



# วิทยานิพนธ์

การประยุกต์โปรแกรมการจำลองด้านพลวัตของไฟและการจำลองการ  
อพยพ เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถการอพยพจากอาคารชุดพักอาศัย  
ขนาดกลาง

AN APPLICATION OF FIRE DYNAMIC SIMULATION WITH  
EVACUATION PROGRAM FOR COMPETENCY ANALYSIS  
OF EVACUATION FROM MEDIUM RESIDENTIAL  
BUILDING

นายเฉลิมพล กำกนตรง<sup>+</sup>

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551





## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประยุกต์โปรแกรมการจำลองด้านพลวัตของไฟและการจำลองการอพยพ  
เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถการอพยพจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง

An Application of Fire Dynamic Simulation with Evacuation Program for  
Competency Analysis of Evacuation from Medium Residential Building

นามผู้วิจัย นายเฉลิมพล กำคณตรง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์ชรินทร์ ปัญจพรผล, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์ธงไชย ศรีนพคุณ, Ph.D. )

ประธานสาขาวิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนนต์ วงษ์เกษม, M.S. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์โปรแกรมการจำลองด้านพลวัตของไฟและการจำลองการอพยพ  
เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถการอพยพจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง

An Application of Fire Dynamic Simulation with Evacuation Program for Competency Analysis  
of Evacuation from Medium Residential Building.

โดย

นายเฉลิมพล กำกนตรง<sup>+</sup>

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

พ.ศ. 2551

เฉลิมพล กำกันตรง 2551: การประยุกต์โปรแกรมการจำลองด้านพลวัตของไฟและการจำลอง การอพยพเพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถการอพยพจากอาคารชุดพักอาศัยขนาดกลาง ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขา วิศวกรรมความปลอดภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ชรินทร์ ปัญจพรผล, Ph.D. 148 หน้า

ปัจจุบันแนวโน้มที่อยู่อาศัยประเภทอาคารชุดพักอาศัย หรือ อาคารชุด (Condominium) มีการขยายตัวเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยการออกแบบแผนผังอาคารจะอ้างอิงตามกฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นเพียงข้อกำหนดขั้นต่ำเท่านั้น หากเปรียบเทียบกับพื้นที่ใช้สอยของอาคารที่เพิ่มขึ้นในเชิงพาณิชย์ ซึ่งขั้นตอนของการออกแบบนั้นจะไม่สามารถทราบจำนวนคนที่เข้ามาใช้อาคารที่แน่นอนได้ จนกว่าอาคารนั้นจะก่อสร้างแล้วเสร็จ ซึ่งหากเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้น การอพยพคนจากอาคารสู่พื้นที่ปลอดภัยได้ในเวลาที่รวดเร็วจึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้น การจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ โดยใช้โปรแกรมจำลองด้าน พลวัตของไฟร่วมกับการจำลองการอพยพ (FDS+Evac) ในการศึกษาวิเคราะห์ขีดความสามารถของการอพยพ ตามการออกแบบองค์ประกอบอาคารตามที่ กฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกำหนด โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้ จัดทำแบบจำลองการอพยพ กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ อาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง โดยใช้โปรแกรม FDS+ Evac ในการวิเคราะห์ขีดความสามารถในการอพยพ โดยแบบจำลองมีการวางผังอาคารแบบทางเดินอยู่ตรงกลาง (Center-Corridor Plan) ความสูงอาคาร 5 ชั้น รูปแบบการจำลองการอพยพแบ่งเป็น 2 แบบตามข้อกำหนดของ การออกแบบผังอาคารและสภาพการณ์ที่เกี่ยวกับการอพยพ โดยแบบที่ 1 กำหนดให้มีจำนวนทางออก 1 ทาง กรณีการอพยพในเหตุการณ์ปกติจะใช้เวลาอพยพมากกว่าที่กฎหมายกำหนด คือ 5 นาที โดยใช้เวลาในการ อพยพทั้งสิ้น 5.8 นาที ส่วนกรณีอพยพในเหตุการณ์เกิดเหตุเพลิงไหม้ก็เช่นกัน ใช้เวลาการอพยพทั้งสิ้น 8.8 นาที แบบที่ 2 กำหนดจำนวนทางออกเพิ่มเป็น 2 ทางออก โดยเพิ่มทางหนีไฟอีก 1 ทางออก โดยเวลาในการอพยพ กรณีเหตุการณ์ปกติเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด โดยใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 3.1 นาที ส่วนการอพยพกรณี เกิดเหตุเพลิงไหม้ใช้เวลามากกว่า 5 นาที โดยใช้เวลาอพยพทั้งสิ้น 7.5 นาที ผลจากการศึกษาวิเคราะห์การอพยพ จากแบบจำลองการอพยพโดยใช้โปรแกรม FDS+Evac ทั้ง 2 แบบพบว่าการออกแบบผังของอาคารแบบทางเดิน อยู่ตรงกลาง (Center-Corridor Plan) ที่มีการออกแบบองค์ประกอบอาคารที่เกี่ยวข้องกับการอพยพคน ได้แก่ จำนวนทางออกและสภาพการณ์ของการอพยพ โดยอาคารที่มีทางออก 1 ทางจะใช้เวลาในการอพยพมากกว่า อาคารที่มีจำนวนทางออก 2 ทางออก รวมถึงสภาพการณ์ในการอพยพก็จะมีผลต่อเวลาในการอพยพด้วยเช่นกัน โดยการอพยพขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้คนจะใช้เวลาในการอพยพมากกว่าการอพยพในเหตุการณ์ปกติ ซึ่งเวลาที่ ใช้ในการอพยพมากกว่าที่กฎหมายกำหนด คือ 5 นาที แต่ทั้งนี้การจำลองการอพยพนี้เป็นเพียงการอพยพตาม ลักษณะของการออกแบบผังอาคารเท่านั้น โดยไม่ได้นำระบบป้องกันอัคคีภัยอื่น ๆ ร่วมด้วย ดังนั้น เวลาการ อพยพที่ได้จึงเป็นเพียงการคาดการณ์เท่านั้น

Chalermpol Kamkontrong 2008: An Application of Fire Dynamic Simulation with Evacuation Program for Competency Analysis of Evacuation from Medium Residential Building. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Mr. Chanin Panjapornpon, Ph.D. 148 pages.

At present, residential building or condominium have been highly in demand. Building layouts designed under minimum requirement of relevant laws and standards, which is only when compares to commercial areas that cannot give a certain number of people in building until construction is completed. To evacuate people from emergency to safe place is importance. So, Fire Dynamic Simulation and Evacuation Simulator (FDS+Evac Program) are used for competency analysis of evacuation from buildings that design to comply with laws and standards.

This study is to propose a competency analysis of resident in medium residential building in case of fire, which is simulated from FDS+Evac Program. The building design is followed recent regulation, law or standard of building design, while FDS+Evac is a tool for analyzing evacuation time that people use for finding exit when fire affected people movement by smoke forming. The simulation is performed under 5-floor building, with center-corridor. This study comprises of 2 cases of evacuation - building layout requirement and evacuation condition. The first case: simulation results show that evacuation time of 1 exit condition is 5.8 minutes and fire condition is 8.8 minutes, which are exceeded law specification at 5 minutes. And the second case: it is 5-floor building with 2 exits, while one exit is stair; the evacuation time in normal condition complies with the law while fire condition is 7.5 minutes. The results show Center-Corridor Plan of building design, size of corridor and other components of building which relate to evacuation time is exit number. Building with one exit needs more evacuation time than 2-exit building; anyway, the time also depends on condition. In fire condition, people take more time than normal condition to evacuate and it is not comply with the law at 5 minutes. Anyway, this simulation is only prepared on building lay out design, without other fire prevention system, therefore, simulated evacuation times are prediction.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

/ /

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ชรินทร์ ปัญญพรมผล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและรองศาสตราจารย์ ธงไชย ศรีนพคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้ให้คำปรึกษาแนวทางการค้นคว้าวิจัยในการประยุกต์โปรแกรมจำลองด้านพลวัตของไฟและการจำลองการอพยพ (FDS+Evac) ในการจัดทำแบบจำลองจนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้เกิดผลสำเร็จสมบูรณ์ ตลอดจนถึงการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้แทนจากบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอนให้ความรู้ หลักวิชาการต่างๆจนทำให้เกิดวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้ได้ ขอขอบคุณเพื่อนร่วมห้องเรียนวิศวกรรมความปลอดภัยรุ่นที่ 6 ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และแนะนำในการเรียน รวมถึงเพื่อนร่วมงานที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้จนแล้วเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ซึ่งได้สร้างครอบครัวที่ทำให้เกิดการศึกษาตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบัน และเป็นผู้ที่ให้กำลังใจและปล้ำใจให้ผู้วิจัยได้ร่ำเรียนมาจนสำเร็จการศึกษา

เฉลิมพล กำกนตรง

เมษายน 2551

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	54
อุปกรณ์	55
วิธีการ	55
ผลและวิจารณ์	68
ผล	68
วิจารณ์	81
สรุปและข้อเสนอแนะ	87
สรุป	87
ข้อเสนอแนะ	90
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	90
ภาคผนวก	97
ภาคผนวก ก. รายละเอียดขั้นตอนการติดตั้งและการใช้งาน โปรแกรม FDS+Evac และ ขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองการอพยพ	98
ภาคผนวก ข. กฎหมาย มาตรฐาน ที่เกี่ยวข้องกับอาคารชุดพักอาศัย	118
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	148

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อดี ข้อเสียรูปแบบผังอาคาร	10
2	เวลาการลุกลามของเพลิงไหม้ ตามอัตราการปล่อยพลังงานความร้อน	19
3	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convective Coefficient; h)	21
4	ค่าความกว้างต่อต่อคน (Capacity Factor) เพื่อใช้คำนวณขนาดความกว้างของเส้นทางหนี	36
5	ค่า Occupancy Load Factor	37
6	ความเร็วในการเดิน โดยไม่มีการกีดขวางเปรียบเทียบกับขนาดของร่างกายใน รูปแบบการจำลอง FDS+Evac	44
7	รายละเอียดส่วนประกอบอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง เพื่อจัดทำแบบจำลอง	57
8	ผลการจำลองการอพยพของคนภายในอาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น 1 ทางออก กรณีเหตุการณ์ปกติ	68
9	ผลการจำลองการอพยพของคนภายในอาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น 1 ทางออก กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้	70
10	ผลการจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น 2 ทางออก กรณีไม่มีเหตุเพลิงไหม้	72
11	ผลการจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น 2 ทางออก กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้	74
<b>ตารางผนวกที่</b>		
ก1	ผลการจำลองการอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในห้องที่เกิดเพลิงไหม้	109
ก2	ผลการจำลองการอพยพคนภายในอาคาร 1 ชั้น จำนวนทางออก 1 ทาง	111
ก3	ผลการจำลองการอพยพคนภายในอาคาร 2 ชั้น จำนวนทางออก 2 ทาง	114

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข1	พื้นที่ใช้สอยห้องนอนและห้องน้ำ	122
ข2	พื้นที่ใช้สอยส่วนต่าง ๆ	123
ข3	ความกว้างต่ำสุดของห้องต่าง ๆ	123
ข4	พื้นที่ใช้สอย	124
ข5	ขนาดประตู	125
ข6	จำนวนบันไดหนีไฟ	128
ข7	รายละเอียดทางลาด	129
ข8	รายละเอียดบันไดหนีไฟ	130
ข9	ความสามารถในการทนไฟ	130

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบที่อยู่อาศัยที่เกิดขึ้นใหม่ปี 2547-2549	9
2	แผนภูมิแสดงที่อยู่อาศัยสร้างเสร็จในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลแสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์แยกตามประเภทของที่อยู่อาศัย	9
3	องค์ประกอบพื้นฐานการเกิดเพลิงไหม้	14
4	องค์ประกอบของการลุกลามของไฟ	14
5	สถาปัตยกรรมกับการป้องกันอัคคีภัย	15
6	ขั้นตอนการเกิดเพลิงไหม้	17
7	ความกดคั้นบนเพดานห้อง อันเกิดจากการลอยตัวของก๊าซ	22
8	การถ่ายเทของควันในอาคารสูงจากปัจจัยลมภายนอก	23
9	ห้องต้นเพลิงมีหน้าต่างอยู่ในทิศทางต้นลมมีแรงผลักดันของลมที่เป็นบวก	25
10	แบบจำลองอุโมงค์ลมในอาคาร 5 ชั้น	25
11	การจำลองการระบายควันในพื้นที่ส่วนแบ่งแบบ โซน โมเดล	26
12	การไหลแบบ Jet บนเพดาน	27
13	รูปร่างของร่างกายมนุษย์การเคลื่อนที่แบบซ็อนแบบ 2 มิติ Geometry แทนด้วยการซ็อนกันของวงกลม	43
14	การสร้างทางออก หรือ ประตู	43
15	ขนาดของคนใน Radial Vectors	47
16	สนามการไหล 2 มิติ ในการนำคนไปสู่ทางออก	48
17	การทดสอบทางเรขาคณิตถูกใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่ผ่านประตูและบันได	51
18	ค่าสัมประสิทธิ์สัมพัทธ์ การจัดอันดับ (RCC) สำหรับการเคลื่อนที่ผ่านประตูและบันได โดยที่ประตูกว้าง 0.8 เมตรและ 2.0 เมตร และความหนาแน่นของคน 1.0 คน/ตารางเมตร และ 2.0 คน / ตารางเมตร	52
19	ผลกระทบของค่า Parameter ต่างๆที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ผ่านทางประตูและบันได โดยบันไดมีขนาด 2.0 คน/ตารางเมตร และประตูกว้าง 1.0 เมตร และ 2.0 เมตร	53

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	แบบผังอาคารชุดพักอาศัย แบบทางเดินอยู่ตรงกลาง ( Center - Corridor Plan)	58
21	ผลการประมวลผล (Output Files) ของโปรแกรม FDS+Evac	66
22	แบบจำลองอาคารชุดพักอาศัยแสดงในรูปกราฟิกโดยโปรแกรม FDS+Evac	67
23	เวลาการอพยพคนทั้งหมดออกจากอาคารทางออก 1 ทาง กรณีเหตุการณ์ปกติ	76
24	เวลาการอพยพคนในแต่ละชั้น ทางออก 1 ทาง กรณีเหตุการณ์ปกติ	76
25	เวลาการอพยพคนทั้งหมดทางออก 1 ทาง กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้	77
26	เวลาการอพยพคนในแต่ละชั้น ทางออก 1 ทาง กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้	77
27	เวลาการอพยพคนทั้งหมด ทางออก 2 ทาง เหตุการณ์ปกติ	78
28	เวลาการอพยพคนทั้งหมด ทางออก 2 ทาง เหตุการณ์ปกติ	79
29	จำนวนคนอพยพคนออกทางหนีไฟชั้นที่ 1- 5 ในช่วงเวลาต่างๆ	79
30	เวลาการอพยพคนทั้งหมด ทางออก 2 ทาง กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้	80
31	เวลาการอพยพคนในแต่ละชั้น ทางออก 2 ทาง กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้	80
32	เวลาการอพยพคนทั้งหมด 165 คน ทางออก 1 ทาง เหตุการณ์เพลิงไหม้	85
33	เวลาการอพยพคนในแต่ละชั้นทั้งหมด 165 คน ทางออก 1 ทาง เหตุการณ์เพลิงไหม้	86
34	เวลาการอพยพคนทั้งหมด 165 คน ทางออก 2 ทาง เหตุการณ์เพลิงไหม้	86
35	เวลาการอพยพคนในแต่ละชั้นทั้งหมด 165 คน ทางออก 2 ทาง เหตุการณ์เพลิงไหม้	87
ภาพผนวกที่		
ก1	การอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในห้อง กรณีจำลองเกิดเพลิงไหม้	110
ก2	เวลาการอพยพคนภายในอาคาร 1 ชั้น จำนวนทางออก 1 ทาง กรณีเกิดเพลิงไหม้	113
ก3	เวลาการอพยพคนภายในอาคาร 2 ชั้น จำนวนทางออก 2 ทาง	117
ก4	เวลาการอพยพคนภายในอาคาร 2 ชั้น จำนวนทางออก 2 ทาง	117

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข1	จำนวนทางหนีไฟอย่างน้อยที่สุดที่ต้องจัดให้มี	133
ข2	ความสูงระหว่างพื้นถึงเพดาน	135
ข3	ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของความจุคน	135
ข4	ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของความจุคนแต่ละชั้น	136
ข5	ขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของชั้นตรงกลางจากความจุคนชั้นบนและชั้นล่าง	137
ข6	ขีดความสามารถของช่องทางเดิน	139
ข7	การจัดวางตำแหน่งทางหนีไฟ	139
ข8	การวัดระยะสัญจรของบันได	140
ข9	การวัดระยะสัญจรรวม	141
ข10	ตัวอย่างทางไปสู่ทางหนีไฟและบันไดหนีไฟ	142
ข11	ตัวอย่างทางบังคับและทางปลายตัน	142
ข12	ที่กั้นเพื่อป้องกันการอพยพเลยจุดปล่อยออก	143
ข13	การป้องกันบันไดหนีไฟนอกอาคาร ด้วยผนังทนไฟ (a)	144
ข14	การป้องกันบันไดหนีไฟนอกอาคาร ด้วยผนังทนไฟ (b)	145
ข15	ทางไปสู่ทางหนีไฟ ที่ใช้เชื่อมต่อกับบันไดหนีไฟ	146
ข16	ตัวอย่างทางไปสู่ทางหนีไฟ	146
ข17	ตัวอย่างทางไปสู่ทางหนีไฟ ที่ใช้กับอาคารสรรพสินค้า	146

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

FDS-SMV	=	Fire Dynamic Simulation and Smoke View
Run	=	การประมวลผล
xxxx.csv	=	ไฟล์แสดงรายละเอียดผลการประมวลผลของโปรแกรม FDS+Evac
xxxx.smv	=	ไฟล์แสดงในรูปแบบกราฟิกของโปรแกรม FDS+Evac
NIST	=	National of Standards and Technology
VTT	=	Technical Research Centre of Finland
FDS+Evac	=	โปรแกรมการจำลองด้านพลวัตของไฟและการจำลองการอพยพ
FDS	=	โปรแกรมการจำลองด้านพลศาสตร์อัคคีภัย
Evac	=	การจำลองการอพยพ
CFD	=	การจำลองพลศาสตร์การไหล
TIME	=	กลุ่มรายชื่อแสดงขั้นของเวลาของการคำนวณ Evacuation flow
SURF	=	กลุ่มรายชื่อที่ต้องมีการคำนวณ Surface type
MISC	=	กลุ่มรายชื่อแสดง “EVAC_SURF_DEFAULT” เป็น Surface
VENT	=	กลุ่มรายชื่อใช้ระบุ VENT พิเศษสำหรับคำนวณการอพยพ
OBST	=	กลุ่มรายชื่อที่ใช้ในการระบุ OBST พิเศษ สำหรับคำนวณการอพยพ
HOLE	=	กลุ่มรายชื่อที่คล้ายกับ HOLE line ของการคำนวณไฟ
EVAC	=	กลุ่มรายชื่อใช้กำหนดคนในการอพยพ
EXIT	=	กลุ่มรายชื่อที่ใช้ระบุทางออก
ENTR	=	กลุ่มรายชื่อ การระบุทางเข้า
DOOR	=	กลุ่มรายชื่อของประตู
CORR	=	กลุ่มรายชื่อที่ระบุบันได หรือทางเดินในแนวขวาง
EVSS	=	กลุ่มรายชื่อในการระบุทางลาด หรือบันไดเลื่อน

## การประยุกต์โปรแกรมการจำลองด้านพลวัตของไฟและการจำลองการอพยพ เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถการอพยพจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง

### An Application of Fire Dynamic Simulation with Evacuation Program for Competency Analysis of Evacuation from Medium Residential Building

#### คำนำ

ปัจจุบันแนวโน้มที่อยู่อาศัยประเภทอาคารชุดพักอาศัย หรือ อาคารชุด (Condominium) ซึ่งเป็นลักษณะที่อยู่อาศัยที่มีการรวมตัวกันหลายครอบครัวในอาคารหลังเดียวกัน โดยในช่วงปี 2547 - 2549 อัตราการขยายตัวของอาคารชุดพักอาศัยมีอัตราสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น จากข้อมูลที่อยู่อาศัยที่จะก่อสร้างแล้วเสร็จและจดทะเบียนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยโครงการที่อยู่อาศัยที่เปิดตัวใหม่ตั้งพบว่า มีสัดส่วนที่อยู่อาศัยที่เป็นบ้านเดี่ยวลดลง ส่วนทาวน์เฮาส์มีสัดส่วนคงที่ ส่วนอาคารชุดพักอาศัยนั้นมีสัดส่วนเพิ่มขึ้น เฉพาะในปี 2549 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 38.80 จากปี 2548 ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวของสังคมเมืองและสภาพความเป็นอยู่ของคนในสังคมที่เปลี่ยนไป โดยพื้นที่เมืองหลวงอย่างกรุงเทพมหานคร รวมถึงเขตปริมณฑลเป็นจุดที่มีโครงการก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัยเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

จากแนวโน้มการเจริญเติบโตของธุรกิจอาคารชุดพักอาศัยที่เพิ่มขึ้นนี้ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในด้านต่างๆเป็นตัวกำหนด ซึ่งประชาชนส่วนใหญ่ต้องการที่พักอาศัย ที่อยู่ในทำเลที่สะดวกในการติดต่อธุรกิจ สะดวกในการเดินทางไปทำงาน หรือไปสถานศึกษา เป็นต้น โดยรูปแบบอาคารชุดพักอาศัยนั้นจะมีความสัมพันธ์กับเส้นทางระบบขนส่งมวลชนระบบราง หรือแนวเส้นทางระบบรถไฟฟ้าในปัจจุบัน โดยการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยนั้น สิ่งผู้ออกแบบอาคารคำนึงถึง คือ การกำหนดรายละเอียดของโครงการ และภาพลักษณ์ของโครงการ โดยรูปแบบของผังอาคารชุดพักอาศัยในแต่ละประเภทนั้นจะเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบและข้อกำหนดต่างๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การวางงานระบบ ขนาดห้องชุดพักอาศัย และการจัดวางพื้นที่ใช้สอย รวมถึงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารชุดพักอาศัยนั้นจะเป็นข้อจำกัดในการออกแบบอาคารด้วยเช่นกัน โดยอาคารชุดพักอาศัยที่ขออนุญาตก่อสร้างในปัจจุบันจะถูกบีบพื้นที่ก่อสร้างให้น้อยลง โดยโครงการอาคารชุดพักอาศัยจะเน้นที่ระดับราคาและขนาดอาคาร โดยลักษณะการออกแบบทางสถาปัตยกรรมจะเป็นอาคารสูง เนื่องจากถูกจำกัดด้วยพื้นที่ และความสูงตามกฎหมายการออกแบบ

ก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัย โดยเฉพาะกฎหมายที่ออกมาบังคับใช้หลังจากปี 2535 เรื่องการควบคุมอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งจะมีข้อกำหนดเพิ่มเติมในเรื่องบันไดหนีไฟ เนื่องจากสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการเสียชีวิตจากเหตุการณ์เพลิงไหม้ คือ การไม่สามารถอพยพคนออกจากอาคารได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งทางหนีไฟนั้น คือ ส่วนประกอบหลักของอาคารและเป็นเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุดในการอพยพ ดังนั้น การออกแบบทางหนีไฟให้มีความเพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้อาคารให้สามารถอพยพหนีไฟได้ด้วยความสะดวกรวดเร็ว ไม่เบียดเสียด คับแคบ หรือแย่งกันออกจากอาคาร จึงมีความสำคัญในการลดการสูญเสียชีวิต เมื่อเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ขึ้น ซึ่งการออกแบบอาคาร ตามข้อกำหนด และมาตรฐานจะต้องระมัดระวังในการออกแบบระยะสัญจรของคนภายในอาคารที่ทั้งในแนวตั้งและแนวราบ ซึ่งในการออกแบบนั้นไม่สามารถที่คาดการณ์ได้ว่าทางสัญจรนั้นมีความเพียงพอต่อการใช้งานของคนในอาคาร หากเกิดเหตุเพลิงไหม้หรือเหตุการณ์ฉุกเฉินขึ้น โดยการอพยพผู้คนที่อยู่อาศัยจะมีพฤติกรรมในการหนีเอาชีวิตรอด และพฤติกรรมของคนที่ต้องเผชิญกับเหตุเพลิงไหม้ช่วงก่อน และระหว่างที่มีเคลื่อนย้ายอพยพคนลงจากอาคาร ซึ่งจะมีผลต่อการหาเวลาอพยพที่เป็นจริงได้

จากปัญหาที่ไม่สามารถที่จะคาดการณ์การเกิดไฟไหม้และการอพยพได้ในอาคารชุดพักอาศัยในสถานที่จริงได้นั้น ส่งผลให้เทคโนโลยีด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาการใช้งานในด้านต่างๆอย่างต่อเนื่องและแพร่หลายในปัจจุบันและมีบทบาทมากขึ้นในงานด้านความปลอดภัย เช่น โปรแกรม Computational Fluid Dynamics (CFD) ซึ่งเป็นโปรแกรมหนึ่งที่วิศวกรรมความปลอดภัยนิยมนำมาใช้ในการคำนวณและการจำลองเกี่ยวกับการไหล รวมถึงการถ่ายเทความร้อน ซึ่งอีกส่วนหนึ่งโปรแกรมนี้ยังสามารถแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสถานะของการเผาไหม้ได้อีกด้วย โดยการพัฒนาการใช้งานโปรแกรมสร้างภาพจำลองเสมือนจริงด้านพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS) โดยได้มีบทบาทในการใช้ศึกษาการเกิดเพลิงไหม้ การลุกลามของไฟ และการเคลื่อนที่ของควันไฟ ทำให้เข้าใจถึงรูปแบบการเกิดเพลิงไหม้ โดยนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์สำหรับการออกแบบระบบป้องกันเพลิงไหม้ได้ ซึ่งการจำลองการหนีไฟภายในอาคารโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น เพื่อการวิเคราะห์ปัญหาการอพยพคนออกจากอาคารในการออกแบบอาคาร และแผนผังอาคารจึงมีความสำคัญ ดังนั้น หากเปรียบเทียบเวลาในการเกิดเพลิงไหม้กับเวลาการอพยพของคนออกจากอาคารได้นั้นก็ทำให้สามารถทราบแนวทางในการจัดวางแปลนพื้นที่อาคารที่เหมาะสมได้เช่นกัน ซึ่งปัจจุบันโปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยนั้นมีผู้ใช้เป็นเครื่องมือในการจำลองการเกิดเพลิงไหม้แพร่หลาย ส่วนการจำลองการอพยพคนนั้นจะใช้โปรแกรม Evacsim ในการหาค่าเวลาการอพยพของคน ซึ่งผลที่ได้จากทั้ง 2 โปรแกรมนี้ คือ ค่าเวลาในการเกิดเพลิงไหม้

กับเวลาในการอพยพ เมื่อนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลก็สามารถที่จะคาดการณ์ได้ว่าเวลาในการอพยพนั้นเหมาะสมและเกิดความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนานำทั้ง 2 โปรแกรมใช้งานร่วมกัน เพื่อศึกษาการเกิดเพลิงไหม้และการอพยพคนไปพร้อมกันได้

จากแนวโน้มที่อยู่อาศัยประเภทอาคารชุดพักอาศัยที่มีอัตราการขยายตัวอย่างมาก ดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยขนาดของอาคารชุดพักอาศัยนั้นส่วนใหญ่จะเป็นขนาดกลาง เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ในการก่อสร้างที่ลดลง ส่วนการออกแบบก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัยนั้น กฎหมายและมาตรฐานที่ใช้ในการควบคุมการออกแบบและก่อสร้างนั้นเป็นเพียงข้อกำหนดในการออกแบบก่อสร้างขั้นต่ำเท่านั้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ใช้สอยอาคารที่เพิ่มขึ้นในเชิงพาณิชย์ รวมถึงการไม่สามารถกำหนดจำนวนคนที่เข้าไปใช้สอยอาคารได้แน่นอน จนกว่าการก่อสร้างจะแล้วเสร็จนั้น ความปลอดภัยของผู้อาศัยหรือผู้ใช้สอยอาคารชุดพักอาศัย ซึ่งหากเกิดเพลิงไหม้ขึ้นการอพยพคนสู่พื้นที่ปลอดภัยให้ได้ในเวลาที่รวดเร็วและปลอดภัยจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งในการออกแบบผังอาคารและส่วนประกอบของอาคารต่างๆต้องคำนึงถึงการอพยพคนที่อยู่ภายในอาคารด้วย

ดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวคิดในการประยุกต์โปรแกรมจำลองพลวัตของไฟและการจำลองการอพยพ ในการสร้างแบบจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง เพื่อทดสอบการอพยพจากการออกแบบผังอาคารตามกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะทำได้สามารถคาดการณ์เวลาการอพยพ ลักษณะการอพยพของคน ในสภาพการณ์ต่างๆนั้นได้ รวมถึงทำให้ทราบข้อบกพร่องและสามารถเสนอแนวทางการแก้ไขในการออกแบบผังอาคารที่เกี่ยวข้องกับการอพยพได้อีกด้วย

## วัตถุประสงค์

ศึกษาพฤติกรรมการอพยพคนในอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง โดยโปรแกรมจำลองพลวัตของไฟร่วมกับการจำลองการอพยพ (Fire Dynamics Simulator with Evacuation Program, FDS+Evac) เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถในการอพยพจากแบบจำลองการอพยพ ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของการออกแบบผังอาคารและสภาพการณ์ที่เกี่ยวกับการอพยพ

## ขอบเขตของการวิจัย

1. การสร้างแบบจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง โดยโปรแกรมการจำลองด้านพลวัตของไฟและการจำลองการอพยพ (FDS+Evac) ตามการออกแบบองค์ประกอบต่างๆของอาคารที่เป็นไปตามกฎหมายควบคุมอาคาร และมาตรฐานอาคารชุดพักอาศัยที่เกี่ยวข้อง โดยเป็นอาคารสำหรับอยู่อาศัยสูง 5 ชั้น กว้าง 15.5 เมตร ยาว 40 เมตร มีพื้นที่ต่อชั้น 620 ตารางเมตร มีจำนวนห้องต่อชั้นเท่ากับ 18 ห้อง การวางผังอาคารเป็นแบบทางเดินอยู่ตรงกลาง (Center-Corridor Plan) กำหนดลักษณะของผู้อพยพ เป็นผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก ในแต่ละห้องแบบสุ่มให้มีจำนวนและลักษณะของคนในแต่ละห้องและชั้นแตกต่างกันจำนวนทั้งสิ้น 220 คน

2. การจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง โดยการประมวลผลการจำลองการอพยพจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ FDS+ Evac ตามข้อกำหนดของการออกแบบผังอาคารและสภาพการณ์ที่เกี่ยวกับการอพยพ โดยไม่มีการนำระบบป้องกันอัคคีภัยต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้องในการจำลองนี้

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถคาดการณ์ เวลาการอพยพ ลักษณะการอพยพของคน ข้อจำกัดและขีดความสามารถในการอพยพในสภาพการณ์ต่างๆตามข้อกำหนดของการออกแบบผังอาคารที่เป็นไปตามกฎหมายควบคุมอาคาร และมาตรฐานอาคารชุดพักอาศัยที่เกี่ยวข้องนั้นมีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการอพยพได้อย่างปลอดภัย

2. นำผลที่ได้จากการจำลองการอพยพมาพิจารณาเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในการออกแบบผังอาคารชุดพักอาศัย และมาตรการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการอพยพให้เป็นไปได้
3. สามารถนำเทคนิคการสร้างแบบจำลองการอพยพและประมวลผล โดยโปรแกรม FDS+Evac ไปปรับปรุงใช้กับอาคารในรูปแบบอื่นๆได้

### สมมุติฐานการวิจัย

การอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง โดยการออกแบบจำนวนทางออก 1 และ 2 ทางออก รวมถึงสภาพการณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการอพยพนั้น มีผลทำให้การเคลื่อนที่ของคนในการอพยพมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีผลต่อเวลาการอพยพออกจากอาคารอย่างมีนัยสำคัญ

### นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

#### อาคารอยู่อาศัยรวม

หมายถึง อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นที่อยู่อาศัยสำหรับหลายครอบครัว โดยแบ่งออกเป็นหน่วยแยกจากกันสำหรับแต่ละครอบครัว ซึ่ง อาคารชุด คอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนต์ แฟลต หรืออาคารในลักษณะเดียวกัน รวมทั้งหอพัก (กฎกระทรวง ฉบับที่ 39 พ.ศ. 2537)

#### อาคารชุด

หมายถึง อาคารที่บุคคลสามารถแยกการถือกรรมสิทธิ์ออกได้เป็นส่วน ๆ โดยแต่ละส่วนประกอบด้วยกรรมสิทธิ์ในทรัพย์สินส่วนกลาง (พระราชบัญญัติอาคารชุด พ.ศ. 2522)

### อาคารชุดพักอาศัย

หมายถึง อาคารที่ใช้พักอาศัย โดยมีจำนวนห้องพักอาศัยหลายห้องรวมกันในอาคารเดียวกัน มีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนต่างๆประกอบไปด้วย พื้นที่ส่วนบุคคล และพื้นที่ส่วนรวม (ทรัพย์สินส่วนกลาง) เป็นอาคารที่มีการใช้เอกสิทธิ์แห่งพื้นที่ร่วมกัน และใช้พื้นที่ส่วนใหญ่ในการอยู่อาศัยเป็นหลัก (รุ่งรัตน์, 2549)

### อาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง

หมายถึง อาคารชุดพักอาศัยที่มีขนาดความสูงของอาคารไม่ถึง 23 เมตรไม่เข้าข่ายอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่ มีพื้นที่อยู่อาศัยตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป โดยอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลางไม่สามารถระบุได้ชัดเจนตามความสูงของอาคาร ซึ่งข้อกำหนดขั้นต่ำของการเคหะแห่งชาติ กำหนดความสูงของอาคารที่ 5 ชั้น (อำนาจ, 2542)

### อัคคีภัย

หมายถึง ภัยอันตรายอันตรายเกิดจากเพลิงไหม้ เพลิงเป็นพลังงานอย่างหนึ่งที่ทำให้ความร้อนขนาดของเพลิงที่ขาดการควบคุมดูแล ทำให้เกิดการติดต่อกลุกลามไปตามบริเวณที่มีเชื้อเพลิงเกิดการลุกลามต่อเนื่อง

### โปรแกรม FDS+Evac

หมายถึง โปรแกรมการจำลองด้านพลวัตของไฟและการจำลองการอพยพ

### เวลาการอพยพ (Evacuation Time)

หมายถึง ระยะเวลาที่คนทั้งหมดที่อยู่ภายในอาคาร สามารถเคลื่อนย้ายออกจากอาคารสู่พื้นที่ปลอดภัยได้

**Gross Area Occupancy Load**

หมายถึง ปริมาณความจุคนในพื้นที่ชั้นอาคาร

**Net Gross Area Occupancy Load**

หมายถึง ปริมาณความจุคนในพื้นที่ชั้นอาคารสุทธิ

**Residential**

หมายถึง ที่อยู่อาศัย บ้านพัก บ้านแฝด ห้องพัก โรงแรม อพาร์ทเมนต์

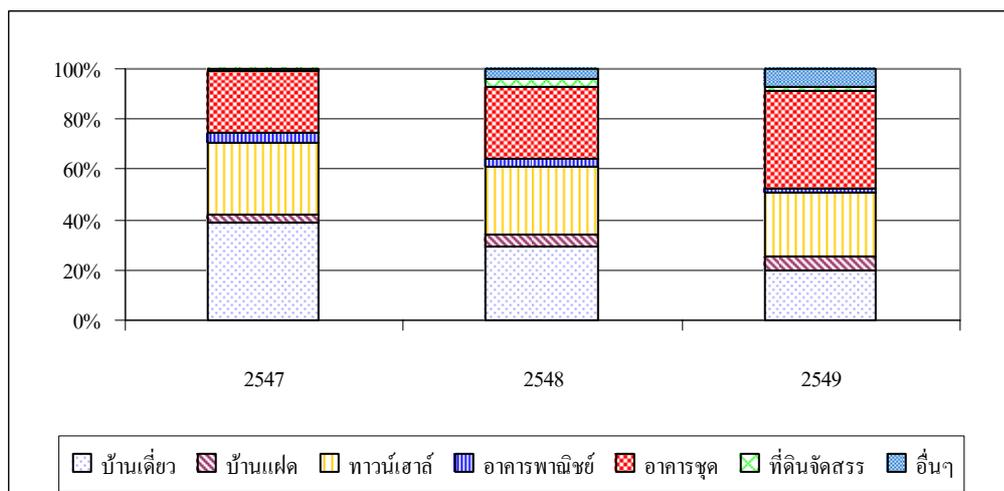
## การตรวจเอกสาร

การศึกษาวិจัยการจัดทำแบบจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัยขนาดกลาง โดยโปรแกรมจำลองด้านพลวัตของไฟร่วมกับจำลองการอพยพ (FDS+Evac) ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาคารชุดพักอาศัย การจำลองการเกิดเพลิงไหม้ และการจำลองการอพยพ ดังนี้

## แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

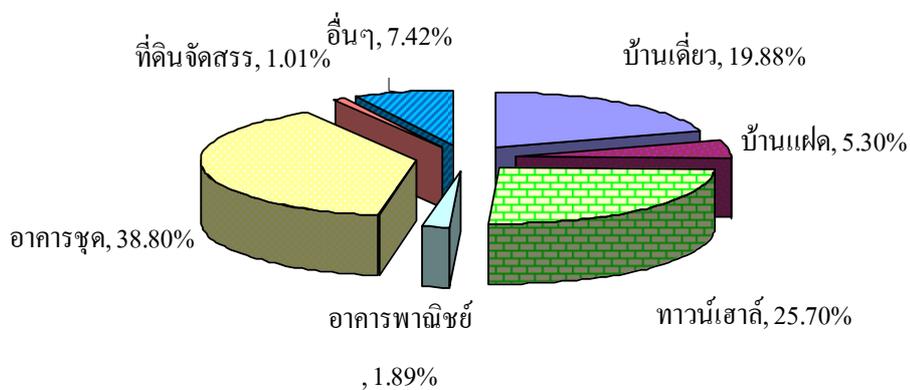
### 1. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ที่อยู่อาศัยในรูปแบบของอาคารชุดพักอาศัย หรือ อาคารชุด (Condominium) เป็นลักษณะที่อยู่อาศัยที่มีการรวมตัวกันหลายครอบครัวในอาคารหลังเดียวกัน กล่าวคือ มีโครงสร้างของอาคารร่วมกันทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง ผนังเป็นผนังร่วมกัน ที่อยู่อาศัยลักษณะนี้มีคำเรียกอื่น ๆ อีก เช่น ถ้าเป็นอาคารเช่าเรียกว่า แฟลต (Flat) ใช้กับอาคารเช่าสำหรับผู้มีรายได้น้อย หรือคำว่า อพาร์ตเมนต์ (Apartment) ใช้กับอาคารเช่าสำหรับผู้มีรายได้สูง สำหรับที่อยู่อาศัยขายกรรมสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติอาคารชุด อาคารลักษณะนี้จะใช้คำว่า “อาคารชุด” และนิยมเรียกทับศัพท์ว่า คอนโดมิเนียม (Condominium) ตามที่ใช้ในโครงการทั่วไป (รัตยา, 2541) ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวของสังคมเมืองและสภาพความเป็นอยู่ของคนในสังคมที่เปลี่ยนไป โดยในช่วงที่ผ่านมาโครงการอาคารสูงที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมาก (อนุชา, 2540) โดยทำเลที่ตั้งอยู่ในย่านธุรกิจจึงได้มีการพัฒนาโครงการให้มีลักษณะการใช้สอย (Mix use complex) ซึ่งเป็นผลจากการพัฒนาเมืองชั้นใน และจะเป็นการพัฒนาให้ป็นย่านประกอบพาณิชยกรรมทำให้มีการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ (อนุชา, 2539) โดยพื้นที่เมืองหลวงอย่างกรุงเทพมหานคร รวมถึงเขตปริมณฑลรอบๆจะเป็นจุดที่มีการก่อสร้างอาคารอยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก ซึ่งแนวโน้มที่อยู่อาศัยที่สร้างเสร็จและจดทะเบียนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในปี 2549 มีการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นจากปี 2547 และ ปี 2548 ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ที่อยู่อาศัยที่เกิดขึ้นใหม่ในปี 2547 - 2549

ที่มา: สำนักงานเขตในกรุงเทพมหานคร กรมการปกครอง, กรมที่ดิน รวบรวมโดย: ศูนย์ข้อมูล  
อสังหาริมทรัพย์ (2549)



ภาพที่ 2 ที่อยู่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลแสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์แยกตามประเภท  
ของที่อยู่อาศัยที่สร้างเสร็จปี 2549

ที่มา: สำนักงานเขตในกรุงเทพมหานคร กรมการปกครอง, กรมที่ดิน รวบรวมโดย: ศูนย์ข้อมูล  
อสังหาริมทรัพย์ (2549)

ในปี 2549 โครงการที่อยู่อาศัยที่เปิดตัวใหม่ พบว่ามีสัดส่วนที่อยู่อาศัยที่เป็นบ้านเดี่ยวลดลงเหลือร้อยละ 19.88 ทาวน์เฮาส์ยังคงมีสัดส่วนใกล้เคียงกับปี 2548 คือ ร้อยละ 25.70 ส่วนอาคารชุดมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 38.80 ดังภาพที่ 2

โดยแนวโน้มที่ตอบสนองความต้องการของคนที่อยู่ในแหล่งชุมชนใหญ่ ซึ่งมีความเจริญและอยู่ในย่านธุรกิจ เนื่องจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการดำรงชีวิตเป็นตัวกำหนด เช่น ที่ดินในย่านธุรกิจมีราคาค่อนข้างสูงมาก และประชาชนส่วนใหญ่ต้องการที่พักอาศัย อยู่ในทำเลที่สะดวกในการติดต่อธุรกิจ หรือสะดวกในการเดินทางไปทำงาน หรือไปสถานศึกษา เป็นต้น รูปแบบอาคารชุดพักอาศัยที่สัมพันธ์กับเส้นทางระบบขนส่งมวลชนระบบราง หรือแนวเส้นทางระบบรถไฟฟ้า โดยแบ่งออกเป็นแนวโน้มด้านระดับราคา แนวโน้มด้านการแบ่งพื้นที่อาคาร และแนวโน้มด้านการออกแบบอาคาร (รุ่งรัตน์, 2549) รายละเอียด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อดี ข้อเสียของรูปแบบผังอาคาร

ประเภทของผังอาคาร	ข้อดี	ข้อเสีย
1. แบบทางเดินอยู่ตรงกลาง	ประหยัดโครงสร้าง	ไม่มีช่องระบายอากาศ ห้องพักส่วนหนึ่งต้องหันสู่ทิศที่ไม่เหมาะสม
2. แบบหอคอย	ง่ายต่อการวางผังบริเวณ	ห้องพักส่วนหนึ่งต้องหันสู่ทิศที่ไม่เหมาะสม
3. แบบหอคอยขยาย	ง่ายต่อการวางผังบริเวณ ลดจำนวนลิฟต์	ห้องพักส่วนหนึ่งต้องหันสู่ทิศที่ไม่เหมาะสม
4. แบบวงแหวน	ง่ายต่อการวางผังบริเวณ	ไม่มีช่องระบายอากาศ ห้องพักส่วนหนึ่งต้องหันสู่ทิศที่ไม่เหมาะสม

ที่มา: รุ่งรัตน์ (2549)

ซึ่งการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยนั้น ผู้ออกแบบจะคำนึงถึงการกำหนดรายละเอียดของโครงการ และภาพลักษณ์ของโครงการ โดยรูปแบบของผังอาคารแต่ละประเภทจะเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบและข้อกำหนดต่างๆ ได้แก่ การวางนาระบบ ขนาดห้องชุดพักอาศัย และการจัดวางพื้นที่ใช้สอย เป็นต้น ส่วนกฎหมายที่เกี่ยวข้อง กับอาคารชุดพักอาศัยจะเป็นข้อจำกัดในการออกแบบเช่นกัน โดยอาคารชุดที่ขออนุญาตก่อสร้างในปัจจุบันจะถูกบีบพื้นที่ก่อสร้างให้น้อยลง โดยโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัยจะเน้นที่ระดับราคากลาง ลักษณะทางสถาปัตยกรรมจะเป็นอาคารสูง เนื่องจากถูกจำกัดด้วยพื้นที่ และความสูงด้วยกฎหมาย ดังนั้น การออกแบบก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัยเหล่านี้จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่สถาปนิกจะต้องคำนึงถึงการออกแบบโครงสร้าง ตามที่กฎหมายกำหนด (พงศ์พันธ์, 2539) โดยเฉพาะกฎหมายที่ออกมาบังคับใช้ภายหลังจากปี 2535 ในเรื่องการควบคุมอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งเป็นกฎหมายที่ทันสมัย และให้ความปลอดภัยได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะเรื่องบันไดหนีไฟ กฎหมายที่ออกมาบังคับใช้ในปี 2535 ได้มีข้อกำหนดเพิ่มเติมในเรื่องบันไดหนีไฟ ต้องติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร หรือถ้าอยู่ภายในอาคารจะต้องมีเครื่องเป่าอากาศ ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้ควันเข้าไปในบันไดหนีไฟเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ที่ทำการอพยพ

ดังตัวอย่างเหตุการณ์อัคคีภัย ที่ทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตของผู้ที่อยู่ในอาคาร เนื่องจากไม่สามารถอพยพออกจากอาคารได้ เช่น เหตุการณ์เพลิงไหม้โรงแรมรอยัล จอมเทียน พัทยา ทำให้มีผู้เสียชีวิตจำนวน 91 คน เหตุการณ์เพลิงไหม้โรงงานตุ๊กตาเคเคเคอร์ จังหวัดนครปฐม มีผู้เสียชีวิต 188 คน (กองบังคับการตำรวจดับเพลิง, 2549) ซึ่งเหตุการณ์ในลักษณะนี้โดยเฉพาะอาคารในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครนั้นมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ทุกเมื่อหากการก่อสร้างอาคารไม่ปฏิบัติตามกฎหมายหรือมาตรฐานที่กำหนด กล่าวคือ การออกแบบโครงสร้างอาคาร เพื่อประโยชน์ใช้สอยในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เป็นต้น ซึ่งการออกแบบอาคารในปัจจุบันสถาปนิกต้องปฏิบัติตามกฎหมาย กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535 ซึ่งมีข้อกำหนด และมาตรฐานในการออกแบบอาคารจะต้องระมัดระวังในการออกแบบระยะสัญจรของคนภายในอาคารที่ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ดังนั้น จึงไม่สามารถที่จะพยากรณ์ หรือคาดการณ์ได้ว่าการใช้งานทางสัญจรนั้นมีความเพียงพอต่อการใช้งานของคนในอาคารในปัจจุบันหรือไม่ การจำลองการหนีไฟภายในอาคารโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อการวิเคราะห์ปัญหาการอพยพคนจึงได้มีการพัฒนามาใช้งาน (ณัฐกรณ์, 2546)

โดยการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการจำลองการเกิดเพลิงไหม้ ในช่วงแรกได้มีการพัฒนาประยุกต์ใช้งาน โปรแกรม Computational Fluid Dynamics (CFD) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่วิศวกรความปลอดภัยนิยมนำมาใช้ในการคำนวณอย่างแพร่หลาย (Karlson and Quintiere, 2000) ซึ่งโปรแกรมนี้ไม่ได้มีความเฉพาะเจาะจงว่าต้องนำไปใช้งานเกี่ยวกับการจำลองเกี่ยวกับการไหล และการถ่ายเทความร้อนเท่านั้น แต่อีกส่วนหนึ่งโปรแกรมนี้ยังสามารถแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสถานะของการเผาไหม้ได้อีกด้วย ซึ่งในปัจจุบัน งานด้านการป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคารมีการให้ความสนใจจึงทำให้มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการคำนวณการลุกลามของเพลิงไหม้ และพฤติกรรมการณ์ไฟของถนนเส้นทางหนีไฟในอาคาร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลที่ได้มีความรวดเร็วในการทำนาย คาดการณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น (พิชญะ, 2547) ซึ่งความเสี่ยงของผู้อยู่อาศัยภายในอาคารอันตรายที่มักเกิดขึ้น คือ เหตุการณ์เพลิงไหม้ (สุทัศน์, 2544) โดยการศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสถาปนิกใช้ในการคำนวณเวลาในการหนีไฟ โดยการวิเคราะห์จากแบบแปลนอาคาร ซึ่งพิจารณาจากเวลาที่เกิดเพลิงไหม้ขึ้นในแต่ละห้องตามเงื่อนไขของสมการที่ถูกต้องกำหนดขึ้นจากกฎหมาย (อัศวิน, 2546) ซึ่งผลจากการทดสอบการใช้โปรแกรมกับแผนผังอาคารตัวอย่างสามารถจำลองการปรับเปลี่ยนการออกแบบวิเคราะห์หาผลลัพธ์ในการหนีไฟได้ในระดับหนึ่ง (สุรินทร์, 2549) ต่อมาได้มีการนำโปรแกรมการสร้างภาพจำลองเสมือนจริงด้านพลศาสตร์อัคคีภัย มาประยุกต์ใช้ศึกษาของการเกิดไฟ และการลุกลามของไฟ และการเคลื่อนที่ของควันไฟเมื่อเกิดอัคคีภัยขึ้นภายในอาคาร ซึ่งทำให้เข้าใจถึงรูปแบบการเกิดไฟและนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์สำหรับการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคารได้อย่างเหมาะสม โดยสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการเสียชีวิตจากการเกิดอัคคีภัย คือ การไม่สามารถอพยพคนออกจากอาคารได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยจากกฎหมายที่มีการระบุไว้ในการอพยพออกจากอาคารภายใน 5 นาที (ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องการป้องกันและระงับอัคคีภัยในสถานประกอบการ, 2534) ซึ่งทางหนีไฟนั้นเป็นส่วนประกอบหลักของอาคารและเป็นทางที่ปลอดภัยที่สุดในการอพยพ (วิฑูรย์, 2549) โดยเฉพาะผู้ใช้อาคารขนาดใหญ่ อาคารสูง อาคารสาธารณะ และอาคารชุดพักอาศัย ดังนั้น การออกแบบทางหนีไฟให้มีขนาดเพียงพอต่อจำนวนคนผู้ใช้อาคารให้สามารถอพยพหนีไฟได้ด้วยความสะดวกรวดเร็ว ไม่เบียดเสียด คับแคบ หรือแย่งกันออกจากอาคาร จึงมีความสำคัญในการลดอัตราการสูญเสียชีวิต หากเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้น การคำนวณหาขนาดค่าความเพียงพอของทางหนีไฟและองค์ประกอบทางหนีไฟ (Capacity of Mean of Egress) โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code ของ National Fire Protection Association (NFPA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นที่ยอมรับ และถูกนำไปใช้อ้างอิงมากที่สุดในปัจจุบัน (สมเกียรติ, 2549) ศึกษาการจำลองการเกิดเพลิงไหม้และการจำลองการอพยพคนออกจากอาคาร โดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์

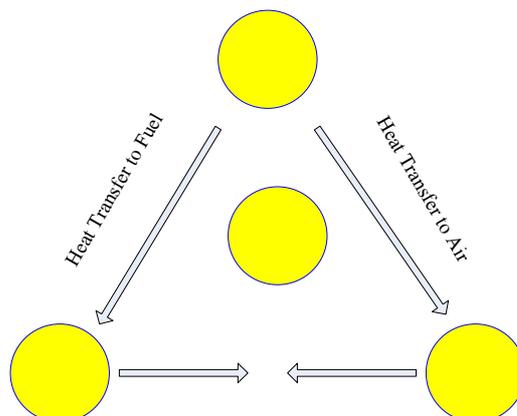
อค์คิย์ในการจำลองการเกิดเพลิงไหม้ และการจำลองการอพยพโดยใช้โปรแกรม Evacsim เพื่อนำผลที่ได้จากทั้ง 2 โปรแกรมมาเปรียบเทียบเวลาในการเกิดเพลิงไหม้และเวลาในการอพยพของคนออกจากอาคารซึ่งจะทำให้ทราบแนวทางในการจัดวางแปลนพื้นที่อาคารที่เหมาะสมได้

จากแนวโน้มที่อยู่อาศัยประเภทอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง ที่มีการขยายตัวอย่างมาก ดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ที่มีการขยายตัวทางธุรกิจ และการคมนาคมที่สะดวก ซึ่งในการออกแบบก่อสร้างอาคารเหล่านี้ต้องเป็นไปตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่นพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับปี พ.ศ. 2522 และ 2535 พระราชบัญญัติอาคารชุด เป็นต้น ซึ่งเป็นเพียงข้อกำหนดในการออกแบบก่อสร้างขั้นต่ำเท่านั้น โดยพื้นที่ในการก่อสร้างนั้นน้อยลง หากเปรียบเทียบกับประโยชน์ใช้สอยอาคารที่เพิ่มขึ้นในทางพาณิชย์ รวมถึงจำนวนผู้ที่เข้ามาใช้อาคารนั้นก็ไม่สามารถที่จะกำหนดได้แน่นอนและไม่มีการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟได้เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารประเภทอื่นๆ ซึ่งกฎหมายกำหนดให้ต้องมีการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟเป็นประจำ ซึ่งหากเกิดเพลิงไหม้ขึ้นการอพยพคนสู่พื้นที่ปลอดภัยจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบส่วนประกอบอาคารที่เกี่ยวข้องกับการอพยพหนีไฟ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เสนอการศึกษาการใช้โปรแกรมจำลองด้านพลวัตของไฟและการจำลองการอพยพ (FDS+Evac) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถจำลองการเกิดเพลิงไหม้และการจำลองการอพยพไปพร้อมกันได้ ในการสร้างแบบจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง ที่มีการออกแบบแผนผังอาคารตาม กฎหมาย และมาตรฐาน มีความเพียงพอต่อการอพยพ กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้เป็นไปอย่างได้อย่างปลอดภัย

## 2. ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้และควัน

เพลิงไหม้ คือ การเผาไหม้หรือการสันดาป เป็นปฏิกิริยาเคมีของเชื้อเพลิงและตัวออกซิไดซ์ โดยทั่วไปตัวออกซิไดซ์คือ ออกซิเจน จะทำให้เกิดความร้อนและการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้น ซึ่งการเกิดเพลิงไหม้นั้นจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 3 ประการ คือ เชื้อเพลิง ความร้อน และออกซิเจน เมื่อใดที่มีองค์ประกอบพื้นฐานทั้ง 3 อยู่ร่วมกันก็จะเกิดเพลิงไหม้ขึ้น โดยเรียกองค์ประกอบทั้ง 3 นี้ว่าสามเหลี่ยมการเกิดเพลิงไหม้ (Fire Triangle) ดังภาพที่ 3



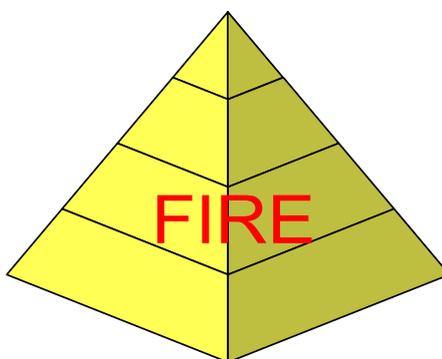
ภาพที่ 3 องค์ประกอบพื้นฐานการเกิดเพลิงไหม้

เมื่อเพลิงไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เพลิงจะติดต่อและลุกลามต่อไปได้ จะต้องมีปัจจัยที่ 4 เป็นองค์ประกอบในการลุกลาม คือ ปฏิกิริยาลูกโซ่ ซึ่งจะเป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องหลังจากการติดไฟ เงื่อนไขสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ คือ ต้องมีตัวก่อปฏิกิริยา ซึ่งตัวก่อปฏิกิริยานี้จะมีความเสถียรต่ำ ตัวก่อปฏิกิริยาลูกโซ่อาจจะเป็นอิเล็กตรอนอิสระของธาตุในปฏิกิริยาหรืออาจเป็นอนุมูลอิสระอื่นๆ โดยในระหว่างที่ปฏิกิริยาลูกโซ่กำลังดำเนินไปอยู่นั้น ถ้าตัวก่อปฏิกิริยาถูกดึงออกจากปฏิกิริยาหรือถูกทำให้เสถียรภาพ ปฏิกิริยาจะหยุดลงทันที เพลิงก็จะดับลง ซึ่งการติดไฟอย่างต่อเนื่องจึงต้องอาศัยองค์ประกอบ 4 ประการ คือ ความร้อน เชื้อเพลิง ออกซิเจนและปฏิกิริยาลูกโซ่

ดังภาพที่ 4

**Fuel**

Mixing

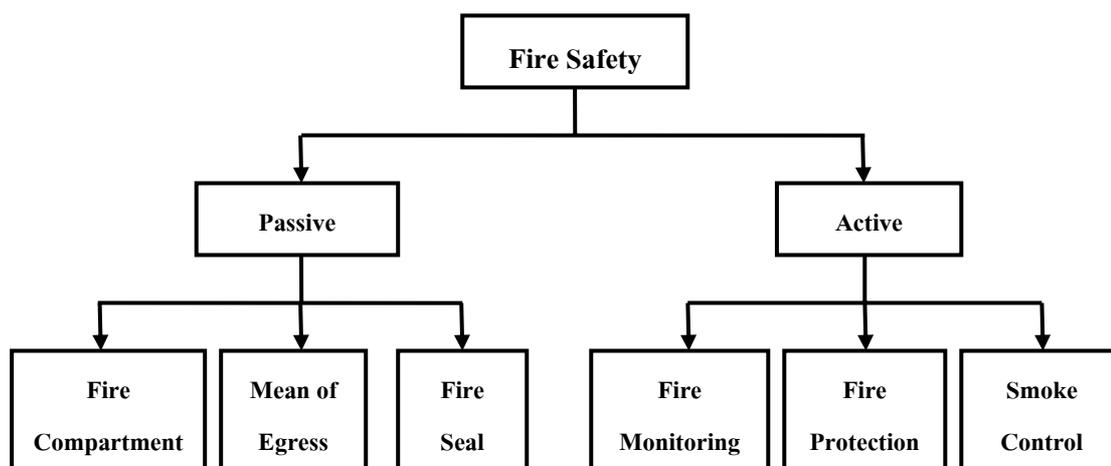


ภาพที่ 4 องค์ประกอบของการลุกลามของไฟ

## 2.2 หลักการออกแบบการป้องกันและระงับอัคคีภัย (Design Concept of Fire Prevention)

การป้องกันและระงับอัคคีภัยที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องมีการออกแบบป้องกันอัคคีภัยตั้งแต่การวางผังการก่อสร้างอาคาร โดยแนวคิดสำหรับการวางระบบป้องกันอัคคีภัย ที่มีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบันเป็นแนวคิดตามมาตรฐานของ National Fire Protection Association หรือ NFPA โดยเป็นแนวคิดที่เกี่ยวกับการจัดการกับอัคคีภัยซึ่งแบ่งการจัดการอัคคีภัยเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การควบคุมกระบวนการเผาไหม้ การระงับเมื่อเกิดอัคคีภัย และการควบคุมเพลิง

สำหรับในประเทศไทย (เกชา, 2545) แนวความคิดในการออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรมกับการป้องกันอัคคีภัยไว้ด้วยกัน ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบเพื่อป้องกันอัคคีภัยเชิงรุก (Active) และการออกแบบเพื่อป้องกันอัคคีภัยเชิงรับ (Passive) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 สถาปัตยกรรมกับการป้องกันอัคคีภัย

2.2.1 การป้องกันอัคคีภัยเชิงรับ (Passive Fire Safety) เน้นการป้องกันในส่วนของ การออกแบบโครงสร้างอาคารเพื่อจำกัดการลุกลามของไฟ ดังนี้

1) ควบคุมการเกิดควันไฟและการกระจายตัวของควันไฟ เพื่อระบายควันไฟ ออกนอกบริเวณขณะเกิดเพลิงไหม้อาคาร ลดหรือป้องกันการแพร่กระจายของควัน ด้วยการ

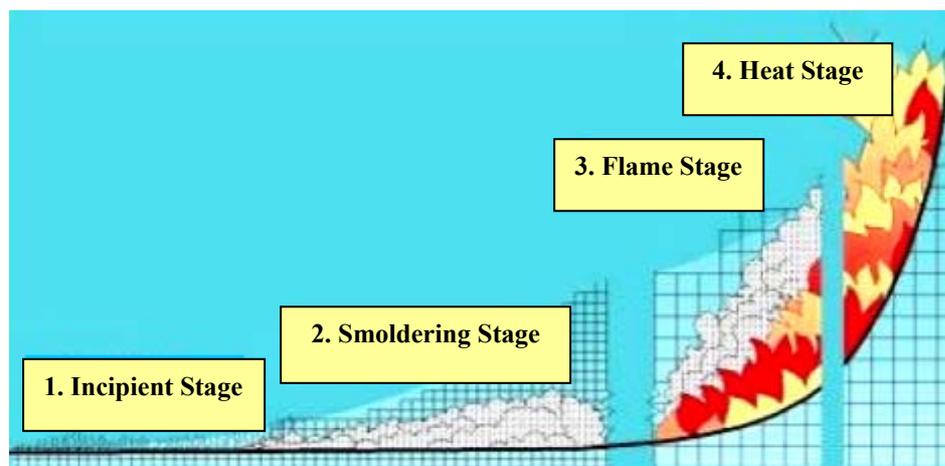
ออกแบบการใช้งาน การติดตั้ง การทดสอบ และซ่อมบำรุงระบบรวมถึงการเพิ่มเติมอุปกรณ์ให้แก่ระบบปรับอากาศและระบบหัวกระจายน้ำในระบบดับเพลิงให้ทำงานร่วมกับระบบควบคุมควันไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) การป้องกันการลามไฟ เพื่อการอพยพหนีไฟให้เป็นอย่างปลอดภัย โดยที่ผนังปิดล้อมพื้นที่ต้องมีอัตราทนไฟ 2 ชั่วโมง และมีระบบอัดอากาศเพื่อป้องกันการแพร่กระจายเข้ามาในพื้นที่ปิดล้อมให้มีความดันขณะใช้งานไม่น้อยกว่า 38.6 ปาสคาล โดยมีการพิจารณาความเร็วอากาศที่ผ่านประตูหนีไฟ เพื่อป้องกันควันย้อนกลับ โดยให้อาคารที่มีระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีความเร็วอากาศที่ผ่านประตูต่ำสุดที่ยอมรับได้ คือ 0.30 เมตรต่อวินาที และอาคารที่ไม่มีระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง มีความเร็วอากาศที่ผ่านประตูต่ำสุดที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.80 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วของอากาศที่จ่ายออกจากช่องท่ออัดอากาศจะต้องอยู่ในช่วง 2-3 เมตรต่อวินาที วัสดุที่ใช้ในงานท่อลมทั้งหมดจะต้องไม่ติดไฟ และวัสดุจะต้องมีค่าอุณหภูมิของการหลอมละลายไม่น้อยกว่า 1,000 องศาเซลเซียส

3) การใช้วัสดุประเภทไม่ลามไฟหรือสร้างความเสถียรภาพของโครงสร้างวัสดุประเภทป้องกันโครงสร้างของอาคารขณะเกิดเพลิงไหม้ ไม่ให้เกิดการแตกกร้าว การทลายตัว เป็นการเลือกวัสดุของโครงสร้างอาคารให้มีโครงสร้างทนไฟตั้งแต่เริ่มการออกแบบ

2.2.2 การป้องกันอัคคีภัยเชิงรุก (Active Fire Safety) เป็นการป้องกันอัคคีภัย เมื่อเพลิงไหม้ได้เกิดขึ้นแล้ว ซึ่งจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์การเฝ้าระวัง อุปกรณ์การป้องกันการลุกลามของไฟ และอุปกรณ์สำหรับการควบคุมควันไฟ

1) ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ความสามารถของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้จะจำแนกตามระยะเวลาของการเกิดเพลิงไหม้ เริ่มต้นตั้งแต่การเป็นสถานะของเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง กลายเป็นเชื้อเพลิงที่อยู่ในสถานะก๊าซ จากนั้นควันไฟจะก่อตัวขึ้นและเกิดเปลวไฟขึ้น และในที่สุดจะเกิดความร้อนจากเปลวไฟแพร่กระจายออกไป ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการเกิดเพลิงไหม้

ที่มา: National Fire Protection Association (1999)

จากภาพที่ 6 สามารถแบ่งระยะเวลาการเกิดเพลิงไหม้ได้เป็น 4 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 ระยะเริ่มต้น (Incipient Stage) ซึ่งระยะนี้จะไม่สามารถมองเห็นอนุภาคของควันไฟ และเปลวไฟ และจะไม่รู้สึกถึงความร้อน อุปกรณ์ตรวจจับที่เหมาะสม คือ อุปกรณ์ตรวจจับไอออน และก๊าซจากการเผาไหม้

ระยะที่ 2 ระยะเกิดควัน (Smoldering Stage) ซึ่งระยะนี้เราไม่สามารถมองเห็นเปลวไฟ และจะไม่รู้สึกถึงความร้อน แต่จะมองเห็นควันไฟ อุปกรณ์ตรวจจับที่เหมาะสม คือ อุปกรณ์ตรวจจับควันไฟ

ระยะที่ 3 ระยะเกิดเปลวไฟ (Flame Stage) ซึ่งระยะนี้เราสามารถมองเห็น เปลวไฟ ควันไฟ และเริ่มรู้สึกถึงความร้อน อุปกรณ์ตรวจจับที่เหมาะสมคือ อุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ

ระยะที่ 4 ระยะเกิดความร้อน (Heat Stage) ซึ่งระยะนี้เราสามารถมองเห็นเปลวไฟ ควันไฟ โดยจะไม่สามารถควบคุมความร้อนได้ อากาศร้อนจะแผ่ขยายตัวออกไป อุปกรณ์ตรวจจับที่เหมาะสมคือ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

2) ระบบดับเพลิงอัตโนมัติ ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ระบบเพลิง เมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้น โดยปกติอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบนี้ คือ หัวกระจายน้ำดับเพลิง

3) ระบบควบคุมควัน เนื่องจากควันไฟเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้เสียชีวิต ขณะเกิดเพลิงไหม้ จึงต้องมีระบบควบคุมควันไฟ เพื่อระบายควันไฟไปยังพื้นที่ที่ไม่เป็นอันตราย ต่อชีวิต

การควบคุมควันไฟเป็นสิ่งสำคัญมากในการป้องกันชีวิต เนื่องจากควันไฟ เป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตมากกว่าความร้อน เพราะควันไฟสามารถแพร่กระจายตัวได้อย่างรวดเร็วและสามารถไหลผ่านช่องเปิดต่างๆได้ รวมทั้งยังลดความสามารถในการมองเห็น จึงทำให้ไม่สามารถหาทางออกจากอาคาร เมื่อเกิดอัคคีภัยได้ ดังนั้น จุดมุ่งหมายของระบบควบคุมควันไฟ คือ การป้องกันไม่ให้ควันไฟเข้าสู่บริเวณบันได โถงลิฟต์ และชะลอการแพร่กระจายของควันไฟรวมทั้งการระบายควันไฟ ก๊าซพิษ และความร้อนออกจากบริเวณที่เกิดอัคคีภัย

การเสียชีวิตส่วนใหญ่นั้นเกิดจากควันไฟ เนื่องจากองค์ประกอบของควันจะมี ก๊าซพิษอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ก๊าซแอมโมเนียและเขม่าควันไฟ เป็นต้น แต่ก๊าซที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเสียชีวิตของการเกิดอัคคีภัยในอาคารสำนักงานทั่วไป คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเขม่าและควันไฟ

### 2.3 การลุกลามของเพลิงไหม้ แบบต่อเนื่องตามทฤษฎี T-Squared Fire (Continuous Growth Fire T- Squared Fire)

การเกิดเพลิงไหม้ในรูปแบบทฤษฎี T-Squared Fire จะแสดงถึงอัตราการเผาไหม้ โดยแบ่งตามสัดส่วนของเวลา โดยแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ โดยเวลาในการลุกลามของเพลิงไหม้จะกำหนดตามอัตราการปล่อยความร้อนที่ 1000 BTU /sec แสดงดังตารางที่ 2

## ตารางที่ 2 การลุกลามของเพลิงไหม้ ตามอัตราการปล่อยพลังงานความร้อน

ประเภท	เวลาที่มีผลต่ออัตราการปล่อยความร้อน 1000 BTU/sec
เร็วมาก	75 วินาที
เร็ว	150 วินาที
ปานกลาง	300 วินาที
ช้า	600 วินาที

ที่มา: NFPA 92A (2000)

### 2.4 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของเพลิงไหม้ในพื้นที่ปิดล้อม (Enclosure Fire Dynamics)

การเคลื่อนที่ของเพลิงไหม้ในพื้นที่ปิดล้อมเป็นทฤษฎีที่สำคัญที่ใช้ในการศึกษาการจำลองการเกิดเพลิงไหม้ และการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยภายในอาคาร โดยการจำลองการเกิดเพลิงไหม้นั้นจะเป็นการศึกษาและคาดคะเนถึงการเปลี่ยนแปลงสถานะต่างๆที่เกิดขึ้นภายในห้องขณะเกิดเพลิงไหม้ พฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและการพัฒนาของเพลิงไหม้ในระยะเวลาต่างๆรวมทั้งการตอบสนองของอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบป้องกันอัคคีภัยที่ติดตั้งภายในห้องนั้นๆ การจำลองพฤติกรรมของเพลิงไหม้ภายในห้องสามารถจำลองได้ 2 แบบ คือ

1) การจำลองแบบโซน (Zone Model) เป็นการจำลองแบบแบ่งสถานะของก๊าซภายในห้องออกเป็นโซนตามคุณสมบัติทางกายภาพของการเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น ช่วงระยะเริ่มต้นของการเกิดเพลิงไหม้ คิวร้อนจะลอยตัวอยู่ติดบนเพดาน ในขณะที่อากาศเย็นจะลอยอยู่ด้านล่างบนพื้นห้อง ทำให้สามารถแบ่งห้องออกเป็น 2 โซน คือ โซนด้านบนที่เป็นคิวร้อนและโซนด้านล่างที่เป็นอากาศเย็น

2) แบบจำลองพลศาสตร์การไหล (Computational Fluid Dynamics Model; CFD) เป็นแนวคิดที่สร้างแบบจำลองโดยการแบ่งห้องหรืออาคารที่เกิดเพลิงไหม้ออกเป็นปริมาตรเล็กๆ (Finite Volume) เป็นจำนวนมากทั่วทั้งห้องหรืออาคาร จากนั้นใช้สมการการอนุรักษ์พลังงานต่างๆ คำนวณหาสถานะและคุณสมบัติในการเคลื่อนที่ของไฟและคิวไฟในปริมาตรเล็กๆเหล่านั้น

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์โมเดล สำหรับการคำนวณวิเคราะห์การเกิดเหตุเพลิงไหม้ นั้น มีมาตั้งแต่ประมาณปี 1960 จนถึงปัจจุบัน โดยจุดประสงค์หนึ่งของการพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่มีความซับซ้อนและใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินความเสี่ยงอันตรายจากเพลิงไหม้ ต่อมาการพัฒนาโปรแกรมพลศาสตร์การไหลมาช่วยในการศึกษาพฤติกรรมของการเกิดเพลิงไหม้และการลุกลามของเพลิงและมีการพัฒนาจนเป็นโปรแกรม Fire Dynamics Simulator และ Smoke view โดยสถาบัน National Institute of Standards and Technology (NIST) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณและศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของไฟ ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์เทียบเคียงกับการทดลองจริง ผลการศึกษาองค์ประกอบของเพลิงในพื้นที่ปิดล้อม ทำให้ทราบและเข้าใจถึงพฤติกรรมของการเกิดเพลิงไหม้และการพัฒนาของเพลิง การส่งถ่ายพลังงานความร้อนในรูปแบบต่างๆ ตลอดจนการเคลื่อนที่ของควันไฟและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาที่มีการเผาไหม้

สำหรับการศึกษาด้านการถ่ายเทความร้อน กลไกการแพร่กระจายหรือการลุกลามของเพลิงไหม้ นั้น โปรแกรม Fire Dynamics Simulator จะใช้ทฤษฎีทางอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) คือ การถ่ายเทความร้อนเข้ามาใช้ในการวิเคราะห์โดยกลไกการถ่ายเทความร้อนจะประกอบด้วย

1. การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer) เป็นการถ่ายเทความร้อนวิธีเดียวที่เกิดขึ้นในวัตถุที่เป็นตัวกลางทึบแสง เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้นในวัตถุดังกล่าวจะมีความร้อน ถ่ายเทจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำของวัตถุนั้น
2. การพาความร้อน (Convection Heat Transfer) เมื่อความร้อนสัมผัสกับผิววัตถุที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างอากาศกับวัตถุ การแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ เรียกว่า การถ่ายเทความร้อนแบบการพา โดยควันที่เกิดจากการเผาไหม้จะลอยตัวขึ้นไปทีเพดานสูงโดยหลักการพาความร้อน ซึ่งถ้ามีอุณหภูมิของควันไฟสูงก็สามารถจะทำให้เกิดการลุกลามของไฟได้แสดงตามภาพที่ 7 ควันที่เกิดจากการพาความร้อนลอยตัวไปสะสมที่เพดาน กระบวนการนี้สามารถจำแนกออกได้ 2 ประเภท คือ

1) การพาความร้อนแบบอิสระ (Free Convection) เกิดมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิในอากาศ เนื่องจากการที่อากาศสัมผัสผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันและทำให้เกิดแรงลอยตัวขึ้น

2) การพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) เกิดจากแรงภายนอกมาบังคับให้ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านผิววัตถุที่ร้อนหรือเย็นกว่า เนื่องจากอากาศจากการพาความร้อนแบบบังคับมีความเร็วที่สูงกว่าแบบอิสระ ดังนั้น ความร้อนที่ถ่ายเทได้จากความแตกต่างของอุณหภูมิที่มีขนาดเท่าๆ กันกับการพาความร้อนแบบอิสระจึงมีปริมาณความร้อนมากกว่า การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convection Heat Transfer Coefficient) เป็นเรื่องที่ซับซ้อนมากในทางปฏิบัติดังนั้น เพื่อความสะดวกจะใช้ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convective Coefficient; h)

สถานการณ์ไหล (Fluid Condition)	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h)
1. การไหลแบบลอยตัวในอากาศ (Buoyant Flow in Air)	5-10
2. เปลวเพลิงแบบต่อเนื่อง (Laminar Match Flame)	ประมาณ 30
3. เพลิงที่ลุกท่วมบนผิวหน้าของของเหลวที่ ไหลวน (Turbulent Liquid Pool Fire Surface)	ประมาณ 20
4. เปลวเพลิงที่กระทบฝ้า (Fire Plume Impinging on a Ceiling)	5-50
5. ที่ความเร็วลมในอากาศ 2 เมตรต่อวินาที (Wind Speed in Air)	ประมาณ 10
6. ที่ความเร็วลมในอากาศ 35 เมตรต่อวินาที (Wind Speed in Air)	ประมาณ 75

ที่มา: Quintiere (1998)

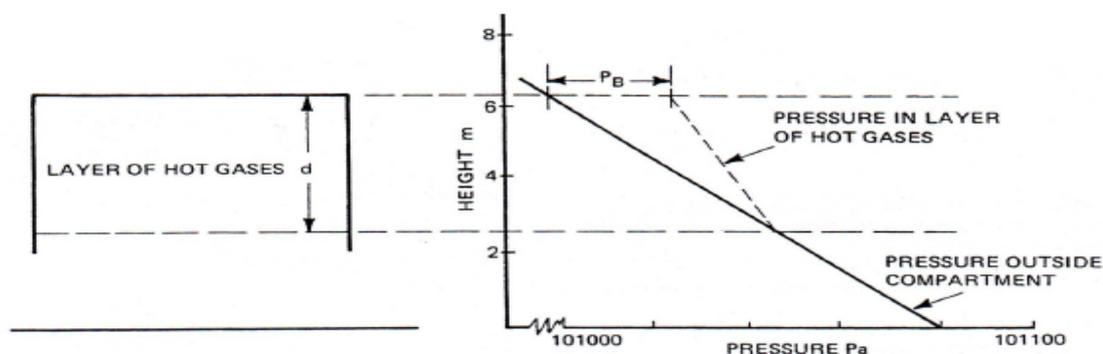
3) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation Heat Transfer) คือ การถ่ายเทความร้อนจากผิวของวัสดุหนึ่งไปยังอีกวัสดุหนึ่งซึ่งมีอุณหภูมิต่างกัน โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง พลังงานที่ถ่ายเทของการแผ่รังสีจะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือในรูปของโฟตอน อัตราการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสี

## 2.5 การถ่ายเทของควัน

ควัน คือสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตในขณะที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ นอกจากควันจะเป็นพิษแล้วยังทำให้ติดอยู่ในที่ที่อาศัยขาดออกซิเจน และเป็นตัวปิดทางหนีไฟทำให้ไม่สามารถหนีออกสู่บริเวณที่ปลอดภัยได้ ควันสามารถแพร่กระจายจากจุดที่เกิดเพลิงไหม้ไปตามช่องเปิดต่างๆ การที่ควันสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกล จึงอาจทำให้ผู้ที่ไม่ได้อยู่ในบริเวณเพลิงไหม้เสียชีวิตได้เช่นกัน สาเหตุหลักที่ทำให้ควันสามารถเคลื่อนที่ไปได้ เกิดจากแรงลอยตัว ความกดดันของลม และความดันที่เพิ่มสูงขึ้นจากช่องเปิด

### 2.5.1 พื้นฐานของการเคลื่อนที่ของควัน (Basic Principles of Smoke Movement)

1) แรงลอยตัว (Buoyancy) ความกดดันมาตรฐานของบรรยากาศ (Standard Pressure of The Atmosphere) ที่ระดับน้ำทะเลเท่ากับ 101,300 ปาสคาลและจะลดลงประมาณ 12 ปาสคาลต่อความสูงหนึ่งเมตร เมื่อชั้นของความร้อนมีความสูงมากขึ้น ความกดดันภายในชั้นของก๊าซร้อนได้เพดานจะลดลงอย่างช้าๆ ดังภาพที่ 8

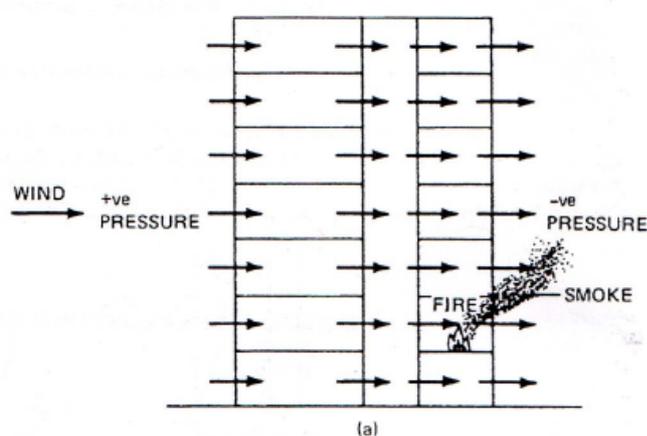


ภาพที่ 7 ความกดดันบนเพดานห้อง อันเกิดจากการลอยตัวของก๊าซ

ที่มา : Hinkley (1995)

2) การถ่ายเทของควันในอาคารสูง (Kandola, 1978) อธิบายหลักการถ่ายเทของ ควัน โดยเฉพาะในอาคารสูงกว่า เมื่อมีอัคคีภัยเกิดขึ้นในอาคาร การเคลื่อนตัวของควันและก๊าซพิษสู่ ส่วนอื่นๆภายในอาคารก็จะเกิดขึ้น จากลมภายนอกพัดพาไป และลักษณะช่องเปิดของอาคาร เป็นเงื่อนไขสำคัญของการถ่ายเทดังกล่าว

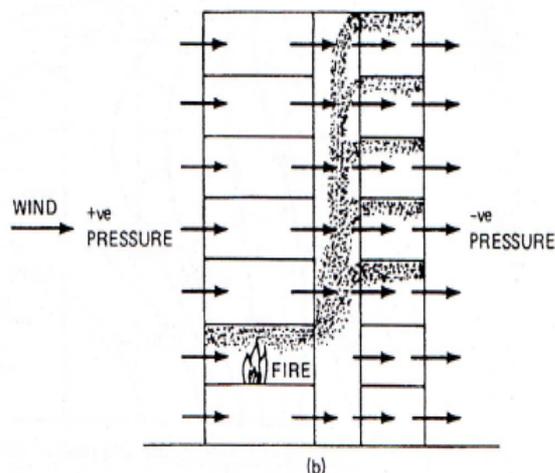
ถ้าเกิดเพลิงไหม้ขึ้นภายในห้องที่มีหน้าต่างบนผนังที่อยู่ทางด้านความกดดันอันเกิดจาก ลมเป็นลบ ควันส่วนมากจะถ่ายเทออกจากตัวอาคาร แสดงตาม ภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การถ่ายเทของควันในอาคารสูงจากปัจจัยลมภายนอก

ที่มา: Kandola (1978)

เมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้นที่ห้องชั้นที่ห้องชั้นเพลิงมีหน้าต่างอยู่ในทิศทางเหนือลม แรงผลักดันของ ลมที่เป็นบวกจะทำให้ควันเคลื่อนที่เข้าสู่ตัวอาคารและแพร่กระจายไปยังส่วนอื่นๆของอาคารดัง ภาพที่ 9

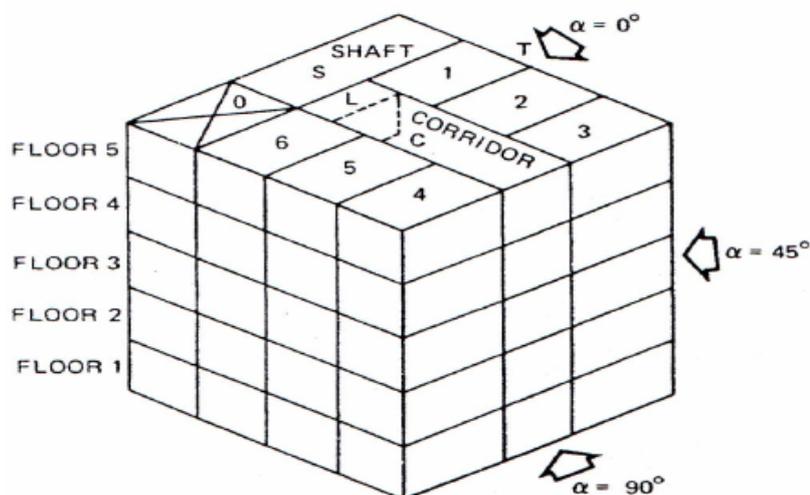


ภาพที่ 9 ห้องต้นเพลิงมีหน้าต่างอยู่ในทิศทางต้นลมมีแรงผลักดันของลมที่เป็นบวก  
ที่มา: Kandola (1978)

กรณีที่อาคารนั้นมีระบบอัดอากาศการออกแบบจะต้องคำนึงถึงแรงผลักดันของลมจากภายนอกด้วยมิฉะนั้นอาจก่อให้เกิดแรงดันมากเกินไปจนอาจเป็นสาเหตุต่อการหนีไฟหรืออาจก่อให้เกิดความกดดันที่ต่ำเกินไปภายในอาคาร ซึ่งจะทำให้ระบบควบคุมการถ่ายเทของควันมีประสิทธิภาพลดลง

3) การไหลของมวลอากาศภายในอาคารสำหรับอาคารที่ปิดกั้นไม่ให้มีช่องเปิดต่าง ๆ ลมจากภายนอกอาคารจะไม่ส่งผลกระทบต่อรูปแบบการไหลของมวลภายในอาคารลมที่พัดจากภายนอกอาคารจะมีอิทธิพลต่อรูปแบบการไหลของมวลภายในอาคารที่มีประตูและหน้าต่างเปิดสู่ภายนอก เท่านั้นขนาดของการแพร่กระจายความกดดันภายในอาคาร จะสัมพันธ์กับความเร็วของลมในลักษณะเรขาคณิตของอาคาร และช่องเปิดต่างๆของอาคาร

เพื่อทำการทดลองเกี่ยวกับอุโมงค์ลมภายในอาคาร (Kandola, 1978) ได้จำลอง Wind-Tunnel Model ในอาคาร 5 ชั้นขึ้นมา ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แบบจำลองอุโมงค์ลมในอาคาร 5 ชั้น

ที่มา: Kandola (1978)

2.5.2 การควบคุมควัน (Smoke Control) มีหลักการพื้นฐาน อยู่ 2 ประการ คือ

1) การควบคุมควันด้วยการไหลของอากาศเอง กรณีที่ความเร็วของอากาศโดยเฉลี่ยมีขนาดมากเพียงพอ

2) การควบคุมควันด้วยระบบความดันอากาศ คือ การสร้างความแตกต่างของความกดอากาศตลอดแนวเครื่องปิดกั้น (Across Barriers) ความดันอากาศจะก่อให้เกิด การไหลของอากาศในช่องว่างเล็กๆ ณ บริเวณรอบๆ ประตูที่ถูกปิด และช่องแคบอันเป็นผลจากการก่อสร้างช่องว่างเล็กๆ เหล่านี้จะช่วยป้องกันการไหลย้อนกลับของควัน (Smoke Backflows) ผ่านช่องเหล่านี้

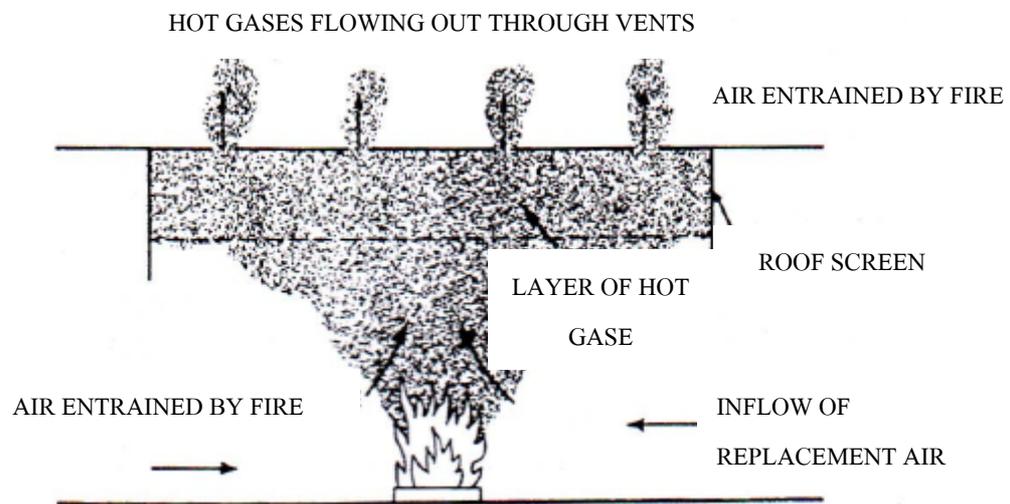
2.5.3 วัตถุประสงค์ของการระบายควันและก๊าซร้อน

1) เพื่ออำนวยความสะดวกในการหนีภัยของผู้อาศัยในอาคาร โดยการจำกัดการแพร่กระจายของควันและก๊าซร้อนไม่ให้เข้าสู่เส้นทางหนีภัย

2) เพื่ออำนวยความสะดวก สำหรับการดับเพลิง โดยช่วยให้พนักงานดับเพลิงเข้าสู่อาคารและสามารถมองเห็นฐานของเพลิงได้

3) เพื่อลดความเสียหายอันเกิดจากควันและก๊าซร้อน

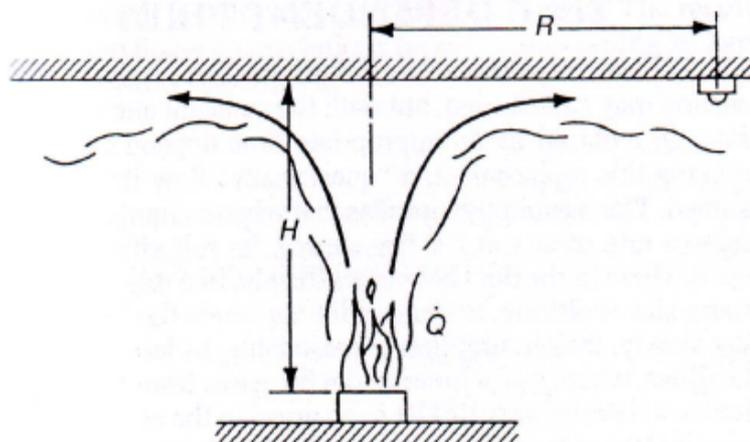
การไหลของควันภายในห้อง ที่เกิดอัคคีภัยเป็นปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อนมาก แต่เมื่อจำลองออกเป็นโมเดล แบบ โชน ก็สามารช่วยทำให้เข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ง่ายขึ้น แสดงตามภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การจำลองการระบายควันในพื้นที่ส่วนแบ่งแบบโชนโมเดล

ที่มา: Hinkley (1995)

จากภาพที่ 12 จะเห็นได้ว่าก๊าซร้อนและเปลวเพลิงลอยขึ้นสู่เพดาน เมื่อถึงเพดานอัตราการไหลของมวลอากาศที่เข้ามาจะมากกว่าอัตราการไหลของมวลก๊าซ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของวัสดุ บริเวณเพดานก๊าซร้อนจะไหลออกไปข้าง ๆ กลายเป็น Ceiling Jet ที่มีความหนาและรัศมี โดยปกติประมาณ 1/10 ของ ความสูงของเพดาน ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การไหลแบบ Jet บนเพดาน

ที่มา: Hinkley (1995)

## 2.6 องค์ประกอบความปลอดภัยด้านอัคคีภัย

### 2.6.1 ความมั่นคงของโครงสร้างอาคาร (Structural Stability)

- การห่อหุ้ม โดยวัสดุทนไฟ
- การปิดล้อม (Enclosure)
- การทาสี เช่นทาสีทนไฟ เป็นต้น
- การฉีดย่น โดยการใช้ Fiber Siemans (พื้นที่ปิด)

### 2.6.2 การแบ่งพื้นที่ (Compartment)

- ผนังทนไฟ (Fire Wall)
- ประตูทนไฟ (Fire Door)

### 2.6.3 การควบคุมคุณสมบัติของวัสดุตกแต่ง (Material Properties Control)

- ความสามารถทนไฟ (Fire Resistance)
- ความสามารถการลุกลามของเปลวไฟ (Fire Spread)
- การก่อให้เกิดควันไฟ (Smoke Developed)

### 2.6.4 องค์ประกอบทางหนีไฟ (Mean of Egress)

- ทางสู่เส้นทางหนีไฟ (Exit Access)
- ทางหนีไฟ (Exit)
- ทางออก (Exit Discharge)

#### 2.6.5 ระบบควบคุมควันไฟ (Smoke Control System)

- การอัดอากาศ (Pressurized Air )
- การระบายควันไฟ (Smoke Exhaust)

#### 2.6.6 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System)

- ระบบตรวจจับ (Detection System)
- ระบบควบคุม (Control System)
- ระบบแจ้งเหตุ (Notification)

#### 2.6.7 ระบบดับเพลิง

- แบบใช้น้ำ (Water Base Fire Suppression System)
- แบบไม่ใช้น้ำ (Non Water Base Fire Suppression System)

#### 2.6.8 การจัดเตรียมพื้นที่รอบนอกอาคาร (Exterior and Site Planning)

- การจัดเตรียมทางเข้า- ออก และพื้นที่จอดรถดับเพลิง
- ผนังรอบนอกอาคาร
- ระบบท่อน้ำดับเพลิง

#### 2.6.9 การบริหารและการจัดการด้านอัคคีภัย (Fire Safety Management)

- บุคลากรในองค์กร
- ระบบป้องกันอัคคีภัย

### 2.7 หลักการออกแบบอาคาร

การกำหนดหลักการออกแบบที่เรียกว่า Design Concept โดยจะกำหนดหัวข้อในการป้องกันอัคคีภัยไว้ด้วย โดยสถาปนิกสามารถที่จะกำหนด Design Concept ที่ผู้อำนวยต่อการป้องกันอัคคีภัยได้ดังนี้

- การแบ่งพื้นที่ป้องกันอัคคีภัย
- การหนีไฟ
- การระบายควันไฟ

### 2.7.1 การคำนวณขนาดทางหนีไฟ

### 2.7.2 การวางผังอาคาร

การแบ่งประเภทของตัวอาคารตามระดับความเสี่ยงจะแบ่งตามลักษณะการใช้งานออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 สถานที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย อย่างเบา เช่น ที่พักอาศัย สำนักงาน สถานศึกษา สโมสร โรงภาพยนตร์ โรงพยาบาล และสถานที่เพลิงไหม้ได้อย่างช้าหรือมีควันน้อยหรือไม่ระเบิดได้

ประเภทที่ 2 สถานที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย อย่างปานกลาง เช่น โรงงาน ร้านค้า ร้านซักรีด เวทีการแสดง ห้องสมุดขนาดใหญ่ อยู่ช่อมรถ และสถานที่เพลิงไหม้อย่างปานกลาง มีควันปานกลางหรือมากแต่ไม่เป็นพิษ หรือไม่ระเบิดได้

ประเภทที่ 3 สถานที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย อย่างแรง เช่น โรงเลื่อย โรงงานเฟอร์นิเจอร์ โรงทอผ้า อุตสาหกรรมยาง อุตสาหกรรมพลาสติก และสถานที่เพลิงไหม้อย่างรวดเร็วหรือมีควันซึ่งเป็นพิษหรือระเบิดได้

## 2.8 ทฤษฎีพลศาสตร์อัคคีภัย

หลักการด้านพลศาสตร์อัคคีภัย เป็นการนำทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนและพลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamic) จากการเผาไหม้ คุณลักษณะการแผ่รังสีจากเปลวเพลิง รวมถึงความสามารถในการติดไฟ เพื่ออธิบายช่วงของการติดไฟขนาดเล็ก และศึกษาไฟขนาดใหญ่ ในการเกิดเพลิงไหม้ในห้องหรือภายในอาคาร การเกิดการลุกไหม้ขึ้นได้ เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น การหาค่าการลุกไหม้ของไฟจะใช้ผลที่ได้จากการทดลองนำมาเปรียบเทียบกับการคำนวณ

ที่ได้จากเพลิงที่ลุกไหม้ที่ได้จากการทดลองหาค่าพิบัติการคายความร้อน (Heat Release Rate) ค่าที่ต่ำที่สุดที่จะทำให้เกิดเพลิงลุกไหม้ขึ้น

การสร้างแบบจำลองด้านพลศาสตร์อวกาศสามารถแบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

2.8.1 การจำลองแสดงผลแบบแบ่งเขต (Zone Model) เป็นรูปแบบการจำลองภาพเสมือนที่ใช้การศึกษาการเคลื่อนที่ของควัน หรือความร้อนที่เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งตามหลักการสามารถที่จะนำภาพการจำลองการเคลื่อนที่ของกลุ่มควันมาหาระยะเวลาการเคลื่อนที่ในทุกช่วงเวลาที่ต้องการ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับการคำนวณหาระยะเวลาในการหนีไฟ

2.8.2 การจำลองพลศาสตร์การไหล (Computational Fluid Dynamics Model; CFD) เป็นรูปแบบการจำลองภาพเสมือนจริง ที่ใช้ศึกษาการเคลื่อนที่ของไฟตั้งแต่เริ่มการจุดติดไฟ และการคายไอของมวลสารจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการเผาไหม้ นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนา CFD ให้สามารถเขียนรูปแบบอาคารลงในโปรแกรม โดยตัวอย่างการจำลองแบบ CFD ที่ใช้งานอยู่สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ โดยที่รวมกันหรือแยกกันตามใช้งาน ดังนี้

1) Turbulence Sub model แบบจำลองนี้เกี่ยวกับผลลัพท์ โดยตรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของการถูกลามและการขยายตัวของไฟจากพื้นที่หนึ่ง ไปยังอีกที่หนึ่ง

2) Radiation and Soot Sub model แบบจำลองนี้เป็นการคำนวณค่าความร้อนและเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้มวลสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลว และดูการเคลื่อนที่ของมวลสารที่ติดไฟว่ามีการให้พลังงานความร้อนรวมถึงน้ำหนักของมวลสารที่ถูกเผาไหม้

3) Combustion Sub-Model แบบจำลองนี้เกี่ยวกับการจุดติดไฟในลักษณะของเปลวเพลิง โดยพิจารณาคูณสมบัติของมวลสารที่เกิดจากการเผาไหม้ เพื่อพิจารณาการผสมระหว่างอากาศกับมวลสารที่ได้รับการเผาไหม้ ว่ามีการจุดติดไฟอย่างสมบูรณ์หรือไม่ รวมถึงค่าพลังงานที่ปลดปล่อยความร้อนที่ได้จากมวลสารนั้นๆ

## 2.9 ทฤษฎีการอพยพ

### 2.9.1 แนวความคิดพื้นฐานของการอพยพหนีไฟ

แนวความคิดพื้นฐานในการวางแผนการอพยพหนีไฟ มาจากการวางแผนการอพยพ คือ การที่ต้องสามารถอพยพผู้คนให้ได้หมดก่อนที่ควันไฟจะมีปริมาณมากจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อผู้อพยพ สำหรับปริมาณควันไฟที่มีผลต่อการอพยพหรือมีอันตราย คือ ควันที่สะสมตัวจนลอยตัวต่ำลงมาจนทำให้ผู้อพยพไม่สามารถมองเห็นเส้นทางอพยพได้ โดยเวลาในการอพยพต้องน้อยกว่าเวลาที่ควันไฟลอยตัวต่ำลงมา (มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยในประเทศญี่ปุ่น, 2546)

$$T_{evacuation} < T_s \quad (1)$$

โดยที่

$T_{evacuation}$  คือ เวลาในการอพยพทั้งหมด หน่วยเป็น นาที  
 $T_s$  คือ เวลาที่ควันไฟลอยตัวต่ำลงมาอยู่ระดับที่เป็นอันตราย หน่วยเป็น นาที

โดยที่เวลาในการอพยพทั้งหมดนั้นเป็นการรวมกันระหว่างเวลาที่เริ่มใช้ในการอพยพ ( $t_{start}$ ) และเวลาที่ใช้ในการอพยพนับจาก เริ่มการอพยพ ( $t_{evacuation}$ ) และดังสมการที่ 1 และเวลาที่เริ่มใช้อพยพ และเวลาใช้ในการอพยพนั้น สามารถที่จะจำแนกออกได้อีกในสมการที่ 2 และสมการที่ 3

$$T_{evacuation} = t_{start} + t_{evacuation} \quad (2)$$

โดยที่

$t_{start}$  คือ เวลาที่คนเริ่มรับรู้ หน่วยเป็น นาที  
 $t_{evacuation}$  คือ เวลาที่ควันไฟลอยตัวต่ำลงมาอยู่ระดับที่เป็นอันตราย หน่วยเป็น นาที

$$t_{start} = t_{awareness} + t_{decision} \quad (3)$$

โดยที่

$t_{awareness}$  คือ เวลาที่คนเริ่มรับรู้ถึงเพลิงไหม้ หน่วยเป็น นาที

$t_{decision}$  คือ เวลาที่ใช้ในการตัดสินใจในการอพยพ หน่วยเป็น นาที

$$t_{evacuation} = t_{travel} + t_{queue} \quad (4)$$

โดยที่

$t_{travel}$  คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางผ่านเส้นทางอพยพ หน่วยเป็น นาที

$$\text{หาได้จาก } t_{travel} = L / V$$

$t_{queue}$  คือ เวลาที่ใช้ในการผ่านจุดที่แคบที่สุดของเส้นทางอพยพ หน่วยเป็น นาที

$$\text{หาได้จาก } t_{queue} = P / NB$$

$L$  คือ ความยาวของเส้นทางหนีไฟ หน่วยเป็น เมตร

$V$  คือ ความเร็วในการเดิน หน่วยเป็น วินาที

$P$  คือ จำนวนผู้ใช้อาคาร หน่วยเป็น คน

$B$  คือ ความกว้างสุทธิของจุดที่แคบที่สุดของเส้นทางอพยพ หน่วยเป็น เมตร

$N$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยออก หน่วยเป็น คน/เมตร/นาที

ส่วนเวลาของการเพิ่มระดับควันไฟในพื้นที่จากระดับของควันเริ่มต้นจนถึงระดับที่มีอันตราย ( $T_s$ ) นั้นสามารถหาได้จากสมการที่ 5

$$T_s = \sum t_j \quad (5)$$

โดยที่

$T_s$  คือ เวลาที่ควันไฟสะสมขยายไปสู่พื้นที่หน้าบันไดหนีไฟ หน่วยเป็น นาที

$t_j$  คือ เวลาที่ควันไฟที่ล้นไปสู่ห้องอื่นๆ โดยคิดที่ทิศทางจากจุดศูนย์กลางเพลิงไหม้ ถึง บันไดหนีไฟ หน่วยเป็น นาที

โดยที่เวลาที่ควันไฟที่ล้นไปสู่ห้องอื่นๆ โดยคิดที่ทิศทางจากจุดศูนย์กลางเพลิงไหม้ถึงบันไดหนีไฟ สำหรับการวางแผนการอพยพที่ใช้ในมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นนั้นสามารถหาได้จากสมการที่ 8

$$t_j = [A_{room} * (H_{room} - H_{lim})] / (V_s - V_e * 0.01) \quad (6)$$

โดยที่

$A_{room}$	คือ พื้นที่ของห้อง หน่วยเป็น ตารางเมตร
$H_{room}$	คือ ความสูงเฉลี่ยของเพดาน หน่วยเป็น เมตร
$H_{lim}$	คือ ความสูงของชั้นควันไฟที่ก่อให้เกิดอันตรายวัดจากระดับพื้น หน่วยเป็น เมตร
$V_s$	คือ ปริมาณควันไฟที่เกิดขึ้น หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร
$V_e$	คือ ปริมาณควันไฟที่ระบายออก หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

### 2.9.2 ค่าความจุของเส้นทางการอพยพ

ขนาดความจุของเส้นทางการอพยพจะต้องมีขนาดที่เพียงพอต่อจำนวนคนที่ใช้อาคาร สามารถทำการอพยพคนทั้งหมดได้อย่างสะดวก โดยความจุของเส้นทางการหนีไฟจะพิจารณาจากความกว้างของเส้นทาง หรือบันได เป็นต้น ซึ่งมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยที่มีใช้ในต่างประเทศจะกำหนดขนาดความกว้างของเส้นทางในการอพยพเป็นค่าที่น้อยที่สุดที่สามารถยอมรับได้ แต่ไม่ได้มีการกำหนดค่าตายตัว โดยความกว้าง ดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับปริมาณคนที่อยู่ภายในอาคาร เช่น มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยของประเทศสหรัฐอเมริกา หรือที่รู้จักกันในนามของ NFPA โดยได้กำหนดการหาค่าความกว้างของเส้นทางหนีไฟไว้ดังนี้คือ

- 1) ความกว้างของบันไดหนีไฟต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณได้

จากสมการที่ 7

$$T = P / (B * N_{eff}) = P / (P * W * N_{eff}) \quad (7)$$

โดยที่

$T$	คือ เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด หน่วยเป็น นาที
$P$	คือ จำนวนคนภายในอาคาร หน่วยเป็น คน
$B$	คือ ความกว้างของบันไดหนีไฟ หน่วยเป็น เมตร
$N_{eff}$	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการอพยพ หน่วยเป็น คน/หน่วย/นาที
$W$	คือ ค่าความกว้างต่อจำนวนคนภายในอาคาร หน่วยเป็น มิลลิเมตร

ตัวอย่างเช่น ถ้ากำหนดให้เวลาในการอพยพคนออกทั้งหมดไม่เกิน 2 นาที กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของคนอพยพ ( $N_{eff}$ ) เท่ากับ 45 คน/หน่วย/นาที โดย 1 หน่วย เท่ากับ 5.5 เซนติเมตร ค่าความกว้างต่อจำนวนคนภายในอาคาร ( $W$ ) เท่ากับ 7.5 มิลลิเมตร (อ้างอิงตารางที่ 4) ดังนั้น เวลาที่ใช้ในการอพยพสามารถหาได้เป็น

$$\text{เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด (T)} = 1 / [7.5*(45/22)] = 1.63 \text{ นาที}$$

2) ค่าความกว้างของโถงทางเดินจะต้องเพียงพอต่อจำนวนผู้ที่อยู่ภายในอาคารด้วย โดยจะต้องสามารถอพยพคนทั้งหมดได้ในเวลา 2 นาที กำหนดให้  $W$  เท่ากับ 5 มิลลิเมตร/คน และ  $N_{eff}$  เท่ากับ 60 คน/หน่วย/นาที โดย 1 หน่วย เท่ากับ 5.5 เซนติเมตร ดังนั้น เวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมด ( $T$ ) สามารถหาได้จากสมการที่ 7 ดังนี้

$$\text{เวลาในการอพยพทั้งหมด (T)} = 1 / [5*(60/22)] = 1.83 \text{ นาที}$$

ซึ่งมาตรฐานอื่นเช่นมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยของประเทศญี่ปุ่นค่าสัมประสิทธิ์ของการอพยพ ( $N_{eff}$ ) ที่ใช้ในการคำนวณจะกำหนดเป็น 80 คน / เมตร / นาที 1 หน่วย เท่ากับ 5.5 เซนติเมตร สำหรับบันไดหนีไฟ และ 90 คน/เมตร/นาที ส่วนในประเทศอื่นๆไม่มีการสำรวจการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของการอพยพที่ชัดเจน เนื่องจากจำนวนคนที่ใช้ในการอพยพมีผลอย่างมาก และความเร่งรีบในการอพยพ ปริมาณของกลุ่มคนซึ่งในประเทศญี่ปุ่นได้มีการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ในการอพยพเป็นค่าที่ตายตัว สำหรับใช้ในการคำนวณ คือ 1.5 คน/เมตร/นาที สำหรับการอพยพในทางราบ และ 1.3 คน/เมตร/นาที สำหรับการอพยพคนในแนวตั้ง

3) ความจุของคน ในการคำนวณแบบทางหนีไฟตามมาตรฐานความปลอดภัยจากอัคคีภัย NFPA โดยแบ่งออกเป็นการหาความจุของพื้นที่ภายในชั้น โดยใช้ขนาดพื้นที่ของอาคาร ความกว้าง x ความยาว โดยไม่ต้องหักทางเดิน บันได โดยวัดจากพื้นที่ด้านในของผนังอาคาร (Gross Area) ทหารด้วยค่า Factor ของกิจกรรม Occupancy Load Factor เป็นค่าที่กำหนด ขนาดพื้นที่ต่อ คน ตามกิจกรรมของพื้นที่ ในแต่ละส่วนภายในชั้นมาเป็นตัวแปรในการหาความจุของพื้นที่ สามารถรองรับคนได้กี่คน ดังตารางที่ 5 ส่วนการคำนวณขนาดความกว้างของเส้นทางหนีไฟสามารถหาได้จากสมการที่ 11 โดยใช้ค่าความกว้างต่อคน (Capacity Factor) ดังตารางที่ 4

$$\text{Gross Area Occupancy Load} = \text{Gross Area} / \text{Occupancy Load Factor} \quad (8)$$

จากนั้นทำการหาความจุคนของพื้นที่ในแต่ละห้อง ทุกห้องภายในชั้น แล้วนำค่าความจุคนที่ได้จากทุกห้องมารวมกัน เป็นปริมาณความจุคนทั้งหมดในพื้นที่ห้องกิจกรรม (Net Area)

$$\text{Net Area Occupancy Load} = \frac{[\text{Net Area}] + [(\text{Gross Area} - \text{Net Area})]}{\text{Used Factor} \quad \text{Used Factor}} \quad (9)$$

โดยที่

Gross Area คือ ขนาดพื้นที่ของกิจกรรมการใช้ โดยไม่หักทางเดิน บันได ความหนาของผิวงานตกแต่ง เสาหรือเฟอร์นิเจอร์ วัดด้านในของอาคารไม่รวมความหนาของผนัง

Net Area คือ ขนาดพื้นที่ใช้งานจริงไม่รวมอุปกรณ์หรือความหนาของผนัง

$$\text{Capacity Load} = \text{Width} / \text{Capacity Factor} \quad (10)$$

ตารางที่ 4 ค่าความกว้างต่อต่อคน (Capacity Factor) เพื่อคำนวณความกว้างของเส้นทางหนีไฟ

Area	Stairways (width per person)		Level Components and Ramps (width per person)	
	in.	mm	in.	mm
Board and care	0.4	10	0.2	5
Health care, sprinklered	0.3	7.6	0.2	5
Health care, nonsprinklered	0.6	15	0.5	13
High hazard contents	0.7	18	0.4	10
All others	0.3	7.6	0.2	5

ที่มา: NFPA (2006)

ตารางที่ 5 ค่า Occupancy Load Factor

Use	(ft <sup>2</sup> per person)*	(m <sup>2</sup> per person)*
<b>Assembly Use</b>		
Concentrated use, without fixed seating	7 net	0.65 net
Less concentrated use, without fixed seating	15 net	1.4 net
Bench-type seating	1 person/18 linear in.	1 person/455 linear mm
Fixed seating	Number of fixed seats	Number of fixed seats
Waiting spaces	See 12.1.7.2 and 13.1.7.2.	See 12.1.7.2 and 13.1.7.2.
Kitchens	100	9.3
Library stack areas	100	9.3
Library reading rooms	50 net	4.6 net
Swimming pools	50 (water surface)	4.6 (water surface)
Swimming pool decks	30	2.8
Exercise rooms with equipment	50	4.6
Exercise rooms without equipment	15	1.4
Stages	15 net	1.4 net
Lighting and access catwalks, galleries, gridirons	100 net	9.3 net
Casinos and similar gaming areas	11	1
Skating rinks	50	4.6
<b>Educational Use</b>		
Classrooms	20 net	1.9 net
Shops, laboratories, vocational rooms	50 net	4.6 net
<b>Day-Care Use</b>	35 net	3.3 net
<b>Health Care Use</b>		
Inpatient treatment departments	240	22.3
Sleeping departments	120	11.1
Ambulatory health care	100	9.3
<b>Detention and Correctional Use</b>	120	11.1
<b>Residential Use</b>		
Hotels and dormitories	200	18.6
Apartment buildings	200	18.6
Board and care, large	200	18.6
<b>Industrial Use</b>		
General and high-hazard industrial	100	9.3
Special-purpose industrial	NA	NA
<b>Business Use</b>	100	9.3
<b>Storage Use</b>		
In storage occupancies	NA	NA
In mercantile occupancies	300	27.9

ที่มา: NFPA (2006)

### 2.9.3 ประสิทธิภาพการอพยพเคลื่อนย้าย

โดยปกติคนจะไม่ทำอะไรๆ โดยขาดสติยั้งคิดหากไม่มีความจำเป็น ในการตัดสินใจของคนจะต้องมีช่วงเวลาของการตัดสินใจทำอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้น หากเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินขึ้นการอพยพแบบกลุ่มคนจึงต้องมีการตัดสินใจอย่างเร่งด่วน การตัดสินใจที่แสดงออกถึงการแสดงออกของคนในสถานการณ์ฉุกเฉินตามความต้องการที่ชัดเจน (Latane and Darley, 1968) และคนที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมักจะมีการตอบสนองซ้ำต่อการได้ยินเสียงสัญญาณเตือน จนกระทั่งแน่ใจคนทั้งหมดจึงจะยอมรับว่าเหตุการณ์ฉุกเฉินนั้น ซึ่งทั้งหมด การฝึกซ้อม และข้อมูลเวลาจริงในการเกิดเพลิงไหม้จะสามารถช่วยลดความล่าช้าที่อาจเกิดจากการตอบสนองเหตุการณ์นั้นได้ (MacLenna, 1986)

Levin (1985) วิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลจากหลายแหล่งที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์และปฏิริยาของคนที่มีความเกี่ยวข้องกัน เพื่อให้มีการแบ่งแยกที่ชัดเจน โดยได้แบ่งลำดับขั้นของการตอบสนองดังนี้

- 1) การตอบสนองโดยเชื่อว่าเกิดเพลิงไหม้ แต่ยังไม่แน่ใจ
- 2) การตอบสนอง โดยเชื่อว่าน่าจะมีเหตุเพลิงไหม้
- 3) การตอบสนองโดยมั่นใจว่าเกิดเพลิงไหม้
- 4) การตอบสนองโดยเห็นเพลิงไหม้

ปฏิริยาของคนในรูปแบบที่ 1 จะมีการหาข้อมูล และในทางกลับกันในรูปแบบที่ 4 นั้นจะมีการตอบสนองทันที โดยไม่มีข้อมูลในการตัดสินใจ ส่วนในรูปแบบที่ 2 และ 3 คนส่วนหนึ่งจะมีการหาข้อมูลก่อน และอีกส่วนก็จะพยายามหนีในการตอบสนองนี้รวมไปถึงกรณีที่ยกขยับยังเพลิงไหม้ การเตือนภัยผู้อื่น และอพยพออกจากอาคาร โดยจากการทดสอบของ (Levin, 1985) พบว่า 50 % ของแบบที่ 2 และ 35 % ของแบบที่ 3 จะพยายามหาข้อมูลก่อนทำการอพยพ

#### 2.9.4 การอพยพเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน

รูปแบบของ Hydraulic Model ซึ่งได้ถูกนำมาใช้เพื่อหาค่าเวลาในการอพยพเคลื่อนย้ายสู่ทางออกที่เป็นจริง คือ เวลาที่ต้องการออกจากตัวอาคาร ปกติเวลาที่ออกสู่ทางออกที่เป็นจริงจะเป็นไปตามเวลาในรูปแบบ Hydraulic Model ตั้งแต่เวลาการเคลื่อนย้ายซึ่งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลจากการจำลองสถานการณ์และประสบการณ์ด้านเพลิงไหม้ ซึ่งก็เป็นไปได้ที่เวลาในการเคลื่อนย้ายตามรูปแบบ Hydraulic Model จะใกล้เคียงกับเวลาการเคลื่อนย้ายที่เป็นจริง ประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายเป็นส่วนประกอบหนึ่งของรูปแบบการหาเวลาการเคลื่อนย้าย โดยมีตัวอย่างของส่วนประกอบที่มีประสิทธิภาพ ดังนี้

- 1) ความล่าช้าอาจเกิดขึ้นจากการจัดการ ซึ่งนำไปสู่การไปสู่ทางออกที่ไม่มีประสิทธิภาพ หรือการอพยพโดยตรงอื่นๆ
- 2) เวลาที่ล่าช้าเกี่ยวข้องกับภาระผูกพันแล้วเริ่มต้นเคลื่อนที่ใหม่ในแต่ละจุดการเชื่อมต่อ
- 3) ความล่าช้าอาจเกิดขึ้นจากความสามารถส่วนตัวที่ไม่ปกติ เช่น เริ่มการอพยพเคลื่อนย้ายช้ากว่าคนอื่น
- 4) ความสมดุลที่ใช้ไปสู่ทางออกอาจเสียไป ในขณะที่บางเส้นทางใช้ได้แต่อีกเส้นทางอาจใช้ไม่ได้

ทั้งหมดที่กล่าวมาสามารถลดประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายได้ การใช้การคำนวณตามรูปแบบที่มีผลต่อระบบโดยรวม ส่วนประกอบเฉพาะหรือการเปลี่ยนแปลงในระบบ อย่างไรก็ตามผลของเวลาอพยพเคลื่อนย้ายตามรูปแบบได้ถูกเปรียบเทียบกับเวลาการอพยพจริงขณะเกิดเพลิงไหม้ สิ่งสำคัญเวลาการอพยพเคลื่อนย้ายตามรูปแบบนั้นจะใกล้เคียงกับความเป็นจริง

### 2.9.5 พฤติกรรมของคนเมื่อเผชิญกับเพลิงไหม้

- 1) อาการตื่นตระหนกเป็นสิ่งที่แทบไม่มี แม้ในสถานการณ์เพลิงไหม้ชั้น  
เลวร้าย มีรูปแบบพฤติกรรมที่เป็นปกติการ เคลื่อนย้ายไปตามเส้นทางที่ถูกเลือก และม  
ีความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่นในสถานการณ์ฉุกเฉิน พฤติกรรมต่างๆ เป็นไปอย่างมีเหตุมีผล
- 2) การกระตุ้น รวมถึงกิจกรรมต่างๆ ในขณะที่เพลิงไหม้ เป็นการค้นหาข้อมูล  
เกี่ยวกับธรรมชาติ และความเครียด ของสถานการณ์เกี่ยวกับบุคคลอื่นๆ
- 3) การเคลื่อนย้าย และการตอบสนองต่อเพลิงไหม้โดยทั่วไป โดยปกติจะ  
เป็นไปตามลักษณะสังคม โดยจะมีการเคลื่อนย้ายกันไปเป็นกลุ่ม
- 4) ปัญหาด้านความบังเอิญอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้น ก็ยังมีอยู่มากในสถานการณ์  
ฉุกเฉิน

### 2.9.6 เวลาการอพยพ

ขณะที่คนกำลังจะทำการอพยพแต่ยังไม่แน่ใจว่าเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นจริง การ  
พยายามหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อความมั่นใจ ทั้งขณะที่อยู่คนเดียว หรืออยู่กันเป็นกลุ่มเล็กๆก็ตาม  
(Sime, 1984) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากเหตุการณ์เพลิงไหม้โรงแรม ผลที่ได้คือ ผู้คนพยายามหา  
ข้อมูล เพื่อนำมาตัดสินใจ ดังนั้น จึงเห็นได้ว่าการให้ข้อมูลด้วยการแจ้งเตือนจึงมีผลต่อเวลาในการ  
อพยพโดยตรง

### 2.9.7 การหาทางออก

การหาเส้นทางออกถือเป็นเรื่องที่มีความสำคัญกับจำนวนคนที่อพยพ โดย  
ส่วนมากจะมีปัญหาตามมามากมาย เมื่ออาคารมีทางออกหลายทาง ซึ่งการแก้ปัญหาในการหา  
ทางออก คือ การจัดทำเครื่องหมายบอกทิศทางของทางหนีไฟ ซึ่งมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยส่วน  
ใหญ่จะระบุไว้ด้วยเสมอ (Ozel, 1986) วิจัยเกี่ยวกับการหาทางออก กรณีอพยพหนีไฟ เมื่อมี  
เหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้ ความสามารถในการอพยพของแต่ละคนในการหาทางออกขึ้นอยู่กับ

ตำแหน่งที่ยืนอยู่ของคน โดยคนส่วนใหญ่จะพยายามนึกถึงทางออกหรือทางหนีไฟตามรูปแบบความคิดของตนเองที่พอนึกได้ และมีข้อกำหนดอื่นๆที่มีผลต่อการหาทางออก ได้แก่ ความสับสนของพื้นที่ตามลักษณะของอาคาร เครื่องหมายต่างๆ และการหาทางออกนั้นจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการอพยพกรณีที่มีพื้นที่ต่อจำนวนคนมีน้อยมาก และคนที่ไม่คุ้นเคยต่อเส้นทางการอพยพ การอพยพจะมีประสิทธิภาพที่ดีได้ เมื่อเส้นทางออกเป็นรูปแบบธรรมดา และทางออกเป็นจุดที่ปลอดภัยต่อผู้อพยพ ประสิทธิภาพในการหาทางออกจะลดลงหากมีความสับสนเพิ่มมากขึ้น (SFPE Handbook)

### 2.9.8 ความขัดแย้งของเส้นทางที่บรรจบกัน

เส้นทางอพยพคน เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้นั้นเปรียบได้กับการไหลของน้ำที่ไหลต่อเนื่องกันของ 2 เส้นทางมาบรรจบกันของแต่ละเส้นทางความสามารถในการรองรับการอพยพคนในพื้นที่นั้นได้ (MacLennan, 1986) สังเกตการเคลื่อนย้ายจากการจำลองการอพยพได้ว่า เมื่อเส้นทางหนึ่งหยุดเคลื่อนย้าย ในขณะที่อีกเส้นทางหนึ่งเข้ามาบรรจบกัน การที่เข้ามาบรรจบกันนี้เองจะมีผลอย่างมาก เมื่อจำนวนคนที่มามากจนทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ ซึ่งเป็นเรื่องปกติเมื่อเกิดการเข้ามาบรรจบกันของเส้นทาง โดยสามารถสรุปได้ว่า 30 - 50 % บริเวณนั้นไคนั้นความเร็วของการเคลื่อนที่จะลดลง

### 2.9.9 ประสิทธิภาพของความกว้าง

การเคลื่อนที่ของคนไปสู่ทางออกของอาคารที่เกี่ยวข้องกับส่วนอื่นๆ เช่น ผนัง การเคลียร์พื้นที่จึงจำเป็นกับการรักษาสมดุลในการเคลื่อนย้าย การอธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนเกิดขึ้น เมื่อความกว้างมีผลกระทบต่ออพยพเคลื่อนย้าย ผลกระทบของความกว้างและระดับขั้นของส่วนประกอบ (Pauls and Fruin, 2000) และ (Habicht & Braaksma) ซึ่งความกว้างของพื้นที่ว่างจะกำหนดจาก

- 1) จากผนังด้านหนึ่งไปถึงอีกด้านหนึ่งของทางเดิน
- 2) ความกว้างของขั้นบันได

3) ความกว้างของทางเดินจริงของประตูทางออก

4) พื้นที่ระหว่างแถวที่นั่งกับส่วนอื่นๆที่จัดไว้

5) พื้นที่ระหว่างที่นั่งในแถวที่จัดไว้

#### 2.9.10 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นเป็นการกำหนดพื้นที่ตามเส้นทางรอคอยต่อจำนวน คน 1 คน การคำนวณจะกำหนดเป็น 1 คนต่อ 1 ตารางฟุต หากไม่มีข้อมูลอื่นๆเข้ามาสนับสนุนพื้นที่ต่อคน ของทางออกจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ให้บริการทั้งหมด ซึ่งจะไม่มีกำหนดข้อจำกัดของเส้นทางรอคอย ในทางตรงกันข้ามถ้าจำนวนผู้รอคอยไม่สมดุลกับพื้นที่การคำนวณจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลา

#### 2.9.11 การเคลื่อนที่ไปของคน

การเคลื่อนที่จะคำนวณจากการที่คนรอคอยผ่านจุดต่างๆ เพื่อไปสู่ทางออก ต่อพื้นที่ของเวลาต่อความกว้าง ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ไปของคนกับพื้นที่ต่อคน

#### 2.9.12 การเปลี่ยนแปลงของเส้นทาง

การเคลื่อนที่ไปสู่ทางออกจากจุดที่อยู่เดิม เป็นไปตามลักษณะเส้นทางที่เปลี่ยนแปลงไป หรือ ตามเส้นทางที่มารวมกัน รวมถึง จุดที่ไปสู่ทางออก กว้างขึ้น หรือ แคบลง จุดที่ทางเดินไปเชื่อมต่อกับบันได ซึ่งจะกลายเป็นการเคลื่อนย้ายด้วยความเร็วที่ต่างกัน และ จุดที่ทางออกมีจำนวนทางออก 2 - 3 ทางมาบรรจบเชื่อมกันพอดี ซึ่งจะมีคนจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำกฎเกณฑ์มาใช้กับการเปลี่ยนแปลงไปของสภาพเส้นทางสู่ทางออก ดังนี้

1) การเคลื่อนที่จากจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามข้อกำหนด และข้อจำกัด

ที่มี

2) การคำนวณการเคลื่อนที่ไป ในจุดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคนสูงสุด ตามเส้นทางที่มาบรรจบเชื่อมกัน

3) ภายในข้อจำกัดที่ 2 การหาค่าการเคลื่อนที่ไป จากเส้นทางที่แยกจากจุดการเปลี่ยนแปลงจะเป็นไปตามกรณีต่อไปนี้

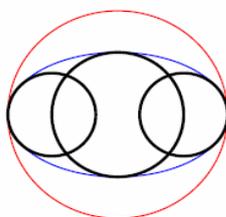
ก. กรณีที่ทางเส้นหนึ่งไปบรรจบกับอีกเส้นทางหนึ่ง

ข. กรณีที่ 2 เส้นทางมาบรรจบกับอีกเส้นทางหนึ่ง

ค. กรณีการบรรจบกันในรูปแบบอื่นๆ ที่มีรูปแบบความสัมพันธ์แบบทั่วไป

#### 2.10 ทฤษฎีพื้นฐานโปรแกรม FDS+ Evac

การคำนวณเส้นทางหนีไฟที่ได้จากโปรแกรม FDS+Evac นั้นเป็นการพัฒนารวมเข้าด้วยกันระหว่างโปรแกรมจำลองการเกิดเพลิงไหม้ Fire Dynamics Simulation (FDS) ซึ่งพัฒนาโดยสถาบัน National of Standards and Technology (NIST) และรูปแบบการจำลองการอพยพ ซึ่งพัฒนาโดย VTT Technical Research Centre of Finland เรียกว่า “FDS+Evac” ซึ่งวิธีการนี้สามารถให้คนที่อพยพมีกลยุทธ์ในการหนีไฟเป็นของตนเอง รูปแบบการจำลองการเคลื่อนที่ของคนเป็นการเคลื่อนที่แบบซ้อน แบบ 2 มิติ Geometry แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมซ้อนกัน 3 วง ดังภาพที่ 13 ส่วนการวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของคนในแต่ละประเภท สามารถแสดงดังตารางที่ 5



ภาพที่ 13 รูปร่างของร่างกายมนุษย์การเคลื่อนที่แบบซ้อนแบบ 2 มิติ Geometry แทนด้วยการซ้อนกันของวงกลม

ที่มา: Korhonen and Hostikka (2007)

**ตารางที่ 6** ความเร็วในการเดินของคน โดยไม่มีการกีดขวางเปรียบกับขนาดของร่างกายในรูปแบบของโปรแกรม FDS+Evac

Body Type	Rd (m)	Rt / Rd (-)	Rs / Rd (-)	Ds / Rd	Speed (m/s)
Adult	0.225 ± 0.035	0.5882	0.3725	0.6275	1.25 ± 0.30
Male	0.270 ± 0.020	0.5926	0.3704	0.6296	1.35 ± 0.20
Female	0.240 ± 0.020	0.5833	0.3750	0.6250	1.15 ± 0.20
Child	0.210 ± 0.015	0.5714	0.3333	0.6667	0.90 ± 0.30
Elderly	0.250 ± 0.020	0.6000	0.3600	0.6400	0.80 ± 0.30

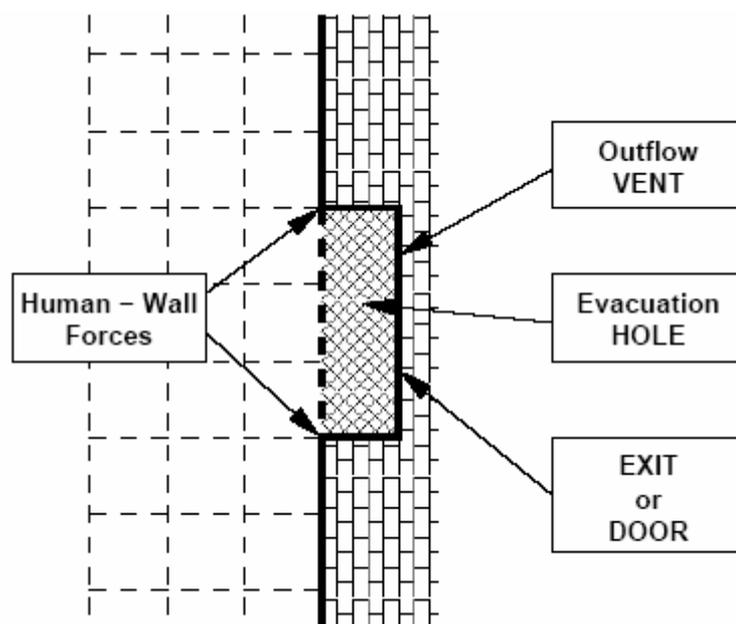
**ที่มา:** Korhonen and Hostikka (2007)

ขั้นตอนการจำลองรูปแบบการอพยพนั้นมีการพัฒนาโดยสถาบัน VTT ซึ่งโปรแกรม FDS+Evac เป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานบน Single Computer Mode หรืออื่นๆได้ แต่รูปแบบของควัน หรือ แก๊สพิษ ต้องใช้ Multiple Processor ดังนั้น จึงต้องพิจารณาว่าเมื่อไหร่ที่ต้องใช้การประมวลผลการอพยพด้วย Single Processor หรือ Multiple Processor โดยรูปแบบการจำลองการอพยพ โดยโปรแกรม FDS+Evac นั้นสามารถที่จะค้นหาได้ผ่านเว็บไซต์ <http://www.fds-smv.net/> ซึ่งสามารถที่จะทำการ Download โปรแกรมเวอร์ชันล่าสุดของโปรแกรม FDS-Smoke view ได้ที่ <http://www.vtt.fi/fdsevac> ซึ่งในเว็บไซต์มีวิธีการใช้งาน การอ้างอิงด้านเทคนิค และตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม FDS+Evac รายละเอียดดัง ภาคผนวก ก

### 2.8.1 ซึ่ดความสามารถของโปรแกรม FDS+ Evac

การจัดทำสิ่งที่สามารถคำนวณของโปรแกรม FDS+Evac ในตอนนี้ คือ อาคารที่มีรูปแบบของอาคารในแนวนอน เช่น อาคารกีฬา อาคารที่มีที่นั่ง (Stand) อาคารการแสดงดนตรี เป็นต้น แต่ยังไม่สามารถที่จะใช้ Flow ร่วมกับอาคารที่มีรูปแบบส่วนประกอบของบันไดได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น โปรแกรม FDS+ Evac จึงยังไม่เหมาะกับรูปแบบของอาคารสูง โดยในการคำนวณการอพยพจำเป็นต้องมี 2D Evacuation Meshes ซึ่งไม่ควรที่จะมีความละเอียดมากจนเกินไป เนื่องจากจะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ Flow ได้ในระหว่างที่มีการประมวลผลของการอพยพ ซึ่งปกติแล้วขนาดของ Meshes Cell จะมีขนาดประมาณ 0.25 เมตรหรือมากกว่า โดยประตูหรือทางออกควร

ทำให้อยู่ในกำแพงเล็กน้อย ดังภาพที่ 14 โดยการทำให้เป็นรูภายในกำแพง ซึ่งขนาดของทางออกจะขึ้นอยู่กับ Mesh Resolution



ภาพที่ 14 การสร้างทางออก หรือ ประตู

ที่มา: Korhonen and Hostikka (2007)

โปรแกรม FDS+ Evac จะจำกัดจำนวนคนใน Main Evacuation Meshes ซึ่งหากคนเกินจำนวนที่จำกัดจะแสดงข้อความ Error เช่น กรณีมีคนจำนวน 1,000 คน พยายามที่จะเข้าไปในทางออกหรือประตู ซึ่งโดยปกติแล้วใน Main Evacuation Meshes จะคลุมทั้งชั้นของอาคาร ซึ่งอาจจะมีจำนวนประตูหรือทางออกหลายทางได้ตามจำนวนชั้น ซึ่งจะมีข้อจำกัดก็คือขนาด Memory ของเครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสามารถที่จะจำลองเหตุการณ์ใหม่ร่วมกับการจำลองการอพยพได้พร้อมกัน ซึ่งปริมาณควัน หรือแก๊ส จะมีผลต่อการเคลื่อนที่และการตัดสินใจเคลื่อนที่หรืออพยพของคน โดยความหนาแน่นของควันหรือแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้สามารถทำให้ความเร็วการเดินของคนลดลง และจะส่งผลกระทบต่อตัดสินใจในการเลือกเส้นทางออก เมื่อเกิดการอพยพ คนเรามักมีทางเลือกในการหาทางออกได้แตกต่างกันจึงต้องมีการจำลองวิธีการหาทางออกเพื่อดูความหลากหลาย ดังนั้น จึงต้องคำนวณการหาทางออกหลายๆ ครั้งต่อการจำลองเพลิงไหม้ 1 ครั้ง

## 2.8.2 พื้นฐานโปรแกรม FDS+Evac

รายละเอียดข้อมูลของโปรแกรม Fire Dynamic Simulation (FDS) นั้นใน ส่วนของรายละเอียดของโปรแกรมนั้นจะประกอบไปด้วย ชื่อโปรแกรม และเวอร์ชัน โดยชื่อของ โปรแกรมการเกิดไฟ คือ NIST Fire Dynamic Simulation หรือเรียกสั้นๆว่า FDS โดยเป็นโปรแกรม Futon 90 โดยจะใช้ในการแก้สมการ Fluid Dynamic และมีโปรแกรม Smoke view ซึ่งเป็น โปรแกรมที่คล้ายคลึงกันซึ่งเขียนมาจากภาษา C/open GL ซึ่งจะแสดงผลออกมาในลักษณะเป็นภาพ Animation

ส่วนโปรแกรมจำลองการอพยพที่พัฒนาโดย VTT และเมื่อนำรวมเข้า ด้วยกันกับ FDS Module จึงกลายมาเป็น โปรแกรม FDS +Evac โดยที่การคำนวณการอพยพของ โปรแกรมใน เวอร์ชันปัจจุบัน คือ FDS 5.0.0 ซึ่งชนิดของโปรแกรม (Model Type) โปรแกรม FDS+ Evac เป็นการจำลองแบบมีการรวมกันระหว่างการประมวลผลแบบ Agen - Based egress และแบบ Computational Fluid Dynamics (CFD) โดยข้อมูลที่ใส่ใน Input Data ที่จำเป็นในการ ทำงานของโปรแกรม FDS+Evac นั้นค่า Input Data Parameter ต่างๆที่จำเป็นในการสั่งให้ โปรแกรม FDS+Evac ทำงาน คือ ข้อมูลในรูปแบบของ Text Files ซึ่งจะคล้ายกับข้อมูลของ โปรแกรม FDS

ส่วนของผลลัพธ์ของการประมวลผลของโปรแกรม FDS+Evac สามารถ คำนวณค่า ตำแหน่ง ความเร็ว และปริมาตรของควัน แก๊สพิษ และสามารถเห็นการเคลื่อนที่ของ คนแต่ละคนได้ โดยใช้โปรแกรม Smoke view แม้ว่าโปรแกรม FDS+Evac จะสามารถทำงานหรือ ประมวลผลได้ในทุกเหตุการณ์แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในส่วนของค่า ดังนี้

ก. Geometry: โปรแกรม FDS สามารถทำงานได้ดี หากเป็นแบบ Rectilinear numerical Grid แต่จะมีข้อจำกัดหากเป็นแบบ Rectangular Grid ซึ่งในการจัดทำแบบจำลองนี้ใช้ Rectilinear numerical Grid

ข Reduced Visibility: ค่าความเข้มข้นของควัน และก๊าซพิษต่างๆที่เกิดจาก การเผาไหม้สามารถคำนวณได้โดยโปรแกรม FDS จะถูกใช้งาน เพื่อลดความเร็วในการเคลื่อนที่ ของคนในแบบจำลอง

ค. Incapacitation: โปรแกรมความเสียหายซึ่งใช้แนวคิดของ FED

ง. Exit Route Selection: การควบคุมจำนวนทางออกหรือประตู จำนวนมาก หรือน้อยสามารถทำให้เกิดการใช้งานที่แตกต่างกันไป

จ. Detection and Reaction Time: เวลาก่อนการอพยพจะถูกกำหนดโดย User Input ซึ่งจะต้องใช้การกระจายเวลาในการตรวจสอบและวิจัย

ฉ. Application: โปรแกรม FDS+Evac ในเวอร์ชันปัจจุบันจะยังไม่นำเรื่องของลิฟต์เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น สถานที่แสดงคนตรี และสนามกีฬาอาจจะทำให้สามารถจำลองได้ยาก เนื่องจากข้อจำกัดจาก Rectangular Computational Mesh

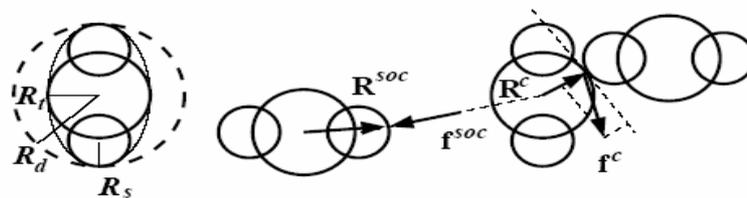
### 2.8.3 ทฤษฎีพื้นฐานการอพยพของโปรแกรม

จุดเริ่มต้นของรูปแบบการคำนวณการเคลื่อนที่ของคนในโปรแกรม FDS+Evac ซึ่งการปรับเปลี่ยนสัญลักษณ์ของคนจาก 1 วงกลมเป็น 3 วงกลม โดยการเคลื่อนที่ของคนในโปรแกรม FDS+Evac ใช้กฎของ Machanic เพื่อติดตามทิศทางไปของคน (Langton, 2006 and Korhonen, 2007) โดยใช้การคำนวณโดยรูปร่างของคนในโปรแกรม FDS+Evac จะคล้ายคลึงกับใน Simplex Mass Egress แสดงดังภาพที่ 15

(คน - คน) คนเดียว

คนใน Social

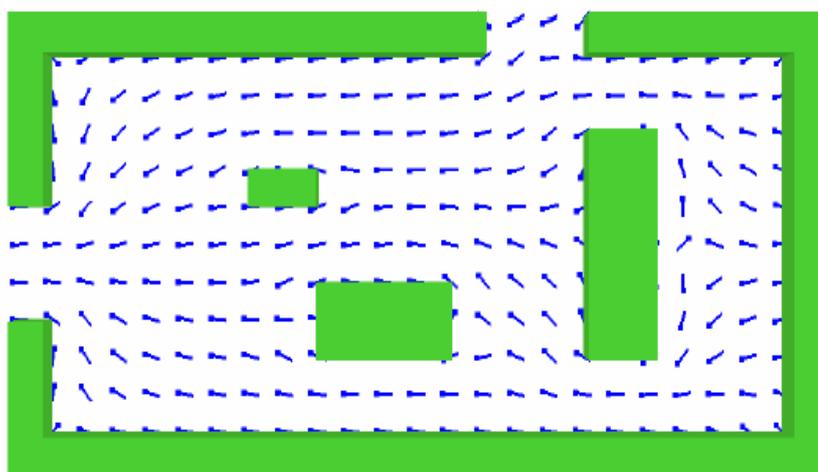
คน 2 คน



ภาพที่ 15 อธิบายขนาดของคนใน Radial Vectors แต่ละแบบ

ที่มา: Korhonen and Hostikka (2007)

โดยโปรแกรม FDS + Evac คนจะถูกนำทางไปยังประตูทางออกโดยสนามทางเดินเป็นทิศทางแบบ Vector ดังภาพที่ 17 โดยการกำหนดทางออกเดี่ยวให้เป็นเหมือนพัดลมจึงเหมาะกับการกำหนดทิศทางออกตามที่กำหนดไว้ ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่วิธีที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดแต่ก็ใกล้เคียง เพราะจะสามารถนำคนไปในทิศทางที่ถูกต้อง ไม่นำคนไปสู่ทิศทางที่แคบกว่า ซึ่งจะทำให้เกิดการติดขัดและถึงแม้เป็นในสถานที่ใหญ่ๆ อย่าง เช่น สนามกีฬา ก็ไม่สามารถเคลื่อนที่ออกนอกนอกทิศทางที่คนส่วนใหญ่เคลื่อนที่มุ่งไปได้อยู่แล้ว ซึ่งสัญลักษณ์แทนคนที่เป็นวงกลม 3 วง ถูกใช้ในการทดลองเพื่อให้ได้รูปแบบการเคลื่อนที่คล้ายจริงมากที่สุด



ภาพที่ 16 สนามการไหล 2 มิติ ในการนำคนไปสู่ทางออก

ที่มา: Korhonen and Hostikka (2007)

#### 2.8.4 เพลิงและปฏิกิริยาของคน

เพลิงมีอิทธิพลต่อการสภาวะการอพยพ อาจทำให้คนเราได้รับอันตราย หรือหากเป็นกรณีที่เหตุการณ์ร้ายแรงอาจทำให้เกิดการปิดกั้นทางออกหลัก และอีกนัยหนึ่งก็สามารถที่จะมองได้ว่าคนอาจมีอิทธิพลต่อเพลิง เช่นกัน โดยการเปิดประตูหรือการใช้อุปกรณ์ดับเพลิง ซึ่งในปัจจุบันผลกระทบของควันที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่ของคน และความเป็นพิษของควันมีผลในการคำนวณการเคลื่อนที่ของโปรแกรม FDS+Evac ความหนาแน่นของควันจะมีผลต่อการการมองเห็นประตูทางออก

$$FED_{tot} = FED_{co} \times HV_{co_2} + FED_{o_2} \quad (11)$$

โดยที่

$FED_{tot}$  คือ Toxic Effect ของก๊าซที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดเหตุเพลิงไหม้ทั้งหมด

$FED_{co}$  คือ Toxic Effect ของที่ CO เกิดขึ้นหลังจากเกิดเหตุเพลิงไหม้

$FED_{o_2}$  คือ Toxic Effect ของที่ O<sub>2</sub> เกิดขึ้นหลังจากเกิดเหตุเพลิงไหม้

$HV_{co_2}$  คือ ค่า Hyperventilation Factor ของ CO<sub>2</sub>

Toxic Effect ของก๊าซที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดเหตุเพลิงไหม้นั้นจากแนวคิดของ Puser's Fractional Effect Dose (FED) โดยโปรแกรม FDS+Evac ในเวอร์ชันปัจจุบันนั้นใช้เพียงความเข้มข้นของ CO, CO<sub>2</sub> และ O<sub>2</sub> ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 11 โดยทั้งนี้จะไม่รวมถึงผลกระทบจาก HCN CO<sub>2</sub> ซึ่งมีความเข้มข้นน้อยจนไม่น่าจะเกิดอันตราย สัดส่วนของปริมาณที่ทำให้เกิดอันตรายจาก CO สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 12 ส่วน O<sub>2</sub> สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 13

$$FED_{co} = 4.60 * 10^{-7} (C_o)^{1.036} t \quad (12)$$

$$FED_{o_2} = \frac{t}{60 \exp [8.13 - 0.54 (20.9 - CO_2)]} \quad (13)$$

คนอพยพจะถูกพิจารณาได้ว่าได้รับอันตราย เมื่อมีค่า FES สูงกว่าค่าโดยรวม โดยคนที่ได้รับอันตรายจะถูกพิจารณาให้ความเร็วในการเคลื่อนที่เป็นศูนย์ ขนาดร่างกายไม่เปลี่ยนแปลง

### 2.8.5 การเลือกทางออก

โปรแกรม FDS+Evac คนอพยพแต่ละคนจะสังเกตสถานที่ และอากัปกริยาของผู้อพยพอื่น เพื่อประเมินการหาทางออกที่เร็วที่สุดระยะเวลาในการอพยพโดยการประเมินจะประกอบด้วยระยะเวลาในการเดินรวมกับการต่อแถว โดยเวลาในการเดินหาได้จากระยะทางในการเดินทางด้วยความเร็วในการเดิน เวลาในการต่อแถวหาได้จากพฤติกรรมรวมกับสถานที่ของผู้อพยพ

อันรวมถึงยังสมมติให้ผู้อพยพสามารถเปลี่ยนเส้นทางได้หากพบทางออกที่ดีกว่า ความคุ้นเคยกับทางออกของคนอพยพแต่ละคนใน โปรแกรม FDS+Evac สามารถกำหนดได้โดยผู้ใช้โปรแกรม หรือจะให้โปรแกรมกำหนดให้เป็นแบบสุ่มก็ได้ วิธีหรือขั้นตอนการเลือกทางออกจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ทางออกที่แบ่งตาม Preference และทางออกที่ถูกเลือก โดยการลดเวลาในการอพยพโดยประมาณ โดยทางออกที่เราคุ้นเคยเราจะรู้สึกว่ามีอันตรายน้อย ซึ่งเป็นสาเหตุทางด้านจิตวิทยา และตัวผู้อพยพก็มักจะชอบทางออกที่คุ้นเคยถึงแม้จะใช้เวลาในการเดินทางนาน เพราะเหตุผลนี้การฝึกซ้อมเหตุการณ์ฉุกเฉินจึงต้องมีการใช้ทางหนีไฟ

### 2.8.6 กลุ่มคน / ผุ้จน

ผุ้จนประกอบด้วยคนกลุ่มเล็กๆ ตัวอย่างเช่น ครอบครัว ซึ่งกลุ่มคนเหล่านี้มักจะทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยกัน โดยพฤติกรรมเหล่านี้ก็สามารถที่จะนำมาใช้ในการคำนวณของโปรแกรม FDS+Evac ด้วยเช่นกัน (Helbing, 1995) ได้แบ่งการกระทำของกลุ่มคนเป็น 2 ขั้นตอนคือ

- 1) ขั้นตอนการรวมตัวคนแต่ละคนจะเดินเข้าหากันเพื่อรวมกลุ่ม
- 2) ขั้นตอนการออกไปสู่พื้นที่ด้านนอก โดยกลุ่มคนจะออกสู่พื้นที่ด้านนอกไปยังทางออกที่ได้เลือกไว้แล้วพร้อมกันซึ่งทั้ง 2 ขั้นตอนนี้ในโปรแกรมจะเริ่มจากการที่แต่ละคนจะพยายามเดินมาอยู่ตรงกลางให้อยู่ในระยะจุดศูนย์กลางอยู่ห่างจากแต่ละคนในระยะที่ใกล้กัน เมื่อนั้นจึงถือว่าขั้นนี้สมบูรณ์ จากนั้นจึงเริ่มเดินไปสู่ทางออกในระหว่างการเดินทางทุกๆคนในกลุ่มก็พยายามอยู่รวมกัน ซึ่งมีผลต่อความเร็วในการเดินและเพิ่มแรงในการมุ่งไปสู่จุดหมาย

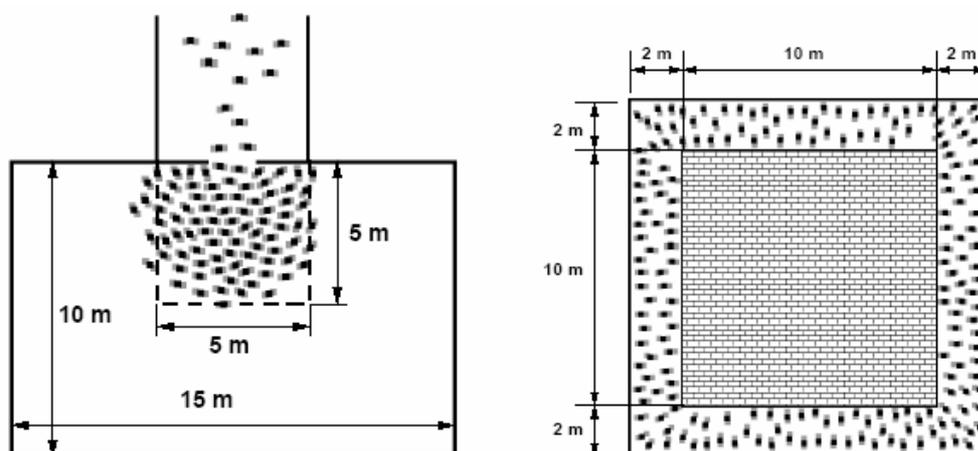
### 2.8.7 การคำนวณการเคลื่อนที่ของคน

สมการการเคลื่อนที่และตำแหน่งของการหมุนของการเคลื่อนที่ สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ความเร็วที่ปรับแล้ว ซึ่งลำดับขั้นเวลาที่ใช้ในคำสั่ง โดยจะถูกปรับค่าในการจำลองโดยแรงที่สูงสุดที่กระทำต่อคน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.001 วินาที และ 0.00001 วินาที ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบคำสั่งของประตูทางออก เวลาที่ใช้ในการอพยพโดยประมาณของโปรแกรม FDS+Evac ในเวอร์ชันปัจจุบันทำโดยการหารระยะทางที่ไปสู่ประตูด้วยความเร็วในการเดินที่ไม่มีสิ่ง

ก็คืขวง ในการคำนวณทำตลอดเส้นทางอพยพและประมาณระยะเวลาที่ใช้ในการรอดแหวที่บริเวณ ดั้หน้าประตู ส่วนความหนาแน่นของควันหรือควันพิษ สามารถคำนวณได้โดย FDS5 Fire Simulation โดยที่ผู้ใช้งานใส่ Input เป็นเวลาของการตรวจจับและเวลาในการตอบสนองสำหรับคนที่กำลังอพยพ ความหนาแน่นของควันหรือก๊าซพิษนั้นั้มีผลต่อรูปแบบคำสั่งในการเลือกประตู ทางออก

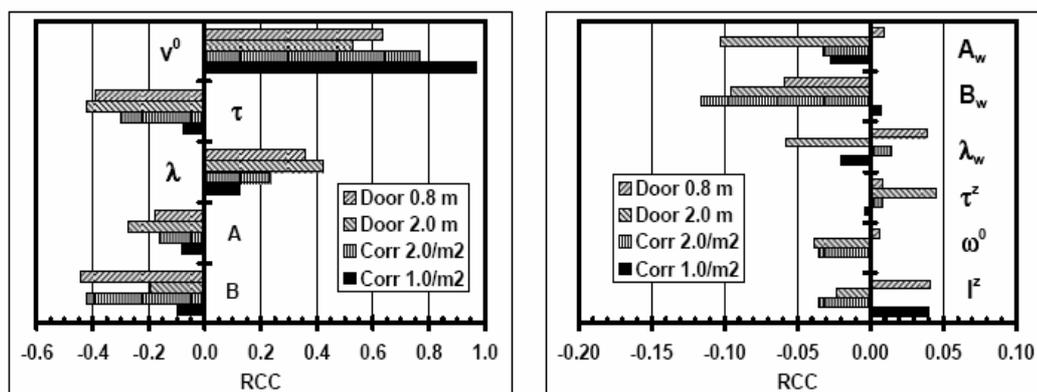
### 2.8.8 ความอ่อนไหวของ โปรแกรม FDS+Evac

ผลกระทบของค่า Input Parameter ที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อ Output โดยเฉพาะ Flow ที่ผ่านประตู Corridor และบันไดจะถูกตรวจสอบ เพราะส่วนต่าง ๆ นี้้ก็มีลักษณะ เป็นคอขวดเมื่อมีการวางสิ่งของภายในอาคาร โดยความอ่อนไหวของ Grid โปรแกรม FDS+Evac ที่ ใช้ Computational Grid โดย Grid จะถูกใช้ในการระบุเรขาคณิตของการคำนวณ ความอ่อนไหวที่ เห็นเด่นชัดคือ แก่ปัญหาของอุปสรรค เช่น ประตู ซึ่งได้แก่ Grid resolution ส่วนอื่น ๆ ก็คือทำ อย่างไรให้ Grid resolution เปลี่ยนสนามทิศทางการเคลื่อนที่อพยพซึ่งใช้ในการนำทางให้ผู้คนไปสู่ ประตูทางออก



ภาพที่ 17 การทดสอบทางเรขาคณิตถูกใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่ผ่านประตูและบันได  
ที่มา: Korhonen and Hostikka (2007)

ความแม่นยำในการคำนวณผลของ FDS นั้นจะขึ้นอยู่กับ FDS Grid Resolution โดยทั่วไปแล้วขนาดของ Grid จะเท่ากับหรือน้อยกว่าขนาดของร่างกายมนุษย์ ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องในการอพยพที่เพียงพอ



ภาพที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์สัมพัทธ์ การจัดอันดับ (RCC) สำหรับการเคลื่อนที่ผ่านประตูและบันได โดยที่ประตูกว้าง 0.8 เมตรและ 2.0 เมตร และความหนาแน่นของคน 1.0 คน/ตารางเมตร และ 2.0 คน / ตารางเมตร

ที่มา: Korhonen and Hostikka (2007)

### 2.8.9 ความอ่อนไหวของ Human Parameter

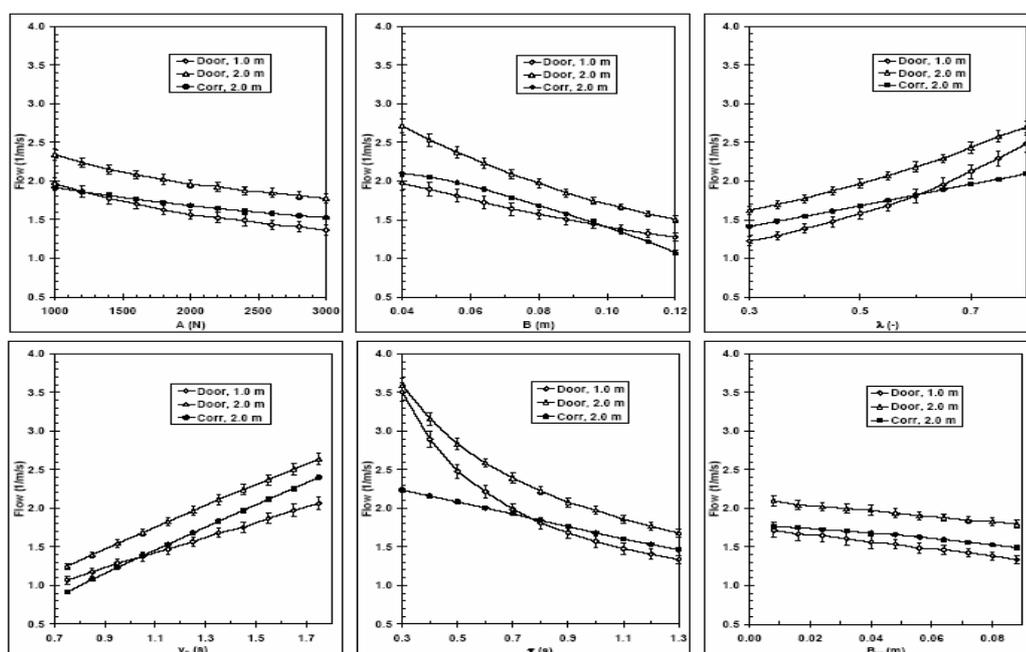
รูปแบบการเคลื่อนที่ของมนุษย์ในโปรแกรม FDS+Evac มี Parameter มากมาย บางส่วนเกี่ยวข้องกับการอธิบายมนุษย์ในทางกายภาพ เช่น ขนาดร่างกาย มวล บางส่วนที่เกี่ยวข้องกับความเร็วในการเคลื่อนที่ Social force, Contact force เพื่อทดสอบว่า Parameter ใดมีผลกระทบต่อมนุษย์มากที่สุดได้มีการจำลองใน 2 รูปแบบ คือ

- 1) ใช้การศึกษา Flow ของมนุษย์ผ่านประตูแคบหรือกว้าง
- 2) ใช้การศึกษา Flow ใน Corridor โดยใช้ความหนาแน่น 1.0 และ 2.0 คน/

ตารางเมตร

การคำนวณ Flow บริเวณประตู จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น และขนาดประตู เช่นการกำหนดประตู กว้าง 1.0 เมตร และ 2.0 เมตร เป็นตัวแทนของประตูที่แคบกว่า Flow บริเวณ Corridor จะคำนวณจากความหนาแน่นของคน 2.0 คน/ตารางเมตร เพราะเป็นค่าที่รู้กันว่าเป็นค่าที่สูงที่สุด ผลที่ได้จากค่าเหล่านี้ในการจำลอง 20,000 ครั้งแสดงไว้ดังภาพที่ 19 โดย 1 จุดหมายถึง ค่าเฉลี่ยของ 100 การจำลอง และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงไว้เป็น Error bar

ค่า Parameter แต่ละตัวดังภาพที่ 20 จะมีผลต่อความเร็วหรือช้า การเพิ่มหรือลด ในการอพยพขนาดของประตู และบันได



ภาพที่ 19 ผลกระทบของค่า Parameter ต่างๆที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ผ่านทางประตูและบันได โดย บันไดมีขนาด 2.0 คน/ตารางเมตร และประตูกว้าง 1.0 เมตร และ 2.0 เมตร

ที่มา: Korhonen and Hostikka (2007)

### 2.8.10 จำนวนทางออกหรือประตู (Numerical Evacuation Meshes)

ทางออกหรือประตูในการอพยพจะแยกจากกัน โดยในการคำนวณนั้นจะทำแยกกันหรือจะทำพร้อมกันก็ได้ โดยเส้นทางอพยพ (Evacuation mesh line) จะมี Keyword คือ EVACUATION=.TRUE และมี Default เป็น .FALSE แต่ถ้าเป็นเส้นทางหนีไฟ (Fire Mesh) จะไม่ต้องมี Keyword ที่ใช้

EVACUATION ก็ได้ Keyword ทั้งหมดนั้นหากไม่มีทางออกในการอพยพ (Evacuation Mesh) ทางออกหลักมี Keyword เป็น EVAC\_HUMANS=.TRUE แปลว่า Mesh นี้มีคนอยู่ด้วยทุก ๆ Evacuation Mesh ควรมีชื่อ ซึ่งสามารถมีได้มากที่สุด 26 ตัวอักษร แต่ละชื่อห้ามซ้ำกัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

ระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เสริมประกอบ ในการศึกษาวิจัยมีดังนี้

1. คอมพิวเตอร์ CPU 3.0 GB ขนาดความจุของ Hard Disk ขนาด 80 GB หน่วยความจำ RAM 512 MB ขึ้นไป

2. โปรแกรม FDS+Evac

2.1 โปรแกรม FDS 5.0.0-SMV 5.0.1

2.2 โปรแกรม fds406evac100b

### วิธีการ

#### 1. ขั้นตอนการวิจัย

1.1 กำหนดปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แนวโน้มการก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัยในปัจจุบัน กฎหมาย มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอพยพ

1.2 ศึกษาการออกแบบผังอาคารชุดพักอาศัย โครงสร้างของอาคารอยู่อาศัยหรืออาคารชุดขนาดกลางที่มีการก่อสร้างในปัจจุบัน เพื่อจัดทำแบบจำลอง

1.3 ศึกษารายละเอียดการใช้งานโปรแกรม FDS+Evac

1.4 เขียนคำสั่ง Input Files ของแบบจำลองอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง โปรแกรม FDS+ Evac เป็นภาษา C/DOS ในรูปแบบ Text Files

1.5 ประมวลผลการจำลองอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง โดยโปรแกรม FDS+ Evac ตามข้อกำหนดของการออกแบบผังอาคารและสภาพการณ์ต่างๆในการอพยพ

1.6 สรุปผลการศึกษาวิเคราะห์และวิจารณ์ผล

## 2. รายละเอียดการวิจัย

การศึกษารอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัยโดยใช้โปรแกรม FDS+Evac กรณีการจำลองเหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้ขึ้นผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการในการวิจัย ซึ่งสามารถแบ่งเป็นลำดับขั้นตอนในการวิจัยได้ดังนี้

### 2.1 ศึกษาข้อกำหนด กฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับอาคารชุดพักอาศัย

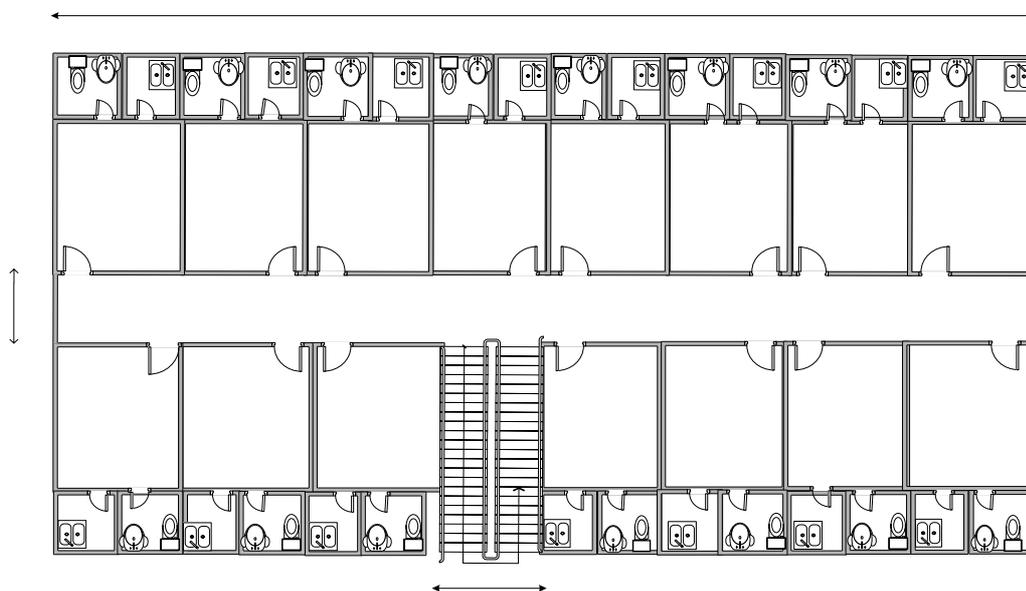
การออกแบบก่อสร้างอาคารต่างๆ กฎหมาย ข้อกำหนด ต่างๆ นั้นเป็นสิ่งที่นักออกแบบสถาปนิก วิศวกร ต้องปฏิบัติตาม โดยกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบก่อสร้างในประเทศไทย นั้นมีอยู่หลายฉบับด้วยกันแต่ที่เป็นกฎหมายหลักนั้นก็ ได้แก่ กฎกระทรวงฉบับต่างๆ โดยจะอยู่ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และ พ.ศ. 2535 ซึ่งจะกล่าวรวมถึงการตรวจสอบอาคารด้วย และการกำหนดเวลาในการอพยพคนออกจากอาคารนั้นจะระบุไว้ในประกาศกระทรวงมหาดไทย ส่วนมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบด้านการป้องกันอัคคีภัยนั้นจะอ้างอิงตามมาตรฐานสากล คือ มาตรฐาน NFPA (National Fire Protection Association) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นมาตรฐานขั้นต่ำที่เป็นที่ยอมรับและถูกนำไปใช้อ้างอิงมากที่สุดในปัจจุบัน โดยในมาตรฐาน NFPA ที่กล่าวถึงเรื่องของทางหนีเพลิง (Mean of Egress) นั้น คือ NFPA101, Life Safety Code โดยเนื้อหาจะครอบคลุมถึงเรื่องการออกแบบทางหนีไฟและองค์ประกอบทางหนีไฟ ส่วนกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารชุดพักอาศัยในปัจจุบันจะเป็นพระราชบัญญัติอาคารชุด พ.ศ. 2502 ส่วนมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงก็จะเป็นมาตรฐานอาคารชุด รายละเอียดตาม ภาคผนวก ข

## 2.2 ศึกษาลักษณะการออกแบบผังอาคารอาคารชุดพักอาศัยที่ใช้เป็นแบบจำลอง

การออกแบบอาคารชุดพักอาศัยนั้นได้มีการศึกษาถึงทฤษฎีการวางผังอาคารชุด ออกเป็น 10 แบบด้วยกัน โดยในการออกแบบผังอาคารในแต่ละแบบเพื่อใช้งานนั้นจะต้องคำนึงถึง องค์ประกอบในเรื่องของแนวโน้มค้ำพื้นที่ ระดับอาคาร การแบ่งพื้นที่ของอาคาร ซึ่งได้มีผู้ ค้นคว้าวิจัยแล้วพบว่าที่พักอาศัยที่มีระดับราคาสูงหรือต่ำ การวางผังอาคารจะต้องมีความเหมาะสม ด้วย โดยพื้นที่ที่มีแนวโน้มในการก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัยสูงในปัจจุบันจะมีความสัมพันธ์กับ แนวเส้นทางการคมนาคมที่สะดวก เช่น เส้นทางระบบขนส่งมวลชนระบบราง หรือแนวเส้นทาง รถไฟฟ้าต่างๆ โดยผังอาคารส่วนใหญ่เป็นแบบทางเดินอยู่ตรงกลาง (Center-Corridor Plan) โดย อาคารชุดพักอาศัยที่จัดทำแบบจำลองเป็นอาคารสูง 5 ชั้น การออกแบบผังอาคารเป็นแบบทางเดิน อยู่ตรงกลาง (Center-Corridor Plan) รายละเอียด ดังตารางที่ 6 และลักษณะของการวางผังอาคาร แสดงดังภาพที่ 20

### ตารางที่ 7 รายละเอียดส่วนประกอบอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง

องค์ประกอบของอาคาร	ขนาด (เมตร)
1. ความกว้างของอาคาร	15.5
2. ความยาวอาคาร	40
3. ความสูง / ชั้น	3
4. ประตูทางออกหลัก	3
5. ประตูหนีไฟ	1
6. ทางเดินร่วม	1.5
7. บันไดทั่วไป	1.5
8. บันไดหนีไฟ	1



ภาพที่ 20 แบบผังอาคารชุดพักอาศัย ทางเดินอยู่ตรงกลาง (Center - Corridor Plan)

จากข้อมูลองค์ประกอบอาคารชุดพักอาศัย ตารางที่ 6 สามารถคำนวณหาปริมาณความจุคนในพื้นที่ชั้นอาคาร (Gross Area Occupancy Load) จากสมการที่ 9

$$\text{Gross Area Occupancy Load} = \text{Gross Area} / \text{Occupancy Load Factor}$$

$$\text{Gross Area} = \text{พื้นที่ทั้งหมด} = 15.5 \times 40 = 620 \quad \text{ตารางเมตร}$$

$$\text{Use Factor} = (\text{Residential Use}) \text{ เลือกค่า Occupant load Factor จากตารางที่ 5 ได้เท่ากับ } 18.6$$

$$\text{ปริมาณความจุคนในพื้นที่ต่อชั้นอาคาร} = 620 / 18.6 = 33 \quad \text{คน ต่อ ชั้น}$$

ดังนั้น ปริมาณความจุคนในพื้นที่ชั้นอาคารทั้ง 5 ชั้น จะได้เท่ากับ 165 คน

2.3 ศึกษาโปรแกรมการจำลองด้านพลศาสตร์อัคคีภัยและการจำลองการอพยพ (FDS+Evac)

โปรแกรม FDS+Evac นั้นเป็นการรวมเข้าด้วยกันระหว่างโปรแกรมจำลองการเกิดเพลิงไหม้ (Fire Dynamics Simulation; FDS) ซึ่งพัฒนาโดยสถาบัน National of Standards and Technology (NIST) และรูปแบบการจำลองการอพยพ ซึ่งพัฒนาโดย VTT Technical Research Centre of Finland โดยเรียกว่า “FDS+Evac” รายละเอียดการติดตั้งและใช้งาน โปรแกรมแสดงดังภาคผนวก ก

#### 2.4 การกำหนดรูปแบบการจำลองการอพยพ

การจำลองการอพยพ โดยการกำหนดข้อมูลต่างที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลองการอพยพ มีดังนี้

1) ขนาดของอาคาร โดยส่วนประกอบอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง ที่จัดทำเป็นแบบจำลองนั้น ดังตารางที่ 6 มีการวางผังอาคารแบบทางเดินอยู่ตรงกลาง (Center - Corridor Plan) ซึ่งในการวางผังอาคารในลักษณะนี้นั้นมีข้อดีคือสามารถประหยัดโครงสร้างการก่อสร้าง (รุ่งรัตน์, 2549) ส่วนความสูงของอาคารอยู่ที่ 5 ชั้น สูง 15 เมตร ซึ่งยังไม่เข้าข่ายอาคารประเภทอาคารสูง โดยกำหนดพื้นที่ใช้สอยอาคารเป็นที่พักอาศัยต่อชั้นเท่ากับ 620 ตารางเมตร พื้นที่ทั้งอาคารเท่ากับ 4,000 ตารางเมตร โดยการกำหนดอาคารชุดพักอาศัยที่จำนวน 5 ชั้นในการจำลองนั้นเป็นความสูงขั้นต่ำตามที่มาตรฐานอาคารชุด ตามข้อกำหนดของการเคหะแห่งชาติกำหนด

2) จำนวนทางออก ในการกำหนดจำนวนทางออกของอาคารชุดพักอาศัย ตามแบบจำลองกำหนดให้มี 1 ทาง และ 2 ทาง โดยพิจารณาการออกแบบอาคารที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องไปตามกฎหมาย พรบ. ควบคุมอาคาร ฉบับที่ 33 พ.ศ. 2522 และมาตรฐานอาคารชุด ตามข้อกำหนดของการเคหะแห่งชาติ โดยกำหนดจำนวนผู้พักอาศัยต่อชั้น 50 หรือมากกว่าแต่ไม่เกิน 500 คน ต้องมีจำนวนทางหนีไฟ 2 ทาง

3) จำนวนผู้อพยพ ในการจำลองการอพยพนี้ ในการกำหนดจำนวนผู้อพยพในอาคารทั้งหมด 220 คน โดยในแต่ละห้องกำหนดให้เป็น ผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก ซึ่งจำนวนจะแตกต่างกันไปในแต่ละห้องตามลักษณะการอยู่อาศัย โดยลักษณะของการอยู่อาศัยภายในอาคารชุดนั้นจากที่ได้มีการศึกษาวิจัยพบว่าแบ่งออกเป็นการอยู่อาศัยแบบเพื่อร่วมห้องคิดเป็นร้อยละ 45.50 การอยู่อาศัยแบบครอบครัว ร้อยละ 22.50 และแบ่งจำนวนผู้ที่อาศัยภายในห้องจำนวน 2 คนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 54.25 จำนวนผู้พักอาศัย 3 คนร้อยละ 32.50 และจำนวนผู้พักอาศัยอื่นๆ ร้อยละ 13.25

(ชาญณรงค์, 2545) ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจะสามารถกำหนดจำนวนคนในแบบจำลองการอพยพในอาคารได้โดยประมาณดังนี้ คือ ผู้อยู่อาศัยจำนวน 2 ต่อห้องจำนวน 48 ห้อง ผู้อยู่อาศัยจำนวน 3 คนจำนวน 29 ห้อง และผู้ที่อยู่อาศัย 1 คนต่อห้อง จำนวน 13 ห้อง

4) เวลาในการอพยพ การกำหนดเกณฑ์เวลาในการอพยพที่ใช้ในการอพยพของคนภายในแบบจำลองการอพยพนี้ อ้างอิงตามกฎหมายประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องการป้องกันและระงับอัคคีภัยในสถานประกอบการ ข้อ 9 (1) โดยคนต้องอพยพออกจากอาคารได้ในเวลา 5 นาที ซึ่งเป็นเวลาการอพยพที่คนภายในอาคารสามารถอพยพหนีไฟออกจากอาคารได้โดยปลอดภัย โดยแบ่งเวลาการอพยพต้องไม่เกิน 4 นาที และจะต้องตรวจสอบค้นหาผู้ที่ติดค้างในอาคารให้ได้ภายในเวลา 1 นาที โดยพิจารณาจากการเกิดการลุกไหม้ของไฟซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ ด้วยกัน คือที่เวลา 1.50 นาที เชื้อเพลิงจะเริ่มจับไอก๊าซพิษ และควันไฟออกมาหลังจากนาที่ที่ 3 กลุ่มควันจะกดตัวต่ำลงมากกว่า 50 % ของพื้นที่ ซึ่งจะ使人ที่อยู่ในพื้นที่ขาดอากาศหายใจและได้รับอันตรายโดยสมองจะขาดออกซิเจนที่เวลา 4 นาทีและหลังจากนาที่ที่ 4 อุณหภูมิโดยรอบจะสูงมากกว่า 300 – 500 องศาเซลเซียส (กองบังคับการตำรวจดับเพลิง, 2549) และจากพื้นฐานการอพยพหนีไฟที่ต้องสามารถอพยพผู้คนให้ได้หมดก่อนที่ควันไฟจะมีปริมาณมากจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อคนอพยพ โดยปริมาณควันไฟที่มีผลต่อการอพยพหรือมีอันตรายคือ ควันที่สะสมตัวจนลอยตัวต่ำลงมากจนทำให้ผู้อพยพไม่สามารถมองเห็นเส้นทางอพยพโดยเวลาในการอพยพต้องน้อยกว่าเวลาที่ควันไฟลอยตัวต่ำลงมาได้ (มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยในประเทศไทยญี่ปุ่น, 2546)

โดยในการจำลองการอพยพได้กำหนดรูปแบบการอพยพ ออกเป็น 2 ส่วน ด้วยกัน ดังนี้

2.4.1 จำลองพฤติกรรมกรรมการอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในห้อง และการอพยพเคลื่อนย้ายของคนในอาคาร 1 ชั้น และ 2 ชั้น

2.4.2 จำลองการอพยพจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง ตามข้อกำหนดของการออกแบบอาคาร ตามการออกแบบผังอาคารแบบทางเดินอยู่ตรงกลาง (Center - Corridor Plan) สูง 5 ชั้น ตามสภาพการณ์ในการอพยพได้แก่สภาพการณ์ปกติและเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้น รายละเอียดของการจำลองมีดังนี้

1) ศึกษาการอพยพจากอาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น กำหนดทางออก 1 ทาง จำนวนคนอพยพทั้งสิ้น 220 คน โดยกำหนดจำนวนผู้อพยพเพิ่มเติมจากปริมาณความจุคนในพื้นที่ ชั้นอาคาร (Gross Area Occupancy Load) ที่คำนวณได้เท่ากับ 165 คน เพื่อให้เหมาะสมกับจำนวน ผู้ใช้อาคารมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เป็นผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก โดยกำหนดให้อยู่ในแต่ละห้อง ของแต่ละชั้น ซึ่งจำนวนและลักษณะของคนอพยพจะแตกต่างกันไป โดยการจำลองการอพยพใน สถานการณ์ปกติ และกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินเพลิงไหม้ โดยกำหนดจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้อยู่ที่ห้อง ในชั้นที่ 1 บริเวณที่เป็นมุมอับยากต่อการสังเกตเห็นของคนที่อยู่อาศัยในอาคาร

2) ศึกษาการอพยพคนจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดสูง 5 ชั้น กำหนด ทางออกจำนวน 2 ทางออก จำนวนคนอพยพตามข้อ 1 โดยจำลองการอพยพในสถานการณ์ปกติ และกรณีเกิดเพลิงไหม้ตำแหน่งจุดเกิดเพลิงไหม้ เช่นเดียวกับข้อ 1

## 2.5 การจัดทำแบบจำลองการอพยพจากโปรแกรม FDS+Evac

โดยจัดทำเป็นชุดคำสั่ง Input Files ในรูปของ Text Files มีรายละเอียดดังนี้ กำหนดโครงสร้างอาคาร แต่ละชั้น แบบเวกเตอร์ X, Y, Z ดังตัวอย่าง

### ตัวอย่าง ชุดคำสั่ง โครงสร้างอาคารชุดพักอาศัยชั้นที่ 1

```
===== 1st floor grid =====
&GRID IBAR=120, JBAR=120, KBAR=10 /
&PDIM XBAR0=0.0,XBAR=30.2, YBAR0=0.0,YBAR=12.0, ZBAR0=0.0,ZBAR=12.5 /
&GRID IBAR=115, JBAR=115, KBAR=1, EVACUATION=.TRUE., EVAC_HUMANS=.TRUE., ID =
'FF1stFloor' /
&PDIM XBAR0=0.0,XBAR=30.2, YBAR0=0.0,YBAR=12.0, ZBAR0=1.2,ZBAR=1.3 /
&GRID IBAR=115, JBAR=115, KBAR=1, EVACUATION=.TRUE., ID = 'IMainExit' /
&PDIM XBAR0=0.0,XBAR=30.2, YBAR0=0.0,YBAR=12.0, ZBAR0=1.20,ZBAR=1.30 /
&GRID IBAR=115, JBAR=115, KBAR=1, EVACUATION=.TRUE., ID = 'ISecoExit' /
```

2.5.1 กำหนดเวลาในการ Simulate โปรแกรม FDS+E vac ซึ่งการกำหนดเวลาในการ Simulate นั้นจะขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน โดยในการจัดทำแบบจำลองนี้กำหนด เวลาที่ 300 วินาที





---

&HOLE XB = 4.8, 5.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door buttom R#2  
&HOLE XB = 7.8, 8.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door buttom R#3  
&HOLE XB =10.8,11.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door buttom  
R#4  
&HOLE XB =19.8,20.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door buttom  
R#7  
&HOLE XB =22.8,23.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door buttom  
R#8  
&HOLE XB =25.8,26.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door buttom  
R#9  
&HOLE XB =28.8,29.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door buttom  
R#10  
&HOLE XB =30.2,30.2, 5.0, 6.5, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' /  
&HOLE XB = 0.3, 1.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door Top R#1  
&HOLE XB = 3.3, 4.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door Top R#2  
&HOLE XB = 6.3, 7.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door Top R#3  
&HOLE XB = 9.3,10.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door Top R#4  
&HOLE XB =18.3,19.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door Top R#5  
&HOLE XB =21.3,22.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door Top R#6  
&HOLE XB =24.3,25.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door Top R#7  
&HOLE XB =27.3,28.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='FF1stFloor' / Door Top R#8  
&HOLE XB = 1.8, 2.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1MainExit' /  
&HOLE XB = 4.8, 5.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1MainExit' /  
&HOLE XB = 7.8, 8.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1MainExit' /  
&HOLE XB =10.8,11.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1MainExit' /  
&HOLE XB =19.8,20.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1SecoExit' /  
&HOLE XB =22.8,23.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1SecoExit' /  
&HOLE XB =25.8,26.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1SecoExit' /  
&HOLE XB =28.8,29.7, 4.8, 5.0, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1SecoExit' /  
&HOLE XB =30.2,30.2, 5.0, 6.5, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='OUT1' /  
&HOLE XB = 0.3, 1.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1MainExit' /  
&HOLE XB = 3.3, 4.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1MainExit' /  
&HOLE XB = 6.3, 7.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1MainExit' /  
&HOLE XB = 9.3,10.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH\_ID='1MainExit' /

---

---

```
&HOLE XB =18.3,19.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH_ID='1SecoExit' /
&HOLE XB =21.3,22.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH_ID='1SecoExit' /
&HOLE XB =24.3,25.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH_ID='1SecoExit' /
&HOLE XB =27.3,28.2, 6.3, 6.9, 0.0,2.2, EVACUATION=.TRUE., MESH_ID='1SecoExit' /
```

---

### 2.5.8 กำหนดประตูและบันไดแต่ละชั้น

#### ตัวอย่าง ชุดคำสั่งกำหนดประตูและบันไดจาก ชั้นที่ 5

---

```
Floor5-->4-->3-->2-->1-->Exit
กำหนดประตูและบันได
***** 5th Floor + 5th to 4th Stairs *****
&DOOR ID='DEXIT5', IOR = +2,
    FYI = 'Comment line',
    FLOW_FIELD_ID = '5MainExit',
    TO_NODE='4Corr',
    XB = 12.0,13.5, 12.0,12.0, 11.2,11.3 / outlet 5th
&CORR ID='4Corr',
    MAX_HUMANS_INSIDE = 30,
    XB = 16.5,18.0, 12.0,12.0, 8.7,8.8,
    TO_NODE = 'Floor4',
    EFF_LENGTH = 1.5,
    FAC_SPEED = 0.5 /          / 4th stairs
```

---

2.5.9 กำหนดตำแหน่ง ลักษณะของคนอพยพในแต่ละชั้น โดยโปรแกรมสามารถ  
กำหนดให้เป็นผู้ชาย, ผู้หญิง และเด็ก ได้ดังตัวอย่าง

#### ตัวอย่าง ชุดคำสั่งกำหนดตำแหน่ง ลักษณะของคนอพยพในแต่ละชั้น

---

```
***** I *****
***** MAN
&EVAC ID = 'Cabin_1B1',NUMBER_INITIAL_PERSONS = 1,FYI = 'Comment line',XB = 0.2, 2.8, 1.0,4.0, 1.25,1.25
QUANTITY = 'RED',FLOW_FIELD_ID = '1MainExit',PERS_ID = 'Male' /
&EVAC ID = 'Cabin_2B1',NUMBER_INITIAL_PERSONS = 2,FYI = 'Comment line',XB = 3.2, 5.8, 1.0,4.0, 1.25,1.25
QUANTITY = 'RED',FLOW_FIELD_ID = '1MainExit',PERS_ID = 'Male' /
```

---

---

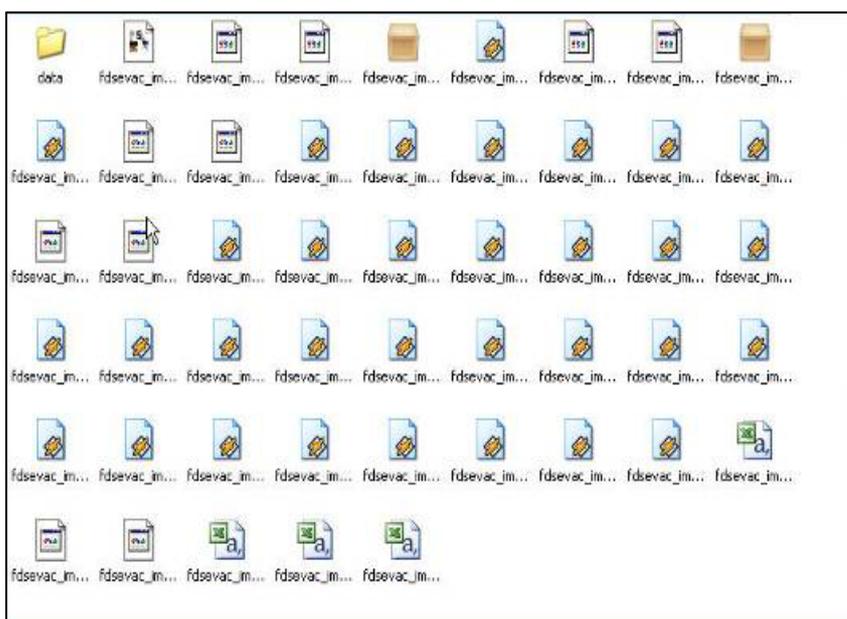
```
&EVAC ID='Cabin_3B1',NUMBER_INITIAL_PERSONS = 1,FYI = 'Comment line',XB = 7.4, 8.8, 1.0,4.0, 1.25,1.25
QUANTITY = 'RED',FLOW_FIELD_ID = '1MainExit',PERS_ID = 'Male' /
&EVAC ID='Cabin_7B1',NUMBER_INITIAL_PERSONS = 1,FYI = 'Comment line',XB =18.4,20.8, 1.0,4.0, 1.25,1.25
QUANTITY = 'RED',FLOW_FIELD_ID = '1SecoExit',PERS_ID = 'Male' /
&EVAC ID='Cabin_10B1',NUMBER_INITIAL_PERSONS =1,FYI = 'Comment line',XB =27.8,29.8, 1.0,4.0, 1.25,1.25
QUANTITY = 'RED',FLOW_FIELD_ID = '1SecoExit',PERS_ID = 'Male' /
```

---

## 2.6 การประมวลผลข้อมูล (Run Input Files) ของโปรแกรม FDS+Evac

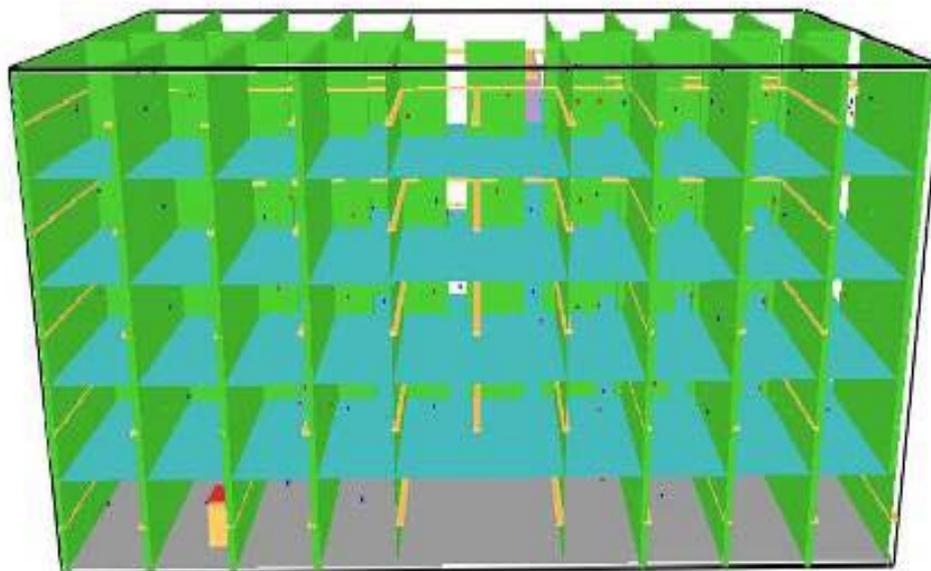
หลังจากจัดทำชุดคำสั่ง Input Files เรียบร้อยแล้ว โดย Save เป็นรูปแบบของ Text Files นามสกุล .data การประมวลผลข้อมูลจากโปรแกรม FDS+Evac นั้นสามารถสั่งจากโปรแกรม DOS โดยขั้นตอนต่าง ๆ นั้นได้ระบุไว้ดัง ภาคผนวก ก. โดยผลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม FDS+Evac จากชุดคำสั่ง โปรแกรม FDS+Evac จะสร้างผลของการประมวลผล (Output Files) ออกมา โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.6.1 ผลที่แสดงในรูปแบบข้อมูล (Data Files) โดยผลที่แสดงออกมาในรูปแบบของข้อมูลเป็นผลของการเกิดเพลิงไหม้ และผลของการอพยพ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะแสดงอยู่ในรูปของโปรแกรม Excel ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ผลการประมวลผล (Output Files) ของโปรแกรม FDS+Evac

2.6.2 ผลที่แสดงในรูปของกราฟิกของโปรแกรม FDS+Evac สามารถแสดงออกมาในรูปของกราฟิก โดยใช้โปรแกรม Smoke View โดยผลการประมวลผลจากชุดคำสั่งสร้างแบบจำลองของอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง แสดงได้ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 แบบจำลองอาคารชุดพักอาศัยแสดงในรูปของกราฟิกโดยโปรแกรม FDS+Evac

## ผลและวิจารณ์

### ผล

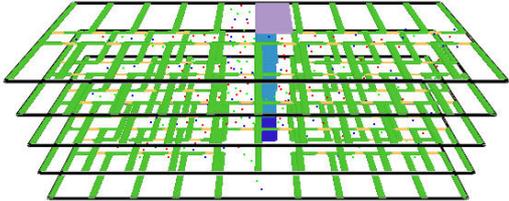
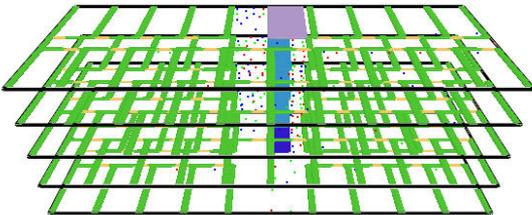
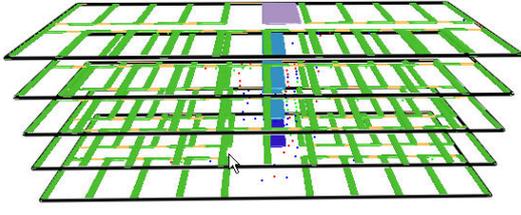
หลังจากจัดทำแบบจำลองการอพยพและประมวลผล Input Files โดยโปรแกรม FDS+Evac ทั้ง 2 ชั้นตอน โดยผลของการจำลองการอพยพสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. จำลองพฤติกรรมการอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในห้อง และการอพยพเคลื่อนย้ายของคนในอาคาร 1 ชั้น และ 2 ชั้น รายละเอียดผลการจำลอง ดังภาคผนวก ก.

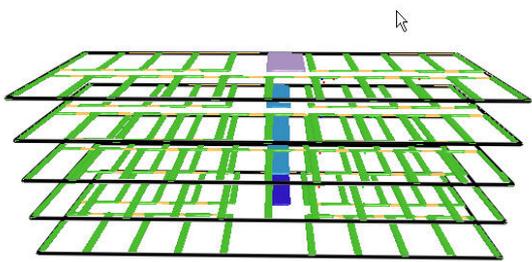
2. จำลองการอพยพจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง ตามข้อกำหนดของการออกแบบอาคารและสภาพการณ์ในการอพยพ ดังนี้

2.1 ศึกษาการจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย สูง 5 ชั้น กำหนดทางออก 1 ทางออก กำหนดผู้อพยพเป็น ผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก จำนวนคนอพยพทั้งสิ้น 220 คน โดยจำลองการอพยพในเหตุการณ์ปกติและเหตุการณ์เพลิงไหม้ ผลการจำลอง ดังตารางที่ 8 และตารางที่ 9

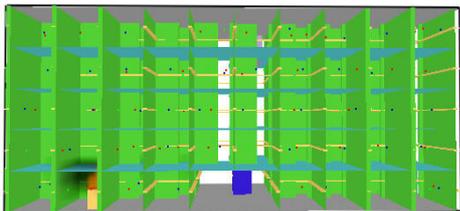
**ตารางที่ 8** ผลการจำลองการอพยพของคนภายในอาคารชุดพักอาศัย สูง 5 ชั้น 1 ทางออก กรณีเหตุการณ์ปกติ

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในอาคาร	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
<p data-bbox="300 427 496 443">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p data-bbox="300 824 692 862">Frame: 85 Time: 41.5</p>	40 วินาที	<p data-bbox="1011 421 1353 801">คนที่อยู่ภายในห้องแต่ละห้องเริ่มมีการเคลื่อนที่ออกจากห้อง โดยพฤติกรรมของคนในช่วงของการเคลื่อนย้ายออกจากห้องมาอยู่บริเวณทางเดิน ซึ่งเข้าสู่ขั้นตอนของการรวมกลุ่มตามทฤษฎีของ Helbing, 1995</p>
<p data-bbox="288 920 491 936">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p data-bbox="288 1339 697 1377">Frame: 124 Time: 61.0</p>	60 วินาที	<p data-bbox="1011 898 1353 1339">หลังจากกลุ่มคนที่เคลื่อนย้ายออกจากแต่ละห้องมีการรวมตัวเป็นกลุ่มคนบริเวณทางเดินในแต่ละชั้น จากนั้นกลุ่มคนจะมีการรวมตัวอยู่ตามบันไดในแต่ละชั้น เริ่มเข้าสู่ขั้นตอนการออกไปสู่พื้นที่ด้านนอก</p>
<p data-bbox="288 1442 491 1458">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p data-bbox="288 1868 692 1906">Frame: 242 Time: 120.0</p>	120 วินาที	<p data-bbox="1011 1420 1353 1912">กลุ่มคนที่รวมตัวบริเวณบันไดทางลงเคลื่อนย้ายมุ่งหน้าสู่ทางออกจากอาคารในขั้นตอนการออกไปสู่พื้นที่ด้านนอก โดยกลุ่มคนจะออกสู่พื้นที่ด้านนอกไปยังทางออกที่ได้เลือกไว้แล้วพร้อมกัน ซึ่งในการจำลองนี้กำหนดให้มีทางออกเพียงทางออกเดียว</p>

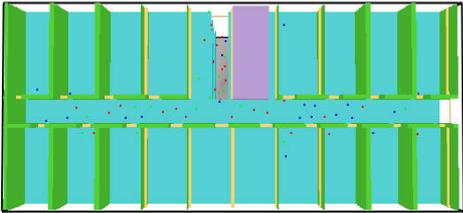
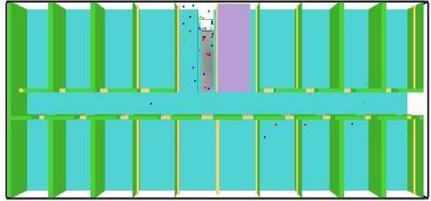
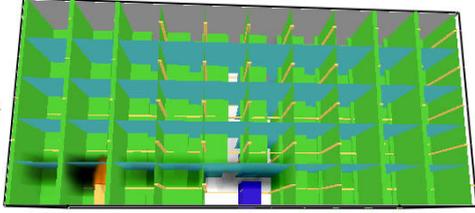
### ตารางที่ 8 (ต่อ)

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในอาคาร	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
<p data-bbox="284 524 488 539">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p data-bbox="284 972 352 1010">Frame: 798 Time: 398.0</p>	<p data-bbox="906 584 975 680">350 วินาที</p>	<p data-bbox="1007 577 1203 629">การอพยพสิ้นสุด</p>

### ตารางที่ 9 ผลการจำลองการอพยพของคนภายในอาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น 1 ทางออก กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้

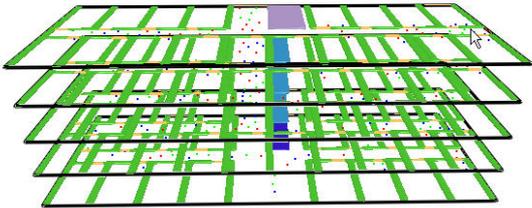
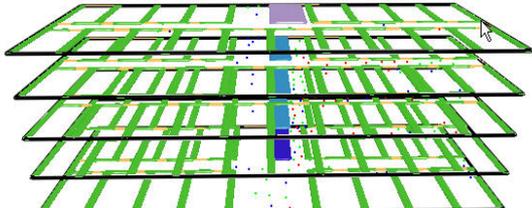
ภาพแสดงการอพยพของคนภายในอาคาร	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
<p data-bbox="284 1366 472 1382">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p data-bbox="284 1787 341 1821">Frame: 43 Time: 20.5</p>	<p data-bbox="858 1375 927 1471">20 วินาที</p>	<p data-bbox="959 1368 1315 1697">กำหนดให้จุดต้นเพลิงอยู่ที่ห้อง ในชั้นที่ 1 ด้านมุมของอาคาร เนื่องจากเป็นจุดที่เสี่ยงต่อการ เกิดเพลิงไหม้ และการพบเห็น ของคน โดยเพลิงเริ่มลุกไหม้ เกิดกลุ่มควันขึ้นที่ภายในห้อง</p>

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

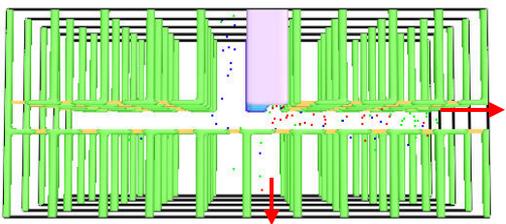
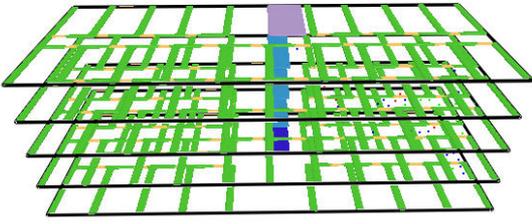
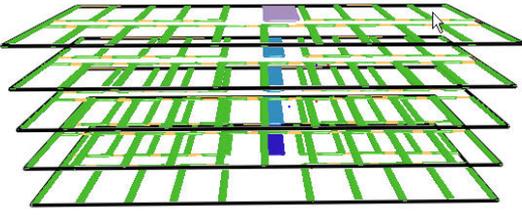
ภาพแสดงการอพยพของคนภายในอาคาร	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
<p data-bbox="295 526 478 548">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p data-bbox="295 963 351 985">Frame: 63</p> <p data-bbox="295 985 351 1008">Time: 40.5</p> <p data-bbox="295 1008 454 1030">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p> <p data-bbox="821 929 861 952">mesh: 1</p>	40 วินาที	คนเริ่มมีการเคลื่อนย้ายออกจากห้อง เข้าสู่ชั้นตอนของการรวมตัวเป็นกลุ่มคนอยู่บริเวณทางเดินและบันไดทางลง
 <p data-bbox="295 1422 343 1444">Frame: 123</p> <p data-bbox="295 1444 343 1467">Time: 60.5</p> <p data-bbox="295 1467 478 1489">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p> <p data-bbox="829 1400 869 1422">mesh: 1</p>	60 วินาที	กลุ่มคนในแต่ละชั้นเข้าชั้นตอนของการเคลื่อนที่มุ่งสู่ทางออกจากอาคาร ตามบันไดทางลงของอาคารในแต่ละชั้น โดยคนส่วนใหญ่รวมตัวอยู่บริเวณบันได
 <p data-bbox="295 1881 359 1904">Frame: 1060</p> <p data-bbox="295 1904 359 1926">Time: 529.0</p> <p data-bbox="821 1848 861 1870">mesh: 1</p>	529 วินาที	การอพยพสิ้นสุด

2.2 ศึกษาการจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย สูง 5 ชั้น จำนวนทางออก 2 ทางออก กำหนดผู้อพยพเป็น ผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก จำนวนคนอพยพทั้งสิ้น 220 คน โดยจำลองการอพยพในเหตุการณ์ปกติและเหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้ ผลการจำลองการอพยพ ดังตารางที่ 10 และตารางที่ 11

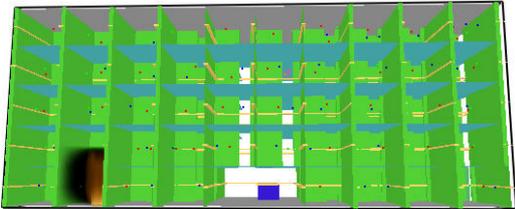
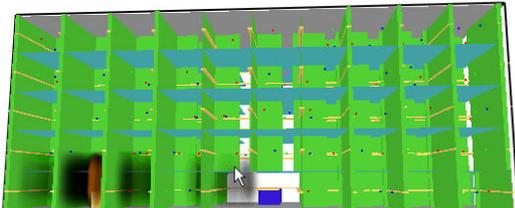
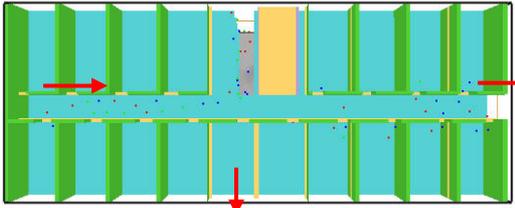
**ตารางที่ 10** ผลการจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น 2 ทางออก กรณีไม่มีเหตุเพลิงไหม้

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในอาคาร	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
<p data-bbox="284 891 488 909">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p data-bbox="284 1312 344 1350">Frame: 83 Time: 40.5</p> <p data-bbox="868 1283 911 1301">mesh: 1</p>	40 วินาที	คนที่อยู่ภายในห้องแต่ละห้องเริ่มมีการเคลื่อนที่ออกจากห้องโดยพฤติกรรมของคนในช่วงของการเคลื่อนย้ายออกจากห้องมาอยู่บริเวณทางเดิน
<p data-bbox="284 1435 488 1453">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p data-bbox="284 1895 344 1933">Frame: 122 Time: 60.0</p> <p data-bbox="868 1865 911 1883">mesh: 1</p>	60 วินาที	กลุ่มคนที่รวมตัวบริเวณบันไดทางลงในแต่ละชั้นเริ่มเคลื่อนย้ายมุ่งหน้าสู่ทางออกจากอาคารเข้าสู่ชั้นตอนการออกไปสู่พื้นที่ด้านนอก

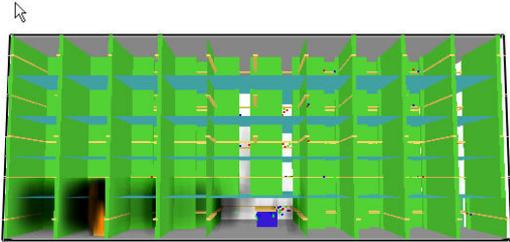
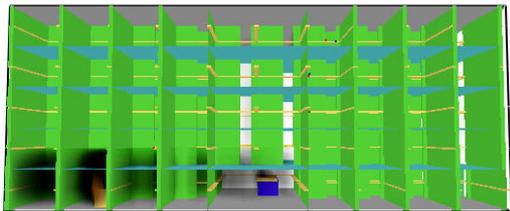
ตารางที่ 10 (ต่อ)

ภาพแสดงการอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในอาคาร	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
<p>Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p>Frame: 122 Time: 60.0</p> <p>Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>	<p>60 วินาที</p>	<p>กลุ่มคนเคลื่อนย้ายรวมตัวอยู่บริเวณทางเดินและบันไดในแต่ละชั้นมุ่งหน้าไปยังทางออก โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มุ่งสู่ทางออกทางหนีไฟ ด้านข้างอาคารและอีกกลุ่มออกทางบันไดทางลงหลักของอาคาร บริเวณตรงกลางของอาคาร</p>
 <p>Frame: 176 Time: 87.0</p> <p>Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>	<p>87 วินาที</p>	<p>กลุ่มคนส่วนใหญ่เคลื่อนย้ายออกสู่พื้นที่ด้านนอกอาคาร</p>
 <p>Frame: 382 Time: 190.0</p>	<p>190 วินาที</p>	<p>การอพยพสิ้นสุด</p>

ตารางที่ 11 ผลการจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัยสูง 5 ชั้น 2 ทางออก  
กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในอาคาร	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
<p data-bbox="284 577 488 595">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p data-bbox="284 1003 695 1039">Frame: 42 Time: 20.0</p> <p data-bbox="284 1055 488 1072">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>	20 วินาที	เริ่มเกิดเพลิงไหม้และเกิดกลุ่มควันขึ้น จากห้องที่บริเวณชั้นที่ 1
<p data-bbox="868 972 911 990">mesh: 1</p>  <p data-bbox="284 1473 695 1509">Frame: 63 Time: 30.5</p> <p data-bbox="284 1552 488 1570">Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>	30 วินาที	กลุ่มควันเริ่มกระจายไปตามทางเดิน คนเริ่มมีการอพยพเคลื่อนย้ายออกจากห้อง
<p data-bbox="868 1447 911 1464">mesh: 1</p>  <p data-bbox="284 1977 695 2013">Frame: 62 Time: 40.0</p>	40 วินาที	กลุ่มคนเคลื่อนย้ายรวมตัวอยู่บริเวณทางเดินและบันไดในแต่ละชั้นมุ่งหน้าไปยังทางออกทั้ง 2 ทาง

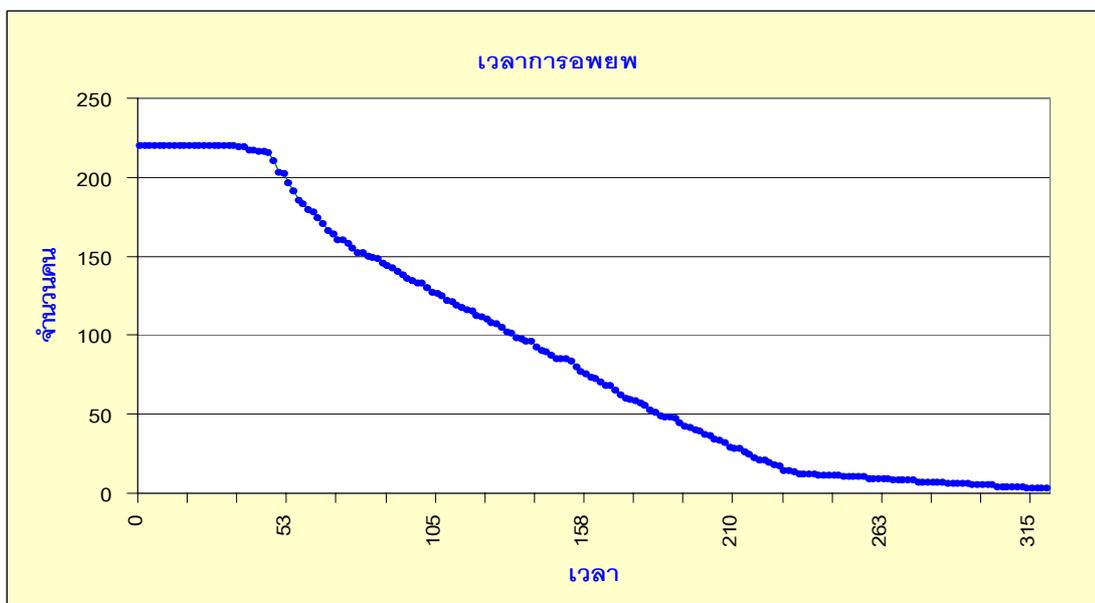
## ตารางที่ 11 (ต่อ)

ภาพแสดงการอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในอาคาร	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
<p>Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>  <p>Frame: 122 Time: 60.0</p> <p>Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p>	60 วินาที	กลุ่มคนส่วนใหญ่เคลื่อนย้ายออกสู่พื้นที่ด้านนอกอาคาร
 <p>Frame: 269 Time: 133.5</p>	253 วินาที	การอพยพสิ้นสุด

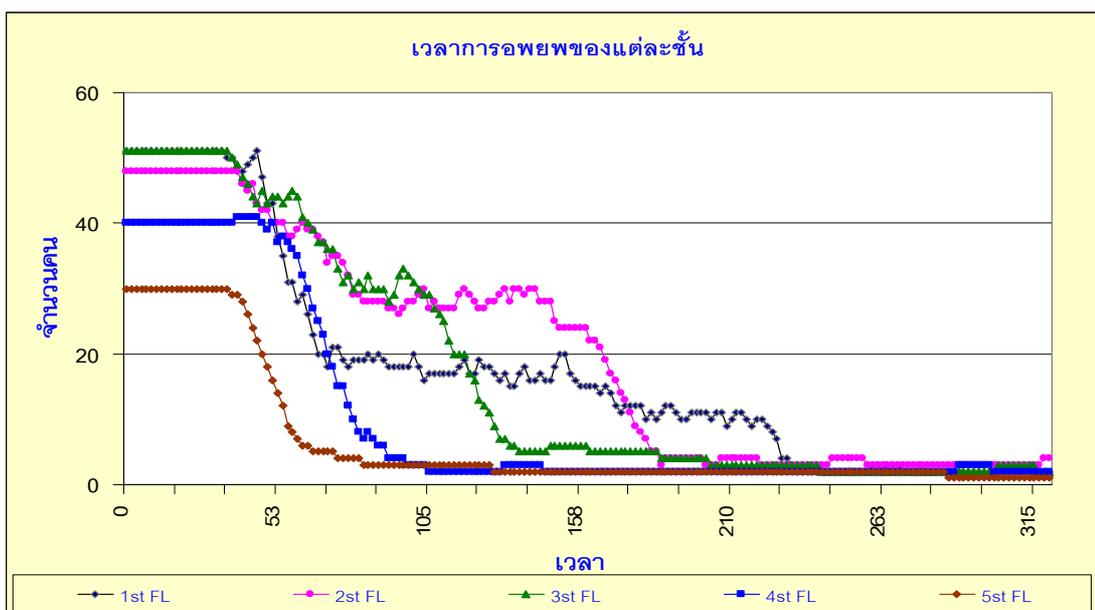
จากการจำลองการอพยพทั้ง 2 แบบ ตามข้อกำหนดการออกแบบอาคารที่เกี่ยวข้องกับการอพยพ คือ จำนวนทางออกและสภาพการณ์ต่างๆในการอพยพ โดยสามารถสรุปผลการอพยพได้ดังต่อไปนี้

1. จำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย สูง 5 ชั้น กำหนดทางออก 1 ทางออก กำหนดผู้อพยพเป็น ผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก จำนวนคนอพยพทั้งสิ้น 220 คน โดยจำลองการอพยพเหตุการณ์ปกติและกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้

1.1 กรณีจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย กรณีเหตุการณ์ปกติ โดยใช้  
เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 350 วินาที แสดงดังภาพที่ 23 และเวลาการอพยพของคนในแต่ละชั้นแสดง  
ดังภาพที่ 24

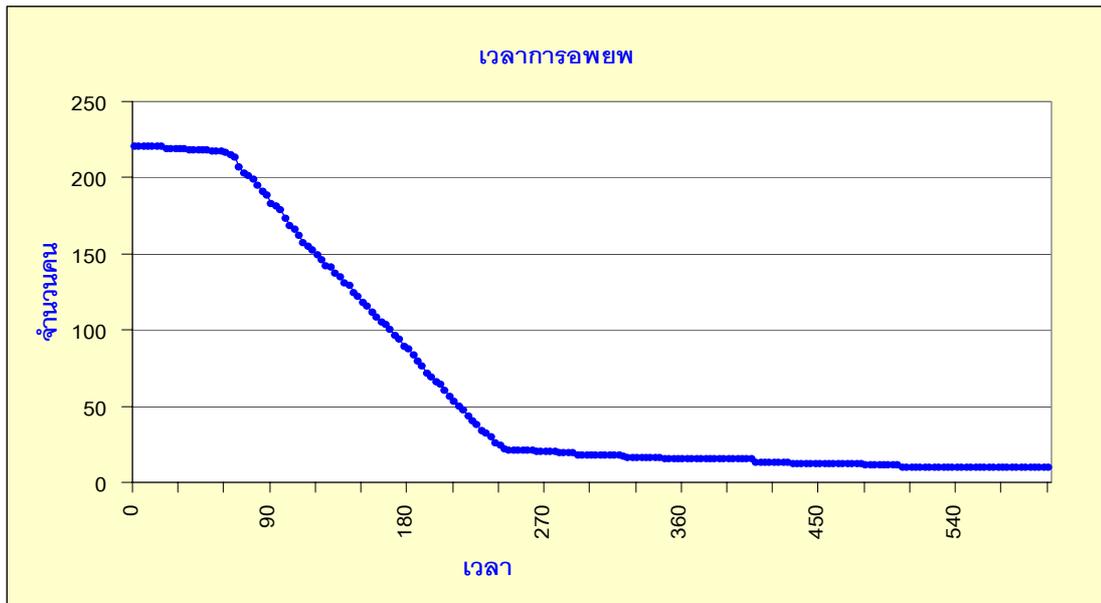


ภาพที่ 23 เวลาการอพยพคนทั้งหมดออกจากอาคารทางออก 1 ทาง กรณีเหตุการณ์ปกติ

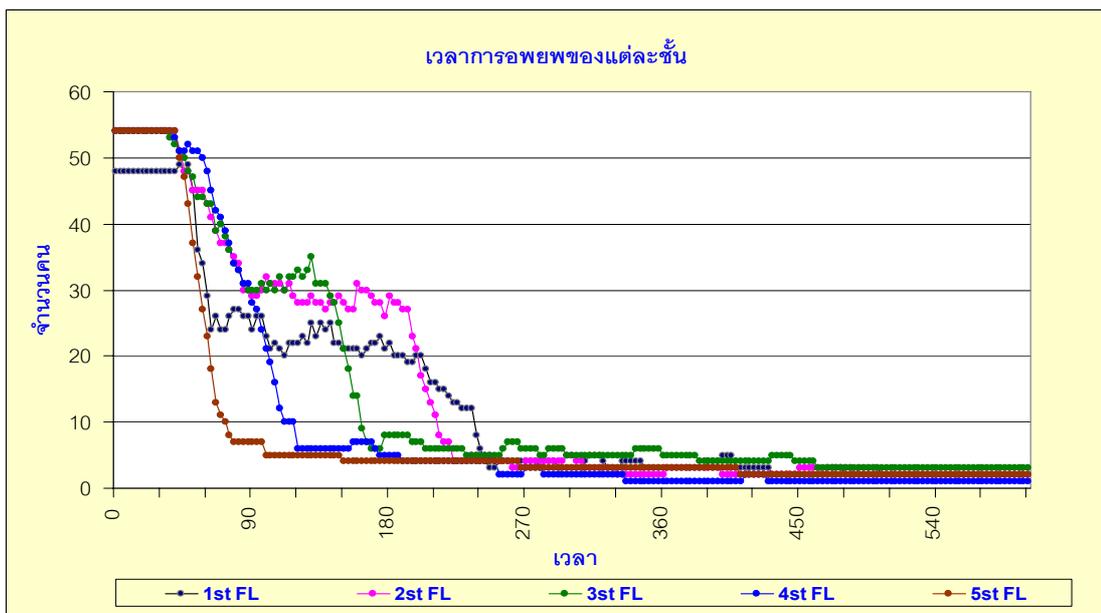


ภาพที่ 24 เวลาการอพยพคนในแต่ละชั้น ทางออก 1 ทาง กรณีเหตุการณ์ปกติ

1.2 จำลองการอพยพ กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ ใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 529 วินาที โดยในการอพยพของคนทั้งหมดแสดงดังภาพที่ 25 และเวลาในการอพยพของคนในแต่ละชั้นแสดงดังภาพที่ 26



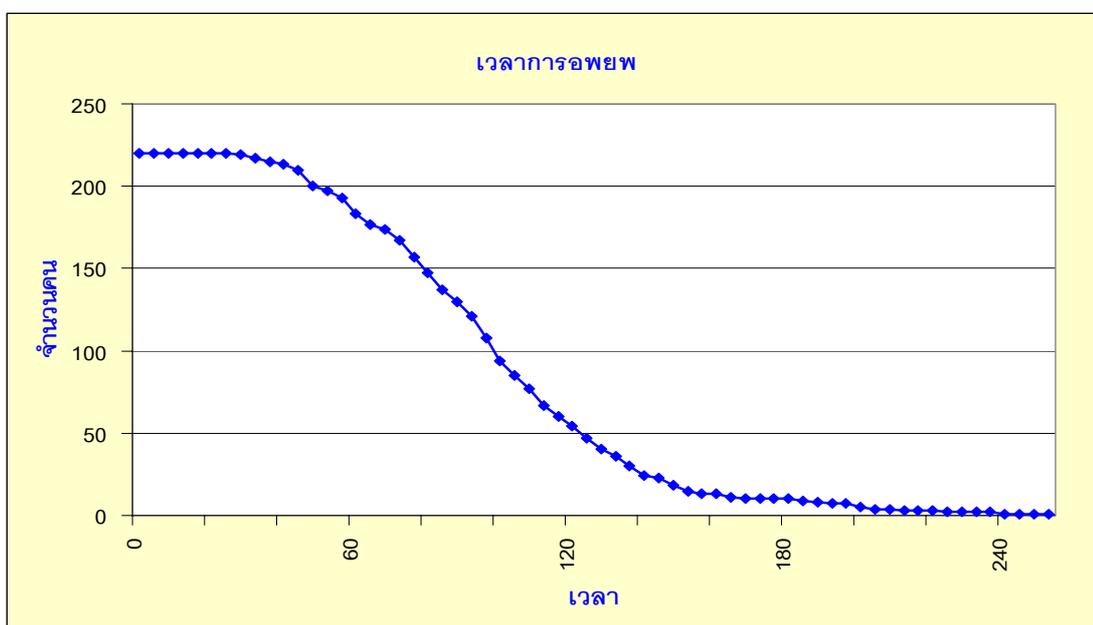
ภาพที่ 25 เวลาการอพยพคนทั้งหมดทางออก 1 ทาง กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้



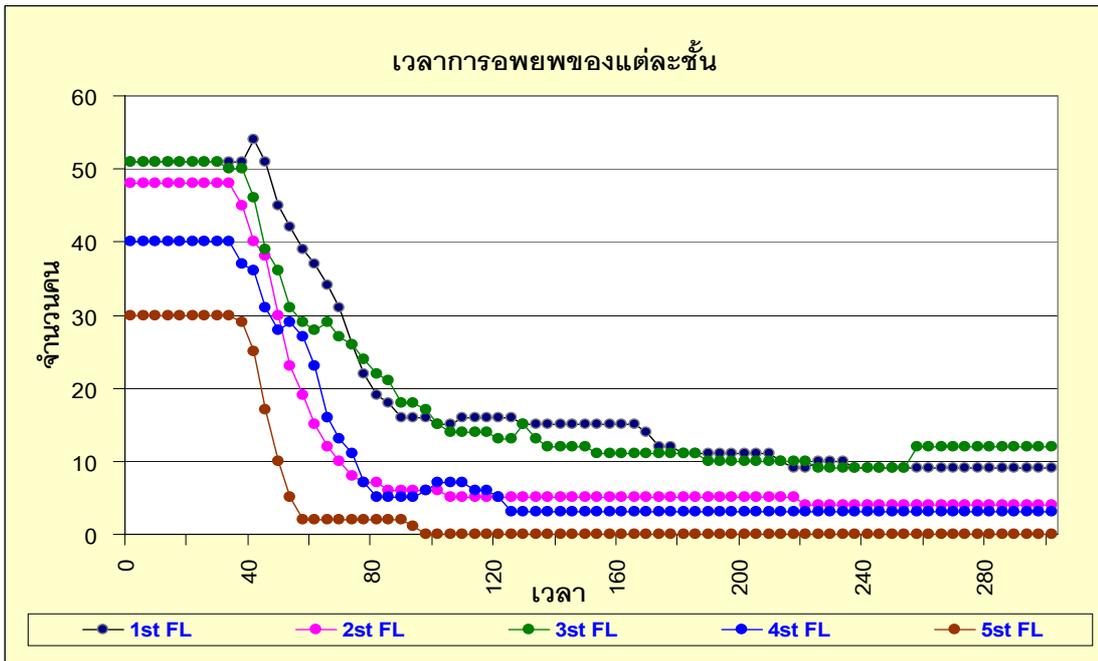
ภาพที่ 26 เวลาการอพยพคนในแต่ละชั้น ทางออก 1 ทาง กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้

2. การจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย สูง 5 ชั้น ทางออก 2 ทางกำหนดจำนวนผู้อพยพเป็น ผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก จำนวนคนอพยพทั้งสิ้น 220 คน โดยจำลองสภาพการณ์ปกติและเกิดเพลิงไหม้ขึ้น

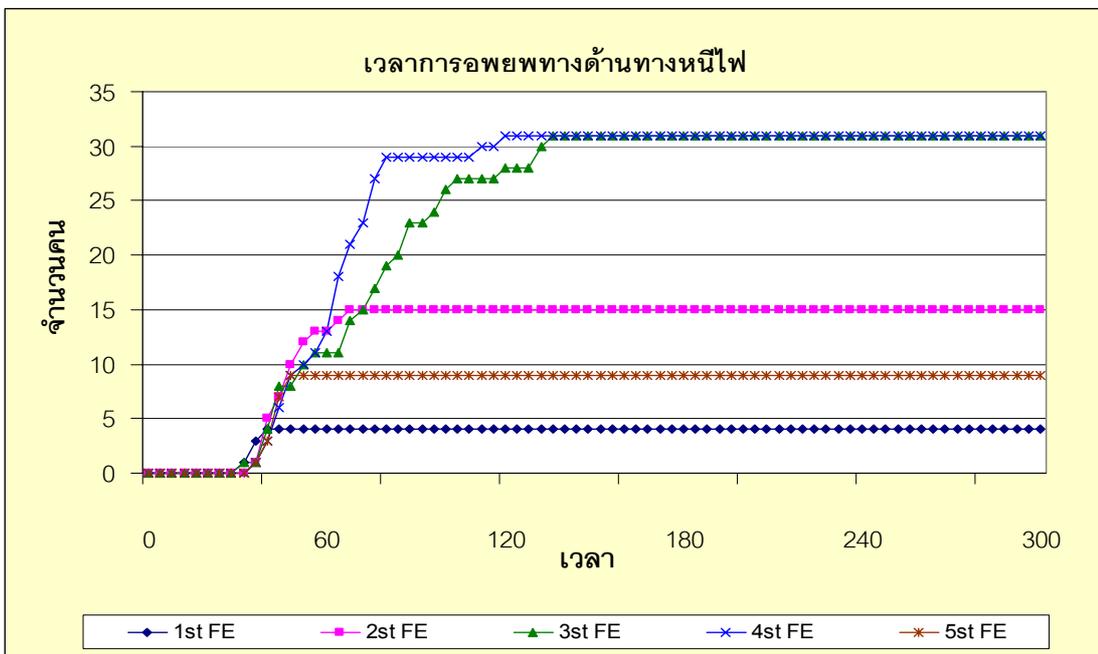
2.1 จำลองการอพยพ กรณีสภาพการณ์ปกติ โดยใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 190 วินาที โดยเวลาการอพยพของคนทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลาแสดงดังภาพที่ 27 และเวลาในการอพยพของคนในแต่ละชั้นของอาคารแสดงดังภาพที่ 28



ภาพที่ 27 เวลาการอพยพคนทั้งหมด ทางออก 2 ทาง เหตุการณ์ปกติ

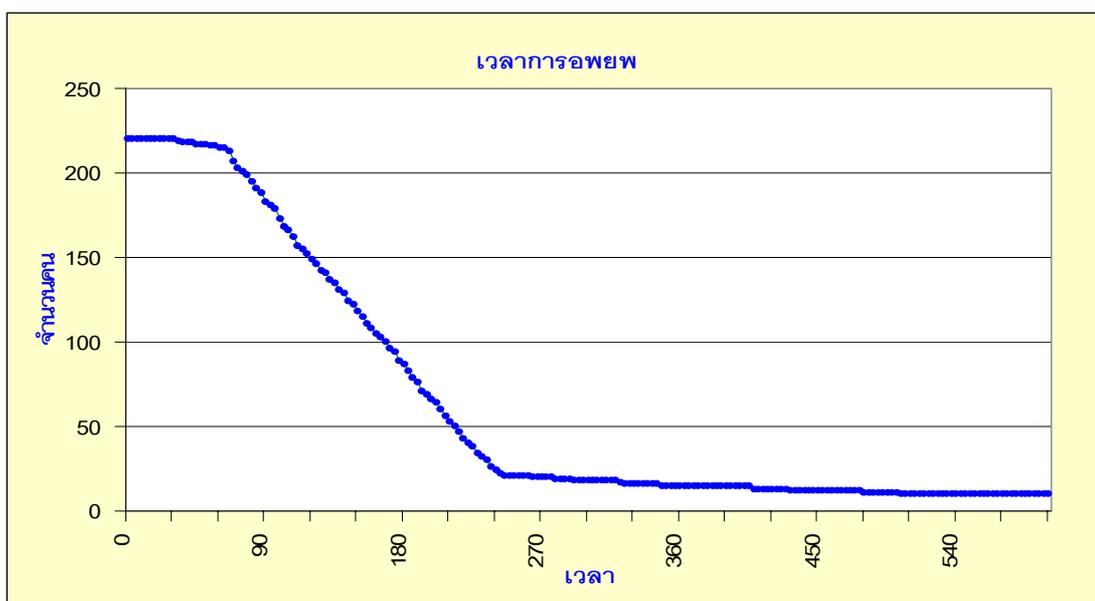


ภาพที่ 28 เวลาการอพยพคนทั้งหมด ทางออก 2 ทาง เหตุการณ์ปกติ

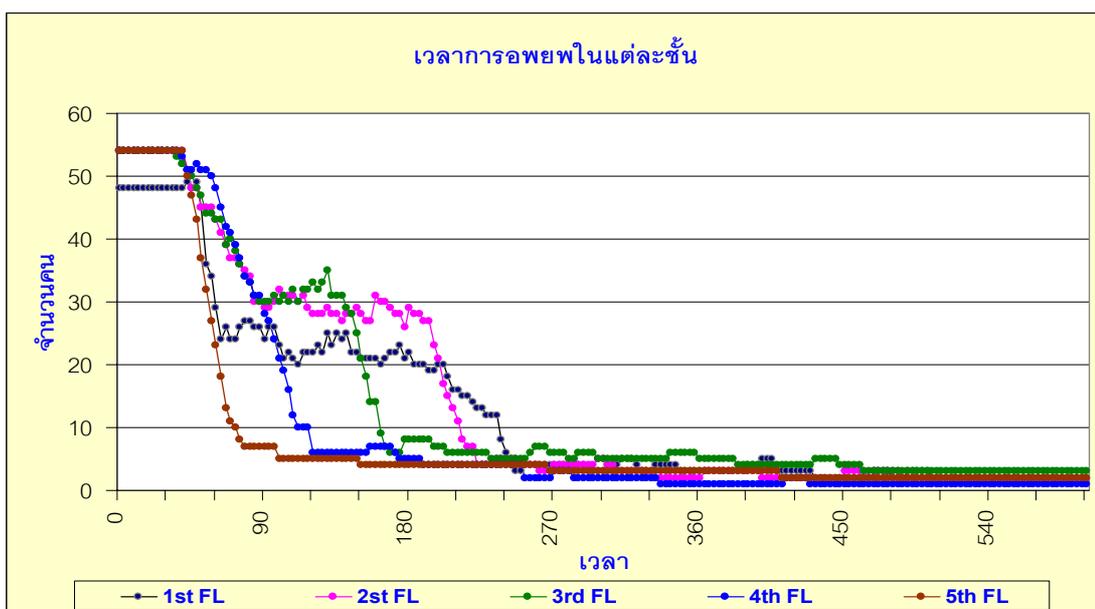


ภาพที่ 29 จำนวนคนอพยพคนออกทางหนีไฟชั้นที่ 1- 5 ในช่วงเวลาต่างๆ

2.2 จำลองการอพยพ กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ ใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 450 วินาที โดยเวลาในการอพยพของคนทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลาแสดงดังภาพที่ 30 และเวลาในการอพยพของคนในแต่ละชั้นของอาคารในช่วงเวลาต่างๆแสดงดังภาพที่ 31



ภาพที่ 30 เวลาการอพยพคนทั้งหมด ทางออก 2 ทาง กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้



ภาพที่ 31 เวลาการอพยพคนในแต่ละชั้น ทางออก 2 ทาง กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้

## วิจารณ์

การจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง โดยใช้โปรแกรม FDS + Evac สร้างแบบจำลองและประมวลผลการอพยพนั้น การกำหนดองค์ประกอบของอาคารทางผู้วิจัย ได้อ้างอิงตาม กฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นเพียงข้อกำหนดขั้นต่ำในการออกแบบอาคาร การที่อาคารชุดพักอาศัยไม่สามารถกำหนดจำนวนผู้อยู่อาศัยภายในอาคารได้ และไม่สามารถที่จะทำการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟได้ เช่นเดียวกับอาคารอื่นๆ เช่น อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ดังนั้น อาคารชุดพักอาศัยจึงมีความเสี่ยงในการที่จะไม่สามารถอพยพออกจากอาคารได้ในเวลาที่กำหนด และปลอดภัยได้ หากเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้น โดยจำนวนของทางออกนั้นมีผลโดยตรงต่อความหนาแน่นของคนที่อยู่ในอาคาร โดยเฉพาะในช่วงของการอพยพเคลื่อนย้ายเพื่อมุ่งสู่ทางออกจากอาคาร ในกรณีที่มีจำนวนทางออก 1 ทาง ส่วนสถานการณ์ในการอพยพ กรณีเกิดเพลิงไหม้จะมีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของคนอพยพ รวมถึงลักษณะของคนที่อยู่ด้วย ซึ่งในการประมวลผลของแบบจำลองโดยโปรแกรม FDS+Evac นี้ไม่ได้นำระบบป้องกันอัคคีภัยเข้าร่วมด้วย เป็นการจำลองการอพยพเคลื่อนที่ของคนตามลักษณะการออกแบบผังโครงสร้างอาคารเพียงอย่างเดียว ดังนั้น เวลาในการอพยพที่ได้จากการจำลองนี้จึงเป็นเวลาในการคาดการณ์การอพยพเท่านั้น ซึ่งจากการจำลองการอพยพพบว่าเวลาในการอพยพที่ได้ไม่เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดคือภายใน 5 นาที ซึ่งได้แก่ การจำลองการอพยพจากอาคารที่มีทางออก 1 ทาง และการจำลองการอพยพออกจากอาคารที่มีทางออก 2 ทางออก กรณีเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งหากการอพยพไม่สามารถทำได้ในระยะเวลาที่กำหนดจะมีผลต่อความปลอดภัยของผู้ที่อพยพเป็นอย่างมาก เนื่องจากระยะเวลาในการเกิดเพลิงไหม้ที่เวลา 1 - 3 นาที นั้นเป็นช่วงที่เชื้อเพลิงเริ่มจับไอก๊าซพิษและควันไฟออกมา ซึ่งสาเหตุที่ทำให้คนเสียชีวิตมากที่สุดเหตุการณ์เพลิงไหม้คือ ควันไฟมากกว่าความร้อน เพราะควันไฟแพร่กระจายตัวได้อย่างรวดเร็ว และยังลดความสามารถในการมองเห็นเส้นทางทำให้คนไม่สามารถหาทางออกจากอาคารได้ โดยองค์ประกอบของควันและก๊าซพิษมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่ที่เป็นปัจจัยในการเสียชีวิตของคนนั้นได้แก่ (มาตรฐานการควบคุมควันไฟ, 2545)

1) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซที่มีอันตรายสูงต่อคน คือ ถ้าผสมอยู่ในอากาศคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรคือถ้ามีอยู่ 0.16 เปอร์เซ็นต์จะทำให้หมดสติใน 2 ชั่วโมง แต่ถ้ามีอยู่ 1.26 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้หมดสติภายใน 1-3 นาที และหากมีปริมาณความเข้มข้นในอากาศปริมาณมาก ก็จะเป็นก๊าซเชื้อเพลิง สามารถถูกไหม้และเกิดการระเบิดได้อีกด้วย

2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ ไม่เป็นเชื้อเพลิง ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายโดยตรง แต่จะทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน คือหากมีก๊าซนี้ในอากาศมีความเข้มข้นเกินกว่า 5.0 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ทำให้ผู้สูดดมเข้าไปหมดสติได้

3) เชม่าและควันไฟ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เชม่า เป็นก้อนหรือเศษของวัสดุที่เผาไหม้ไม่หมด มีลักษณะเป็นผงหรือละออง ส่วนควันไฟเป็นสารผสมระหว่างเชม่า จี๊เอ้า และวัสดุต่างๆ จากกองไฟ ซึ่งผลของเชม่าและควันไฟนี้จะทำให้คนที่อพยพสำคัญและเกิดไหม้ที่ผิวหนังตามตัวได้ และยังทำให้ปิดบังทางออกต่างๆ ทำให้ไม่สามารถหนีออกจากพื้นที่เกิดเพลิงไหม้ได้

ดังนั้น แนวทางการในการจัดทำมาตรการป้องกันและแก้ไขในการที่จะทำให้การอพยพคนออกจากอาคารได้อย่างปลอดภัย ขณะเกิดเพลิงไหม้นั้นจะต้องพิจารณาในเรื่องของความเพียงพอของขนาดทางหนีไฟ และองค์ประกอบของทางหนีไฟเป็นหลัก โดยจากองค์ประกอบอาคารชุดพักอาศัยตามตารางที่ 6 ตามมาตรฐาน NFPA สามารถหาจำนวนผู้ใช้อาคารได้ตามสมการที่ (9) โดยปริมาณความจุคนในพื้นที่ต่อชั้นเท่ากับจำนวน 33 คน และปริมาณความจุคนในพื้นที่ทั้ง 5 ชั้น จะได้จำนวน 165 คน และความสามารถของทางหนีไฟและองค์ประกอบทางหนีไฟของอาคารชุดพักอาศัยตามที่ออกแบบจำลองการอพยพสามารถหาได้จากสมการที่ (11) โดยกำหนดค่าความกว้างต่อคน (Capacity Factor) ในแนวราบเท่ากับ 5 มิลลิเมตรต่อคน และในแนวดิ่งเท่ากับ 7.6 มิลลิเมตรต่อคน ตามตารางที่ 4 โดยผลการคำนวณได้ดังนี้

1) ทางเดินร่วม กว้าง 1.5 เมตร / 5 มิลลิเมตรต่อคน = 300 คน (สามารถรองรับจำนวนผู้อพยพทั้งหมดได้ ตามแบบจำลองกำหนดที่ 220 คน)

2) ประตูทางออกหลัก (กรณี 1 ทางออก ใช้เป็นประตูหนีไฟ) กว้าง 3 เมตร / 5 มิลลิเมตรต่อคน = 600 คน (สามารถรองรับจำนวนผู้อพยพทั้งหมดได้ ตามแบบจำลองกำหนดที่ 220 คน)

3) ประตูหนีไฟ กว้าง 1 เมตร / 5 มิลลิเมตรต่อคน = 200 คน (ไม่เพียงพอต่อจำนวนคนที่ทั้งหมด 220 คน)

4) บันไดทั่วไป (กรณีจำนวนทางออก 1 ทาง ใช้เป็นบันไดหนีไฟ) กว้าง 1.5 เมตร / 7.6 มิลลิเมตรต่อคน = 197 คน (ไม่เพียงพอต่อจำนวนคนทั้งหมด 220 คน)

5) บันไดหนีไฟ (กรณีจำนวนทางออก 2 ทาง เพิ่มบันไดหนีไฟ กว้าง 1 เมตร / 7.6 มิลลิเมตรต่อคน = 131 คน (ไม่เพียงพอต่อจำนวนคนทั้งหมด 220 คน)

จากผลการคำนวณความเพียงพอของขนาดทางหนีไฟ และองค์ประกอบของทางหนีไฟ และผลการจำลองการอพยพ ทำให้ทราบข้อบกพร่องและขีดความสามารถในการอพยพออกจากอาคารชุดพักอาศัยได้ ดังนี้

1. การจำลองการอพยพออกจากอาคารที่มีจำนวนทางออก 1 ทาง โดยใช้บันไดทั่วไปเป็นบันไดหนีไฟ กว้าง 1.5 เมตร นั้นไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้อพยพที่ 220 คน โดยสามารถรองรับจำนวนคนได้เพียง 197 คน ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ ประตูทางออกหลัก และทางเดินร่วมนั้น เพียงพอกับจำนวนผู้อพยพ โดยจากผลการจำลองการอพยพ ดังภาพที่ 26 เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที ซึ่งเป็นช่วงเวลาในการเผาไหม้จะให้ควันไฟและก๊าซพิษออกมา โดยจำนวนคนที่สามารถอพยพออกจากอาคารได้ประมาณ 100 คน ส่วนที่เหลือยังคงอยู่ตามบันได ซึ่งจะทำให้ได้รับอันตรายจากควันและก๊าซพิษได้ ดังนั้น แนวทางในการจัดการสำหรับการอพยพคนออกอาคารกรณีมีจำนวนทางออก 1 ทางมีดังนี้

1.1 การเพิ่มขนาดบันไดทางลงจาก 1.5 เมตร เป็น 2 เมตร (กรณีอาคารที่สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของอาคารได้) ซึ่งจะสามารถรองรับคนได้ 260 คน

1.2 กรณีอาคารที่ไม่สามารถแก้ไขโครงสร้างของอาคารได้ ควรมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงกันไฟ หน้ากากกันไฟ เป็นต้น โดยติดตั้งไว้ตามทางลงบันไดในแต่ละชั้นให้เพียงพอกับจำนวนคน เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้อพยพได้รับอันตรายจากควันไฟ และก๊าซพิษและทำให้สามารถอพยพออกจากอาคารได้

1.3 จากผลการจำลองการอพยพ ตามตารางที่ การติดตั้งป้ายทางออกฉุกเฉินหรือป้ายแสดงเส้นทางหนีไฟ และแสงสว่างตามแนวทางเดินและบันไดหนีไฟต้องเพียงพอ (ไม่น้อยกว่า 10 ลักซ์) ตามมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย เพื่อให้ผู้อพยพสามารถมองเห็นเส้นทางออก หลังจากเกิด

เพลิงไหม้และมีกลุ่มควันขึ้น โดยเจ้าของอาคารต้องมีการตรวจสอบสภาพความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์เหล่านี้เป็นประจำ

1.4 การกำหนดจำนวนผู้อยู่อาศัยให้เหมาะสมกับขนาดของอาคาร และองค์ประกอบของเส้นทางอพยพหนีไฟของอาคารชุดพักอาศัย จากแบบจำลองการอพยพนั้นความสามารถรองรับปริมาณความจุคนในพื้นที่ทั้ง 5 ชั้น ที่เหมาะสมได้จำนวน 165 คน ดังผลการจำลองการอพยพตามข้อ 3 โดยเวลาในการอพยพจะลดลง ซึ่งจะทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยในอาคารมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

2. การจำลองการอพยพจากอาคารที่กำหนดทางออก 2 ทาง โดยพิจารณาจากทางหนีไฟจำนวน 2 ทาง คือบันไดทางออกหลัก กว้าง 1.5 เมตร สามารถรองรับคนได้ 197 คน และบันไดหนีไฟ กว้าง 1 เมตร รองรับคนได้ 131 คน ดังนั้นทั้ง 2 บันไดสามารถรองรับคนได้เท่ากับ 328 คน ซึ่งเพียงพอต่อจำนวนคนทั้งหมด 220 คน สำหรับเวลาการอพยพที่ได้จากการจำลองการอพยพนั้น จากภาพที่ 31 และภาพที่ 32 พบว่าที่เวลาผ่านไป 3 นาที คนสามารถอพยพออกจากพื้นที่ได้ 140 คน ส่วนที่เหลืออีก 80 คน ยังไม่สามารถออกจากอาคารได้ซึ่งจะได้รับอันตรายจากควันและก๊าซพิษได้ ซึ่งส่วนใหญ่ยังอยู่ตามแนวบันไดทางลงหลักและบันไดหนีไฟ ดังตารางที่ 10 ดังนั้น แนวทางการดำเนินการแก้ไขสำหรับการอพยพจากอาคารที่มีทางออก 2 ทาง กรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ สามารถดำเนินการได้เช่นเดียวกับข้อ 1 ดังนี้

1) การจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงกันไฟ หน้ากากกันไฟไว้ตามแนวทางบันไดและทางเดิน

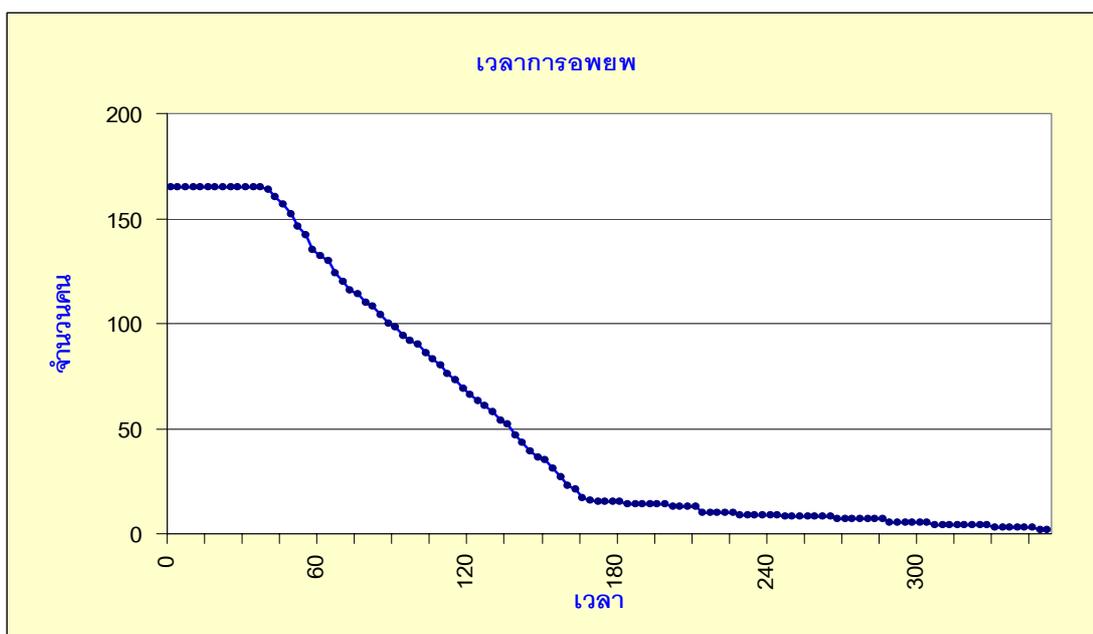
2) การติดตั้งป้ายทางออกฉุกเฉินหรือป้ายทางหนีไฟ และไฟฟ้าฉุกเฉิน ตามแนวทางเดินและบันไดทางลง ให้ครอบคลุมและชัดเจนทั้ง 2 ทางออก โดยจากผลการจำลองการอพยพ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที คนส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณบันไดของทั้ง 2 บันได ดังตารางที่ 9 และตารางที่ 11

3) การกำหนดจำนวนผู้อยู่อาศัยให้เหมาะสมกับขนาดของอาคาร และองค์ประกอบทางหนีไฟ

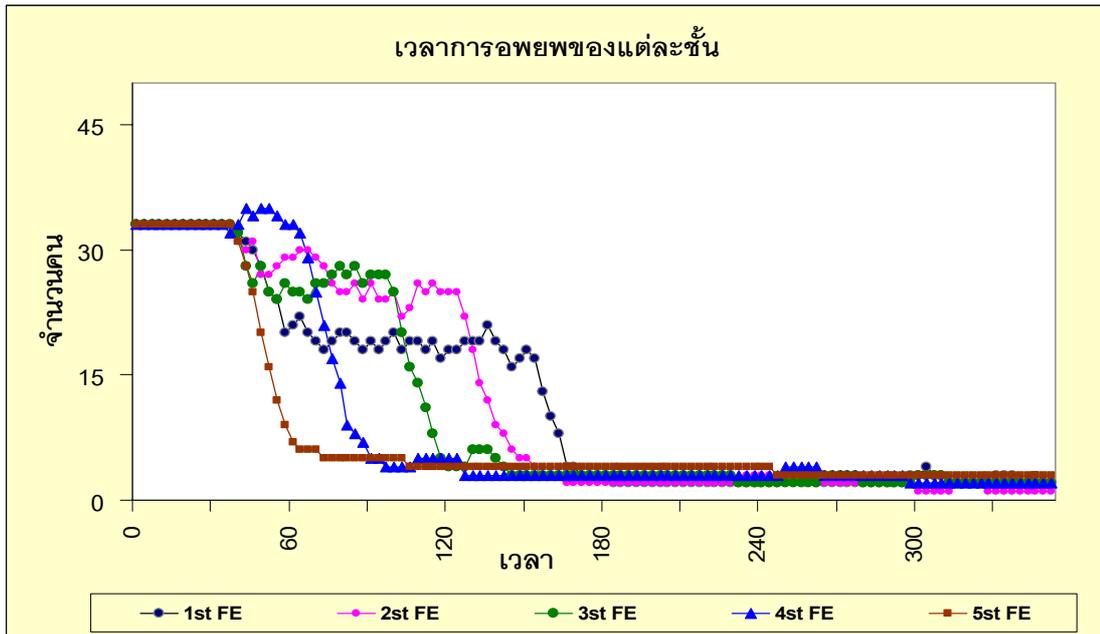
4) การจัดให้มีการฝึกซ้อมการอพยพ เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารคุ้นเคยกับเส้นทางอพยพที่มี 2 ทางออก เป็นต้น

3. การกำหนดจำนวนผู้พักอาศัยให้เหมาะสมกับพื้นที่ของอาคาร ซึ่งจากแบบจำลองการอพยพได้กำหนดจำนวนผู้พักอาศัยเท่ากับ 220 คน ซึ่งมีจำนวนมากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณความจุคนต่อพื้นที่ (Occupant Load) ตามสมการที่ 9 คือ เท่ากับ 165 คน ซึ่งหากกำหนดจำนวนผู้พักอาศัยในอาคารตามที่หาได้จะทำให้เวลาการอพยพนั้นจะลดลงได้ดังนี้

3.1 เวลาการอพยพจากอาคาร 1 ทางออกใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 5.8 นาที ลดลงจากเดิม 3 นาที จากที่ใช้เวลา 8.8 นาที ดังภาพที่ 32 และ ภาพที่ 33

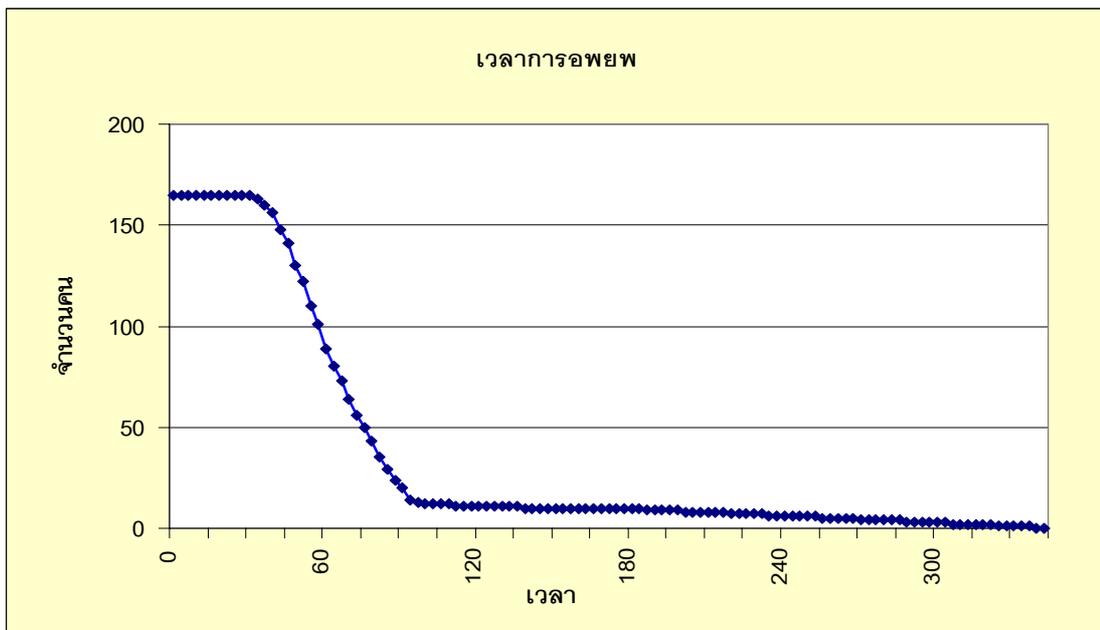


ภาพที่ 32 เวลาการอพยพคนทั้งหมด 165 คน ทางออก 1 ทาง เหตุการณ์เพลิงไหม้

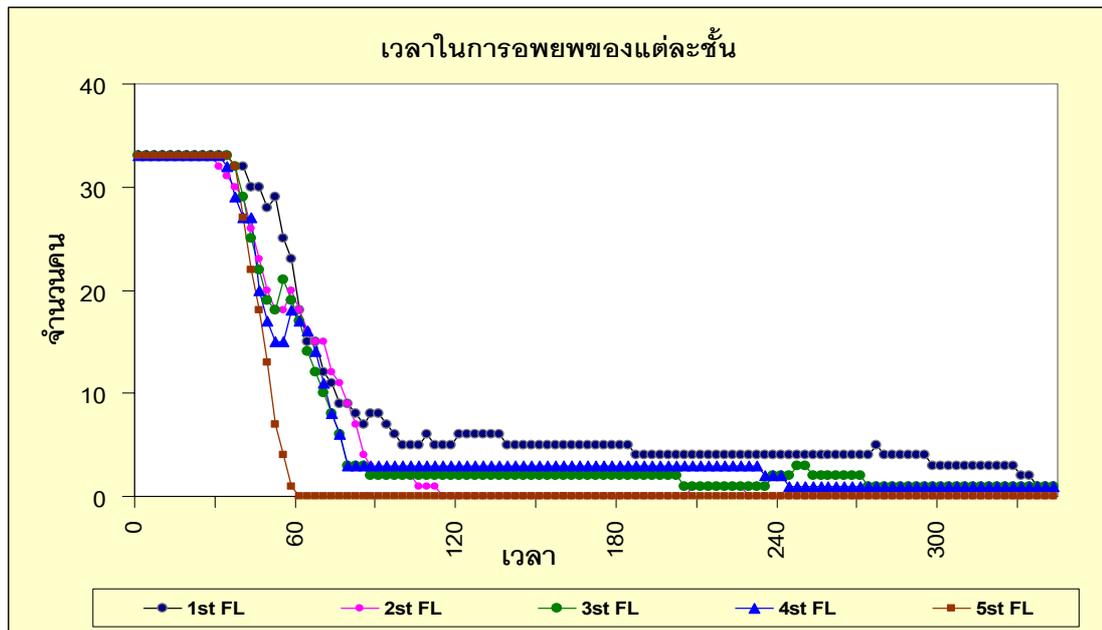


ภาพที่ 33 เวลาการอพยพคนในแต่ละชั้นทั้งหมด 165 คน ทางออก 1 ทาง เหตุการณ์เพลิงไหม้

3.2 เวลาการอพยพจากอาคาร 2 ทางออกกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ ใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 5.6 นาที ลดลง 1.9 นาที จากเดิมที่ใช้เวลา 7.5 นาที ดังภาพที่ 34 และภาพที่ 35



ภาพที่ 34 เวลาการอพยพคนทั้งหมด 165 คน ทางออก 2 ทาง เหตุการณ์เพลิงไหม้



ภาพที่ 35 เวลาการอพยพคนในแต่ละชั้นทั้งหมด 165 คน ทางออก 2 ทาง เหตุการณ์เพลิงไหม้

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากผลการศึกษาศึกษาการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ตามแบบจำลองที่กำหนดองค์ประกอบอาคารตามข้อกำหนด กฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารชุดพักอาศัย โดยใช้โปรแกรมการ FDS+Evac โดยผลการจำลองการอพยพคนออกจากอาคารสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การออกแบบผังของอาคารชุดแบบทางเดินอยู่ตรงกลาง (Center - Corridor Plan) โดยออกแบบให้มีจำนวนทางออก 1 ทาง เวลาในการอพยพคนทั้งหมดในเหตุการณ์ปกติใช้เวลามากกว่าเวลาที่กฎหมายตามประกาศกระทรวงมหาดไทยกำหนด คือ 5 นาที โดยใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 5.8 นาที ส่วนกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ก็เช่นกัน ใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 8.8 นาที

2) การออกแบบผังของอาคารชุดแบบทางเดินอยู่ตรงกลาง (Center-Corridor Plan) โดยออกแบบให้มีจำนวนทางออก 2 ทาง โดยเพิ่มทางหนีไฟอีก 1 เส้นทาง โดยเวลาในการอพยพคนทั้งหมด กรณีเหตุการณ์ปกติใช้เวลาเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดคือโดยใช้เวลาในการอพยพทั้งสิ้น 3.1 นาที ส่วนกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้นั้นใช้เวลามากกว่า 5 นาที โดยใช้เวลาอพยพทั้งสิ้น 7.5 นาที

จากผลการจากการศึกษาศึกษาการจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ทำให้สามารถทราบการออกแบบผังของอาคารชุดแบบทางเดินอยู่ตรงกลาง (Center-Corridor Plan) ขนาดทางเดินร่วมและองค์ประกอบอาคารส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการอพยพคนออกจากอาคาร ได้แก่ จำนวนทางออก โดยอาคารที่ออกแบบให้มีทางออกเพียงทางออกเดียวจะใช้เวลาในการอพยพมากกว่าอาคารที่มีจำนวนทางออก 2 ทางออก และสภาพเหตุการณ์ในการอพยพที่มีผลต่อเวลาในการอพยพเช่นกัน ซึ่งในเหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้คนจะใช้เวลาในการอพยพมากกว่าการอพยพในเหตุการณ์ปกติ ซึ่งเวลาการอพยพที่ได้จะใช้เวลามากกว่าเกณฑ์เวลาที่กฎหมายกำหนดคือ 5 นาที แต่ทั้งนี้การจำลองการอพยพนี้เป็นการจำลองการอพยพตามลักษณะของการออกแบบผังอาคารเท่านั้น โดยไม่มีระบบป้องกันอัคคีภัยอื่น ๆ ร่วมด้วย ดังนั้น เวลาการอพยพที่ได้จึงเป็นเพียงการคาดการณ์เท่านั้น โดยจากการจำลองการอพยพพบว่ามีเวลาในการอพยพที่ได้ไม่เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดภายใน 5 นาที ได้แก่ การจำลองการอพยพออกจากอาคารที่มีจำนวนทางออก 1 ทางออก และการจำลองการ

อพยพออกจากอาคารที่มีทางออก 2 ทางออก กรณีเกิดเพลิงไหม้ โดยช่วงเวลาในการอพยพที่มีผลต่อความปลอดภัยของผู้อพยพอยู่ช่วงระยะเวลาในการเกิดเพลิงไหม้ที่เวลา 1-3 นาที เนื่องจากเป็นช่วงที่เชื้อเพลิงเริ่มขับไอก๊าซพิษและควันไฟออกมา ซึ่งสาเหตุที่ทำให้คนเสียชีวิตมากที่สุดในเหตุการณ์เพลิงไหม้ นั่นคือ ควันไฟมากกว่าความร้อน เพราะควันไฟแพร่กระจายตัวได้อย่างรวดเร็ว และยังลดความสามารถในการมองเห็นเส้นทางทำให้ไม่สามารถหาทางออกจากอาคารได้

ดังนั้น แนวทางการในการจัดทำมาตรการป้องกันและแก้ไข เพื่อที่จะทำให้การอพยพคนออกจากอาคารได้โดยปลอดภัยนั้นต้องพิจารณาในด้านความเพียงพอของขนาดทางหนีไฟ และองค์ประกอบของทางหนีไฟ โดยจากองค์ประกอบอาคารชุดพักอาศัยที่จัดทำแบบจำลอง สามารถคำนวณหาจำนวนผู้ใช้อาคารที่เหมาะสมกับขนาดของอาคารได้เท่ากับ 165 คน ความสามารถของทางหนีไฟและองค์ประกอบทางหนีไฟต่างๆ โดยพบว่า การจำลองการอพยพออกจากอาคารที่มีจำนวนทางออก 1 ทาง โดยใช้บันไดทั่วไปเป็นบันไดหนีไฟขนาดความจุของบันไดไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้อพยพ ส่วนการจำลองการอพยพออกจากอาคารที่กำหนดทางออก 2 ทาง ซึ่งหากพิจารณาด้านองค์ประกอบต่างของการอพยพนั้นมีความเพียงพอแต่จากผลการอพยพที่เวลา 5 นาที จำนวนผู้ที่สามารถอพยพออกจากอาคารได้ไม่หมด ซึ่งจะทำให้มีผู้อพยพที่ค้างค้ำงอยู่ในอาคารได้รับอันตรายได้ โดยจากการจำลองการอพยพทั้ง 2 แบบ สามารถเสนอมาตรการในการอพยพคนออกจากอาคารได้อย่างปลอดภัยได้ดังนี้

1) การเพิ่มขนาดบันไดทางลง หรือบันไดหนีไฟ (กรณีอาคารมีทางออก 1 ทาง และสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของอาคารได้) โดยจากผลการจำลองการอพยพออกจากอาคารที่มีจำนวนทางออก 1 ทาง โดยใช้บันไดทั่วไปเป็นบันไดหนีไฟ กว้าง 1.5 เมตร นั้นไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้อพยพจำนวน 220 คนได้ ดังนั้นจึงควรเพิ่มขนาดของบันไดเป็น 2 เมตร ซึ่งสามารถรองรับจำนวนคนได้ 260 คน

2) กรณีอาคารที่มีจำนวนทางออก 1 ทาง และ 2 ทาง (โดยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของอาคารได้) จากผลการจำลองพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที ซึ่งเป็นช่วงเวลาในการเผาไหม้จะให้ควันไฟและก๊าซพิษออกมา โดยจำนวนคนที่สามารถอพยพออกจากอาคารได้ประมาณ 100 คน ส่วนที่เหลืออีกประมาณ 100 คนยังคงอยู่ตามบันไดในชั้นที่ 3-5 ซึ่งใช้เวลาในการอพยพมากกว่าชั้นอื่นๆ โดยมีจำนวนคนค้างค้ำงเฉลี่ยที่ 30 คนต่อชั้น จัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงกันไฟ หน้ากากกันไฟ หรือหน้ากากออกซิเจน เป็นต้น โดยติดตั้งไว้ตามแนวทางลงบันไดใน

แต่ละชั้นให้เพียงพอกับจำนวนคน โดยไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของจำนวนคนที่ที่พักอาศัยในชั้นนั้นๆ ซึ่งสามารถที่จะรองรับจำนวนคนที่ติดค้างที่เวลาการอพยพภายใน 5 นาที จากผลการจำลอง เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยมีเวลาในการอพยพเพิ่มขึ้น และป้องกันไม่ให้ผู้อยู่อาศัยได้รับอันตรายจากควันไฟ และก๊าซพิษ

3) การติดตั้งป้ายทางออกฉุกเฉินหรือป้ายทางหนีไฟ และ ไฟฟ้าฉุกเฉิน ตามแนวทางเดินและบันไดทางลง ให้ครอบคลุมและชัดเจนทั้ง 2 ทางออก โดยจากผลการจำลองการอพยพ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปที่ 3 นาที คนส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณบันไดของทั้ง 2 บันได ดังตารางที่ 9 และตารางที่ 11 โดยตำแหน่งในการติดตั้ง คือ ตรงทางแยกของแต่ละชั้น บริเวณทางลงบันไดของทั้ง 2 บันได และทางออกสู่บันไดในแต่ละชั้นด้วย

4) การกำหนดจำนวนผู้อยู่อาศัยให้เหมาะสมกับขนาดของอาคาร และ องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการอพยพของอาคารชุดพักอาศัย ซึ่งสามารถดำเนินการได้การออกแบบและก่อสร้างอาคาร และหากเป็นอาคารที่มีการก่อสร้างแล้ว เจ้าของหรือผู้ที่มีหน้าที่ในการดูแลอาคารต้องมีการกำหนดจำนวนคนที่เข้าใช้อาคารให้เหมาะสมกับความจุขององค์ประกอบของทางหนีไฟ โดยการจัดให้มีระบบการตรวจนับจำนวนคนที่เข้าใช้อาคารเป็นประจำทุกเดือน ซึ่งจะให้ทราบจำนวนผู้พักอาศัยที่แน่นอนได้ และสามารถที่จะจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับช่วยชีวิตสำหรับกรอพยพให้เพียงพอได้ เช่น ถูกันไฟ หน้ากากกันไฟ หรือหน้ากากออกซิเจน หากเกิดเหตุเพลิงไหม้ขึ้น รวมถึงสามารถเตรียมแผนการอพยพที่เหมาะสมกับจำนวนคนในอาคารได้ด้วย

### ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยการจำลองการอพยพคนออกจากอาคารชุดพักอาศัย ขนาดกลาง โดยใช้โปรแกรม FDS + Evac โดยผลการจำลองการอพยพที่ได้ทำให้ทราบข้อบกพร่องของการอพยพคนออกจากอาคารในขั้นตอนของการออกแบบอาคารได้ และสามารถที่จะใช้เป็นแนวทางในการเสนอแนวทางหรือมาตรการป้องกันแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับการอพยพออกจากอาคารชุดพักอาศัยได้ดังนี้

1. การออกแบบและติดตั้งระบบป้องกันเพลิงไหม้ให้ครอบคลุมพื้นที่ของอาคารชุดพักอาศัย กำหนดให้มีการตรวจสอบอาคารเป็นประจำทั้งอาคารที่มีการก่อสร้างมานานแล้วและอาคาร

ที่จะดำเนินการก่อสร้าง รวมถึงติดตั้งระบบสนับสนุนที่เกี่ยวกับการอพยพอื่นๆ เช่น หน้ากากกันไฟ ถูกันไฟ ในพื้นที่เสี่ยง ซึ่งสามารถที่จะลดอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ที่อยู่อาศัย หรือผู้อพยพได้

2. การออกแบบอาคารชุดพักอาศัย ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอาคารที่เกี่ยวข้องกับการอพยพคนออกจากอาคาร ได้แก่ จำนวนทางออก ทางเดินร่วมไปสู่ทางออก ขนาดของประตูหนีไฟ ให้มีขนาดที่เพียงพอต่อปริมาณคนที่พักอาศัย หรือใช้สอยอาคารนั้น

3. เป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงอาคารชุดพักอาศัยที่มีการก่อสร้างแล้วเสร็จ ซึ่งการไม่สามารถที่จะกำหนดจำนวนคนที่เข้ามาใช้สอยอาคารที่แน่นอนได้นั้น ดังนั้นจึงไม่สามารถทราบได้ว่าองค์ประกอบของอาคารที่เกี่ยวข้องกับการอพยพมีความเหมาะสมกับจำนวนคนที่เข้ามาใช้สอยอาคารหรือไม่ ซึ่งการจำลองการอพยพนี้สามารถที่จะกำหนดจำนวนคนที่เข้าอยู่อาศัยภายในอาคารและสามารถอพยพออกจากอาคารได้โดยปลอดภัย

4. ผลการศึกษาวิจัยในการใช้โปรแกรมการจำลองด้านพลศาสตร์อัคคีภัย และการจำลองอพยพ (FDS+Evac) นั้น มีประโยชน์อย่างมากในการนำมาวิเคราะห์ พฤติกรรมของคนในการอพยพหนีไฟ ออกจากอาคาร ในการออกแบบอาคารอื่นๆ ที่มีจำนวนผู้อยู่อาศัยหรือผู้ใช้อาคารนั้นเป็นจำนวนมาก โดยสามารถกำหนดคุณลักษณะของคนที่อยู่ภายในอาคารได้ เช่น เพศ อายุ เป็นต้น ซึ่งสถาปนิก หรือวิศวกรผู้ออกแบบอาคาร สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือการออกแบบอาคารที่จะก่อสร้างได้

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- เกชา ชีระโกเมน. 2545. ปัญหาในการจัดระบบการป้องกันอัคคีภัยสำหรับอาคาร, น 1-53. เกชา ชีระโกเมน และ โสภณ เหล่าสุวรรณ, บรรณาธิการ ประสพการณ์วิศวกรรมงานระบบ ระบบป้องกันอัคคีภัย. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.
- เกชา ชีระโกเมน. 2542. การปรับปรุงอาคารเพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากอัคคีภัย. แหล่งที่มา: <http://www.se-ed.net/winyou/aticle04/firep.htm> 15 กรกฎาคม 2549
- คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย. 2545. มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย. 2545. มาตรฐานการควบคุมควันไฟ. พิมพ์ครั้งที่ 1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- ณัฐกรณ์ เสถฐัตต์. 2546. เรื่องโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยจำลองสถานการณ์ การหนีไฟภายในอาคารโดยใช้บันไดหนีไฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิวัฒน์ ศิริกุล. 2542. การศึกษาเวลาในการหนีไฟภัยในอาคาร - กรณีประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พันธุ์พร นรพัลลภ. 2546. ความปลอดภัยในการป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากอัคคีภัยของอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ.
- พิชฎะ จันทรานุกวัฒน์. 2547. กฎหมายควบคุมอาคารแบบเชิงประสิทธิผล. น. 18-19 เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ ครั้งที่ 1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.

มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยประเทศญี่ปุ่น. 2546. คู่มือด้านเทคนิคสำหรับการออกแบบระบบ  
ป้องกันอัคคีภัย.

วิฑูรย์ ภูวสุนทรเสธ. 2549. โปรแกรมออกแบบทางหนีไฟของอาคาร ตามมาตรฐาน NFPA.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2550. กรุงเทพมหานคร. ค้นเมื่อ 11 เมษายน 2550, จาก  
<http://th.wikipedia.org>.

สุทัส จุฬามณี. 2544. เรื่องการอพยพคนลงจากอาคารสูง. เซฟตี้ไลฟ์แมกซีน 45: 40-50.

อัศวิน นววงศ์. 2546. เรื่องโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจำลองสถานการณ์ วิเคราะห์และ  
ประเมินการหนีไฟภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิสระ บุญยัง. 2549. สถานการณ์ตลาดที่อยู่อาศัยในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. วารสาร  
ธนาคารอาคารสงเคราะห์ 46:24-27.

Associated Fire Protection. 2006. How Fire Burn: **Fire Protection Basics**. Available Source:  
<http://www.associatedfire.com/howfiresburn>, Feb 25, 2006.

Hinkley, P. L. 1995. **Smoke and Heat Venting**. The SFPE Handbook of Fire Protection  
Engineering, 2nd ed. National Fire Protection Association, One Batterymarch Park,  
Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.

Helbing. 1995. **Social Force model for pedestrian dynamics**. VTT Technical Research Centre  
of Finland. Available Source: <http://www.fds-smv.net/>, august 26, 2007

Kandola, B. S. 1978. **Aerodynamic**. Journal of Industry, 3, 267.

- Kandola, B. S. 1995. **Introduction to Mechanics of Fluids**. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd, National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.
- Klote, J. H. 1995. **Smoke Control**. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd ed., The National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101 Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.
- Kandola, B. S. 1978. Aerodynamic. **Journal of Industry**, 3, 267.
- Kandola, B. S. 1995. **Introduction to Mechanics of Fluids**. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd, National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101, U.S.A.
- Klote, J. H. 1995. **Smoke Control**. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd ed.
- Latane and Darley. 1995. **The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 2nd ed. National Fire Protection Association**, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101,U.S.A.
- Levin. 1995. **The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 2<sup>nd</sup> ed.** National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101,U.S.A.
- MacLennan. 1995. **The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 2<sup>nd</sup> ed.** National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101,U.S.A.
- National Fire Protection Association. 1998. **NFPA 92A Recommended Practice for smoke control system**. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

National Fire Protection Association. 1999. **NFPA 72 National Fire Alarm Code 1999**

**Edition.** National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

National Fire Protection Association. 2002. **NFPA 550 Guide to the Fire Safety Concepts**

**Tree 2002 edition.** National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

National Institute of Standards and Technology. 2004. **Fire Dynamic Simulator (FDS) and**

**Smoke view.** (Computational Fluid Dynamics Model).

Ozel. 1995. **The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 2<sup>nd</sup> ed.** National Fire

Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA 02269-9101,U.S.A.

Occupation Safety and Health Administration OSHA). 2003. **Emergency Exit Routes Fact**

**sheet, U.S. Department of Labor .** เซฟตี้ไลฟ์แมกซีน.

Petterson, N. M. 2002. **Assessing the Feasibility of Reducing the Grid Resolution in FDS**

**Field Modeling.** M.E. thesis, Canterbury University.

Quintiere, J. G. 1998. **Principles of Fire Behavior.** Thomsom Learning, Inc., United States of America.

Ron Cote,P.E. and Gregory E. Harrington P.E. 2006. **NFPA 101 Life Safety Code Hand Book.**

2006 Edition, National Fire Protection Association.

Thermex- FR. 2005 Eliminating just one of these element will kill the fire. **How Thermex - FR**

**Work.** Available Source: <http://www.thermexfr.com/credentials>, Feb 25, 2006.

Walter, W. J. 2004. **CFAST–Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport**

**(Version 5) Technical Reference Guide.** (Computer Program). Fire Research Division Building and Fire Research Laboratory.

Korhonen and Hostikka. 2007. **FDS+Evac Technical Reference + User's Guide**. VTT

Technical Research Centre of Finland. Available Source: <http://www.fds-smv.net/>, august

26, 2007

**ภาคผนวก**

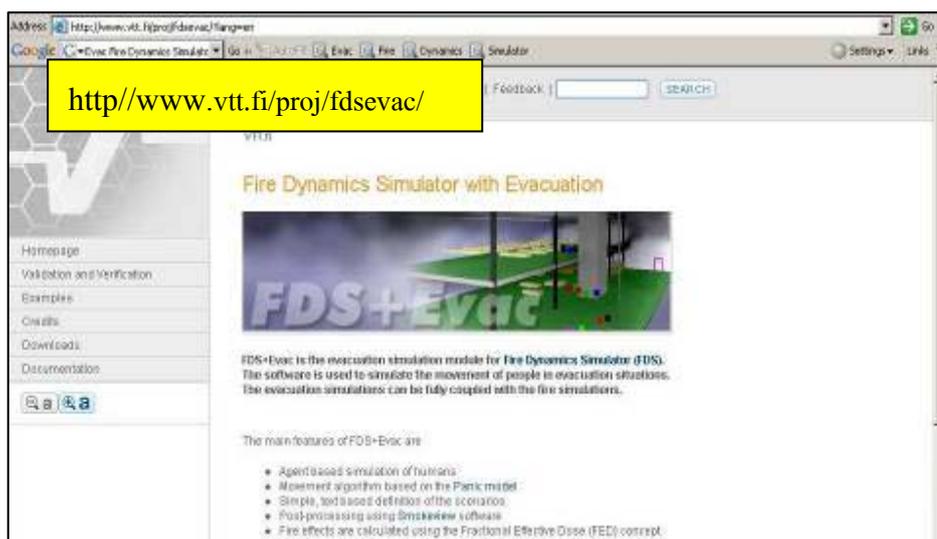
### ภาคผนวก ก

รายละเอียดขั้นตอนการติดตั้งและการใช้งานโปรแกรม FDS + Evac และขั้นตอนการจัดทำ  
แบบจำลองการอพยพ

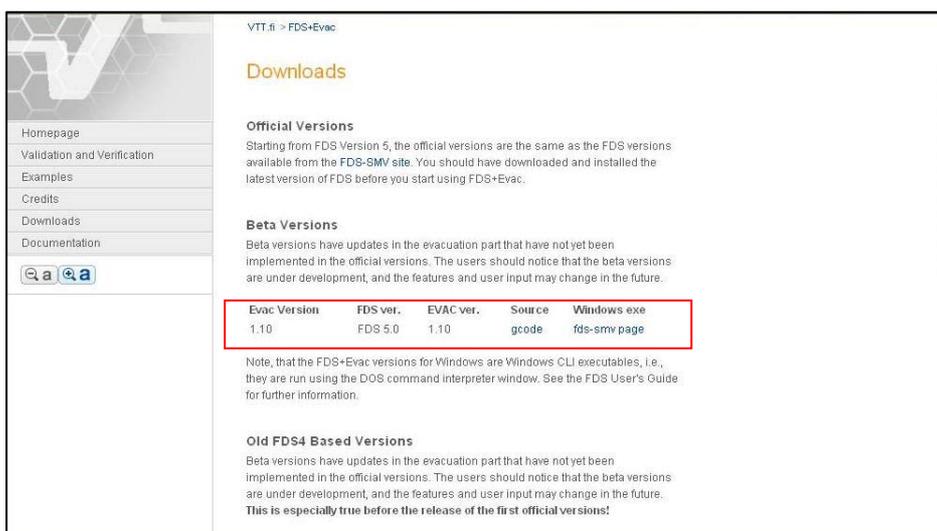
## 1. ขั้นตอนการติดตั้งและการทำงานของโปรแกรม FDS+Evac

### 1.1 การ Download โปรแกรม FDS+Evac (FDS-SMV files.)

ขั้นตอนที่ 1 เข้าเว็บไซต์ [www.vtt.fi/proj/fdsevac/](http://www.vtt.fi/proj/fdsevac/) และทำการ Download

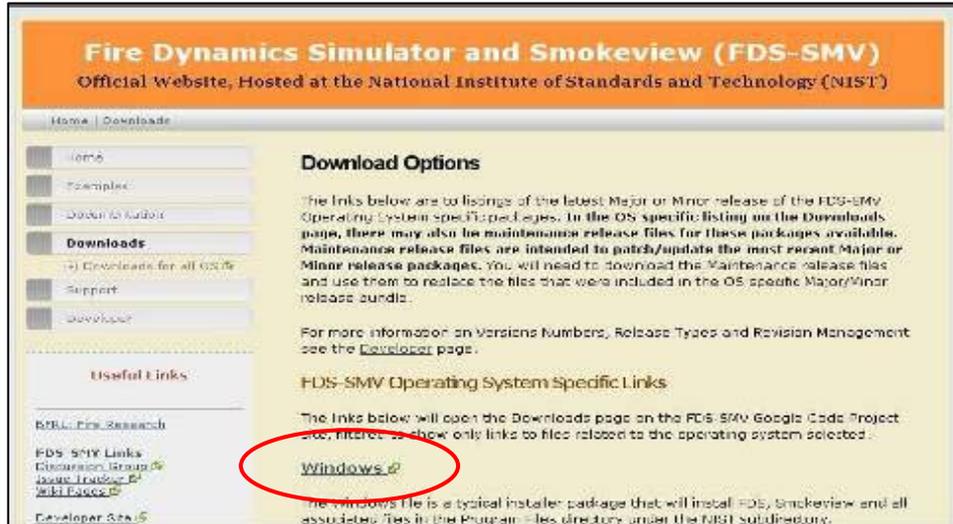


ขั้นตอนที่ 2 เลือก FDS 5.0 beta versions.



ขั้นตอนที่ 3 เข้าสู่ลิ้งค์ FDS-SMV Operating system specific links แล้วคลิกเลือก

Windows

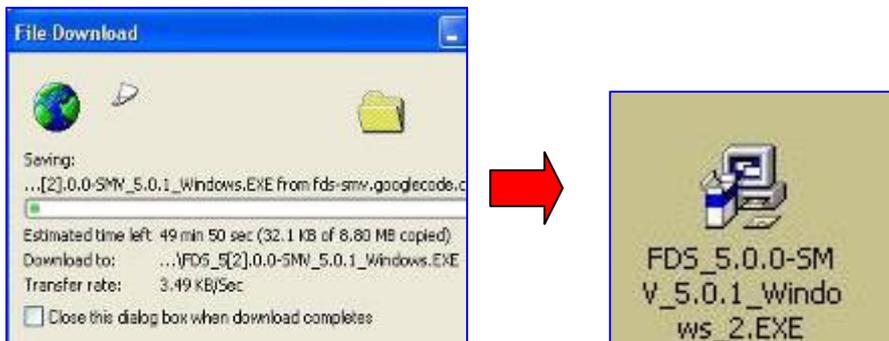


ขั้นตอนที่ 4 เลือก FDS5.0.0-SMV5.0.1 Windows.EXE เพื่อทำการ Download Files



ขั้นตอนที่ 5 หลังจากการ Download ไฟล์ FDS+SMV จะได้แอปพลิเคชันลิ้งค์

FDS\_5.0.0-SMV\_5.0.1\_Windows.EXE



## 1.2 โปรแกรม EVAC files (Evacuation)

ขั้นตอนที่ 1 เข้าเว็บไซต์ [www.vtt.fi/proj/fdsevac/?lang=en](http://www.vtt.fi/proj/fdsevac/?lang=en) เลือก fds406evac100b.exe หรือ Version ล่าสุด

Old FDS4 Based Versions					
Beta versions have updates in the evacuation part that have not yet been implemented in the official versions. The users should notice that the beta versions are under development, and the features and user input may change in the future. <b>This is especially true before the release of the first official versions!</b>					
Version	Date	FDS ver.	EVAC ver.	Source	Windows exe
4.06_1.00beta	Sep 21, 2006	FDS 4.06	1.00 beta		<a href="#">fds406evac100b.exe</a>
4.06_1.00beta	Aug 22, 2006	FDS 4.06	1.00 beta		<a href="#">fds406evac100b.exe</a>
Note, that the FDS+Evac versions for Windows are Windows CLI executables, i.e., they are run using the DOS command interpreter window. See the User's Guide for further information.					

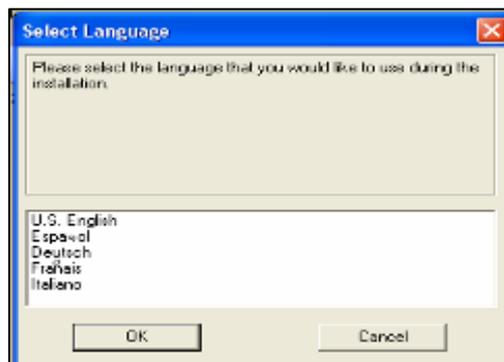
ขั้นตอนที่ 2 หลังจากการ Download เสร็จแล้วจะได้ไฟล์ fds406evac100b.exe



## 1.3 การติดตั้งโปรแกรม FDS+Evac เพื่อใช้งาน

1.) ไฟล์ FDS\_5.0.0-SMV\_5.0.1\_Windows.EXE

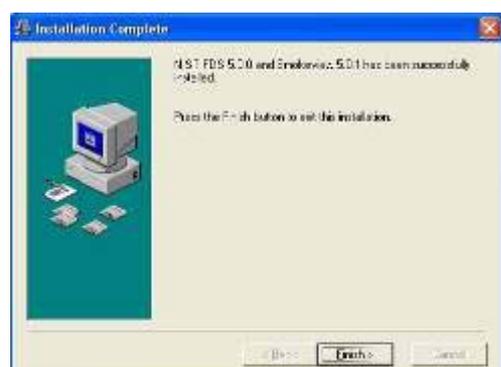
ขั้นตอนที่ 1 เลือกไอคอน FDS\_5.0.0-SMV\_5.0.1\_Windows.EXE จะปรากฏ  
หน้าต่าง เลือกภาษา และคลิกเลือก Next



ขั้นตอนที่ 2 ระบุปลายทางที่จะติดตั้งโปรแกรม โดยกำหนดให้เป็นที่ไดร์ C  
โปรแกรมจะเริ่มทำการติดตั้ง เมื่อยืนยันเลือก Next



ขั้นตอนที่ 3 หลังจากเสร็จสิ้นการติดตั้งแล้วเสร็จเลือก Finish เสร็จสิ้นการติดตั้ง



#### ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบการติดตั้งโปรแกรมเข้า Start Menu



#### 2.) การติดตั้งไฟล์ fds406evac100b.exe

##### ขั้นตอนที่ 1 Start Menu เลือก Task Bar เข้า Run program แล้วพิมพ์ cmd



ขั้นตอนที่ 2 นำไฟล์ fds406evac100b.exe และ ไฟล์ข้อมูลแบบจำลอง(ชุดคำสั่งแบบจำลองอาคารชุด) จัดทำในรูปแบบของ Text Files และ Save Files โดยให้นามสกุลเป็น xxxx.data โดยนำไปเก็บไว้ใน Folder เดียวกัน ที่ไดรฟ์ C ของเครื่องจากนั้นเรียกรูปแบบคำสั่งจาก Dos Mode

```

C:\WINDOWS\System32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Zeroith.DEC-2007>cd \

C:\>cd evac

C:\evac>dir
Volume in drive C is DEC2005
Volume Serial Number is 8496-17A5

Directory of C:\evac

01/06/2008  07:49 PM    <DIR>          .
01/06/2008  07:49 PM    <DIR>          ..
01/06/2008  12:03 AM             30,332  ex10.data
11/15/2007  12:11 PM      2,695,168  fds406evac100b.exe
                2 File(s)      2,725,500 bytes
                2 Dir(s)    9,741,832,192 bytes free

```

#### 1.4 การประมวลผลโดยโปรแกรม FDS+Evac

ขั้นตอนที่ 1 เรียกรูปแบบคำสั่งจาก Dos Mode คือ fds406evac100b.exe (Fds406evac100b.exe < ไฟล์ข้อมูล (นามสกุล .data) แล้วทำการ Run โปรแกรม โดยระยะเวลาในการ Run นั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนชุดข้อมูลที่เขียน และขนาดของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ Run

```

C:\evac>fds406evac100b < ex10.data
NIST Fire Dynamics Simulator
Compilation Date: September 7, 2005
Version Number : 4.06

Job TITLE      : Fds4Evac100beta ino 10a tau=1.0s
Job ID string: fdsevac_imo10a

UTT FDS+Evac Evacuation Module:
EVAC: Compilation Date: September 21, 2006
EVAC: Version Number : 1.00b

EVAC: No FED File: fdsevac_imo10a_evac.fed, FED and soot not used
EVAC: EFF File: fdsevac_imo10a_evac.eff is (re)calculated

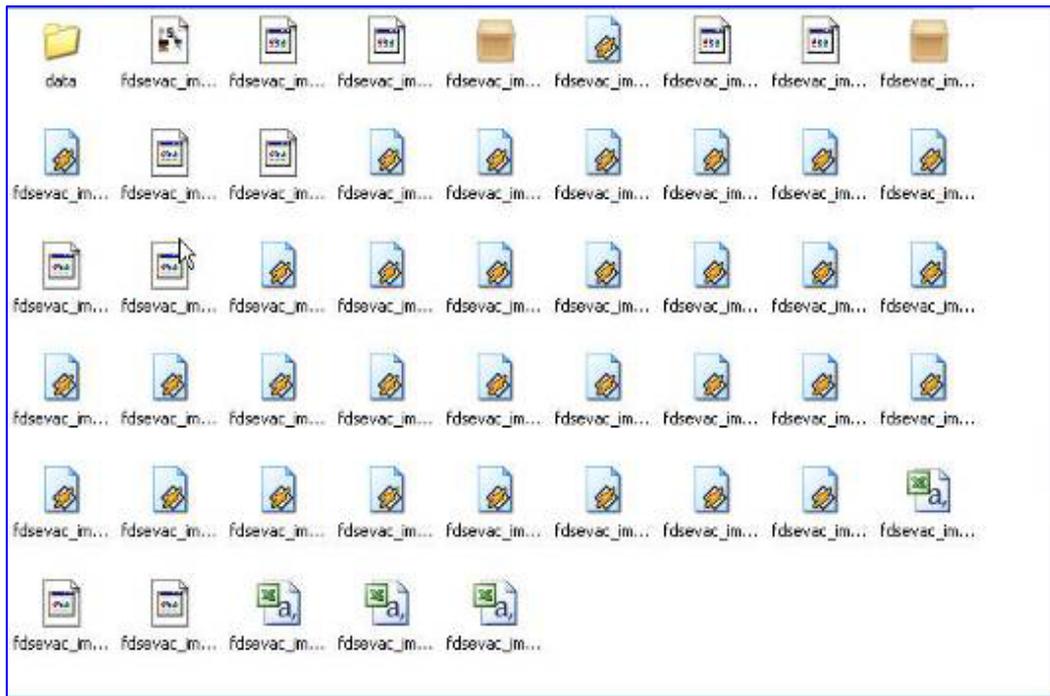
EVAC: Time      0.00 mesh 1 number of humans 23

EVAC: Initial positions of the humans
person  x      y      z      Type      dia      v0      tau
1      1.27      7.39      1.00      1.00      0.548      1.522      0.988
2      0.60      7.54      1.00      1.00      0.571      1.327      1.138
3      5.30      8.99      1.00      1.00      0.558      1.091      0.926
4      3.51      9.59      1.00      1.00      0.536      1.509      1.109
5      7.82      7.23      1.00      1.00      0.554      1.601      1.162
6      9.33      8.95      1.00      1.00      0.579      1.369      0.874
7      10.18      8.32      1.00      1.00      0.578      1.536      0.831
8      13.64      8.74      1.00      1.00      0.547      1.247      0.985
9      14.24      7.79      1.00      1.00      0.502      1.522      1.120
10     16.77      9.63      1.00      1.00      0.579      1.482      1.013
11     17.50      9.89      1.00      1.00      0.538      1.242      0.996
12     1.95      1.20      1.00      1.00      0.534      1.194      1.116
13     0.33      2.10      1.00      1.00      0.526      1.487      0.879
14     4.22      2.04      1.00      1.00      0.579      1.295      1.029
15     3.29      1.83      1.00      1.00      0.557      1.490      1.051
16     6.24      2.77      1.00      1.00      0.522      1.517      0.838
17     7.66      2.10      1.00      1.00      0.572      1.200      0.875
18     9.74      2.26      1.00      1.00      0.558      0.971      1.171
19     10.69      1.42      1.00      1.00      0.557      1.124      0.994
20     12.99      1.96      1.00      1.00      0.535      0.925      1.187
21     13.38      3.90      1.00      1.00      0.559      1.391      1.184
22     13.19      2.59      1.00      1.00      0.506      1.267      1.079
23     15.77      3.69      1.00      1.00      0.574      1.271      0.942

Iteration: 1200, Simulation Time: 60.00 s
Iteration: 1300, Simulation Time: 65.00 s
Iteration: 1400, Simulation Time: 70.00 s
Iteration: 1500, Simulation Time: 75.00 s
Iteration: 1600, Simulation Time: 80.00 s
Iteration: 1700, Simulation Time: 85.00 s
Iteration: 1800, Simulation Time: 90.00 s
Iteration: 1900, Simulation Time: 95.00 s
Iteration: 2000, Simulation Time: 100.00 s
Iteration: 2001, Simulation Time: 100.00 s
STOP: FDS completed successfully

```

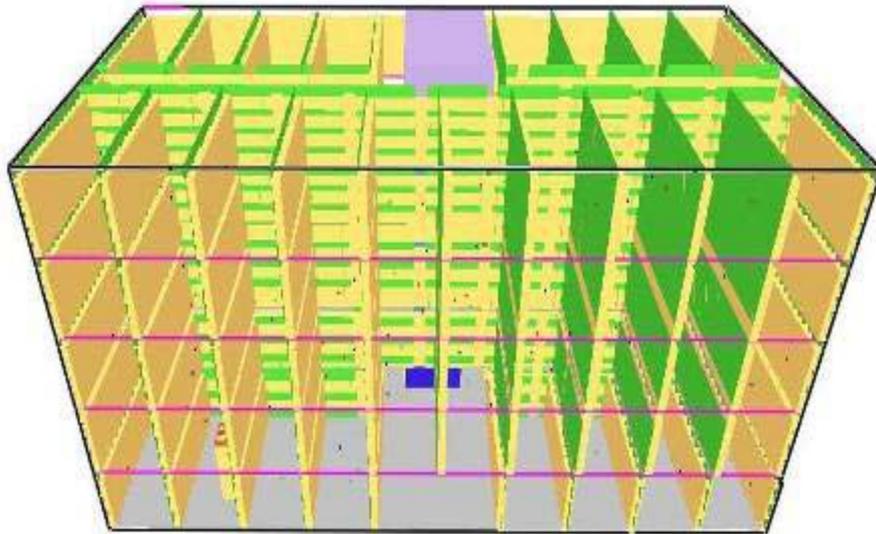
ขั้นตอนที่ 2 หลังจาก Run โปรแกรม Completed แล้วผลการ Run จะได้ไฟล์ต่างๆ มากมาย ซึ่งเราจะใช้ไฟล์อยู่ 2 ประเภท ด้วยกัน คือ



ก. รูปแบบไฟล์ xxxx.csv คือ 'ไฟล์แสดงผลการ Simulate' โดยจะแสดงออกมาในรูปของไฟล์ที่เป็น Excel Files

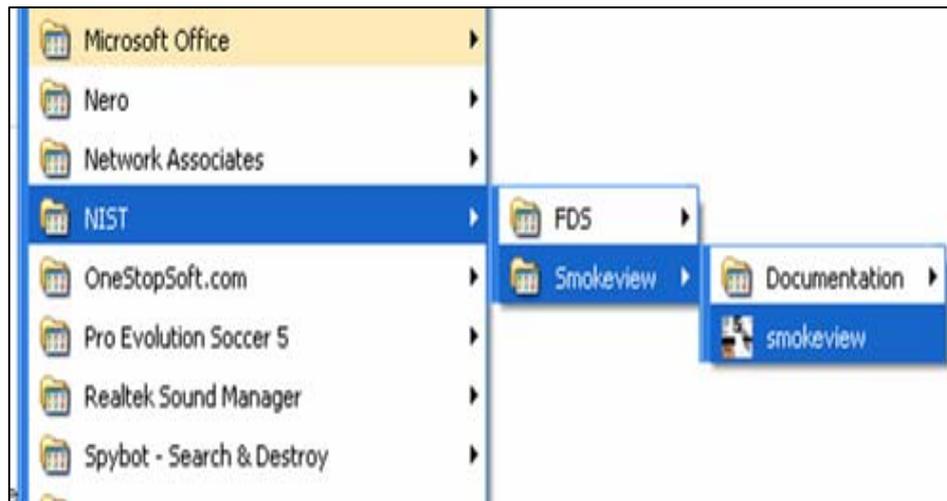
Time	Humans Inside	Floor Inside	Exit Counter	Exit Counter
s	All Nodes	PP1stFloor	Exit1	Exit2
0.00E+00	23	23	0	0
1.00E+00	23	23	0	0
2.00E+00	23	23	0	0
3.00E+00	23	23	0	0
4.00E+00	23	23	0	0
5.00E+00	23	23	0	0
6.00E+00	23	23	0	0
7.00E+00	23	23	0	0
8.00E+00	23	23	0	0
9.00E+00	23	23	0	0
1.00E+01	22	22	1	0
1.10E+01	22	22	1	0
1.20E+01	22	22	1	0
1.30E+01	21	21	2	0
1.40E+01	20	20	3	0
1.50E+01	20	20	3	0
1.60E+01	18	18	5	0
1.70E+01	17	17	6	0
1.80E+01	16	16	7	0
1.90E+01	15	15	8	0
2.00E+01	14	14	9	0
2.10E+01	13	13	10	0
2.20E+01	13	13	10	0
2.30E+01	12	12	11	0
2.40E+01	11	11	12	0
2.50E+01	10	10	13	0
2.60E+01	10	10	13	0
2.70E+01	10	10	13	0

ข. รูปแบบไฟล์ xxxx.smv จะผลแสดงในรูปแบบกราฟิก

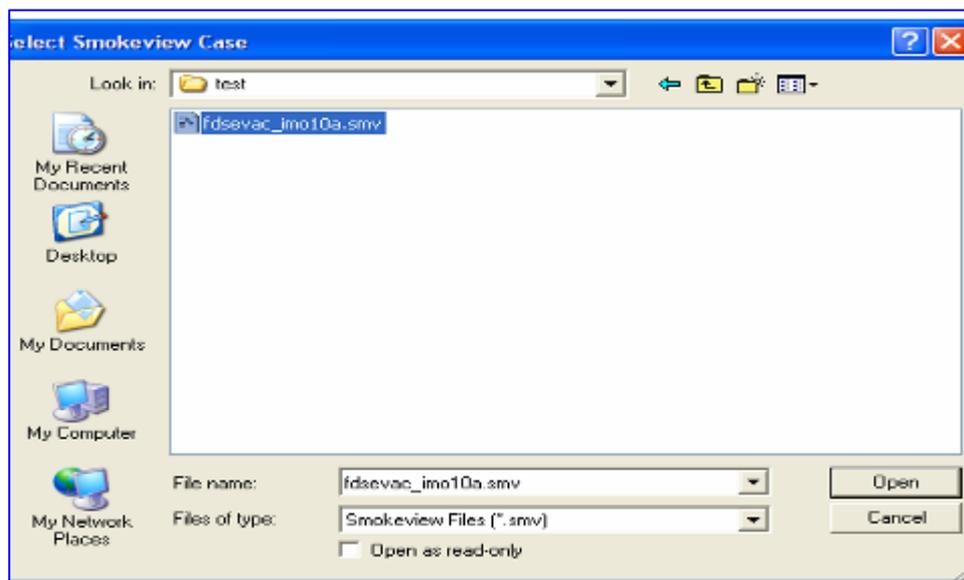


### 1.5 การใช้งานโปรแกรม FDS-SMV

ขั้นตอนที่ 1 เรียกโปรแกรม SMV ขึ้นมาใช้งานจาก Start Menu



ขั้นตอนที่ 2 เข้าหน้าต่าง Select Smoke View Case จะปรากฏขึ้นมา เลือกไฟล์ xxx.smv ที่ต้องการ

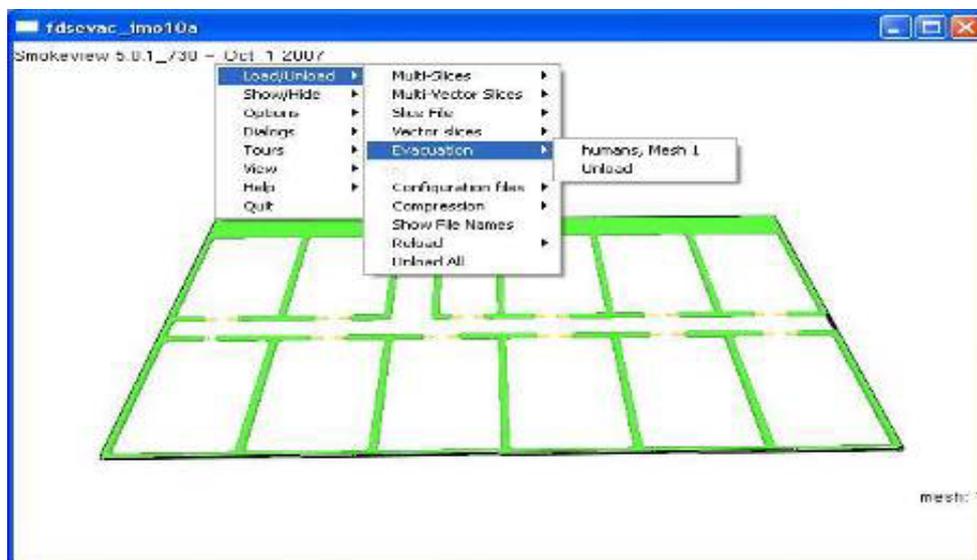


ขั้นตอนที่ 3 หน้าต่างกราฟิกจะปรากฏขึ้นคลิกขวาจะแสดงเมนู ให้เลือกการใช้งาน ในลักษณะต่างๆ ซึ่งเมนูต่างๆ จะเหมือนกับโปรแกรม Smoke View ในเวอร์ชันก่อนหน้า

Load/Unload

└ Evacuation

└ Humans, Mesh 1

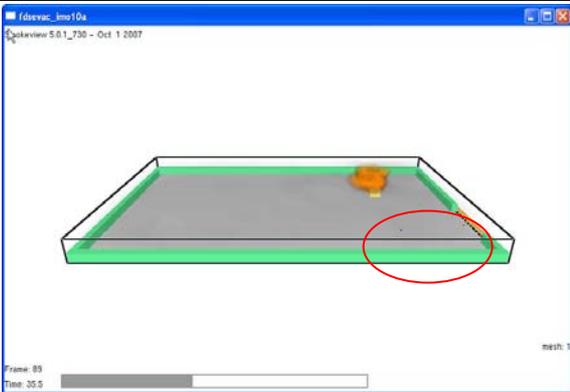
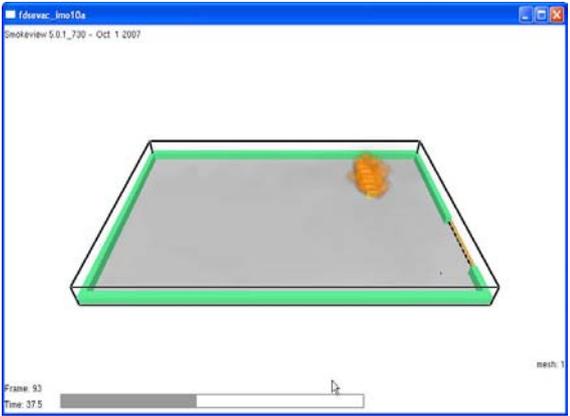


## 2. ขั้นตอนการศึกษาการจัดทำแบบจำลองการอพยพ

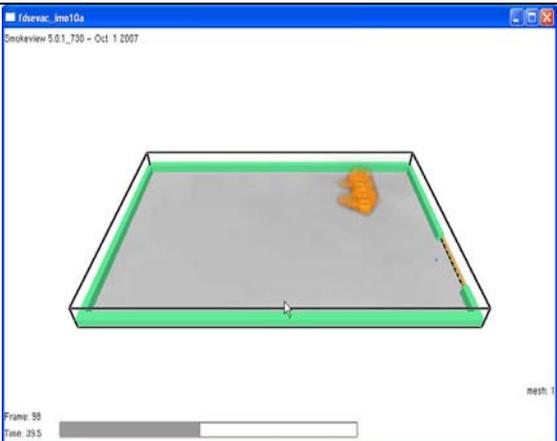
หลังจากที่ได้ศึกษาการติดตั้งและการใช้งานโปรแกรม FDS+ Evac ตามข้อ 1 จากนั้นทำการกำหนดขั้นตอนในการศึกษาการจัดทำแบบจำลองการอพยพ จากอาคารชุดพักอาศัย ก่อนที่จะจัดทำแบบจำลองการอพยพจากอาคารชุดพักอาศัยตามข้อกำหนด ได้ดังนี้

1. ศึกษาพฤติกรรมการอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในห้อง 3 คน โดยแบ่งตามลักษณะของคน โดยกำหนดให้ผู้ชายแทนด้วยจุดสีแดง ผู้หญิงสีเขียว และเด็กสีน้ำเงิน และจำลองการเกิดเพลิงไหม้ขึ้นภายในห้อง โดยผลการอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในห้อง ดังตารางที่ ก1 และภาพที่ ก1

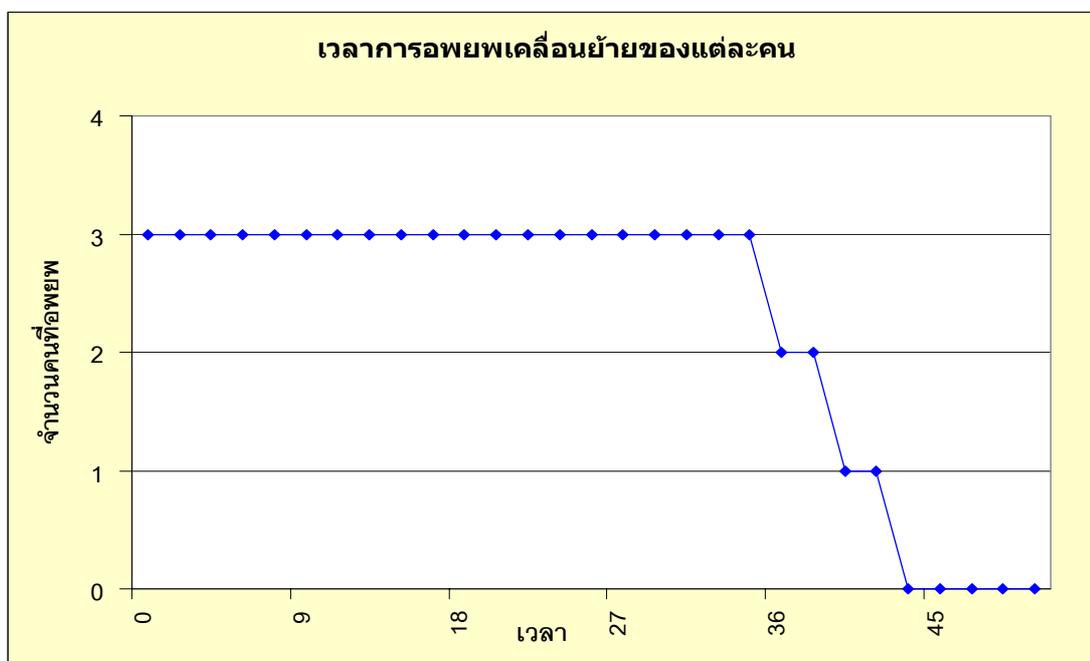
ตารางผนวกที่ ก1 ผลการจำลองการอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในห้องที่เกิดเพลิงไหม้

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในห้อง	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	35 วินาที	หลังจากที่เกิดเพลิงไหม้ คนที่อยู่ในห้องเคลื่อนที่ พยายามหาทางออก โดยคนแรกที่สามารถออกจากห้องได้เป็นผู้ชาย โดยใช้เวลา 35 วินาที ในการค้นหาทางออก
	37 วินาที	คนที่ 2 ที่สามารถออกจากห้องได้เป็นผู้หญิงใช้เวลา 37 วินาที

## ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในห้อง	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	39.5 วินาที	คนสุดท้ายที่สามารถ เคลื่อนย้ายออกจากห้องได้ เป็นเด็ก โดยคนทั้ง 3 คนใช้ เวลาเคลื่อนย้าย หาทางออก จากห้องทั้งสิ้น 39.5 วินาที

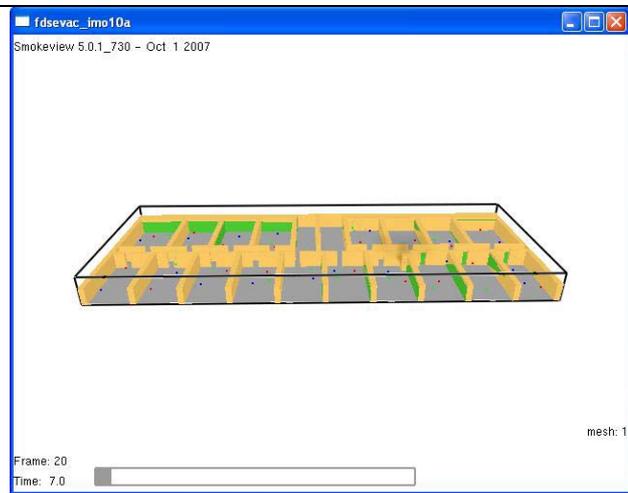
สรุปผลการจำลอง การอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในห้อง 3 คนภายในห้องที่จำลองเหตุเพลิงไหม้ขึ้น โดยคนที่อยู่ภายในห้องสามารถอพยพเคลื่อนย้ายออกจากห้องได้ในเวลา 40 วินาที โดยเป็น ผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก ตามลำดับ ดังภาพที่ ก1



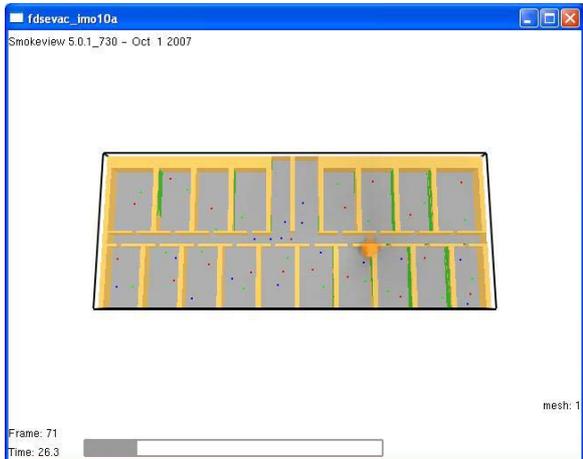
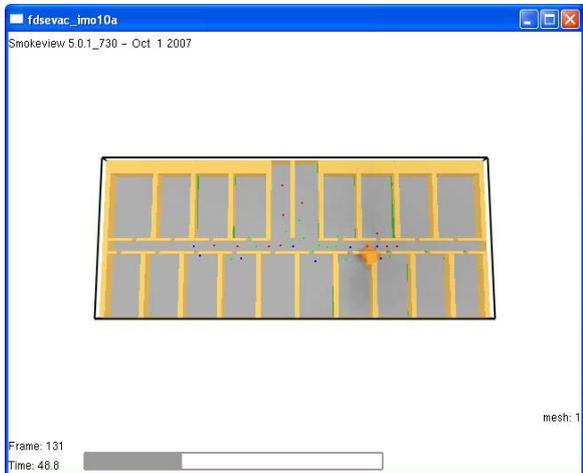
ภาพผนวกที่ ก1 การอพยพเคลื่อนย้ายของคนภายในห้อง กรณีจำลองเกิดเพลิงไหม้

3. ผลการศึกษาการจำลองการอพยพคนออกจากอาคาร 1 ชั้น ที่มีทางเดินร่วมมีทางออก 1 ทาง จำนวนคนอพยพทั้งหมด 54 คนกำหนดให้แต่ละห้องประกอบไปด้วยคนอพยพจำนวน 3 คน ประกอบด้วย ผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก ผลการจำลองดังตารางที่ ก2 และภาพผนวกที่ ก2

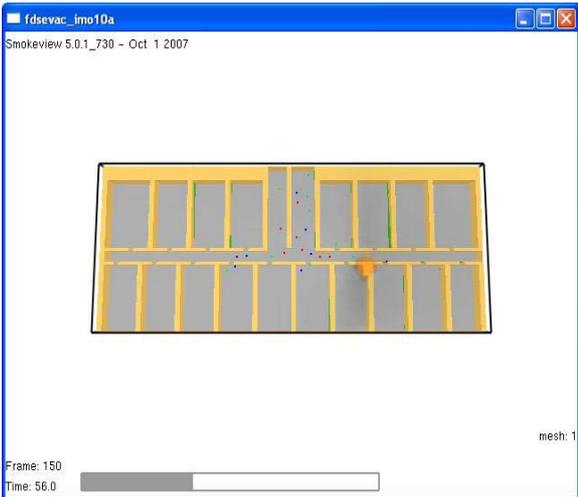
ตารางผนวกที่ ก2 ผลการจำลองการอพยพคนภายในอาคาร 1 ชั้น จำนวนทางออก 1 ทาง

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในห้อง	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	5 วินาที	เพลิงเริ่มลุกไหม้และเกิดกลุ่มควันขึ้น
	10 วินาที	กลุ่มควันเริ่มกระจายไปทั่วบริเวณ กลุ่มคนภายในห้องเริ่มมีการเคลื่อนย้ายออกจากห้อง

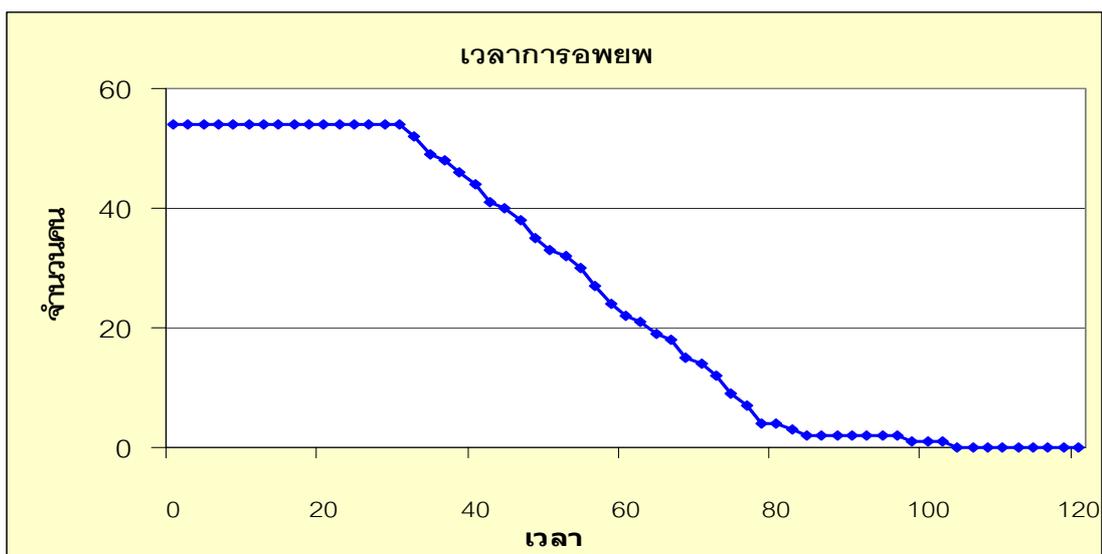
## ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในห้อง	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	15 วินาที	ลักษณะของการลุกไหม้ ภายในห้องที่มีการขยายตัว
	25 วินาที	กลุ่มคนภายในห้องเคลื่อนย้าย ออกจากแต่ละห้องสู่ทางเดิน ร่วมมุ่งหน้าไปยังทางออกที่มี อยู่ทางเดียว บริเวณตรงของ อาคาร
	40 วินาที	กลุ่มคนออกจากห้องหมดทุก ห้องรวมตัวกันอยู่บริเวณ ทางเดิน

## ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในห้อง	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	56 วินาที	กลุ่มคนรวมตัวกันอยู่บริเวณ ทางแยกมุ่งหน้าสู่ทางออก

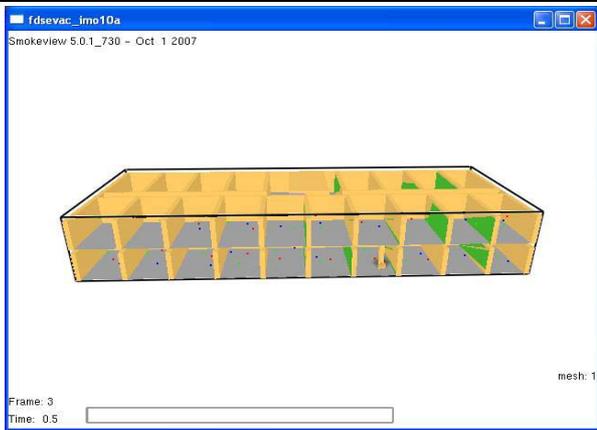
สรุปผลการจำลอง การจำลองการอพยพคนออกจากอาคาร 1 ชั้น ที่มีทางเดินร่วมมีทางออก 1 ทาง จำนวนคนอพยพทั้งหมด 54 คน สามารถอพยพคนออกจากพื้นที่ทั้งหมดได้ภายในเวลาทั้งสิ้น 89 วินาที ดังภาพที่ ก3



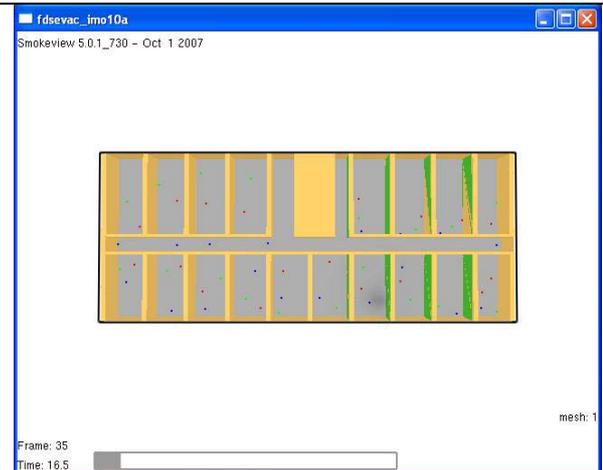
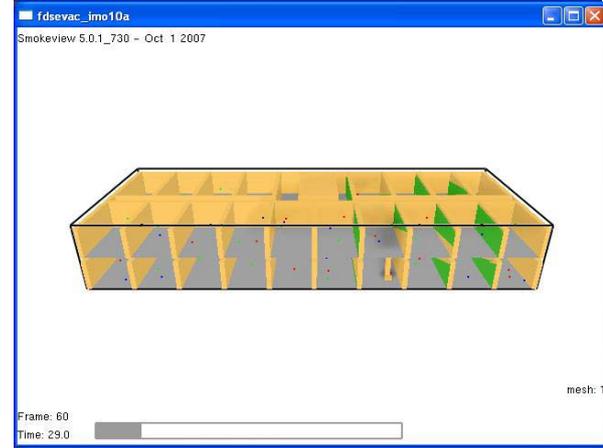
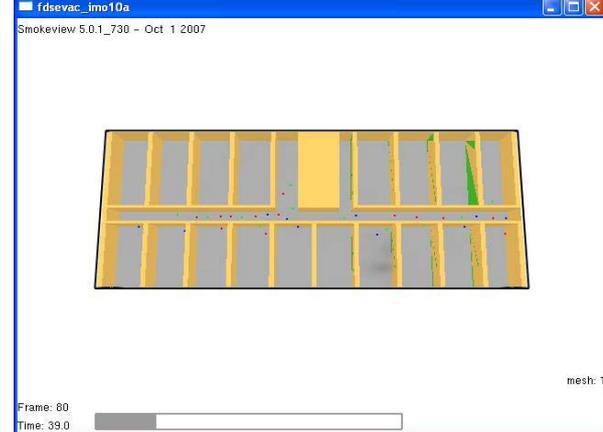
ภาพผนวกที่ ก2 เวลาการอพยพคนภายในอาคาร 1 ชั้น จำนวนทางออก 1 ทาง กรณีเกิดเพลิงไหม้

4. การศึกษาการจำลองการอพยพคนออกจากอาคาร 2 ชั้น ที่มีทางเดินร่วมมีทางออก 2 ทาง จำนวนคนอพยพทั้งหมด 54 คนกำหนดให้แต่ละห้องประกอบไปด้วยคนอพยพจำนวน 3 คน ประกอบด้วย ผู้ชาย ผู้หญิง และเด็ก ผลการจำลองดังตารางที่ ก3 และภาพที่ ก4

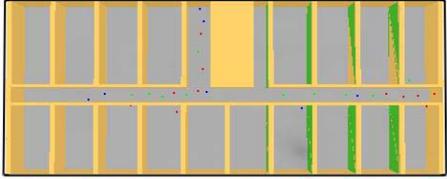
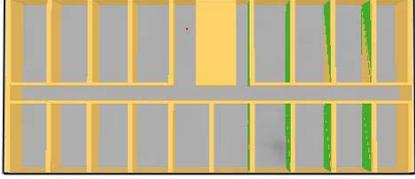
ตารางผนวกที่ ก3 ผลการจำลองการอพยพคนภายในอาคาร 2 ชั้น จำนวนทางออก 2 ทาง

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในห้อง	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	5 วินาที	เพลิงเริ่มเกิดการลุกไหม้ที่ห้อง ภายในห้องชั้นที่ 1
	10 วินาที	คนที่อยู่ภายในอาคารยังไม่มี การอพยพ หรือ เคลื่อนที่ออก จากห้อง

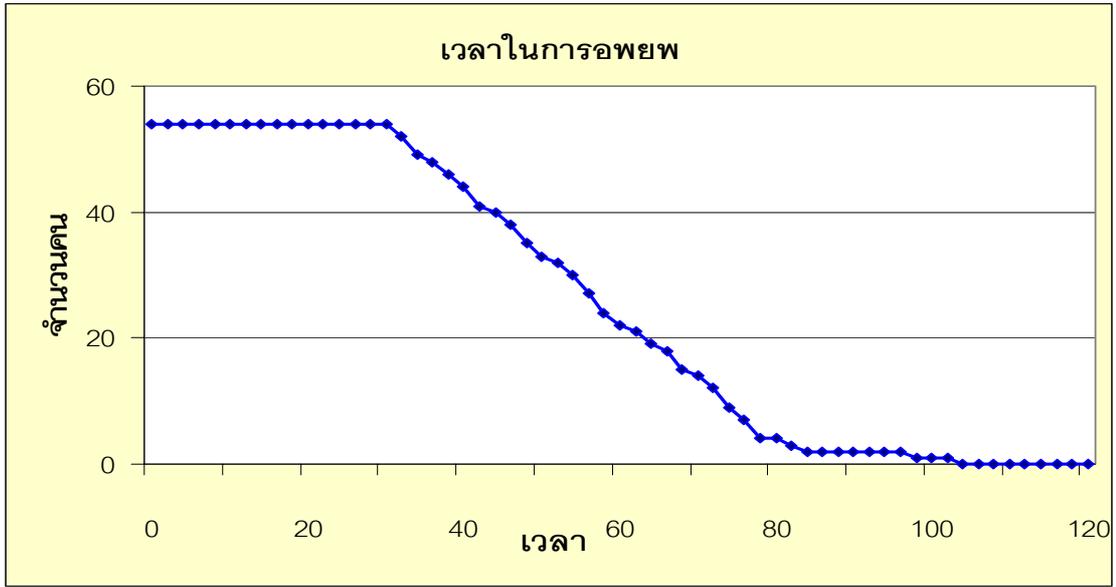
ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในห้อง	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
	15 วินาที	คนที่อยู่ภายในห้องต่างๆเริ่มมีการเคลื่อนที่ออกจากห้องมายังทางเดินและออกจากอาคารไปยังทางออกที่มี 2 ทางออก คือตรงกลาง และด้านซ้ายของตัวอาคาร
	29 วินาที	กลุ่มควันมีปริมาณมากยิ่งขึ้นในขณะที่คนกำลังอพยพออกจากอาคาร
	40 วินาที	คนกำลังเคลื่อนที่อพยพออกจากแต่ละห้องสู่ทางเดินมุ่งสู่ทางออกทั้ง 2 ทาง

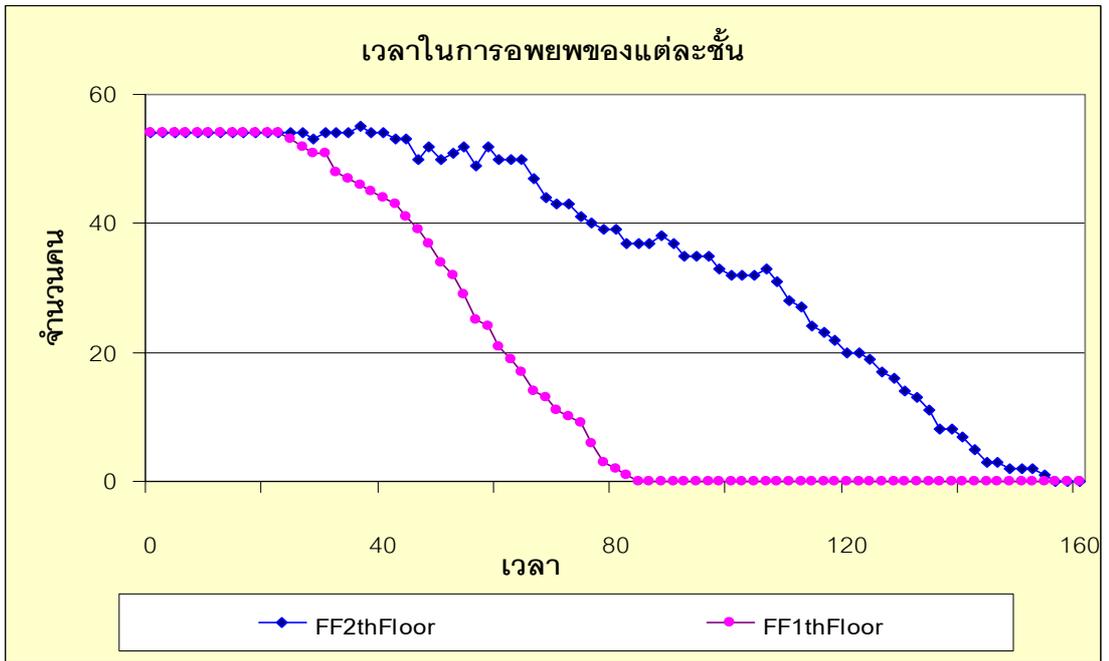
### ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ภาพแสดงการอพยพของคนภายในห้อง	เวลา (วินาที)	คำอธิบาย
 <p>fdsevac_imo10a Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p> <p>Frame: 94 Time: 46.0</p>	46 วินาที	คนกำลังเคลื่อนย้ายออกจากแต่ละห้องหมดทุกห้องสู่ทางเดินมุ่งสู่ทางออกทั้ง 2 ทาง
 <p>fdsevac_imo10a Smokeview 5.0.1_730 - Oct 1 2007</p> <p>Frame: 143 Time: 70.5</p>	143 วินาที	คนสุดท้ายเคลื่อนที่ออกจากอาคาร

สรุปผลการจำลองการจำลองการอพยพคนออกจากอาคาร 2 ชั้น ที่มีทางเดินร่วมมีทางออก 2 ทาง จำนวนคนอพยพทั้งหมด 108 คน สามารถอพยพคนออกจากพื้นที่ทั้งหมดได้ภายในเวลาทั้งสิ้น 143 วินาที ดังภาพที่ ก 3 และ ก 4



ภาพผนวกที่ ก3 เวลาการอพยพคนภายในอาคาร 2 ชั้น จำนวนทางออก 2 ทาง



ภาพผนวกที่ ก4 เวลาการอพยพคนภายในอาคาร 2 ชั้น จำนวนทางออก 2 ทาง

**ภาคผนวก ข**

กฎหมาย มาตรฐาน ที่เกี่ยวข้องกับอาคารชุดพักอาศัย

## 1. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522, 2535

กฎหมาย กฎกระทรวงต่างๆ ของประเทศไทยที่ได้ออกมาบังคับใช้มีอยู่ด้วยกันหลายฉบับที่เกี่ยวข้องกับอาคารในประเภทต่างๆ กัน มาตรฐานความปลอดภัย, คณะกรรมการร่างมาตรฐานความปลอดภัย, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยโดยได้ระบุอาคารที่ต้องมีการตรวจสอบอาคารตามกฎกระทรวงได้แก่อาคารดังต่อไปนี้

- 1) โรงแรมที่มีจำนวนห้องมากกว่า 80 ห้องขึ้นไป
- 2) สถานบริการที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 200 ตารางเมตร
- 3) อาคารชุดหรืออาคารอยู่อาศัยรวม ที่มีพื้นที่ ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตร ขึ้นไป
- 4) อาคารโรงงานที่สูงมากกว่า 1 ชั้น และมีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร
- 5) ป้ายหรือสิ่งที่สูงขึ้นสำหรับติดตั้ง โดยสูงจากพื้นดินตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไป มีพื้นที่ตั้งแต่ 50 ตารางเมตรขึ้นไป หรือหากป้ายที่ติดตั้งบนหลังคา หรือ ฝ้าของอาคาร และมีส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคารที่มีพื้นที่ ตั้งแต่ 25 ตารางเมตร

โดยกฎหมายและมาตรฐานต่างๆ ได้ให้คำจำกัดความของอาคารที่มีลักษณะการใช้สอยอาคารที่เป็นที่ใช้เป็นที่พักอาศัย ดังนี้

อาคารชุด หมายถึง อาคารที่บุคคลสามารถแยกการถือกรรมสิทธิ์ออกได้เป็นส่วน ๆ โดยแต่ละส่วนประกอบด้วยกรรมสิทธิ์ในทรัพย์ส่วนกลาง

อาคารอยู่อาศัยรวม หมายถึง อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นที่อยู่อาศัยสำหรับหลายครอบครัว โดยแบ่งออกเป็นหน่วยแยกจากกันสำหรับแต่ละครอบครัว ซึ่งอาคารชุด คอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนต์ แฟลตหรืออาคารลักษณะเดียวกัน รวมทั้งหอพัก ก็จัดว่าเข้าข่ายเป็นอาคารอยู่อาศัยรวม โดยทั่วไปอาคารอยู่อาศัยรวมที่ก่อสร้างตั้งแต่ 80 ห้อง ก่อนการขออนุญาตก่อสร้างจะต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมให้ผ่านความเห็นชอบเสียก่อน ถ้าเป็นอาคารชุด คอนโดมิเนียมหรือโรงแรม ถือเป็นอาคารประเภทควบคุมการใช้เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จก่อนเปิดใช้ต้องแจ้งให้ท้องถิ่นไปตรวจรับรองการก่อสร้างเสียก่อนด้วย สำหรับอพาร์ทเมนต์ แฟลต หอพักไม่เป็นอาคารประเภทควบคุมการใช้ ข้อแตกต่างอันหนึ่งของหอพักกับอาคารอยู่อาศัย

รวมอื่นก็คือ การก่อสร้างนอกจากจะต้องขออนุญาตก่อสร้างอาคารแล้ว ยังต้องขออนุญาตและปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยหอพักด้วย

อาคารชุดพักอาศัย หมายถึง อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้พักอาศัยสำหรับหลายครัวเรือน โดยใช้ทางขึ้น-ลง ร่วมกัน แต่มีส่วนพักอาศัยเป็นส่วนตัว และพื้นที่ส่วนกลาง สิ่งอำนวยความสะดวกที่ต้องรับผิดชอบร่วมกัน

เฉพาะอาคารชุดตาม พ.ร.บ. อาคารชุด พ.ศ. 2522 ได้บัญญัติให้บุคคลแต่ละคนสามารถแยกการถือกรรมสิทธิ์ในอาคารหลังเดียวกันออกเป็นส่วน ๆ ได้ในลักษณะส่วนของใครก็ของคนนั้นตามความหมายของคำว่า “Condominium” ซึ่งมีความหมายว่า “ของฉันของท่านและของเรา” (mine, yours, and ours) ข้อสำคัญ คือ กฎหมายกำหนดให้กรรมสิทธิ์ในอาคารชุดแต่ละส่วนนั้นประกอบด้วยกรรมสิทธิ์ 2 ชนิดด้วยกัน คือ กรรมสิทธิ์ในทรัพย์สินส่วนบุคคล (Personal Property) และกรรมสิทธิ์ร่วมในทรัพย์สินกลาง (Common Property) หากขาดกรรมสิทธิ์อย่างใดอย่างหนึ่งดังกล่าวไปก็ไม่ถือว่าเป็นอาคารแห่งนั้นเป็นอาคารชุดตามความหมายของ พ.ร.บ. อาคารชุด พ.ศ. 2522 สาละสำคัญของความเป็นอาคารชุดตามความหมายของกฎหมายดังกล่าวอีกประการหนึ่ง คือ ต้องมีการจดทะเบียนเป็นอาคารชุดตามกฎหมาย

อาคารสูง หมายถึง อาคารที่บุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้โดยมีความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นที่ลาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด

อาคารขนาดใหญ่พิเศษ หมายถึง อาคารที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารเป็นที่อยู่อาศัย หรือเป็นที่ประกอบกิจการประเภทเดียวหรือหลายประเภท โดยพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นใดชั้นหนึ่งในหลังเดียวกันตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป

อาคารขนาดใหญ่ หมายถึง อาคารที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารเป็นที่อยู่อาศัย หรือเป็นที่ประกอบกิจการประเภทเดียวหรือหลายประเภท โดยพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นใดชั้นหนึ่งในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตร หรืออาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไป และมีพื้นที่อาคารรวมกันทุกชั้นหรือชั้นใดชั้นหนึ่งในหลังเดียวกันเกิน 1,000 ตารางเมตรแต่ไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึง

พื้นที่ลาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด

อาคารสาธารณะ หมายถึง อาคารที่ใช้ประโยชน์ในการชุมนุมคนได้โดยทั่วไป เพื่อกิจกรรมทางราชการ การเมือง การศึกษา การศาสนา การสังคม การนันทนาการ หรือ การพาณิชย์กรรม เช่น โรงมหรสพ หอประชุม โรงพยาบาล สถานศึกษา หอสมุด สนามกีฬากลางแจ้ง สนามกีฬาในร่ม ตลาด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า สถานบริการ ท่าอากาศยาน อุโมงค์ สะพาน อาคารจอดรถ สถานีรถ ท่าจอดเรือ โป๊ะจอดเรือ สุสาน ฌาปนสถาน ศาสนสถาน เป็นต้น

โรงงาน หมายถึง อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

ภัตตาคาร หมายถึง อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นที่ขายอาหาร หรือ เครื่องดื่ม โดยมีพื้นที่ตั้งโต๊ะอาหาร ไว้บริการภายในอาคารที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 300 ตารางเมตรขึ้นไป

สำนักงาน หมายถึง อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นสำนักงาน หรือที่ทำการที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 300 ตารางเมตร

## 2. มาตรฐานอาคารชุด (ตามข้อกำหนดของการเคหะแห่งชาติ)

### 2.1 พื้นที่ใช้สอยอาคาร

2.1.1 ส่วนพื้นที่ใช้สอยในชีวิตประจำวัน โดยทั่วไปหน่วยพักอาศัยแต่ละหน่วยแบ่งพื้นที่ใช้สอยออกเป็น 2 ส่วน เพื่อใช้สำหรับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน คือ ส่วนมิดชิด (Private Area) เพื่อใช้สำหรับนอนและทำความสะอาดร่างกาย และส่วนอเนกประสงค์ (Multipurpose Area) เพื่อใช้สำหรับรับแขก พักผ่อน ทานอาหาร และประกอบอาหาร

2.1.2 ขนาดพื้นที่ใช้สอยต่ำสุด พื้นที่ใช้สอยต่ำสุด จะต้องมิขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่าที่ระบุดังต่อไปนี้

ก. หน่วยพักอาศัยแต่ละหน่วยที่ประกอบด้วยห้องนอน พื้นที่รวมสำหรับพักผ่อนทานอาหาร ครัว ห้องน้ำ-ส้วม พื้นที่รวมแต่ละหน่วยพักอาศัย สำหรับครอบครัวขนาด 5 คน จะต้องไม่ต่ำกว่า 33.00 ตารางเมตร

ข. ห้องนอนในหน่วยพักอาศัย ให้มีส่วนกว้างหรือยาวไม่ต่ำกว่า 2.50 เมตร กับรวมเนื้อที่พื้นที่ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 9.00 ตารางเมตร

ค. สำหรับส่วนที่ใช้นอนซึ่งไม่ได้ ถัดเป็นห้องให้มีเนื้อที่ไม่น้อยกว่า 5.76 ตารางเมตร ส่วนที่ใช้สำหรับแขก-พักผ่อน-ทานอาหาร ให้มีส่วนกว้างหรือยาวไม่ต่ำกว่า 2.40 เมตร กับรวมเนื้อที่พื้นที่ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 13.00 ตารางเมตร

ง. ในกรณีที่แยกพื้นที่ใช้สอย ให้ส่วนที่ใช้ทานอาหารมีเนื้อที่ไม่น้อยกว่า 7.50 ตารางเมตร และส่วนที่ใช้รับแขก-พักผ่อน ให้มีเนื้อที่ไม่น้อยกว่า 11.20 ตารางเมตร การเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ใช้สอยต่ำสุด (Private Area) จากตารางผนวกที่ ข1

ตารางผนวกที่ ข1 พื้นที่ใช้สอยห้องนอนและห้องน้ำ

Private Area	A	B	C	D
1. ห้องนอนที่ 1	8.97	8.64	9.30	9.00
2. ห้องนอนที่ 2	-	7.20	7.90	9.00
3. ห้องนอนที่ 3	-	5.76	7.00	9.00
4. ห้องน้ำ - ห้องส้วม	2.16	2.16	3.20	1.50
5. ห้องส้วม(แยกเดี่ยว)	-	1.44	1.80	0.90
6. ห้องน้ำ(แยกเดี่ยว)	-	1.08	2.20	-

(หน่วยเป็น: ตารางเมตร)

- หมายเหตุ
- A สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
  - B การเคหะแห่งชาติ
  - C Office of Housing and Urban Development Washington, D.C.

## D ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง การควบคุมการก่อสร้างอาคาร พ.ศ.2522

## ตารางผนวกที่ ข2 พื้นที่ใช้สอยส่วนต่าง ๆ

Multipurpose Area	A	B	C	D
1. รับแขก - พักผ่อน	-	14.40	11.20	-
2. ทานอาหาร	-	3.64	7.50	-
3. ครีว	4.08	4.32	5.40	-
4. พื้นที่รวมสำหรับแขก - พักผ่อนทานอาหาร	13.81	18.00	18.00	-
5. พื้นที่รวมสำหรับทานอาหาร - ครีว	-	12.96	7.50	-
6. ซักล้าง - ตากผ้า	-	1.08	2.16	-
หมายเหตุ	-	34.00	33.00	-
ที่อยู่อาศัยแต่ละหน่วยที่ประกอบด้วย ห้องนอน พื้นที่ รวมสำหรับพักผ่อน ทานอาหาร ครีว ห้องน้ำ-ส้วม พื้นที่รวมของแต่ละหน่วยพักอาศัยสำหรับครอบครัว ขนาด 5 คนจะต้องไม่ต่ำกว่า				

## ตารางผนวกที่ ข3 ความกว้างต่ำสุดของห้องต่าง ๆ

ชนิดห้อง	ความกว้างต่ำสุด (ม)		
	A	B	C
ห้องนอน	2.40	2.40	2.50
รับแขก-พักผ่อน-ทานอาหาร	2.40	2.40	-
ห้องน้ำ-ส้วม	1.20	-	0.90
ครีว	2.10	1.80	-

## ตารางผนวกที่ ข4 พื้นที่ใช้สอย

พื้นที่ใช้สอย	อเนกประสงค์	ต้นแบบหน่วย		
		1 ห้องนอน	2 ห้องนอน	3 ห้องนอน
ห้องนอนที่ 1	8.64	9.00	6.00	9.00
ห้องนอนที่ 2	-	7.20	-	-
ห้องนอนที่ 2	-	-	9.00	9.00
ห้องนอนที่ 3	-	-	7.20	14.40
ห้องนอนที่ 3	-	-	-	9.00
รับแขก - พักผ่อน	-	-	-	14.40
รับแขก-พักผ่อน-ทานอาหาร	18.00	18.00	18.00	-
ทานอาหาร	-	-	-	8.64
ครัว	4.32	4.32	4.32	4.32
ห้องน้ำ-ส้วม 1	2.16	0.16	2.16	3.20
ห้องน้ำ-ส้วม 2	-	-	-	2.16
ระเบียงซักล้าง- ตากผ้า	1.08	1.03	2.16	2.16
รวม	34.20	41.76	51.84	62.88

2.1.3 ความสูงของเพดาน ความสูงจากพื้นถึงเพดานของพื้นที่ใช้อาศัยจะต้องไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร และในที่ซึ่งเพดานมีความเอียงลาด ส่วนต่ำสุดของเพดานวัดจากพื้นต้องไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร ส่วนใดที่เพดานสูงน้อยกว่ากำหนด ไม่นับพื้นที่ใช้สอยนั้นรวมเป็นที่อยู่อาศัยต่ำสุดที่ต้องการ

2.1.4 ปริมาตร ปริมาตรของที่อยู่อาศัยต่อคนจะต้องไม่น้อยกว่า 8.5 - 10 ลูกบาศก์เมตร โดยนับรวมห้องที่อยู่อาศัยทั้งหมด

2.1.5 การระบายอากาศ เพื่อให้มีการระบายอากาศได้โดยธรรมชาติของส่วนต่าง ๆ ทั้งพื้นที่อยู่อาศัย และพื้นที่โครงสร้าง

2.1.6 ประตู เพื่อจัดให้มีช่องเปิดที่มีขนาดเพียงพอสำหรับการใช้สอย ประตูควรมีขนาดตามตารางที่ ข5

ตารางผนวกที่ ข5 ขนาดประตู

ชนิดประตู	ความกว้าง (ม)	ความสูง (ม)
ก. ประตูภายนอก		
ประตูทางเข้า	0.90	2.00
ประตูบริการ	0.80	2.00
ข. ประตูภายใน		
ประตูห้องนอน	0.80	2.00
ประตูห้องครัว	0.80	2.00
ประตูห้องน้ำ-ส้วม	0.60	1.88
ประตูเสื้อผ้า-เก็บของ	0.70	0

2.2 ข้อกำหนดส่วนต่าง ๆ ของอาคาร

2.2.1 บันได

ก. ที่ว่างเหนือบันได วัดจากทางปลายสุดของลูกนอนตรงขึ้นไปจะต้องไม่น้อยกว่า 1.95 เมตร

ข. ความสูงของลูกตั้งทุกชั้นของบันไดเดียวกันจะต้องมีขนาดเท่ากันและจะต้องไม่สูงกว่า 20 เซนติเมตร และไม่ต่ำกว่า 14 เซนติเมตร

ค. ความกว้างต่ำสุดของลูกนอนบันไดไม่น้อยกว่า 22 เซนติเมตร และความกว้างสูงสุดไม่เกิน 33 เซนติเมตร (รวมจุมูกบันได)

ง. ความกว้างของลูกนอนและลูกตั้งรวมกัน จะต้องไม่มากกว่า 1.75 นิ้ว (44.5 เซนติเมตร)

จ. ความสูงของช่วงบันไดแต่ละช่วงจะต้องไม่สูงกว่า 3.00 เมตร (วัดแนวค้ำ)

ฉ. ความกว้างของชานพักบันได จะต้องไม่น้อยกว่าความกว้างของบันได

ช. โถงบันได ที่ลูกนอนแรกและลูกนอนสูงสุดของบันได จะต้องมิได้กว้างน้อยกว่าความกว้างของบันไดรับทุกแห่ง

ซ. ราวบันได

- บันไดที่มีลูกตั้ง ตั้งแต่ 3 ขึ้นไป จะต้องมิได้มีราวบันไดอย่างน้อย 1 ด้าน
- บันไดที่มีความกว้างเกิน 1.50 เมตร จะต้องจัดให้มีราวบันได 2 ข้าง
- ความสูงของราวบันได วัดตั้งฉากกับชานพักบันได หรือลูกนอนบันไดตรงจุกบันได จะต้องไม่น้อยกว่า 75 เซนติเมตร และไม่เกิน 90 เซนติเมตร

ฅ. ความกว้างของบันได อาคารที่มีผู้อยู่อาศัยน้อยกว่า 50 คน บันไดจะต้องกว้างอย่างน้อย 90 เซนติเมตร และความกว้างของบันไดจะต้องเพิ่มขึ้น 20 เซนติเมตร ต่อจำนวนผู้อาศัยที่เพิ่มขึ้นทุก 25 คน (หมายเหตุ ความกว้างของบันไดดังกล่าว ไม่รวมความกว้างของราวบันได)

ญ. บันไดเวียนควรมีรัศมีวงกลมอย่างน้อยที่สุด 1.00 เมตร และส่วนที่แคบที่สุดของลูกนอน ต้องไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร

## 2.2.2 ทางเดินร่วม

ก. ระยะทางเดินไกลสุดไปยังบันไดหรือทางออกภายนอก

- ทางเดินร่วมซึ่งมาทางออกไปยังบันไดหรือทางภายนอกได้ 2 ทางระยะทางจากประตูทางเข้าหน่วยพักอาศัยไปยังบันไดหรือทางออกภายนอกนั้นจะต้องไม่เกิน 30.00 เมตร

- ทางเดินร่วม ซึ่งมีทางออกไปยังบันไดหรือทางออกภายนอกได้เพียง 1 ทางระยะทางประตูทางเข้าหน่วยพักอาศัยไปยังบันไดหรือทางออกภายนอกนั้นจะต้องไม่เกิน 9.00 เมตร

#### ข. ความกว้างของทางเดินร่วม

- ทางเดินร่วมสำหรับที่พักอาศัยไม่เกิน 6 หน่วยต่อชั้น
- ความกว้างของทางเดินร่วมจะต้องไม่น้อยกว่าความกว้างของบันไดนั้น
- สำหรับโถงทางเดินร่วมซึ่งยาว 3.00 เมตร ความกว้างของทางเดินจะต้องไม่น้อยกว่า 1.20 เมตรและความกว้างจะต้องเพิ่มขึ้นทุก 15 เซนติเมตร เมื่อความยาวเพิ่มขึ้นทุก 3.00 เมตร

ทางเดินร่วมสำหรับที่พักอาศัยเกิน 6 หน่วยต่อชั้น ความกว้างต่ำสุดของทางเดินร่วมที่มีหน่วยพักอาศัยอยู่ด้านเดียว จะต้องไม่ต่ำกว่า 1.20 เมตร และความกว้างต่ำสุดของทางเดินร่วมที่มีหน่วยพักอาศัยอยู่สองด้าน จะต้องไม่ต่ำกว่า 1.80 เมตร

เครื่องหมายแสดงทางออกฉุกเฉิน จะต้องติดตั้งเครื่องหมายแสดงทางออกฉุกเฉินไว้ทุกชั้นของอาคารให้เห็นได้ชัดเจน และสามารถเห็นได้ในเวลากลางคืนด้วย (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในการป้องกันอัคคีภัย)

ค. ระเบียง สำหรับอาคารสูงไม่เกิน 5 ชั้น ขอบระเบียงให้สูงไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร สำหรับอาคารสูงเกิน 5 ชั้น ให้สูงไม่น้อยกว่า 110 เซนติเมตร

### 2.3 ระบบป้องกันอัคคีภัย

2.3.1 ระบบและอุปกรณ์ป้องกันอัคคีภัย สำหรับอาคารชุดพักอาศัยที่มีครอบครัวยิ่งกว่า 4 ครอบครัวต่อชั้น และมีจำนวนชั้นเกิน 5 ชั้นขึ้นไป จำเป็นต้องมีระบบป้องกันอัคคีภัยดังต่อไปนี้

ก. สัญญาณเตือนภัยเช่นชนิดตรวจจับควันหรือความร้อน, สัญญาณมีอกคเตือนภัย

ข. ป้ายเครื่องหมายสัญญาณอัคคีภัยและทางหนีเพลิง โดยให้อยู่ในตำแหน่งที่เห็นและใช้การได้สะดวก โดยไม่ควรคิดให้ห่างกันเกินกว่า 22.50 เมตร อุปกรณ์ดับเพลิงอาจจะใช้  $\text{CO}_2$ , โฟ้น , โซดา หรือ Hose ชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือพิจารณาใช้ร่วมกันดังนี้

ค. Dry stand pipe ท่อน้ำเดินที่ไว้เพื่อการดับเพลิงโดยเดินไว้ในอาคารซึ่งสามารถ  
ต่อใช้น้ำจาก Hydrant หรือรดดับเพลิง

ง. Wet stand pipe ท่อน้ำเดินไว้เพื่อการดับเพลิงโดยเดินไว้ในอาคาร โดยใช้น้ำ  
จากแท็งก์น้ำภายในอาคาร หรือแท็งก์สำรองสำหรับดับเพลิง

จ. Combination Stand Pipe เป็นระบบ Dry กับ ระบบ Wet รวมกัน

ฉ. Sprinkler

ช. Hose

### 2 3.2 ทางหนีไฟ

ก. ทางหนีไฟสำหรับอาคารชุดพักอาศัยที่สูงไม่เกิน 5 ชั้น ควรมีทางหนีไฟ  
ดังต่อไปนี้

ถ้าใช้ทางเดินร่วมเป็นทางหนีไฟ ควรมีบันไดหนีไฟไม่น้อยกว่า 2 ทาง และไม่  
ควรห่างกันเกินกว่า 40 เมตร หรือรัศมีจากบันไดถึงหน่วยพักอาศัย ไกลสุดไม่เกิน 30 เมตร หรือจะ  
พิจารณาจากตารางต่อไปนี้

ตารางผนวกที่ ข6 จำนวนบันไดหนีไฟ

จำนวนผู้พักอาศัย / ชั้น	จำนวนบันไดหนีไฟ
50 - มากกว่า	2
500 - มากกว่า	3
1000 - มากกว่า	4
ทุกๆ ชั้น	2
ชั้นใต้ดิน	2

- ทางหนีไฟจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง และออกได้สะดวกถ้าจำเป็นต้องเปิด ประตูหน่วยพักอาศัยไปกีดขวางทางควรหลบไปให้พ้นทางหนีไฟ

- สัญญาณและเครื่องหมายทางหนีไฟ และบันไดหนีไฟจำเป็นต้องมีตำแหน่ง ที่เห็นได้ชัด และต้องมีไฟฟ้าฉุกเฉินใช้ เมื่อเกิดการขาดกระแสไฟฟ้า

#### ข. ทางหนีไฟสำหรับอาคารชุดพักอาศัยที่สูงกว่า 5 ชั้น

- กรณีที่ใช้โถงลิฟต์, โถงบันได หรือทางร่วม เป็นทางหนีไฟ ควรเป็นไปตาม ข้อกำหนด 1

- จะต้องมีแสงกันไฟหรือเฉลียงยื่นออกไปอย่างน้อย 1.20 เมตร และสามารถ หนีไฟไปยังบันไดหรืออุปกรณ์ช่วยหนีไฟเช่นบันได รถดับเพลิงได้โดยทันที

- โถงลิฟต์, โถงบันได หรือทางร่วมหนีไฟจะต้องมีสัญญาณและเครื่องหมาย หนีไฟ และบันไดหนีไฟ และห้องควบคุมการดับเพลิงไว้ด้วยเสมอเครื่องหมายและสัญญาณเหมือน ข้อ 1

- จะต้องมีการแบ่งส่วนเพื่อป้องกันควัน ใช้ประโยชน์ในการหลบหนีไฟ

- บริเวณ โถงลิฟต์, โถงบันไดและบริเวณในอาคารจะต้องมีที่ระบายควัน หรือช่องเปิดทุก ๆ ระยะ 15 เมตร หรือทุกระยะ 7.50 เมตร ตรงมุมอาคาร

ค. ทางลาดหนีไฟ อาจหมายถึงทางร่วมหรือทางที่ใช้ในการบริการต่างๆ ใน อาคารชุดพักอาศัย ทั้งชนิดสูงและต่ำควรมีขนาดที่นำไปใช้ได้ดังนี้

#### ตารางผนวกที่ ข7 รายละเอียดทางลาด

รายละเอียดทางลาด	ต่ำสุด (เมตร)	สูงสุด (เมตร)
ความกว้าง	0.75	1.10
ความยาว	3.60	ไม่จำกัด
ความสูง	1.025	03.0

ง. บันไดหนีไฟ สำหรับอาคารชุดที่มีความสูงมากกว่า 5 ชั้นขึ้นไป อาจใช้บันไดทั่วไปเป็นบันไดหนีไฟได้ ถ้ามีในอาคารมีเพียงพอ ในกรณีที่ไม่มีบันไดทั่วไปจำเป็นต้องเตรียมบันไดไว้ตามขนาดต่อไปนี้

#### ตารางผนวกที่ ข8 รายละเอียดบันไดหนีไฟ

รายละเอียดบันไดหนีไฟ	ต่ำสุด (เมตร)	สูงสุด (เมตร)
ความสูงบันได- บันได (ชานพัก-ชานพัก)	2.00	3.60
ความกว้างบันได	0.90	1.10
ความกว้างราวบันได	0.725	0.925
ลูกนอน	0.225	0.250
ลูกตั้ง	0.187	0.20
ชานพักกว้าง	1.10	-
ความลาดบันได	25	35
บันไดโค้ง (รัศมีความโค้ง)	0.55	-

ทางหนีไฟ บันไดหนีไฟ จะต้องมียกป้องกันไฟ และส่วนป้องกันไฟและส่วนปิดกั้นควันอย่างมิดชิด และควรมีส่วนที่เปิดออกนอกอาคารและมีผนังทนไฟเกินกว่า 2 เซนติเมตร สำหรับอาคาร สูง 5 ชั้น 1 เซนติเมตร สำหรับอาคารต่ำกว่า 5 ชั้น ส่วนประตูดหนีไฟควรเป็นประตูที่เปิดแล้วปิดอัตโนมัติ และควรกว้าง 0.70 เมตร- 1.20 เมตร บันไดหนีไฟจะต้องเชื่อมสู่ชั้นพื้นดินและคาดฟ้าของอาคารได้ ถ้าเป็นบันไดแบบโล่ง เปิดสู่ภายนอก ไม่มีผนังปิดจะใช้มาตรฐานบันไดทั่วไปในข้อ บันไดแทนได้

จ. วัสดุป้องกันอัคคีภัย สำหรับอาคารชุดที่มีความสูงมากกว่า 5 ชั้น ขึ้นไป วัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง ควรมีความสามารถในการทนไฟตามหน้าที่ของการใช้งาน

### ตารางผนวกที่ ข9 ความสามารถในการทนไฟ

หน้าที่การใช้งาน	การทนไฟ (เมตร)
ผนังอาคารภายนอก	1 - 2
ทางเดินภายในอาคาร	2
ผนังรับน้ำหนักภายในอาคาร	1
เสา คาน, โครงสร้างต่างๆ	1
พื้น	1
โครงสร้างหลังคา	1
ผนังร่วม	2
โครงสร้างหน่วยพักอาศัย	1
โถง, ทางเดินร่วม	1
บันได	1

ฉ. ผนังป้องกันอัคคีภัย สำหรับอาคารชุด ที่สูงเกินกว่า 5 ชั้น ขึ้นไปจะต้องมีผนังป้องกันไฟทุกๆ ระยะไม่เกิน 30 เมตร

จ. ข้อจำกัดเพิ่มเติม บันไดหนีไฟที่ใช้สำหรับอาคารที่ต่อเนื่องกัน (บันไดแบบปิด) จะต้องป้องกันควันทุกๆ 5 ชั้น และควรมีช่องระบายควันขนาดเนื้อที่ 5 % ของช่องบันไดหรือต่ำสุด 0.50 ตารางเมตร และจะต้องมีไฟฟ้าฉุกเฉินเสมอ

### 3. มาตรฐานความปลอดภัยจากอัคคีภัย (NFPA 101 Life Safety Code)

มาตรฐาน NFPA 101 เป็นข้อกำหนดของมาตรฐาน NFPA ได้แบ่งประเภทของอาคารครอบครองอาคาร (Occupancy Classification) ออกเป็น 12 ประเภทอาคาร โดยได้ความหมายของอาคารพักอาศัย (Residential) หมายถึง ที่อยู่อาศัย บ้านพัก บ้านแฝด ห้องพัก โรงแรม อพาร์ทเมนต์ เป็นต้น ซึ่งมีข้อกำหนดกฎเกณฑ์ขั้นต่ำในการออกแบบอาคาร เพื่อให้การออกแบบอาคารมีความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้อาคาร ในการอำนวยความสะดวกในการหนีไฟ (Egress Facilities) โดยมาตรฐานมีการกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำของการออกแบบ รวมถึงอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการหนี

ไฟ เพื่อให้ผู้ที่ใช้อาคารสามารถหนีไฟออกจากอาคาร หรืออพยพหนีไฟไปสู่พื้นที่ปลอดภัยในอาคารได้ทันที ดังนี้

3.1 ทางหนีไฟ (Mean of Egress) เป็นเส้นทางใช้สัญจร ภายในอาคาร มีความต่อเนื่องและไม่มีสิ่งกีดขวาง เริ่มต้นจากจุดใดจุดหนึ่งภายในอาคารไปสู่ Public way แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1) ช่องทางเดินที่นำไปสู่ทางหนีไฟ (Exit Access Corridor) ช่องทางเดินที่นำไปสู่ทางหนีไฟ เป็นส่วนหนึ่งของทางไปสู่ทางหนีไฟ กรณีช่องทางเดินที่ต้องรองรับความจุคนมากกว่า 30 คน ช่องทางเดินนี้จะต้องถูกแยกออกจากส่วนอื่น ๆ ของอาคารด้วยวัสดุปิดล้อมทนไฟไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

2) ทางหนีไฟ (Exits) ทางหนีไฟเป็นทางที่ถูกแยกออกจากส่วนอื่น ๆ ของอาคาร เพื่อเป็นการป้องกันตลอดทางจนถึงทางปล่อยออก (Exit Discharge)

3) ทางปล่อยออก (Exit Discharge) คือ จุดปล่อยคนออกนอกอาคาร อยู่ระหว่าง Exit กับ Public way

Public Way คือ ถนน แนวทางเดินแคบ ๆ ระหว่างอาคาร (Alley) หรือส่วนเปิดของพื้นที่ ห่อหุ้มใดๆ สู่บรรยากาศภายนอก และมี Clear Width และความสูงไม่น้อยกว่า 10 ฟุต (3 เมตร)

Travel of Distance คือ ระยะสัญจร เป็นระยะทางทั้งหมดที่ต้องใช้ในการเดินจากจุดหนึ่งจุดใดในอาคาร ไปสู่ทางหนีไฟ (จุดปลอดภัย)

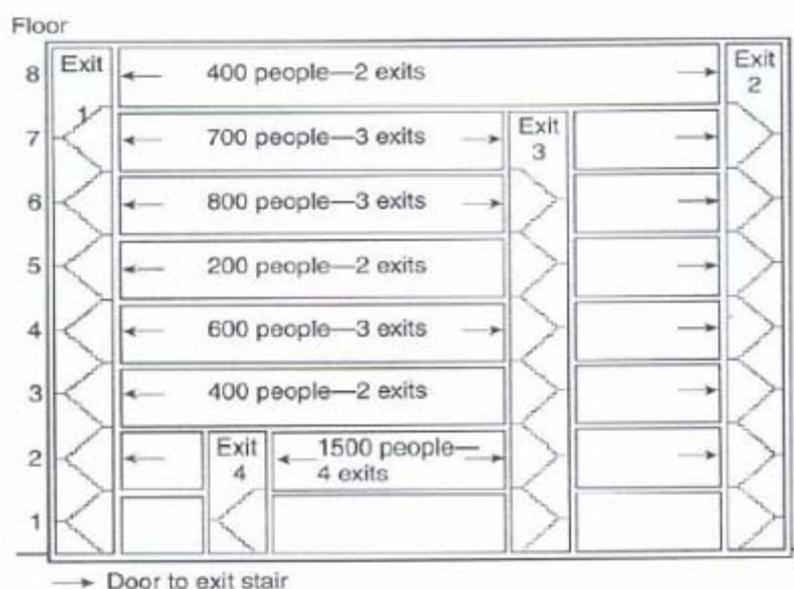
Common path of travel คือ สัญจรร่วม เป็นส่วนหนึ่งของ Exit Access ซึ่งพาเราไปสู่ Exit นับจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดซึ่งเราสามารถเลือกทางออกได้มากกว่า 1 ทาง (การวัดระยะต้องวัดจากระยะจริง ถ้ามีเฟอร์นิเจอร์บั่ง ก็ให้วัดตามจริง แต่ถ้าไม่มีสิ่งของบั่ง ให้วัดวิธีเดิน กรณี Worse Case)

Dead end Corridor คือ ระยะทางตันวัดจากจุดศูนย์กลางประตู หรือจุดศูนย์กลางทางแยก ไปสู่กำแพงอาคาร หรือผนังแล้วไม่มีทางออก

Exit Access Corridor คือ Corridor ซึ่งถูกดัดแปลงให้เป็นส่วนหนึ่งของ Exit Access กล่าวคือ มีผนังเป็นชนิดทนไฟ และ NFPA 101 กำหนดให้ Occupancy บางประเภท สามารถลดความสามารถในการทนไฟของผนัง Corridor ลงได้ หากมีการติดตั้งระบบ Sprinkler ภายในชั้นอาคาร

### 3.2 จำนวนทางหนีไฟ

- 1) จำนวนทางหนีไฟ ต้องมีอย่างน้อย 2 ทาง ยกเว้นที่ระบุนยอมให้มีทางหนีไฟทางเดียว โดยพื้นที่ต้องสามารถเข้าสู่ทางหนีไฟได้โดยตรง
- 2) กรณีความจุคนในพื้นที่ใด หรือส่วนใดในอาคารเกิน 500 คน แต่ไม่เกิน 1,000 คนต้องมี จำนวนทางหนีไฟที่กั้นแยกจากกันอย่างน้อย 3 ทาง และหากความจุเกิน 1,000 คนขึ้นไป ต้องมีจำนวนทางหนีไฟกั้นแยกจากกันอย่างน้อย 4 ทาง
- 3) ให้ใช้ความจุคนของแต่ละชั้นเท่านั้นในการคำนวณจำนวนทางหนีไฟของชั้นนั้น ๆ และจำนวนทางหนีไฟต้องไม่ลดลงตลอดตามทิศทางการหนีไฟ



ภาพผนวกที่ ข1 จำนวนทางหนีไฟอย่างน้อยที่สุดที่ต้องจัดให้มี

### 3.3 ส่วนองค์ประกอบ (Component) ของ Mean of Egress

3.3.1. ประตู ความกว้างและความสูงประตูทางหนีไฟตัวบานประตูทางหนีไฟ ต้องมีในอาคารให้มีความสูงไม่น้อยกว่า 2.0 เมตร และต้องมีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 0.9 เมตร แต่ไม่เกินกว่า 1.2 เมตร เมื่อเปิดบานประตูจนสุดแล้วจะต้องทำมุมไม่น้อยกว่า 90 องศา กับวงกบ ประตู

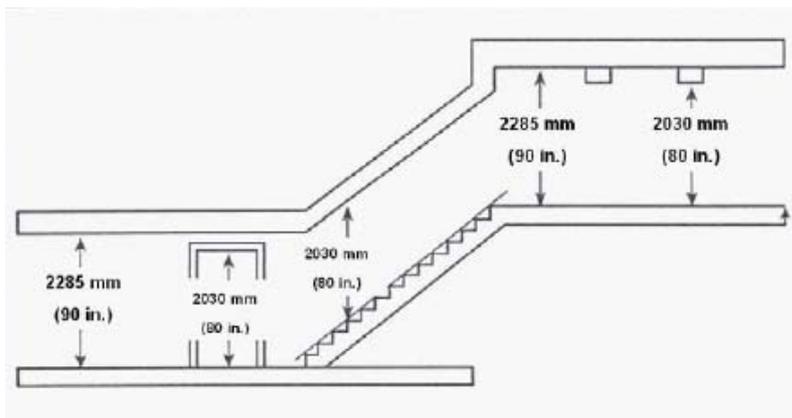
3.3.2 บันได (Stair) พร้อมราวจับ (Hand rail) บันไดในอาคารจะต้องมี คุณลักษณะที่สามารถใช้เป็นทางหนีไฟได้และจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนด 2 ขนาดลูกตั้งและลูกนอน (Riser Height and Tread Depth) ความสูงของลูกตั้งทุกชั้นของบันไดเดียวกันจะต้องมีขนาดเท่ากันและจะต้องไม่สูงกว่า 178 มิลลิเมตร ความกว้างของลูกนอนจะต้องไม่แคบกว่า 279 มิลลิเมตร และความกว้างบันไดไม่น้อยกว่า 112 มิลลิเมตร

#### 3.3.3 วัสดุตกแต่งภายในทางหนีไฟ

- 1) วัสดุตกแต่งผิวบนผนังและเพดาน ในทางหนีเพลิงต้องไม่ลามของไฟ
- 2) เฟอร์นิเจอร์ วัสดุเครื่องเรือนตกแต่งภายใน หรือสิ่งของใด ๆ ที่เป็นเชื้อเพลิงหรืออาจติดไฟ ห้ามนำมาใช้ในทางหนีไฟ
- 3) กระจกเงา ห้ามติดตั้งบนประตูหนีไฟหรือบริเวณใกล้เคียงซึ่งอาจทำให้เกิดความสับสนต่อทิศทางหนีไฟในขณะที่หนีไฟ

#### 3.3.4 ความสูงเพดานเส้นทางหนีไฟ

ความสูงตลอดเส้นทางหนีไฟ ทางไปสู่ทางหนีไฟ และทางปล่อยออก ทั้งในเส้นทางหนีไฟแนวราบ ทางลาด และบันได ต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร โดยวัดตามแนวตั้งจากระดับผิวบนสุดของพื้น (Finished Floor) หรือวัดตามแนวตั้งจากระดับลูกนอนของชั้นบันไดได้ดังภาพผนวกที่ ข2



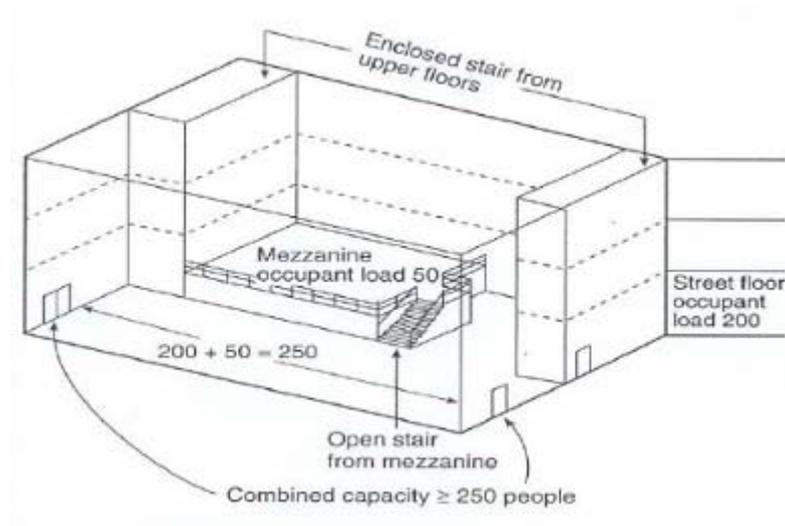
ภาพผนวกที่ ข2 ความสูงระหว่างพื้นถึงเพดาน

### 3.3.5 ผิวทางเดินบนเส้นทางหนีไฟ

- 1) ผิวทางเดินบนเส้นทางหนีไฟต้องมีการป้องกันการเลื่อนตลอดเส้นทาง
- 2) ผิวทางเดินบนเส้นทางหนีไฟต้องราบเรียบ กรณีระดับผิวต่างกันเกิน 6 มิลลิเมตร แต่เกิน 13 มิลลิเมตร ต้องปรับระดับความลาดเอียง 1 ต่อ 2 กรณีต่างระดับมากกว่า 13 มิลลิเมตร

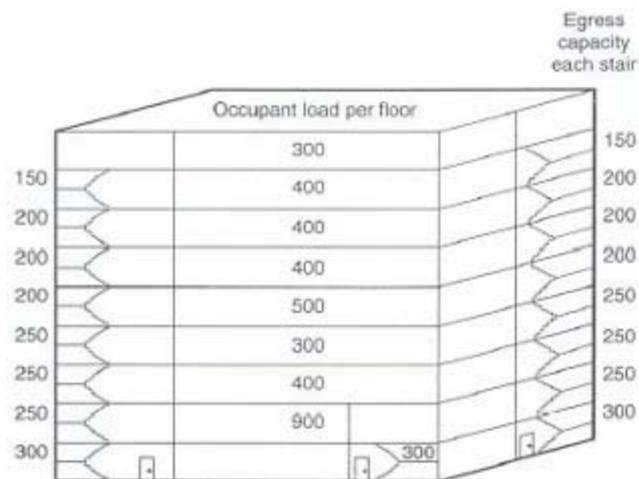
### 3.3.6 การเปลี่ยนระดับในเส้นทางหนีไฟ

- 1) กรณีมีการเปลี่ยนระดับบนเส้นทางหนีไฟ ต้องใช้ทางลาดเอียงหรือบันได
- 2) ด้านข้างเส้นทางหนีไฟที่เปิดโล่งต้องทำราวกันตก บริเวณเส้นทางหนีไฟนั้นมีความต่างระดับไม่น้อยกว่า 0.75 เมตร
- 3) จีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ
  - ก. จีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของแต่ละชั้น รวมทั้ง ระเบียง และพื้นที่ที่มีคนใช้สอยอยู่ ต้องเพียงพอกับความจุคนทั้งหมดตามที่คำนวณ ดังภาพผนวกที่ ข3



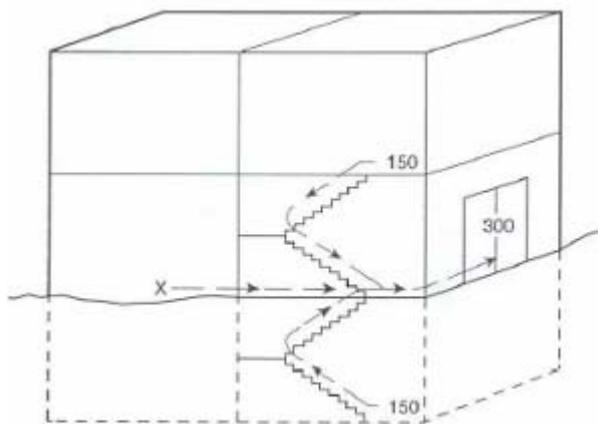
ภาพผนวกที่ ข3 จีตความสามารถของเส้นทางหนีไฟของความจุน

ข. กรณีบันไดรองรับการหนีไฟมากกว่า 1 ชั้น ให้ใช้ความจุนของแต่ละชั้นเท่านั้น ในการคำนวณจีตความสามารถของเส้นทางหนีไฟที่ชั้นนั้น ๆ และจีตความสามารถของเส้นทางหนีไฟนั้น ต้องไม่ลดลงตลอดตามทิศทางการหนีไฟ ดังภาพผนวกที่ ข4



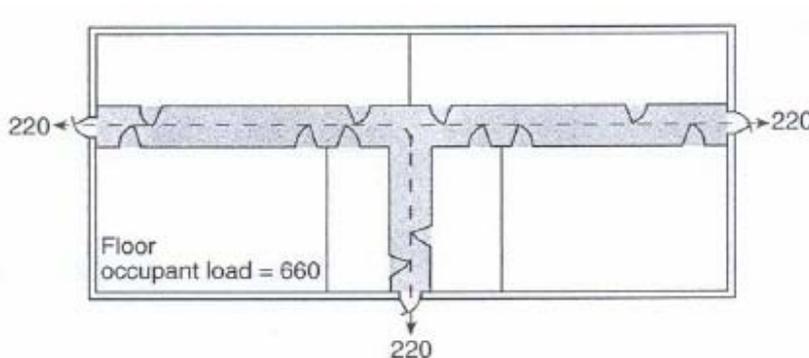
ภาพผนวกที่ ข4 จีตความสามารถของเส้นทางหนีไฟของความจุนแต่ละชั้น

ค. กรณีชั้นตรงกลางที่รองรับการหนีไฟจากชั้นบนและชั้นล่าง จัดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของชั้นตรงกลาง ให้คำนวณจากผลรวมของความจุคนชั้นบนและชั้นล่าง ดังภาพผนวกที่ ข5



ภาพผนวกที่ ข5 จัดความสามารถของเส้นทางหนีไฟของชั้นตรงกลางจากความจุคนชั้นบนและชั้นล่าง

ง. จัดความสามารถของช่องทางเดิน ให้คำนวณจากความจุคนทั้งหมดที่ใช้ช่องทางเดินนั้น เป็นทางไปสู่ทางหนีไฟ หากด้วยจำนวนทางหนีเพลิงทั้งหมด ซึ่งต้องไม่น้อยกว่า จัดความสามารถของเส้นทางหนีไฟที่ช่องทางเดินนั้นต่อเชื่อมอยู่ ดังภาพผนวกที่ ข6



ภาพผนวกที่ ข6 จัดความสามารถของช่องทางเดิน

จ. ความกว้างของเส้นทางหนีไฟ ต้องกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตร ยกเว้นส่วนที่ยื่นเข้ามาตามที่มาตรฐานกำหนด และความกว้างสุทธิต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จาก ตารางที่ 1 คู่กับความจุนรวมสำหรับเส้นทางหนีไฟนั้น

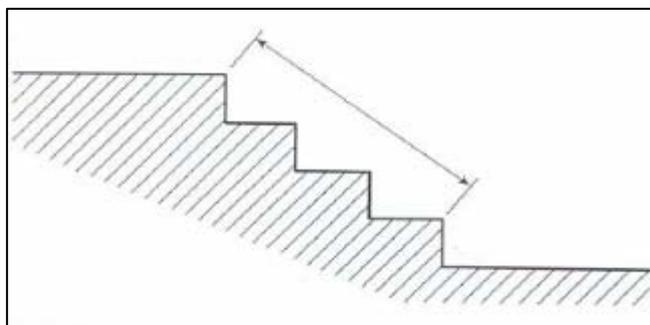
### 3.3.7 การจัดวางทางหนีไฟ

- 1) ทางไปสู่ทางหนีไฟ และทางหนีไฟ ต้องจัดวางในตำแหน่งที่คนสามารถหนีไฟได้ตลอดเวลา
- 2) พื้นที่ซึ่งไม่สามารถเข้าสู่ทางหนีไฟได้โดยตรง ต้องจัดให้มีทางไปสู่ทางหนีไฟอย่างน้อย 2 ทาง จากพื้นที่ดังกล่าวไปสู่ทางหนีไฟโดยไม่ผ่านห้องอื่นใด ยกเว้น ช่องทางเดิน ห้องโถง ยกเว้นทางตัน หรือทางบังคับที่ยอมให้ทำได้ตามมาตรฐานนี้
- 3) พื้นที่ที่มีทางหนีไฟมากกว่า 1 ทาง ทางหนีไฟแต่ละทางต้องอยู่ห่างกันเพื่อป้องกันกรณีเกิดเพลิงลุกไหม้หรือเหตุฉุกเฉินไปกั้นทางหนีไฟมากกว่า 1 ทาง
- 4) พื้นที่ซึ่งต้องมีทางหนีไฟ หรือทางไปสู่ทางหนีไฟ 2 ทาง ระยะห่างระหว่างกันต้องเท่ากับหรือมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวเส้นทแยงมุมสูงสุดของพื้นที่หรือห้องนั้น ๆ โดยวัดจากขอบของทางหนีไฟหรือทางไปสู่ทางหนีไฟด้านใกล้กัน ดังภาพที่ ข7 กรณีทางหนีไฟถูกเชื่อมต่อกันด้วยช่องทางเดินที่ปิดล้อมด้วยวัสดุทนไฟ ระยะห่างระหว่างกันของทางหนีไฟนั้นให้วัดตามแนวช่องทางเดินนั้น
- 5) การจัดวางทางหนีไฟ และทางไปสู่ทางหนีไฟ ต้องไม่ให้เกิดทางตัน ยกเว้น ทางตันหรือทางบังคับที่ยอมให้ทำได้ตามมาตรฐานนี้
- 6) ทางไปสู่ทางหนีไฟ ต้องไม่ผ่านครัว ห้องเก็บของ ห้องน้ำ ตู้เก็บเสื้อผ้า ห้องทำงาน ห้องนอน หรือพื้นที่ที่ใช้งานในลักษณะเดียวกันหรือห้องอื่น ๆ ที่อาจมีการลือคประทุ



3.3.8 ระยะสัญจร ระยะสัญจร หมายความว่า ระยะทางจากพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งไปยังทางหนีไฟอย่างน้อย 1 ทางที่ใกล้ที่สุด

1) การวัดระยะสัญจร ให้วัดที่ระดับพื้น ตรงกลางทาง โดยเริ่มจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดที่อาจมีคนอยู่ ไปจนถึงตรงกลางประตูทางออก กรณีเป็นบันได การวัดระยะสัญจรให้วัดบนเส้นของจุมุกบันได ดังภาพผนวกที่ ข8



ภาพผนวกที่ ข8 การวัดระยะสัญจรของบันได

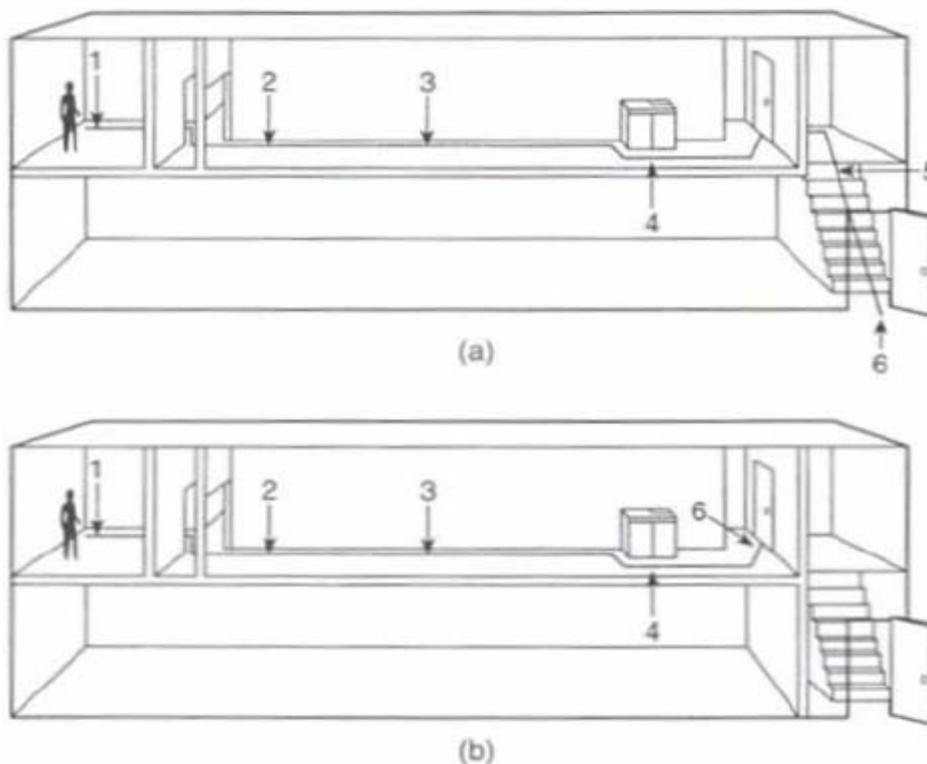
2) กรณีบันไดหรือทางลาดเอียงแบบเปิดโล่ง ยอมให้ใช้เป็นส่วนหนึ่งของทาง ระยะสัญจรรวม คือระยะทางของบันไดหรือทางลาดเอียงจนถึงประตูทางออกภายนอกอาคาร รวมกับระยะทาง จากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงทางลงบันได

3) กรณีให้มีส่วนปิดล้อมทึบไฟในแนวระดับเชื่อมต่อกันบันไดด้านทางเข้า ระยะสัญจรเท่ากับ ระยะทางจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงประตูส่วนปิดล้อม

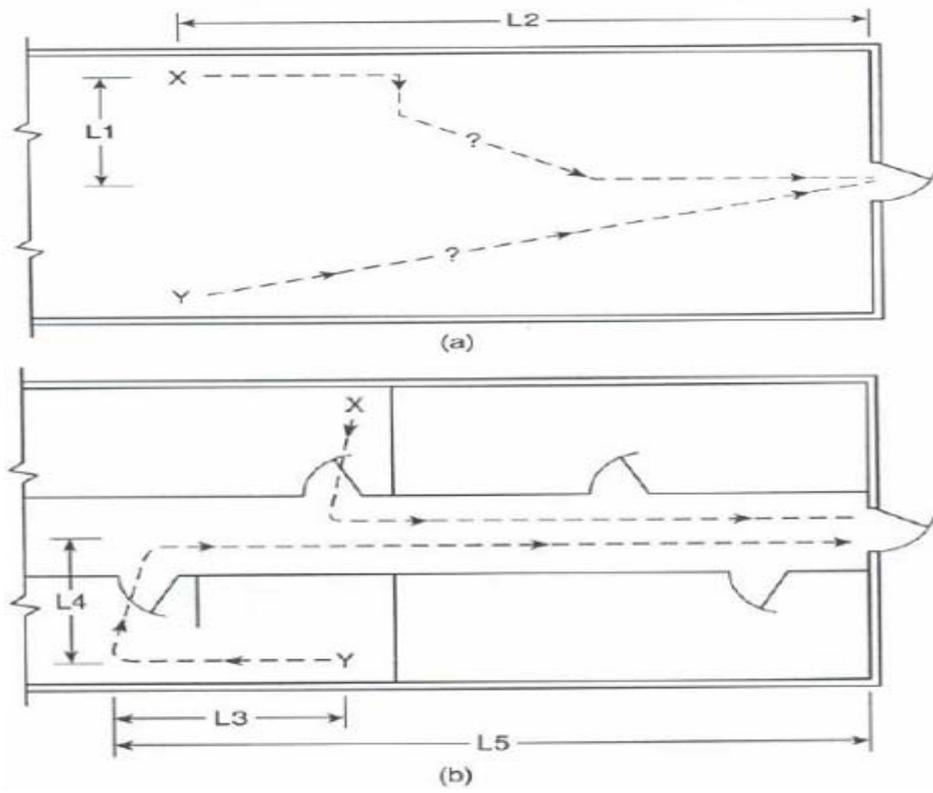
4) กรณีบันไดภายนอกอาคารแบบเปิดโล่ง ไม่มีผนังทึบไฟกั้นแยก และหรือไม่มีกำบังช่องเปิดในระยะ 3 เมตรวัดตามแนวระดับ ระยะสัญจรรวม ต้องรวมระยะทางของบันไดจนถึงระดับ ชั้นพื้นดิน กับระยะทางจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดที่อาจมีคนอยู่จนถึงทางลงบันได

### 3.3.9 การวัดระยะทางสัญญาณจากจุดใดๆ ถึงทางหนีไฟ จะประกอบด้วย

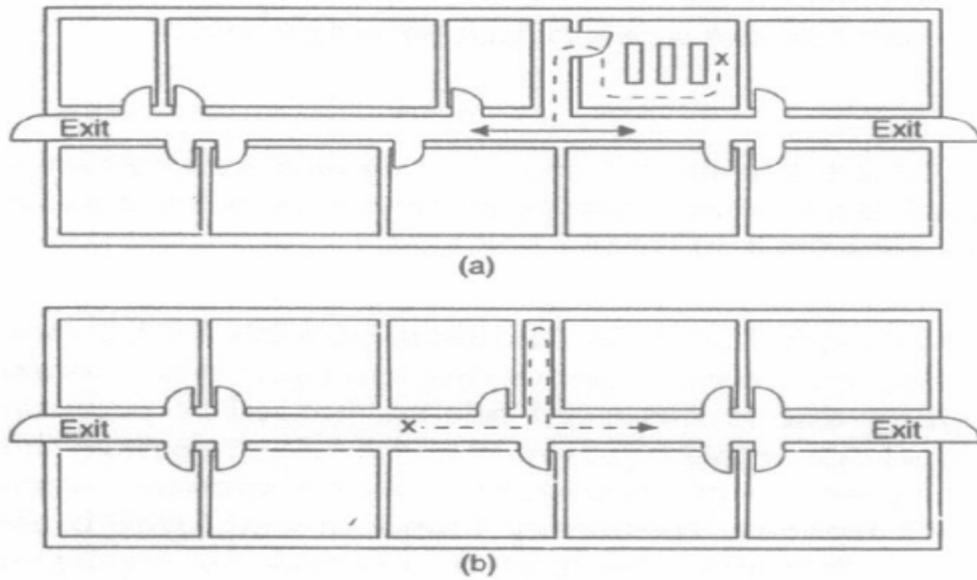
- 1) จากจุดเริ่มต้นภายในพื้นที่หรือห้องใด ๆ ของอาคารที่ไกลที่สุด
- 2) หลังออกจากพื้นที่หรือห้องใด ๆ วัดระยะไปตามแนวเส้นทางเดินที่จะนำไปสู่ทางหนีไฟ ทั้งนี้หากมีอุปสรรคหรือสิ่งกีดขวางใด ๆ จะต้องวัดระยะโดยอ้อมหลบสิ่งกีดขวางนั้น ๆ ไปบนเส้นทางเดิน
- 3) ในกรณีที่บันไดหรือทางลาดเอียงใด ๆ ที่ไม่มีการปิดล้อมเพื่อป้องกันควันและไฟหรือการปิดล้อมไม่สมบูรณ์ ระยะทางภายในเส้นทางเดินส่วนนี้จะถูกรวมเป็นระยะสัญญาณด้วย ดังที่แสดงตัวอย่างใน ภาพผนวกที่ ข9
- 4) จุดสิ้นสุดอยู่ที่ ณ.ตำแหน่งที่เข้าสู่ทางหนีไฟหรือพื้นที่ปลอดภัย หรือที่สาธารณะระดับพื้นดิน



ภาพผนวกที่ ข9 การวัดระยะทางสัญญาณรวม



ภาพผนวกที่ ข10 ตัวอย่างทางไปสู่ทางหนีไฟและบันไดหนีไฟ



ภาพผนวกที่ ข11 ตัวอย่างทางบังคับและทางปลายตัน

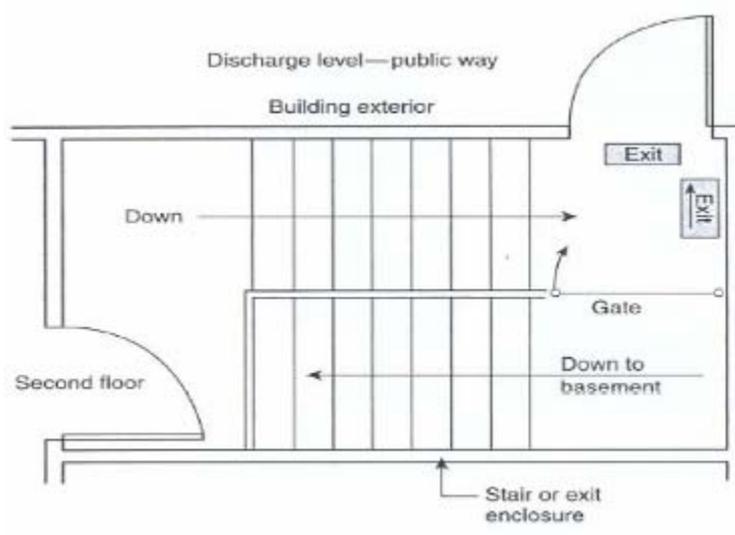
- (a) คือ ทางบังคับ
- (b) คือ ทางปลายตัน

### 3.3.10 รายละเอียดของทางปล่อยออกจากทางหนีไฟ

1) ที่ปลายทางหนีเพลิงทุกทาง ต้องปล่อยโดยตรงสู่ทางสาธารณะ หรือภายนอกอาคาร สนาม ลาน หรือพื้นที่เปิดโล่ง ต้องมีความกว้างและขนาดพื้นที่เพียงพอสำหรับผู้ใช้อาคารทั้งหมด ยกเว้น 1) ทางปล่อยคนภายในอาคาร 2) ทางปล่อยคนที่หลังคา 3) ทางปล่อยคนที่พื้นที่หลบอัคคีภัย

2) ทางปล่อยออกภายในอาคาร ต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของจำนวนทางหนีไฟทั้งหมดที่ต้องการ โดยตำแหน่งปล่อยออก ต้องสามารถมองเห็นทางสาธารณะหรือภายนอกอาคารได้ และชั้นที่เป็นทางปล่อยออกต้องติดตั้งระบบดับเพลิงแบบหัวกระจายน้ำอัตโนมัติ หรือติดตั้งระบบดับเพลิงแบบหัวกระจายน้ำอัตโนมัติ เฉพาะพื้นที่เป็นทางปล่อยออก

3) ตำแหน่งที่เป็นจุดปล่อยคนออกจากทางหนีไฟ ต้องมีเครื่องหมายแสดงอย่างชัดเจน และบอกทิศทาง ไปสู่ทางสาธารณะ กรณีเป็นบันไดต่อเนื่องผ่านระดับจุดปล่อยออกที่ระดับจุดปล่อยออกนั้น ต้องออกแบบให้มี ผนังกัน ประตู หรือที่กั้นเพื่อป้องกันอาคารอพยพลุยชั้นจุดปล่อยออกนั้น ดังภาพผนวกที่ ข12

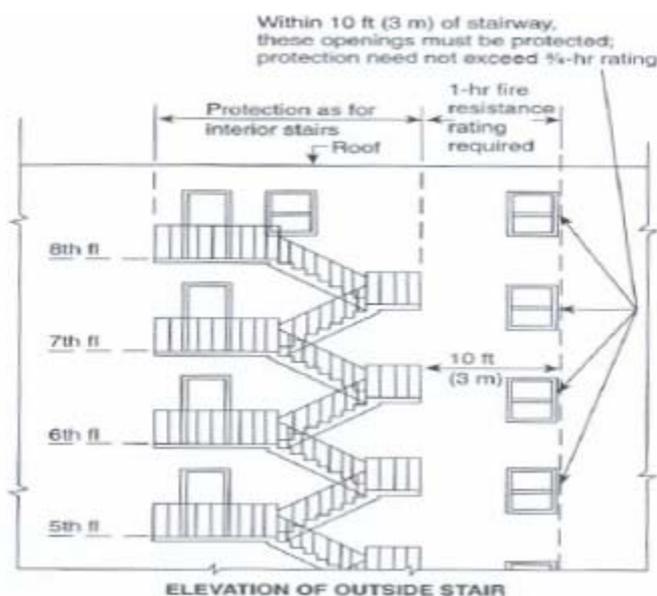


ภาพผนวกที่ ข12 ที่กั้นเพื่อป้องกันการอพยพลุยจุดปล่อยออก

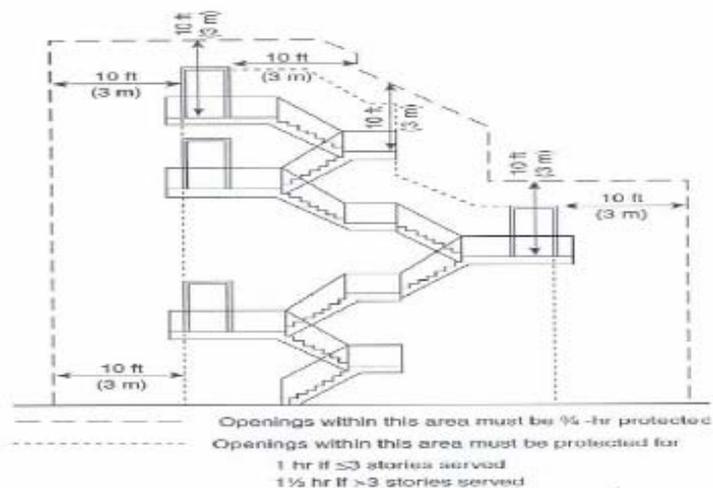
4) ประตู บันไดหนีไฟ ทางลาดเอียง ระเบียง สะพาน บันไดเลื่อน หรือ ส่วนประกอบทางหนีไฟอื่น ๆ ที่ใช้ในทางปล่อยคน ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน

### 3.3.11 บันไดภายนอก

วัสดุก่อสร้างบันไดภายนอกจะต้องเป็นวัสดุไม่ติดไฟง่าย บันไดภายนอกต้องมีอัตราการทนไฟเช่นเดียวกับอัตราการทนไฟของผนังภายนอกของอาคารนั้น บันไดภายนอกจะต้องไม่ยื่นเข้าไปในบริเวณที่กำหนดให้มีการป้องกันช่องเปิดตามที่กำหนด เมื่อมีการกั้นห้องได้บันได ผนังและเพดานภายในห้องได้บันไดนั้น จะต้องก่อสร้างให้มีการทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง



ภาพผนวกที่ ข13 การป้องกันบันไดหนีไฟนอกรอาคาร ด้วยผนังทนไฟ (a)



ภาพผนวกที่ ข14 การป้องกันบันไดหนีไฟนอกอาคารด้วยผนังทนไฟ (b)

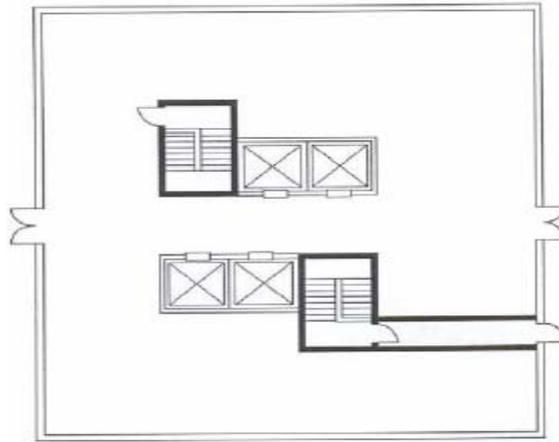
### 3.3.12 ทางไปสู่ทางหนีไฟ

ข้อกำหนดในข้อนี้ให้ใช้กับทางไปสู่ทางหนีไฟ หรือช่องผ่านหรือระเบียงหนีไฟภายนอกที่ใช้เป็นทางหนีไฟที่ต้องการมีของอาคารที่ความจุตั้งแต่ 10 คนขึ้นไป กับอาคารทุกชนิด

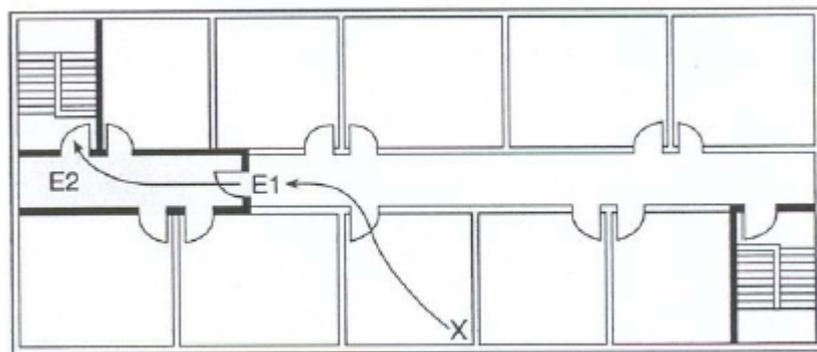
1) ความกว้าง ทางไปสู่ทางหนีไฟจะต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.915 เมตร และทางไปสู่ทางหนีไฟที่ยาวไม่เกิน 15 เมตร ความกว้างไม่น้อยกว่า 0.71 เมตร

2) การไปสู่ทางหนีไฟในอาคารที่ต้องมีทางหนีไฟมากกว่า 1 ทาง จะต้องจัดให้ทางหนีไฟแยกกันอยู่อย่างเหมาะสมสามารถไปถึงได้จากทุกจุดที่อยู่บนแนวของทางไปสู่ทางหนีไฟหรือช่องผ่านหรือระเบียงทางหนีไฟภายนอกนั้น เว้นไว้แต่ในกรณีทางปลายตัน

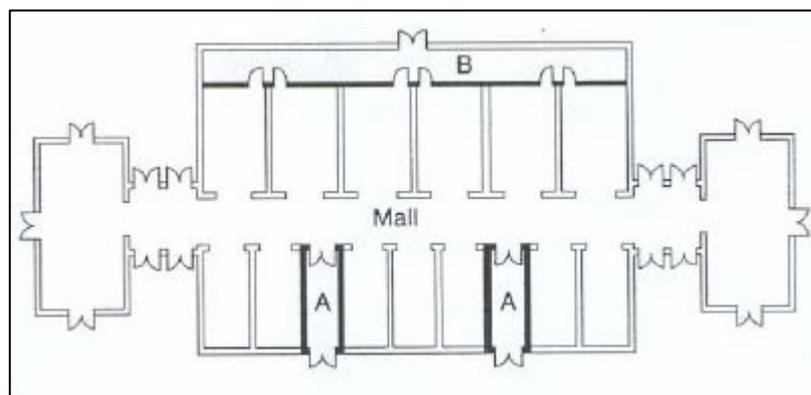
3) ทางปลายตัน อนุญาตให้ช่องผ่านหรือระเบียงทางหนีไฟภายนอกเป็นทางปลายตันได้เฉพาะเมื่อช่องผ่านหรือระเบียงนั้นมีความยาวไม่เกิน ตามภาพที่ ข15 ระยะสัญจร และระยะทางปลายตันสูงสุด



ภาพผนวกที่ ข15 ทางไปสู่ทางหนีไฟ ที่ใช้เชื่อมต่อกับบันไดหนีไฟ



ภาพผนวกที่ ข16 ตัวอย่างทางไปสู่ทางหนีไฟ



ภาพผนวกที่ ข17 ตัวอย่างทางไปสู่ทางหนีไฟที่ใช้กับอาคารสรรพสินค้า

ช่องเปิดจากอาคารเข้าสู่ห้องเข้าหรือระเบียงจะต้องให้มีการป้องกันด้วยประตูกันเพลิงที่มีอัตราการทนไฟ 1.5 ชั่วโมงทางปล่อยออก ทางหนีไฟจากส่วนปิดล้อมตลอดวัน ให้เปิดออกไปยังทางสาธารณะ หรือทางผ่านหนีไฟไปยังทางสาธารณะ ทางผ่านหนีไฟนี้ห้ามมิให้มีช่องเปิดอื่นใดอีก ผนัง พื้น และเพดานจะต้องก่อสร้างให้ทนไฟได้ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายเฉลิมพล กำคณตรง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2519
สถานที่เกิด	36 หมู่ 2 ต. ดอนมะเกลือ อ. อุทอง จ. สุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่ประกันความปลอดภัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท รถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน) 189 ถนนพระรามเก้า แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร.