

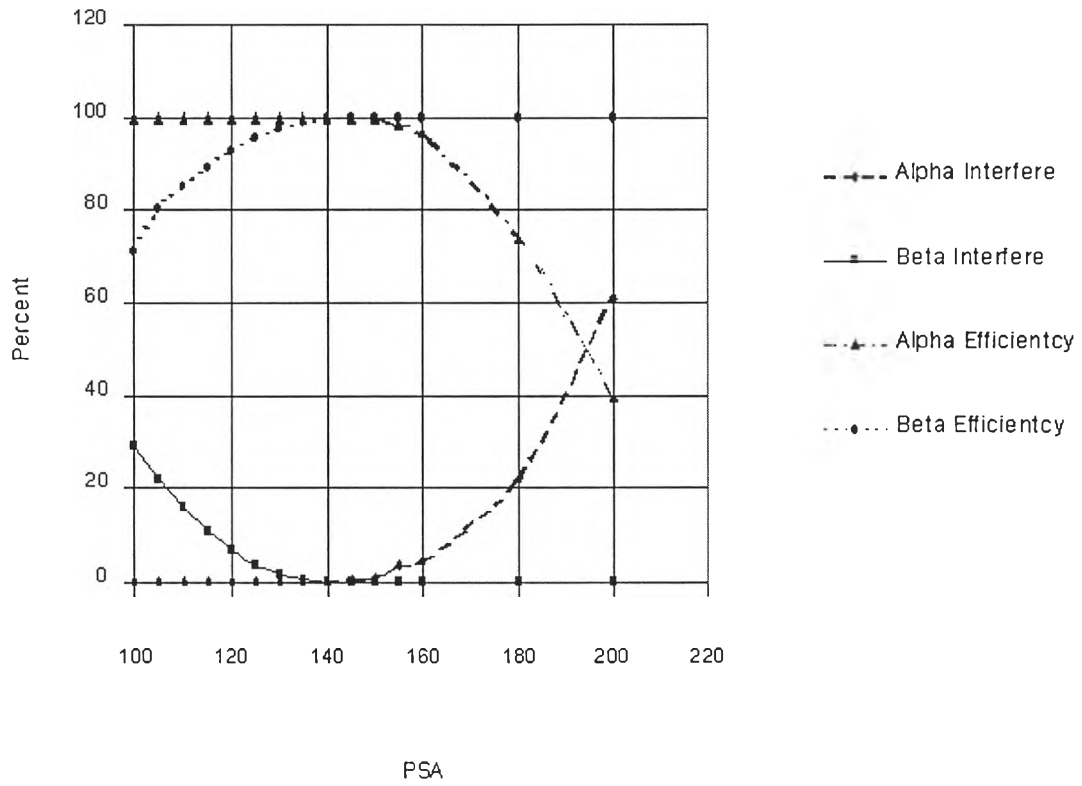
บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การเปรียบเทียบ PSA เพื่อตั้งสเกลที่เหมาะสมสำหรับวัดรังสีอัลฟาจากเรดอน-222 โดยเครื่องลิวทิดซินทิลเลชัน

การเปรียบเทียบ PSA ที่เหมาะสมสำหรับการวัดรังสีอัลฟาโดยเครื่องลิวทิดซินทิลเลชัน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการวัดรังสีอัลฟามากที่สุด และมีการรบกวนจากรังสีเบตตาน้อยที่สุด จากเส้นกราฟรูปที่ 4.1 พบว่าค่า PSA ที่เหมาะสมเท่ากับ 140 กล่าวคือไม่มีการแทรกสอดของรังสีเบตาในช่วงการนับของรังสีอัลฟา และมีประสิทธิภาพการวัดรังสีอัลฟา 100% ดังนั้นในการดำเนินการทดลองจะใช้ค่าสเกลของเครื่องลิวทิดซินทิลเลชัน Wallac Quantulus 1220 ที่ PSA เท่ากับ 140

ตารางที่ 4.1 ผลการหา PSA ที่เหมาะสม

PSA	% Alpha Interfere	% Beta Interfere	% Efficiency of Alpha	% Efficiency of Beta
100	0	29	109	71
105	0	22	102	80
110	0	16	106	85
115	0	11	105	89
120	0	7	107	93
125	0	3.6	104	96
130	0	1.7	102	98
135	0	0.7	100	99
140	0	0	100	100
145	0.33	0	100	100
150	0.89	0	100	100
155	4.67	0	98.4	102
160	3.47	0	97	104
180	22	0	74	102
200	60.8	0	40	106



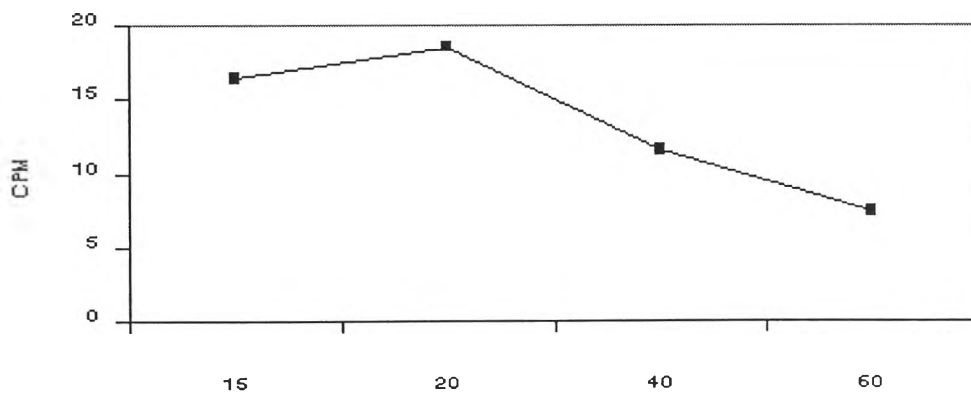
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์สเกลวิเคราะห์รูปรางพัลส์ของ PSA กับการรบกวนของรังสีอัลฟา รังสีเบตา และประสิทธิภาพการวัดรังสีอัลฟา รังสีเบตา

4.2 การหาปริมาณโทลูอินที่เหมาะสมในการสกัด Rn-222 ในน้ำ

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าปริมาณโทลูอินที่ใช้ในการสกัดเรดอน-222 จากตัวอย่าง จำนวน 500 ml ที่ให้ประสิทธิภาพการสกัดได้มากที่สุดคือ ปริมาณของโทลูอิน 20 ml ดังนั้นในการดำเนินการทดลองต่อไปจึงใช้โทลูอิน จำนวน 20 ml ในการสกัดเรดอนจากตัวอย่างน้ำ 500 ml

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดเรดอน-222 จากการสกัดด้วยโทลูอินที่ปริมาณต่าง ๆ กัน

ปริมาตรของตัวอย่าง (ml) (10 pCi/500 ml std. Ra-226)	ปริมาตร โทลูอิน (ml)	อัตราการนับรังสี			
		1	2	3	เฉลี่ย
500	15	16.549	15.854	16.843	16.415
500	20	18.647	18.241	18.81	18.566
500	40	11.987	11.546	10.985	11.506
500	60	7.325	7.864	6.845	7.345



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่าการวัดเรดอน-222 กับปริมาณของโทลูอินที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กัน

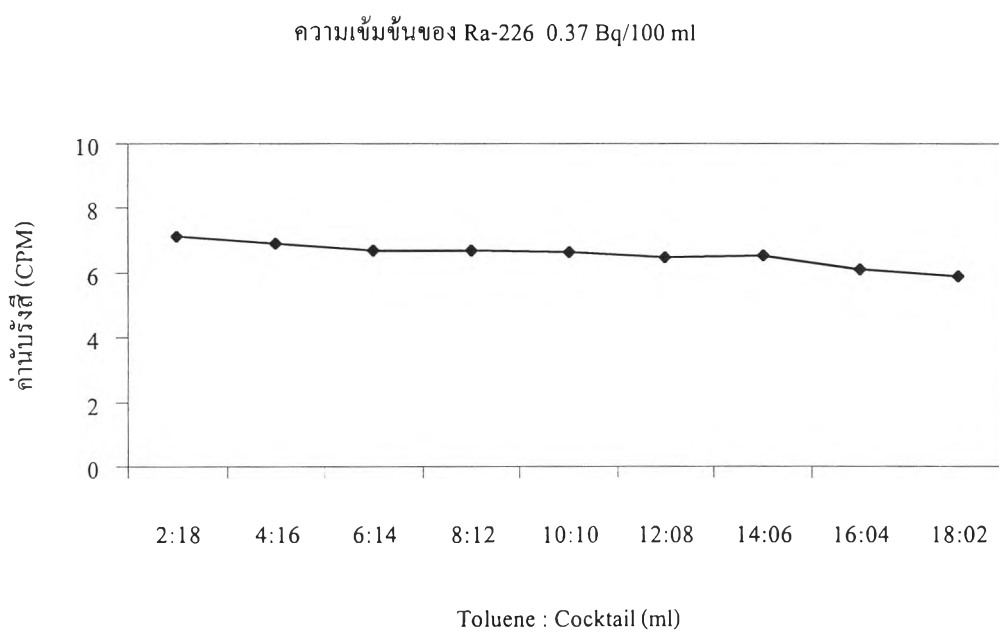
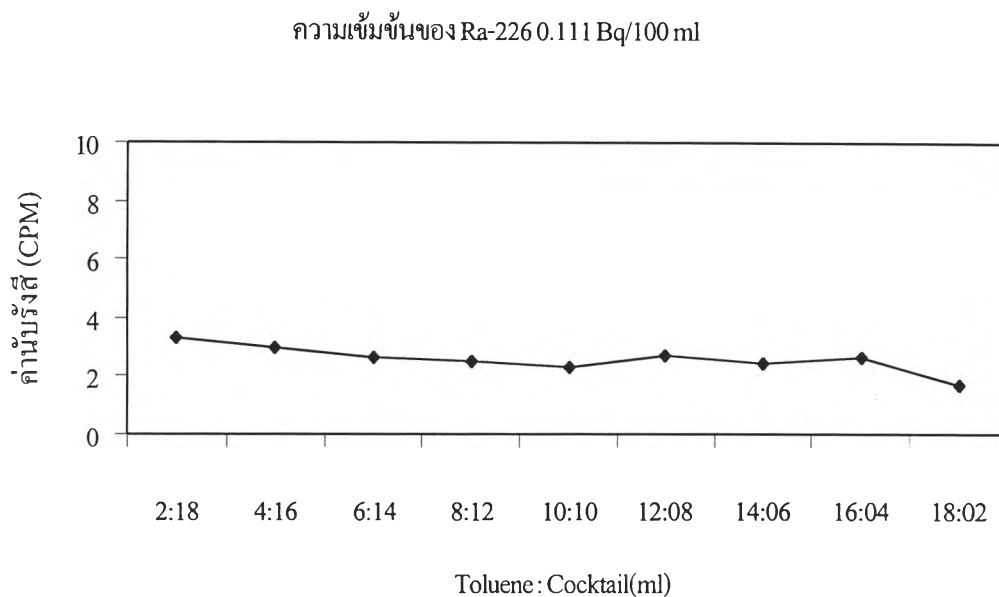
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่าการวัดเรดอน-222 กับปริมาณของโทลูอินที่ใช้ในการสกัดต่าง ๆ กัน

4.3 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างโทลูอินกับคอกเทล optiscint Hisafe เพื่อใช้ในเตรียมสารรังสี

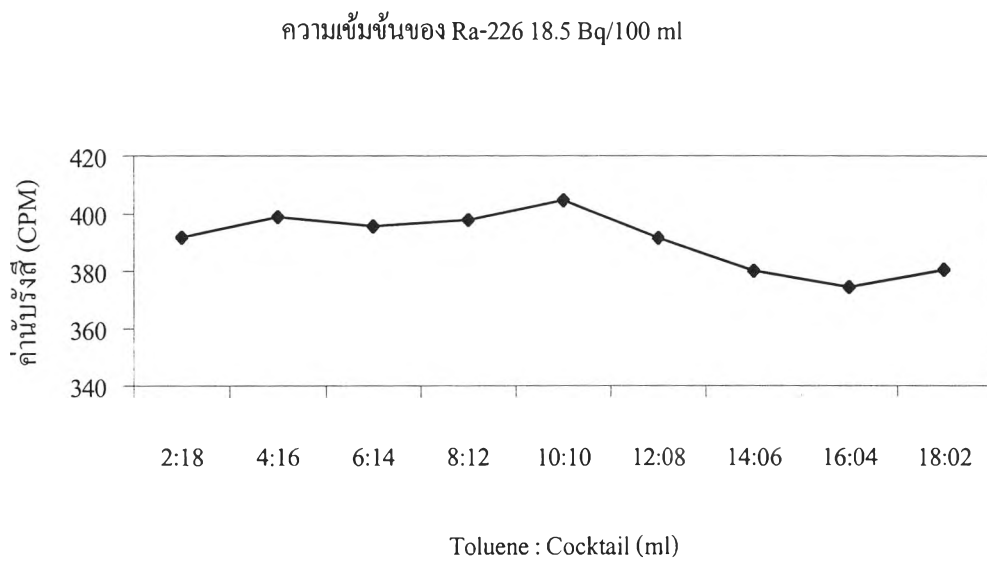
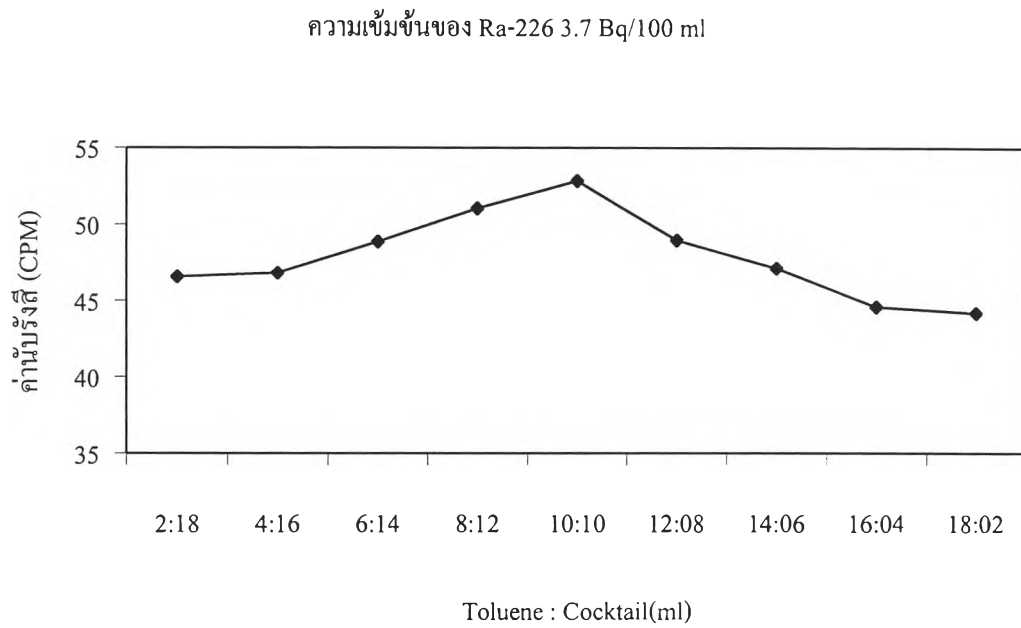
จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 และ 4.4 เป็นผลของค่าวัดของเรดอน-222 จากการสกัดเรดอน-222 จากน้ำจำนวน 500 ml ด้วยโทลูอิน 20 ml แล้วใช้อัตราส่วนของโทลูอินกับคอกเทล optiscint Hisafe ที่ต่างกัน พบว่าที่ความเข้มข้นของ Ra-226 ที่ 10 และ 3 pCi/100 ml นั้น สามารถใช้อัตราส่วนของโทลูอินกับคอกเทลได้ทุกอัตราส่วน ส่วนที่ความเข้มข้นของ Ra-226 เพิ่มขึ้น พบว่าอัตราส่วนของโทลูอินและคอกเทลที่ให้ค่าการวัดสูงสุด คือใช้โทลูอิน 10 ml และคอกเทล 10 ml

ตารางที่ 4.3 ผลของค่านับรังสีอัลฟาจากเรดอน-222 ที่ความเข้มข้นของเรเดียม-226 ต่าง ๆ กันโดยใช้อัตราส่วนของโทลูอินกับคอกเทลต่างๆ กัน

ปริมาตร (ml)				ค่านับรังสี (CPM)			
Std. Ra-226	โทลูอิน	คอกเทล	โทลูอิน : คอกเทล	Std. Ra-226 1000 pCi/100ml	Std. Ra-226 100 pCi/100 ml	Std. Ra-226 10 pCi/100 ml	Std. Ra-226 3 pCi/100 ml
2	-	18	2:18	391.737±7.665	46.543±2.64	7.089±0.727	3.301± 0.498
2	2	16	4:16	398.813±7.734	46.789± 2.65	6.900± 0.719	3.005 ±0.475
2	4	14	6:14	395.529±7.704	48.854±2.707	6.671±0.707	2.667±0.447
2	6	12	8:12	397.734±7.725	51.036±2.767	6.701±0.709	2.481±0.427
2	8	10	10:10	404.502±7.788	52.814±2.815	6.617±0.704	2.312±0.452
2	10	8	12:8	391.477±7.662	48.932±2.709	6.466±0.696	2.722±0.425
2	12	6	14:6	379.995±7.551	47.103±2.655	6.498±0.698	2.414±0.425
2	14	4	16:4	374.403±7.494	44.55±2.505	6.10±0.677	2.661±0.412
2	16	2	18:2	380.432±7.554	44.144±2.573	5.857±0.663	1.705±0.358



รูปที่ 4.3 แสดงค่าการนับรังสีอัลฟากับอัตราส่วนต่าง ๆ ของโทลูอินกับคอกเทล โดยใช้ความเข้มข้นของเรเดียม-226 ที่ความเข้มข้น 0.111 และ 0.37 Bq/100 มิลลิลิตร



รูปที่ 4.4 แสดงค่าการนับรังสีอัลฟากับอัตราส่วนต่าง ๆ ของโทลูอินกับคอกเทล โดยใช้ความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ที่ความเข้มข้น 3.7 และ 18.5 Bq/100 มิลลิลิตร

4.4 ผลของการหาประสิทธิภาพของการวัด (E_v)

จากตารางที่ 4.4 จะได้ค่าประสิทธิภาพของการวัดรังสีอัลฟาจากเรดอน-222 โดยเครื่องวัดชนิดซินทิลเลชัน Wallac Quantulus 1220 เมื่อนำค่านับรังสีที่ได้หาความสัมพันธ์กับค่าประสิทธิภาพการวัดดังภาพที่ 4.5 ดังนั้นในการศึกษาต่อไปจะใช้ค่าประสิทธิภาพการวัดที่สมการ ดังต่อไปนี้

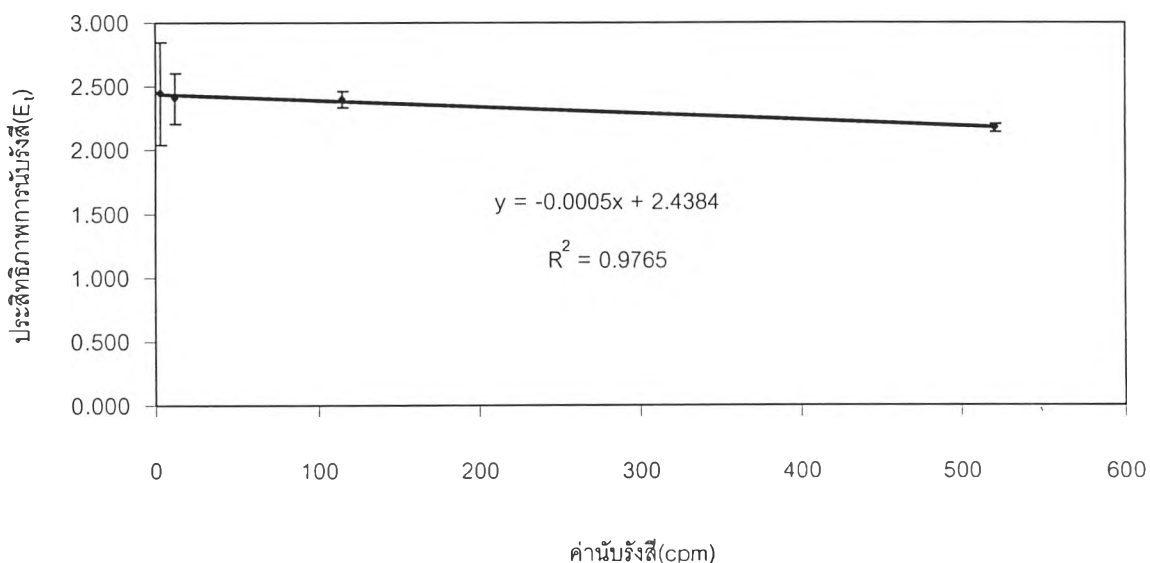
$$Y = -0.0005 X + 2.4384$$

เมื่อ Y = ประสิทธิภาพการวัดรังสีอัลฟาจากเครื่องวัดชนิดซินทิลเลชัน

X = ค่าที่ได้จากการวัดรังสีอัลฟา(cpm)

จากประสิทธิภาพที่คำนวณได้นี้ นำไปหาปริมาณเรดอน-222 ในน้ำได้โดยใช้สมการที่ 8 ตารางที่ 4.4 แสดงค่าประสิทธิภาพการวัดเรดอน-222 จากตัวอย่างมาตรฐานของเรเดียม-226 ความเข้มข้น 0.111, 0.37, 3.7 และ 18.5 Bq/liter

สารรังสีมาตรฐาน Ra-226		ค่าที่ได้จากการวัด cpm	ประสิทธิภาพการสกัด (E _s)	ประสิทธิภาพการวัด (E _v)
Bq/liter	dpm			
0.111	6.66 ± 0.236	3.452 ± 0.170	2.307	2.446 ± 0.398
0.370	22.2 ± 0.430	11.945 ± 0.316	2.155	2.408 ± 0.2
3.7	222 ± 1.360	115.235 ± 0.980	2.193	2.400 ± 0.067
18.5	1110 ± 3.04	520.23 ± 2.082	2.174	2.181 ± 0.033



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่านับรังสีกับค่าประสิทธิภาพการวัดรังสีด้วยเครื่องวัดชนิดซินทิลเลชัน

4.5 การขีดจำกัดต่ำสุดของการวัด (Low Level Detection ; LLD) ¹¹

สูตรการคำนวณค่า LLD (defined by Currie(1968)) ดังนี้

$$LLD = \frac{2.71 + 4.65 \sqrt{C_B T_B}}{60VT_S E_t}$$

จากตารางที่ 4.5 ค่าขีดจำกัดของการวัดเรดอน-222 ในน้ำโดยใช้การสกัดเรดอน-222 ด้วยโทลูอิน และวัดด้วยเครื่องวัดลิวทิลวูดซินทิลเลชัน Wallac Quantulus 1220 มีค่าเฉลี่ย 4.49 มิลลิเบคเคอร์เรลต่อลิตร

ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณหาค่า LLD

T_B = Time measurement (Background)	65	min
T_S = Time measurement (Sample)	240	min
V = Volume Sample	0.5	liter
E = Detection Efficiency	2.402 ± 0.207	

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการคำนวณหาค่า LLD

Background (C_B)	LLD (Bq/liter)
0.402	0.00420
0.526	0.00476
0.486	0.00459
0.456	0.00445
0.367	0.00403
0.523	0.00475
0.504	0.00467
Average 0.00449	

4.6 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 จากตัวอย่างน้ำบาดาล

4.6.1 จากตารางที่ 4.6 ปริมาณเรดอน-222 ในน้ำบาดาลจากจังหวัดขอนแก่น มีค่าระหว่าง 0.056 ± 0.005 ถึง 0.611 ± 0.013 Bq/liter

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำบาดาลจากจังหวัดขอนแก่น

ลำดับ	แหล่งน้ำ	ปริมาณ Rn-222 (Bq/liter)
1	บ้านหนองคิหมี หมู่ 7	0.111 ± 0.004
2	บ้านหนองคิหมี หมู่ 7	0.130 ± 0.004
3	บ้านหนองคิหมี หมู่ 18	0.611 ± 0.013
4	อนามัยหนองบัวคิหมี	0.093 ± 0.003
5	วัดท่าพระแก้ว	0.201 ± 0.005
6	บ้านท่าพระแก้ว	0.256 ± 0.006
7	บ้านสว่างบรรคา	0.182 ± 0.004
8	บ้านหนองแวง	0.139 ± 0.004
9	บ้านหนองไคร่นุ่น	0.102 ± 0.003
10	บ้านหนองไคร่นุ่น	0.202 ± 0.005
11	บ้านสว่างมรรคา	0.056 ± 0.005
12	บ้านสว่างมรรคา	0.071 ± 0.004
13	บ้านสว่างมรรคา	0.202 ± 0.005

4.6.2 ตัวอย่างน้ำบาดาลจากจังหวัดลพบุรี

จากตารางที่ 4.7 ปริมาณเรดอนในน้ำบาดาลในเขตตำบลเขาสามยอด และตำบลทะเลชุบศรจังหวัดลพบุรีมีค่าระหว่าง 0.030 ± 0.006 ถึง 0.727 ± 0.003 Bq/liter ตารางที่ 4.7 แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำบาดาลจากจังหวัดลพบุรี

ลำดับ	แหล่งน้ำ	ปริมาณเรดอน-222 (Bq/liter)
1	บ้านผู้ใหญ่บ้าน หมู่ 2 ต.เขาสามยอด อ.เมือง	0.035 ± 0.004
2	วัดน้ำจั้น หมู่ 2 ต.เขาสามยอด อ.เมือง	0.070 ± 0.004
3	วัดน้ำจั้น หมู่ 2 ต.เขาสามยอด อ.เมือง	0.048 ± 0.005
4	ห่างจากวัดน้ำจั้น 200 m. ต.เขาสามยอด อ.เมือง	0.048 ± 0.005
5	ห่างจากวัดน้ำจั้น 200 m. ต.เขาสามยอด อ.เมือง	0.040 ± 0.005
6	โรงเรียนสระมะเกลือ ต.เขาสามยอด	0.075 ± 0.003
7	โรงเรียนสระมะเกลือ ต.เขาสามยอด	0.042 ± 0.005
8	โรงเรียนสระมะเกลือ ต.เขาสามยอด	0.030 ± 0.006
9	วัดคงสอง หมู่ 2 ต.เขาสามยอด	0.170 ± 0.004
10	วัดคงสอง หมู่ 2 ต.เขาสามยอด	0.248 ± 0.006
11	วัดหนองแวม ต.ทะเลชุบศร อ.เมือง	0.130 ± 0.004
12	น้ำประปาหมู่บ้านน้ำจั้น	0.727 ± 0.003

4.6.3 ตัวอย่างน้ำใต้ดิน(subsurface water) จากจังหวัดบุรีรัมย์

จากตารางที่ 4.8 ปริมาณเรดอนในน้ำใต้ดินจากกิ่งอำเภอแคนดง และอำเภอคูเมือง จังหวัดบุรีรัมย์มีค่าระหว่าง 0.024 ± 0.007 ถึง 0.143 ± 0.004 Bq/liter
 ตารางที่ 4.8 แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างใต้ดินจากจังหวัดบุรีรัมย์

ลำดับ	แหล่งน้ำ	ปริมาณเรดอน-222 (Bq/liter)
1	บ. โนนเทกา ต.บ้านแพ อ.คูเมือง	0.097 ± 0.003
2	บ.งานน้อย กิ่งอ.แคนดง	0.069 ± 0.003
3	บ้านป่าหนาม ต.คง	0.056 ± 0.004
4	บ้านแพ ม.1 ต.บ้านแพ อ.คูเมือง	0.046 ± 0.005
5	บ้านหนองขุนพรหม ต.ประเคียม อ.คูเมือง	0.069 ± 0.003
6	บ้านโนนเทกา ม.1 ต.บ้านแพ อ.คูเมือง	0.039 ± 0.006
7	บ้านหนองขุนพรหม ต.ประเคียม อ.คูเมือง	0.143 ± 0.004
8	บ้านแพ ม.1 ต.บ้านแพ อ.คูเมือง	0.073 ± 0.004
9	บ้านป่าหนาม ต.คงพลวง กิ่งอ.แคนดง	0.035 ± 0.006
10	บ. โนนเทกา ต.บ้านแพ อ.คูเมือง	0.077 ± 0.003
11	บ.งานน้อย ม.12 ต.คงพลวง กิ่งอ.แคนดง	0.028 ± 0.007
12	วัดบ้านห้วยน้อย ต.สระบัว กิ่งอ.แคนดง	0.053 ± 0.004
13	บ้านหนองสรวง ต.สระบัว กิ่งอ.แคนดง	0.027 ± 0.008
14	บ้านห้วยน้อย ม.11 ต.สระบัว กิ่งอ.แคนดง	0.028 ± 0.008
15	บ้านโนนเทกา ต.บ้านแพ อ.คูเมือง	0.033 ± 0.005
16	บ้านหนองสรวง ม.4 ต.สระบัว กิ่งอ.แคนดง	0.049 ± 0.005
17	บ้านห้วยน้อย ต.สระบัว กิ่งอ.แคนดง	0.040 ± 0.005
18	บ้านสระบัว ต.สระบัว กิ่งอ.แคนดง	0.033 ± 0.005
19	บ้านแพ ม.1 ต.บ้านแพ อ.คูเมือง	0.030 ± 0.006
20	บ้านโนนสมบูรณ์ กิ่งอำเภอแคนดง	0.038 ± 0.005
21	บ้านโนนสมบูรณ์ กิ่งอำเภอแคนดง	0.051 ± 0.005
22	บ้านหนองแสง ม.5 กิ่งอ.แคนดง	0.028 ± 0.007
23	บ้านโนนสมบูรณ์ กิ่งอ.แคนดง	0.024 ± 0.007

4.6.4 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 จากตัวอย่างน้ำผิวดิน

จากตารางที่ 4.9 ค่าปริมาณเรดอน-222 ในแหล่งน้ำผิวดินในเขตจังหวัดระยองมีค่าระหว่าง 0.017 ± 0.008 ถึง 0.105 ± 0.004 Bq/liter

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำผิวดินในแม่น้ำจังหวัดระยอง

ลำดับ	แหล่งน้ำ	ปริมาณเรดอน-222 (Bq/liter)
1	คลองโรงน้ำตาล บ้านหนองกร่ำ	0.042 ± 0.005
2	คลองระเวิง	0.023 ± 0.008
3	คลองใหญ่บริเวณรอยต่อ อ.ปลวกแดง อ.บ้านค่าย	0.028 ± 0.007
4	คลองใหญ่ สะพานกรมโยธาธิการ	0.028 ± 0.008
5	คลองใหญ่ สะพานกรมโยธาธิการ 2534	0.105 ± 0.003
6	แม่น้ำระยอง บริเวณสะพานเป็ยมพงศ์สานต์	0.070 ± 0.004
7	แม่น้ำระยอง บริเวณสะพานเฉลิมชัย	0.029 ± 0.006
8	สถานีที่ 1 อ่างศิลา	0.029 ± 0.007
9	สถานีที่ 2 บางแสน	0.041 ± 0.005
10	สถานีที่ 3 หาดวอนนภา	0.027 ± 0.006
11	สถานีที่ 6 สะพานปลาอ่าวอุดม	0.029 ± 0.006
12	สถานีที่ 4 ปากคลองบ้านแหลมฉบัง	0.029 ± 0.007
13	สถานีที่ 8 บ้านโรงโป๊ะ	0.020 ± 0.008
14	สถานีที่ 1 บ้านหนองแพบ	0.034 ± 0.005
15	สถานีที่ 2 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	0.022 ± 0.008
16	สถานีที่ 4 หาดแม่รำพึง	0.018 ± 0.008

4.6.5 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 จากตัวอย่างน้ำพุร้อน

จากตารางที่ 4.10 ค่าปริมาณเรดอน-222 ในน้ำพุร้อนในเขตจังหวัดราชบุรีแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่ 1 บริเวณบ่อพัก มีค่าอยู่ระหว่าง 4.047 ± 0.086 ถึง 6.961 ± 0.144 Bq/liter ส่วนที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 91.647 ± 1.858 ถึง 171.279 ± 2.154 Bq/liter

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำพุร้อนในเขตอำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

ลำดับ	แหล่ง	Bq/liter
1	บ่อพัก ตำแหน่งที่ 1	4.047 ± 0.086
2	บ่อพัก ตำแหน่งที่ 2	4.360 ± 0.092
3	บ่อพัก ตำแหน่งที่ 3	5.050 ± 0.105
4	บ่อพัก ตำแหน่งที่ 4	4.989 ± 0.104
5	บ่อพัก ตำแหน่งที่ 5	6.758 ± 0.140
6	บ่อพัก ตำแหน่งที่ 6	6.963 ± 0.144
7	จากท่อส่งน้ำพุร้อน	$91.647 \pm 1.858^*$
8	จากท่อส่งน้ำพุร้อน	$94.303 \pm 1.922^*$
9	จากท่อส่งน้ำพุร้อน	$193.191 \pm 2.413^*$
10	จากท่อส่งน้ำพุร้อน	$171.279 \pm 2.015^*$

* ค่าค่าประสิทธิภาพการนับรังสี (E_c) คำนวณจากการ extrapolate เส้นกราฟรูปที่ 4.5 เนื่องจากจำนวนนับรังสีสูงกว่าช่วงของกราฟที่ได้ทำการปรับเทียบไว้

4.6.6 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 ในน้ำประปา

จากตารางที่ 4.11 ค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำประปาในเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร มีค่าอยู่ระหว่าง 0.020 ± 0.006 ถึง 0.040 ± 0.006 Bq/liter ตารางที่ 4.11 แสดงค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำประปาห้อง 112 ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทปคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลำดับ	Bq/liter
1	0.026 ± 0.007
2	0.036 ± 0.006
3	0.021 ± 0.007
4	0.032 ± 0.006
5	0.040 ± 0.005
6	0.035 ± 0.006
7	0.025 ± 0.009
8	0.031 ± 0.008
9	0.025 ± 0.007
10	0.020 ± 0.006

4.6.7 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 จากตัวอย่างน้ำฝน

จากตารางที่ 4.12 ค่าปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำฝนในเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร มีค่าอยู่ระหว่าง 0.010 ± 0.018 ถึง 0.026 ± 0.009 Bq/liter

ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำฝนในเขตบางเขน กรุงเทพฯ เก็บตัวอย่างเมื่อ พฤษภาคม ปี 2540

ลำดับ	Bq/liter
1	0.010 ± 0.018
2	0.018 ± 0.011
3	0.023 ± 0.008
4	0.014 ± 0.014
5	0.024 ± 0.008
6	0.019 ± 0.011
7	0.018 ± 0.012
8	0.026 ± 0.009
9	0.019 ± 0.012

4.6.8 ผลการหาปริมาณเรดอน-222 จากตัวอย่างน้ำแร่บรรจุขวด

จากตารางที่ 4.13 ปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำแร่บรรจุขวดขายตามท้องตลาดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.052 ± 0.005 ถึง 0.100 ± 0.004 Bq/liter

ตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำแร่บรรจุขวดขายตามท้องตลาด

ลำดับ	แหล่ง	Bq/liter
1	น้ำแร่ ยี่ห้อที่ 1	0.065 ± 0.004
2	น้ำแร่ ยี่ห้อที่ 1	0.067 ± 0.004
3	น้ำแร่ ยี่ห้อที่ 1	0.052 ± 0.005
4	น้ำแร่ ยี่ห้อที่ 2	0.100 ± 0.004
5	น้ำแร่ ยี่ห้อที่ 2	0.100 ± 0.004
6	น้ำแร่ ยี่ห้อที่ 2	0.091 ± 0.004
7	น้ำแร่ ยี่ห้อที่ 3	0.059 ± 0.005
8	น้ำแร่ ยี่ห้อที่ 3	0.052 ± 0.006
9	น้ำแร่ ยี่ห้อที่ 3	0.057 ± 0.005