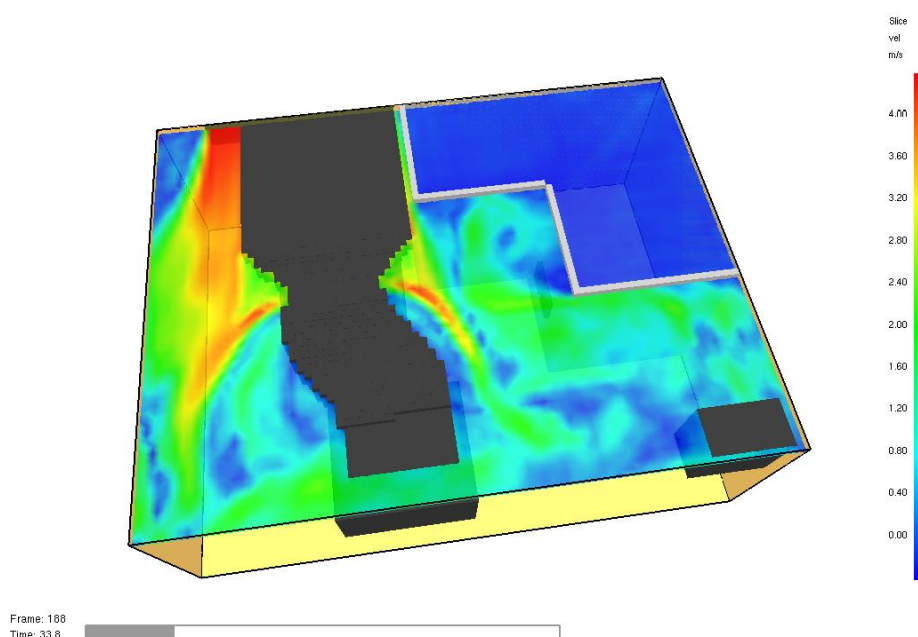
เครื่องส่งลมเย็น	ทำงาน
Return Air	4 เมตร/วินาที (เข้าพื้นที่)
AHU Return Air	2 เมตร/วินาที (ออกจากพื้นที่)
Fresh Air	2 เมตร/วินาที (เข้าพื้นที่)
การเผาไหม้ หรือการเกิดไฟ	ไม่มี

เมื่อนำคำสั่งที่เขียนขึ้นจาก PyroSim ไปบันทึกเป็นไฟล์คำสั่งของ FDS แล้วจึงสามารถคำนวณผลที่เกิดขึ้นเพื่อให้โปรแกรม SmokeView อ่านค่าออกเป็นภาพเสมือนสามมิติ ผลจากการจำลอง ในกรณีนี้ ดังแสดงในภาพที่ 19 และภาพที่ 20 แสดงให้เห็นถึงค่าของความเร็วในการไหลของอากาศ ณ ตำแหน่งระดับของหัวกระจายน้ำดับเพลิง และ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากเครื่องส่งลมเย็น ในระบบ HVAC

การคำนวณด้วย FDS สามารถทำได้สองทางคือ ใช้คำสั่งจาก PyroSim เพื่อเข้าคำนวณด้วย FDS จากเมนู FDS\Run FDS หรือไปที่โฟลเดอร์ของ FDS เพื่อใช้คำสั่งจาก Dos Prompt ดังนี้

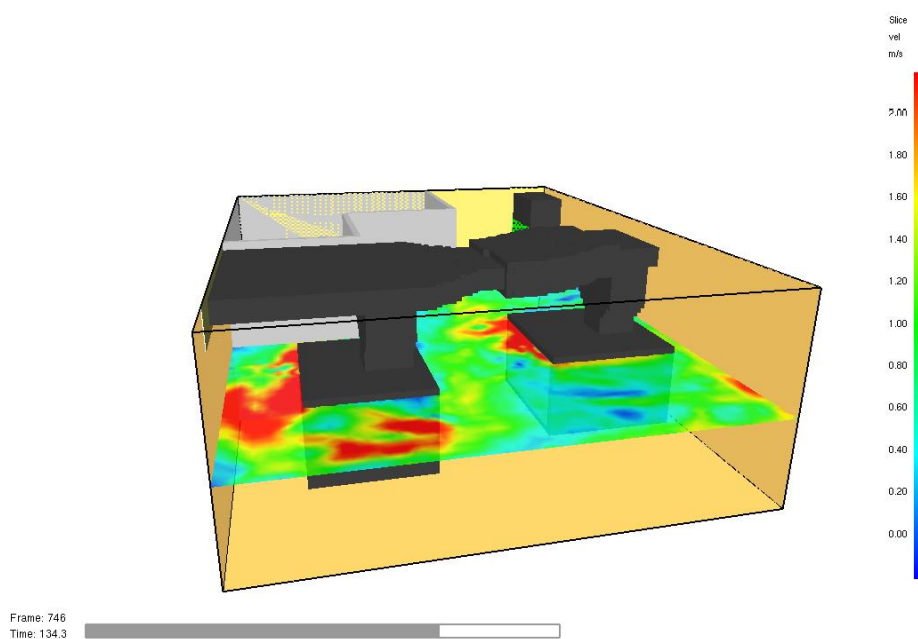
```
fds4 < XXXX.data
```

หมายเหตุ XXXX หมายถึงชื่อไฟล์ที่ตั้งไว้สำหรับไฟล์คำสั่ง (Input File) ของ FDS



ภาพที่ 19 ผลจากการจำลอง แสดงให้เห็นถึงความเร็วของอากาศ ที่ระดับของหัวกระจายน้ำดับเพลิง

หากวิเคราะห์จากภาพที่ 18 จะสามารถแบ่งแยกได้ว่า มีพื้นที่จุดใดที่มีความเร็วไม่เกิน มาตรฐาน NFPA72 (2002) ข้อ 5.7.8.1 (4) กำหนดข้อจำกัดสำหรับการติดตั้งตัวตรวจจับควันไว้ใน สถานที่ซึ่งมีความเร็วของอากาศไม่เกิน 1.5 m/sec (300 ft/min) ที่อ้างอิง ซึ่งก็น่าที่จะสามารถติดตั้ง อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเพิ่มเติมได้



ภาพที่ 20 ผลจากการจำลอง แสดงให้เห็นถึงความเร็วของอากาศ ที่ระดับของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

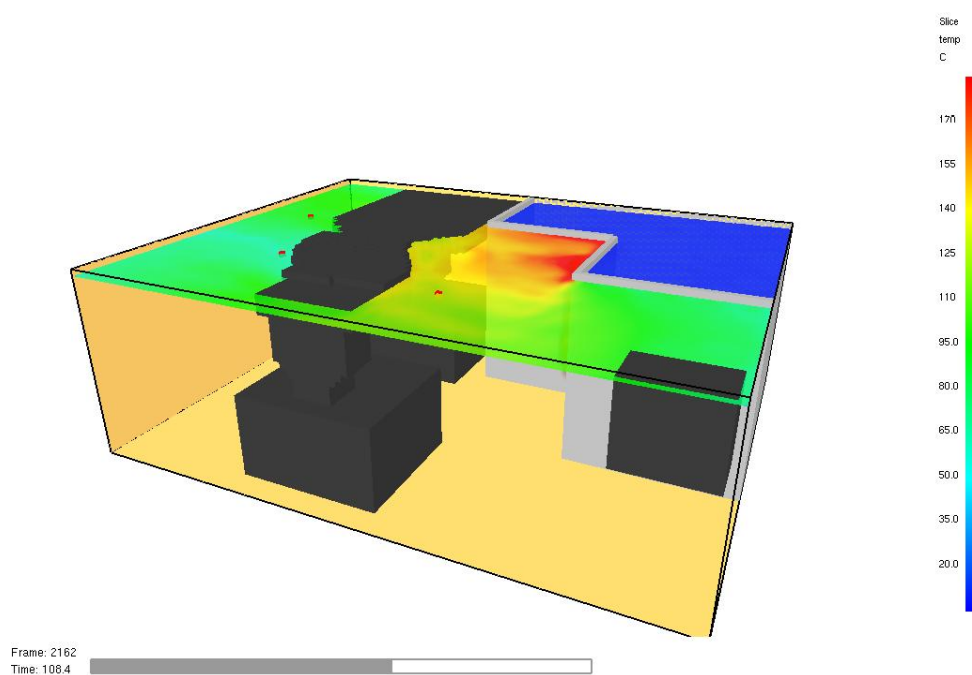
หากวิเคราะห์จากภาพที่ 20 สามารถทำนายได้ว่า ณ จุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ที่เครื่องส่งลมเย็น มีความเร็วเกินกว่ามาตรฐาน NFPA72 (2002) ข้อ 5.7.8.1 ที่อ้างถึงการกำหนดข้อจำกัดสำหรับการติดตั้งตัวตรวจจับควันไว้ในสถานที่ซึ่งมีความเร็วของอากาศไม่เกิน 1.5 m/sec (300 ft/min)

2.2 การจำลองการเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่แผงควบคุมระบบไฟฟ้า เนื่องจากไฟฟ้าลัดวงจร ในขณะที่ภายในห้องเครื่องส่งลมเย็น ไม่ได้อยู่ภายใต้การไหลของอากาศแบบปั่นป่วน

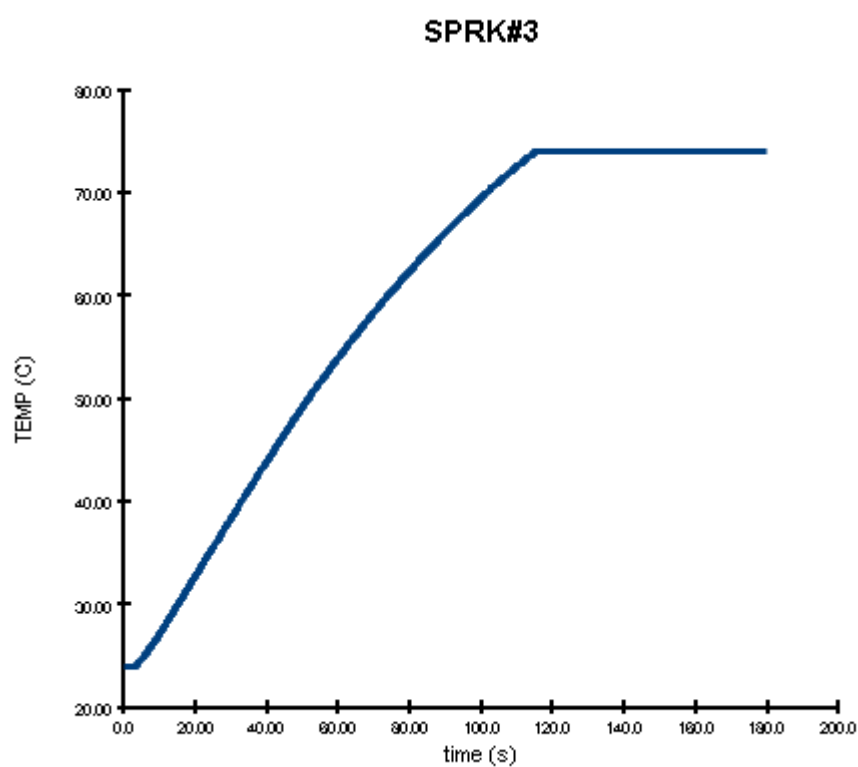
การศึกษาถึงความร้อนที่เกิดขึ้นจากเพลิงไหม้ หากเกิดการลัดวงจรของแผงควบคุมไฟฟ้า ในสถานะของห้องเครื่องส่งลมเย็น ที่ยังไม่มีกระแสการไหลของอากาศแบบปั่นป่วน เพื่อประเมินการตอบสนองของอุปกรณ์ในระบบตรวจจับอัคคีภัย หากไม่มีผลกระทบจากการไหลของอากาศ โดยกำหนดให้เพลิงที่เกิดขึ้นมีค่า อัตราการคายความร้อน (HRRPUA) ที่ 500 kW และทำการยกเลิกค่าต่างๆ ที่ตั้งไว้สำหรับ AHU Return Air, Return Air และ Fresh Air ตามหัวข้อ 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3 ตามลำดับ เพื่อให้อากาศเป็นปกติ สามารถนำข้อมูลมากำหนดให้แก่ FDS เพื่อทำการคำนวณดังนี้ (สามารถดูรายละเอียดจากภาคผนวก ข)

เครื่องส่งลมเย็น	ไม่ทำงาน
Return Air	0 เมตร/วินาที (เข้าพื้นที่)
AHU Return Air	0 เมตร/วินาที (ออกจากพื้นที่)
Fresh Air	0 เมตร/วินาที (เข้าพื้นที่)
การเผาไหม้ หรือการเกิดไฟ	มีเท่ากับ 500 kW/m ²

ผลจากการจำลองในกรณีนี้ ดังแสดงในภาพที่ 21 ซึ่งแสดงให้เห็นอุณหภูมิที่ระดับการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง ภายในเวลา 3 นาทีที่เกิดเพลิงไหม้จากไฟฟ้าลัดวงจร และมีอัตราการคายความร้อนที่ 500 kW/m² ซึ่งแบบจำลองชี้ให้เห็นว่า เมื่อถึงเวลา 130 วินาที หัวกระจายน้ำดับเพลิงที่อยู่ใกล้ต้นเพลิงมากที่สุด จะทำงาน และปล่อยน้ำดับเพลิงออกมา และภาพที่ 22 แสดงถึงอุณหภูมิที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงได้รับ และเริ่มทำงานปล่อยน้ำดับเพลิงที่ 130 วินาที เพื่อควบคุมความร้อนที่เกิดขึ้นจากไฟไหม้



ภาพที่ 21 แสดงอุณหภูมิที่เกิดขึ้น จากเพลิงไหม้ เพราะไฟฟ้าลัดวงจรที่ระดับหัวกระจายน้ำดับเพลิง



ภาพที่ 22 แสดงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวที่ใกล้ดับเพลิงมากที่สุด และแสดงให้เห็นถึงจุดที่อุปกรณ์ทำงานที่ 130 วินาที

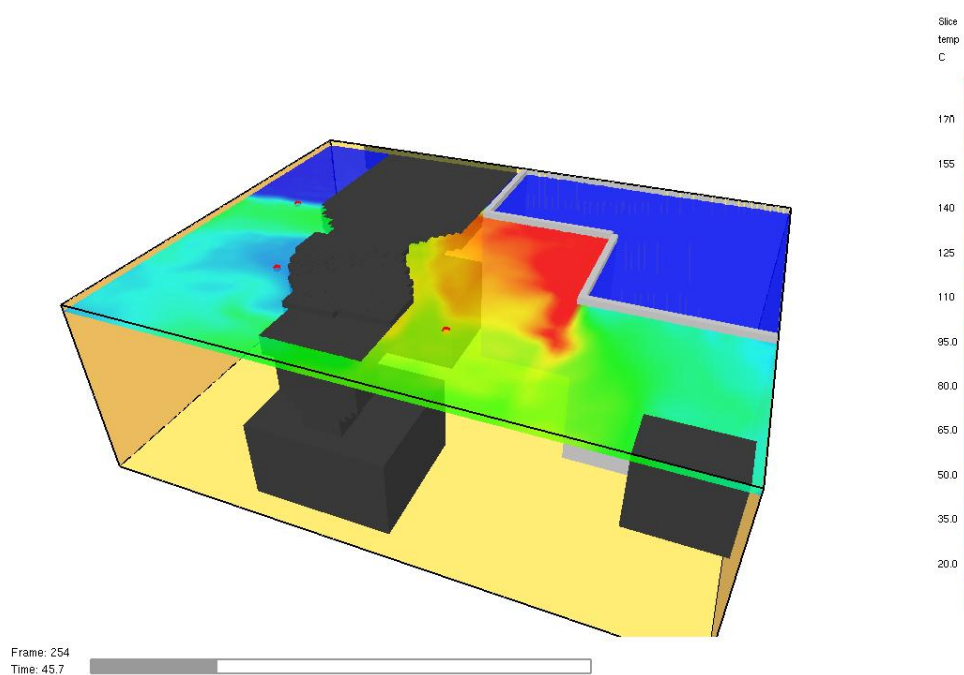
2.3 การจำลองการเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่แผงควบคุมระบบไฟฟ้า เนื่องจากไฟฟ้าลัดวงจร ในขณะที่อยู่ภายใต้การไหลของอากาศแบบปั่นป่วน

การศึกษาถึงความร้อนที่เกิดขึ้นจากเพลิงไหม้ หากเกิดการลัดวงจรของแผงควบคุมไฟฟ้า ในสถานะของห้องเครื่องส่งลมเย็น ที่อยู่ภายใต้การไหลของอากาศแบบปั่นป่วน เพื่อประเมินการตอบสนองของอุปกรณ์ในระบบตรวจจับอัคคีภัย หากมีผลกระทบจากการไหลของอากาศ โดยทำการนำค่าต่างๆ ที่ตั้งไว้สำหรับ AHU Return Air, Return Air และ Fresh Air ตามหัวข้อ 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3 ตามลำดับ กลับเข้ามายัง Input File ของ FDS ตามเดิม เพื่อให้อากาศเกิดสภาวะปั่นป่วน และกำหนดให้เพลิงที่เกิดขึ้นมีค่า อัตราการคายความร้อน(HRRPUA) ที่ 600 kW เพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากหากใช้ค่าเดิม จะปรากฏการตอบสนองของหัวกระจายน้ำดับเพลิงให้เห็น ภายในเวลาของการจำลอง ที่ 3 นาทีที่กำหนด สามารถนำข้อมูลมากำหนดให้แก่ FDS เพื่อทำการคำนวณดังนี้ (สามารถดูรายละเอียดจากภาคผนวก ก)

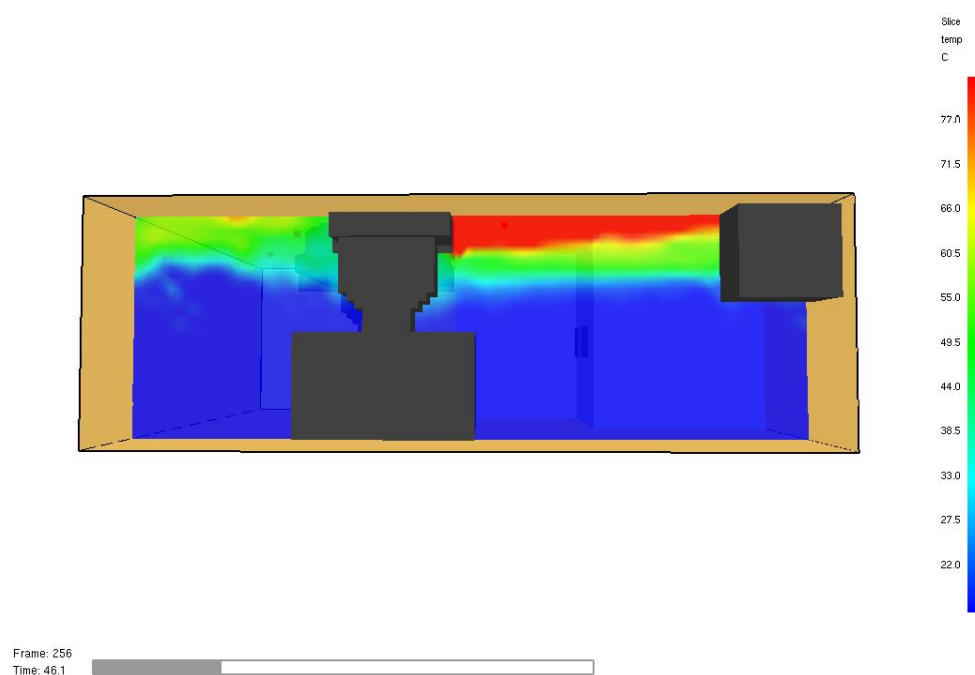
เครื่องส่งลมเย็น	ทำงาน
Return Air	4 เมตร/วินาที (เข้าพื้นที่)
AHU Return Air	2 เมตร/วินาที (ออกจากพื้นที่)
Fresh Air	2 เมตร/วินาที (เข้าพื้นที่)
การเผาไหม้ หรือการเกิดไฟ	มีเท่ากับ 600 kW/m ²

ผลจากการจำลอง ในกรณีนี้ ดังแสดงในภาพที่ 23 ซึ่งแสดงให้เห็นอุณหภูมิที่ระดับการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง ภายในเวลา 3 นาทีที่เกิดเพลิงไหม้จากไฟฟ้าลัดวงจร และมีอัตราการคายความร้อนที่ 600 kW ซึ่งแบบจำลองชี้ให้เห็นว่า หัวกระจายน้ำดับเพลิงที่อยู่ใกล้ต้นเพลิงไม่มีการตอบสนองต่ออัคคีภัยที่เกิดขึ้น ภายในเวลาของการจำลอง ที่ 3 นาทีที่กำหนด

ภาพที่ 24 แสดงให้เห็นถึงชั้นของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากเพลิงไหม้ จะสะสมตัวเป็นชั้น (Layer) ที่เพดาน และจะลงมาไม่ถึงระดับของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ที่ติดตั้งกับตัวเครื่องส่งลมเย็น จึงทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวไม่ทำงาน



ภาพที่ 23 แสดงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ใกล้ต้นเพลิง



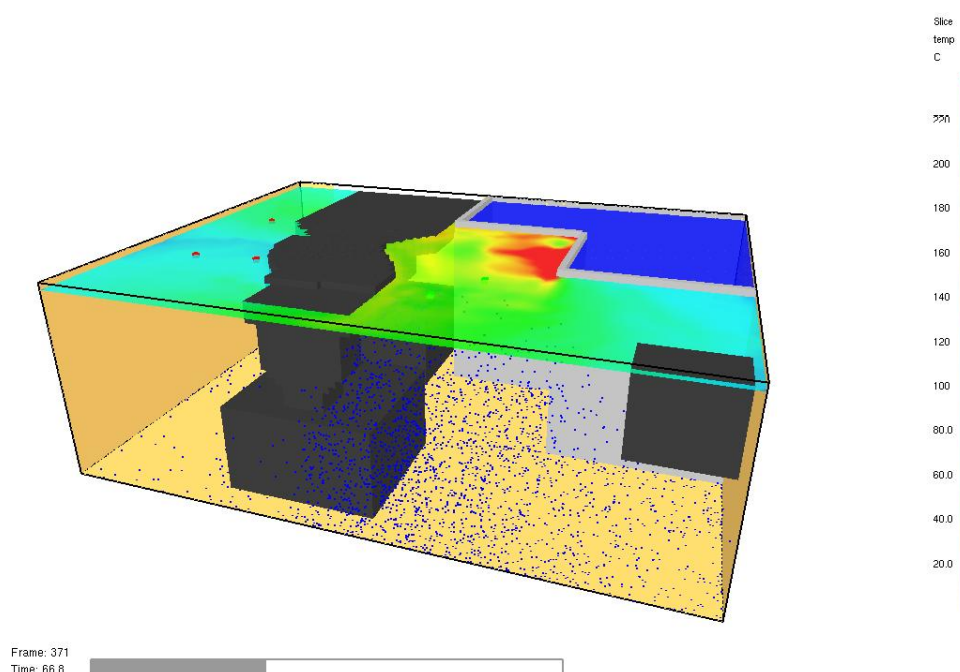
ภาพที่ 24 แสดงชั้นของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น และไม่สามารถทำให้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งกับเครื่องส่งลมเย็น ทำงานได้

2.4 การจำลองการเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่แผงควบคุมระบบไฟฟ้า เนื่องจากไฟฟ้าลัดวงจร ในขณะที่อยู่ภายใต้การไหลของอากาศแบบปั่นป่วน และติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเพิ่มเติม ในจุดที่เป็นพื้นที่ที่สะสมอุณหภูมิ

การศึกษาถึงความร้อนที่เกิดขึ้นจากเพลิงไหม้ หากเกิดการลัดวงจรของแผงควบคุมไฟฟ้า ในสภาวะของห้องเครื่องส่งลมเย็น ที่อยู่ภายใต้การไหลของอากาศแบบปั่นป่วน เพื่อประเมินการตอบสนองของอุปกรณ์ในระบบตรวจจับอัคคีภัย หากมีผลกระทบจากการไหลของอากาศ และกำหนดให้เพลิงที่เกิดขึ้นมีค่า อัตราการคายความร้อน(HRRPUA) ที่ 600 kW และยกเลิกอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งกับเครื่องส่งลมเย็น แต่เพิ่มอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน 2 จุด โดยพิจารณาจากจุดที่สามารถวางอุปกรณ์ได้ จากการจำลองในกรณีที่ 2.1 ข้างต้น และสร้างเงื่อนไขพิเศษ หากอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทำงาน จะต้องสั่งการให้หยุดเครื่องส่งลมเย็น เพื่อให้อากาศหยุดนิ่งเป็นปกติ ไม่ดูดอากาศที่เกิดเพลิงไหม้เข้าพื้นที่ทันที ทำให้สามารถนำข้อมูลมากำหนดให้แก่ PyroSim เพื่อทำการคำนวณดังนี้ (สามารถดูรายละเอียดจากภาคผนวก ง)

เครื่องส่งลมเย็น	ทำงาน
Return Air	4 เมตร/วินาที (เข้าพื้นที่)
AHU Return Air	2 เมตร/วินาที (ออกจากพื้นที่)
Fresh Air	2 เมตร/วินาที (เข้าพื้นที่)
การเผาไหม้ หรือการเกิดไฟ	มีเท่ากับ 600 kW/m ²
ทำการย้ายอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไปยังจุดที่พิจารณาจากหัวข้อ 2.1	

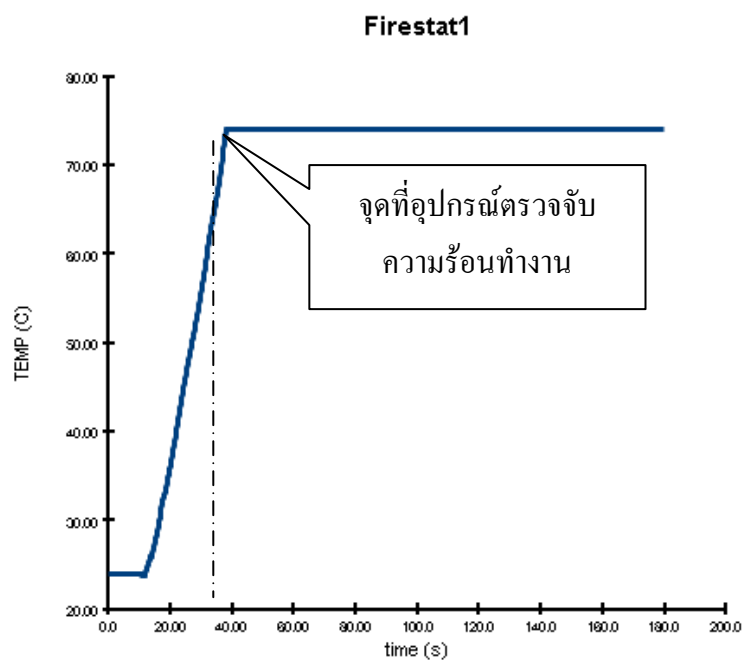
ผลจากการจำลอง ในกรณีนี้ ดังแสดงในภาพที่ 25 ซึ่งแสดงให้เห็นอุณหภูมิที่ระดับการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง จากการเกิดเพลิงไหม้จากไฟฟ้าลัดวงจร และมีอัตราการคายความร้อนที่ 600 kW ซึ่งแบบจำลองชี้ให้เห็นว่า ที่เวลา 40 วินาที อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ตัวที่ติดตั้งอยู่ใกล้ต้นเพลิงมากที่สุดจะทำงานก่อน และสั่งให้เครื่องส่งลมเย็นหยุดทำงาน จึงทำให้สภาพการปั่นป่วนของอากาศหยุดลง และทำให้หัวกระจายน้ำดับเพลิงที่อยู่ใกล้ต้นเพลิง มีการตอบสนองต่ออัคคีภัยที่เกิดขึ้นที่เวลา 60 วินาที ขณะที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงาน เพลิงที่เกิด จะถูกควบคุมด้วยหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ทำงานปล่อยน้ำดับเพลิงแล้ว 1 หัว



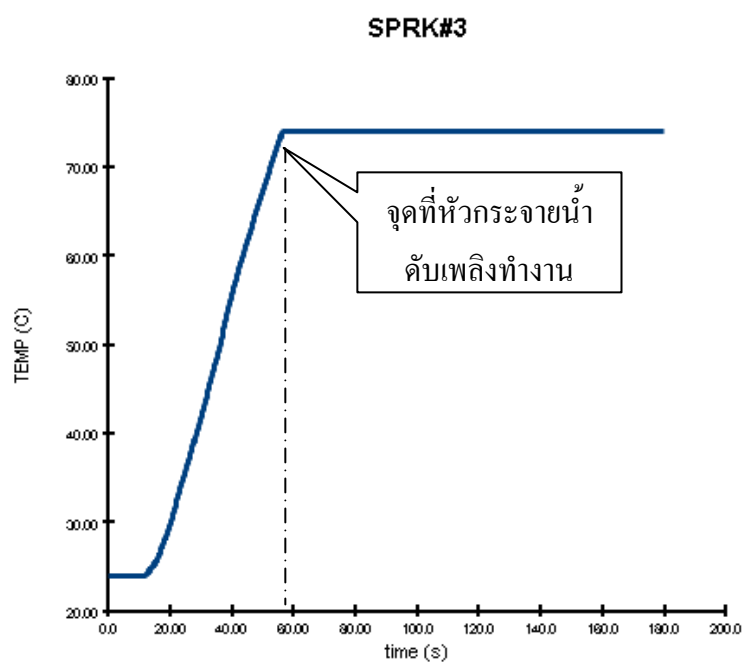
ภาพที่ 25 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ที่ย้ายมาติดตั้งที่เพดาน และทำงานภายใน 40 วินาที จึงเป็นผลให้เกิดการสั่งหยุดเครื่องส่งลมเย็น หยุดการปั่นป่วนของอากาศ และหัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงานที่ 60 วินาที

ส่วนภาพที่ 26 และ 27 แสดงให้เห็นถึงกราฟอุณหภูมิ และการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน และหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ตามลำดับ ที่ช่วงเวลาของการจำลอง ซึ่งจะเห็นได้ว่า อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจะทำงาน และสั่งเครื่องส่งลมเย็นหยุดทำงานก่อน ต่อมาหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติจึงทำงาน

การที่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ทำงานก่อนที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงจะปล่อยน้ำออกมา เป็นผลมาจากค่า RTI (Response Time Index) ของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนอยู่ที่ 132 ส่วนของหัวกระจายน้ำดับเพลิงอยู่ที่ 148 หากนำมาวางไว้ที่ระดับเดียวกัน และอยู่ในตำแหน่งที่ไม่มีผลกระทบจากการไหลของอากาศที่ปั่นป่วน ความร้อนที่อุปกรณ์ทั้งสองได้รับ แม้ว่าจะใกล้เคียงกัน แต่อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนจะทำงานก่อน ผลที่เกิดขึ้นนี้จึงสามารถนำมาพิจารณาในการออกแบบเพื่อพัฒนาการตอบสนองของระบบได้



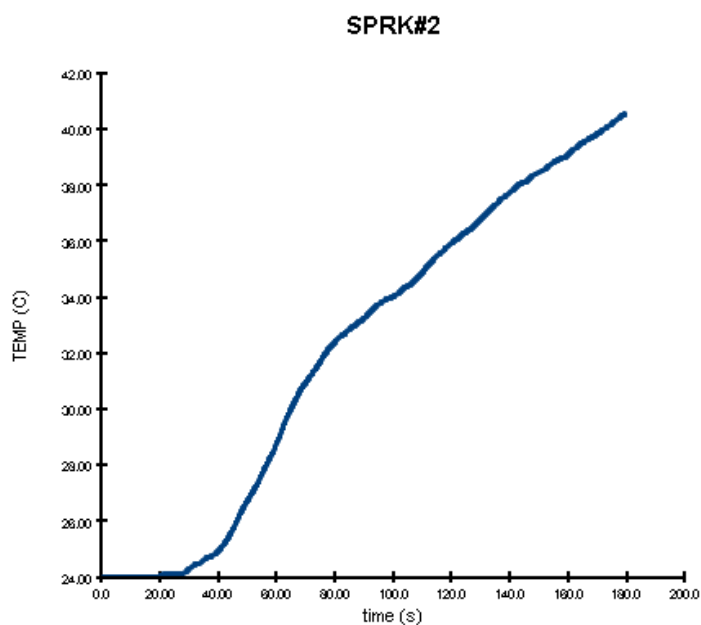
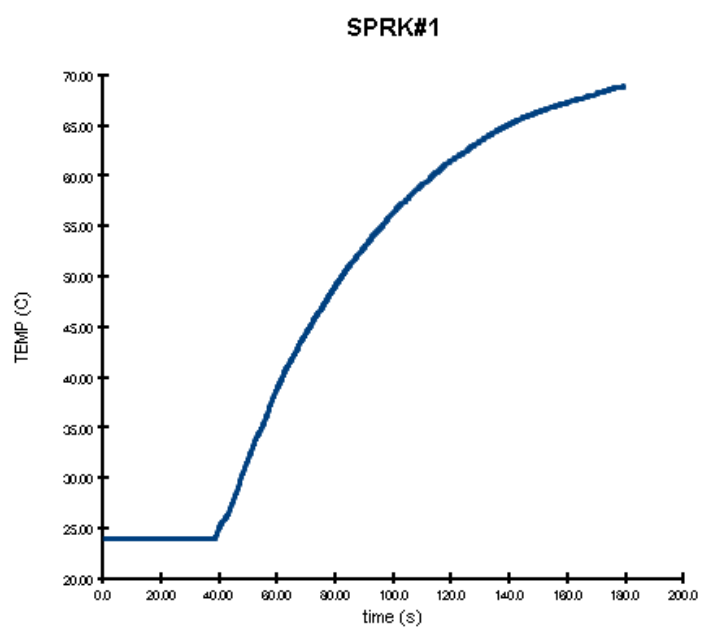
ภาพที่ 26 แสดงอุณหภูมิ และการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ที่ติดตั้งเพิ่มเติมที่เพดาน และทำงานภายใน 40 วินาที



ภาพที่ 27 แสดงอุณหภูมิ และการทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิง ซึ่งทำงานภายใน 60 วินาที

ส่วนภาพที่ 28 แสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงอื่นๆ ได้รับ ความร้อนจะเพิ่มขึ้นหลังจากที่เครื่องส่งลมเย็นหยุดทำงานไปแล้ว จึงสามารถทำนายได้ว่า หัวกระจายน้ำดับเพลิง

หัวอื่นๆ จะทำงานต่อเนื่องเพื่อช่วยดับเพลิง ฉะนั้น การหยุดความปั่นป่วนของอากาศ ทำให้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ทำงานได้เป็นปกติเหมือนกับห้องทั่วไป



ภาพที่ 28 แสดงการเพิ่มขึ้นอุณหภูมิของหัวกระจายน้ำดับเพลิงอื่นๆ

3. วิจารณ์ผลการดำเนินการ

ผลจากศึกษาการจำลองการเกิดเพลิงไหม้ขึ้น ณ ที่ใดๆ ภายในห้องเครื่องส่งลมเย็น ทำให้ทราบถึงประเด็นที่เกิดขึ้นต่างๆ ดังนี้

3.1 การสร้างแบบจำลองเพื่อคำนวณด้วย FDS สามารถทำให้มองเห็นภาพของการเกิดการปั่นป่วน ของอากาศที่เกิดขึ้น ภายในห้องเครื่องส่งลมเย็น และยังสามารถแบ่งแยก พื้นที่ที่มีความเร็วของอากาศเกินกว่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ซึ่งนำมาเป็นข้อมูลในการกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในการตอบสนองต่ออัคคีภัยได้

3.2 เนื่องจากอุณหภูมิ ที่เกิดจากเพลิงไหม้ ย่อมลอยขึ้นสู่ที่สูง หรือเพดานของห้อง และสะสมเป็นชั้นความร้อน ทำให้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องส่งลมเย็น ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าเพดานนั้น ไม่ทำงาน หรือถึงแม้จะทำงาน ก็ล่าช้าเกินกว่าการทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ หากเกิดสภาพเช่นนี้ น้ำดับเพลิงที่ออกมาจากหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ก่อนที่จะถูกตรวจจับความร้อน โดยอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ส่งผลทำให้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่อยู่จุดอื่นๆ ไม่สามารถทำงานต่อไปได้ เครื่องส่งลมเย็นก็จะยังคงดูดอากาศที่เกิดจากเพลิงไหม้ส่งเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศต่อไป

3.3 การตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย ระหว่างพื้นที่ที่มีการไหลของอากาศแบบปกติ ย่อมเร็วกว่าพื้นที่ที่มีการไหลของอากาศแบบปั่นป่วน ฉะนั้น เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ในห้องเครื่องส่งลมเย็นขึ้น จะต้องทำให้เครื่องส่งลมเย็นหยุดทำงาน ก่อนที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติจะทำงาน

3.4 หากสามารถมองเห็นความปั่นป่วน ที่ระดับความสูงสนใจ และสามารถวางอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่เหมาะสม เพื่อให้ระบบมีผลของเวลาในการตอบสนองที่เป็นไปในทางดีขึ้น ย่อมสามารถปรับปรุงจุดอ่อนที่เกิดขึ้นจากการออกแบบจากข้อกำหนด ย่อมสามารถพัฒนาไปยัง การออกแบบเชิงประสิทธิภาพ (Performance Base Design)

สรุป

การนำเอาเครื่องมือด้านคอมพิวเตอร์ มาใช้ช่วยในการคำนวณเพื่อจำลองภาพที่ไม่สามารถมองเห็น จากผลของการออกแบบด้วยข้อกำหนด และนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุง โปรแกรม FDS และ PyroSim ทำให้การตัดสินใจในการออกแบบระบบตรวจจับอัคคีภัยเข้าสู่เป้าหมายที่ต้องการ

การออกแบบระบบตรวจจับอัคคีภัยภายในห้องเครื่องส่งลมเย็น จำเป็นต้องศึกษาลักษณะการปั่นป่วนของอากาศที่เกิดขึ้น ที่ระดับของการติดตั้งของอุปกรณ์ เพื่อมองหาบริเวณสะสมอุณหภูมิที่สามารถวางอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนได้ โดยที่ ณ จุดนั้นๆ ต้องมีความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านไม่เกิน 1.5 เมตร/วินาที ตามที่มาตรฐานกำหนด

การพิจารณานำเอาอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ซึ่งมีค่าการตอบสนองของอุปกรณ์ที่ดีกว่า หัวกระจายน้ำดับเพลิง (เปรียบเทียบกับค่า RTI) มาติดตั้งในจุดที่เหมาะสม สามารถพัฒนาเวลาการตอบสนองของระบบป้องกันอัคคีภัยได้

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่นำมาติดตั้งเพื่อพัฒนาการตอบสนองของระบบป้องกันเพลิงไหม้ นั้น ควรออกแบบให้หยุดเครื่องส่งลมเย็น เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับความร้อนได้ถึงเกณฑ์ จะทำให้อากาศที่ไหลปั่นป่วนภายในห้องหยุดลง และการตอบสนองของอุปกรณ์ทั้งหมด เข้าสู่สภาวะเดียวกันกับสภาวะห้องที่มีการไหลของอากาศแบบปกติ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- พิชญะ จันทรานูวัฒน์. 2547. กฎหมายควบคุมอาคารแบบเชิงประสิทธิผล, น.16-31. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ ครั้งที่1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. ณ ศูนย์นิทรรศการและประชุมไบเทคบางนา, กรุงเทพฯ
- _____. 2547. การคำนวณการตอบสนองของหัวกระจายน้ำดับเพลิง และอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน, น.160-176. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ ครั้งที่1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ณ ศูนย์นิทรรศการและประชุมไบเทคบางนา, กรุงเทพฯ
- McCaffrey, B. 1995. Flame height. pp. 2-1 – 2-8. In Nation Fire Protection Association. **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. United State of America.
- Evan, D. D. 1995. Ceiling jet flow. pp. 2-33 – 2-39. In Nation Fire Protection Association. **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. United State of America.
- Heskestad, G. and Delechataios, M. **FMRC Serial number 22485. 1976.** Factory Mutual Research Corp. Norwood
- Klote, H. J. 1998. Computer Predicts HVAC Effects on Smoke Detectors. **HPAC Heating/Piping/Air Conditioning**. 10: 31-35
- Jukka, H., Simo, H. and Jukka, V. 2004. FDS Simulation of the fire spread comparison of model results with experiment data. **VTT Working paper 4**. Available Source: <http://www.vtt.fi/inf/pdf>, September 14, 2005.
- Nation Fire Protection Association. 2002. **National Fire Alarm Code**. NFPA72

Schifiliti, P. R., Meacham, J. B. and Custer, L.P. Richard. 1995. Design of detection systems. pp. 4-1 - 4-29. In Nation Fire Protection Association. **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. United State of America.

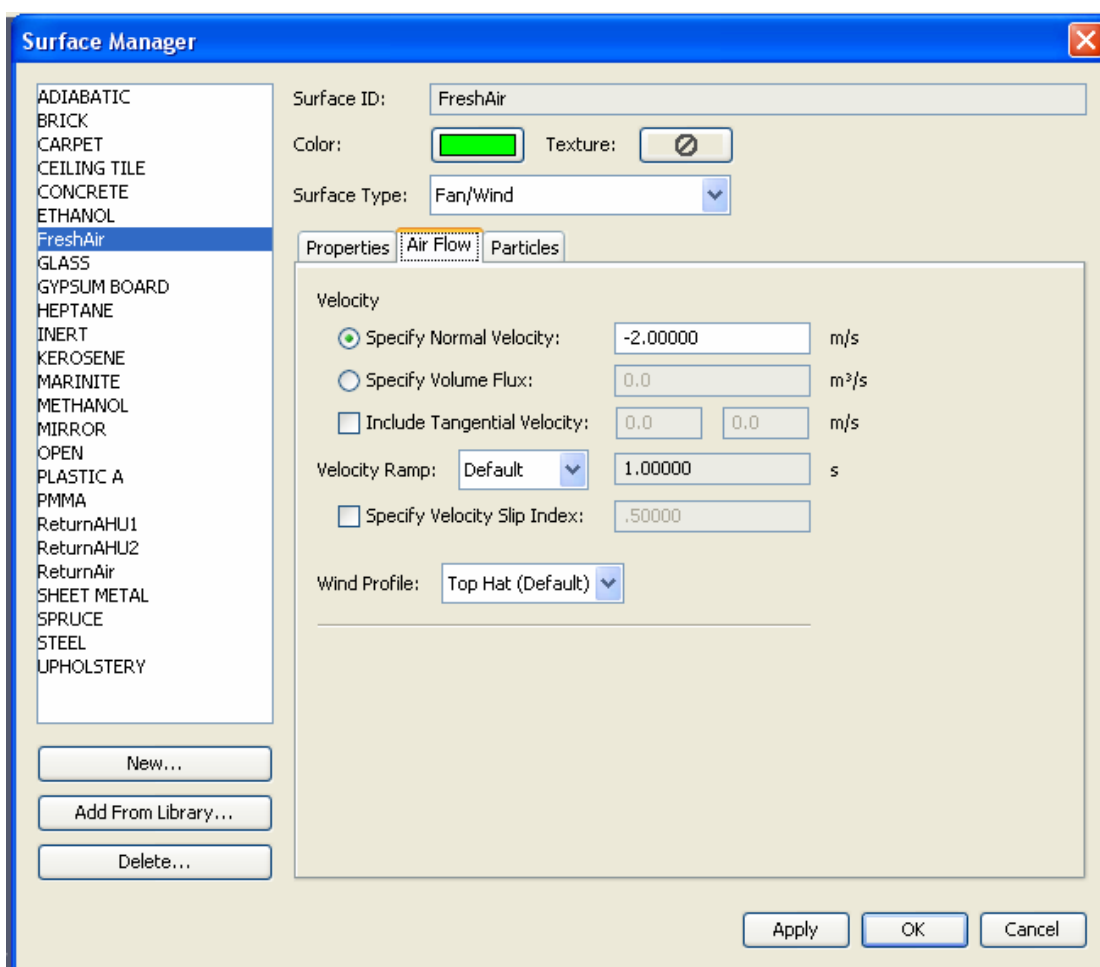
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพผนวก ก

การจำลองสถานะการไหลของอากาศ ภายในห้องเครื่องส่งลมเย็น

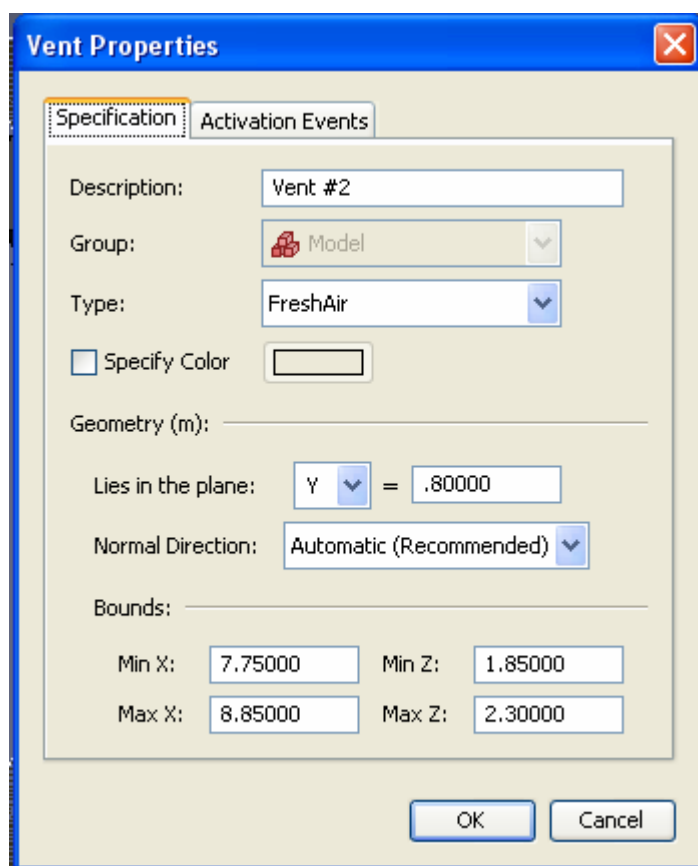
การกำหนดค่าการไหลของอากาศ สามารถกระทำได้จากที่เมนู Model/Edit Surface Properties จะต้องทำการสร้าง Fresh Air ขึ้นเพื่อกำหนดค่าความเร็วลมเท่ากับ 2 เมตร/วินาที ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก 1



ภาพผนวกที่ ก1 การกำหนดความเร็วลมของอากาศ

กระทำเช่นเดียวกันนี้กับการกำหนด ลมกลับ (Return Air) มีค่าเท่ากับ 4 เมตร/วินาที และ ลมกลับเข้าเครื่อง AHU (ReturnAHU) มีค่าเท่ากับ 2 เมตร/วินาที เครื่องหมายบวกหรือลบ ที่กำหนดให้กับค่าดังกล่าว จะทำให้ PyroSim ทราบถึงทิศทางการไหลของอากาศระหว่างภายใน และภายนอกของพื้นที่

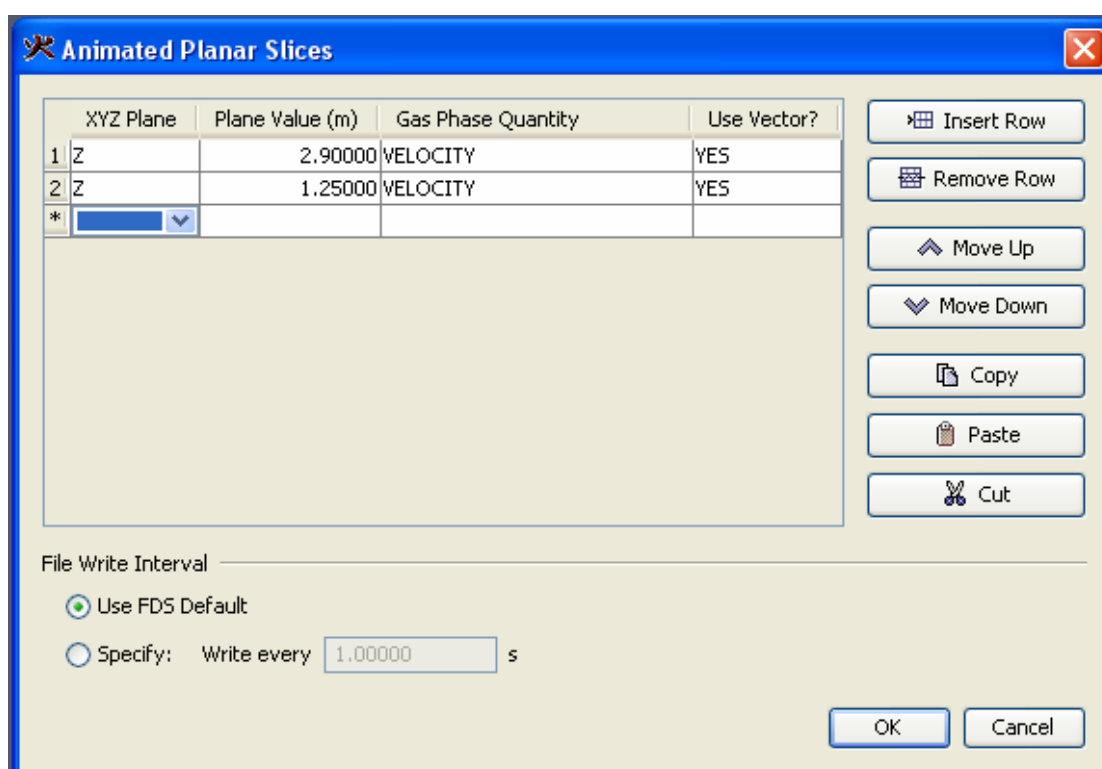
เมื่อกำหนดค่าให้กับความเร็วลมเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจึงกลับไปสร้างแบบจำลองของจุดที่มีการไหลของอากาศ โดยใช้เมนู Edit/New Vent... เพื่อสร้างช่อง Fresh Air, Return Air และ Return AHU ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก 2



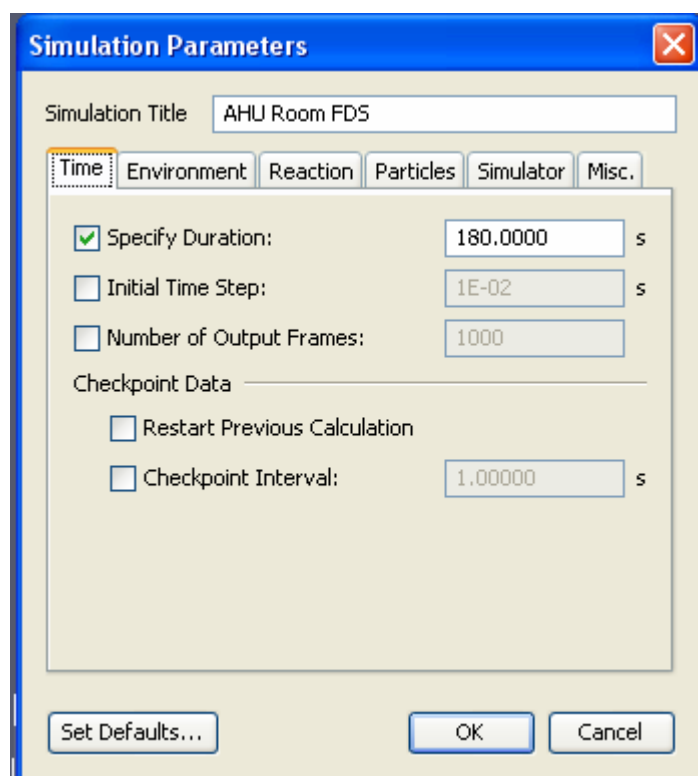
ภาพผนวกที่ ก 2 การสร้างช่องอากาศ

เพื่อให้การคำนวณของ FDS มีการเก็บข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ จึงต้องทำการกำหนดให้มีการวัดความเร็วของอากาศ ณ ระดับของอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัยที่มีอยู่ ซึ่งสามารถกำหนดได้จากเมนู Output/Slice... กำหนดให้เกิดการวัดความเร็วที่ระดับความสูงเท่ากับ 2.9 เมตร ระดับของหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ และที่ 1.25 เมตร ระดับของตัวตรวจจับความร้อน ที่เครื่องส่งลมเย็น ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก 3

ก่อนทำการคำนวณการจำลองอัคคีภัย จำเป็นต้องตรวจสอบ และกำหนดค่าตัวแปรที่สำคัญสำหรับการจำลอง โดยเมนู FDS/Simulation Parameters เช่น เวลาในการจำลอง ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก 4



ภาพผนวกที่ ก.3 การวัดความเร็วของอากาศที่ระดับของอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัย



ภาพผนวกที่ ก.4 การกำหนดค่าตัวแปรสำหรับการจำลองอัคคีภัย

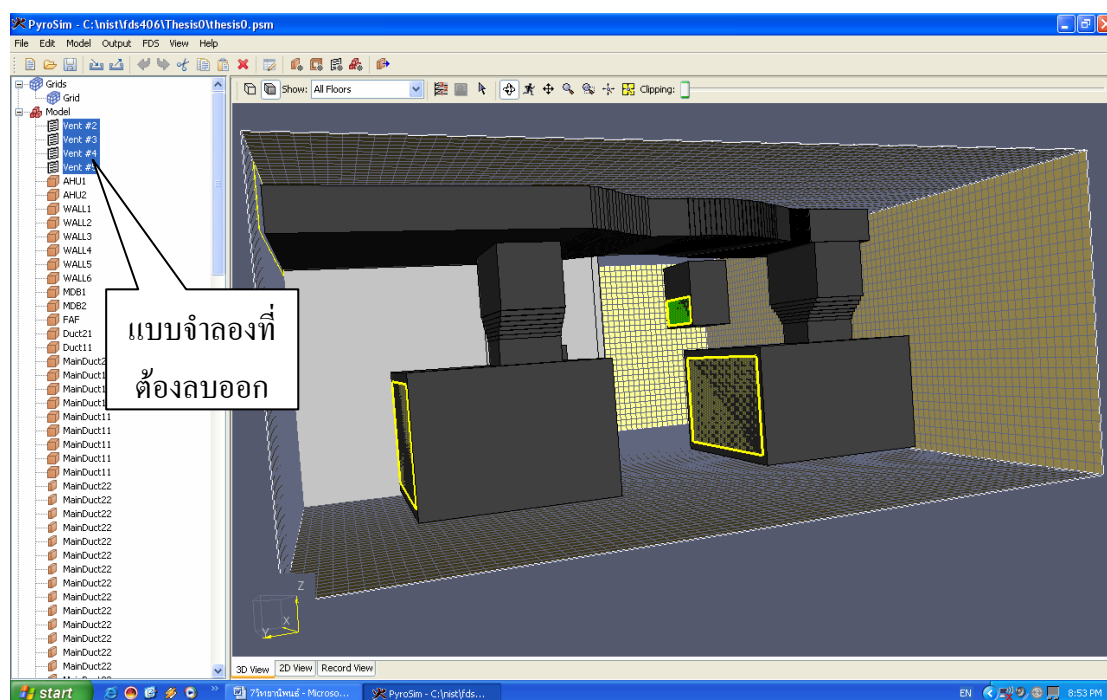
ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข

การจำลองการเกิดเพลิงไหม้ที่แผงควบคุมระบบไฟฟ้า

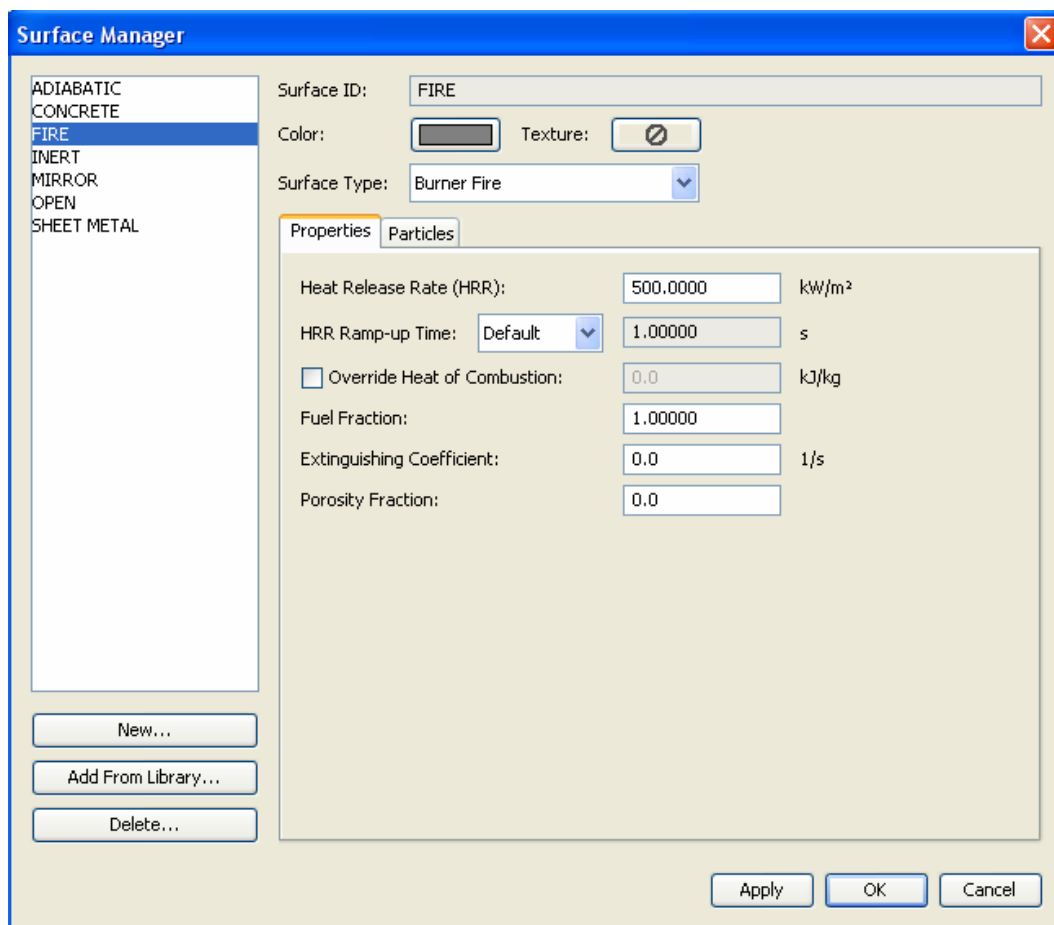
ขณะภายในห้องเครื่องส่งลมเย็น ไม่ได้อยู่ภายใต้การไหลของอากาศแบบปั่นป่วน

การหยุดเครื่องส่งลมเย็น สามารถกระทำได้ด้วยการ ลบแบบจำลองการไหลของอากาศที่สร้างขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วย Fresh Air, Return Air, AHU Return Air ทั้งหมด 4 จุด ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข 1

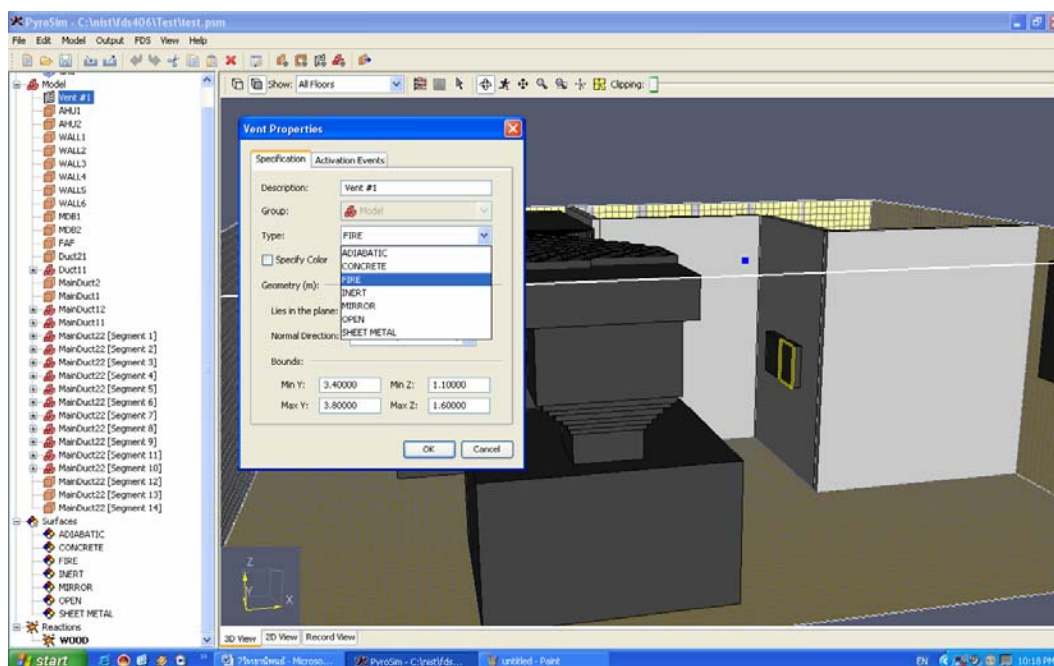


ภาพผนวกที่ ข 1 การหยุดเครื่องส่งลมเย็น และหยุดอากาศปั่นป่วน

การกำหนดให้เกิดเพลิงไหม้ในแบบจำลอง สามารถทำได้จากเมนู Model\Edit Surface Properties... จะได้ดังภาพผนวกที่ ข 2 และทำการสร้าง Surface ที่ชื่อว่า Fire เพื่อทำการกำหนดให้เป็นไฟ ที่ความร้อนเท่ากับ 500 kW/m^2 หลังจากนั้น จึงทำการสร้างการจำลองการเกิดไฟไหม้ขึ้นที่ตู้ MDB1 (ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าสำหรับเครื่องส่งลมเย็นที่ 1) ด้วยเมนู Model\New Vent... และกำหนดรูปแบบ (Type) ให้เป็น Fire ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข 3



ภาพผนวกที่ ข 2 การกำหนดค่าอัตราการเกิดความร้อนที่เกิดเป็นเพลิงไหม้

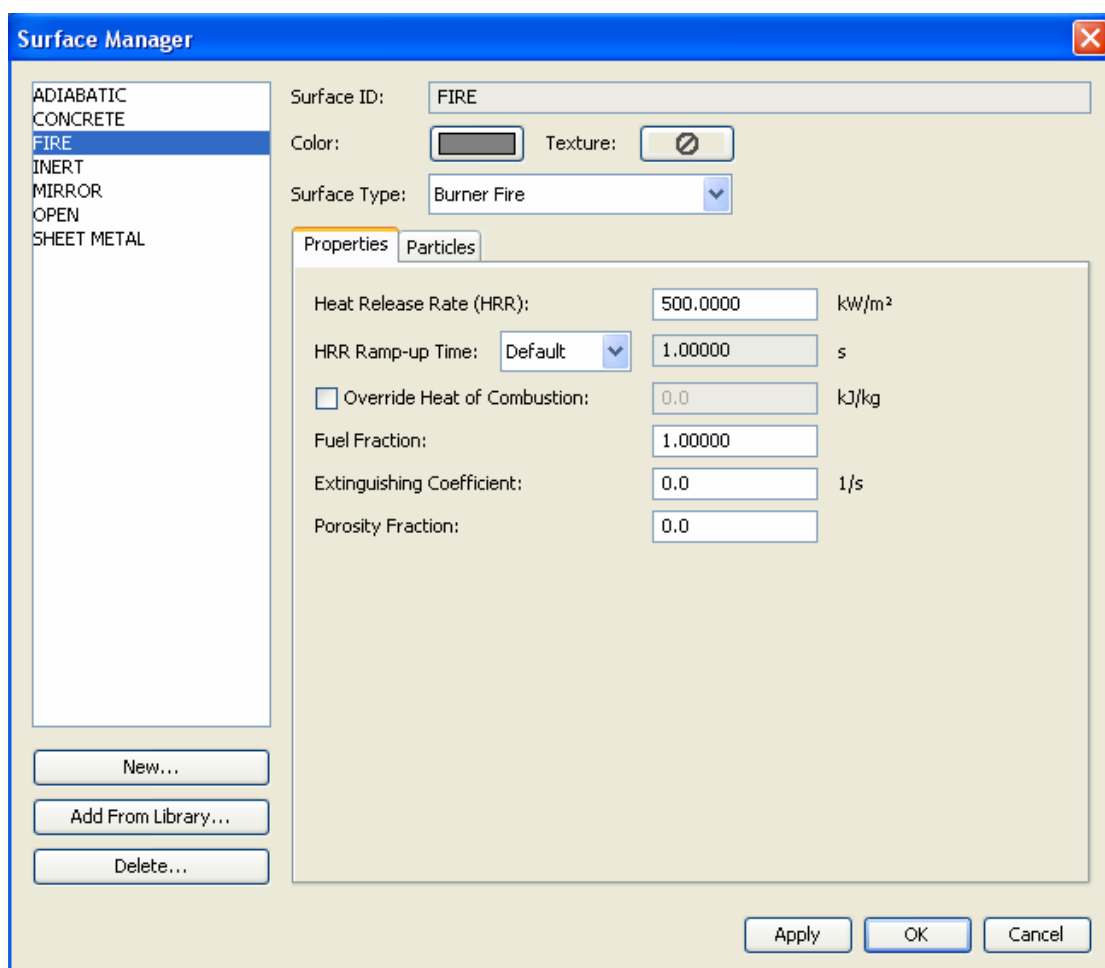


ภาพผนวกที่ ข 3 การจำลองการเกิดเพลิงไหม้

ภาคผนวก ค

ภาคผนวก ก
การจำลองการเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่แผงควบคุมระบบไฟฟ้า
ในขณะที่อยู่ภายใต้การไหลของอากาศแบบปั่นป่วน

กำหนดค่าของแบบจำลองในส่วนของการไหลของอากาศ ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก และ การกำหนดค่าของแบบจำลองในส่วนของการเกิดเพลิงไหม้ที่แผงควบคุมระบบไฟฟ้า ให้เป็นไปตาม ภาคผนวก ข แต่ปรับค่าตัวแปรอัตราความร้อนจาก 500 เป็น 600 kW/m² ที่เมนู Model\Edit Surface Properties... ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก 1

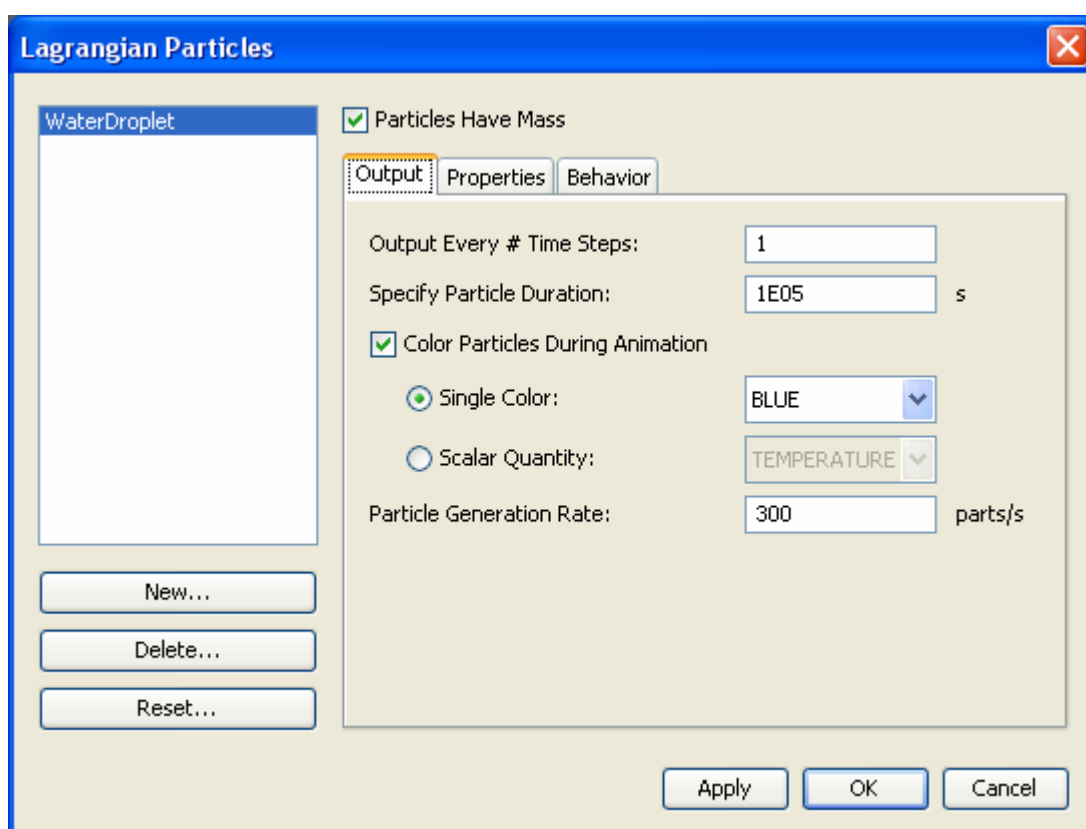


ภาพผนวกที่ ก 1 การกำหนดค่าอัตราความร้อน

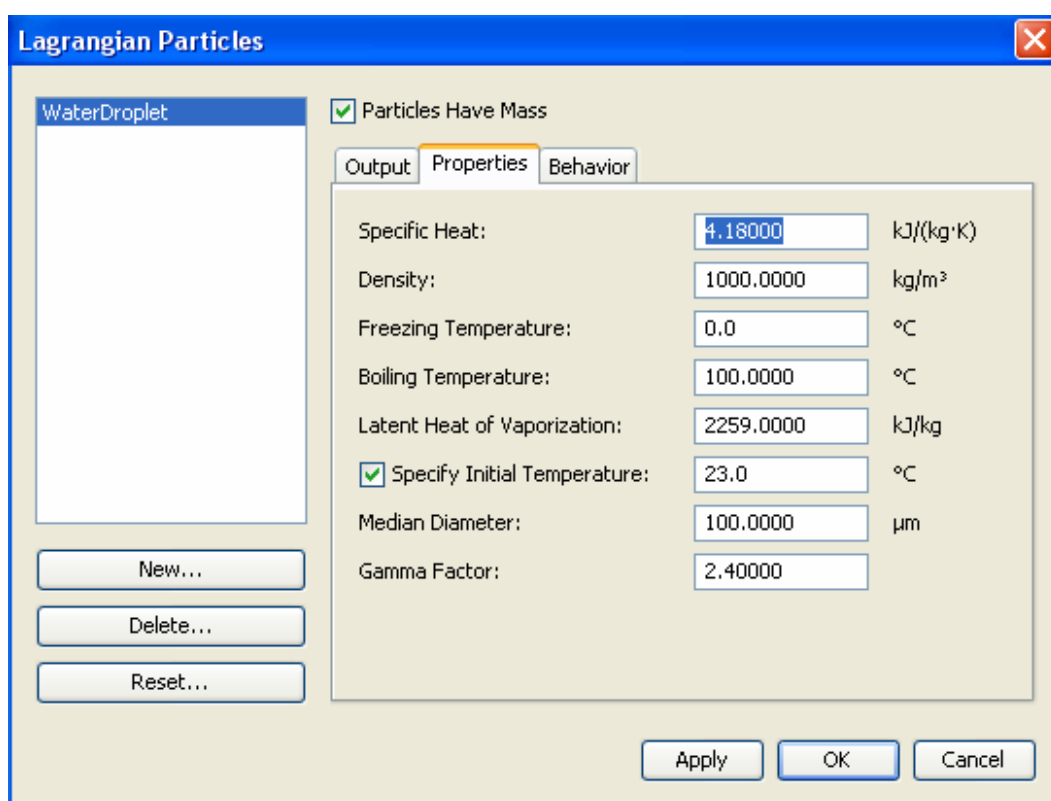
หากต้องการเห็นถึงภาพการทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ จากโปรแกรม Smoke View จะต้องทำการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ให้กับโปรแกรม PyroSim ได้จากเมนู Model\Edit

Particle เพื่อสร้าง Particle ที่ชื่อ Water Droplet และทำการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ให้สอดคล้องกับ น้ำดับเพลิงที่ออกจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง ดังแสดงในภาพผนวกที่ ค 2, 3 และ 4

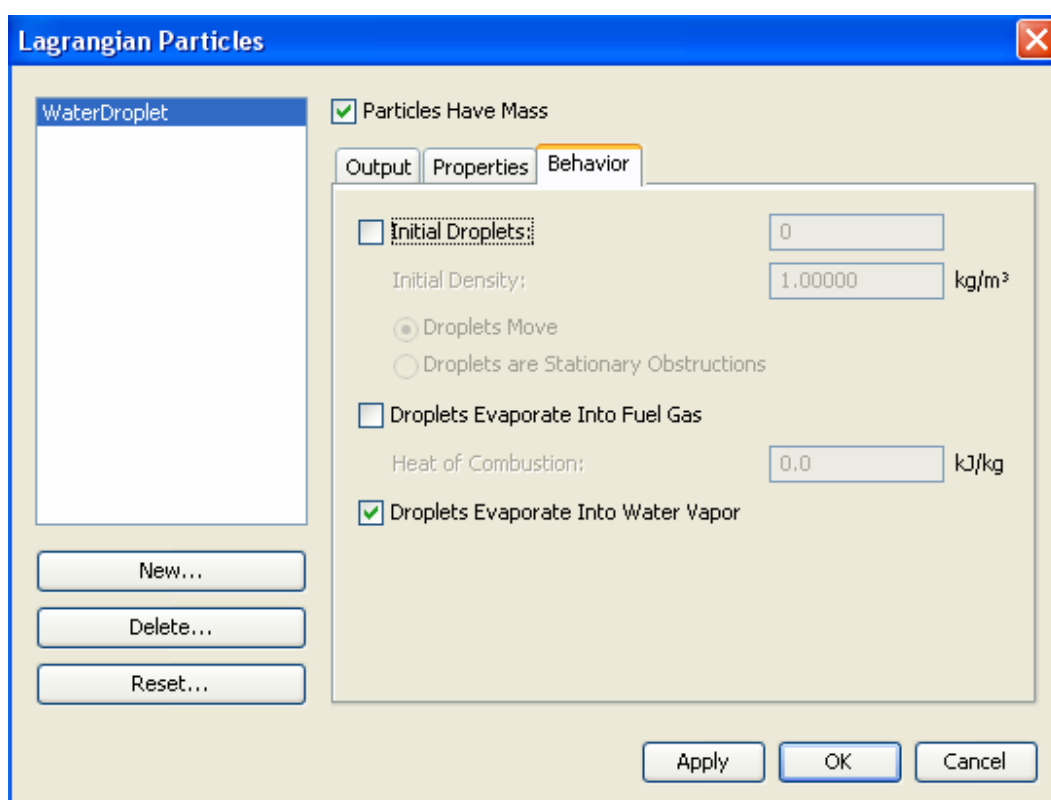
หากผลของการจำลอง หัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงาน ปล่อยน้ำดับเพลิงออกมา การกำหนดให้ เกิด Particle จะทำให้การคำนวณ ใช้เวลาในการทำงานมากขึ้นกว่าเดิม และไฟล์ที่เป็นผลจากการ คำนวณ จะมีขนาดมากกว่า 1 กิกะไบต์ ซึ่งหากไม่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ ก็สามารถตัดส่วนนี้ออกไป ได้ การทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิง ยังสามารถสังเกตสีของแบบจำลองหัวกระจายน้ำดับเพลิง ซึ่งจะเปลี่ยนจากสีแดง ไปเป็นสีเขียว และสอดคล้องกับกราฟของอุณหภูมิที่หัวกระจายน้ำดับเพลิงแต่ ละหัวได้รับ จากเมนู FDS\Plot History Results... และเลือกเปิดไฟล์ที่ชื่อ Test_Spk



ภาพผนวกที่ ค 2 การกำหนดค่าให้กับ Particle



ภาพผนวกที่ ค 3 การกำหนดค่าให้กับ Particle



ภาพผนวกที่ ค 4 การกำหนดค่าให้กับ Particle

ภาคผนวก ง

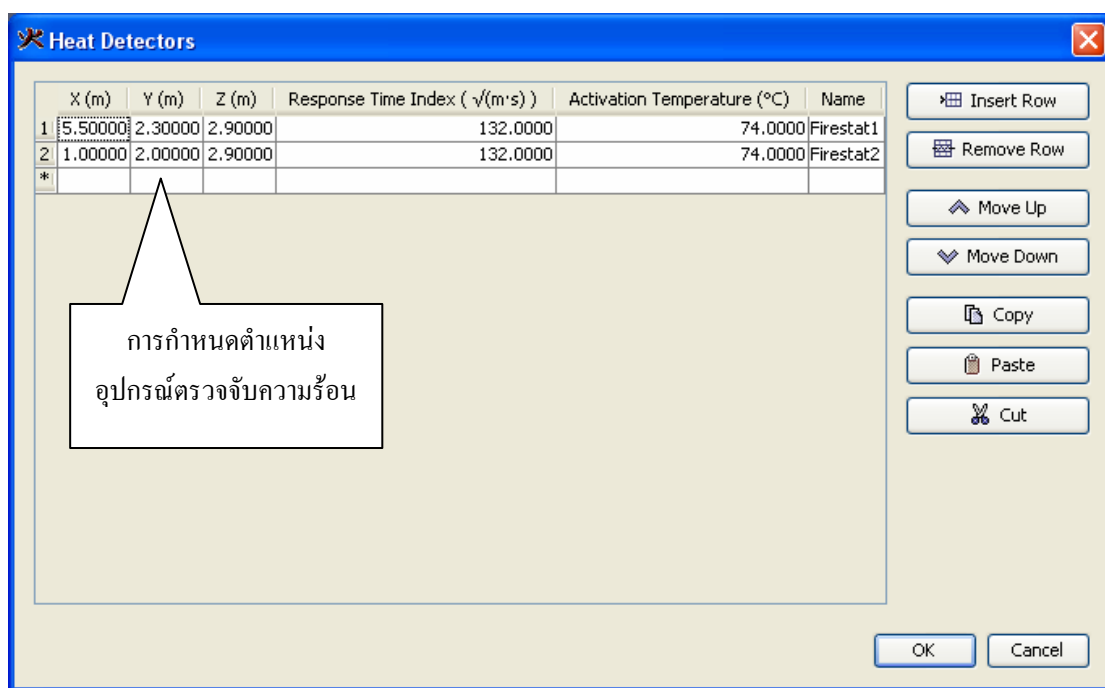
ภาคผนวก ง

การจำลองการเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่แผงควบคุมระบบไฟฟ้า

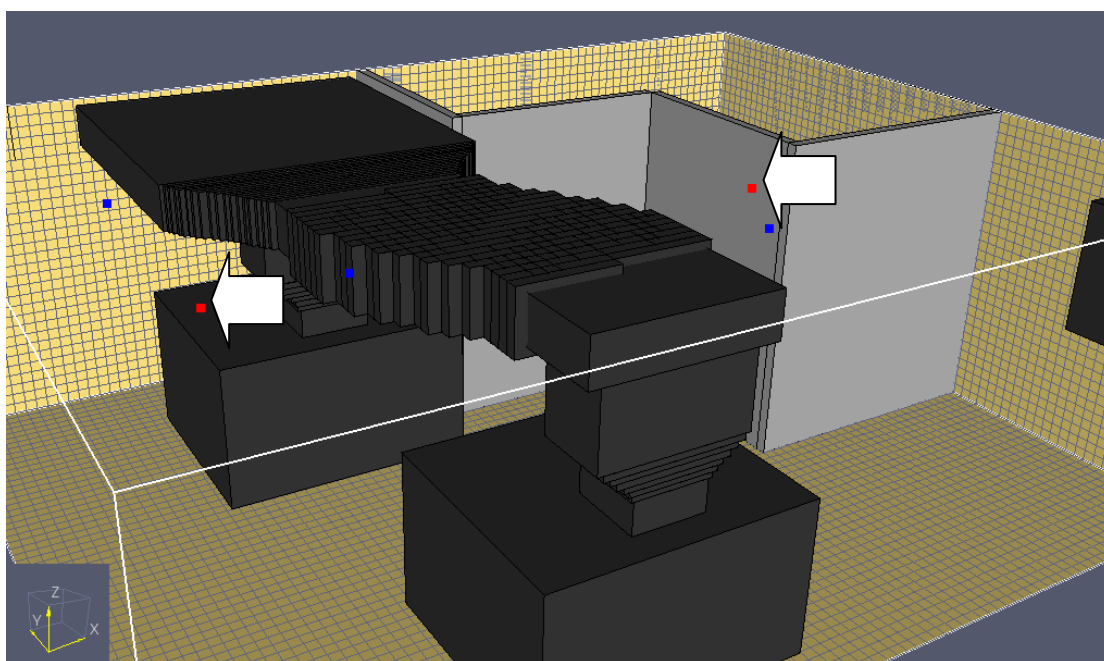
ในขณะที่อยู่ภายใต้การไหลของอากาศแบบปั่นป่วน

และติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนเพิ่มเติม ในจุดที่เป็นพื้นที่ที่สะสมอุณหภูมิ

เพื่อให้เกิดการเปรียบเทียบ จึงต้องทำการกำหนดค่าของแบบจำลองต่างๆ ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก เพียงแต่ทำการย้ายตำแหน่งของตัวตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งอยู่ที่หน้าเครื่องส่งลมเย็นมาไว้ที่ระดับเพดาน ซึ่งเป็นระดับเดียวกันกับหัวกระจายน้ำดับเพลิง และพิจารณาจากผลของการจำลองตามภาคผนวก ก ซึ่งจะสามารถกำหนดบริเวณตำแหน่งใหม่ ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน เพื่อให้เกิดการตอบสนองของระบบที่ดีขึ้น การกำหนดตำแหน่งใหม่ของตัวตรวจจับความร้อน สามารถทำได้โดยเมนู Model>Edit Heat Detectors... ดังแสดงในภาพผนวกที่ ง 1 โดยที่ค่าตัวแปรต่างๆ คงเดิม อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนในตำแหน่งใหม่จะแสดงขึ้น ดังแสดงในภาพผนวกที่ ง 2



ภาพผนวกที่ ง 1 การเปลี่ยนตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน



ภาพผนวกที่ ๒ ภาพเสมือนสามมิติ แสดงตำแหน่งใหม่ของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน