

บทที่ 3

ผลและอภิปรายผล

การประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น ของกัมมันตภาพรังสีธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต โดยทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และ ทอเรียม ในตัวอย่างดิน หิน ทรายก่อสร้าง และน้ำผิวดิน มาคำนวณหาค่าปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับ ต่อปี (Effective dose) แล้วนำมาประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น โดยใช้ค่า Hazard Quotient (HQ) ซึ่ง นำเสนอตามหัวข้อดังนี้

- 3.1 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในตัวอย่างดิน
 - 3.2 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในตัวอย่างหิน
 - 3.3 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในตัวอย่างทรายก่อสร้าง
 - 3.4 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพของเรเดียมในตัวอย่างน้ำผิวดิน
- 3.1 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในตัวอย่างดิน**

เมื่อตรวจวัดและวิเคราะห์ความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และ ทอเรียม ในตัวอย่างดิน 20 ตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่จังหวัดภูเก็ต โดยใช้หัววัดรังสีชนิดเรืองแสง (Scintillation detector, NaI(Tl)) นำความเข้มข้นมาคำนวณหาค่าปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับต่อปี (Effective dose) มาประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นโดยใช้ค่า Hazard Quotient (HQ) ซึ่งเปรียบเทียบค่า ปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีไม่เกิน 0.1 mSv (ICRP, 1991) เมื่อ HQ มีค่ามากกว่า 1 แสดงปริมาณ กัมมันตภาพรังสีที่ร่างกายได้รับต่อปีนั้น อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงมากกว่าเกณฑ์ปกติ และ HQ มี ค่าเท่ากับ 1 หรือน้อยกว่า 1 แสดงความปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ได้รับต่อปีมีความเสี่ยงอยู่ใน เกณฑ์ปกติ ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในตัวอย่างดินพื้นที่จังหวัดภูเก็ต

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ			Effective Dose (mSv/y)	Hazard Quotient HQ
		โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)		
กะทู้	So-K1	144	16	0	0.02	0.20
	So-K2	391	40	0	0.04	0.40
	So-K3	521	188	38	0.16	1.60
	So-K4	551	86	0	0.08	0.80
	So-K5	1028	267	340	0.46	4.60
	So-K6	919	245	259	0.03	3.80
	ค่าเฉลี่ย	592±267	140±87	106±124	0.19±0.14	1.90±1.53
เมือง	So-M1	0	131	0	0.07	0.70
	So-M2	564	224	23	0.12	1.20
	So-M3	823	272	141	0.30	3.00
	So-M4	336	205	25	0.15	1.50
	So-M5	1455	160	193	0.31	3.10
	So-M6	221	213	134	0.23	2.30
	So-M7	293	25	65	0.08	0.80
	So-M8	72	18	43	0.05	0.50
	ค่าเฉลี่ย	471±334	156±65	89±48	0.18±0.07	1.80±0.73
ถลาง	So-T1	665	131	71	0.16	1.60
	So-T2	577	157	220	0.28	2.80
	So-T3	0	50	0	0.03	0.30
	So-T4	0	52	0	0.03	0.30
	So-T5	145	68	0	0.11	1.10
	So-T6	0	107	104	0.14	1.40
	ค่าเฉลี่ย	231±249	94±36	66±70	0.11±0.07	1.10±0.76
ค่าเฉลี่ยจังหวัด	435±177	133±38	82±45	0.16±0.05	1.60±0.56	
ค่าเฉลี่ยทั่วโลก	400	35	30	ที่มา UNSCEAR, 2000		

จากตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ของตัวอย่างดิน ในพื้นที่ 3 อำเภอ ได้แก่อำเภอกะตุ๋ อำเภอเมือง และอำเภอกลาง ในจังหวัดภูเก็ต พบว่าความเข้มข้นกัมมันตภาพโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม มีค่าอยู่ในช่วง 0-1455 (เฉลี่ย 435 ± 177), 16-272 (เฉลี่ย 133 ± 38) และ 0-340 (เฉลี่ย 82 ± 45) Bq/kg ตามลำดับ โดยความเข้มข้นกัมมันตภาพโพแทสเซียม-40 สูงสุดพบที่อำเภอเมืองซึ่งมีค่าเท่ากับ 1455 Bq/kg ความเข้มข้นกัมมันตภาพยูเรเนียมสูงสุดที่อำเภอเมืองซึ่งมีค่าเท่ากับ 272 Bq/kg และความเข้มข้นกัมมันตภาพของทอเรียมสูงสุดพบที่อำเภอกะตุ๋ซึ่งมีค่าเท่ากับ 340 Bq/kg เมื่อพิจารณาความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของแต่ละอำเภอ พบว่าความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของโพแทสเซียม-40 ต่ำสุดพบที่อำเภอกลางมีค่าเท่ากับ 232 ± 249 Bq/kg สูงสุดพบที่อำเภอกะตุ๋มีค่าเท่ากับ 592 ± 267 Bq/kg และค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของยูเรเนียมต่ำสุดพบที่อำเภอกลางมีค่าเท่ากับ 94 ± 36 Bq/kg สูงสุดพบที่อำเภอเมืองมีค่าเท่ากับ 156 ± 65 Bq/kg และค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของทอเรียมต่ำสุดพบที่อำเภอกลางมีค่าเท่ากับ 66 ± 70 Bq/kg สูงสุดพบที่อำเภอกะตุ๋มีค่าเท่ากับ 106 ± 124 Bq/kg เมื่อนำค่าความเข้มข้นของกัมมันตภาพเฉลี่ยที่วัดจากตัวอย่างดิน เปรียบเทียบกับความเข้มข้นกัมมันตภาพโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียมจากดินทั่วโลกซึ่งเท่ากับ 400, 35, 30 Bq/kg ตามลำดับ พบว่าความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของความเข้มข้นกัมมันตภาพโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียมของตัวอย่างดินมีค่าเท่ากับ 435 ± 177 , 133 ± 38 และ 82 ± 45 Bq/kg ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากทั่วโลก

จากความเข้มข้นของกัมมันตภาพสูงสุด ในตัวอย่างดินของโพแทสเซียม-40 และยูเรเนียม พบที่อำเภอเมือง ส่วนทอเรียมสูงสุดพบที่อำเภอกะตุ๋ เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะทางธรณีวิทยาของจังหวัดภูเก็ตทั้งสองอำเภอจะมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นหินอัคนี ซึ่งมีปริมาณกัมมันตภาพรังสีสูง และหินยังเป็นวัตถุต้นกำเนิดของดินจึงทำให้ดินในพื้นที่ดังกล่าวมีปริมาณกัมมันตภาพรังสีสูงด้วย

จากตาราง 6 พบว่าค่า $HQ > 1$ เป็นปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างดินที่ร่างกายได้รับต่อปีนั้นอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงเกินเกณฑ์ปกติ ซึ่งในอำเภอกะตุ๋ อำเภอเมือง และอำเภอกลางคิดเป็นความเสี่ยงร้อยละ 50.00, 62.5 และ 66.67 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า HQ ของอำเภอกลาง อำเภอเมือง อำเภอกะตุ๋ มีค่าเท่ากับ 1.10 ± 0.76 , 1.80 ± 0.73 และ 1.90 ± 1.53 ตามลำดับ ซึ่งจากค่า HQ ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ได้รับต่อปีในตัวอย่างดินอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงเกินเกณฑ์ปกติ โดยที่ค่า HQ สูงสุดเท่ากับ 4.60 พบที่อำเภอกะตุ๋ แสดงถึงความเสี่ยงสูงสุดของพื้นที่ ค่า HQ ต่ำสุดพบที่อำเภอกะตุ๋ และค่า HQ เฉลี่ยของจังหวัดซึ่งเท่ากับ 1.60 ± 0.56

นั่นคือปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างดินที่ร่างกายได้รับต่อปี ของประชาชนทั้งจังหวัดภูเก็ตนั้น อยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงเกินเกณฑ์ปกติ

3.2 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในตัวอย่างหิน

การวิเคราะห์ความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในตัวอย่างหิน 14 ตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่จังหวัดภูเก็ต โดยใช้หัววัดรังสีชนิดเรืองแสง (Scintillation detector, NaI(Tl)) นำความเข้มข้นมาคำนวณหาค่าปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับต่อปี แล้วนำมาประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นใช้ค่า Hazard Quotient (HQ) โดยเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี ไม่เกิน 0.1 mSv (ICRP, 1991) เมื่อ HQ มีค่ามากกว่า 1 แสดงปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ได้รับที่ร่างกายได้รับต่อปี (Effective dose) นั้นอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงเกินเกณฑ์ปกติ และ HQ มีค่าเท่ากับ 1 หรือน้อยกว่า 1 แสดงปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ได้รับต่อปีนั้นมีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ของตัวอย่างหินในจังหวัดภูเก็ต

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ			Effective Dose (mSv/y)	Hazard Quotient HQ
		โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)		
กะทู้	Ro-K1	615	143	0	0.11	1.10
	Ro-K2	648	202	132	0.24	2.40
	Ro-K3	990	245	207	0.34	3.40
	Ro-K4	769	372	323	0.49	4.90
	ค่าเฉลี่ย	756±168	240±96	166±134	0.30±0.17	3.00±1.84
เมือง	Ro-M1	709	178	85	0.20	2.00
	Ro-M2	1031	125	112	0.21	2.10
	Ro-M3	0	2	38	0.03	0.30
	Ro-M4	1186	220	266	0.38	3.80

ตาราง 7 (ต่อ)

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ			Effective Dose (mSv/y)	Hazard Quotient HQ
		โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)		
	Ro-M5	1358	180	270	0.37	3.70
	Ro-M6	555	30	0	0.05	0.50
	ค่าเฉลี่ย	806±370	108±72	129±93	0.20±0.08	2.00±0.84
กลาง	Ro-T1	1031	104	255	0.3	3.00
	Ro-T2	1679	1	0	0.09	0.90
	Ro-T3	1056	287	295	0.44	4.40
	Ro-T4	627	9	27	0.06	0.60
	ค่าเฉลี่ย	1098±430	100±132	144±150	0.22±0.09	2.20±0.93
	ค่าเฉลี่ยจังหวัด	875±208	150±56	144±65	0.24±0.06	2.40±0.67
	ค่าเฉลี่ยทั่วโลก	370	35	35	ที่มา UNSCEAR, 1988	

จากตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นกัมมันตภาพโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ของตัวอย่างหิน ในพื้นที่ 3 อำเภอ ได้แก่อำเภอกะทู้ อำเภอเมือง และอำเภอดกลาง ในจังหวัดภูเก็ต พบว่าความเข้มข้นกัมมันตภาพโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม มีค่าอยู่ในช่วง 0-1679 (เฉลี่ย 875±208), 1-372 (เฉลี่ย 150±56) และ 0-323 (เฉลี่ย 122±65) Bq/kg ตามลำดับ โดยความเข้มข้นกัมมันตภาพโพแทสเซียม-40 สูงสุดพบที่อำเภอดกลางซึ่งมีค่าเท่ากับ 1679 Bq/kg ความเข้มข้นกัมมันตภาพยูเรเนียมสูงสุดพบที่อำเภอกะทู้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 372 Bq/kg และความเข้มข้นกัมมันตภาพทอเรียมสูงสุดพบที่อำเภอกะทู้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 323 Bq/kg เมื่อพิจารณาความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของแต่ละอำเภอ พบว่าค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของโพแทสเซียม-40 ต่ำสุดพบที่อำเภอกะทู้มีค่าเท่ากับ 755±168 Bq/kg สูงสุดพบที่อำเภอดกลางมีค่าเท่ากับ 1098±430 Bq/kg ความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของยูเรเนียมต่ำสุดพบที่อำเภอดกลางมีค่าเท่ากับ 100±132 Bq/kg สูงสุดพบที่อำเภอกะทู้มีค่าเท่ากับ 240±96 Bq/kg และความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของทอเรียมต่ำสุดพบที่อำเภอเมืองมีค่าเท่ากับ 129±93 Bq/kg สูงสุดพบที่อำเภอกะทู้มีค่าเท่ากับ 166±134 Bq/kg เมื่อนำค่ากัมมันตภาพรังสีที่วัดจากตัวอย่างหิน เปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียมของหินทั่วโลกซึ่งมีค่าเท่ากับ 370, 35 และ

35 Bq/kg (UNSCEAR, 1988) พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของนิวไคลด์กัมมันตภาพรังสีทั้ง 3 นิวไคลด์ของตัวอย่างหินทั้งหมดของจังหวัดภูเก็ตสูงกว่าค่าเฉลี่ยหินจากทั่วโลก

จากตาราง 7 พบว่าค่า $HQ > 1$ เป็นปริมาณกัมมันตภาพรังสีในหินที่ร่างกายได้รับต่อปีนั้นอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงมากกว่าเกณฑ์ปกติซึ่งพบในอำเภอถลาง อำเภอกะทู้ และอำเภอเมือง คิดเป็นความเสี่ยงร้อยละ 50.00, 83.33 และ 100 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า HQ เฉลี่ยของอำเภอเมือง อำเภอถลาง และอำเภอกะทู้ และมีค่าเท่ากับ 2.00 ± 0.84 , 2.20 ± 0.93 และ 3.00 ± 1.84 ตามลำดับ โดยมีค่า HQ สูงสุดเท่ากับ 4.90 พบที่อำเภอกะทู้ แสดงถึงความเสี่ยงสูงสุดในพื้นที่นั้น และ HQ ต่ำสุดเท่ากับ 0.30 ที่อำเภอเมือง และจากค่า HQ เฉลี่ยทั้งจังหวัดซึ่งเท่ากับ 2.40 ± 0.67 นั่นคือปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างหินที่ร่างกายได้รับต่อปีของประชาชนทั้งจังหวัดภูเก็ตนั้นอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงเกินเกณฑ์ปกติ

ตาราง 8 ความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีธรรมชาติ โพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียมในตัวอย่างหิน

อำเภอ	Sample No	พิกัด		ความเข้มข้น			ชนิดหิน
		X	Y	K (%)	U (ppm eU)	Th (ppm)	
กะทู้	Ro-K1	421562	875227	2	11	0	หินแกรนิต
	Ro-K2	421517	875218	3	16	33	หินแกรนิต
	Ro-K3	422575	875086	3	20	51	หินแกรนิต (ผุ)
	Ro-K4	420424	877373	3	30	80	แร่ควอตซ์
เมือง	Ro-M1	423436	858290	2	14	21	หินแกรนิต (ผุ)
	Ro-M2	422418	896278	3	10	28	หินแกรนิต
	Ro-M3	431109	880405	0	0	9	หินตะกอน
	Ro-M4	431556	877561	4	18	66	หินดินดาน
	Ro-M5	432035	872353	4	15	67	หินแกรนิต (ผุ)
	Ro-M6	434158	862901	2	2	0	หินแปร

ตาราง 8 (ต่อ)

อำเภอ	Sample No	พิกัด		ความเข้มข้น			ชนิดหิน
		X	Y	K (%)	U (ppm eU)	Th (ppm)	
ถลาง	Ro-T1	420569	881051	4	8	63	หินแกรนิต
	Ro-T2	424125	884250	6	0	0	หินแกรนิต (ผุ)
	Ro-T3	426006	894341	4	23	73	หินแกรนิต (ผุ)
	Ro-T4	434267	888662	2	1	7	หินปูน
	ค่าเฉลี่ยจังหวัด			3±1	12±5	36±16	
	ค่าเฉลี่ยหินแกรนิตทั่วโลก			3.3-3.5	4-5	15-18	ที่มา Faure (1986)

จากตาราง 8 ความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสียูเรเนียมในหินชนิดต่าง ๆ มีค่าอยู่ในช่วง 0-30 ppm eU ความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสียูเรเนียมสูงสุดมีค่าเท่ากับ 30 ppm eU สูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลก (4.8 ppm eU) ถึง 6 เท่าพบในอำเภอกะทู้ ซึ่งเป็นแร่ควอตซ์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12±5 ppm eU สูงกว่าค่าเฉลี่ยหินแกรนิตของโลก (4.8 ppm eU) ถึง 3 ความเข้มข้นสารกัมมันตรังสีโทรมียมในหินชนิดต่าง ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-80 ppm ความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 80 สูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลก (17 ppm) ถึง 4 เท่าพบในอำเภอกะทู้ ซึ่งเป็นแร่ควอตซ์ ความเข้มข้นสารกัมมันตรังสีโพแทสเซียมในหินชนิดต่าง ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-6 ppm ความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 6 พบในอำเภอถลาง ซึ่งเป็นหินแกรนิต อำเภอกะทู้เป็นพื้นที่ที่พบกัมมันตภาพรังสียูเรเนียมและโทรมียมสูงที่สุดเนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาหินแกรนิต และแร่ควอตซ์เป็นแร่ประกอบหินแกรนิต ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจวัดความเข้มข้นยูเรเนียมของหินแกรนิตในจังหวัดสงขลา พัทลุง ปัตตานี (สุขสวัสดิ์ ศิริจารุกุล, 2537) พบความเข้มข้นของยูเรเนียมในหินแกรนิตขนาด 18.43 ppm eU มีค่าสูงกว่าปริมาณยูเรเนียมเฉลี่ยในหินแกรนิตทั่วไปคือ 4.8 ppm eU ถึง 4 เท่า

3.3 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และโทรมียม ในตัวอย่างทรายก่อสร้าง

การวิเคราะห์ความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และโทรมียม ในตัวอย่างทรายก่อสร้าง 24 ตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่จังหวัดภูเก็ต โดยใช้ห้วงรังสีชนิดเรืองแสง

(Scintillation detector, NaI(Tl)) มาคำนวณหาค่าปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับต่อปี (Effective dose) แล้วนำมาประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นใช้ค่า Hazard Quotient (HQ) โดยเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีไม่เกิน 0.1 mSv (ICRP, 1991) เมื่อ HQ มีค่ามากกว่า 1 แสดงปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ได้รับที่ร่างกายได้รับต่อปีนั้นอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงมากกว่าเกินปกติ และ HQ มีค่าเท่ากับ 1 หรือน้อยกว่า 1 แสดงปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ได้รับต่อปีนั้น มีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในตัวอย่างทรายก่อสร้างของจังหวัดภูเก็ต

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ			Effective Dose (mSv/y)	Hazard Quotient HQ
		โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)		
กะทู้	Sa-K1	173	69	14	0.1	1.00
	Sa-K2	185	74	44	0.16	1.60
	Sa-K3	10	15	21	0.04	0.40
	Sa-K4	379	93	132	0.32	3.20
	Sa-K5	31	36	54	0.12	1.20
	Sa-K6	31	91	0	0.11	1.10
	Sa-K7	113	98	77	0.22	2.20
	Sa-K8	67	27	39	0.09	0.90
	ค่าเฉลี่ย	124±85	63±22	48±29	0.15±0.06	1.50±0.62
เมือง	Sa-M1	0	14	0	0.01	0.10
	Sa-M2	147	75	4	0.1	1.00
	Sa-M3	13	62	0	0.03	0.30
	Sa-M4	136	83	0	0.11	1.10
	Sa-M5	0	18	0	0.02	0.20
	Sa-M6	158	58	0	0.08	0.80
	Sa-M7	46	11	16	0.04	0.40
	Sa-M8	219	26	0	0.05	0.50

ตาราง 9 (ต่อ)

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ			Effective Dose (mSv/y)	Hazard Quotient HQ
		โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)		
	Sa-M9	34	91	0	0.11	1.10
	Sa-M10	150	142	78	0.28	2.80
	ค่าเฉลี่ย	90±49	58±26	10±15	0.09±0.05	0.90±0.49
กลาง	Sa-T1	0	11	0	0.01	0.10
	Sa-T2	0	20	0	0.02	0.20
	Sa-T3	165	129	8	0.17	1.70
	Sa-T4	69	27	24	0.07	0.70
	Sa-T5	0	11	0	0.01	0.10
	Sa-T6	0	2	0	0.00	0.00
	ค่าเฉลี่ย	39±55	33±39	5±8	0.05±0.06	0.50±0.53
	ค่าเฉลี่ยจังหวัด	89±38	51±6	21±14	0.09±0.03	0.90±0.34
	ค่าเฉลี่ยทั่วโลก	400	40	40	ที่มา UNSCEAR, 2000	

จากตาราง 9 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ของตัวอย่างทรายก่อสร้าง ในพื้นที่ 3 อำเภอ ได้แก่อำเภอกะทู้ อำเภอเมือง และอำเภอกลาง ในจังหวัดภูเก็ต พบว่าความเข้มข้นกัมมันตภาพโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม มีค่าอยู่ในช่วง 0-379 (เฉลี่ย 89±38), 2-142 (เฉลี่ย 51±6) และ 0-132 (เฉลี่ย 21±14) Bq/kg ตามลำดับ โดยความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 สูงสุดพบที่อำเภอกะทู้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 379 Bq/kg ความเข้มข้นกัมมันตภาพของยูเรเนียมสูงสุดพบที่อำเภอเมืองซึ่งมีค่าเท่ากับ 142 Bq/kg ความเข้มข้นกัมมันตภาพของทอเรียมสูงสุดพบที่อำเภอกะทู้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 132 Bq/kg เมื่อพิจารณาความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของแต่ละอำเภอ พบว่าความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของโพแทสเซียม-40 ต่ำสุดพบที่อำเภอกลางมีค่าเท่ากับ 39±55 Bq/kg สูงสุดพบที่อำเภอกะทู้มีค่าเท่ากับ 124±85 Bq/kg ความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของยูเรเนียมต่ำสุดพบที่อำเภอกลางมีค่าเท่ากับ 33±39 Bq/kg สูงสุดพบที่อำเภอกะทู้มีค่าเท่ากับ 63±22 Bq/kg และความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของทอเรียมต่ำสุดพบที่อำเภอกลางมีค่าเท่ากับ 5±8 Bq/kg สูงสุดพบที่อำเภอกะทู้มีค่าเท่ากับ 48±29 Bq/kg เมื่อนำค่าความ

เข้มข้นกัมมันตภาพสูงสุดจากตัวอย่างทรายก่อสร้าง เปรียบเทียบกับความเข้มข้นกัมมันตภาพของ โปแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียมของทรายก่อสร้างทั่วโลก (UNSCEAR, 1988) พบว่าความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของโปแทสเซียม-40 มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของโลก (400 Bq/kg) ความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของยูเรเนียมที่มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของโลก (40 Bq/kg) พบที่อำเภอกะทู้ และอำเภอเมือง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 63 ± 22 และ 58 ± 26 Bq/kg และความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยทอเรียมสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลก (40 Bq/kg) พบที่อำเภอ กะทู้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 48 ± 29 Bq/kg

จากตาราง 9 พบว่าค่า $HQ > 1$ เป็นปริมาณกัมมันตภาพรังสีในทรายก่อสร้างที่ร่างกายได้รับต่อปีนั้นอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงมากกว่าเกณฑ์ปกติพบในอำเภอเมือง อำเภอกลาง อำเภอกะทู้ และคิดเป็นความเสี่ยงร้อยละ 16.67, 40.00 และ 62.50 เมื่อพิจารณาค่า HQ ของอำเภอเมือง อำเภอเมือง และอำเภอกะทู้มีค่าเท่ากับ 0.50 ± 0.53 , 0.90 ± 0.49 และ 1.50 ± 0.62 ตามลำดับ โดยค่า HQ สูงสุดเท่ากับ 3.20 พบที่อำเภอกะทู้ และ HQ ต่ำสุดเท่ากับ 0 พบที่อำเภอเมือง มีเพียงอำเภอกะทู้เท่านั้นที่ค่า $HQ > 1$ ซึ่งจากค่า HQ ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างทรายก่อสร้างอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงมากกว่าเกณฑ์ปกติ และจากค่า HQ ของทั้งจังหวัดซึ่งเท่ากับ 0.90 ± 0.34 นั่นคือปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างทรายก่อสร้างที่ร่างกายได้รับต่อปีของประชาชนทั้งจังหวัดกึ่งต้นอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ปกติ

3.4 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพเรเดียมในตัวอย่างน้ำผิวดิน

หลังจากตรวจวัดและวิเคราะห์ความเข้มข้นเรเดียมในตัวอย่างน้ำผิวดิน 21 ตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่จังหวัดภูเก็ต โดยใช้หัววัดสารกึ่งตัวนำ (HPGe) นำมาหาค่าปริมาณเรเดียมที่ได้รับต่อปี แล้วนำมาประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นใช้ค่า Hazard Quotient (HQ) โดยเปรียบเทียบกับปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ได้รับต่อปีในผู้ใหญ่ไม่เกิน $8 \mu\text{Sv}$ (UNSCEAR, 2000) เมื่อ HQ มีค่ามากกว่า 1 แสดงปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ได้รับ นั่นอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงมากกว่าเกณฑ์ปกติ และ HQ มีค่าน้อยกว่า 1 หรือเท่ากับ 1 แสดงปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ได้รับนั้นมีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 ผลการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของความเข้มข้นกัมมันตภาพเรเดียมในตัวอย่างน้ำผิวดินพื้นที่จังหวัดภูเก็ต

อำเภอ	Sample No	ความเข้มข้นกัมมันตภาพ ของเรเดียม (mBq/l)	Effective Dose (μ Sv /y)	Hazard Quotient (HQ)
กะทู้	We-K1	16	3.20	0.40
	We-K2	6	1.20	0.15
	We-K3	0	0	0
	We-K4	8	1.60	0.20
	We-K5	46	9.40	1.18
	We-K6	23	4.20	0.53
	ค่าเฉลี่ย	16 \pm 13	3.40 \pm 2.70	0.43 \pm 0.34
เมือง	We-M1	70	14.00	1.75
	We-M2	0	0	0
	We-M3	6	1.20	0.15
	We-M4	5	1.00	0.13
	We-M5	16	3.20	0.40
	We-M6	70	14.00	1.75
	We-M7	0	0	0
	ค่าเฉลี่ย	24 \pm 24	4.90 \pm 2.54	0.62 \pm 0.60
ถลาง	We-T1	20	4.1	0.52
	We-T2	6	1.2	0.15
	We-T3	11	2.2	0.28
	We-T4	9	1.8	0.23
	We-T5	30	6.1	0.76
	We-T6	4	0.8	0.10
	We-T7	6	1.2	0.15
	We-T8	0	0	0
	ค่าเฉลี่ย	11 \pm 7	2.2 \pm 1.4	0.28 \pm 0.17
ค่าเฉลี่ยของจังหวัด	17 \pm 3	3.4 \pm 1.12	0.43 \pm 0.23	

จากข้อมูลที่แสดงในตาราง 10 เป็นผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นกัมมันตภาพเรเดียมในตัวอย่งน้ำผิวดิน พบว่าความเข้มข้นกัมมันตภาพของเรเดียมสูงสุดเท่ากับ 70 mBq/l พบในอำเภอเมือง และความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 24 ± 24 mBq/l อยู่ในอำเภอเมือง เมื่อพิจารณาความเข้มข้นกัมมันตภาพของเรเดียมในอำเภอกะทู้ มีความเข้มข้นกัมมันตภาพสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 46 และ 6 mBq/l ความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยเท่ากับ 16 ± 13 mBq/l ในอำเภอเมืองความเข้มข้นกัมมันตภาพสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 5 และ 70 mBq/l ความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยเท่ากับ 24 ± 24 mBq/l และในอำเภอถลางความเข้มข้นกัมมันตภาพสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 30 และ 4 mBq/l และความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยเท่ากับ 11 ± 7 mBq/l และความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยทั้งจังหวัดเท่ากับ 17 ± 3 mBq/l

จากตาราง 10 พบว่าจำนวนตัวอย่างที่มีค่า $HQ > 1$ นั้นมีเพียง 3 ตัวอย่างคิดเป็นความเสี่ยงร้อยละ 14.67 ซึ่งพบในอำเภอเมือง และอำเภอกะทู้ แต่จากค่า HQ เฉลี่ยของจังหวัด $HQ < 1$ นั้นคือมีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตาราง 11 ความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในตัวอย่างดิน หิน ทรายก่อสร้าง และน้ำผิวดิน พื้นที่จังหวัดภูเก็ต

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ย			Hazard Quotient (HQ)
	โพแทสเซียม-40 (Bq/kg)	ยูเรเนียม (Bq/kg)	ทอเรียม (Bq/kg)	
ดิน	435 ± 177	133 ± 38	82 ± 45	1.60 ± 0.56
หิน	875 ± 208	150 ± 56	144 ± 65	2.40 ± 0.67
ทรายก่อสร้าง	89 ± 38	51 ± 6	21 ± 14	0.90 ± 0.34
น้ำผิวดิน	เรเดียม = 17 ± 3 (mBq/l)			0.43 ± 0.23

จากตาราง 11 พบว่าความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียมในตัวอย่างหินมีค่าสูงสุดซึ่งเท่ากับ 875 ± 208 , 150 ± 56 และ 144 ± 65 Bq/kg ตามลำดับ และความเข้มข้นกัมมันตภาพเฉลี่ยของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียมในตัวอย่างทรายก่อสร้างมีค่าต่ำสุดซึ่งเท่ากับ 89 ± 38 , 51 ± 6 และ 21 ± 14 Bq/kg ตามลำดับ

จากการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นโดยใช้ค่า HQ พบว่าตัวอย่างที่วิเคราะห์ทั้งดิน หิน ทรายก่อสร้าง และน้ำผิวดิน มีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่า HQ สูงสุดมีค่าเท่ากับ

4.90 ในตัวอย่างหิน ที่อำเภอกะทู้ และค่า HQ ต่ำสุดเท่ากับ 0 ในตัวอย่างทรายก่อสร้างพบที่อำเภอถลาง ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างทั้งหมดพบว่าตัวอย่างหินมีการปนเปื้อนมากที่สุด

จากการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของกัมมันตภาพรังสีเรเดียมในน้ำนั้น พบพื้นที่ที่มีความเสี่ยงมากกว่าเกณฑ์ปกติเป็นบ่อน้ำสาธารณะของเทศบาลเมืองภูเก็ต (HQ=1.75) ซึ่งบ่อน้ำแห่งนี้ประชาชนจะมาสูบน้ำเพื่อไปขายตามหมู่บ้านต่าง ๆ จึงมีการกระจายของกัมมันตภาพรังสีเรเดียมได้ และบ่อน้ำที่โรงเรียนบ้านกมลาค่า HQ>1 (1.18) ซึ่งเด็กมีความเสี่ยงต่อการได้รับรังสีมากกว่าผู้ใหญ่เพราะเซลล์กำลังเจริญเติบโต ฉะนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงต้องวางมาตรการป้องกันด้วย