

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่สำคัญในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อดำเนินการศึกษาระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา จังหวัดสุราษฎร์ธานี แล้วมาวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จากนั้นจัดทำแผนที่แสดงระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร และจากวิธีการดำเนินการวิจัยที่มีทั้งการศึกษภาคสนาม และการวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ สามารถแบ่งผลการศึกษแบ่งออกเป็น 4 ประเด็นคือ

- 4.1 ผลการดำเนินการศึกษาระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา
- 4.2 ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นแก๊สเรดอนมาตรฐาน
- 4.3 ผลการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา
- 4.4 แผนที่แสดงระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยผลการศึกษาในแต่ละตอนแสดงรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการดำเนินการศึกษาระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา

4.1.1 ผลการติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน จำแนกตามพื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้เลือกศึกษาจำนวน 26 โรงเรียนจากโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในสังกัดของรัฐ จำนวน 47 โรงเรียน คิดเป็นร้อยละ 55.3 โดยครอบคลุม 19 อำเภอ ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี การติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารจะติดตั้งภายในห้องที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ได้แก่ ห้องเรียน ห้องพักครู ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ รวม 196 ห้อง ติดตั้งห้องละ 1-2 ตัวอย่าง จำนวน 329 ตัวอย่าง แต่ได้รับตัวอย่างคืนจำนวน 268 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 81.5 ดังรายละเอียดผลการติดตั้งแสดงดังตารางที่ 4.1 (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ง) ตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นได้ว่าแต่ละโรงเรียนได้รับตัวอย่างกลับคืนมาแตกต่างกันไป ทั้งนี้มีสาเหตุหลายประการ ได้แก่ เป็นโรงเรียนขนาดเล็ก มีจำนวนห้องต่างๆ ไม่มากนัก ประกอบกับนักเรียนค่อนข้างชุกชนทำให้ตัวอย่างที่ติดตั้งไว้สูญหายไป โดยเฉพาะตัวอย่างที่ติดตั้งในห้องเรียนจะหายเกือบทุกโรงเรียน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนที่มาเรียนไม่ได้นั่งอยู่ประจำห้องเรียนนั้นๆ แต่จะหมุนเวียนเปลี่ยนห้องเรียนกันไป จึงทำให้ครูไม่สามารถควบคุมดูแลได้ทั่วถึง

ตารางที่ 4.1 ผลการติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารของโรงเรียนระดับ
มัธยมศึกษา จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ที่	โรงเรียน	อำเภอ	ประเภทของห้อง	จำนวน ห้อง	จำนวน ตัวอย่าง	จำนวน ตัวอย่าง โดยรวม
1	ศึกษาสงเคราะห์	เมือง	ห้องเรียน	2	2	5
			ห้องพักครู	2	2	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	1	
2	สุราษฎร์ธานี	เมือง	ห้องเรียน	2	2	11
			ห้องพักครู	3	3	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	3	4	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	2	
3	สุราษฎร์ พิทยา 2	เมือง	ห้องเรียน	1	2	12
			ห้องพักครู	6	6	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	4	
4	ท่าชีวิพิทยาคม	บ้านนาสาร	ห้องเรียน	1	1	7
			ห้องพักครู	4	4	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	1	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	1	
5	พรุฬพิพิทยาคม	บ้านนาสาร	ห้องเรียน	1	2	6
			ห้องพักครู	2	3	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	1	
6	ควนสุบรรณ วิทยา	บ้านนาสาร	ห้องเรียน	2	2	11
			ห้องพักครู	3	4	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	2	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	3	3	
7	พุนพิน พิทยาคม	พุนพิน	ห้องเรียน	1	1	9
			ห้องพักครู	2	2	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	3	6	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ที่	โรงเรียน	อำเภอ	ประเภทของห้อง	จำนวน ห้อง	จำนวน ตัวอย่าง	จำนวน ตัวอย่าง โดยรวม
8	ท่าสะท้อน วิทยา	พุนพิน	ห้องเรียน	1	1	8
			ห้องพักครู	2	3	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	2	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	2	
9	บ้านนา วิทยาคม	บ้านนาเดิม	ห้องเรียน	3	5	13
			ห้องพักครู	4	5	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	3	
10	ท่าฉาง วิทยาการ	ท่าฉาง	ห้องเรียน	2	4	13
			ห้องพักครู	2	3	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	4	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	2	
11	มัธยมวิภาวดี	วิภาวดี	ห้องเรียน	1	2	9
			ห้องพักครู	3	6	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	1	
12	กาญจนภิเษก วิทยาลัย	ไชยา	ห้องเรียน	2	3	10
			ห้องพักครู	3	3	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	2	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	2	
13	ท่าชนะ	ท่าชนะ	ห้องเรียน	1	2	12
			ห้องพักครู	2	3	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	3	4	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	2	3	
14	มัธยมบ้าน ท่าเนียบ	คีรีรัฐนิคม	ห้องเรียน	1	1	14
			ห้องพักครู	4	7	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	2	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	2	4	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

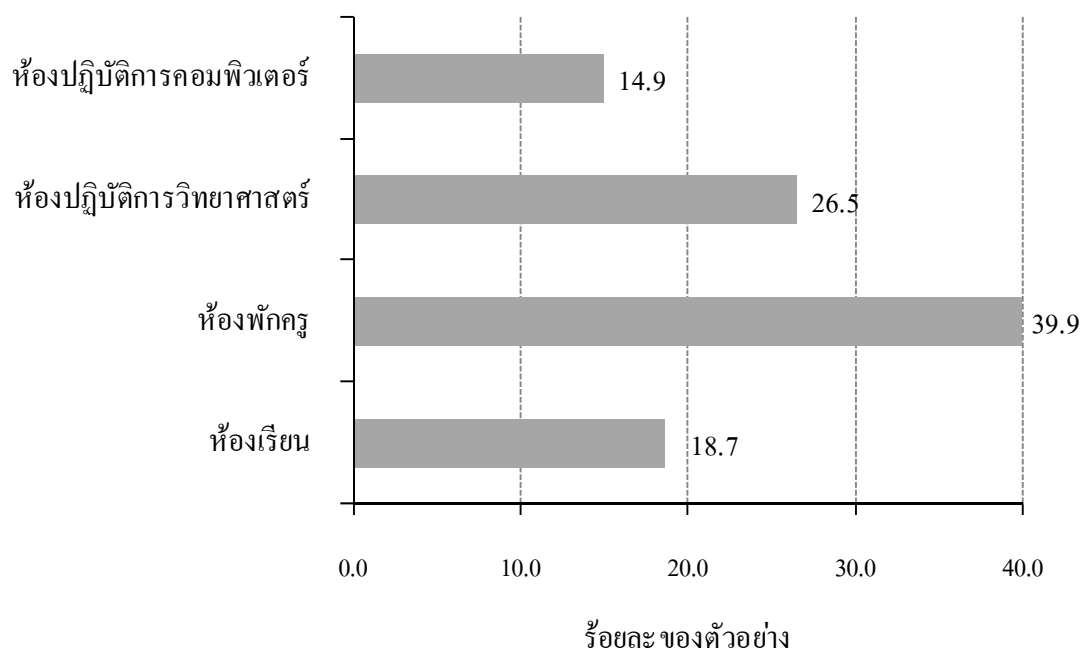
ที่	โรงเรียน	อำเภอ	ประเภทของห้อง	จำนวน ห้อง	จำนวน ตัวอย่าง	จำนวน ตัวอย่าง โดยรวม
15	บ้านตาขุน วิทยา	บ้านตาขุน	ห้องเรียน	1	1	12
			ห้องพักครู	4	5	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	4	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	2	
16	พนมศึกษา	พนม	ห้องเรียน	1	1	14
			ห้องพักครู	5	6	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	3	5	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	2	
17	เคียนซา พิทยาคม	เคียนซา	ห้องเรียน	1	1	13
			ห้องพักครู	4	7	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	3	5	
18	เวียงสระ	เวียงสระ	ห้องเรียน	3	4	11
			ห้องพักครู	4	4	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	2	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	1	
19	พระแสงวิทยา	พระแสง	ห้องเรียน	2	2	9
			ห้องพักครู	2	2	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	4	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	1	
20	ชัยบุรีพิทยา	ชัยบุรี	ห้องเรียน	1	2	11
			ห้องพักครู	4	4	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	2	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	2	3	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ที่	โรงเรียน	อำเภอ	ประเภทของห้อง	จำนวน ห้อง	จำนวน ตัวอย่าง	จำนวน ตัวอย่าง โดยรวม
21	กาญจนดิษฐ์ วิทยาคม	กาญจนดิษฐ์	ห้องเรียน	2	2	7
			ห้องพักครู	3	3	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	1	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	1	
22	กาญจนดิษฐ์	กาญจนดิษฐ์	ห้องเรียน	2	2	6
			ห้องพักครู	2	2	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	2	
23	องค์การบริหาร ส่วนจังหวัด สุราษฎร์ธานี 1	ดอนสัก	ห้องเรียน	1	1	8
			ห้องพักครู	3	3	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	1	1	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	2	3	
24	ทีปราษฎร์ พิทยา	เกาะสมุย	ห้องเรียน	1	1	11
			ห้องพักครู	4	6	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	2	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	2	2	
25	เกาะสมุย	เกาะสมุย	ห้องเรียน	1	1	12
			ห้องพักครู	3	4	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	4	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	2	3	
26	เกาะพะงัน ศึกษา	เกาะพะงัน	ห้องเรียน	1	2	14
			ห้องพักครู	5	7	
			ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	2	3	
			ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	1	2	
รวม				196		268

4.1.2 ผลการติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน จำแนกตามชนิดของห้อง

เมื่อพิจารณาผลการติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน จำแนกตามชนิดของห้อง สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในห้องชนิดต่างๆ ของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษา

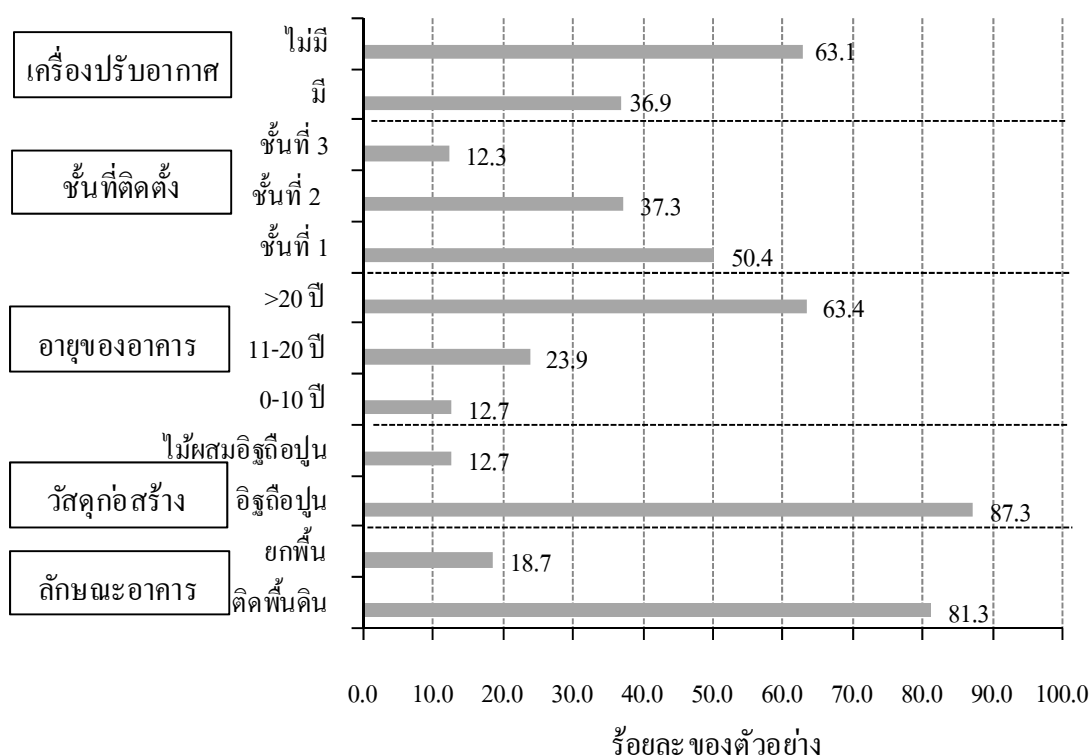


ภาพที่ 4.1 ร้อยละของตัวอย่างที่ตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน จำแนกตามชนิดของห้อง

ภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าร้อยละของตัวอย่างที่ได้ตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนมากที่สุดคือห้องพักครู คิดเป็นร้อยละ 39.9 รองลงมาคือห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 26.5 ส่วนห้องที่ตรวจวัดได้น้อยลงมากคือห้องเรียนและห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 18.7 และร้อยละ 14.9 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ในการตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนเป็นจำนวนน้อยที่สุด เนื่องจากโรงเรียนส่วนใหญ่มีเพียง 1-2 ห้อง เท่านั้น และบางโรงเรียนไม่มีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

4.1.3 ผลการติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน จำแนกตามลักษณะทั่วไปของห้องและอาคาร

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาข้อมูลทั่วไปของโรงเรียนที่ติดตั้งชุดตรวจวัดแก๊สเรดอนตามลักษณะทั่วไปของห้องและอาคาร แสดงได้ดังภาพที่ 4.2 (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ง)



ภาพที่ 4.2 ลักษณะทั่วไปของห้องและอาคารของโรงเรียนที่ตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน

ภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าลักษณะทั่วไปของอาคารที่ติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนส่วนใหญ่ร้อยละ 81.7 โครงสร้างอาคารเป็นแบบดัดพื้นดิน มีเพียงร้อยละ 18.7 ที่เป็นแบบยกพื้น โดยเฉพาะโรงเรียนที่เป็นอาคารเก่าๆ ได้แก่ โรงเรียนควนสุบรรณวิทยา โรงเรียนบ้านนาวิทยาคม โรงเรียนท่าฉางวิทยาคม และโรงเรียนกาญจนาดิษฐ์วิทยาคม

เพื่อพิจารณาวัสดุก่อสร้าง พบว่าส่วนใหญ่ร้อยละ 87.3 เป็นอาคารอิฐถือปูน และร้อยละ 12.7 เป็นอาคารไม่ผสมอิฐถือปูนซึ่งส่วนใหญ่จะมีพื้นห้องเป็นไม้ ส่วนตัวอาคารเป็นอิฐถือปูน ได้แก่ โรงเรียนท่าชนะ โรงเรียนพนมศึกษา โรงเรียนเวียงสระ โรงเรียนเกาะสมุย และโรงเรียนเกาะพะงันศึกษา

อายุของอาคารส่วนใหญ่จะมากกว่า 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 63.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแต่ละโรงเรียนยังมีอาคารเก่าๆ ที่ก่อสร้างพร้อมๆ กับการก่อตั้งโรงเรียน รองลงอยู่ในช่วง 11-20 ปี คิดเป็น

ร้อยละ 23.9 นอกจากนี้มีบางโรงเรียนที่เพิ่งก่อสร้างอาคารใหม่ๆ ที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 12.7 ได้แก่ โรงเรียนมัธยมวิภาวดี โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ และโรงเรียนพนมศึกษา

ห้องที่ติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนส่วนใหญ่เลือกติดตั้งชั้นที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 50.4 เนื่องจากห้องที่อยู่ชั้นล่างหรือติดพื้นดินมีความเสี่ยงต่อระดับแก๊สเรดอนในห้องสูงกว่าชั้นที่อยู่สูงขึ้นไป (Obad และคณะ, 2011) แต่ทั้งนี้ในการตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนไม่สามารถติดตั้งได้เฉพาะชั้นที่ 1 หรือชั้นติดพื้นดินเท่านั้น เนื่องจากบางห้องไม่มีในชั้นที่ 1 เช่น ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่จะอยู่ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ดังนั้นการศึกษาความเข้มข้นแก๊สเรดอนในงานวิจัยนี้พบว่าห้องที่อยู่ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 37.3 และร้อยละ 12.3 ตามลำดับ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาระบบการระบายอากาศของแต่ละห้อง พบว่าห้องที่ตรวจวัดแก๊สเรดอนส่วนใหญ่เป็นระบบเปิด ไม่มีเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 63.1 โดยห้องดังกล่าวจะเปิดประตู หน้าต่างตลอดทั้งวัน บางโรงเรียนเปิดหน้าต่างในเวลากลางวันด้วย โดยเฉพาะห้องเรียนที่อยู่ชั้นที่ 2 หรือชั้นที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากในห้องเรียนไม่ได้มีอุปกรณ์ที่เสี่ยงต่อการสูญหายใดๆ ส่วนห้องที่เป็นระบบปิด และใช้เครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 36.9 ส่วนใหญ่จะเป็นห้องพักครู และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเปิดหน้าต่างระบายอากาศสลับกับการเปิดเครื่องปรับอากาศ

4.2 ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นแก๊สเรดอน

4.2.1 ความหนาแน่นของรังสีแอลฟาในระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอน

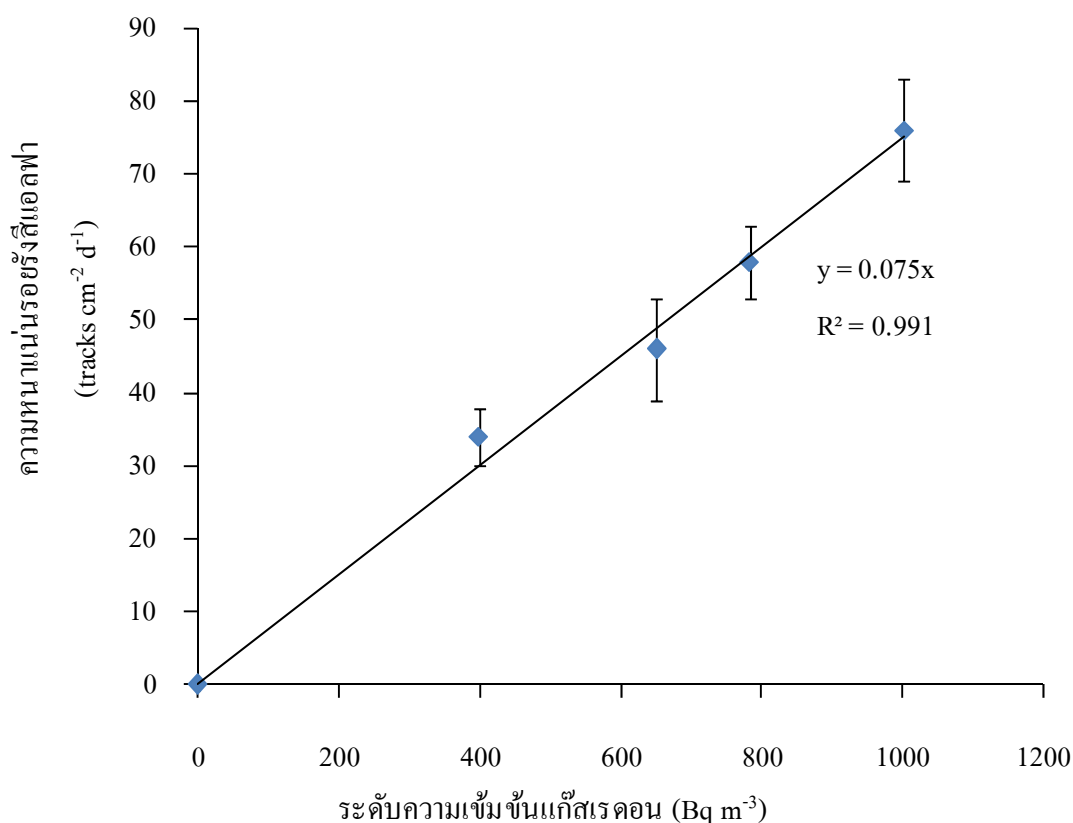
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้เปรียบเทียบความแรงสารมาตรฐานเรดอนจำนวน 4 ระดับ คือ 421 ± 3 , 674 ± 3 , 805 ± 4 และ $1,024 \pm 4$ Bq m⁻³ โดยใช้เวลาในการตรวจวัดแก๊สเรดอนในถังปิดจำนวน 3 วัน (72 ชั่วโมง) ด้วยหัววัด CR-39 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก) เมื่อนำแผ่นพลาสติก CR-39 มาวัดขยายรอยรังสีแอลฟา และตรวจนับความหนาแน่นของรังสีแอลฟาที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบประกอบ ได้ผลดังตารางที่ 4.2 โดยค่าดังกล่าวได้หักลบความเข้มข้นของรังสีภูมิหลังและจำนวนรอยของรังสีภูมิหลังในถังเปรียบเทียบซึ่งมีค่าเฉลี่ย 23 ± 2 Bq m⁻³ และ 2 ± 1 tracks cm⁻² d⁻¹ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟากับระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอน

ความเข้มข้นแก๊สเรดอนหักลบ รังสีภูมิหลังในถังปรับเทียบ (Bq m ⁻³)	ความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาหักลบ รอยรังสีภูมิหลังในถังปรับเทียบ (tracks cm ⁻² d ⁻¹)
398 ± 4	34 ± 4
651 ± 4	46 ± 7
782 ± 4	58 ± 5
1,001 ± 4	76 ± 7

4.2.2 กราฟเปรียบเทียบความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟากับระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอน

เมื่อนำข้อมูลระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนและความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาต่อ 1 ตารางเซนติเมตร ต่อ 1 วัน (tracks cm⁻¹ d⁻¹) จากตารางที่ 4.2 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในโรงเรียนต่อไป จะได้กราฟความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบความหนาแน่นของรอยรังสีแอลฟากับระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอน

จากภาพที่ 4.3 เส้นกราฟมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ความชันกราฟจะเป็นค่าคงที่ที่ได้จากการเปรียบเทียบหรือเรียกว่า Calibration factor (k) ระหว่างความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟากับระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอน ค่า k ที่ได้มีค่าเท่ากับ $0.075 \text{ tracks cm}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ per Bq m}^{-3}$ ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการเปรียบเทียบความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาที่เกิดขึ้นบนหัววัด CR-39 ที่ได้ติดตั้งภายในโรงเรียนเป็นเวลา 60 วัน ว่ามีระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนเท่าใด โดยสามารถนำมาเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (Mayya, Eappen และ Nambi, 1998; Campos และ Martins, 2007)

$$C_{Rn} = \frac{D}{k \cdot t} \quad (4.1)$$

เมื่อ C_{Rn} แทนความเข้มข้นแก๊สเรดอน (Bq m^{-3})

D แทนความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาที่หักลบรังสีภูมิหลัง (tracks cm^{-2})

k แทนค่าคงที่ ที่ได้จากการเปรียบเทียบ ($\text{tracks cm}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ per Bq m}^{-3}$)

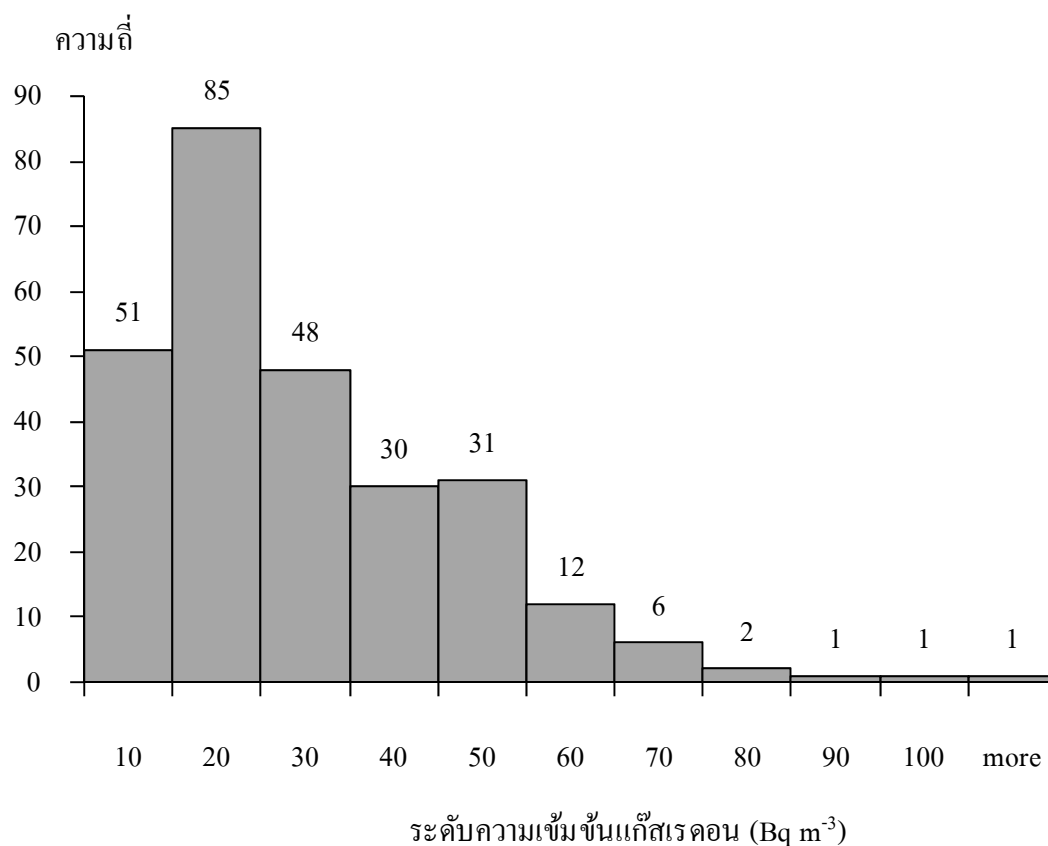
t แทนเวลาที่ใช้ในการตรวจวัดแก๊สเรดอนในโรงเรียน (d)

เมื่อทราบความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟา (D) ที่เกิดขึ้นบนหัววัด CR-39 ที่ได้ติดตั้งภายในโรงเรียนเป็นเวลา 60 วัน ($t = 60 \text{ d}$) แล้วนำค่าตัวแปรต่างๆ แทนลงในสมการ (4.1) จะได้ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในโรงเรียน (C_{Rn}) ของแต่ละตัวอย่างที่ได้ตรวจวัด

4.3 ผลการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา

4.3.1 การแจกแจงความถี่ของระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร

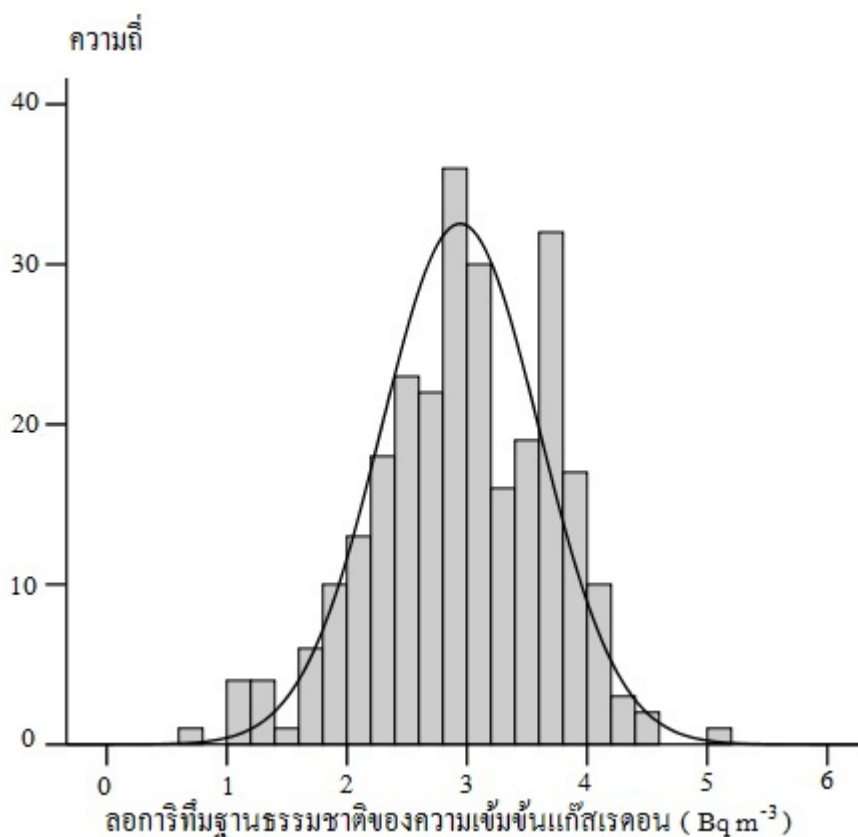
เมื่อนำค่าความเข้มข้นแก๊สเรดอนที่ได้จากการตรวจวัดภายในอาคารของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาจำนวน 268 ตัวอย่าง มาแจกแจงความถี่ของระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอน ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การแจกแจงความถี่ของระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร

ภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่ามีลักษณะการแจกแจงของระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนมีการแจกแจงแบบเบ้ขวา ซึ่งสามารถยืนยันผลได้โดยใช้สถิติทดสอบการแจกแจงข้อมูล Kolmogorov-Smirnov Normality Test ($p < 0.05$) โดยมีระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนส่วนใหญ่ต่ำกว่า 50 Bq m^{-3} และช่วงความถี่ที่ตรวจพบมากที่สุดอยู่ในช่วงความเข้มข้นแก๊สเรดอน $11 - 20 \text{ Bq m}^{-3}$ มีจำนวน 85 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 31.7 รองลงมา คือที่ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนช่วง $0 - 10 \text{ Bq m}^{-3}$ และช่วง $11 - 30 \text{ Bq m}^{-3}$ จำนวน 51 ตัวอย่าง (ร้อยละ 19.0) และ 48 ตัวอย่าง (ร้อยละ 17.9) ตามลำดับ ส่วนช่วงระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนที่มากกว่า 50 Bq m^{-3} เป็นต้นไป มีการกระจายของข้อมูลเพียง 23 ตัวอย่าง จาก 268 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 8.6 เท่านั้น และพบว่าความเข้มข้นมากกว่า 100 Bq m^{-3} พบเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้น หรือคิดเป็นร้อยละ 0.4

ภาพที่ 4.4 สามารถแจกแจงให้เป็นแบบปกติได้โดยการแปลงข้อมูลความเข้มข้นแก๊สเรดอนเป็นแบบลอการิทึมฐานธรรมชาติ ($\ln(\text{radon concentration})$) ได้ผลดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 การแจกแจงความถี่ของลอการิทึมฐานธรรมชาติของความเข้มข้นแก๊สเรดอน

จากภาพที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าการแจกแจงความถี่ของความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นแบบ log-normal ซึ่งสามารถยืนยันผลได้โดยใช้สถิติทดสอบการแจกแจงข้อมูล Kolmogorov-Smirnov Normality Test ($p > 0.05$) จากผลดังกล่าวค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิต จึงเหมาะที่จะใช้เป็นค่ากลางของข้อมูลและใช้ในการเปรียบเทียบทางสถิติ (Venoso และคณะ, 2009; Manousakas และคณะ, 2010)

4.3.2 ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จำแนกตามพื้นที่ศึกษา

เมื่อนำระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนที่วัดได้ทั้งหมดจำนวน 268 ตัวอย่าง จาก 26 โรงเรียน โดยมีจำนวนตัวอย่างที่ตรวจวัดแทนด้วย n แสดงด้วยค่าร้อยละ ค่าสูงสุด (Max) ค่าต่ำสุด (Min) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (AM) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (GM) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิต (GSD) ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จำแนกตามโรงเรียน

อำเภอ	ชื่อโรงเรียน	n	ร้อยละ	ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอน (Bq m ⁻³)					
				Max	Min	AM	SD	GM	GSD
1. เมือง	1. ศึกษาสงเคราะห์	5	2	37	23	31	6	30	1
	2. สุราษฎร์ธานี	11	4	53	23	39	8	38	1
	3. สุราษฎร์พิทยา 2	12	4	47	9	32	12	29	2
2. บ้านนาสาร	4. ทำชีวิทยาคม	7	3	86	29	52	19	49	1
	5. พรุพิวิทยาคม	6	2	54	12	37	14	34	2
	6. ควนสุบรรณวิทยา	11	4	57	20	38	13	36	1
3. พุนพิน	7. พุนพินพิทยาคม	9	3	63	11	39	16	35	2
	8. ท่าสะท้อนวิทยา	8	3	17	8	12	3	12	1
4. บ้านนาเดิม	9. บ้านนาวิทยาคม	13	5	74	13	45	15	42	1
5. ท่าฉาง	10. ท่าฉางวิทยาคาร	13	5	16	3	8	4	7	2
6. วิภาวดี	11. มัธยมวิภาวดี	9	3	19	5	12	5	11	1
7. ไชยา	12. กาญจนภิเษกวิทยา	10	4	92	3	18	26	11	2
8. ท่าชนะ	13. ท่าชนะ	12	4	19	5	10	4	9	1
9. ศิริรัฐนิคม	14. มัธยมบ้านท่าเนียน	14	5	27	7	18	5	17	1
10. บ้านตาขุน	15. บ้านตาขุนวิทยา	12	4	48	11	21	10	19	1
11. พนม	16. พนมศึกษา	14	5	26	4	13	6	11	2
12. เลียนซา	17. เลียนซาพิทยาคม	13	5	32	6	13	7	12	2
13. เวียงสระ	18. เวียงสระ	11	4	72	13	28	17	25	2
14. พระแสง	19. พระแสงวิทยา	9	3	65	10	22	16	19	2
15. ชัยบุรี	20. ชัยบุรีพิทยา	11	4	51	9	22	12	20	2
16. กาญจนดิษฐ์	21. กาญจนดิษฐ์วิทยาคม	7	3	45	25	36	8	35	1
	22. กาญจนดิษฐ์	6	2	49	19	39	11	38	1
17. ดอนสัก	23. องค์การบริหารส่วน จังหวัดสุราษฎร์ธานี 1	8	3	31	3	13	9	10	2
18. เกาะสมุย	24. ทัพราษฎร์พิทยา	11	4	167	2	30	46	16	3
	25. เกาะสมุย	12	4	53	30	22	6	22	1
19. เกาะพะงัน	26. เกาะพะงันศึกษา	14	5	68	13	28	19	24	2
รวม 19 อำเภอ	26 โรงเรียน	268	100	167	2	25	19	19	2

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นแก๊สเรดอนสูงสุดอยู่ที่ระดับ 167 Bq m^{-3} ซึ่งสูงกว่าระดับปฏิบัติของ EPA (148 Bq m^{-3}) คิดเป็นร้อยละ 13 โดยตรวจพบที่โรงเรียนที่ปราชญ์พิทยา อำเภอเกาะสมุย เป็นห้องที่อยู่ในชั้นที่ 1 ของอาคาร

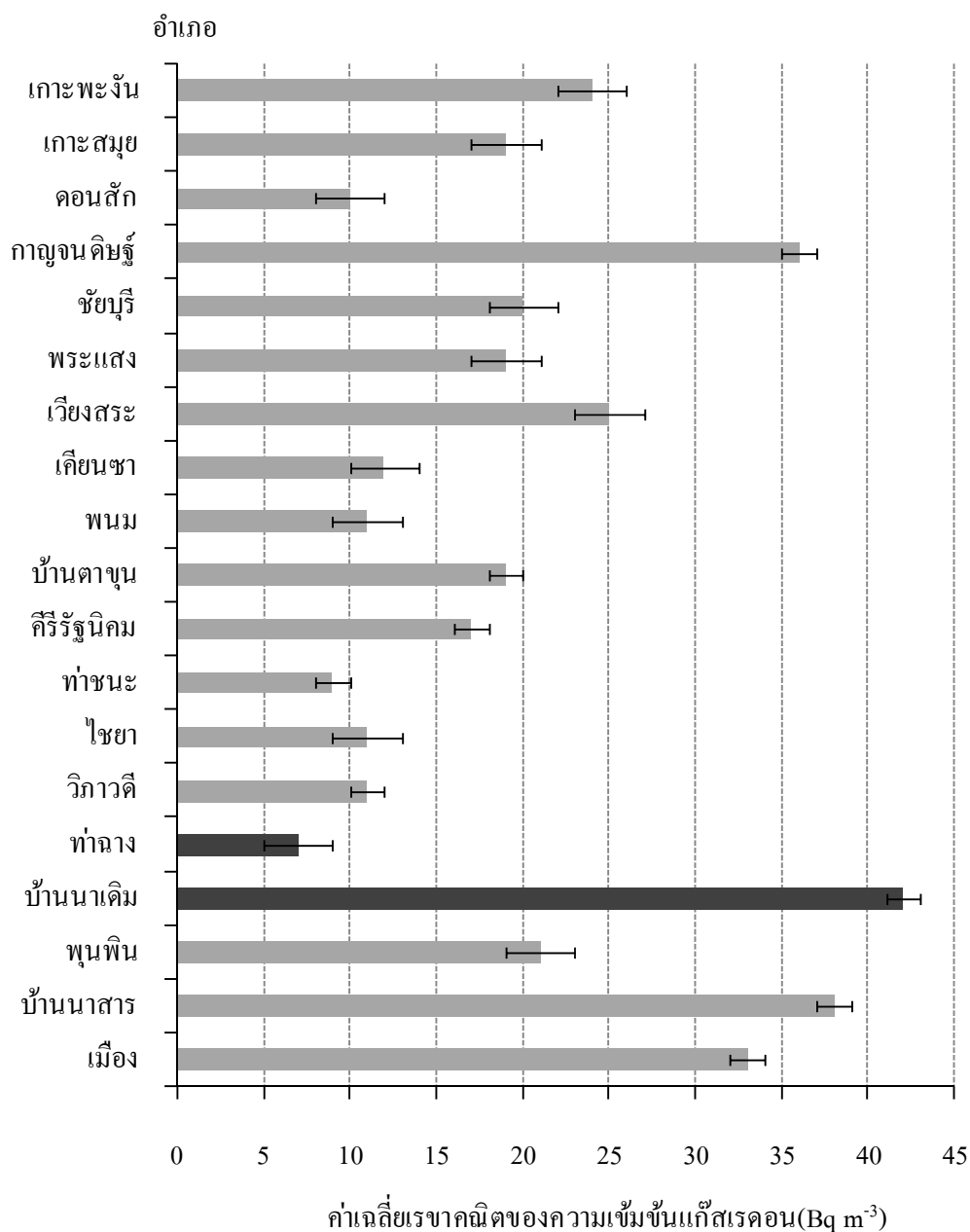
ส่วนระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนต่ำสุดคือ 2 Bq m^{-3} พบที่โรงเรียนที่ปราชญ์พิทยา เช่นเดียวกับค่าสูงสุด โดยตรวจพบที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งอยู่บนชั้นที่ 3 ของอาคาร

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเฉลี่ยเรขาคณิตสูงสุด พบที่โรงเรียนท่าชีวิทยาคม อยู่ที่ระดับ $52 \pm 19 \text{ Bq m}^{-3}$ และ $49 \pm 1 \text{ Bq m}^{-3}$ ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าโรงเรียนนี้ห้องที่ตรวจวัดเป็นห้องที่อยู่ชั้นที่ 1 ทั้งหมด และแต่ละห้องค่อนข้างอับชื้น เนื่องจากเป็นที่ลุ่มและบางปีมีน้ำท่วมทุกห้องที่ติดตั้ง ซึ่งอาจทำให้โอกาสการสะสมตัวของแก๊สเรดอนภายในอาคารมากกว่าโรงเรียนอื่นๆ

นอกจากนี้พบว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเฉลี่ยเรขาคณิตต่ำสุด อยู่ที่ระดับ $8 \pm 4 \text{ Bq m}^{-3}$ และ $7 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$ ตามลำดับ พบที่โรงเรียนท่าฉางวิทยาคาร ซึ่งมีลักษณะทั่วไปของอาคารส่วนใหญ่ร้อยละ 85 ของตัวอย่างที่ติดตั้งในโรงเรียนนี้เป็นอาคารแบบยกพื้น บางอาคารชั้นล่างเป็นได้ถุนสำหรับจัดกิจกรรมทำให้มีลมโกรกตลอดเวลา ประกอบกับทุกห้องมีระบบระบายอากาศที่ดี เปิดประตูหน้าต่างตลอดวัน จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การสะสมของแก๊สเรดอนภายในอาคารน้อยกว่าโรงเรียนอื่นๆ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเฉลี่ยเรขาคณิตโดยรวม 26 โรงเรียน จาก 268 ตัวอย่าง พบว่าอยู่ที่ระดับ $25 \pm 19 \text{ Bq m}^{-3}$ และ $19 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$ ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ไม่สูงมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากลักษณะของห้องในภาพรวมมีระบบระบายอากาศที่ดี และบางห้องแม้ว่ามีเครื่องปรับอากาศ แต่ก็ไม่ได้เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน ส่วนใหญ่จะเปิดประตู หน้าต่างเพื่อระบายอากาศสลับกันไป และถือว่าอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งปอดน้อย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนจำแนกตามอำเภอ พบว่าบางอำเภอมีประชากรมากทำให้มีโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาหลายโรงเรียน ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอพุนพิน อำเภอบ้านนาสาร อำเภอกาญจนดิษฐ์ และอำเภอเกาะสมุย ดังนั้นอำเภอดังกล่าวจึงได้ตรวจวัดระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนจำนวน 2 - 3 โรงเรียน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนระดับอำเภอ สามารถแสดงให้เห็นความแตกต่างได้ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จำแนกตามอำเภอ

จากภาพที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของทุกอำเภอ พบว่ามีความแตกต่างระหว่างอำเภออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (One-Way ANOVA, $p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายคู่ พบว่าค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนสูงสุดจำแนกตามอำเภอ อยู่ที่ระดับ $42 \pm 1 \text{ Bq m}^{-3}$ ตรวจพบที่อำเภอบ้านนาเดิม ส่วนค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นต่ำสุด คือ

อำเภอท่าฉาง อยู่ในระดับความเข้มข้น $7 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Tukey's HSD test, $p < 0.05$)

4.3.3 ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จำแนกตามชนิดของห้อง

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จำแนกตามชนิดของห้อง พบว่ามีความเข้มข้นสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิต ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จำแนกตามชนิดของห้อง

ลำดับที่	ชนิดของห้อง	ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอน (Bq m^{-3})						
		n	Max	Min	AM	SD	GM	GSD
1	ห้องเรียน	50	86	3	25	21	17	2
2	ห้องพักรู	107	92	3	26	16	21	2
3	ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	71	64	2	23	16	18	2
4	ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	40	167	7	26	26	21	2
รวม		268	167	2	25	19	19	2

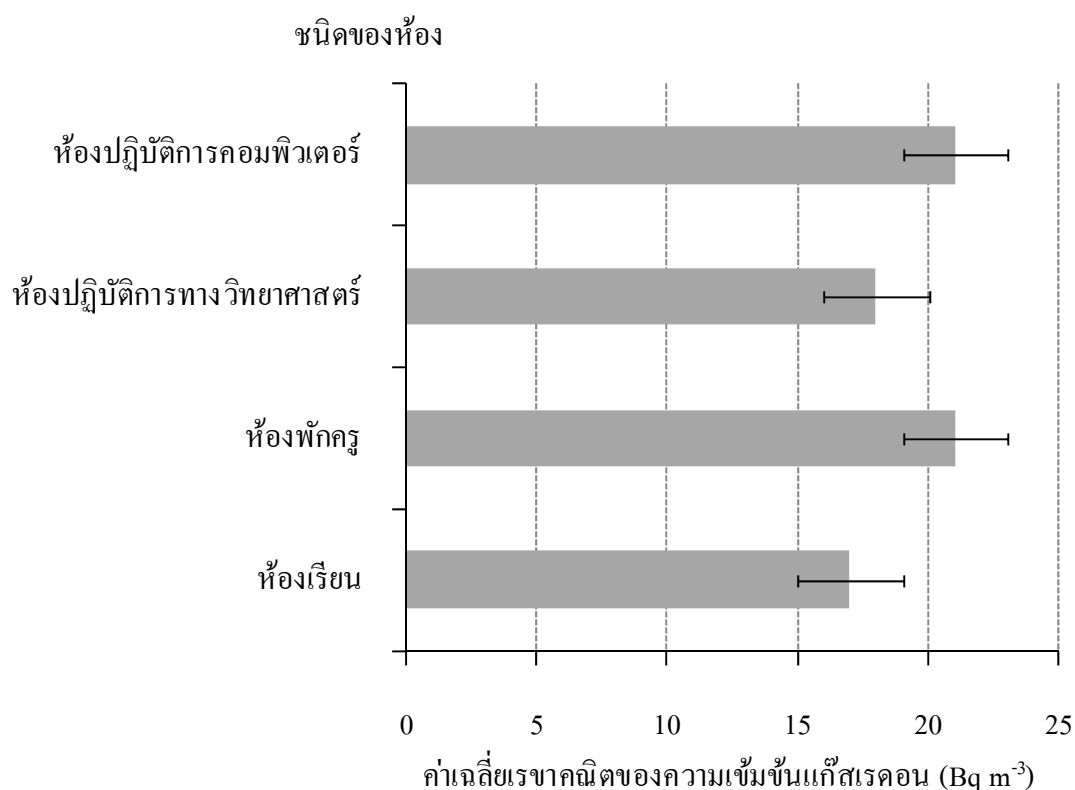
ตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าห้องที่ตรวจพบว่ามีระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนสูงสุด (167 Bq m^{-3}) เป็นห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ของโรงเรียนที่ปราชญ์พิทยา อำเภอเกาะสมุย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากลักษณะทั่วไปของห้อง พบว่าตั้งอยู่ในชั้นที่ 1 ของอาคาร และเป็นระบบปิด ส่วนใหญ่จะปิดทั้งเวลากลางวันและกลางคืน มีเครื่องปรับอากาศ แต่จะเปิดใช้เฉพาะมีการเรียนการสอนเท่านั้น ซึ่งในแต่ละวันไม่ได้เรียนต่อเนื่องทั้งวัน จึงทำให้การระบายอากาศไม่ดี ห้องเรียนค่อนข้างอับ ประกอบกับระดับความเข้มข้นยูเรเนียมที่ผิวดินในภาพรวมของอำเภอเกาะสมุยพบว่าสูงกว่า 3 ppm eU ดังภาพที่ 2.2 ในบทที่ 2 ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงโดยตรงต่อระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร (Duval, 1988)

ส่วนระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนต่ำสุด (2 Bq m^{-3}) ตรวจพบที่โรงเรียนที่ปราชญ์พิทยา เช่นเดียวกับค่าสูงสุด โดยตรวจพบที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งอยู่บนชั้นที่ 3 ของอาคาร ซึ่งเป็นห้องที่เป็นระบบเปิด มีระบบการระบายอากาศแบบธรรมชาติ กล่าวคือ มีการเปิดประตูและหน้าต่าง

ในเวลากลางวัน ส่วนในเวลากลางคืนหน้าต่างจะเปิดทิ้งไว้ตลอดคืน จึงอาจเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนต่ำ

จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแม้ว่าโรงเรียนจะตั้งอยู่บนพื้นที่ ที่มีระดับความเข้มข้นยูเรเนียมที่ผิวดินสูง แต่หากมีระบบระบายอากาศที่ดี ย่อมมีโอกาที่จะลดระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในห้องเรียนได้ และการที่ห้องเรียนอยู่ในชั้นที่สูงกว่าพื้นดินย่อมมีระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนต่ำกว่า (Venoso และคณะ, 2009; Manousakas และคณะ, 2010; Obed และคณะ, 2011)

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิต ไปเขียนแผนภูมิแท่งจำแนกตามชนิดของห้อง ได้ผลดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จำแนกตามชนิดของห้อง

ภาพที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนของห้องคอมพิวเตอร์และห้องพักครูมีค่าเท่ากัน คืออยู่ที่ระดับ $21 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$ รองลงมา คือห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ($18 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) และห้องเรียน ($17 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) ตามลำดับ อาจเป็นไปได้ว่าลักษณะของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และห้องพักครูส่วนใหญ่เป็นระบบปิดมากกว่าห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และห้องเรียน จึงมีโอกาที่จะมีการสะสมของแก๊สเรดอนมากกว่า

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และห้องเรียนซึ่งส่วนใหญ่เป็นระบบเปิด จากผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Venoso และคณะ (2009) ที่พบว่าห้องที่เป็นระบบปิด เช่น ห้องฟักมูลลากรในโรงเรียน และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีค่าความเข้มข้นแก๊สเรดอนสูงกว่าห้องเรียน ที่ส่วนใหญ่เป็นระบบเปิด

แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของห้องเรียนทั้ง 4 ชนิด พบว่าห้องแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (One-Way ANOVA, $p > 0.05$) แสดงว่าในภาพรวมห้องแต่ละชนิดมีระบบระบายอากาศที่ดี

4.3.4 ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จำแนกตามลักษณะทั่วไปของห้องและอาคาร

จากการตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี 26 โรงเรียน จาก 19 อำเภอ มีจำนวน 196 ห้อง โดยลักษณะทั่วไปของห้องและอาคารมีความแตกต่างกันไป ดังผลการติดตั้งในตารางที่ 4.2 เมื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นแก๊สเรดอนห้องและอาคารที่มีลักษณะแตกต่างกัน พบว่าระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนมีความแตกต่างกันดังผลในตารางที่ 4.5

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน โดยเริ่มจากลักษณะอาคาร พบว่าตัวอย่างที่ติดตั้งในอาคารที่เป็นแบบติดพื้นดินมีค่าความเข้มข้นแก๊สเรดอนสูงสุด (167 Bq m^{-3}) สูงกว่าอาคารที่เป็นแบบยกพื้น (74 Bq m^{-3}) เมื่อพิจารณาวัสดุก่อสร้าง พบว่าอาคารที่เป็นแบบอิฐถือปูน มีค่าความเข้มข้นแก๊สเรดอนสูงสุดคือ 167 Bq m^{-3} และค่าต่ำสุดตรวจพบในอาคารแบบไม้ผสมอิฐถือปูน (72 Bq m^{-3})

ส่วนอาคารที่มีอายุมากกว่า 20 ปี พบว่ามีค่าสูงสุดของความเข้มข้นแก๊สเรดอน (167 Bq m^{-3}) สูงกว่าอาคารที่มีอายุระหว่าง 11 - 20 ปี (92 Bq m^{-3}) และไม่เกิน 10 ปี (53 Bq m^{-3}) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นแก๊สเรดอนจากตัวอย่างที่ตรวจวัดในห้องที่อยู่ในชั้นแตกต่างกัน พบว่าตัวอย่างที่ตรวจพบในชั้นที่ 1 มีค่าสูงสุด (167 Bq m^{-3}) สูงกว่าชั้นที่ 2 (74 Bq m^{-3}) และชั้นที่ 3 (51 Bq m^{-3}) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ จะมีค่าความเข้มข้นแก๊สเรดอนสูงสุด (167 Bq m^{-3}) สูงกว่าห้องที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ (86 Bq m^{-3})

เมื่อพิจารณาในภาพรวมจะได้ว่าค่าความเข้มข้นแก๊สเรดอนสูงสุด เป็นห้องที่อยู่ในอาคารติดพื้นดิน เป็นอาคารอิฐถือปูน อายุของอาคารมากกว่า 20 ปี อยู่ในชั้นที่ 1 ของอาคาร และเป็นห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ

ส่วนค่าต่ำสุดของความเข้มข้นแก๊สเรดอนของห้องและอาคารลักษณะต่างๆ กันจะมีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง $2 - 4 \text{ Bq m}^{-3}$

ตารางที่ 4.5 ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จำแนกตามลักษณะทั่วไปของห้องและอาคาร

ประเภทของห้อง และอาคาร	ลักษณะทั่วไปของ ห้องและอาคาร	ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอน (Bq m^{-3})						
		n	Max	Min	AM	SD	GM	GSD
ลักษณะอาคาร	ติดพื้นดิน	218	167	2	24	19	19	2
	ยกพื้น	50	74	3	27	19	20	2
วัสดุก่อสร้าง	อิฐถือปูน	234	167	2	25	19	20	2
	ไม้ผสมอิฐถือปูน	34	72	3	23	17	17	2
อายุอาคาร	0-10 ปี	34	53	4	16	12	16	2
	11-20 ปี	64	92	3	2	18	17	2
	>20 ปี	170	167	2	27	19	21	2
ชั้นที่ติดตั้ง	ชั้นที่ 1	135	167	3	30	2	24	2
	ชั้นที่ 2	100	74	3	20	13	16	2
	ชั้นที่ 3	33	51	2	17	10	14	2
เครื่องปรับอากาศ	มี	99	167	3	27	2	21	2
	ไม่มี	169	86	2	24	16	18	2

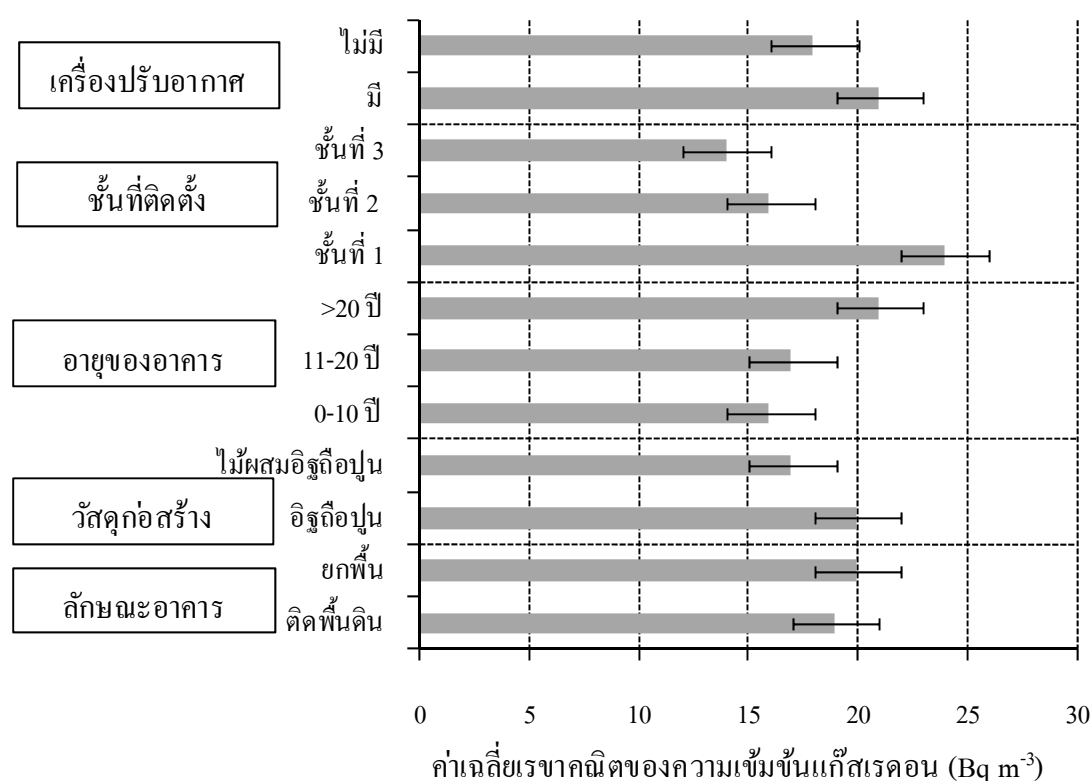
จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 เมื่อนำค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มข้นแก๊สเรดอนที่ตรวจวัดจากห้องและอาคารที่มีลักษณะแตกต่างกันไปเขียนเป็นแผนภูมิแท่งเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้ผลดังภาพที่ 4.8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะทั่วไปของห้องและอาคารมีผลต่อระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนแตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนของอาคารที่ติดพื้นดินและอาคารที่ยกพื้นพบว่าอยู่ที่ระดับ 19 ± 2 และ $20 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Independent samples t-test, $p > 0.05$) เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนของอาคารที่ใช้วัสดุก่อสร้างแบบอิฐถือปูน ($20 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) และอาคารที่เป็นแบบไม้ผสมอิฐถือปูน ($17 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Independent samples t-test, $p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลของอายุอาคารต่อความเข้มข้นแก๊สเรดอนพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (One-Way ANOVA, $p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายคู่พบว่าอายุ

ของอาคารที่มากกว่า 20 ปี มีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ($21 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) สูงกว่าอาคารที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี ($16 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Tukey's HSD test, $p < 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบอาคารที่มีอายุระหว่าง 11 - 20 ปี กับอาคารที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี และอาคารที่มากกว่า 20 ปี กับอาคารที่มีอายุไม่เกิน 10 ปี พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Tukey's HSD test, $p > 0.05$)

จากผลดังกล่าวการแสดงให้เห็นว่าอาคารเรียนที่มีอายุมากย่อมมีความเสี่ยงต่อการสะสมของแก๊สเรดอนภายในอาคารมากกว่าอาคารเรียนที่เพิ่งสร้างหรือมีอายุอาคารน้อยกว่า (Kullab และคณะ, 1997; Manousakas และคณะ, 2010; Trevisi และคณะ, 2012) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าอาคารเรียนที่มีอายุมากอาจมีรอยแตกในฝ้าผนัง ช่องว่างระหว่างรอยต่อของโครงสร้างของอาคาร หรือโพรงภายในฝ้าผนัง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้แก๊สเรดอนเข้าไปสะสมในอาคารเรียน (U.S. EPA, 1993)



ภาพที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคาร จำแนกตามลักษณะทั่วไปของห้องและอาคาร

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนของห้องที่อยู่ในชั้นที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (One-Way ANOVA,

$p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายคู่พบว่า ห้องที่อยู่ชั้นที่ 1 ($24 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) สูงกว่าชั้นที่ 2 ($16 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) และชั้นที่ 3 ($14 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Tukey's HSD test, $p < 0.05$) แต่ห้องที่อยู่ในชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Tukey's HSD test, $p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าห้องที่อยู่ในชั้นที่ 1 หรือชั้นติดพื้นดินมีโอกาสสะสมของแก๊สเรดอนซึ่งอยู่ในดินได้มากกว่าชั้นที่สูงขึ้นไป (Malanca, Fava และ Gaidolfi, 1998; Obed และคณะ, 2011; U.S. EPA, 1993; Venoso และคณะ, 2009)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนของห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ ($21 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) กับห้องที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ ($18 \pm 2 \text{ Bq m}^{-3}$) ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Independent sample t-test, $p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามค่าสูงสุดของความเข้มข้นแก๊สเรดอนตรวจพบในห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ และเป็นระบบปิดไม่ค่อยได้เปิดประตูหน้าต่างเพื่อระบายอากาศ ดังนั้นห้องที่มีเครื่องปรับอากาศและระบบระบายอากาศที่ไม่ดี ย่อมมีความเสี่ยงต่อการสะสมของแก๊สเรดอนมากกว่าห้องที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศและมีการระบายอากาศที่ดี (Kullab และคณะ, 1997; U.S. EPA, 1993)

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในบ้านเรือน ในพื้นที่บางอำเภอของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้แก่ พื้นที่อำเภอเกาะพะงัน อำเภอพนม อำเภอไชยา และอำเภอท่าชนะ (กนกกานต์ ฐิติภรณ์พันธ์ และคณะ, 2555 และ 2556) พบว่าความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าต่ำกว่าระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในบ้านเรือนที่ตรวจวัดไปแล้วทั้ง 4 อำเภอ ดังกล่าวข้างต้น

ปัจจัยหลักที่ทำให้ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในโรงเรียนต่ำกว่าภายในบ้านเรือน ทั้งนี้อาจเนื่องจากระบบระบายอากาศของโรงเรียนดีกว่าบ้านเรือน ซึ่งเมื่อพิจารณาแต่ละห้องที่ตรวจวัดแก๊สเรดอน ทั้ง 26 โรงเรียน พบว่าส่วนใหญ่มีระบบระบายอากาศที่ดี โดยเฉพาะในเวลากลางวันห้องต่างๆ จะถูกเปิดโล่งตลอดวัน และแม้แต่ในเวลากลางคืนห้องเรียนที่อยู่ชั้นสูงขึ้นไปยังมีการเปิดหน้าต่างทิ้งไว้ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kapdan และ Altinsoy (2012) ที่พบว่าระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในบ้านเรือนสูงกว่าในโรงเรียนเช่นเดียวกัน

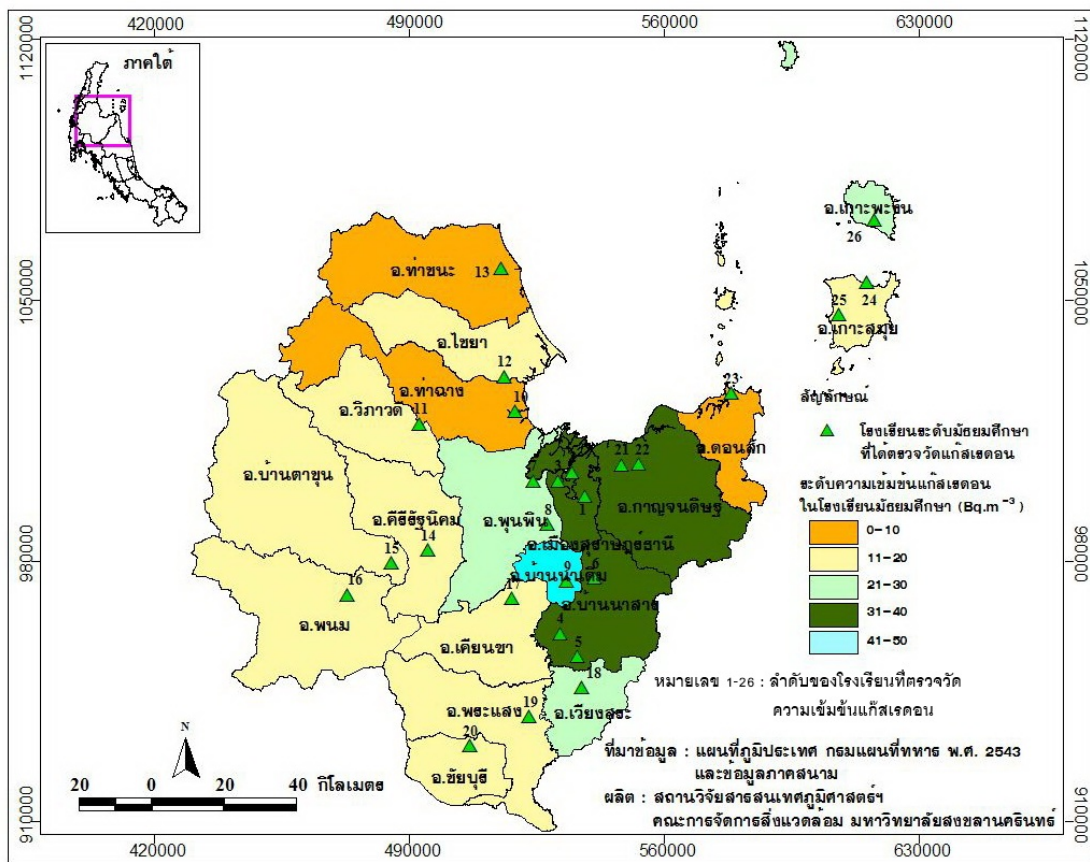
4.4 แผนที่แสดงระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา

เมื่อนำค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในพื้นที่ศึกษาจำนวน 19 อำเภอ ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี มาเขียนลงในแผนที่เพื่อแสดงระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนในแต่ละอำเภอ โดยกำหนดเกณฑ์แสดงระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนเฉลี่ยให้สอดคล้องกับระดับความเข้มข้นยูเรเนียมผิวดินโดยรวมของทั้งจังหวัดดังภาพที่ 2.2 (บทที่ 2) ซึ่งสามารถแบ่งระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนได้เป็น 5 ช่วง ได้แก่ $0 - 10 \text{ Bq m}^{-3}$, $11 - 20 \text{ Bq m}^{-3}$ และ $21 - 30 \text{ Bq m}^{-3}$, $31 - 40 \text{ Bq m}^{-3}$ และ $41 - 50 \text{ Bq m}^{-3}$ โดยมีสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยม (Δ) แทนพิกัดทางภูมิศาสตร์ของโรงเรียนที่ศึกษา และหมายเลข 1 - 26 แสดงลำดับของโรงเรียนที่ตรวจวัดแก๊สเรดอนซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 4.1 และ 4.3 ทั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์ในการผลิตแผนที่จากสถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยการใช้ระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator) และใช้โปรแกรม ArcGis (Version 9.3) ได้ผลดังภาพที่ 4.9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นแก๊สเรดอนเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วง $41 - 50 \text{ Bq m}^{-3}$ ตรวจพบที่อำเภอบ้านนาเดิม ซึ่งเป็นโรงเรียนบ้านนาวิทยาคมนั่นเอง รองลงมาอยู่ที่ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนเฉลี่ยในช่วง $31 - 40 \text{ Bq m}^{-3}$ ตรวจพบที่อำเภอเมือง อำเภอบ้านนาสาร และอำเภอกาญจนดิษฐ์ และที่ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนเฉลี่ยในช่วง $21 - 30 \text{ Bq m}^{-3}$ ได้แก่ อำเภอพุนพิน อำเภอเกาะพะงัน และอำเภอเวียงสระ

ส่วนในช่วงความเข้มข้นแก๊สเรดอนเฉลี่ย $11 - 20 \text{ Bq m}^{-3}$ ตรวจพบว่าอำเภอส่วนใหญ่มีความเข้มข้นแก๊สเรดอนเฉลี่ยอยู่ในช่วงนี้มากที่สุด ได้แก่ อำเภอวิภาวดี อำเภอไชยา อำเภอคีรีรัฐนิคม อำเภอบ้านตาขุน อำเภอพนม อำเภอเคียนซา อำเภอพระแสง อำเภอชัยบุรี และอำเภอเกาะสมุย

ช่วงความเข้มข้นแก๊สเรดอนเฉลี่ยต่ำสุดคือช่วง $0 - 10 \text{ Bq m}^{-3}$ ตรวจพบที่อำเภอท่าฉาง อำเภอท่าชนะ และอำเภอดอนสัก ซึ่งสภาพทั่วไปของห้องที่ติดตั้งส่วนใหญ่จะเป็นระบบเปิด มีการระบายอากาศที่ดี ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนเฉลี่ยของแต่ละตำบลกับระดับเข้มข้นยูเรเนียมที่ผิวดิน (ภาพที่ 2.2 ในบทที่ 2) พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคืออำเภอที่มีระดับเข้มข้นยูเรเนียมที่ผิวดินสูงสุด ได้แก่ อำเภอเกาะสมุย และอำเภอเกาะพะงัน แต่ระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนเฉลี่ยไม่ได้มีค่าสูงสุด แสดงว่าระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะโครงสร้างและวัสดุก่อสร้างอาคารเรียน ชนิดของเครื่องทำความร้อนและเครื่องปรับอากาศ ระบบการทำงานและการดูแลรักษาเครื่องทำความร้อน การระบายอากาศและระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (U.S. EPA, 1993)



ภาพที่ 4.9 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในอาคารของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา จังหวัดสุราษฎร์ธานี