

ห้องสมุด
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

1223

ผลของปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน
ภายในอาคารของจังหวัดชลบุรี

Physical Factors Affecting Indoor Radon Gas Concentration
in Chonburi Province

นายเฉลิมศักดิ์ จ้อยเจริญ

ภาคนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ปีการศึกษา 2542

ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ห้องสมุด
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

ค

Physical Factors Affecting Indoor Radon Gas Concentration
in Chonburi Province

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

Chalernsak Ngohjaroen

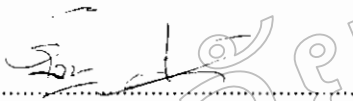
Project Report Submitted in Partial Fulfillment of The Requirement for The Bachelor's Degree

Department of Physics, Faculty of Science

Burapha University

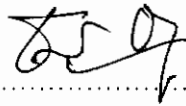
1999

อาจารย์ที่ปรึกษาหัวข้อโครงการ และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาภาคินพนธ์ ฉบับนี้
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาได้



(อาจารย์ผู้ติกร เห็นทรัพย์สิน โปบูลชัย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

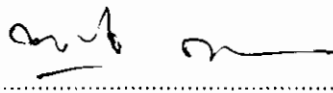


(นายวิชาชัย อธิธิพูนชนกร)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้ภาคินพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

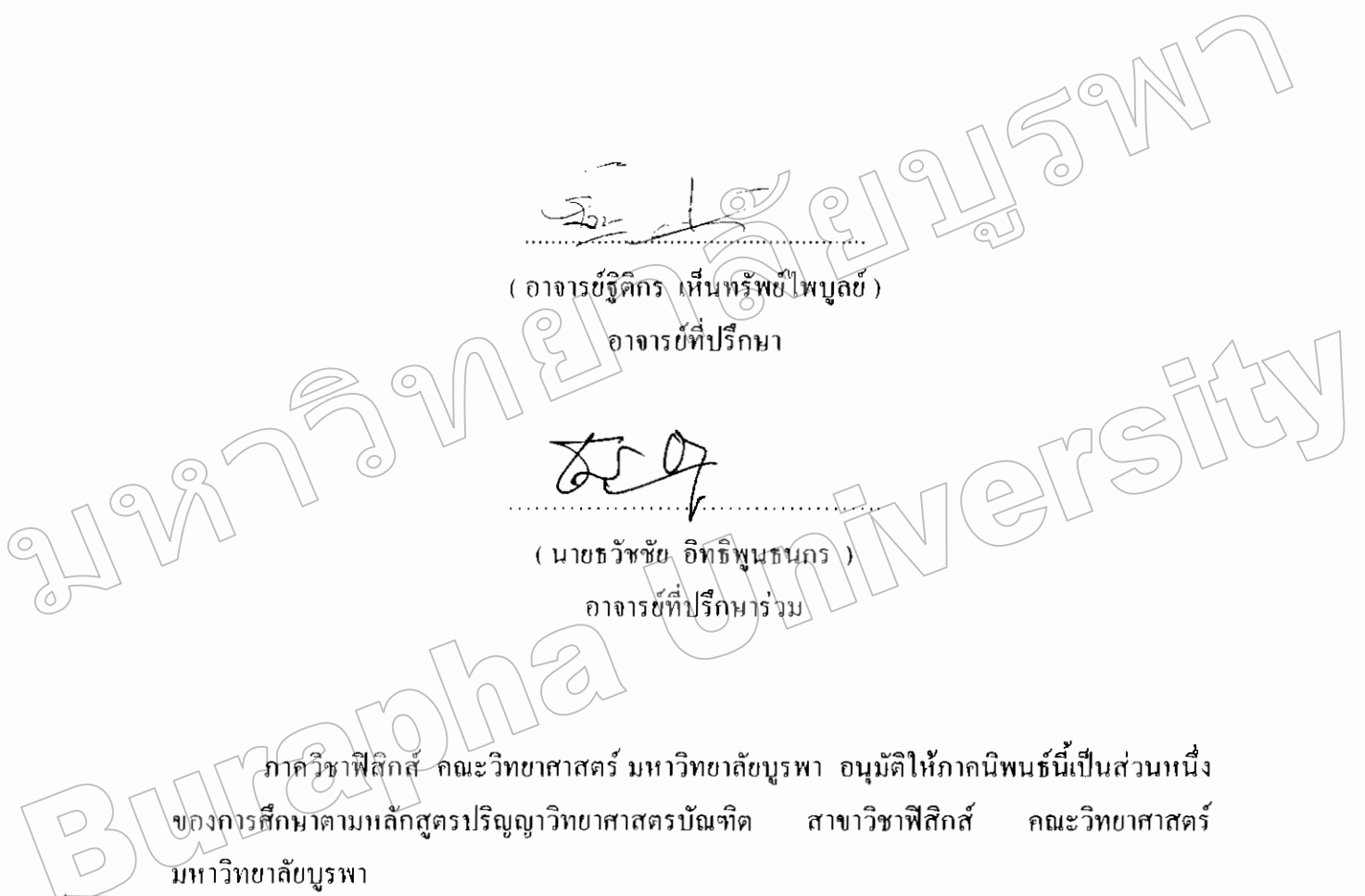
วันที่ลงทะเบียน.....	31 ก.ค. 2543
เลขทะเบียน.....	31001223
เลขหนังสือ.....	21.54



(อาจารย์บุญชัย ดันไถง)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



ประกาศคุณูปการ

ภาคนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษา และช่วยแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดีจาก อาจารย์รัฐติกร เห็นทรัพย์ไพฑูลย์ และ คุณธวัชชัย อธิธิพูนชนกร ซึ่งทำให้ผู้ทำการวิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้และประสบการณ์อย่างกว้างขวางในการทำโครงการนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อุทหวาดิ ดันดีวารานุรักษ์ และอาจารย์นรินทร์ วิทิตอนันต์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้ภาคนิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านในภาควิชาฟิสิกส์ที่ได้ให้ความกรุณาและอนุเคราะห์รวมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย รวมทั้งผู้ที่มีส่วนรวมในการทำวิจัยทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ กองการวัดกับมันตภาพรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ช่วยอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง และเครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงการ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ในกองการวัดทุกท่านที่ช่วยแนะนำและให้ความรู้ในการใช้เครื่องมือจนกระทั่งโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณเจ้าของสถานที่ ที่ให้ความร่วมมือในการวางตัวอย่างสำหรับการทำโครงการนี้ รวมทั้งให้การต้อนรับเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นกำลังใจสำคัญอย่างยิ่ง ในการทำภาคนิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จด้วยดี

เฉลิมศักดิ์ จ้อเจริญ

มีนาคม 2543

หัวข้อโครงการ	ผลของปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารของจังหวัดชลบุรี Physical Factors Affecting Indoor Radon Gas Concentration in Chonburi Province
ผู้ทำการวิจัย	นายเฉลิมศักดิ์ งามเจริญ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์รุติกร เห็นทรัพย์ไพฑูริย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายรัชชัช อธิธิพูนธนกร
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

ภาคนิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเพื่อหาผลของปัจจัยที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารบ้านเรือน โดยจะสุ่มตัวอย่างจากอาคารบ้านเรือนในอำเภอเมืองและอำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยได้เริ่มเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2542 ถึงเดือน พฤศจิกายน 2542 ทั้งหมด 343 ตัวอย่าง แบ่งเป็นการศึกษาปัจจัยทางด้านความสูงพบว่าในอาคารสูงที่ไม่มีการระบายอากาศระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนมีแนวโน้มลดลงเมื่อความสูงมากขึ้น และในบ้านเรือนที่ศึกษา 268 ตัวอย่างพบว่าระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนมีค่าอยู่ระหว่าง $2.16 - 28.94 \text{ Bq/m}^3$ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $7.25 \pm 3.02 \text{ Bq/m}^3$ โดยบ้านเรือนที่จะทำการสุ่มตัวอย่างนี้ จะมีลักษณะแตกต่างกันตามปัจจัยทางกายภาพที่ศึกษา อาคารคอนกรีตมีระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนมากกว่าอาคารไม้ อาคารที่มีอายุน้อยกว่า 5 ปีจะมีระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนมากกว่าอาคารที่มีอายุมากกว่า 5 ปี อาคารที่มีการระบายอากาศจะมีระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนต่ำโดยเก็บตัวอย่างใน 4 กลุ่มพื้นที่ได้ข้อมูลว่าพื้นที่บริเวณในเมืองหินมีระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนมากที่สุดรองลงมาคือ พื้นที่บริเวณอุตสาหกรรม พื้นที่บริเวณการจราจรหนาแน่นและพื้นที่บริเวณชายทะเล ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนที่พบในจังหวัดชลบุรีมีระดับความเข้มข้นต่ำ ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3 แหล่งที่ให้ก๊าซเรดอน.....	10
2.4 อันตรายต่อมนุษย์.....	12
2.5 ระบบวัดแกมมาสเปกโตรมิเตอร์.....	13
3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย.....	19
3.1 การเตรียมและการเก็บตัวอย่างคลัทธ์กันมันด์.....	19
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	20
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	25
3.4 การหาปริมาณก๊าซเรดอน.....	27
3.5 การหาระดับความเข้มข้นของเรดอน (Radon Concentration).....	28
4 ผลการทดลอง.....	29
4.1 ระดับความสูงของอาคารกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน.....	29
4.2 ปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน.....	32
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	40

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.1 สรุปผลการทดลอง.....	40
5.2 อภิปรายผลการทดลอง.....	42
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	42

เอกสารอ้างอิง.....	44
--------------------	----

บรรณานุกรม.....	46
-----------------	----

ภาคผนวก.....	47
--------------	----

ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	98
----------------------------	----

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณการได้รับ ผลกระทบจากการสลายตัวของ ยูเรเนียม-238 และ ธอเรียม-232 ต่อปี ในพื้นที่ทั่วไป.....	5
2.2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ (products) ที่ได้จากการสลายตัวของ ยูเรเนียม-238 และ ธอเรียม-232 ค่อนำหนักสุทธิของอวัยวะและเนื้อเยื่อต่าง ๆ (mBq / kg).....	7
2.3 ผลของการดูดกลืนรังสีจากการปลดปล่อยรังสีภายใน โดยการปลดปล่อยอัลฟา (μ Gy) จากอนุกรมการสลายตัวยูเรเนียม-238 และ ธอเรียม-232.....	8
2.4 สายแกมมา (Gamma Lines) และ โอกาสการส่งผ่านสัมบูรณ์ (absolute transition Probability) สำหรับการปลดปล่อยรังสีแกมมา.....	9
2.5 ระดับความเข้มข้นของ เรเดียม-226 และ เรเดียม-228 กับชนิดของหิน.....	11
4.1 ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนกับอาคารสูงที่ไม่มีการระบายอากาศ.....	30
4.2 ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนกับอาคารสูงที่มีการระบายอากาศ.....	31
4.3 ลักษณะอาคาร อายุอาคาร การระบายอากาศกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ภายในอาคาร (Bq/m ³) ในกลุ่มพื้นที่การจราจรหนาแน่น.....	33
4.4 ลักษณะอาคาร อายุอาคาร การระบายอากาศกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ภายในอาคาร (Bq/m ³) ในกลุ่มพื้นที่เขตเมืองหิน.....	34
4.5 ลักษณะอาคาร อายุอาคาร การระบายอากาศกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ภายในอาคาร (Bq/m ³) ในกลุ่มพื้นที่เขตชายทะเล.....	35
4.6 ลักษณะอาคาร อายุอาคาร การระบายอากาศกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ภายในอาคาร (Bq/m ³) ในกลุ่มพื้นที่เขตอุตสาหกรรม.....	36
4.7 ลักษณะอาคาร อายุอาคาร การระบายอากาศกับระดับความเข้มข้น ของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (Bq/m ³).....	37
4.8 กลุ่มพื้นที่กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ภายในอาคาร (Bq/m ³).....	38

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.4 ความแตกต่างของกลุ่มพื้นที่กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ภายในอาคาร (ค่าพี).....	39
5.1 ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน (Bq/m ³) ในอาคารที่จังหวัดต่างๆ ที่มีการสำรวจ.....	41

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การสลายตัวของอนุกรมยูเรเนียม.....	6
2.2 ผังแสดงแหล่งและวิถีทางที่ก๊าซเรดอนเข้าสู่ภายในอาคาร.....	11
2.3 แผนภาพแสดงระบบวัดแกมมาสเปก โดมิเตอร์ชนิดเจอร์มาเนียม ความบริสุทธิ์สูง.....	13
2.4 หัววัดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูงต่อเข้ากับถังแช่เยือกแข็งในแนวตั้ง.....	14
2.5 แผนการทำงานเบื้องต้นของอุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง.....	16
3.1 ดัลตันกัมมันต์.....	20
3.2 ระบบที่ใช้ตัวตรวจวัดคอรัทีกซ์.....	21
3.3 ระบบที่ใช้ตัวตรวจวัดออกซ์ฟอร์ด.....	22
3.4 เครื่องอบ.....	23
3.5 ลักษณะการจัดเรียง ดัลตันกัมมันต์ ในเครื่องอบ.....	23
3.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก.....	24
3.7 แหล่งกำเนิดสารมาตรฐานเปรียบเทียบความแรงรังสีเรดอน-222.....	25
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร กับอาคารสูงที่ไม่มีภาวะระบายอากาศ.....	30
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร กับอาคารสูงที่มีการระบายอากาศ.....	32
4.3 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับปัจจัยทางกายภาพ ที่ศึกษาในกลุ่มพื้นที่การจราจรหนาแน่น.....	33
4.4 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับปัจจัยทางกายภาพ ที่ศึกษาในกลุ่มพื้นที่เขตเมืองหिन.....	34
4.5 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับปัจจัยทางกายภาพ ที่ศึกษาในกลุ่มพื้นที่เขตชายทะเล.....	35

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.6 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับปัจจัยทางกายภาพ ที่ศึกษาในกลุ่มพื้นที่เขตอุตสาหกรรม.....	36
4.7 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับปัจจัยทางกายภาพ ที่ศึกษา.....	37
4.8 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนกับกลุ่มพื้นที่ที่ศึกษา.....	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ปริมาณรังสีในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะมนุษย์เราจะได้รับรังสีจากธรรมชาติมากกว่าแหล่งอื่น ซึ่งหากได้รับในปริมาณมากก็อาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ จากการศึกษาวิจัยของ เฮอร์เชนและลิกเคิล¹ ได้รายงานถึงฤทธิ์ก่อมะเร็งของสารดีมมันตรังสีที่ลอยอยู่ในอากาศ พบว่าผู้ที่ได้รับก๊าซเรดอนระดับความเข้มข้นสูงจะมีโอกาสเกิดมะเร็งที่ปอดสูงขึ้น

เรดอน เป็นไอโซโทปรังสีในธรรมชาติที่ให้รังสีสูร่างกายมนุษย์เรามากที่สุด เนื่องจากลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของเรดอน คือมีสถานะเป็นก๊าซธรรมชาติ และถูกจัดไว้เป็นพวกก๊าซมีตระกูล เพราะไม่สามารถรวมกันกับธาตุตัวอื่น ๆ ได้ ทำให้มนุษย์ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงสูดหายใจเอาก๊าซเรดอนเข้าไป เนื่องจากก๊าซเรดอนมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารกัมมันตรังสีโพโลเนียม นีสมัทและตะกั่วได้ในเวลาอันสั้น สารเหล่านี้จะเกาะติดอยู่กับละอองน้ำ เสมหะเยื่อ หạtลดลมและดงลมภายในปอด โดยจะปล่อยรังสีแอลฟาและบีตาให้กับหạtลดลมและดงลม เซลล์ของหạtลดลมและดงลมซึ่งมีขนาดเล็ก เมื่อได้รับรังสีเป็นจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้นหรือจำนวนน้อยจากที่พักอาศัยเป็นระยะเวลายาวนานจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นเซลล์มะเร็งหạtลดลมได้ ส่วนหนึ่งของก๊าซเรดอนที่เหลืออยู่ในปอดจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดทำให้เกิดภาวะปอดโป่งพองและภาวะมีเยื่อพังคืดภายในปอด เพราะดงลมและเนื้อเยื่อเหล่านั้นได้รับอันตรายจากรังสี

ดังนั้นการศึกษาถึงปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อปริมาณเรดอนในอาคารบ้านเรือน ทำให้ทราบถึงปริมาณรังสีว่ามีปริมาณมากพอที่ทำให้เกิดความเสี่ยง ในการที่จะทำอันตรายต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยหรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลปริมาณเรดอนในอาคารบ้านเรือนของอำเภอเมืองและอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างก๊าซเรดอนโดยใช้ตลับถ่านกัมมันต์ (activated charcoal canister) และวัด โดยใช้วิธีแกมมาสเปกโตรมิเตอร์
2. เพื่อรวบรวมข้อมูลแสดงการกระจายทางสถิติ รวมถึงระดับความรุนแรงของก๊าซเรดอนภายในอาคารบ้านเรือนของอำเภอเมืองและอำเภอศรีราชาในจังหวัดชลบุรี
3. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคารบ้านเรือน ได้แก่ ความสูงของอาคาร ลักษณะอาคาร อายุอาคารและการระบายอากาศ
4. ศึกษาระบบวัดรังสีแกมมาสเปกโตรสโกปี เฉพาะเครื่องวิเคราะห์รังสีแบบหลายช่องพลังงาน (multichannel analyser)

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. เปรียบเทียบปริมาณระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนกับปัจจัยตัวแปรทางกายภาพที่กำหนด
2. วิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารบ้านเรือนของแต่ละกลุ่มพื้นที่ในอำเภอเมืองและอำเภอศรีราชา ของจังหวัดชลบุรี

1.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

แผนการดำเนินงาน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	←→						
2. เก็บตัวอย่างอากาศ			←→				
3. วัดวิเคราะห์ปริมาณความเข้ม			←→				
4. กระบวนการคำนวณ					←→		
5. วิเคราะห์และจำแนก							↔
6. สรุปผลและจัดพิมพ์รายงาน							↔

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนที่มีอยู่ในอาคารบ้านเรือน โดยผลที่ได้สามารถนำมาประเมินการได้รับรังสีของประชาชน
2. นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารบ้านเรือนของอำเภอเมือง และอำเภอศรีราชาในจังหวัดชลบุรี พ.ศ. 2542
3. เพื่อเป็นข้อมูลทางสถิติของระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนที่พบ ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย และรูปแบบการศึกษาเพื่อชี้ชัดถึงแหล่งกำเนิดของก๊าซเรดอนภายในอาคารบ้านเรือนต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎี

มนุษย์ได้รับรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีตามธรรมชาติ คือ รังสีคอสมิก ฟอสฟอรัส-40 (^{40}P) ยูเรเนียม-238 (^{238}U) ทอเรียม-232 (^{232}Th) และนิวไคลด์อื่น ๆ ในอนุกรมยูเรเนียม และทอเรียม ซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศและพื้นผิวโลกที่เราอาศัยอยู่ ทำให้มีโอกาสได้รับรังสีทางตรงภายนอกร่างกาย จากการหายใจ การดื่มและการกินอาหารซึ่งมีนิวไคลด์กัมมันตรังสีเหล่านั้น

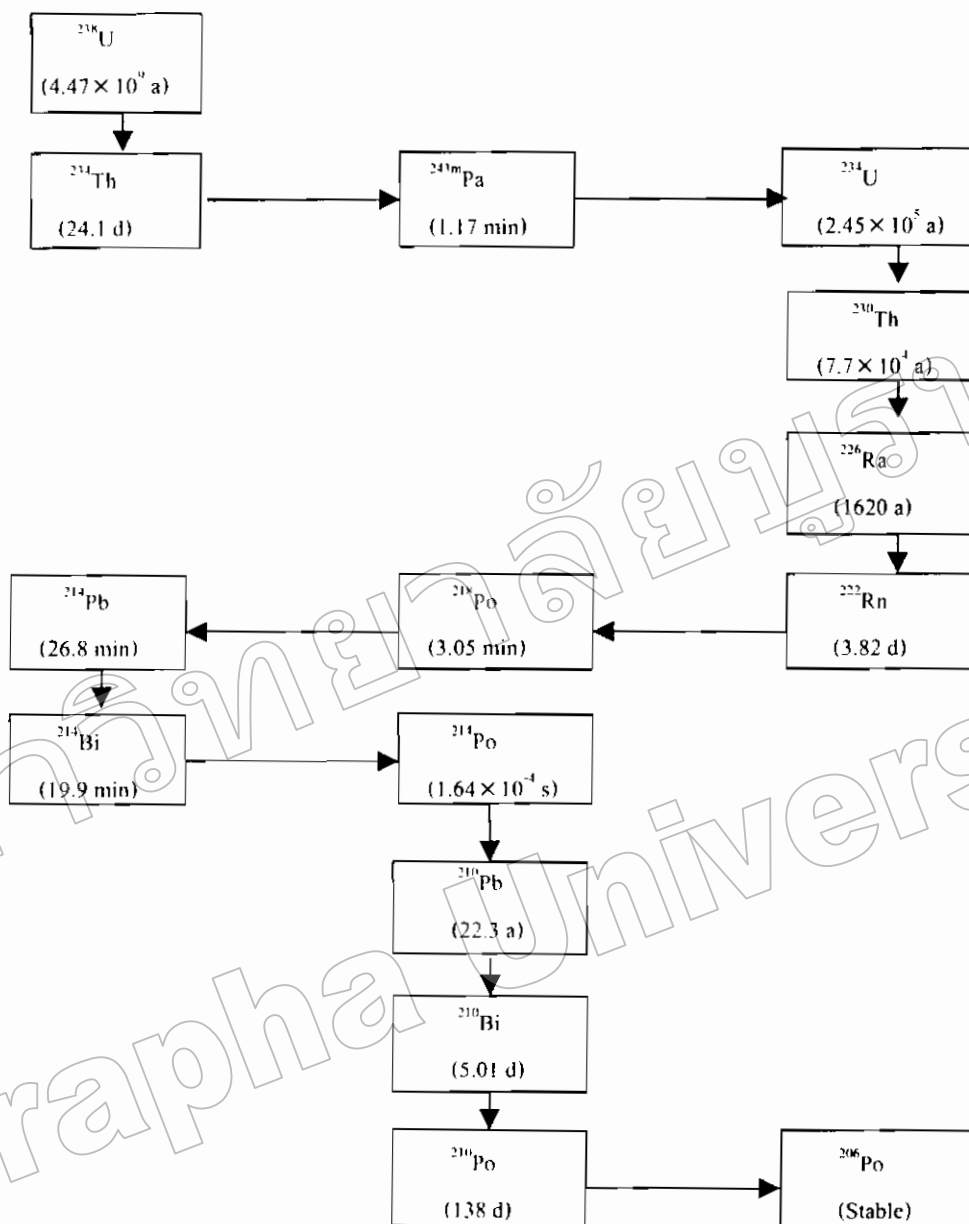
ก๊าซเรดอน เป็นก๊าซกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในอากาศ มีทั้งหมด 3 ไอโซโทป ได้แก่ เรดอน-222 (^{222}Rn , ครึ่งชีวิต 3.82 วัน) เกิดจากการสลายตัวของเรเดียม-226 (^{226}Ra) ซึ่งอยู่ในอนุกรมยูเรเนียม เรดอน-220 (^{220}Rn , ครึ่งชีวิต 51.5 วินาที) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ธอรอน เกิดจากการสลายตัวของเรเดียม-224 (^{224}Ra) ซึ่งอยู่ในอนุกรมทอเรียม และเรดอน-219 (^{219}Rn , ครึ่งชีวิต 3.92 วินาที) เกิดจากการสลายตัวของเรเดียม-223 (^{223}Ra) ซึ่งอยู่ในอนุกรมแอกติเนียม เนื่องจากเรดอน-219 มีปริมาณน้อยมาก ดังนั้นถ้ากล่าวถึงก๊าซกัมมันตรังสีแล้วจะหมายถึง เรดอน-222 และธอรอนเท่านั้น ซึ่งก๊าซเฉื่อยทั้งสองนี้จะฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ แต่เนื่องจากเรดอนมีค่าครึ่งชีวิต 3.82 วัน โดยที่ธอรอนมีค่าครึ่งชีวิตเพียง 51.5 วินาที ดังนั้นเรดอนจึงมีโอกาสที่จะฟุ้งกระจายเข้าสู่บรรยากาศมากกว่าธอรอน ดังนั้นเมื่อศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพแล้ว ธอรอนแทบจะไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพเลย จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าเรดอนจะเป็นอันตรายมากกว่าธอรอนถึง 2 เท่า ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงผลทางรังสีต่อสุขภาพแล้ว จึงมุ่งเน้นไปที่เรดอน-222 เป็นหลัก

ตารางที่ 2.1 ปริมาณการได้รับผลิตภัณฑ์จากการสลายตัวของยูเรเนียม-238 และธอเรียม-232 ต่อปีในพื้นที่ทั่วไป²

Source	Annual intake (Bq)	
	Inhalation	Ingestion
Uranium series		
²³⁸ U	0.01	5
²³⁰ Th	0.01	2
²²⁶ Ra	0.01	15
²²² Rn	200000	300
²¹⁰ Pb	4	40
²¹⁰ Po	0.3	40
Thorium series		
²³² Th	0.01	2
²²⁸ Ra	0.01	15
²²⁰ Rn	100000	-

2.1 อนุกรมยูเรเนียม

ยูเรเนียม-238 เป็นบรรพบุรุษของนิวไคลด์ โดยมีการสลายตัวเป็นนิวไคลด์ต่างๆ ในอนุกรมยูเรเนียม แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การสลายตัวของอนุกรมยูเรเนียม

จากการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากก๊าซกัมมันตรังสีในอนุกรมยูเรเนียมตามลำดับอนุกรมย่อย ทางด้านปริมาณการได้รับรังสีเข้าสู่ร่างกายในแต่ละปี ปริมาณความแรงรังสีในเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย รวมถึงปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนไว้ในตัวกลาง (Absorbed Dose) ที่เป็นผลจากการปลดปล่อยรังสี ได้เสนอผลการศึกษาและประมวลผลดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ (products) ที่ได้จากสารละลายตัวของ ยูเรเนียม-238 และเซอร์เมียม-232 คำนวณจากสมการของวาระและเนื้อเยื่อต่างๆ (mBq/kg)²

Source	Gonads	Breast	Lungs	Cortical bone*	Trabecular bone	Red bone marrow	Thyroid	Kidneys	Liver	Other tissues
Uranium Series										
²³⁸ U	7	2	15	50	50	2	2	5	3	2
²³⁰ Th	0.3	0.3	20	20	70	0.3	0.3	10	7	0.3
²²⁶ Ra	2.7	2.7	2.7	170	170	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
²²² Rn	-	-	100**	-	-	-	-	-	-	-
²¹⁰ Pb	200	200	200	3000	3000	140	200	200	200	200
²¹⁰ Po	200	200	100	2400	2400	110	200	200	200	200
Thorium Series										
²³² Th	0.15	0.15	20	6	24	0.15	0.15	3	2	0.15
²²⁸ Ra	0.5	0.5	15	50	50	0.5	0.5	10	5	0.5
²²⁰ Rn	-	-	40***	-	-	-	-	-	-	-

*Dry bone (5 Kg bone yielding 2.7 Kg ash per skeleton)

**Radon gas The radon concentration in tissues other than that of the lungs are negligible

***Thoron gas The Thoron concentration in tissues other than that of the lungs are negligible

ตารางที่ 2.3 ผลของการดูดกลืนรังสีจากการปลดปล่อยรังสีภายในโดยการปลดปล่อยอิเล็กตรอน (μGy) จากอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม-238 และทอเรียม-232

Source	Gonads	Breast	Lungs	Red bone marrow	Bone lining cells	Thyroid	Kidneys	Liver	Other tissues	Effective dose equivalent
Uranium Series										
$^{238}\text{U} \rightarrow ^{214}\text{U}$	0.32	0.09	0.69	0.17	1.2	0.09	0.23	0.14	0.09	5
^{230}Th	0.007	0.007	0.47	0.56	7.4	0.007	0.24	0.02	0.007	7
$^{226}\text{Ra}^*$	0.17	0.17	0.17	0.48	5.4	0.17	0.17	0.17	0.17	7
$^{222}\text{Rn} \rightarrow ^{214}\text{Po}$			630*							850
			800**							
$^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{210}\text{Po}$	5.4	5.4	2.7	5.1	36	5.4	5.4	5.4	5.4	120
Thorium Series										
^{232}Th	0.003	0.003	0.4	0.17	2.0	0.003	0.03	0.04	0.003	3
$^{228}\text{Ra} \rightarrow ^{224}\text{Ra}$	0.08	0.08	2.4	0.35	4.4	0.08	1.6	0.08	0.09	13
$^{220}\text{Rn} \rightarrow ^{216}\text{Po}$	0.3	0.3	44	2.5	28	0.3	19	3.2	0.3	160
Total#	31	18	970	22	51	4	32	12	22	1160

*Including doses resulting from the formation of ^{222}Rn and its short-lived decay products in the body by decay of ^{226}Ra (retention factor of one third)

**Trachea-bronchial tree

***Lung

Contributions to the annual effective dose equivalent (μSv)

2.2 คุณสมบัติของเรดอน-222

เรดอน เป็นก๊าซกัมมันตรังสีที่พบได้ตามธรรมชาติ มีในดินและหินทุกแห่งในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นผลผลิตจากการสลายตัวของเรเดียม-226 ซึ่งเป็นลูกหลานชั้นที่ 5 ของยูเรเนียม-238 เรดอน มีค่าครึ่งชีวิต 3.82 วัน สลายตัวให้รังสีแอลฟาพลังงาน 5.48 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV) และรังสีแกมมาพลังงาน 0.51 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ ผลผลิตที่ได้เป็น พอลอเนียม-218 (^{218}Po) ตะกั่ว (^{214}Pb) และ พอลอเนียม-210 (^{210}Po) นิวไคลด์ทั้ง 3 นี้เมื่อสลายตัวให้ลูกหลานต่อไปมีค่าครึ่งชีวิตยาว (พอลอเนียม-218:3.05นาที่ ตะกั่ว:26.8นาที่ พอลอเนียม-210:138วัน) ซึ่งเมื่อมนุษย์ได้รับเข้าสู่ร่างกายจะมีโอกาสสะสมทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อได้ดังกล่าว

การวิจัยถึงระดับความเข้มข้นของเรดอนอ้างอิงมาตรฐานเปรียบเทียบความแรงรังสีเรเดียม-226 โดยใช้วิธีแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ ซึ่งได้มีการศึกษาถึงระดับพลังงานของรังสีแกมมาที่ปลดปล่อยออกมาจากมาตรฐานในแต่ละระดับค่าพลังงาน และโอกาสที่จะปลดปล่อยพลังงานนั้นออกมา ดังตารางที่ 2.4

ตาราง ที่ 2.4 สายแกมมา (Gamma Lines) และ โอกาสลำดับการเปลี่ยนแปลงสมบูรณ์ (absolute transition Probability) สำหรับการปลดปล่อยรังสีแกมมา^a

Nuclide	Half-life	E_{γ} (KeV)	P_{γ}
^{226}Ra	1600 a	186.21	0.0351
		241.98	0.0712
		295.21	0.1815
		351.92	0.3510
		609.31	0.4460
		768.36	0.0476
		934.06	0.0307
		1120.29	0.1470
		1238.11	0.0578
		1509.23	0.0208
		1764.49	0.1510
		2118.55	0.0117
		2204.22	0.0498
		2293.36	0.0030
2247.86	0.0155		

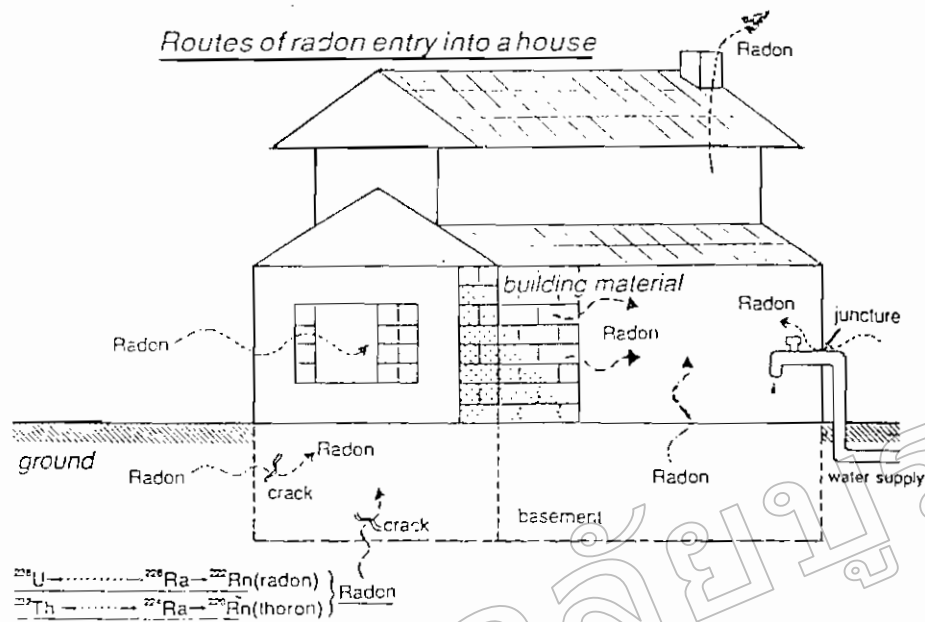
P_{γ} is the absolute intensity probability by gamma decay

2.3 แหล่งที่ให้ก๊าซเรดอน

ในธรรมชาติจะมีเรดอน ปนอยู่กับวัสดุก่อสร้างทุกชนิด มากบ้าง น้อยบ้าง ไม่มี เรเดียมและก๊าซเรดอนอยู่น้อยที่สุด แต่จะมีมากถ้าเป็นคอนกรีตหรืออิฐ เรดอนภายในอาคาร มาจากพื้นดินและสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่อยู่รอบ ๆ อาคาร รวมทั้งผลิตภัณฑ์จากหิน ดิน ทราช น้ำใต้ดินและจากก๊าซภายนอกอาคาร เรดอนจากพื้นดินผ่านเข้าสู่ภายในอาคารโดยการ ซึมผ่านที่อาศัยแรงดันส่งจากความดันต่างลาดระหว่างใต้ดินกับภายในอาคาร ทำให้เรดอนซึม ผ่านรูพรุน รอยต่อ รอยแตกของพื้นและผนังอาคาร ตลอดจนช่องทางเข้า ทางท่อต่าง ๆ ดัง แสดงในภาพที่ 2.2 วัสดุที่นำมาใช้เป็นพื้นผนังของอาคารมีหลายชนิด โดยปกติแล้ว วัสดุส่วนใหญ่มักจะเป็นคอนกรีต อิฐ หรือ ไม้ สำหรับไม้ชนิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างจะให้ เรดอนต่อผู้อยู่อาศัยน้อยกว่าวัสดุชนิดอื่น คอนกรีตและอิฐจะมีปริมาณของเรดอนแพร่กระจาย ออกมามากกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตเป็นคอนกรีตหรืออิฐนั้น ได้มีการศึกษา ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนตามชนิดของหินที่นำมาเป็นวัตถุดิบผลิตเป็นตัวอาคารใน ลักษณะต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.5

ระดับความเข้มข้นของเรดอนภายในอาคาร จะมีผลมาจากเรดอนภายนอกอาคารด้วย ทั้งนี้จากการเปิด ปิด ประตู หน้าต่าง การถ่ายเทหมุนเวียนอากาศจากเครื่องปรับอากาศ เครื่อง ดูดควันและอื่น ๆ ทำให้สารมลพิษจากแหล่งนอกอาคารเข้าไปปนเปื้อนอากาศ ในอาคารได้ เช่น บ้านใกล้ย่านการจราจรของบริเวณในท้องถนนจะได้รับฝุ่นควันและก๊าซ การเผาขยะ เผาหญ้านอกอาคาร บ้านในย่านโรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า โรงกลั่นน้ำมันจะได้รับมล พินเข้าสู่บ้านเรือนได้ บ้านติดสถานที่ก่อสร้างอาคารสูง ๆ จะได้รับฝุ่นวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ รวมทั้งฝุ่นควันและก๊าซพิษ ซึ่งเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ เป็นต้น

ลักษณะและรูปร่างของอาคารบ้านเรือนมีผลต่อความเข้มข้นของเรดอนเป็นอย่างมาก เช่น บ้านไม้จะมีระดับรังสีต่ำกว่าบ้านคอนกรีต แต่โอกาสของเรดอนที่จะอยู่ในพื้นดินใต้ถุน บ้านก็จะสามารถแทรกซึมเข้าสู่ในบ้านได้มากกว่าสำหรับบ้านไม้ เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 ผังแสดงแหล่งและวิธีทางที่ก๊าซเรดอน เข้าสู่ภายในอาคาร'

ตารางที่ 2.5 ระดับความเข้มข้นของเรเดียม-226 และเรเดียม-228 กับชนิดของหิน

Type of rock	Example	Concentration (Bq/Kg)			
		^{226}Ra		^{228}Ra	
		Arithmetic mean	Range	Arithmetic mean	Range
Acid intrusive	Granite	78	1-370	111	0.4-1030
Basic extrusive	Basalt	11	0.4-41	10	0.1-3.6
Chemical sedimentary	Limestone	45	0.4-340	60	0.1-540
Detrital sedimentary	Clay,Shale.	60	1-990	50	0.8-1470
	Sandstone				
Metamorphosed igneous	Gneiss	50	1-1800	60	0.4-420
Metamorphosed sedimentary	Schist	37	1-660	49	0.4-370

การถ่ายเทอากาศจึงเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่ง ในการที่ผู้อยู่อาศัยจะได้รับรังสีสูงมากน้อยเพียงใดทั้งนี้เพราะ การเปิดปิดประตู หน้าต่าง การเปิดพัดลม เครื่องดูดควัน ล้วนมีส่วนทำให้มีการถ่ายเทอากาศและไหลเวียนอากาศภายในภายนอกได้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ระดับรังสีในอาคารลดลงได้ สำหรับการที่จะลดปริมาณเรดอนภายในอาคารจากแหล่งกำเนิดคือ วัสดุก่อสร้างที่นำมาใช้ ก็ได้มีการศึกษาและนำไปใช้ การทาสีเคลือบผิวหน้าของพื้นหรือผนัง การใช้แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์บุทับฝ้าผนังบ้าน ซึ่งพบว่า การบุทับฝ้าผนังด้วยแผ่นอลูมิเนียมในบริเวณบ้านที่ก่อสร้างอยู่บนพื้นที่ซึ่งมีรังสีสูงสามารถลดปริมาณรังสีลงไปได้ประมาณครึ่งหนึ่งก่อนมีการบุทับ

2.4 อันตรายต่อมนุษย์

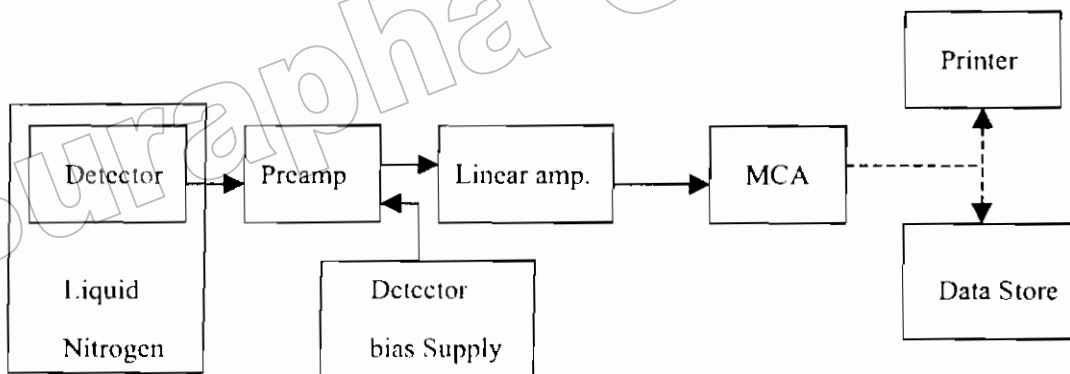
เมื่ออยู่ในบริเวณที่มีระดับความเข้มข้นของเรดอนสูง เกิดจากอนุภาคที่เป็นผลผลิตจากการสลายตัวมิได้เกิดจากก๊าซเรดอนโดยตรง ผลผลิตนี้ได้แก่ อนุภาคพอลอเนียม (^{214}Po , ^{218}Po) ซึ่งเป็นไอออนอิสระ เมื่อเรดอนสลายตัวให้อนุภาคพอลอเนียมเกิดขึ้น โมเลกุลของน้ำและก๊าซอื่น ๆ จะเข้ามาเกาะอยู่รอบ ๆ ทำให้เกิดโมเลกุลใหญ่ขึ้นและจะเกาะติด (attached) เข้ากับละอองในอากาศ ส่วนที่ไม่ได้ติดกับละอองก็จะร่วงตกลงติดกับฝ้าผนังหรือพื้นห้อง ถูกพัดพาออกจากอาคารหรือสลายตัวต่อไปเป็น ตะกั่ว (^{214}Pb , ^{210}Pb) การจะเกาะติดหรือร่วงตกลงอย่างไรรันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของห้อง ซึ่งทั้งพอลอเนียมและตะกั่วมีคุณสมบัติในการเกาะติดกับละอองต่าง ๆ เหมือนกัน โดยอัตราความเร็วจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยประกอบอื่น ๆ เช่น การถ่ายเทอากาศ ความชื้น ขนาดพื้นที่ของห้อง และฝ้าผนัง เมื่ออนุภาคเหล่านี้แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ โอกาสการหายใจเข้าสู่ปอดของมนุษย์ก็จะมากขึ้น หากอัตราการเกาะติดหรือร่วงหล่นนั้นน้อย และเนื่องจากอนุภาคทั้งสองนี้มีขนาดเล็ก จึงสามารถผ่านระบบป้องกันและกำจัดฝุ่นของจุกเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจเข้าไปเกาะในส่วนลึกของปอด ในส่วนเซลล์หลอดลมและถุงลมมีขนาดเล็ก เมื่อได้รับรังสีเป็นจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น หรือจำนวนน้อยจากที่พักอาศัยเป็นระยะเวลานานจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นเซลล์มะเร็งหลอดลมได้ อนุภาคก็จะแผ่รังสี ทำลายเนื้อเยื่อบริเวณที่อนุภาคเกาะติดอยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งนำไปสู่การเกิดมะเร็งปอด มีการศึกษาวิจัยพบว่า ผู้ที่ได้รับก๊าซเรดอนระดับความเข้มข้นสูงจะมีโอกาสเกิดมะเร็งที่ปอดสูงขึ้น ส่วนหนึ่งของก๊าซเรดอนที่เหลืออยู่ภายใน

ปอดจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดยังทำให้เกิดภาวะปอดโป่งพองและภาวะที่มีเชื้อฟังสึคภายในปอด เพราะถุงลมและเนื้อเยื่อเหล่านั้นได้รับอันตรายจากรังสี

มาตรฐานที่ใช้ในการวัดรังสีเพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันอันตรายจากรังสี ค่ามาตรฐานต่าง ๆ กำหนดขึ้นใช้เพื่อป้องกันอันตรายจากรังสี สำหรับประชาชนนั้นจะกำหนดโดยหน่วยงานซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับประเทศ สำหรับเกณฑ์พิจารณาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนที่เป็นอันตรายต่อประชาชนกำหนดโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency : USEPA) ถือว่าที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารตั้งแต่ 4 พิโคคูรี/ลิตร (pCi/L) หรือ 148 เบคเคอเรลต่อลูกบาศก์เมตร (Bq/m³) ขึ้นไปเป็นขีดบอกถึงระดับความเข้มข้นที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

2.5 ระบบวัดแกมมาสเปกโตรมิเตอร์

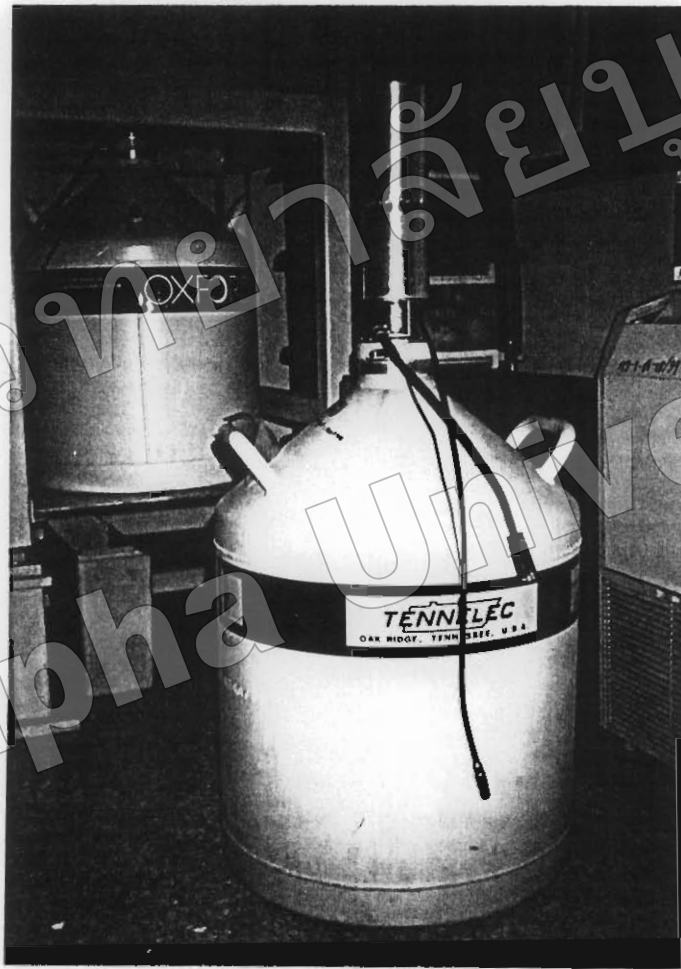
ระบบวัดรังสีที่นิยมใช้ในการวัดรังสีตามธรรมชาติส่วนใหญ่จะเป็นระบบวัดแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ การทำงานดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แผนภาพแสดงระบบวัดแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ชนิดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง

2.5.1 หัววัดรังสี

หัววัดรังสี (detector) ทำหน้าที่เปลี่ยนปริมาณรังสีให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า สำหรับโครงการนี้ใช้หัววัดรังสีชนิด เจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium ; HPGe) ซึ่งทำมาจากเจอร์มาเนียมที่มีความบริสุทธิ์สูง หัววัดแบบนี้มีสมบัติการแยกที่ดีเยี่ยม ในช่วงพลังงาน $3 \text{ KeV} \leq E \leq 1 \text{ MeV}$ แต่ขณะใช้งานจะต้องหล่อเย็นด้วยไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen)



ภาพที่ 2.4 หัววัดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูงต่อเข้ากับถังแช่เยือกแข็งไนโตรเจน

2.5.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง

หัววัดรังสีทุกชนิดจะกำเนิดสัญญาณพัลส์ ซึ่งเป็นตัวแทนของอนุภาคนิวเคลียร์หลังการดูดกลืนพลังงานได้สมบูรณ์ จะต้องได้รับการไบอัสที่ถูกต้องและเหมาะสมกับหัววัดรังสี เนื่องจาก

หัววัดรังสีแต่ละหัวต้องการค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่เหมาะสมต่างกัน อีกทั้งต้องการเสถียรภาพของศักดาไฟฟ้าทางเอาต์พุต ดังนั้นแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าแรงสูง (high voltage power supply) จะต้องสามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ แวกล้อยหรือการกระเพื่อมของแรงดันอินพุต รวมทั้งต้องมีการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วย

2.5.3 ภาคขยายส่วนหน้า

ในระบบวัดนิวเคลียร์ ภาคขยายส่วนหน้าจะต้องมีคุณสมบัติเป็นภาคขยายที่ทำหน้าที่เป็นตัวแมทซ์ระหว่างหัววัดรังสีกับภาคขยายหลัก เพื่อลดผลของการเกิดการสูญเสียสัญญาณ ภาคขยายส่วนหน้าจะอยู่ติดกับหัววัดรังสี เพื่อลดการสูญเสียสัญญาณในความจุของสายส่ง และลดการรบกวนของสนามไฟฟ้าภายนอกด้วย

2.5.4 ภาคขยายหลัก

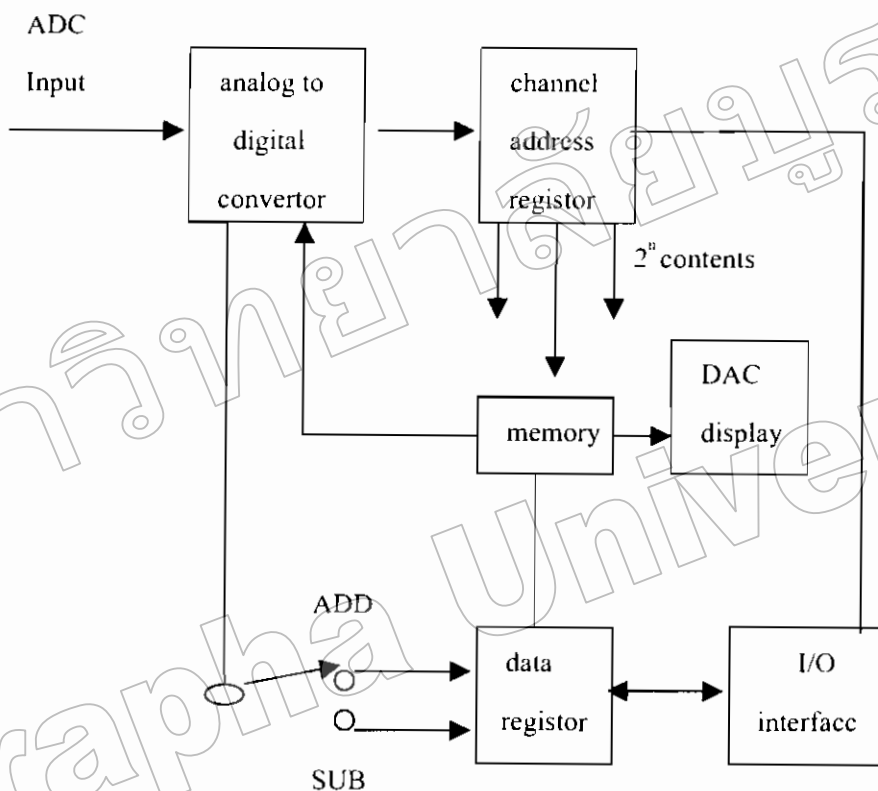
ภาคขยายหลัก (Main Amplifier) หรือ ภาคขยายเชิงเส้น (Linear Amplifier) เป็นส่วนขยายซึ่งรับสัญญาณพัลส์จากภาคขยายส่วนหน้า ทำหน้าที่ขยายและแต่งรูปสัญญาณให้เหมาะสมกับการนำไปวิเคราะห์ความสูง มีอัตราขยายแรงดัน (Voltage Gain) ในช่วง 100-500 เท่า อัตราขยายนี้สามารถปรับได้เพื่อให้มีการเปลี่ยนอัตราขยายแบบเชิงเส้นต่อเนื่องกัน ทำให้สามารถจัดระดับความสูงของพัลส์ (Pulse Height) ทางออก สัมพันธ์กับสเกลของอุปกรณ์วิเคราะห์ตามต้องการ สัญญาณพัลส์ซึ่งถูกขยายแล้วจะได้รับการแต่งรูปสัญญาณก่อนนำไปวิเคราะห์

2.5.5 อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง

อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง (multichannel analyzer : MCA) เป็นอุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลส์ที่มีขีดความสามารถในการวิเคราะห์สูงกว่าอุปกรณ์วิเคราะห์แบบช่องเดียว (single channel analyzer) ทั้งในด้านความเร็ว การเก็บข้อมูล ความละเอียดของสเกลของระดับพลังงานและความสะดวกในการคำนวณผลการวิเคราะห์ โดยเฉพาะปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของอิเล็กทรอนิกส์ได้ช่วยให้อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่องมีประสิทธิภาพสูงด้วยการนำเอาระบบสมองกลไมโคร (microprocessor unit) เข้าร่วมในการทำงาน อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่องนี้มีความสำคัญต่อนักฟิสิกส์นิวเคลียร์ เคมีนิวเคลียร์ และนักวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์สาขาอื่น ๆ มากทั้งในด้านการวัด วิเคราะห์เชิงคุณ

ภาพและปริมาณของไอโซโทปของสาร จึงมีความจำเป็นจะต้องมีความเข้าใจถึงเบื้องต้นในการทำงานของอุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง

อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง มีส่วนประกอบในการวิเคราะห์และเก็บข้อมูล รวมทั้งการสื่อสารกับอุปกรณ์แสดงผลภายนอก ที่สำคัญอยู่ 6 ส่วน ดังภาพที่ 2.5 ซึ่งแสดงถึงการเชื่อมโยงทางสัญญาณไฟฟ้าระหว่างวงจรต่าง ๆ ทั้งที่เป็นอนาลอกและดิจิทัล



ภาพที่ 2.5 แผนการทำงานเบื้องต้นของ อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง

2.5.5.1 หน้าทีของวงจรต่าง ๆ มีดังนี้

ก. ภาคเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter :ADC) เป็นส่วนสำคัญซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอนาลอกพัลส์ (analog pulse) ที่มีความสูงเทียบเท่าระดับพลังงานต่าง ๆ ของอนุภาคนิวเคลียร์ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล โดยอาศัยเทคนิคของการเปลี่ยนความสูงของพัลส์เป็นช่วงเวลา และรหัสดิจิทัล ตามลำดับ

ข. รีจิสเตอร์แอดเดรสของช่องพลังงาน (channel address register) ทำหน้าที่รับรหัสดิจิทัลของพัลส์จากภาคเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล แล้วเลือกแชนแนลแอดเดรสในหน่วยความจำที่ตรงกับรหัสของพัลส์เพื่อให้ภาคบันทึกข้อมูล บวกจำนวนครั้งของพัลส์ที่มีรหัสตรงแอดเดรสช่องใด ๆ ครั้งละ 1 หน่วยนับ หรือเมื่อคำสั่งเป็นการลบการทำงานของภาคบันทึกข้อมูลก็จะลบเอาจำนวนนับที่มีอยู่เดิมในแอดเดรสที่ตรงกับรหัสของพัลส์ออกครั้งละ 1 หน่วยนับ

ค. รีจิสเตอร์ข้อมูล (data register) ส่วนนี้จะทำหน้าที่บวกเพิ่มหรือลบเอาข้อมูลเดิมในหน่วยความจำตามแอดเดรสต่าง ๆ เข้าหรือออก 1 หน่วยนับ เมื่อมีพัลส์ที่มีรหัสตรงกับแอดเดรสนั้น ๆ เข้ามาแต่ละครั้ง

ง. หน่วยความจำ (memory) ทำหน้าที่บันทึกจำนวนนับของภาคที่แต่ละแชนแนลแอดเดรส (แต่ละระดับพลังงาน) ในรูปของรหัสไบนารี และมีความจุของแชนแนลแอดเดรสตามค่า 2^n ช่อง ขึ้นกับเครื่องแต่ละเครื่อง จำนวนช่องนี้จะสัมพันธ์กับขีดความสามารถของภาคเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล เช่น 2^9 2^{10} เท่ากับ 512 1024 ช่อง เทียบเท่าระดับพลังงานที่ปรับเทียบไว้ ซึ่งหมายถึงความละเอียดของสเกลระดับพลังงานด้วย

จ. ส่วนแสดงผลข้อมูล (data display) ทำหน้าที่แสดงผลของข้อมูลที่บันทึกได้ในหน่วยความจำบนจอภาพ (cathode ray tube) ด้วยการส่งผ่านรหัสดิจิทัลในหน่วยความจำที่แอดเดรส (ช่อง) ต่าง ๆ ผ่านวงจรเปลี่ยนสัญญาณจากดิจิทัลเป็นอนาลอก (Digital to Analog Converter : DAC) ในรูปของสเปกตรัม

ฉ. ส่วนเชื่อมโยงกับอุปกรณ์ภายนอก (input / output interface) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่สื่อสารเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ภายนอก ได้แก่ เครื่องเขียนกราฟ (plotter) เครื่องโทรพิมพ์ (TTY) เครื่องพิมพ์ (printer) เครื่องบันทึกเทป (tape recorder) และคีย์บอร์ดอื่น ๆ กับส่วนเก็บข้อมูลในอุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่องเพื่อการทำงานที่ประสานกันทั้งส่งข้อมูลเข้าและรับข้อมูลออก

2.5.5.2 การทำงานของอุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่องเบื้องต้น

การทำงานภายในเครื่อง อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง เป็นระบบการทำงานของสัญญาณดิจิทัล ในรูปของลอจิกพัลส์ และรหัสไบนารี ดังนั้นวิธีการแยกแยะระดับความสูงของพัลส์ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกจากเอาท์พุทของส่วนขยาย จึงต้องมีการเปลี่ยนรูปให้เป็นรหัสทางดิจิทัลเป็นสำคัญ เพื่อให้เหมาะสมกับการเก็บข้อมูล ในแชนแนลแอดเดรสต่าง ๆ ของหน่วยความจำ กล่าวคือพัลส์เอาท์พุทของภาคขยายจะต้องส่งผ่านข้อมูลแก่ภาคเปลี่ยน

สัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล เพื่อเปลี่ยนให้เป็นรหัสไบนารีที่ค่าต่าง ๆ ตามความสูงของพัลส์และบันทึกจำนวนครั้งของอนุภาคนิวเคลียร์ที่มีระดับความสูงของพัลส์ค่าต่าง ๆ ในเซนแนลแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลที่ถูกบันทึกในหน่วยความจำจะอยู่ในรูปของรหัสไบนารี ดังนั้นเมื่อข้อมูลถูกเรียกทวงส่วนแสดงผลจะต้องผ่านภาคเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก ก่อนที่จะให้ผลเป็นรูปสเปกตรัมบนจอภาพ ซึ่งกระบวนการของสัญญาณในส่วนต่าง ๆ เป็นไปตามขั้นตอนควบคุมของแต่ละส่วนของอุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การเตรียมและการเก็บตัวอย่างด้วยถังถ่านกัมมันต์ (Charcoal Canister)

ตัวอย่างที่จะนำมาหาปริมาณเรดอนได้มาจากการนำถ่านกัมมันต์ไปวางในอาคารบ้านเรือน ในอำเภอเมืองและอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภายในช่วงเดือน ตุลาคม 2542 ถึง พฤศจิกายน 2542 โดยแบ่งกลุ่มพื้นที่เป็น 4 กลุ่มดังนี้

ก. บริเวณการจราจรหนาแน่นในเขตเมือง กำหนดในเขต ตำบลบางปลาสร้อย ตำบลมะขามหย่ง ตำบลบ้านโจด และตำบลนาป่า ของอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี พิจารณาจากบริเวณที่มียานพาหนะจราจรไปมาคับคั่ง เป็นถนนสายหลักที่มีการจราจรหนาแน่นเป็นภาวะปกติ

ข. บริเวณใกล้เขตเมืองหिन กำหนดในเขต ตำบลเหมืองและตำบลแสนสุข(บางส่วน) ของอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี พิจารณาเป็นบริเวณที่มีการทำเหมืองหิน โรงงานบดและแยกหิน ซึ่งเป็นพื้นที่บริเวณกว้างและมีบ้านพักอาศัยอยู่ในละแวกเหมืองหินนั้น และบ้านพักอาศัยความถนบที่มีการรถขนส่งหินผ่านจนเกิดฝุ่นละอองของเศษหินอย่างเห็นได้ชัด

ค. บริเวณชายทะเล กำหนดในเขต ตำบลอ่างศิลา และตำบลแสนสุข ของอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี พิจารณาเป็นบริเวณหาดบางแสนที่มีบ้านพักอาศัยเป็นแนวยาวตามชายทะเลไปจนถึงชายทะเลแถบอ่างศิลา

ง. บริเวณเขตอุตสาหกรรม กำหนดในเขต ตำบลหนองขาม ตำบลบึง และตำบลทุ่งสุขลา ของอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี พิจารณาเป็นพื้นที่ที่มีบ้านพักอาศัยที่อยู่ในแถบรอบ ๆ นิคมอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ ศรีราชา ชลบุรี

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตลับถ่านกัมมันต์
2. ระบบวัดรังสีแกมมาชนิดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง ประกอบเข้ากับเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง Canberra S-100
3. เครื่องอบ (Incubator)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)
5. สารมาตรฐานปรับเทียบความแรงรังสีเรดอน-222

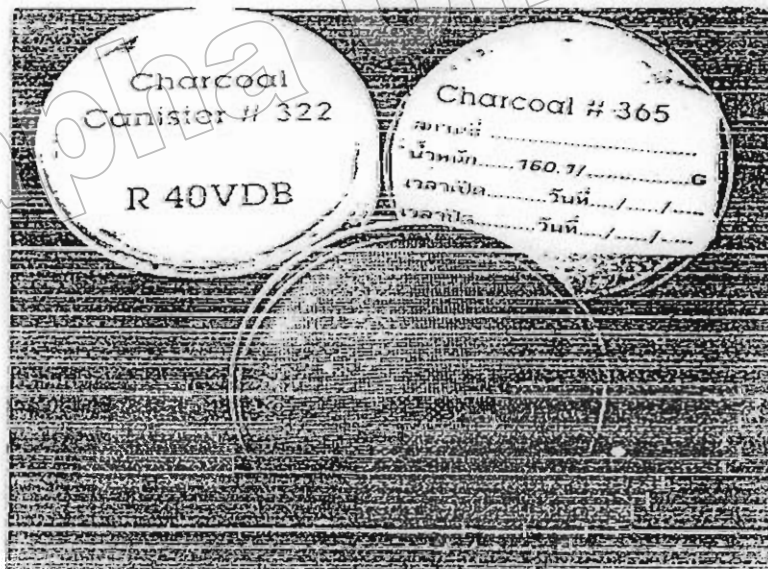
3.2.1 ตลับถ่านกัมมันต์

ลักษณะ กระป๋องโลหะ เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ความสูง 1.5 นิ้ว

มีถ่านกัมมันต์ 70 ± 1 กรัม คลุมด้วยตะแกรงโลหะที่มีรูให้อากาศผ่านเข้าได้ร้อยละ 30 - 50 ของพื้นที่ ถ่านกัมมันต์ที่ใช้เป็นชนิดมีปริมาณกัมมันตรังสีต่ำ (มีโพแทสเซียม-40 ไม่เกิด 0.4 mBq/g)

ผู้ผลิต F&G specialty products, isotope products laboratories 1800 N. Keystone, St.

Burbank, CA. 91504 ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ตลับถ่านกัมมันต์

3.2.2 ระบบวัด

ในโครงการนี้ใช้ระบบวัดแบบแกมมาสเปกโตมิเตอร์ชนิดเจอร์มา-
เนียมความบริสุทธิ์สูง ซึ่งใช้ตัวตรวจวัดของ 2 บริษัท เรียกชื่อตามชื่อบริษัทคือ

ก. ตัวตรวจวัดออร์เท็กซ์ (Ortec Detector)

Model No : 137 CP 2-2

ลักษณะของผลึก

เส้นผ่านศูนย์กลาง 47.60 มม. ความยาว 40.20 มม.

Absorbing layers

อลูมิเนียม 1.27 มม. เจอร์มาเนียม 0.70 มม.

ทำงาน ณ ตำแหน่งไบอัส +2500 โวลต์

Intercomparison 1.90 ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ระบบที่ใช้ตัวตรวจวัดออร์เท็กซ์

ข. ตัวตรวจวัดวัดออกซ์ฟอร์ด (Oxford Detector)

Model No : CNHJ 30-18190

ลักษณะของผลึก

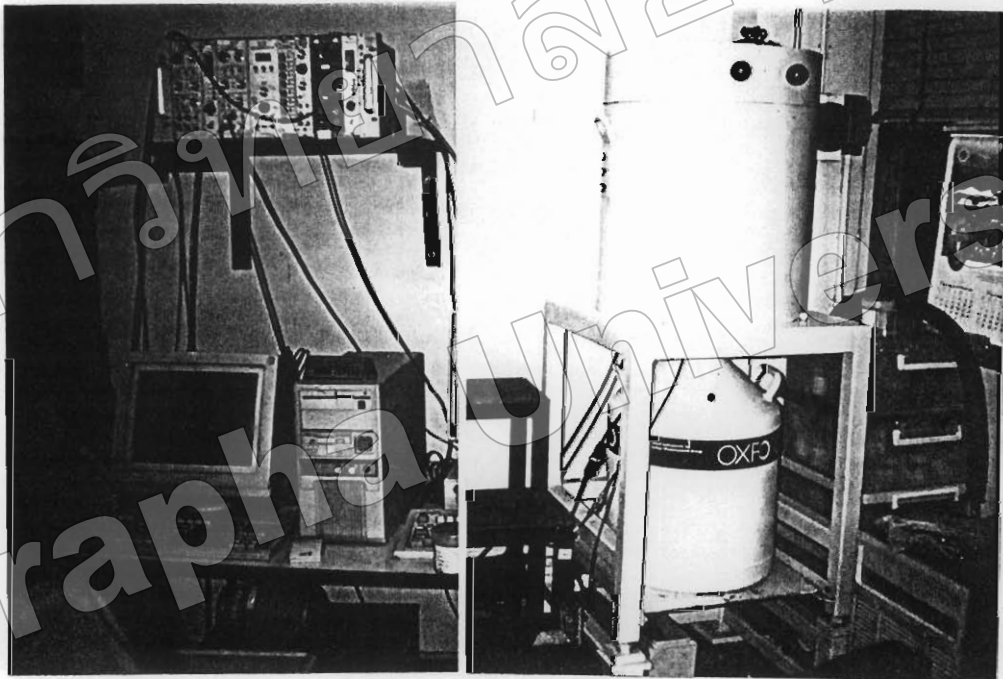
เส้นผ่านศูนย์กลาง 47.60 มม. ความยาว 40.20 มม.

Absorbing layers

อลูมิเนียม 1.00 มม. เบอริลเลียม 0.50 มม.

ทำงาน ณ ตำแหน่งไบอัส -2600 โวลต์

Intercomparison 1.96 ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ระบบที่ใช้ตัวตรวจวัดออกซ์ฟอร์ด

3.2.3 เครื่องอบ

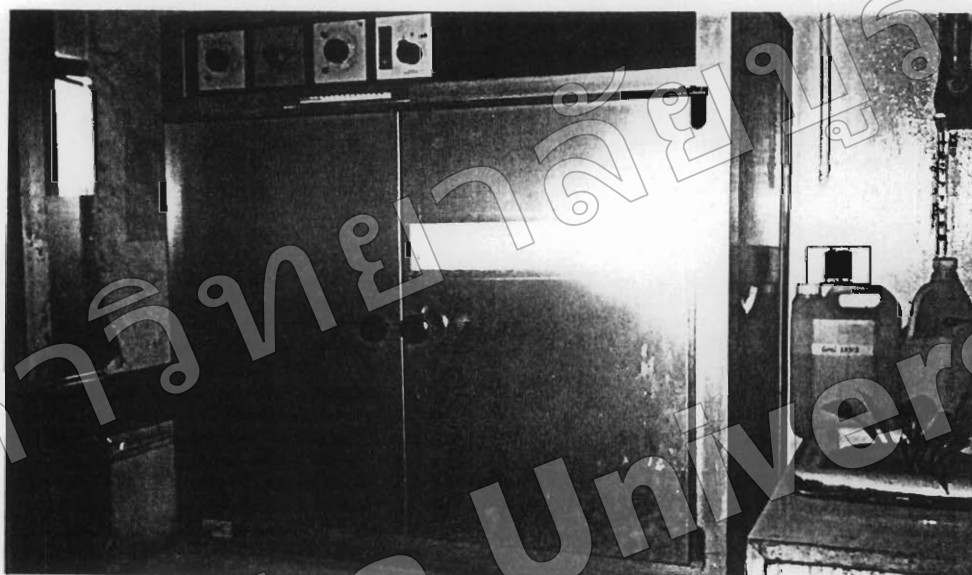
ใช้ในการเตรียมตลับถ่านกัมมันต์โดยใช้ความร้อนกำจัดความชื้นที่อยู่ภายในตลับถ่าน ก่อนที่จะนำไปเก็บตัวอย่างก๊าซเรดอน

Model No : Schutzart DIN 400500-IP 20

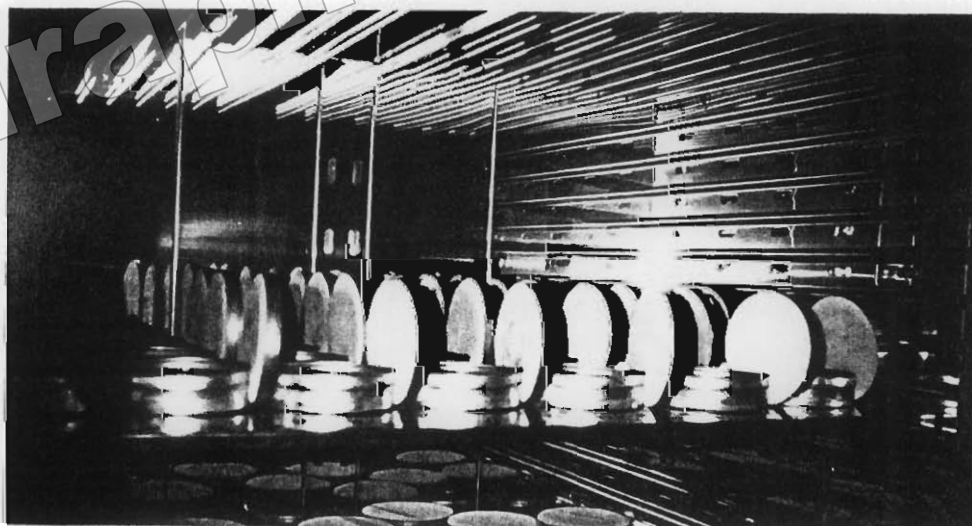
ชนิด UL 50 220 V , 50/60 Hz , 2800 W

พิสัยอุณหภูมิ 0 - 300 องศาเซลเซียส ผลิตใน เยอรมันนี้ตะวันตก ดังภาพที่ 3.4

และมีลักษณะการจัดเรียงดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.4 เครื่องอบ



ภาพที่ 3.5 ลักษณะการจัดเรียงตลับถ่านกัมมันต์ในเครื่องอบ

3.2.4 เครื่องชั่ง

Model No : 12000 D-30000 G

Serial No : 54407

ชนิด 480-9851/E 220/240 V , 50/60 Hz

พิสัยน้ำหนัก 0.00 – 30000.00 กรัม

ผลิตใน สวิตเซอร์แลนด์



ภาพที่ 3.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.5 สารมาตรฐานเปรียบเทียบความแรงรังสีเรดอน-222

Serial No : 236-4-3-1

ความแรงรังสี 20.60 นาโนคูรี บรรจุในวันที่ 1 มกราคม 2532



ภาพที่ 3.7 แหล่งกำเนิดสารมาตรฐานปรับเทียบความแรงรังสีเรดอน-222

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เก็บตัวอย่างอากาศในอาคารบ้านเรือน เพื่อนำมาใช้หาปริมาณเรดอนในอาคารบ้านเรือน โดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างก๊าซเรดอนโดยใช้ตลับถ่านกัมมันต์

1. การเตรียมตัวอย่าง โดยนำตลับถ่านกัมมันต์ ไปอบโดยใช้ความร้อน 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 - 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึก เก็บใส่ถุงพลาสติก ปิดผนึกให้มิดชิด

2. นำตัวอย่างไปวางตามอาคารบ้านเรือนชนิดต่างๆ โดยเปิดฝานำไปรองไว้ได้ตะแกรงเก็บก๊าซ ณ บริเวณห้องชั้นล่างของอาคาร โดยให้สูงจากพื้น ในระยะ 1.5 - 2 เมตร เป็นเวลา 3 วัน หรือประมาณ 72 ชั่วโมง โดยเมื่อวางตลับถ่านกัมมันต์ ให้บันทึกเวลาที่เริ่มวาง และ เมื่อครบ 3 วัน ปิดฝาแล้วปิดผนึกลักษณะเดิม บันทึกเวลาที่เก็บ รวมทั้งทำแบบเก็บข้อมูลโดยระบุข้อมูลดังต่อไปนี้

2.1 ที่ตั้งอาคาร

2.2 ลักษณะอาคาร

2.2.1 อาคารไม้ เป็นอาคารที่มีวัสดุทำด้วยไม้ประกอบขึ้นเป็นตัวอาคาร

2.2.2 อาคารปูน เป็นอาคารที่ก่อสร้างด้วยปูนซีเมนต์

2.3 อายุอาคาร

2.3.1 อายุน้อยกว่า 5 ปี

2.3.2 อายุไม่น้อยกว่า 5 ปี

2.4 การระบายอากาศ

2.4.1 มีการระบายอากาศ หมายถึง อาคารที่มีหน้าต่าง เปิดตลอดวัน หรือ เปิดเป็นครั้งคราว

2.4.2 ไม่มีการระบายอากาศ หมายถึง อาคารที่มีเครื่องปรับอากาศ ปิดตลอดวัน

3. นำตลับถ่านกัมมันต์ที่เก็บตัวอย่างอากาศแล้วมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำมาตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอนโดยใช้ระบบวัดรังสีแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ ใช้เวลาวัด 20 นาที พร้อมทั้งบันทึกเวลาขณะที่เริ่มวัดเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาปริมาณเรดอน หลักในการเก็บตัวอย่างก๊าซเรดอนในอาคารบ้านเรือนโดยใช้ตลับถ่านกัมมันต์

เนื่องจากการที่ปริมาณของก๊าซเรดอนในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาตรวจวัดมีความไม่แน่นอนมีปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การระบายอากาศและระดับความสูง จึงควรมีการกำหนดลักษณะของตำแหน่งในการวางตลับถ่านกัมมันต์เพื่อเก็บตัวอย่างให้ถูกต้อง โดยอาศัยหลักดังนี้

ก. อยู่สูงจากพื้นพอสมควร เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองจากพื้นเข้าไปในตลับ

ข. ห่างจากประตูหรือหน้าต่าง เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองจากพื้นเข้าไปในตลับ

ค. ห่างจากผนังอย่างน้อย 1 ฟุต

ง. หลีกเลี่ยงจากบริเวณที่มีอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำมาก แสงอาทิตย์ และ ความชื้นสูง

จ. โดยทั่วไปจะไม่วางในห้องครัวหรือห้องน้ำ

สำหรับสารมาตรฐานเปรียบเทียบความแรงรังสีเรดอน-222 นำไปวัดในระบบวัดรังสีเป็นเวลา 20 นาทีเช่นกันเพื่อที่จะได้ค่า ช่วงพิสัยพลังงานที่สนใจ สำหรับคำนวณหาค่าอัตราการสลายตัวและประสิทธิภาพของการวัด เพื่อนำไปใช้ในการหาปริมาณของเรดอน

$T_{1/2}$	คือ ครึ่งชีวิตของเรเดียมมาตรฐาน (1600 ปี)
t	คือ เวลาจาก A ถึง A_0

การคำนวณแฟกเตอร์ในการดูดเก็บอากาศในสภาวะความชื้นต่าง ๆ (CF)

$$CF = \frac{-3.48}{1000} \times \text{watergain} + 0.102 \quad \dots(3.5)$$

โดย watergain คือ น้ำหนักสุทธิของความชื้นในคลิปล้างน้ำมันดี

การคำนวณค่าแฟกเตอร์ที่ใช้ปรับแก้อัตราการสลายตัวของเรดอน (DF)

$$DF = e^{\frac{-0.693T}{T_{1/2}}} \quad \dots(3.6)$$

โดย T	คือ เวลานั้นจากครึ่งของช่วงเวลาในการดูดจับ จนกระทั่งเริ่มวัด (min)
$T_{1/2}$	คือ ครึ่งชีวิตของเรดอน (min)

3.5 การหาระดับความเข้มข้นของเรดอน (Radon Concentration)

เพื่อการเปรียบเทียบที่ได้ค่ามาตรฐานเดียวกันในระดับนานาชาติ สำหรับการวัดปริมาณเรดอน จึงมีการกำหนดค่า Intercomparison เป็นปริมาณที่บอกระดับปริมาณเรดอนที่ถือเอาเป็นมาตรฐานสากล

$$\text{Radon Concentration} = RN \times \text{Intercomparison} \quad \dots(3.7)$$

โดย Ortec detector	มีค่า Intercomparison	1.90
Oxford detector	มีค่า Intercomparison	1.96

บทที่ 4

ผลการทดลอง

เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคารบ้านเรือน ได้แก่ ความสูงของอาคาร ลักษณะอาคาร อายุอาคารและการระบายอากาศ ซึ่งได้ทำการทดลองเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ความสูงของอาคารกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน และปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน

4.1 ระดับความสูงของอาคารกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน

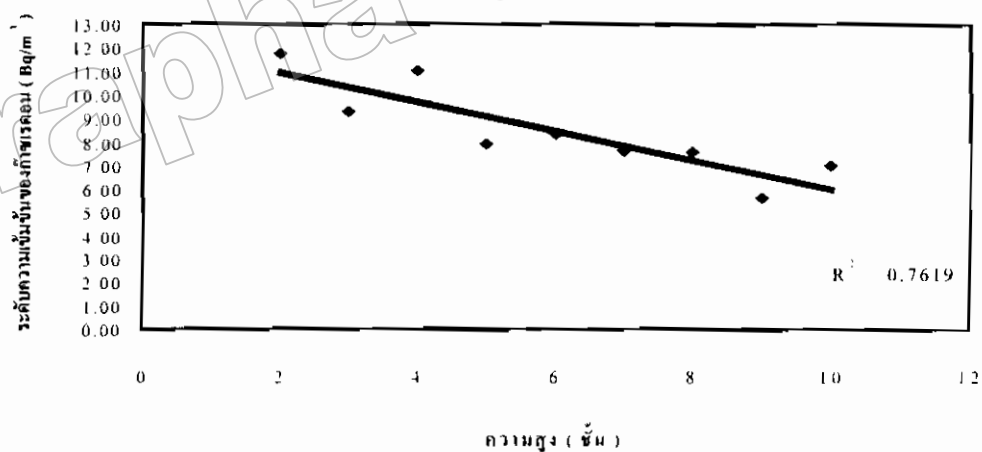
อาคารสูงที่ศึกษามีอยู่ 2 ลักษณะคือ อาคารสูงที่เป็นอาคารไม่มีการระบายอากาศ) และ อาคารสูงที่เป็นอาคารมีการระบายอากาศ

4.1.1 ความสูงของอาคารที่ไม่มีการระบายอากาศกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน

อาคารที่ทำการสำรวจจะเป็นอาคารคอนกรีต ที่ไม่มีการระบายอากาศ ตั้งอยู่ใน อำเภอเมืองและอำเภอศรีราชา จำนวน 4 อาคาร มีอายุมากกว่า 5 ปี ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารสูงที่ไม่มีการระบายอากาศ

ชั้น ที่ตั้ง	ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (Bq/m ³)				
	ร.พ.พญาไท	ร.พ.สมิติเวช	อาคารแพทย์	รร.อีสเทอร์น	เจเลีย
2	12.66	9.47	15.38	9.47	9.175
3	12.34	9.98	7.43	7.48	9.31
4	15.85	8.74	10.19	9.28	11.02
5	12.36	7.48	7.01	4.73	7.90
6	8.59	11.87	6.20	6.81	8.37
7	10.30	2.28	10.07	7.96	7.65
8	8.22	8.90	7.53	5.62	7.57
9	6.64	3.24	5.72	6.97	5.64
10	5.64	8.52	7.44	6.66	7.07



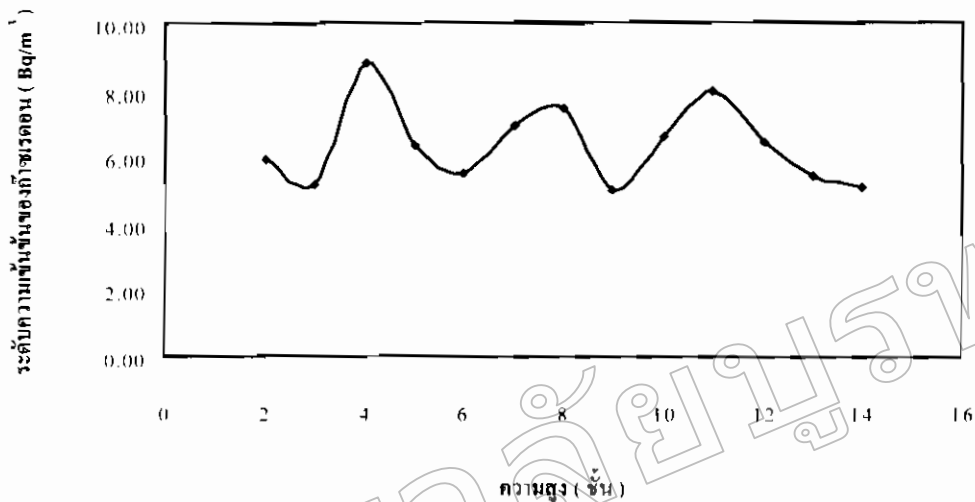
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร
กับอาคารสูงที่ไม่มีการระบายอากาศ

4.1.2 ความสูงของอาคารที่มีการระบายอากาศกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน

อาคารที่ใช้ในการสำรวจเป็นอาคารชุด เสนาะ อุนากูล จำนวน 3 อาคาร ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลบางแสน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี มีลักษณะเป็นอาคารคอนกรีต ความสูง 14 ชั้น ตรงกลางของอาคารมีลักษณะเป็นช่องโปร่ง ระบายอากาศถ่ายเทได้ตลอดทั้ง 14 ชั้น อายุของอาคารมากกว่า 5 ปี ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนกับอาคารสูงที่มีการระบายอากาศ

ชั้น ที่ตั้ง	ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (Bq/m^3)			
	อาคาร 1	อาคาร 2	อาคาร 3	เฉลี่ย
2	6.65	6.32	4.75	5.91
3	2.43	8.14	5.00	5.19
4	6.52	9.37	10.67	8.85
5	7.31	6.26	5.59	6.39
6	7.34	5.96	3.22	5.51
7	8.50	6.74	5.63	6.96
8	5.87	5.92	10.63	7.47
9	4.60	5.74	4.63	4.99
10	7.25	5.54	7.07	6.62
11	10.49	6.66	6.73	7.96
12	5.94	6.04	7.24	6.41
13	5.14	7.19	3.83	5.39
14	4.56	4.60	6.16	5.11



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร กับอาคารสูงที่มีการระบายอากาศ

4.2 ปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน

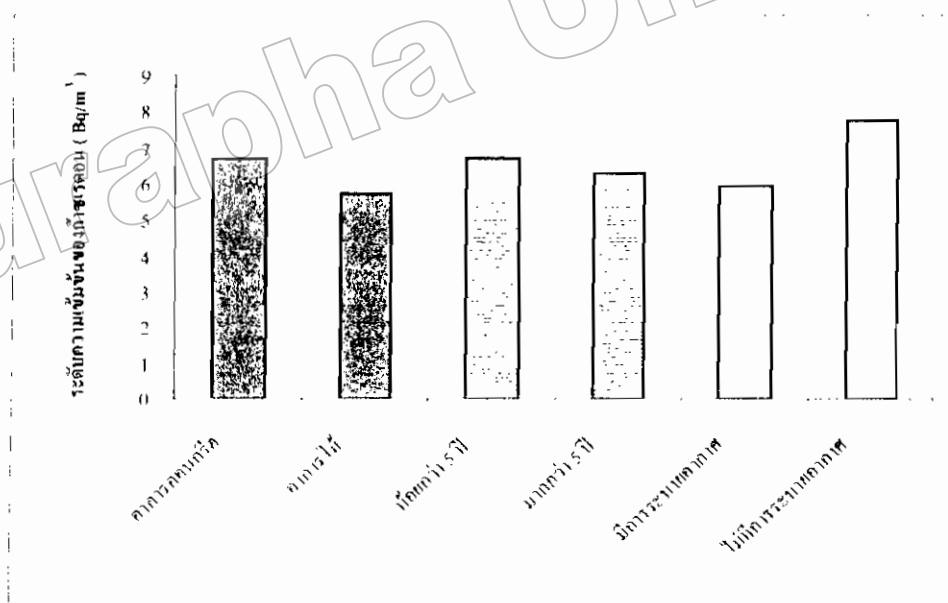
ปัจจัยทางกายภาพที่ศึกษา คือ ลักษณะของอาคาร อายุของอาคารและการระบายอากาศ ของบ้านเรือนที่พักอาศัย โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วนคือ

- ก. เขตการจราจรหนาแน่น
- ข. เขตเหมือง
- ค. เขตชายทะเล
- ง. เขตอุตสาหกรรม

ได้ผลการทดลอง ตามตารางที่ 4.3 – 4.7 เมื่อแยกปัจจัยของเขตพื้นที่ที่ศึกษาจะได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.3 ลักษณะอาคาร อายุอาคาร การระบายอากาศ กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (Bq/m^3) ในกลุ่มพื้นที่การจรรยาบรรณแน่น

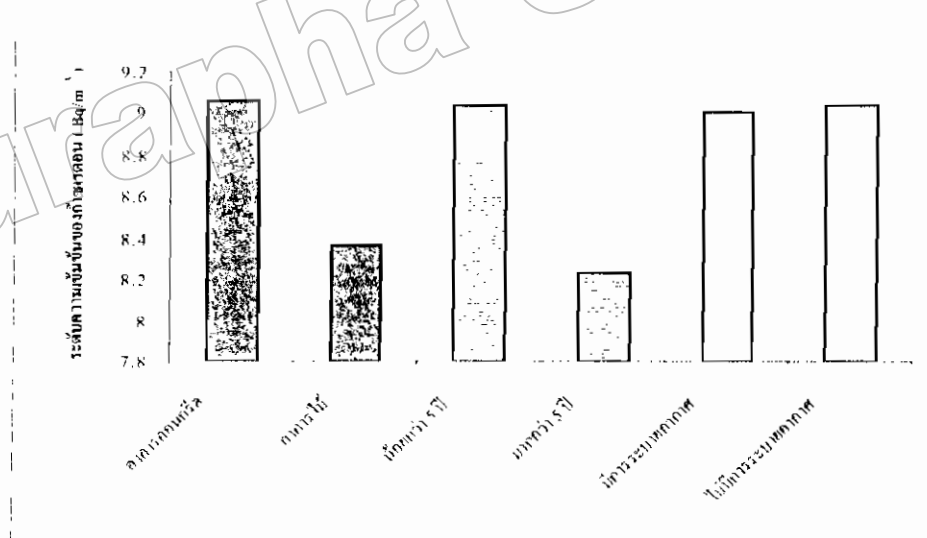
ปัจจัยทางกายภาพ(จำนวน)	พิสัย	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย + ค่าเบี่ยงเบน
ลักษณะอาคาร			
อาคารคอนกรีต(52)	3.02 - 28.94	6.67	7.68 ± 4.38
อาคารไม้(32)	3.96 - 10.47	5.72	7.57 ± 2.20
อายุอาคาร			
น้อยกว่า 5 ปี(21)	3.10 - 28.94	6.67	8.63 ± 5.74
มากกว่า 5 ปี(63)	3.02 - 18.04	6.27	6.55 ± 2.45
การระบายอากาศ			
มี(63)	3.02 - 18.04	5.93	6.36 ± 2.41
ไม่มี(21)	4.09 - 28.94	7.74	9.21 ± 5.52



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับปัจจัยทางกายภาพที่ศึกษาในกลุ่มพื้นที่การจรรยาบรรณแน่น

ตารางที่ 4.4 ลักษณะอาคาร อายุอาคาร การระบายอากาศ กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (Bq/m^3) ในกลุ่มพื้นที่เขตเมืองหิน

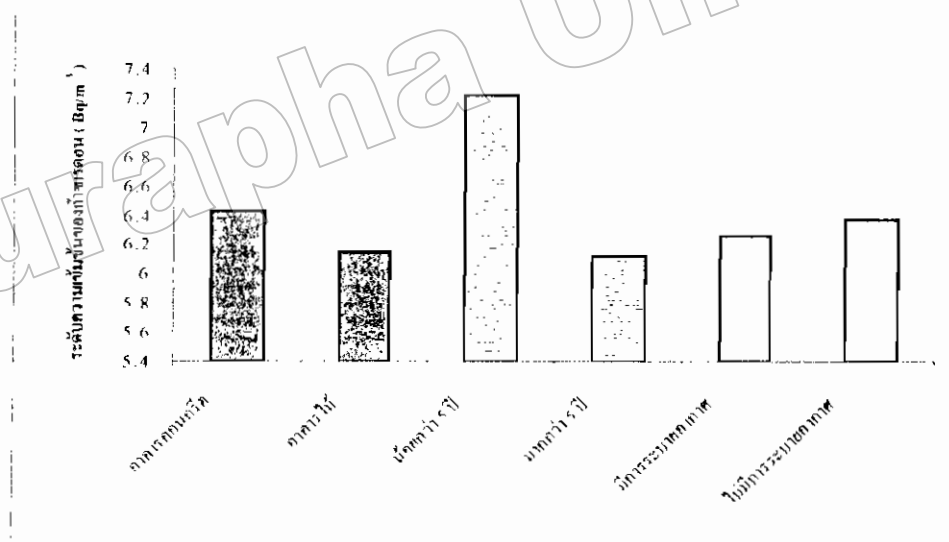
ปัจจัยทางกายภาพ(จำนวน)	พิสัย	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบน
ลักษณะอาคาร			
อาคารคอนกรีต(30)	2.16 - 22.62	9.06	9.60 \pm 3.65
อาคารไม้(8)	4.29 - 10.08	8.36	7.57 \pm 2.20
อายุอาคาร			
น้อยกว่า 5 ปี(25)	2.16 - 13.27	9.04	9.08 \pm 2.40
มากกว่า 5 ปี(13)	4.29 - 22.62	8.23	9.36 \pm 5.07
การระบายอากาศ			
มี(35)	2.16 - 14.81	9.00	8.84 \pm 2.77
ไม่มี(3)	7.63 - 22.62	9.04	13.10 \pm 8.28



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับปัจจัยทางกายภาพที่ศึกษาในกลุ่มพื้นที่เขตเมืองหิน

ตารางที่ 4.5 ลักษณะอาคาร อายุอาคาร การระบายอากาศ กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (Bq/m³) ในกลุ่มพื้นที่เขตชายทะเล

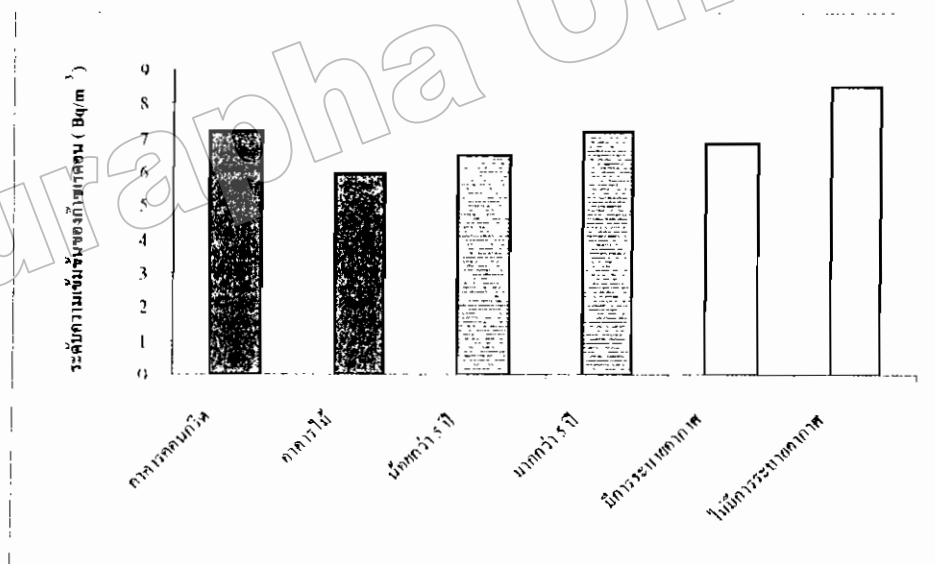
ปัจจัยทางกายภาพ(จำนวน)	พิสัย	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน
ลักษณะอาคาร			
อาคารคอนกรีต(62)	2.98 – 13.01	6.42	6.52 ± 2.18
อาคารไม้(16)	4.20 – 10.54	6.14	6.30 ± 1.63
อายุอาคาร			
น้อยกว่า 5 ปี(29)	3.49 – 13.01	7.22	7.16 ± 2.43
มากกว่า 5 ปี(49)	2.98 – 10.54	6.11	6.07 ± 1.72
การระบายอากาศ			
มี(66)	2.98 – 13.01	6.26	6.40 ± 2.07
ไม่มี(12)	4.50 – 10.65	6.36	6.90 ± 2.11



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับปัจจัยทางกายภาพที่ศึกษาในกลุ่มพื้นที่เขตชายทะเล

ตารางที่ 4.6 ลักษณะอาคาร อาชญากรรม การระบายอากาศ กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (Bq/m^3) ในกลุ่มพื้นที่เขตอุตสาหกรรม

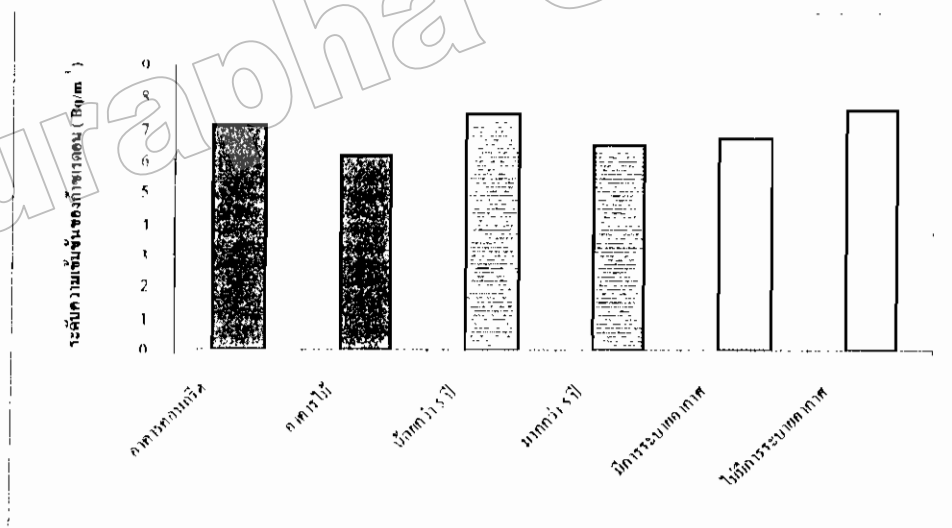
ปัจจัยทางกายภาพ(จำนวน)	พิสัย	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบน
ลักษณะอาคาร			
อาคารคอนกรีต(65)	2.94 - 13.87	7.20	7.31 ± 2.26
อาคารไม้(3)	2.28 - 10.72	5.91	6.30 ± 4.23
อาชญากรรม			
น้อยกว่า 5 ปี(29)	3.51 - 11.99	6.49	7.04 ± 2.15
มากกว่า 5 ปี(39)	2.28 - 13.87	7.20	7.43 ± 2.49
การระบายอากาศ			
มี(60)	2.28 - 13.87	6.85	7.12 ± 2.23
ไม่มี(8)	4.62 - 11.99	8.50	8.37 ± 2.98



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับปัจจัยทางกายภาพที่ศึกษาในกลุ่มพื้นที่เขตอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.7 ลักษณะอาคาร อายุอาคาร การระบายอากาศ กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ภายในอาคาร (Bq/m³)

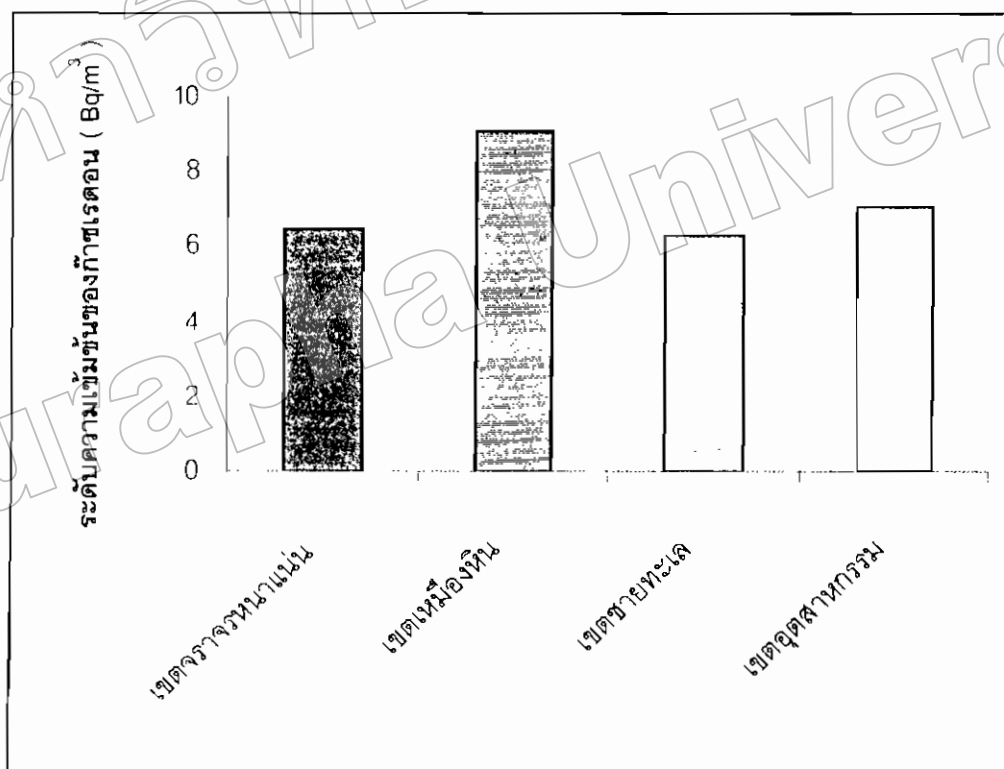
ปัจจัยทางกายภาพ(จำนวน)	พิสัย	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน
ลักษณะอาคาร			
อาคารคอนกรีต(209)	2.16 -- 28.94	7.14	7.49 ± 3.24
อาคารไม้(59)	2.28 -- 10.72	6.11	6.36 ± 1.83
อายุอาคาร			
น้อยกว่า 5 ปี(104)	2.16 -- 28.94	7.44	7.89 ± 3.38
มากกว่า 5 ปี(164)	2.28 -- 22.62	6.51	6.84 ± 2.70
การระบายอากาศ			
มี(224)	2.16 -- 18.04	6.68	6.96 ± 2.47
ไม่มี(44)	4.09 -- 28.94	7.62	8.69 ± 4.73



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับปัจจัยทางกายภาพที่ศึกษา

ตารางที่ 4.8 กลุ่มพื้นที่กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (Bq/m³)

กลุ่มพื้นที่ (จำนวน)	พิสัย	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน
เขตจรัลราชรถหนแน่น(84)	3.02 - 28.94	6.47	7.07 ± 3.64
เขตเหมืองหิน(38)	2.16 - 22.62	9.02	9.17 ± 3.48
เขตชายทะเล(78)	2.98 - 13.01	6.26	6.48 ± 2.07
เขตอุตสาหกรรม(68)	2.28 - 13.87	7.06	7.27 ± 2.34



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนกับกลุ่มพื้นที่ที่ศึกษา

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารกับกลุ่มพื้นที่ จากตารางที่ 4.8 นำมาแสดงค่าแตกต่างทางสถิติ (ค่าพี) ระหว่างกลุ่มพื้นที่ ได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความแตกต่างของกลุ่มพื้นที่กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (ค่าพี)

กลุ่มพื้นที่	เขตจรรยาหนาแน่น	เขตเมืองหิน	เขตชายทะเล	เขตอุตสาหกรรม
เขตจรรยาหนาแน่น	-	0.003465	0.203322	0.701333
เขตเมืองหิน	0.003465	-	0.000003	0.001239
เขตชายทะเล	0.203322	0.000003	-	0.029611
เขตอุตสาหกรรม	0.701333	0.001239	0.029611	-

หมายเหตุ ค่าพี มากกว่า 0.05 แสดงว่าไม่มีความแตกต่างสำคัญโดยนัยสถิติ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การใช้ดัดถ่านกัมมันต์เก็บรวบรวมก๊าซเรดอนภายใต้การกระตุ้นของคาร์บอนเพื่อหาปริมาณเรดอนภายในอาคารบ้านเรือนในจังหวัดชลบุรีในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 ที่ปัจจัยทางกายภาพที่แตกต่างกัน คือ ความสูงอาคาร ลักษณะอาคาร อายุอาคาร และการระบายอากาศ โดยสุ่มตัวอย่างใน 4 กลุ่มพื้นที่ คือ เขตการจราจรหนาแน่น เขตเมืองหิน เขตชายทะเล และเขตอุตสาหกรรม

5.1.1 ระดับความสูงของอาคารที่ศึกษากับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน

สำหรับอาคารสูงที่ไม่มีการระบายอากาศ จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับชั้นสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ส่วนอาคารสูงที่มีการระบายอากาศและตรงกลางอาคารโปร่ง จะเห็นว่าระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนจะมีความสัมพันธ์ไม่เป็นแบบเชิงเส้นกับระดับชั้นของอาคาร

5.1.2 ปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ กับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน จะเห็นว่า

- ก. อาคารคอนกรีตจะมีค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่าอาคารไม้
- ข. อาคารที่ไม่มีการระบายอากาศจะมีค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่าอาคารที่มีการระบายอากาศ
- ค. ในกลุ่มพื้นที่เขตการจราจรหนาแน่น เขตเมืองหิน เขตชายทะเล อาคารที่มีอายุน้อยกว่า 5 ปีจะมีค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่าอาคารที่มีอายุมากกว่า 5 ปี ส่วนในเขตอุตสาหกรรม อาคารที่มีอายุน้อยกว่า 5 ปีจะมีค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนต่ำกว่าอาคารที่มีอายุมากกว่า 5 ปี

- ง. ปลอดภัยในด้านที่ตั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนมากน้อยตามลำดับดังนี้ เขตเมืองกิน เขตอุตสาหกรรม เขตการจราจรหนาแน่น และเขตชายทะเล

สำหรับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 268 ตัวอย่าง ซึ่งไม่พบว่าเกินระดับความเข้มข้นที่สูงเกิดจากความปกคลุม (148 Bq/m³) ขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา ซึ่งระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนที่พบมีระดับตั้งแต่ 2.16 – 28.94 Bq/m³ มีค่าเฉลี่ย 7.25 ± 3.02 Bq/m³ พบว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าทุกจังหวัดที่เคยมีการสำรวจมา ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (Bq/m³) ที่จังหวัดต่างๆ ที่มีการสำรวจ

จังหวัด	ปีที่สำรวจ	จำนวนอาคาร	พิสัย	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบน
บมพบุรี ¹	2536-37	79	4.00 - 187.00	-	12.57 ± 20.75
กรุงเทพฯ	2536-37	83	4.00 - 40.80	-	9.63 ± 8.23
กาญจนบุรี ⁶	2538	287	3.00 - 197.40	-	12.54 ± 14.54
ภูเก็ต ⁷	2538	272	4.00 - 82.50	-	14.09 ± 11.48
ขอนแก่น ⁸	2538	319	4.00 - 211.83	-	15.33 ± 22.13
สระบุรี ⁹	2538	188	4.00 - 33.66	-	7.54 ± 4.62
กาญจนบุรี ¹⁰	2539	583	4.00 - 65.61	-	15.05 ± 15.03
ตาก ¹¹	2539-40	840	4.00 - 442.90	33.45	43.76 ± 34.58
ราชบุรี ¹²	2539-40	399	3.00 - 32.63	9.91	10.55 ± 4.81
สงขลา ¹³	2540	1052	2.14 - 86.10	12.43	16.15 ± 11.97
นครปฐม ¹⁴	2540	474	4.00 - 86.40	10.81	13.45 ± 9.23
เพชร ¹⁵	2540-41	318	4.00 - 196.75	16.94	18.69 ± 12.87
ลำปาง ¹⁶	2540-41	786	4.00 - 176.73	26.95	32.41 ± 21.14
สมุทรปราการ ¹⁷	2541	1024	4.00 - 47.51	6.05	7.47 ± 4.69
ชลบุรี ¹⁸	2542	268	2.16 - 28.94	6.77	7.25 ± 3.02

5.2 อภิปรายผลการทดลอง

ระดับความสูงของอาคารที่ศึกษามีผลต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนโดยอาคารสูงที่ไม่มีภาวะระบายอากาศจะมีแนวโน้มของระดับก๊าซเรดอนที่ต่ำลงเมื่ออาคารมีระดับที่สูงขึ้น อาคารจะมีลักษณะเป็นอาคารปิดและมีการแบ่งระดับชั้นความสูงที่ชัดเจน เห็นได้จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าเส้นกราฟแสดงความเป็นเชิงเส้นที่ได้แสดงการลดลงของระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเมื่อความสูงของอาคารมีระดับความสูงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แต่สำหรับภาพที่ 4.2 แสดงกราฟที่เป็นเชิงเส้นที่ไม่สามารถบอกแนวโน้มที่เกิดขึ้นได้เนื่องจากข้อมูลมีความไม่เป็นระเบียบอยู่มากซึ่งแสดงถึงระดับความเข้มข้นของเรดอนที่ไม่ขึ้นกับอาคารสูงที่มีการระบายอากาศ ลักษณะดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากลักษณะอาคารที่มีลักษณะมีช่องว่างตลอดตัวอาคาร ทำให้อาคารมีการไหลเวียนอยู่ตลอดเวลา ไม่มีการแบ่งของระดับชั้นของอาคารอย่างชัดเจน

สำหรับปัจจัยทางกายภาพในด้านอายุอาคาร ค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในกลุ่มพื้นที่เขตอุตสาหกรรมมีความแตกต่างกับทุกกลุ่มพื้นที่ที่ศึกษานั้นคืออาคารที่มีอายุมากกว่า 5 ปีมีค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่าอาคารที่มีอายุน้อยกว่า 5 ปี อาจเป็นผลที่เกิดจากการสะสมตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เป็นลักษณะอาคารคอนกรีตเป็นส่วนใหญ่ซึ่งอาคารคอนกรีตมีค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูง อีกทั้งเป็นผลมาจากอาคารที่มีการระบายอากาศในเขตอุตสาหกรรมที่มีค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนค่อนข้างสูงจึงเป็นเหตุให้เกิดความแตกต่างดังกล่าว ดังแสดงในตารางที่ 4.6

5.3 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาลักษณะของตัวอาคารที่สามารถสรุปได้ว่า อาคารคอนกรีตมีระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนมากกว่าอาคารไม้ ถ้าสามารถที่จะชี้เฉพาะถึงส่วนประกอบในการก่อสร้างอาคารที่เป็นวัสดุดิบได้จะได้ข้อมูลที่น่าจะศึกษาเพื่อชี้ชัดถึงแหล่งกำเนิดของก๊าซภายในอาคารบ้านเรือนได้ต่อไป

ในการศึกษาเกี่ยวกับอายุอาคารนี้ เนื่องจากการแบ่งกลุ่มอายุค่อนข้างกว้างเกินไป (น้อยกว่า 5 ปี และ 5 ปีขึ้นไป) จึงได้ข้อมูลที่มีความชัดเจนไม่มากนัก ในโอกาสศึกษาราวต่อไปควรจัดแบ่งกลุ่มอายุให้ย่อยมากขึ้น หรือ ควรทำซ้ำในอาคารเดิมเมื่ออายุอาคารนั้นเพิ่มขึ้นเพื่อข้อมูลที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

ในด้านความสูงของอาคารเนื่องจากในโครงการมีการศึกษาอาคารสูงที่ส่วนใหญ่จะเป็นสถานที่ในหน่วยงานประกอบกับระยะเวลาเป็นข้อจำกัด จึงไม่ใช่เรื่องง่ายที่จะทำการเก็บตัวอย่างได้หลาย ๆ ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของแต่ละอาคารได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาในหลายอาคารเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแทน ดังนั้นในการศึกษาเพื่อชี้ชัดถึงความสัมพันธ์ในด้านความสูงจึงควรต้องมีเวลามากกว่านี้ และควรจะติดต่อบริษัทที่เกี่ยวข้องเพื่อขอที่ศึกษาในข้อจำกัดในการศึกษาแนวอีกต่อไป

ในด้านผลร้ายต่อสุขภาพผู้ที่อยู่ในอาคารที่ก๊าซเรดอน นั้น ควรจะทำการศึกษาให้มีข้อมูลจำเพาะมากขึ้น เช่น อาคารที่มีการสูบบุหรี่ และอาคารที่ไม่มีการสูบบุหรี่ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. สาโรจน์ วรณพุกภัย. มลพิษจากการแผ่รังสี. สารศิริราช 2539; 48: 241-246.
2. Beck HL. **The Physics of environmental gamma radiation fields.** The Natural radiation environment II. USERDA, CONF-720805-P2. 1982:101-34.
3. Wrean ME, Singh NP. **Comparative distribution of uranium, thorium and plutonium in human tissues of the general population.** In Natural Radiation Environment 1982:144-15.
4. **Measurement of Radionuclides in food and the Environment.** A Guide Book : Technicals reports series No.295. International Atomic Energy Agency 1989;
5. Wollenberg HA. **Naturally occurring radioelements and terrestrial gamma-ray exposure rates : and assesment based on recent geochemical data.** LBL-18714,1984.
6. พรศรี พลพงษ์. เรดอนในอาคาร-ข้อมูลที่ถูกต้อง. วารสารเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม 2542: 1:
7. วิวัฒน์ ศิตะมานิช, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. **ข้อมูลสำรวจ "ก๊าซเรดอนในอาคารบ้านเรือน" ที่จังหวัดภูเก็ต.** สารศิริราช 2538; 47: 1104-7.
8. ธิซซ์ บุญญะการกุล, พรศรี พลพงษ์, ภาณี ฤทธิมาก, สมชัย บวรกิตติ. **การสำรวจก๊าซ เรดอน ในอาคารบ้านเรือนที่จังหวัดขอนแก่น.** สารศิริราช 2539: 48: 41-4.
9. ธิซซ์ บุญญะการกุล, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. **การสำรวจก๊าซ เรดอนในอาคารที่จังหวัดสระบุรี.** สารศิริราช 2539: 48: 227-9.
10. ลลิตา ชานนท์, พรศรี พลพงษ์, ไพโรจน์ อุ่นสมบัติ, สมชัย บวรกิตติ. **เรดอนในอาคาร : การสำรวจที่จังหวัดกาญจนบุรี.** สารศิริราช 2538; 47: 726-31.
11. พรศรี พลพงษ์, จักริ เพ็ญนิเวศสุข, สมศักดิ์ มาลีแก้ว, เกรือวัลย์ จันทร์ภักย์, สมชัย บวรกิตติ. **ก๊าซเรดอนในอาคารที่จังหวัดตาก.** วารสารมหิดล 2540; 4: 11-4.

12. มีชัย ชัยรุ่งโรจน์ปัญญา, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. ก๊าซเรือนกระจกในอาคารที่จังหวัดราชบุรี. อนุรักษ์ศาสตร์ 2540; 13: 1-4.
13. กริธา ธรรมคำภีร์, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. การสำรวจก๊าซเรือนกระจกในอาคารที่จังหวัดสงขลา. สารศิริราช 2540; 49: 750-4.
14. ถวัลย์ พบลาภ, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. การสำรวจก๊าซเรือนกระจกในอาคารที่จังหวัดนครปฐม. สารศิริราช 2540; 49: 1070-4.
15. จุฑารัตน์ รามสูตร, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. การสำรวจก๊าซเรือนกระจกในอาคารที่จังหวัดแพร่. วารสารสาธารณสุข 2540:
16. บุญเต็ม ต้นสุรัตน์, อภิญญา สัจฉะไชย, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. การสำรวจก๊าซเรือนกระจกในอาคารที่จังหวัดลำปาง. สารศิริราช 2541; 50: 311-8.
17. เกียรติศักดิ์ จิรโสดติกุล, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. การสำรวจก๊าซเรือนกระจกในอาคารที่จังหวัดสมุทรปราการ. สารศิริราช 2541; 50: 594-601.

บรรณานุกรม

Glenn F. Knoll. **Radiation Detection and Measurement**. Second Edition. Cannada: John Wiley & Sons. 1989.

Pomsri Polpong, Payome Aranyakananda, Somchai Bovornkitti. **A Preliminary Study of Indoor Radon in Thailand**. J. Med. Assoc. Thai. 1994; 77(12): 652-656.

Samuel S.M. Wong. **Introductory Nuclear Physics**. A Wiley Interscience Publication. Cannada: John Wiley & Sons. 1998.

Measurement of Radionuclides in food and the Environment A Guide Book :

Technicals reports series No.295. International Atomic Energy Agency 1989;

เกียรติศักดิ์ จิตรโสตติกุล, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. **การสำรวจก๊าซเรดอนในอาคารที่จังหวัดสมุทรปราการ**. สารศิริราช 2541; 50: 594-601.

จิราภรณ์ บุญส่ง. **การทดสอบสมมติฐานในการวิจัยเบื้องต้น**. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา. ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, สิงหาคม 2522.

ธีซัช บุญญะการกุล, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. **การสำรวจก๊าซเรดอนในอาคารที่จังหวัดสระบุรี**. สารศิริราช 2539; 48: 227-9.

พรศรี พลพงษ์. **เรดอนในอาคาร-ข้อมูลที่ถูกต้อง**. วารสารเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม 2542; 1:

พรศรี พลพงษ์ และคนอื่น ๆ. **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเรดอนในอาคารที่อยู่อาศัยกับมะเร็งปอด**. สารศิริราช 2538; 47: 503-7.

ลลิตา ชานนท์, พรศรี พลพงษ์, ไพโรจน์ อุ่นสมบัติ, สมชัย บวรกิตติ. **เรดอนในอาคาร : การสำรวจที่จังหวัดกาญจนบุรี**. สารศิริราช 2538; 47: 726-31.

สุกัญญา อิทธิสวัสดิ์. **การวิเคราะห์ปริมาณเรดอนภายในอาคารบ้านเรือนโดยใช้วิธีแกมมาสเปกโตรมิเตอร์**. ม.นเรศวร 2535: 12.

สาโรจน์ วรรณพฤกษ์. **มลพิษจากการแผ่รังสี**. สารศิริราช 2539; 48: 241-246.

วิวัฒน์ ศิตะมาโนช, พรศรี พลพงษ์, สมชัย บวรกิตติ. **ข้อมูลสำรวจ "ก๊าซเรดอนในอาคารบ้านเรือน" ที่จังหวัดภูเก็ต**. สารศิริราช 2538; 47: 1104-7.

อุไรวรรณ จุณภาด. **นิวเคลียร์ฟิสิกส์**. คณะวิทยาศาสตร์ รามคำแหง; มกราคม 2534.

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ก

แบบเก็บข้อมูล

แบบเก็บข้อมูล

คดีเลขที่.....

ชื่อ..... วันที่วาง..... เวลาวาง.....

วันที่เก็บ..... เวลาเก็บ.....

ที่ตั้งอาคาร บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ถนน..... ตำบล.....

อำเภอ..... จังหวัด.....

อาคาร บ้าน สำนักงาน ร้านค้า อื่น ๆ.....

อายุอาคาร : น้อยกว่า 5 ปี มากกว่า 5 ปี.....

ลักษณะอาคาร บ้านเดี่ยว ทาวน์เฮ้าส์..... ห้องแถว.....

อื่น ๆ.....

วัสดุอาคาร ปูน ไม้.....

การระบายอากาศ มีหน้าต่าง..... มีเครื่องปรับอากาศ.....

เปิดตลอดวัน เปิดครึ่งคร่าว ปิดตลอดวัน

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างอาคารบ้านเรือนที่ศึกษาตามปัจจัยทางกายภาพที่กำหนด

สถานที่ตัวอย่างอาคารที่ศึกษาตามปัจจัยทางกายภาพในด้านความสูง

โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ศรีราชา

ที่ตั้ง 290 ถ.เจมจอมพล ต.ศรีราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

โรงพยาบาลพญาไท ณ ศรีราชา

ที่ตั้ง 90 ศรีราชานคร3 ต.ศรีราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

โรงพยาบาลสมิติเวช ศรีราชา

ที่ตั้ง 8 ซอยแหลมแกลง เจมจอมพล ต.ศรีราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

อาคารเรียนแพทย์

ที่ตั้ง ศูนย์แพทยศาสตรชั้นคลินิก ถ.สุขุมวิท ต.บางปลาสร้อย อ.เมือง จ.ชลบุรี

โรงแรมอีสเทอร์นทาวเวอร์

ที่ตั้ง 29/2 ถ.เจมจอมพล ต.ศรีราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

อาคารพักอาจารย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ที่ตั้ง มหาวิทยาลัยบูรพา ถนนลงหาดบางแสน ต.บางแสน อ.เมือง จ.ชลบุรี

ตารางที่ ข.2 ตัวอย่างการเรียงที่ศึกษาความมั่งคั่งทางอากาศที่ท่าทะเลในเขตการจราจร

ลำดับ	Charcoal Number	อายุอาคาร		ลักษณะอาคาร		การระบอบอากาศ	
		<5ปี	>5ปี	ปูน	ไม้	มี	ไม่มี
1	B087	/	/	/	/	/	/
2	B088	/	/	/	/	/	/
3	B036	/	/	/	/	/	/
4	B118	/	/	/	/	/	/
5	B120	/	/	/	/	/	/
6	B137	/	/	/	/	/	/
7	B132	/	/	/	/	/	/
8	B115	/	/	/	/	/	/
9	B089	/	/	/	/	/	/
10	B101	/	/	/	/	/	/
11	B066	/	/	/	/	/	/
12	B038	/	/	/	/	/	/
13	B119	/	/	/	/	/	/
14	B136	/	/	/	/	/	/
15	B117	/	/	/	/	/	/
16	B157	/	/	/	/	/	/
17	B050	/	/	/	/	/	/
18	B092	/	/	/	/	/	/
19	B079	/	/	/	/	/	/
20	B194	/	/	/	/	/	/
21	B039	/	/	/	/	/	/
22	B023	/	/	/	/	/	/
23	B084	/	/	/	/	/	/
24	B110	/	/	/	/	/	/
25	B032	/	/	/	/	/	/
26	B168	/	/	/	/	/	/
27	B174	/	/	/	/	/	/
28	B074	/	/	/	/	/	/
29	B076	/	/	/	/	/	/
30	B123	/	/	/	/	/	/
31	B126	/	/	/	/	/	/
32	B061	/	/	/	/	/	/
33	B105	/	/	/	/	/	/
34	B109	/	/	/	/	/	/
35	B095	/	/	/	/	/	/
36	B104	/	/	/	/	/	/
37	B107	/	/	/	/	/	/
38	B108	/	/	/	/	/	/
39	B114	/	/	/	/	/	/
40	B159	/	/	/	/	/	/

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

ลำดับ	Charcoal Number	อายุอาคาร		ลักษณะอาคาร		การระบอบอากาศ	
		<5ปี	>5ปี	ปูน	ไม้	มี	ไม่มี
41	B130	/	/	/	/	/	/
42	B212	/	/	/	/	/	/
43	B111	/	/	/	/	/	/
44	B097	/	/	/	/	/	/
45	B093	/	/	/	/	/	/
46	B140	/	/	/	/	/	/
47	B153	/	/	/	/	/	/
48	B158	/	/	/	/	/	/
49	B184	/	/	/	/	/	/
50	B085	/	/	/	/	/	/
51	B113	/	/	/	/	/	/
52	B106	/	/	/	/	/	/
53	B090	/	/	/	/	/	/
54	B098	/	/	/	/	/	/
55	B086	/	/	/	/	/	/
56	B177	/	/	/	/	/	/
57	B080	/	/	/	/	/	/
58	B099	/	/	/	/	/	/
59	B052	/	/	/	/	/	/
60	B195	/	/	/	/	/	/
61	B128	/	/	/	/	/	/
62	B100	/	/	/	/	/	/
63	B180	/	/	/	/	/	/
64	B041	/	/	/	/	/	/
65	B006	/	/	/	/	/	/
66	B012	/	/	/	/	/	/
67	B122	/	/	/	/	/	/
68	B209	/	/	/	/	/	/
69	B071	/	/	/	/	/	/
70	B112	/	/	/	/	/	/
71	B103	/	/	/	/	/	/
72	B081	/	/	/	/	/	/
73	B166	/	/	/	/	/	/
74	B082	/	/	/	/	/	/
75	B056	/	/	/	/	/	/
76	B208	/	/	/	/	/	/
77	B133	/	/	/	/	/	/
78	B077	/	/	/	/	/	/
79	B069	/	/	/	/	/	/
80	B075	/	/	/	/	/	/

ตารางที่ ๒.2 (ต่อ)

ลำดับ Number	Charcoal	ธาตุอาหาร		ลักษณะอาการ		การระบาดอากาศ	
		<5ปี	>5ปี	ปูน	ไม้	มี	ไม่มี
81	B129	/		/			/
82	B046	/		/			/
83	B193		/	/		/	
84	B083	/		/		/	

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางที่ ๗.3 ตัวอย่างปริมาณเรซินที่ศึกษาความปฏิกิริยาทางกายภาพที่กำหนดในเขตเหมืองหิน

ลำดับ Number	Charcoal	อายุอาคาร		ลักษณะอาคาร		การระบายอากาศ	
		<5ปี	>5ปี	ปูน	ไม้	มี	ไม่มี
1	C139	/		/		/	
2	C160	/		/			/
3	C065	/		/		/	
4	C043	/		/		/	
5	C191	/		/		/	
6	C003	/		/			/
7	C162	/			/	/	
8	C142		/	/		/	
9	C047	/			/	/	
10	C205		/		/	/	
11	C164	/		/		/	
12	C181		/		/	/	
13	C051		/		/	/	
14	C033	/		/		/	
15	C150	/		/		/	
16	C201	/		/		/	
17	C149	/	/	/	/	/	/
18	C058	/		/		/	
19	C148		/		/	/	
20	C013	/		/		/	
21	C068	/		/		/	
22	C063	/		/		/	
23	C131	/		/		/	
24	C134	/		/		/	
25	C170	/		/		/	
26	C018	/		/		/	
27	C059	/		/		/	
28	C197	/		/		/	
29	C037	/		/		/	
30	C198	/		/		/	
31	C019	/		/		/	
32	C053	/		/		/	
33	C009	/		/		/	
34	C172	/		/		/	
35	C178	/			/	/	
36	C091		/	/		/	
37	C017		/	/		/	
38	C173		/	/		/	

ตารางที่ ๓.4 ตัวอย่างบ้านเรือนที่ศึกษาคามปัจจัยของอากาศที่กำหนดในเขตชานทะเล

ลำดับ Charcoal	Charcoal Number	ธาตุอาหาร		ลักษณะอาคาร		การระบายอากาศ	
		<5ปี	>5ปี	ปูน	ไม้	มี	ไม่มี
1	D163	/	/	/	/	/	/
2	D188	/	/	/	/	/	/
3	D151	/	/	/	/	/	/
4	D171	/	/	/	/	/	/
5	D008	/	/	/	/	/	/
6	D189	/	/	/	/	/	/
7	D102	/	/	/	/	/	/
8	D141	/	/	/	/	/	/
9	D020	/	/	/	/	/	/
10	D165	/	/	/	/	/	/
11	D211	/	/	/	/	/	/
12	D004	/	/	/	/	/	/
13	D146	/	/	/	/	/	/
14	D035	/	/	/	/	/	/
15	D190	/	/	/	/	/	/
16	D204	/	/	/	/	/	/
17	D044	/	/	/	/	/	/
18	D027	/	/	/	/	/	/
19	D207	/	/	/	/	/	/
20	D070	/	/	/	/	/	/
21	D187	/	/	/	/	/	/
22	D014	/	/	/	/	/	/
23	D176	/	/	/	/	/	/
24	D147	/	/	/	/	/	/
25	D055	/	/	/	/	/	/
26	D060	/	/	/	/	/	/
27	D015	/	/	/	/	/	/
28	D202	/	/	/	/	/	/
29	D161	/	/	/	/	/	/
30	D024	/	/	/	/	/	/
31	D169	/	/	/	/	/	/
32	D025	/	/	/	/	/	/
33	D001	/	/	/	/	/	/
34	D034	/	/	/	/	/	/
35	D206	/	/	/	/	/	/
36	D022	/	/	/	/	/	/
37	D073	/	/	/	/	/	/
38	D186	/	/	/	/	/	/
39	D016	/	/	/	/	/	/
40	D182	/	/	/	/	/	/

ตารางที่ ๓.4 (ต่อ)

ลำดับ Charcoal	Charcoal Number	ธาตุอาหาร		ลักษณะอาคาร		การระบายอากาศ	
		<5ปี	>5ปี	ปูน	ไม้	มี	ไม่มี
41	D078	/	/	/	/	/	/
42	D121	/	/	/	/	/	/
43	D145	/	/	/	/	/	/
44	D196	/	/	/	/	/	/
45	D042	/	/	/	/	/	/
46	D152	/	/	/	/	/	/
47	D155	/	/	/	/	/	/
48	D144	/	/	/	/	/	/
49	D125	/	/	/	/	/	/
50	D048	/	/	/	/	/	/
51	D140	/	/	/	/	/	/
52	D079	/	/	/	/	/	/
53	D083	/	/	/	/	/	/
54	D087	/	/	/	/	/	/
55	D100	/	/	/	/	/	/
56	D084	/	/	/	/	/	/
57	D069	/	/	/	/	/	/
58	D104	/	/	/	/	/	/
59	D074	/	/	/	/	/	/
60	D129	/	/	/	/	/	/
61	D154	/	/	/	/	/	/
62	D098	/	/	/	/	/	/
63	D117	/	/	/	/	/	/
64	D119	/	/	/	/	/	/
65	D138	/	/	/	/	/	/
66	D046	/	/	/	/	/	/
67	D080	/	/	/	/	/	/
68	D076	/	/	/	/	/	/
69	D101	/	/	/	/	/	/
70	D208	/	/	/	/	/	/
71	D133	/	/	/	/	/	/
72	D212	/	/	/	/	/	/
73	D032	/	/	/	/	/	/
74	D194	/	/	/	/	/	/
75	D093	/	/	/	/	/	/
76	D122	/	/	/	/	/	/
77	D158	/	/	/	/	/	/
78	D126	/	/	/	/	/	/

ตารางที่ ๗.5 ตัวอย่างบ้านเรือนที่ศึกษาคณะปีจชชของทางมหาวิทยาลัยที่กำหนดในเขตอุตสาหกรรม

ลำดับ Charcoal	Charcoal	อายุอาคาร		ลักษณะอาคาร		การระบอบอาคาร	
		<5ปี	>5ปี	ปูน	ไม้	มี	ไม่มี
1	E010	/		/		/	
2	E095	/		/			/
3	E023	/		/		/	
4	E041	/		/		/	
5	E192	/		/		/	
6	E072		/	/		/	
7	E088		/	/		/	
8	E193		/	/		/	
9	E090		/	/		/	
10	E143	/		/		/	
11	E021	/		/		/	
12	E107	/		/		/	
13	E026	/		/		/	
14	E038	/		/		/	
15	E116	/		/		/	
16	E118	/		/		/	
17	E106	/		/		/	
18	E177	/		/		/	
19	E128	/		/		/	
20	E203	/		/		/	
21	E153	/		/		/	
22	E056	/		/		/	
23	E111	/		/		/	
24	E195	/		/		/	
25	E179	/		/		/	
26	E184	/		/		/	
27	E036	/		/		/	
28	E168	/		/		/	
29	E061	/		/		/	
30	E071	/		/		/	
31	E062	/		/		/	
32	E113	/		/		/	
33	E039	/		/		/	
34	E085	/		/		/	
35	E028	/		/		/	
36	E213	/		/			/
37	E045	/		/		/	
38	E006	/		/		/	
39	E097	/		/		/	
40	E175	/		/		/	

ตารางที่ ๗.5 (ต่อ)

ลำดับ Charcoal	Charcoal	อายุอาคาร		ลักษณะอาคาร		การระบอบอาคาร	
		<5ปี	>5ปี	ปูน	ไม้	มี	ไม่มี
41	E012	/		/			/
42	E127	/		/			/
43	E031	/		/			/
44	E052	/		/			/
45	E183	/		/			/
46	E040	/		/			/
47	E199	/		/			/
48	E124	/		/			/
49	E066	/		/			/
50	E105	/		/			/
51	E108	/		/			/
52	E174	/		/			/
53	E130	/		/			/
54	E081	/		/			/
55	E049	/		/			/
56	E115	/		/			/
57	E092	/		/			/
58	E103	/		/			/
59	E209	/		/			/
60	E086	/		/			/
61	E075	/		/			/
62	E123	/		/			/
63	E120	/		/			/
64	E132	/		/			/
65	E114	/		/			/
66	E166	/		/			/
67	E109	/		/			/
68	E082	/		/			/

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณหาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณเรดอน (Rn-222)

ตลับถ่านกัมมันต์เลขที่ E036 ที่ 209/4 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี

เริ่มวาง 12 พ.ย. 2542 เวลา 10:46 น. ถึง

15 พ.ย. 2542 เวลา 10:53 น.

$$TS = 4327 \text{ นาที}$$

เรเดียม-226 มาตรฐาน วัด 16 พ.ย. 2542 ได้ค่านับวัดจากระบบแกมมาสเปกโตรมิเตอร์

ตัวตรวจวัดออกซ์ฟอร์ด ที่ระดับพลังงาน 609.31 KeV ได้ค่านับวัด

$$\text{cpm} = 325.7$$

$$t = 3927 \text{ วัน}$$

$$A = 20.6 \times 10^{-9} \left(e^{\frac{-0.693}{1600 \times 365} \times 3927} \right)$$

$$= 20503.13 \text{ pCi}$$

$$\text{dpm} = A \times \text{absolute transition Probability}$$

$$= 20503.13 \times 0.446$$

$$= 9144.39$$

$$\text{EFF} = 0.0356 \text{ count/pCi}$$

ตลับถ่านกัมมันต์ เวลาเก็บ 15 พ.ย. 2542 เวลา 10:53 น.

เวลาวัด 16 พ.ย. 2542 เวลา 10:30 น.

T = ครึ่งของช่วงเวลาในการดูดซับ + เวลาจนกระทั่งเริ่มวัด

$$= (4327 \div 2) + 1417$$

$$T = 3580.5 \text{ นาที}$$

$$DF = \frac{-0.693 \times 3580.5}{3.82 \times 24 \times 60}$$

$$DF = 0.6370$$

น้ำหนักถลันก่อนน้ำมัน 162.76 กรัม

น้ำหนักถลันน้ำมัน หลังเก็บ 166.97 กรัม watergain = 4.21 กรัม

$$CF = -0.00348 \times 4.21 + 0.102$$

$$= 0.0873 \quad \text{ลิตร/นาที}$$

$$\text{Netcount} = 0.9 \quad \text{cpm}$$

$$\text{ปริมาณเรดอน} = \frac{0.90 \text{ (cpm)}}{4327(\text{min}) \times 0.0356(\text{cpm/pCi}) \times 0.0873(\text{L/min}) \times 0.6370} \quad (37 \text{ Bq})$$

$$\text{RN} = \frac{0.90 \text{ (cpm)}}{4327(\text{min}) \times 0.0356(\text{cpm/pCi}) \times 0.0873(\text{L/min}) \times 0.6370} \quad (\text{pCi})$$

$$\text{RN} = 3.8842 \text{ mBq/L (Bq/m}^3\text{)}$$

การคำนวณหาระดับความเข้มข้นของเรดอน

ระบบนับวัดออกซ์ฟอร์ด

$$\text{ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน} = \text{RN} \times 1.96$$

$$= 7.61 \text{ Bq/m}^3$$

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

ข้อมูลการเก็บตัวอย่าง Charcoal Canister

ตารางที่ 4 | ข้อมูลการเทียบตัวอย่างผลสัมฤทธิ์ของดินอินทรีย์ในภาคสูง

ลำดับ	Charcoal Number	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	ผลตัวอย่าง		ดินตัวอย่าง		น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ตรวจวัด		cpm ของ ²²² Rn มาตรฐาน
			วัน	เวลา	วัน	เวลา		วัน	เวลา	
1	A187	164.90	15.10.42	15.40	18.10.42	12.41	167.24	19.10.42	12.06	242.95
2	A065	164.65	15.10.42	15.38	18.10.42	12.38	168.37	20.10.42	15.47	242.95
3	A147	165.13	15.10.42	15.35	18.10.42	12.31	168.06	19.10.42	13.04	301.25
4	A049	164.87	15.10.42	15.33	18.10.42	12.35	168.00	19.10.42	13.45	301.25
5	A199	164.58	15.10.42	15.31	18.10.42	12.35	167.27	20.10.42	16.08	242.95
6	A060	163.60	15.10.42	15.24	18.10.42	12.34	166.34	19.10.42	13.52	242.95
7	A013	164.59	15.10.42	15.30	18.10.42	12.33	167.75	20.10.42	13.21	301.25
8	A198	164.46	15.10.42	15.29	18.10.42	12.32	167.68	20.10.42	14.01	242.95
9	A016	165.55	15.10.42	15.28	18.10.42	12.28	169.17	19.10.42	14.13	242.95
10	A025	164.57	15.10.42	14.24	18.10.42	11.59	167.47	20.10.42	18.17	242.95
11	A028	164.69	15.10.42	14.20	18.10.42	11.54	167.44	19.10.42	12.42	301.25
12	A001	163.65	15.10.42	14.18	18.10.42	11.52	166.44	20.10.42	17.56	242.95
13	A091	163.40	15.10.42	13.16	18.10.42	11.51	166.80	20.10.42	18.39	301.25
14	A070	163.86	15.10.42	14.16	18.10.42	11.50	167.30	19.10.42	17.02	242.95
15	A146	165.11	15.10.42	14.14	18.10.42	11.49	168.23	20.10.42	13.40	242.95
16	A053	164.04	15.10.42	14.13	18.10.42	11.48	167.50	19.10.42	13.30	242.95
17	A189	164.51	15.10.42	14.08	18.10.42	11.48	167.63	19.10.42	15.31	301.25
18	A142	164.25	15.10.42	14.06	18.10.42	11.47	167.71	19.10.42	16.36	301.25
19	A055	164.30	15.10.42	11.51	18.10.42	11.01	168.16	20.10.42	19.00	242.95
20	A008	164.52	15.10.42	12.02	18.10.42	11.13	168.06	20.10.42	8.45	301.25
21	A207	164.13	15.10.42	12.00	18.10.42	11.12	168.00	20.10.42	15.26	242.95
22	A045	164.98	15.10.42	11.59	18.10.42	11.12	168.60	20.10.42	10.32	301.25
23	A027	164.73	15.10.42	11.58	18.10.42	11.11	168.47	19.10.42	15.17	242.95
24	A018	164.35	15.10.42	11.57	18.10.42	11.11	167.80	20.10.42	16.12	301.25
25	A041	164.87	15.10.42	11.56	18.10.42	11.10	168.87	20.10.42	17.56	301.25
26	A017	164.84	15.10.42	11.54	18.10.42	11.10	169.03	19.10.42	15.10	301.25
27	A175	163.33	15.10.42	11.53	18.10.42	11.09	167.16	20.10.42	15.05	242.95
28	A152	163.73	15.10.42	15.12	18.10.42	12.19	167.28	19.10.42	15.52	301.25
29	A169	164.91	15.10.42	15.12	18.10.42	12.19	168.55	20.10.42	17.14	301.25
30	A190	164.03	15.10.42	15.11	18.10.42	12.18	167.80	20.10.42	10.50	242.95
31	A141	164.01	15.10.42	15.11	18.10.42	12.18	167.50	20.10.42	14.44	242.95
32	A181	164.13	15.10.42	15.10	18.10.42	12.17	167.84	19.10.42	14.34	242.95
33	A172	164.22	15.10.42	15.10	18.10.42	12.17	167.41	19.10.42	16.14	301.25
34	A003	164.40	15.10.42	15.09	18.10.42	12.16	168.13	19.10.42	13.10	242.95
35	A068	164.56	15.10.42	15.09	18.10.42	12.16	168.20	19.10.42	11.20	242.95
36	A202	164.41	15.10.42	15.08	18.10.42	12.15	167.90	19.10.42	12.48	242.95
37	A004	165.42	15.10.42	11.10	18.10.42	10.43	169.66	20.10.42	10.53	301.25
38	A173	164.74	15.10.42	11.09	18.10.42	10.42	168.78	19.10.42	18.40	301.25
39	A022	164.36	15.10.42	11.09	18.10.42	10.41	168.38	20.10.42	9.26	301.25
40	A143	165.25	15.10.42	11.08	18.10.42	10.41	169.01	20.10.42	12.56	242.95

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	Charcoal Number	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	วางตัวอย่าง		เก็บตัวอย่าง		น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ตรวจวัด		cpm x0.9 ²²² Rnมาตรฐาน
			วัน	เวลา	วัน	เวลา		วัน	เวลา	
41	A179	164.34	15-10-42	11:07	18-10-42	10:41	168.41	20-10-42	11:53	242.95
42	A171	165.49	15-10-42	11:07	18-10-42	10:40	169.57	19-10-42	14:28	301.25
43	A162	165.45	15-10-42	11:06	18-10-42	10:39	168.85	20-10-42	10:10	301.25
44	A213	165.31	15-10-42	11:05	18-10-42	10:39	169.04	20-10-42	18:17	301.25
45	A161	166.07	15-10-42	11:05	18-10-42	10:38	169.770	20-10-42	14:28	301.25
46	A203	165.18	15-10-42	11:04	18-10-42	10:37	169.180	20-10-42	11:35	301.25
47	A010	164.68	15-10-42	11:03	18-10-42	10:37	168.350	20-10-42	12:35	242.95
48	A058	163.05	15-10-42	11:03	18-10-42	10:36	166.640	20-10-42	9:24	242.95
49	A163	164.20	15-10-42	11:02	18-10-42	10:35	168.040	20-10-42	9:46	242.95
50	A059	164.70	15-10-42	10:58	18-10-42	10:29	168.700	19-10-42	16:19	242.95
51	A040	165.94	15-10-42	10:57	18-10-42	10:28	169.670	19-10-42	17:50	301.25
52	A035	164.33	15-10-42	10:57	18-10-42	10:27	168.300	20-10-42	11:14	301.25
53	A162	164.52	15-10-42	10:56	18-10-42	10:26	168.560	20-10-42	17:15	242.95
54	A012	163.67	15-10-42	10:00	18-10-42	10:26	167.820	20-10-42	9:49	301.25
55	A183	163.90	15-10-42	10:55	18-10-42	10:25	167.900	20-10-42	13:17	242.95
56	A033	164.58	15-10-42	10:54	18-10-42	10:25	168.340	20-10-42	9:06	301.25
57	A151	164.07	15-10-42	10:54	18-10-42	10:24	167.830	20-10-42	17:36	301.25
58	A164	163.59	15-10-42	10:53	18-10-42	10:24	167.330	20-10-42	13:00	301.25
59	A021	164.51	15-10-42	10:53	18-10-42	10:23	168.390	20-10-42	12:14	242.95
60	A019	164.33	15-10-42	10:52	18-10-42	10:23	168.020	20-10-42	16:12	301.25
61	A015	164.79	15-10-42	10:52	18-10-42	10:22	168.600	20-10-42	10:07	242.95
62	A150	164.51	15-10-42	10:51	18-10-42	10:21	168.190	20-10-42	11:32	242.95
63	A148	164.04	15-10-42	10:46	18-10-42	10:18	168.240	19-10-42	14:07	301.25
64	A026	163.92	15-10-42	10:45	18-10-42	10:17	167.910	20-10-42	11:58	301.25
65	A205	165.00	15-10-42	10:45	18-10-42	10:17	169.20	19-10-42	16:57	301.25
66	A051	164.26	15-10-42	10:44	18-10-42	10:15	168.31	20-10-42	17:36	242.95
67	A024	164.84	15-10-42	10:43	18-10-42	10:14	166.48	19-10-42	18:40	242.95
68	A047	164.92	15-10-42	10:43	18-10-42	10:14	168.70	19-10-42	14:34	242.95
69	A037	165.96	15-10-42	10:42	18-10-42	10:13	169.78	20-10-42	13:45	301.25
70	A014	163.32	15-10-42	10:41	18-10-42	10:12	167.23	20-10-42	11:11	242.95
71	A031	163.19	15-10-42	10:40	18-10-42	10:12	167.08	19-10-42	14:49	301.25
72	A034	163.09	15-10-42	10:39	18-10-42	10:11	166.89	20-10-42	14:06	301.25
73	A062	163.95	15-10-42	10:38	18-10-42	10:10	167.85	20-10-42	12:39	301.25
74	A192	164.85	15-10-42	10:36	18-10-42	10:09	168.36	20-10-42	12:19	301.25
75	A020	164.89	15-10-42	10:35	18-10-42	10:08	168.41	20-10-42	15:30	301.25

ตารางที่ 2 ข้อมูลการเก็บตัวอย่างดินใต้บ้านถ้ำมุนต์ในเขตโครงการนครพนม

ลำดับ	Charcoal	น้ำหนักเริ่มต้น	วางตัวอย่าง		เก็บตัวอย่าง		น้ำหนักสุดท้าย	ตรวจวัด		cpm ของ ²²² Rn ม.ตร.ฐ.ม.
			วัน	เวลา	วัน	เวลา		วัน	เวลา	
1	B087	166.48	22-10-42	14:09	25-10-42	12:44	170.60	26-10-42	10:11	286.55
2	B093	164.95	22-10-42	10:16	25-10-42	11:18	168.56	26-10-42	10:32	286.55
3	B090	161.45	22-10-42	8:41	25-10-42	12:20	168.30	26-10-42	10:54	286.55
4	B117	161.21	22-10-42	10:57	25-10-42	11:41	167.63	26-10-42	11:15	286.55
5	B177	163.26	22-10-42	8:45	25-10-42	12:22	167.34	26-10-42	11:35	286.55
6	B118	161.78	22-10-42	14:15	25-10-42	12:47	167.94	26-10-42	11:57	286.55
7	B194	164.50	22-10-42	10:43	25-10-42	11:35	168.40	26-10-42	12:18	286.55
8	B168	161.69	22-10-42	11:00	25-10-42	11:45	168.42	26-10-42	12:38	286.55
9	B085	163.99	22-10-42	8:30	25-10-42	12:26	167.77	26-10-42	12:59	286.55
10	B023	164.02	22-10-42	13:31	25-10-42	13:31	167.85	26-10-42	13:21	286.55
11	B112	161.67	22-10-42	9:50	25-10-42	10:36	168.47	26-10-42	13:42	286.55
12	B056	163.71	22-10-42	9:33	25-10-42	10:24	167.52	26-10-42	14:02	286.55
13	B195	163.63	22-10-42	9:07	25-10-42	12:30	167.62	26-10-42	14:23	286.55
14	B153	168.70	22-10-42	10:07	25-10-42	11:21	172.43	26-10-42	14:44	286.55
15	B106	164.02	22-10-42	8:55	25-10-42	12:36	167.84	26-10-42	15:04	286.55
16	B157	161.22	22-10-42	10:51	25-10-42	11:39	167.89	26-10-42	15:25	286.55
17	B184	161.15	22-10-42	9:09	25-10-42	12:28	167.94	26-10-42	15:45	286.55
18	B039	164.62	22-10-42	10:35	25-10-42	11:30	168.68	26-10-42	16:06	286.55
19	B052	163.67	22-10-42	8:39	25-10-42	12:25	167.80	26-10-42	16:26	286.55
20	B006	161.38	22-10-42	13:01	25-10-42	10:56	168.38	26-10-42	16:47	286.55
21	B095	161.29	22-10-42	11:58	25-10-42	10:06	167.90	26-10-42	17:08	286.55
22	B111	163.88	22-10-42	15:34	25-10-42	9:53	167.57	26-10-42	17:30	286.55
23	B061	161.00	22-10-42	12:01	25-10-42	10:07	167.94	26-10-42	17:51	286.55
24	B108	164.76	22-10-42	15:08	25-10-42	10:00	168.30	26-10-42	18:11	286.55
25	B107	163.64	22-10-42	15:02	25-10-42	10:05	167.39	26-10-42	18:34	286.55
26	B066	161.36	22-10-42	13:07	25-10-42	11:00	168.03	27-10-42	8:31	311.80
27	B012	161.30	22-10-42	12:41	25-10-42	11:03	167.91	27-10-42	8:52	311.80
28	B193	161.89	22-10-42	13:40	25-10-42	13:36	168.55	27-10-42	9:15	311.80
29	B128	163.82	22-10-42	12:36	25-10-42	11:13	167.21	27-10-42	9:36	311.80
30	B104	163.67	22-10-42	15:04	25-10-42	10:04	167.49	27-10-42	9:56	311.80
31	B080	163.48	22-10-42	8:35	25-10-42	12:24	167.64	27-10-42	10:17	311.80
32	B212	163.70	22-10-42	15:24	25-10-42	9:57	167.29	27-10-42	10:37	311.80
33	B097	164.18	22-10-42	15:28	25-10-42	9:50	168.06	27-10-42	10:58	311.80
34	B109	165.29	22-10-42	14:55	25-10-42	10:07	168.72	27-10-42	11:19	311.80
35	B122	163.99	22-10-42	12:45	25-10-42	11:04	167.90	27-10-42	11:40	311.80
36	B041	163.32	22-10-42	12:54	25-10-42	10:52	166.98	27-10-42	12:00	311.80
37	B038	162.92	22-10-42	13:04	25-10-42	16:55	167.00	27-10-42	12:21	311.80
38	B114	164.53	22-10-42	15:22	25-10-42	9:58	168.13	27-10-42	13:17	311.80
39	B032	164.28	22-10-42	10:24	25-10-42	11:42	168.11	27-10-42	13:38	311.80
40	B136	163.55	22-10-42	10:57	25-10-42	11:02	167.76	27-10-42	13:58	311.80

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	Charcoal Number	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	วงศัวยักษ์		เก็บตัวอย่าง		น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ตรวจวัด		cpm ของ ²²² Rn บนตัวกรอง
			วัน	เวลา	วัน	เวลา		วัน	เวลา	
41	B126	164.62	22/10/42	11:58	25/10/42	12:05	168.43	27/10/42	14:19	311.80
42	B036	163.30	22/10/42	14:18	25/10/42	12:49	167.13	27/10/42	14:35	311.80
43	B113	164.05	22/10/42	8:59	25/10/42	12:35	167.95	27/10/42	15:10	311.80
44	B110	163.98	22/10/42	10:28	25/10/42	11:26	167.60	27/10/42	15:30	311.80
45	B105	163.92	22/10/42	11:42	25/10/42	11:57	167.68	27/10/42	15:52	311.80
46	B209	164.11	22/10/42	12:51	25/10/42	10:50	168.24	27/10/42	16:13	311.80
47	B166	162.92	22/10/42	9:30	25/10/42	10:25	169.03	27/10/42	16:34	311.80
48	B081	164.21	22/10/42	9:23	25/10/42	10:28	167.86	27/10/42	16:54	311.80
49	B071	165.30	22/10/42	9:19	25/10/42	10:31	169.42	27/10/42	17:15	311.80
50	B099	164.54	22/10/42	9:04	25/10/42	12:32	168.56	27/10/42	17:37	311.80
51	B158	164.36	22/10/42	10:11	25/10/42	11:17	168.21	27/10/42	17:57	311.80
52	B088	164.78	22/10/42	14:12	25/10/42	12:46	168.52	27/10/42	18:18	311.80
53	B115	164.95	22/10/42	13:36	25/10/42	12:58	168.73	27/10/42	18:38	311.80
54	B023	163.75	22/10/42	10:37	25/10/42	11:32	167.61	27/10/42	18:59	311.80
55	B159	165.06	22/10/42	15:16	25/10/42	17:11	169.03	27/10/42	19:19	311.80
56	B130	164.26	22/10/42	15:26	25/10/42	9:55	168.09	27/10/42	19:49	311.80
57	B074	163.89	22/10/42	11:49	25/10/42	16:44	167.97	27/10/42	20:00	311.80
58	B079	163.41	22/10/42	10:40	25/10/42	11:33	167.00	28/10/42	10:14	311.80
59	B046	163.33	22/10/42	13:24	25/10/42	13:28	167.30	28/10/42	10:40	311.80
60	B089	164.28	22/10/42	14:33	25/10/42	12:55	167.83	28/10/42	10:55	311.80
61	B119	165.02	22/10/42	14:02	25/10/42	11:46	168.47	28/10/42	11:20	311.80
62	B129	163.78	22/10/42	13:29	25/10/42	13:33	167.45	28/10/42	11:41	311.80
63	B050	164.02	22/10/42	10:48	25/10/42	11:38	174.25	28/10/42	12:05	311.80
64	B180	164.46	22/10/42	12:58	25/10/42	10:53	167.83	28/10/42	13:27	311.80
65	B103	164.40	22/10/42	9:25	25/10/42	10:26	168.45	28/10/42	13:49	311.80
66	B132	161.22	22/10/42	14:27	25/10/42	12:51	167.68	28/10/42	14:09	311.80
67	B076	165.26	22/10/42	11:53	25/10/42	12:03	169.10	28/10/42	14:30	311.80
68	B082	164.61	22/10/42	9:28	25/10/42	16:35	168.67	28/10/42	14:50	311.80
69	B174	163.44	22/10/42	11:44	25/10/42	16:46	168.04	28/10/42	15:12	311.80
70	B098	164.97	22/10/42	9:00	25/10/42	12:33	168.65	28/10/42	15:32	311.80
71	B120	164.28	22/10/42	14:20	25/10/42	13:43	166.59	28/10/42	15:55	311.80
72	B100	164.58	22/10/42	12:23	25/10/42	11:01	168.30	28/10/42	16:15	311.80
73	B140	163.99	22/10/42	10:03	25/10/42	11:20	167.97	28/10/42	16:36	311.80
74	B101	164.71	22/10/42	14:38	25/10/42	12:59	168.44	28/10/42	16:56	311.80
75	B069	163.08	22/10/42	9:45	25/10/42	10:33	166.48	28/10/42	17:20	311.80
76	B077	164.80	22/10/42	9:39	25/10/42	10:18	168.66	28/10/42	17:40	311.80
77	B133	164.65	22/10/42	9:38	25/10/42	10:19	168.08	28/10/42	18:00	311.80
78	B075	164.80	22/10/42	9:43	25/10/42	10:16	168.44	28/10/42	18:24	311.80
79	B123	163.81	22/10/42	11:55	25/10/42	12:04	167.87	28/10/42	18:45	311.80
80	B208	163.92	22/10/42	9:35	25/10/42	10:21	167.58	28/10/42	19:14	311.80

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	Charcoal Number	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	รังตัวอย่าง		เก็บตัวอย่าง		น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ตรวจวัด		cpm ของ ²²² Rn มาตรฐาน
			วัน	เวลา	วัน	เวลา		วัน	เวลา	
81	B092	163.17	22/10/42	10:46	25/10/42	11:37	167.020	28/10/42	19:35	311.80
82	B084	163.05	22/10/42	10:30	25/10/42	11:28	166.420	28/10/42	19:55	311.80
83	B137	164.19	22/10/42	14:29	25/10/42	12:53	168.100	28/10/42	20:15	311.80
84	B086	163.57	22/10/42	8:50	25/10/42	12:19	167.820	28/10/42	20:38	311.80

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลการเก็บตัวอย่างตะกอนดินกับมันต์ในเขตเหมืองหิน

ลำดับ	Charcoal Number	น้ำหนักกรัมดิบ (กรัม)	วางตัวอย่าง		เก็บตัวอย่าง		น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ตรวจวัด		cpm 10g ²²² Rn มาตรฐาน
			วัน	เวลา	วัน	เวลา		วัน	เวลา	
1	C037	165.87	29-10-42	11:56	1-11-42	10:22	169.82	2-11-42	9:46	281.2
2	C142	164.73	29-10-42	9:58	1-11-42	9:23	168.82	2-11-42	10:07	281.2
3	C160	163.83	29-10-42	12:12	1-11-42	10:36	165.78	2-11-42	10:36	281.2
4	C068	165.13	29-10-42	11:32	1-11-42	13:48	169.18	2-11-42	10:48	281.2
5	C162	164.63	29-10-42	9:56	1-11-42	9:22	168.72	2-11-42	11:09	281.2
6	C172	164.24	29-10-42	12:17	1-11-42	10:13	168.72	2-11-42	11:34	281.2
7	C058	163.10	29-10-42	11:10	1-11-42	9:59	167.48	2-11-42	11:54	281.2
8	C164	164.28	29-10-42	10:30	1-11-42	9:36	168.17	2-11-42	12:18	281.2
9	C051	164.49	29-10-42	10:35	1-11-42	9:38	168.50	2-11-42	12:39	281.2
10	C053	164.17	29-10-42	12:03	1-11-42	10:17	168.27	2-11-42	12:59	281.2
11	C018	164.75	29-10-42	11:49	1-11-42	10:28	168.72	2-11-42	13:23	281.2
12	C033	164.67	29-10-42	10:38	1-11-42	9:40	168.61	2-11-42	13:44	281.2
13	C181	164.50	29-10-42	10:33	1-11-42	9:37	168.66	2-11-42	14:04	281.2
14	C003	164.21	29-10-42	9:52	1-11-42	9:19	168.01	2-11-42	14:25	281.2
15	C205	164.64	29-10-42	10:26	1-11-42	9:31	168.77	2-11-42	14:46	281.2
16	C197	164.06	29-10-42	11:53	1-11-42	10:23	168.35	2-11-42	15:07	281.2
17	C019	164.31	29-10-42	12:02	1-11-42	10:18	168.14	2-11-42	15:30	281.2
18	C013	164.09	29-10-42	11:30	1-11-42	10:05	169.13	2-11-42	15:49	281.2
19	C170	162.93	29-10-42	11:47	1-11-42	10:27	167.80	2-11-42	16:10	281.2
20	C148	164.35	29-10-42	11:27	1-11-42	10:03	169.34	2-11-42	16:32	281.2
21	C178	165.66	29-10-42	12:29	1-11-42	10:42	170.90	2-11-42	16:52	281.2
22	C149	166.62	29-10-42	11:08	1-11-42	9:58	170.41	2-11-42	17:13	281.2
23	C198	164.44	29-10-42	11:57	1-11-42	10:20	168.51	2-11-42	17:56	281.2
24	C134	165.48	29-10-42	11:38	1-11-42	10:09	169.65	2-11-42	18:17	281.2
25	C047	165.20	29-10-42	10:15	1-11-42	9:27	168.98	2-11-42	18:37	281.2
26	C131	164.04	29-10-42	13:20	1-11-42	13:20	172.51	2-11-42	17:33	281.2
27	C043	169.74	29-10-42	9:46	1-11-42	9:17	172.95	2-11-42	18:58	281.2
28	C201	164.33	29-10-42	10:49	1-11-42	9:46	168.37	2-11-42	19:19	281.2
29	C150	165.04	29-10-42	10:45	1-11-42	9:51	169.16	3-11-42	8:22	281.2
30	C063	164.67	29-10-42	11:35	1-11-42	10:08	169.02	3-11-42	8:44	281.2
31	C191	164.16	29-10-42	9:48	1-11-42	9:17	168.28	3-11-42	9:05	281.2
32	C091	163.30	29-10-42	12:32	1-11-42	10:43	167.41	3-11-42	9:26	281.2
33	C009	165.15	29-10-42	12:07	1-11-42	10:32	169.23	3-11-42	9:46	281.2
34	C139	163.68	29-10-42	12:11	1-11-42	10:36	167.51	3-11-42	10:07	281.2
35	C065	164.42	29-10-42	9:45	1-11-42	9:16	168.67	3-11-42	11:53	281.2
36	C059	164.85	29-10-42	11:52	1-11-42	10:24	168.66	3-11-42	10:51	281.2
37	C173	164.46	29-10-42	12:37	1-11-42	10:45	168.30	3-11-42	11:12	281.2
38	C017	165.04	29-10-42	12:35	1-11-42	10:44	169.24	3-11-42	11:32	281.2

ตารางที่ 4-4 ข้อมูลการเก็บตัวอย่างตะกอนที่ท่าเทียบเรือท่าเรือในเขตชายทะเล

ลำดับ	Charcoal Number	น้ำหนักกรัม	มอดตัวอย่าง		เก็บตัวอย่าง		น้ำหนักสุทธิ	ตรวจวัด		cpm 10g ²²² Rn มาตรฐาน
			วัน	เวลา	วัน	เวลา		วัน	เวลา	
1	D078	164.42	5-11-42	13:24	8-11-42	11:36	168.78	9-11-42	9:25	219.90
2	D022	164.82	5-11-42	13:11	8-11-42	11:28	167.98	9-11-42	9:56	219.90
3	D060	164.18	5-11-42	12:43	8-11-42	11:13	167.39	9-11-42	10:28	219.90
4	D055	164.50	5-11-42	12:37	8-11-42	11:12	168.28	9-11-42	10:48	219.90
5	D151	163.71	5-11-42	11:27	8-11-42	10:30	167.51	9-11-42	11:10	219.90
6	D001	163.75	5-11-42	13:01	8-11-42	11:22	166.96	9-11-42	11:32	219.90
7	D042	165.24	5-11-42	14:11	8-11-42	11:49	168.34	9-11-42	11:53	219.90
8	D182	163.69	5-11-42	13:22	8-11-42	11:34	167.13	9-11-42	12:14	219.90
9	D073	164.38	5-11-42	13:15	8-11-42	11:32	167.89	9-11-42	12:34	219.90
10	D008	164.70	5-11-42	11:33	8-11-42	10:34	167.80	9-11-42	12:55	219.90
11	D186	165.53	5-11-42	13:16	8-11-42	11:33	168.59	9-11-42	13:16	219.90
12	D190	164.42	5-11-42	11:57	8-11-42	10:48	167.42	9-11-42	13:40	219.90
13	D102	164.86	5-11-42	11:38	8-11-42	10:37	167.76	9-11-42	14:01	219.90
14	D035	164.52	5-11-42	11:55	8-11-42	10:47	167.84	9-11-42	14:23	219.90
15	D211	164.36	5-11-42	11:47	8-11-42	10:43	167.84	9-11-42	14:43	219.90
16	D048	163.27	5-11-42	14:24	8-11-42	11:54	166.31	9-11-42	15:03	219.90
17	D144	164.65	5-11-42	14:20	8-11-42	11:56	167.92	9-11-42	15:23	219.90
18	D121	164.12	5-11-42	13:30	8-11-42	11:42	167.54	9-11-42	15:49	219.90
19	D020	165.24	5-11-42	11:44	8-11-42	10:40	168.18	9-11-42	16:10	219.90
20	D015	164.59	5-11-42	12:47	8-11-42	11:16	167.95	9-11-42	16:31	219.90
21	D146	164.02	5-11-42	11:52	8-11-42	10:46	167.53	9-11-42	16:51	219.90
22	D204	163.89	5-11-42	11:59	8-11-42	10:49	167.29	9-11-42	17:12	219.90
23	D196	165.29	5-11-42	14:08	8-11-42	11:48	169.20	9-11-42	17:33	219.90
24	D016	165.03	5-11-42	13:18	8-11-42	11:33	167.30	9-11-42	17:54	219.90
25	D125	163.97	5-11-42	14:22	8-11-42	11:55	167.42	9-11-42	18:15	219.90
26	D176	164.55	5-11-42	12:31	8-11-42	11:09	167.96	9-11-42	18:36	219.90
27	D189	165.03	5-11-42	11:36	8-11-42	10:35	168.22	9-11-42	18:57	219.90
28	D024	162.87	5-11-42	12:54	8-11-42	11:19	166.19	9-11-42	19:18	219.90
29	D206	164.14	5-11-42	13:07	8-11-42	11:26	167.18	9-11-42	19:40	219.90
30	D207	164.64	5-11-42	12:08	8-11-42	10:53	167.55	9-11-42	20:00	219.90
31	D141	163.80	5-11-42	11:40	8-11-42	10:37	167.26	10-11-42	6:41	219.90
32	D202	164.52	5-11-42	12:48	8-11-42	11:17	167.64	10-11-42	7:01	219.90
33	D014	163.41	5-11-42	12:28	8-11-42	11:06	166.85	10-11-42	7:22	219.90
34	D171	165.30	5-11-42	11:30	8-11-42	10:30	168.79	10-11-42	7:43	219.90
35	D165	164.77	5-11-42	11:46	8-11-42	10:41	168.03	10-11-42	8:04	219.90
36	D163	164.51	5-11-42	11:21	8-11-42	10:27	168.26	10-11-42	8:24	219.90
37	D188	164.67	5-11-42	11:25	8-11-42	10:28	168.13	10-11-42	8:45	219.90
38	D044	165.26	5-11-42	12:03	8-11-42	10:52	168.82	10-11-42	9:05	219.90
39	D187	164.13	5-11-42	12:26	8-11-42	11:05	168.00	10-11-42	9:26	219.90
40	D147	164.95	5-11-42	12:33	8-11-42	11:10	168.47	10-11-42	9:47	219.90

ตารางที่ ๖-๔ (ต่อ)

ลำดับ	Charcoal Number	น้ำหนักกรัมดิบ (กรัม)	วงตัวกว้าง		เส้นตัวกว้าง		น้ำหนักสุทธิ (กรัม)	ตรวจวัด		cpm 30s ²²² Rn มาตรฐาน
			วัน	เวลา	วัน	เวลา		วัน	เวลา	
41	D155	165.76	5-11-42	14:14	8-11-42	11:52	169.09	10-11-42	10:08	219.90
42	D152	163.88	5-11-42	14:12	8-11-42	11:51	167.00	10-11-42	10:28	219.90
43	D027	165.25	5-11-42	12:05	8-11-42	10:54	168.71	10-11-42	10:49	219.90
44	D070	164.79	5-11-42	12:11	8-11-42	10:55	168.44	10-11-42	11:10	219.90
45	D145	164.57	5-11-42	13:33	8-11-42	11:43	168.19	10-11-42	11:30	219.90
46	D004	165.18	5-11-42	11:49	8-11-42	10:43	168.55	10-11-42	11:51	219.90
47	D161	165.27	5-11-42	12:52	8-11-42	11:18	169.00	10-11-42	12:12	219.90
48	D169	164.08	5-11-42	12:56	8-11-42	11:20	167.87	10-11-42	12:33	219.90
49	D025	164.60	5-11-42	12:59	8-11-42	11:23	167.91	10-11-42	12:54	219.90
50	D034	163.57	5-11-42	13:06	8-11-42	11:23	166.92	10-11-42	13:14	219.90
51	D079	164.01	12-11-42	14:11	15-11-42	12:58	167.42	16-11-42	10:51	325.65
52	D212	164.63	12-11-42	15:11	15-11-42	15:03	168.41	16-11-42	12:13	325.65
53	D080	163.61	12-11-42	14:52	15-11-42	13:21	167.55	16-11-42	13:35	325.65
54	D126	164.48	12-11-42	15:33	15-11-42	15:13	168.37	16-11-42	14:58	325.65
55	D100	165.26	12-11-42	14:18	15-11-42	13:02	169.06	16-11-42	15:40	325.65
56	D133	164.43	12-11-42	15:09	15-11-42	15:03	168.47	16-11-42	16:21	325.65
57	D098	165.03	12-11-42	14:43	15-11-42	13:15	168.91	16-11-42	16:42	325.65
58	D158	164.73	12-11-42	15:31	15-11-42	15:12	168.78	16-11-42	18:26	325.65
59	D084	163.20	12-11-42	14:20	15-11-42	13:03	167.09	16-11-42	18:47	325.65
60	D208	163.94	12-11-42	15:08	15-11-42	15:03	167.38	16-11-42	19:08	325.65
61	D093	164.80	12-11-42	15:23	15-11-42	15:09	167.80	17-11-42	10:56	325.65
62	D117	164.73	12-11-42	14:40	15-11-42	14:41	168.29	16-11-42	9:38	275.55
63	D194	164.47	12-11-42	15:20	15-11-42	15:09	168.49	16-11-42	10:00	275.55
64	D129	164.17	12-11-42	14:31	15-11-42	14:40	167.84	16-11-42	10:22	275.55
65	D154	165.11	12-11-42	14:42	15-11-42	13:14	168.34	16-11-42	11:45	275.55
66	D140	164.50	12-11-42	14:03	15-11-42	12:48	167.42	16-11-42	12:05	275.55
67	D101	165.09	12-11-42	15:01	15-11-42	14:59	168.43	16-11-42	12:32	275.55
68	D074	164.56	12-11-42	14:29	15-11-42	13:07	168.03	16-11-42	13:55	275.55
69	D104	163.37	12-11-42	14:27	15-11-42	13:06	167.50	16-11-42	14:16	275.55
70	D032	164.32	12-11-42	15:15	15-11-42	15:05	168.13	16-11-42	14:36	275.55
71	D138	164.43	12-11-42	14:48	15-11-42	13:19	167.05	16-11-42	15:39	275.55
72	D087	165.77	12-11-42	14:17	15-11-42	13:01	168.85	16-11-42	16:20	275.55
73	D046	163.48	12-11-42	14:51	15-11-42	13:20	167.71	16-11-42	17:01	275.55
74	D069	163.53	12-11-42	14:25	15-11-42	13:05	167.08	16-11-42	17:44	275.55
75	D083	164.53	12-11-42	14:14	15-11-42	13:00	168.56	16-11-42	18:04	275.55
76	D122	163.77	12-11-42	15:26	15-11-42	15:11	167.62	17-11-42	10:14	275.55
77	D076	165.30	12-11-42	15:04	15-11-42	14:59	168.87	17-11-42	10:55	275.55
78	D119	164.17	12-11-42	14:47	15-11-42	13:19	167.81	17-11-42	11:16	275.55

ตารางที่ 5 ข้อมูลการเก็บตัวอย่างสดจากต้นกัมมันต์ในเขตอุตสาหกรรม

ลำดับ	Charcoal Number	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	วางตัวอย่าง		เก็บตัวอย่าง		น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ตรวจวัด		cpm /04 ²²² Rn มาตรฐาน
			วัน	เวลา	วัน	เวลา		วัน	เวลา	
1	F036	162.76	12/11/42	10:46	15/11/42	10:53	166.97	16/11/42	10:30	325.65
2	E066	164.37	12/11/42	11:52	15/11/42	11:21	168.45	16/11/42	11:11	325.65
3	F107	163.45	12/11/42	9:56	15/11/42	10:47	168.02	16/11/42	11:32	325.65
4	F118	163.97	12/11/42	10:05	15/11/42	10:35	168.24	16/11/42	11:52	325.65
5	E123	163.85	12/11/42	12:52	15/11/42	11:48	168.05	16/11/42	12:34	325.65
6	E105	164.87	12/11/42	12:21	15/11/42	11:33	168.90	16/11/42	12:54	325.65
7	E103	164.07	12/11/42	12:44	15/11/42	11:43	168.33	16/11/42	13:15	325.65
8	F092	163.14	12/11/42	12:42	15/11/42	11:42	167.11	16/11/42	13:56	325.65
9	F041	163.62	12/11/42	9:30	15/11/42	10:17	168.02	16/11/42	14:17	325.65
10	E090	164.06	12/11/42	9:45	15/11/42	10:26	168.22	16/11/42	14:37	325.65
11	F111	164.49	12/11/42	10:29	15/11/42	10:44	168.15	16/11/42	15:19	325.65
12	E109	165.27	12/11/42	13:20	15/11/42	12:00	168.82	16/11/42	16:00	325.65
13	F174	164.30	12/11/42	12:36	15/11/42	11:39	168.02	16/11/42	17:03	325.65
14	E039	164.65	12/11/42	11:02	15/11/42	11:00	168.86	16/11/42	17:23	325.65
15	F132	163.59	12/11/42	13:11	15/11/42	11:54	167.63	16/11/42	17:45	325.65
16	E114	164.52	12/11/42	13:15	15/11/42	11:57	168.22	16/11/42	18:05	325.65
17	F038	163.40	12/11/42	10:01	15/11/42	10:33	167.35	16/11/42	19:29	325.65
18	E088	164.92	12/11/42	9:38	15/11/42	10:22	169.39	17/11/42	7:28	325.65
19	E023	163.61	12/11/42	9:28	15/11/42	10:17	167.91	17/11/42	13:40	325.65
20	E192	164.95	12/11/42	9:33	15/11/42	10:20	169.12	17/11/42	7:49	325.65
21	F021	164.67	12/11/42	9:51	15/11/42	10:27	169.05	17/11/42	8:11	325.65
22	E203	165.00	12/11/42	10:14	15/11/42	10:38	169.45	17/11/42	8:32	325.65
23	E010	164.32	12/11/42	9:24	15/11/42	10:15	168.37	17/11/42	8:52	325.65
24	E153	165.61	12/11/42	10:16	15/11/42	10:39	169.58	17/11/42	9:13	325.65
25	F127	164.62	12/11/42	11:44	15/11/42	11:15	168.81	17/11/42	9:33	325.65
26	F045	164.26	12/11/42	11:22	15/11/42	11:09	168.50	17/11/42	9:54	325.65
27	F183	164.63	12/11/42	11:59	15/11/42	11:23	168.03	17/11/42	10:14	325.65
28	E142	164.83	12/11/42	12:03	15/11/42	11:24	168.29	17/11/42	10:35	325.65
29	F012	164.61	12/11/42	11:42	15/11/42	11:16	167.32	17/11/42	11:16	325.65
30	F116	163.70	12/11/42	10:03	15/11/42	10:34	166.65	17/11/42	11:37	325.65
31	F026	163.89	12/11/42	9:58	15/11/42	10:30	167.55	17/11/42	11:58	325.65
32	F052	166.54	12/11/42	11:55	15/11/42	11:21	170.84	17/11/42	12:18	325.65
33	F097	164.05	12/11/42	11:27	15/11/42	11:10	168.79	17/11/42	12:39	325.65
34	F071	165.19	12/11/42	10:52	15/11/42	10:55	169.26	17/11/42	12:59	325.65
35	F072	164.34	12/11/42	9:35	15/11/42	10:19	168.58	17/11/42	13:20	325.65
36	F209	164.22	12/11/42	12:47	15/11/42	11:44	168.77	16/11/42	8:54	275.55
37	E143	164.66	12/11/42	9:49	15/11/42	10:21	168.92	16/11/42	9:17	275.55
38	E195	163.79	12/11/42	10:31	15/11/42	10:44	167.87	16/11/42	10:43	275.55
39	E085	163.61	12/11/42	11:13	15/11/42	11:04	168.15	16/11/42	11:03	275.55
40	E166	163.31	12/11/42	13:16	15/11/42	11:57	170.96	16/11/42	11:24	275.55

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ	Charcoal Number	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	งวดตัวอย่าง		เก็บตัวอย่าง		น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	ตรวจวัด		cpm ^{222}Rn มาตรฐาน
			วัน	เวลา	วัน	เวลา		วัน	เวลา	
41	F106	163.88	12/11/42	10:06	15/11/42	10:35	168.15	16/11/42	12:53	275.55
42	F108	164.46	12/11/42	12:23	15/11/42	11:33	168.86	16/11/42	13:14	275.55
43	E049	164.28	12/11/42	12:36	15/11/42	12:08	168.45	16/11/42	13:34	275.55
44	E130	164.10	12/11/42	12:30	15/11/42	11:38	168.26	16/11/42	14:57	275.55
45	F120	164.36	12/11/42	13:10	15/11/42	11:55	168.24	16/11/42	15:18	275.55
46	F082	164.34	12/11/42	13:21	15/11/42	12:00	168.82	16/11/42	15:59	275.55
47	E075	164.59	12/11/42	12:53	15/11/42	11:47	168.24	16/11/42	16:41	275.55
48	E213	165.48	12/11/42	11:20	15/11/42	11:08	169.41	16/11/42	17:22	275.55
49	F086	164.09	12/11/42	12:49	15/11/42	11:45	168.44	16/11/42	18:25	275.55
50	F081	164.40	12/11/42	12:34	15/11/42	12:09	168.39	16/11/42	18:46	275.55
51	F006	164.20	12/11/42	11:25	15/11/42	11:10	168.61	16/11/42	19:06	275.55
52	E179	164.17	12/11/42	10:40	15/11/42	10:51	168.58	16/11/42	19:27	275.55
53	F175	163.48	12/11/42	11:31	15/11/42	11:14	167.53	17/11/42	6:59	275.55
54	E040	166.01	12/11/42	12:02	15/11/42	11:24	169.68	17/11/42	7:26	275.55
55	F168	164.56	12/11/42	10:48	15/11/42	10:54	168.82	17/11/42	7:47	275.55
56	E061	164.06	12/11/42	10:50	15/11/42	10:55	168.40	17/11/42	8:09	275.55
57	F056	163.65	12/11/42	10:17	15/11/42	10:40	167.92	17/11/42	8:30	275.55
58	F113	164.72	12/11/42	11:00	15/11/42	11:00	168.80	17/11/42	8:51	275.55
59	E095	164.06	12/11/42	9:27	15/11/42	10:16	168.41	17/11/42	9:12	275.55
60	F177	163.76	12/11/42	10:10	15/11/42	10:36	168.06	17/11/42	9:32	275.55
61	E124	162.85	12/11/42	11:51	15/11/42	11:20	165.72	17/11/42	9:53	275.55
62	F115	165.83	12/11/42	12:38	15/11/42	12:08	170.10	17/11/42	10:34	275.55
63	E028	164.70	12/11/42	11:15	15/11/42	11:06	168.97	17/11/42	11:36	275.55
64	E154	164.41	12/11/42	10:41	15/11/42	10:51	168.52	17/11/42	11:57	275.55
65	E062	163.59	12/11/42	10:55	15/11/42	10:59	167.90	17/11/42	12:17	275.55
66	E031	163.35	12/11/42	11:47	15/11/42	11:17	167.29	17/11/42	12:38	275.55
67	E193	164.66	12/11/42	9:40	15/11/42	10:20	168.92	17/11/42	12:59	275.55
68	E128	163.58	12/11/42	10:11	15/11/42	10:31	167.64	17/11/42	13:20	275.55

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก จ

การคำนวณระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน

ตารางที่ จ.1 การคำนวณระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคารสูง

ลำดับ	Charcoal	Detector	Net Count	Ts	EFF	CF	DF	Rn	Radon
	Number			(min)	(count/pci)	(liter/min)		(Bq/m ³)	Concentration
1	A187	Ortec	1.20	4141	0.0266	0.0939	0.6454	6.6622	12.66
2	A065	Ortec	0.90	4140	0.0266	0.0891	0.5234	6.4954	12.34
3	A147	oxford	1.75	4136	0.0329	0.0918	0.6401	8.0868	15.85
4	A019	oxford	1.35	4142	0.0329	0.0911	0.6369	6.3087	12.36
5	A199	Ortec	0.65	4144	0.0266	0.0926	0.5217	4.5200	8.59
6	A060	Ortec	0.95	4150	0.0266	0.0925	0.6359	5.4217	10.30
7	A013	oxford	0.75	4443	0.0329	0.0910	0.5325	4.1959	8.22
8	A198	Ortec	0.50	4143	0.0266	0.0908	0.5299	3.4932	6.64
9	A016	Ortec	0.50	4140	0.0266	0.0894	0.6342	2.9666	5.64
10	A025	Ortec	0.70	4175	0.0266	0.0919	0.5100	4.9820	9.47
11	A028	Ortec	1.15	4174	0.0329	0.0921	0.6374	5.2526	9.98
12	A001	Ortec	0.65	4174	0.0266	0.0923	0.5109	4.5997	8.74
13	A091	oxford	0.65	4175	0.0329	0.0902	0.5080	3.8173	7.48
14	A070	Ortec	0.90	4175	0.0266	0.0911	0.5274	6.2456	11.87
15	A146	Ortec	0.20	4174	0.0266	0.0900	0.6165	1.2022	2.28
16	A053	Ortec	0.80	4175	0.0266	0.0900	0.6330	4.6862	8.90
17	A189	oxford	0.35	4180	0.0329	0.0912	0.6233	1.6537	3.24
18	A142	oxford	0.90	4181	0.0329	0.0900	0.6181	4.3484	8.52
19	A055	Ortec	1.10	4270	0.0266	0.0886	0.5005	8.0934	15.38
20	A008	oxford	0.70	4271	0.0329	0.0897	0.5416	3.7899	7.43
21	A207	Ortec	0.75	4272	0.0266	0.0885	0.5148	5.3643	10.19
22	A045	oxford	0.65	4273	0.0329	0.0894	0.5342	3.5772	7.01
23	A027	Ortec	0.55	4273	0.0266	0.0890	0.6178	3.2607	6.20
24	A018	oxford	0.90	4274	0.0329	0.0900	0.5117	5.1357	10.07
25	A041	oxford	0.65	4274	0.0329	0.0881	0.5050	3.8401	7.53
26	A017	oxford	0.60	4276	0.0329	0.0874	0.6182	2.9164	5.72
27	A175	Ortec	0.55	4276	0.0266	0.0887	0.5159	3.9161	7.44
28	A152	oxford	1.00	4147	0.0329	0.0896	0.6253	4.8313	9.47
29	A169	oxford	0.65	4147	0.0329	0.0893	0.5162	3.8174	7.48
30	A190	Ortec	0.70	4147	0.0266	0.0889	0.5418	4.8822	9.28
31	A141	Ortec	0.35	4147	0.0266	0.0899	0.526	2.4869	4.75
32	A181	Ortec	0.60	4147	0.0266	0.0891	0.6344	3.5824	6.81
33	A172	oxford	0.85	4147	0.0329	0.0909	0.6235	4.0623	7.96
34	A003	Ortec	0.50	4147	0.0266	0.0890	0.6380	2.9566	5.62
35	A068	Ortec	0.55	4147	0.0266	0.0893	0.6169	3.1962	6.07
36	A202	Ortec	0.60	4147	0.0266	0.0899	0.6397	3.5056	6.66
37	A004	oxford	0.60	4293	0.0329	0.0872	0.5302	3.3935	6.65
38	A173	oxford	0.25	4293	0.0329	0.0879	0.5993	1.2411	2.43
39	A022	oxford	0.60	4292	0.0329	0.0880	0.5360	3.3287	6.52
40	A113	Ortec	0.55	4293	0.0266	0.0889	0.5219	3.8448	7.34

ตารางที่ ๖.1 (ต่อ)

ลำดับ	Charcoal Number	Detector	Net Count	Ts (min)	EFF (count/pci)	CF (liter/min)	DF	Rn (Bq/m ³)	Radon Concentration
41	A179	Ortec	0.55	4294	0.0266	0.0878	0.5261	3.8606	7.34
42	A171	oxford	0.90	4293	0.0329	0.0878	0.6184	4.3363	8.50
43	A102	oxford	0.55	4293	0.0329	0.0902	0.5328	2.9951	5.87
44	A213	oxford	0.40	4294	0.0329	0.0890	0.5011	2.3456	4.60
45	A161	oxford	0.65	4293	0.0329	0.0891	0.5157	3.6999	7.25
46	A203	oxford	0.95	4293	0.0329	0.0881	0.5270	5.3544	10.49
47	A010	Ortec	0.45	4294	0.0266	0.0892	0.5230	3.1275	5.94
48	A058	Ortec	0.40	4293	0.0266	0.0895	0.5357	2.7062	5.14
49	A163	Ortec	0.35	4293	0.0266	0.0886	0.5342	2.3981	4.56
50	A059	Ortec	0.55	4291	0.0266	0.0881	0.6091	3.3274	6.32
51	A040	oxford	0.85	4291	0.0329	0.0890	0.6021	4.1512	8.14
52	A035	oxford	0.85	4290	0.0329	0.0882	0.5278	4.7809	9.37
53	A162	Ortec	0.45	4290	0.0266	0.0879	0.5043	3.2940	6.26
54	A012	oxford	0.60	42916	0.0329	0.0876	0.5119	3.0401	5.96
55	A183	Ortec	0.50	4290	0.0266	0.0881	0.5196	3.5462	6.74
56	A033	oxford	0.55	4291	0.0329	0.0889	0.5363	3.0193	5.92
57	A151	oxford	0.50	4290	0.0329	0.0889	0.5029	2.9278	5.74
58	A164	oxford	0.50	4291	0.0329	0.0890	0.5206	2.8251	5.54
59	A021	Ortec	0.50	4290	0.0266	0.0885	0.5236	3.5030	6.66
60	A019	Ortec	0.55	4291	0.0329	0.0892	0.5081	3.1778	6.04
61	A015	Ortec	0.55	4290	0.0266	0.0887	0.5320	3.7822	7.19
62	A150	Ortec	0.35	4290	0.0266	0.0892	0.5262	2.4207	4.60
63	A148	oxford	0.50	4292	0.0329	0.0874	0.6184	2.4213	4.75
64	A026	oxford	0.45	4292	0.0329	0.0881	0.5242	2.5495	5.00
65	A205	oxford	1.10	4292	0.0329	0.0874	0.6052	5.4429	10.67
66	A051	Ortec	0.40	4291	0.0266	0.0879	0.5023	2.9405	5.59
67	A024	Ortec	0.30	4291	0.0266	0.0963	0.5972	1.6931	3.22
68	A047	Ortec	0.50	4291	0.0266	0.0888	0.6160	2.9650	5.63
69	A037	oxford	0.95	4291	0.0329	0.0887	0.5170	5.4226	10.63
70	A014	Ortec	0.35	4291	0.0266	0.0884	0.5270	2.4385	4.63
71	A031	oxford	0.75	4292	0.0329	0.0885	0.6147	3.6094	7.07
72	A034	oxford	0.60	4292	0.0329	0.0888	0.5154	3.4315	6.73
73	A062	oxford	0.65	4292	0.0329	0.0884	0.5210	3.6918	7.24
74	A192	oxford	0.35	4293	0.0329	0.0898	0.5223	1.9528	3.83
75	A020	oxford	0.55	4293	0.0329	0.0898	0.5098	3.1451	6.16

ตารางที่ จ.2 การคำนวณระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในเขตจราจรหนาแน่น

ลำดับ	Charcoal	Detector	Net Count	Ts	EFF	CF	DF	Rn	Radon
	Number			(min)	(count/pci)	(liter/min)		(Bq/m ³)	Concentration
1	B087	Oxford	0.50	4235	0.0313	0.0877	0.6512	2.4420	4.79
2	B093	Oxford	0.45	4382	0.0313	0.0894	0.6366	2.1298	4.17
3	B090	Oxford	0.65	4539	0.0313	0.0886	0.6335	3.0125	5.90
4	B117	Oxford	0.50	4364	0.0313	0.0901	0.6357	2.3620	4.63
5	B177	Oxford	0.50	4537	0.0313	0.0878	0.6305	2.3507	4.61
6	B118	Oxford	1.00	4232	0.0313	0.0910	0.6430	4.7685	9.35
7	B194	Oxford	0.75	4372	0.0313	0.0884	0.6299	3.6366	7.13
8	B168	Oxford	0.60	4365	0.0313	0.0890	0.6294	2.8970	5.68
9	B085	Oxford	0.50	4556	0.0313	0.0888	0.6234	2.3396	4.59
10	B023	Oxford	0.85	4320	0.0313	0.0887	0.6362	4.1185	8.07
11	B112	Oxford	0.65	4366	0.0313	0.0888	0.6189	3.1996	6.27
12	B056	Oxford	0.40	4371	0.0313	0.0887	0.6162	1.9761	3.87
13	B195	Oxford	0.75	4523	0.0313	0.0881	0.6184	3.5930	7.04
14	B153	Oxford	0.70	4394	0.0313	0.0890	0.6165	3.4278	6.72
15	B106	Oxford	0.80	4541	0.0313	0.0887	0.6150	3.8129	7.47
16	B157	Oxford	0.95	4368	0.0313	0.0892	0.6157	4.6746	9.16
17	B184	Oxford	0.70	4519	0.0313	0.0888	0.6121	3.3647	6.59
18	B039	Oxford	0.70	4375	0.0313	0.0879	0.6116	3.5157	6.89
19	B052	Oxford	0.75	4546	0.0313	0.0876	0.6077	3.6584	7.17
20	B006	Oxford	0.80	4195	0.0313	0.0881	0.6127	4.1725	8.18
21	B095	Oxford	0.75	4028	0.0313	0.0894	0.6137	4.0058	7.85
22	B111	Oxford	0.60	3982	0.0313	0.0892	0.6127	3.2567	6.38
23	B061	Oxford	0.50	4206	0.0313	0.0883	0.6036	2.6339	5.16
24	B108	Oxford	0.65	4012	0.0313	0.0897	0.6090	3.5028	6.87
25	B107	Oxford	0.50	4023	0.0313	0.0890	0.6072	2.7172	5.33
26	B066	Oxford	0.60	4193	0.0341	0.0892	0.5444	3.1969	6.27
27	B012	Oxford	0.90	4222	0.0341	0.0894	0.5421	4.7709	9.35
28	B193	Oxford	0.30	4316	0.0341	0.0893	0.5478	1.5425	3.02
29	B128	Oxford	0.30	4237	0.0341	0.0902	0.5393	1.5794	3.10
30	B104	Oxford	0.70	4020	0.0341	0.0887	0.5406	3.9401	7.72
31	B080	Oxford	0.55	4549	0.0341	0.0875	0.5308	2.8241	5.54
32	B212	Oxford	0.60	3993	0.0341	0.0895	0.5383	3.3844	6.63
33	B097	Oxford	0.75	3982	0.0341	0.0885	0.5368	4.3027	8.43
34	B109	Oxford	0.50	4032	0.0341	0.0901	0.5348	2.7938	5.48
35	B122	Oxford	0.30	4219	0.0341	0.0884	0.5309	1.6441	3.22
36	B041	Oxford	2.70	4198	0.0341	0.0893	0.5295	14.7662	28.94
37	B038	Oxford	0.50	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!
38	B114	Oxford	0.45	3996	0.0341	0.0895	0.5275	2.5892	5.07
39	B032	Oxford	0.55	4398	0.0341	0.0887	0.5197	2.9447	5.77
40	B136	Oxford	0.50	4325	0.0341	0.0873	0.5182	2.7716	5.43

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

ลำดับ	Charcoal	Detector	Net Count	Ts	EFF	CF	DF	Rn	Radon
	Number			(min)	(count/pci)	(liter/min)		(Bq/m ³)	Concentration
41	B126	Oxford	0.50	4327	0.0341	0.0887	0.5209	2.7128	5.32
42	B036	Oxford	0.70	4231	0.0341	0.0887	0.5259	3.8501	7.55
43	B113	Oxford	1.35	4536	0.0341	0.0884	0.5127	7.1236	13.96
44	B110	Oxford	0.95	4378	0.0341	0.0894	0.5121	5.1437	10.08
45	B105	Oxford	0.65	4335	0.0341	0.0889	0.5140	3.5600	6.98
46	B209	Oxford	0.45	4199	0.0341	0.0876	0.5127	2.5884	5.07
47	B166	Oxford	0.55	4375	0.0341	0.0807	0.5042	3.3515	6.57
48	B081	Oxford	0.35	4385	0.0341	0.0893	0.5028	1.9293	3.78
49	B071	Oxford	0.80	4392	0.0341	0.0877	0.5014	4.4970	8.81
50	B099	Oxford	0.55	4528	0.0341	0.0880	0.5034	2.9753	5.83
51	B158	Oxford	0.65	4386	0.0341	0.0886	0.5018	3.6168	7.09
52	B088	Oxford	0.50	4234	0.0341	0.0890	0.5110	2.8181	5.52
53	B115	Oxford	0.70	4222	0.0341	0.0888	0.5109	3.9637	7.77
54	B023	Oxford	0.45	4375	0.0341	0.0886	0.4992	2.5244	4.95
55	B159	Oxford	0.90	4435	0.0341	0.0882	0.5177	4.8233	9.45
56	B130	Oxford	0.50	3989	0.0341	0.0887	0.5021	3.0549	5.99
57	B074	Oxford	0.50	4615	0.0341	0.0878	0.5075	2.6383	5.17
58	B079	Oxford	0.50	4373	0.0341	0.0895	0.4450	3.1152	6.11
59	B046	Oxford	0.80	4324	0.0341	0.0882	0.4514	5.0437	9.89
60	B089	Oxford	1.45	4222	0.0341	0.0896	0.4516	9.2065	18.04
61	B119	Oxford	1.00	4364	0.0341	0.0900	0.4423	6.2475	12.25
62	B129	Oxford	0.80	4324	0.0341	0.0892	0.4482	5.0200	9.84
63	B050	Oxford	0.30	4370	0.0341	0.0664	0.4392	2.5547	5.01
64	B180	Oxford	0.25	4195	0.0341	0.0903	0.4370	1.6394	3.21
65	B103	Oxford	0.60	4381	0.0341	0.0879	0.4292	3.9387	7.72
66	B132	Oxford	0.50	4224	0.0341	0.0900	0.4404	3.2424	6.36
67	B076	Oxford	0.55	4330	0.0341	0.0886	0.4337	3.5859	7.03
68	B082	Oxford	0.35	4747	0.0341	0.0879	0.4360	2.0881	4.09
69	B174	Oxford	0.70	4622	0.0341	0.0860	0.4389	4.3546	8.54
70	B098	Oxford	0.40	4533	0.0341	0.0892	0.4264	2.5176	4.93
71	B120	Oxford	0.55	4283	0.0341	0.0940	0.4358	3.4033	6.67
72	B100	Oxford	0.50	4238	0.0341	0.0891	0.4271	3.3660	6.60
73	B140	Oxford	0.70	4397	0.0341	0.0881	0.4227	4.6360	9.09
74	B101	Oxford	0.50	4221	0.0341	0.0890	0.4317	3.3446	6.56
75	B069	Oxford	0.60	4368	0.0341	0.0902	0.4187	3.9484	7.74
76	B077	Oxford	0.30	4359	0.0341	0.0886	0.4171	2.0218	3.96
77	B133	Oxford	0.80	4361	0.0341	0.0901	0.4160	5.3128	10.41
78	B075	Oxford	0.45	4353	0.0341	0.0893	0.4148	3.0272	5.93
79	B123	Oxford	0.35	4329	0.0341	0.0879	0.4200	2.3771	4.66
80	B208	Oxford	0.35	4366	0.0341	0.0893	0.4121	2.3646	4.63
81	B092	Oxford	0.40	4371	0.0341	0.0896	0.4149	2.6700	5.23
82	B084	Oxford	1.45	4378	0.0341	0.0903	0.4132	9.6357	18.89
83	B137	Oxford	0.50	4224	0.0341	0.0884	0.4206	3.4547	6.77
84	B086	Oxford	0.40	4529	0.0341	0.0872	0.4097	2.6825	5.26

ตารางที่ จ.3 การคำนวณระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในเขตเหมืองหิน

ลำดับ	Charcoal	Detector	Net Count	Ts	EFF	CF	DF	Rn	Radon
	Number			(min)	(count/pci)	(liter/min)		(Bq/m ³)	Concentration
1	C 037	Oxford	0.85	2786	0.0307	0.0883	0.7030	5.9178	11.60
2	C142	Oxford	0.90	2845	0.0307	0.0878	0.6934	6.2557	12.26
3	C160	Oxford	0.60	2784	0.0307	0.0952	0.6999	3.8918	7.63
4	C068	Oxford	0.90	3016	0.0307	0.0879	0.7056	5.7898	11.35
5	C162	Oxford	0.65	2846	0.0307	0.0878	0.6879	4.5527	8.92
6	C172	Oxford	0.80	2756	0.0307	0.0864	0.6941	5.8249	11.42
7	C058	Oxford	0.55	2809	0.0307	0.0868	0.6888	3.9432	7.73
8	C164	Oxford	0.45	2826	0.0307	0.0885	0.6840	3.1671	6.21
9	C051	Oxford	0.70	2823	0.0307	0.0880	0.6825	4.9662	9.73
10	C053	Oxford	0.35	2774	0.0307	0.0877	0.6862	2.5221	4.94
11	C018	Oxford	0.95	2799	0.0307	0.0882	0.6840	6.7715	13.27
12	C033	Oxford	0.45	2822	0.0307	0.0883	0.6771	3.2100	6.29
13	C181	Oxford	0.60	2824	0.0307	0.0875	0.6751	4.3275	8.48
14	C003	Oxford	0.65	2847	0.0307	0.0888	0.6708	4.6139	9.04
15	C205	Oxford	0.40	2825	0.0307	0.0876	0.6710	2.8982	5.68
16	C197	Oxford	0.15	2790	0.0307	0.0871	0.6751	1.1007	2.16
17	C019	Oxford	0.70	2776	0.0307	0.0887	0.6733	5.0830	9.96
18	C013	Oxford	0.65	2795	0.0307	0.0845	0.6698	4.9473	9.70
19	C170	Oxford	0.35	2800	0.0307	0.0851	0.6697	2.6412	5.18
20	C148	Oxford	0.55	2796	0.0307	0.0846	0.6660	4.2001	8.23
21	C178	Oxford	0.70	2773	0.0307	0.0838	0.6685	5.4250	10.63
22	C149	Oxford	0.30	2810	0.0307	0.0888	0.6615	2.1869	4.29
23	C198	Oxford	0.65	2783	0.0307	0.0878	0.6609	4.8419	9.49
24	C134	Oxford	0.45	2791	0.0307	0.0875	0.6579	3.3710	6.61
25	C047	Oxford	0.70	2832	0.0307	0.0888	0.6511	5.1421	10.08
26	C131	Oxford	1.35	2880	0.0307	0.0725	0.6739	11.5424	22.62
27	C043	Oxford	0.60	2851	0.0307	0.0908	0.6478	4.3045	8.44
28	C201	Oxford	0.60	2817	0.0307	0.0879	0.6498	4.4854	8.79
29	C150	Oxford	0.50	2826	0.0307	0.0877	0.5888	4.1250	8.08
30	C063	Oxford	0.80	2793	0.0307	0.0869	0.5897	6.7297	13.19
31	C191	Oxford	0.60	2849	0.0307	0.0877	0.5823	4.9650	9.73
32	C091	Oxford	0.90	2771	0.0307	0.0877	0.5900	7.5545	14.81
33	C009	Oxford	0.55	2785	0.0307	0.0878	0.5872	4.6100	9.04
34	C139	Oxford	0.45	2785	0.0307	0.0887	0.5859	3.7428	7.34
35	C065	Oxford	0.55	2851	0.0307	0.0872	0.5700	4.6706	9.15
36	C059	Oxford	0.55	2792	0.0307	0.0887	0.5815	4.5938	9.00
37	C173	Oxford	0.35	2768	0.0307	0.0886	0.5824	2.9477	5.78
38	C017	Oxford	0.70	2769	0.0307	0.0874	0.5808	5.9940	11.75

ตารางที่ 4.4 การคำนวณระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในเขตชายทะเล

ลำดับ	Detector	Charcoal Number	Net Count	Ts (min)	EFF (count/pci)	CF (liter/min)	DF	Rn (Bq/m ³)	Radon Concentration
1	Ortec	D078	0.70	1212	0.0240	0.0888	0.6504	4.4271	8.41
2	Ortec	D022	0.60	1217	0.0240	0.0910	0.6470	3.7183	7.06
3	Ortec	D060	0.65	1230	0.0240	0.0908	0.6426	4.0506	7.70
4	Ortec	D055	0.60	1235	0.0240	0.0888	0.6407	3.8293	7.28
5	Ortec	D151	0.35	1263	0.0240	0.0888	0.6345	2.2428	4.26
6	Ortec	D001	0.35	1221	0.0240	0.0908	0.6386	2.1997	4.18
7	Ortec	D042	0.30	1178	0.0240	0.0912	0.6408	1.8903	3.59
8	Ortec	D182	0.45	1212	0.0240	0.0900	0.6365	2.8686	5.45
9	Ortec	D073	0.40	1217	0.0240	0.0898	0.6345	2.5617	4.87
10	Ortec	D008	0.35	1261	0.0240	0.0912	0.6265	2.2116	4.20
11	Ortec	D186	0.45	1217	0.0240	0.0914	0.6313	2.8472	5.41
12	Ortec	D190	0.50	1251	0.0240	0.0896	0.6245	3.2352	6.15
13	Ortec	D102	0.35	1259	0.0240	0.0919	0.6217	2.2131	4.20
14	Ortec	D035	0.50	1252	0.0240	0.0904	0.6210	3.2214	6.12
15	Ortec	D211	0.75	1256	0.0240	0.0899	0.6190	4.8734	9.26
16	Ortec	D048	0.45	1170	0.0240	0.0914	0.6263	2.8998	5.51
17	Ortec	D141	0.50	1176	0.0240	0.0906	0.6247	3.2544	6.18
18	Ortec	D121	0.50	1212	0.0240	0.0901	0.6201	3.2691	6.21
19	Ortec	D020	0.50	1256	0.0240	0.0918	0.6120	3.2187	6.12
20	Ortec	D015	0.55	1229	0.0240	0.0903	0.6142	3.6078	6.85
21	Ortec	D146	0.30	1254	0.0240	0.0898	0.6094	1.9833	3.77
22	Ortec	D204	0.35	1250	0.0240	0.0902	0.6081	2.3108	4.39
23	Ortec	D196	0.70	1180	0.0240	0.0884	0.6138	4.7495	9.02
24	Ortec	D016	0.30	1215	0.0240	0.0941	0.6096	1.9090	3.63
25	Ortec	D125	0.75	1173	0.0240	0.0900	0.6113	5.0265	9.55
26	Ortec	D176	0.60	1238	0.0240	0.0901	0.6037	4.0033	7.61
27	Ortec	D189	0.60	1259	0.0240	0.0909	0.5987	3.9827	7.57
28	Ortec	D024	0.40	1225	0.0240	0.0904	0.6018	2.6764	5.09
29	Ortec	D206	0.50	1219	0.0240	0.0914	0.6009	3.3195	6.31
30	Ortec	D207	0.45	1245	0.0240	0.0919	0.5959	2.9793	5.66
31	Ortec	D141	0.65	1257	0.0240	0.0900	0.5481	4.7644	9.05
32	Ortec	D202	0.35	1229	0.0240	0.0911	0.5505	2.5380	4.82
33	Ortec	D014	0.70	1238	0.0240	0.0900	0.5480	5.1516	9.79
34	Ortec	D171	0.75	1260	0.0240	0.0899	0.5433	5.5490	10.54
35	Ortec	D165	0.25	1255	0.0240	0.0907	0.5428	1.8372	3.49
36	Ortec	D163	0.50	1266	0.0240	0.0890	0.5401	3.7539	7.13
37	Ortec	D188	0.45	1263	0.0240	0.0900	0.5388	3.3507	6.37
38	Ortec	D041	0.40	1249	0.0240	0.0896	0.5396	2.9957	5.69
39	Ortec	D187	0.50	1239	0.0240	0.0885	0.5394	3.8006	7.22
40	Ortec	D147	0.30	1237	0.0240	0.0898	0.5384	2.2547	4.28

ตารางที่ ๖.4 (ต่อ)

ลำดับ	Detector	Charcoal Number	Net Count	Ts (min)	EFF (count/pci)	CF (liter/min)	DF	Rn (Bq/m ³)	Radon Concentration
41	Ortec	D155	0.70	4178	0.0240	0.0904	0.5418	5.2628	10.00
42	Ortec	D152	0.75	4179	0.0240	0.0911	0.5403	5.6073	10.65
43	Ortec	D027	0.50	4249	0.0240	0.0900	0.5327	3.7784	7.18
44	Ortec	D070	0.55	4244	0.0240	0.0893	0.5315	4.2012	7.98
45	Ortec	D145	0.55	4210	0.0240	0.0894	0.5345	4.2062	7.99
46	Ortec	D004	0.55	4254	0.0240	0.0903	0.5276	4.1765	7.94
47	Ortec	D161	0.40	4226	0.0240	0.0890	0.5295	3.0897	5.87
48	Ortec	D169	0.30	4224	0.0240	0.0888	0.5283	2.3291	4.43
49	Ortec	D025	0.25	4224	0.0240	0.0905	0.5271	1.9094	3.63
50	Ortec	D034	0.50	4217	0.0240	0.0903	0.5260	3.8390	7.29
51	Oxford	D079	0.70	4247	0.0356	0.0881	0.6486	2.9952	5.87
52	Oxford	D212	0.55	4312	0.0356	0.0888	0.6495	2.2967	4.50
53	Oxford	D080	0.90	4229	0.0356	0.0883	0.6379	3.9260	7.69
54	Oxford	D126	0.85	4300	0.0356	0.0885	0.6374	3.6424	7.14
55	Oxford	D100	1.00	4244	0.0356	0.0888	0.6259	4.4062	8.64
56	Oxford	D133	1.25	4314	0.0356	0.0879	0.6294	5.4389	10.66
57	Oxford	D098	0.75	4232	0.0356	0.0885	0.6225	3.3425	6.55
58	Oxford	D158	1.50	4301	0.0356	0.0879	0.6208	6.6400	13.01
59	Oxford	D084	0.85	4243	0.0356	0.0885	0.6114	3.8483	7.54
60	Oxford	D208	0.80	4315	0.0356	0.0900	0.6163	3.4719	6.80
61	Oxford	D093	1.00	4306	0.0356	0.0916	0.5476	4.8123	9.43
62	Ortec	D117	0.35	4321	0.0301	0.0896	0.6601	1.6815	3.19
63	Ortec	D191	0.80	4309	0.0301	0.0880	0.6611	3.9183	7.44
64	Ortec	D129	0.50	4329	0.0301	0.0892	0.6560	2.4229	4.60
65	Ortec	D154	0.65	4232	0.0301	0.0908	0.6461	3.2160	6.11
66	Ortec	D140	0.70	4245	0.0301	0.0918	0.6419	3.4349	6.53
67	Ortec	D101	0.80	4318	0.0301	0.0904	0.6473	3.8884	7.39
68	Ortec	D074	0.50	4238	0.0301	0.0899	0.6348	2.5377	4.82
69	Ortec	D104	0.30	4239	0.0301	0.0876	0.6330	1.5666	2.98
70	Ortec	D032	0.50	4310	0.0301	0.0887	0.6381	2.5155	4.78
71	Ortec	D138	0.55	4231	0.0301	0.0929	0.6278	2.7374	5.20
72	Ortec	D087	0.50	4244	0.0301	0.0913	0.6226	2.5453	4.84
73	Ortec	D046	0.75	4229	0.0301	0.0873	0.6215	4.0145	7.63
74	Ortec	D069	0.85	4240	0.0301	0.0896	0.6165	4.4537	8.46
75	Ortec	D083	0.35	4246	0.0301	0.0880	0.6144	1.8726	3.56
76	Ortec	D122	0.40	4305	0.0301	0.0886	0.5507	2.3382	4.44
77	Ortec	D076	0.60	4318	0.0301	0.0896	0.5466	3.4848	6.62
78	Ortec	D119	0.50	4232	0.0301	0.0893	0.5412	3.0004	5.70

ตารางที่ ๖.5 การคำนวณระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในขดท่ออุตสาหกรรม

ลำดับ	Charcoal Number	Detector	Net Count	Ts (min)	EFF (count/pci)	CF (liter/min)	DF	Rn (Bq/m ³)	Radon Concentration
1	E036	Oxford	0.90	4327	0.0356	0.0873	0.6370	3.8842	7.61
2	E066	Oxford	0.70	4289	0.0356	0.0878	0.6374	3.0298	5.94
3	E107	Oxford	1.30	4371	0.0356	0.0861	0.6298	5.6991	11.17
4	E118	Oxford	1.00	4350	0.0356	0.0871	0.6281	4.3641	8.55
5	E123	Oxford	0.70	4256	0.0356	0.0874	0.6343	3.0832	6.04
6	E105	Oxford	1.25	4272	0.0356	0.0880	0.6308	5.4778	10.74
7	E103	Oxford	0.85	4259	0.0356	0.0872	0.6305	3.7727	7.39
8	E092	Oxford	1.05	4260	0.0356	0.0882	0.6271	4.6307	9.08
9	E041	Oxford	0.85	4367	0.0356	0.0867	0.6146	3.7954	7.44
10	E090	Oxford	0.95	4361	0.0356	0.0875	0.6140	4.2115	8.25
11	E111	Oxford	0.95	4335	0.0356	0.0893	0.6132	4.1599	8.15
12	E109	Oxford	1.05	4240	0.0356	0.0896	0.6196	4.6324	9.08
13	E174	Oxford	0.65	4273	0.0356	0.0891	0.6118	2.9009	5.69
14	F039	Oxford	1.05	4318	0.0356	0.0873	0.6055	4.7766	9.36
15	E132	Oxford	1.20	4243	0.0356	0.0879	0.6109	5.4700	10.72
16	E114	Oxford	0.85	4242	0.0356	0.0891	0.6096	3.8320	7.51
17	E038	Oxford	1.55	4352	0.0356	0.0883	0.5927	7.0742	13.87
18	E088	Oxford	0.75	4364	0.0356	0.0864	0.5402	3.8236	7.49
19	E023	Oxford	0.60	4369	0.0356	0.0870	0.5150	3.1832	6.24
20	E192	Oxford	0.80	4367	0.0356	0.0875	0.5386	4.0396	7.92
21	E021	Oxford	1.25	4356	0.0356	0.0868	0.5379	6.3887	12.52
22	E203	Oxford	0.95	4344	0.0356	0.0865	0.5376	4.8850	9.57
23	E010	Oxford	0.75	4371	0.0356	0.0879	0.5338	3.7990	7.45
24	E153	Oxford	0.90	4343	0.0356	0.0882	0.5350	4.5639	8.95
25	E127	Oxford	0.65	4291	0.0356	0.0874	0.5378	3.3476	6.56
26	E045	Oxford	0.75	4307	0.0356	0.0872	0.5354	3.8729	7.59
27	E183	Oxford	0.60	4284	0.0356	0.0902	0.5358	3.0119	5.90
28	E199	Oxford	0.90	4281	0.0356	0.0900	0.5346	4.5421	8.90
29	F012	Oxford	0.55	4294	0.0356	0.0926	0.5308	2.7082	5.31
30	F116	Oxford	1.20	4351	0.0356	0.0917	0.5248	5.9526	11.67
31	E026	Oxford	0.35	4352	0.0356	0.0893	0.5231	1.7896	3.51
32	E052	Oxford	0.95	4286	0.0356	0.0870	0.5273	5.0178	9.83
33	F097	Oxford	0.70	4303	0.0356	0.0855	0.5246	3.7679	7.38
34	F071	Oxford	0.70	4323	0.0356	0.0878	0.5217	3.6716	7.20
35	F072	Oxford	0.40	4364	0.0356	0.0872	0.5166	2.1130	4.14
36	E209	Ortec	0.95	4257	0.0301	0.0862	0.6517	4.8796	9.27
37	E143	Ortec	0.55	4352	0.0301	0.0872	0.6392	2.7847	5.29
38	E195	Ortec	0.70	4333	0.0301	0.0878	0.6349	3.5582	6.76
39	E085	Ortec	0.45	4311	0.0301	0.0862	0.6358	2.3385	4.44
40	E166	Ortec	0.70	4241	0.0301	0.0754	0.6412	4.1931	7.97

ตารางที่ ๖.5 (ต่อ)

ลำดับ	Charcoal Number	Detector	Net Count	Ts (min)	EFF (count/pci)	CF (liter/min)	DF	Rn (Bq/m ³)	Radon Concentration
41	E106	Ortec	0.40	4349	0.0301	0.0871	0.6233	2.0793	3.95
42	E108	Ortec	0.40	4270	0.0301	0.0867	0.6293	2.1084	4.01
43	F049	Ortec	0.70	4292	0.0301	0.0875	0.6297	3.6354	6.91
44	E130	Ortec	1.00	4268	0.0301	0.0875	0.6217	5.2873	10.05
45	F120	Ortec	0.65	4245	0.0301	0.0885	0.6223	3.4141	6.49
46	E082	Ortec	0.55	4239	0.0301	0.0864	0.6197	2.9752	5.65
47	E075	Ortec	1.20	4254	0.0301	0.0893	0.6148	6.3087	11.99
48	F213	Ortec	0.80	4308	0.0301	0.0883	0.6066	4.2559	8.09
49	F086	Ortec	0.70	4256	0.0301	0.0869	0.6066	3.8328	7.28
50	E081	Ortec	0.55	4295	0.0301	0.0881	0.6053	2.9479	5.60
51	E006	Ortec	0.65	4305	0.0301	0.0867	0.5990	3.5720	6.79
52	F179	Ortec	0.60	4331	0.0301	0.0867	0.5950	3.2994	6.27
53	E175	Ortec	0.60	4300	0.0301	0.0879	0.5480	3.5569	6.76
54	F040	Ortec	0.70	4282	0.0301	0.0893	0.5474	4.1047	7.80
55	E168	Ortec	0.55	4326	0.0301	0.0872	0.5424	3.3016	6.27
56	F061	Ortec	0.45	4325	0.0301	0.0869	0.5410	2.7176	5.16
57	E056	Ortec	0.95	4343	0.0301	0.0871	0.5379	5.7297	10.89
58	E113	Ortec	0.20	4320	0.0301	0.0878	0.5387	1.2020	2.28
59	E095	Ortec	0.40	4369	0.0301	0.0869	0.5326	2.4299	4.62
60	E177	Ortec	0.45	4346	0.0301	0.0870	0.5334	2.7387	5.20
61	E124	Ortec	0.50	4289	0.0301	0.0920	0.5369	2.8978	5.51
62	F115	Ortec	0.45	4290	0.0301	0.0871	0.5373	2.7509	5.23
63	F028	Ortec	0.25	4311	0.0301	0.0871	0.5283	1.5468	2.94
64	E184	Ortec	0.55	4330	0.0301	0.0877	0.5253	3.3859	6.43
65	E062	Ortec	0.50	4324	0.0301	0.0870	0.5247	3.1106	5.91
66	E031	Ortec	0.55	4290	0.0301	0.0883	0.5256	3.3925	6.45
67	F193	Ortec	0.40	4360	0.0301	0.0872	0.5182	2.4939	4.74
68	F128	Ortec	0.55	4340	0.0301	0.0879	0.5182	3.4176	6.49

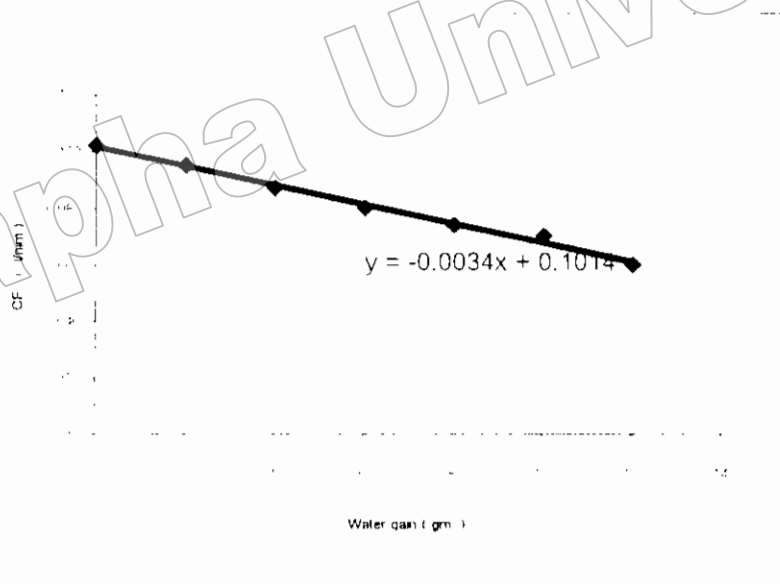
มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ฉ

ปริมาณความชื้นกับค่าแฟกเตอร์ในการดูดเก็บอากาศในสภาวะความชื้นต่าง ๆ

ตารางที่ จ.1 ปริมาณความชื้นกับค่าแฟกเตอร์ในการดูดเก็บอากาศในสภาวะความชื้นต่าง ๆ

Water Gain	CF
0	0.102
2	0.095
4	0.087
6	0.080
8	0.074
10	0.070
12	0.060



กราฟที่ จ.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับค่าแฟกเตอร์ในการดูดเก็บอากาศในสภาวะความชื้นต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ข
การหาจำนวนวัน

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าจำนวนนับวัน นับตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2532

ปี พ.ศ.	จำนวน(วัน)	ปี พ.ศ.	จำนวน(วัน)
2532	0	2538	2191
2533	365	*2539	2556
2534	730	2540	2922
*2535	1095	2541	3287
2536	1461	2542	3652
2537	1826		

* ปีอธิกสุรทิน

ตารางที่ ข.2 แสดงจำนวนวันเริ่มต้นของแต่ละเดือนใน 1 ปี

เดือน	ปีอธิกสุรทิน	ปีอธิกสุรทิน
มกราคม	0	0
กุมภาพันธ์	31	31
มีนาคม	59	60
เมษายน	90	91
พฤษภาคม	120	121
มิถุนายน	151	152
กรกฎาคม	181	182
สิงหาคม	212	213
กันยายน	243	244
ตุลาคม	273	274
พฤศจิกายน	304	305
ธันวาคม	334	335

ภาคผนวก ซ

GAMMA LINES : LISTING BY ENERGY

ตารางที่ ๗.1 GAMMA LINES : LISTING BY ENERGY ⁴

Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays	Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays
13.60	Pu-239	4.40	97.43	Gd-153	27.60
13.85	Ba-140	1.20	98.44	Pu-239	0.59
14.41	Co-57	9.54	100.10	Ta-182	14.10
22.16	Cd-109	86.00	103.18	Gd-153	19.60
24.94	Cd-109	17.00	103.18	Sm-153	28.30
26.35	Am-241	2.40	105.31	Eu-155	20.50
27.40	Sb-125	61.92	106.12	Np-239	22.86
29.97	Ba-140	10.73	112.95	Lu-177	6.40
31.00	Sb-125	12.89	121.12	Se-75	17.32
31.82	Cs-137	1.96	121.78	Eu-152	28.32
32.19	Cs-137	3.61	122.06	Co-57	85.59
35.50	Sb-125	4.28	123.14	Eu-154	40.50
36.40	Cs-137	1.31	123.80	Ba-131	29.05
42.80	Eu-154	28.47	129.30	Pu-239	0.64
46.52	Pb-210	4.05	133.02	Hf-181	41.00
49.41	Np-239	0.10	133.54	Ce-144	10.80
51.62	Pu-239	0.27	134.25	W-187	8.56
59.54	Am-241	35.90	136.00	Se-75	58.98
59.54	U-237	33.48	136.25	Hf-181	6.90
60.01	Eu-155	1.14	136.48	Co-57	10.61
63.29	Th-23	43.83	140.51	Tc-99m	88.90
67.75	Ta-182	42.30	142.65	Fe-59	1.02
67.88	Np-239	0.90	143.21	Np-237	0.42
72.00	W-187	10.77	143.76	U-235	10.93
79.62	Xe-133	0.60	145.44	Ce-141	48.44
80.11	Ce-144	1.60	151.17	Kr-85m	75.08
80.18	I-131	2.62	158.20	Xe-135	0.29
81.00	Ba-133	32.92	162.64	Ba-140	6.21
81.00	Xe-133	37.00	163.33	U-235	5.00
86.50	Np-237	12.60	163.93	Xe-131m	1.96
86.54	Eu-155	30.80	164.10	Ba-139	22.05
86.79	Tb-160	13.20	165.85	Ce-139	79.95
88.03	Cd-109	3.61	172.62	Sb-125	0.18
91.10	Nd-147	27.90	176.33	Sb-125	6.79
92.38	Th-234	2.73	176.56	Cs-136	13.59
92.80	Th-234	2.69	181.06	Mo-99	6.52
94.67	Pu-239	0.37	185.72	U-235	17.50
97.43	Sm-153	0.73	186.21	Ra-226	3.28

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays	Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays
192.35	Fe-59	3.08	302.85	Ba-133	18.71
196.32	Kr-88	26.30	304.84	Ba-140	4.30
205.31	U-235	5.03	304.86	Kr-85m	13.70
208.01	U-237	21.67	312.40	K-42	0.18
208.36	Lu-177	11.00	314.20	Pb-214	0.79
209.75	Np-239	32.70	319.41	Nd-147	1.95
216.09	Ba-131	19.90	320.08	Cr-51	9.83
220.90	Kr-89	20.40	328.77	La-140	20.50
228.16	Te-132	88.20	329.43	Eu-152	0.15
228.18	Np-239	10.79	333.03	Au-196	22.85
233.18	Xe-133m	10.30	334.31	Np-239	2.04
234.68	Zr-95	0.20	338.40	Ac-228	11.40
236.00	Th-227	11.05	340.57	Cs-136	48.55
238.63	Pb-212	44.60	344.28	Eu-152	22.67
240.98	Ra-224	3.95	345.95	Hf-181	12.00
241.98	Pb-214	9.00	351.92	Pb-214	38.90
244.70	Eu-152	7.51	355.73	Au-196	86.90
248.04	Eu-154	6.59	356.01	Ba-133	62.58
249.44	Ba-131	2.80	358.39	Xe-135	0.22
249.79	Xe-135	89.90	361.85	I-135	0.19
252.45	Eu-154	0.10	362.23	Kr-88	2.28
255.06	Sn-113	1.82	363.50	Kr-88	0.49
256.25	Th-227	6.71	363.93	Cs-138	0.24
258.41	Xe-138	31.50	364.48	I-131	81.24
258.79	Pb-214	0.55	365.29	Cs-138	0.19
264.66	Se-75	9.10	367.79	Eu-152	0.87
273.70	Bi-214	0.18	373.25	Ba-131	13.30
274.53	Pb-214	0.33	375.05	Pu-239	0.16
276.40	Ba-133	7.32	380.44	Sb-125	1.52
277.60	Np-239	14.20	383.85	Ba-133	8.89
279.19	Hg-203	81.55	387.00	Bi-214	0.37
279.54	Se-75	25.18	389.10	Bi-214	0.41
282.52	Yb-175	3.10	391.69	Sn-113	64.16
284.29	I-131	6.06	396.32	Yb-175	6.50
293.26	Ce-143	42.00	400.66	Se-75	11.56
295.21	Pb-214	19.70	402.58	Kr-87	49.60
295.94	Eu-152	0.45	405.74	Bi-214	0.17
295.57	Tb-160	26.90	407.99	Xe-135	0.36
300.09	Pb-212	3.41	411.12	Eu-152	2.27

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays	Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays
411.80	Au-198	95.51	533.69	Pb-214	0.19
413.71	Pu-239	0.15	537.32	Ba-140	24.39
414.70	Sb-126	83.3	546.94	Cs-138	10.76
416.05	Eu-152	0.11	551.52	W-187	4.92
426.50	Bi-214	0.11	554.32	Br-82	70.60
427.89	Sb-125	29.44	555.61	Y-91m	56.10
433.95	Ag-108m	90.70	557.04	Ru-103	0.83
434.56	Xe-138	20.30	559.10	As-76	45.00
439.90	Nd-147	1.20	563.23	Cs-134	8.38
443.98	Eu-152	3.12	563.23	As-76	1.20
454.77	Bi-214	0.32	564.00	Sb-122	71.20
462.10	Pb-214	0.17	564.02	Eu-152	0.49
462.79	Cs-138	30.70	566.42	Eu-152	0.13
463.38	Sb-125	10.45	569.32	Cs-134	15.43
469.69	Bi-214	0.13	569.67	Bi-207	97.80
474.38	Bi-214	0.12	580.15	Pb-214	0.37
477.59	Be-7	1.03	583.19	Tl-208	85.77
479.57	W-187	21.13	585.80	Kr-89	16.90
480.42	Pb-214	0.34	586.29	Eu-152	0.46
482.16	Hf-181	83.00	591.74	Eu-154	4.84
487.03	La-140	45.50	595.36	I-134	11.16
487.08	Pb-214	0.44	600.56	Sb-125	17.78
488.66	Eu-152	0.42	602.73	Sb-124	97.80
496.28	Ba-131	43.78	604.70	Cs-134	97.56
497.08	Ru-103	89.50	606.64	Sb-125	5.02
497.50	Kr-89	6.80	608.19	Xe-135	2.87
503.39	Eu-152	0.16	609.31	Bi-214	43.80
510.57	I-133	1.84	610.33	Ru-103	5.64
511.00	Co-56	18.60	616.20	Ru-106	0.70
511.00	Cu-64	37.10	618.28	W-187	6.07
511.00	Na-22	90.00	619.07	Br-82	4.31
511.00	Y-88	0.40	621.79	I-134	10.59
511.00	Zn-65	2.83	621.84	Ru-106	9.81
511.85	Ru-106	20.60	635.90	Sb-125	11.22
513.99	Kr-85	0.43	636.97	I-131	5.27
513.99	Sr-85	98.30	645.86	Sb-124	5.88
526.56	Xe-135m	80.51	652.30	Sr-91	1.07
529.89	I-133	87.30	652.90	Sr-91	1.32
531.02	Nd-147	13.09	653.00	Sr-91	1.07

ตารางที่ ๗.1 (ต่อ)

Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays	Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays
656.48	Eu-152	0.15	776.49	Br-82	83.40
657.05	As-76	6.17	777.88	Mo-99	4.62
657.71	Rb-89	10.10	778.91	Eu-152	12.96
657.76	Ag-110m	94.64	785.46	Bi-212	1.26
661.66	Cs-137	85.21	785.91	Pb-214	1.10
665.45	Bi-214	1.25	786.10	Bi-214	0.32
666.31	Sb-126	99.60	793.75	Te-131m	13.82
667.69	I-132	98.70	795.85	Cs-134	85.44
671.15	Eu-152	0.23	801.93	Cs-134	8.73
675.89	Au-198	0.80	810.77	Co-58	99.45
685.74	W-187	26.39	815.80	La-140	23.50
685.90	Nd-147	0.81	818.50	Cs-136	99.70
692.60	Sb-122	3.90	834.83	Mn-54	99.98
695.00	Sb-126	99.60	834.83	Kr-88	13.10
696.49	Ce-144	1.48	839.03	Pb-214	0.59
697.00	Sb-126	29.00	845.44	Kr-87	7.34
697.49	Pr-144	1.48	846.70	Co-56	99.93
698.33	Br-82	27.90	846.75	Mn-56	98.87
702.63	Nb-94	100.00	847.02	I-134	95.41
703.11	Bi-214	0.47	852.21	Te-131m	20.57
715.76	Eu-154	0.18	856.70	Sb-126	17.60
719.86	Bi-214	0.41	860.56	Tl-208	12.00
720.50	Sb-126	53.80	863.96	Co-58	0.68
722.79	Sb-124	10.76	871.10	Nb-94	100.00
722.89	I-131	1.80	873.19	Eu-154	11.50
722.95	Ag-108m	91.50	875.37	I-133	4.40
723.30	Eu-154	19.70	879.36	Tb-160	29.50
724.20	Zr-95	44.10	884.09	I-134	64.88
727.17	Bi-212	7.56	884.69	Ag-110m	72.68
739.50	Mo-99	13.00	889.26	Sc-46	99.98
749.80	Sr-91	23.60	898.02	Y-88	9.50
752.84	Bi-214	0.13	904.27	Kr-89	7.30
756.73	Zr-95	54.50	911.07	Ac-228	27.70
763.94	Ag-110m	22.2	925.24	La-140	7.09
765.79	Nb-95	99.79	937.49	Ag-110m	34.36
768.36	Bi-214	5.04	954.55	I-132	18.10
772.60	I-132	76.20	964.13	Eu-152	14.62
772.91	W-187	3.98	966.16	Tb-160	25.00
773.67	Te-131m	38.06	969.11	Ac-228	16.60

ตารางที่ ซ.1 (ต่อ)

Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays	Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays
989.03	Sb-126	6.80	1260.41	I-135	28.60
996.32	Eu-154	10.30	1274.45	Eu-154	35.50
1001.03	Pa-234m	0.59	1274.51	Na-22	99.95
1004.76	Eu-154	17.89	1291.60	Fe-59	43.20
1009.78	Cs-138	29.80	1293.64	Ar-41	99.16
1024.30	Sr-91	33.40	1298.33	I-133	2.27
1031.88	Rb-89	59.00	1317.47	Br-82	26.90
1037.80	Co-56	14.09	1318.00	Fe-59	Pair peak
1043.97	Br-82	27.40	1332.50	Co-60	99.98
1048.07	Cs-136	79.72	1345.77	Cu-64	0.48
1050.47	Ru-106	1.73	1368.53	Na-24	99.99
1063.62	Bi-207	74.91	1377.82	Bi-24	45.06
1072.55	I-134	14.98	1384.30	Ag-110m	24.28
1076.70	Rb-86	8.78	1408.01	Eu-152	20.85
1087.66	Au-198	0.16	1420.50	Ba-139	0.30
1099.25	Fe-59	56.50	1435.86	Cs-138	76.30
1112.12	Eu-152	13.56	1457.56	I-135	8.60
1115.52	Zn-65	50.74	1460.75	K-40	10.70
1120.29	Bi-214	15.70	1472.76	Kr-89	7.00
1120.52	Sc-469	9.99	1489.15	Ce-144	0.30
1121.28	Ta-182	35.00	1524.00	K-42	17.90
1128.00	Ru-106	0.40	1529.77	Kr-88	11.10
1131.51	I-135	22.50	1573.73	Nb-94	0.15
1140.20	Sb-122	0.57	1596.48	Eu-154	1.67
1167.94	Cs-134	1.81	1596.49	La-140	95.49
1173.24	Co-60	99.90	1642.40	Cl-38	32.80
1177.94	Tb-160	15.20	1674.73	Co-58	0.52
1189.05	Ta-182	16.30	1678.03	I-135	9.50
1212.92	As-76	1.44	1690.98	Sb-124	47.30
1216.08	As-76	3.42	1740.52	Kr-87	2.04
1221.42	Ta-182	27.10	1764.49	Bi-214	17.00
1228.52	As-76	1.22	1768.26	Xe-138	16.70
1230.90	Ta-182	11.50	1770.23	Bi-207	6.85
1235.34	Cs-136	19.78	1771.40	Co-56	15.51
1236.56	I-133	1.44	1791.20	I-135	7.70
1238.11	Bi-214	5.94	1810.72	Mn-56	27.19
1238.30	Co-56	66.95	1836.01	Y-88	99.35
1248.10	Rb-89	43.00	2004.75	Xe-138	12.30
1257.00	Sb-122	0.77	2015.82	Xe-138	5.35

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays	Energy (keV)	Nuclide	Intensity /100 decays
2090.94	Sb-124	5.58	2323.10	Sb-124	0.24
2113.05	Mn-56	14.34	2392.11	Kr-88	35.00
2167.50	Cl-38	44.00	2554.80	Kr-87	9.23
2185.70	Ce-144	0.77	2558.10	Kr-87	3.92
2195.84	Kr-88	13.30	2570.14	Rb-89	10.00
2196.00	Rb-89	13.60	2598.50	Co-56	16.74
2204.22	Bi-214	4.98	2614.53	Tl-208	99.79
2218.00	Cs-138	15.20	2753.90	Na-24	99.84

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ก

ลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศและที่ตั้งของจังหวัดชลบุรี

ลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศ ของจังหวัดชลบุรี

ลักษณะภูมิประเทศ

ตอนบนของจังหวัดเป็นที่ราบลุ่ม ตรงกึ่งกลางของจังหวัดมีพื้นที่ที่เป็นภูเขา มีลักษณะเป็นแนวยาวจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปยังทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยเขตที่มีความสูงจากน้ำทะเลตั้งแต่ 200 เมตรขึ้นไปอยู่ทางด้านตะวันออกของจังหวัด ทิศตะวันตกเป็นที่ราบตามชายฝั่งทะเลมีภูเขาเล็กๆ สลับบางตอน ห่างจากชายฝั่งทะเลออกไปประมาณ 10 กิโลเมตร มีพื้นที่เป็นเกาะน้อยใหญ่ ประมาณ 46 เกาะ

ลักษณะภูมิอากาศ

โดยทั่วไปฤดูร้อนไม่ร้อนจัด ฤดูหนาวอากาศไม่แห้งแล้งมาก มีฝนตกชุกสลับแห้งแล้ง บริเวณใกล้ภูเขามีฝนตกมากกว่าบริเวณใกล้ทะเล ลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบมรสุมเมืองร้อน แบ่งฤดูออกเป็น 3 ฤดู ฤดูหนาว อยู่ในช่วงอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีอากาศแห้งแล้งและหนาวเย็น ฤดูร้อน เป็นฤดูเปลี่ยนมรสุมครั้งแรกจะมีอากาศร้อนจัดในเดือนเมษายนและฤดูฝน อยู่ในช่วงอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



ภาพที่ ๑.1 แสดงที่ตั้งของจังหวัดชลบุรี

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ๓
ระดับนัยสำคัญ

ระดับนัยสำคัญ (Level of significance)

การวิจัยบางเรื่องอาจกำหนดระดับนัยสำคัญไว้ต่ำมากถึง 0.001 ซึ่งค่าพินี้จะแสดงถึงพื้นที่หรือขอบเขตของความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้น พื้นที่ดังกล่าวมีชื่อเรียกเฉพาะว่า เขตวิกฤต (Critical region) หรือเขตปฏิเสธ (Rejection region) ในการทดสอบสมมติฐาน ถ้าค่าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในเขตวิกฤตก็จะสรุปผลได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน แต่ถ้าสถิติที่คำนวณได้ไม่ตกอยู่ในเขตวิกฤต แต่อยู่ในเขตยอมรับ (Acceptance region) ก็จะยอมรับสมมติฐาน

ค่าพี (P-value) คือระดับนัยสำคัญที่น้อยที่สุดที่สามารถจะปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ค่าพินี้เป็นค่าที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบันในการสรุปผลข้อมูลเพื่อการอ้างอิงต่าง ๆ ในทางสถิติเพื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่นให้กับผู้ประมวลผล เนื่องจากปัจจุบันในการทำการทดสอบสมมติฐาน คือ การสรุปผลจากค่าสถิติที่คำนวณได้จากตัวอย่างซึ่งมาจากข้อมูล

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายเฉลิมศักดิ์ งามเจริญ
เกิดวันที่ 24 พฤศจิกายน 2520
สถานที่เกิด อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน 3/12-3/14 ถ.สุรศักดิ์ 3 ค.ศรีราชา
อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนคาราสุมุทร ศรีราชา

มัธยมศึกษา โรงเรียนคาราสุมุทร ศรีราชา