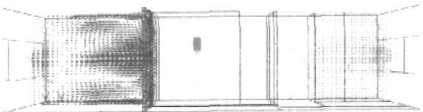
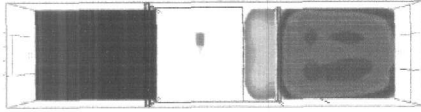
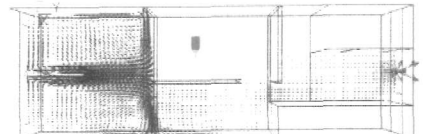
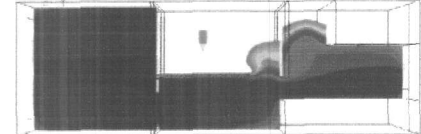


ภาพที่ 4.15 (ต่อ)

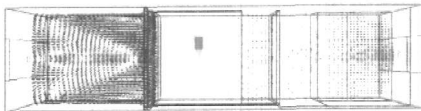
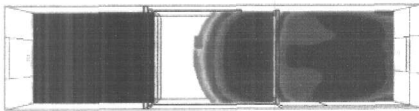
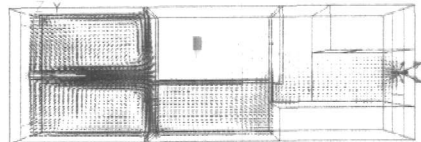
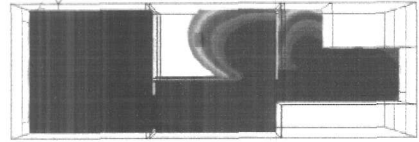
	วัสดุทดสอบ : PG 50		Rn
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	(Bq m ⁻³)
รูปตัด 1			1.500E+02 1.400E+02 1.301E+02 1.201E+02 1.101E+02 1.002E+02 9.020E+01 8.023E+01 7.027E+01 6.030E+01
รูปตัด 2			5.033E+01 4.037E+01 3.040E+01 2.043E+01 1.047E+01 5.000E-01
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		124.90	Bq m ⁻³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		398.10	

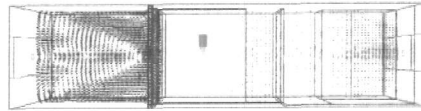
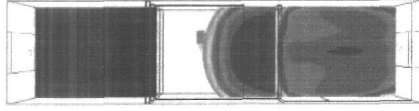
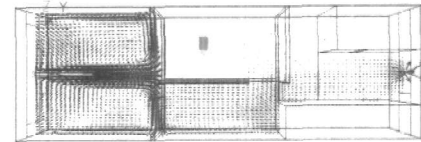
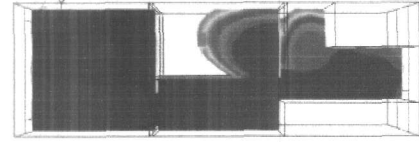
จากภาพที่ 4.15 พบว่าเมื่อมีการกั้นผนังภายในอาคารตึกแถว ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซเรดอนจะสูงขึ้นกว่ากรณีที่ไม่มีการกั้นผนังภายใน ประมาณ 3 - 5 เท่าตัว ในอัตราการระบายอากาศที่เท่ากัน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของทั้งห้อง อาจดูแล้วไม่สูงมากนัก แต่หากพิจารณาที่ตำแหน่งตรวจวัด จะพบว่าค่าความเข้มข้นบางจุดสูงมากจนอาจเกิดอันตรายได้ เช่น ในกรณีของฟอสโฟอิมพ์ พบว่า มีความเข้มข้น ณ จุดตรวจวัดสูงถึง 398 Bq m⁻³ ซึ่งเกินกว่าระดับมาตรฐานที่กำหนดไว้ (148 Bq m⁻³) ถึง 2.68 เท่า ทั้งนี้เพราะการกั้นผนังภายใน เป็นการกีดขวางเส้นทางการไหลของอากาศ ทำให้บางบริเวณมีการระบายอากาศไม่ทั่วถึง จึงเกิดการสะสมก๊าซเรดอนขึ้นได้

2) กรณีที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 60 CFM (0.70 ACH)

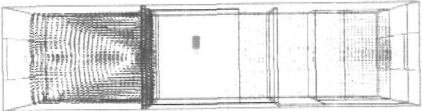
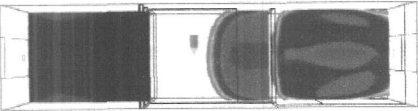
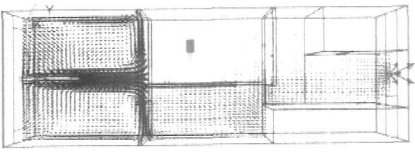
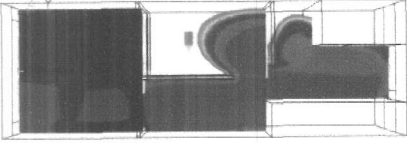
เมื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศขึ้นเป็น 0.70 ต่อชั่วโมง หรือ 2 เท่าของอัตราการระบายอากาศต่ำสุด โดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 60 CFM เข้าไปที่ช่องทางลมออก ผลจากการจำลองสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.16

ภาพที่ 4.16
ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยก๊าซเรดอนภายในอาคารตึกแถว กรณีที่มีการกั้นผนังภายใน
เมื่ออัตราการระบายอากาศเท่ากับ 0.70 ต่อชั่วโมง

	วัสดุทดสอบ : CE 100		Rn
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	(Bq m ⁻³)
รูปตัด 1			5.000E+00
			4.673E+00
			4.347E+00
			4.020E+00
			3.693E+00
			3.367E+00
			3.040E+00
			2.713E+00
			2.387E+00
			2.060E+00
รูปตัด 2			1.733E+00
			1.407E+00
			1.080E+00
			7.533E-01
			4.267E-01
			1.000E-01
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		1.079	Bq m ³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		4.210	

	วัสดุทดสอบ : FA 50		Rn
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	(Bq m ³)
รูปตัด 1			5.000E+00 4.660E+00 4.337E+00 4.005E+00 3.673E+00 3.342E+00 3.010E+00 2.678E+00 2.347E+00 2.015E+00
รูปตัด 2			1.683E+00 1.352E+00 1.020E+00 6.883E-01 3.567E-01 2.500E-02
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		1.465	Bq m ³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		5.710	

ภาพที่ 4.16 (ต่อ)

	วัสดุทดสอบ : PG 50		Rn
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	(Bq m ⁻³)
รูปตัด 1			4.00E+01 3.74E+01 3.40E+01 3.22E+01 2.96E+01 2.78E+01 2.44E+01 2.18E+01 1.92E+01 1.66E+01 1.40E+01 1.14E+01 8.80E+00 6.20E+00 3.60E+00 1.00E+00
รูปตัด 2			
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		23.12	Bq m ⁻³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		90.20	

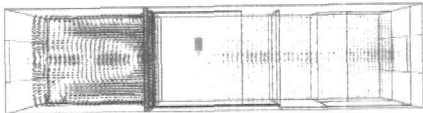
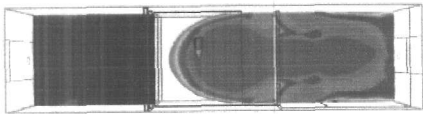
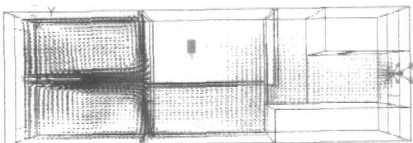
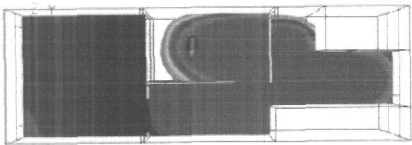
จากภาพที่ 4.16 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศขึ้นเป็น 0.70 ต่อชั่วโมง ทำให้ความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยลดลงในทุกกรณี ประมาณ 3 – 5 เท่าตัว แต่ก็สูงกว่าความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยของกรณีที่ไม่มีการกั้นผนังภายใน เมื่อมีอัตราการระบายอากาศที่เท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่า ห้อง และช่องมุมที่ไม่มีทางออกของลม ยังคงเป็นจุดสะสมก๊าซเรดอนของอาคาร โดยค่าที่วัดได้ในจุดดังกล่าว มีปริมาณสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมหลายเท่าตัว ทั้งนี้เป็นเพราะในบริเวณดังกล่าวมีความกดอากาศค่อนข้างสูง ทำให้แนวการไหลของอากาศไม่สามารถเข้าไปได้อย่างทั่วถึง

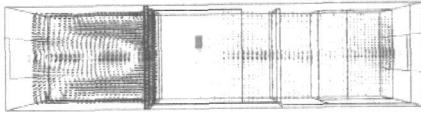
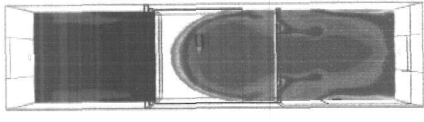
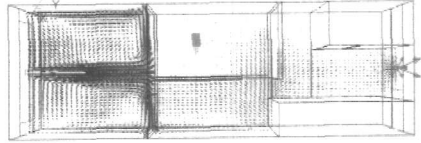
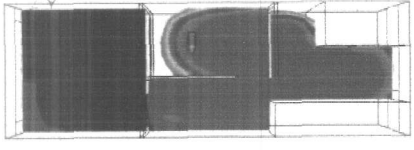
3) กรณีที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 90 CFM (1.05 ACH)

เมื่อทดลองเพิ่มอัตราการระบายอากาศเป็น 1.05 ต่อชั่วโมง โดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 90 CFM เข้าไปที่ช่องทางลมออก ผลที่ได้จากการจำลองสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.17

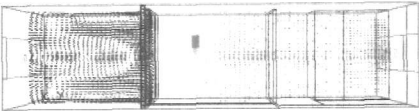
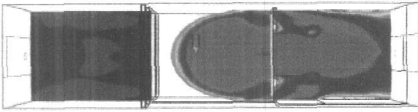
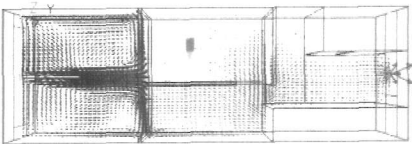
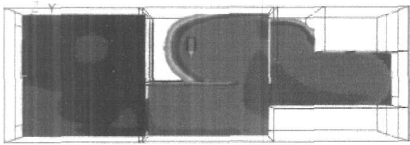
ภาพที่ 4.17

ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยก๊าซเรดอนภายในอาคารตึกแถว กรณีที่มีการกั้นผนังภายใน
เมื่ออัตราการระบายอากาศเท่ากับ 1.05 ต่อชั่วโมง

วัสดุทดสอบ : CE 100			Rn		
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	(Bq m ⁻³)		
รูปตัด 1			1.500E+00		
			1.401E+00		
			1.303E+00		
			1.204E+00		
			1.105E+00		
			1.007E+00		
			9.080E-01		
			8.093E-01		
			7.107E-01		
			6.120E-01		
รูปตัด 2			5.133E-01		
			4.147E-01		
			3.160E-01		
			2.173E-01		
			1.187E-01		
			2.000E-02		
			ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		0.330
			ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		0.260
					Bq m ⁻³

วัสดุทดสอบ : FA 50		Rn (Bq m ⁻³)	
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	
รูปตัด 1			2.000E+00
			1.867E+00
			1.735E+00
			1.602E+00
			1.469E+00
			1.337E+00
			1.204E+00
			1.071E+00
			9.387E-01
			8.060E-01
รูปตัด 2			6.733E-01
			5.407E-01
			4.080E-01
			2.753E-01
			1.427E-01
			1.000E-02
			ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		0.350	
		Bq m ⁻³	

ภาพที่ 4.17 (ต่อ)

	วัสดุทดสอบ : PG 50		Rn (Bq m ⁻³)
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	
รูปตัด 1			2.500E+01 2.330E+01 2.177E+01 2.015E+01 1.853E+01 1.692E+01 1.530E+01 1.360E+01 1.207E+01 1.045E+01
รูปตัด 2			8.833E+00 7.217E+00 5.600E+00 3.983E+00 2.367E+00 7.500E-01
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		7.075	Bq m ⁻³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		5.572	

ภาพที่ 4.17 เป็นภาพที่ได้จากการจำลองผลการแพร่กระจายของก๊าซเรดอน เมื่อห้องมีอัตราการระบายอากาศเป็น 1.05 ต่อชั่วโมง ซึ่งพบว่าด้วยอัตราระดับนี้ ทำให้ความเร็วลมสูงสุดที่วัดได้ภายในห้องด้านลมเข้า มีขนาด 0.45 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นระดับความเร็วลมภายในอาคารที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ และอยู่ในภาวะกำลังสบาย ถ้าเพิ่มมากกว่านี้อาจก่อให้เกิดความรำคาญได้ (Victor Olgyay, 1963) ผลการทดลองพบว่า ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยลดลงจากเดิมที่มีอัตราการระบายอากาศ 0.70 ต่อชั่วโมง กว่า 3 เท่า ในทุกกรณี รวมทั้งพื้นที่ที่มีการสะสมก๊าซเรดอนก็ลดขนาดลง ทำให้ความเข้มข้นก๊าซเรดอนที่วัดได้ ณ จุดตรวจวัดมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยโดยรวมของทั้งห้อง อย่างไรก็ตาม ยังคงพบบริเวณที่มีการสะสมก๊าซเรดอนค่อนข้างมาก ก็คือบริเวณด้านปลายห้อง และชอกมุมที่ไม่มีช่องทางลมออก และบริเวณขอบมุมของห้องใกล้ช่องทางระบายลมออก

กรณีการกั้นผนังภายในห้องนี้ เป็นกรณีที่สามารถพบเห็นได้ในอาคารตึกแถวโดยทั่วไป ซึ่งจากการทดลองจะพบว่า มีการสะสมก๊าซเรดอนที่บริเวณปลายห้อง ชอกมุมที่ไม่มีทางลมออก ไม่ว่าจะเพิ่มอัตราการระบายอากาศเป็นเท่าใดก็ตาม ดังนั้น เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงลดระดับ

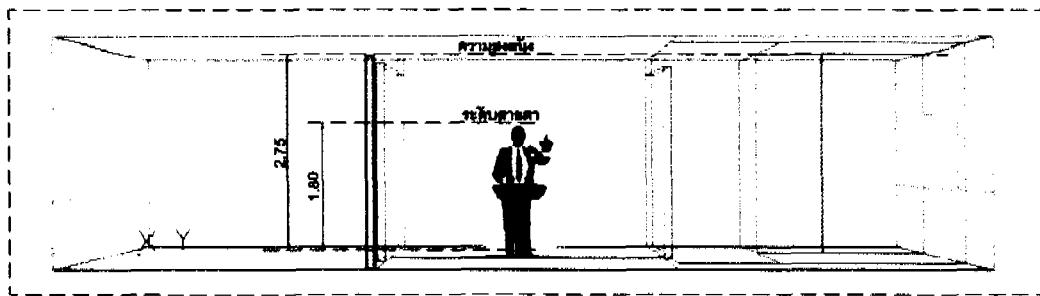
ผนังลง เพื่อลดความกดอากาศภายในห้อง และทำให้เกิดการระบายอากาศที่ทั่วถึงมากขึ้น โดยสามารถแสดงผลได้ในหัวข้อที่ 3

3. ผลการจำลองปริมาณก๊าซเรดอนภายในอาคารตึกแถว : กรณีที่ลดระดับการกั้นผนังภายใน

การทดลองลดระดับการกั้นผนังภายในอาคารตึกแถว ทำเพื่อเพิ่มการระบายอากาศให้มีความทั่วถึงมากขึ้น แต่ขณะเดียวกัน การลดระดับการกั้นผนังภายใน ย่อมมีผลกระทบต่อความเป็นส่วนตัวของผู้อยู่อาศัย ดังนั้นจึงลดระดับผนังเพียง 25 เซนติเมตร ทำให้ผนังมีความสูงจากพื้น 2.75 เมตร ซึ่งเลเยอร์ระดับสายตาของมนุษย์ ดังภาพที่ 4.18

ภาพที่ 4.18

การลดระดับผนังเพื่อเพิ่มความทั่วถึงในการระบายอากาศ



หมายเหตุ: จากการออกแบบวิจัย, 2549.

ผลการจำลองการกระจายก๊าซเรดอนภายในอาคารตึกแถว กรณีที่ปรับปรุงความทั่วถึงในการระบายอากาศ โดยการลดระดับการกั้นผนังภายใน มีทั้งสิ้น 9 กรณี โดยค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นในการจำลอง และผลความเข้มข้นโดยเฉลี่ยที่ได้จากการจำลอง สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14

ผลการจำลองการแพร่กระจายก๊าซเรดอนภายในอาคารตึกแถว
กรณีที่มีการลดระดับผนังกันภายใน

		Source Material	Area (m ²)	Exhalation rate (Bq m ⁻² s ⁻¹)	Flow rate (m ³ s ⁻¹)	Simulate (Bq m ⁻³)	Estimate (Bq m ⁻³)
Air change per hour	0.35	CE 100	145.72	1.12×10^{-4}	0.014	0.804	1.141
		FA 50	145.72	1.52×10^{-4}	0.014	1.090	1.548
		PG 50	145.72	2.40×10^{-3}	0.014	14.750	21.450
	0.70	CE 100	145.72	1.12×10^{-4}	0.028	0.388	0.576
		FA 50	145.72	1.52×10^{-4}	0.028	0.529	0.782
		PG 50	145.72	2.40×10^{-3}	0.028	8.330	12.350
	1.05	CE 100	145.72	1.12×10^{-4}	0.042	0.251	0.385
		FA 50	145.72	1.52×10^{-4}	0.042	0.342	0.523
		PG 50	145.72	2.40×10^{-3}	0.042	5.388	8.260

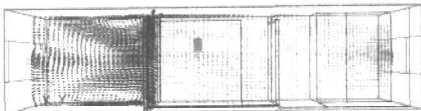
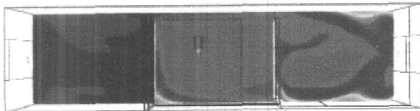
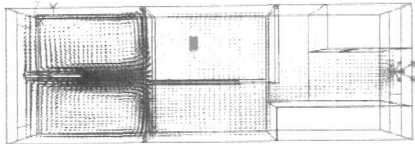
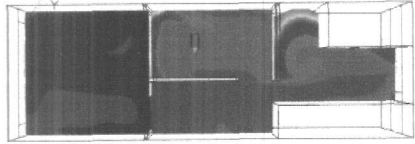
จากตารางที่ 4.14 จะพบว่าค่าที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะไม่เท่ากับค่าที่ได้จากการคำนวณ เนื่องจากแบบจำลองมีความซับซ้อน เหมือนกับกรณีที่มีการกันผนังภายใน ดังนั้นจึงใช้วิธีตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง โดยการพิจารณาจากกราฟความคลาดเคลื่อน และ output file

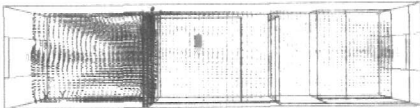
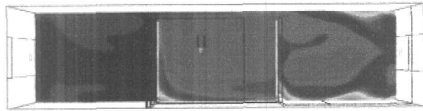
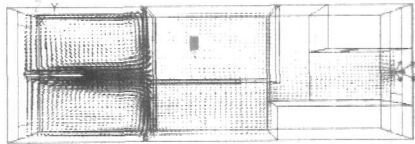
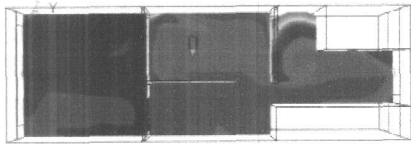
ผลการจำลองการแพร่กระจายของก๊าซเรดอนภายในอาคารตึกแถว กรณีที่มีการกันผนังภายใน ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล จะพิจารณาใน 2 ระนาบเช่นเดียวกับ 2 กรณีแรก โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1) กรณีที่มีการระบายอากาศต่ำที่สุด (0.35 ACH)

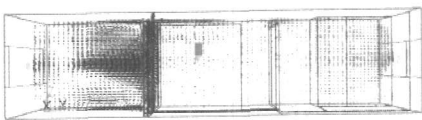
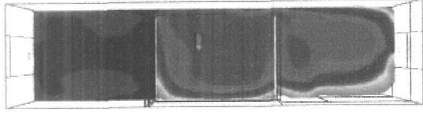
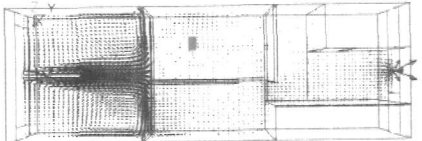
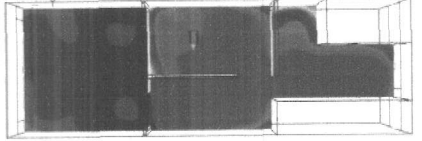
ผลการจำลองการแพร่กระจายก๊าซเรดอน ในอาคารตึกแถวที่สร้างด้วยวัสดุทดสอบ 3 ตัวอย่าง ได้แก่ CE 100 FA 50 และ PG 50 หลังจากลดระดับการกันผนังภายในลง สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.19

ภาพที่ 4.19
ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยก๊าซเรดอนภายในอาคารตึกแถว กรณีที่ลดระดับการกั้นผนังภายใน
เมื่ออัตราการระบายอากาศเท่ากับ 0.35 ต่อชั่วโมง

	วัสดุทดสอบ : CE 100		Rn
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	(Bq m ⁻³)
รูปตัด 1			4.00E+00 3.73E+00 3.47E+00 3.21E+00 2.95E+00 2.69E+00 2.43E+00 2.17E+00
รูปตัด 2			1.90E+00 1.64E+00 1.38E+00 1.12E+00 8.64E-01 6.02E-01 3.41E-01 8.00E-02
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		0.804	Bq m ⁻³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		0.866	

	วัสดุทดสอบ : FA 50		Rn
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	(Bq m ⁻³)
รูปตัด 1			5.50E+00 5.14E+00 4.78E+00 4.42E+00 4.06E+00 3.70E+00 3.34E+00 2.98E+00
รูปตัด 2			2.62E+00 2.26E+00 1.90E+00 1.54E+00 1.18E+00 8.20E-01 4.60E-01 1.00E-01
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		1.090	Bq m ⁻³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		1.170	

ภาพที่ 4.19 (ต่อ)

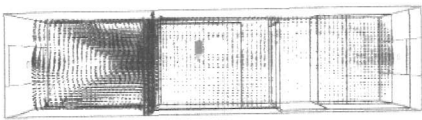
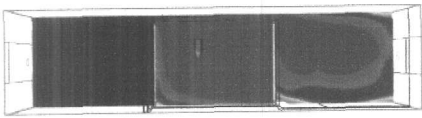
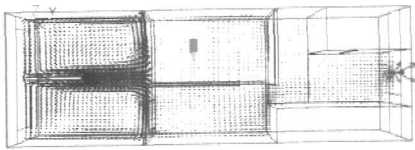
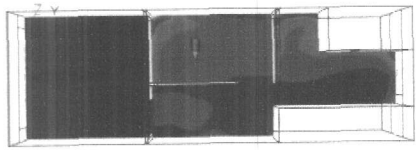
	วัสดุทดสอบ : PG 50		Rn
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	(Bq m ⁻³)
รูปตัด 1			8.00E+01 7.40E+01 6.96E+01 6.44E+01 5.92E+01 5.40E+01 4.88E+01 4.36E+01 3.84E+01
รูปตัด 2			3.32E+01 2.80E+01 2.28E+01 1.76E+01 1.24E+01 7.20E+00 2.00E+00
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		14.750	Bq m ⁻³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		16.220	

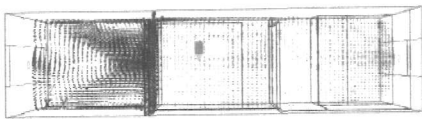
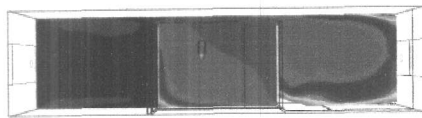
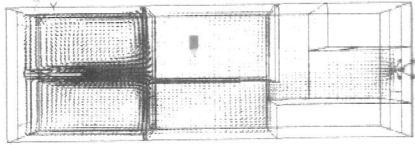
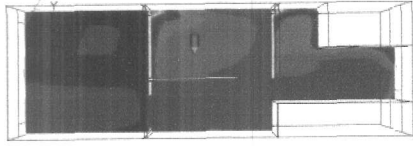
จากภาพที่ 4.19 พบว่า หลังจากลดระดับผนังภายในลง 25 เซนติเมตรแล้ว ทำให้ความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยลดลงต่ำกว่าทุกกรณีที่มีอัตราการระบายอากาศเท่ากัน หากพิจารณาจากการไหลของอากาศ ก็พบว่า อากาศสามารถเข้าไปทั่วถึงมากขึ้น ทำให้พื้นที่ที่มีการสะสมก๊าซเรดอนลดขนาดลง นอกจากนี้ยังพบว่า ตำแหน่งที่มีการสะสมก๊าซเรดอน เคลื่อนตำแหน่งไปอยู่ในบริเวณส่วนปลายของอาคารที่ใกล้กับช่องทางลมออก โดยมีการสะสมอยู่ที่มุมล่างของห้องเป็นส่วนใหญ่ เช่น ในกรณีของ PG 50 พบว่ามีก๊าซเรดอนสะสมอยู่สูงถึง 80 Bq m⁻³

2) กรณีที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 60 CFM (0.70 ACH)

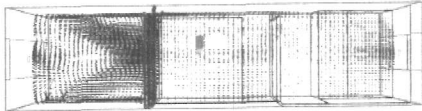
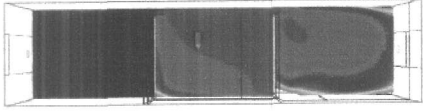
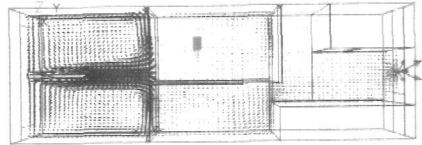
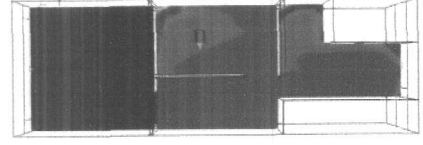
เมื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศขึ้นเป็น 0.70 ต่อชั่วโมง หรือ 2 เท่าของอัตราการระบายอากาศต่ำสุด โดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 60 CFM เข้าไปที่ช่องทางลมออก ผลจากการจำลองสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.20

ภาพที่ 4.20
ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยก๊าซเรดอนภายในอาคารตึกแถว กรณีที่ลดระดับการกั้นผนังภายใน
เมื่ออัตราการระบายอากาศเท่ากับ 0.70 ต่อชั่วโมง

	วัสดุทดสอบ : CE 100		Rn (Bq m ⁻³)
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	
รูปตัด 1			3.00E+00 2.80E+00 2.60E+00 2.40E+00 2.20E+00 2.00E+00 1.80E+00 1.60E+00 1.41E+00
รูปตัด 2			1.21E+00 1.01E+00 8.14E-01 6.16E-01 4.17E-01 2.18E-01 2.00E-02
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		0.388	Bq m ⁻³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		0.477	

	วัสดุทดสอบ : FA 50		Rn (Bq m ⁻³)
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	
รูปตัด 1			3.00E+00 2.80E+00 2.60E+00 2.40E+00 2.20E+00 2.00E+00 1.80E+00 1.60E+00 1.40E+00
รูปตัด 2			1.20E+00 1.00E+00 8.07E-01 6.08E-01 4.08E-01 2.09E-01 1.00E-02
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		0.529	Bq m ⁻³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		0.640	

ภาพที่ 4.20 (ต่อ)

วัสดุทดสอบ : PG 50			Rn (Bq m ⁻³)			
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน				
รูปตัด 1			5.000E+01			
			4.673E+01			
			4.347E+01			
			4.020E+01			
			3.693E+01			
			3.367E+01			
			3.040E+01			
			2.713E+01			
			2.387E+01			
			2.060E+01			
รูปตัด 2			2.387E+01			
			2.060E+01			
			1.733E+01			
			1.407E+01			
			1.080E+01			
			7.533E+00			
			4.267E+00			
			1.000E+00			
			ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		8.330	Bq m ⁻³
			ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		10.220	

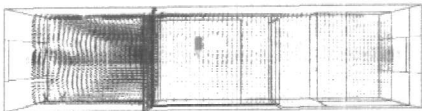
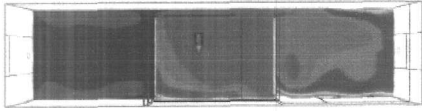
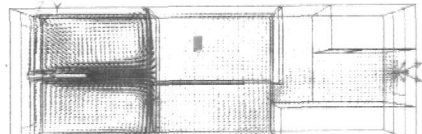
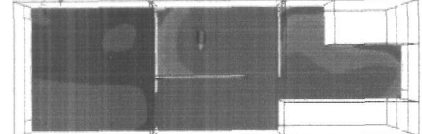
จากภาพที่ 4.20 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศขึ้นเป็น 0.70 ต่อชั่วโมง มีผลทำให้ความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยลดลง จากเดิมที่มีอัตราการระบายอากาศต่ำสุด (0.35 ต่อชั่วโมง) ในทุกกรณี และเมื่อพิจารณาแนวการไหลของอากาศ จะสังเกตได้ว่าชัดเจน และทั่วถึงมากขึ้น ทำให้จุดที่เกิดการสะสมของก๊าซเรดอนลดขนาดลง และเคลื่อนตำแหน่งไปยังบริเวณท้ายห้อง ใกล้กับช่องลมออกเช่นเดียวกับกรณีที่ผ่านมา

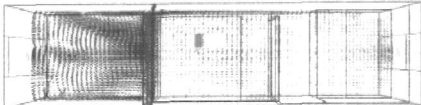
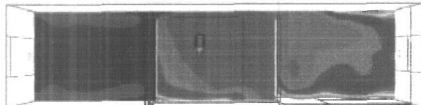
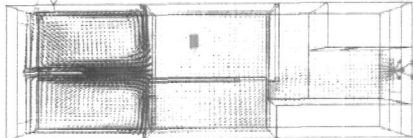
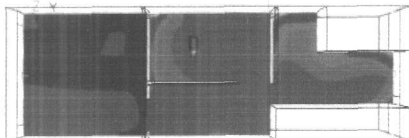
3) กรณีที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 90 CFM (1.05 ACH)

เมื่อทดลองเพิ่มอัตราการระบายอากาศเป็น 1.05 ต่อชั่วโมง โดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 90 CFM เข้าไปที่ช่องทางลมออก ผลที่ได้จากการจำลองสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.21

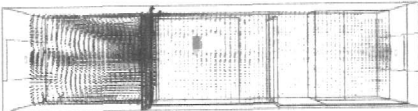
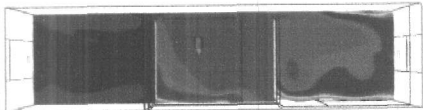
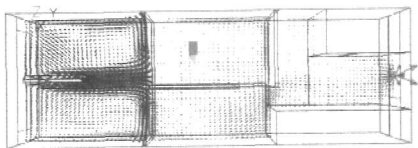
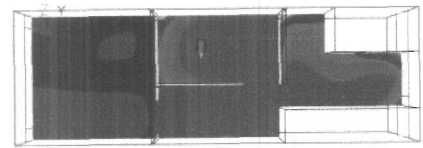
ภาพที่ 4.21

ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยก๊าซเรดอนภายในอาคารตึกแถว กรณีที่ลดระดับการกั้นผนังภายใน
เมื่ออัตราการระบายอากาศเท่ากับ 1.05 ต่อชั่วโมง

	วัสดุทดสอบ : CE 100		Rn
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	(Bq m ⁻³)
รูปตัด 1			1.500E+00
			1.401E+00
			1.301E+00
			1.202E+00
			1.103E+00
			1.003E+00
			9.040E-01
			8.047E-01
			7.053E-01
			6.060E-01
รูปตัด 2			5.067E-01
			4.073E-01
			3.080E-01
			2.087E-01
			1.093E-01
			1.000E-02
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		0.251	Bq m ⁻³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		0.256	

	วัสดุทดสอบ : FA 50		Rn
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	(Bq m ³)
รูปตัด 1			1.000E+00
			1.603E+00
			1.567E+00
			1.450E+00
			1.313E+00
			1.217E+00
			1.100E+00
			9.833E-01
			8.667E-01
			7.500E-01
รูปตัด 2			6.333E-01
			5.167E-01
			4.000E-01
			2.833E-01
			1.667E-01
			5.000E-02
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		0.342	Bq m ³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		0.340	

ภาพที่ 4.21 (ต่อ)

	วัสดุทดสอบ : PG 50		Rn (Bq m ⁻³)
	แนวการไหลของอากาศ	ระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอน	
รูปตัด 1			3.00E+01 2.80E+01 2.60E+01 2.410E+01 2.213E+01 2.017E+01 1.820E+01 1.623E+01 1.427E+01 1.230E+01 1.033E+01 8.367E+00 6.400E+00 4.433E+00 2.467E+00 5.00E-01
รูปตัด 2			
ค่าเฉลี่ย ณ ระดับ 1.5 เมตรจากพื้น		5.388	Bq m ⁻³
ค่าที่วัดได้ ณ จุดวัด		5.493	

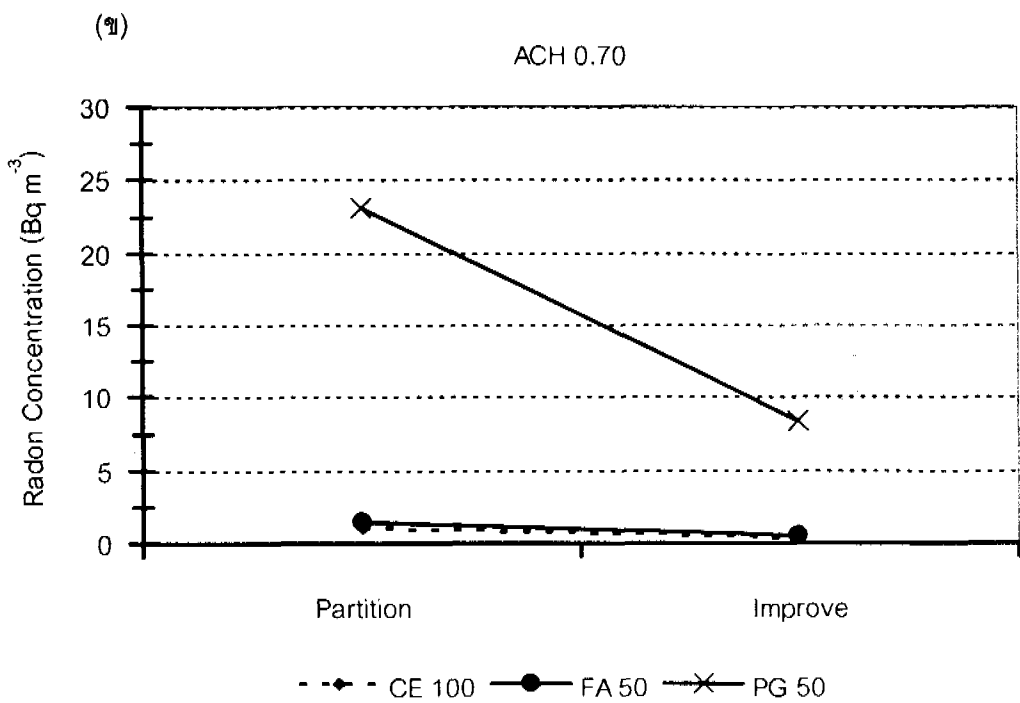
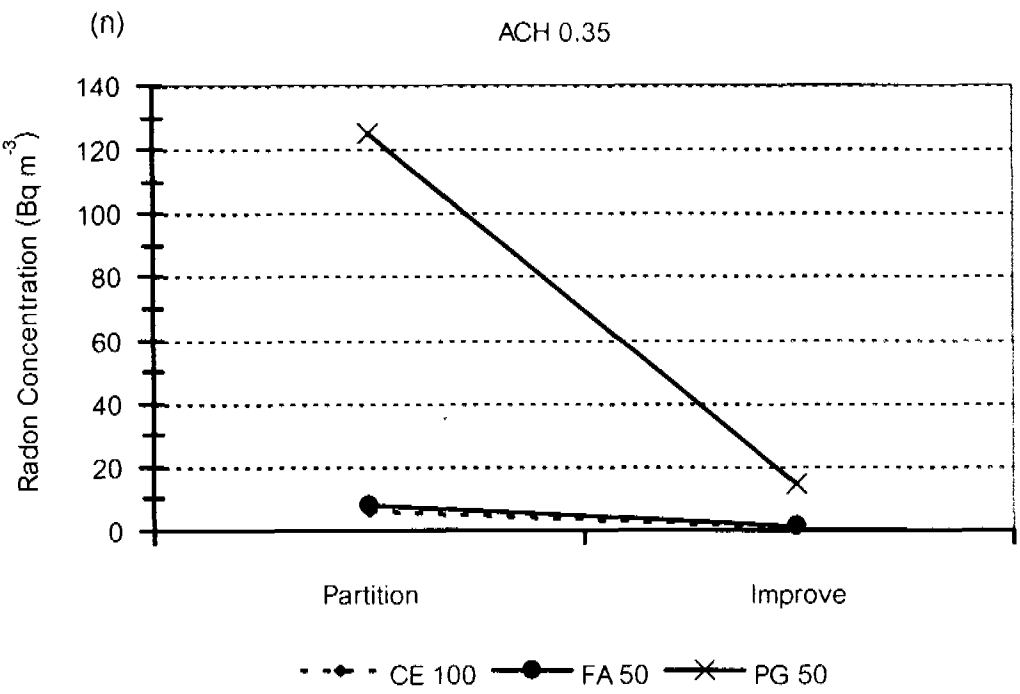
ภาพที่ 4.21 แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า การลดระดับผนังร่วมกับการใช้พัดลมดูดอากาศ สามารถช่วยลดความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยได้ค่อนข้างมาก หรือมากกว่ากรณีที่ไม่มีการกั้นผนัง ในอัตราการระบายอากาศที่เท่ากัน นอกจากนี้ยังช่วยลดความกดอากาศภายในห้องลง ทำให้การไหลเวียนอากาศเป็นไปอย่างทั่วถึง จนค่าที่วัดได้ ณ จุดตรวจวัด มีค่าเกือบเท่ากับค่าเฉลี่ยโดยรวมของทั้งห้อง นอกจากนี้ถึงแม้ว่า ยังคงพบจุดสะสมก๊าซเรดอนอยู่ภายในห้องเป็นบางแห่ง โดยพบปริมาณมากที่สุดในการนี้ของ PG 50 คือ ประมาณ 30 Bq m⁻³ แต่ก็ถือว่าเป็นปริมาณที่ไม่สูงมากนัก จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัย

จากผลการทดลองการแพร่กระจายก๊าซเรดอนในอาคารตึกแถว ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลในกรณีต่าง ๆ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

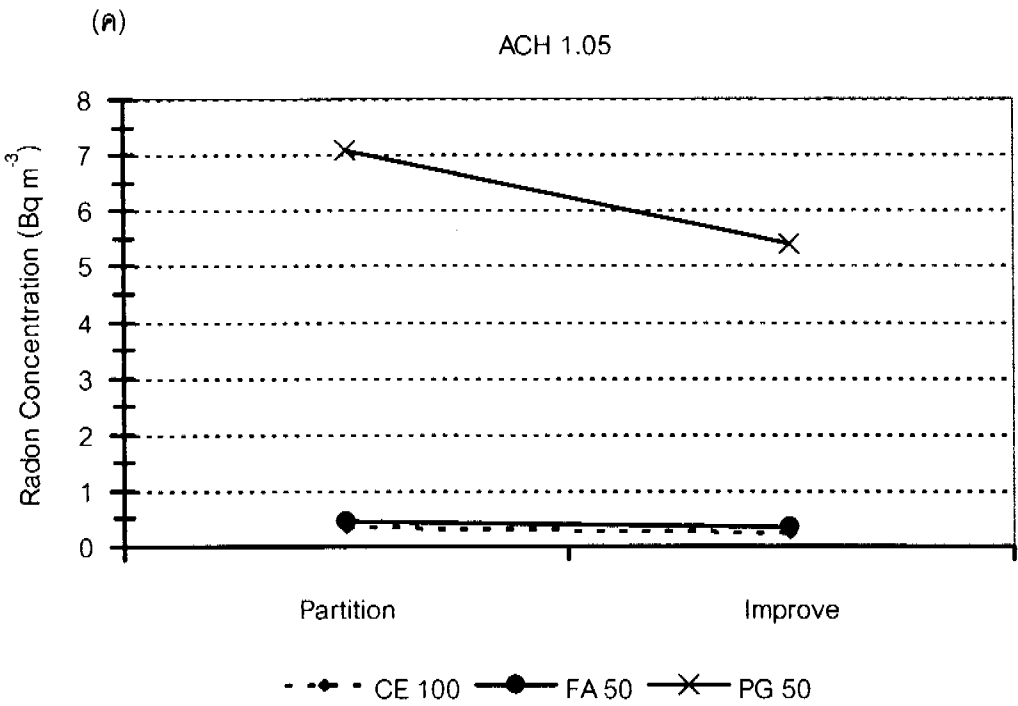
(1) กรณีที่อัตราการระบายอากาศเท่ากัน พบว่าการลดระดับการกั้นผนังภายในลง 25 เซนติเมตร สามารถช่วยลดความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยลงได้ โดยเฉพาะกรณีที่ภายในห้องนั้นมีความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูง ดังภาพที่ 4.22

ภาพที่ 4.22

เปรียบเทียบความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยภายในห้อง ระหว่างกรณีที่พักผนังภายใน กับกรณีทีลดระดับการกั้นผนังภายใน เมื่อมีอัตราการระบายอากาศเท่ากัน



ภาพที่ 4.22 (ต่อ)



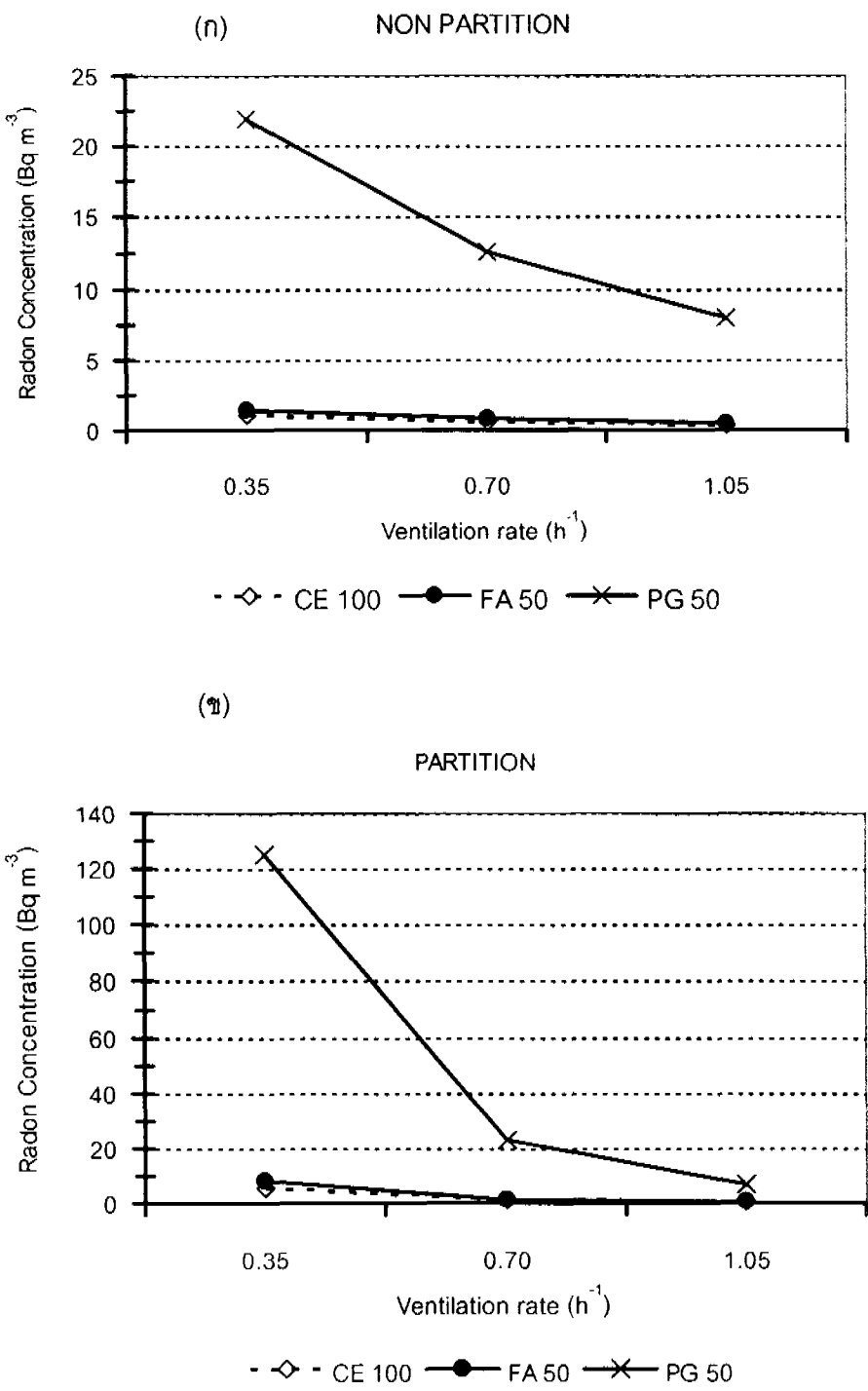
หมายเหตุ: ผลการทดลองโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 18 มี.ค. 2549.

จากภาพที่ 4.22 จะพบว่าการแก้ไขโดยการลดระดับผนังลง จะช่วยลดความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยลงได้ ในทุกกรณี โดยเฉพาะกรณีที่มีความเข้มข้นสูง และมีอัตราการระบายอากาศต่ำอยู่แล้ว และจะสามารถลดความเข้มข้นก๊าซเรดอนได้น้อยลง เมื่ออัตราการระบายอากาศเพิ่มมากขึ้น

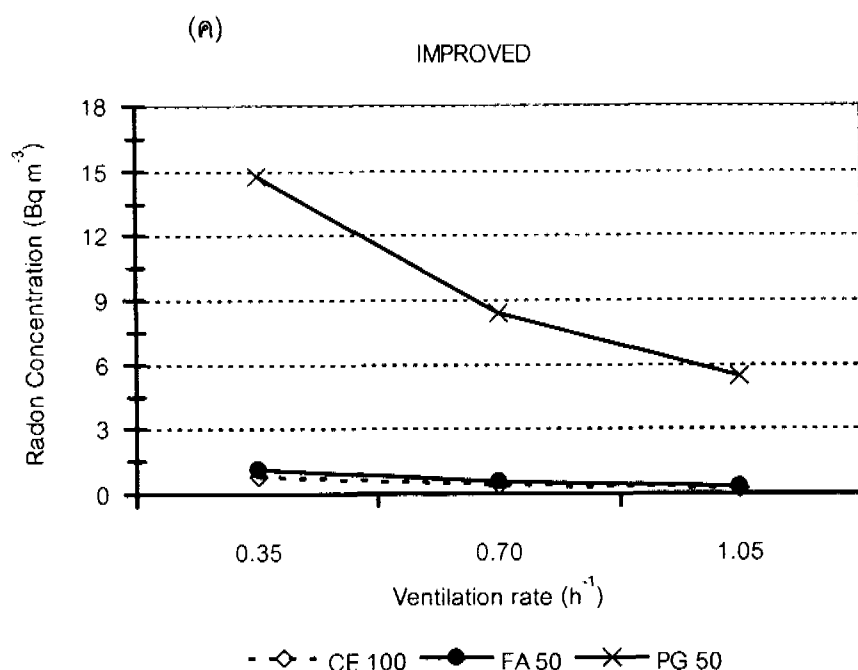
(2) ในกรณีที่มีการกั้นผนังในลักษณะเดียวกัน พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศให้มากขึ้น ก็สามารถช่วยลดความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยได้เช่นกัน แต่ก็มีแนวโน้มในการลดความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยได้น้อยลง เมื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศให้มากขึ้น กล่าวคือ หากมีความเข้มข้นก๊าซเรดอนน้อยอยู่แล้ว การเพิ่มอัตราการระบายอากาศอาจช่วยได้ไม่มากเท่ากับกรณีที่มีความเข้มข้นสูงกว่า ดังภาพที่ 4.23

ภาพที่ 4.23

เปรียบเทียบความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยภายในห้อง ระหว่างกรณีที่มีอัตราการระบายอากาศแตกต่างกัน แต่มีการกั้นผนังภายในในลักษณะเดียวกัน



ภาพที่ 4.23 (ต่อ)



หมายเหตุ: ผลการทดลองโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มี.ค. 2549.

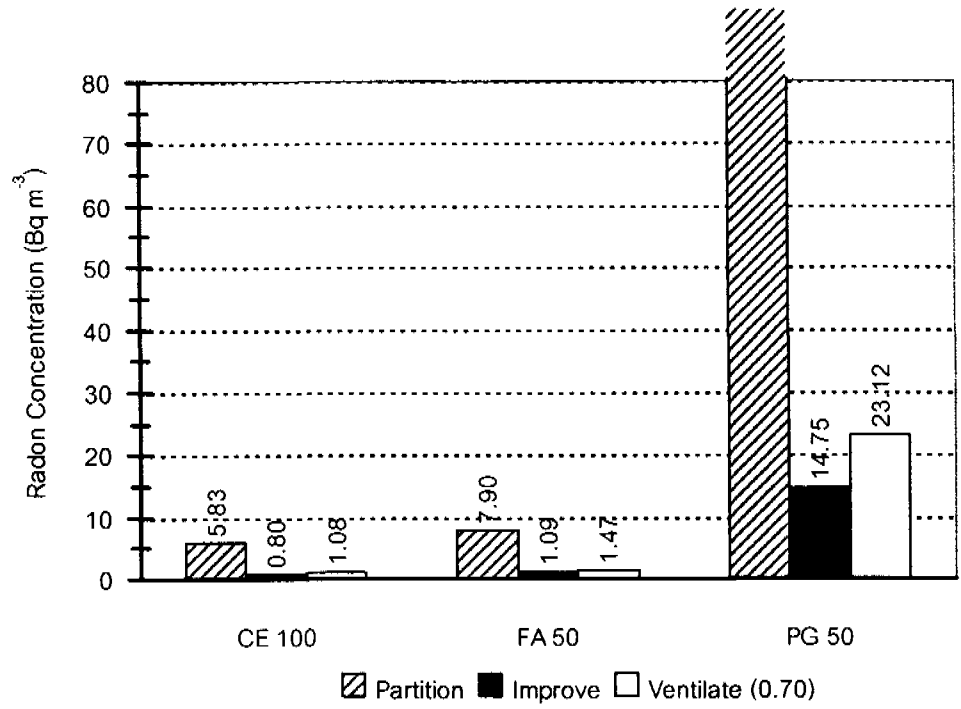
(3) จากผลการทดลองในทุกกรณีพบว่า การกั้นผนังภายในอาคารตึกแถว มีผลทำให้ระดับความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของก๊าซเรดอนเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากมีบริเวณที่เกิดการสะสมก๊าซเรดอนขึ้นภายในอาคาร

(4) จากผลการทดลองพบว่า กรณีที่มีการระบายอากาศค่อนข้างต่ำ (0.35 ต่อชั่วโมง) ซึ่งทำให้มีความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยค่อนข้างมาก การลดระดับการกั้นผนังภายใน จะให้ผลที่ดีกว่าการปรับอัตราการระบายอากาศให้สูงขึ้น (ภาพที่ 4.24 ก) แต่ถ้ามีการระบายอากาศอยู่ในระดับปานกลาง (0.70 ต่อชั่วโมง) การลดความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยวิธีการเพิ่มอัตราการระบายอากาศ จะให้ผลที่ดีกว่าการลดระดับการกั้นผนังภายใน (ภาพที่ 4.24 ข) อย่างไรก็ตาม พบว่าหากใช้ร่วมกันทั้ง 2 วิธี จะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เช่น ในกรณีของ PG 50 พบว่า การเพิ่มอัตราการระบายอากาศจาก 0.35 เป็น 0.70 จะช่วยลดปริมาณก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยได้ 3.41 เท่า ถ้าลดระดับการกั้นผนังภายใน แต่ไม่เพิ่มอัตราการระบายอากาศ จะช่วยลดปริมาณก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยได้ 5.35 เท่า แต่ถ้าใช้ทั้ง 2 วิธีการร่วมกัน จะสามารถลดปริมาณก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยได้ถึง 14.65 เท่า

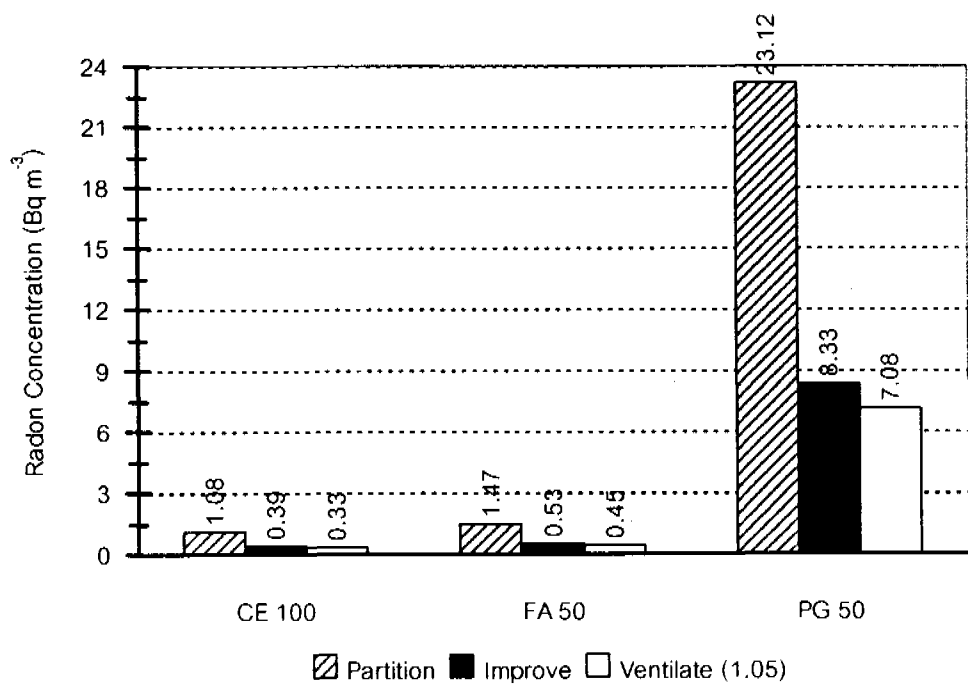
ภาพที่ 4.24

เปรียบเทียบความสามารถในการลดความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยเฉลี่ยภายในอาคารตึกแถวที่มีการกั้นผนังภายใน ระหว่างวิธีการลดระดับการกั้นผนังภายใน กับการเพิ่มอัตราการระบายอากาศ

(ก) เมื่ออัตราการระบายอากาศอยู่ในระดับต่ำสุด (0.35 ต่อชั่วโมง)



(ข) เมื่ออัตราการระบายอากาศอยู่ในระดับปานกลาง (0.70 ต่อชั่วโมง)



4.2.2 ผลการคำนวณปริมาณรังสีที่ผู้อยู่อาศัยในอาคารตึกแถวได้รับเนื่องมาจากก๊าซเรดอน
ในระยะเวลา 1 ปี

เนื่องจากก๊าซเรดอนเป็นก๊าซกัมมันตรังสี ดังนั้นผู้ที่สัมผัส หรือสูดดมก๊าซเรดอนเข้าสู่ร่างกายจึงได้รับอันตรายจากการแผ่รังสีของก๊าซเรดอน ถึงแม้ว่าในหลายประเทศจะมีการเสนอ “ระดับอ้างอิง” (reference level) ขึ้นมาใช้เป็นเกณฑ์เฉลี่ย เช่น ตามที่ US EPA ได้กำหนดขึ้นไว้ที่ 148 Bq m⁻³ แต่ก็ยังเป็นเพียงข้อเสนอแนะเท่านั้น ไม่มีผลบังคับทางกฎหมาย และผลต่อสุขภาพก็ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน แต่สำหรับขีดจำกัดปริมาณรังสีที่ได้รับนั้น ได้มีการกำหนดขึ้นมาอย่างชัดเจน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้เกณฑ์รังสีที่บุคคลได้รับตามค่าเฉลี่ยของมาตรฐานโลก ดังที่เสนอในรายงาน UNSCEAR 2000 (ตารางที่ 2.2) คือ รังสีที่มนุษย์ได้รับจากก๊าซเรดอนเนื่องจากการสูดดมเข้าสู่ร่างกาย ไม่ควรเกิน 1.15 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี

ดังนั้น เมื่อนำผลการจำลองการแพร่กระจายก๊าซเรดอนในอาคารตึกแถวทุกกรณี ในหัวข้อ 4.2.1 มาคำนวณหาค่าปริมาณรังสีที่ผู้อยู่อาศัยจะได้รับภายในระยะเวลา 1 ปี ตามวิธีการที่เสนอโดย UNSCEAR (ภาพที่ 2.10) สามารถนำเสนอผลได้ตามตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15

ปริมาณรังสีที่ผู้อยู่อาศัยในอาคารตึกแถวจะได้รับภายในระยะเวลา 1 ปี
จำแนกตามอัตราการระบายอากาศ

(ก) เมื่อมีอัตราการระบายอากาศต่ำที่สุด (0.35 ต่อชั่วโมง)

วัสดุทดสอบ	การกั้นผนังภายใน	ณ จุดตรวจวัด		ค่าเฉลี่ยรวมทั้งห้อง	
		Bq m ⁻³	mSv y ⁻¹	Bq m ⁻³	mSv y ⁻¹
CE 100	ไม่กั้นผนังภายใน	0.934	0.024	1.022	0.026
	กั้นผนังภายใน	30.240	0.762	5.827	0.147
	ลดระดับความสูงผนัง	0.866	0.022	0.804	0.020
FA 50	ไม่กั้นผนังภายใน	1.261	0.032	1.387	0.035
	กั้นผนังภายใน	40.470	1.020	7.900	0.199
	ลดระดับความสูงผนัง	1.170	0.029	1.090	0.027

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

วัสดุทดสอบ	การกั้นผนังภายใน	ณ จุดตรวจวัด		ค่าเฉลี่ยรวมทั้งห้อง	
		Bq m ⁻³	mSv y ⁻¹	Bq m ⁻³	mSv y ⁻¹
PG 50	ไม่กั้นผนังภายใน	19.910	0.502	21.900	0.552
	กั้นผนังภายใน	648.100	16.332	124.900	3.147
	ลดระดับความสูงผนัง	16.220	0.409	14.750	0.372

(ข) เมื่อติดตั้งลดระบายอากาศขนาด 60 CFM (0.70 ต่อชั่วโมง)

วัสดุทดสอบ	การกั้นผนังภายใน	ณ จุดตรวจวัด		ค่าเฉลี่ยรวมทั้งห้อง	
		Bq m ⁻³	mSv y ⁻¹	Bq m ⁻³	mSv y ⁻¹
CE 100	ไม่กั้นผนังภายใน	0.507	0.013	0.588	0.015
	กั้นผนังภายใน	4.210	0.106	1.079	0.027
	ลดระดับความสูงผนัง	0.477	0.012	0.388	0.010
FA 50	ไม่กั้นผนังภายใน	0.680	0.017	0.798	0.020
	กั้นผนังภายใน	5.710	0.144	1.465	0.037
	ลดระดับความสูงผนัง	0.640	0.016	0.529	0.013
PG 50	ไม่กั้นผนังภายใน	10.860	0.274	12.590	0.317
	กั้นผนังภายใน	90.200	2.273	23.120	0.583
	ลดระดับความสูงผนัง	10.220	0.258	8.330	0.210

(ค) เมื่อติดตั้งลดระบายอากาศขนาด 90 CFM (1.05 ต่อชั่วโมง)

วัสดุทดสอบ	การกั้นผนังภายใน	ณ จุดตรวจวัด		ค่าเฉลี่ยรวมทั้งห้อง	
		Bq m ⁻³	mSv y ⁻¹	Bq m ⁻³	mSv y ⁻¹
CE 100	ไม่กั้นผนังภายใน	0.336	0.008	0.371	0.009
	กั้นผนังภายใน	0.260	0.007	0.330	0.008
	ลดระดับความสูงผนัง	0.256	0.006	0.251	0.006

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

วัสดุทดสอบ	การกั้นผนังภายใน	ณ จุดตรวจวัด		ค่าเฉลี่ยรวมทั้งห้อง	
		Bq m ⁻³	mSv y ⁻¹	Bq m ⁻³	mSv y ⁻¹
FA 50	ไม่กั้นผนังภายใน	0.450	0.011	0.503	0.013
	กั้นผนังภายใน	0.350	0.009	0.448	0.011
	ลดระดับความสูงผนัง	0.340	0.009	0.342	0.009
PG 50	ไม่กั้นผนังภายใน	7.374	0.186	7.945	0.200
	กั้นผนังภายใน	5.572	0.140	7.075	0.178
	ลดระดับความสูงผนัง	5.493	0.138	5.388	0.136

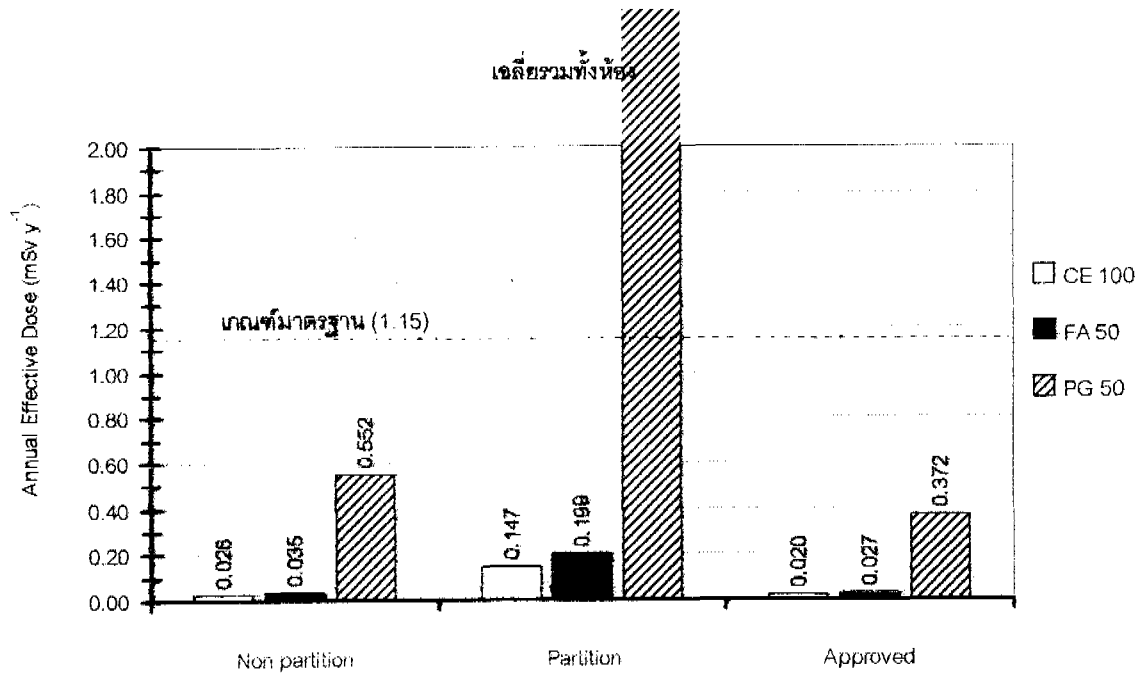
หมายเหตุ: ผลการทดลองโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มี.ค. 2549.

เมื่อนำผลการคำนวณปริมาณรังสีที่ได้ในตารางที่ 4.15 มาเปรียบเทียบกับระหว่างกรณี และเทียบกับมาตรฐานค่าเฉลี่ยของโลก สามารถแสดงได้ตามภาพที่ 4.24

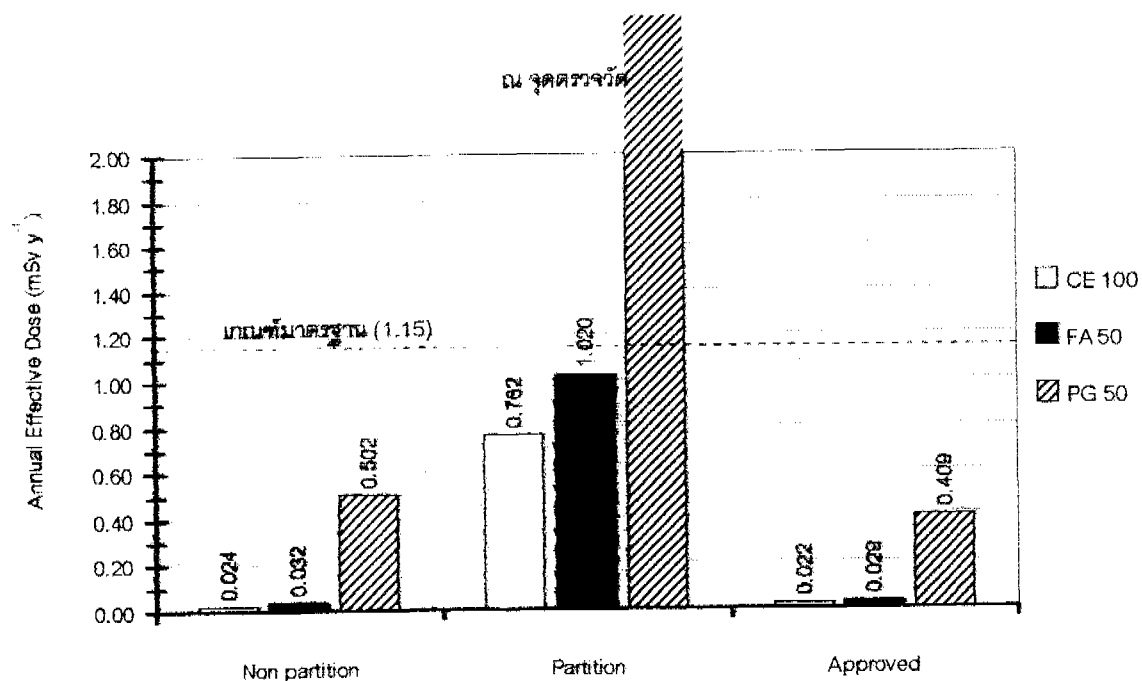
ภาพที่ 4.25

การเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ผู้อยู่อาศัยในอาคารตึกแถวจะได้รับ ในระยะเวลา 1 ปี กับมาตรฐานค่าเฉลี่ยที่ประชากรโลกได้รับ

(ก) เมื่อมีอัตราการระบายอากาศต่ำสุด (0.35 ต่อชั่วโมง)

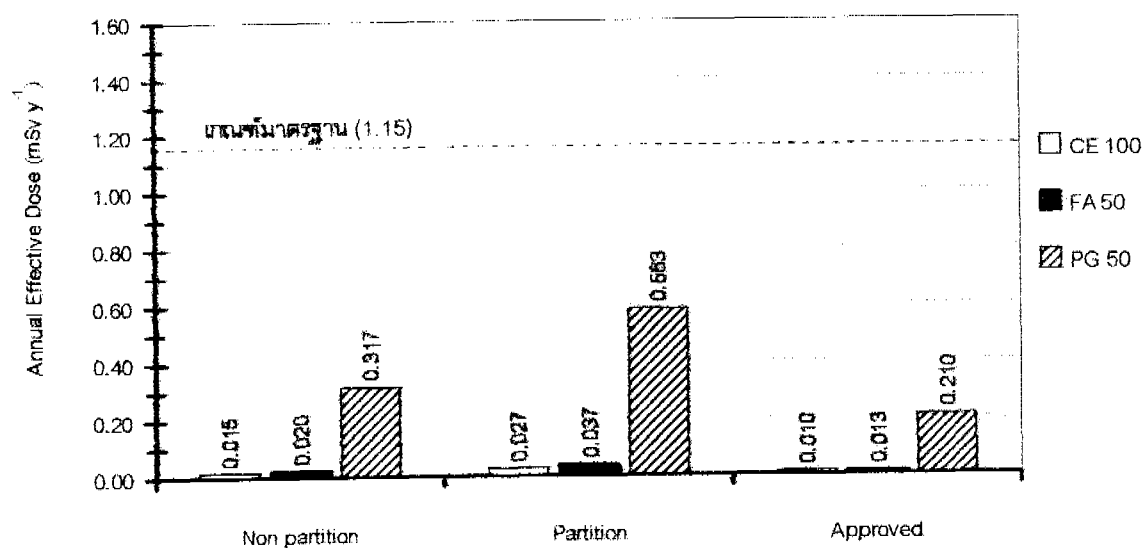


ภาพที่ 4.25 (ต่อ)

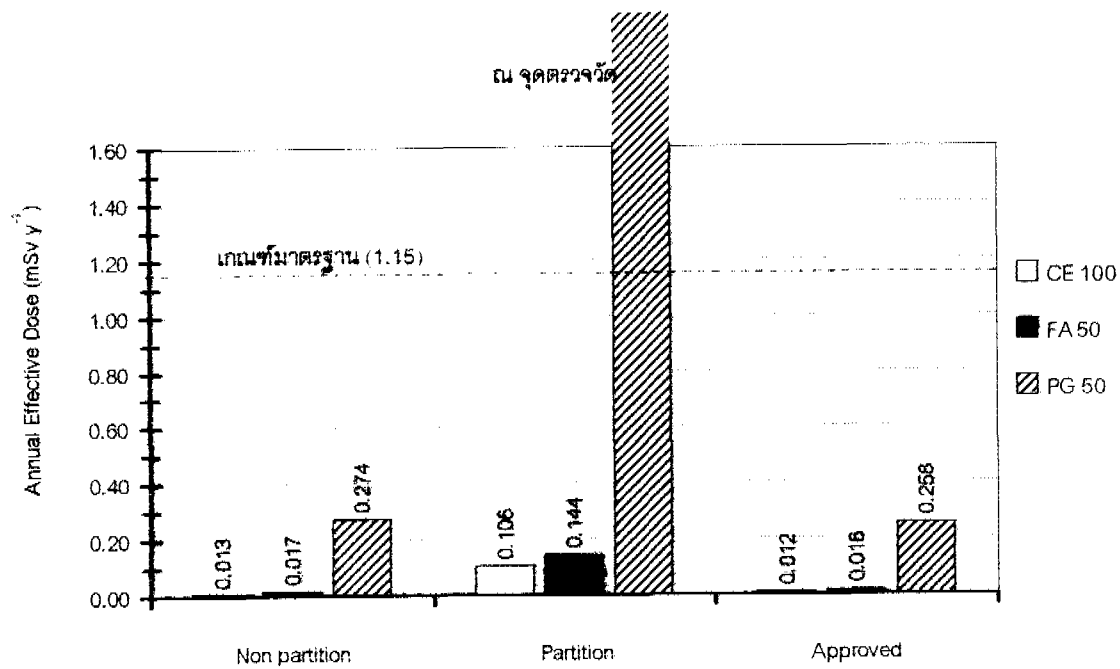


(ข) เมื่อติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 60 CFM (0.70 ต่อชั่วโมง)

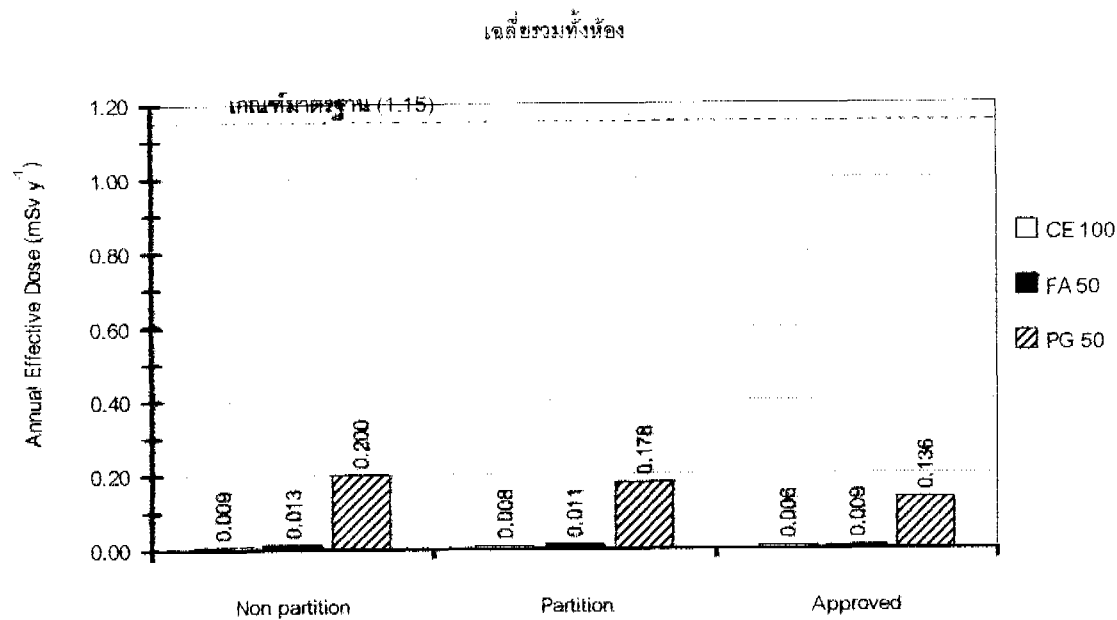
เฉลี่ยรวมทั้งห้อง



ภาพที่ 4.25 (ต่อ)

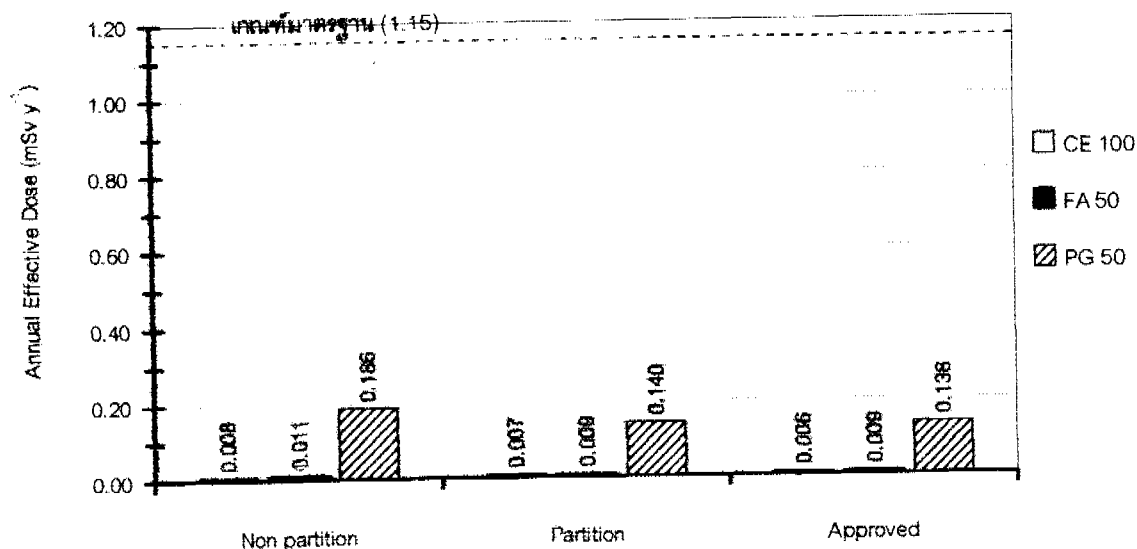


(ค) เมื่อติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 90 CFM (1.05 ต่ห้วง)



ภาพที่ 4.25 (ต่อ)

ณ จุดตรวจวัด



หมายเหตุ: ผลการทดลองโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 25 มี.ค. 2549.

จากภาพที่ 4.24 จะพบว่า ในกรณีส่วนใหญ่ ค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยที่ผู้อยู่อาศัยได้รับในระยะเวลา 1 ปี จะไม่เกินมาตรฐานค่าเฉลี่ยของโลก ยกเว้นในกรณีการใช้วัสดุทดสอบ PG 50 และมีอัตราการระบายอากาศต่ำสุด คือ 0.35 ต่อชั่วโมง พบว่าปริมาณรังสีที่ผู้อยู่อาศัยได้รับในระยะเวลา 1 ปี มีค่าสูงถึง 1.99 มิลลิซีเวิร์ต ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ แต่เมื่อลดระดับการกั้นผนังภายในลง หรือเพิ่มอัตราการระบายอากาศขึ้น ก็พบว่าสามารถลดปริมาณรังสีที่ได้รับลงได้

อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีถึงแม้ว่าเมื่อพิจารณาโดยค่าเฉลี่ยรวมทั้งห้องแล้ว ปริมาณรังสีที่ผู้อยู่อาศัยได้รับในระยะเวลา 1 ปี จะผ่านเกณฑ์มาตรฐานค่าเฉลี่ยของโลก แต่เมื่อพิจารณาจากจุดตรวจวัด พบว่าปริมาณรังสีที่ผู้อยู่อาศัยได้รับในบริเวณจุดตรวจวัด กลับมีค่าสูงเกินมาตรฐานไปมาก ดังเช่นที่พบในกรณีของการใช้วัสดุทดสอบ PG 50 โดยเมื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศจาก 0.35 เป็น 0.70 ต่อชั่วโมง ทำให้ค่าเฉลี่ยรังสีที่ได้รับทั้งห้องผ่านเกณฑ์ แต่รังสีที่ได้รับ ณ บริเวณจุดตรวจวัดยังคงสูงเกินค่ามาตรฐานอยู่ (ภาพที่ 4.2 ก) ดังนั้นในการพิจารณาปริมาณรังสีที่ผู้อยู่อาศัยจะได้รับจึงควรพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ย และบริเวณจุดตรวจวัด เพื่อหาวิธีการในการลดปริมาณรังสีที่ครอบคลุมที่สุด