

การประเมินหาขอบเขตพื้นที่ควบคุมสำหรับโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยเบื้องต้น:
กรณีศึกษาจังหวัดสุราษฎร์ธานีและอุบลราชธานี

นางสาวนิธิมา หล่อใจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

PRELIMINARY EVALUATION OF RESTRICTED ZONES FOR THAILAND NUCLEAR
POWER PLANT PROGRAM: CASE STUDIES OF SURAT THANI AND UBON
RATCHATHANI PROVINCES

Miss Nithima Lojai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Nuclear Engineering
Department of Nuclear Technology
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2012
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินหาขอบเขตพื้นที่ควบคุมสำหรับโครงการ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยเบื้องต้น: กรณีศึกษา จังหวัดสุราษฎร์ธานีและอุบลราชธานี
โดย	นางสาวนิธิมา หล่อใจ
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุลยพงศ์ วงศ์แสง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศฤทธิ์วงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สมยศ ศรีสถิตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุลยพงศ์ วงศ์แสง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.อุริช อัสชโคสิต)

นิธิมา หล่อใจ : การประเมินหาขอบเขตพื้นที่ควบคุมสำหรับโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยเบื้องต้น: กรณีศึกษาจังหวัดสุราษฎร์ธานีและอุบลราชธานี. (PRELIMINARY EVALUATION OF RESTRICTED ZONES FOR THAILAND NUCLEAR POWER PLANT PROGRAM: CASE STUDIES OF SURAT THANI AND UBON RATCHATHANI PROVINCES) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. ดุลยพงศ์ วงศ์แสง จำนวนหน้า, 257 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในสถานที่ตั้งที่คาดว่าจะมีการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของประเทศไทยในอนาคต โดยอ้างอิงกฎเกณฑ์ของคณะกรรมการกำกับดูแลนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา (U.S.NRC) ในการประเมินขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB) และพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) จากข้อกำหนดตามเอกสารการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ (Design Control Document; DCD) และการจำลองการแพร่กระจายโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot ที่ประยุกต์การใช้สมการเกาส์เซียน พลุ่มในการวิเคราะห์ปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับปริมาณรังสีสมมุติที่ร่างกายได้รับทั้งหมด (TEDE) ที่ระยะ EAB และ LPZ ต้องไม่เกิน 25 เร็ม (0.25 ซีเวิร์ต) ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง และ 30 วันตลอดเวลาที่กลุ่มควันทันตัมรังสีเคลื่อนตัวผ่านตามลำดับ โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ที่ได้รับการรับรองจาก U.S.NRC ได้แก่ AP-1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ 1 ใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงและกรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลสถิติอุตุนิยมนิวทริกาที่ใกล้ที่สุด ผลการศึกษาสรุปว่า พื้นที่ศึกษาสุราษฎร์ธานีและอุบลราชธานีผ่านเกณฑ์ของ U.S.NRC ในทุกด้านที่เกี่ยวกับการประเมิน EAB และ LPZ โดยไม่มีศูนย์กลางประชากรมากถึง 25,000 คน ตลอดอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จากการคาดประมาณประชากรเป็นเวลา 60 ปีโดยเริ่มศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 และจากการเปรียบเทียบผลกระทบทางรังสีที่เกิดขึ้นต่อประชาชนรอบพื้นที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์จากทั้งสองกรณีพบว่า พื้นที่ศึกษาที่ได้รับผลกระทบจริงในกรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลอุตุนิยมนิวทริกาอายุ 31 ปี ลมหลักของพื้นที่ศึกษาทั้งสองจะพัดไปในทิศที่ไม่มีแหล่งชุมชนตั้งอยู่ จึงทำให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงนั้นถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1

ภาควิชา วิศวกรรมนิวเคลียร์ ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2555

5370268021 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEYWORDS : EXCLUSION AREA / LOW POPULATION ZONE / NUCLEAR POWER PLANT

NITHIMA LOJAI : PRELIMINARY EVALUATION OF RESTRICTED ZONE FOR THAILAND NUCLEAR POWER PLANT PROGRAM: CASE STUDIES OF SURAT THANI AND UBON RATCHATHANI PROVINCES. ADVISOR : DOONYAPONG WONGSAWAENG Ph.D, 257 pp.

The objective of this study was to evaluate the restricted zones of nuclear power plants at the potential sites of Thailand's future nuclear power plant constructions. The regulations of U.S. Nuclear Regulatory Commission (U.S. NRC) were adopted for the evaluation of Exclusion Area Boundary (EAB) and Low Population Zone (LPZ). Calculations were based on Design Control Documents (DCD) and the plume dispersion computer code, Hotspot, which implemented the Gaussian plume model in analyzing the Total Effective Dose Equivalent (TEDE). The TEDEs at the EAB and LPZ distances must not exceed 25 Rem (0.25 Sv) within 2 hours and 30 days, respectively, of radioactive plume passing by. Reactors approved by the U.S. NRC, which were AP-1000, US-APWR, U.S. EPR and ESBWR, were analyzed for two cases. The first case utilized severe impact input parameters, while the second case utilized real meteorological data from the nearest metrological station. Results revealed that both Surat Thani and Ubon Ratchathani sites passed every aspect of U.S. NRC's regulations related to EAB and LPZ evaluations, without any population center exceeding 25,000 people for the life of the nuclear power stations, based on estimation of population numbers up to 60 years starting from B.E. 2554. Comparison of radiological impacts on population surrounding the power plants for both cases revealed that for the case using real meteorological data from the past 31 years, the wind would prevail in the direction with no population center present, thus, the actual impact would be very low compared to the first case.

Department : Nuclear Engineering Student's Signature

Field of Study : Nuclear Technology Advisor's Signature

Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ให้ความอนุเคราะห์ทั้งด้านทุนการศึกษา และข้อมูลเพื่อประกอบงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศุภยพงศ์ วงศ์แสวง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และประสบการณ์ต่างๆ แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมนิเวศเคัลยร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้คำแนะนำและสนับสนุนในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ศ.ดร.ปราโมทย์ ปราสาทกุล แห่งสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล และพี่ๆ จากวิทยาลัยประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความรู้ และคำแนะนำเกี่ยวกับการคาดประมาณประชากร จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่คอยอบรมสั่งสอน ชี้แนะให้กำลังใจต่อทุกสิ่งทุกอย่างโดยดีเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	4
2.2 การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศ.....	41
2.3 โปรแกรม Hotspot Health Physics Codes	56
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	57
บทที่ 3 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา.....	59
3.1 ที่ตั้งและแนวเขตปกครอง.....	59
3.2 สถานภาพของพื้นที่ศึกษา.....	60
3.3 การศึกษาด้านประชากร.....	71
3.4 สภาพอุตุนิยมวิทยา.....	104
บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	108
4.1 การคำนวณปริมาณรังสี ณ ขอบเขตพื้นที่ควบคุมตามข้อมูลการออกแบบเพื่อ ป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน (DBA LOCA).....	108

4.2 การจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี.....	110
4.3 การศึกษาประชากรรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์.....	117
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	118
5.1 ผลการคำนวณขอบเขตพื้นที่หวงห้ามตามข้อมูลการออกแบบเพื่อป้องกัน อุบัติเหตุขั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียระบายความร้อน (DBA LOCA).....	118
5.2 ผลการจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี.....	119
5.3 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ.....	137
5.4 ผลการศึกษาประชากรรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์.....	146
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	167
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	167
6.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	172
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	174
รายการอ้างอิง.....	175
ภาคผนวก.....	180
ภาคผนวก ก.....	181
ภาคผนวก ข.....	187
ภาคผนวก ค.....	195
ภาคผนวก ง.....	203
ภาคผนวก จ.....	207
ภาคผนวก ฉ.....	225
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	257

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กฎเกณฑ์และข้อบังคับของ U.S. NRC เกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์.....	9
2.2	อาการที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับรังสีในเวลาช่วงสั้นของปริมาณระดับรังสีต่างๆ กัน	13
2.3	ธาตุที่เกิดจากปฏิกิริยาแตกตัวในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์.....	14
2.4	การจำแนกประเภทของอุบัติเหตุตามคณะกรรมการกำกับความปลอดภัยนิวเคลียร์ แห่งสหรัฐอเมริกา.....	20
2.5	เปรียบเทียบข้อแนะนำในการวิเคราะห์หาปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับรอบ ขอบเขตพื้นที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์.....	21
2.6	ขีดจำกัดปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับรอบขอบเขตพื้นที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์.....	21
2.7	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละช่วงเวลา.....	25
2.8	แฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสี (Dose Conversion Factor)	27
2.9	องค์ประกอบของไอโซโทปรังสีที่ถูกปลดปล่อยออกจากแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์.....	30
2.10	ปริมาณสัดส่วนของ Core Inventory ที่ถูกปล่อยออกมาที่อาคารคลุมปฏิกรณ์ ตาม RG 1.183.....	30
2.11	เปรียบเทียบหลักการปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีในเครื่องปฏิกรณ์.....	31
2.12	สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่อง ปฏิกรณ์แบบ AP-1000.....	32
2.13	สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่อง ปฏิกรณ์แบบ US-APWR.....	34
2.14	สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่อง ปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR.....	36
2.15	สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่อง ปฏิกรณ์แบบ ESBWR.....	39
2.16	ประเภทของเสถียรภาพชั้นบรรยากาศตามข้อแนะนำ Regulatory Guide 1.23.....	53
2.17	ตัวอย่างการรวมการแจกแจงความถี่ของทิศทางและความเร็วลมกับเสถียรภาพ บรรยากาศระดับต่างๆ.....	54

ตารางที่	หน้า	
3.1	รายละเอียดสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้สำหรับการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย.....	61
3.2	การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบพื้นที่ศึกษา.....	62
3.3	จำนวนประชากรระดับหมู่บ้านภายในพื้นที่คันธูลี 5 และ 10 กิโลเมตร.....	75
3.4	สถานที่สำคัญพื้นที่คันธูลีภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตร.....	76
3.5	จำนวนประชากรระดับหมู่บ้านพื้นที่สิรินธรภายใน 5 และ 10 กิโลเมตร	77
3.6	สถานที่สำคัญพื้นที่สิรินธรภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตร	78
3.7	จำนวนประชากรของคันธูลีภายในรัศมี 50 กิโลเมตร.....	79
3.8	จำนวนประชากรของสิรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร.....	82
3.9	ประชากรชั่วคราวของพื้นที่ศึกษาภายในรัศมี 50 กม.....	87
3.10	ประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ของพื้นที่ศึกษาภายในรัศมี 50 กม.....	87
3.11	ข้อมูลประชากรภายในพื้นที่ศึกษา 50 กิโลเมตร ตั้งแต่ พ.ศ.2544-2554.....	88
3.12	สรุปเปรียบเทียบจำนวนประชากรภายในพื้นที่ศึกษา.....	89
3.13	สถิติทิศทางและความเร็วลมในคาบ 31 ปี (พ.ศ.2524-2554) ของสถานีตรวจวัดอากาศสุราษฎร์ธานี.....	106
3.14	สถิติทิศทางและความเร็วลมในคาบ 31 ปี (พ.ศ.2524-2554) ของสถานีตรวจวัดอากาศอุบลราชธานี.....	106
4.1	ข้อมูลทิศทางและความเร็วลมที่ต้องใส่ในโปรแกรม Hotspot ทั้ง 2 กรณี.....	114
5.1	ผลการคำนวณปริมาณรังสีสมมุติทั้งหมดที่ร่างกายได้รับ ณ ขอบเขตพื้นที่ควบคุมตามข้อมูลการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียระบายความร้อน(DBA LOCA)	118
5.2	ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot ที่ EAB 2 ชั่วโมงที่ความเร็วลมต่างๆ ณ ความสูงปล่อง 10 เมตรและเสถียรภาพบรรยากาศระดับ F.....	123
5.3	ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot ที่ LPZ เมื่อความเร็วลมต่างๆ ณ ความสูงปล่อง 10 เมตรและเสถียรภาพบรรยากาศระดับ F.....	124
5.4	ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot ที่ระยะ EAB 2 ชั่วโมง กรณีความเร็วลม 0.5 เมตร/วินาที และเกิดความสูงผสม 2,500 เมตร.....	125
5.5	ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot ที่ LPZ กรณีความเร็วลม 0.5 เมตร/วินาทีที่ความสูงอ้างอิง และเกิดความสูงผสม 2,500 เมตร.....	126

ตารางที่	หน้า	
5.6	สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณรังสีกรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด.....	127
5.7	ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่หมายเลข ที่ 12 คันทูลี.....	141
5.8	ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่หมายเลข ที่ 17 สีรินธร.....	142
5.9	พื้นที่คันทูลีที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีกรณีใช้ ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด.....	143
5.10	พื้นที่สีรินธรที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีกรณีใช้ ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด.....	144
5.11	พื้นที่คันทูลีที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีจากกรณี ที่ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	145
5.12	พื้นที่สีรินธรที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีจาก กรณีที่ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	145
5.13	จำนวนและอัตราการเจริญเติบโต(%R) ของประชากรภายในพื้นที่ศึกษา 50 กิโลเมตร ตั้งแต่ พ.ศ. 2544-2554.....	149
5.14	การคาดประมาณประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรของพื้นที่ ศึกษา	149
5.15	การคาดประมาณจำนวนประชากรของคันทูลีภายในรัศมี 50 กิโลเมตร.....	151
5.16	การคาดประมาณจำนวนประชากรของสีรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร....	154
5.17	การคาดประมาณประชากรชั่วคราวของพื้นที่ศึกษาภายในรัศมี 50 กิโลเมตร....	159
5.18	สรุปเปรียบเทียบจำนวนประชากรภายในพื้นที่ศึกษาจากการคาดประมาณ ประชากรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2614.....	160
ก.1	ขีดจำกัดปริมาณรังสีจากการประเมินอุบัติเหตุต่างๆ จากการออกแบบ.....	181
ก.2	คุณลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์.....	182
ก.3	ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ควบคุมของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ประเทศสหรัฐอเมริกา.....	185
ก.4	ข้อมูลขอบเขตพื้นที่หวงห้ามของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศเกาหลี.....	185
ก.5	ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ควบคุมของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตาม IAEA.....	186
ข.1	สภาวะทางอากาศที่ใช้กำหนดชนิดของ Atmospheric Stability A-F ที่ใช้ใน โปรแกรม Hotspot.....	190

ตารางที่	หน้า
ข.2	สมการที่ใช้ต่อการพิจารณา σ_y และ σ_z ของ Standard Terrain..... 192
ข.3	สมการที่ใช้ต่อการพิจารณา σ_y และ σ_z ของ City Terrain..... 192
ข.4	ค่าแปลงความเร็วลมที่ระดับความสูงอ้างอิง..... 194
ค.1	จำนวนประชากรภายในพื้นที่คันธูลี..... 195
ค.2	จำนวนประชากรภายในพื้นที่สิรินธร..... 197
ค.3	การคาดประมาณประชากร 60 ปีตั้งแต่ พ.ศ.2554-2614 ภายในพื้นที่คันธูลี..... 199
ค.4	การคาดประมาณประชากร 60 ปีตั้งแต่ พ.ศ.2554-2614 ภายในพื้นที่สิรินธร.... 201
ง.1	ข้อมูลความเร็วลมรายคาบระหว่างปี พ.ศ. 2524-2554 ณ สถานีตรวจวัด อากาศสุราษฎร์ธานี..... 203
ง.2	ข้อมูลความเร็วลมรายคาบระหว่างปี พ.ศ. 2524-2554 ณ สถานีตรวจวัด อากาศอุบลราชธานี..... 204
ง.3	ข้อมูลทิศทางลมเฉลี่ยรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2524-2554 ณ สถานีตรวจวัด อากาศสุราษฎร์ธานี 205
ง.4	ข้อมูลทิศทางลมเฉลี่ยรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2524-2554 ณ สถานีตรวจวัด อุบลราชธานี..... 206
จ.1	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีเครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000..... 207
จ.2	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000..... 209
จ.3	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ US-APWR..... 211
จ.4	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ US-APWR..... 213
จ.5	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR 215
จ.6	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR..... 218
จ.7	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ ESBWR.. 221
จ.8	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ ESBWR..... 223

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ระดับชั้นสิ่งกีดขวางป้องกันรังสีหลายชั้นเพื่อป้องกันอันตราย.....	5
2.2	ปริมาณรังสีซึ่งบุคคลได้รับโดยเฉลี่ยต่อปี.....	10
2.3	เปรียบเทียบปริมาณการได้รับรังสีของประชากรจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และแหล่งอื่น ๆ.....	12
2.4	การสลายตัวของอนุกรมแอคทีไนต์ (4n+3) หรือยูเรเนียม-235.....	17
2.5	ขอบเขตพื้นที่ควบคุม(Restricted Zone) รอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์.....	22
2.6	การแจกแจงมลสารโดยความเร็วลม.....	42
2.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและความเข้มข้นมลสาร.....	42
2.8	หน้าตัดอนุภาคในอากาศ.....	42
2.9	ประเภทของเสถียรภาพบรรยากาศ.....	44
2.10	การเกิด Lapse rate แบบต่างๆ.....	45
2.11	ลักษณะของกลุ่มควันแบบต่าง ๆ.....	45
2.12	การแพร่ของมวลสารผ่านชั้นตัวกลาง.....	47
2.13	ระบบโคออร์ดิเนตของแหล่งเกิดจริงและแหล่งเกิดเงา.....	49
2.14	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวนอนแปรผันตามระยะทางจากจุดกำเนิดรังสี	51
2.15	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวตั้งแปรผันตามระยะทางจากจุดกำเนิดรังสี	51
2.16	ปริมาณ $\frac{X''}{Q}$ ของอนุภาคที่ปล่อยออกมาที่ความสูง 30 เมตร.....	52
2.17	การแพร่กระจายของมลสารแบบแก๊สเขียนพหุคูณโมเดลจากแหล่งกำเนิดตามทิศทางแกน x, y และ z.....	53
2.18	หน้าของโปรแกรม Hotspot Code.....	56
3.1	แนวเขตการปกครองภายในรัศมี 5 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี.....	63
3.2	แนวเขตการปกครองภายในรัศมี 5 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร....	64
3.3	การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในรัศมี 5 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี	65
3.4	การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในรัศมี 5 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร	66
3.5	เขตป่าไม้ภายในรัศมี 5 ,32 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี....	67
3.6	เขตป่าไม้ภายในรัศมี 5 ,32 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร...	68

ภาพที่		หน้า
3.7	คุณภาพลุ่มน้ำภายในรัศมี 5 ,32 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี	69
3.8	คุณภาพลุ่มน้ำภายในรัศมี 5 ,32 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินธร	70
3.9	ประชากรระดับหมู่บ้านภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี.....	90
3.10	สถานที่สำคัญภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี....	91
3.11	ประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี.....	92
3.12	ความหนาแน่นของประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี.....	93
3.13	ศูนย์กลางประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี.....	94
3.14	ประชากรชั่วคราวภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี.....	95
3.15	ประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี.....	96
3.16	ประชากรระดับหมู่บ้านภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินธร.....	97
3.17	สถานที่สำคัญภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินธร	98
3.18	ประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินธร.....	99
3.19	ความหนาแน่นของประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินธร.....	100
3.20	ศูนย์กลางประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินธร	101
3.21	ประชากรชั่วคราวภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินธร	102
3.22	ประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินธร.....	103
3.23	ทิศทางลมมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลา.....	105
3.24	แผนภูมิลมเฉลี่ยในคาบ 31 ปี (พ.ศ.2524-2554)	107
4.1	แผนผังการดำเนินงานวิจัย.....	109
4.2	ขั้นตอนที่ 1 การเลือกลักษณะของพุ่มไม้ในโปรแกรม Hotspot.....	112
4.3	ขั้นตอนที่ 2 การใส่ข้อมูล Source Term ในโปรแกรม Hotspot.....	112
4.4	ขั้นตอนที่ 3 การใส่ข้อมูลสภาพอุตุนิยามวิทยาในโปรแกรม Hotspot.....	114
4.5	ขั้นตอนที่ 4 การใส่ข้อมูลผู้ได้รับผลกระทบในโปรแกรม Hotspot.....	115

ภาพที่		หน้า
4.6	ขั้นตอนที่ 5 การตั้งค่าต่างๆ ในโปรแกรม Hotspot.....	115
4.7	ขั้นตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์ในโปรแกรม Hotspot.....	116
5.1	ขอบเขตพื้นที่ควบคุมพื้นที่คันธูลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีให้ผล รัยแรงที่สุด.....	128
5.2	ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่คันธูลีของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีให้ผล รัยแรงที่สุด.....	129
5.3	ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่คันธูลีของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีให้ผล รัยแรงที่สุด.....	130
5.4	ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่คันธูลีของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีให้ผล รัยแรงที่สุด.....	131
5.5	ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีให้ผล รัยแรงที่สุด.....	132
5.6	ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีให้ผล รัยแรงที่สุด.....	133
5.7	ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีให้ผล รัยแรงที่สุด.....	134
5.8	ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่สิรินธร ของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีให้ผล รัยแรงที่สุด.....	135
5.9	จำนวนประชากรย้อนหลัง 10 ปีภายในพื้นที่ศึกษา 50 กิโลเมตรตั้งแต่ พ.ศ. 2544 – 2554.....	150
5.10	จำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษา 50 กิโลเมตรจากการคาดประมาณประชากร ตั้งแต่ พ.ศ. 2554 – 2614.....	150
5.11	ประชากรที่มีอยู่จริงจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของคันธูลี.	161
5.12	ความหนาแน่นจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของคันธูลี....	162
5.13	ศูนย์กลางประชากรจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของคันธูลี	163
5.14	ประชากรที่มีอยู่จริงจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของสิรินธร.	164
5.15	ความหนาแน่นจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของสิรินธร..	165
5.16	ศูนย์กลางประชากรจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของสิรินธร	166

ภาพที่	หน้า
ข.1	Hotspot Coordinate System..... 188
ข.2	กราฟจากสมการในตารางที่ ข.2 สำหรับ σ_y (Standard Terrain) 193
ข.3	กราฟจากสมการในตารางที่ ข.2 สำหรับ σ_z (Standard Terrain) 193
ค.1	ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คั่นตู้ลิของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 225
ค.2	ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คั่นตู้ลิของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 226
ค.3	ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คั่นตู้ลิของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 227
ค.4	ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คั่นตู้ลิของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 228
ค.5	ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คั่นตู้ลิของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 229
ค.6	ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คั่นตู้ลิของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 230
ค.7	ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คั่นตู้ลิของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 231
ค.8	ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คั่นตู้ลิของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 232
ค.9	ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิรินทรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 233
ค.10	ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิรินทรของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 234
ค.11	ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิรินทรของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด..... 235

ภาพที่	หน้า
ด.12 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สีรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด.....	236
ด.13 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สีรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด.....	237
ด.14 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สีรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด.....	238
ด.15 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สีรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด.....	239
ด.16 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สีรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด.....	240
ด.17 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คันทูลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	241
ด.18 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คันทูลีของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	242
ด.19 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คันทูลีของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	243
ด.20 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คันทูลีของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	244
ด.21 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันทูลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	245
ด.22 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันทูลีของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	246
ด.23 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันทูลีของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	247
ด.24 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันทูลีของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	248

ภาพที่	หน้า
๑.25 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิทธิบัตรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	249
๑.26 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิทธิบัตรของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	250
๑.27 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิทธิบัตรของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	251
๑.28 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิทธิบัตรของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	252
๑.29 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่ศึกษาสิทธิบัตรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	253
๑.30 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สิทธิบัตรของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	254
๑.31 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สิทธิบัตรของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	255
๑.32 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สิทธิบัตรของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	256

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยคณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบให้บรรจุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จากเดิม 5 โรงขนาดโรงละ 1,000 เมกะวัตต์ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2010) ที่อนุมัติโดยคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) โดยมีการเปลี่ยนแปลงเรื่อยมาปัจจุบันใช้ฉบับ พ.ศ.2555-2573 ปรับปรุงครั้งที่ 3 [1] เหลือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพียง 2 โรงเท่านั้น ซึ่งโรงแรกจะเข้าระบบในปี พ.ศ. 2569 ทั้งนี้ทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้เตรียมความพร้อม โดยการศึกษาศาสนาที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จากการพิจารณาพื้นที่ต่างๆ ที่มีศักยภาพทั้งประเทศและจัดลำดับสถานที่ตั้งที่ดีที่สุด (Candidate Sites) แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2553 ตามหลักเกณฑ์คู่มือของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อม วิศวกรรม และเศรษฐศาสตร์

นับได้ว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์สามารถตอบโจทย์ในการพัฒนาแหล่งพลังงานที่เหมาะสมเพื่อรองรับอัตราการเพิ่มขึ้นของความต้องการใช้ไฟฟ้าและลดก๊าซเรือนกระจก กล่าวคือเป็นแหล่งพลังงานที่มีเสถียรภาพทั้งปริมาณสำรองและราคา ก่อให้เกิดความมั่นคงและความเป็นเอกภาพของพลังงานไฟฟ้าภายในประเทศ ช่วยลดการปล่อยก๊าซ CO₂ ออกสู่บรรยากาศ อีกทั้งต้องเป็นพลังงานที่ส่งเสริมและพัฒนาประเทศโดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม แต่ประเด็นทางด้านความปลอดภัยและอันตรายจากการเกิดอุบัติเหตุยังคงเป็นปัญหาสำคัญเสมอมา เนื่องจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เกิดอุบัติเหตุขึ้นหลายครั้ง จึงมีผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี ดังนั้นหากมีการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขึ้นในประเทศไทย การได้ทราบถึงข้อเปรียบเทียบของการได้รับปริมาณรังสีตามการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐาน (Design Basis Accident; DBA) กรณีการเกิดอุบัติเหตุสูญเสียน้ำระบายความร้อน (Loss of Coolant Accident; LOCA) ของเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำมวลเบา (Light Water Reactor; LWR) แต่ละประเภท และผลกระทบทางรังสีที่เกิดขึ้นต่อประชาชนรอบพื้นที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตามพื้นที่ศึกษาที่ได้รับการประเมินไว้ น่าจะเป็นประโยชน์ไม่น้อยสำหรับการคัดเลือกเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์และสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของประเทศไทยในอนาคต

จึงเป็นที่มาของงานวิจัยที่จะศึกษาพฤติกรรมกรรมการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศกรณีเกิดอุบัติเหตุดังกล่าว เพื่อนำไปใช้ในการประเมินหาขอบเขตของพื้นที่หวงห้าม (Exclusion Area Boundary; EAB) พื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (Low Population Zone; LPZ)

และศูนย์กลางประชากร (Population Center) รวมถึงปริมาณรังสีที่ประชาชนจะได้รับ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงปริมาณและอันตรายจากสารกัมมันตรังสีตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดอุบัติเหตุ เพื่อให้ผู้อยู่ในวิสัยที่สามารถป้องกันและควบคุมหรือบรรเทาสถานการณ์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อประเมินหาขอบเขตของพื้นที่หวงห้าม และพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย สำหรับโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ประเมินหาขอบเขต EAB และ LPZ จากพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือกเป็นสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ดีที่สุดอย่างน้อย 2 พื้นที่ศึกษาของประเทศไทย ตามเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำมวลเบาที่ได้ยื่นขอการรับรองจาก U.S.NRC โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบเมื่อใช้ข้อมูลสถิติจากสถานีตรวจวัดอนุกรมวิทยามาภาคพื้น ที่ใกล้พื้นที่ศึกษามากที่สุดและคิดกรณีใช้ข้อมูลที่ทำให้ผลร้ายแรงที่สุด (Worse Case) ด้วยการใส่โปรแกรมสำเร็จรูปที่ประยุกต์ใช้สมการการแพร่กระจายแบบเกาส์เซียนพหุม พร้อมกับเปรียบเทียบขอบเขต EAB และ LPZ ที่ได้กับขอบเขตจริงของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในต่างประเทศ

1.3.2 วิเคราะห์ข้อมูลการกระจายตัวของประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตรเพื่อหาเขต LPZ และศูนย์กลางประชากรที่ใกล้ที่สุด รวมถึงวิเคราะห์จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นในอนาคต โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี พร้อมทำการเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่ศึกษา

1.3.3 แสดงปริมาณรังสีที่ประชาชนจะได้รับรอบพื้นที่ศึกษาจากการประเมินหาขอบเขต EAB และ LPZ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System ; GIS) และ/หรือโปรแกรม Google earth หรือโปรแกรมอื่นที่เหมาะสม

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ศึกษากฎระเบียบและแนวปฏิบัติของ U.S.NRC ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณขอบเขต EAB, LPZ และปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

1.4.3 ศึกษาทฤษฎีการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศ

1.4.4 ศึกษาต้นกำเนิดรังสีที่พบในแกนปฏิกรณ์และรวบรวมข้อมูลปริมาณต้นกำเนิดรังสีที่ถูกปล่อยออกจากเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำมวลเบาแต่ละประเภท เพื่อนำไปใช้คำนวณหาขอบเขต EAB และ LPZ

1.4.5 รวบรวมข้อมูลพื้นที่ศึกษาที่ได้รับการคัดเลือกเป็นสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ดีที่สุดของประเทศไทย และข้อมูลสถานที่สำคัญต่างๆ รอบพื้นที่ศึกษา

1.4.6 รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลสถิติจากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมหาวิทยาลัยพื้น และข้อมูลการกระจายตัวของประชากรของแต่ละพื้นที่ศึกษา

1.4.7 ประเมินหาขอบเขต EAB และ LPZ และศูนย์กลางประชากรในแต่ละพื้นที่ศึกษาตามเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำมวลเบาแต่ละประเภท และเปรียบเทียบขอบเขต EAB และ LPZ ที่ได้กับขอบเขตจริงของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในต่างประเทศ พร้อมแสดงปริมาณรังสีที่ประชาชนจะได้รับในแต่ละพื้นที่

1.4.8 สรุปผลการวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การประเมินขอบเขต EAB, LPZ และศูนย์กลางประชากรตามเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำมวลเบาแต่ละประเภท ในสถานที่ตั้งที่คาดว่าจะมีการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของประเทศไทยในอนาคต ทำให้ทราบถึงปริมาณและอันตรายจากสารกัมมันตรังสีที่อาจเกิดการแพร่กระจายออกจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หากเกิดอุบัติเหตุการสูญเสียน้ำระบายความร้อน (LOCA) ตามการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐาน (DBA) ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดอุบัติเหตุ เพื่อให้ผู้อยู่ในวิสัยที่สามารถป้องกันและควบคุมหรือบรรเทาสถานการณ์ได้ และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดเตรียมแผนอพยพอีกด้วย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

การศึกษามลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี ตามการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐาน (DBA) ของเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำมวลเบาแต่ละประเภทจากการเกิดอุบัติเหตุแบบ LOCA เพื่อประเมินหาขอบเขตพื้นที่ควบคุม ได้แก่ ขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB) พื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) และระยะทางถึงศูนย์กลางประชากร (Population Center Distance) รวมไปถึงการหาปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับ (Offsite Dose) สำหรับงานวิจัยนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการดำเนินงานโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั้งทางด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเนื่องจากรังสี วิถีทางที่มนุษย์จะได้รับสารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และผลกระทบต่อสุขภาพ สารกัมมันตรังสีที่พบในแกนปฏิกรณ์ หลักการคำนวณขอบเขตพื้นที่หวงห้ามและพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อยรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และทฤษฎีการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศ

2.1.1 การดำเนินงานด้านความปลอดภัยโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ต้องเป็นไปตามแนวปฏิบัติของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency; IAEA) นับตั้งแต่การเลือกสถานที่ตั้ง การออกแบบ การก่อสร้างและติดตั้ง การทดสอบและทดลอง การเดินเครื่อง การบำรุงรักษา การเปลี่ยนเชื้อเพลิง จนกระทั่งการรื้อถอน ก่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะต้องมีการจัดทำรายงานวิเคราะห์ความปลอดภัยซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอนคือ การเลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า การออกแบบโรงไฟฟ้า การผลิตเครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้า การเดินเครื่องและบำรุงรักษา และการกำกับดูแลความปลอดภัยโรงไฟฟ้า

สำหรับความปลอดภัยของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เกี่ยวข้องกับ การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อดูแลความปลอดภัยของประชาชนที่อยู่อาศัยโดยรอบรวมถึงผู้ปฏิบัติงานด้วย อีกทั้งยังคำนึงถึงระบบนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย โดยมีหลักการดังต่อไปนี้

(1) การควบคุมปฏิกิริยาการแตกตัว (Control Fission) ทำโดยการควบคุมนิวตรอนพลักซ์ โดยใช้แท่งควบคุมซึ่งดูดกลืนนิวตรอนสอดเข้าไปในแกนปฏิกรณ์เพื่อลดปฏิกิริยาฟิชชัน

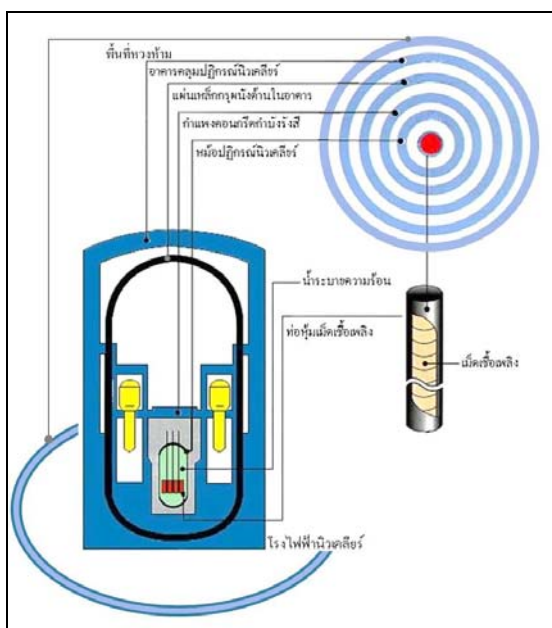
ภายในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ซึ่งโรงไฟฟ้าสมัยใหม่สามารถควบคุมปฏิกิริยาฟิชชันให้หยุดได้ทั้งหมดภายใน 2-3 วินาที

(2) การให้ความเย็นแก่แกนปฏิกรณ์ (Core Cooling) โดยปกติเครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำมวลเบาจะใช้น้ำเป็นตัวหล่อเย็น และมีระบบระบายความร้อนฉุกเฉินในกรณีเกิดอุบัติเหตุ การสูญเสียน้ำระบายความร้อนซึ่งอาจทำให้เชื้อเพลิงหลอมละลาย

(3) สิ่งกีดขวางป้องกันรังสีหลายชั้น คือ วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ หลายชั้นที่ใช้กักกันไม่ให้สารกัมมันตรังสีรั่วไหล ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ประกอบด้วย

ชั้นที่ 1 เม็ดเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (Fuel Pellet) วัสดุนิวเคลียร์ที่เป็นต้นกำเนิดความร้อนจะออกแบบให้มีขนาดเล็ก เพื่อการระบายความร้อนอย่างรวดเร็ว สามารถทนต่อความร้อนได้สูงประมาณ 2,800 องศาเซลเซียส ด้านทานการกัดกร่อนได้ดี สามารถกักกันผลผลิตจากการแตกตัวไม่ให้หลุดลอดออกมาภายนอกเม็ดเชื้อเพลิงได้เกือบทั้งหมด และยังสามารถกักกันกัมมันตรังสีที่มีพลังงานต่ำได้บางส่วน

ชั้นที่ 2 ท่อหุ้มเม็ดเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (Fuel Cladding) เป็นท่อทำด้วยโลหะเซอร์คัลลอย (Zircaloy) หรือโลหะผสมเซอร์โคเนียม มีคุณสมบัติในการทนความร้อนได้สูง ด้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดี มีผลต่อปฏิกิริยาแตกตัวน้อยมาก ใช้สำหรับป้องกันเม็ดเชื้อเพลิงไม่ให้สัมผัสกับน้ำระบายความร้อนโดยตรง ทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านความร้อนจากเนื้อเชื้อเพลิงสู่น้ำระบายความร้อน และช่วยป้องกันผลผลิตฟิชชันจากเม็ดเชื้อเพลิงไม่ให้รั่วไหลออกมาปนเปื้อนกับน้ำในระบบระบายความร้อน



ภาพที่ 2.1 ระดับชั้นสิ่งกีดขวางป้องกันรังสีหลายชั้นเพื่อป้องกันอันตราย [2]

ชั้นที่ 3 น้ำระบายความร้อน (Coolant) คือ สารที่เป็นตัวรับและพาความร้อนจากเนื้อเชื้อเพลิงไปถ่ายเทให้แก่กระบวนการผลิตไอน้ำ ส่วนมากนิยมใช้น้ำบริสุทธิ์ (เครื่องปฏิกรณ์บางประเภทจะใช้ก๊าซหรือโลหะเหลว) ซึ่งถ้ามีสารกัมมันตรังสีรั่วไหลผ่านท่อหุ้มเชื้อเพลิงออกมา สารรังสีเหล่านั้นก็จะยังคงอยู่ในระบบน้ำระบายความร้อน และจะถูกกำจัดออกด้วยระบบกรองสารรังสีต่อไป นอกจากนี้ น้ำในระบบระบายความร้อนยังสามารถช่วยกำบังรังสีได้ระดับหนึ่ง

ชั้นที่ 4 หม้อปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Reactor Vessel) คือ ถังโลหะทรงกระบอกที่ใช้บรรจุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ชุดแท่งควบคุม และเครื่องมือ/อุปกรณ์วัดทางนิวเคลียร์ต่างๆ มีช่องทางสำหรับน้ำบริสุทธิ์ไหลเข้าออก เพื่อการระบายความร้อน ถังปฏิกรณ์นิวเคลียร์ทำด้วยเหล็กกล้าหนาไม่ต่ำกว่า 20 เซนติเมตร ภายในกรุด้วยแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม 1-2 ชั้น เพื่อป้องกันถังปฏิกรณ์ถูกกัดกร่อน ทำให้สามารถกักกัมมันตรังสี และรองรับแรงดันสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ชั้นที่ 5 กำแพงคอนกรีตกำบังรังสี (Biological Concrete Shield) คือคอนกรีตชนิดพิเศษที่ผสมด้วยแร่โลหะและวัสดุหลายชนิด ซึ่งมีความหนาแน่นสูงกว่าคอนกรีตธรรมดาประมาณ 2-3 เท่า ก่อสร้างล้อมรอบถังปฏิกรณ์ไว้ มีความหนาประมาณ 2-3 เมตร ใช้กำบังรังสีแกมมาและนิวตรอนพลังงานสูงที่สามารถวิ่งทะลุผ่านออกมาจากถังปฏิกรณ์ได้ และยังช่วยรองรับแรงดันสูงมากที่อาจเกิดขึ้นจนถังปฏิกรณ์ไม่สามารถรองรับได้

ชั้นที่ 6 แผ่นเหล็กกรุผนังด้านใน (Steel Liner) อาคารคลุมปฏิกรณ์นิวเคลียร์ คือ แผ่นเหล็กกล้าที่มีความหนาประมาณ 6 มิลลิเมตร ที่กรุผนังภายในอาคารคลุมปฏิกรณ์ ในภาวะปกติจะช่วยกักอากาศและลดการรั่วไหลของอากาศจากภายในอาคารคลุมปฏิกรณ์ และยังช่วยเสริมความแข็งแรงให้แก่อาคารคลุมปฏิกรณ์ ในสภาวะไม่ปกติจะช่วยลดความรุนแรงของเหตุการณ์หลังจากเกิดอุบัติเหตุ ทั้งนี้เพราะอาคารคลุมปฏิกรณ์นิวเคลียร์จะมีระบบหล่อเย็น ทำหน้าที่ให้ความเย็นแก่แผ่นเหล็กกรุผนังตลอดเวลา ซึ่งถ้าเกิดแรงดันสูงๆ พุ่งออกจากถังปฏิกรณ์ และสามารถทะลุผ่านกำแพงคอนกรีตออกมาได้ จะทำให้เศษชิ้นส่วนวัสดุ และก๊าซร้อนผสมไอน้ำที่พุ่งออกมากระทบแผ่นเหล็กกรุผนังนั้น กระทบกับความเย็นที่แผ่นเหล็ก ทำให้ก๊าซร้อนและไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ และคายความร้อนอย่างรวดเร็ว ซึ่งเมื่อความร้อนลดลง ย่อมส่งผลให้แรงดันลดลงด้วย ทำให้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกลับคืนสู่สภาวะปกติอย่างรวดเร็ว เป็นการลดความรุนแรงของเหตุการณ์ และช่วยให้เหตุการณ์ไม่ลุกลามแพร่ขยายออกไปในวงกว้าง

ชั้นที่ 7 อาคารคลุมปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (Reactor Containment) คือ อาคารคอนกรีตขนาดใหญ่ที่ก่อสร้างคลุมเครื่องปฏิกรณ์ ลักษณะเป็นทรงกระบอกหลังคาโค้งรูปโดม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 เมตร สูงประมาณ 70 เมตร ตัวอาคารแบ่งเป็นคอนกรีต 2 ชั้น ชั้นในเป็นคอนกรีตอัดแรง ชั้นนอกเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความหนาทั้งสิ้นไม่ต่ำกว่า 1.30 เมตร

พื้นอาคารมีความหนาไม่ต่ำกว่า 3 เมตร ภายในเนื้อคอนกรีตเสริมเหล็กบรรจุด้วยโครงเหล็กข้ออ้อย ขนาดของเหล็กประมาณ 2 นิ้ว สานไขว้กันเป็นตาข่าย นอกจากนี้ยังต้องเสริมความแข็งแรงและความยืดหยุ่นให้แก่โครงสร้างของอาคารด้วยเส้นลวดแรงดึงสูงซึ่งรวมกันเป็นมัดใหญ่ประมาณ 6 นิ้ว (ลักษณะคล้ายลวดสลิงที่ใช้ชิงสะพานแขวน) โอบรอบตัวอาคารสานไขว้กันไปมาทั้งแนวดิ่งและแนวนอน มีลักษณะเหมือนกรงนกขนาดใหญ่ อาคารคลุมปฏิกรณ์ถือเป็นเกราะป้องกันรังสีขั้นสุดท้าย ที่จะต้องรองรับแรงดันสูงๆ จากอุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดขึ้นในอาคารได้ทั้งหมดอย่างดีเยี่ยม นอกจากนี้ยังต้องรับแรงกระทำต่างๆ จากภายนอก เช่น แผ่นดินไหว ลมพายุ ฝนฟ้าคะนอง น้ำท่วมสูง เครื่องบินชนหรือตกใส่ หรือการโจมตีทางอากาศได้เป็นอย่างดี

ชั้นที่ 8 พื้นที่หวงห้าม (Exclusion Area) คือ พื้นที่ที่ไม่อนุญาตให้มีการอยู่อาศัย เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ประชาชนได้รับอันตรายจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีกรณีเกิดอุบัติเหตุจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ สำหรับวิธีการกำหนดขอบเขตพื้นที่ในชั้นนี้ขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ของแต่ละประเทศ

(4) **ระบบความปลอดภัยทางวิศวกรรม** คือ ชุดเครื่องมืออุปกรณ์หลายระบบ ระบบละหลายชุด ที่ติดตั้งเพื่อตรวจวัดและตรวจสอบการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์โดยอัตโนมัติ ซึ่งแยกต่างหากจากระบบควบคุมเครื่องปฏิกรณ์ชุดปกติ แต่จะทำงานควบคู่กันไป ในกรณีที่มีเหตุผิดปกติเกิดขึ้น ระบบความปลอดภัยทางวิศวกรรมจะเข้ามาแก้ไขเหตุการณ์ทันทีที่ก่อนที่เหตุการณ์รุนแรงจะเกิดขึ้น ประกอบด้วยชุดเครื่องมือ/อุปกรณ์หลายระบบ ได้แก่

ระบบหยุดเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ คือ ชุดเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้หยุดการทำงาน หรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาแตกตัวของเครื่องปฏิกรณ์โดยอัตโนมัติ อันเนื่องมาจากเหตุผิดปกติที่อาจส่งผลเสียหายต่อเครื่องปฏิกรณ์ได้ ระบบหยุดเครื่องปฏิกรณ์จะทำงานโดยชุดแห่งควบคุมปฏิกิริยาแตกตัวชุดปกติและ ชุดสำรอง ซึ่งจะเลื่อนเข้าไปในแกนเครื่องปฏิกรณ์พร้อมกันอย่างรวดเร็ว เพื่อควบคุมนิวตรอนไม่ให้เกิดปฏิกิริยาแตกตัวได้อีก ถ้ามีเหตุการณ์ผิดปกติต่างๆ เกิดขึ้น ได้แก่ ระดับกำลังของเครื่องปฏิกรณ์ อุณหภูมิเชื้อเพลิง อุณหภูมิ น้ำ ระดับน้ำ อัตราการไหล และความดันของน้ำระบายความร้อน ระดับรังสีในระบบน้ำและอากาศ ความดันไอน้ำ ฯลฯ โดยอาจผิดปกติไปจากเกณฑ์ที่กำหนด หรืออาจเกิดจากเหตุการณ์ผิดปกติภายนอก เช่น การเกิดแผ่นดินไหว

ระบบระบายความร้อนฉุกเฉิน คือ ชุดปั๊มน้ำอัตโนมัติของระบบความปลอดภัยที่เตรียมไว้สำหรับฉีดน้ำเย็นหล่อเลี้ยงเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ เพื่อลดความร้อนที่สะสมในเชื้อเพลิง และดูดซับสารกัมมันตรังสีที่อาจรั่วไหลออกจากเชื้อเพลิงไม่ให้แพร่กระจายไปในอากาศได้ โดยระบบระบายความร้อนฉุกเฉินนี้จะทำงานเมื่อระบบระบายความร้อนชุดปกติเกิดการขัดข้องชั่วคราวหรือ

ทำงานผิดปกติ แต่ในทางปฏิบัติโอกาสที่ระบบระบายความร้อนฉุกเฉินจะทำงานมีน้อยมาก เนื่องจากระบบระบายความร้อนปกติจะมีชุดปั๊มสำรองไว้อีก 1-2 ชุด เมื่อปั๊มชุดใดชุดหนึ่งไม่ทำงาน ชุดปั๊มที่เหลือจะทำหน้าที่แทนโดยอัตโนมัติ

ระบบขจัดสารกัมมันตรังสี คือ เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับทำหน้าที่ขจัดสารกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้น จากเหตุผิดปกติของเครื่องปฏิกรณ์ โดยการฉีดพ่นละอองน้ำจากส่วนบนของอาคารคลุมปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เพื่อดูดซับสารกัมมันตรังสีบางส่วนที่ละลายน้ำได้ แล้วปล่อยไหลลงสู่บ่อขจัดสารกัมมันตรังสีด้านล่าง ส่วนก๊าซกัมมันตรังสีและสารที่ไม่ละลายน้ำจะถูกดูดซับผ่านระบบกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงหลายชั้น ก่อนที่จะระบายอากาศออกสู่บรรยากาศภายนอกต่อไป

ระบบปรับอากาศภายในอาคารคลุมปฏิกรณ์นิวเคลียร์ คือ ระบบควบคุมและปรับสภาพอากาศภายในอาคารให้มีอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมตลอดเวลา โดยปกติขณะที่เดินเครื่องปฏิกรณ์อุณหภูมิและความดันอากาศภายในอาคารจะสูงขึ้น ดังนั้น จึงมีการปรับสภาพอากาศร้อนให้เย็นลง โดยการถ่ายเทอากาศร้อนออกไปทิ้งภายนอก และปล่อยให้อากาศเย็นไหลกลับเข้ามาในอาคาร

(5) **ระบบเสริมความปลอดภัยอื่นๆ** คือ ชุดเครื่องมืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เสริมการทำงานให้แก่ระบบความปลอดภัยต่างๆ เพื่อให้การทำงานของระบบต่างๆ มีประสิทธิภาพ และปลอดภัยมากยิ่งขึ้นที่สำคัญได้แก่

ระบบตรวจวัดรังสี คือ ชุดเครื่องมือวัดระดับรังสีที่ติดตั้งไว้ตามจุดต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงไฟฟ้า เมื่อเกิดเหตุผิดปกติขึ้นจนระดับรังสีสูงผิดปกติ ณ จุดใด เครื่องวัดรังสีจะส่งสัญญาณเตือนให้เจ้าหน้าที่ทราบ เพื่อเข้าไปตรวจสอบแก้ไขจุดบกพร่อง ก่อนที่เหตุการณ์จะขยายตัวขึ้น

ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรอง คือ ชุดเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ได้จัดเตรียมสำรองไว้สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ ระบบต่างๆ ของเครื่องปฏิกรณ์เมื่อระบบจ่ายไฟฟ้าปกติขัดข้อง ชุดเครื่องมืออุปกรณ์ดังกล่าว ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซลหรือแบตเตอรี่ซึ่งจะต้องจัดเตรียมไว้อย่างน้อย 2 ชุด เพื่อทดแทนในกรณีที่ชุดใดชุดหนึ่งขัดข้องหรือไม่ทำงาน

(6) **มาตรการหลังเกิดเหตุฉุกเฉิน** ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การแจ้งข่าวสารที่ชัดเจนโดยเร็ว การจัดตั้งศูนย์อำนวยการเพื่อบูรณาการหน่วยงานทั้งหลายให้มีเอกภาพ การจัดหาสถานที่ที่ปลอดภัย และเตรียมการอพยพ การจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันรังสี การตรวจวัดระดับรังสี การควบคุมเส้นทางเข้าออกโรงไฟฟ้า การชำระล้างสิ่งเปื้อนกัมมันตรังสี การจัดเตรียมบริการทางการแพทย์ การจัดเตรียมอาหารและเครื่องดื่ม การควบคุมผลผลิตทางการเกษตร และการเผยแพร่ข่าวสารต่อสาธารณชน

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์สามารถดำเนินการได้เมื่อมีการขอใบอนุญาต การศึกษาและวิจัยเพื่อรายงานด้านความปลอดภัยของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ การดำเนินการเกี่ยวกับปัญหาด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องดำเนินการตามข้อบังคับที่มีหน่วยงานควบคุมทางกฎหมายอย่างเคร่งครัด โดยกฎหมายและข้อบังคับในด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้น ได้ดัดแปลงกฎเกณฑ์และข้อบังคับของคณะกรรมการพลังงานปรมาณูแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Atomic Energy Commission; U.S. AEC) ซึ่งปัจจุบันคือ คณะกรรมการกำกับดูแลนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา (United States Nuclear Regulatory Commission; U.S.NRC) และทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) โดยกฎเกณฑ์และข้อบังคับที่คณะกรรมการกำกับดูแลนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดขึ้นเกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์โดยเฉพาะ เรียกว่า “Code of Federal Regulations” ภาคที่ 10 (10 CFR) ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กฎเกณฑ์และข้อบังคับของ U.S.NRC เกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ [3]

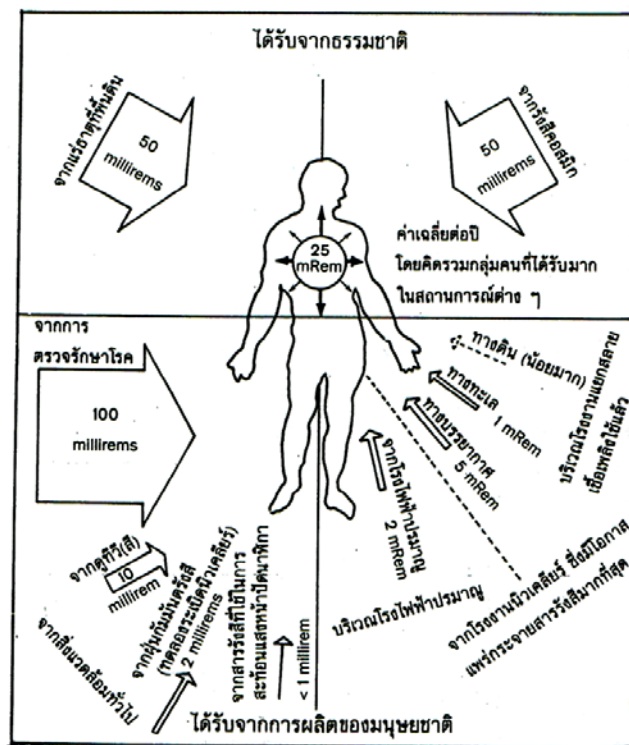
รหัส	มาตรฐาน	รายละเอียด
10 CFR 20	มาตรฐานการป้องกันอันตรายจากรังสี	ควบคุมอัตราการปล่อยรังสีที่ออกมาทั้งในเวลาเดินเครื่องปกติ และเวลาเกิดอุบัติเหตุให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต
10 CFR 50	การออกใบอนุญาตสำหรับสถานปฏิบัติการทางนิวเคลียร์	เป็นกฎเกณฑ์ในการควบคุมการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในทางสันติทุกชนิด สำหรับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เป็นมาตรการควบคุมทุกขั้นตอนตั้งแต่การวางแผนออกแบบการก่อสร้าง การเดินเครื่อง รวมทั้งการควบคุมคุณภาพทุกขั้นตอนเพื่อความปลอดภัยของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์
10 CFR 55	การออกใบอนุญาตเดินเครื่อง	มาตรการควบคุมคุณสมบัติของผู้ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์
10 CFR 70	วัสดุนิวเคลียร์พิเศษ	มาตรการควบคุมวัสดุนิวเคลียร์พิเศษ เช่น พลูโตเนียม-239 ยูเรเนียม-233 และยูเรเนียม-235
10 CFR 71	การขนส่งวัสดุกัมมันตรังสี	ข้อกำหนดควบคุมการขนส่งวัสดุที่มีรังสี เช่น แท่งเชื้อเพลิงใช้แล้ว กำหนดวิธีการและการขนส่งที่ปลอดภัย รวมทั้งการออกแบบภาชนะบรรจุที่ทนทานต่อการถูกแรงกระแทก บีบอัด และความร้อน
10 CFR 100	ข้อกำหนดสถานที่ตั้งเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์	เป็นข้อกำหนดสำหรับเลือกสถานที่ก่อสร้างให้มีความปลอดภัยที่สุด โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญทางวิชาการ เช่น สภาพแผ่นดินไหว อุตุนิยมิวิทยา สมุทรศาสตร์ อุทกศาสตร์ ธรณีวิทยา ลักษณะเขตพื้นที่หวงห้าม เขตประชากรหนาแน่นน้อยและระยะห่างจากศูนย์กลางประชากร

2.1.2 สิ่งแวดล้อมกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

สารกัมมันตรังสีที่เกิดจากปฏิกริยานิวเคลียร์ในเครื่องปฏิกรณ์จะมีธาตุต่างๆ โดยแบ่งออกตามสถานะคือ ก๊าซ ของเหลว และของแข็ง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะมีระบบบำบัดสารกัมมันตรังสีที่เป็นก๊าซด้วยวิธีการกรอง และการเก็บกักให้ก๊าซที่มีรังสีอยู่ในระดับต่ำกว่าก่อนที่จะปล่อยออกสู่ภายนอก ของเหลวใช้ระบบการด้วยการกรอง กลั่นและแยกสารรังสีออกจากของเหลวด้วยวิธีทางเคมี ส่วนระบบการขจัดของแข็งทำโดยวิธีการทำให้เป็นของแข็งที่มีสภาวะเหมาะแก่การบรรจุในถัง หรือวิธีทำให้แข็ง (Solidify) เพื่อนำไปเก็บไว้ในสถานที่เก็บกาก

2.1.3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเนื่องจากรังสี

เกิดเนื่องมาจากผลของรังสีที่มีอยู่เป็นพื้นหลังในธรรมชาติและรังสีที่มนุษย์ผลิตขึ้น ซึ่งสามารถสรุปผลปริมาณรังสีโดยเฉลี่ยต่อปีที่มนุษย์ได้รับ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ปริมาณรังสีซึ่งบุคคลได้รับโดยเฉลี่ยต่อปี [3]

(1) รังสีที่มีอยู่เป็นพื้นหลังในธรรมชาติ (Natural Background Radiation) มนุษย์สามารถรับรังสีในสิ่งแวดล้อมตลอดเวลาทั้งจากธรรมชาติ และสิ่งประดิษฐ์ที่มีรังสี รังสีในธรรมชาติภายนอกร่างกาย ได้แก่ รังสีคอสมิก รังสีพื้นดิน ส่วนรังสีภายในร่างกาย ได้แก่ อาหาร อากาศ และน้ำ เป็นต้น ซึ่งแบ่งออกเป็น

แหล่งกำเนิดรังสีภายนอก (External Radiation Sources) จากรังสีคอสมิก ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคและนิวเคลียสพลังงานสูงจากดวงอาทิตย์และจากอวกาศ เมื่อรังสีคอสมิกแผ่มาถึงบรรยากาศโลก จะทำอันตรกิริยากับออกซิเจนและไนโตรเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศเกิดเป็นอนุภาคมูลฐานต่างๆ มากมายวิ่งสูผิวโลก รวมถึงเกิดเป็นไอโซโทปรังสีเช่น คาร์บอน-14 รังสีคอสมิกเป็นแหล่งกำเนิดกัมมันตรังสีภายนอกที่สำคัญ ซึ่งระดับการได้รับรังสีคอสมิกขึ้นอยู่กับระดับความสูงเหนือผิวโลกและตำแหน่งบนผิวโลก มนุษย์ได้รับปริมาณรังสีคอสมิกประมาณ 45 มิลลิเรมต่อปี มนุษย์ได้รับรังสีจากพื้นดินซึ่งส่วนมากเป็นโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุใหม่จากปฏิกิริยาการสลายตัว (Decay product) รังสีที่ออกมาจากแหล่งเหล่านี้ส่วนมากเป็นรังสีแกมมา ปริมาณรังสีที่มนุษย์ได้รับขึ้นอยู่กับสถานที่ จากวัสดุก่อสร้าง มนุษย์สามารถรับรังสีจากที่อยู่อาศัยได้ เช่น ปริมาณรังสีที่ได้รับจากบ้านที่ทำด้วยอิฐ 50-100 มิลลิเรมต่อปี บ้านที่ทำด้วยซีเมนต์ 70-100 มิลลิเรมต่อปี บ้านที่ทำด้วยไม้ 30-50 มิลลิเรมต่อปี

แหล่งกำเนิดรังสีภายในร่างกาย (Internal Radiation Sources) จากการบริโภคพืชและการหายใจ พืชจะดูดธาตุโพแทสเซียม รวมทั้งโพแทสเซียม-40 ที่เป็นไอโซโทปรังสีจากพื้นดิน เมื่อมนุษย์บริโภคพืชเข้าไปในร่างกายจะทำให้มีสารกัมมันตรังสีสะสมอยู่ในร่างกาย ปริมาณที่สะสมอยู่มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับเพศและอายุของผู้บริโภค ส่วนในบรรยากาศมีสารกัมมันตรังสีเรดอน-220 และเรดอน-222 ที่เกิดจากการสลายตัวของทอเรียมและยูเรเนียมในพื้นดิน เมื่อมนุษย์หายใจเข้าไปในปอดก็จะไหลเวียนไปทั่วร่างกายตามระบบหมุนเวียนของโลหิต สารกัมมันตรังสีที่เป็นของแข็งจะตกค้างอยู่ในปอด จึงเป็นแหล่งรังสีแอลฟาที่มีอยู่ในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีสารกัมมันตรังสีคาร์บอน-14 ที่เกิดจากอันตรกิริยาของรังสีคอสมิกกับไนโตรเจนในอากาศและจากการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งพืชจะได้รับคาร์บอน-14 จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อมนุษย์บริโภคพืชจึงได้รับคาร์บอน-14 เข้าไปในร่างกายด้วยปริมาณสารกัมมันตรังสีที่มนุษย์ได้รับโดยเฉลี่ย อันเนื่องจากการบริโภคอาหาร น้ำ และการหายใจประมาณ 25 มิลลิเรมต่อปี

(2) รังสีที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น มีหลายชนิด คือ

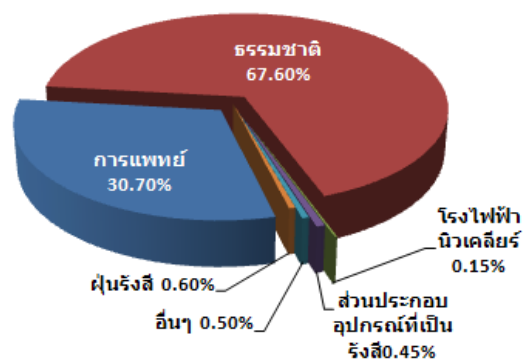
รังสีที่ใช้ในทางการแพทย์ เพื่อการวินิจฉัยและบำบัดโรคในกิจการแพทย์ โดยเฉลี่ยมนุษย์จะได้รับปริมาณสูงมากเมื่อเทียบกับแหล่งอื่นๆ เช่น การฉายรังสีเอ็กซ์ (X-Rays) ในทรวงอกจะได้รับรังสีประมาณ 9 มิลลิเรมต่อครั้ง และการฉายรังสีเอ็กซ์ที่ลำไส้จะได้รับรังสีประมาณ 210 มิลลิเรมต่อครั้ง

รังสีที่เกิดจากการทดลองระเบิดปรมาณูในอากาศ จะทำให้สารที่เกิดจากปฏิกิริยาการแตกตัวเป็นสารกัมมันตรังสีสูงมาก (Fallout) เช่น สทธรอนเซียม-90 ซีเซียม-137 คาร์บอน-14 ที่ตกค้างอยู่ในอากาศหลังจากการทดลองและสามารถกระจายตัวไปได้ทั่วโลก มนุษย์ทุกคนจึงได้รับสารกัมมันตรังสีเข้าสู่ร่างกาย

แหล่งกำเนิดรังสีอื่น ๆ เช่น เครื่องประดับต่างๆ จากสีสะท้อนหน้าปัดนาฬิกา หน้าปัดเครื่องมือบางชนิดซึ่งมีส่วนผสมของสารกัมมันตรังสีเรเดียม ทริเทียม และโพรมีเทียม-14 หรือจะเป็นโทรทัศน์ก็เป็นแหล่งกำเนิดรังสีเช่นเดียวกัน

รังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ สารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เกิดขึ้นจากการเดินเครื่องเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า สารกัมมันตรังสีนี้จะอยู่ในแท่งเชื้อเพลิงตลอดเวลา แต่ในบางครั้งอาจมีการเล็ดรอดออกมาจากแท่งเชื้อเพลิงได้บ้างทางรูรั่วเล็กๆ หรือรอยร้าวของปลอกหุ้มเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบระบายความร้อนของแกนปฏิกรณ์ได้ นอกจากนี้ยังมีรายละเอียดสารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพิ่มเติมซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป สารกัมมันตรังสีตัวที่สำคัญได้แก่ ทริเทียม คริปตรอน ซีซอน ไอโอดีน ซีเรียม และสทธรอนเซียม

สรุปได้ว่าปริมาณรังสีที่ประชาชนซึ่งพักอาศัยอยู่ใกล้เคียงกับสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้รับ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ได้รับจากแหล่งอื่นๆ จากตัวเลขเฉลี่ยของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ที่ทำการบันทึกจากข้อมูลของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เดินเครื่องทั่วโลก แสดงให้เห็นว่าปริมาณรังสีที่มนุษย์ได้รับมากที่สุด 67.6 เปรอร์เซ็นต์จากธรรมชาติ รังสีที่ใช้ในทางการแพทย์ 30.7 เปรอร์เซ็นต์ ส่วนที่มาจากอุตสาหกรรมซึ่งรวมโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ด้วยมีเพียง 0.15 เปรอร์เซ็นต์เท่านั้น แสดงเป็นสัดส่วนดังภาพที่ 2.3 และข้อมูลแสดงอาการที่เกิดขึ้นหลังจากการได้รับปริมาณรังสีในระดับต่างๆ โดยที่การได้รับปริมาณรังสี 0-100 เริ่มจะไม่แสดงอาการ ดังตารางที่ 2.2



ภาพที่ 2.3 เปรียบเทียบปริมาณการได้รับรังสีของประชากรจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และแหล่งอื่นๆ

ตารางที่ 2.2 อาการที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับรังสีในเวลาช่วงสั้นของปริมาณระดับรังสีต่างๆ กัน [3]

รายการ	ปริมาณรังสีที่ได้รับ (เรม)				
	100-200	200-600	600-1,000	1,000-5,000	มากกว่า 5,000
อาเจียน	100 เรม : 5% 200 เรม : 50%	300 เรม : 100%	100%	100%	100%
อวัยวะที่สำคัญที่เกิดผลเสีย	การสร้างเม็ดเลือดในร่างกาย			ทางเดินอาหาร	ระบบประสาทส่วนกลาง
อาการที่ปรากฏ	เม็ดเลือดขาวต่ำ	เม็ดเลือดขาวต่ำมาก ตัวสีม่วง, เลือดออกไม่หยุด ติดโรคง่ายสูงกว่า 300 เรมผมร่วง		ท้องร่วง, มีไข้ เสียสมดุลของสารอิเล็กโทรไลต์	ชักกระตุก, สันกล้ามเนื้อบังคับไม่ได้, หมดสติ
ช่วงเวลาอาการจะปรากฏภายหลังได้รับปริมาณรังสี		4 ถึง 6 สัปดาห์		5 ถึง 14 วัน	1 ถึง 48 ชั่วโมง
ความหวังที่จะกลับคืนสู่ปกติ	มีความหวังเต็มที่	มีความหวัง	ต้องคอยเฝ้าระวัง	หมดหวัง	หมดหวัง
ระยะเวลาที่จะกลับคืนสู่สุขภาพปกติ	หลายสัปดาห์	1 ถึง 12 เดือน	นาน	-	-
การตาย	ไม่มี	ไม่มี	ไม่แน่นอน 0 ถึง 80%	90 ถึง 100%	90 ถึง 100%
ระยะเวลาตาย	ไม่มี	2 เดือน	2 เดือน	2 สัปดาห์	2 วัน
สาเหตุที่ตาย	ไม่มี	เลือดออกไม่หยุด	ติดเชื้อโรค	ระบบหมุนเวียนหยุดทำงาน	ระบบหายใจไม่ทำงาน น้ำคั่งในสมอง

2.1.4 วิธีทางที่มนุษย์จะได้รับสารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และผลกระทบต่อสุขภาพ

จากตารางที่ 2.3 สำหรับสารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก คือ ไอโอดีน-131 และไอโอดีน-133 ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาฟิชชัน มีผลต่อต่อมไทรอยด์ ส่วนทริเทียมจะมีอยู่ในการปล่อยออกมาทางบรรยากาศและของเหลว ซึ่งสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง สำหรับซีเซียม-134 และซีเซียม-137 นั้น มนุษย์สามารถรับสารรังสีจากธาตุนี้ เช่น รังสีแกมมาและเบตา จากการดื่มน้ำและการบริโภคสัตว์น้ำที่จับในบริเวณโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ซึ่งจะมีผล

ต่อเนื้อเยื่อและกล้ามเนื้อ ส่วนธาตุอื่นๆ ก็มีการปล่อยสู่บรรยากาศบ้าง แต่ได้รับรังสีจากการสัมผัสกับอากาศภายนอกร่างกาย ส่วนการได้รับรังสีจากการที่หายใจเข้าไปนั้นมีปริมาณน้อย

ตารางที่ 2.3 ธาตุที่เกิดจากปฏิกิริยาแตกตัวในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ [4]

	Half-life	Radiation		Half-life	Radiation
Gases			Solids		
Tritium	12.3 yr	beta	Yttrium-91	59.0 d	beta, 0.3% gamma
Krypton-83m ^a	1.9 h	Gemma	Tellurium-129	700.0 min	beta, 20% gamma
Krypton-85m ^a	4.4 h	Beta, gamma	Tellurium-131m ^a	1.3 d	82% beta,31%gamma
Krypton-85	10.8 yr	beta, 0.4% gamma	Tellurium-131	25.0 min	beta, 65% gamma
Krypton-87	1.3 h	beta, gamma	Tellurium-133	13.0 min	beta
Krypton-88	2.8 h	beta, 35% gamma	Iodine-131	8.0 d	beta, gamma
Xenon-133m ^a	2.3 d	gamma	Iodine-133	20.0 h	beta, gamma
Xenon-133	5.3 d	beta, 37% gamma	Iodine-135	6.7 h	beta, 37% gamma
Xenon-135m ^a	16.0 min	gamma	Cesium-134	2.0 d	beta, gamma
Xenon-135	9.1 h	beta, gamma	Cesium-136	14.0 d	beta, gamma
Xenon-138	18.0 min	beta, gamma	Cesium-137	30.0 yr	beta,89% gamma
Solids			Cesium-138	32.0 min	beta,73% gamma
Rubidium-88	18.0 min	beta	Barium-140	13.0 d	beta, gamma
Strontium-89	53.0 d	beta, 0.01% gamma	Lanthanum-140	1.7 d	beta, gamma
Strontium-90	28.0 yr	beta	Cerium-144	290.0 d	beta, 13% gamma
Yttrium-90	2.7 d	beta	Praseodymium-144	17.0 min	beta, 2.5% gamma

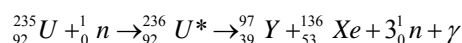
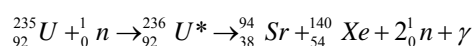
^a อักษร m หมายถึง Metastable (High-Energy) State ของนิวไคลด์สลายตัวให้รังสีแกมมา

สารกัมมันตรังสีอื่นๆ ที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น สามารถลดระดับความแรงรังสีในตัวเองได้ ถ้ากักเก็บเอาไว้ให้ระดับรังสีลดลงก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ได้แก่ ซีซอน-133 และ คริปตรอน-88 ส่วนคริปตรอน-85 แม้จะออกมาปริมาณน้อยมากแต่มีความสามารถสะสมอยู่ในบรรยากาศจนมีปริมาณมากพอที่จะเป็นผลกระทบต่อมนุษย์ได้

2.1.5 สารกัมมันตรังสีที่พบในแกนปฏิกรณ์ [5]

เมื่อเริ่มเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ครั้งแรก เชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่างๆ ไปคือ ยูเรเนียมไดออกไซด์ จะเห็นว่า มีเพียงไอโซโทปยูเรเนียมที่เป็นสารกัมมันตรังสีที่สลายตัวให้รังสีแอลฟาเท่านั้นซึ่งไม่เป็นอันตรายเมื่ออยู่ภายนอกร่างกาย แต่เมื่อทำการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปฏิกิริยาฟิชชันที่เกิดขึ้นเนื่องจากเชื้อเพลิงยูเรเนียมจับนิวตรอนในแกนปฏิกรณ์จะทำให้เกิดการแตกตัวให้นิวไคลด์รังสี 2 ธาตุ หรือมากกว่า พร้อมปลดปล่อยอนุภาคนิวตรอนพลังงานสูง (2-3 ตัว) และรังสีแกมมาออกมา ดังนี้

ตัวอย่างของปฏิกิริยาฟิชชัน



นิวตรอนที่ได้จากปฏิกิริยามีพลังงาน หรือ ความเร็วสูงมาก(42,000 กิโลเมตรต่อวินาที) ดังนั้นสรุปได้ว่า รังสีที่พบในแกนปฏิกรณ์มาจาก

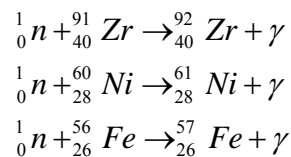
(1) อนุภาคนิวตรอนที่เกิดจากปฏิกิริยาฟิชชัน (Neutrons Produced by Fission Process) ในกระบวนการฟิชชันแต่ละครั้งจะมีอนุภาคนิวตรอนเร็วเกิดขึ้นโดยเฉลี่ย 2.5 ตัว

(2) รังสีแกมมาจากปฏิกิริยาฟิชชัน (Prompt Fission Gamma Rays) ในกระบวนการฟิชชัน แต่ละครั้งจะมีรังสีแกมมาปลดปล่อยออกมาด้วยเสมอ ซึ่งมีพลังงานทั้งหมดประมาณ 5 MeV ต่อฟิชชันหนึ่งครั้ง

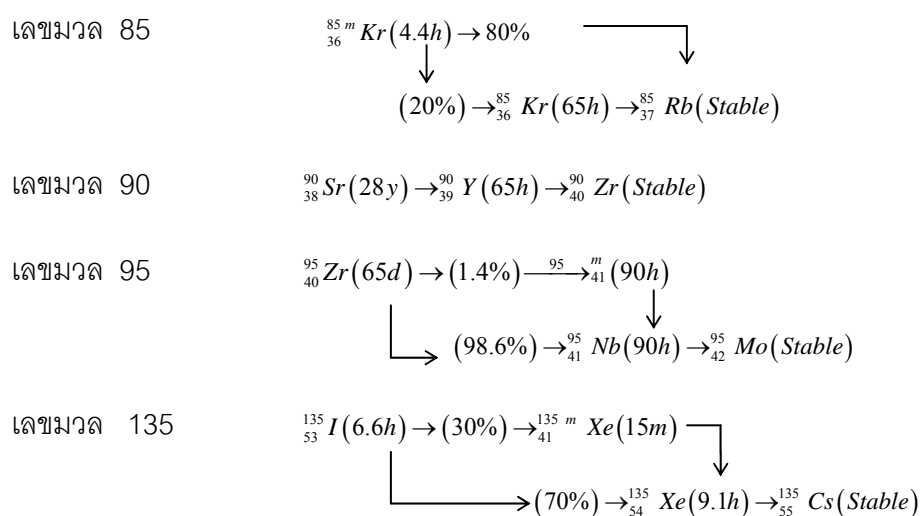
พึงสังเกตว่า ต้นกำเนิดสารกัมมันตรังสีในข้อ (1) และ (2) นี้ จะพบเฉพาะเมื่อเครื่องปฏิกรณ์กำลังทำงานเท่านั้น แต่ก็มีต้นกำเนิดรังสีอีกหลายตัวที่พบหลังจากที่เดินเครื่องปฏิกรณ์ไประยะหนึ่ง และจะปลดปล่อยรังสีและความร้อนออกมาตลอดไม่ว่าเดินหรือหยุดเครื่องปฏิกรณ์ก็ตาม ต้นกำเนิดรังสีเหล่านี้ได้แก่

(3) รังสีแกมมาที่มาจากการจับนิวตรอน (Neutron Capture Gamma Rays) วัสดุที่เป็นองค์ประกอบของแกนปฏิกรณ์สามารถจับนิวตรอนและกลายเป็นนิวไคลด์ที่ไม่เสถียร นิวไคลด์เหล่านี้จะปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมาเพื่อกลับเข้าสู่สภาวะเสถียร (Ground State) ซึ่งสามารถเขียนสัญลักษณ์ได้ดังนี้ ${}^A\text{X}(n, \gamma){}^{A+1}\text{X}$ เมื่อ ${}^A\text{X}$ คือนิวไคลด์เริ่มต้น และ ${}^{A+1}\text{X}$ คือนิวไคลด์ใหม่ที่เกิดจากการจับนิวตรอน สำหรับนิวไคลด์ใดๆ ที่ดูดจับนิวตรอนแล้วไม่เสถียรจึงให้รังสีแกมมา

ออกมา รังสีแกมมาที่ปลดปล่อยออกมา เรียกว่า Capture Gamma Ray ตัวอย่างของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของแกนปฏิกรณ์ ได้แก่ เชื้อเพลิง แท่งบรรจุเชื้อเพลิง ถึงปฏิกรณ์ แม้กระทั่งแท่งควบคุมก็สามารถเกิด Capture Gamma Ray ได้ ตัวอย่างของอันตรกิริยา Neutron Capture Gamma Ray คือ



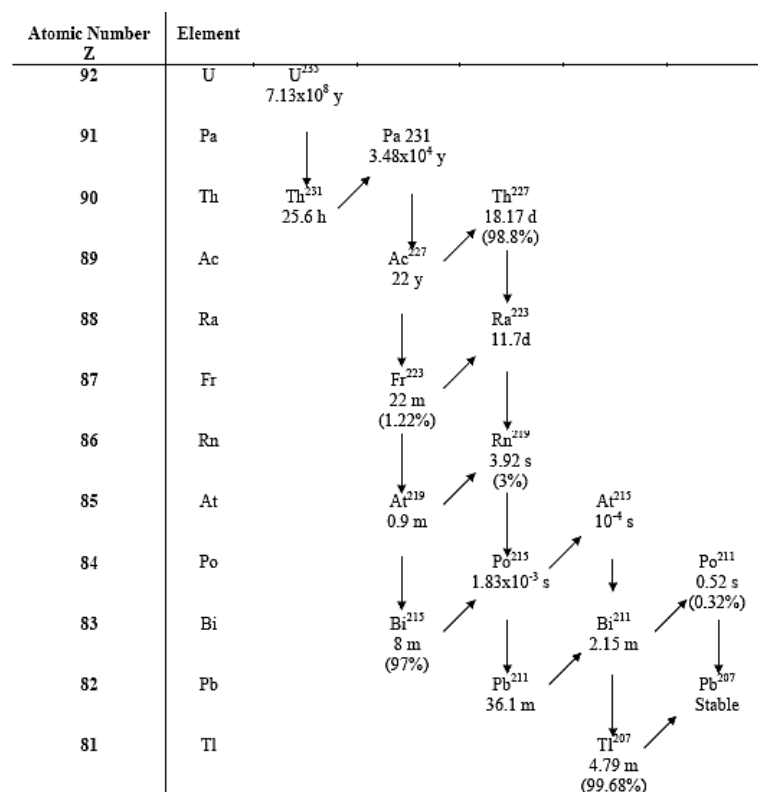
(4) **ผลิตภัณฑ์การแบ่งแยกนิวเคลียส (Fission Products)** ในกระบวนการเกิดฟิชชันแต่ละครั้งจะให้ผลผลิตฟิชชันจากกระบวนการแตกตัวของยูเรเนียมออกมา 2 ตัว ที่ไม่เสถียร ผลผลิตฟิชชันที่ได้จะเคลื่อนตัวผ่านตัวกลางคือ เม็ดเชื้อเพลิงด้วยความเร็วสูง ดังนั้นพลังงานจลน์ของผลผลิตฟิชชันประมาณ 168 MeV จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนยังผลทำให้แท่งเชื้อเพลิงร้อนขึ้น ซึ่งความร้อนนี้จะถ่ายเทไปยังน้ำหล่อเย็น เมื่อแท่งเชื้อเพลิงหมดสภาพการใช้งานจะถูกนำออกมาจากแกนปฏิกรณ์ เรายังพบว่าแท่งเชื้อเพลิงคงมีความร้อนแผ่ออกมา ทั้งนี้เนื่องมาจากการแผ่รังสี β และ γ ของผลผลิตฟิชชัน (หลังหยุดเดินเครื่องจะมีค่าประมาณ 5% ของกำลังผลิตทั้งหมดซึ่งสามารถที่จะหลอมละลายแท่งเชื้อเพลิงได้หากไม่มีการระบายความร้อนออกไปอย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง) ผลผลิตฟิชชันที่พบในแกนปฏิกรณ์มีมากกว่า 350 ตัว ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตตั้งแต่วินาทีจนถึงพันๆ ปี แต่ผลผลิตฟิชชันที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้นจะมีปริมาณมากกว่าผลผลิตฟิชชันที่มีค่าครึ่งชีวิตยาว ตัวอย่างการสลายตัวของผลผลิตฟิชชันมีดังนี้



(5) ผลผลิตจากการก่อกัมมันตภาพรังสี (Activation Products) เป็นนิวไคลด์รังสีที่เกิดจากปฏิกิริยา (n, γ) , (n, p) , และ (n, α) ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตหลากหลายและสลายตัวให้รังสีต่างๆ ตัวอย่างเช่น



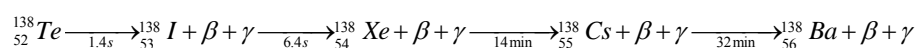
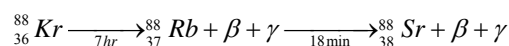
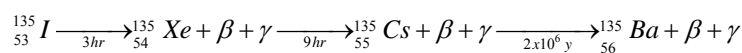
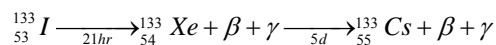
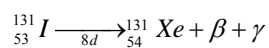
(6) ธาตุหลังยูเรเนียม (Transuranic Elements) คือนิวไคลด์ที่มีเลขอะตอมสูงกว่า 92 เป็นนิวไคลด์ที่เกิดจากการที่ยูเรเนียมในเชื้อเพลิงจําบนิวตรอน แล้วสลายตัวเป็นนิวไคลด์ที่มีเลขอะตอมสูงขึ้น และนิวไคลด์เหล่านี้จะจําบนิวตรอนต่อไปเช่นเดียวกัน และเป็นนิวไคลด์ที่มีค่าครึ่งชีวิตที่ยาวมาก ในกระบวนการสลายตัวของนิวไคลด์ยูเรนิคบางตัวจะได้นิวไคลด์ที่มีชื่อเรียกว่า แอ็คติไนด์ (Actinide) ซึ่งเป็นไอโซโทปที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 89 จนถึง 103 และเป็นไอโซโทปรังสีทั้งหมด ดังนั้นทรานยูเรนิคทั้งหมดจึงอยู่ในกลุ่มของแอ็คติไนด์ ตัวอย่างการสลายตัวของอนุกรมแอ็คติไนด์ $(4n+3)$ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การสลายตัวของอนุกรมแอ็คติไนด์ $(4n+3)$ หรือยูเรเนียม-235

จะเห็นว่าจากการเดินเครื่องปฏิกรณ์ไประยะหนึ่ง มีผลให้ตัวเชื้อเพลิงจากที่เริ่มต้นมีการแผ่รังสีแอลฟา เพียงอย่างเดียวก็กลายเป็นเชื้อเพลิงที่มีการปลดปล่อยรังสีในรูปแบบต่างๆ และในหลายส่วนที่เกี่ยวข้องก็กลายเป็นวัสดุรังสี แต่ต้องเข้าใจว่าการที่วัสดุเดิมที่ไม่มีรังสีแล้วมีการแผ่รังสีออกมาได้ในภายหลังนั้น เกิดจากการกระทำ 2 อย่าง คือ เกิดการกระตุ้น (Activation) หรือเกิดจากการปนเปื้อน (Contamination) ของวัสดุ ซึ่งความหมายของการกระตุ้นก็คือ วัสดุนั้นเมื่อถูกอาบด้วยอนุภาคนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์จะดูดจับอนุภาคนิวตรอนไว้และกลายเป็นวัสดุรังสีได้ ดังข้อ 2.1.5(5) เราเรียกว่าวัสดุนั้นถูกกระตุ้น (Activated) ด้วยอนุภาคนิวตรอนและเรียกกระบวนการนี้ว่า การกระตุ้น (Activation) ส่วนการปนเปื้อนนั้น หมายถึง การที่วัสดุนั้นมีสารรังสีเกาะติด เช่น ฝุ่นมือยาง เป็นต้น

อีกกระบวนการหนึ่งที่ทำให้ระบบในเครื่องปฏิกรณ์ปนเปื้อนด้วยรังสี นั่นคือการทำแท่งเชื้อเพลิงมีรูรั่วหรือที่เรียกว่า แท่งเชื้อเพลิงเกิดการบกพร่อง (Fuel Failure) เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ฟิชชันที่มีสถานะเป็นก๊าซ เล็ดรอดออกมาสู่น้ำหล่อเย็น ซึ่งผลิตภัณฑ์ฟิชชันที่เป็นก๊าซที่สำคัญได้แก่ ซีซีนอน (Xe) คริปตอน (Kr) และไอโอดีน (I) ส่วนที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ ซีเซียม (Cs) แบเรียม (Ba) เป็นต้น นิวไคลด์รังสีและนิวไคลด์ลูกเหล่านี้จะเป็นอันตรายต่อระบบหายใจ ถ้าถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ตัวอย่างการสลายตัวของนิวไคลด์เหล่านี้ มีดังนี้



สรุปได้ว่าสารกัมมันตรังสีซึ่งเป็นผลผลิตการแบ่งแยกนิวเคลียส (Fission Product) เกือบทั้งหมดถูกกักเก็บอยู่ในปลอกหุ้มเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (Cladding) กับสารที่อยู่ในน้ำระบายความร้อนซึ่งกลายเป็นสารกัมมันตรังสีเมื่อดูดจับนิวตรอน ซึ่งสารเหล่านี้มีอยู่ในน้ำที่ไม่บริสุทธิ์พอและมาจากเศษธาตุที่หลุดออก (Corrode) จากท่อระบายความร้อนและอุปกรณ์ต่างๆ สารกัมมันตรังสีที่เกิดในลักษณะนี้มีปริมาณน้อยมาก ดังนั้นอันตรายร้ายแรงของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อยู่ที่แท่งเชื้อเพลิงที่กำลังใช้งานหรือหลังใช้งาน เพราะเป็นแหล่งสะสมสารกัมมันตรังสีจำนวนมากที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งจะหลุดออกมาจากแท่งเชื้อเพลิงได้ก็ต่อเมื่อเกิดอุบัติเหตุกรณีการสูญเสียการระบายความร้อน (LOCA) จนทำให้ปลอกหุ้มเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิหลอมละลาย

2.1.6 การคำนวณขอบเขตของพื้นที่หวงห้ามและพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย สำหรับโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

การวิเคราะห์ผลกระทบทางรังสีของการเกิดอุบัติเหตุการสูญเสียน้ำระบายความร้อนที่ได้จากการออกแบบขั้นพื้นฐาน (DBA LOCA) จัดอยู่ในการประเมินอุบัติเหตุลำดับที่ 8 ในอุบัติเหตุ 9 ประเภท (Class 9) ของคณะกรรมการกำกับดูแลนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา (U.S.NRC) ดังข้อมูลการจำแนกประเภท (Class) ของอุบัติเหตุในตารางที่ 2.4

การวิเคราะห์อุบัติเหตุลำดับที่ 8 นี้ถูกใช้ในการประเมินหาระยะ EAB และ LPZ ซึ่งบรรจุอยู่ในหัวข้อหนึ่งของการจัดทำรายงานวิเคราะห์ความปลอดภัย (Safety Analysis Report; SAR) ในบทที่ 15 เรื่อง Transient Accident Analysis และรายงานวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม (Environmental Report; ER) บทที่ 7 เรื่อง Environmental Impacts of Postulated Accidents Involving Radioactive Materials ซึ่งรายงานทั้งสองฉบับเป็นขั้นตอนของการขออนุญาตประกอบกิจการ (Operating License) ทำความคู่กับขั้นตอนการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โดยการประเมินหาระยะดังกล่าว เดิมใช้กฎเกณฑ์เรื่อง Calculation of Distance Factors for Power and Test Reactor Sites, TID-14844 [6] ในการหาปริมาณต้นกำเนิดสารกัมมันตรังสีในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Source Term) เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับที่ระยะ EAB และ LPZ ทั่วร่างกายต้องไม่เกิน 25 เรม (0.25 ซีเวิร์ต) และปริมาณรังสีที่ต่อมไทรอยด์ต้องไม่เกิน 300 เรม (3 ซีเวิร์ต) ตามขีดจำกัดใน 10 CFR 100.11 [7] ปัจจุบันใช้กฎเกณฑ์ใหม่เรื่อง Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants, NUREG-1465 [8] ในการหาปริมาณรังสีที่ออกมาหลังเกิดอุบัติเหตุ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับปริมาณรังสีสมมูลย์ที่ร่างกายได้รับทั้งหมด (Total Effective Dose Equivalent; TEDE) ที่ระยะ EAB และ LPZ ตามขีดจำกัดใน 10 CFR 50.67 [9] ซึ่งจะต้องไม่เกิน 25 เรม (0.25 ซีเวิร์ต) ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมงและ 30 วันตลอดเวลาที่กลุ่มควันกัมมันตรังสีเคลื่อนตัวผ่านตามลำดับ สรุปดังรายละเอียดการเปรียบเทียบข้อแนะนำในการวิเคราะห์หาปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับรอบพื้นที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์และรายละเอียดขีดจำกัดปริมาณรังสีรอบขอบเขตพื้นที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ดังตารางที่ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ ทั้งนี้สามารถศึกษารายละเอียดขีดจำกัดปริมาณรังสีจากการประเมินอุบัติเหตุต่างๆ ตามการออกแบบได้ในตารางที่ ก.1 ภาคผนวก ก

รายละเอียดกฎเกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมทั้งหมดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มาจากข้อแนะนำ Regulatory Guide 4.7 ที่ควบคุมโดยคณะกรรมการกำกับดูแลนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา (U.S.NRC)

ตารางที่ 2.4 การจำแนกประเภทของอุบัติเหตุตามคณะกรรมการกำกับดูแลนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา [4]

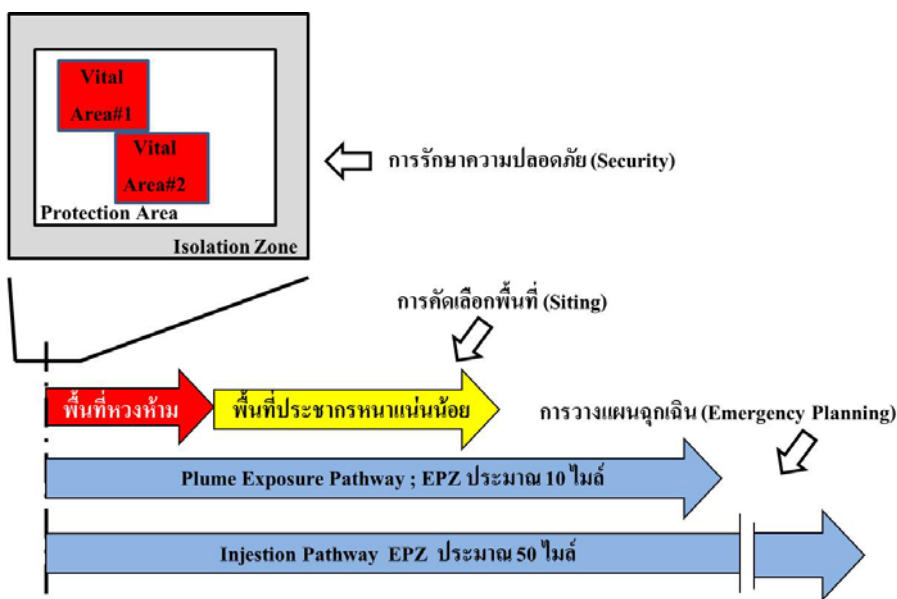
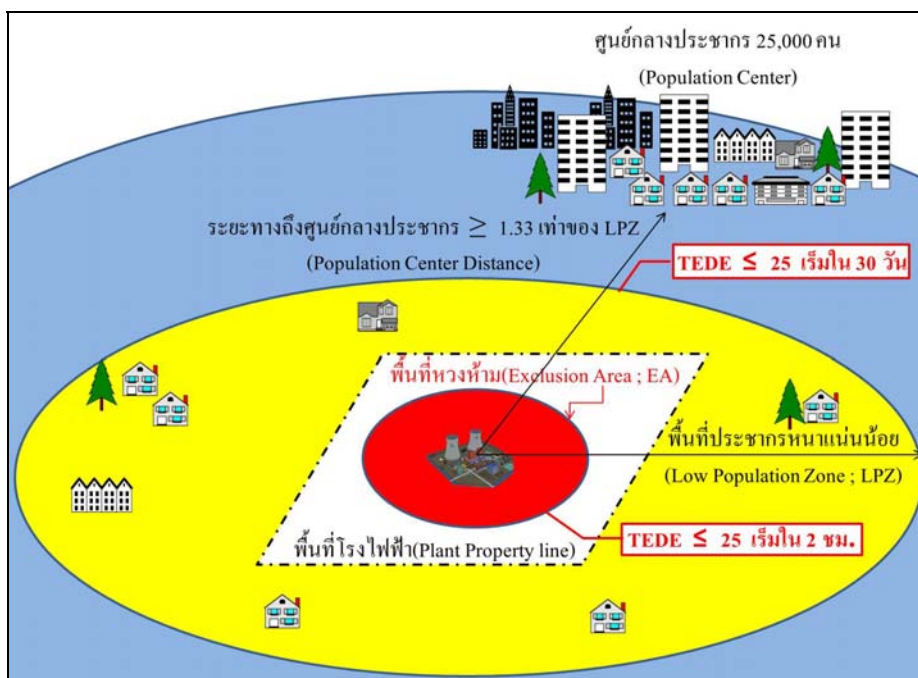
ประเภท (Class)	รายละเอียด	ตัวอย่าง
1	เหตุผิดพลาด	การหกและรั่วอยู่ภายในอาคารคลุมปฏิกรณ์
2	เกิดจากการระบายจากอาคารคลุมปฏิกรณ์	การหกและรั่วออกนอกอาคารปฏิกรณ์เล็กน้อย
3	ระบบบำบัดกากกัมมันตรังสีล้มเหลว	เกิดการรั่วของอุปกรณ์หรือไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ มีการระบายออกของก๊าซหรือของเหลวกัมมันตรังสีจากที่กักเก็บ
4	ผลผลิตพิชชันจากระบบปฏิกรณ์ (BWR)	แท่งเชื้อเพลิงได้รับความเสียหาย เกิดการเสียหายของเชื้อเพลิงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ไม่ได้ออกแบบไว้
5	ผลผลิตพิชชันจากระบบปฏิกรณ์สู่ระบบทุติยภูมิ (PWR)	แท่งเชื้อเพลิงและเครื่องผลิตไอน้ำได้รับความเสียหายและเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบ Off-Design
6	อุบัติเหตุจากการเปลี่ยนแท่งเชื้อเพลิง	มัดเชื้อเพลิงหล่นหรือมีวัตถุน้ำหนักมากหล่นใส่เชื้อเพลิงในแกนปฏิกรณ์
7	อุบัติเหตุจากแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้ว	มัดเชื้อเพลิงหล่นลงในบ่อเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วหรือมีวัตถุน้ำหนักมากหล่นใส่ Fuel Rack หรือ Fuel Cask หล่น
8	อุบัติเหตุที่พิจารณาจากการประเมินขั้นพื้นฐานจากการออกแบบในรายงานวิเคราะห์ความปลอดภัย	อุบัติเหตุการสูญเสียน้ำระบายความร้อน แท่งควบคุมไม่ทำงานในแกนปฏิกรณ์ ท่อไอน้ำแตก (BWR) ท่อน้ำแตกด้านนอกอาคารคลุมปฏิกรณ์ (PWR)
9	ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการตั้งสมมติฐานอันเนื่องจากการเกิดความล้มเหลวของระบบนอกเหนืออุบัติเหตุทั้ง 8 ประเภทข้างต้น(Beyond the design basis accidents)	-

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบข้อแนะนำในการวิเคราะห์หาปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับรอบขอบเขตพื้นที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์

วิธีการเดิม	วิธีการใหม่
<ul style="list-style-type: none"> - Source Term: TID-14844 (1962) - Dose Factors: ปริมาณรังสีที่ทั่วร่างกายและต่อมไทรอยด์ (ICRP-2/ICRP-30) 	<ul style="list-style-type: none"> - Source Term: NUREG-1465 (1995) - Dose Factors: ปริมาณรังสีสมมูลย์ที่ร่างกายได้รับทั้งหมด (ICRP-30/FGR 11 และ 12)
ข้อบังคับ : <ul style="list-style-type: none"> - 10 CFR 100.3 (นิยาม EA, LPZ) - 10 CFR 100.11 (ขีดจำกัด EA, LPZ) 	ข้อบังคับ : <ul style="list-style-type: none"> - 10 CFR 100.3 (นิยาม EA, LPZ) - 10 CFR 50.67 (ขีดจำกัดแบบ TEDE ที่ EA, LPZ)
ข้อแนะนำ: <ul style="list-style-type: none"> - RG 1.3 (BWR LOCA) และ RG 1.4 (PWR LOCA) - RG 1.145 (μ/Q ใน EAB และ LPZ) 	ข้อแนะนำ: <ul style="list-style-type: none"> - RG 1.183 (DBA) - RG 1.145 (μ/Q ใน EAB และ LPZ)

ตารางที่ 2.6 ขีดจำกัดปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับรอบขอบเขตพื้นที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ข้อกำหนดตามข้อบังคับ	ปริมาณรังสีที่ได้รับ	ขีดจำกัดปริมาณรังสีหน่วยเร็ม (ซีเวิร์ต)	
		เขตพื้นที่หวงห้าม (EAB)	พื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ)
การออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน (DBA LOCA)			
ขีดจำกัดเดิม 10 CFR 100.11	<ul style="list-style-type: none"> - ปริมาณรังสีที่ทั่วร่างกาย - ปริมาณรังสีที่ต่อมไทรอยด์ 	ไม่เกิน 25 (0.25) ไม่เกิน 300 (3.0) [ภายใน 2 ชั่วโมง]	ไม่เกิน 25 (0.25) ไม่เกิน 300 (3.0) [ภายใน 30 วัน]
ขีดจำกัดใหม่ 10 CFR 50.67	ปริมาณรังสีสมมูลย์ที่ร่างกายได้รับทั้งหมด (TEDE)	ไม่เกิน 25 (0.25) [ภายใน 2 ชั่วโมง]	ไม่เกิน 25 (0.25) [ภายใน 30 วัน]



ภาพที่ 2.5 ขอบเขตพื้นที่ควบคุม (Restricted Zone) รอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ขอบเขตพื้นที่ควบคุม(Restricted Zone) รอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์[10] ดังภาพที่ 2.5 ได้แก่

พื้นที่หวงห้าม (Exclusion Area) หมายถึง พื้นที่บริเวณรอบที่ตั้งปฏิกรณ์ซึ่งเป็นพื้นที่หวงห้ามอนุญาตให้เข้าออกเฉพาะเจ้าหน้าที่ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น และไม่ให้มีการอยู่อาศัยอย่างถาวร แต่อนุญาตให้มีระบบการขนส่ง เช่น ทางหลวง ทางรถไฟ และทางน้ำ โดยต้องไม่อยู่ใกล้เกินไปจน

ขีดขวางการดำเนินการและสามารถควบคุมการจราจรได้เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน และมีการควบคุมตรวจวัดปริมาณรังสีตลอดเวลารอบๆ โรงไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยทางด้านสุขภาพของประชาชนโดยรอบ

พื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (Low Population Zone) หมายถึง พื้นที่ล้อมรอบบริเวณพื้นที่หวงห้ามซึ่งอนุญาตให้มีการอยู่อาศัยได้แต่ต้องมีความหนาแน่นของจำนวนประชากรไม่มากจนเกินไปจนไม่สามารถอพยพออกจากบริเวณนี้ได้ทันเวลาเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ลักษณะที่ตั้ง ขนาดและจำนวนทางหลวง ขอบเขตในการวางแผน และจำนวนประชากรจริงภายในพื้นที่นี้

ระยะทางถึงศูนย์กลางประชากร (Population Center Distance) หมายถึง ระยะทางที่ใกล้ที่สุดจากที่ตั้งปฏิกรณ์ถึงบริเวณพื้นที่ที่มีกลุ่มประชากรหนาแน่น 25,000 คน ตลอดอายุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต้องมีค่าอย่างน้อยเป็น 1.33 เท่าของขอบเขตพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ)

2.1.7 วิธีการคำนวณปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับ (Offsite Dose Calculation)

ตามขีดจำกัดใหม่ใน 10 CFR 50.67 สมมติฐานในการคำนวณปริมาณรังสีสมมูลย์ที่ร่างกายได้รับทั้งหมด (TEDE) สำหรับบุคคลที่อยู่ ณ ตำแหน่ง EAB และ LPZ ซึ่งกำหนดว่า เมื่อเกิดอุบัติเหตุขั้นพื้นฐานจากการออกแบบกรณีสูญเสียระบายความร้อน (DBA LOCA) นั้นบุคคลที่อยู่บริเวณขอบเขต EAB จะต้องได้รับ TEDE ไม่เกิน 25 เร็ม (0.25 ซีเวิร์ต) ตลอดเวลาที่กลุ่มควันกัมมันตรังสีเคลื่อนผ่านเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ส่วนบุคคลที่อยู่บริเวณขอบนอกของ EAB ออกไปหรือพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) นั้นจะต้องได้รับ TEDE ไม่เกิน 25 เร็ม (0.25 ซีเวิร์ต) ตลอดเวลาที่กลุ่มควันกัมมันตรังสีเคลื่อนผ่านเป็นเวลา 30 วัน โดยที่ช่วงเวลา 2 ชั่วโมงสำหรับการคำนวณหาระยะ EAB นั้นเป็นค่าที่เวลา 2 ชั่วโมงใดๆ ที่มีการปลดปล่อยปริมาณสารกัมมันตรังสีออกมาแล้วทำให้ได้ค่า TEDE มากที่สุดซึ่งขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของแต่ละเครื่องปฏิกรณ์ ส่วนเวลา 30 วันสำหรับ LPZ นั้นแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาย่อย ได้แก่ 8 ชั่วโมงแรก, 8 ถึง 24 ชั่วโมง, 24 ถึง 96 ชั่วโมง และ 96 ถึง 720 ชั่วโมงหรือ 30 วันหลังจากเกิดอุบัติเหตุตนเอง

ปริมาณ TEDE ในหน่วยเร็ม คำนวณได้จากผลรวมของปริมาณรังสีสมมูลย์ที่ได้รับภายนอกร่างกาย (Effective Dose Equivalent; D_{EDE}) อันเนื่องมาจากผลของกลุ่มควันกัมมันตรังสี (Cloud of Activity) และปริมาณรังสีสมมูลย์ที่ได้รับจากสารกัมมันตรังสีที่เข้าสู่ร่างกายจากการหายใจและเกิดการสะสมที่อวัยวะต่างๆ ภายในร่างกายเป็นเวลา 50 ปี (Committed Effective Dose Equivalent; D_{CEDE}) ดังสมการที่ (2.1)

$$TEDE = D_{EDE} + D_{CEDE} \quad (2.1)$$

สามารถคำนวณปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกาย (Effective Dose Equivalent; D_{EDE}) จากผลของกลุ่มควันทัมมันตรังสีที่จมตัว (Immersion) แบบเซมิอินฟินิต (Semi-infinite cloud) ดังสมการที่ (2.2)

$$D_{EDE} = \sum_i DCF_i \sum_j R_{ij} (\chi / Q)_j \quad (2.2)$$

- โดย D_{EDE} = ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทัมมันตรังสี (เริ่ม)
- DCF_i = แฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสีแบบ EDE ของสารกัมมันตรังสี i (เริ่ม-ลบ.ม. ต่อ คูรี-วินาที)
- R_{ij} = ปริมาณของสารกัมมันตรังสี i ที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ระหว่างช่วงเวลา j (คูรี)
- $(\chi / Q)_j$ = แฟคเตอร์การแพร่กระจายในบรรยากาศ (Atmospheric dispersion factor) ระหว่าง ช่วงเวลา j (วินาทีต่อ ลบ.ม.)

ส่วนการคำนวณปริมาณรังสีที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ (Inhalation Dose หรือ CEDE dose) สามารถคำนวณจากสมการที่ (2.3)

$$D_{CEDE} = \sum_i DCF_i \sum_j R_{ij} (BR)_j (\chi / Q)_j \quad (2.3)$$

- โดย D_{CEDE} = ปริมาณรังสีที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ (เริ่ม)
- DCF_i = แฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสีแบบ CEDE ของสารกัมมันตรังสี i (เริ่มต่อคูรี)
- R_{ij} = ปริมาณของสารกัมมันตรังสี i ที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ระหว่างช่วงเวลา j (คูรี)
- $(BR)_j$ = อัตราการหายใจระหว่างช่วงเวลา j ใดๆ (ลบ.ม.ต่อวินาที)
- $(\chi / Q)_j$ = แฟคเตอร์การแพร่กระจายในบรรยากาศ (Atmospheric dispersion factor) ระหว่าง ช่วงเวลา j (วินาทีต่อลบ.ม.)

โดยที่แฟคเตอร์การแพร่กระจายในบรรยากาศ (χ / Q) หรือที่เรียกว่า แฟคเตอร์การแพร่กระจายจากการเกิดอุบัติเหตุ (Short-Term Atmospheric Dispersion or Accident Release) ผู้ออกแบบเครื่องปฏิกรณ์แต่ละเทคโนโลยีได้ทำการคำนวณและระบุอยู่ใน Design Control Document (DCD) แต่ทั้งนี้ผู้ขออนุญาตก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะต้องหาค่าแฟคเตอร์การแพร่กระจายในบรรยากาศจริงในพื้นที่ที่จะทำการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ด้วยวิธีการตามข้อเสนอแนะของ U.S.NRC ที่ 1.145 (Regulatory Guide 1.145) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการออกแบบ โดย

จะกล่าวถึงรายละเอียดในการคำนวณค่า χ/Q ในหัวข้อถัดไป ส่วนอัตราการหายใจ (BR)_j ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณรังสีนั้น อ้างอิงตามหัวข้อที่ 4.1.3 ของ Regulatory Guide 1.183 [13] โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 3.5×10^{-4} , 1.8×10^{-4} และ 2.3×10^{-4} ลบ.ม.ต่อวินาทีสำหรับช่วงเวลา 8 ชั่วโมงแรก, ช่วงเวลา 8 ถึง 24 ชั่วโมง และช่วงเวลา 24 ถึง 720 ชั่วโมงหรือ 1 ถึง 30 วันหลังจากเกิดอุบัติเหตุตามลำดับ โดยตารางที่ 2.7 แสดงรายละเอียดของแฟคเตอร์การแพร่กระจายในบรรยากาศจากการออกแบบตามเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์และอัตราการหายใจ (BR)_j ที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละช่วงเวลา

ตารางที่ 2.7 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	$(\chi/Q)_j$ จากการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ (วินาทีต่อลบ.ม.)				อัตราการหายใจ (ลบ.ม.ต่อวินาที) [13]
	AP-1000 [14]	US-APWR [15]	U.S.EPR [17]	ESBWR [18]	
0-2 ชั่วโมงที่ระยะ EAB	5.10×10^{-4}	5.10×10^{-4}	1.00×10^{-3}	2.00×10^{-3}	3.5×10^{-4}
0-8 ชั่วโมงที่ระยะ LPZ	2.20×10^{-4}	2.10×10^{-4}	1.35×10^{-4}	1.90×10^{-4}	
8-24 ชั่วโมงที่ระยะ LPZ	1.60×10^{-4}	1.30×10^{-4}	1.00×10^{-4}	1.40×10^{-4}	1.8×10^{-4}
24-96 ชั่วโมงที่ระยะ LPZ	1.00×10^{-4}	6.90×10^{-5}	5.40×10^{-4}	7.50×10^{-5}	2.3×10^{-4}
96-720 ชั่วโมงที่ระยะ LPZ	8.00×10^{-5}	2.80×10^{-4}	2.20×10^{-5}	3.00×10^{-5}	

ทั้งนี้ค่าแฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสี (Dose Conversion Factor) จากข้อมูลในตารางที่ 2.8 ได้อ้างอิงจากสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency; EPA) สำหรับแฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสีแบบ CEDE นำข้อมูลมาจากตารางที่ 2.2.1 Exposure-to-Dose Conversion Factor for Inhalation ใน Federal Guidance Report No. 11 [11] เรื่อง Limiting Values of Radionuclide Intake and Air Concentrations and Dose Conversion Factors for Inhalation, Submersion and Ingestion ซึ่งอ้างอิงมาจาก ICRP Publication 30 ส่วนค่าสำหรับแฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสีแบบ EDE นำข้อมูลมาจากตารางที่ 2-III.1 Dose Coefficients for Air Submersion ใน Federal Guidance Report No. 12 [12] เรื่อง External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil

สำหรับปริมาณต้นกำเนิดสารกัมมันตรังสีในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Source Term; R_{ij}) ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับจากกรณีเกิดอุบัติเหตุนี้ มีสมมติฐานมาจากข้อมูลใน TID-14844 [6] โดยการจัดองค์ประกอบของไอโซโทปรังสีที่แพร่กระจายออกมาจากแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ทั้งหมด 54 Radionuclide ออกเป็น 8 กลุ่ม ส่วนคำแนะนำฉบับใหม่ (Regulatory Guide 1.183) ได้รวมสทรอนเชียมและแบเรียมอยู่ในกลุ่มเดียวกับเทลลูเรียม และคิดปริมาณสัดส่วนของ Core Inventory ที่ถูกปล่อยออกมาที่อาคารคลุมปฏิกรณ์สำหรับกรณี DBA LOCA ดังข้อมูลในตารางที่ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ พร้อมทั้งแสดงข้อมูลเปรียบเทียบหลักการปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีในเครื่องปฏิกรณ์ในตารางที่ 2.11 โดยเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำมวลเบาแต่ละประเภทจะมีปริมาณต้นกำเนิดสารกัมมันตรังสีในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการออกแบบของแต่ละบริษัท เช่น ชนิดและระดับกำลังของเครื่องปฏิกรณ์ ระบบวิศวกรรมความปลอดภัยในการตอบสนองกรณีเกิดอุบัติเหตุและอื่นๆ ซึ่งในอดีตอ้างอิงตาม TID-14844 สำหรับงานวิจัยนี้เลือกวิเคราะห์เฉพาะเครื่องปฏิกรณ์ที่ผู้ออกแบบคำนวณ DBA LOCA โดยอ้างอิงตามข้อบังคับฉบับใหม่คือ Regulatory Guide 1.183 ดังแสดงข้อมูลต้นกำเนิดสารกัมมันตรังสีในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่แพร่กระจายออกมาจากการเกิดอุบัติเหตุการสูญเสียน้ำระบายความร้อนของเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำมวลเบาแต่ละประเภทที่ได้ยื่นขึ้นทะเบียนขอรับใบรับรองกับ U.S.NRC ได้แก่ AP-1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ในตารางที่ 2.12 ถึง 2.15 ตามลำดับ และแสดงรายละเอียดคุณลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ข้างต้นในตารางที่ ก.2 ภาคผนวก ก

ตารางที่ 2.8 แฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสี (Dose Conversion Factor)

ไอโซโทป	EDE [12] (Sv-m ³ /Bq-s)	CEDE [11] (Sv/Bq)	EDE (Rem-m ³ /Ci-s)	CEDE (Rem/Ci)	
กลุ่มที่ 1 โนเบิลแก๊ส (Noble gases)	Kr-83m	1.50E-18	0.00E+00	5.55E-06	0.00E+00
	Kr-85m	7.48E-15	0.00E+00	2.77E-02	0.00E+00
	Kr-85	1.19E-16	0.00E+00	4.40E-04	0.00E+00
	Kr-87	4.12E-14	0.00E+00	1.52E-01	0.00E+00
	Kr-88	1.02E-13	0.00E+00	3.77E-01	0.00E+00
	Kr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	Xe-131m	3.89E-16	0.00E+00	1.44E-03	0.00E+00
	Xe-133m	1.37E-15	0.00E+00	5.07E-03	0.00E+00
	Xe-133	1.56E-15	0.00E+00	5.77E-03	0.00E+00
	Xe-135m	2.04E-14	0.00E+00	7.55E-02	0.00E+00
	Xe-135	1.19E-14	0.00E+00	4.40E-02	0.00E+00
	Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	Xe-138	5.77E-14	0.00E+00	2.13E-01	0.00E+00
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน (Halogens)	I-129	3.80E-16	4.69E-08	1.41E-03	1.74E+05
	I-130	1.04E-13	7.14E-10	3.85E-01	2.64E+03
	I-131	1.82E-14	8.89E-09	6.73E-02	3.29E+04
	I-132	1.12E-13	1.03E-10	4.14E-01	3.81E+02
	I-133	2.94E-14	1.58E-09	1.09E-01	5.85E+03
	I-134	1.30E-13	3.55E-11	4.81E-01	1.31E+02
	I-135	7.98E-14	3.32E-10	2.95E-01	1.23E+03
	Br-83	3.82E-16	2.41E-11	1.41E-03	8.92E+01
	Br-84	9.41E-14	2.27E-11	3.48E-01	8.40E+01
	Br-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 3 โลหะแอดคาไลด์ (Alkali metal)	Cs-134	7.57E-14	1.25E-08	2.80E-01	4.63E+04
	Cs-136	1.06E-13	1.98E-09	3.92E-01	7.33E+03
	Cs-137	2.88E-14	8.63E-09	1.07E-01	3.19E+04
	Cs-138	1.21E-13	2.74E-11	4.48E-01	1.01E+02
	Rb-86m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	Rb-86	4.81E-15	1.79E-09	1.78E-02	6.62E+03
	Rb-88	3.36E-14	2.26E-11	1.24E-01	8.36E+01
	Rb-89	1.06E-13	1.16E-11	3.92E-01	4.29E+01

หมายเหตุ 100 เร็ม (Rem) เท่ากับ 1 ซีเวิร์ต (Sv) และ 3.7×10^{10} เบคเคอเรล (Bq) เท่ากับ 1 คูรี (Ci)

ตารางที่ 2.8 แฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสี (Dose Conversion Factor)(ต่อ)

ไอโซโทป	EDE [12] (Sv-m ³ /Bq-s)	CEDE [11] (Sv/Bq)	EDE (Rem-m ³ /Ci-s)	CEDE (Rem/Ci)	
กลุ่มที่ 4 กลุ่มเทลลูเรียม (Tellurium group)	Te-127m	1.47E-16	5.81E-09	5.44E-04	2.15E+04
	Te-127	2.42E-16	8.60E-11	8.95E-04	3.18E+02
	Te-129m	1.55E-15	6.47E-09	5.74E-03	2.39E+04
	Te-129	2.75E-15	2.42E-11	1.02E-02	8.95E+01
	Te-131m	7.01E-14	1.73E-09	2.59E-01	6.40E+03
	Te-131	2.04E-14	1.24E-10	7.55E-02	4.59E+02
	Te-132	1.03E-14	2.55E-09	3.81E-02	9.44E+03
	Te-134	4.24E-14	3.23E-11	1.57E-01	1.20E+02
	Sb-125	2.02E-14	3.30E-09	7.47E-02	1.22E+04
	Sb-127	3.33E-14	1.63E-09	1.23E-01	6.03E+03
	Sb-129	7.14E-14	1.74E-10	2.64E-01	6.44E+02
กลุ่มที่ 5 สตรอนเทียมและแบเรียม (Strontium, Barium)	Sr-89	7.73E-17	1.12E-08	2.86E-04	4.14E+04
	Sr-90	7.53E-18	3.51E-07	2.79E-05	1.30E+06
	Sr-91	3.45E-14	4.49E-10	1.28E-01	1.66E+03
	Sr-92	6.79E-14	2.18E-10	2.51E-01	8.07E+02
	Ba-137m	2.88E-14	0.00E+00	1.07E-01	0.00E+00
	Ba-139	2.17E-15	4.64E-11	8.03E-03	1.72E+02
	Ba-140	8.58E-15	1.01E-09	3.17E-02	3.74E+03
กลุ่มที่ 6 โลหะเนบิล (Noble metal)	Co-58	4.76E-14	2.94E-09	1.76E-01	1.09E+04
	Co-60	1.26E-13	5.91E-08	4.66E-01	2.19E+05
	Ru-103	2.25E-14	2.42E-09	8.33E-02	8.95E+03
	Ru-105	3.81E-14	1.23E-10	1.41E-01	4.55E+02
	Ru-106	0.00E+00	1.29E-07	0.00E+00	4.77E+05
	Rh-103m	8.80E-18	1.27E-12	3.26E-05	4.70E+00
	Rh-105	3.72E-15	2.58E-10	1.38E-02	9.55E+02
	Rh-106	1.04E-14	0.00E+00	3.85E-02	0.00E+00
	Mo-99	7.28E-15	1.07E-09	2.69E-02	3.96E+03
	Tc-99m	5.89E-15	8.80E-12	2.18E-02	3.26E+01

หมายเหตุ 100 เร็ม (Rem) เท่ากับ 1 ซีเวิร์ต (Sv) และ 3.7×10^{10} เบคเคอเรล (Bq) เท่ากับ 1 คูรี (Ci)

ตารางที่ 2.8 แฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสี (Dose Conversion Factor) (ต่อ)

ไอโซโทป		EDE [12] (Sv-m ³ /Bq-s)	CEDE [11] (Sv/Bq)	EDE (Rem-m ³ /Ci-s)	CEDE (Rem/Ci)
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแลนทาไนด์ (Lanthanide group)	Y-90	1.90E-16	2.28E-09	7.03E-04	8.44E+03
	Y-91m	2.55E-14	9.82E-12	9.44E-02	3.63E+01
	Y-91	2.60E-16	1.32E-08	9.62E-04	4.88E+04
	Y-92	1.30E-14	2.11E-10	4.81E-02	7.81E+02
	Y-93	4.80E-15	5.82E-10	1.78E-02	2.15E+03
	Nb-95	3.74E-14	1.57E-09	1.38E-01	5.81E+03
	Zr-95	3.60E-14	6.39E-09	1.33E-01	2.36E+04
	Zr-97	9.02E-15	1.17E-09	3.34E-02	4.33E+03
	La-140	1.17E-13	1.31E-09	4.33E-01	4.85E+03
	La-141	2.39E-15	1.57E-10	8.84E-03	5.81E+02
	La-142	1.44E-13	6.84E-11	5.33E-01	2.53E+02
	Nd-147	6.19E-15	1.85E-09	2.29E-02	6.85E+03
	Pr-143	2.10E-17	2.19E-09	7.77E-05	8.10E+03
	Am-241	8.18E-16	1.20E-04	3.03E-03	4.44E+08
	Cm-242	5.69E-18	4.67E-06	2.11E-05	1.73E+07
	Cm-244	4.91E-18	6.70E-05	1.82E-05	2.48E+08
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม (Cerium group)	Ce-141	3.43E-15	2.42E-09	1.27E-02	8.95E+03
	Ce-143	1.29E-14	9.16E-10	4.77E-02	3.39E+03
	Ce-144	8.53E-16	1.01E-07	3.16E-03	3.74E+05
	Pu-238	4.88E-18	1.06E-04	1.81E-05	3.92E+08
	Pu-239	4.24E-18	1.16E-04	1.57E-05	4.29E+08
	Pu-240	4.75E-18	1.16E-04	1.76E-05	4.29E+08
	Pu-241	7.25E-20	2.23E-06	2.68E-07	8.25E+06
	Np-239	7.69E-15	6.78E-10	2.85E-02	2.51E+03

หมายเหตุ 100 เร็ม (Rem) เท่ากับ 1 ซีเวิร์ต (Sv) และ 3.7×10^{10} เบคเคอเรล (Bq) เท่ากับ 1 คูรี (Ci)

ตารางที่ 2.9 องค์ประกอบของไอโซโทปรังสีที่ถูกปลดปล่อยออกจากแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์

ตาม TID-14844 [6]

กลุ่มที่	ชื่อกลุ่ม	ธาตุที่อยู่ในกลุ่ม
1	โนเบิลก๊าซ	Xe, Kr
2	ฮาโลเจน	I, Br
3	โลหะแอลคาไลด์	Cs, Rb
4	กลุ่มเทลลูเรียม	Te, Sb, Se
5	สทรอนเชียมและแบเรียม*	Sr, Ba
6	โลหะโนเบิล	Ru, Rh, Pd, Mo, Tc, Co
7	กลุ่มแลนทาไนด์	La, Zr, Nd, Eu, Nb, Pm, Pr, Sm, Y, Cm, Am
8	กลุ่มซีเรียม	Ce, Pu, Np

หมายเหตุ * RG 1.183 ดัดแปลงจาก TID-14844 โดยรวมสทรอนเชียมและแบเรียมอยู่ในกลุ่มเทลลูเรียม

ตารางที่ 2.10 ปริมาณสัดส่วนของ Core Inventory ที่ถูกปลดปล่อยออกมาที่อาคารคลุมปฏิกรณ์

ตาม RG 1.183 [13]

ชื่อกลุ่ม	BWR		PWR	
	Gap release phase	Early In Vessel Phase	Gap release phase	Early In Vessel Phase
โนเบิลก๊าซ	0.05	0.95	0.05	0.95
ฮาโลเจน	0.05	0.25	0.05	0.35
โลหะแอลคาไลด์	0.05	0.20	0.05	0.25
กลุ่มเทลลูเรียม	0	0.05	0	0.05
สทรอนเชียมและแบเรียม	0	0.02	0	0.02
โลหะโนเบิล	0	0.0025	0	0.0025
กลุ่มแลนทาไนด์	0	0.0002	0	0.0002
กลุ่มซีเรียม	0	0.0005	0	0.0005

ตารางที่ 2.11 เปรียบเทียบหลักการปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีในเครื่องปฏิกรณ์

	วิธีการเดิม	วิธีการใหม่				
	แบบ TID-14844 [6]	แบบ RG 1.183 [13]				
องค์ประกอบ	โนเบิลก๊าซและไอโอดีน	โนเบิลก๊าซ, ฮาโลเจน, โลหะแอลคาไลด์, กลุ่มเทลลูเรียม, โลหะโนเบิล, กลุ่มแลนทาไนด์ และกลุ่มซีเรียม				
ช่วงเวลาในการปลดปล่อย	ทันที	ขั้นตอน	PWR		BWR	
			เริ่มต้น	ช่วงเวลา	เริ่มต้น	ช่วงเวลา
		- Gap release	30 วินาที	30 นาที	2 นาที	30 นาที
		- Early in-vessel	30 นาที	1.3 ชม.	30 นาที	1.5 ชม.
องค์ประกอบทางเคมี	Radioiodine หลักอยู่ในรูปธาตุ 91%	Radioiodine หลักอยู่ในรูปละออง 95%				

ตารางที่ 2.12 สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000 [14]

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณที่ถูกปล่อยออกมา* (คูรี)					
			1.4-3.4 ชม.**	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.	รวม 30 วัน
กลุ่มที่ 1 โบรมีนกัม	1	Kr-85m	1.42E+03	3.77E+03	1.87E+03	8.56E+01	1.22E-03	5.73E+03
	2	Kr-85	8.31E+01	2.97E+02	7.06E+02	1.59E+03	1.36E+04	1.62E+04
	3	Kr-87	1.10E+03	1.95E+03	4.97E+01	4.05E-03	0.00E+00	1.99E+03
	4	Kr-88	3.11E+03	7.26E+03	1.70E+03	1.75E+01	4.09E-07	8.97E+03
	5	Xe-131m	8.26E+01	2.94E+02	6.79E+02	1.37E+03	5.57E+03	7.91E+03
	6	Xe-133m	4.43E+02	1.54E+03	3.15E+03	4.11E+03	2.58E+03	1.14E+04
	7	Xe-133	1.47E+04	5.19E+04	1.16E+05	2.06E+05	4.07E+05	7.80E+05
	8	Xe-135m	1.06E+01	3.59E+01	2.14E-07	0.00E+00	0.00E+00	3.59E+01
	9	Xe-135	3.15E+03	9.64E+03	1.01E+04	2.11E+03	8.68E+00	2.19E+04
	10	Xe-138	3.11E+01	1.20E+02	1.58E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+02
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	11	I-130	5.64E+01	1.12E+02	5.37E+00	7.10E-01	1.27E-02	1.18E+02
	12	I-131	1.68E+03	3.49E+03	2.66E+02	2.39E+02	7.19E+02	4.71E+03
	13	I-132	1.23E+03	2.14E+03	1.64E+01	1.46E-02	0.00E+00	2.15E+03
	14	I-133	3.23E+03	6.54E+03	3.83E+02	1.04E+02	1.04E+01	7.04E+03
	15	I-134	6.60E+02	1.14E+03	2.96E-01	6.79E-08	0.00E+00	1.14E+03
	16	I-135	2.56E+03	4.89E+03	1.58E+02	6.09E+00	3.16E-03	5.06E+03
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	17	Rb-86	3.04E+00	6.32E+00	2.99E-01	9.83E-02	5.13E-01	7.23E+00
	18	Cs-134	2.58E+02	5.38E+02	2.57E+01	9.11E+00	7.74E+01	6.50E+02
	19	Cs-136	7.33E+01	1.52E+02	7.16E+00	2.28E+00	9.88E+00	1.72E+02
	20	Cs-137	1.51E+02	3.13E+02	1.50E+01	5.32E+00	4.57E+01	3.79E+02
	21	Cs-138	1.50E+02	3.30E+02	2.18E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.30E+02
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	22	Sb-127	2.42E+01	4.80E+01	2.29E+00	5.67E-01	7.82E-01	5.16E+01
	23	Sb-129	5.10E+01	8.94E+01	1.51E+00	4.95E-03	4.90E-08	9.09E+01
	24	Te-127m	3.15E+00	6.30E+00	3.16E-01	1.11E-01	8.71E-01	7.60E+00
	25	Te-127	2.05E+01	3.83E+01	1.15E+00	2.75E-02	1.33E-04	3.94E+01
	26	Te-129m	1.07E+01	2.15E+01	1.07E+00	3.65E-01	2.36E+00	2.52E+01
	27	Te-129	1.88E+01	2.83E+01	2.69E-02	3.54E-08	0.00E+00	2.84E+01
	28	Te-131m	3.17E+01	6.20E+01	2.64E+00	3.35E-01	7.81E-02	6.50E+01
	29	Te-132	3.23E+02	6.40E+02	3.02E+01	7.04E+00	7.83E+00	6.85E+02
กลุ่มที่ 5 สตรอนเทียมและแบเรียม	30	Sr-89	9.23E+01	1.85E+02	9.24E+00	3.19E+00	2.26E+01	2.20E+02
	31	Sr-90	7.95E+00	1.59E+01	7.99E-01	2.84E-01	2.44E+00	1.94E+01
	32	Sr-91	9.68E+01	1.81E+02	5.46E+00	1.35E-01	7.06E-04	1.87E+02
	33	Sr-92	6.83E+01	1.13E+02	1.01E+00	5.15E-04	0.00E+00	1.14E+02
	34	Ba-139	5.44E+01	8.30E+01	1.49E-01	9.91E-07	0.00E+00	8.32E+01
	35	Ba-140	1.63E+02	3.25E+02	1.61E+01	5.11E+00	2.17E+01	3.68E+02

ตารางที่ 2.12 สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000 (ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณที่ถูกปล่อยออกมา* (คูรี)					รวม 30 วัน
			1.4-3.4 ชม.**	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.	
กลุ่มที่ 6 โดหะโนเบด	36	Mo-99	2.15E+01	4.25E+01	1.98E+00	4.29E-01	3.78E-01	4.53E+01
	37	Tc-99m	1.47E+01	2.66E+01	6.05E-01	5.27E-03	1.33E-06	2.72E+01
	38	Ru-103	1.73E+01	3.46E+01	1.73E+00	5.93E-01	3.99E+00	4.09E+01
	39	Ru-105	8.18E+00	1.44E+01	2.48E-01	8.86E-04	1.17E-08	1.46E+01
	40	Ru-106	5.70E+00	1.14E+01	5.73E-01	2.03E-01	1.70E+00	1.39E+01
	41	Rh-105	1.03E+01	2.02E+01	8.81E-01	1.29E-01	4.14E-02	2.12E+01
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแอดนทานไนด์	42	Y-90	8.08E-02	1.60E-01	7.44E-03	1.59E-03	1.35E-03	1.70E-01
	43	Y-91	1.19E+00	2.37E+00	1.19E-01	4.12E-02	3.00E-01	2.83E+00
	44	Y-92	7.89E-01	1.35E+00	1.80E-02	2.86E-05	0.00E+00	1.37E+00
	45	Y-93	1.21E+00	2.28E+00	7.08E-02	1.98E-03	1.42E-05	2.35E+00
	46	Nb-95	1.60E+00	3.19E+00	1.59E-01	5.44E-02	3.55E-01	3.76E+00
	47	Zr-95	1.59E+00	3.18E+00	1.59E-01	5.52E-02	4.08E-01	3.80E+00
	48	Zr-97	1.43E+00	2.74E+00	1.03E-01	6.73E-03	3.71E-04	2.85E+00
	49	La-140	1.67E+00	3.29E+00	1.46E-01	2.36E-02	9.62E-03	3.47E+00
	50	La-141	1.03E+00	1.79E+00	2.71E-02	6.41E-05	2.01E-10	1.81E+00
	51	La-142	5.38E-01	8.31E-01	2.09E-03	3.39E-08	0.00E+00	8.33E-01
	52	Nd-147	6.16E-01	1.23E+00	6.06E-02	1.90E-02	7.29E-02	1.38E+00
	53	Pr-143	1.39E+00	2.78E+00	1.37E-01	4.40E-02	1.94E-01	3.15E+00
	54	Am-241	1.20E-04	2.39E-04	1.20E-05	4.27E-06	3.68E-05	2.92E-04
	55	Cm-242	2.82E-02	5.65E-02	2.83E-03	9.98E-04	8.08E-03	6.84E-02
56	Cm-244	3.46E-03	6.93E-03	3.48E-04	1.24E-04	1.06E-03	8.47E-03	
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	57	Ce-141	3.89E+00	7.78E+00	3.88E-01	1.32E-01	8.45E-01	9.15E+00
	58	Ce-143	3.46E+00	6.78E+00	2.93E-01	4.05E-02	1.14E-02	7.13E+00
	59	Ce-144	2.94E+00	5.89E+00	2.96E-01	1.05E-01	8.68E-01	7.15E+00
	60	Pu-238	9.16E-03	1.83E-02	9.21E-04	3.27E-04	2.82E-03	2.24E-02
	61	Pu-239	8.06E-04	1.61E-03	8.10E-05	2.88E-05	2.48E-04	1.97E-03
	62	Pu-240	1.18E-03	2.37E-03	1.19E-04	4.22E-05	3.63E-04	2.89E-03
	63	Pu-241	2.66E-01	5.31E-01	2.67E-02	9.48E-03	8.14E-02	6.49E-01
	64	Np-239	4.48E+01	8.87E+01	4.08E+00	8.15E-01	5.70E-01	9.41E+01
รวม			3.53E+04	9.85E+04	1.35E+05	2.15E+05	4.30E+05	8.79E+05

หมายเหตุ * ต้นกำเนิดรังสีจาก DBA ของ AP-1000 คำนวณตาม RG 1.183 ภายใต้การเดินเครื่องที่ 102 % ของกำลังเครื่องปฏิกรณ์ 3400 MWth

** ช่วงเวลา 2 ชม. ของเครื่องปฏิกรณ์ AP-1000 ที่มีการปลดปล่อยปริมาณสารกัมมันตรังสีออกมามากที่สุดคือ 1.4-3.4 ชม.

ตารางที่ 2.13 สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ US-APWR [15]

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณที่ถูกปล่อยออกมา* (คูรี)					
			0.5-2.5 ชม.**[16]	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.	รวม 30 วัน
กลุ่มที่ 1 โนเบิ้ลแก๊ส	1	Kr-85m	3.03E+03	9.16E+03	4.37E+03	1.99E+02	0.00E+00	1.37E+04
	2	Kr-85	1.97E+02	7.75E+02	1.74E+03	3.92E+03	3.35E+04	3.99E+04
	3	Kr-87	2.00E+03	3.54E+03	7.83E+01	0.00E+00	0.00E+00	3.62E+03
	4	Kr-88	6.55E+03	1.68E+04	3.68E+03	3.70E+01	0.00E+00	2.05E+04
	5	Xe-133	2.97E+04	1.26E+05	2.76E+05	4.93E+05	9.77E+05	1.87E+06
	6	Xe-135	1.04E+04	3.79E+04	4.05E+04	9.60E+03	4.41E+01	8.80E+04
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	7	I-131	8.72E+02	1.42E+03	5.61E+02	1.85E+03	5.60E+03	9.43E+03
	8	I-132	1.09E+03	1.50E+03	1.01E+02	2.22E+02	2.48E+02	2.07E+03
	9	I-133	1.68E+03	2.67E+03	7.37E+02	8.09E+02	8.07E+01	4.30E+03
	10	I-134	3.09E+02	4.22E+02	1.84E-01	0.00E+00	0.00E+00	4.22E+02
	11	I-135	1.30E+03	1.95E+03	2.44E+02	4.67E+01	1.20E-01	2.24E+03
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	12	Rb-86	1.13E+00	1.44E+00	1.60E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.46E+00
	13	Cs-134	1.13E+02	1.44E+02	1.62E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.46E+02
	14	Cs-136	3.07E+01	3.90E+01	4.31E-01	0.00E+00	0.00E+00	3.94E+01
	15	Cs-137	6.44E+01	8.19E+01	9.21E-01	1.00E-03	0.00E+00	8.28E+01
กลุ่มที่ 4 เทลลูริยม	16	Sb-127	8.55E+00	1.04E+01	1.26E-01	1.00E-05	0.00E+00	1.05E+01
	17	Sb-129	1.74E+01	1.99E+01	6.87E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+01
	18	Te-127m	1.14E+00	1.39E+00	1.80E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.41E+00
	19	Te-127	8.56E+00	1.04E+01	1.30E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+01
	20	Te-129m	3.90E+00	2.30E+01	1.12E-01	0.00E+00	0.00E+00	2.31E+01
	21	Te-129	1.99E+01	4.75E+00	6.13E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.81E+00
	22	Te-131m	1.13E+01	1.36E+01	1.44E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+01
	23	Te-132	1.17E+02	1.41E+02	1.71E+00	1.00E-04	0.00E+00	1.43E+02
กลุ่มที่ 5 สทรอนเทียมและแบเรียม	24	Sr-89	3.89E+01	4.74E+01	6.12E-01	0.00E+00	0.00E+00	4.80E+01
	25	Sr-90	3.23E+00	3.93E+00	5.10E-02	0.00E+00	0.00E+00	3.98E+00
	26	Sr-91	4.25E+01	5.01E+01	3.54E-01	1.00E-03	0.00E+00	5.05E+01
	27	Sr-92	2.79E+01	3.11E+01	4.95E-02	0.00E+00	0.00E+00	3.11E+01
	28	Ba-139	1.83E+01	1.96E+01	5.04E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.96E+01
	29	Ba-140	6.16E+01	7.49E+01	9.53E-01	0.00E+00	0.00E+00	7.59E+01
กลุ่มที่ 6 โลหะโนเบิ้ล	30	Co-58	3.36E-03	3.36E-03	4.50E-08	0.00E+00	0.00E+00	3.36E-03
	31	Co-60	1.32E-02	1.59E-02	2.00E-04	1.01E-06	0.00E+00	1.61E-02
	32	Mo-99	7.94E+00	9.57E+00	1.11E-01	1.00E-04	0.00E+00	9.68E+00
	33	Tc-99m	7.01E+00	8.50E+00	1.04E-01	1.00E-04	0.00E+00	8.60E+00
	34	Ru-103	6.26E+00	7.62E+00	9.83E-02	1.01E-04	0.00E+00	7.72E+00

ตารางที่ 2.13 สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ US-APWR (ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณที่ถูกปล่อยออกมา* (คูรี)					รวม 30 วัน
			0.5-2.5 ชม.**[16]	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.	
กลุ่มที่ 6 (ต่อ)	35	Ru-105	2.74E+00	3.14E+00	1.12E-02	0.00E+00	0.00E+00	3.15E+00
	36	Ru-106	2.19E+00	2.67E+00	3.46E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.70E+00
	37	Rh-105	3.80E+00	4.61E+00	5.41E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.66E+00
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแลนทาไนด์	38	Y-90	4.79E-02	7.44E-02	5.12E-03	6.06E-06	0.00E+00	7.95E-02
	39	Y-91	4.90E-01	6.00E-01	8.54E-03	0.00E+00	0.00E+00	6.09E-01
	40	Y-92	2.57E+00	4.13E+00	1.04E-01	0.00E+00	0.00E+00	4.23E+00
	41	Y-93	4.99E-01	5.90E-01	4.32E-03	0.00E+00	0.00E+00	5.94E-01
	42	Nb-95	6.24E-01	7.60E-01	9.85E-03	1.01E-05	0.00E+00	7.70E-01
	43	Zr-95	6.20E-01	7.55E-01	9.76E-03	0.00E+00	0.00E+00	7.65E-01
	44	Zr-97	5.56E-01	6.65E-01	6.12E-03	0.00E+00	0.00E+00	6.71E-01
	45	La-140	1.05E+00	1.76E+00	1.43E-01	2.02E-04	0.00E+00	1.90E+00
	46	La-141	3.74E-01	4.25E-01	1.29E-03	0.00E+00	0.00E+00	4.26E-01
	47	La-142	1.87E-01	2.01E-01	7.07E-05	0.00E+00	0.00E+00	2.01E-01
	48	Nd-147	2.30E-01	2.80E-01	3.55E-03	0.00E+00	0.00E+00	2.84E-01
	49	Pr-143	5.53E-01	6.74E-01	8.91E-03	1.00E-05	0.00E+00	6.83E-01
	50	Am-241	6.17E-05	7.51E-05	9.77E-07	0.00E+00	0.00E+00	7.61E-05
	51	Cm-242	1.52E-02	1.86E-02	2.41E-04	0.00E+00	0.00E+00	1.88E-02
52	Cm-244	1.85E-03	2.26E-03	2.93E-05	0.00E+00	0.00E+00	2.29E-03	
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	53	Ce-141	1.46E+00	1.78E+00	2.29E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.80E+00
	54	Ce-143	1.35E+00	1.63E+00	1.78E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.65E+00
	55	Ce-144	1.11E+00	1.35E+00	1.75E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+00
	56	Pu-238	4.35E-03	5.30E-03	6.88E-05	0.00E+00	0.00E+00	5.37E-03
	57	Pu-239	3.29E-04	4.00E-04	5.19E-06	0.00E+00	0.00E+00	4.05E-04
	58	Pu-240	5.15E-04	6.28E-04	8.14E-06	1.01E-08	0.00E+00	6.36E-04
	59	Pu-241	1.14E-01	1.39E-01	1.81E-03	0.00E+00	0.00E+00	1.41E-01
	60	Np-239	1.53E+01	4.00E-04	5.19E-06	0.00E+00	0.00E+00	4.05E-04
รวม			5.78E+04	2.03E+05	3.28E+05	5.10E+05	1.02E+06	2.06E+06

หมายเหตุ * ต้นกำเนิดรังสีจาก DBA ของ US-APWR คำนวณตาม RG 1.183 ภายใต้การเดินเครื่องที่ 102 % ของกำลังเครื่องปฏิกรณ์ 4451 MWh

** ช่วงเวลา 2 ชม. ของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR ที่มีการปลดปล่อยปริมาณสารกัมมันตรังสีออกมามากที่สุดคือ 0.5-2.5 ชม.

ตารางที่ 2.14 สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR [17]

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณที่ถูกปล่อยออกมา* (คูรี)					รวม 30 วัน
			1.5-3.5 ชม.**	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.	
กลุ่มที่ 1 โนเบิลแก๊ส	1	Kr-83m	2.75E+03	8.12E+03	4.19E+03	1.07E+02	3.15E-07	1.24E+04
	2	Kr-85m	6.30E+03	1.69E+04	8.07E+03	3.70E+02	5.37E-03	2.53E+04
	3	Kr-85	4.31E+02	1.53E+03	3.50E+03	7.85E+03	6.66E+04	7.95E+04
	4	Kr-87	4.93E+03	9.49E+03	2.20E+02	1.79E-02	1.61E-19	9.71E+03
	5	Kr-88	1.43E+04	3.42E+04	7.58E+03	7.77E+01	1.79E-06	4.19E+04
	6	Kr-89	3.04E-06	9.52E+00	3.35E-43	0.00E+00	0.00E+00	9.52E+00
	7	Xe-131m	3.15E+02	1.11E+03	2.65E+03	8.45E+03	8.30E+04	9.52E+04
	8	Xe-133m	1.81E+03	6.36E+03	1.55E+04	3.84E+04	2.69E+04	8.72E+04
	9	Xe-133	5.90E+04	2.08E+05	4.92E+05	1.17E+06	2.33E+06	4.20E+06
	10	Xe-135m	1.28E+04	6.64E+04	1.50E+05	6.37E+04	8.26E+01	2.80E+05
	11	Xe-135	2.13E+04	8.53E+04	2.40E+05	1.71E+05	9.10E+02	4.97E+05
	12	Xe-137	1.73E-04	2.24E+01	4.53E-35	0.00E+00	0.00E+00	2.24E+01
	13	Xe-138	9.85E+01	7.22E+02	5.52E-07	1.11E-27	0.00E+00	7.22E+02
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	14	I-129	6.46E-06	2.06E-05	2.78E-05	8.97E-05	6.74E-04	8.12E-04
	15	I-130	8.91E+00	2.60E+01	1.92E+01	9.18E+00	1.56E-01	5.45E+01
	16	I-131	1.07E+02	3.40E+02	4.40E+02	1.22E+03	3.31E+03	5.31E+03
	17	I-132	8.45E+01	2.09E+02	8.67E+01	1.65E+02	1.70E+02	6.30E+02
	18	I-133	2.07E+02	6.26E+02	5.86E+02	5.39E+02	5.09E+01	1.80E+03
	19	I-134	4.31E+01	9.54E+01	2.47E-01	4.95E-07	8.74E-32	9.57E+01
	20	I-135	1.62E+02	4.41E+02	2.01E+02	3.20E+01	1.58E-02	6.73E+02
	21	Br-83	7.48E+00	1.71E+01	1.58E+00	9.94E-03	7.94E-12	1.87E+01
	22	Br-84	1.40E+00	4.71E+00	2.11E-04	1.01E-13	1.20E-54	4.71E+00
23	Br-85	3.78E-10	7.01E-01	3.33E-51	0.00E+00	0.00E+00	7.01E-01	
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	24	Rb-86m	8.33E-31	2.46E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.46E-04
	25	Rb-86	3.25E-01	9.69E-01	6.16E-01	1.78E-01	3.47E-02	1.80E+00
	26	Rb-88	1.55E+02	3.81E+02	8.01E+01	8.46E-01	1.98E-08	4.62E+02
	27	Rb-89	5.24E-01	1.18E+01	4.97E-09	5.20E-29	0.00E+00	1.18E+01
	28	Cs-134	3.64E+01	1.09E+02	7.01E+01	2.13E+01	5.20E+00	2.05E+02
	29	Cs-136	9.00E+00	2.68E+01	1.69E+01	4.81E+00	8.55E-01	4.94E+01
	30	Cs-137	1.39E+01	4.15E+01	2.68E+01	8.14E+00	2.00E+00	7.85E+01
31	Cs-138	2.60E+01	7.30E+01	3.11E-03	3.65E-13	3.19E-55	7.30E+01	
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	32	Sb-125	3.61E-01	1.02E+00	6.97E-01	2.12E-01	5.19E-02	1.98E+00
	33	Sb-127	1.66E+00	4.62E+00	2.95E+00	7.15E-01	6.81E-02	8.35E+00
	34	Sb-129	3.07E+00	6.96E+00	1.17E+00	1.26E-02	9.90E-09	8.14E+00
	35	Te-127	1.68E+00	4.72E+00	3.14E+00	8.10E-01	9.68E-02	8.77E+00
	36	Te-127m	2.29E-01	6.48E-01	4.43E-01	1.35E-01	3.22E-02	1.26E+00

ตารางที่ 2.14 สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR (ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณที่ถูกปล่อยออกมา* (คูรี)					รวม 30 วัน
			1.5-3.5 ชม.**	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.	
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม (ต่อ)	37	Te-129m	6.64E-01	1.88E+00	1.28E+00	3.78E-01	8.13E-02	3.61E+00
	38	Te-129	3.76E+00	8.92E+00	2.22E+00	2.61E-01	5.29E-02	1.14E+01
	39	Te-131m	1.81E+00	4.93E+00	2.70E+00	4.30E-01	9.84E-03	8.07E+00
	40	Te-131	6.76E-01	1.77E+00	6.08E-01	9.67E-02	2.22E-03	2.47E+00
	41	Te-132	1.82E+01	5.07E+01	3.18E+01	7.42E+00	6.15E-01	9.05E+01
	42	Te-134	2.31E+00	4.24E+00	1.93E-03	2.64E-11	1.49E-43	4.24E+00
กลุ่มที่ 5 สตรอนเทียมและแบเรียม	43	Sr-89	6.07E+00	1.71E+01	1.17E+01	3.48E+00	7.83E-01	3.30E+01
	44	Sr-90	6.35E-01	1.79E+00	1.23E+00	3.73E-01	9.18E-02	3.48E+00
	45	Sr-91	6.49E+00	1.64E+01	5.72E+00	3.03E-01	1.46E-04	2.24E+01
	46	Sr-92	4.30E+00	8.87E+00	7.21E-01	1.56E-03	1.22E-12	9.59E+00
	47	Ba-137m	1.31E+01	3.84E+01	2.54E+01	7.70E+00	1.89E+00	7.33E+01
	48	Ba-139	2.93E+00	5.37E+00	7.38E-02	2.81E-06	3.95E-23	5.44E+00
	49	Ba-140	9.41E+00	2.64E+01	1.78E+01	5.03E+00	8.88E-01	5.01E+01
กลุ่มที่ 6 โลหะโรเนียม	50	Mo-99	1.19E+00	3.70E+00	2.04E+00	4.54E-01	3.19E-02	6.22E+00
	51	Tc-99m	1.06E+00	3.15E+00	1.92E+00	4.36E-01	3.08E-02	5.53E+00
	52	Ru-103	1.13E+00	3.19E+00	2.18E+00	6.46E-01	1.42E-01	6.15E+00
	53	Ru-105	6.26E-01	1.42E+00	2.49E-01	2.88E-03	3.10E-09	1.68E+00
	54	Ru-106	6.72E-01	1.89E+00	1.30E+00	3.94E-01	9.57E-02	3.68E+00
	55	Rh-103m	1.02E+00	2.88E+00	1.96E+00	5.83E-01	1.28E-01	5.55E+00
	56	Rh-105	8.19E-01	2.28E+00	1.38E+00	2.45E-01	7.57E-03	3.91E+00
	57	Rh-106	6.72E-01	1.89E+00	1.30E+00	3.94E-01	9.57E-02	3.68E+00
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแลน-ทาไนด์	58	Y-90	2.34E-02	9.59E-02	1.82E-01	1.42E-01	7.60E-02	4.96E-01
	59	Y-91m	3.44E+00	9.20E+00	3.63E+00	1.92E-01	9.29E-05	1.30E+01
	60	Y-91	8.02E-02	2.39E-01	2.02E-01	7.06E-02	1.66E-02	5.29E-01
	61	Y-92	2.24E+00	6.52E+00	2.18E+00	2.16E-02	1.60E-09	8.72E+00
	62	Y-93	7.41E-02	1.88E-01	6.83E-02	3.94E-03	2.63E-06	2.61E-01
	63	Nb-95	8.60E-02	2.43E-01	1.66E-01	5.05E-02	1.23E-02	4.72E-01
	64	Zr-95	8.59E-02	2.42E-01	1.65E-01	4.96E-02	1.14E-02	4.69E-01
	65	Zr-97	8.24E-02	2.18E-01	1.01E-01	1.05E-02	5.73E-05	3.30E-01
	66	La-140	4.87E-01	2.06E+00	3.94E+00	2.74E+00	9.06E-01	9.64E+00
	67	La-141	5.87E-02	1.31E-01	1.94E-02	1.59E-04	3.94E-11	1.50E-01
	68	La-142	2.99E-02	5.50E-02	1.12E-03	1.03E-07	7.22E-23	5.61E-02
	69	Nd-147	3.53E-02	9.91E-02	6.62E-02	1.86E-02	3.13E-03	1.87E-01

ตารางที่ 2.14 สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR (ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณที่ถูกปล่อยออกมา* (คูรี)					รวม 30 วัน
			1.5-3.5 ชม.**	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.	
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแตกพาไนด์ (ต่อ)	70	Pr-143	8.55E-02	2.42E-01	1.70E-01	5.24E-02	1.03E-02	4.75E-01
	71	Pr-144	1.59E-01	4.48E-01	3.09E-01	9.34E-02	2.26E-02	8.72E-01
	72	Nd-147	3.53E-02	9.91E-02	6.62E-02	1.86E-02	3.13E-03	1.87E-01
	73	Am-241	1.08E-05	3.06E-05	2.11E-05	6.48E-06	1.70E-06	5.98E-05
	74	Cm-242	4.92E-03	1.39E-02	9.50E-03	2.87E-03	6.86E-04	2.69E-02
	75	Cm-244	2.61E-03	7.37E-03	5.05E-03	1.53E-03	3.77E-04	1.43E-02
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	76	Ce-141	2.10E-01	5.91E-01	4.03E-01	1.19E-01	2.55E-02	1.14E+00
	77	Ce-143	2.03E-01	5.54E-01	3.11E-01	5.21E-02	1.43E-03	9.18E-01
	78	Ce-144	1.60E-01	4.50E-01	3.09E-01	9.34E-02	2.26E-02	8.74E-01
	79	Pu-238	1.37E-03	3.86E-03	2.65E-03	8.06E-04	1.98E-04	7.52E-03
	80	Pu-239	5.77E-05	1.63E-04	1.12E-04	3.41E-05	8.46E-06	3.17E-04
	81	Pu-240	1.32E-04	3.71E-04	2.54E-04	7.73E-05	1.90E-05	7.21E-04
	82	Pu-241	2.39E-02	6.72E-02	4.61E-02	1.40E-02	3.45E-03	1.31E-01
	83	Np-239	3.48E+00	9.62E+00	5.86E+00	1.24E+00	7.39E-02	1.68E+01
รวม			1.25E+05	4.40E+05	9.25E+05	1.46E+06	2.51E+06	5.34E+06

หมายเหตุ * ต้นกำเนิดรังสีจาก DBA ของ US.EPR คำนวณตาม RG 1.183 ภายใต้การเดินเครื่องที่ 102 % ของกำลังเครื่องปฏิกรณ์ 4500 MWth รวมกับค่าการวัดที่คาดเคลื่อน (Uncertainty) 22 MWth

** ช่วงเวลา 2 ชม. ของเครื่องปฏิกรณ์ US.EPR ที่มีการปลดปล่อยปริมาณสารกัมมันตรังสีออกมามากที่สุดคือ 1.5-3.5 ชม.

ตารางที่ 2.15 สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ ESBWR [18]

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณที่ถูกปล่อยออกมา* (คูรี)					รวม 30 วัน
			2.3-4.3 ชม.**	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.	
กลุ่มที่ 1 โนเบิลแก๊ส	1	Kr-85	1.01E+02	3.60E+02	2.54E+03	2.41E+04	3.23E+05	3.50E+05
	2	Kr-85m	8.63E+02	3.10E+03	4.40E+03	7.00E+02	0.00E+00	8.20E+03
	3	Kr-87	2.90E+02	1.10E+03	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+03
	4	Kr-88	1.52E+03	5.50E+03	3.60E+03	1.00E+02	0.00E+00	9.20E+03
	5	Xe-133	1.46E+04	5.20E+04	3.48E+05	2.50E+06	8.10E+06	1.10E+07
	6	Xe-135	4.49E+03	1.60E+04	4.90E+04	3.50E+04	0.00E+00	1.00E+05
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	7	I-131	2.99E+02	1.10E+03	1.70E+03	2.90E+03	5.30E+03	1.10E+04
	8	I-132	2.23E+02	8.50E+02	5.50E+02	5.00E+02	3.00E+02	2.20E+03
	9	I-133	5.14E+02	1.90E+03	2.30E+03	1.40E+03	1.00E+02	5.70E+03
	10	I-134	4.48E+01	2.00E+02	1.00E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.10E+02
	11	I-135	3.46E+02	1.30E+03	8.00E+02	1.00E+02	0.00E+00	2.20E+03
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	12	Rb-86	5.71E-01	2.10E+00	3.20E+00	4.40E+00	8.30E+00	1.80E+01
	13	Cs-134	5.43E+01	2.00E+02	3.10E+02	4.50E+02	1.34E+03	2.30E+03
	14	Cs-136	1.71E+01	6.30E+01	9.70E+01	1.30E+02	2.10E+02	5.00E+02
	15	Cs-137	3.25E+01	1.20E+02	2.10E+02	2.80E+02	8.90E+02	1.50E+03
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	16	Sb-127	5.48E+00	2.00E+01	3.20E+01	3.50E+01	1.30E+01	1.00E+02
	17	Sb-129	8.57E+00	3.20E+01	1.10E+01	1.00E+00	0.00E+00	4.40E+01
	18	Te-127	5.76E+00	2.10E+01	3.30E+01	3.90E+01	3.70E+01	1.30E+02
	19	Te-127m	7.68E-01	2.80E+00	4.80E+00	6.40E+00	2.10E+01	3.50E+01
	20	Te-129	1.08E+01	4.00E+01	2.50E+01	1.90E+01	4.60E+01	1.30E+02
	21	Te-129m	2.55E+00	9.30E+00	1.57E+01	2.10E+01	5.10E+01	9.70E+01
	22	Te-131m	7.11E+00	2.60E+01	3.30E+01	2.30E+01	2.00E+00	8.40E+01
	23	Te-132	7.40E+01	2.70E+02	4.00E+02	4.30E+02	2.00E+02	1.30E+03
กลุ่มที่ 5 สทรอนเทียมและแบเรียม	24	Sr-89	2.03E+01	7.40E+01	1.26E+02	1.70E+02	4.50E+02	8.20E+02
	25	Sr-90	2.30E+00	8.40E+00	1.36E+01	2.00E+01	6.80E+01	1.10E+02
	26	Sr-91	1.85E+01	6.80E+01	5.20E+01	1.00E+01	0.00E+00	1.30E+02
	27	Sr-92	9.50E+00	3.60E+01	5.00E+00	1.00E+00	0.00E+00	4.20E+01
	28	Ba-139	5.79E+00	2.30E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.30E+01
	29	Ba-140	3.85E+01	1.40E+02	2.20E+02	2.90E+02	4.50E+02	1.10E+03
กลุ่มที่ 6 โลหะโนเบิล	30	Co-58	1.84E-02	6.70E-02	1.13E-01	1.50E-01	4.30E-01	7.86E-01
	31	Co-60	4.40E-02	1.60E-01	2.60E-01	3.70E-01	1.21E+00	2.00E+00
	32	Mo-99	4.93E+00	1.80E+01	2.60E+01	2.70E+01	9.00E+00	8.00E+01

ตารางที่ 2.15 สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุ LOCA ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ ESBWR (ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณที่ถูกปล่อยออกมา* (คูรี)					รวม 30 วัน
			2.3-4.3 ชม.**	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.	
กลุ่มที่ 6 โลหะอินทรีย์(ต่อ)	33	Tc-99m	4.67E+00	1.70E+01	2.50E+01	2.80E+01	9.00E+00	7.90E+01
	34	Ru-103	4.11E+00	1.50E+01	2.50E+01	3.50E+01	8.50E+01	1.60E+02
	35	Ru-105	1.45E+00	5.40E+00	2.00E+00	1.00E-01	0.00E+00	7.50E+00
	36	Ru-106	1.59E+00	5.80E+00	9.20E+00	1.40E+01	4.20E+01	7.10E+01
	37	Rh-105	2.58E+00	9.40E+00	1.36E+01	1.00E+01	1.00E+00	3.40E+01
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแทนทาไมด์	38	Y-90	1.07E-01	3.80E-01	2.12E+00	8.50E+00	5.90E+01	7.00E+01
	39	Y-91	2.74E-01	1.00E+00	1.80E+00	2.80E+00	7.40E+00	1.30E+01
	40	Y-92	5.34E+00	1.90E+01	1.70E+01	1.00E+00	0.00E+00	3.70E+01
	41	Y-93	2.36E-01	8.70E-01	7.30E-01	1.00E-01	0.00E+00	1.70E+00
	42	Zr-95	3.84E-01	1.40E+00	2.30E+00	3.30E+00	9.00E+00	1.60E+01
	43	Zr-97	3.28E-01	1.20E+00	1.30E+00	6.00E-01	0.00E+00	3.10E+00
	44	Nb-95	3.84E-01	1.40E+00	2.40E+00	3.30E+00	9.90E+00	1.70E+01
	45	La-140	2.48E+00	8.80E+00	5.02E+01	1.71E+02	5.10E+02	7.40E+02
	46	La-141	1.66E-01	6.20E-01	1.90E-01	1.00E-02	0.00E+00	8.20E-01
	47	La-142	5.82E-02	2.30E-01	1.00E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.40E-01
	48	Pr-143	3.30E-01	1.20E+00	2.00E+00	2.90E+00	4.90E+00	1.10E+01
	49	Nd-147	1.43E-01	5.20E-01	8.80E-01	1.00E+00	1.60E+00	4.00E+00
	50	Am-241	4.00E-05	1.80E-04	2.90E-04	4.40E-04	1.49E-03	2.40E-03
	51	Cm-242	1.16E-02	4.20E-02	6.80E-02	1.00E-01	3.00E-01	5.10E-01
	52	Cm-244	6.00E-04	2.20E-03	3.60E-03	5.20E-03	1.70E-02	2.80E-02
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	53	Ce-141	9.06E-01	3.30E+00	5.30E+00	7.40E+00	1.80E+01	3.40E+01
	54	Ce-143	7.67E-01	2.80E+00	3.60E+00	2.70E+00	3.00E-01	9.40E+00
	55	Ce-144	7.41E-01	2.70E+00	4.50E+00	6.80E+00	1.90E+01	3.30E+01
	56	Np-239	1.01E+01	3.70E+01	5.40E+01	4.90E+01	2.00E+01	1.60E+02
	57	Pu-238	2.20E-03	8.00E-03	1.30E-02	1.90E-02	6.00E-02	1.00E-01
	58	Pu-239	2.00E-04	8.90E-04	1.51E-03	2.10E-03	6.50E-03	1.10E-02
	59	Pu-240	4.00E-04	1.20E-03	1.90E-03	2.70E-03	9.20E-03	1.50E-02
60	Pu-241	1.02E-01	3.70E-01	6.10E-01	9.20E-01	2.70E+00	4.60E+00	
รวม			2.37E+04	8.47E+04	4.15E+05	2.57E+06	8.43E+06	1.15E+07

หมายเหตุ * ต้นกำเนิดรังสีจาก DBA ของ ESBWR จำนวนตาม RG 1.183 ภายใต้การเดินเครื่องที่ 102 % ของกำลังเครื่องปฏิกรณ์ 4500 MWth

** ช่วงเวลา 2 ชม.ของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR ที่มีการปลดปล่อยปริมาณสารกัมมันตรังสีออกมามากที่สุดคือ 2.3-4.3 ชม.

2.2 การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศ

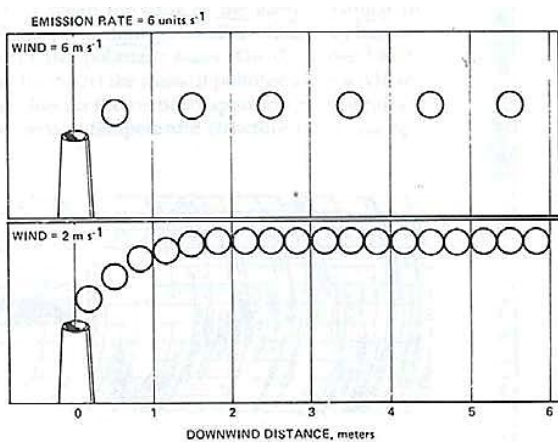
การดำเนินการของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้น โดยปกติจะมีการปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีออกมาน้อยมาก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลผลิตฟิชชันในสถานะก๊าซ สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกากรณีเกิดอุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ก็มีการออกแบบเพื่อควบคุมปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับให้มีค่าไม่เกินข้อกำหนดของคณะกรรมการกำกับดูแลนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา (U.S.NRC) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ในแต่ละประเทศ

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาและคำนวณพฤติกรรมการฟุ้งกระจายของอนุภาคของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศกรณีเกิดอุบัติเหตุหรือแพ็คเกจการแพร่กระจายในบรรยากาศ (x/Q) หรือเรียกสั้นๆ ว่า Atmospheric Dispersion เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณและอันตรายจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด ทำให้อยู่ในวิสัยที่เราสามารถป้องกัน ควบคุมหรือบรรเทาสถานการณ์ได้

ในการคำนวณใช้สมมติฐานให้การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีมีลักษณะเป็นอนุภาคในอากาศโดยเป็นกลุ่มควัน (Smoke Plume) ที่มีการกระจายในแนวตั้งและแนวราบอยู่ในรูปของเกาส์เซียน (Gaussian) มีความเข้มข้นสูงสุดบริเวณศูนย์กลางของกลุ่มควัน (Plume Centerline) การกระจายของกลุ่มควันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความเร็วและทิศทางลม อุณหภูมิและเสถียรภาพบรรยากาศ (Atmospheric Stability) เป็นต้น

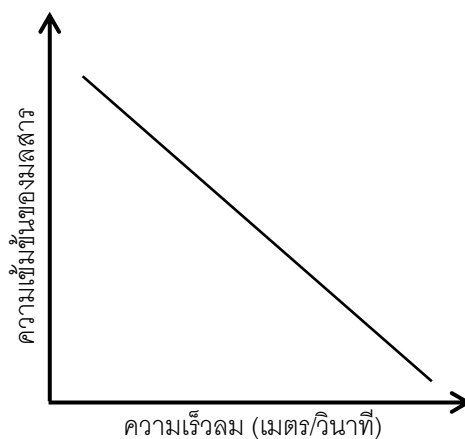
2.2.1 ผลกระทบจากความเร็วลม

ความเร็วลมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการประเมินการกระจายตัวของมลสารที่ถูกปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดเช่นเดียวกับทิศทางลม เนื่องจากมลสารจะถูกเจือจางโดยความเร็วลมที่พัดผ่านแหล่งกำเนิด และยังมีผลต่อเวลาและระยะทางในการเคลื่อนที่ของ Plume จากแหล่งกำเนิดไปยังผู้รับ จากภาพที่ 2.6 แสดงการเจือจางของมลสารที่เกิดขึ้นในทิศทางเดียวกับ Plume ซึ่งเป็นการเจือจางมลสารจากแหล่งกำเนิดสำหรับมลสารที่มีอัตราการปลดปล่อย 6 หน่วยต่อวินาที จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วลม 6 เมตรต่อวินาที มลสาร 1 หน่วยจะอยู่ระหว่างช่องในแนวตั้งซึ่งขนานกับระนาบ 1 เมตร แต่เมื่อลดลงเหลือ 2 หน่วยต่อวินาที จะมีมลสารอยู่ 3 หน่วยระหว่างช่องในแนวตั้งซึ่งขนานกับระนาบ 1 เมตร สรุปได้ว่าที่ความเร็วลมสูงความเข้มข้นของมลสารจะมีค่าต่ำ เนื่องจากมีการกระจายและการเจือจางเกิดขึ้น ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.6 การเจือจางมลสารโดยความเร็วลม

[19]

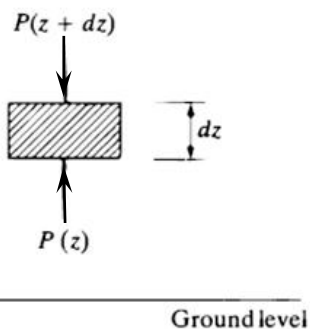


ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว

ลมและความเข้มข้นมลสาร [20]

2.2.2 ผลกระทบจากอุณหภูมิจนในบรรยากาศ

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจนกับความสูงมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเคลื่อนที่ของมลสาร เนื่องด้วยปริมาณความแปรปรวนซึ่งมีผลต่อการกระจายของมลสารขึ้นอยู่กัอุณหภูมิที่ระดับต่าง ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างความกดอากาศกับความสูง อาจหาได้โดยพิจารณาสมดุลของแรงสถิตของกลุ่มอากาศที่มีความหนา dz พื้นที่หน้าตัด A ที่ระดับความสูงเท่ากับ z ดังแสดงในภาพที่ 2.8 ซึ่งสามารถหาค่าได้จาก



ภาพที่ 2.8 หน้าตัดอนุภาคในอากาศ [21]

สมดุลแรง

$$[P(z) - P(z + dz)]A = \rho gAdz \tag{2.4}$$

จัดรูปสมการ(2.4)

$$\begin{aligned} \rho gAdz + dPA &= 0 \\ \frac{-dP}{dz} &= \rho g \end{aligned} \tag{2.5}$$

โดย $P =$ ความกดบรรยากาศ
 $\rho =$ ความหนาแน่นของบรรยากาศ
 $g =$ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกที่จุดพิจารณา 9.81 เมตรต่อวินาที²
 $z =$ ระดับความสูง

$$\text{ให้อากาศเป็นก๊าซอุดมคติ} \quad PV = n_m RT \quad (2.6)$$

n_m คือจำนวนโมลในปริมาตร V และ R คือค่าคงที่ของก๊าซ

นำ V หาทั้งสองข้างของสมการ (2.6) แล้วให้ $\frac{n_m}{V}$ เป็นสัดส่วนของ ρ

$$P = \rho RT \quad (2.7)$$

เนื่องจากอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี ดังนั้นสามารถอนุมานได้ว่าการเคลื่อนที่ของอนุภาคในอากาศมีการถ่ายเทความร้อนน้อยมากจนเข้าใกล้สภาวะ Adiabatic ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์

$$T = \text{const} \times P^{\frac{(r-1)}{r}} \quad (2.8)$$

r คือ อัตราส่วนความจุความร้อนจำเพาะ $(\frac{C_p}{C_v})$

เมื่อ ρ และ P นิยามจากสมการ (2.5) และใช้ความสัมพันธ์ของสมการ (2.7) และ (2.8) จะได้ว่า

$$\frac{-dT}{dZ} = C$$

ให้ C เป็นค่าคงที่ ดังนั้นผลลัพธ์ของสมการคือ

$$T = T_0 - C_z \quad (2.9)$$

T_0 คืออุณหภูมิที่ระดับพื้นดิน ($z = 0$) และเปลี่ยนแปลงตามความสูง C_z เรียกว่า "Dry adiabatic lapse rate" โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงทุกๆ 5.4 องศาฟาเรนไฮต์ต่อ 100 ฟุต หรือ 1 องศาเซลเซียสต่อ 100 เมตร โดยในชั้นบรรยากาศมีการผสมผสานกันของอากาศแบบต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่ง Lapse rate ได้ 5 แบบดังแสดงในภาพที่ 2.9 และ 2.10 ที่มีลักษณะแตกต่างกันดังนี้

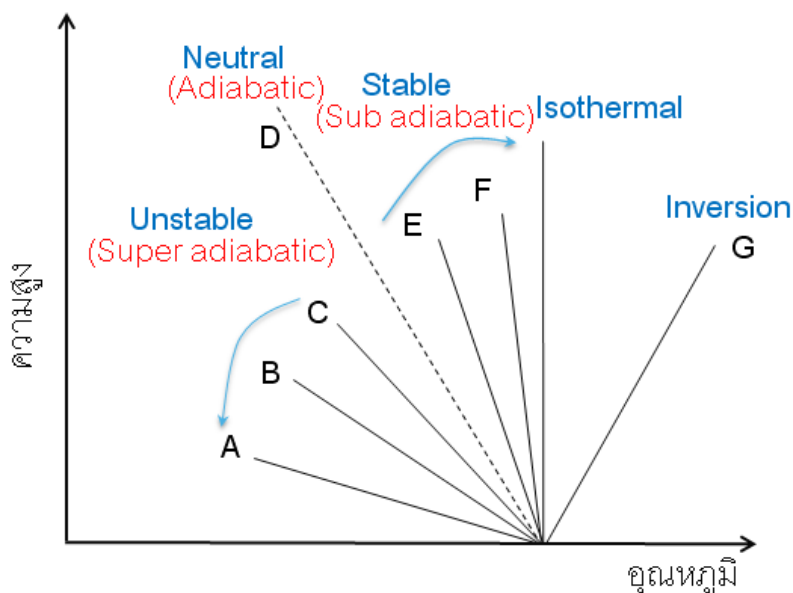
(1) **Adiabatic** หรือสภาพอากาศที่มีสภาพเป็นกลาง (Neutral condition) หมายถึง สภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิ และความสูงมีความสัมพันธ์ในลักษณะแบบ Adiabatic กล่าวคือ อุณหภูมิลดลงตามความสูงในอัตราประมาณ 1 องศาเซลเซียส ต่อ 100 เมตร กลุ่มอากาศเมื่อลอยขึ้นไปจะมีอุณหภูมิต่ำกว่ากับสิ่งรอบตัว และหยุดนิ่งอยู่ตรงจุดนั้น เพราะมีความกดอากาศและความหนาแน่นเท่ากับสิ่งรอบตัว ทำให้ไม่มีแรงลอยตัว กลุ่มอากาศจะไม่พยายามกลับไปตำแหน่งเริ่มต้นของมันหรือพยายามที่จะเคลื่อนที่ต่อไป ซึ่งจัดเป็นเสถียรภาพบรรยากาศระดับ D

(2) **Super adiabatic** หรือสภาพอากาศที่มีสภาพไม่เสถียร (Unstable condition) หมายถึง สภาพอากาศที่อุณหภูมิของ Lapse rate ลดลงเร็วกว่า Adiabatic เมื่อกลุ่มอากาศลอยขึ้นไปจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าสิ่งแวดล้อม แต่มีความกดอากาศเท่ากัน ดังนั้นกลุ่มอากาศนั้นจะหนักกว่าอากาศรอบตัวและพยายามที่จะตกกลับไปยังตำแหน่งเริ่มต้น ในบรรยากาศเช่นนี้มลสารจะกระจายตัวอย่างช้าๆ และความแปรปรวนจะถูกบังคับไม่ให้เกิด ซึ่งจัดเป็นเสถียรภาพบรรยากาศระดับ A, B และ C

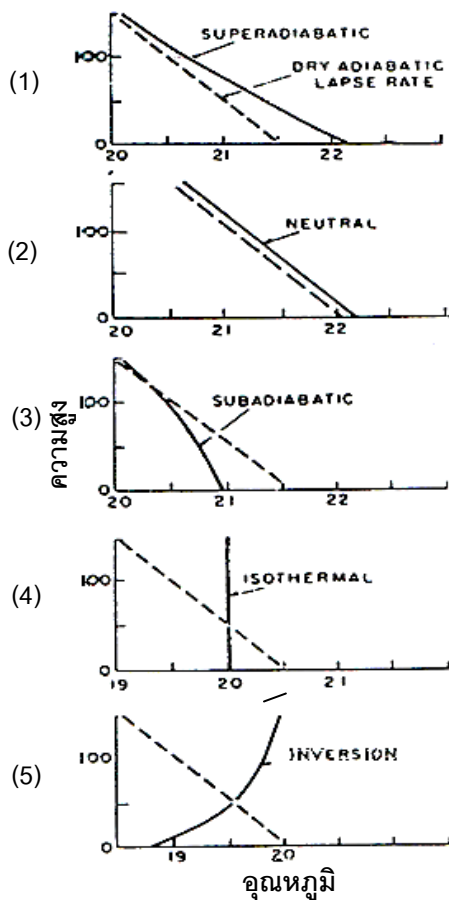
(3) **Sub adiabatic** หรือสภาพอากาศที่มีสภาพเสถียร (Stable condition) หมายถึง สภาพบรรยากาศที่อุณหภูมิของ Lapse rate ลดลงช้ากว่า Adiabatic เมื่อกลุ่มอากาศลอยตัวขึ้นไปจะมีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อมแต่มีความกดอากาศเท่ากัน ดังนั้นกลุ่มอากาศนั้นจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศรอบๆ ตัว จึงลอยขึ้นไปเรื่อยๆ ซึ่งจัดเป็นเสถียรภาพบรรยากาศระดับ E และ F

(4) **Isothermal (Stable)** เมื่อก่อนอากาศมีอุณหภูมิจึงที่ตลอดชั้นบรรยากาศ ไม่เปลี่ยนแปลงความสูง

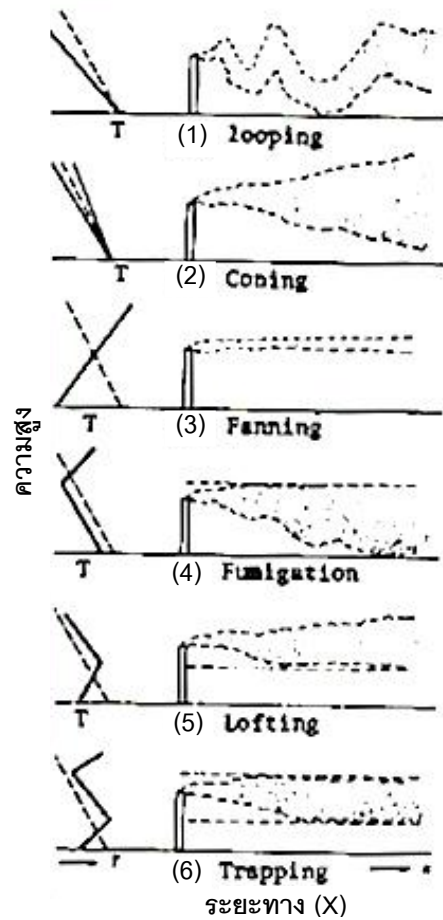
(5) **Inversion (Extremely Stable)** เมื่อก่อนอากาศมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงของชั้นบรรยากาศ



ภาพที่ 2.9 ประเภทของเสถียรภาพบรรยากาศ [22]



ภาพที่ 2.10 การเกิด Lapse rate แบบต่างๆ [23]



ภาพที่ 2.11 ลักษณะของกลุ่มควันแบบต่างๆ [23]

2.2.3 ลักษณะการกระจายของกลุ่มควันในสภาพอากาศแบบต่างๆ

พุ่มหรือกลุ่มควัน คือ มลสารที่ถูกปล่อยออกมาจากปล่องอย่างต่อเนื่อง การกระจายของพุ่มขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบรรยากาศในแนวตั้ง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 แบบตามลักษณะการกระจายของพุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 2.11

(1) Looping เกิดเมื่ออากาศมีความปั่นป่วนมาก ซึ่งจะเกิดในฤดูร้อนที่ท้องฟ้าแจ่มใสและโลกได้รับแสงอาทิตย์เป็นปริมาณมาก ก่อให้เกิดความแปรปรวนทางความร้อน ซึ่งทำให้เกิดกระแสนขนาดใหญ่ ทำให้พุ่มกระจายโดยรวดเร็ว และตกสู่พื้นใกล้ๆ จุดปล่อย

(2) Coning จะมีรูปเหมือนกรวย เกิดเมื่อพุ่มแพร่กระจายไปตามแนวขวาง และการกระจายจะช้ากว่าแบบ Looping มักเกิดเมื่อบรรยากาศครึ้มฟ้าครึ้มฝน หรือในเวลากลางคืน และมีความเร็วลมปานกลาง มีการร่วงลงสู่พื้นในระยะทางที่ไกลกว่าลักษณะกลุ่มควันแบบ Looping และ Fumigation

(3) **Fanning** เกิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบ Inversion ทั้งด้านบนและด้านล่างของพลูมตลอดความสูง การกระจายทางแนวดิ่งจะมีน้อยมาก เพราะอากาศอยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง แม้ว่า Fanning จะไม่ทำให้ปริมาณมลสารที่พื้นดินมีค่าสูงก็ตาม แต่อาจเกิดเป็น Fumigation ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาได้ ถ้ามีลมพัดมาอย่างแรงกลุ่มควันจะขยายตัวออกและกระจัดกระจายเป็นลักษณะเดียวกับพัด

(4) **Fumigation** เกิดเมื่อมี Inversion ทางด้านบนของพลูม หรืออาจเกิดจากการสลายตัวของ Inversion ที่ระดับพื้นดิน หรือเกิดจากลมบก-ลมทะเล มีผลทำให้มลสารถูกกักไว้ด้านล่างไม่สามารถแพร่กระจายขึ้นไปได้ ปริมาณมลสารที่ตกสู่พื้นมากกว่าแบบ Looping มักเกิดในช่วงเช้าเมื่อบรรยากาศเปลี่ยนจาก Adiabatic มาเป็น Inversion เพราะผิวโลกเริ่มร้อนขึ้น

(5) **Lofting** เกิดเมื่อมี Inversion เฉพาะด้านล่างของพลูม ทำให้ไม่มีการผสมทางด้านล่าง ซึ่งมักจะเกิดในเวลาเย็นเมื่อมี Radiative inversion ที่ระดับพื้นดินเกิดขึ้น และความสูงของปล่องไฟสูงกว่าระดับ Inversion แต่ถ้าระดับของ Inversion สูงขึ้นจนผ่านระดับปล่องไฟ การกระจายของพลูมจะเปลี่ยนจากแบบ Lofting เป็นแบบ Fanning

(6) **Trapping** เกิดเมื่อพลูมถูกกักไว้ระหว่าง Inversion ทั้งด้านบนบนและล่างทำให้การกระจายในช่วงแนวดิ่งมีจำกัด Fanning ต่างจาก Trapping ตรงที่ไม่มีช่วงกระจายทางแนวดิ่ง

2.2.4 สมการการแพร่กระจาย

อนุภาคหรือฝุ่นละอองที่ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศนั้นไม่ได้มีทิศทางเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง เนื่องจากความหลากหลายของอุณหภูมิในแต่ละรูปแบบของบรรยากาศตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่จะแพร่ออกจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งจากการปั่นป่วนของอากาศในบริเวณนั้น กระบวนการนี้เรียกว่า "Turbulent Diffusion" ลักษณะของการกระจายจะไม่เหมือนกับตัวถูกละลายแพร่ในตัวทำละลายหรือการแพร่กระจายของนิวตรอน แต่สามารถใช้สมการเดียวกันในการวิเคราะห์ได้เนื่องจากผลจากการแพร่กระจายสะสมในบรรยากาศ

การกระจายดังกล่าวนี้สามารถอธิบายได้โดยเกาส์เซียนฟังก์ชัน (Gaussian Function) ซึ่งสมการการแพร่กระจายเริ่มมาจากสมการแสดงการกระจายทั่วไปของสาร N_x ในทิศทางเดียวผ่านพื้นที่หน้าตัด A คือ

$$N_x = -A \frac{\partial(D_x C)}{\partial X} \quad (2.10)$$

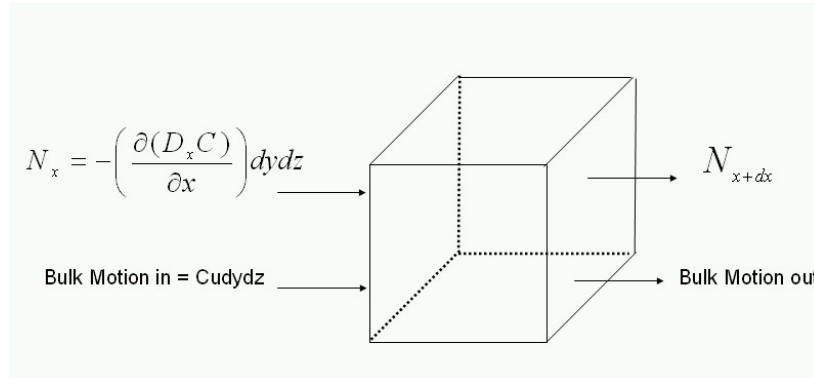
โดย N_x คือ อัตราการเคลื่อนย้ายมวลต่อเวลา

D_x คือ การแพร่กระจายของมวล (Mass Diffusivity) พื้นที่ต่อเวลาในแนว x

C คือ ความเข้มข้นของมลสาร (มวลต่อปริมาตร)

A คือ พื้นที่ตัดขวางในแนว x

ถ้าพิจารณาการแพร่ของมลสารดังกล่าวผ่านชั้นของตัวกลางเล็ก ๆ ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 การแพร่ของมลสารผ่านชั้นตัวกลาง

อัตราการไหลออกของมลสารจากชั้นของตัวกลางเนื่องจากการแพร่ คือ

$$N_{x+dx} = -\left(\frac{\partial(D_x C)}{\partial x}\right) dydz - \frac{\partial}{\partial x} \left[\left(\frac{\partial(D_x C)}{\partial x}\right) dydz \right] dx \quad (2.11)$$

อัตราการไหลของมลสารเข้าจากชั้นของตัวกลางเนื่องจากการไหลของตัวกลาง คือ

$$\text{Bulk Motion in} = Cudydz \quad (2.12)$$

อัตราการไหลของมลสารออกจากชั้นของตัวกลางเนื่องจากการไหลของตัวกลาง คือ

$$\text{Bulk Motion out} = Cudydz + \frac{\partial}{\partial x} (Cudydz) dx \quad (2.13)$$

ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารภายในชั้นตัวกลางเขียนแทนได้ด้วย

$$\frac{\partial C}{\partial t} dx dy dz = \text{Rate of change} \quad (2.14)$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของมลสาร = อัตราของมลสารไหลเข้า - อัตราของมลสารไหลออก

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial(Cu)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial(D_x C)}{\partial x} \right) \quad (2.15)$$

ถ้ารวมการแพร่ทั้งสามแกนจะได้ว่า

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} &= -\frac{\partial(Cu)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial(D_x C)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial(D_y C)}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial(D_z C)}{\partial z} \right) \\ &= -\frac{\partial(Cu)}{\partial x} + K_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \end{aligned} \quad (2.16)$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นของมลสาร (มวลต่อปริมาตร)

t คือ เวลา

K_i คือ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Eddy Diffusion Coefficient) ทั้ง 3 ทิศทาง

ซึ่งสมการนี้เรียกกันทั่วไปว่า Fickian Diffusion Equation แต่เนื่องจากสมการนี้ค่อนข้างจะซับซ้อน จึงมีสมมติฐานเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

1. ความเข้มข้นของมลสาร (Q) มาจากแหล่งกำเนิดชนิดต่อเนื่องตลอดเวลา (Continuous Point Source)
2. ขบวนการที่เกิดขึ้นเมื่ออยู่ในภาวะ Steady State ซึ่งทำให้ $dC/dt = 0$
3. ทิศทางการเคลื่อนที่เป็นไปตามทิศทางลมซึ่งอยู่บนแกน x
4. ความเร็วลม u เป็นค่าคงที่ ณ ทุก ๆ ที่ในระบบแกน x, y, z
5. อัตราการแพร่ในแนวแกน x จะมีขนาดน้อยมากเมื่อเทียบกับอัตราการเคลื่อนย้ายของมลสาร เนื่องจากการไหลของตัวกลาง ดังนั้นจึงสามารถตัดฟังก์ชันของการแพร่ในแนวแกน x ออกได้ (ซึ่งทำไม่ได้ในแนวแกน y และ z เนื่องจากไม่มีอัตราการไหลของตัวกลางใน 2 แกนดังกล่าว) ทำให้ $K_x = 0$

ดังนั้น Fickian Diffusion Equation สามารถลดรูปลงได้เป็น

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = K_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (2.17)$$

แทนค่าความเข้มข้น C เป็นตัวแปร χ จะได้

$$u \frac{\partial \chi}{\partial x} = K_y \frac{\partial^2 \chi}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 \chi}{\partial z^2} \quad (2.18)$$

ผลลัพธ์ของสมการ (2.18) คือ

$$\chi = \frac{Q}{4\pi x \sqrt{K_y K_z}} \exp \left[-\frac{u}{4x} \left(\frac{y^2}{K_y} + \frac{z^2}{K_z} \right) \right] \quad (2.19)$$

จากสมการ(2.19) อนุภาคเคลื่อนที่ไปในทิศทาง x แล้วกระจายออกในรูปของเกาส์เซียนใน y และ z ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ

$$\sigma_y = \left(\frac{2xK_y}{u} \right)^{\frac{1}{2}}; \sigma_z = \left(\frac{2xK_z}{u} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.20)$$

จากสมการ (2.19) จัดรูปแบบ σ_y และ σ_z ใหม่ จะได้

$$\chi = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{z^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \quad (2.21)$$

โดย σ_y คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวนอน (Horizontal Dispersion Coefficient)

σ_z คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวตั้ง (Vertical Dispersion Coefficient)

(1) กรณีแหล่งกำเนิดมลสารที่เป็นจุดที่ระดับความสูง H จากพื้นดิน จากสมการ Fickian โดยแหล่งกำเนิดมีความสูง จากพื้น H ซึ่งโดยทั่วไป H คือความสูงประสิทธิภาพของปล่องควีน (Effective Height; H) และมีการสะท้อนกลับของพุ่ม (Reflection) เมื่อพุ่มเริ่มสัมผัส

กับพื้น ดังแสดงในภาพที่ 2.13 ทำให้ความเข้มข้นของมลสารสูงขึ้น พื้นที่แรงงาเป็นส่วนที่มีปริมาณมลสารเพิ่มขึ้นมากกว่าที่เกิดจากแหล่งกำเนิดปกติ การคำนวณหาความเข้มข้นของมลสารก็จะใช้สมการของเกาส์เขียนจากสมการ (2.21) รวมเข้าด้วยกัน คือจากแหล่งที่เกิดจริงที่ตำแหน่ง $z-H$ และจากแหล่งกำเนิดเงาที่ตำแหน่ง $z+H$ ดังนี้

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp \left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] + \exp \left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \right\} \quad (2.22)$$

หรือ

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \right\} \quad (2.23)$$

โดย (x, y, z) คือ ตำแหน่งของผู้ได้รับผลกระทบ (เมตร)

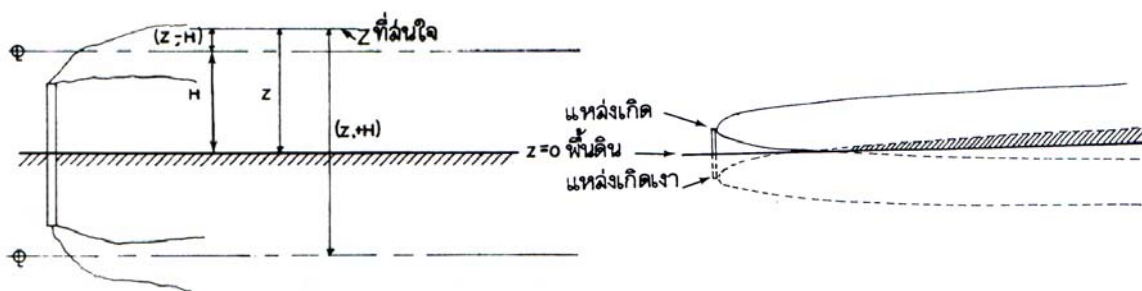
χ คือ ความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีต่อปริมาณที่ระดับผิวพื้น (คูรีต่อ ลบ.เมตร)

Q คือ อัตราการปล่อยสารกัมมันตรังสีจากแหล่งกำเนิดต่อเวลา (คูรีต่อวินาที)

H คือ ความสูงประสิทธิผลของปล่องควัน (Effective Height) (เมตร) เท่ากับ

ความสูงของปล่อง(h) + ค่ายกตัวของกลุ่มควันกัมมันตรังสี (Plume Rise; Δh)

u คือ ความเร็วลมที่จุดปล่อยปล่อง (เมตรต่อวินาที)



ภาพที่ 2.13 ระบบโคออร์ดิเนตของแหล่งเกิดจริงและแหล่งเกิดเงา [23]

ที่ระดับพื้นดินซึ่ง $z = 0$ สมการข้างต้นจะลดรูปลงเหลือ

$$\chi(x, y, 0, H) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{H^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \quad (2.24)$$

ค่าความเข้มข้นมากที่สุดอยู่ที่เส้นกึ่งกลางพุ่ม (Center Line) จากสมการ (2.24) จะได้ว่า

$$\chi(x, 0, 0, H) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2} \right) \quad (2.25)$$

(2) กรณีแหล่งกำเนิดมลสารที่เป็นจุดและอยู่ที่ระดับพื้นดิน จากสมการ

Fickian ความเข้มข้นของมลสารที่เส้นกึ่งกลาง (Center Line) จากแหล่งกำเนิด จะได้

$$\chi(x, 0, 0, 0) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \quad (2.26)$$

สมการ (2.26) นี้ใช้เมื่อเป็นการประมาณการในกรณีไม่ทราบค่าความสูง (H) ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่ามากกว่าความเป็นจริงเล็กน้อย แต่ถ้าทราบค่า H ควรใช้สมการ (2.25) ถ้านำค่า Q หารตลอดสมการ แล้ว $\frac{\chi}{Q}$ เรียกว่า "Dilution Factor" หรือ "Atmospheric Dispersion" นั้นเอง

โดยปกติต้องใช้ค่าความเร็วลมที่ความสูงของจุดกำเนิด แต่ว่าส่วนใหญ่ข้อมูลความเร็วลมที่จุดนี้ไม่มี จึงจำเป็นต้องสมมุติให้ความเร็วที่ระดับความสูงต่าง ๆ เป็นไปตามกฎการยกกำลัง ดังนั้นเราสามารถหาความเร็วลมที่ความสูงของจุดกำเนิด ได้โดยใช้สมการ

$$\frac{u_H}{u_z} = \left(\frac{H}{z} \right)^p \quad (2.27)$$

โดย u_H คือ ความเร็วลมที่ความสูงของจุดกำเนิด

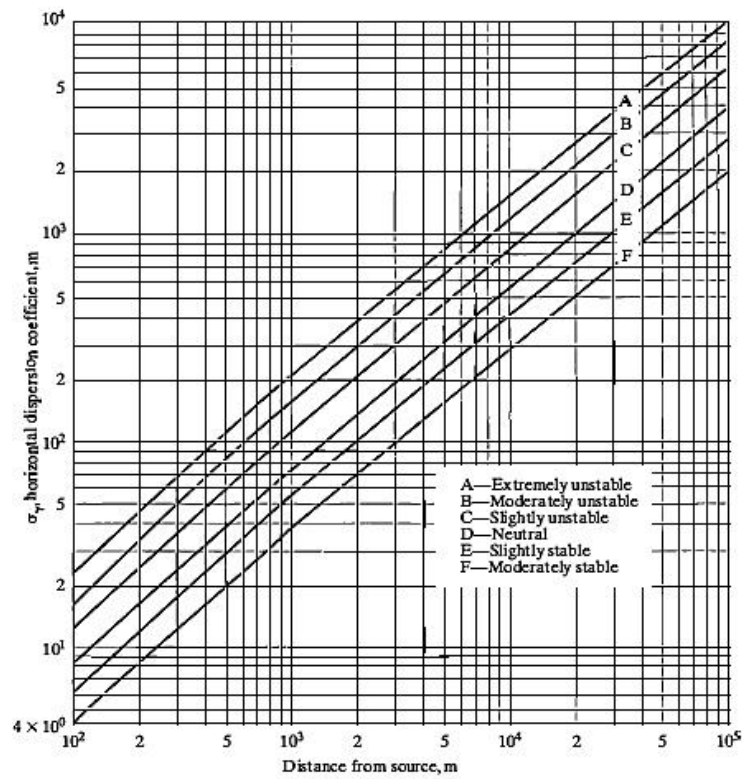
u_z คือ ความเร็วลมที่ความสูงอ้างอิง

p คือ เลขยกกำลังแสดงเสถียรภาพของบรรยากาศ

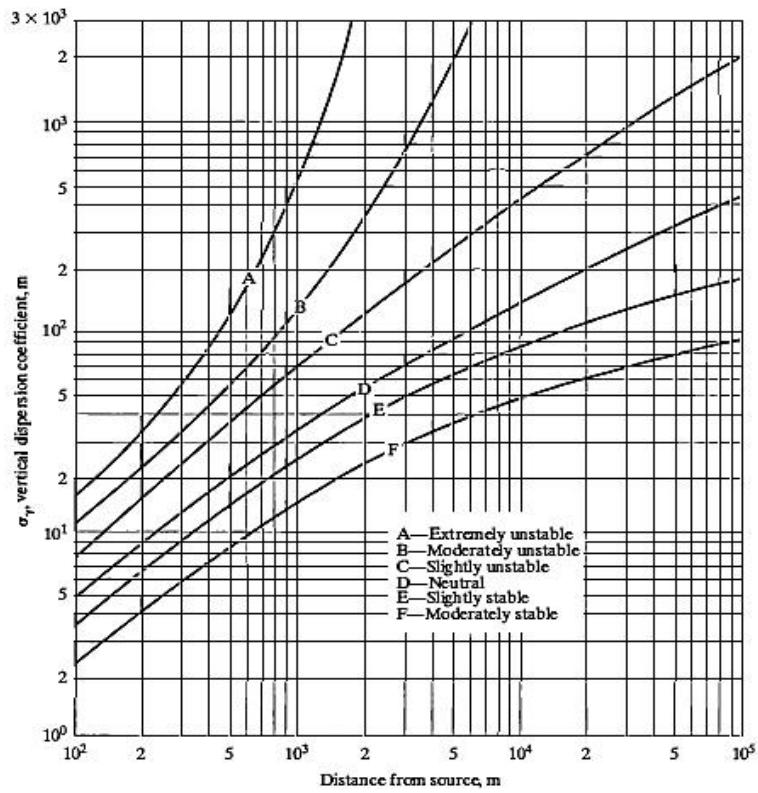
จากผลการทดลอง "Pasquill" นำมาจัดทำกราฟของ σ_y และ σ_z สำหรับเสถียรภาพบรรยากาศทั้ง 6 แบบแสดงในภาพที่ 2.14 และ 15 ตามลำดับ ส่วนเสถียรภาพบรรยากาศระดับ (G) Extremely stable สามารถประมาณค่าได้จาก

$$\sigma_y(G) = \frac{2}{3} \sigma_y(F) \text{ และ } \sigma_z(G) = \frac{3}{5} \sigma_z(F)$$

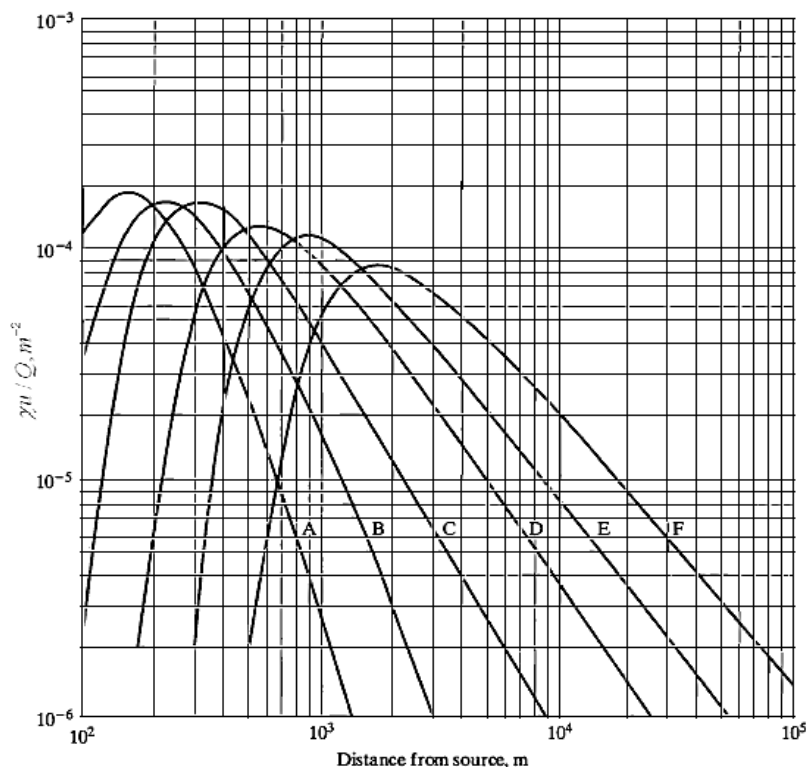
จากภาพที่ 2.16 แสดงปริมาณ $\chi u / Q$ ที่ถูกปล่อยออกมาที่ความสูง 30 เมตร โดยใช้สมการ (2.25) และเสถียรภาพของบรรยากาศแบบเสถียร (Stable: E and F) จุดสูงสุดจะอยู่ไกลออกไปจากจุดกำเนิดมาก ส่วนเสถียรภาพบรรยากาศที่ไม่เสถียร (Unstable: A B and C) จุดสูงสุดจะอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดประมาณไม่เกิน 250 เมตรจากนั้นจะลดลงเร็วมาก ดังนั้นในการพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในบรรยากาศนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประชาชนในบริเวณภายนอกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า (Offsite area) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้รูปแบบที่มีสภาพเสถียร (Stable) เป็นสมมติฐานของการแพร่กระจาย



ภาพที่ 2.14 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวนอนแปรผันตามระยะทางจากจุดกำเนิดรังสี [21]



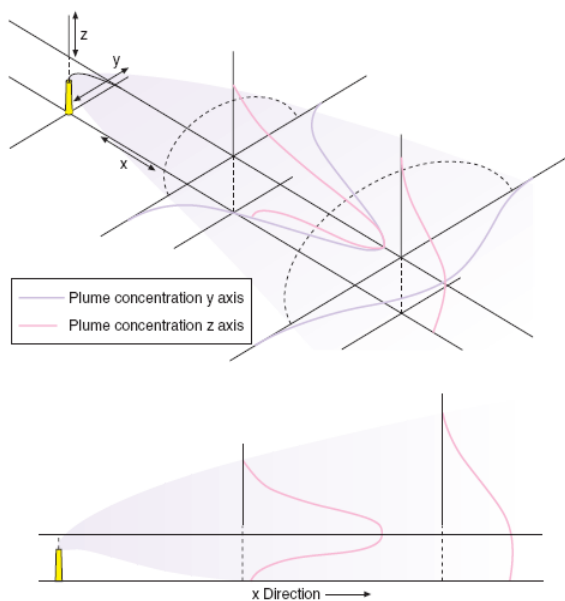
ภาพที่ 2.15 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวตั้งแปรผันตามระยะทางจากจุดกำเนิดรังสี [21]



ภาพที่ 2.16 ปริมาณ $\frac{\chi u}{Q}$ ของอนุภาคที่ปล่อยออกมาที่ความสูง 30 เมตร [21]

สรุปได้ว่าการกระจายตัวแบบเกาส์เซียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายความเข้มข้นของมลสารในทิศทางตามลม (แกน x) จากจุดกำเนิด โดยจุดที่มีความเข้มข้นสูงอยู่บนเส้นกึ่งกลางของพุ่มหรือกลุ่มควัน ความเข้มข้นขึ้นอยู่กับการกระจายในทิศทางขวางลม (แกน y) และในแนวดิ่ง (แกน z) โดยปกติพุ่มเมื่อออกมาจากปล่อง จะลอยตัวสูงขึ้นเนื่องจากความร้อน จากนั้นจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามแกน x ซึ่งเป็นผลจากการพา (Convection) และกระจายตัวออกไปในทิศทางตามแกน y และ z ซึ่งเป็นผลมาจากการบวนการกระจายตัว (Diffusion Process) ดังแสดงในภาพที่ 2.17

สำหรับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ใช้แนวทางในการหาเสถียรภาพของบรรยากาศ โดยอ้างอิง Regulatory Guide 4.7 เรื่อง General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations [24] ที่กล่าวถึงการประเมินค่า Atmospheric Extremes and Dispersion โดยใช้ข้อแนะนำ Regulatory Guide 1.23 [25] เรื่อง Onsite Meteorological Programs ซึ่งควบคุมโดยคณะกรรมการกำกับดูแลนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา (U.S.NRC) ด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูง $\Delta T / \Delta Z$ ที่อธิบายโดยพาสกิลล์ (Pasquill) และดัดแปลงโดยกิฟฟอร์ด ดังแสดงในตารางที่ 2.16 ซึ่งกำหนดให้เก็บค่าอุตุนิยมวิทยาที่ระดับความสูง 10 และ 60 เมตร ทุกๆ หนึ่งชั่วโมงต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี ณ บริเวณสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์



ภาพที่ 2.17 การแพร่กระจายของมลสารแบบแก๊สเขียนพลุ้มไม่เคลจจากแหล่งกำเนิดตามทิศทางแกน x, y และ z

ตารางที่ 2.16 ประเภทของเสถียรภาพชั้นบรรยากาศตามข้อแนะนำ Regulatory Guide 1.23 [24]

ประเภทของเสถียรภาพ	เสถียรภาพบรรยากาศของ Pasquill category	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบรรยากาศตามความสูง $\Delta T/\Delta Z$ ($^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$)
มีความไม่เสถียรมาก (Extremely Unstable)	ระดับ A	$\Delta T < -1.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$
มีความไม่เสถียรปานกลาง (Moderately Unstable)	ระดับ B	$-1.9 \text{ }^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq -1.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$
มีความไม่เสถียรเล็กน้อย (Slightly Unstable)	ระดับ C	$-1.7 \text{ }^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq -1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
มีความเสถียรแบบเป็นกลาง (Neutral Stability)	ระดับ D	$-1.5 \text{ }^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq -0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
มีความเสถียรเล็กน้อย (Slightly Stable)	ระดับ E	$-0.5 \text{ }^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
มีความเสถียรปานกลาง (Moderately Stable)	ระดับ F	$1.5 \text{ }^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 4.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
มีความเสถียรมาก (Extremely Stable)	ระดับ G	$\Delta T > 4.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

การจัดความสัมพันธ์ระหว่างค่าทิศทางความเร็วของลมและเสถียรภาพบรรยากาศระดับต่างๆ สามารถทำได้โดยการจัดทำข้อมูลอุตุนิมิตวิทยาโดยการหาค่าร้อยละของชนิดของเสถียรภาพบรรยากาศแบบระดับต่างๆ A, B, C, D, E และ F ในแต่ละเดือนจนครบ 1 ปี และหาค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าเสถียรภาพบรรยากาศดังกล่าวคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังต้องเตรียมข้อมูลการรวมการแจกแจงความถี่ของทิศทางและความเร็วลมกับเสถียรภาพบรรยากาศระดับต่างๆ ในแต่ละเดือนว่าในเดือนนั้นๆ มีเสถียรภาพบรรยากาศระดับต่างๆ A, B, C, D, E และ F (บางครั้งมี G ด้วย) ระหว่างระดับความสูง 10 และ 60 เมตร มีลมพัดในทิศทางต่างๆ 16 ทิศทาง (รวมทั้งลมสงบ หรือลมแปรปรวนอ่อนๆ) ในทิศทางต่างๆ ในแต่ละช่วงความเร็วลม รวมเป็นจำนวนกี่ชั่วโมง พร้อมกับคิดเป็นร้อยละไว้ในตาราง ดังตัวอย่างตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 ตัวอย่างการรวมการแจกแจงความถี่ของทิศทางและความเร็วลมกับเสถียรภาพบรรยากาศระดับต่างๆ [25]

Site/Plant Name: _____

Extremely Stable (ΔT exceeds $4.0\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)
Pasquill Stability Class G

Period of Record: _____

Wind Direction	Wind Speed (m/s) at _____ Meter Level; ΔT between _____ Meters and _____ Meters											TOTAL
	<0.5	0.5-1.0	1.1-1.5	1.6-2.0	2.1-3.0	3.1-4.0	4.1-5.0	5.1-6.0	6.1-8.0	8.1-10.0	>10.0	
N												
NNE												
NE												
ENE												
E												
ESE												
SE												
SSE												
S												
SSW												
SW												
WSW												
W												
WNW												
NW												
NNW												
VARIABLE												
Total												
Number of Calms:												
Number of Missing Hours:												

Values in this table can be in counts or percent of total valid hours.

2.2.6 การคำนวณค่าการแพร่กระจายในบรรยากาศ (χ/Q) สำหรับการขอใบอนุญาตสถานประกอบการ

สามารถคำนวณโดยใช้วิธีที่ระบุใน Regulatory Guide 1.145, “Atmospheric Dispersion Models for Potential Accident Consequence Assessments at Nuclear Power Plants” [26] แต่โดยส่วนใหญ่มักจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ PAVAN “An Atmospheric-Dispersion Program for Evaluating Design-Basis Accidental Releases of Radioactive Materials from Nuclear Power Stations” ที่ประยุกต์ตาม Regulatory Guide 1.145 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการแพร่กระจายในบรรยากาศของพื้นที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์สำหรับกรณีเกิดอุบัติเหตุในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างเหมาะสม โดยใช้ข้อมูลการรวมการแจกแจงความถี่ของทิศทางและความเร็วลมกับเสถียรภาพบรรยากาศระดับต่างๆ ซึ่งเป็นข้อมูลสถิติทางอุตุนิยมวิทยาตามข้อแนะนำ Regulatory Guide 1.23 ซึ่งทำให้ได้ค่า χ/Q ในแต่ละทิศทางรวม 16 ทิศ โดยทำการเปรียบเทียบเพื่อเลือกค่าสูงสุดระหว่างค่า χ/Q ในทิศทางที่มีค่าสูงสุด (Maximum Sector) ที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ของค่ารวมทั้งหมด โดยข้อมูลที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ใน PAVAN มีดังนี้

- (1) ข้อมูลตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยาบริเวณสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าอย่างน้อย 1 ปี ประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ของทิศทาง ความเร็วลม และเสถียรภาพบรรยากาศ
- (2) ชนิดของการระบายออก: ระดับพื้นดิน (Ground-Level)
- (3) ความสูงของเครื่องวัดความเร็วลม: 10 เมตร
- (4) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูง: 10 - 60 เมตร
- (5) ระดับความสูงของการระบายออก (Release Height): 10 เมตร (Default Height)
- (6) ระยะทางจากจุดระบายออก เพื่อนำมาคำนวณปริมาณรังสีที่ระยะ EAB สำหรับทิศทางทั้งหมด
- (7) ระยะทางจากจุดระบายออก เพื่อนำมาคำนวณปริมาณรังสีที่ระยะ LPZ สำหรับทิศทางทั้งหมด

เมื่อได้ค่าการแพร่กระจายในบรรยากาศที่มากที่สุด (χ/Q) ในพื้นที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แล้ว ต้องนำมาเปรียบเทียบเป็นสัดส่วนกับค่าการแพร่กระจายในบรรยากาศจากการออกแบบตามเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์ในตารางที่ 2.7

2.3 โปรแกรม Hotspot Health Physics Codes [27]

กองทุนกระทรวงพลังงาน ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรม Hotspot Health Physics Codes ซึ่งใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลกตั้งแต่ปี 1988 เป็นโปรแกรมที่ประเมินผลกระทบทางรังสีร่วมกับกระแสรายในอากาศของสารกัมมันตรังสี โดยมีหน้าของโปรแกรมดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 หน้าของโปรแกรม Hotspot Code

2.3.1 แบบจำลองการแพร่กระจายในอากาศ

โปรแกรม Hotspot รวบรวมแบบจำลองการแพร่กระจายในอากาศสำหรับ ระเบิดพลูโตเนียม (ไม่ใช่ระเบิดนิวเคลียร์) เพลิงไหม้และการฟุ้งกระจายของอนุภาคขนาดเล็ก การระเบิดยูเรเนียม (ไม่ใช่ระเบิดนิวเคลียร์) และเพลิงไหม้ยูเรเนียม และการฟุ้งกระจายของทริเทียม นอกจากนี้ยังมีโปรแกรม “General Plume” ซึ่งเกี่ยวข้องกับนิวไคลด์กัมมันตรังสีหรือการรวมกันของสารกัมมันตรังสีมากกว่า 2 ชนิด ซึ่งรวบรวมอยู่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ICRP 30, ICRP 60) โดยแบบจำลองได้คาดคะเนผลกระทบทางรังสีของสารกัมมันตรังสี ในระยะทางน้อยกว่า 10 กิโลเมตร โดยพิจารณาพร้อมกับทิศทางลม ซึ่งจะช่วยให้ทราบผลของการเกิดเหตุฉุกเฉินทางรังสีในระยะเวลาดำเนินการ (น้อยกว่า 1 – 2 ชั่วโมง) การแพร่กระจายซึ่งเกิดจากการระเบิด เชื้อเพลิงที่ทำให้เกิด

เพลิงไหม้หรือพื้นที่ที่เกิดการเปื้อนสารกัมมันตรังสี สำหรับสถานการณ์จำลองนั้นภายในโปรแกรมจะมีตัวอย่างของสถานการณ์จำลอง ในขณะที่เดียวกันก็สามารถเพิ่มสถานการณ์จำลองตามต้องการได้รวมไปถึงการรวมสารกัมมันตรังสีได้ถึง 49 นิวไคลด์กัมมันตรังสี

2.3.2 พื้นฐานของโปรแกรม Hotspot โปรแกรมถูกออกแบบมาเพื่อให้คาดการณ์ฉุกเฉินทางรังสีและวางแผนต่อเหตุฉุกเฉินทางรังสีอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นเครื่องมือในการจัดการและประเมินสถานการณ์ที่ใช้ในพื้นที่เกิดเหตุได้ง่าย โดยมีรายละเอียดของการทำงานของโปรแกรมตามภาคผนวก ข

2.3.3 นิวไคลด์กัมมันตรังสีในโปรแกรม Hotspot โปรแกรม Hotspot ใช้คำแนะนำค่าปริมาณรังสีของ International Commission on Radiological Protection (ICRP) ซึ่งเป็นค่าที่สรุปผลจากรายงาน Federal Guidance Report No.11 (FGR 11, 1988), Federal Guidance Report No.12 (FGR 12, 1993), Federal Guidance Report No.13 (FGR 13) โดย FGR 11 ให้ปริมาณแฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสี Dose Coefficient ในรูปของปริมาณรังสียังผลรวมใน 50 ปี สำหรับการหายใจของนิวไคลด์กัมมันตรังสีและขึ้นอยู่กับแบบจำลอง Biokinetic และ Dosimetric ตามเอกสาร ICRP 30 (1979, 1980, 1981, 1988) ส่วน FGR 12 ให้ Dose Coefficient ในรูปของปริมาณรังสีต่อหน่วยเวลา ซึ่งรวมไปถึงการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกายของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในอากาศ น้ำหรือดิน ส่วน FGR 13 ให้ Dose Coefficient ที่ใช้ในแบบจำลองแบบ New Lung Model (ICRP 66) และวิธีการของชุด ICRP 60/70, Eckerman et al (2010)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 นพพล มิลินทางกูร (2520) [28] ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาการกระจายตัวของก๊าซกัมมันตรังสีที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าปรมาณูแบบน้ำเดือด เป็นการศึกษาสภาพอากาศและความสูงของปล่อง ซึ่งมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจาย ของก๊าซกัมมันตรังสี เพื่อป้องกันไม่ให้มีปริมาณก๊าซเกินค่าที่กำหนดในมาตรฐานความปลอดภัย และช่วยให้คาดการณ์ได้ล่วงหน้าถึงปริมาณความเข้มข้นของก๊าซกัมมันตรังสีที่ระดับผิวพื้น โดยดัดแปลงสมการการแพร่กระจายของฟิสิก โดยมีความสูงปล่องไม่ต่ำกว่า 65 เมตร ณ โรงไฟฟ้าปรมาณูที่คาดว่าจะสร้างที่อ่าวไผ่ ศรีราชา

2.4.2 ภาณุ อุทัยภาค ,วารภรณ์ ลามศรีจันทร์ (2534) [29] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเบื้องต้นการฟุ้งกระจายก๊าซสารกัมมันตรังสีจากเครื่องปรมาณูวิจัย-1/ปรับปรุงครั้งที่ 1 ในเหตุการณ์สมมติอุบัติเหตุเครื่องบินชนอาคารเครื่องปฏิกรณ์ สถานการณ์ที่ 1 ไม่มีเพลิงไหม้และ

สถานการณ์ที่ 2 มีเพลิงไหม้ โดยคำนวณการฟุ้งกระจายของสารกัมมันตรังสีตามทิศทางลม จาก การกำหนดสภาวะอากาศมีเสถียรภาพระดับ F ความเร็วลม 1 ม./วินาที ทำให้ประชาชนได้รับ ปริมาณรังสีเกินกว่ามาตรฐานความปลอดภัย(ปริมาณรังสีภายนอกทั่วร่างกาย 0.5 เร็มและ ปริมาณรังสีที่ต่อมไทรอยด์ 1.5 เร็ม) สำหรับสถานการณ์ที่ 1 ปริมาณรังสีภายนอกทั่วร่างกาย 0.013 เร็มและปริมาณรังสีที่ต่อมไทรอยด์ 1.45 เร็ม ภายในระยะ 550 เมตร ส่วนในสถานการณ์ที่ 2 สารกัมมันตรังสีจะเริ่มตกลงมา มีผลกระทบต่อประชาชนที่ระยะห่างจากเครื่องปฏิกรณ์ 2 กม. โดยมี ปริมาณรังสีมากที่สุดที่ระยะห่าง 14 กม.ระดับปริมาณรังสีภายนอกทั่วร่างกาย 0.573 เร็มและ ปริมาณรังสีที่ต่อมไทรอยด์ 61.1 เร็ม โดยพิจารณาจัดเตรียมแผนฉุกเฉินทางรังสีภายในขอบเขต รัศมี 550 ม.พร้อมกับเสริมมาตรฐานด้านการป้องกันอัคคีภัย

2.4.3 พิระศักดิ์ แสงอรุณ (2540) [30] ได้ทำการวิจัยเรื่อง แบบจำลองการแพร่กระจาย ของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบน้ำอัดความดัน โดยใช้แบบจำลอง CAP88-PC ของ U.S.EPA ศึกษาการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีประจำปี ภายในรัศมี 20 กิโลเมตร โดยใช้ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัยจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และข้อมูลประชากร อ.ทับสะแกและ บางสะพานเป็นพื้นที่ศึกษา ภายใต้สมมติฐานเชื้อเพลิงบกกพร่อง 1% ของเครื่อง PWR ขนาด 600 MW ในขณะที่เดินเครื่องปกติ พบว่า Kr-85m, Kr-85, Kr-87, Kr-88, Xe-133, Xe-135, I-129, I-131, I- 133 และ I-135 ณ บริเวณที่ได้รับรังสีสูงสุด 0.91 มิลลิเร็มต่อปี ห่างจากที่ตั้ง 750 เมตรไปทางทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือค่อนข้างไปทางเหนือ และ 0.73 มิลลิเร็มต่อปี ที่ระยะ 750 เมตรไปทางทิศตะวันตก เฉียงใต้ค่อนข้างไปทางใต้เป็นอันดับรองลงมา ซึ่งมาตรฐานกำหนดให้ไม่เกิน 500 มิลลิเร็มต่อปี ส่วน การวิเคราะห์ทริเทียมและคาร์บอน-14 มีค่า 0.1-0.4 และ 0.1-0.3 เบคเคอเรลต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

2.4.4 กชกร ศิริรัตน์ (2546) [31] ได้ทำการวิจัยเรื่อง แนวทางการเตรียมความพร้อม สำหรับอุบัติเหตุของการดำเนินโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ : กรณีศึกษาบ้านแหลมแทน จ.ชุมพร ซึ่งใช้ ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัยจากสถานีตรวจวัดอากาศชุมพรปี 2545โดยการคำนวณทำนายการ แพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในอากาศเมื่อสมมติว่ามีอุบัติเหตุ โดยนำผลที่ได้เป็นข้อมูลในการ เตรียมมาตรการป้องกันภัยเร่งด่วน ตามเทคนิคของทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศเลขที่ TECDOC-953 สำหรับแผนฉุกเฉินประเภทที่ 1 เป็นหลัก ซึ่งส่งผลร้ายแรงต่อ Deterministic Health effectsบริเวณ Offsite Area จะต้องมีการป้องกันและเตรียมพร้อมอย่างทันที่โดยมี รัศมี PAZ (Precautionary Action Zone) =3-5 กม. เป็นเขตควบคุมซึ่งเตรียมไว้เพื่อลดผลกระทบ ระยะเฉียบพลันโดยเริ่มปฏิบัติการก่อนการรั่วไหล และ UPZ (Urgent Protective Action Planning Zone) = 10-25 กม.เป็นเขตควบคุมเฝ้าระวังซึ่งมีมาตรการสำหรับดำเนินการได้ทันที่

บทที่ 3

สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

3.1 ที่ตั้งและแนวเขตปกครอง

3.1.1 **พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี (Site 12)** พิกัด UTM 47P 1070600 N, 517300 E ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลคันธุลี อำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นจังหวัดหนึ่งทางภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย ระยะห่างจากที่ตั้งอำเภอถึงที่ตั้งจังหวัดประมาณ 80 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียง ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ได้แก่

ด้านเหนือ	ติดต่อกับ	ตำบลสวนแตง อำเภอละแม จังหวัดชุมพร
ด้านใต้	ติดต่อกับ	ตำบลคลองพาและตำบลท่าชนะ อำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ด้านตะวันออก	ติดต่อกับ	ทะเลอ่าวไทย
ด้านตะวันตก	ติดต่อกับ	ตำบลคลองพา อำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

จังหวัดสุราษฎร์ธานีตั้งอยู่บนฝั่งตะวันออกของภาคใต้ มีเนื้อที่ประมาณ 13,079.61 ตารางกิโลเมตร หรือ 8,174,758.61 ไร่ มีเนื้อที่มากเป็นอันดับ 6 ของประเทศและมีพื้นที่มากที่สุด ในภาคใต้ ฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยในจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีความยาวประมาณ 156 กิโลเมตร [32] มีความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2554 เท่ากับ 78.51 คนต่อตารางกิโลเมตร [33]

3.1.2 **พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร (Site 17)** พิกัด UTM 48P 1681200 N, 547000 E ตั้งอยู่ในพื้นที่เขื่อนสิรินธร ตำบลคำเขื่อนแก้ว อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี ระยะห่างจากที่ตั้งอำเภอถึงที่ตั้งจังหวัดประมาณ 75 กิโลเมตร เป็นจังหวัดหนึ่งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยอาณาเขตติดต่อดังแสดงในภาพที่ 3.2 ดังนี้

ด้านเหนือ	ติดต่อกับ	ตำบลโขงเจียม อำเภอสิรินธร
ด้านตะวันออก	ติดต่อกับ	สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ด้านใต้	ติดต่อกับ	ตำบลช่องเม็ก อำเภอสิรินธร
ด้านตะวันตก	ติดต่อกับ	เทศบาลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย อำเภอสิรินธร

จังหวัดอุบลราชธานีมีประชากรจำนวนมากเป็นอันดับสามของประเทศรองจาก กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครราชสีมา แม้จะมีประชากรจำนวนมากเป็นอันดับสามของประเทศ แต่มีพื้นที่จำนวนมากถึง 10,299,063 ไร่ [34] ทำให้มีความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2554 เท่ากับ 115.34 คนต่อตารางกิโลเมตร [33]

3.2 สถานภาพของพื้นที่ศึกษา

จากการพิจารณาในรายละเอียดการศึกษาด้านสถานที่ตั้งและสิ่งแวดล้อม (Site and Environmental Study) และการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Feasibility Study) ซึ่งเป็นไปตามหลักการของคู่มือของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สถานะการศึกษาเริ่มตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2551 จนถึง 20 มิถุนายน 2553 ได้ดำเนินการคัดเลือกสถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทย จากการเลือกสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ (Potential Site) ทั้งหมด 17 พื้นที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 3.1

จากการประเมินและคัดเลือกที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ สามารถระบุสถานที่ตั้งที่ดีที่สุด (Candidate Sites) จำนวน 5 แห่งจากทั้งหมด 17 แห่ง ได้แก่ อ.สิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี พนมรอก อ.ท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์ บ้านไร่ไร่ อ.คลองใหญ่ จังหวัดตราด คันธุลี อ.ท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และบ้านปากน้ำละแม อ.ละแม จังหวัดชุมพร ทั้งนี้พื้นที่ศึกษาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำการศึกษาเฉพาะพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี จังหวัดสุราษฎร์ธานีและพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็น 2 ใน 5 ของสถานที่ตั้งที่ดีที่สุด ดังรายละเอียดของพื้นที่ศึกษาที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ดังต่อไปนี้

3.2.1 พื้นที่หมายเลข 12 คันธุลี ตั้งอยู่ใน ต.คันธุลี อ.ท่าชนะ ห่างจากเทศบาลตำบลละแม จ.ชุมพร และเทศบาลตำบลท่าชนะเป็นระยะทาง 10 กิโลเมตรในทางทิศเหนือและ 12 กิโลเมตรและใต้ตามลำดับ เส้นทางคมนาคมหลักคือ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 41 ในทิศตะวันตกห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าประมาณ 5.4 กิโลเมตร โดยถนนสาย 4154 เป็นเส้นทางเชื่อมต่อเข้ากับถนนสาย 4112 ซึ่งเป็นเส้นคู่ขนานกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 41 และอยู่ใกล้สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้ามากที่สุดประมาณ 1.5 กิโลเมตร ทั้งนี้ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 41 เริ่มต้นจากจังหวัดชุมพร วิ่งลงใต้ผ่านจังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดนครศรีธรรมราช และได้สิ้นสุดที่จังหวัดพัทลุง สำหรับการขนส่งทางรถไฟใช้ทางรถไฟสายใต้ สถานีที่ใกล้ที่สุดคือ สถานีสถานีรถไฟคันธุลี อยู่ห่างออกมาประมาณ 2.3 กิโลเมตรทางทิศตะวันตกค่อนไปทางใต้ พื้นที่ศึกษาแห่งนี้เป็นที่ตั้งอยู่ชายฝั่งทะเลจึงไม่มีปัญหาการจัดการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อระบายความร้อนจากโรงไฟฟ้า การใช้ประโยชน์ที่ดินในรัศมี 50 กิโลเมตรมีการทำเกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้เท่ากันๆ ร้อยละ 50 โดยทำยางพาราสูงถึงร้อยละ 25 และป่าส่วนใหญ่เป็นป่าดิบชื้น สำหรับภายในรัศมี 5 กิโลเมตรมีเพียงการทำนาดำและยางพารา ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.3 ทั้งนี้พบเพียงพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในรัศมี 5 กิโลเมตรได้แก่ ป่าพรุควดและป่าท่าชนะดังแสดงในภาพที่ 3.5 อีกทั้งยังพบลุ่มน้ำชั้น 1B ในระยะ 3.6 กิโลเมตรจากสถานที่ตั้งทางทิศตะวันตกค่อนไปทางใต้ดังแสดงในภาพที่ 3.7

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้สำหรับการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย [35]

พื้นที่หมายเลข	หมู่บ้าน / ตำบล / อำเภอ	อำเภอ	จังหวัด
1	บ้านฝั่งแดง	บางสะพานน้อย	ประจวบคีรีขันธ์
2	บ้านบางเปิด	บางสะพานน้อย	ประจวบคีรีขันธ์
3	บ้านแหลมแท่น	ปะทิว	ชุมพร
4	บ้านแหลมยาง	ปะทิว	ชุมพร
5	บ้านปากน้ำละแม	ละแม	ชุมพร
6	บ้านเตล็ด	ขนอม	นครศรีธรรมราช
7	บ้านท้องโหนด	ขนอม	นครศรีธรรมราช
8	บ้านท้องชิง	ขนอม	นครศรีธรรมราช
9	บ้านท้องเนียน	ขนอม	นครศรีธรรมราช
10	บ้านทุ่งไผ่	สิชล	นครศรีธรรมราช
11	ตะกรบ	ไชยา	สุราษฎร์ธานี
12	คันธุลี	ท่าชนะ	สุราษฎร์ธานี
13	มะขามเฒ่า	วัดสิงห์	ชัยนาท
14	หาดสอ	สัตหีบ	ชลบุรี
15	ไม้รูด	คลองใหญ่	ตราด
16	พนมรอก	ท่าตะโก	นครสวรรค์
17	สิรินธร	สิรินธร	อุบลราชธานี

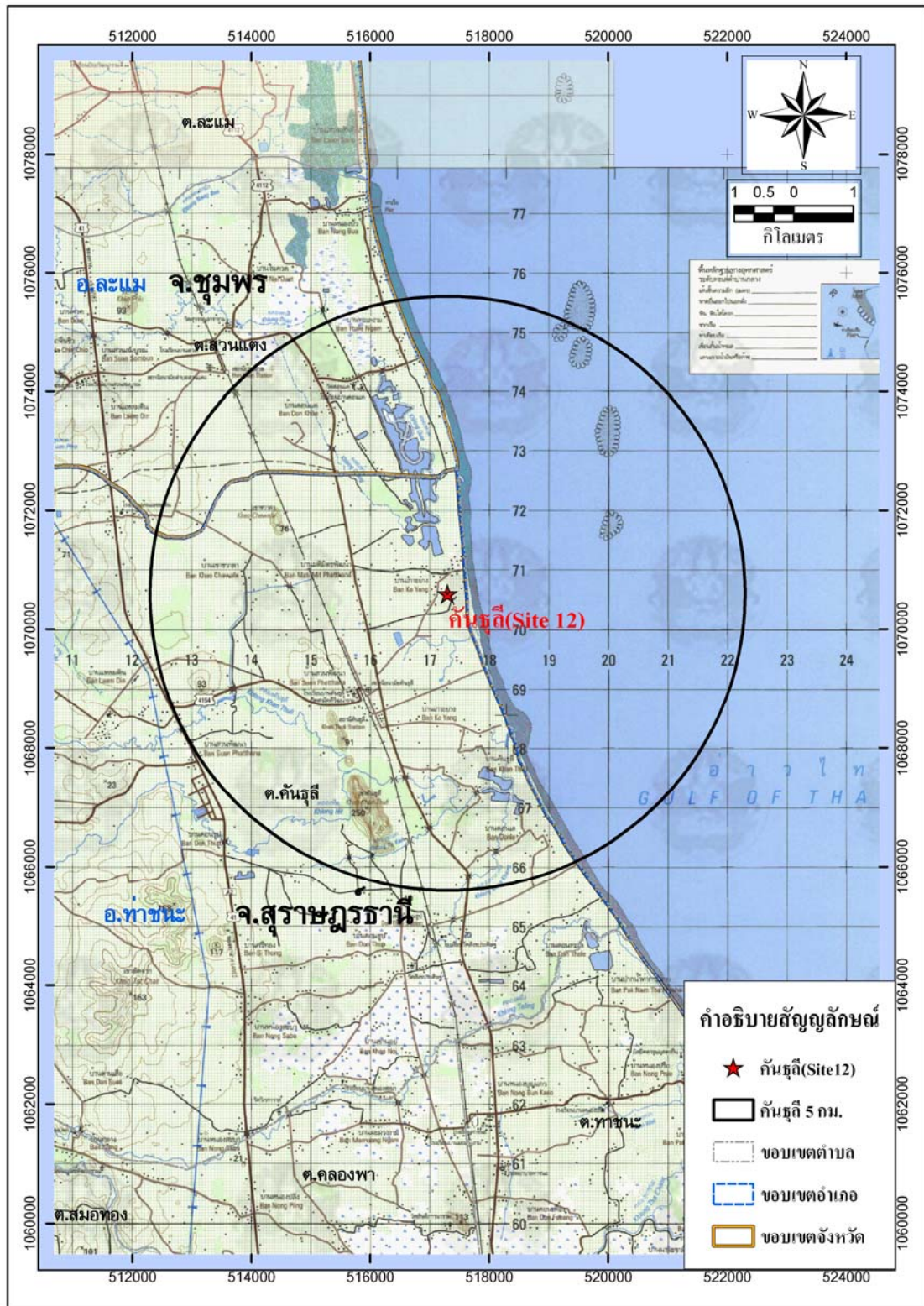
3.2.2 พื้นที่หมายเลข 17 สิรินธร ตั้งอยู่ใน ต.คำเขื่อนแก้ว อ.สิรินธร ติดกับเทศบาลตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย เส้นทางถนนหลักคือ ถนนสถิตินิมานการหรือทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 217 (อุบลราชธานี-ช่องเม็ก) ซึ่งอยู่ในทิศเหนือห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าประมาณ 400 เมตร โดยถนนเส้นนี้เริ่มจากเขตเทศบาลเมืองวารินชำราบ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี จากนั้นผ่านอำเภอสว่างวีระวงศ์ อำเภอพิบูลย์มังสาหาร สูดท้ายผ่านอำเภอสิรินธร แล้วไปสิ้นสุดที่ด่านช่องเม็ก ตำบลช่องเม็ก ไม่มีการขนส่งทางรถไฟ พื้นที่ศึกษาแห่งนี้เป็นที่ภายในเขื่อนสิรินธร โดยสามารถใช้น้ำในอ่างเก็บน้ำเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ในการระบายความร้อนของโรงไฟฟ้า จึงไม่มีปัญหาการแย่งน้ำสำหรับการเกษตรและการอุปโภค-บริโภคกับชุมชนรอบเขื่อนและทำน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ในรัศมี 50 กิโลเมตรเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทำนาข้าวและพืชไร่รวมร้อยละ 82.07 ที่เหลือเป็นพื้นที่ป่าไม้และแหล่งน้ำร้อยละ 12.3 และ 5.62 ตามลำดับ สำหรับภายในรัศมี 5 กิโลเมตรเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและแหล่งน้ำร้อยละ 95.32 และ 4.68 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

และภาพที่ 3.4 ทั้งนี้พบเพียงพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในรัศมี 5 กิโลเมตร ได้แก่ ป่าดงหिनกอง ป่ากุดซมพูและป่าช่องเม็กดังแสดงในภาพที่ 3.6 อีกทั้งยังพบลุ่มน้ำชั้น 1A ที่ตำบลโขงเจียม ตำบลนาโพธิ์กลางและหนองแห่งห่างจากสถานที่ตั้ง 14.6, 46 และ 47 กิโลเมตรตามลำดับและลุ่มน้ำชั้น 1B ที่ตำบลหนองแห่งดังแสดงในภาพที่ 3.8

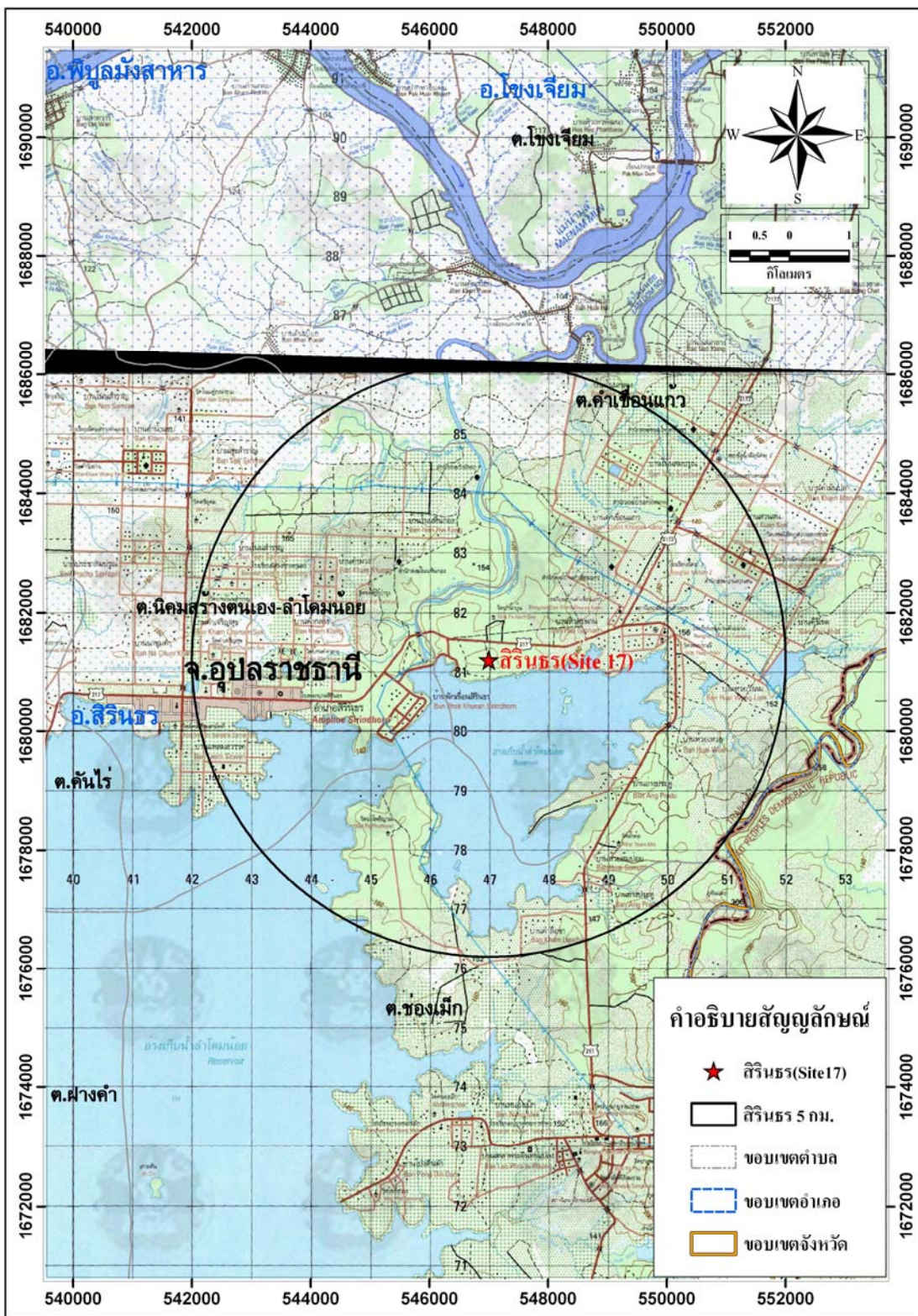
ตารางที่ 3.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบพื้นที่ศึกษา

คำอธิบาย	รหัส	พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี				พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธร			
		รัศมี 50 กม.		รัศมี 5 กม.		รัศมี 50 กม.		รัศมี 5 กม.	
		ตร.กม.	%	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%
พื้นที่เกษตรกรรม									
นาข้าว	A0100	-	-	-	-	2075.46	39.47	2201.32	44.45
พืชไร่	A0200	-	-	-	-	2239.81	42.60	2519.32	50.87
นาดำ	A0101	401.20	9.26	18.24	37.36	-	-	-	-
ไม้ยืนต้นผสม	A0301	234.65	5.42	-	-	-	-	-	-
ยางพารา	A0302	1111.09	25.65	30.57	62.64	-	-	-	-
ปาล์มน้ำมัน	A0303	9.68	0.22	-	-	-	-	-	-
กาแฟ	A0305	183.31	4.23	-	-	-	-	-	-
ไม้ผลผสม	A0401	133.29	3.08	-	-	-	-	-	-
มะพร้าว	A0405	50.35	1.16	-	-	-	-	-	-
ปลา	A0902	41.28	0.95	-	-	-	-	-	-
รวมพื้นที่เกษตรกรรม		2164.84	49.99	48.81	100.00	4315.27	82.07	4720.64	95.32
พื้นที่ป่าไม้									
ป่าดิบชื้น	F0101	1513.88	34.95	-	-	-	-	-	-
ป่าชายเลนหรือป่าโกงกาง	F0106	121.24	2.80	-	-	-	-	-	-
ป่าชายหาด	F0107	33.21	0.77	-	-	-	-	-	-
ป่าประเภทผลัดใบ	F0200	-	-	-	-	646.76	12.30	-	-
สวนป่า	F0300	38.43	0.89	-	-	-	-	-	-
ป่าดิบชื้นเสื่อมโทรม	F5101	459.36	10.61	-	-	-	-	-	-
รวมพื้นที่ป่าไม้		2166.12	50.01	-	-	646.76	12.30	-	-
พื้นที่อื่นๆ									
ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่มเตี้ย	M0102	-	-	-	-	63.98	1.22	-	-
พื้นที่แหล่งน้ำ	W0000	-	-	-	-	231.73	4.41	231.728	4.68
รวมพื้นที่อื่นๆ		-	-	-	-	295.71	5.62	231.73	4.68
รวม		4330.96	100.00	48.81	100.00	5257.73	100.00	4952.37	100.00

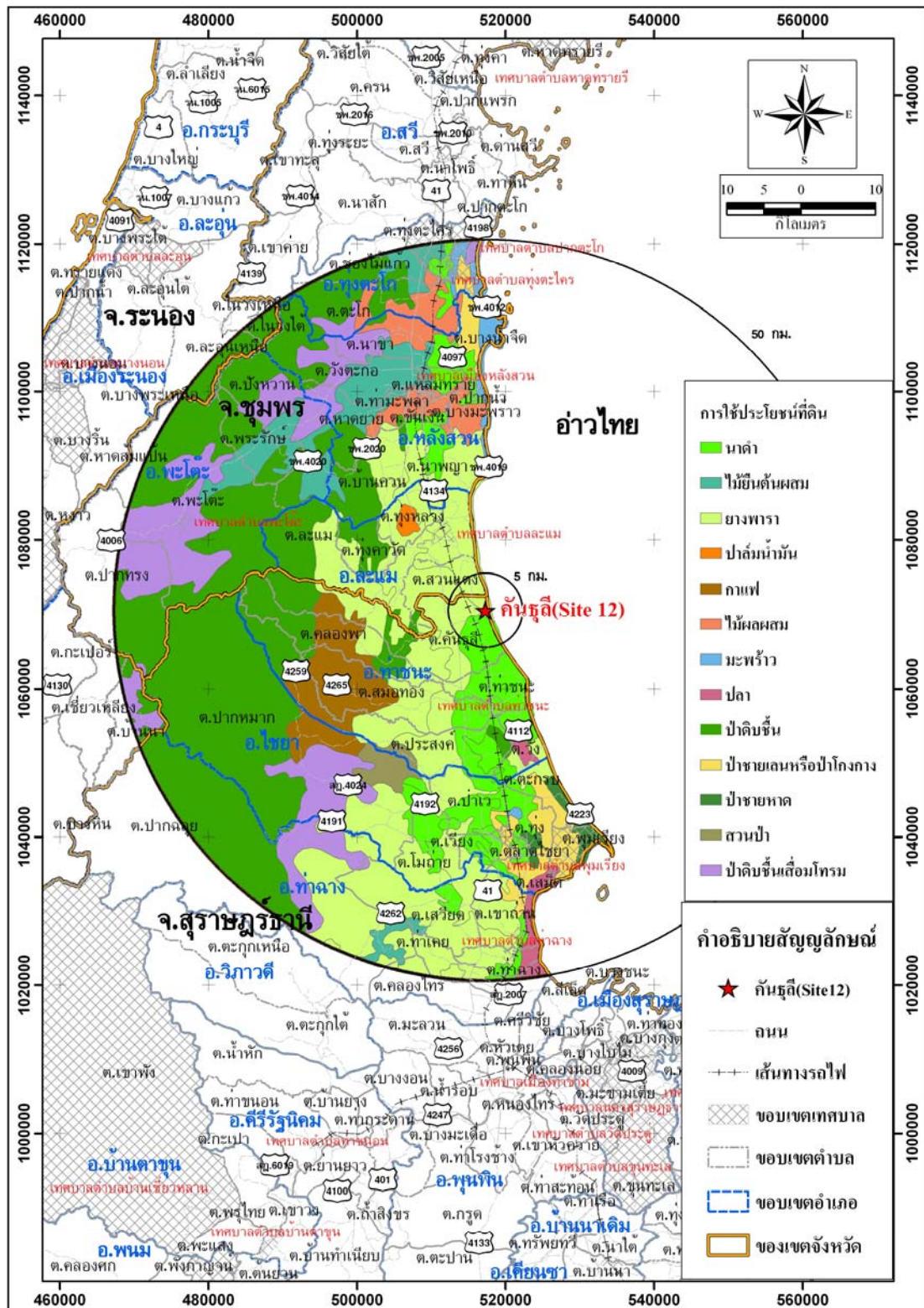
ที่มา : แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2550 กรมพัฒนาที่ดิน (มาตราส่วน 1: 250,000)



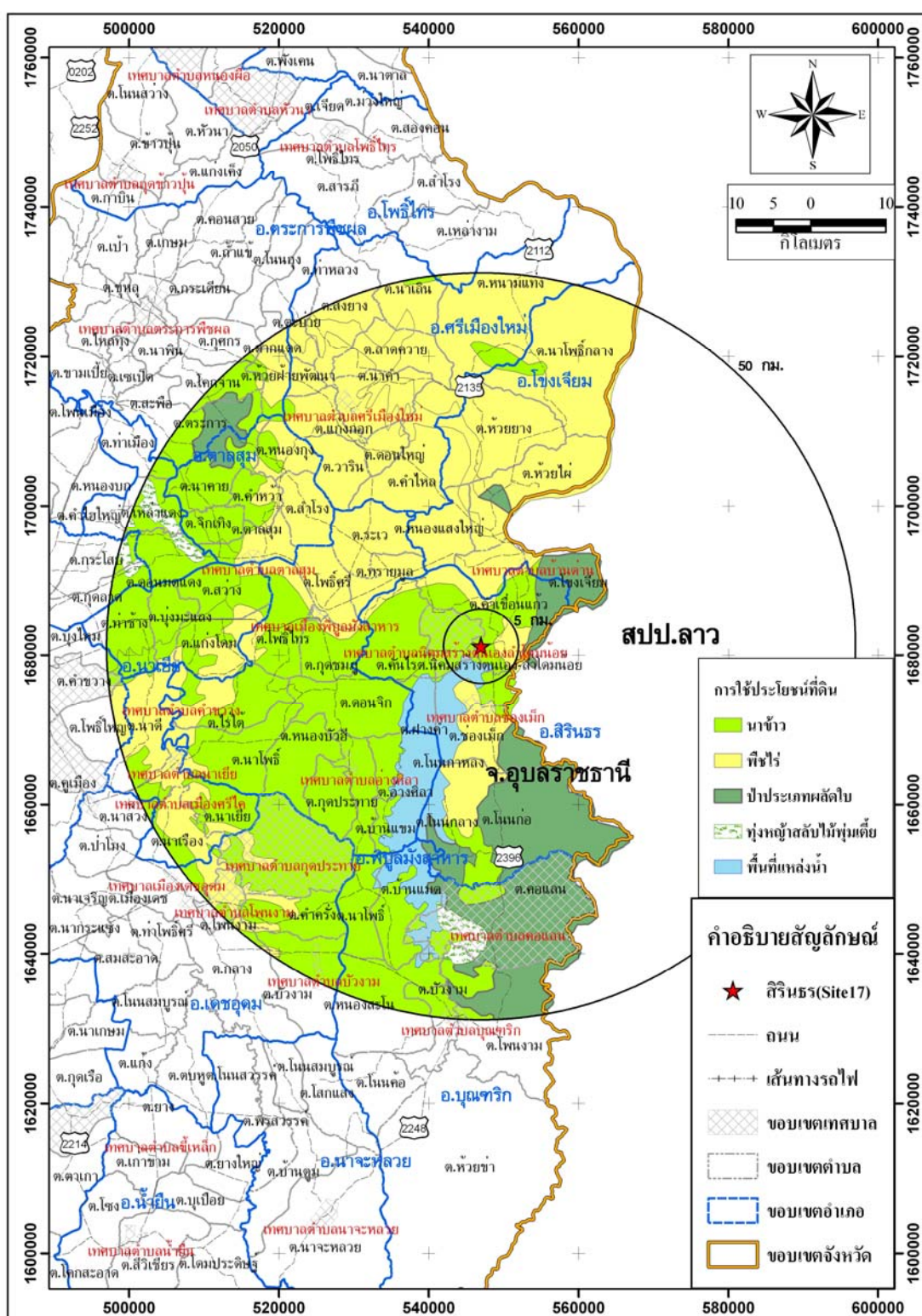
ภาพที่ 3.1 แนวเขตการปกครองภายในรัศมี 5 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 12 กันรูลี



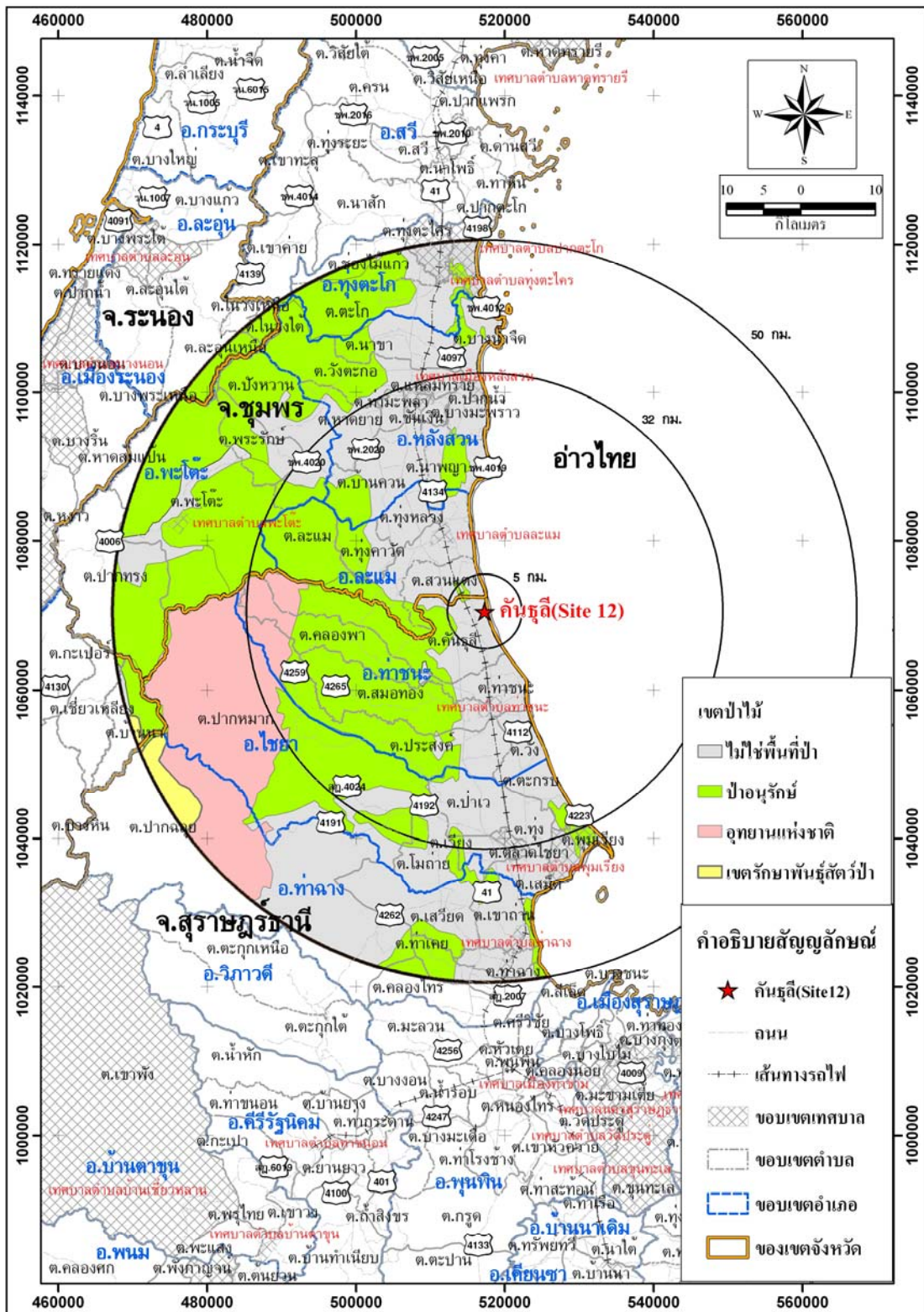
ภาพที่ 3.2 แนวเขตการปกครองภายในรัศมี 5 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินทร



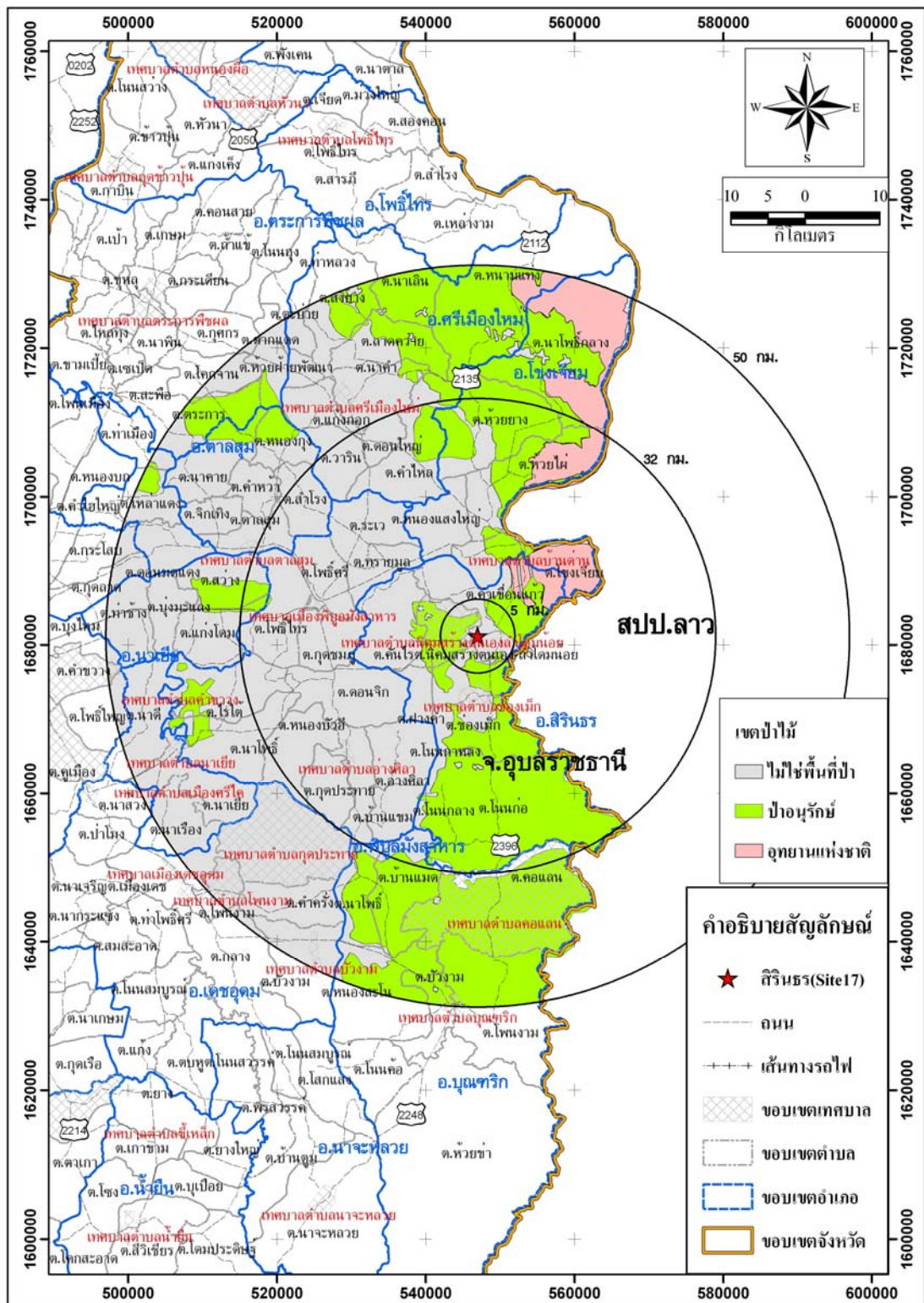
ภาพที่ 3.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในรัศมี 5 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี



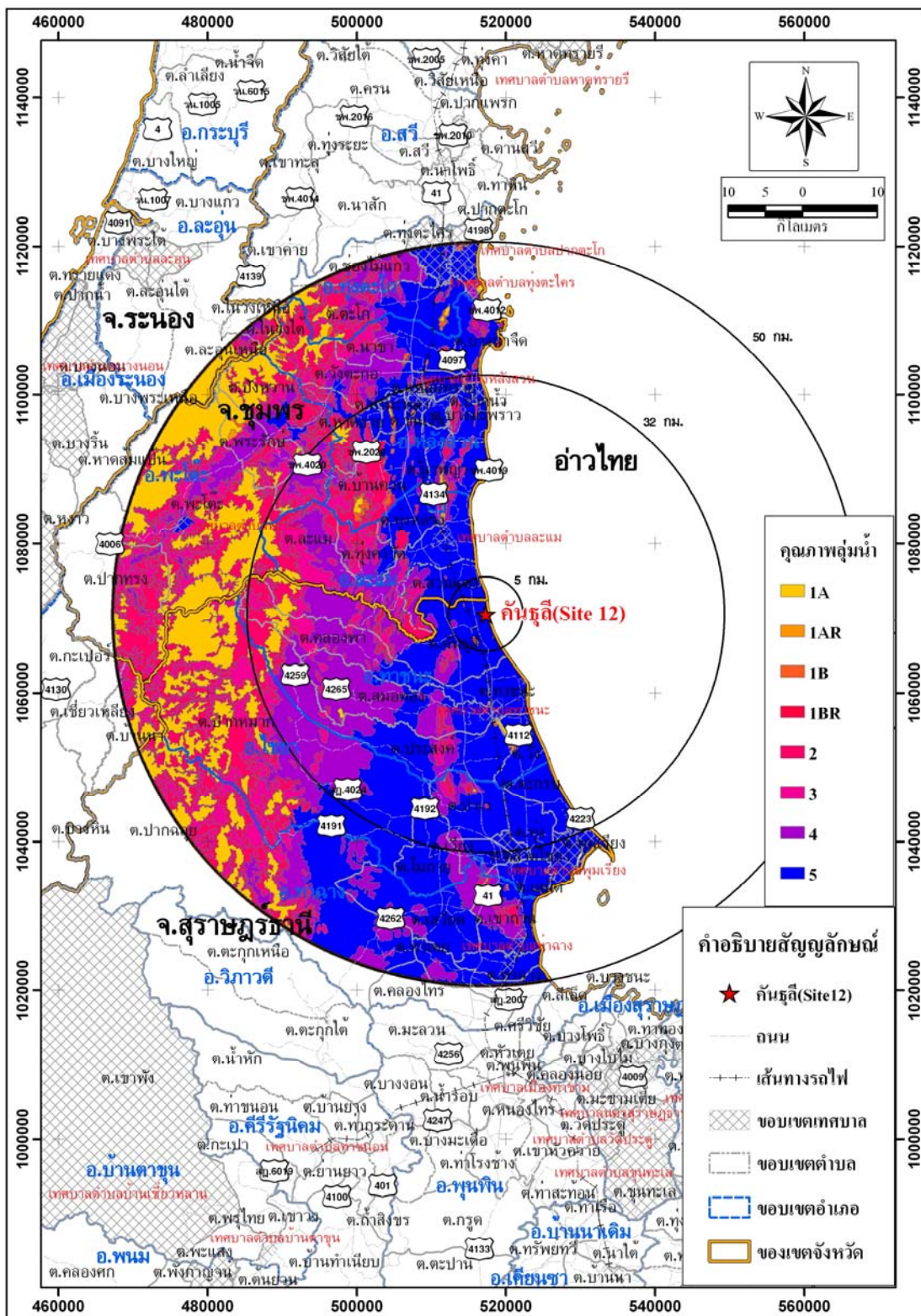
ภาพที่ 3.4 การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในรัศมี 5 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธร



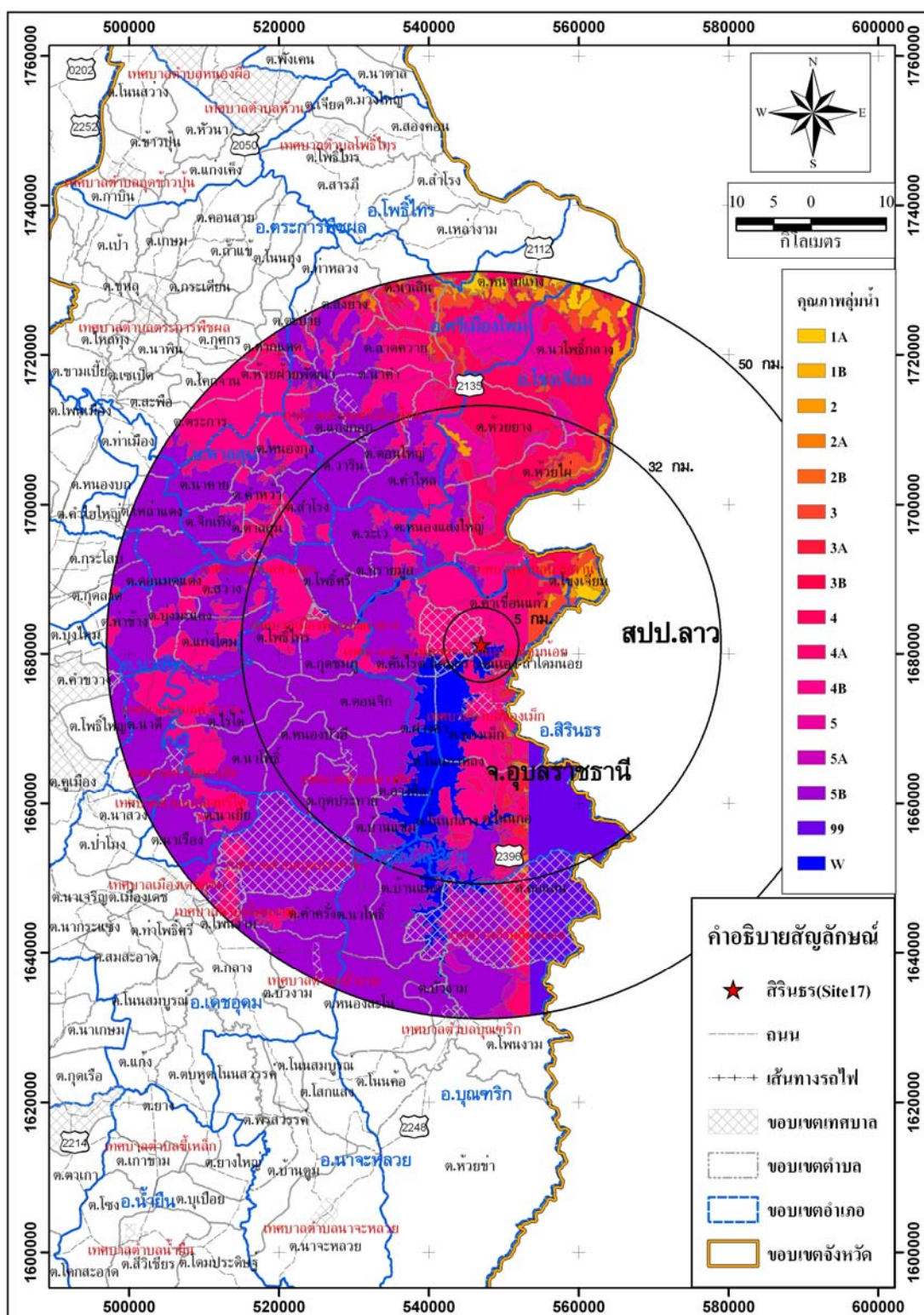
ภาพที่ 3.5 เขตป่าไม้ภายในรัศมี 5, 32 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 12 กันธูลี



ภาพที่ 3.6 เขตป่าไม้ภายในรัศมี 5, 32 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร



ภาพที่ 3.7 คุณภาพลุ่มน้ำภายในรัศมี 5, 32 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธูลี



ภาพที่ 3.8 คุณภาพลุ่มน้ำภายในรัศมี 5, 32 และ 50 กิโลเมตรของพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธร

3.3 การศึกษาด้านประชากร

การศึกษากการกระจายตัวประชากรมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า ตั้งแต่ก่อนการก่อสร้างจนถึงสิ้นสุดอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้า โดยประเมินผลกระทบทางรังสีที่เกิดขึ้นจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทั้งในภาวะการเดินเครื่องปกติและเกิดเหตุฉุกเฉิน รวมไปถึงการวางแผนฉุกเฉินด้วย อีกทั้งยังเป็นประเด็นสำคัญในการศึกษาขอบเขตพื้นที่ควบคุม (EAB และ LPZ) รอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ด้วย โดยการศึกษาด้านประชากรในที่นี่ยึดแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยของ IAEA Safety No.50-SG-S4 เรื่อง Site Selection and Evaluation for Nuclear Power Plants with Respect to Population Distribution [36] ซึ่งแบ่งประชากรรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ออกเป็น ประชากรที่มีอยู่จริง (Existing Population) ได้แก่ จำนวนประชากรที่มีชื่ออยู่ทะเบียนราษฎร ประชากรชั่วคราว (Transients Population) ได้แก่ จำนวนนักท่องเที่ยวตามแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ (Immobile Population) ได้แก่ จำนวนผู้ป่วยในโรงพยาบาลและจำนวนนักโทษในเรือนจำ โดยทำการศึกษาด้านประชากรด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.1 ประชากรที่มีอยู่จริง มีรายละเอียดดังนี้

(1) **พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี** จำนวนประชากรแผนพัฒนาสามปีของพื้นที่ศึกษาภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรตามทิศทางลมทั้ง 16 ทิศทาง ดังแสดงใน ตารางที่ 3.3 และภาพที่ 3.9 พบประชากรระดับหมู่บ้านที่มีอยู่จริงเท่ากับ 4,470 และ 6,178 คนตามลำดับ ทั้งนี้ภายในรัศมี 5 กิโลเมตรแรกมีหมู่บ้านทั้งสิ้น 10 หมู่บ้าน ครอบคลุม 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลคันธุลีและตำบลคลองพา จ.สุราษฎร์ธานี และตำบลสวนแตง จ.ชุมพร โดยไม่พบหมู่บ้านใดภายในรัศมี 1 กิโลเมตรแรก พบหมู่บ้านมติมิตรพัฒนาและหมู่บ้านเกาะยางทางทิศเหนือและทิศใต้ภายในรัศมี 1-2 กิโลเมตร มีจำนวนผู้อยู่อาศัยทั้งสิ้น 423 และ 496 คนตามลำดับ พบหมู่บ้านคันธุลีภายในรัศมี 2-3 กิโลเมตรทางทิศใต้ มีจำนวนผู้อยู่อาศัยทั้งสิ้น 501 คน สำหรับสถานที่สำคัญในรัศมี 5 กิโลเมตรส่วนใหญ่อยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ในเขตตำบลคันธุลี ได้แก่ สถานีอนามัยตำบลคันธุลี วัดสามัคคี วัดนาราม โรงเรียนบ้านคันธุลี สำหรับรัศมี 5-10 กิโลเมตรส่วนใหญ่อยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือในเขตตำบลสวนแตง จ.ชุมพร ได้แก่ วัดสุวรรณธาราราม โรงเรียนบ้านดวด สถานีอนามัย ต.สวนแตง บ่อน้ำพุร้อนเขาพลู ถ้ำเขาพลู บิมน้ำมันผาแฝดการปิโตรเลียม และสถานีโทรคมนาคมท่าชนะ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.4 และภาพที่ 3.10

จำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2554 ของพื้นที่ศึกษาตามเขตการปกครองภายในรัศมี 32 และ 50 กิโลเมตร ภายใต้อสมมติฐานว่ามีกการกระจายตัวของประชากรอย่างสม่ำเสมอทั้ง

พื้นที่ภายในรัศมี 50 กิโลเมตร แสดงในตารางที่ 3.7 และตาราง ค.1 ภาคผนวก ค สำหรับประชากรที่มีอยู่จริงเท่ากับ 153,825 และ 262,961 คนตามลำดับ ดังภาพที่ 3.11 และแสดงความหนาแน่นของประชากรในรัศมี 50 กม.โดยคิดรวมทั้งตำบล ดังภาพที่ 3.12

(2) **พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร** จำนวนประชากรแผนพัฒนาสามปีของพื้นที่ศึกษาภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรตามทิศทางลมทั้ง 16 ทิศทาง ดังแสดงใน ตารางที่ 3.5 และภาพที่ 3.16 พบประชากรระดับหมู่บ้านที่มีอยู่จริงเท่ากับ 3,860 และ 19,745 คนตามลำดับ ทั้งนี้ภายในรัศมี 5 กิโลเมตรแรกมีหมู่บ้านทั้งสิ้น 11 หมู่บ้าน ครอบคลุม 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลคำเขื่อนแก้ว ตำบลช่องเม็ก เทศบาลตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย จ.อุบลราชธานี โดยไม่พบหมู่บ้านใดภายในรัศมี 2 กิโลเมตรแรก พบหมู่บ้านหัวสะพานภายในรัศมี 2-3 กิโลเมตรในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ค่อนไปทางตะวันออกเฉียงใต้จำนวนผู้อยู่อาศัยทั้งสิ้น 813 คน พบหมู่บ้านโนนหินกองและหมู่บ้านคำม่วงในทิศตะวันตกเฉียงเหนือค่อนไปทางตะวันตก และหมู่บ้านคำกลางในทิศตะวันตกภายในรัศมี 3-4 กิโลเมตร มีจำนวนผู้อยู่อาศัยทั้งสิ้น 312, 498 และ 496 คนตามลำดับ สำหรับสถานที่สำคัญในรัศมี 5 กิโลเมตร ส่วนใหญ่อยู่ในทิศตะวันตกในเขตเทศบาลตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย ได้แก่ เขื่อนสิรินธร สำนักงานเกษตรอำเภอสิรินธร โรงพยาบาลสิรินธร สำนักงานสาธารณสุขอำเภอสิรินธร สถานีตำรวจภูธรอำเภอสิรินธร สำนักงานที่ดินจังหวัดอุบลราชธานี สาขาสิรินธร ที่ว่าการอำเภอสิรินธร และโรงเรียนสิรินธรวิทยานุสรณ์ สำหรับรัศมี 5-10 กิโลเมตรส่วนใหญ่อยู่ในทิศตะวันออกเฉียงใต้ ค่อนไปทางใต้ในเขตตำบลและเทศบาลตำบลช่องเม็กได้แก่ จุดตรวจหน่วยหลวง วัดภูมิกงูงวนาราม ชายแดนช่องเม็ก สำนักงานเทศบาลตำบลช่องเม็ก วัดป่าภูมดงาม สถานีตำรวจภูธรตำบลช่องเม็ก และหน่วยตำรวจสันติบาลสิรินธร ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.6 และภาพที่ 3.17

จำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2554 ของพื้นที่ศึกษาตามเขตการปกครองระดับตำบลภายในรัศมี 32 และ 50 กิโลเมตรภายใต้สมมติฐานว่ามีการกระจายตัวของประชากรอย่างสม่ำเสมอทั้งพื้นที่ แสดงในตารางที่ 3.8 และตาราง ค.1 ภาคผนวก ค สำหรับประชากรที่มีอยู่จริงเท่ากับ 168,993 และ 476,864 คนตามลำดับ ดังภาพที่ 3.18 และความหนาแน่นของประชากรในรัศมี 50 กิโลเมตรโดยคิดรวมทั้งตำบล ดังภาพที่ 3.19

3.3.2 ศูนย์กลางประชากร

(1) **พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี** ศูนย์กลางประชากรในรัศมี 50 กิโลเมตร มีประชากรทั้งสิ้น 49,012 คนใน 10 เทศบาลได้แก่ เทศบาลตำบลทุ่งตะไคร่ เทศบาลตำบลปากตะโก เทศบาลเมืองหลังสวน เทศบาลตำบลปากน้ำหลังสวน เทศบาลตำบลพะโต๊ะ เทศบาลตำบลละแม เทศบาลตำบลท่าชนะ เทศบาลตำบลตลาดไชยา เทศบาลตำบลพุมเรียง และเทศบาลตำบลท่าขวาง โดย

ศูนย์กลางประชากรที่ใกล้ที่สุดอยู่ห่างออกมา 10 กิโลเมตรคือ เทศบาลตำบลละแมมีประชากร 2,918 คน ส่วนศูนย์กลางประชากรที่มีประชากรมากที่สุดคือ เทศบาลเมืองหลังสวนมีประชากร 11,475 คน อยู่ห่างออกมาประมาณ 28 กิโลเมตรดังภาพที่ 3.13

(2) **พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร** ศูนย์กลางประชากรในรัศมี 50 กิโลเมตร มีประชากรทั้งสิ้น 83,757 คนใน 14 เทศบาล ได้แก่ เทศบาลตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย เทศบาลตำบลช่องเม็ก เทศบาลตำบลบ้านด่าน เทศบาลเมืองพิบูลมังสาหาร เทศบาลตำบลอ่างศิลา เทศบาลตำบลตาลชุม เทศบาลตำบลคำขวาง เทศบาลตำบลศรีเมืองใหม่ เทศบาลตำบลนาเยี่ย เทศบาลตำบลกุดประทาย เทศบาลตำบลโพนงาม เทศบาลตำบลบัวงาม เทศบาลตำบลคอแลน และ เทศบาลตำบลบุญชริก โดยศูนย์กลางประชากรที่ใกล้ที่สุดซึ่งอยู่ติดกับตำบลคำเขื่อนแก้ว คือ เทศบาลตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อยมีประชากร 7,309 คน ส่วนศูนย์กลางประชากรที่มีประชากรมากที่สุดคือ เทศบาลเมืองพิบูลมังสาหารมีประชากร 11,108 คน อยู่ห่างออกมาประมาณ 21 กิโลเมตร ดังภาพที่ 3.20

3.3.3 ประชากรชั่วคราว ภายในรัศมี 50 กิโลเมตร มีรายละเอียดดังนี้

(1) **พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี** มีจำนวนนักท่องเที่ยวประมาณ 26,150 คน ที่เข้ามาท่องเที่ยวตามสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ภายในรัศมี 32- 50 กิโลเมตร ได้แก่ วัดบรมธาตุไชยาราชวรวิหาร สวนโมกขพลาราม และสวนนายดำ ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 3.9 และภาพที่ 3.14

(2) **พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร** มีจำนวนนักท่องเที่ยวประมาณ 35,369 คน ที่เข้ามาท่องเที่ยวตามสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ภายในรัศมี 5 กิโลเมตร ได้แก่ เขื่อนสิรินธร ภายในรัศมี 5-32 กิโลเมตร ได้แก่ อุทยานแห่งชาติแก่งตะนะ อุทยานแห่งชาติแก่งผาแต้ม อุทยานแห่งชาติแก่งสะพือ ด้านตรวจคนเข้าเมืองโขงเจียมและวัดถ้ำคูหาสวรรค์ ดังแสดงในตารางที่ 3.9 และภาพที่ 3.21

3.3.4 ประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ภายในรัศมี 50 กิโลเมตร มีรายละเอียดดังนี้

(1) **พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี** มีประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้รวมทั้งสิ้น 1,494 คน ประกอบด้วยจำนวนผู้ป่วยทั้งสิ้น 350 คน ในโรงพยาบาลต่างๆ 8 แห่ง ได้แก่ โรงพยาบาลทุ่งตะโก โรงพยาบาลหลังสวน โรงพยาบาลปากน้ำหลังสวน โรงพยาบาลพะโต๊ะ โรงพยาบาลละแม โรงพยาบาลไชยา โรงพยาบาลท่าฉาง และโรงพยาบาลท่าชนะ รวมกับจำนวนนักโทษในเรือนจำ รวม 1,144 คนในเรือนจำหลังสวน เรือนจำไชยาและเรือนจำชั่วคราวห้วยกลิ้ง สรุปคิดเป็นประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งสิ้น 1,494 คน ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 3.10 และภาพที่ 3.15

(2) **พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร** มีประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้รวมทั้งสิ้น 264 คน โดยไม่มีเรือนจำในรัศมี 50 กิโลเมตร มีจำนวนผู้ป่วยทั้งสิ้น 264 คนในโรงพยาบาลต่างๆ 7 แห่ง ได้แก่ โรงพยาบาลสิรินคร โรงพยาบาลโขงเจียม โรงพยาบาลพิบูลมังสาหาร โรงพยาบาลตาลสุม โรงพยาบาลดอนมดแดง โรงพยาบาลศรีเมืองใหม่ และโรงพยาบาลบุณฑริก ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 3.10 และภาพที่ 3.22

ทั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลประชากรจากข้อมูลทะเบียนราษฎร กรมการปกครอง ย้อนหลังเป็นช่วงเวลา 10 ปีระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง 2554 เพื่อศึกษาแนวโน้มการเจริญเติบโตของประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร ดังแสดงในตารางที่ 3.11 และตารางที่ ค.1 ถึง ค.2 ในภาคผนวก ค สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลีและพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินครตามลำดับ โดยสรุปเปรียบเทียบจำนวนประชากรภายในพื้นที่ศึกษาทั้งสอง ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่ศึกษา จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 5, 32 และ 50 กิโลเมตร ศูนย์กลางประชากร ประชากรชั่วคราวและประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในรัศมี 50 กิโลเมตร รวมไปถึงความหนาแน่นรวมของประชากรที่มีอยู่จริงรวมกับประชากรชั่วคราว ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.12 พบว่า ความหนาแน่นประชากรดังกล่าวภายในรัศมี 5, 32 และ 50 กิโลเมตร สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลีเท่ากับ 99.55, 81.36 และ 78.18 คนต่อตารางกิโลเมตรตามลำดับ สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินครเท่ากับ 85.38, 133.61 และ 97.40 คนต่อตารางกิโลเมตรตามลำดับ จะเห็นว่าในรัศมี 5 กิโลเมตรพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินครมีความหนาแน่นของประชากรน้อยกว่าพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี แต่มีความหนาแน่นของประชากรมากกว่าในรัศมี 32 และ 50 กิโลเมตร

ตารางที่ 3.3 จำนวนประชากรระดับหมู่บ้านภายในพื้นที่คันธุลี 5 และ 10 กิโลเมตร

ทิศ	รัศมีผลกระทบ 5 กิโลเมตร		ระยะทาง (กม.)	รัศมีผลกระทบ 5-10 กิโลเมตร		ระยะทาง (กม.)
	ชื่อหมู่บ้าน	จำนวน(คน)		ชื่อหมู่บ้าน	จำนวน(คน)	
N	-	-	-	-	-	-
NNE	-	-	-	-	-	-
NE	-	-	-	-	-	-
ENE	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	-	บ้านดอนทะเล ⁽¹⁾	496	5.7
	-	-	-	บ้านหนองปรือ ⁽²⁾	741	9.0
S	บ้านเกาะยาง ⁽¹⁾	496	1.8	บ้านดอนรูป ⁽¹⁾	770	5.7
	บ้านคันธุลี ⁽¹⁾	501	2.7	บ้านมะม่วงงาม ⁽³⁾	383	8.7
SSW	-	-	-	บ้านศรีทอง ⁽¹⁾	684	5.6
	-	-	-	บ้านหนองสะบ้า ⁽¹⁾	507	8.2
	-	-	-	บ้านด่านเสือ ⁽¹⁾	770	9.0
SW	บ้านสวนพัฒนา ⁽¹⁾	332	4.5	บ้านทับชัน ⁽¹⁾	764	8.3
WSW	-	-	-	-	-	-
W	บ้านเขาชวาลา ⁽¹⁾	396	3.5	-	-	-
	บ้านแหลมดิน ⁽¹⁾	496	4.7	-	-	-
WNW	-	-	-	บ้านแหลมดิน ⁽⁴⁾	349	6.1
	-	-	-	บ้านสวนสมบุญ ⁽⁴⁾	467	7.6
NW	บ้านดวด ⁽³⁾	364	5.0	-	-	-
	บ้านโนดวด ⁽³⁾	628	5.2	-	-	-
NNW	บ้านมติมิตรพัฒนา ⁽¹⁾	423	1.7	บ้านหนองบัว ⁽⁴⁾	471	6.3
	บ้านดอนแค ⁽⁴⁾	469	3.5	บ้านท่าเพ ⁽⁵⁾	159	9.2
	บ้านทะเลงาม ⁽⁴⁾	365	4.3			
	รวม(คน)	4,470		รวม(คน)	6,178	

หมายเหตุ : (1) ต.คันธุลี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี (2) ทต.ท่าชนะ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี

(3) ต.คลองพา อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี (4) ต.สวนแตง อ.ละแม จ.ชุมพร (5) ต.ละแม อ.ละแม จ.ชุมพร

ที่มา : แผนพัฒนาสามปี พ.ศ.2555-2557 องค์การบริหารส่วนตำบลและหรือเทศบาลตำบล

ตารางที่ 3.4 สถานที่สำคัญพื้นที่คันธูลีภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตร

ทิศ	รัศมีผลกระทบ 5 กิโลเมตร	ระยะทาง (กม.)	รัศมีผลกระทบ 5-10 กิโลเมตร	ระยะทาง (กม.)
N	-	-	-	-
NNE	-	-	-	-
NE	-	-	-	-
ENE	-	-	-	-
E	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-
SE	-	-	-	-
SSE	-	-	โรงเรียนหนองปรือ	8.9
S	-	-	โรงเรียนวัดสังฆประดิษฐ์ โรงเรียนท่าชนะ โรงพยาบาลท่าชนะ	5.6 8.8 9.7
SSW	-	-	-	-
SW	สถานีอนามัยตำบลคันธูลี โรงเรียนบ้านคันธูลี วัดสามัคคีพัฒนาราม	2.1 2.2 2.4	ศูนย์พัฒนาและส่งเสริมการปฏิรูปที่ดิน สหกรณ์การเกษตรท่าชนะ จำกัด	5.1 5.2
WSW	ศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าพุดคันธูลี	4.6	ศูนย์วิจัยยางสุราษฎร์ธานี	5.4
W	-	-	-	-
WNW	-	-	โรงเรียนบ้านแหลมดิน โรงเรียนบ้านสวนสมบุรณ์ วัดสวนสมบุรณ์	5.7 7.2 7.2
NW	-	-	สถานีอนามัย ต.สวนแตง โรงเรียนบ้านดวด วัดสุวรรณธาราราม บ่อน้ำพุร้อนเขาพลู ถ้ำเขาพลู บ่อน้ำร้อนฝาคัดการปิโตรเลียม สถานีโทรคมนาคมท่าชนะ	5.5 5.8 5.9 7.1 7.2 8.2 9.7
NNW	โรงเรียนบ้านดอนแค วัดดอนแค	4.0 4.0	มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาเขตชุมพร โรงเรียนบ้านแหลมสันติ	9.9 9.7

ที่มา : ข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคมปี 2551

ตารางที่ 3.5 จำนวนประชากรระดับหมู่บ้านพื้นที่สีรินทรภายใน 5 และ 10 กิโลเมตร

ทิศ	รัศมีผลกระทบ 5 กิโลเมตร		ระยะทาง (กม.)	รัศมีผลกระทบ 5-10 กิโลเมตร		ระยะทาง (กม.)
	ชื่อหมู่บ้าน	จำนวน(คน)		ชื่อหมู่บ้าน	จำนวน(คน)	
N	-	-	-	บ้านคำมันปลา ⁽¹⁾	715	5.4
				บ้านคันเปือย ⁽¹⁾	923	6.3
				บ้านปากห้วยแคน ⁽²⁾	633	9.4
NNE	-	-	-	บ้านห้วยไฮ ⁽¹⁾	562	6.3
				บ้านหัวเหว ⁽²⁾	851	9.4
NE	-	-	-	บ้านคำเขื่อนแก้ว ⁽¹⁾	601	6.1
				บ้านโนนกลาง ⁽¹⁾	308	7.2
				บ้านโนนสมบูรณ์ ⁽¹⁾	303	6.7
				บ้านหนองขาด ⁽¹⁾	804	9.3
				บ้านคำมันปลา ⁽¹⁾	715	9.4
ENE	บ้านหัวสะพาน ⁽¹⁾	813	2.7	บ้านศรีเขต ⁽¹⁾	365	7.4
				บ้านสวนสน ⁽¹⁾	516	7.6
E	บ้านห้วยวังลม ⁽¹⁾	384	4.0	-	-	-
ESE	บ้านห้วยเหวอ ⁽¹⁾	338	4.6	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-
SSE	บ้านอ่างประดู ⁽³⁾	413	4.6	บ้านช่องเม็ก ⁽³⁾	728	8.1
S	บ้านคำลือชา ⁽³⁾	375	4.8	บ้านหนองเม็ก ⁽⁴⁾	1,138	7.8
				บ้านเหล่าอินทร์แปลง ⁽⁴⁾	1,859	8.4
				บ้านโป่งดินดำ ⁽⁴⁾	447	9.0
SSW	บ้านดอนกลาง ⁽³⁾	186	4.8	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	-
WSW	-	-	-	บ้านแหลมสวรรค์ ⁽⁵⁾	562	5.1
				บ้านใหม่ภูทอง ⁽⁶⁾	366	9.3
W	บ้านคำกลาง ⁽⁵⁾		3.3	บ้านประชาสมบูรณ์ ⁽⁵⁾	613	5.5
	บ้านคำเจริญสุข ⁽⁵⁾		4.1	บ้านนาชุมคำ ⁽⁵⁾	630	5.6
				บ้านเรียงแถวไต้ ⁽⁵⁾	761	6.0
				บ้านโชครังสรรค์ ⁽⁶⁾	1,140	7.6
				บ้านโคกเทียง ⁽⁶⁾	1,174	8.1
WNW	บ้านคำม่วง ⁽⁵⁾	498	3.2	บ้านคำน้ำแซบ ⁽⁵⁾	482	6.6
	บ้านโนนหินกอง ⁽⁵⁾	312	3.5	บ้านคำวังยาง ⁽⁵⁾	852	8.0
	บ้านโนนสำราญ ⁽⁵⁾	541	3.7			
NW	-	-	-	บ้านโนนสูง ⁽⁵⁾	326	5.9
				บ้านสุขสำราญ ⁽⁵⁾	511	7.5
NNW	-	-	-	บ้านใหม่คำ ⁽¹⁾	291	6.0
				บ้านคำนกหอ ⁽¹⁾	569	9.6
	รวม(คน)	3,860		รวม(คน)	19,745	

หมายเหตุ : (1) ต.คำเขื่อนแก้ว อ.สีรินทร จ.อุบลราชธานี (2) ต.โขงเจียม อ.โขงเจียม จ.อุบลราชธานี

(3) ต.ช่องเม็ก อ.สีรินทร จ.อุบลราชธานี (4) ต.ต.ช่องเม็ก อ.สีรินทร จ.อุบลราชธานี

(5) ต.นิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย อ.สีรินทร จ.อุบลราชธานี (6) ต.คันไร่ อ.สีรินทร จ.อุบลราชธานี

ที่มา : แผนพัฒนาสามปี พ.ศ. 2555-2557 องค์การบริหารส่วนตำบลหรือเทศบาลตำบล

ตารางที่ 3.6 สถานที่สำคัญพื้นที่สิรินธรภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตร

ทิศ	รัศมีผลกระทบ 5 กิโลเมตร	ระยะทาง (กม.)	รัศมีผลกระทบ 5-10 กิโลเมตร	ระยะทาง (กม.)
N	-	-	โรงเรียนบ้านห้วยไฮ วัดอวดคงคา โรงเรียนบ้านคันทันเปือย	5.9 6.5 6.5
NNE	-	-	วัดบ้านห้วยไฮ เขื่อนปากมูล	5.5 9.0
NE	วัดคำเขื่อนแก้ว โรงเรียนสร้างตนเอง 5	2.6 4.9	น้ำตกตาดโค่น โรงเรียนบ้านหนองชาด	6.7 8.6
ENE	โรงเรียนนิคม 2 อนุบาล	3.4	-	-
E	วัดเทพปราณี โรงเรียนหมู่บ้านตัวอย่าง	2.8 2.9	-	-
ESE	-	-	-	-
SE	-	-	-	-
SSE	วัดถ้ำค้อ วัดป่าโพธิญาณ	3.6 4.5	จุดตรวจห้วยหลวง วัดภูนกยูงวนาราม สถานีตำรวจภูธรตำบลช่องเม็ก สำนักงานเทศบาลตำบลช่องเม็ก ชายแดนช่องเม็ก หน่วยตำรวจสันติบาลสิรินธร วัดป่าภูมดงาม	7.2 8.3 8.3 8.5 8.6 8.6 8.9
S	-	-	วัดหนองเม็ก สถานีอนามัยหนองเม็ก ปั้มน้ำมันเท็กซ์ โรงเรียนบ้านเหล่าอินทร์แปลง วัดสามัคคีสังฆาราม(วัดเหล่าอินทร์แปลง)	7.6 7.7 8.2 8.5 8.5
SSW	-	-	วัดโพธิ์สว่าง(วัดไป่รงดินดำ)	9.2
SW	-	-	-	-
WSW	สำนักงานการประถมศึกษาอำเภอสิรินธร	2.8	โรงเรียนเทคโนโลยีบริหารธุรกิจรักไทย	9.4
W	เขื่อนสิรินธร สำนักงานเกษตรอำเภอสิรินธร โรงพยาบาลสิรินธร สำนักงานสาธารณสุขอำเภอสิรินธร สถานีตำรวจภูธรอำเภอสิรินธร สำนักงานที่ดินจังหวัดอุบลราชธานี ที่ว่าการอำเภอสิรินธร โรงเรียนสิรินธรวิทยานุสรณ์	1.7 3.3 3.6 3.9 4.0 4.1 4.3 4.7	โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 87 อิสระ วัดโชครังสรรค์วาราม โรงเรียนบ้านโคกเที่ยง	5.3 6.5 7.8 8.5
WNW	-	-	วัดศรีอุดม วัดบ้านค่าน้ำแซบ โรงเรียนนิคมสร้างตนเอง 2 วัดคูวังยาง วัดศิลาเจริญ	5.6 6.6 6.7 8.2 8.3
NW	-	-	วัดศรมสำราญ	6.5
NNW	-	-	วัดป่าอินทรเทพประทานพร วัดใหม่หน้าคำ	5.6 6.4

ที่มา : ข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคมปี 2551

ตารางที่ 3.7 จำนวนประชากรของคันทูลีภายในรัศมี 50 กิโลเมตร

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี 2554			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี(คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.		
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน	
ระนอง	ละอุ่น	โนวงเหนือ		1,264		1,264			27.02		342	28.90		43.74				
		โนวงใต้		1,192		1,192			86.66		1,033	19.07		62.49				
		ละอุ่นเหนือ		1,062		1,062			11.02		117	175.57		6.05				
	กะเปอร์	เทียวเหลียง		1,927		1,927			2.94		57	88.39		21.80				
		บ้านนา		3,274		3,274			48.01		1,572	72.69		45.04				
ชุมพร	สวี	เขาค่าย		7,382		7,382			1.55		114	104.68		70.52				
	ทุ่งตะโก	ทุ่งตะไคร	ทต.ทุ่งตะไคร		5,848	5,848			53.43		3,125	36.89	36.89	158.52	158.52	52.93	3,095	
		ตะโก			8,774	8,774			98.68		8,658	126.10		69.58				
		ช่องไม้แก้ว			5,748	5,748			55.89		3,213	84.73		67.84				
		ปากตะโก	ทต.ปากตะโก		4,288	4,288			57.01		2,445	42.21	42.21	101.60	101.60	57.01	2,455	
	หลังสวน	ชั้นเงิน	ทม.หลังสวน		464	6,954	7,418		100.00	100.00	7,418	7,418	10.53		704.30		100.00	6,954
		พ้อแดง			2,067	275	2,342		100.00	100.00	2,342	2,342	11.53		203.08		100.00	275
		แหลมทราย			3,198	555	3,753		66.67	100.00	2,502	3,753	17.36	14.71	216.23	779.96	100.00	555
		วังตะกอก			7,476	170	7,646		2.62	100.00	200	7,646	126.27		60.55		100.00	170
		หลังสวน				3,521	3,521		100.00	100.00	3,521	3,521	1.05		3353.33		100.00	3,521
		ท่ามะปลา			3,153		3,153		97.12	100.00	3,062	3,153	16.06		196.29			
		นาขา			8,004		8,004			100.00		8,004	82.63		96.87			
นาพญา				5,246		5,246		100.00	100.00	5,246	5,246	67.23		78.04				
บ้านควน			8,153		8,153		100.00	100.00	8,153	8,153	115.29		70.72					

ตารางที่ 3.7 จำนวนประชากรของคันทูลีภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี2554			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี(คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.		
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน	
ชุมพร (ต่อ)	หลังสวน	บางมะพร้าว		4,624		4,624		100.00	100.00	4,624	4,624	30.79		150.17				
		บางน้ำจืด		4,955		4,955			100.00	207	4,955	49.44		100.22				
		หาดยาย		6,475		6,475			100.00	4,163	6,475	61.12		105.93				
		หลังสวน	ทต.ปากน้ำหลังสวน		6,836	6,836		100.00	100.00	6,836	6,836	6.14	6.14	1114.22	6.14	100.00	6,836	
	พะโต๊ะ	พะโต๊ะ	ทต.พะโต๊ะ	7,145	1,551	8,696			3.53	90.77	279	7,893	407.07	4.2	21.36	369.29	100.00	1,551
		ปากทรง		4,830		4,830				46.1		2,227	248.03		19.47			
		บึงหวาน		5,160		5,160			28.28	100.00	1,459	5,160	157.44		32.77			
		พระรักษ์		4,436		4,436			0.12	100.00	5	4,436	69.66		63.68			
	ละแม	ละแม	ทต.ละแม	11,165	2,918	14,083			100.00	100.00	14,083	14,083	195.94	5.71	71.88	511.03	100.00	2,918
		ทุ่งหลวง		5,033		5,033			100.00	100.00	5,033	5,033	45.75		110.01			
		สวนแดง		4,342		4,342	17.72	100.00	100.00	4,342	3,573	56.17		77.30				
		ทุ่งควาวัด		5,297		5,297			100.00	100.00	5,297	5,297	45.72		115.86			
	สุราษฎร์ธานี	ท่าชนะ	ท่าชนะ	ทต.ท่าชนะ	5,139	1,711	6,850			100.00	100.00	6,850	6,850	34.49	7.31	198.63	414.23	100.00
สมอทอง				4,883	1,317	6,200			100.00	100.00	6,200	6,200	146.92		42.20		100.00	1,317
ประสงค์				20,134		20,134			97.58	100.00	19,647	20,134	179.20		112.35			
คันทูลี				8,257		8,257	18.43	100.00	100.00	8,257	6,735	189.63		43.54				
วัง				3,564		3,564			100.00	100.00	3,564	3,564	41.23		86.44			
คลองพา				7,943		7,943			97.59	100.00	7,752	7,943	125.50		63.29			

ตารางที่ 3.7 จำนวนประชากรของคันทูลีภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี2554			%สัดส่วนพื้นที่ ภายในรัศมี			ประชากรภายใน รัศมี(คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาล ในรัศมี 50 กม.			
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน		
สุ ราษฎร์ ธานี (ต่อ)	ไชยา	ตลาดไชยา	ทต.ตลาด	159	4,719	4878		61.79	100.00	3,014	4,878	10.61	11.11	459.78	482.00	100.00	4,719		
		เลม็ด	ไชยา	4,592	636	5,228			100.00		5,228	29.72		175.92		100.00	636		
		เวียง		3,527		3,527		44.95	100.00	1,585	3,527	23.62		149.33					
		ทุ่ง		4,967		4,967		87.39	100.00	4,341	4,967	41.09		120.88					
		ป่าเว		5,079		5,079		100.00	100.00	5,079	5,079	73.04		69.54					
		ตะกรบ		3,668		3,668		99.39	100.00	3,646	3,668	41.81		87.72					
		โมถ่าย		4,342		4,342		32.38	100.00	1,406	4,342	72.88		59.58					
		ปากหมาก		10,123		10,123		30.92	100.00	3,130	10,123	611.48		16.56					
		ไชยา	ทต.พุมเรียง		7,568	7,568		7.70	92.51	583	7,001	35.77	35.77	211.60	211.57	100.00	7,568		
	ท่าฉาง	ท่าเคย			6,164		5,054				5,054	32.96		153.31					
		คลองไทร			5,365		5,365				55.65		2,986	72.36		74.15			
		ท่าฉาง	ทต.ท่าฉาง		2,781	2,458	6,164				11.2		690	84.09	9.23	73.30	512.57	100.00	2,458
		เขาถ่าน			2,379	2,273	4,837				100.00		4,837	69.50		69.59	100.00	2,273	
		เสวีียด			5,077		5,077				100.00		5,077	128.79		39.42			
		ปากฉลุย			6,268		6,268				57.04		3,575	726.31		8.63			
รวม				246,257	53,598	299,855				153,825	262,961						49,012		

หมายเหตุ : ทต. คือ เทศบาลตำบล และ ทม. คือ เทศบาลเมือง

ที่มา : ขอบเขตการปกครองต่างๆ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550 และขอบเขตเทศบาล สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553
จำนวนประชากร ณ 31 ธันวาคม 2554 ,กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (<http://stat.bora.dopa.go.th/xstat/popstat.html>)

ตารางที่ 3.8 จำนวนประชากรของสิรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี2554			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี(คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.	
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน
อุบลราชธานี	สิรินธร	คำเขื่อนแก้ว		10,130		10,130	26.39		100.00		10,130	128.02		79.13			
		นิคมฯ ลำโดมน้อย	ทต.นิคมฯ ลำโดมน้อย		7,309	7,309	49.28		100.00		7,309	54.38	54.38	141.43	134.41	100.00	7,309
		ช่องเม็ก	ทต.ช่องเม็ก	5,473	3,472	8,945	9.26		100.00		8,945	145.00	12.31	61.69		100.00	3,472
		คันไร่		11,259		11,259			100.00		11,259	101.30		111.15			
		ฝางคำ		3,553		3,553			100.00		3,553	26.57		133.72			
		โนนก่อ		10,086		10,086			100.00		10,086	316.00		31.92			
	โขงเจียม	โขงเจียม	ทต.บ้านด่าน	5,837	2,701	8,538		99.96	99.96	8,535	8,535	117.40	1.55	72.73	1742.58	100.00	2,701
		หนองแสงใหญ่		5,341		5,341		100.00	100.00	5,341	5,341	65.35		81.73			
		ห้วยไผ่		5,477		5,477		99.51	100.00	5,450	5,477	127.70		42.89			
	พิบูลมังสาหาร	ห้วยยาง		8,060		8,060		80.45	100.00	6,484	8,060	148.30		54.35			
		นาโพธิ์กลาง		7,429		7,429		1.64	92.05	112	6,838	259.00		28.68			
		ระเว		8,258		8,258		100.00	100.00	8,258	8,258	77.33		106.79			
		โพธิ์ศรี		12,402		12,402		100.00	100.00	12,402	12,402	57.87		214.31			
		ทรายมูล		5,906		5,906		100.00	100.00	5,906	5,906	41.50		142.31			
		โพธิ์ไทร		11,516		11,516		99.32	100.00	11,438	11,516	88.78		163.73			
		พิบูล	ทต.พิบูลฯ		11,108	11,108		100.00	100.00	11,108	11,108	3.05	3.05	3641.97	3641.97	100.00	11,108
		กุดขมภู		14,351		14,351		100.00	100.00	14,351	14,351	65.51		219.07			
		ดอนจิก		14,164		14,164		100.00	100.00	14,164	14,164	109.50		129.35			
	ไร่ใต้		7,896		7,896		30.01	100.00	2,370	7,896	105.30		74.99				

ตารางที่ 3.8 จำนวนประชากรของสัตว์นทรภายภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี2554			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี (คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.	
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน
อุบลราชธานี (ต่อ)	พิบูลมังสาหาร(ต่อ)	นาโพธิ์		8,191		8,191	19.28	100.00	1,579	8,191	104.80		78.16				
		หนองบัวฮี		10,631		10,631	82.30	100.00	8,749	10,631	77.41		137.33				
		อ่างศิลา	ทต.อ่างศิลา	4,549	3,352	7,901	98.62	100.00	7,792	7,901	53.17	4.10	148.60	817.56	100.00	3,352	
		โนนกลาง		7,538		7,538	100.00	100.00	7,538	7,538	69.82		107.96				
		โนนกาหลง		4,737		4,737	100.00	100.00	4,737	4,737	45.68		103.70				
		บ้านเขม		5,165		5,165	98.30	100.00	5,077	5,165	49.63		104.07				
	ตาลชุม	สำโรง		3,957		3,957	77.89	100.00	3,082	3,957	56.34		70.23				
		ตาลชุม	ทต.ตาลชุม		5,479	5,479	39.44	100.00	2,161	5,479	48.57	3.84	112.81	1426.82	100.00	5,479	
		หนองกุง		4,070		4,070	0.13	100.00	5	4,070	49.06		82.96				
		คำหว้า		3,734		3,734		100.00		3,734	39.00		95.74				
		จิกเทิง		5,264		5,264		100.00		5,264	36.11		145.78				
		นาคาย		6,189		6,189		100.00		6,189	82.25		75.25				
	โพธิ์ไทร	เหล่างาม		5,651		5,651		5.58	315		134.10		42.14				
	สว่างวีระวงศ์	แก่งโตม		5,537		5,537	11.92	100.00	660	5,537	72.56		76.31				
		สว่าง		7,839		7,839	20.86	100.00	1,635	7,839	71.77		109.22				
		บึงมะแลง		7,049		7,049		100.00		7,049	44.11		159.81				
		ท่าช้าง		10,029		10,029		83.37		8,361	76.13		131.74				

ตารางที่ 3.8 จำนวนประชากรของสิรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี2554			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี (คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.		
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน	
อุบลราชธานี (ต่อ)	วารินชำราบ	คำขวาง	ทต.คำขวาง		7,624	7,624			4.77		364	54.38	54.38	140.20	140.20	4.77	364	
		โพธิ์ใหญ่		7,631		7,631			23.45		1,789	62.75		121.61				
		บึงใหม่		8,378		8,378			19.99		1,675	20.09		417.02				
	ศรีเมืองใหม่	คำไหล			9,906		9,906		82.1	100.00	8,133	9,906	122.40		80.93			
		วาริน			5,606		5,606		73.40	100.00	4,115	5,606	53.69		104.41			
		ดอนใหญ่			4,351		4,351		99.17	100.00	4,315	4,351	28.59		152.19			
		นาคำ	ทต.ศรีเมืองใหม่		8,794	4,231	13,025		0.89	100.00	116	13,025	80.04	5.11	162.73	827.98	100.00	4,231
		แก้งกอก			4,612		4,612			1.24	100.00	57	4,612	45.09		102.28		
		เอือดใหญ่			3,730		3,730					3,730	17.13		217.75			
		ลาดควาย			4,751		4,751					4,751	81.73		58.13			
		หนามแท่ง			7,824		7,824					4,517	277.40		28.20			
		นาเลน			3,717		3,717					1,944	101.80		36.51			
		สงยาง			6,320		6,320					3,659	109.10		57.93			
		ตะบ้าย			4,378		4,378					2,485	30.24		144.78			
	นาเขีย	นาเขีย	ทต.นาเขีย		5,456	6,727	12,183					12,048	83.69	4.82	145.57	1395.64	100.00	6,727
		นาดี			7,362		7,362					6,366	94.85		77.62			
		นาเรือ			6,415		6,415					5,124	69.33	54.38	92.53			

ตารางที่ 3.8 จำนวนประชากรของสิรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี2554			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี (คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาล ในรัศมี 50 กม.	
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน
อุบลราชธานี (ต่อ)	เดชอุดม	กุดประทาย	ทต.กุดประทาย		13,240	13,240		0.50	100.00	66	13,240	163.70	163.83	80.88	80.82	100.00	13,240
		คำครั่ง		6,334		6,334			100.00		6,334	69.92		90.59			
		โพนงาม	ทต.โพนงาม		8,828	8,828			72.61		6,410	34.56	34.56	255.44	255.44	72.62	6,411
		เมืองเดช		19,221		19,221			22.51		4,327	82.63		232.62			
		นาสว่าง		5,734		5,734			8.13		466	49.23		116.47			
		กลาง		14,264		14,264			4.63		660	147.10		96.97			
		บัวงาม	ทต.บัวงาม	5,146	7,164	12,310			48.94		6,025	111.50	6.18	110.40	1159.22	79.96	5,728
	บุญศรี	บ้านแมด		7,860		7,860		23.71	100.00	1,864	7,860	102.50		76.68			
		นาโพธิ์		8,551		8,551		4.81	100.00	411	8,551	62.39		137.06			
		คอแลน	ทต.คอแลน		12,350	12,350		7.96	100.00	983	12,350	238.10	239.86	51.87	51.49	100.00	12,350
		หนองสะโน		16,384		16,384			49.12		8,048	161.50		101.45			
		โพนงาม	ทต.บุญศรี	9,811	2,054	11,865			50.04		5,937	201.80	7.91	58.80	582.05	31.23	641
		บัวงาม		7,487	2,550	10,037			32.60		3,272	40.09		250.36		25.25	644
	ดอนมดแดง	ดอนมดแดง		8,735		8,735			100.00		8,735	52.29		167.05			
		เหล่าแดง		7,158		7,158			81.11		5,806	49.62		144.26			
		ท่าเมือง		6,049		6,049			14.26		863	54.98		110.02			
		คำไฮใหญ่		4,778		4,778			1.52		73	27.77		172.06			

ตารางที่ 3.8 จำนวนประชากรของสิรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี2554			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี (คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาล ในรัศมี 50 กม.		
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน	
อุบล ราช ธานี (ต่อ)	ตระการ พืชผล	ท่าหลวง		3,486		3,486			0.39		14	54.80		63.61				
		ตากแดด		3,099		3,099			64.08		1,986	13.93		222.47				
		ห้วยฝ้าย พัฒนา		5,521		5,521			100.00		5,521	32.99		167.35				
		กุศกร		3,603		3,603			5.43		196	55.89		64.47				
		โคกจาน		5,410		5,410			42.94		2,323	64.60		83.75				
		ตระการ		6,398		6,398			65.97		4,221	97.34		65.73				
	เมือง อุบลราชธานี	กระโสม		5,940		5,940			19.4		1,152	57.51		103.29				
		กุดลาด		10,858		10,858			31.78		3,451	51.82		209.53				
รวม				521,346	98,189	619,535			4,430	168,993	476,864						83,757	

หมายเหตุ : ทต. คือ เทศบาลตำบล และ ทม. คือ เทศบาลเมือง

ที่มา : ขอบเขตการปกครองต่างๆ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550 และขอบเขตเทศบาล สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553
จำนวนประชากร ณ 31 ธันวาคม 2554 ,กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (<http://stat.bora.dopa.go.th/xstat/popstat.html>)

ตารางที่ 3.9 ประชากรชั่วคราวของพื้นที่ศึกษาภายในรัศมี 50 กิโลเมตร

พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี (Site 12)		พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร (Site 17)	
จำนวนนักท่องเที่ยว (คน)			
วัดบรมธาตุไชยาราชวรมหาวิหาร	11,850	เขื่อนสิรินธร	2,359
สวนโมกขพลาราม	9,168	อุทยานแห่งชาติแก่งตะนะ	5,501
สวนนายดำ	5,132	อุทยานแห่งชาติผาแต้ม	10,059
		อุทยานแห่งชาติแก่งสะพือ	598
		ด่านตรวจคนเข้าเมืองโขงเจียม	15,850
		วัดถ้ำคูหาสวรรค์	1,002
รวมจำนวนนักท่องเที่ยว(คน)	26,150		35,369

ที่มา : จำนวนนักท่องเที่ยวปี 2550 การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, (http://www2.tat.or.th/stat/web/static_tst.php)

ตารางที่ 3.10 ประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ของพื้นที่ศึกษาภายในรัศมี 50 กิโลเมตร

พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี (Site 12)		พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร (Site 17)	
จำนวนเตียงผู้ป่วย (เตียง)			
โรงพยาบาลทุ่งตะโก	10	โรงพยาบาลสิรินธร	30
โรงพยาบาลหลังสวน	150	โรงพยาบาลโขงเจียม	30
โรงพยาบาลปากน้ำหลังสวน	10	โรงพยาบาลพิบูลมังสาหาร	60
โรงพยาบาลพะโต๊ะ	30	โรงพยาบาลตาลชุม	24
โรงพยาบาลละแม	30	โรงพยาบาลดอนมดแดง	30
โรงพยาบาลไชยา	60	โรงพยาบาลศรีเมืองใหม่	60
โรงพยาบาลท่าฉาง	30	โรงพยาบาลนุถุญชร	30
โรงพยาบาลท่าชนะ	30	-	-
รวมจำนวนผู้ป่วย (คน)	350	รวมจำนวนผู้ป่วย (คน)	264
จำนวนนักโทษ(คน)			
เรือนจำหลังสวน	517	-	-
เรือนจำไชยา	599	-	-
เรือนจำชั่วคราวหัวยกดิ่ง	28	-	-
รวมจำนวนนักโทษ (คน)	1,144	รวมจำนวนนักโทษ (คน)	-
รวมประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ (คน)	1,494	รวมประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ (คน)	264

ที่มา : จำนวนเตียงผู้ป่วย กระทรวงสาธารณสุข ,2555 (<http://gishealth.moph.go.th/hisomap/>)

จำนวนนักโทษ กระทรวงยุติธรรม ,2555 (http://www.correct.go.th/stat102/display/select_date_user.php)

ตารางที่ 3.11 ข้อมูลประชากรภายในพื้นที่ศึกษา 50 กิโลเมตร ตั้งแต่ พ.ศ.2544-2554

พื้นที่ศึกษา	จำนวนประชากรภายในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.										
	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554
คันธุลี(Site 12)	276,586	280,271	279,953	281,517	286,390	288,715	290,362	293,771	296,913	298,674	299,855
% การเปลี่ยนแปลง		1.33	-0.11	0.56	1.73	0.81	0.57	1.17	1.07	0.59	0.40
ในเขตเทศบาล	39,691	40,705	40,807	45,125	47,136	47,343	48,037	48,081	47,956	47,815	47,750
นอกเขตเทศบาล	236,895	239,566	239,146	236,392	239,254	241,372	242,325	245,690	248,957	250,859	252,105
สิรินธร(Site 17)	597,054	601,192	606,397	592,879	591,527	602,087	603,718	604,379	608,459	613,205	616,515
% การเปลี่ยนแปลง		0.69	0.87	-2.23	-0.23	1.79	0.27	0.11	0.68	0.78	0.54
ในเขตเทศบาล	514,374	518,132	523,169	509,459	510,262	518,259	513,221	512,565	516,444	520,926	523,805
นอกเขตเทศบาล	82,680	83,060	83,228	83,420	81,265	83,828	90,497	91,814	92,015	92,279	92,710

ที่มา : จำนวนประชากร ณ วันที่ 31 ธันวาคม ,กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

ตารางที่ 3.12 สรุปเปรียบเทียบจำนวนประชากรภายในพื้นที่ศึกษา

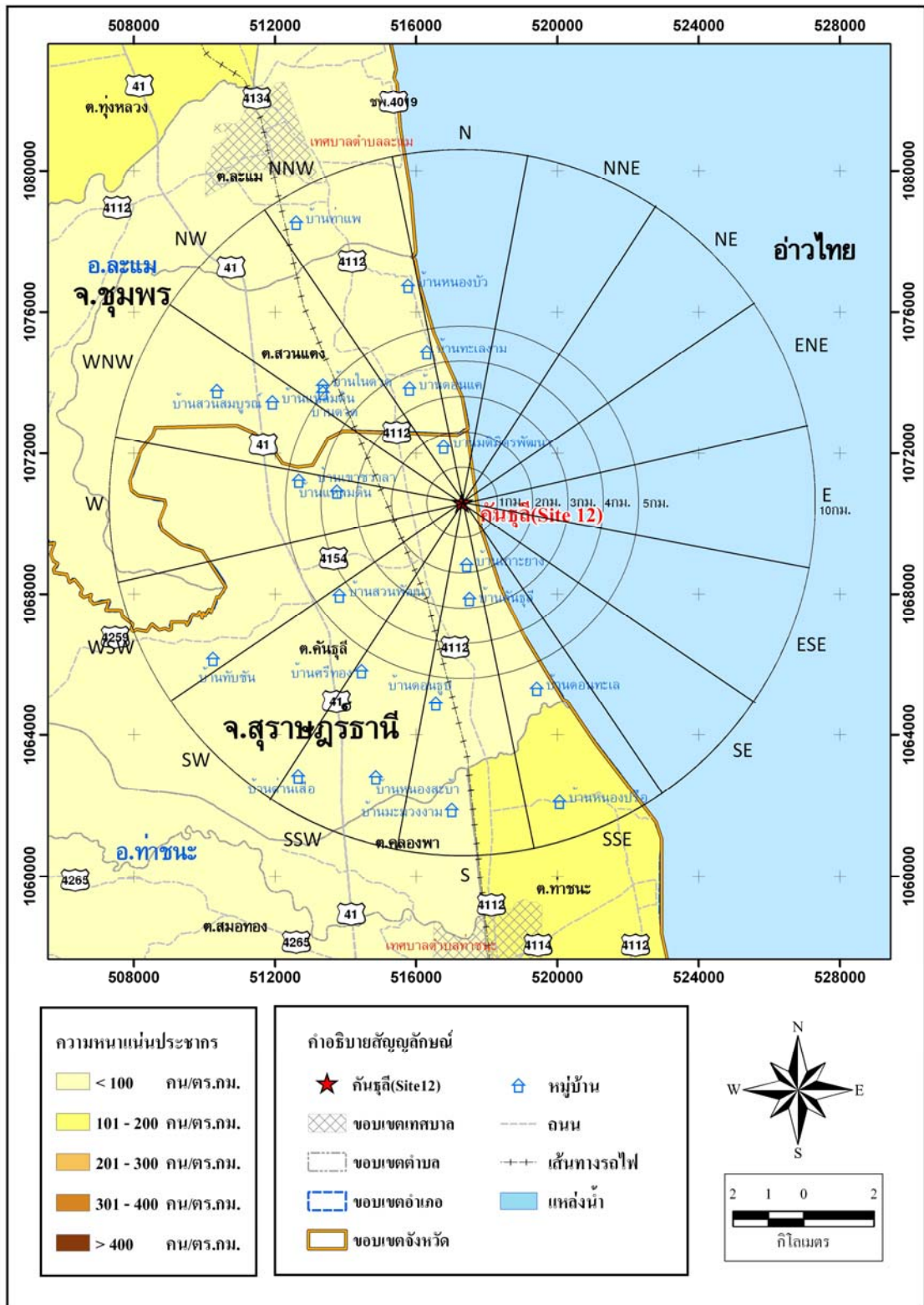
รายการ	หน่วย	คันธุลี (Site 12)	สีรินทร (Site 17)
1. ข้อมูลพื้นที่ศึกษา		อบต.คันธุลี	อบต.คำเขื่อนแก้ว
ขนาดของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด	ตร.กม.	189.63	128.02
จำนวนประชากรรวมทั้งหมด	คน	8,257	10,130
ความหนาแน่นของประชากร	คนต่อ ตร.กม.	43.54	79.13
2. จำนวนประชากรที่มีอยู่จริง			
จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 5 กม. ⁽¹⁾	คน	4,470	3,860
จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 32 กม. ⁽²⁾	คน	153,825	168,993
จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 50 กม. ⁽²⁾	คน	262,961	476,864
3. ศูนย์กลางประชากรในรัศมี 50 กม.	คน	49,012	83,757
4. ประชากรชั่วคราว	คน		
จำนวนประชากรชั่วคราว ในรัศมี 5 กม.	คน	-	2,359
จำนวนประชากรชั่วคราว ในรัศมี 32 กม.	คน	-	33,010
จำนวนประชากรชั่วคราว ในรัศมี 50 กม.	คน	26,150	35,369
5. ประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในรัศมี 50 กม.	คน	1,494	234
6. ขนาดพื้นที่			
ในรัศมี 5 กม.	ตร.กม.	44.90	72.84
ในรัศมี 32 กม.	ตร.กม.	1,890.67	1,511.83
ในรัศมี 50 กม.	ตร.กม.	3,698.13	5,258.87
7. ความหนาแน่นประชากร ⁽³⁾			
ความหนาแน่นประชากรในรัศมี 5 กม.	คนต่อ ตร.กม.	99.55	85.38
ความหนาแน่นประชากรในรัศมี 32 กม.	คนต่อ ตร.กม.	81.36	133.61
ความหนาแน่นประชากรในรัศมี 50 กม.	คนต่อ ตร.กม.	78.18	97.40

หมายเหตุ ⁽¹⁾ : ข้อมูลประชากรระดับหมู่บ้านในแผนพัฒนาสามปี พ.ศ. 2555-2557 โดยองค์การบริหารส่วนตำบลหรือเทศบาลตำบล

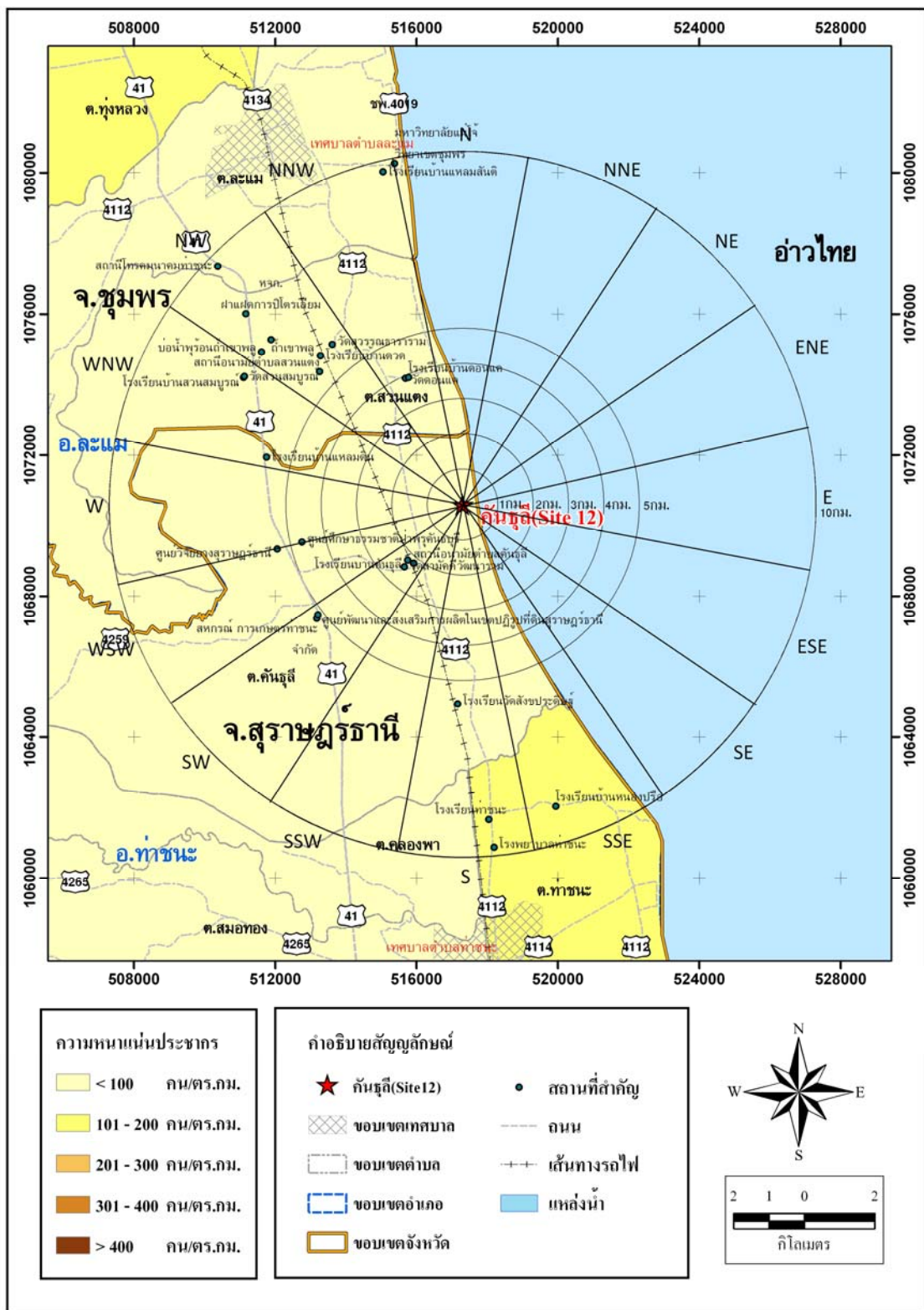
⁽²⁾ : ข้อมูลประชากรระดับตำบลและเทศบาล เมื่อคิดว่ามีการกระจายตัวเท่ากันทุกพื้นที่

⁽³⁾ : ความหนาแน่นของประชากรที่มีอยู่จริงรวมกับประชากรชั่วคราว

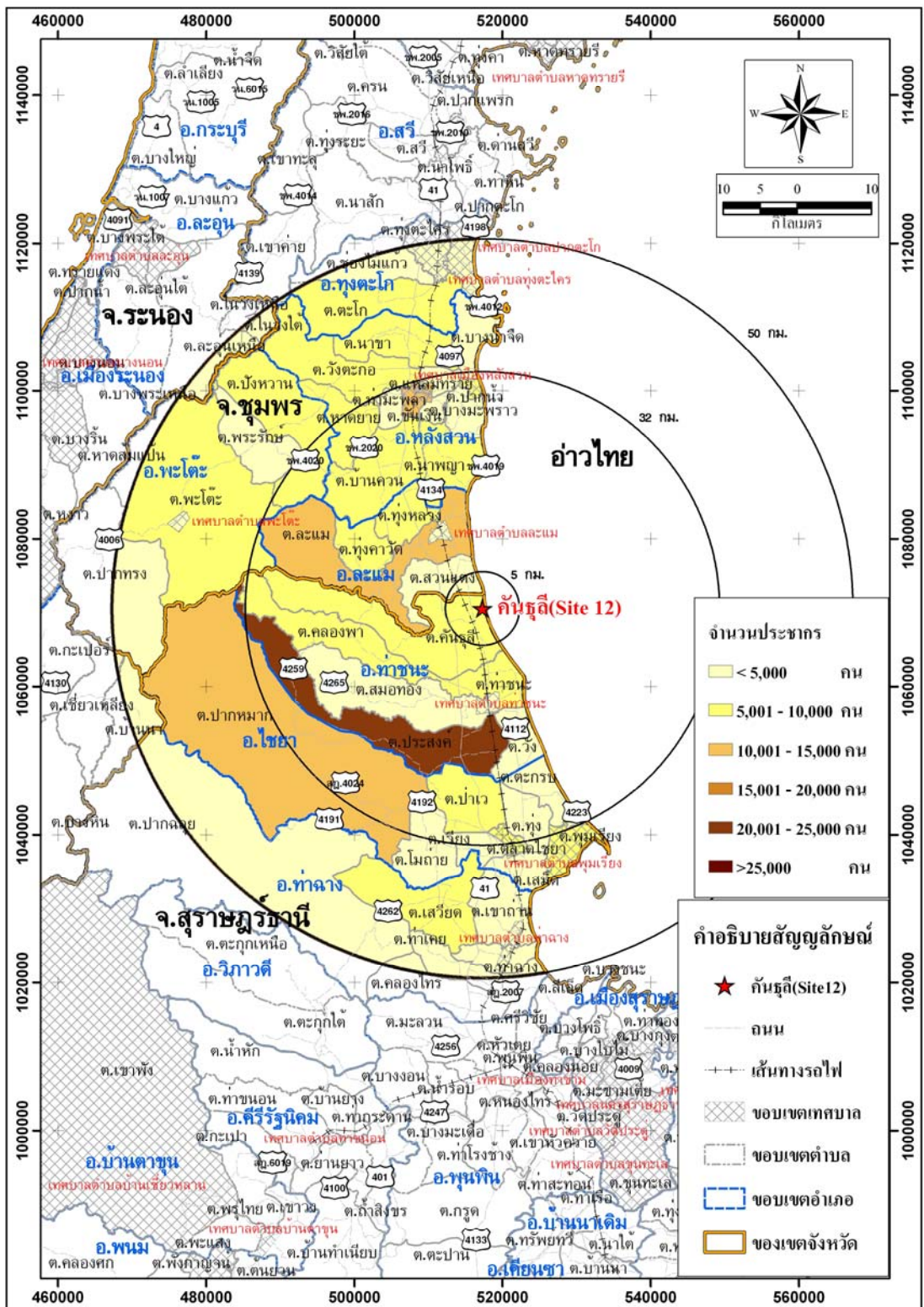
ที่มา : 1) ขนาดพื้นที่จากขอบเขตการปกครอง แผนที่ประเทศไทย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550 และขอบเขตเทศบาลสำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553
2) จำนวนประชากรที่มีอยู่จริง ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ.2554 ,กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (<http://stat.bora.dopa.go.th/xstat/popstat.html>)



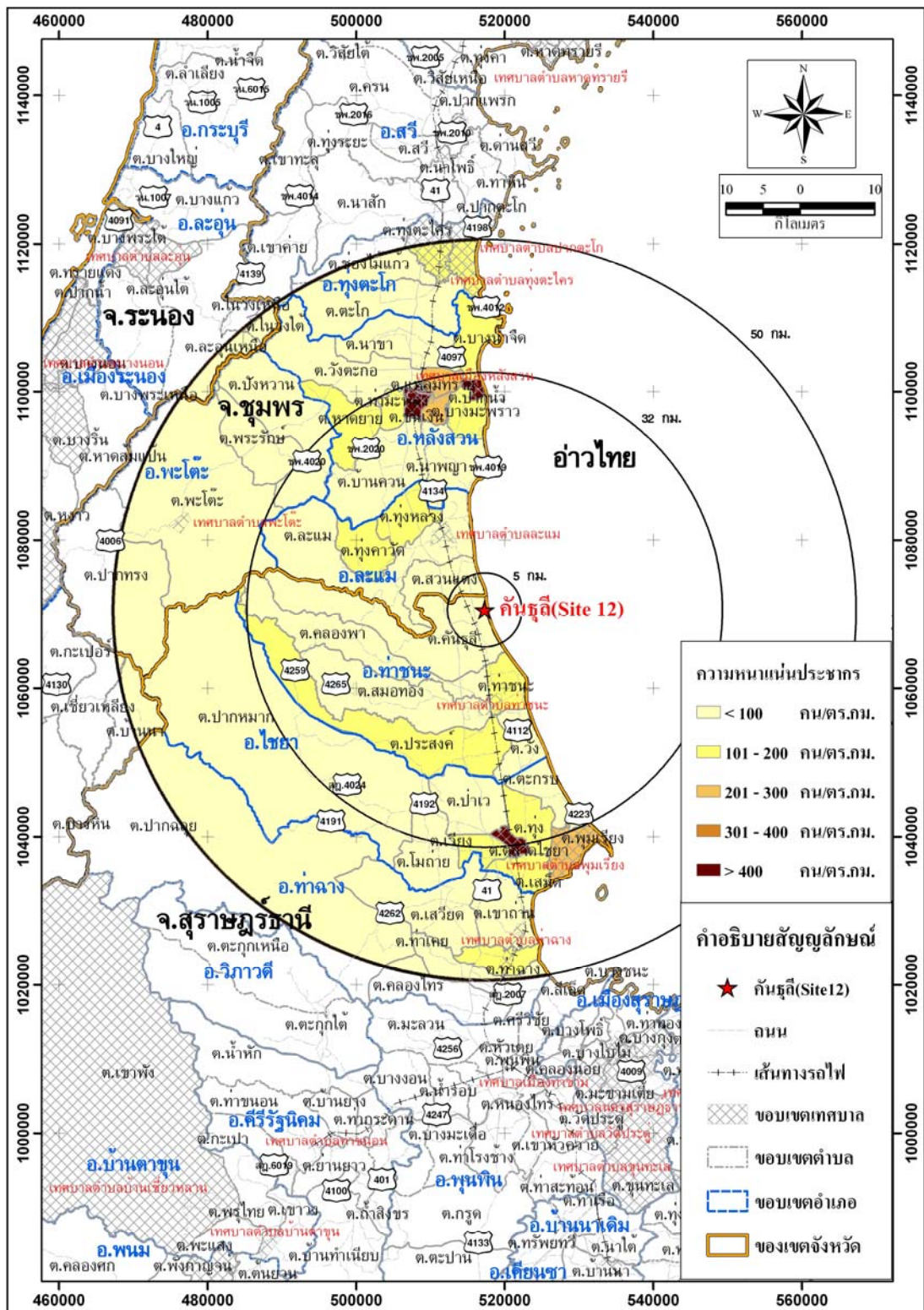
ภาพที่ 3.9 ประชากรระดับหมู่บ้านภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันตูลี



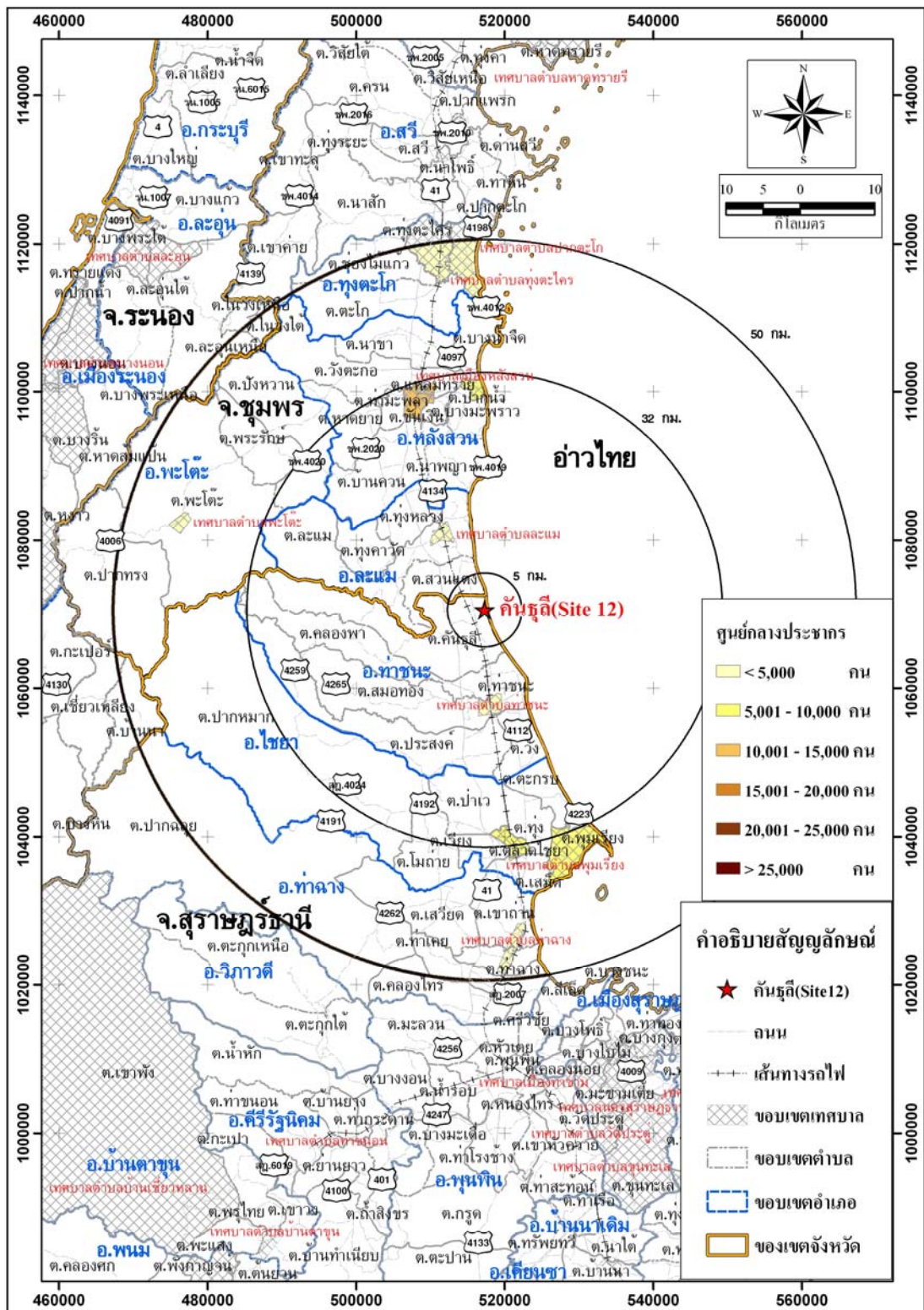
ภาพที่ 3.10 สถานที่สำคัญภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันฐูลี



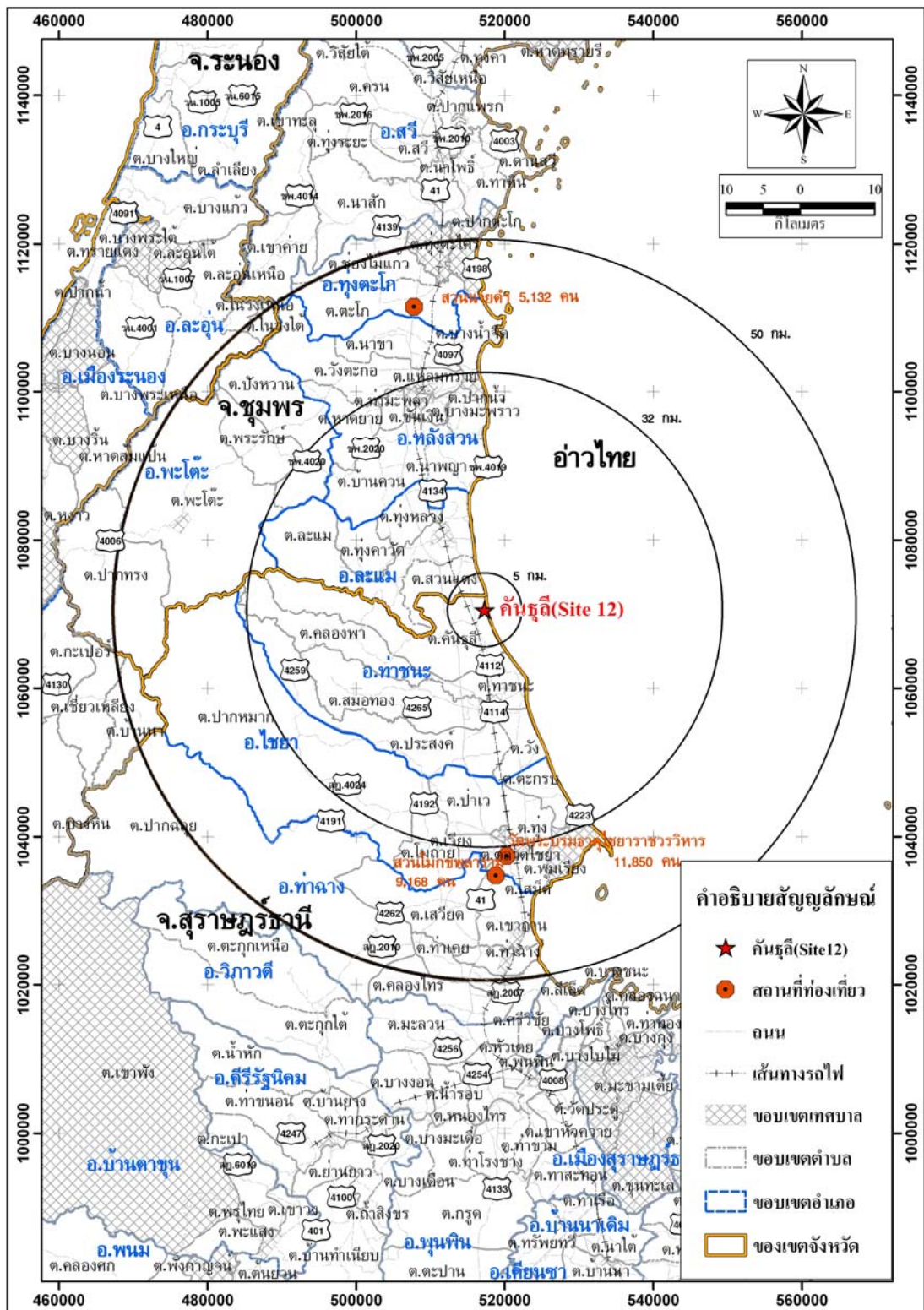
ภาพที่ 3.11 ประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 กันตุลี



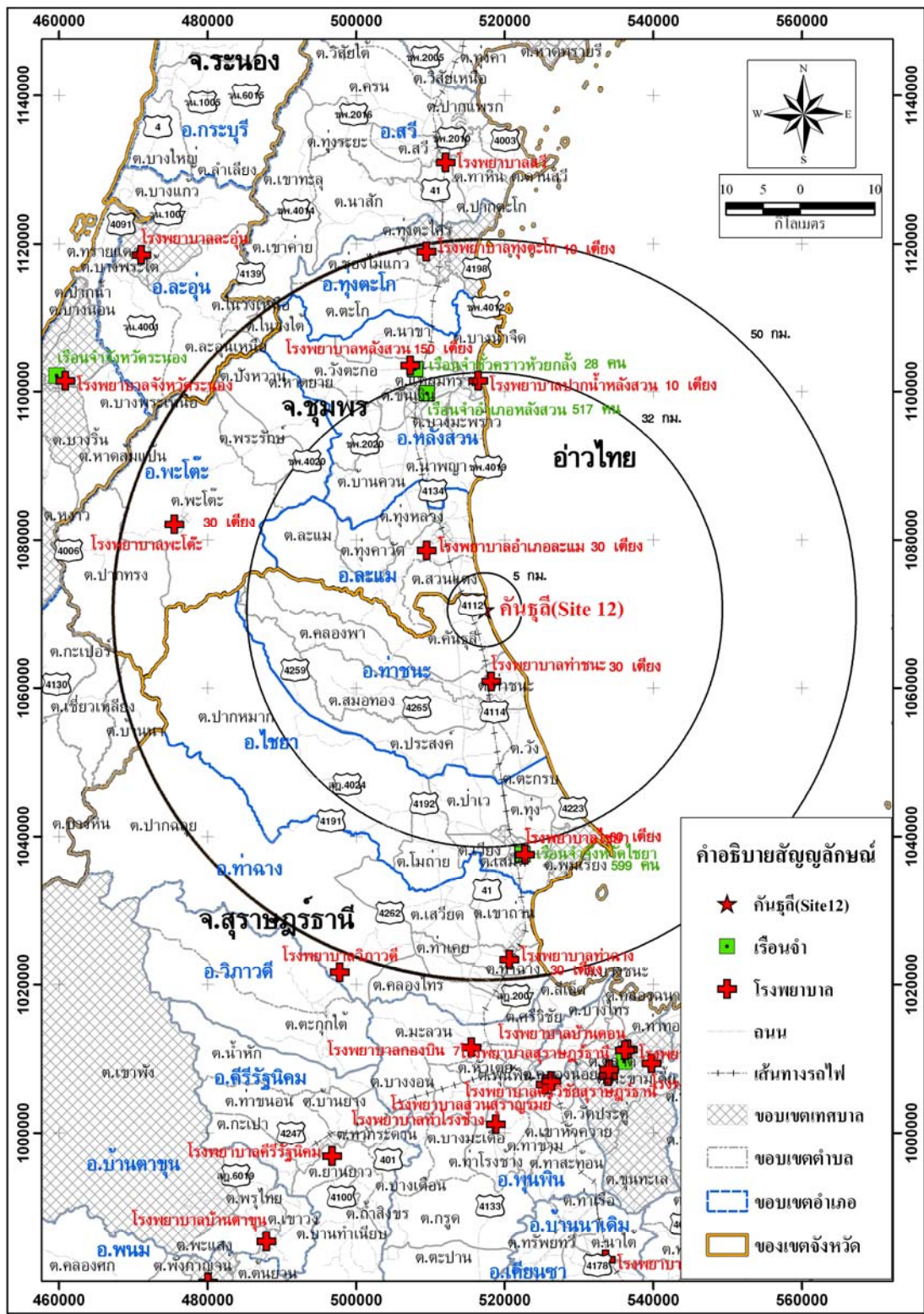
ภาพที่ 3.12 ความหนาแน่นของประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี



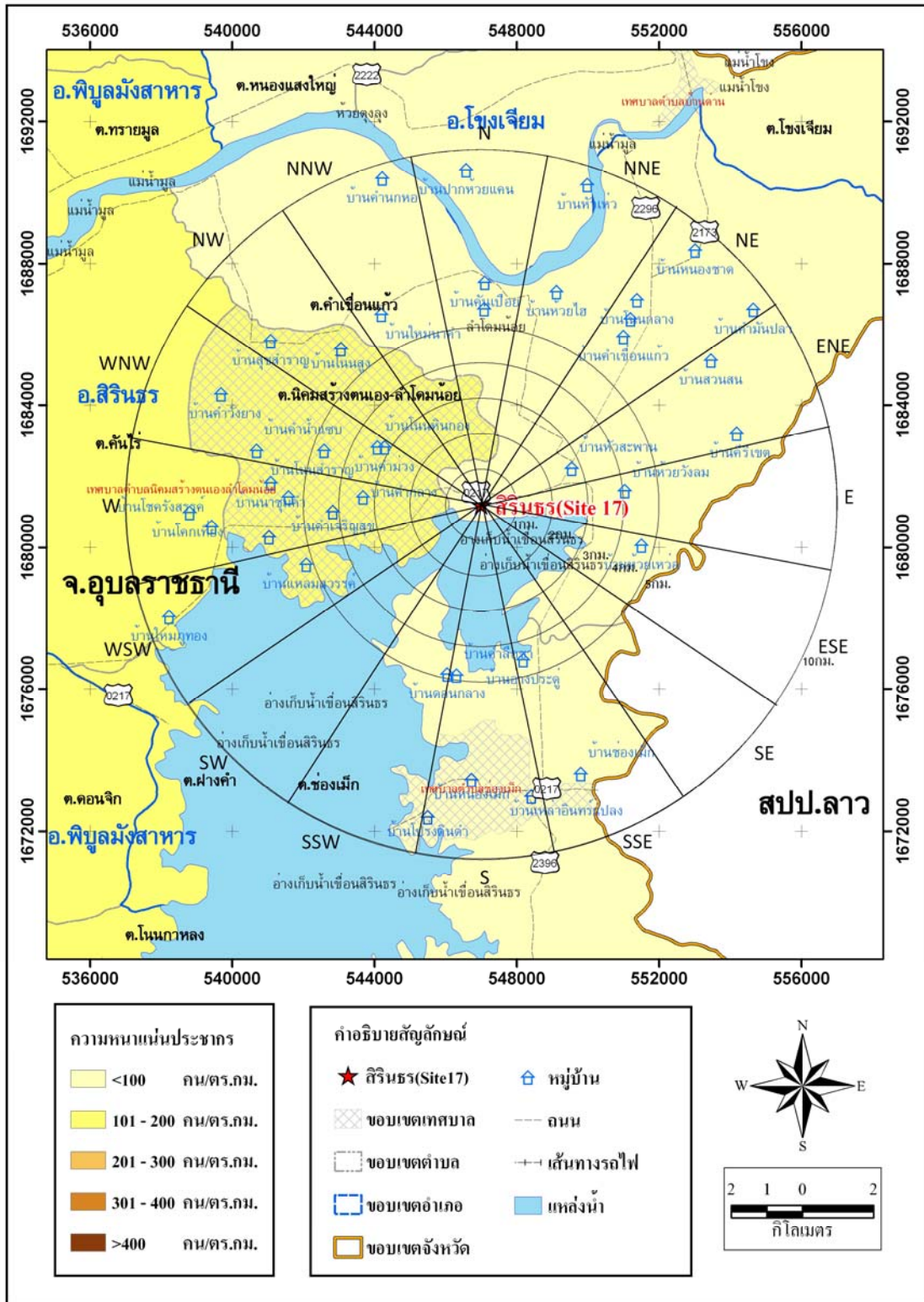
ภาพที่ 3.13 ศูนย์กลางประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันทูลี



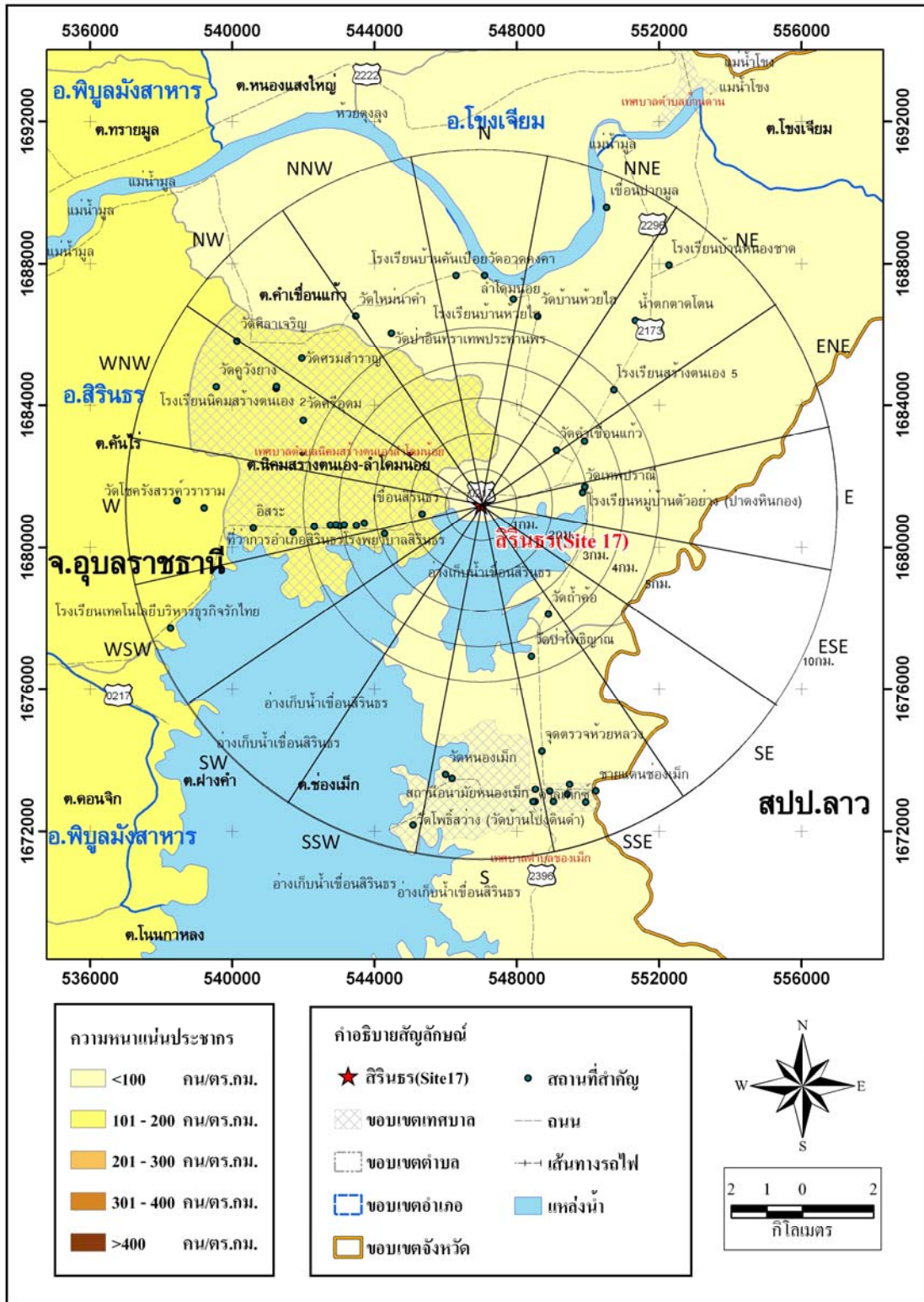
ภาพที่ 3.14 ประชากรชั่วคราวภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี



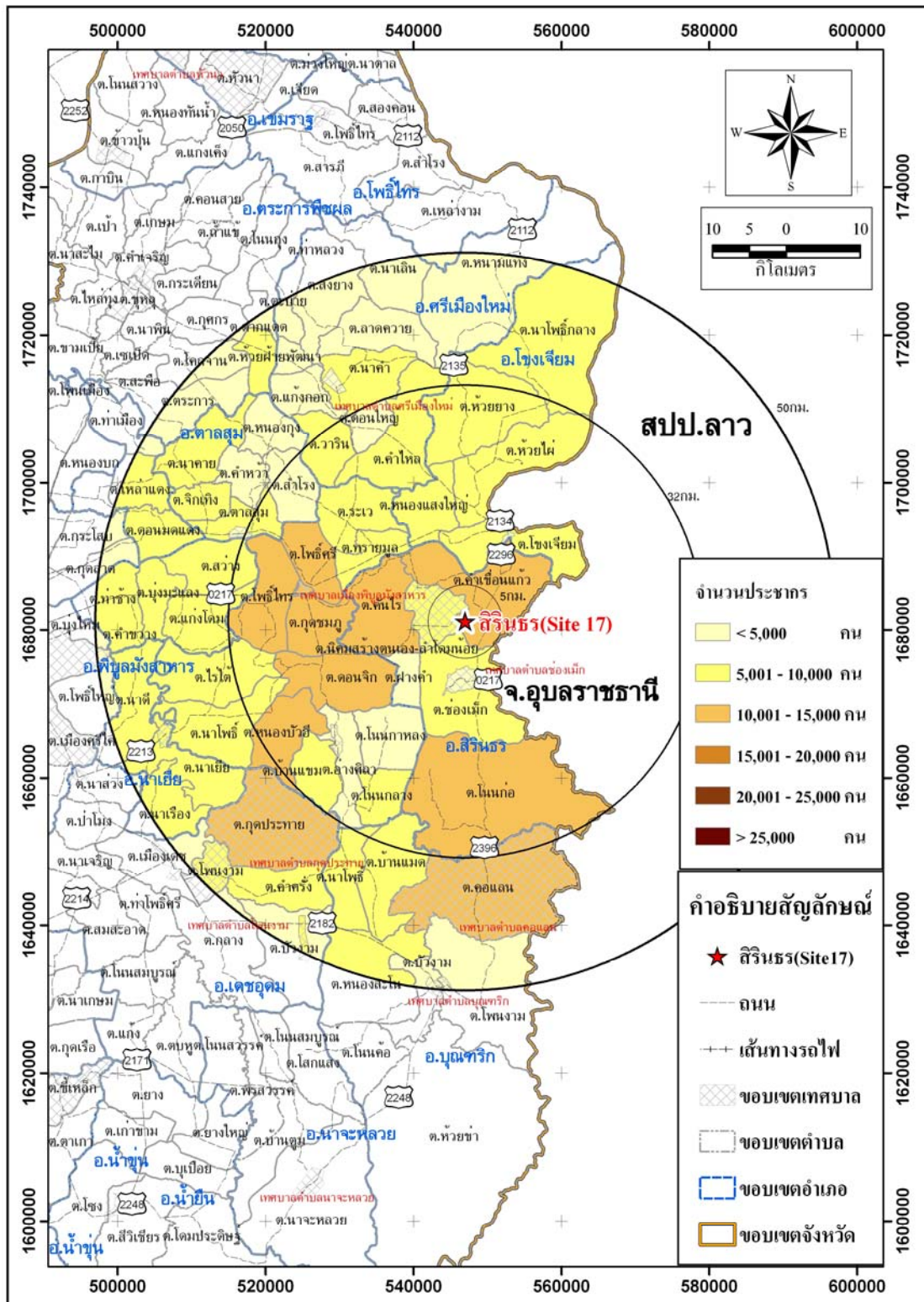
ภาพที่ 3.15 ประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 12 กันธูลี



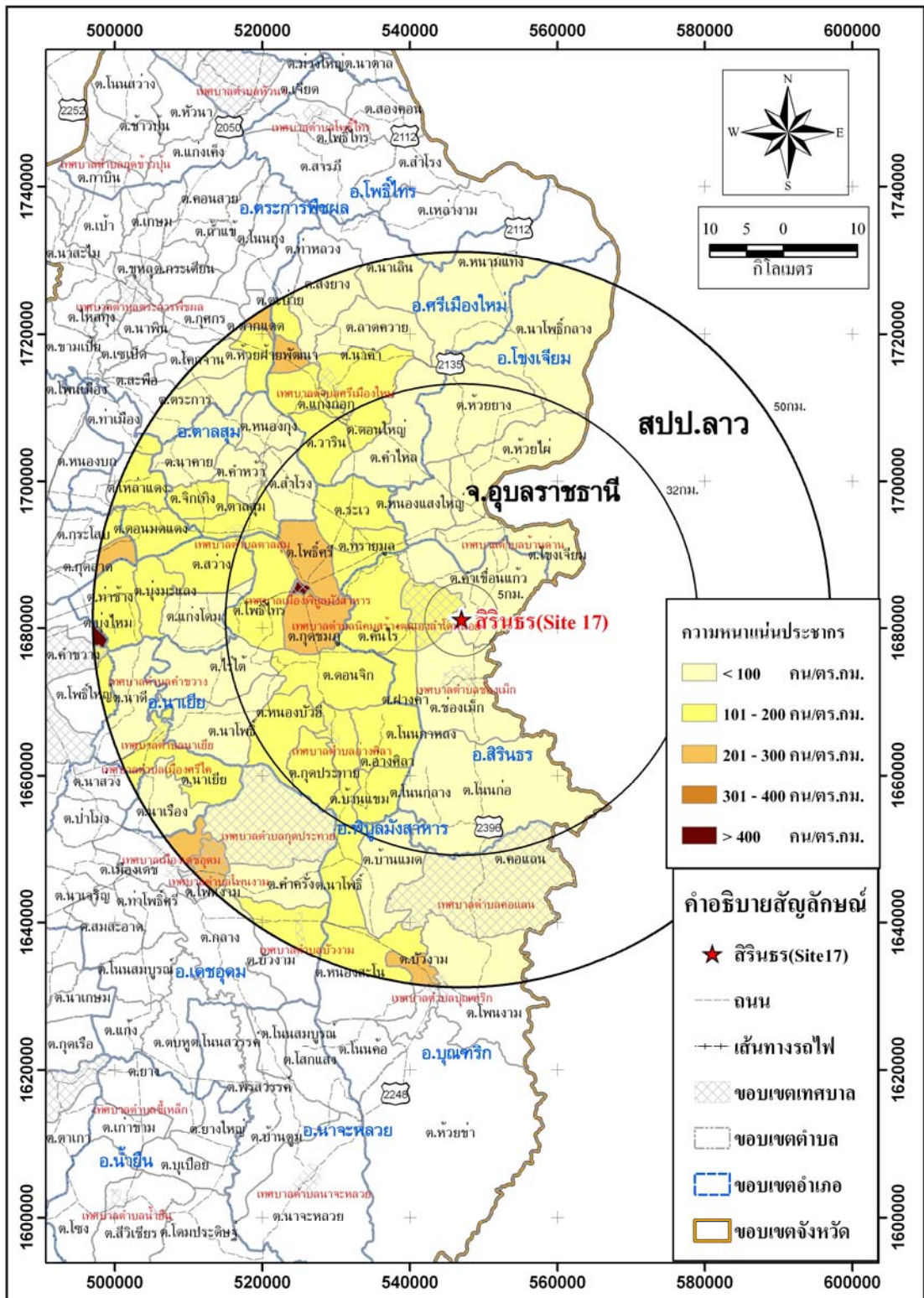
ภาพที่ 3.16 ประชากรระดับหมู่บ้านภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิริธร



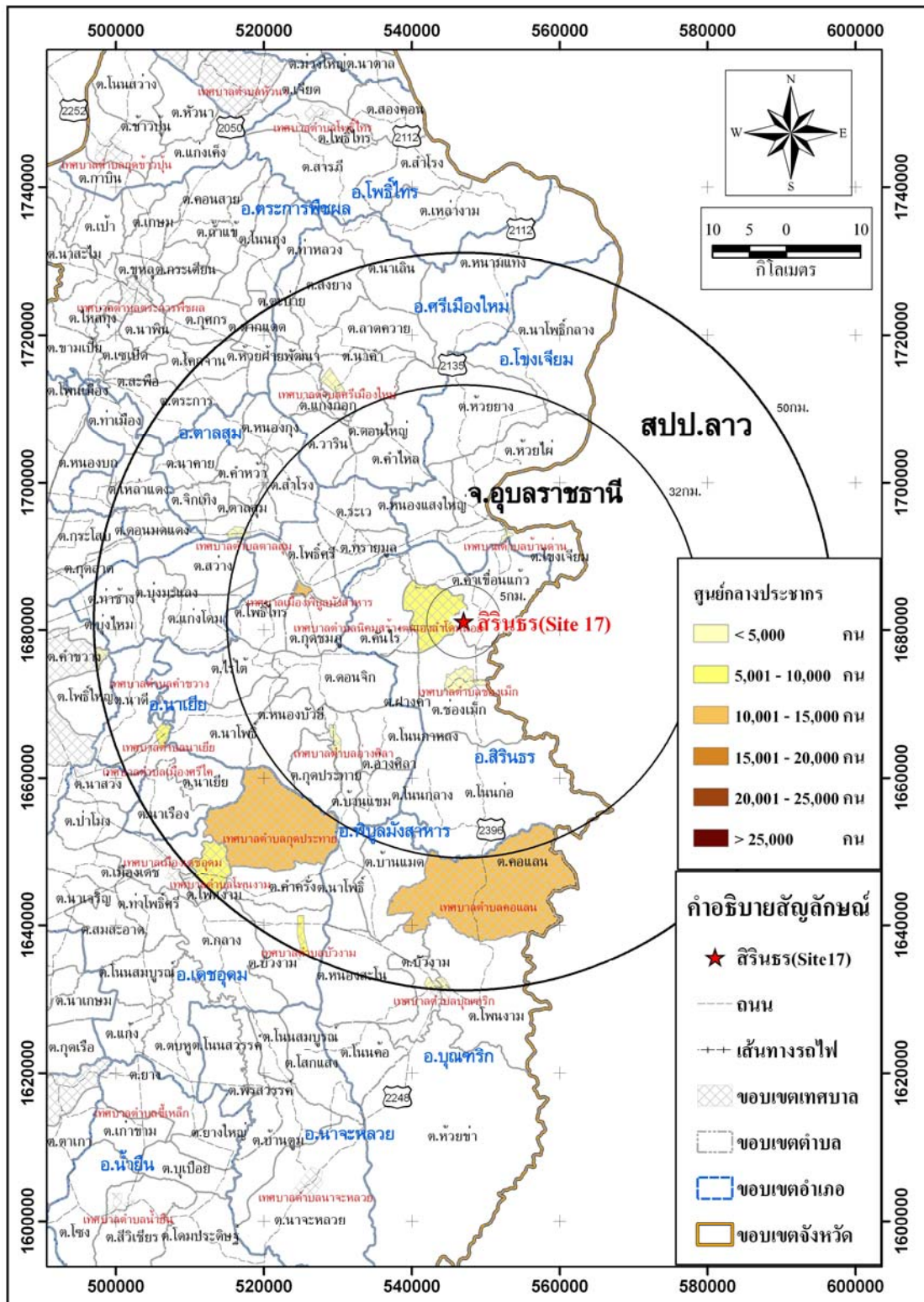
ภาพที่ 3.17 สถานที่สำคัญภายในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธร



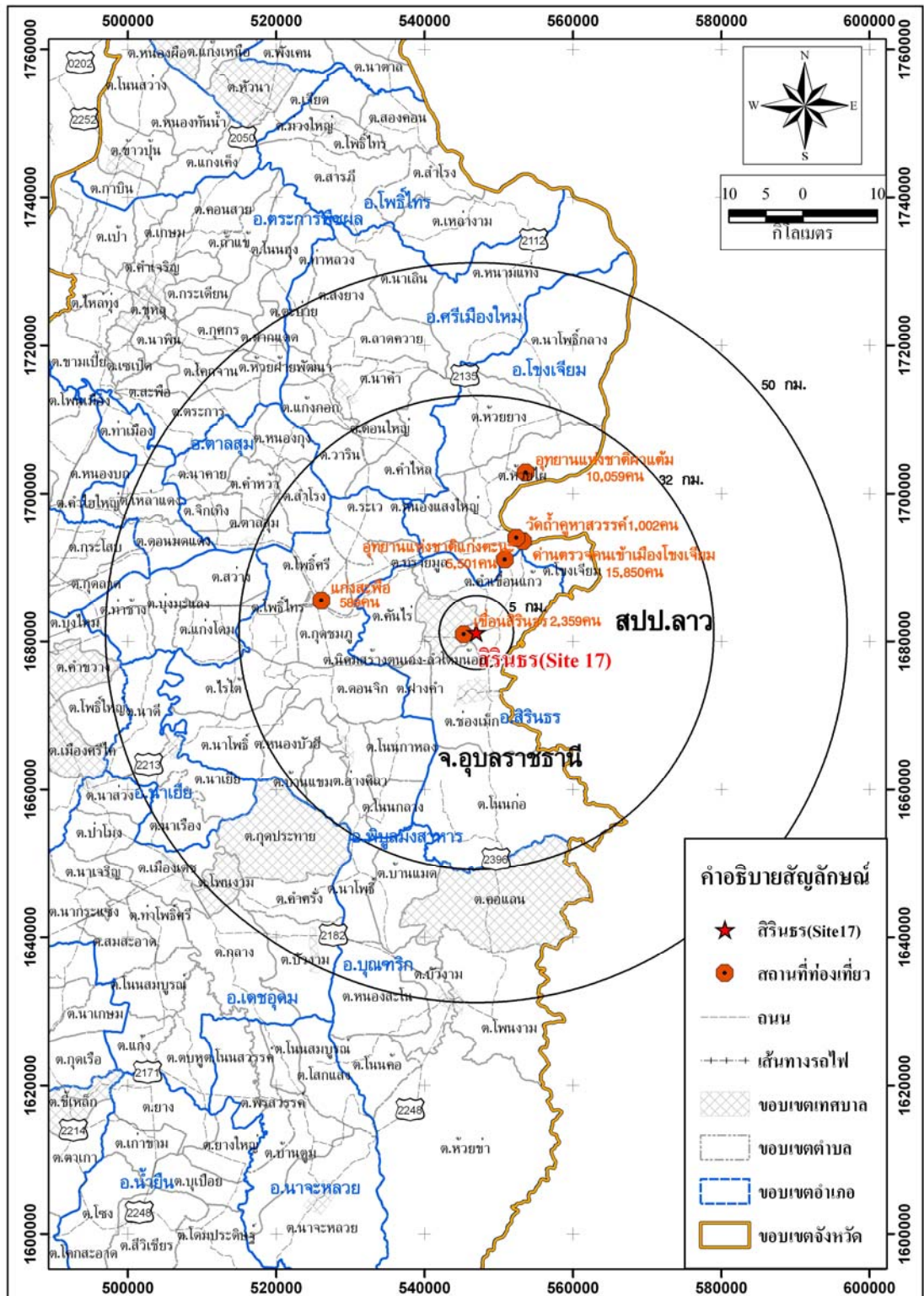
ภาพที่ 3.18 ประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร



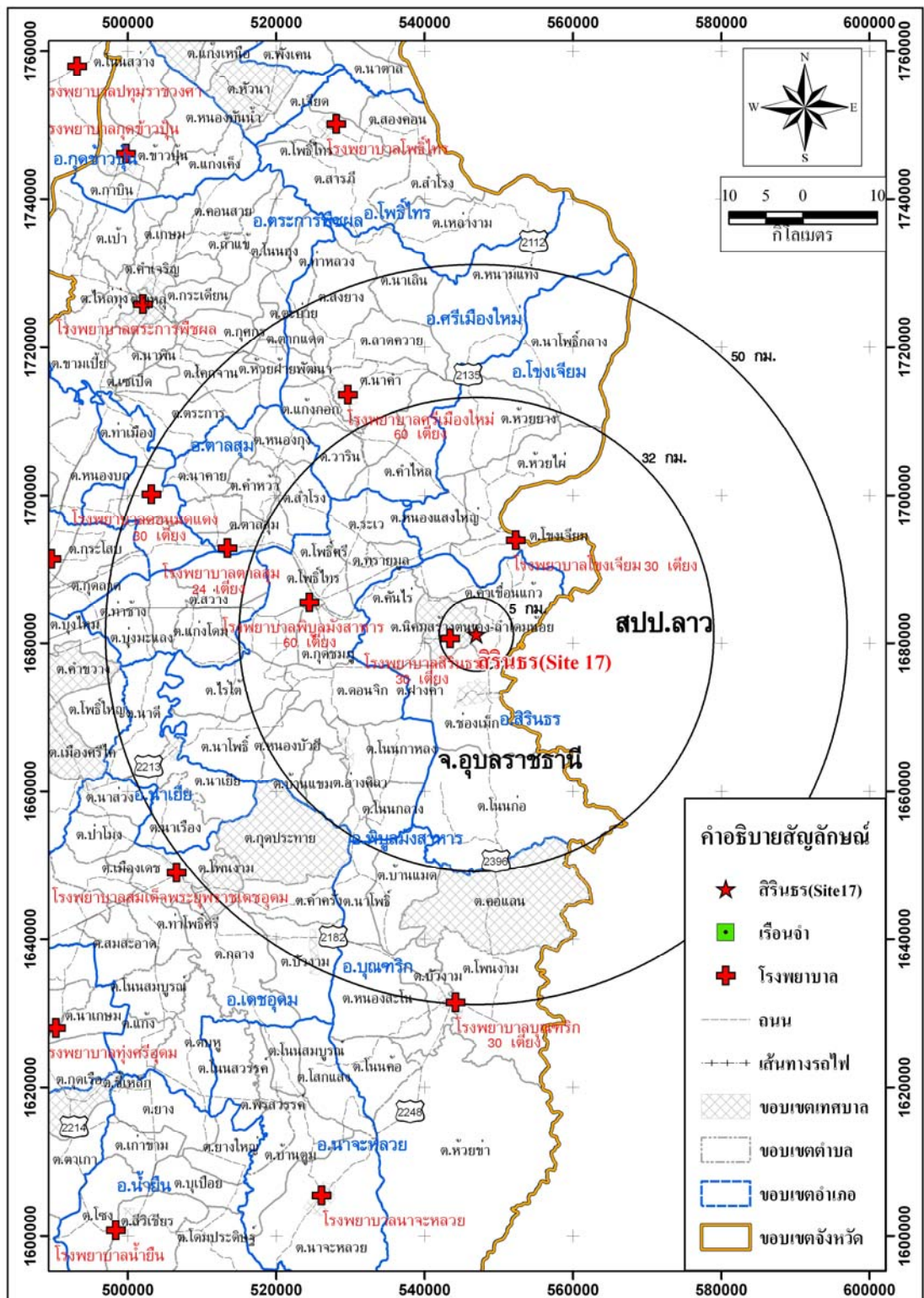
ภาพที่ 3.19 ความหนาแน่นของประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร



ภาพที่ 3.20 ศูนย์กลางประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร



ภาพที่ 3.21 ประชากรชั่วคราวภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 ลีรินธร



ภาพที่ 3.22 ประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในรัศมี 50 กิโลเมตรรอบพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร

3.4 สภาพอุตุนิยมวิทยา

3.4.1 ลมมรสุมกับภูมิอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมสองชนิด คือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยที่การเริ่มต้นและสิ้นสุดมรสุมทั้งสองชนิดอาจผันแปรไปจากปกติได้ ดังแสดงรายละเอียดทิศทางลมมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลาในภาพที่ 3.23

มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดปกคลุมประเทศไทยระหว่าง กลางเดือนพฤษภาคมถึง กลางเดือนตุลาคม โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็น ลมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร มรสุมนี้จะนำมวลอากาศชื้นจาก มหาสมุทรอินเดีย มาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนตกชุกทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งตาม บริเวณชายฝั่งทะเล และเพื่อที่เขาด้านรับลมจะมีฝนมากกว่าบริเวณอื่น

มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หลังจากหมดอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แล้ว ประมาณกลางเดือนตุลาคมจะมีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยจนถึง กลางเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบ ประเทศมองโกเลียและจีน จึงพัดพาเอามวลอากาศเย็นและแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุม ประเทศไทย ทำให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป โดยเฉพาะภาคเหนือและภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนภาคใต้จะมีฝนชุกโดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออก เนื่องจากมรสุมนี้นำ ความชุ่มชื้นจากอ่าวไทยเข้ามาปกคลุม

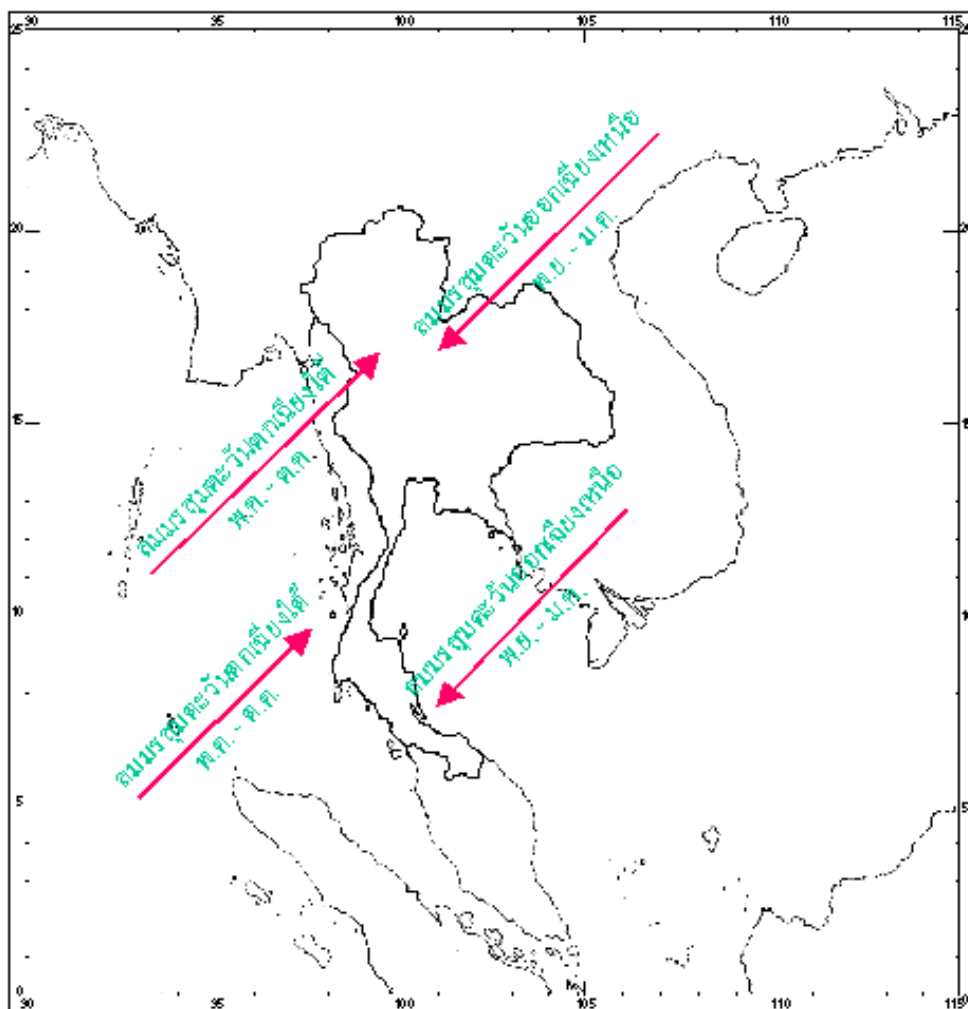
3.4.2 สภาพอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ศึกษา

จากการนำข้อมูลรายคาบ 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ.2524-2554 จากกรมอุตุนิยมวิทยา ณ สถานีตรวจวัดภาคพื้นใกล้ที่สุดตั้งรายละเอียดในภาคผนวก ง ข้อมูลความเร็วลม และทิศทางลม ตามตารางที่ ง.1 ถึง ง.2 ตามลำดับ สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลีและตารางที่ ง.3 ถึง ง.4 สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร โดยทำการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Wind Rose Pro ซึ่งสามารถสรุป รายละเอียดต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

(1) **พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี** ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา สุราษฎร์ธานีซึ่งอยู่ห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าประมาณ 66.8 กิโลเมตรในทิศใต้มีทิศทางลมหลัก แบ่งออกเป็น 2 ทิศทางที่มีความถี่ในการเกิดมากที่สุด ได้แก่ ทิศตะวันตกเฉียงใต้(SW) คิดเป็น 35.19% เกิดตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ(NE) คิดเป็น 32.54%

ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยตามทิศทางเท่ากับ 0.919 และ 1.134 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ดังข้อมูลในตารางที่ 3.14 พร้อมแสดงแผนภูมิลมดังภาพที่ 3.24(ก)

(2) **พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิริธร** ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา อุบลราชธานี ซึ่งอยู่ห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าประมาณ 62.4 กิโลเมตรในทิศตะวันตกเฉียงใต้ ก่อนไปทางตะวันตกมีทิศทางลมหลักแบ่งออกเป็น 2 ทิศทางที่มีความถี่ในการเกิดมากที่สุด ได้แก่ ทิศเหนือ(N) คิดเป็น 39.73% เกิดตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ และทิศใต้(S) คิดเป็น 24.53% ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงพฤษภาคมมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยตามทิศทางเท่ากับ 2.116 และ 1.596 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ดังข้อมูลในตารางที่ 3.13 พร้อมแสดงแผนภูมิลมดังภาพที่ 3.24(ข)



ภาพที่ 3.23 ทิศทางลมมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลา

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (<http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=52>)

**ตารางที่ 3.13 สถิติทิศทางและความเร็วลมในคาบ 31 ปี (พ.ศ.2524-2554) ของสถานีตรวจวัด
อากาศสุราษฎร์ธานี [37]**

สถานีอุตุนิยมวิทยา 48551-สนามบินสุราษฎร์ธานี

ละติจูด 9 องศา 8 ลิปดาเหนือ

ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 7 เมตร

ลองจิจูด 99 องศา 9 ลิปดาตะวันออก

รายการ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ความเร็ว ลมเฉลี่ย (m/s)	1.17	1.2	1.12	0.8	0.73	0.98	1.01	1.13	0.88	0.67	0.93	1.37
ทิศทาง ลมหลัก	NE	NE	NE	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา 2555

**ตารางที่ 3.14 สถิติทิศทางและความเร็วลมในคาบ 31 ปี (พ.ศ.2524-2554) ของสถานีตรวจวัด
อากาศอุบลราชธานี [37]**

สถานีอุตุนิยมวิทยา 48407-อุบลราชธานี

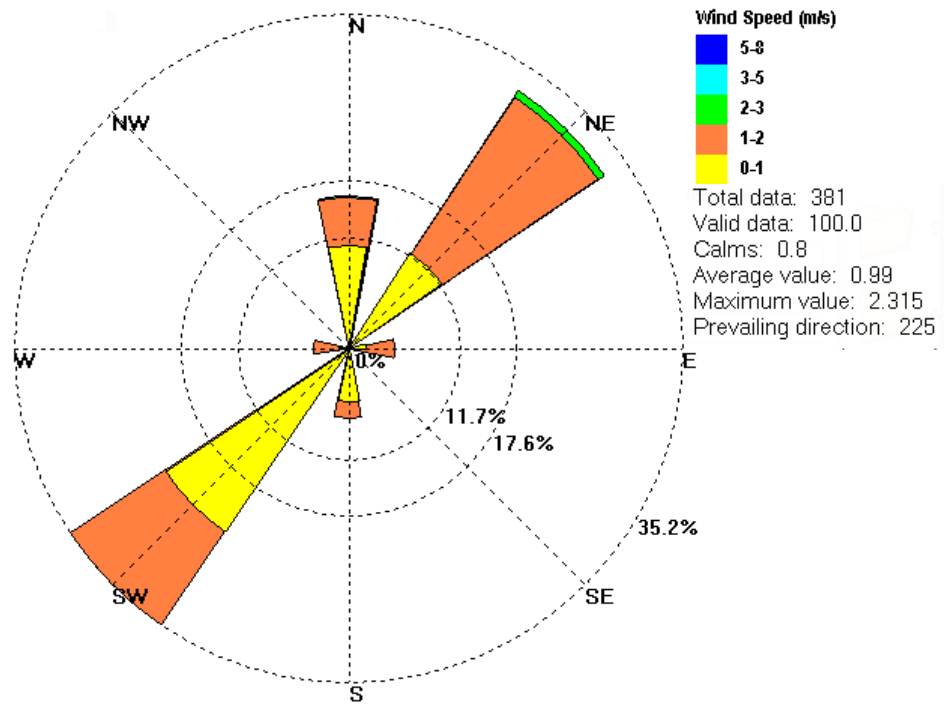
ละติจูด 15 องศา 15 ลิปดาเหนือ

ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 123 เมตร

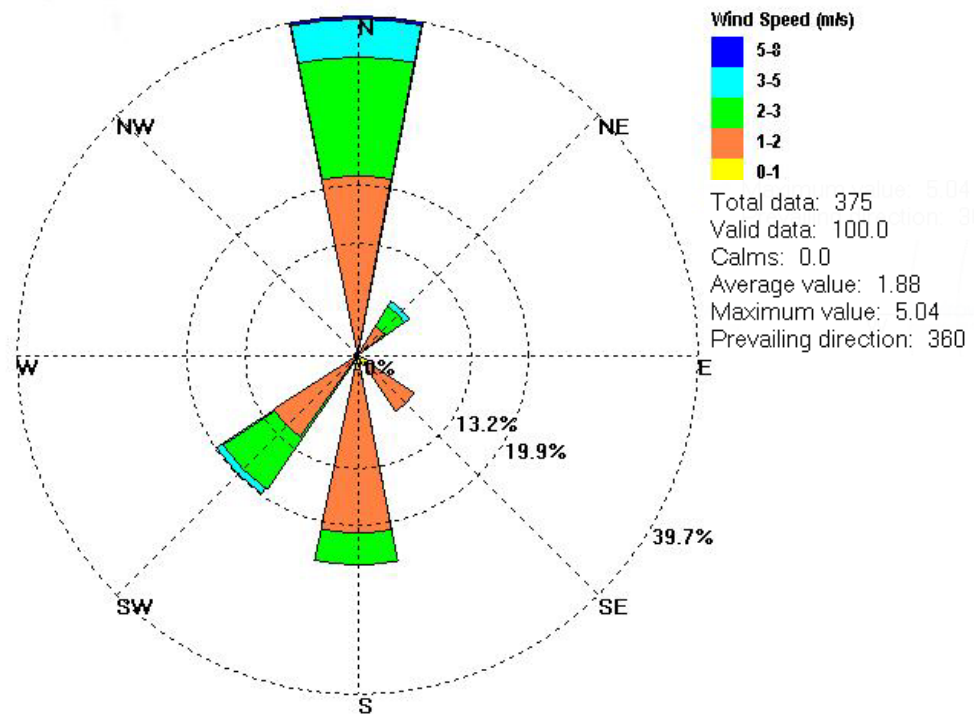
ลองจิจูด 104 องศา 52 ลิปดาตะวันออก

รายการ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ความเร็ว ลมเฉลี่ย (m/s)	1.84	1.62	1.66	1.54	1.59	1.86	1.85	1.89	1.34	1.93	2.75	2.76
ทิศทาง ลมหลัก	N	N	S	S	S	SW	SW	SW	SW	N	N	N

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา 2555



(ก) สถานีตรวจวัดอากาศสุราษฎร์ธานี



(ข) สถานีตรวจวัดอากาศอุบลราชธานี

ภาพที่ 3.24 แผนภูมิลมเฉลี่ยในคาบ 31 ปี พ.ศ.2524-2554 (หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที, m/s)

บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

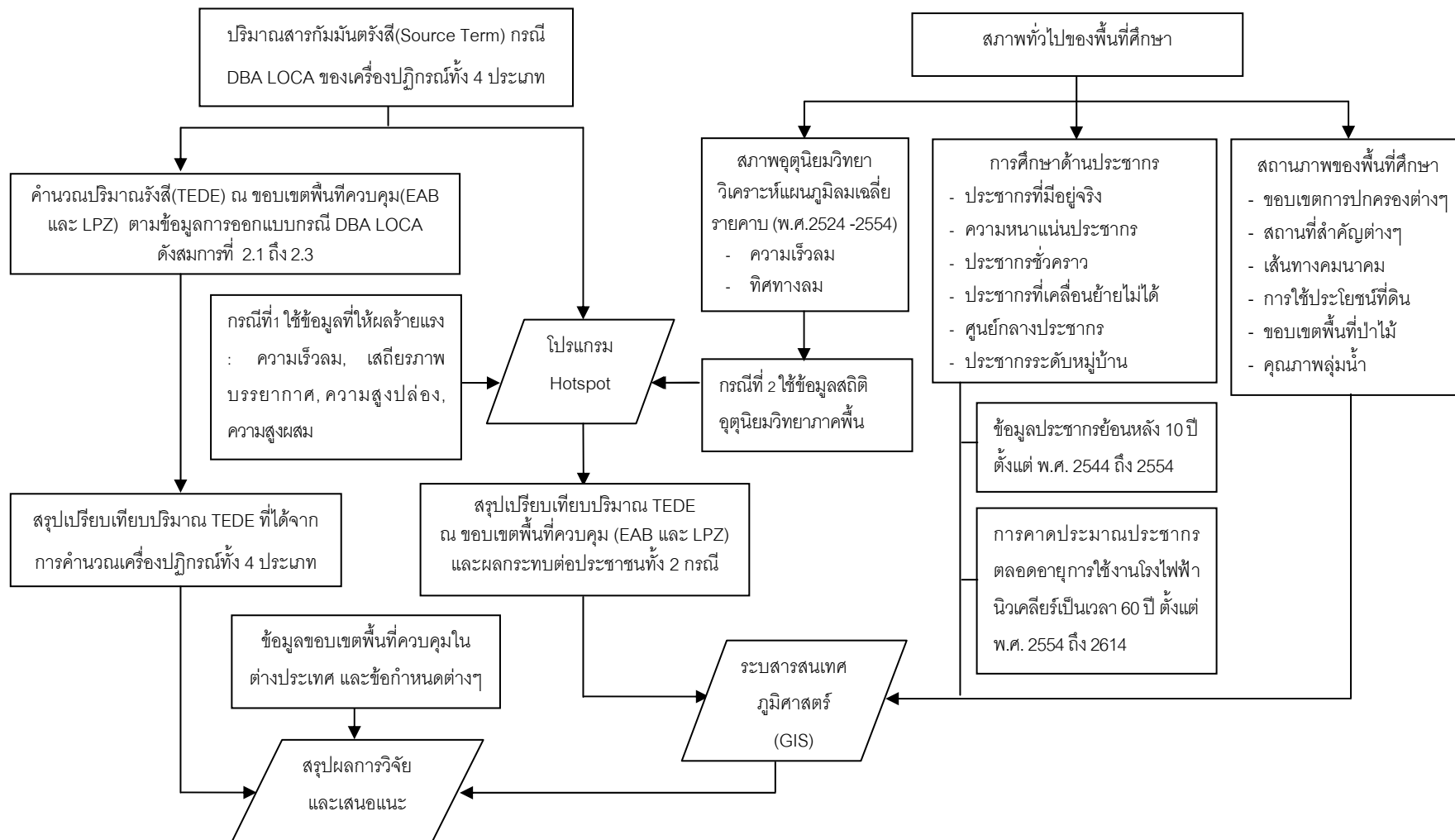
การวิจัยนี้ได้คำนวณหาขอบเขตพื้นที่ควบคุม ณ พื้นที่ศึกษาที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในอนาคตได้แก่ พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธูลี และพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินครซึ่งสมมติให้มีอุบัติเหตุกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อนเกิดขึ้นที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โดยใช้ข้อมูลสารกัมมันตรังสีที่ปล่อยออกจากเครื่องปฏิกรณ์ (Source Term) ตามการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน (DBA LOCA) ของเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบนำมวลเบา (LWR) จำนวน 4 ประเภทที่ได้ยื่นขอการรับรองจาก U.S.NRC ได้แก่

- (1) เครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000
- (2) เครื่องปฏิกรณ์แบบ US-APWR
- (3) เครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR
- (4) เครื่องปฏิกรณ์แบบ ESBWR

ทั้งนี้ได้มีการสรุปข้อมูลสารกัมมันตรังสีที่ปล่อยออกจากเครื่องปฏิกรณ์ตามการออกแบบในตารางที่ 2.12 ถึง 2.15 ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ตามลำดับโดยมีรายละเอียดของแผนผังการดำเนินงานวิจัยในภาพที่ 4.1 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

4.1 การคำนวณปริมาณรังสี ณ ขอบเขตพื้นที่ควบคุมตามข้อมูลการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน (DBA LOCA)

คำนวณปริมาณรังสีสมมุติทั้งหมดที่ร่างกายได้รับ (TEDE) จากสมการที่ 2.1 ซึ่งได้จากผลรวมระหว่างกลุ่มควีนกัมมันตรังสี (D_{EDE}) และปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ (D_{CEDE}) บริเวณขอบเขตพื้นที่ควบคุมตามสมการที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับในบทที่ 2 สำหรับขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB) และเขตประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) หลังเกิดอุบัติเหตุกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน 2 ชั่วโมงและ 30 วัน ตามลำดับ พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบปริมาณรังสีสมมุติทั้งหมดที่ร่างกายได้รับ (TEDE) จากเครื่องปฏิกรณ์ทั้ง 4 ประเภท



ภาพที่ 4.1 แผนผังการดำเนินงานวิจัย

4.2 การจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot [27] ซึ่งใช้สมการการแพร่กระจายแบบเกาส์เซียนพุ่ม ทำนายการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี และนำผลที่ได้จากโปรแกรม Hotspot วิเคราะห์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม ArcGIS เพื่อศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบต่อประชากรรอบพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 แห่ง โดยให้ข้อมูลสารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออก (Source Term) ที่เวลา 2 ชั่วโมงและ 30 วันสำหรับขอบเขต EAB และ LPZ ตามลำดับของเครื่องปฏิกรณ์ทั้ง 4 ประเภท ทั้งนี้ให้กำหนดเส้นแสดงค่าปริมาณรังสีเป็น 3 ค่าได้แก่ 25, 12 และ 5 เริม พร้อมกับการหาระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุดด้วยค่าปริมาณรังสีสมมุติที่ร่างกายได้รับทั้งหมด (TEDE) ไม่เกิน 25 เริม จากการจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 1 ที่ใช้ข้อมูลที่ทำให้ผลร้ายแรงที่สุด (Worse Case) เพื่อกำหนดให้ระยะทางนี้เป็นรัศมีขอบเขตพื้นที่ควบคุม (EAB และ LPZ) เพื่อเปรียบเทียบกับขอบเขตพื้นที่หวงห้ามของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในต่างประเทศ พร้อมแสดง TEDE Contour Line ผลกระทบที่เกิดขึ้นเทียบกับการจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 2 ที่ใช้ข้อมูลสถิติจากสถานีตรวจวัดอูตุนิยมวิทยาภาคพื้นที่ใกล้ที่สุดโดยทั้ง 2 กรณีไม่คำนึงถึงการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี ซึ่งแสดงรายละเอียดขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้

4.2.1 กรณีที่ 1 ใช้ข้อมูลที่ทำให้ผลร้ายแรงที่สุด (Worse Case) ทำการทดลอง เปลี่ยนแปลงข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้ที่ระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ได้มากที่สุดทิศทางตามลม (Downwind Distance) โดยใช้ทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศใต้มาใช้ในการศึกษาผลกระทบต่อประชาชนในพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธูลี และ 17 สิรินครตามลำดับ ซึ่งอ้างอิงจากทิศทางลมที่มีผลกระทบต่อประชาชนมากที่สุด แม้ว่าจะมีความถี่ในการเกิดเป็นอันดับรองลงมาก็ตาม ดังข้อมูลแผนภูมิลมในภาพที่ 3.24 และตารางที่ 4.1 เพื่อแสดงขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่ศึกษาดังนี้

(1) **กรณีที่ 1.1 ความเร็วลม 0.5, 1, 2 และ 4 เมตรต่อวินาที** ที่ความสูงปล่อง 10 เมตร เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F แบบไม่เกิดความสูงผสม (Mixing Height) และเกิดความสูงผสมที่ 1,250 เมตร เพื่อต้องการพิสูจน์ค่าความเร็วลมและความสูงผสมที่มีผลต่อระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมและเกิดปริมาณรังสี TEDE ได้มากที่สุดไม่เกิน 25 เริม

(2) **กรณีที่ 1.2 เสถียรภาพบรรยากาศ ระดับ A, C และ F** ที่ความสูงปล่อง 10, 60 และ 100 เมตร เกิดความสูงผสม 2,500 เมตร เพื่อต้องการพิสูจน์ค่าเสถียรภาพบรรยากาศและความสูงปล่องที่มีผลต่อระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมและเกิดปริมาณรังสี TEDE ได้มากที่สุดไม่เกิน 25 เริม

4.2.2 กรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลสถิติจากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาภาคพื้น ที่ใกล้พื้นที่ศึกษามากที่สุด ตามการวิเคราะห์แผนภูมิลมดังรายละเอียดใน ภาพที่ 3.24 และตารางที่ 4.1 สำหรับสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาสุราษฎร์ธานีและอุบลราชธานีมีความสูงในการตรวจวัดประมาณ 10 เมตร ซึ่งเท่ากับค่าความสูงอ้างอิง 10 เมตร โดยใช้เสถียรภาพบรรยากาศและความสูงปล่องที่ได้จากกรณีที่ 1 เนื่องจากมีผลต่อระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุดพร้อมแสดงผลกระทบต่อประชาชนรอบพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลที่สำคัญที่ต้องใส่ในโปรแกรม Hotspot สามารถศึกษาการใช้งานโปรแกรมโดยละเอียดได้ใน ภาคผนวก ข ซึ่งมีขั้นตอนการใส่ข้อมูลดังต่อไปนี้

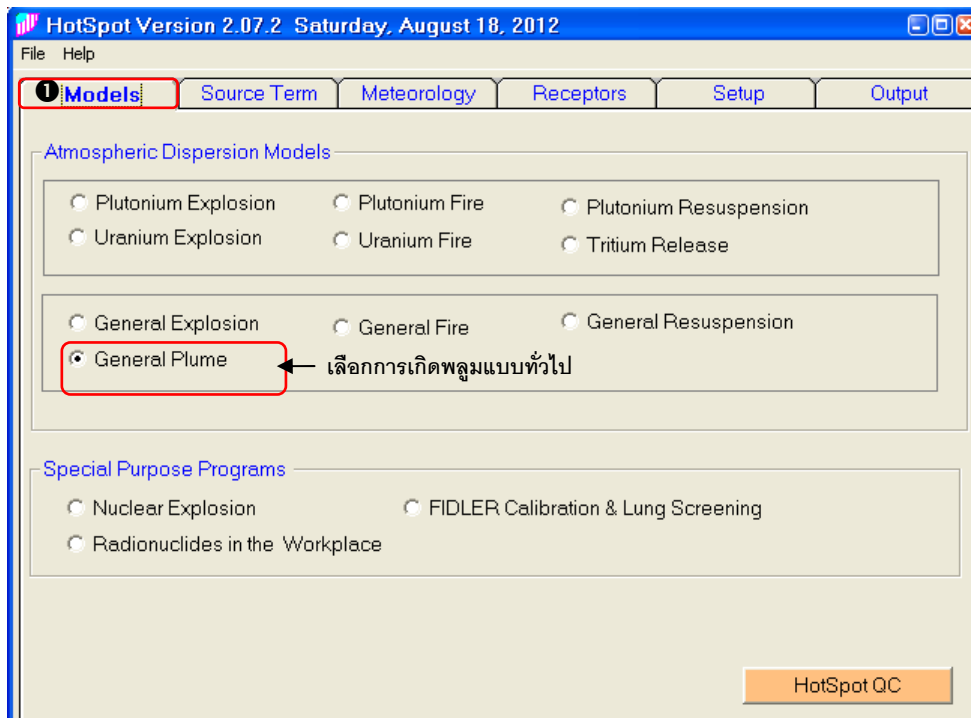
(1) **ขั้นตอนที่ 1 Models** การเลือกลักษณะพุ่มให้เลือกแบบ General Plume ดังภาพที่ 4.2

(2) **ขั้นตอนที่ 2 Source Term** การใส่ข้อมูลสารกัมมันตรังสีที่ปล่อยออกจากเครื่องปฏิกรณ์ตามการออกแบบในตารางที่ 2.12 ถึง 2.15 ของเครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ตามลำดับ และด้วยข้อจำกัดทางเงื่อนไขของโปรแกรม Hotspot ที่สามารถใส่ Source Term ได้ไม่เกิน 49 ตัวจึงไม่คิด Source Term ที่ปล่อยออกขณะเกิดอุบัติเหตุในระยะเวลา 30 วันที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.68 คูรี เนื่องจากมีนัยสำคัญต่ำ ดังภาพที่ 4.3

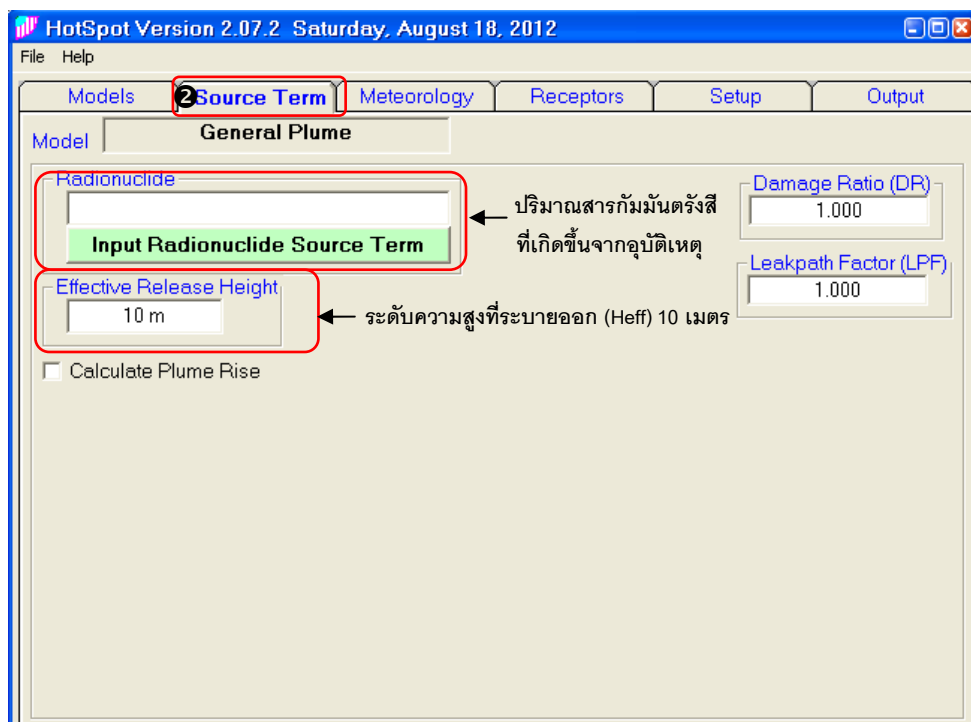
โดยมีขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้

- เข้าที่ File บนเมนูบาร์เลือก Create Mixture พร้อมกำหนดชื่อไฟล์ Source Term นามสกุล .mix
- หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าต่างขึ้นมาให้เลือกนิวไคลด์ที่ต้องการ (Select Nuclide) เลือกเสร็จแล้วคลิก OK
- ใส่ค่าความแรงรังสีหน่วยเป็นคูรีที่ช่อง Total Release ส่วนค่าอื่นๆ ให้เป็นอัตโนมัติของโปรแกรม เมื่อใส่ค่าแล้วเสร็จเลือก Add to Mixture Library file แล้วทำการเลือก Source Term ที่ต้องการจนครบ หากพบข้อผิดพลาดในการใส่ข้อมูลสามารถเข้าไปแก้ไขภายหลังได้ โดยเลือก Edit Mixture จะปรากฏหน้าต่างที่เป็น Notepad ขึ้นมาให้แก้ไขข้อมูลได้ หรือสามารถแก้ไขใน Directory ที่เก็บไฟล์โดยตรงและทำการบันทึกไฟล์ใหม่ทับไฟล์เดิม ก่อนนำมาวิเคราะห์ใน Hotspot ใหม่อีกครั้ง เมื่อทำการบันทึก Mixture ในครั้งแรกแล้วสามารถเรียกใช้ไฟล์ได้โดยไม่ต้องเลือกนิวไคลด์ใหม่ สำหรับระดับความสูงที่ระบายออก (Effective Release Height; Heff) กำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าความสูงอ้างอิง (Wind Reference Height) 10 เมตรในขั้นตอนที่ 5 Setup

ซึ่งเป็นไปตามหลักการคำนวณค่าการแพร่กระจายของอนุภาคของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศกรณีเกิดอุบัติเหตุ (x/Q) โดยไม่คำนึงถึงค่าการยกตัวของพุ่ม (Δh)



ภาพที่ 4.2 ขั้นตอนที่ 1 การเลือกลักษณะของพุ่มในโปรแกรม Hotspot



ภาพที่ 4.3 ขั้นตอนที่ 2 การใส่ข้อมูล Source Term ในโปรแกรม Hotspot

(3) **ขั้นตอนที่ 3 Meteorology** การใส่ข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความเร็วลมที่ความสูงอ้างอิง 10 เมตร ทั้งนี้ข้อมูลลมจากกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลที่ระดับ 10 เมตร สำหรับทิศทางลมหน่วยเป็นองศา ตัวอย่างเช่น 0° คือ ลมที่มาจากทิศเหนือ, 45° คือ ลมที่มาจากทิศตะวันออกเฉียง, 180° คือ ลมที่มาจากทิศใต้ เป็นต้น โดยเสถียรภาพบรรยากาศมีให้เลือกตั้งแต่ว่าระดับ A-G ดังแสดงในภาพที่ 4.4 ทั้งนี้ได้สรุปสภาพอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ดังตารางที่ 4.1

(4) **ขั้นตอนที่ 4 Receptor** การใส่ข้อมูลผู้ได้รับผลกระทบ ให้กำหนดระดับความสูงของ Receptor เท่ากับศูนย์ ดังแสดงในภาพที่ 4.5 สำหรับ Coordinate position ไม่ได้ใช้ในงานวิจัยนี้

(5) **ขั้นตอนที่ 5 Setup** การตั้งค่าต่างๆ ตามภาพที่ 4.6 มีรายละเอียดดังนี้

- ให้เลือก Terrain เป็นแบบ Standard
- หน่วยทางรังสีแบบเก่า (Classic) ในหน่วยเริม, เร็ด และคูรี
- ระยะทางหน่วยเมตริก (Metric) ในหน่วยกิโลเมตร
- ความสูงอ้างอิง (Wind Reference Height) 10 เมตร ซึ่งเป็นค่าความสูงที่ใช้หาความเร็วลมที่มีความถี่ในการเกิดบ่อยที่สุด เพื่อนำไปประเมินหาค่าประมาณของการแพร่กระจายจากการเกิดอุบัติเหตุ (x/Q)

- แฟคเตอร์การเปลี่ยนค่าปริมาณรังสี (DCF) แบบ FGR 11
- อัตราการหายใจ 3.5×10^{-4} ลบ.ม.ต่อวินาทีในทุกกรณี ซึ่งเป็นค่าในช่วงเวลา 2 ชั่วโมงแรกหลังเกิดอุบัติเหตุตามข้อแนะนำ Regulatory Guide 1.183 [13]

- Contour Values TEDE 3 ช่วง เท่ากับ 25, 12 และ 5 เริม
- Mixing Layer เลือกให้เป็น Enable เฉพาะกรณีพิจารณาความสูงผสม (Mixing Height)

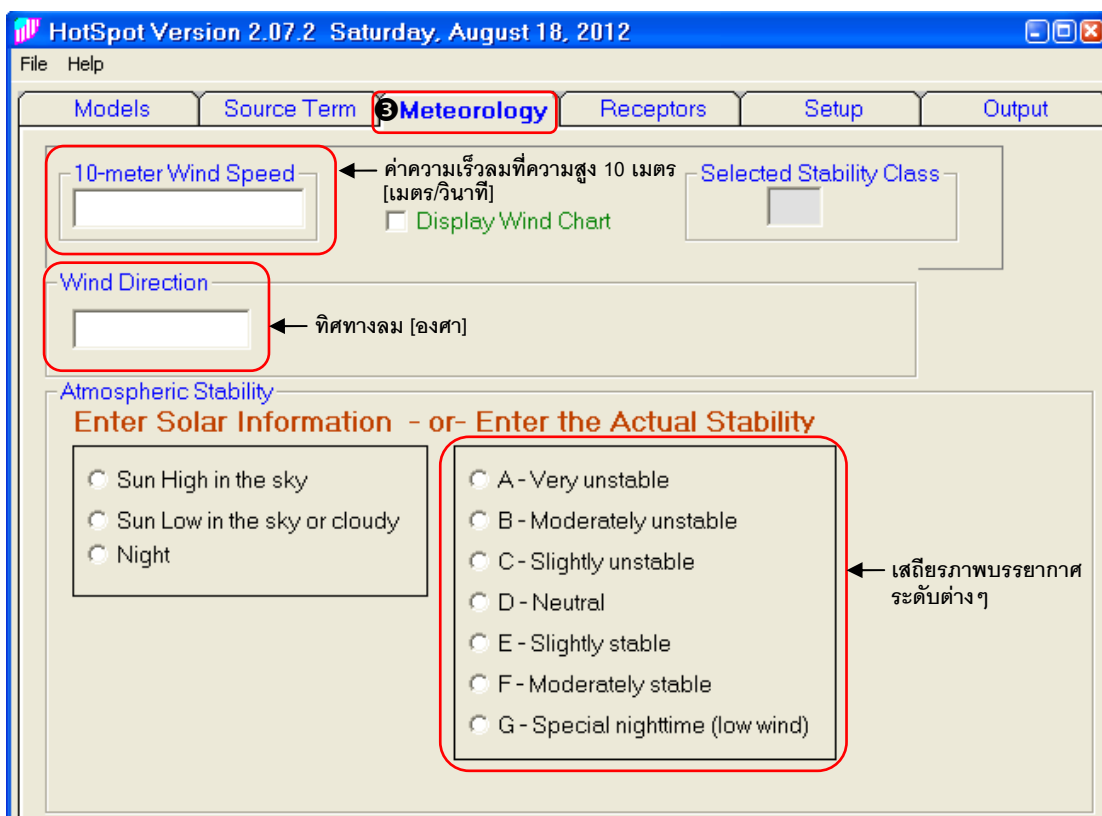
- สำหรับ Deposition ไม่ได้ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

(6) **ขั้นตอนที่ 6 Output** ผลการวิเคราะห์การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี ดังแสดงในภาพที่ 4.7 ได้แก่

- ขั้นตอนแรกต้องกำหนดพิกัดของสถานที่ในรูปแบบของ UTM WGS 84 ตามรายละเอียดในบทที่ 3 คือ พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี พิกัด UTM 47P 1070600N, 517300E พื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินทร พิกัด UTM 48P 1681200N, 547000E

- แสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้และทำการบันทึกข้อมูล ได้แก่ ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (Maximum Dose Distance), ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด (Maximum TEDE), ระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุด (Exceeds Dose Out To) สำหรับ Inner, Middle และ Outer เมื่อ TEDE มีค่า 25, 12 และ 5 เริมตามลำดับ

- บันทึกผลการวิเคราะห์เป็น TEDE Contour Line นามสกุล.kml ซึ่งสามารถแสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบได้ในโปรแกรม Google Earth สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ โปรแกรม ArcGIS 9.3 โดยใช้ ArcTools ที่ต้องดาวน์โหลดเพิ่มเติมเพื่อแปลงค่าจาก .kml เป็น .shp file ก่อนวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตามข้อมูลของพื้นที่ศึกษาที่ได้รวบรวมไว้ในบทที่ 3

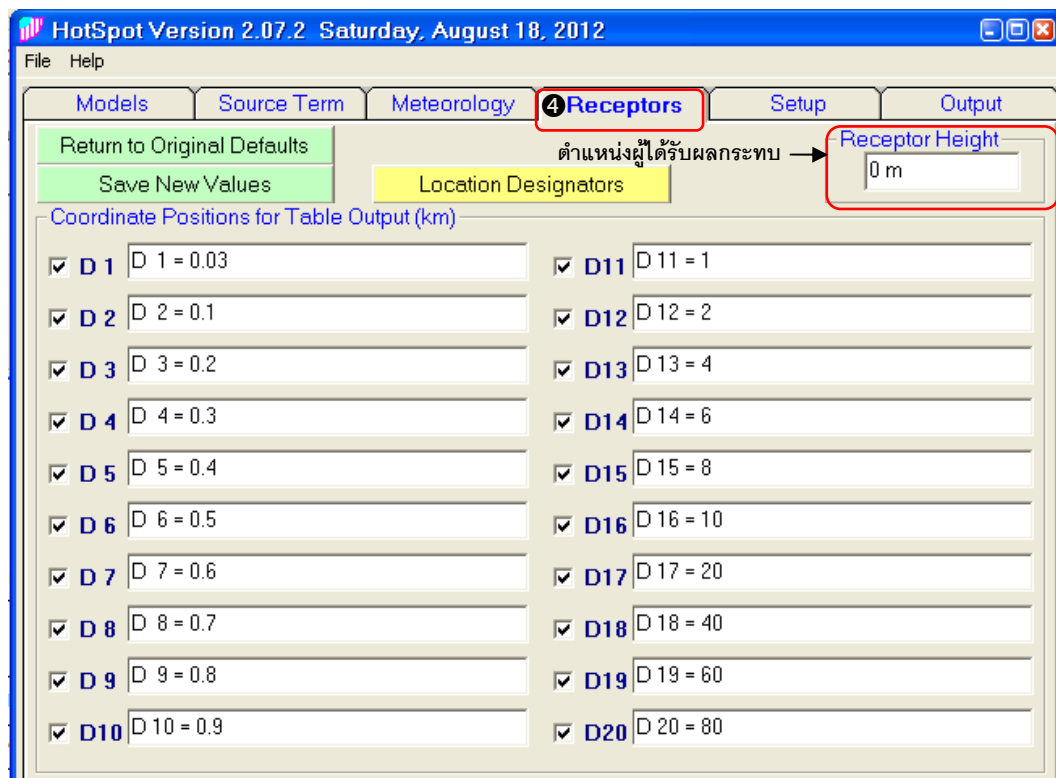


ภาพที่ 4.4 ขั้นตอนที่ 3 การใส่ข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยาในโปรแกรม Hotspot

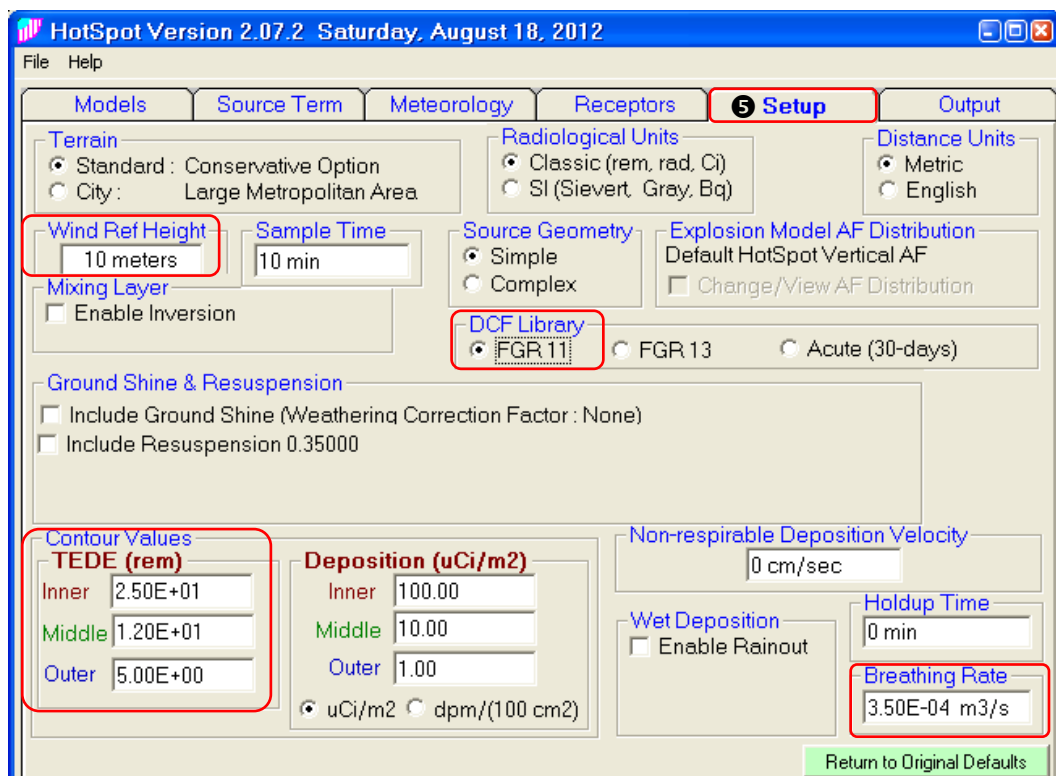
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทิศทางและความเร็วลมที่ต้องใส่ในโปรแกรม Hotspot ทั้ง 2 กรณี

รายการ	ความถี่	ทิศทางลม	ทิศทางลม (องศา)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	เสถียรภาพบรรยากาศ
กรณีที่ 1 ใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด					
พื้นที่หมายเลขที่ 12	32.54%	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ(NE)	45	ทดลองตามกรณีที่ 1.1 และ 1.2	
พื้นที่หมายเลขที่ 17	24.53%	ทิศใต้(S)	180		
กรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลสถิติจากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาภาคพื้น*					
พื้นที่หมายเลขที่ 12	35.19%	ทิศตะวันตกเฉียงใต้(SW)	225	0.75	ใช้ข้อมูลที่ได้จากกรณีที่ 1
	32.54%	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ(NE)	45	0.92	
พื้นที่หมายเลขที่ 17	39.73%	ทิศเหนือ(N)	0	1.69	
	24.53%	ทิศใต้(S)	180	1.28	

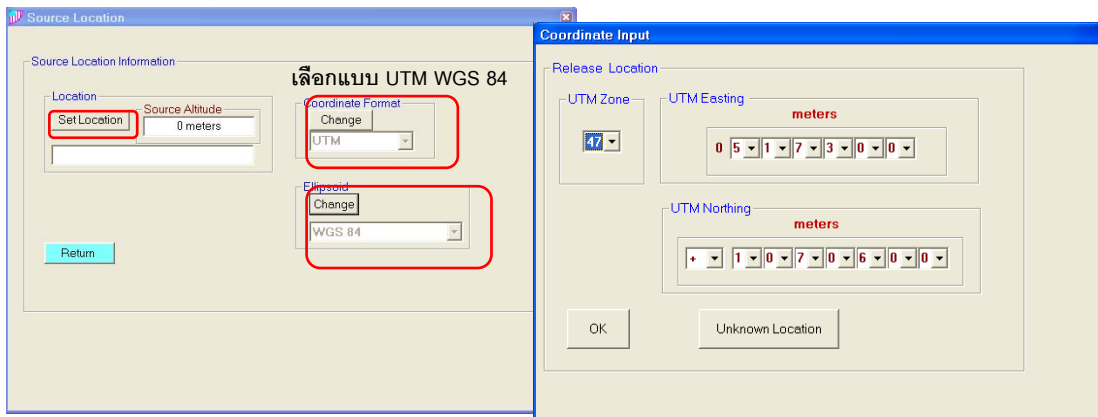
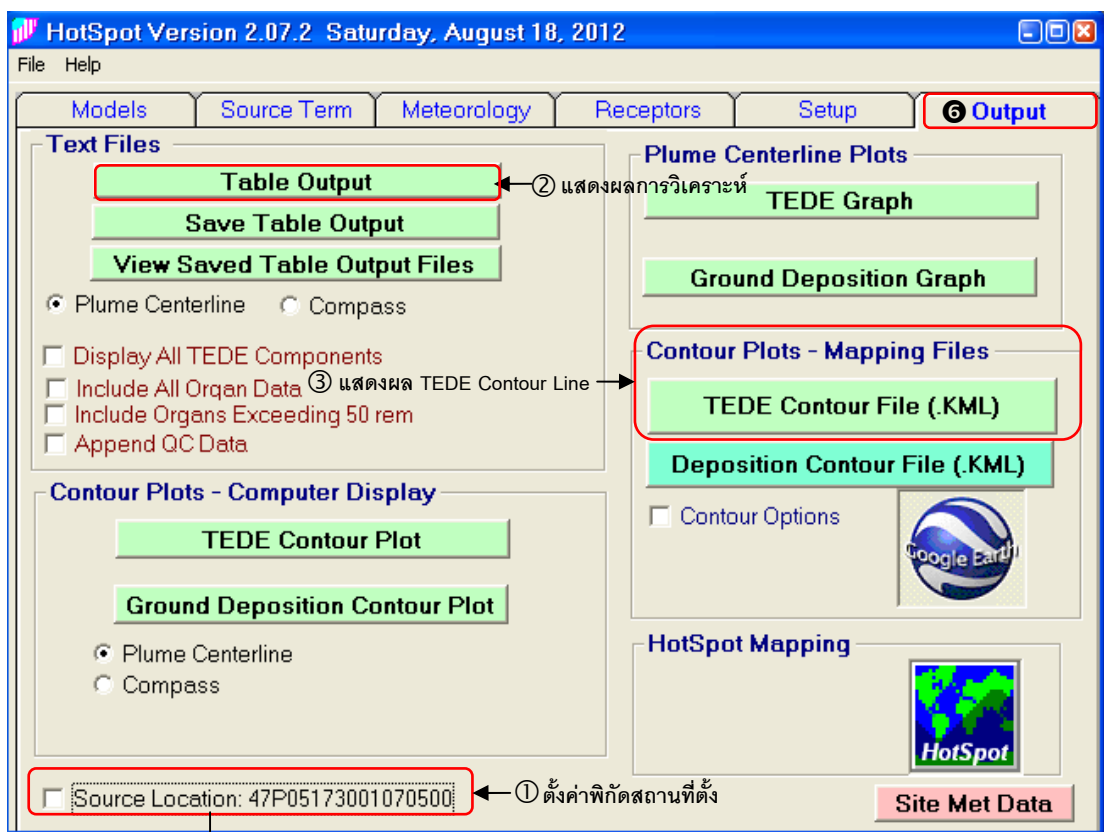
หมายเหตุ * สถานีอุตุนิยมวิทยาวัดความเร็วลมที่ความสูง 10 เมตร



ภาพที่ 4.5 ขั้นตอนที่ 4 การใส่ข้อมูลผู้ได้รับผลกระทบในโปรแกรม Hotspot



ภาพที่ 4.6 ขั้นตอนที่ 5 การตั้งค่าต่างๆ ในโปรแกรม Hotspot



ภาพที่ 4.7 ขั้นตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์ในโปรแกรม Hotspot

เพื่อให้สอดคล้องกับการคำนวณสมการ DBA LOCA ในสมการ 2.1-2.3 ที่ไม่คำนึงถึงการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี จึงต้องทำการแก้ค่าครึ่งชีวิต (Half Life) ซึ่งเป็นค่าอัตรานิวเคลียสของโปรแกรม โดยเข้าไปใน Directory ที่เก็บไฟล์เดอร์ UserMix ทำการแก้ไขไฟล์ .mix ให้ Source Term ทั้งหมดมีค่าครึ่งชีวิตเป็น 1,000 ปี

4.3 การศึกษาประชากรรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ดำเนินการศึกษาด้านประชากรรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตลอดอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จากคาดประมาณประชากร (Population Projection) ในอนาคตเป็นเวลา 60 ปีเท่ากับอายุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์รุ่นใหม่ โดยใช้ข้อมูลประชากรย้อนหลังในช่วง 10 ปีระหว่าง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2554 จากทะเบียนราษฎรโดยใช้ประชากรปี พ.ศ. 2554 เป็นประชากรฐาน ดังข้อมูลสรุปในตารางที่ 3.8 ซึ่งได้รวบรวมจำนวนประชากรพื้นที่คันถูลีและสิรินธรในรัศมี 50 กิโลเมตรดังตารางที่ ค.1 ถึง ค.2 ในภาคผนวก ค ตามลำดับ โดยทำการหาอัตราการเจริญเติบโต (%R) ของประชากรภายในพื้นที่ศึกษาดังสมการการหาอัตราการเจริญเติบโตด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์[38] ดังสมการที่ 4.1 พร้อมแสดงจำนวนประชากรที่มีอยู่จริง ความหนาแน่นของประชากร ศูนย์กลางประชากร สำหรับประชากรชั่วคราวในพื้นที่ศึกษาใช้อัตราการเจริญเติบโต (%R) เดียวกันกับข้อมูลประชากร โดยนำข้อมูลการกระจายตัวของประชากรที่ได้เทียบกับกฎเกณฑ์ของคณะกรรมการกำกับดูแลนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา(U.S.NRC)

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต} \quad \%R = \frac{\ln\left(\frac{P_n}{P_0}\right)}{t} \times 100 \quad (4.1)$$

เมื่อ P_n = จำนวนประชากร ปี พ.ศ. 2554
 P_0 = จำนวนประชากร ปี พ.ศ. 2544
 t = ระยะห่างระหว่างปีฐานถึงปีปัจจุบัน (ปี)
 \ln = $\log e$

บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ผลการคำนวณปริมาณรังสี ณ ขอบเขตพื้นที่ควบคุมตามการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน (DBA LOCA)

จากการคำนวณปริมาณรังสีสมมุติทั้งหมดที่ร่างกายได้รับ (TEDE) ตามการออกแบบดังสมการที่ 2.1 ซึ่งได้มาจากปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสี (D_{EDE}) และปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ (D_{CEDE}) บริเวณขอบเขตพื้นที่ควบคุมในสมการที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก จ ตารางที่ จ.1-จ.8 พบว่าเครื่องปฏิกรณ์ที่ส่งผลกระทบต่อทางรังสี ณ ขอบเขตพื้นที่หวงห้ามควบคุมเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ AP-1000, ESBWR, US-APWR และ U.S.EPR มีค่าเท่ากับ 24.6, 20.3, 13.1 และ 12.5 เริ่มตามลำดับสำหรับระยะ EAB ภายในเวลา 2 ชั่วโมง หลังเกิดอุบัติเหตุ และ 23.7, 21.1, 13.0 และ 10.8 เริ่มตามลำดับ สำหรับขอบเขต LPZ ภายในเวลา 720 ชั่วโมงหรือ 30 วันหลังเกิดอุบัติเหตุ ดังข้อมูลสรุปในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการคำนวณปริมาณรังสีสมมุติทั้งหมดที่ร่างกายได้รับ ณ ขอบเขตพื้นที่ควบคุมตามข้อมูลการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุขั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน (DBA LOCA) ,หน่วยเริ่ม

รายการ		AP-1000		US-APWR		U.S.EPR		ESBWR	
		D_{EDE}	D_{CEDE}	D_{EDE}	D_{CEDE}	D_{EDE}	D_{CEDE}	D_{EDE}	D_{CEDE}
EAB	2 ชม.*	2.00E+00	2.26E+01	2.40E+00	1.07E+01	8.80E+00	3.68E+00	2.51E+00	1.78E+01
	TEDE	2.46E+01		1.31E+01		1.25E+01		2.03E+01	
LPZ	0-8 ชม.	1.82E+00	1.99E+01	2.40E+00	6.69E+00	3.44E+00	1.49E+00	8.71E-01	6.21E+00
	8-24 ชม.	3.14E-01	4.61E-01	6.67E-01	5.48E-01	2.81E+00	5.18E-01	9.37E-01	3.57E+00
	24-96 ชม.	1.35E-01	2.33E-01	2.49E-01	1.04E+00	1.06E+00	5.77E-01	1.27E+00	3.54E+00
	96-720 ชม.	1.96E-01	6.78E-01	1.72E-01	1.19E+00	3.10E-01	5.57E-01	1.44E+00	3.27E+00
	รวม 30 วัน	2.47E+00	2.13E+01	3.49E+00	9.47E+00	7.62E+00	3.14E+00	4.52E+00	1.66E+01
	TEDE	2.37E+01		1.30E+01		1.08E+01		2.11E+01	

หมายเหตุ : * ช่วงเวลา 2 ชั่วโมงใดๆ ของเครื่องปฏิกรณ์แต่ละประเภทที่มีการปลดปล่อยปริมาณสารกัมมันตรังสีออกมามากที่สุด จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณระยะ EAB

5.2 ผลการจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี

5.2.1 **กรณีที่ 1** ใช้ข้อมูลที่ทำให้ผลร้ายแรงที่สุด (Worse Case) เพื่อหาระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ได้มากที่สุดทิศทางตามลม(Downwind Distance) และเกิดปริมาณรังสีสมมูลย์ทั้งหมดที่ร่างกายได้รับ(TEDE) ไม่เกิน 25 เร็ม เพื่อนำมาเป็นรัศมีผลกระทบของขอบเขตพื้นที่ควบคุม (EAB และ LPZ) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot มีรายละเอียดผลการจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีดังต่อไปนี้

(1) **กรณีที่ 1.1** จากการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วลมต่างๆ ที่ 0.5, 1, 2 และ 4 เมตรต่อวินาที เมื่อไม่เกิดความสูงผสมและเกิดความสูงผสม 1,250 เมตร ความสูงปล่อง 10 เมตร และเสถียรภาพบรรยากาศระดับ F

การวิเคราะห์รัศมี EAB ภายหลังจากเกิดอุบัติเหตุ LOCA 2 ชั่วโมง ดังตารางที่ 5.2 พบว่า การใช้ค่าความสูงปล่อง 10 เมตร เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F ค่าความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที ส่งผลให้เกิดปริมาณรังสี TEDE มากที่สุดเท่ากับ 70, 38, 19 และ 15 เร็ม สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ตามลำดับ ที่ระยะทาง 470 เมตรสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR และ ESBWR และ 490 เมตรสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR โดยระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ได้มากที่สุดทิศทางตามลมหรือขอบเขต EAB สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 และ US-APWR คือ 1,300 และ 850 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 910 และ 700 เมตรเมื่อ TEDE มีค่าเพียง 12 เร็มเท่านั้น

การวิเคราะห์รัศมี LPZ ภายหลังจากเกิดอุบัติเหตุ LOCA 30 วัน ดังตารางที่ 5.3 พบว่า การใช้ค่าความสูงปล่อง 10 เมตร เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F ได้ผลลัพธ์ในลักษณะเดียวกันกับการวิเคราะห์ EAB โดยที่ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที ส่งผลให้เกิดปริมาณรังสี TEDE มากที่สุดเท่ากับ 186, 235, 255 และ 578 เร็มสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ตามลำดับ ที่ระยะทาง 470 เมตรสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR และ ESBWR และ 490 เมตรสำหรับ U.S.EPR โดยระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ได้มากที่สุดทิศทางตามลมหรือขอบเขต LPZ สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 2,200, 2,700, 3,200 และ 4,500 เมตรตามลำดับเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม

จากกรณีศึกษา 1.1 สรุปได้ว่า ความเร็วลมต่ำส่งผลให้ระยะทางที่พลมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมและเกิดปริมาณรังสี TEDE ได้มากที่สุดไม่เกิน 25 เริ่มได้ไกลที่สุดเนื่องจากเกิดการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีได้น้อยกว่า ดังนั้นค่าความเร็วลมที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ระยะ EAB และ LPZ คือ ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้การเกิดความสูงผสม 1,250 เมตร ไม่มีนัยสำคัญต่อระยะทางที่พลมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมและปริมาณรังสี TEDE

(2) กรณีศึกษา 1.2 จากการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าเสถียรภาพบรรยากาศระดับ A, C และ F ความสูงปล่อง 10, 60 และ 100 เมตร ความเร็วลมที่ทำให้ระยะทางที่พลมเคลื่อนที่ได้ไกลมากที่สุดจากกรณีศึกษา 1.1 คือ 0.5 เมตรต่อวินาที และเกิดความสูงผสมที่ 2,500 เมตร

การวิเคราะห์รัศมี EAB ภายหลังจากเกิดอุบัติเหตุ LOCA 2 ชั่วโมง ดังตารางที่ 5.4 พบว่า ที่ความสูงปล่อง 10 เมตร เสถียรภาพบรรยากาศระดับ A และ C ซึ่งเป็นสภาพบรรยากาศที่ไม่เสถียรมากและไม่เสถียรเล็กน้อยตามลำดับ จึงทำให้พลมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมได้ไม่ไกลนัก ทำให้ได้ระยะทางที่มีค่าน้อยมากไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการคำนวณรัศมีผลกระทบ EAB สำหรับค่าความสูงปล่อง 60 และ 100 เมตร ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของพลมในทิศทางตามลมมีค่าไกลมากจนเกินไปก่อนที่จะตกกระทบสู่พื้นดินและปริมาณรังสี TEDE ลดลงตามระยะทางที่พลมเคลื่อนที่ จนทำให้มีค่าน้อยมากไม่ถึง 5 เริ่มสำหรับเสถียรภาพบรรยากาศทุกระดับ จึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้คำนวณรัศมีผลกระทบ EAB ด้วยเช่นกัน

ในขณะที่เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F ซึ่งเป็นสภาพบรรยากาศที่มีความเสถียรมาก กรณีความสูงผสม 2,500 เมตร พบว่าระยะทางที่พลมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมได้มากกว่าเมื่อเทียบกับเสถียรภาพบรรยากาศระดับ A และ C โดยผลลัพธ์มีค่าเท่ากันกับการวิเคราะห์ระยะ EAB จากกรณีศึกษา 1.1 ทั้งกรณีไม่เกิดความสูงผสมและเกิดความสูงผสม 2,500 เมตร คือ ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุดเท่ากับ 70, 38, 19 และ 15 เริ่มสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ตามลำดับ ที่ระยะ 470 เมตรจากเครื่องปฏิกรณ์สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR และ ESBWR และ 490 เมตรสำหรับ U.S.EPR โดยระยะทางที่พลมเคลื่อนที่ได้มากที่สุดทิศทางตามลมหรือขอบเขต EAB สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 และ US-APWR 1,300 และ 850 เมตรเมื่อ TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เริ่ม ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 910 และ 700 เมตรเมื่อ TEDE มีค่าเพียง 12 เริ่มเท่านั้น

การวิเคราะห์รัศมี LPZ ภายหลังจากการเกิดอุบัติเหตุ LOCA 30 วัน ดังตารางที่ 5.5 พบว่า ความสูงปล่อง 10 เมตร เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F ได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ EAB ข้างต้น คือเสถียรภาพบรรยากาศระดับ A และ C ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้คำนวณรัศมีผลกระทบ LPZ เนื่องจากเป็นสภาพบรรยากาศที่ไม่เสถียร จึงทำให้พลูมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมได้ไม่ไกลนัก ทำให้ได้ระยะทางที่มีค่าน้อยมาก สำหรับค่าความสูงปล่อง 60 และ 100 เมตรก็เช่นเดียวกัน ส่งผลให้การเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมมีค่าไกลมากจนเกินไปก่อนที่จะตกกระทบสู่พื้นดินและปริมาณรังสี TEDE ลดลงตามระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ จนทำให้มีค่าน้อยมาก สำหรับเสถียรภาพบรรยากาศทุกระดับ จึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้คำนวณรัศมีผลกระทบ LPZ ด้วยเช่นกัน

ในขณะที่เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F ซึ่งเป็นสภาพบรรยากาศที่มีความเสถียรมาก กรณีความสูงผสม 2,500 เมตร พบว่าระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมได้มากกว่าเมื่อเทียบกับเสถียรภาพบรรยากาศระดับ A และ C โดยผลลัพธ์มีค่าเท่ากันกับการวิเคราะห์ระยะ LPZ จากกรณีที่ 1.1 ทั้งกรณีไม่เกิดความสูงผสมและเกิดความสูงผสม 2,500 เมตร คือ เกิดปริมาณรังสี TEDE มากที่สุดเท่ากับ 186, 235, 255 และ 578 เร็มสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ตามลำดับ ที่ระยะ 470 เมตรสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR และ ESBWR และ 490 เมตรสำหรับ U.S.EPR โดยระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่มากที่สุด ในทิศทางตามลมหรือขอบเขต LPZ สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 2,200, 2,700, 3,200 และ 4,500 เมตรตามลำดับเมื่อ TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม

จากกรณีที่ 1.2 สรุปได้ว่า ระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเพิ่มขึ้นตามเสถียรภาพบรรยากาศ ดังนั้นเสถียรภาพบรรยากาศระดับ F และความสูงปล่อง 10 เมตรเป็นค่าที่มีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้เป็นข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรง เพราะเสถียรภาพบรรยากาศ A และ C ซึ่งเป็นสภาพบรรยากาศที่ไม่เสถียร ทำให้พลูมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมได้ไม่ไกลนัก จึงเกิดรัศมีผลกระทบต่ำ ส่วนค่าความสูงปล่อง 60 และ 100 เมตร ส่งผลให้การเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมมีค่าไกลมากเกินไปก่อนที่จะตกกระทบสู่พื้นดิน ซึ่งปริมาณรังสี TEDE จะลดลงตามระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่จึงทำให้ปริมาณรังสี TEDE มีค่าน้อยมาก ดังนั้นค่าความสูงปล่อง 60 และ 100 เมตรจึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้คำนวณรัศมีผลกระทบ EAB และ LPZ ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ ความสูงผสมที่ 2,500 เมตรไม่มีนัยสำคัญต่อระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมและปริมาณรังสี TEDE

ดังนั้น จากกรณีที่ 1 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองใช้ข้อมูลที่ทำให้ผลร้ายแรงที่สุด (Worse Case) เพื่อหาระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ได้มากที่สุดในทิศทางตามลมเป็นขอบเขตพื้นที่ควบคุม (EAB และ LPZ) ที่เกิดปริมาณรังสี TEDE ไม่เกิน 25 เร็ม จากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot คือ ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F ความสูงปล่อง 10 เมตร และไม่คำนึงถึงการเกิดความสูงผสม เนื่องจากความสูงผสมไม่มีนัยสำคัญต่อระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมและการเกิดปริมาณรังสี TEDE ดังแสดงข้อมูลสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ในตารางที่ 5.6 โดยแสดงรัศมีขอบเขตพื้นที่ควบคุม (EAB และ LPZ) ของเครื่องปฏิกรณ์ทั้ง 4 ประเภทได้แก่ AP-1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ในพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันดูลีและหมายเลขที่ 17 สิรินคร โดยแสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบดังภาพที่ 5.1 ถึง 5.4 และภาพที่ 5.5 ถึง 5.8 ตามลำดับมีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์รัศมี EAB ภายหลังจากการเกิดอุบัติเหตุ LOCA 2 ชั่วโมง ดังตารางที่ 5.6 พบว่า ระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ได้มากที่สุดในทิศทางตามลมหรือขอบเขต EAB สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 และ US-APWR คือ 1,300 และ 850 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 910 และ 700 เมตรเมื่อ TEDE มีค่าเพียง 12 เร็มเท่านั้น

การวิเคราะห์รัศมี LPZ ภายหลังจากการเกิดอุบัติเหตุ LOCA 30 วัน ดังตารางที่ 5.6 พบว่า ระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ได้มากที่สุดในทิศทางตามลมหรือขอบเขต LPZ สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 2,200, 2,700, 3,200 และ 4,500 เมตรตามลำดับเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot ที่ EAB 2 ชั่วโมงที่ความเร็วลมต่างๆ ณ ความสูงปล่อง 10 เมตรและเสถียรภาพบรรยากาศระดับ F

รายการ	AP1000				US-APWR				U.S.EPR				ESBWR			
	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4
ความเร็วลม(เมตร/วินาที)	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4
ไม่เกิดความสูงผสม (Mixing Height)																
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.47	0.48	0.49	0.49	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.47	0.48	0.49	0.49
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	70	36	19	9.4	38	20	10	5	19	9.5	4.8	2.4	15	7.7	3.9	2.0
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 25 เริ่ม	1.3	0.84	-	-	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 12 เริ่ม	1.9	1.4	0.9	-	1.4	0.93	-	-	0.91	-	-	-	0.7	-	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 5 เริ่ม	3.1	2.5	1.7	1.1	2.3	1.7	1.1	0.51	1.7	1.1	-	-	1.3	0.88	-	-
เกิดความสูงผสม (Mixing Height) 1,250 ม.																
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.47	0.48	0.49	0.49	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.47	0.48	0.49	0.49
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	70	36	19	9.4	38	20	10	5	19	9.5	4.8	2.4	15	7.7	3.9	2.0
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 25 เริ่ม	1.3	0.84	-	-	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 12 เริ่ม	1.9	1.4	0.9	-	1.4	0.93	-	-	0.91	-	-	-	0.7	-	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 5 เริ่ม	3.1	2.5	1.7	1.1	2.3	1.7	1.1	0.51	1.7	1.1	-	-	1.3	0.88	-	-

ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot ที่ LPZ เมื่อความเร็วลมต่างๆ ณ ความสูงปล่อง 10 เมตรและเสถียรภาพบรรยากาศระดับ F

รายการ	AP1000				US-APWR				U.S.EPR				ESBWR			
	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4
ความเร็วลม(เมตร/วินาที)	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4	0.5	1	2	4
ไม่เกิดความสูงผสม (Mixing Height)																
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.47	0.48	0.49	0.49	0.47	0.48	0.49	0.49	0.48	0.49	0.49	0.49	0.47	0.48	0.49	0.49
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	186	96	49	25	238	123	62	31	255	129	65	33	578	297	151	76
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 25 เริ่ม	2.2	1.6	1.1	-	2.7	2.0	1.3	0.74	3.2	2.1	1.4	0.78	4.5	3.5	2.4	1.5
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 12 เริ่ม	3.4	2.7	1.8	1.1	4.0	3.1	2.1	1.4	5.3	3.5	2.3	1.4	7.0	5.7	4.0	2.5
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 5 เริ่ม	5.4	4.6	3.3	2.1	6.6	5.5	3.9	2.5	11	6.8	4.3	2.6	12	11	7.7	4.8
เกิดความสูงผสม (Mixing Height) 1,250 เมตร																
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.47	0.48	0.49	0.49	0.47	0.48	0.49	0.49	0.48	0.49	0.49	0.49	0.47	0.48	0.49	0.49
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	186	96	49	25	238	123	62	31	255	129	65	33	578	297	151	76
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 25 เริ่ม	2.2	1.6	1.1	-	2.7	2.0	1.3	0.74	3.2	2.1	1.4	0.78	4.5	3.5	2.4	1.5
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 12 เริ่ม	3.4	2.7	1.8	1.1	4.0	3.1	2.1	1.4	5.3	3.5	2.3	1.4	7.0	5.7	4.0	2.5
ระยะทาง(กม.)ที่พอลูมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 5 เริ่ม	5.4	4.6	3.3	2.1	6.6	5.5	3.9	2.5	11	6.8	4.3	2.6	12	11	7.7	4.8

ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot ที่ระยะ EAB 2 ชั่วโมง กรณีความเร็วลม 0.5 เมตร/วินาที และเกิดความสูงผสม 2,500 เมตร

รายการ	AP1000			US-APWR			U.S.EPR			ESBWR		
	Class A	Class C	Class F	Class A	Class C	Class F	Class A	Class C	Class F	Class A	Class C	Class F
ความสูงปล่อง 10 เมตร												
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.035	0.088	0.47	0.035	0.088	0.47	0.035	0.089	0.49	0.035	0.088	0.47
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	194	153	70	104	82	38	49	39	19	41	32	15
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 25 เริ่ม	0.16	0.35	1.3	0.11	0.25	0.85	0.072	0.15	-	0.063	0.13	-
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 12 เริ่ม	0.23	0.51	1.9	0.17	0.37	1.4	0.11	0.25	0.91	0.1	0.22	0.7
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 5 เริ่ม	0.35	0.80	3.1	0.26	0.58	2.3	0.18	0.41	1.7	0.16	0.36	1.3
ความสูงปล่อง 60 เมตร *												
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.21	0.55	5.3	0.21	0.55	5.4	0.21	0.56	5.5	0.21	0.55	5.4
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	4.8	3.5	0.342	2.5	1.9	0.184	1.2	0.883	0.090	0.998	0.725	0.072
ความสูงปล่อง 100 เมตร *												
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.35	0.95	15	0.35	0.95	16	0.36	0.95	16	0.35	0.95	16
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	1.7	1.2	0.035	0.893	0.627	0.019	0.424	0.298	8.98E-03	0.35	0.246	7.31E-03

หมายเหตุ : * เมื่อใช้ค่าความสูงปล่องที่ 60 และ 100 เมตรไม่เกิดผลกระทบ TEDE ใดๆ ที่ 25,12 และ 5 เริ่ม

ตารางที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot ที่ LPZ กรณีความเร็วลม 0.5 เมตร/วินาทีที่ความสูงอ้างอิง และเกิดความสูงผสม 2,500 เมตร

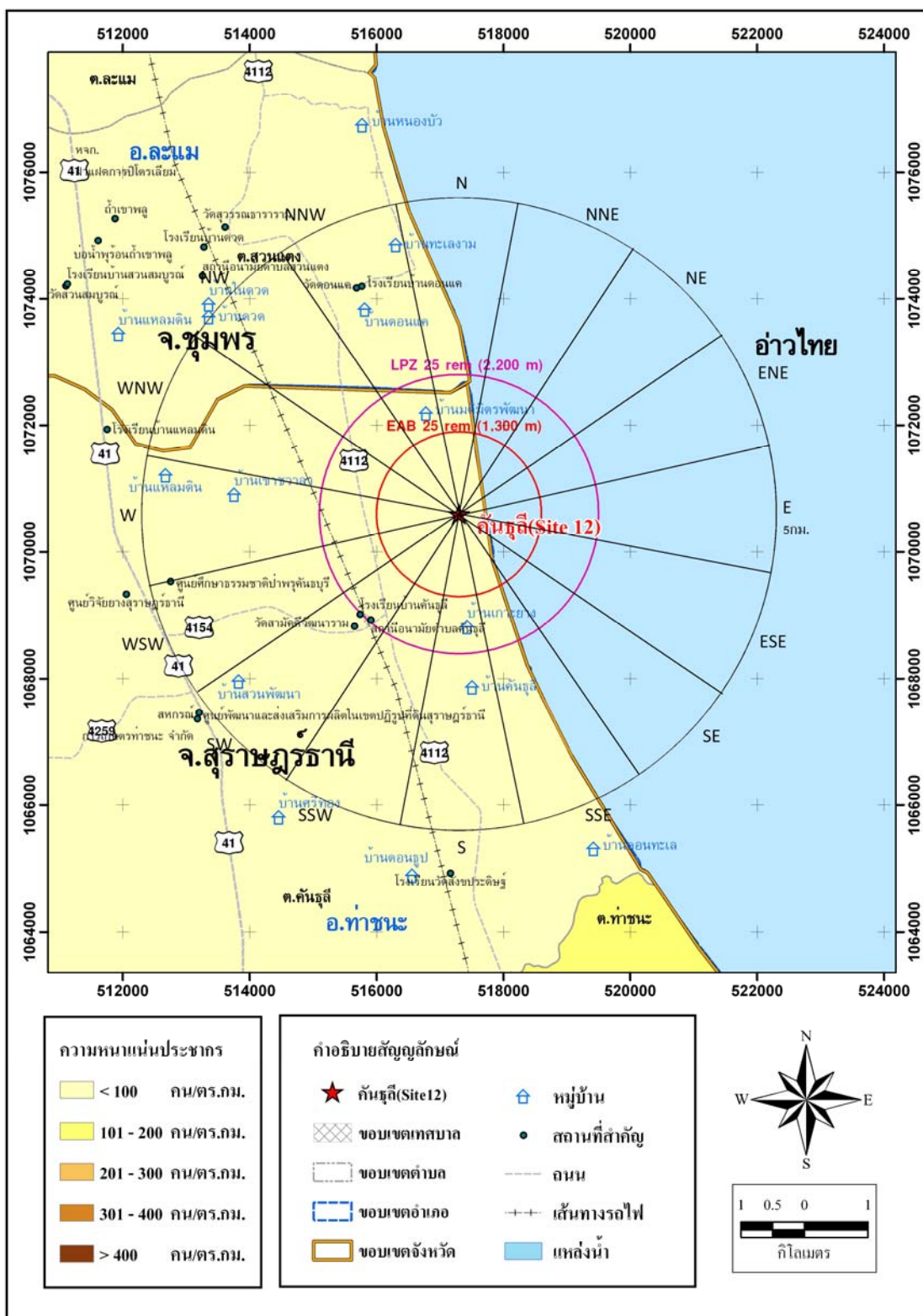
รายการ	AP1000			US-APWR			U.S.EPR			ESBWR		
	Class A	Class C	Class F	Class A	Class C	Class F	Class A	Class C	Class F	Class A	Class C	Class F
ความสูงปล่อง 10 เมตร												
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.035	0.088	0.47	0.035	0.088	0.47	0.035	0.088	0.48	0.035	0.088	0.47
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	510	403	186	647	511	238	673	534	255	1570	1240	578
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 25 เริ่ม	0.26	0.57	2.2	0.29	0.65	2.7	0.30	0.68	3.2	0.45	1.0	4.5
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 12 เริ่ม	0.37	0.85	3.4	0.42	0.96	4.0	0.43	1.0	5.3	0.65	1.5	7
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 5 เริ่ม	0.58	1.3	5.4	0.65	1.5	6.6	0.67	1.6	11	1.0	2.5	12
ความสูงปล่อง 60 เมตร												
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.21	0.55	5.3	0.21	0.55	5.4	0.21	0.56	5.5	0.21	0.55	5.4
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	13	9.1	0.903	16	12	1.1	17	12	1.2	39	28	2.8
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 25 เริ่ม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.37	0.72	-
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 12 เริ่ม	0.25	-	-	0.33	-	-	0.34	0.59	-	0.59	1.3	-
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 5 เริ่ม	0.5	1.1	-	0.59	1.3	-	0.60	1.4	-	0.95	2.3	-
ความสูงปล่อง 100 เมตร												
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.35	0.95	16	0.35	0.95	16	0.36	0.95	16	0.36	0.95	16
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	4.4	3.1	0.092	5.6	3.9	0.117	5.8	4.1	0.123	14	9.5	0.283
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 25 เริ่ม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 12 เริ่ม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พหลุมเคลื่อนที่ไกลที่สุด เมื่อ TEDE 5 เริ่ม	-	-	-	0.46	-	-	-	-	-	0.89	2.0	-

ตารางที่ 5.6 สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณรังสีกรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด*

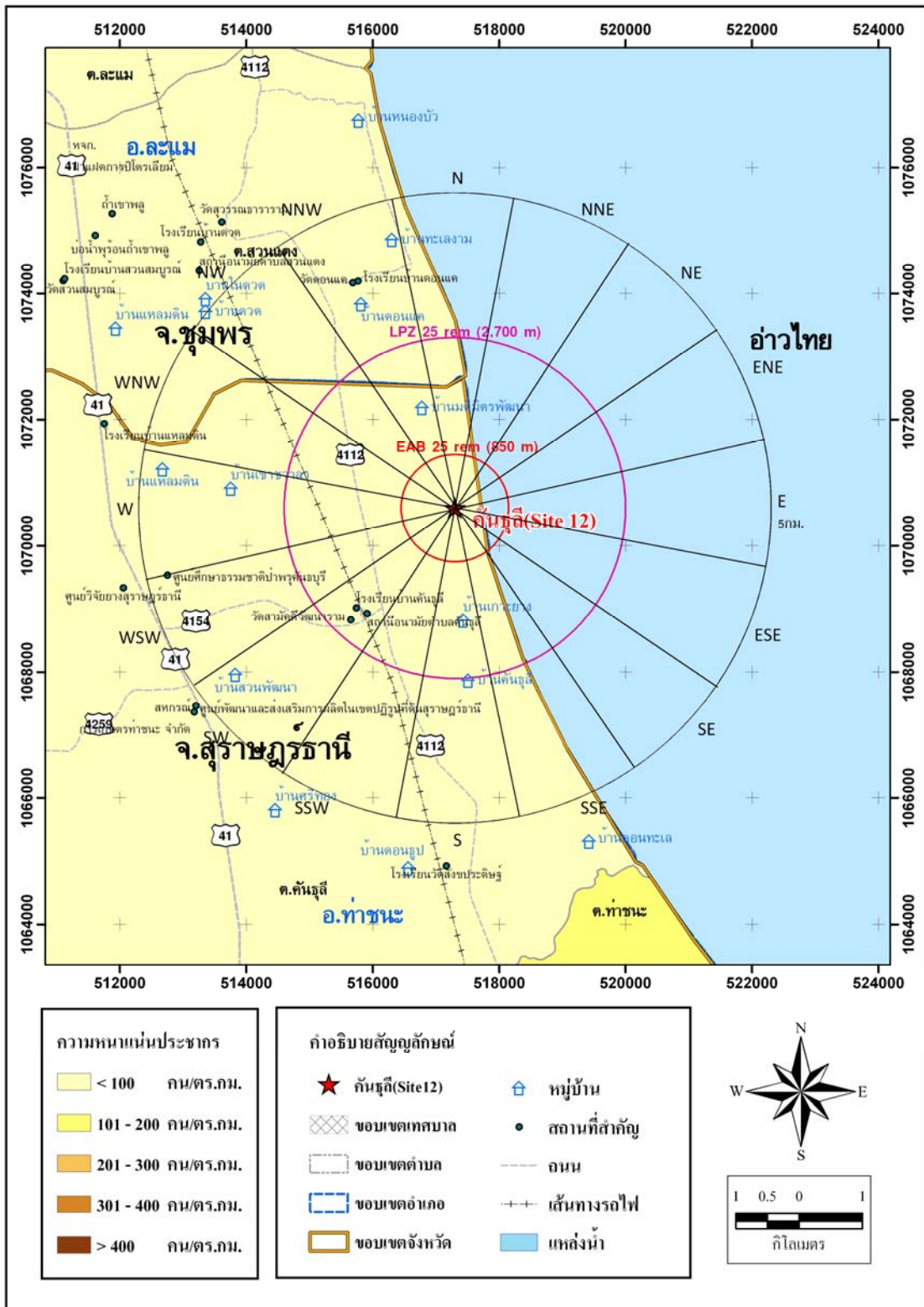
รายการ	AP1000	US-APWR	U.S.EPR	ESBWR
จำนวนนิวไคลด์ทั้งหมด(นิวไคลด์)	64	60	83	60
จำนวนนิวไคลด์ที่ไหวเคราะห์ใน Hotspot**	47	33	49	48
EAB 2 ชั่วโมง				
ความแรงรังสีจากนิวไคลด์ทั้งหมด (คูรี)	3.53E+04	5.78E+04	1.25E+05	2.37E+04
ความแรงรังสีที่ไหวเคราะห์ใน Hotspot (คูรี)	3.53E+04	5.77E+04	1.25E+05	2.37E+04
ช่วงเวลา 2 ชั่วโมงสำหรับ EAB (ชม.)	1.4 ถึง 3.4	0.5 ถึง 2.5	1.5 ถึง 3.5	2.3 ถึง 4.3
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.47	0.47	0.49	0.47
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	70	38	19	15
ระยะทาง(กม.)ที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 25 เริ่ม	1.3	0.85	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 12 เริ่ม	1.9	1.4	0.91	0.7
ระยะทาง(กม.)ที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 5 เริ่ม	3.1	2.3	1.7	1.3
LPZ 30 วัน				
ความแรงรังสีจากนิวไคลด์ทั้งหมด (คูรี)	8.78E+05	2.06E+06	5.34E+06	1.15E+07
ความแรงรังสีที่ไหวเคราะห์ใน Hotspot (คูรี)	8.78E+05	2.06E+06	5.34E+06	1.15E+07
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.47	0.47	0.48	0.47
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	186	238	255	578
ระยะทาง(กม.)ที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 25 เริ่ม	2.2	2.7	3.2	4.5
ระยะทาง(กม.)ที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 12 เริ่ม	3.4	4	5.3	7.0
ระยะทาง(กม.)ที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 5 เริ่ม	5.4	6.6	11	12

หมายเหตุ : * ความเร็วลม 0.5 เมตร/วินาที เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F ความสูงปล่อง 10 เมตร

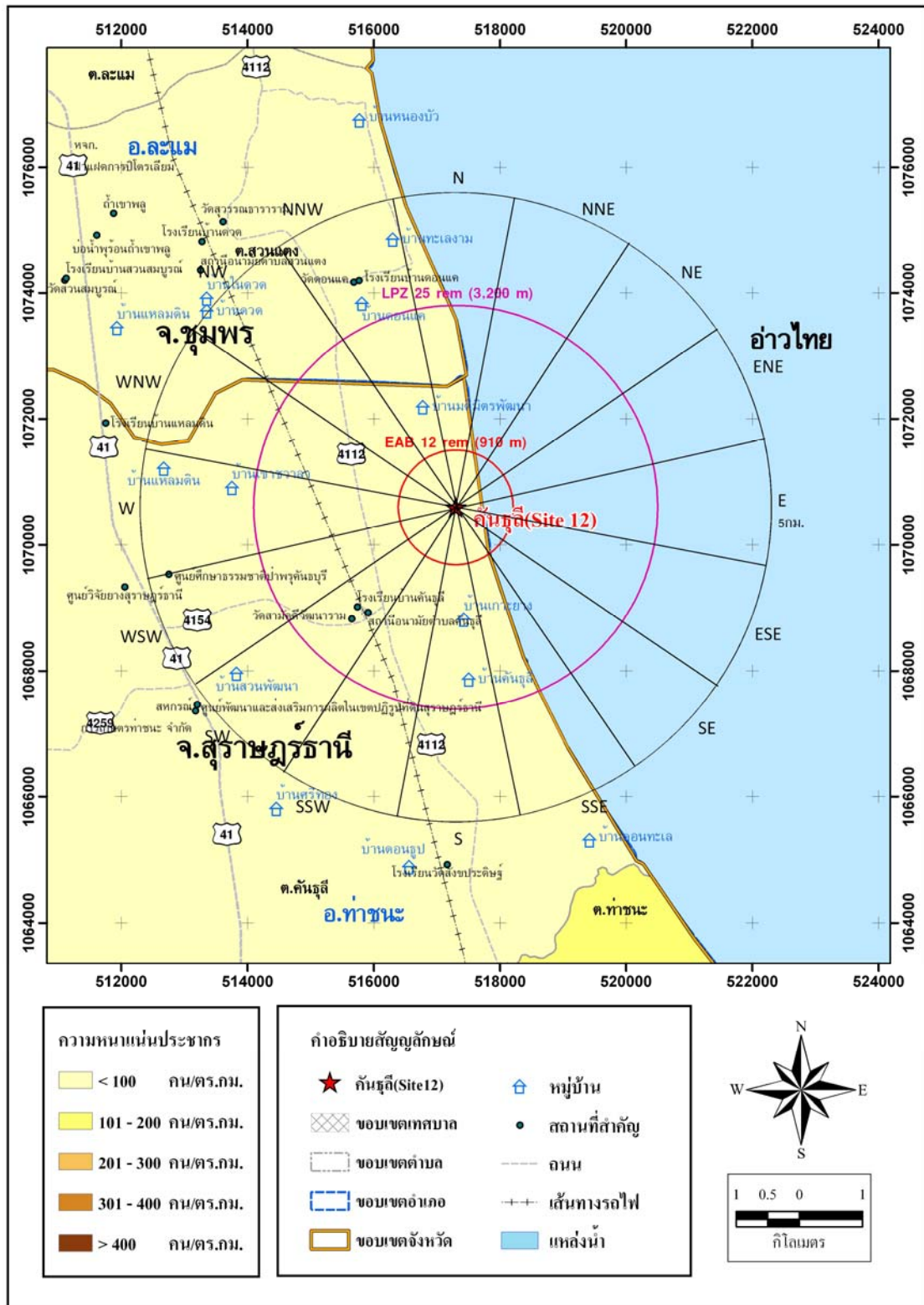
** เงื่อนไขการจำกัดจำนวนนิวไคลด์ของโปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot ที่ 49 นิวไคลด์ โดยไม่พิจารณาปริมาณรังสีที่ปล่อยออกจากรวม 30 วันที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.68 คูรี



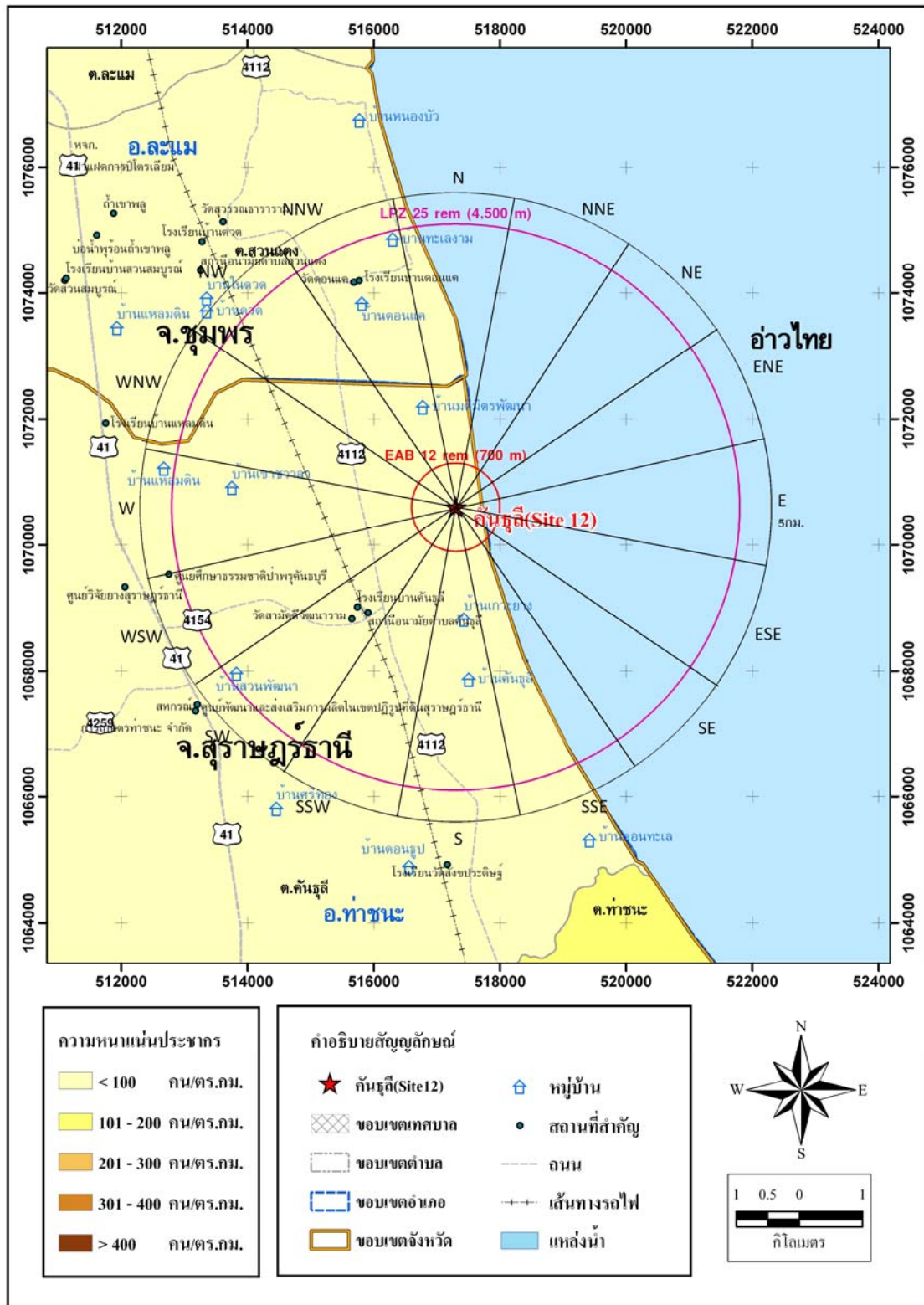
ภาพที่ 5.1 ขอบเขตพื้นที่ความคุ้มครองพื้นที่คันรูลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีให้ผลร้ายแรงที่สุด



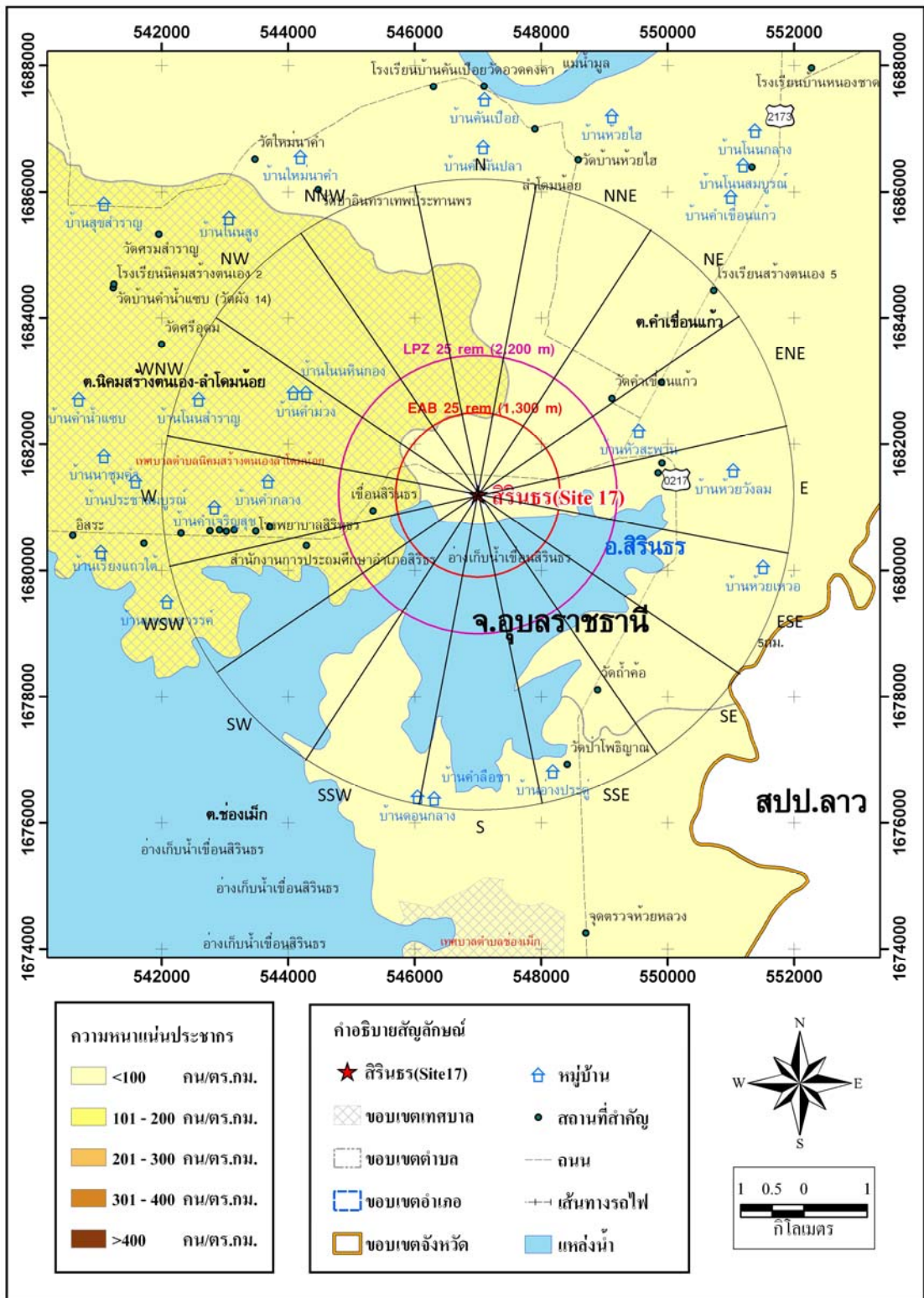
ภาพที่ 5.2 ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่คันรฎีของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีให้ผลร้ายแรงที่สุด



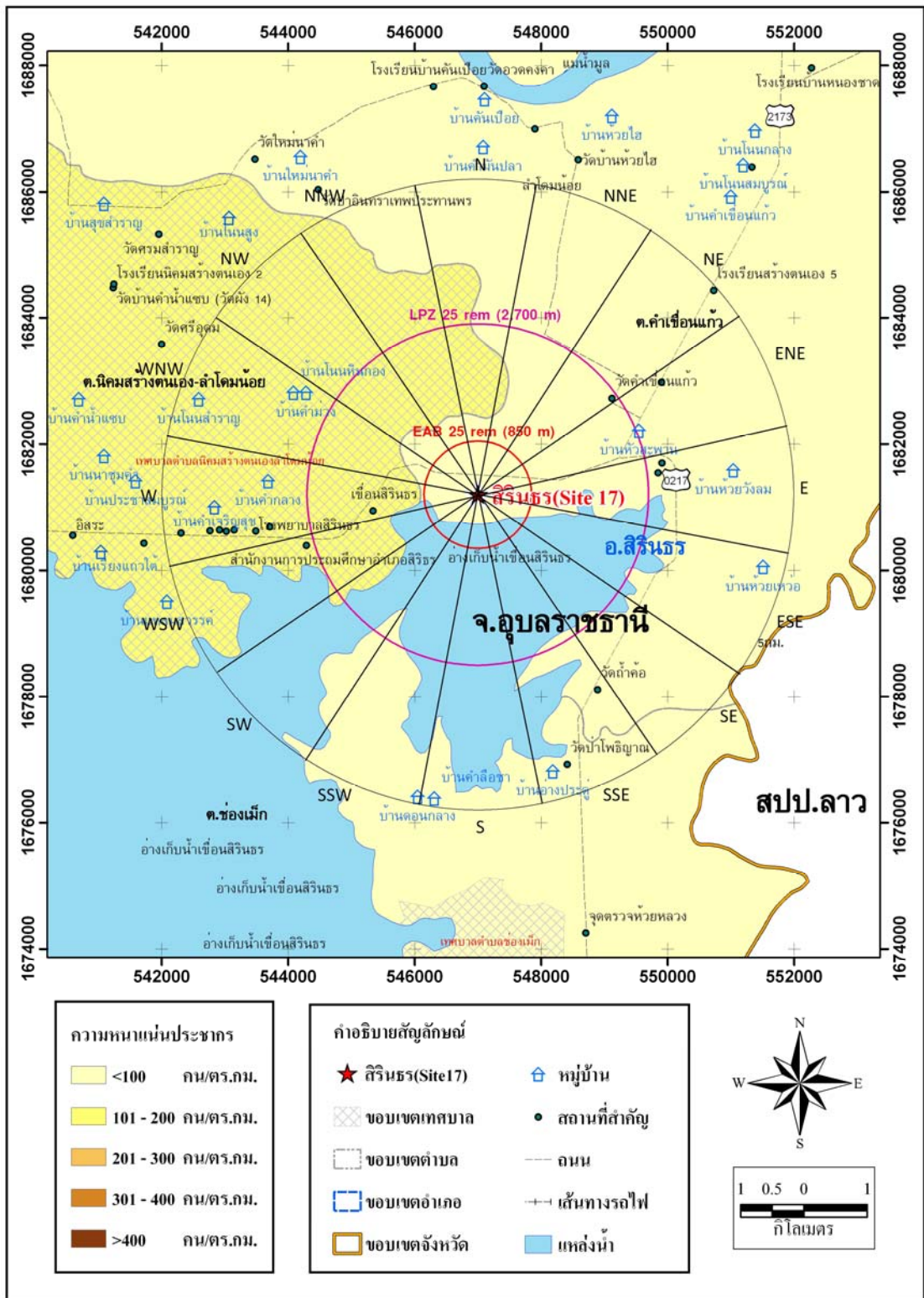
ภาพที่ 5.3 ขอบเขตพื้นที่ความคุ้มครองพื้นที่กันรูลีของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีให้ผลร้ายแรงที่สุด



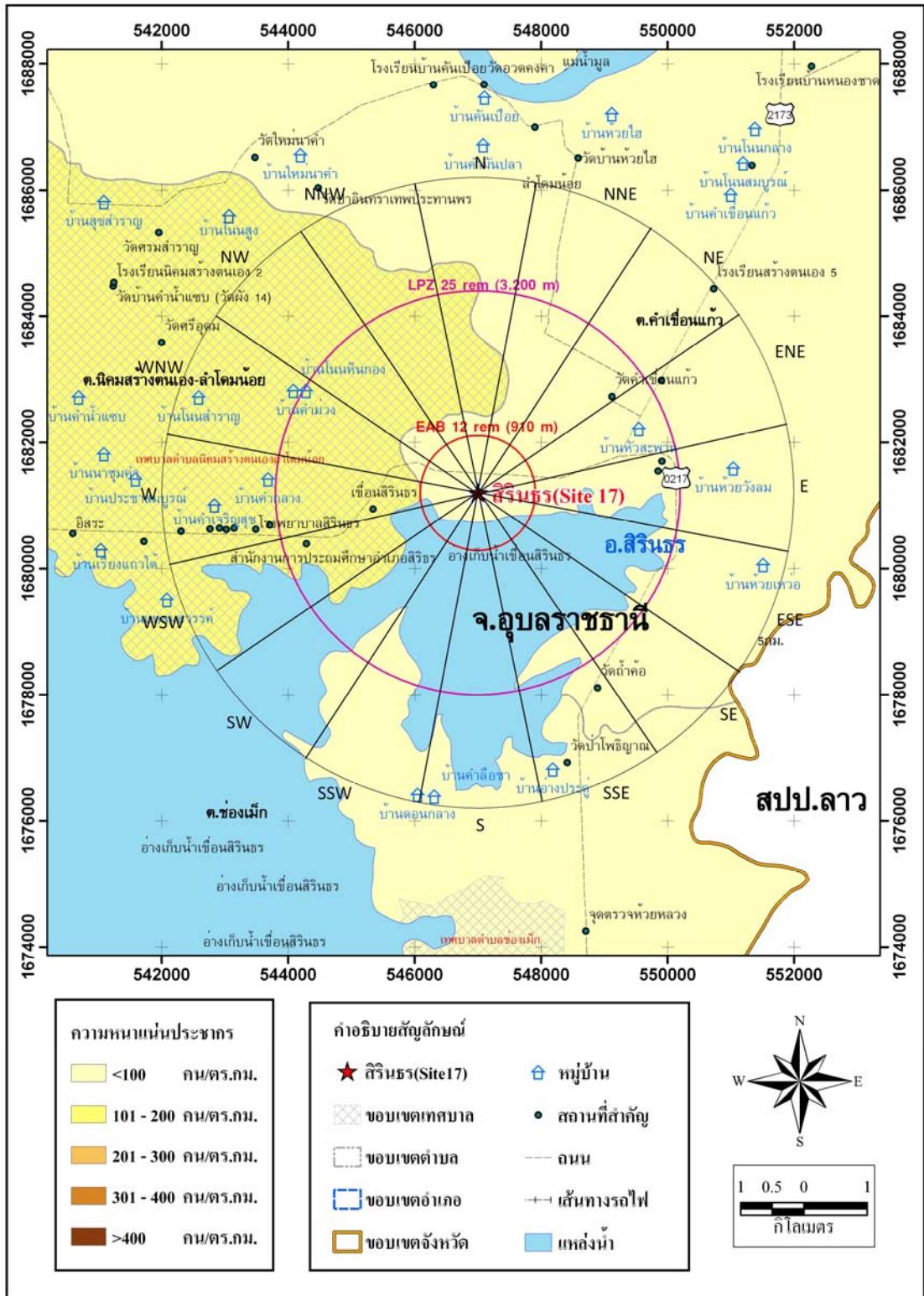
ภาพที่ 5.4 ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่กังนรุดีของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีให้ผลร้ายแรงที่สุด



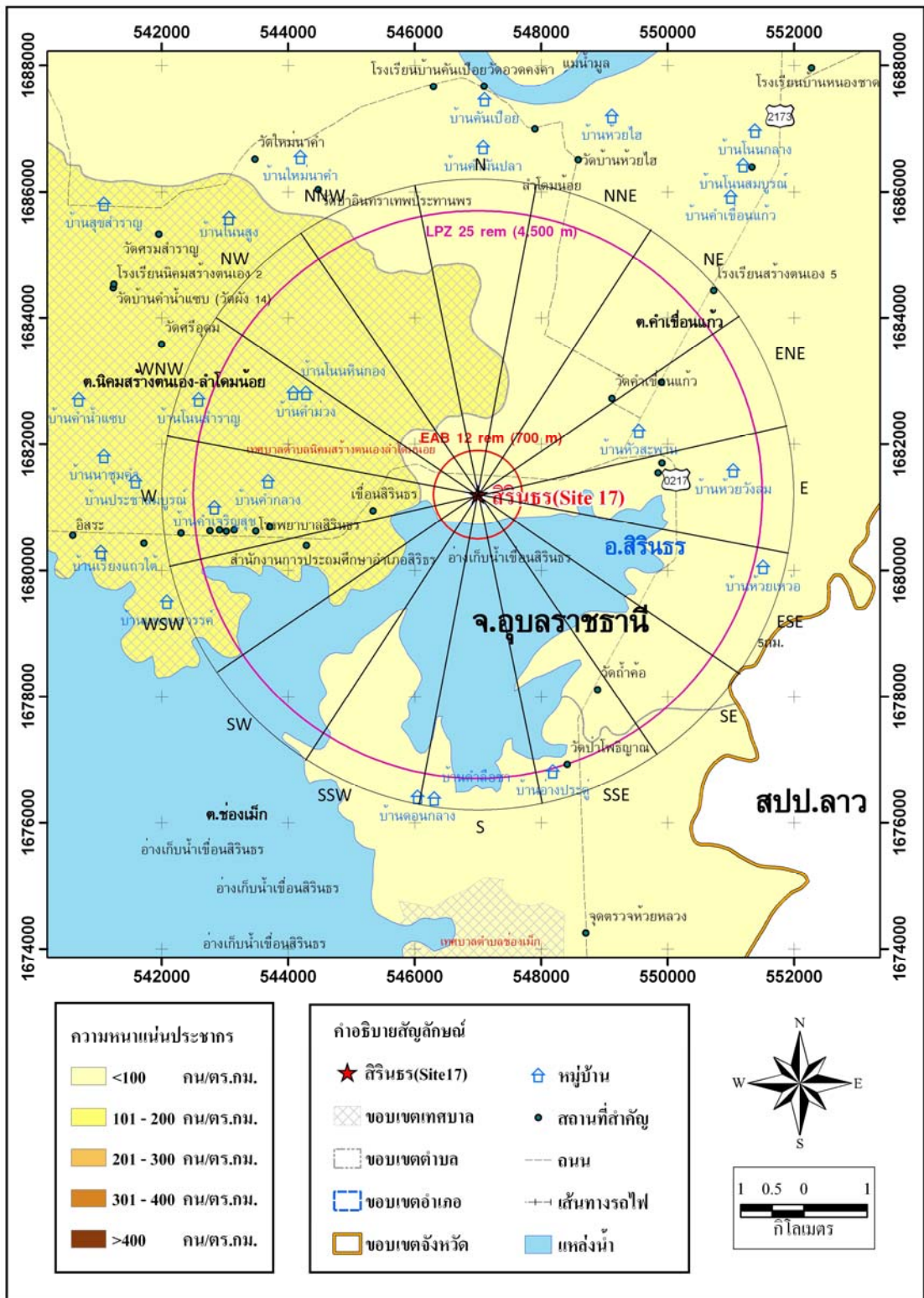
ภาพที่ 5.5 ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีให้ผลร้ายแรงที่สุด



ภาพที่ 5.6 ขอบเขตพื้นที่ความคุ้มครองพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีให้ผลร้ายแรงที่สุด



ภาพที่ 5.7 ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีให้ผลร้ายแรงที่สุด



ภาพที่ 5.8 ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบพื้นที่สิรินธร ของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีให้ผลร้ายแรงที่สุด

5.2.2 กรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลสถิติจากสถานีตรวจวัดอุตุวิทยามหาวิทยาลัยที่ใกล้พื้นที่ศึกษามากที่สุดจากการวิเคราะห์แผนภูมิลมดังภาพที่ 3.24 สถิติสภาพบรรยากาศจากกรณีที่ 1 ที่ทำให้ได้ระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุดคือ สถิติสภาพระดับ F และความสูงปล่อง 10 เมตร โดยใช้ทิศทางลมและความเร็วดังรายละเอียดในตารางที่ 4.1 สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธูลีใช้ทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นทิศทางลมหลักและทิศทางลมรองด้วยความเร็วลม 0.75 และ 0.92 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ส่วนพื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินธร ใช้ทิศเหนือและทิศใต้เป็นทิศทางลมหลักและทิศทางลมรองด้วยความเร็วลม 1.69 และ 1.28 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ มีรายละเอียดการผลจำลองสถานการณ์ดังนี้

(1) พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธูลี

การวิเคราะห์ผลกระทบภายหลังการเกิดอุบัติเหตุ LOCA 2 ชั่วโมง ดังตารางที่ 5.7 พบว่า ระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ได้มากที่สุดทิศทางตามลมในทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือตามลำดับ สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 มีค่าเพียง 900 และ 750 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR มีค่า 980 และ 840 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 12 เร็ม สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR มีค่า 1,100 และ 970 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าเพียง 5 เร็ม และเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR มีค่า 930 และ 790 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าเพียง 5 เร็ม

การวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบภายหลังการเกิดอุบัติเหตุ LOCA 30 วัน ดังตารางที่ 5.7 พบว่า ระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ได้มากที่สุดทิศทางตามลมในทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือตามลำดับเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 มีค่า 1,700 และ 1,500 เมตร ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR 2,000 และ 1,800 เมตรสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR มีค่า 2,200 และ 2,000 เมตร และเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR 3,600 และ 3,300 เมตร

(2) พื้นที่หมายเลขที่ 17 สีรินธร

การวิเคราะห์ผลกระทบภายหลังการเกิดอุบัติเหตุ LOCA 2 ชั่วโมง ดังตารางที่ 5.8 พบว่า ระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ได้มากที่สุดทิศทางตามลมในทิศเหนือและทิศใต้ตามลำดับจะมีค่าน้อยมาก สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 มีค่าเพียง 850 และ 1,100 เมตร เมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 12 เร็ม ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR มีค่า 560 เมตรเมื่อปริมาณ

รังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 12 เริ่มจากผลของลมในทิศใต้ และมีค่า 1,100 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 5 เริ่มจากผลของลมในทิศเหนือ สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR มีค่า 710 เมตรจากผลของลมในทิศใต้เท่านั้นเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 5 เริ่ม ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR มีผลกระทบปริมาณรังสี TEDE ไม่ถึง 5 เริ่ม

การวิเคราะห์ผลกระทบภายหลังการเกิดอุบัติเหตุ LOCA 30 วัน
 ดังตารางที่ 5.8 พบว่า ระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ได้มากที่สุดทิศทางตามลมในทิศเหนือและทิศใต้ตามลำดับเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เริ่ม สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 มีค่า 1,000 และ 1,300 เมตร ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR มีค่า 1,200 และ 1,500 เมตรสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR มีค่า 1,300 และ 1,600 เมตร และเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR มีค่า 2,300 และ 2,700 เมตร

5.3 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

5.3.1 **กรณีที่ 1 ใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด** โดยใช้ความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F ความสูงปล่อง 10 เมตร ได้ข้อมูลสรุปผลการจำลองสถานการณ์ ดังตารางที่ 5.6 โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีกรณีเกิดอุบัติเหตุกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน(LOCA) ตามการวิเคราะห์รัศมีขอบเขตพื้นที่ควบคุม และTEDE Contour Line พร้อมแสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งสามารถสรุปผลโดยละเอียดดังนี้

(1) พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันถูลี

การวิเคราะห์รัศมีขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB) แสดงรัศมีขอบเขตพื้นที่หวงห้ามสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ของพื้นที่คันถูลี
 ดังภาพที่ 5.1 ถึง ภาพที่ 5.4 ตามลำดับ โดยมีค่ารัศมีขอบเขต EAB สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 และ US-APWR เมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่า 25 เริ่มเท่ากับ 1,300 และ 850 เมตร สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR และ ESBWR ปริมาณรังสี TEDE มีค่า 25 เริ่มมีค่า 910 และ 700 เมตร จะเห็นได้ว่า มีหมู่บ้านมัตมิตรพัฒนาและสถานีอนามัยคันถูลีอยู่ห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า 1,700 และ 2,100 เมตรตามลำดับ จึงทำให้ไม่มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบภายในรัศมีขอบเขต EAB จากเครื่องปฏิกรณ์ทั้ง 4 ประเภท เนื่องจากระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ได้มากที่สุดทิศทางตามลมหรือขอบเขต EAB ของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 มีค่ามากที่สุดที่ระยะ 1,300 เมตรเท่านั้น ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.9

การวิเคราะห์ตาม TEDE Contour Line ภายใน 2 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ
 ในพื้นที่คันธูลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ดังภาพที่ ๕.1 ถึง
 ภาพที่ ๕.4 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าไม่มีหมู่บ้านและสถานที่สำคัญใดๆ ภายในรัศมี 2,100 เมตร
 จากลมในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและลมในทิศตะวันตกเฉียงใต้เนื่องจากเป็นอ่าวไทย จึงไม่มีพื้นที่ที่
 ได้รับผลกระทบถึง 25 เร็ม สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 มีสถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบมาก
 ที่สุด 3 แห่งประมาณ 5 เร็มแต่ไม่เกิน 12 เร็มคือ สถานีอนามัยตำบลคันธูลี โรงเรียนบ้านคันธูลี
 และวัดสามัคคีวัฒนาราม สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR มีสถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบ
 รองลงมา 2 แห่งประมาณ 5 เร็มคือโรงเรียนบ้านคันธูลี สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR และ ESBWR
 ไม่มีสถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบถึง 5 เร็ม เนื่องจากระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE
 เท่ากับ 5 เร็มที่ระยะเพียง 1,700 และ 1,300 เมตรตามลำดับ ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.9

การวิเคราะห์รัศมีขอบเขตพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) แสดง
 รัศมีขอบเขต LPZ สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR และ
 ดังภาพที่ 5.1 ถึง ภาพที่ 5.4 ตามลำดับ โดยมีค่ารัศมี LPZ เมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25
 เร็มเท่ากับ 2,200 , 2,700 , 3,200 และ 4,500 เมตรตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ภายในขอบเขต LPZ
 ของเครื่องปฏิกรณ์ทั้ง 4 ประเภท มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากขึ้นตามรัศมีขอบเขต LPZ โดยเครื่อง
 ปฏิกรณ์ ESBWR มีค่ามากที่สุด 12 แห่งในรัศมี 4,500 เมตร ได้แก่ บ้านมดมิตรพัฒนา บ้านเกาะ
 ยาง บ้านคันธูลี บ้านดอนแค บ้านทะเลงาม บ้านเขาชวลา บ้านสวนพัฒนา โรงเรียนบ้านคันธูลี
 สถานีอนามัยตำบลคันธูลี วัดสามัคคีวัฒนาราม โรงเรียนบ้านดอนแค และวัดดอนแค ดังที่ได้สรุปไว้
 ในตารางที่ 5.9

การวิเคราะห์ตาม TEDE Contour Line ภายใน 30 วัน หลังเกิดอุบัติเหตุ
 ในพื้นที่คันธูลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ดังภาพที่ ๕.5 ถึง
 ภาพที่ ๕.8 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR และ ESBWR มีพื้นที่ที่ได้รับ
 ผลกระทบมากที่สุด 25 เร็มจำนวน 2 แห่งคือ โรงเรียนบ้านคันธูลี และวัดสามัคคีวัฒนาราม รองลงมา
 12 เร็มแต่ไม่เกิน 25 เร็ม 1 แห่งคือ สถานีอนามัยตำบลคันธูลี ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.9

(2) พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธร

การวิเคราะห์รัศมีขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB) แสดงรัศมีขอบเขตพื้นที่
 หวงห้ามสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ของพื้นที่สิรินธร
 ดังภาพที่ 5.5 ถึงภาพที่ 5.8 ตามลำดับ โดยมีค่ารัศมีขอบเขต EAB สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000

และ US-APWR เมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่า 25 เริ่มเท่ากับ 1,300 และ 850 เมตร สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR และ ESBWR ปริมาณรังสี TEDE มีค่า 25 เริ่มมีค่า 910 และ 700 เมตร จะเห็นได้ว่า เชื้อนสิรินธรและหมู่บ้านหัวสะพานอยู่ห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า 1,700 และ 2,700 เมตรตามลำดับ จึงทำให้ไม่มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบภายในรัศมีขอบเขต EAB จากเครื่องปฏิกรณ์ทั้ง 4 ประเภท เนื่องจากระยะทางที่พุ่มเคลื่อนที่ได้มากที่สุด ในทิศทางตามลมหรือขอบเขต EAB ของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 มีค่ามากที่สุดที่ระยะ 1,300 เมตรเท่านั้น ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.10

การวิเคราะห์ตาม TEDE Contour Line ภายใน 2 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ
 ในพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ดังภาพที่ ๕.9 ถึงภาพที่ ๕.12 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ไม่มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบของพื้นที่สิรินธร เนื่องจากไม่มีหมู่บ้านและสถานที่สำคัญในรัศมี 5,000 เมตรตั้งอยู่ในทิศเหนือและทิศใต้ซึ่งเป็นทิศทางของลมส่วนใหญ่ โดยทิศใต้เป็นอ่างเก็บน้ำเชื้อนสิรินธรดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.10

การวิเคราะห์รัศมีขอบเขตพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) แสดง
 รัศมีขอบเขตพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อยสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ดังภาพที่ 5.5 ถึงภาพที่ 5.8 ตามลำดับ โดยมีค่ารัศมี LPZ เมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่า 25 เริ่มเท่ากับ 2,200, 2,700, 3,200 และ 4,500 เมตรตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ภายในขอบเขต LPZ ของเครื่องปฏิกรณ์ทั้ง 4 ประเภท มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากขึ้นตามรัศมีขอบเขต LPZ โดยเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR มีค่ามากที่สุด 21 แห่ง ในรัศมี 4,500 เมตร ได้แก่ บ้านหัวสะพาน บ้านเนินหินกอง บ้านห้วยวังลม บ้านคำม่วง บ้านคำกลาง บ้านคำเจริญสุข เชื้อนสิรินธรวัดคำเขื่อนแก้ว โรงพยาบาลสิรินธร สำนักงานการประถมศึกษา สำนักงานเกษตรอำเภอ สำนักงานสาธารณสุข สถานีตำรวจภูธรอำเภอ สำนักงานที่ดินจังหวัด ที่ว่าการอำเภอสิรินธร โรงเรียนสิรินธรวิทยานุสรณ์ วัดถ้ำค้อ วัดป่าโพธิญาณ โรงเรียนนิคม2อนุบาล วัดเทพปราณี และโรงเรียนหมู่บ้านตัวอย่างดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.10

การวิเคราะห์ตาม TEDE Contour Line ภายใน 30 วัน หลังเกิดอุบัติเหตุ
 ในพื้นที่คันธุลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ภาพที่ ๕.13 ถึงภาพที่ ๕.16 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด 25 เริ่มจำนวน 3 แห่งคือ บ้านคำมันปลา บ้านคันเปือยและวัดอวดคงคา รองลงมา 12 เริ่มแต่ไม่เกิน 25 เริ่ม 1 แห่งคือ บ้านปากห้วยแคน ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.10

5.3.2 **กรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลสถิติจากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมหาวิทยาลัยพื้นที่ใกล้พื้นที่** ศึกษามากที่สุดหลังจากวิเคราะห์การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot สามารถสรุปได้ในตารางที่ 5.7 สำหรับพื้นที่หมายเลข 12 คันธุลี และตารางที่ 5.8 สำหรับพื้นที่ หมายเลข 17 สิรินคร

(1) พื้นที่หมายเลข 12 คันธุลี

การวิเคราะห์ตาม TEDE Contour Line ภายใน 2 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุในพื้นที่คันธุลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ดังภาพที่ ๕.17 ถึงภาพที่ ๕.20 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า เครื่องปฏิกรณ์ AP1000 ได้รับผลกระทบมากที่สุดเพียง 5 เร็มแต่ไม่เกิน 12 เร็ม คือ โรงเรียนบ้านคันธุลี สำหรับเครื่องปฏิกรณ์อื่นได้รับผลกระทบไม่ถึง 5 เร็ม ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.11

การวิเคราะห์ตาม TEDE Contour Line ภายใน 30 วัน หลังเกิดอุบัติเหตุในพื้นที่คันธุลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ดังภาพที่ ๕.21 ถึงภาพที่ ๕.24 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า เครื่องปฏิกรณ์ ESBWR มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดถึง 25 เร็มได้แก่ สถานีอนามัยตำบลคันธุลี โรงเรียนบ้านคันธุลี และวัดสามัคคีวัฒนาราม สำหรับเครื่องปฏิกรณ์อื่นได้รับผลกระทบมากที่สุดเพียง 12 เร็มแต่ไม่เกิน 25 เร็ม ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.11

(2) พื้นที่หมายเลข 17 สิรินคร

การวิเคราะห์ตาม TEDE Contour Line ภายใน 2 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุของพื้นที่สิรินทรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ดังภาพที่ ๕.25 ถึงภาพที่ ๕.28 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าไม่มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบถึง 5 เร็ม ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.12

การวิเคราะห์ตาม TEDE Contour Line ภายใน 30 วัน หลังเกิดอุบัติเหตุในพื้นที่ของพื้นที่สิรินทรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR ดังภาพที่ ๕.29 ถึงภาพที่ ๕.32 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด 5 เร็มแต่ไม่เกิน 12 เร็ม 3 แห่งได้แก่ บ้านคำม้นปลา บ้านคันเป็อย และ วัดอวดคงคา ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี

รายการ	AP1000		US-APWR		U.S.EPR		ESBWR	
	SW	NE	SW	NE	SW	NE	SW	NE
ภายใน 2 ชั่วโมงหลังการเกิดอุบัติเหตุ								
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49	0.48	0.48
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	40	32	21	17	10	8.4	8.3	6.8
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 25 เริ่ม	0.9	0.75	-	-	-	-	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 12 เริ่ม	1.5	1.3	0.98	0.84	-	-	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 5 เริ่ม	2.6	2.3	1.8	1.6	1.1	0.97	0.93	0.79
ภายใน 30 วันหลังการเกิดอุบัติเหตุ								
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.48	0.48
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	105	85	133	108	141	114	323	263
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 25 เริ่ม	1.7	1.5	2.0	1.8	2.2	2.0	3.6	3.3
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 12 เริ่ม	2.8	2.5	3.3	3.0	3.7	3.3	5.9	5.3
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 5 เริ่ม	4.7	4.4	5.7	5.2	7.3	6.3	11	10

หมายเหตุ : ความเร็วลมที่ระดับ 10 เมตร(ความสูงอ้างอิง) ทิศตะวันตกเฉียงใต้(SW)และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ(NE) มีค่าเท่ากับ 0.75 และ 0.92 เมตร/วินาที ตามลำดับ และเสถียรภาพบรรยากาศระดับ F

ตารางที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์จาก Hotspot กรณีใช้ข้อมูลตุณิยมวิทยาของพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร

รายการ	AP1000		US-APWR		U.S.EPR		ESBWR	
	N	S	N	S	N	S	N	S
ภายใน 2 ชั่วโมงหลังการเกิดอุบัติเหตุ								
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.49	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	18	23	9.4	12	4.5	6.0	3.7	4.9
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 25 เริ่ม	-	-	-	-	-	-	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 12 เริ่ม	0.85	1.1	-	0.56	-	-	-	-
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 5 เริ่ม	1.6	1.9	1.1	1.3	-	0.71	-	-
ภายใน 30 วันหลังการเกิดอุบัติเหตุ								
ระยะทางที่ได้รับปริมาณรังสีมากที่สุด (กม.)	0.49	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
ปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด(เริ่ม)	46	61	59	78	62	82	143	188
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 25 เริ่ม	1.0	1.3	1.2	1.5	1.3	1.6	2.3	2.7
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 12 เริ่ม	1.7	2.1	2.1	2.5	2.2	2.6	3.8	4.5
ระยะทาง(กม.)ที่พЛУมเคลื่อนที่ไกลที่สุดเมื่อ TEDE 5 เริ่ม	3.2	3.7	3.8	4.4	4.1	5.0	7.4	8.8

หมายเหตุ : ความเร็วลมที่ระดับ 10 เมตร(ความสูงอ้างอิง) ทิศเหนือ(N)และทิศใต้(S) มีค่าเท่ากับ 1.69 และ 1.28 เมตร/วินาทีตามลำดับ และเสถียรภาพบรรยากาศระดับ F

ตารางที่ 5.9 พื้นที่ค้ำจุนที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีกรณีใช้ข้อมูล
ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด

รายการ	AP1000	US-APWR	U.S.EPR	ESBWR
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตามรัศมีขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB)				
รัศมี EAB ม.(เริ่ม)	1,300(25)	850(25)	910(12)	700(12)
	-	-	-	-
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตาม TEDE Contour Line ภายใน 2 ชม.				
25 เริ่ม	-	-	-	-
12 เริ่มแต่ไม่เกิน 25 เริ่ม	-	-	-	-
5 เริ่มแต่ไม่เกิน 12 เริ่ม	1. ร.ร.บ้านคันทันธุ์ 2. วัดสามัคคีพัฒนาราม 3. สถานีอนามัยตำบล คันทันธุ์	1. ร.ร.บ้านคันทันธุ์	-	-
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตามรัศมีพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ)				
รัศมี LPZ ม.(เริ่ม)	2,200(25)	2,700(25)	3,200(25)	4,500(25)
	1.บ้านมติมิตรพัฒนา 2.บ้านเกาะยาง 3.ร.ร.บ้านคันทันธุ์ 4.สถานีอนามัยตำบล คันทันธุ์	1.บ้านมติมิตรพัฒนา 2.บ้านเกาะยาง 3.ร.ร.บ้านคันทันธุ์ 4.สถานีอนามัยตำบล คันทันธุ์ 5.วัดสามัคคีพัฒนาราม	1.บ้านมติมิตรพัฒนา 2.บ้านเกาะยาง 3.บ้านคันทันธุ์ 4.ร.ร.บ้านคันทันธุ์ 5.สถานีอนามัยตำบล คันทันธุ์ 6.วัดสามัคคีพัฒนาราม	1.บ้านมติมิตรพัฒนา 2.บ้านเกาะยาง 3.บ้านคันทันธุ์ 4.บ้านดอนแค 5.บ้านทะเลงาม 6.บ้านเขาขวาลา 7.บ้านสวนพัฒนา 8.ร.ร.บ้านคันทันธุ์ 9.สถานีอนามัยตำบลคันทันธุ์ 10.วัดสามัคคีพัฒนาราม 11.โรงเรียนบ้านดอนแค 12.วัดดอนแค
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตาม TEDE Contour Line ภายใน 30 วัน				
25 เริ่ม	1.ร.ร.บ้านคันทันธุ์	1.ร.ร.บ้านคันทันธุ์ 2.วัดสามัคคีพัฒนาราม	1.ร.ร.บ้านคันทันธุ์ 2.วัดสามัคคีพัฒนาราม	1.ร.ร.บ้านคันทันธุ์ 2.วัดสามัคคีพัฒนาราม
12 เริ่มแต่ไม่เกิน 25 เริ่ม	1.วัดสามัคคีพัฒนาราม	-	1.สถานีอนามัยตำบล คันทันธุ์	1.สถานีอนามัยตำบลคันทันธุ์
5 เริ่มแต่ไม่เกิน 12 เริ่ม	1.สถานีอนามัยตำบล คันทันธุ์	1.สถานีอนามัยตำบล คันทันธุ์	-	-

ตารางที่ 5.10 พื้นที่สิรินธรที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีกรณีใช้ข้อมูลที่ทำให้ผลร้ายแรงที่สุด

รายการ	AP1000	US-APWR	U.S.EPR	ESBWR
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตามรัศมีขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB)				
รัศมี EAB ม.(เริ่ม)	1,300(25)	850(25)	910(12)	700(12)
	-	-	-	-
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตาม TEDE Contour Line ภายใน 2 ชม.				
25 เริ่ม	-	-	-	-
12 เริ่มแต่ไม่เกิน 25 เริ่ม	-	-	-	-
5 เริ่มแต่ไม่เกิน 12 เริ่ม	-	-	-	-
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตามรัศมีพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ)				
รัศมี LPZ ม.(เริ่ม)	2,200(25)	2,700(25)	3,200(25)	4,500(25)
	1.เขื่อนสิรินธร	1.บ้านหัวสะพาน 2.เขื่อนสิรินธร 3.วัดคำเขื่อนแก้ว	1.บ้านหัวสะพาน 2.บ้านเนินหินกอง 3.เขื่อนสิรินธร 4.วัดคำเขื่อนแก้ว 5.โรงพยาบาลสิรินธร	1.บ้านหัวสะพาน 2.บ้านเนินหินกอง 3.บ้านห้วยวังลม 4.บ้านคำม่วง 5.บ้านคำกลาง 6.บ้านคำเจริญสุข 7.เขื่อนสิรินธร 8.วัดคำเขื่อนแก้ว 9.โรงพยาบาลสิรินธร 10.สำนักงานการประถมศึกษา 11.สำนักงานเกษตรอำเภอ 12.สำนักงานสาธารณสุข 13.สถานีตำรวจภูธรอำเภอ 14.สำนักงานที่ดินจังหวัด 15.ที่ว่าการอำเภอสิรินธร 16.ร.ร.สิรินธรวิทยานุสรณ์ 17.วัดถ้ำค้อ 18.วัดป่าโพธิญาณ 19.ร.ร.นิคม2อนุบาล 20.วัดเทพปราณี 21.ร.ร.หมู่บ้านตัวอย่าง
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตาม TEDE Contour Line ภายใน 30 วัน				
25 เริ่ม	-	-	-	-
12 เริ่มแต่ไม่เกิน 25 เริ่ม	-	-	-	1.บ้านคำมันปลา 2.บ้านคันเปือย 3.วัดอวดคงคา
5 เริ่มแต่ไม่เกิน 12 เริ่ม	-	1.บ้านคำมันปลา 2.บ้านคันเปือย 3.วัดอวดคงคา	1.บ้านคำมันปลา 2.บ้านคันเปือย 3.วัดอวดคงคา	1.บ้านปากห้วยแคน

ตารางที่ 5.11 พื้นที่คันธูลีที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีจากกรณีที่ใช้ข้อมูลอุตุนิยามวิทยา

รายการ	AP1000	US-APWR	U.S.EPR	ESBWR
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตาม TEDE Contour Line ภายใน 2 ชม.				
25 เริ่ม	-	-	-	-
12 เริ่มแต่ไม่เกิน 25 เริ่ม	-	-	-	-
5 เริ่มแต่ไม่เกิน 12 เริ่ม	1. ร.ร.บ้านคันธูลี	-	-	-
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตาม TEDE Contour Line ภายใน 30 วัน				
25 เริ่ม	-	-	-	1. ร.ร.บ้านคันธูลี 2. วัดสามัคคีพัฒนาราม 3. สถานีอนามัยตำบลคันธูลี
12 เริ่มแต่ไม่เกิน 25 เริ่ม	1. ร.ร.บ้านคันธูลี	1. ร.ร.บ้านคันธูลี 2. วัดสามัคคีพัฒนาราม	1. ร.ร.บ้านคันธูลี 2. วัดสามัคคีพัฒนาราม	-
5 เริ่มแต่ไม่เกิน 12 เริ่ม	1. สถานีอนามัยตำบลคันธูลี 2. วัดสามัคคีพัฒนาราม	1. สถานีอนามัยตำบลคันธูลี	1. สถานีอนามัยตำบลคันธูลี	-

หมายเหตุ : ไม่มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากลมในทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากพัดเข้าสู่อ่าวไทย

ตารางที่ 5.12 พื้นที่สิรินธรที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีจากกรณีที่ใช้ข้อมูลอุตุนิยามวิทยา

รายการ	AP1000	US-APWR	U.S.EPR	ESBWR
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตาม TEDE Contour Line ภายใน 2 ชม.				
25 เริ่ม	-	-	-	-
12 เริ่มแต่ไม่เกิน 25 เริ่ม	-	-	-	-
5 เริ่มแต่ไม่เกิน 12 เริ่ม	-	-	-	-
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตาม TEDE Contour Line ภายใน 30 วัน				
25 เริ่ม	-	-	-	-
12 เริ่มแต่ไม่เกิน 25 เริ่ม	-	-	-	-
5 เริ่มแต่ไม่เกิน 12 เริ่ม	-	-	-	1.บ้านคำมันปลา 2.บ้านคันเปือย 3.วัดอวดคงคา

หมายเหตุ : ไม่มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากลมในทิศเหนือ เนื่องจากพัดเข้าสู่อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร

5.4 ผลการศึกษาประชากรรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

จากการศึกษาประชากรรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตลอดอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จากคาดการณ์ประชากร (Population Projection) ในอนาคตเป็นเวลา 60 ปีเท่ากับอายุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์รุ่นใหม่ โดยใช้ข้อมูลประชากรย้อนหลังในช่วง 10 ปีระหว่าง พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2554 จากทะเบียนราษฎรโดยใช้ประชากรปี พ.ศ. 2554 เป็นประชากรฐาน ดังข้อมูลสรุปใน ซึ่งได้รวบรวมจำนวนประชากรระดับตำบลในพื้นที่คันธุลีและสิรินธรที่อยู่ในรัศมี 50 กิโลเมตร ดังกราฟแนวนอนในภาพที่ 5.9 และข้อมูลประชากรรายตำบลดังตารางที่ ค.1 ถึง ค.2 ในภาคผนวก ค ตามลำดับ พบว่าอัตราการเจริญเติบโต(%R) ของประชากรด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ใน 10 ปีของพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลีและพื้นที่หมายเลข 17 สิรินธรเท่ากับร้อยละ 0.81 และ 0.32 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.13 พบว่า พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลีและพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธรมีประชากรเพิ่มขึ้นจาก 299,855 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 486,551 คนในปี พ.ศ.2614 และ 616,515 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 746,784 คนในปี พ.ศ.2614 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.14 และกราฟแนวนอนในภาพที่ 5.10 โดยมีรายละเอียดของประชากรดังนี้

5.4.1 การคาดการณ์ประชากรที่มีอยู่จริง ภายในรัศมี 32 และ 50 กิโลเมตรจากปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ. 2614 มีรายละเอียดดังนี้

(1) **พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี** จะเห็นได้ว่าจำนวนประชากรระดับหมู่บ้านที่มีอยู่จริงภายในรัศมี 5 กิโลเมตร เพิ่มขึ้นจาก 4,470 คน เป็น 7,253 คน ดังตารางที่ 5.14 จำนวนประชากรภายในรัศมี 32 และ 50 กิโลเมตร ภายใต้สมมติฐานว่ามีการกระจายตัวของประชากรอย่างสม่ำเสมอทั้งพื้นที่ แสดงในตารางที่ 5.15 และข้อมูลประชากรรายตำบลดังตารางที่ ค.3 ในภาคผนวก ค สำหรับประชากรที่มีอยู่จริงเพิ่มขึ้นจาก 153,825 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 249,647 คนในปี พ.ศ. 2614 และ 262,961 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 431,427 คนในปี พ.ศ. 2614 ตามลำดับ ดังภาพที่ 5.11 และแสดงความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยในรัศมี 50 กม. ซึ่งคิดรวมทั้งตำบลดังภาพที่ 5.12

(2) **พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธร** จะเห็นได้ว่าจำนวนประชากรระดับหมู่บ้านที่มีอยู่จริงภายในรัศมี 5 กิโลเมตรเพิ่มขึ้นจาก 3,860 คน เป็น 4,676 คน ดังตารางที่ 5.14 จำนวนประชากรภายในรัศมี 32 และ 50 กิโลเมตร ภายใต้สมมติฐานว่ามีการกระจายตัวของประชากรอย่างสม่ำเสมอทั้งพื้นที่ แสดงในตารางที่ 5.16 และตารางที่ ค.4 ในภาคผนวก ค สำหรับประชากรที่มีอยู่จริงเท่ากับ 168,993 คนเป็น 204,715 คน และ 476,864 คนเป็น 486,395 คน

ตามลำดับ ดังภาพที่ 5.14 และแสดงความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยในรัศมี 50 กม. ซึ่งคิดรวมทั้งตำบลดังภาพที่ 5.15

5.4.2 ศูนย์กลางประชากร

(1) **พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธูลี** สำหรับศูนย์กลางประชากรในรัศมี 50 กิโลเมตร จากตารางที่ 5.15 มีประชากรเพิ่มจาก 49,012 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 79,512 คนในปี พ.ศ. 2614 ประกอบด้วย 10 เทศบาล ได้แก่ เทศบาลตำบลทุ่งตะไคร เทศบาลตำบลปากตะโก เทศบาลเมืองหลังสวน เทศบาลตำบลปากน้ำหลังสวน เทศบาลตำบลพะโต๊ะ เทศบาลตำบลละแม เทศบาลตำบลท่าชนะ เทศบาลตำบลตลาดไชยา เทศบาลตำบลพุมเรียง และเทศบาลตำบลท่าฉาง โดยศูนย์กลางประชากรที่ใกล้ที่สุดอยู่ห่างออกมา 10 กิโลเมตรคือ เทศบาลตำบลละแมมีประชากรเพิ่มจาก 2,918 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 4,735 คนในปี พ.ศ.2614 ส่วนศูนย์กลางประชากรที่มีประชากรมากที่สุดคือ เทศบาลเมืองหลังสวนมีประชากรเพิ่มจาก 11,475 คน ในปี พ.ศ.2554 เป็น 22,587 คนในปี พ.ศ.2614 โดยอยู่ห่างออกมาประมาณ 28 กิโลเมตรดังภาพที่ 5.13

(2) **พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร** สำหรับศูนย์กลางประชากรในรัศมี 50 กิโลเมตร จากตารางที่ 5.16 มีประชากรเพิ่มจาก 83,757 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 93,483 คนในปี พ.ศ. 2614 ประกอบด้วย ใน 14 เทศบาล ได้แก่ เทศบาลตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย เทศบาลตำบลช่องเม็ก เทศบาลตำบลบ้านด่าน เทศบาลเมืองพินุลมังสาหาร เทศบาลตำบลอ่างศิลา เทศบาลตำบลตาลชุม เทศบาลตำบลคำขวาง เทศบาลตำบลศรีเมืองใหม่ เทศบาลตำบลนาเยี่ย เทศบาลตำบลกุดประทาย เทศบาลตำบลโพนงาม เทศบาลตำบลบัวงาม เทศบาลตำบลคอแลน และ เทศบาลตำบลบุญทริก โดยศูนย์กลางประชากรที่ใกล้ที่สุดซึ่งอยู่ติดกับตำบลคำเขื่อนแก้ว คือ เทศบาลตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อยมีประชากรเพิ่มจาก 7,309 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 8,853 คนในปี พ.ศ.2614 ส่วนศูนย์กลางประชากรที่มีประชากรมากที่สุดคือ เทศบาลเมืองพินุลมังสาหารมีประชากรเพิ่มจาก 11,108 คน ในปี พ.ศ.2554 เป็น 13,455 คนในปี พ.ศ.2614 โดยอยู่ห่างออกมาประมาณ 21 กิโลเมตรดังภาพที่ 5.16

5.4.3 **การคาดประมาณประชากรชั่วคราว** ภายในรัศมี 5, 32 และ 50 กิโลเมตร เมื่อใช้อัตราการเจริญเติบโต(%R) เดียวกันกับประชากรที่มีอยู่จริง มีรายละเอียดดังนี้

(1) **พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธูลี** จะเห็นได้ว่า มีนักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นจาก 26,150 คนในปี พ.ศ. 2554 เป็น 42,432 คนในปี พ.ศ. 2614 ดังแสดงในตารางที่ 5.17

(2) **พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร** จะเห็นได้ว่า มีนักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นจาก 35,369 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 42,842 คนในปี พ.ศ.2614 ดังแสดงในตารางที่ 5.17

5.4.4 ความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยจากการคาดประมาณประชากร โดยคิดรวมประชากรที่มีอยู่จริงกับประชากรชั่วคราว ภายในรัศมี 5, 32 และ 50 กิโลเมตร มีรายละเอียดดังนี้

(1) **พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธูลี** จากตารางที่ 5.18 พบว่ามีความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 99.55 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 161.54 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 5 กิโลเมตร และเพิ่มขึ้นจาก 81.36 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 132.04 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 32 กิโลเมตรและเพิ่มขึ้นจาก 78.18 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 128.13 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 50 กิโลเมตร

(2) **พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร** จากตารางที่ 5.18 พบว่ามีความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 85.38 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 103.42 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 5 กิโลเมตร และเพิ่มขึ้นจาก 133.61 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 161.86 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 32 กิโลเมตรและเพิ่มขึ้นจาก 97.40 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 100.47 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 50 กิโลเมตร

ทั้งนี้ได้สรุปเปรียบเทียบจำนวนประชากรต่างๆ ภายในพื้นที่ศึกษาจากการคาดประมาณประชากร ตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 ถึง พ.ศ.2614 ได้แก่ ประชากรที่มีอยู่จริง ศูนย์กลางประชากร ประชากรชั่วคราว และความหนาแน่นประชากรที่รวมประชากรที่มีอยู่จริงและประชากรชั่วคราว ดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.13 จำนวนและอัตราการเจริญเติบโต(%R) ของประชากรภายในพื้นที่ศึกษา 50 กิโลเมตร ตั้งแต่ พ.ศ.2544-2554

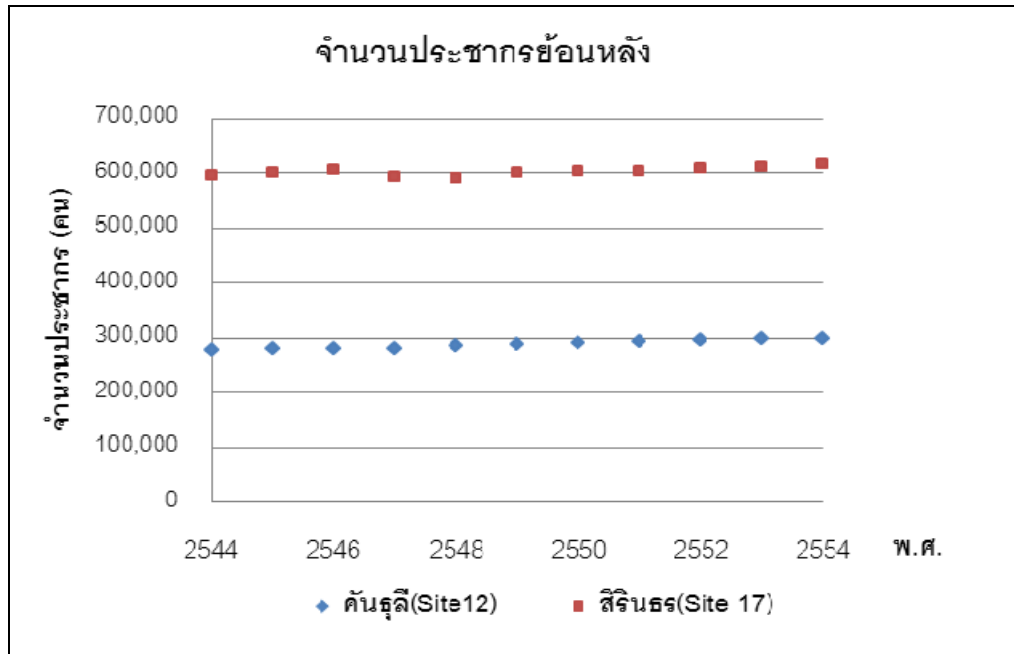
รายการ	จำนวนประชากรภายในพื้นที่ศึกษาปี พ.ศ.2544-2554											% R
	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	
คันธุลี (Site 12)	276,586	280,271	279,953	281,517	286,390	288,715	290,362	293,771	296,913	298,674	299,855	0.81
%การเปลี่ยนแปลง		1.33	-0.11	0.56	1.73	0.81	0.57	1.17	1.07	0.59	0.40	
ในเขตเทศบาล	39,691	40,705	40,807	45,125	47,136	47,343	48,037	48,081	47,956	47,815	47,750	
นอกเขตเทศบาล	236,895	239,566	239,146	236,392	239,254	241,372	242,325	245,690	248,957	250,859	252,105	
สิรินธร (Site 17)	597,054	601,192	606,397	592,879	591,527	602,087	603,718	604,379	608,459	613,205	616,515	0.32
%การเปลี่ยนแปลง		0.69	0.87	-2.23	-0.23	1.79	0.27	0.11	0.68	0.78	0.54	
ในเขตเทศบาล	514,374	518,132	523,169	509,459	510,262	518,259	513,221	512,565	516,444	520,926	523,805	
นอกเขตเทศบาล	82,680	83,060	83,228	83,420	81,265	83,828	90,497	91,814	92,015	92,279	92,710	

หมายเหตุ : อัตราการเจริญเติบโต (%R) = $[\text{Ln}(P_n/P_o) / t] \times 100$

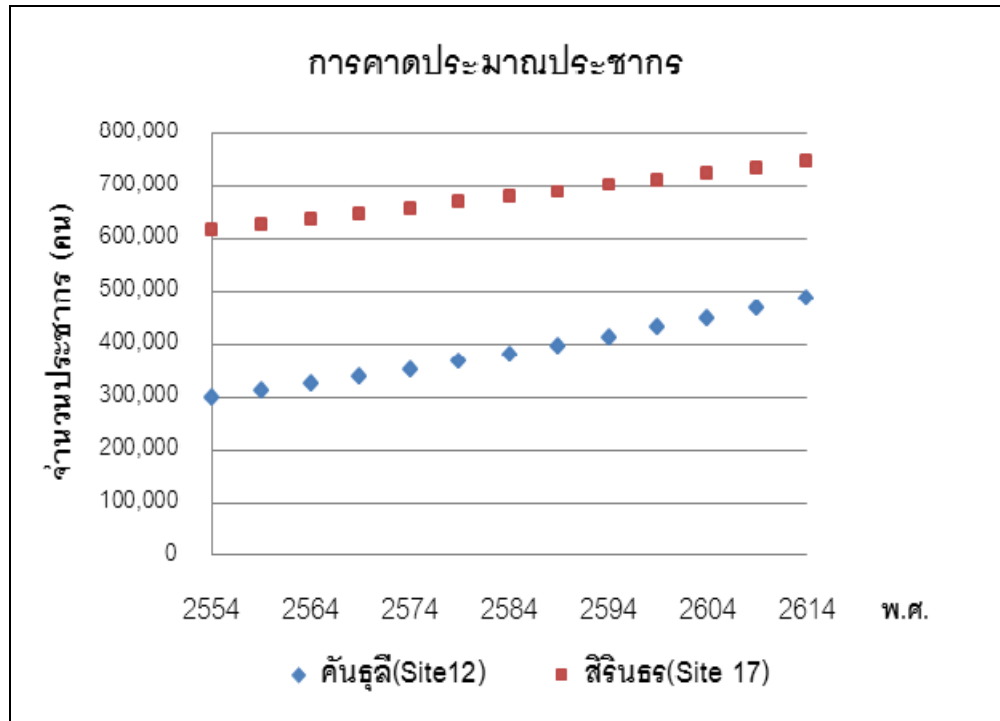
เมื่อ P_n = จำนวนประชากร ปี พ.ศ. 2554 , P_o = จำนวนประชากร ปี พ.ศ. 2544 , t = ระยะห่างระหว่างปีฐานถึงปีปัจจุบัน (ปี) และ $\text{Ln} = \log_e$

ตารางที่ 5.14 การคาดประมาณประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 5 และ 10 กิโลเมตรของพื้นที่ศึกษา [หน่วย คน]

รายการ	2554	R	2559	2569	2579	2589	2599	2609	2614
พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี (Site 12)									
5 กม.	4,470	0.0081	4,654	5,045	5,469	5,928	6,426	6,966	7,253
10 กม.	6,178		6,432	6,973	7,559	8,194	8,882	9,628	10,025
พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธร (Site 17)									
5 กม.	3,860	0.0032	3,922	4,049	4,181	4,317	4,457	4,602	4,676
10 กม.	19,745		20,063	20,714	21,387	22,081	22,798	23,538	23,917



ภาพที่ 5.9 จำนวนประชากรย้อนหลัง 10 ปีภายในพื้นที่ศึกษา 50 กิโลเมตรตั้งแต่ พ.ศ. 2544 - 2554



ภาพที่ 5.10 จำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษา 50 กิโลเมตรจากการคาดประมาณประชากรตั้งแต่ พ.ศ. 2554 – 2614

ตารางที่ 5.15 การคาดประมาณจำนวนประชากรของคันทูเลียภายในรัศมี 50 กิโลเมตร

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี 2614			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี(คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.			
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน		
ระนอง	ละอุ่น	โนวงเหนือ		2,051		2,051			27.02		554	28.90		70.97					
		โนวงใต้		1,934		1,934			86.66		1,676	19.07		101.42					
		ละอุ่นเหนือ		1,723		1,723			11.02		190	175.57		9.82					
	กะเปอร์	เขี้ยวเหล็ก		3,127		3,127			2.94		92	88.39		35.37					
		บ้านนา		5,312		5,312			48.01		2,551	72.69		73.08					
ชุมพร	สวี	เขาค่าย		11,978		11,978			1.55		186	104.68		114.43					
	ทุ่งตะโก	ทุ่งตะไคร	ทต.ทุ่งตะไคร		9,489	9,489			53.43		5,070	36.89	36.89	257.23	257.23	52.93	5,023		
		ตะโก			14,237	14,237			98.68		14,049	126.10		112.90					
		ช่องไม้แก้ว			9,327	9,327			55.89		5,213	84.73		110.08					
		ปากตะโก	ทต.ปากตะโก		6,958	6,958			57.01		3,967	42.21	42.21	164.84	164.84	57.01	3,967		
	หลังสวน	ชั้นเงิน	ทม.หลังสวน		753	11,284	12,037		100.00	100.00	12,037	12,037	10.53		1,143.08		100.00	11,284	
		พ้อแดง			3,354	446	3,800		100.00	100.00	3,800	3,800	11.53		329.59		100.00	446	
		แหลมทราย			5,189	901	6,090		66.67	100.00	4,060	6,090	17.36	14.71	350.79	1265.58	100.00	901	
		วังตะกอก			12,131	276	12,407		2.62	100.00	325	12,407	126.27		98.25		100.00	276	
		หลังสวน				5,713	5,713		100.00	100.00	5,713	5,713	1.05		5,441.19		100.00	5,713	
		ท่ามะปลา				5,116		5,116		97.12	100.00	4,969	5,116	16.06		318.56			
		นาขา				12,987		12,987			100.00		12,987	82.63		157.18			
นาพญา					8,512		8,512		100.00	100.00	8,512	8,512	67.23		126.61				
บ้านควน			13,229		13,229		100.00	100.00	13,229	13,229	115.29		114.75						

ตารางที่ 5.15 การคาดประมาณจำนวนประชากรของคันทูเลียภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี 2614			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี(คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.		
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน	
ชุมพร (ต่อ)	หลังสวน	บางมะพร้าว		7,503		7,503		100.00	100.00	7,503	7,503	30.79		243.68				
		บางน้ำจืด		8,040		8,040		4.17	100.00	335	8,040	49.44		162.62				
		หาดยาย		10,506		10,506		64.30	100.00	6,756	10,506	61.12		171.90				
		หลังสวน	ทต.ปากน้ำหลังสวน	11,092	11,092		100.00	100.00	11,092	11,092	6.14	6.14	1,806.55	6.14	100.00	11,092		
	พะโต๊ะ	พะโต๊ะ	ทต.พะโต๊ะ	11,594	2,517	14,110		3.53	90.77	498	12,808	407.07	4.2	34.66	599.21	100.00	2,517	
		ปากทรง		7,837		7,837			46.10		3,613	248.03		31.60				
		ปังหวาน		8,373		8,373		28.28	100.00	2,368	8,373	157.44		53.18				
		พระรักษ์		7,198		7,198		0.12	100.00	9	7,198	69.66		103.33				
	ละแม	ละแม	ทต.ละแม	18,117	4,735	22,851		100.00	100.00	22,851	22,851	195.94	5.71	116.62	829.21	100.00	4,735	
		ทุ่งหลวง		8,167		8,167		100.00	100.00	8,167	8,167	45.75		178.51				
		สวนแดง		7,045		7,045	17.72	100.00	82.28	7,045	7,045	56.17		125.43				
		ทุ่งควาวัด		8,595		8,595		100.00	100.00	8,595	8,595	45.72		187.99				
	สุราษฎร์ธานี	ท่าชนะ	ท่าชนะ	ทต.ท่าชนะ	8,339	2,776	11,115		100.00	100.00	11,115	11,115	34.49	7.31	322.27	672.13	100.00	2,776
สมอทอง				7,923	2,137	10,060		100.00	100.00	10,060	10,060	146.92	68.47		100.00		2,137	
ประสงค์				32,670		32,670		97.58	100.00	31,879	32,670	179.20		182.31				
คันทูเลีย				13,398		13,398	18.43	100.00	81.57	13,398	13,398	189.63		70.65				
วัง				5,783		5,783		100.00	100.00	5,783	5,783	41.23		140.26				
คลองพา				12,888		12,888		97.59	100.00	12,578	12,888	125.50		102.70				

ตารางที่ 5.15 การคาดประมาณจำนวนประชากรของคันทูลีภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี 2614			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี(คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.	
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน
สุราษฎร์ธานี (ต่อ)	ไชยา	ตลาดไชยา	ทต.ตลาด	258	7,657	7,915		61.79	100.00	4,891	7,915	10.61	11.11	746.01	782.10	100.00	7,657
		เลม็ด	ไชยา	7,451	1,032	8,483			100.00		8,483	29.72		285.43		100.00	1,032
		เวียง		5,723		5,723		44.95	100.00	2,572	5,723	23.62		242.29			
		ทุ่ง		8,060		8,060		87.39	100.00	7,043	8,060	41.09		196.14			
		ป่าเว		8,241		8,241		100.00	100.00	8,241	8,241	73.04		112.83			
		ตะกรบ		5,952		5,952		99.39	100.00	5,915	5,952	41.81		142.35			
		โมถ่าย		7,045		7,045		32.38	100.00	2,281	7,045	72.88		96.67			
		ปากหมาก		16,426		16,426		30.92	100.00	5,079	16,426	611.48		26.86			
		ไชยา	ทต.พุมเรียง		12,280	12,280		7.70	92.51	946	11,360	35.77	35.77	343.30	343.30	100.00	12,280
	ท่าฉาง	ท่าเคย		10,002		10,002			55.65		5,566	32.96		138.22			
		คลองไทร		8,705		8,705			100.00		8,705	72.36		264.12			
		ท่าฉาง	ทต.ท่าฉาง	4,513	3,688	8,201		11.20		918	84.09	9.23	97.52	831.70	100.00	3,688	
		เขาถ่าน		3,860	3,988	7,849		100.00		7,849	69.50		112.93		100.00	3,988	
		เสวีียด		8,238		8,238			100.00		8,238	128.79		63.96			
		ปากจลุย		10,171		10,171			57.04		5,801	726.31		14.00			
	รวม				399,582	86,969	486,551				249,647	431,427					79,512

หมายเหตุ : ทต. คือ เทศบาลตำบล และ ทม. คือ เทศบาลเมือง

ที่มา : ขนาดพื้นที่จากขอบเขตการปกครองต่างๆ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550 และขอบเขตเทศบาล สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553

ตารางที่ 5.16 การคาดประมาณจำนวนประชากรของสิรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี 2614			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี(คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.	
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน
อุบลราชธานี	สิรินธร	คำเขื่อนแก้ว		12,270		12,270	26.39				12,270	128.02		95.85			
		นิคมฯ ลำโดมน้อย	ทต.นิคมฯ ลำโดมน้อย		8,853	8,853	49.28				8,853	54.38	54.38	170.26	170.26	100.00	8,853
		ช่องเม็ก	ทต.ช่องเม็ก	6,629	4,206	10,835	9.26				10,835	145.00	12.31	74.72	341.64	100.00	4,206
		คันไร่		13,638		13,638			100.00		11,259	101.30		134.63			
		ฝางคำ		4,304		4,304			100.00		3,553	26.57		161.98			
		โนนก่อ		12,217		12,217			100.00		10,086	316.00		38.66			
	โขงเจียม	โขงเจียม	ทต.บ้านด่าน	7,070	3,272	10,342		99.96	99.96	10,338	8,535	117.40	1.55	88.09	2,110.79	100.00	3,272
		หนองแสงใหญ่		6,470		6,470		100.00	100.00	6,470	5,341	65.35		99.00			
		ห้วยไผ่		6,634		6,634		99.51	100.00	6,602	5,477	127.70		51.95			
	พิบูลมังสาหาร	ห้วยยาง		9,763		9,763		80.45	100.00	7,854	8,060	148.30		65.83			
		นาโพธิ์กลาง		8,999		8,999		1.64	92.05	148	6,838	259.00		34.74			
		ระเว		10,003		10,003		100.00	100.00	10,003	8,258	77.33		129.35			
		โพธิ์ศรี		15,023		15,023		100.00	100.00	15,023	12,402	57.87		259.59			
		ทรายมูล		7,154		7,154		100.00	100.00	7,154	5,906	41.50		172.38			
		โพธิ์ไทร		13,949		13,949		99.32	100.00	13,854	14,536	88.78		157.12			
		พิบูล	ทต.พิบูลฯ		13,455	13,455		100.00	100.00	13,455	11,108	3.05	3.05	4,411.51	4,411.51	100.00	13,455
		กุดขมภู		17,383		17,383		100.00	100.00	17,383	14,351	65.51		265.35			
		ดอนจิก		17,157		17,157		100.00	100.00	17,157	14,164	109.50		156.68			
	ไร่ใต้		9,564		9,564		30.01	100.00	2,870	7,896	105.30		90.83				

ตารางที่ 5.16 การคาดประมาณจำนวนประชากรของสิรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี 2614			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี (คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.		
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน	
อุบลราชธานี (ต่อ)	พิบูลมังสาหาร (ต่อ)	นาโพธิ์		9,922		9,922		19.28	100.00	1,913	8,191	104.80		94.67				
		หนองบัวสี		12,877		12,877		82.30	100.00	10,598	10,631	77.41		166.35				
		อ่างศิลา	ทต.อ่างศิลา	5,510	4,060	9,570		98.62	100.00	9,438	7,901	53.17	4.10	180.00	990.31	100.00	4,060	
		โนนกลาง		9,131		9,131		100.00	100.00	9,131	7,538	69.82		130.78				
		โนนกาหลง		5,738		5,738		100.00	100.00	5,738	4,737	45.68		125.61				
		บ้านเขม		6,256		6,256		98.30	100.00	6,150	5,165	49.63		126.06				
	ตาลชุม	สำโรง		4,793		4,793		77.89	100.00	3,733	3,957	56.34		85.07				
		ตาลชุม	ทต.ตาลชุม		6,637	6,637		39.44	100.00	2,618	5,479	48.57	3.84	136.64	1,728.31	100.00	6,637	
		หนองกุง		4,930		4,930		0.13	100.00	6	4,930	49.06		100.49				
		คำหว้า		4,523		4,523			100.00		3,734	39.00		115.97				
		จิกเทิง		6,376		6,376			100.00		5,264	36.11		176.58				
		นาคาย		7,497		7,497			100.00		6,189	82.25		91.15				
	โพธิ์ไทร	เหล่างาม		6,845		6,845			5.58		315	134.10		51.04				
	สว่างวีระวงศ์	แก่งโตม		6,707		6,707		11.92	100.00	799	5,537	72.56		92.43				
		สว่าง		9,495		9,495		20.86	100.00	1,981	7,839	71.77		132.30				
		บึงมะแลง		8,538		8,538			100.00		7,049	44.11		193.57				
		ท่าช้าง		12,148		12,148			83.37		8,361	76.13		159.57				

ตารางที่ 5.16 การคาดประมาณจำนวนประชากรของสิรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี 2614			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี (คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาลในรัศมี 50 กม.	
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน
อุบลราชธานี (ต่อ)	วารินชำราบ	คำขวาง	ทต.คำขวาง		9,235	9,235			4.77		441	54.38	54.38	169.82	169.82	4.77	441
		โพธิ์ใหญ่		9,243		9,243			23.45		1,789	62.75		147.31			
		บึงใหม่		10,148		10,148			19.99		1,675	20.09		505.14			
	ศรีเมืองใหม่	คำไหล			11,999		11,999		82.10	100.00	9,851	9,906	122.40		98.03		
		วาริน			6,791		6,791		73.40	100.00	4,984	5,606	53.69		126.48		
		ดอนใหญ่			5,270		5,270		99.17	100.00	5,227	4,351	28.59		184.34		
		นาคำ	ทต.ศรีเมืองใหม่	10,652	5,125	15,777		0.89	100.00	140	13,025	80.04	5.11	197.12	1,002.94	100.00	5,125
		แก้งกอก			5,587		5,587		1.24	100.00	69	4,612	45.09		123.90		
		เอือดใหญ่			4,518		4,518			100.00		3,730	17.13		263.76		
		ลาดควาย			5,755		5,755			100.00		4,751	81.73		70.41		
		หนามแท่ง			9,477		9,477			57.73		4,517	277.40		34.16		
		นาเลน			4,502		4,502			52.31		1,944	101.80		44.23		
		สงยาง			7,655		7,655			57.89		3,659	109.10		70.17		
	ตะบ้าย			5,303		5,303			56.75		2,485	30.24		175.37			
	นาเขีย	นาเขีย	ทต.นาเขีย		6,609	8,148	14,757		98.89			12,048	83.69	4.82	176.33	1,690.54	100.00
นาดี				8,918		8,918					6,366	94.85		94.02			
นาเรือ				7,770		7,770			79.87		5,124	69.33		112.08			

ตารางที่ 5.16 การคาดประมาณจำนวนประชากรของสิรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี 2614			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี (คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาล ในรัศมี 50 กม.		
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน	
อุบลราชธานี (ต่อ)	เดชอุดม	กุดประทาย	ทต.กุดประทาย		16,038	16,038		0.50	100.00	80	13,240	163.70	163.83	97.97	97.89	100.00	13,240	
		คำครั่ง		7,672		7,672			100.00		6,334	69.92		109.73				
		โพนงาม	ทต.โพนงาม		10,693	10,693			72.61		6,410	34.56	34.56	309.41	309.41	72.62	6,411	
		เมืองเดช		23,282		23,282			22.51		4,327	82.63		281.77				
		นาสว่าง		6,946		6,946			8.13		466	49.23		141.08				
		กลาง		17,278		17,278			4.63		660	147.10		117.46				
		บัวงาม	ทต.บัวงาม	6,233	8,678	14,911			48.94		6,025	111.50	6.18	133.73	1,404.17	79.96	5,728	
	บุญศรี	บ้านแมด			9,521		9,521		23.71	100.00	2,257	7,860	102.50		92.89			
		นาโพธิ์			10,358		10,358		4.81	100.00	498	8,551	62.39		166.02			
		คอแลน	ทต.คอแลน		14,960		14,960		7.96	100.00	1,191	12,350	238.10	239.86	62.83	62.37	100.00	12,350
		หนองสะโน			19,846		19,846			49.12		8,048	161.50		122.88			
		โพนงาม	ทต.บุญศรี		11,884	2,488	14,372			50.04		5,937	201.80	7.91	71.22	705.03	31.23	777
		บัวงาม			9,069	3,089	12,158			32.60		3,272	40.09		303.26		25.25	780
	ดอนมดแดง	ดอนมดแดง			10,581		10,581			100.00		8,735	52.29		202.35			
		เหล่าแดง			8,670		8,670			81.11		5,806	49.62		174.74			
		ท่าเมือง			7,327		7,327			14.26		863	54.98		133.27			
		คำไฮใหญ่			5,788		5,788			1.52		73	27.77		208.41			

ตารางที่ 5.16 การคาดประมาณจำนวนประชากรของสิรินธรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	เทศบาล	ประชากร ปี 2614			%สัดส่วนพื้นที่ภายในรัศมี			ประชากรภายในรัศมี (คน)		พื้นที่ (กม. ²)		ความหนาแน่น (คน/กม. ²)		เขตเทศบาล ในรัศมี 50 กม.	
				ตำบล	เทศบาล	รวม	5 กม.	32 กม.	50 กม.	32 กม.	50 กม.	รวม	เทศบาล	รวม	เทศบาล	สัดส่วน	คน
อุบลราชธานี (ต่อ)	ตระการพืชผล	ท่าหลวง		4,223		4,223			0.39		14	54.80		77.05			
		ตากแดด		3,754		3,754			64.08		1,986	13.93		269.48			
		ห้วยฝ้ายพัฒนา		6,688		6,688			100.00		5,521	32.99		202.72			
		กุศกร		4,364		4,364			5.43		196	55.89		78.09			
		โคกจาน		6,553		6,553			42.94		2,323	64.60		101.44			
		ตระการ		7,750		7,750			65.97		4,221	97.34		79.62			
	เมืองอุบลราชธานี	กระโสม		7,195		7,195			19.40		1,152	57.51		125.11			
		กุศลลาด		13,152		13,152			31.78		3,451	51.82		253.81			
	รวม				627,848	118,936	746,784				204,715	486,395					

หมายเหตุ : ทต. คือ เทศบาลตำบล และ ทม. คือ เทศบาลเมือง

ที่มา : ขนาดพื้นที่จากขอบเขตการปกครองต่างๆ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550 และขอบเขตเทศบาล สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553

ตารางที่ 5.17 การคาดประมาณประชากรชั่วคราวของพื้นที่ศึกษาภายในรัศมี 50 กิโลเมตร [หน่วย คน]

สถานที่ท่องเที่ยว	2554	R	2559	2569	2579	2589	2599	2609	2614
พื้นที่หมายเลขที่ 12 คันทูลี(Site 12)									
วัดบรมธาตุไชยาราช รวมหาวิหาร	11,850	0.0081	12,338	13,374	14,498	15,716	17,037	18,468	19,228
สวนโมกขพลาราม	9,168		9,545	10,347	11,217	12,159	13,181	14,288	14,876
สวนนายดำ	5,132		5,343	5,792	6,279	6,806	7,378	7,998	8,327
รวม	26,150		27,226	29,514	31,994	34,682	37,595	40,754	42,432
พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร(Site 17)									
เขื่อนสิรินธร	2,359	0.0032	2,397	2,475	2,555	2,638	2,724	2,812	2,857
อุทยานแห่งชาติแก่งตะนะ	5,501		5,590	5,771	5,958	6,152	6,352	6,558	6,663
อุทยานแห่งชาติผาแต้ม	10,059		10,221	10,553	10,895	11,249	11,614	11,991	12,184
อุทยานแห่งชาติแก่งสะพือ	598		608	627	648	669	690	713	724
ด่านตรวจคนเข้าเมืองโขงเจียม	15,850		16,105	16,628	17,168	17,725	18,301	18,895	19,199
วัดถ้ำคูหาสวรรค์	1,002		1,018	1,051	1,085	1,121	1,157	1,194	1,214
รวม	35,369		35,939	37,105	38,310	39,554	40,838	42,163	42,842

หมายเหตุ : เนื่องจากไม่มีข้อมูลของนักท่องเที่ยวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 จึงตั้งสมมติฐานไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนนักท่องเที่ยวจนถึงปี พ.ศ. 2554

ตารางที่ 5.18 สรุปเปรียบเทียบจำนวนประชากรภายในพื้นที่ศึกษาจากการคาดประมาณประชากร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2614

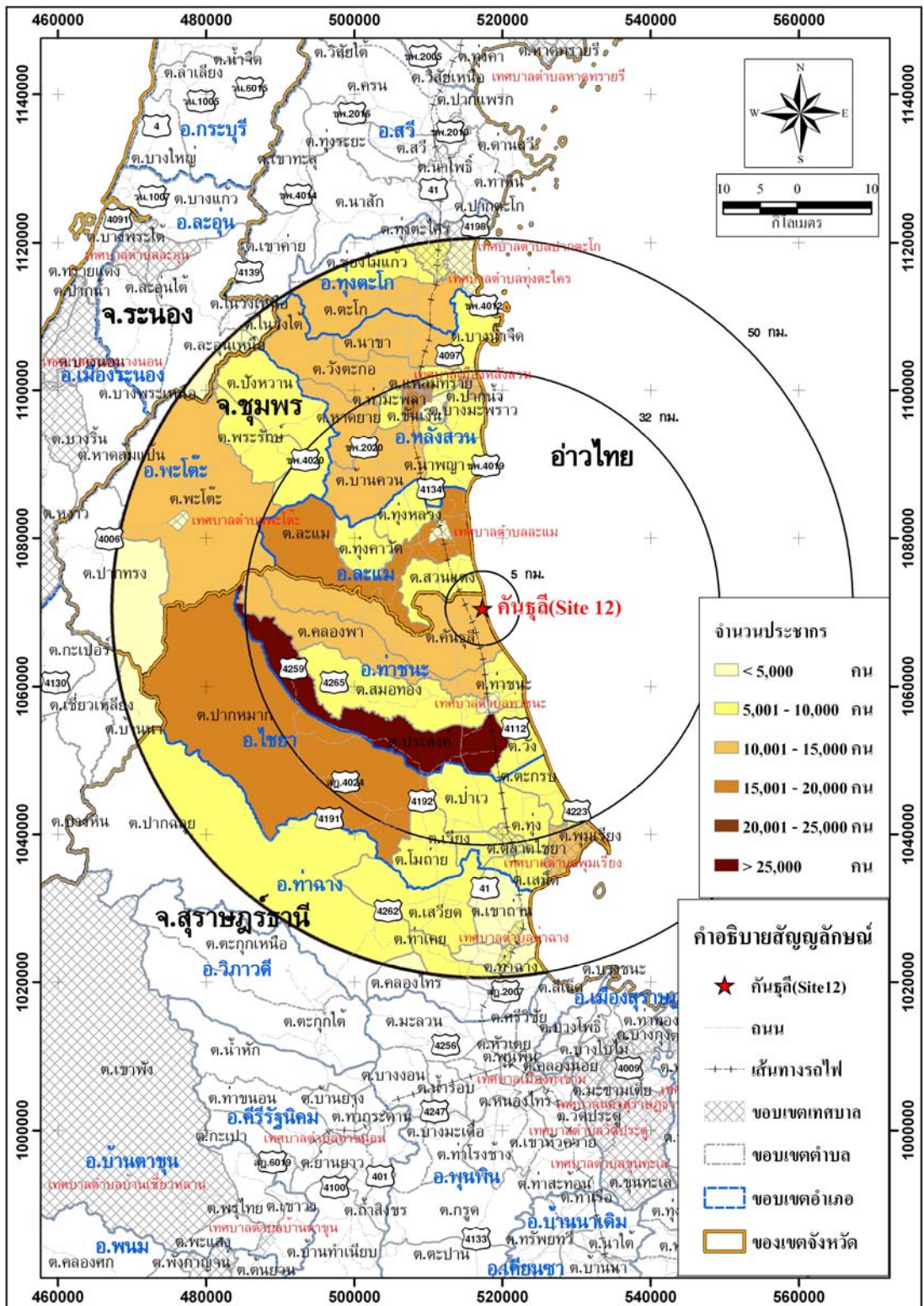
รายการ	หน่วย	คันธุลี (Site 12)	สิรินธร (Site 17)
1. ข้อมูลพื้นที่ศึกษา		อบต.คันธุลี	อบต.คำเขื่อนแก้ว
ขนาดของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด	ตร.กม.	189.63	128.02
จำนวนประชากรรวมทั้งหมด	คน	13,398	12,270
ความหนาแน่นของประชากร	คนต่อ ตร.กม.	70.65	95.84
2. จำนวนประชากรที่มีอยู่จริง			
จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 5 กม. ⁽¹⁾	คน	7,253	4,676
จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 32 กม. ⁽²⁾	คน	249,647	204,715
จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 50 กม. ⁽²⁾	คน	431,427	485,535
3. ศูนย์กลางประชากรในรัศมี 50 กม.	คน	79,512	93,483
4. ประชากรชั่วคราวในรัศมี 50 กม.	คน		
จำนวนประชากรชั่วคราว ในรัศมี 5 กม.	คน	-	2,857
จำนวนประชากรชั่วคราว ในรัศมี 32 กม.	คน	-	39,985
จำนวนประชากรชั่วคราว ในรัศมี 50 กม.	คน	42,432	42,842
5. ขนาดพื้นที่			
ในรัศมี 5 กม.	ตร.กม.	44.90	72.84
ในรัศมี 32 กม.	ตร.กม.	1,890.67	1,511.83
ในรัศมี 50 กม.	ตร.กม.	3,698.13	5,258.87
6. ความหนาแน่นประชากร ⁽³⁾			
ความหนาแน่นประชากรในรัศมี 5 กม.	คนต่อ ตร.กม.	161.54	103.42
ความหนาแน่นประชากรในรัศมี 32 กม.	คนต่อ ตร.กม.	132.04	161.86
ความหนาแน่นประชากรในรัศมี 50 กม.	คนต่อ ตร.กม.	128.13	100.47

หมายเหตุ⁽¹⁾ : คาดประมาณประชากรจากการนำข้อมูลประชากรระดับหมู่บ้านในแผนพัฒนาสามปี พ.ศ. 2555-2557 โดยองค์การบริหารส่วนตำบลหรือเทศบาลตำบล

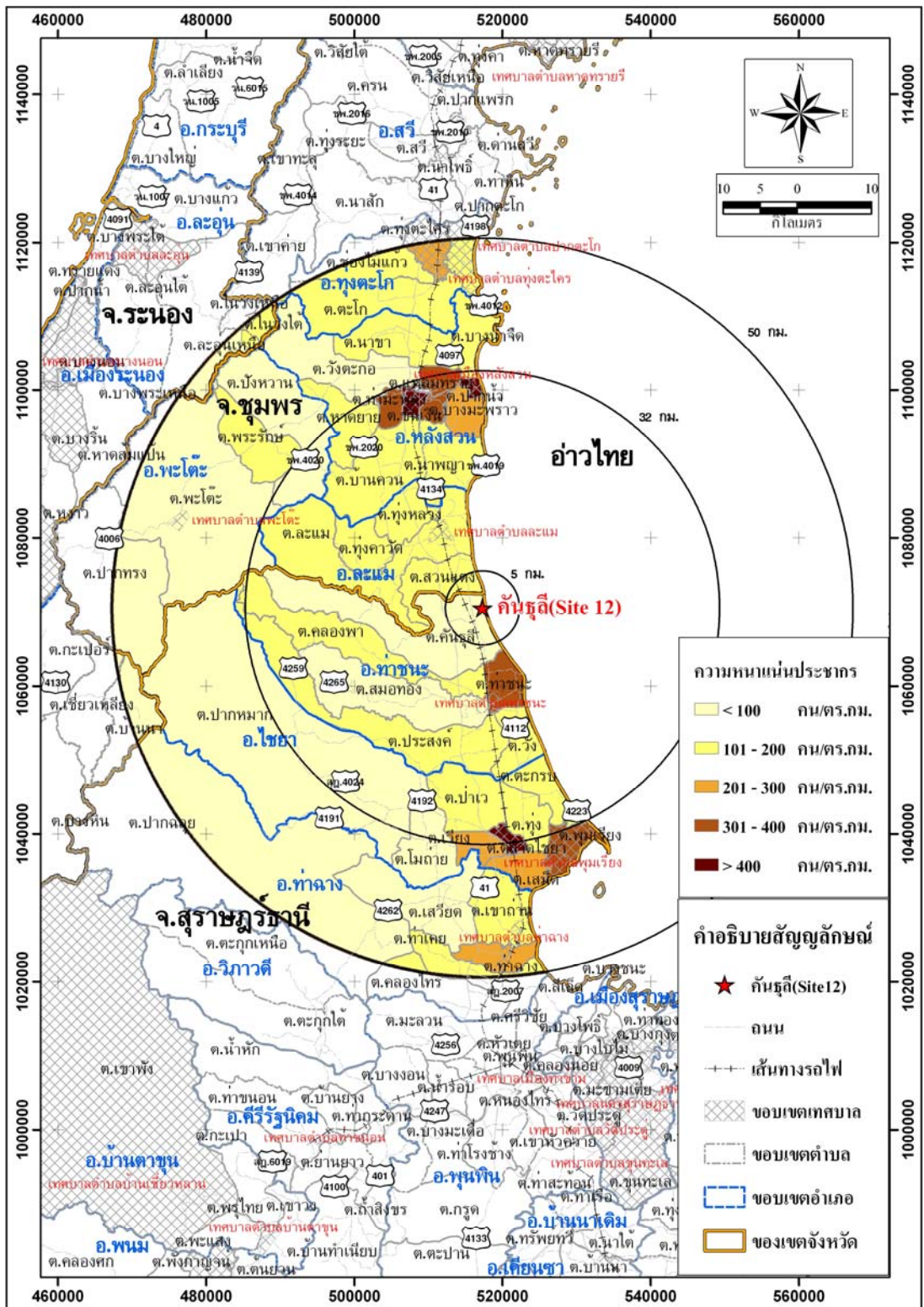
⁽²⁾ : คาดประมาณประชากรจากการนำข้อมูลประชากรระดับตำบลและเทศบาล เมื่อคิดว่ามี การกระจายตัวเท่ากันทุกพื้นที่

⁽³⁾ : ความหนาแน่นของประชากรที่มีอยู่จริงรวมกับประชากรชั่วคราวจากการคาดประมาณประชากร

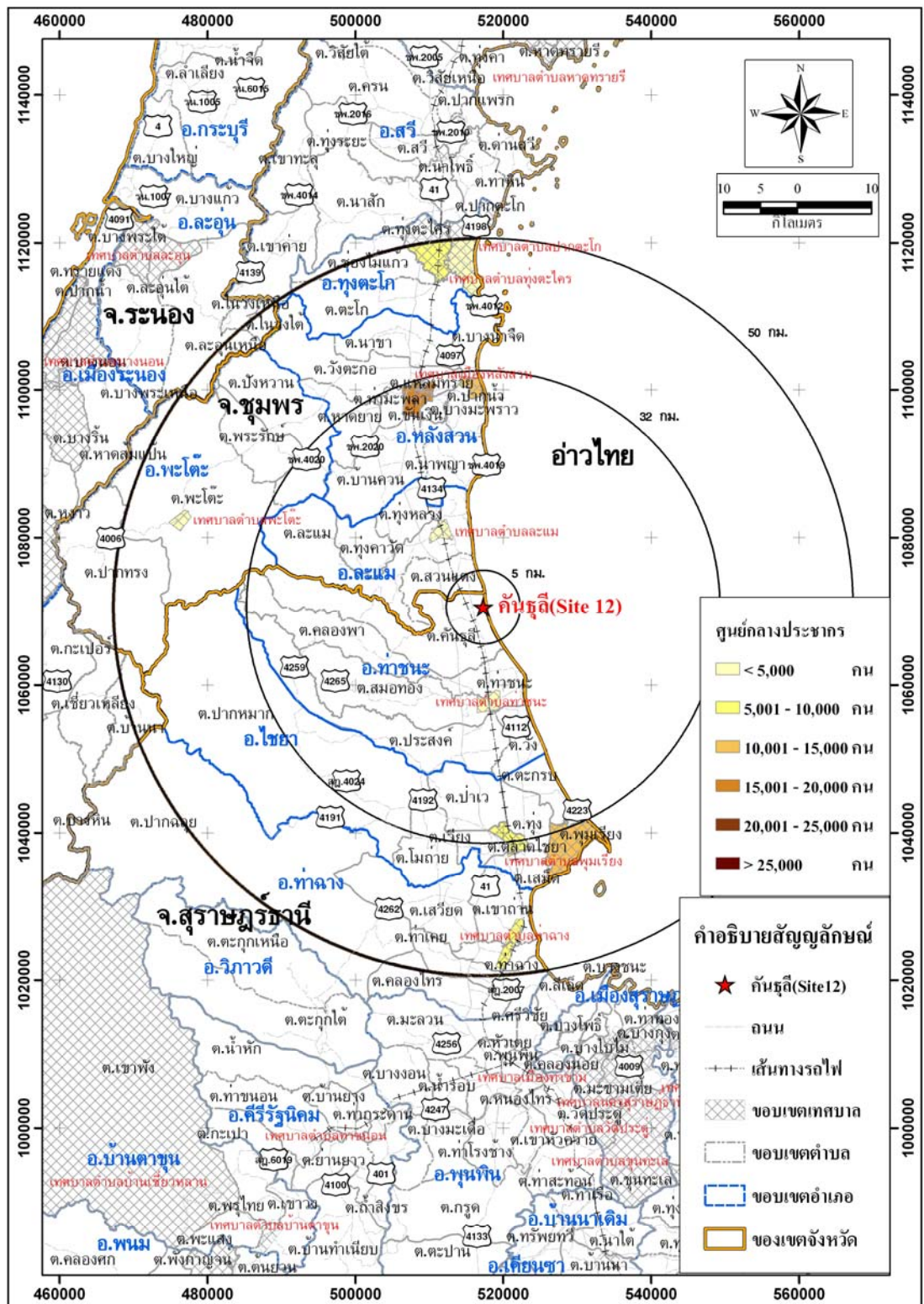
ที่มา : ขนาดพื้นที่จากขอบเขตการปกครอง แผนที่ประเทศไทย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550 และขอบเขตเทศบาลสำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553



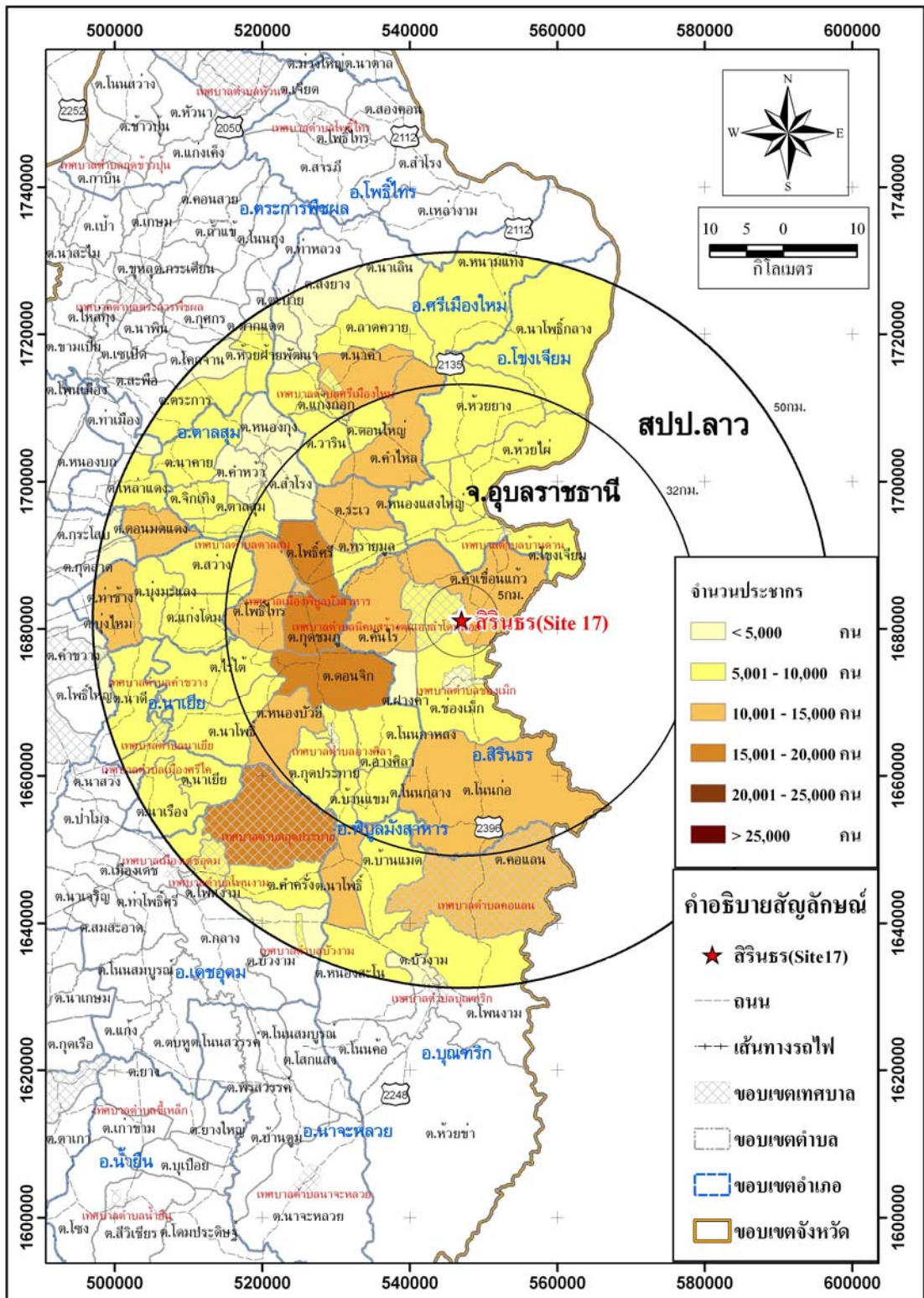
ภาพที่ 5.11 ประชากรที่มีอยู่จริงจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของคันทูลี



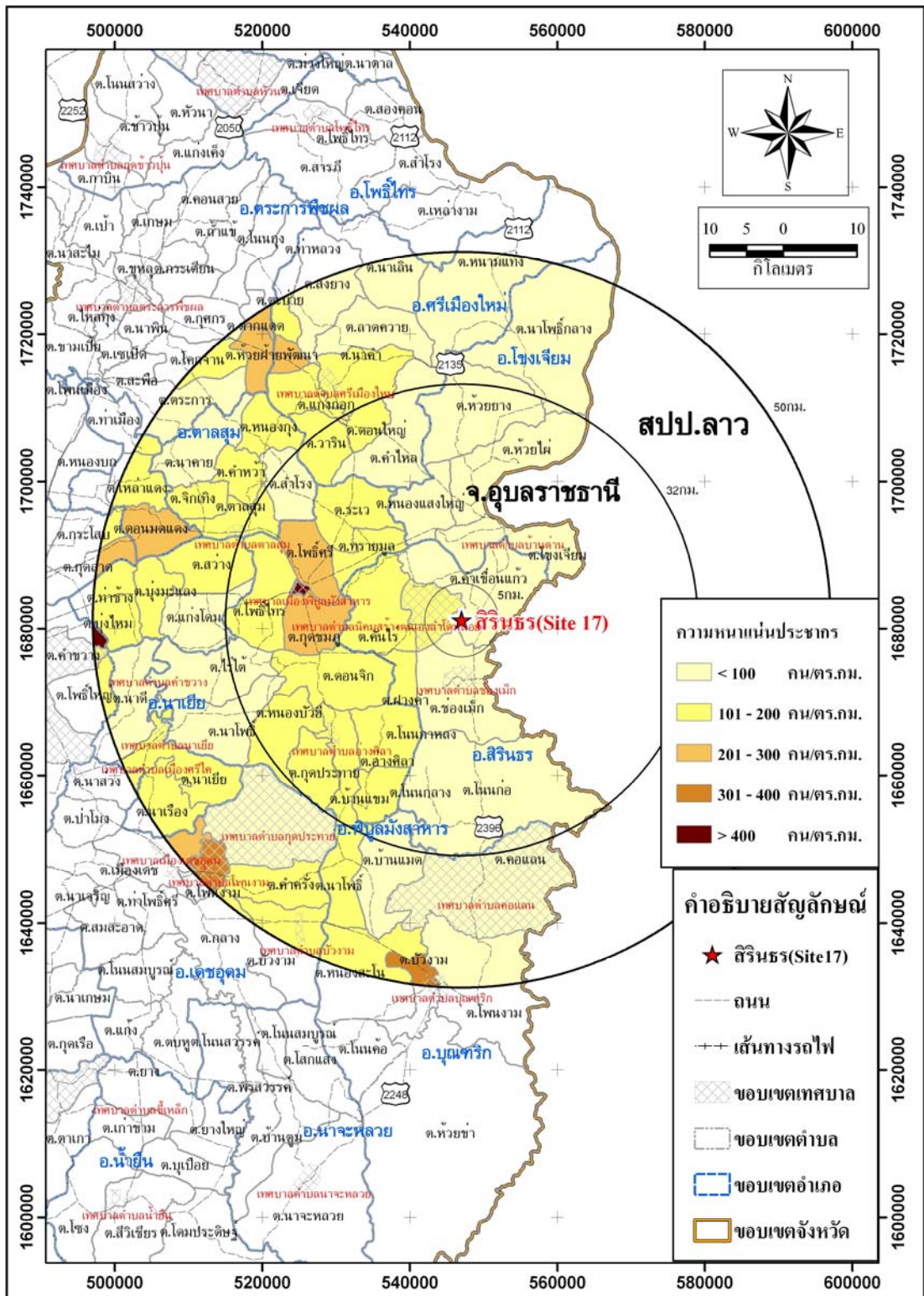
ภาพที่ 5.12 ความหนาแน่นจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของคันทูลี



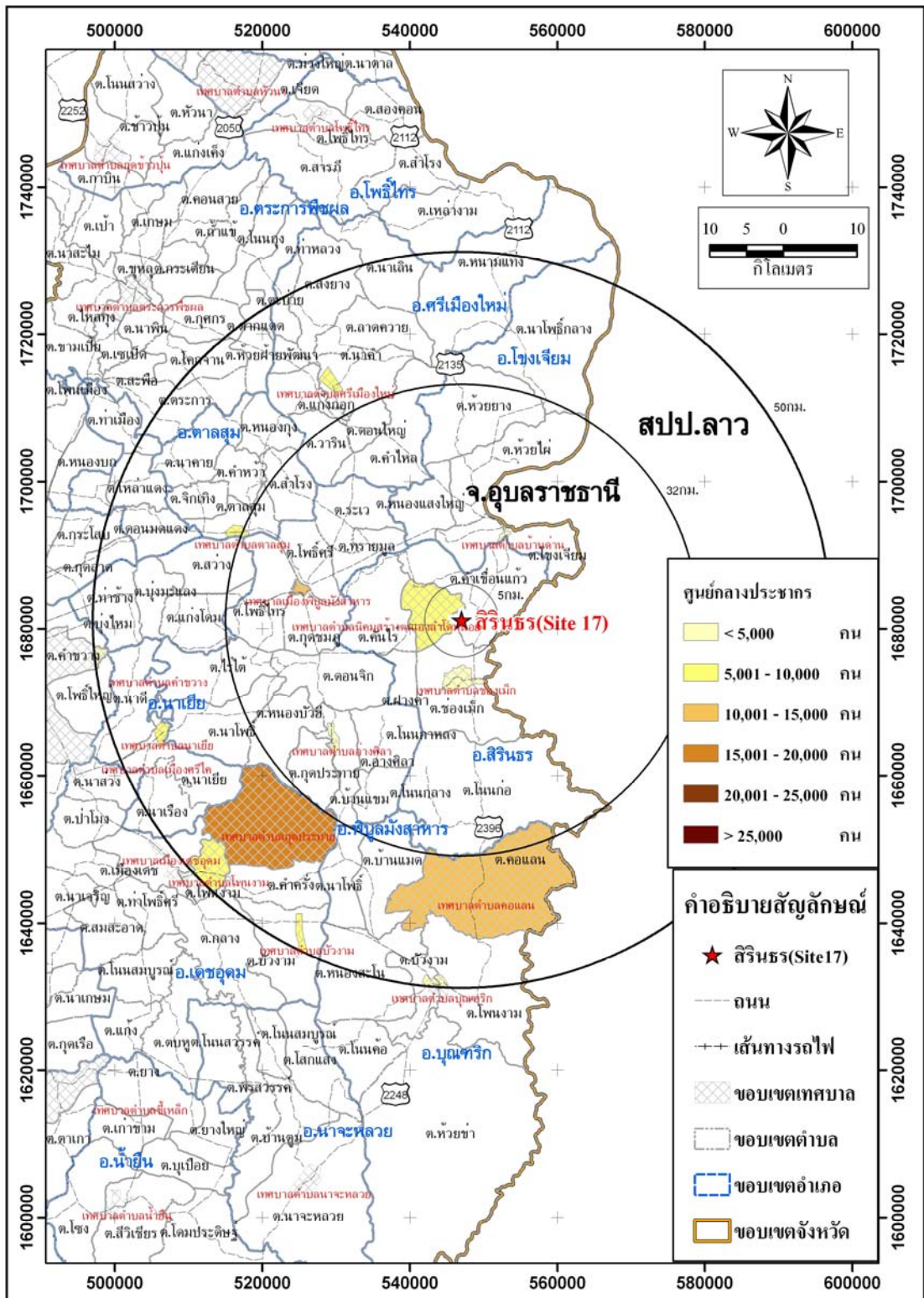
ภาพที่ 5.13 ศูนย์กลางประชากรจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของคันทูลี



ภาพที่ 5.14 ประชากรที่มีอยู่จริงจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของสิรินคร



ภาพที่ 5.15 ความหนาแน่นจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของสิรินธร



ภาพที่ 5.16 ศูนย์กลางประชากรจากการคาดประมาณประชากรเป็นระยะเวลา 60 ปีของสิรินธร

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.1.1 การคำนวณปริมาณรังสีสมมูลทั้งหมดที่ร่างกายได้รับ (TEDE) ณ ขอบเขตพื้นที่ควบคุมตามการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุชั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน (DBA LOCA)

ปริมาณรังสีสมมูลทั้งหมดที่ร่างกายได้รับ (TEDE) ในสมการที่ 2.1 ซึ่งได้มาจากผลรวมของปริมาณรังสีจากกลุ่มควันทันกัมมันตรังสี (D_{EDE}) และปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ (D_{CEDE}) บริเวณขอบเขตพื้นที่ควบคุมในสมการที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ พบว่าเครื่องปฏิกรณ์ที่ส่งผลกระทบต่อทางรังสี ณ ขอบเขตพื้นที่หวงห้ามควบคุมเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ทั้ง 4 ประเภทที่ได้รับการรับรองจาก U.S.NRC ได้แก่ AP-1000, ESBWR, US-APWR และ U.S.EPR มีค่าเท่ากับ 24.6, 20.3, 13.1 และ 12.5 เริ่มตามลำดับสำหรับระยะ EAB ภายในเวลา 2 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ และ 23.7, 21.1, 13.0 และ 10.8 เริ่มตามลำดับสำหรับขอบเขต LPZ ภายในเวลา 720 ชั่วโมงหรือ 30 วันหลังเกิดอุบัติเหตุ ดังข้อมูลสรุปในตารางที่ 5.1 จากสมการการคำนวณปริมาณรังสีข้างต้น จะเห็นว่าไม่มีการคำนึงถึงผลของการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีแต่อย่างใด โดยปริมาณรังสีสมมูลทั้งหมดที่ร่างกายได้รับ (TEDE) ในแต่ละเครื่องปฏิกรณ์ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารกัมมันตรังสีที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Source Term; R_s) แฟกเตอร์การแพร่กระจายในบรรยากาศ (χ/Q) แต่ทั้งนี้จะใช้หลักการเดียวกันตามกฎเกณฑ์ใหม่ของ U.S.NRC ในการวิเคราะห์หาปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับ ณ ขอบเขตพื้นที่ควบคุมรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.5

6.1.2 การประเมินหาขอบเขตพื้นที่ควบคุม

การประเมินหาขอบเขตพื้นที่ควบคุม ได้แก่ ขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB) และขอบเขตพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) จำเป็นต้องศึกษาสภาพทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ควบคู่กันไปกับการศึกษาการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี เพื่อหาลักษณะความแปรปรวนของสภาพอากาศ สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจาย คือ ความเร็วลม เสถียรภาพบรรยากาศ และความสูงปล่อง

ผลกระทบจากความเร็วลม ถือเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบสูงต่อประชากรรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์กล่าวคือ เมื่อความเร็วลมต่ำจะทำให้สารกัมมันตรังสีถูกเจือจางและแพร่กระจายได้น้อยลง จึงทำให้มีความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีที่ระดับผิวพื้นสูงมากกว่า ซึ่งตรงกับทฤษฎี

ดังแสดงในภาพที่ 2.6 ถึง 2.7 และจากผลการวิเคราะห์ขอบเขตพื้นที่ควบคุมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot ที่ประยุกต์การใช้สมการแก๊สเซียนพลูมจากกรณีที่ 1 ใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด กรณีที่ 1.1 เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความเร็วลม 0.5, 1, 2 และ 4 เมตรต่อวินาที ดังตารางที่ 5.2 และ 5.3 จะเห็นว่าความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาทีส่งผลให้เกิดปริมาณรังสี TEDE มากที่สุด และทำให้ระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ได้ไกลที่สุดเมื่อปริมาณรังสีไม่เกิน 25 เร็ม จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการประเมินหาขอบเขตที่พื้นที่ควบคุม

สำหรับผลกระทบจากอุณหภูมิมักใช้วิธีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระดับความสูง ($\Delta T/\Delta Z$) เพื่อหาเสถียรภาพบรรยากาศตาม Regulatory Guide 1.23 [25] พบว่าเสถียรภาพบรรยากาศแบบเสถียรมีผลทำให้ตำแหน่งที่เกิดความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีที่ระดับผิวพื้นอยู่ไกลจากที่ตั้งโรงไฟฟ้ามากขึ้นจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการประเมินหาขอบเขตที่พื้นที่ควบคุม ดังผลการวิเคราะห์จากกรณีที่ 1.2 เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพบรรยากาศระดับ A, C และ F ดังตารางที่ 5.4 และ 5.5 จะเห็นว่า เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F ซึ่งมีความเสถียรมากกว่าจึงทำให้ระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมและเกิดปริมาณรังสี TEDE ได้มากที่สุดไม่เกิน 25 เร็ม ไกลมากกว่าเสถียรภาพบรรยากาศแบบไม่เสถียร (ระดับ A และ C) ก่อนตกกระทบสู่ผิวพื้น ซึ่งตรงกับทฤษฎีดังแสดงในภาพที่ 2.16 แม้ว่าจะเกิด Maximum TEDE น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเสถียรภาพบรรยากาศแบบไม่เสถียรแต่ทั้งนี้ระยะทางที่เกิด Maximum TEDE มีค่าประมาณ 470-490 เมตร ซึ่งจะถูกรับควบคุมอยู่ภายในรัศมีขอบเขต EAB อยู่แล้ว

สำหรับผลกระทบของความสูงปล่องเมื่อทำการเปรียบเทียบความสูงปล่องระดับ 10, 60 และ 100 เมตร จะเห็นว่าผลทำให้ความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีที่ระดับผิวพื้นต่ำลงตามลำดับหรือลดลงตามระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ เนื่องจากระดับความสูงทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีได้มากยิ่งขึ้นก่อนตกกระทบลงผิวพื้น ดังนั้นค่าความสูงปล่องหลายๆ จึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้คำนวณรัศมีผลกระทบที่ EAB และ LPZ โดยจะเห็นได้ว่าการใช้ความสูงปล่อง 10 เมตรเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดในการคำนวณหาขอบเขตพื้นที่ควบคุมซึ่งตรงตามหลักเกณฑ์ของ U.S.NRC ในการคำนวณหาแฟคเตอร์การแพร่กระจายในบรรยากาศ (χ/Q) ดังข้อแนะนำ Regulatory Guide 1.145 [26] ทั้งนี้การเกิดความสูงผสม (Mixing Height) ไม่มีนัยสำคัญต่อระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ในทิศทางตามลมและการเกิดปริมาณรังสี TEDE

ผลการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Hotspot จากกรณีที่ 1 เพื่อหาขอบเขตพื้นที่ควบคุมจากการใช้ระยะทางที่พลูมเคลื่อนที่ได้มากที่สุด ในทิศทางตามลมสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ AP-1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR แสดงผลการวิเคราะห์ขอบเขตพื้นที่ควบคุมด้วยโปรแกรม Hotspot ดังตารางที่ 5.6 พบว่า รัศมีขอบเขต EAB ภายหลังการเกิดอุบัติเหตุ LOCA 2

ชั่วโมง สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 และ US-APWR คือ 1,300 และ 850 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 910 และ 700 เมตรเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าเพียง 12 เร็มเท่านั้น สำหรับรัศมีขอบเขต LPZ ภายหลังจากเกิดอุบัติเหตุ LOCA 30 วัน สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ AP1000, US-APWR, U.S.EPR และ ESBWR มีค่า 2,200, 2,700, 3,200 และ 4,500 เมตรตามลำดับเมื่อปริมาณรังสี TEDE มีค่าไม่เกิน 25 เร็ม ทั้งนี้ได้นำขอบเขตพื้นที่ที่ควบคุมมาวิเคราะห์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS) ดังแสดงรัศมีผลกระทบ EAB และ LPZ ในภาพที่ 5.1 ถึง 5.4 และภาพที่ 5.5 ถึง 5.8 พร้อมแสดงรายละเอียดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตาม TEDE Contour Line ภายใน 2 ชั่วโมงและ 30 วันดังตารางที่ 5.9 ถึง 5.10 รวมถึงภาพที่ ฉ.1 ถึง ฉ.8 และ ภาพที่ ฉ.9 ถึง ฉ.16 สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันดูลีและพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินครตามลำดับ

จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตาม TEDE Contour Line กับกรณี ที่ 2 ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาภาคพื้นที่ยุคที่ใกล้ที่สุด ซึ่งใช้การเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยาอายุคาบ 31 ปี (พ.ศ. 2524-2554) ในการวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ดังแสดงข้อมูลแผนภูมิลมในภาพที่ 3.24 สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันดูลีใช้ทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นทิศทางลมหลักและทิศทางลมรองด้วยความเร็วลม 0.75 และ 0.92 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ส่วนพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร ใช้ทิศเหนือและทิศใต้เป็นทิศทางลมหลักและทิศทางลมรองด้วยความเร็วลม 1.69 และ 1.28 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ทั้งนี้ใช้เสถียรภาพบรรยากาศระดับ F และความสูงปล่อง 10 เมตรเหมือนในกรณีที่ 1 ในการประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบภายใน 2 ชั่วโมงและ 30 วัน ดังแสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้วยโปรแกรม Hotsopt และ ArcGIS ในตารางที่ 5.11 และ 5.12 รวมถึงภาพที่ ฉ.17 ถึง ฉ.24 และ ภาพที่ ฉ.25 ถึง ฉ.32 สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันดูลีและพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินครตามลำดับ พบว่าเกิดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบน้อยมาก ๆ โดยทิศทางลมหลักที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุดสำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันดูลีจะพัดไปออกสู่ทะเลอ่าวไทย สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินครจะพัดลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร ทั้งนี้กรณีที่ 1 จะใช้ทิศทางลมรองเนื่องจากลมจะพัดเข้าสู่แผ่นดินจะเห็นว่า พื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบน้อยกว่าพื้นที่หมายเลขที่ 12 ตามทิศทางลมรอง เนื่องจากลมพัดไปในทิศทางที่ไม่มีหมู่บ้านและสถานที่สำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบขอบเขตพื้นที่ที่ควบคุมที่วิเคราะห์ได้กับขอบเขตจริงของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา [41-48] จากตารางที่ ก.3 พบว่า โรงไฟฟ้านิวเคลียร์รุ่น 3 และ 3+ มีขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB) มีค่าต่ำสุด 692 เมตร (0.43 ไมล์) ซึ่งมากขึ้นเมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์รุ่นที่ 2 ซึ่งมีค่าต่ำสุดเพียง 400 เมตร (0.25 ไมล์) ตรงข้ามกับขอบเขตพื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) จะมีระยะขอบเขตน้อยลง มีค่าต่ำสุดเพียง 2,410 เมตร (1.5 ไมล์) จากเดิมต่ำสุดมีค่า 11,600 เมตร

(7.3 ไมล์) สำหรับประเทศเกาหลี [49] จากตารางที่ ก.4 เครื่องปฏิกรณ์แบบ PWR มีระยะ EAB 700 เมตร เครื่องปฏิกรณ์แบบน้ำมวลหนัก PHWR เทคโนโลยีจากประเทศแคนาดา มีระยะ EAB 914 เมตร (1,000 yards) โดยจะเห็นว่า EAB ลดลงเหลือเพียง 560 เมตรเท่านั้นสำหรับเครื่องปฏิกรณ์รุ่นใหม่ อย่าง OPR-1000 และ APR-1400 ทั้งนี้ข้อมูลสรุปขอบเขตพื้นที่ควบคุมโดย IAEA [36, 51] จากตารางที่ ก.5 พบว่า สำหรับประเทศแคนาดาประเมินระยะ EAB ได้ 1,000 เมตร ประเทศสาธารณรัฐแห่งสหภาพโซเวียตประเมินระยะ EAB ได้ 500 เมตร ประเทศอินเดีย ประเมินระยะ EAB และ LPZ ได้ 1,600 และ 5,000 เมตรตามลำดับ ประเทศอิตาลีประเมินระยะ EAB ได้ระหว่าง 800-1,000 เมตร ประเทศสหภาพโซเวียตประเมินระยะ EAB ได้ 3,000 เมตร โดยที่ประเทศฝรั่งเศส เยอรมัน และญี่ปุ่น ไม่มีการกำหนดวิธีการในประเมินขอบเขต EAB และ LPZ แต่มีเงื่อนไขอื่น ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ประชาชนได้รับผลกระทบจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ตัวอย่างเช่น ประเทศฝรั่งเศสกำหนดไม่ให้มีประชากรหนาแน่นเกินไปในรัศมี 1 กิโลเมตร หรือในประเทศญี่ปุ่นกำหนดไม่ให้มีเขตที่อยู่อาศัยรอบเครื่องปฏิกรณ์ และควบคุมไม่ให้มีประชากรเพิ่มขึ้น โดยระยะทางถึงพื้นที่ประชากรหนาแน่นตามเกณฑ์มาตรฐานต้องไม่เกิน 1 ซีเวิร์ตต่อ 20,000 คน เป็นต้น

เหตุผลที่ขอบเขตพื้นที่ควบคุมของแต่ละประเทศมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น วิธีการในการหาปริมาณต้นกำเนิดสารกัมมันตรังสี (Source Term) เทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ และกำลังการผลิต ซึ่งส่งผลต่อปริมาณ Source Term ที่ปล่อยออก รวมไปถึงสภาพอุตุนิยมวิทยาและสภาพทางภูมิศาสตร์ของสถานที่ตั้งซึ่งส่งผลต่อการแพร่กระจายในบรรยากาศ (Atmospheric Dispersion; χ/Q) หรือเป็นไปตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดในแต่ละประเทศ

6.1.3 การศึกษาด้านประชากรรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

จากการศึกษาด้านประชากรรอบโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในที่ยึดแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยของ IAEA Safety No.50-SG-S4 [36] ซึ่งแบ่งเป็น ประชากรที่มีอยู่จริง ได้แก่ จำนวนประชากรที่มีชื่ออยู่ทะเบียนราษฎร ประชากรชั่วคราว ได้แก่ จำนวนนักท่องเที่ยวตามแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ได้แก่ จำนวนผู้ป่วยในโรงพยาบาลและจำนวนนักโทษในเรือนจำ โดยทำการศึกษาด้านประชากรด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาการกระจายตัวประชากรที่มีอยู่จริง โดยใช้ข้อมูลประชากรระดับตำบลภายในรัศมี 50 กิโลเมตร จากทะเบียนราษฎรย้อนหลังเป็นเวลา 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2544 ถึง พ.ศ. 2554 ดังแสดงในตารางที่ ค.1 ถึง ค.2 เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของประชากรภายในพื้นที่ศึกษา (%R) ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ [38] ในสมการที่ 4.1 โดยการคาดประมาณประชากรตลอดอายุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (60 ปี) พบว่าพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันทูลีและพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธร

มีอัตราการเจริญเติบโต ของประชากรร้อยละ 0.81 และ 0.32 ตามลำดับ โดยทำการคาดประมาณ ประชากรดังแสดงในตารางที่ ค.3 ถึง ค.4 ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องของข้อมูลประชากรใน รัศมี 5 กิโลเมตรจะใช้ข้อมูลประชากรระดับหมู่บ้าน ดังมีรายละเอียดสรุปเปรียบเทียบจำนวน ประชากรภายในพื้นที่ศึกษาทั้งสอง ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่ศึกษา จำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในรัศมี 5, 32 และ 50 กิโลเมตร ศูนย์กลางประชากร และประชากรชั่วคราวในรัศมี 50 กิโลเมตร รวมไปถึง ความหนาแน่นรวมของประชากรที่มีอยู่จริงรวมกับประชากรชั่วคราว ดังแสดงรายละเอียดใน ตารางที่ 3.12 สำหรับข้อมูลด้านประชากรในปี พ.ศ. 2554 และตารางที่ 5.18

สำหรับข้อมูลจากการคาดประมาณประชากรตลอดอายุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ปี พ.ศ. 2614 สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลี พบว่ามีความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ย เพิ่มขึ้นจาก 99.55 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 161.54 คนต่อตารางกิโลเมตรใน ปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 5 กิโลเมตร และเพิ่มขึ้นจาก 81.36 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 132.04 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 32 กิโลเมตรและเพิ่มขึ้น จาก 78.18 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 128.13 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 50 กิโลเมตร สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร พบว่ามีความหนาแน่นของ ประชากรโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 85.38 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 103.42 คนต่อ ตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 5 กิโลเมตร และเพิ่มขึ้นจาก 133.61 คนต่อตาราง กิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 161.86 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 32 กิโลเมตรและเพิ่มขึ้นจาก 97.40 คนต่อตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2554 เป็น 100.47 คนต่อ ตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2614 สำหรับรัศมี 50 กิโลเมตร ทั้งนี้เมื่อเทียบกับข้อมูลความหนาแน่น ของประชากรทั้งประเทศไทย [33] ในปีพ.ศ. 2554 มีค่า 124.88 คนต่อตารางกิโลเมตร ขณะที่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้มีความหนาแน่นของประชากรสูงกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศมี ค่า 127.84 และ 126.87 คนต่อตารางกิโลเมตรตามลำดับ สรุปได้ว่าประชากรรอบพื้นที่ศึกษาทั้ง สองในปี พ.ศ.2554 ส่วนใหญ่มีความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยภายในพื้นที่ศึกษาต่ำกว่า ความหนาแน่นของประชากรทั้งประเทศไทยในปี 2554 ยกเว้นในรัศมี 32 กิโลเมตรสำหรับพื้นที่ หมายเลขที่ 17 สิรินครจะมีความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยสูงกว่าเล็กน้อย โดยอัตราการ เจริญเติบโตของพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลีมีค่ามากกว่าพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร จึงทำให้จำนวน ประชากรจากการคาดประมาณในปี พ.ศ.2614 มีค่าใกล้เคียงกัน

สำหรับศูนย์กลางประชากรในงานวิจัยนี้หมายถึง เทศบาลต่างๆ โดยพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธุลีมีศูนย์กลางประชากรที่ใกล้ที่สุดอยู่ห่างออกมา 10 กิโลเมตรคือ เทศบาลตำบลละแม มีประชากรเพิ่มจาก 2,918 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 4,735 คนในปี พ.ศ.2614 ส่วนศูนย์กลาง

ประชากรที่มีประชากรมากที่สุดคือ เทศบาลเมืองหลังสวนมีประชากรเพิ่มจาก 11,475 คน ในปี พ.ศ. 2554 เป็น 22,587 คนในปี พ.ศ.2614 โดยอยู่ห่างออกมาประมาณ 28 กิโลเมตรดังภาพที่ 5.13 สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินคร ศูนย์กลางประชากรที่ใกล้ที่สุดซึ่งอยู่ติดกับตำบลคำเขื่อนแก้ว คือ เทศบาลตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อยมีประชากรเพิ่มจาก 7,309 คนในปี พ.ศ.2554 เป็น 8,853 คนในปี พ.ศ.2614 ส่วนศูนย์กลางประชากรที่มีประชากรมากที่สุดคือ เทศบาลเมืองพิบูลมังสาหารมีประชากรเพิ่มจาก 11,108 คน ในปี พ.ศ.2554 เป็น 13,455 คนในปี พ.ศ.2614 โดยอยู่ห่างออกมาประมาณ 21 กิโลเมตรดังภาพที่ 5.16 โดยเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองพื้นที่ศึกษาพบว่า ไม่มีศูนย์กลางประชากรเกิน 25,000 คน

6.2 การอภิปรายผลการวิจัย

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีกรอบกฎเกณฑ์หรือกฎหมายเกี่ยวกับการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ สำหรับการประเมินความเหมาะสมเบื้องต้นของสถานที่ตั้งโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยที่ผ่านการคัดเลือกให้เป็นสถานที่ตั้งที่ดีที่สุด กรมศึกษาจังหวัดสุราษฎร์ธานี และอุบลราชธานี จึงทำการประเมินขอบเขตพื้นที่ควบคุมและการกระจายตัวของประชากรตามกฎหมายเกณฑ์ของ U.S.NRC ดังข้อแนะนำ Regulatory Guide 4.7 เรื่อง General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations [24] โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

6.2.1 ขอบเขตพื้นที่หวงห้าม (EAB) ประชาชนต้องได้รับปริมาณรังสี TEDE ไม่เกิน 25 เริ่มภายใน 2 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ โดยภายในขอบเขตนี้ต้องไม่มีการอยู่อาศัย หากมีประชากรบริเวณนี้ต้องเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่ทั้งหมด ทั้งนี้อนุญาตให้มีระบบการขนส่ง เช่น ทางหลวง ทางรถไฟ และทางน้ำ โดยต้องไม่อยู่ใกล้เกินไปจนขัดขวางการดำเนินการและสามารถควบคุมการจราจรได้เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินได้ แต่ต้องไม่รบกวนการดำเนินงานปกติของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จากผลการศึกษา ไม่พบหมู่บ้านและสถานที่สำคัญใดๆ ภายในรัศมีขอบเขต EAB ทั้งสองพื้นที่ศึกษา โดยหมู่บ้านที่อยู่ใกล้ที่สุดสำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันธูลีคือ หมู่บ้านมติมิตรพัฒนาและสถานีนอนามัยคันธูลีอยู่ห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า 1,700 และ 2,100 เมตรตามลำดับ สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินครคือ เขื่อนสิรินธรและหมู่บ้านหัวสะพานอยู่ห่างจากสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า 1,700 และ 2,700 เมตรตามลำดับ ดังนั้นทั้งสองพื้นที่ศึกษาถือว่าผ่านเกณฑ์

6.2.2 พื้นที่ประชากรหนาแน่นน้อย (LPZ) ต้องมีความหนาแน่นของประชากรไม่มากเกินไป เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันที่เหมาะสมกรณีเกิดอุบัติเหตุและสามารถอพยพประชากรบริเวณนี้ได้ทันเวลา จากผลการศึกษา พบว่าเครื่องปฏิกรณ์ที่มีขอบเขตรัศมี LPZ เรียงลำดับจากมากไปหา

น้อยได้แก่ ESBWR, U.S.EPR, US-APWR และ AP-1000 เท่ากับ 4,500, 3,200, 2,700 และ 1,300 เมตรตามลำดับ จะเห็นว่าทั้งสองพื้นที่ศึกษามีความหนาแน่นของประชากรค่อนข้างน้อย โดยสังเกตจากความหนาแน่นของประชากรภายในรัศมี 5 กิโลเมตร ดังนั้นทั้งสองพื้นที่ศึกษาถือว่าเป็นผ่านเกณฑ์

6.2.3 ศูนย์กลางประชากร ระยะทางที่ใกล้ที่สุดถึงขอบเขตศูนย์กลางประชากร 25,000 คน ตลอดอายุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต้องมีค่าอย่างน้อยเป็น 1.33 เท่าของ LPZ จากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันทูลีมีศูนย์กลางประชากรคือเทศบาลเมืองหลังสวนอยู่ห่างออกมาประมาณ 28 กิโลเมตร ในปี พ.ศ.2614 จะมีประชากร 22,587 คน สามารถมีระยะขอบเขต LPZ ได้มากถึง 21.05 กิโลเมตร สำหรับพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธรมีศูนย์กลางประชากรคือเทศบาลเมืองพินบูลมั่งสาหารอยู่ห่างออกมาประมาณ 21 กิโลเมตร ในปี พ.ศ.2614 จะมีประชากร 13,455 คน สามารถมีระยะขอบเขต LPZ ได้มากถึง 15.79 กิโลเมตร ดังนั้นระยะห่างของศูนย์กลางประชากรทั้งสองพื้นที่ศึกษาถือว่าเป็นผ่านเกณฑ์

6.2.4 ความหนาแน่นของประชากร เมื่อรวมประชากรชั่วคราว ตั้งแต่ปีแรกที่มีการอนุมัติโรงไฟฟ้าและถัดมาอีก 5 ปี ในรัศมี 20 ไมล์ (ประมาณ 32 กิโลเมตร) โดยเฉลี่ยต้องไม่เกิน 500 คนต่อตารางไมล์ (2.59 ตารางกิโลเมตร) หรือ 193 คนต่อตารางกิโลเมตร จากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่หมายเลขที่ 12 คันทูลีและพื้นที่หมายเลขที่ 17 สิรินธรมีความหนาแน่นของประชากรที่มีอยู่จริงรวมกับประชากรชั่วคราวตลอดอายุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีค่า 132.04 และ 161.86 คนต่อตารางกิโลเมตร จึงถือว่าเป็นผ่านเกณฑ์ ทั้งนี้เมื่อเทียบกฎเกณฑ์นี้กับข้อมูลความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยทั้งประเทศสหรัฐอเมริกา [52] ตั้งแต่ปี ค.ศ.1960 ถึง ค.ศ. 2010 (พ.ศ. 2553) ทุกๆ 10 ปี มีความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยเท่ากับ 50.6, 57.5, 64.1, 70.4, 79.7 และ 87.4 คนต่อตารางไมล์ ตามลำดับ จะเห็นว่าการกำหนดกฎเกณฑ์ความหนาแน่นของประชากรรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อเทียบกับความหนาแน่นของประชากรทั้งประเทศในปี ค.ศ. 2010 มีค่าน้อยกว่าเกือบ 6 เท่า ดังนั้นหากประเทศไทยประยุกต์ใช้กฎเกณฑ์ด้านการกระจายตัวของประชากรตามแบบประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว จะเห็นว่า ไม่เหมาะสมนักเพราะความหนาแน่นของเฉลี่ยของประชากรทั้งประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 มีค่าสูงถึง 124.88 คนต่อตารางเมตร ซึ่งเข้าใกล้กฎเกณฑ์ของประเทศไทยต้องมีความหนาแน่นไม่เกิน 193 คนต่อตารางกิโลเมตร

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.3.1 ควรทำการเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยาภายในพื้นที่โรงไฟฟ้าเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี ที่ระดับความสูง 10 และ 60 เมตรตาม Regulatory Guide 1.23 เพื่อให้ได้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ณ สถานที่จริงและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมไปถึงจัดหาโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถใช้วิเคราะห์ลักษณะของพายุที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นได้ อย่างเช่น โปรแกรม PAVAN เป็นต้น

6.3.2 หากมีการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขึ้นจริงที่ทั้งสองพื้นที่ศึกษาี้ ควรทำการประเมินคุณลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยละเอียดรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จนถึงศูนย์กลางประชากรหรือพื้นที่ที่มีประชากรค่อนข้างหนาแน่น โดยจัดให้มีการควบคุมการใช้พื้นที่ เช่น การวางผังเมือง การจัดโซนนิ่ง การควบคุมการเจริญเติบโตของประชากร หรือปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของประชากรในอนาคต

6.3.3 สำหรับการกำหนดขอบเขตพื้นที่ LPZ เป็นการตรวจสอบเพื่อให้มีความมั่นใจว่ามีการควบคุมป้องกันภายในพื้นที่บริเวณนี้เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินอย่างสมเหตุสมผล โดยต้องทำแผนฉุกเฉิน (Emergency Planning Zones; EPZs) ภายในรัศมี 16 กิโลเมตร(10 ไมล์) และหาเวลาในการอพยพ (Evacuation Time Estimates; ETEs) ที่ใช้ตามแผน EPZs ทั้งนี้ต้องกำหนดเส้นทางอพยพให้ประชากรที่อยู่ภายในขอบเขต LPZ ด้วย นอกจากนี้จะต้องวิเคราะห์ Ingestion Pathway EPZ ภายในรัศมี 80 กิโลเมตร(50 ไมล์) และควรนำข้อมูลประชากรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ไปจัดทำแผนฉุกเฉินด้วย

6.3.4 ควรวางแผนด้านความปลอดภัย (Security Plans) ภายในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ซึ่งส่วนใหญ่จะกำหนดรัศมีรอบแกนปฏิกรณ์ประมาณ 110 เมตรหรือ 360 ฟุต [24] เพื่อกำหนดให้เป็นพื้นที่ที่สำคัญยิ่งยวด (Vital Area) ตัวอย่างเช่น Protected Area Barriers, Detection Equipment, Isolation Zones เป็นต้น ดังภาพที่ 2.5

6.3.5 ศึกษาและติดตามการสะสมของสารกัมมันตรังสีที่พื้นดิน รวมทั้งในพืชและสัตว์ ซึ่งเป็นงานต่อเนื่องจากการศึกษาการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีโดยละเอียด

6.3.6 หากมีการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ภายในพื้นที่ศึกษา พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตามทิศทางลมหลัก ควรต้องมีการตรวจติดตามปริมาณสารกัมมันตรังสีตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นจากการเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ปกติหรือเกิดอุบัติเหตุ

รายการอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. สรุปแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2555-2573 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3, 2555.
- [2] ฝ่ายวิศวกรรมนิวเคลียร์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. คำถาม-คำตอบ. [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา: http://www2.egat.co.th/ned/index.php?option=com_content&view=article&id=191&Itemid=183 [10 สิงหาคม 2555]
- [3] สุวัฒน์ นิลาชน. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.
- [4] Glasstone, S., and Jordan, W.H. Nuclear Power and Its Environmental Effects. American Nuclear Society, 1981.
- [5] สุพิชชา จันทโรยธา. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2111646 Radioactive Waste Management. ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)
- [6] DiNunno, J.J., and others. Calculation of Distance Factors for Power and Test Reactor Sites. USAEC TID-14844. U.S. Atomic Energy Commission (now U.S.NRC), 1962.
- [7] United States Nuclear Regulatory Commission Regulations. Code of Federation Regulation Title 10 Part 100 .Section 100.11. Determination of Exclusion Area, Low Population Zone, and Population Center Distance, 1992.
- [8] Soffer, L., and others. Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants. NUREG-1465, 1995.
- [9] United States Nuclear Regulatory Commission Regulations. Code of Federation Regulation Title 10 Part 50 Section 50.67. Accident Source Term, 1999.
- [10] United States Nuclear Regulatory Commission Regulations. Code of Federation Regulation Title 10 Part 100 Section 100.3. Reactor Site Criteria.Definitions, 1996.
- [11] Eckerman, K.F., Wolbarst A.B., and Richardson A.C.B. Limiting Values of Radionuclide Intake and Air Concentrations and Dose Conversion Factors

- for Inhalation, Submersion, and Ingestion. Federal Guidance Report No. 11. EPA-520/1-88-202, U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C., 1988.
- [12] Eckerman, K.F., and J.C. Ryman. External Exposure to Radionuclides in Air, Water, and Soil. Federal Guidance Report No. 12. EPA-402-R-93-081, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1993.
- [13] United States Nuclear Regulatory Commission. Alternative Radiological Source Terms for Evaluating Design Basis Accidents at Nuclear Power Reactors. Regulatory Guide 1.183, 2000.
- [14] Southern Nuclear Operating Company. Vogtle Early Site Permit Application Part 2 Site Safety Analysis Report. Revision 5, pp.15.12 – 15.13, 2008.
- [15] Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. US-APWR Design Control Document Tier 2. Revision 2, pp. 15A-22 – 15A-23, 2009.
- [16] North Anna Nuclear, LLC. Serial No. NA3-11-033R Docket No. 52-017 Enclosure 4. Released Activity for Period of EAB Dose for LOCA, pp. 11-12, 2011.
- [17] PSEG Site ESP Application Part 2, Site Safety Analysis Report. Revision 0, pp. 15.3-37 – 15.3-42, 2010.
- [18] GE Hitachi Nuclear Energy. ESBWR Design Control Document Tier 2, Document. Revision 9, 15-4.56 – 15-4.57, 2009.
- [19] Boubel, W. R., Fox L. D., Turner ,D.B., and Stern, A.C. Fundamentals of Air Pollution. 3rd ed. London: Academic Press, 1994.
- [20] Harrop, D.O. Air Quality Assessment and Management. New York : Spon Press, 2002.
- [21] Lamarsh, J.R., and Baratta, A.J. Introduction to Nuclear Engineering. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- [22] Seinfeld, J.H. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. Canada: John Wiley & Sons, 1986.
- [23] วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอต. มลภาวะอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

- [24] United States Nuclear Regulatory Commission. General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations. Regulatory Guide 4.7. Revision 2, 1998.
- [25] United States Nuclear Regulatory Commission. Onsite Meteorological Programs. Regulatory Guide 1.23, 1972.
- [26] United States Nuclear Regulatory Commission. Atmospheric Dispersion Models for Potential Accident Consequence Assessments at Nuclear Power Plants. Regulatory Guide 1.145, Washington DC, 1982.
- [27] Homann, Steven G. Health Physics Codes Version 2.07.2 User's Guide. : National Atmospheric Release Advisory Center Lawrence Livermore National Laboratory, 2011.
- [28] นพพล มลิินทางกูร. การศึกษากการกระจายตัวของก๊าซกัมมันตรังสีที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าปรมาณูแบบน้ำเดือด. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต. ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.
- [29] ภาณุ อุทัยภาส และวราภรณ์ ลามศรีจันทร์. การศึกษาเบื้องต้นการฟุ้งกระจายก๊าซสารกัมมันตรังสีจากเครื่องปรมาณูวิจัย-1/ปรับปรุงครั้งที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต. ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.
- [30] พีระศักดิ์ แสงอรุณ. แบบจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2540.
- [31] กชกร ศิริรัตน์. แนวทางการเตรียมความพร้อมสำหรับอุบัติเหตุของการดำเนินโรงไฟฟ้านิวเคลียร์: กรณีศึกษาบ้านแหลมแทนสำหรับโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต. ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [32] คณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการจังหวัดสุราษฎร์ธานี. แผนพัฒนาจังหวัดสุราษฎร์ธานี พ.ศ. 2553-2556, 2553.
- [33] สำนักงานสถิติแห่งชาติ ข้างถึงกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย. จำนวนประชากรจากการทะเบียนและความหนาแน่นของประชากร พ.ศ. 2520-2554, 2555.

- [34] สำนักงานงานจังหวัดอุบลราชธานีและมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. แผนพัฒนาจังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ.2553-2556, 2553.
- [35] เบิร์นส์ แอนด์ โร เอเซีย. รายงานการฉบับสมบูรณ์เล่มที่ 1 การศึกษาด้านสถานที่ตั้งและสิ่งแวดล้อม การศึกษาความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์, 2553.
- [36] International Atomic Energy Agency. Site Selection and Evaluation for Nuclear Power Plants with Respect to Population Distribution. IAEA Safety Guides No.50-SG-S4, 1980.
- [37] กรมอุตุนิยมวิทยา. ค่าเฉลี่ยรายปีของข้อมูลการตรวจวัดทิศทางและความเร็วลมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ถึง พ.ศ. 2554, 2555.
- [38] ปราโมทย์ ปราสาทกุล. ประชากรศาสตร์: สาระตถศึกษาเรื่องประชากรมนุษย์, สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2543.
- [39] International Atomic Energy Agency. Advanced Reactors Information System [Online]. 2012. Available form: <http://aris.iaea.org/ARIS/aris.cgi> [2012, May 5]
- [40] Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Design Control Document for the US-APWR Chapter 4 Reactor. Revision 2, 2009.
- [41] Geoffrey G.Eichholz. Environmental Aspects of Nuclear Power, pp.460, 1976.
- [42] Southern Nuclear Operating Company. Vogtle Early Site Permit Application Part 2 – Site Safety Analysis Report. Revision 5, pp. 2.3 – 31, 2008.
- [43] Tennessee Valley Authority (TVA). Bellefonte Nuclear Plant Unit 3&4 COL Application Part 2 of Final Safety Analysis Report. Chapter 2 Site Characteristics. Revision 1, pp 2.3-33, 2009.
- [44] Luminant Generation Company, LLC (Luminant). Comanche Peak Nuclear Power Plant, Units 3 & 4. COL Application Part 2 of Final Safety Analysis Report . Chapter 2 Site Characteristics. Revision 0, pp. 2.3-236, 2008.
- [45] PPL Bell Bend. Bell Bend Nuclear Power Plant. Final Safety Analysis Report. Chapter 2 Site Characteristics. Revision 2, pp. 2-1003, 2010.
- [46] Calvert Cliffs 3 Nuclear Project, LLC and UniStar Nuclear Operating Services, LLC. Calvert Cliffs Power Plant Unit 3 COLA. Final Safety Analysis Report. Revision 7, pp. 2-280, 2010.

- [47] Detroit Edison Company. Fermi Unit 3 Combined License Application Part 2 Final Safety Analysis Report. Revision 3, pp. 2-204 to 2-205, 2011.
- [48] Dominion Virginia Power (Dominion). North Anna 3 Combined License Application Part 2 Final Safety Analysis Report. Chapter 2 Site Characteristic. Revision 0, 2007.
- [49] Ministry of Education, Science and Technology (MEST). Fifth National Report for the Convention on Nuclear Safety, pp.112-113, 2010.
- [50] International Atomic Energy Agency. Power Reactor Information System (PRIS) of Republic of KOREA. [Online]. 2012. Available form: <http://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=KR>. [2012, Aug 8]
- [51] International Atomic Energy Agency. Basis for Evaluation Grid Site Environment Stakeholder, pp. 58, 2010.
- [52] United States Census Bureau. Resident Population Data . Population Density. [Online]. 2010. Available form: <http://2010.census.gov/2010census/data/apportionment-dens-text.php> [2012, Aug 16]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

ตารางที่ ก.1 ขีดจำกัดปริมาณรังสีจากการประเมินอุบัติเหตุต่างๆ จากการออกแบบ [13]

อุบัติเหตุ	ขีดจำกัดปริมาณรังสี ที่ระยะ EAB และ LPZ (เริ่ม TEDE)	ช่วงเวลาในการวิเคราะห์
LOCA	25	30 วันสำหรับอาคารคลุม ปฏิกรณ์, ระบบหล่อเย็นแกน ปฏิกรณ์ฉุกเฉิน และการรั่วของ MSIV (BWR)
BWR Main Steam Line Break Fuel Damage or Pre-Incident Iodine Spike Equilibrium Iodine Activity	25 2.5	ทันที (Instantaneous puff)
BWR Rod Drop Accident	6.3	24 ชั่วโมง
PWR Steam Generature(SG) Tube Rupture Fuel Damage or Pre-Incident Iodine Spike Coincident Iodine Spike	25 2.5	- เมื่อมีผลต่อ SG: เวลาที่ใช้ใน การ isolate - เมื่อไม่มีผลต่อ SG : จนกระทั่ง ดับเครื่องปฏิกรณ์แบบ cold shutdown
PWR Main Steam Line Break Fuel Damage or Pre-Incident Iodine Spike Coincident Iodine Spike	25 2.5	จนกระทั่งดับเครื่องปฏิกรณ์ แบบ cold shutdown
PWR Locked Rotor Accident	2.5	จนกระทั่งดับเครื่องปฏิกรณ์ แบบ cold shutdown
PWR Rod Ejection Accident	6.3	30 วันสำหรับ pathway ของ อาคารคลุมปฏิกรณ์ ; จนกระทั่ง ดับเครื่องปฏิกรณ์แบบ cold shutdown สำหรับ pathway อันดับรองลงมา
Fuel-Handling Accident	6.3	2 ชั่วโมง

ตารางที่ ก.2 คุณลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ [39]

Characteristic	ESBWR	U.S.EPR	AP-1000	US-APWR [40]
General plant data				
Reactor thermal output	4500 MWth	4590 MWth	3400 MWth	4451 MWth
Power plant output, gross	1600 MWe	1770 MWe	1200 MWe	1700 MWe
Power plant output, net	1520 MWe	1650 MWe	1100 MWe	-
Power plant efficiency, net	34 %	36 %	32 %	39%
Mode of operation	-	Baseload and Load follow	Baseload and Load follow	-
Plant design life	60 Years	60 Years	60 Years	60 Years
Plant availability target >	92 %	92 %	93 %	-
	-	0.25	0.3	-
Primary coolant material	Light Water	Light Water	Light Water	Light Water
Secondary coolant material	-	Light Water	Light Water	Light Water
Moderator material	Light water	Light water	Light water	Light Water
Thermodynamic cycle	Rankine	Rankine	Rankine	Rankine
Type of cycle	Direct	Indirect	Indirect	Indirect
Safety goals				
Core damage frequency <	10E-6 / Reactor-Year	10E-6/ Reactor-Year	5.09E-7 / Reactor-Year	-
Large early release frequency <	0.00000005 / Reactor-Year	10E-7 / Reactor-Year	5.94E-8 / Reactor-Year	-
Occupational radiation exposure<	0.5 Person- Sv/Ry	0.35 Person- Sv/Ry	0.7 Person- Sv/Ry	-
Operator Action Time	72 Hours	-	0.5 Hours	-

ตารางที่ ก.2 คุณลักษณะของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (ต่อ)

	ESBWR	U.S.EPR	AP-1000	US-APWR[40]
Nuclear steam supply system				
Steam flow rate at nominal conditions	2432 Kg/s	2604 Kg/s	1889 Kg/s	2673.2 Kg/s
Steam pressure	7.17 MPa(a)	7.72 MPa(a)	5.76 MPa(a)	6.7 MPa
Steam temperature	287.7 °C	-	272.8 °C	282.9 °C
Feedwater flow rate at nominal conditions	2427 Kg/s	2630 Kg/s	1889 Kg/s	-
Feedwater temperature	215.6 °C	230 °C	226.7 °C	235.9 °C
Reactor coolant system				
Primary coolant flow rate	9570 Kg/s	33978 Kg/s	14300 Kg/s	19290 Kg/s
Reactor operating pressure	7.17 MPa(a)	15.5 MPa(a)	15.513 MPa(a)	15.513 MPa(a)
Core coolant inlet temperature	276.2 °C	295.2 °C	279.4 °C	288.11°C
Core coolant outlet temperature	287.7 °C	330 °C	324.7 °C	325 °C
Mean temperature rise across core	11.5 °C	-	45.2 °C	36.89 °C
Reactor core				
Active core height	3.048 m	4.2 m	4.267 m	4.267 m
Equivalent core diameter	5.88 m	-	3.04 m	3.89 m
Average linear heat rate	15.1 KW/m	16.67 KW/m	18.7 KW/m	15.26 KW/m
Average fuel power density	27.3 KW/KgU	-	40.2 KW/KgU	32 KW/KgU
Fuel material	Sintered UO ₂	UO ₂ and MOX	Sintered UO ₂	Sintered (UO ₂ + Gd ₂ O ₃)
Outer diameter of fuel rods	10.26 mm	9.5 mm	9.5 mm	8.81 mm
Rod array of a fuel assembly	10x10	17x17	Square , 17x17,XL	Square , 17x17
Number of fuel assemblies	1132	241	157	257

ตารางที่ ก.2 คุณลักษณะทั่วไปของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (ต่อ)

	ESBWR	U.S.EPR	AP-1000	US-APWR
Reactor core				
Enrichment of reload fuel at equilibrium core	-	4.95 Weight %	4.8 Weight %	Max. 5 Weight %
Fuel cycle length	24 Months	24 Months	18 Months	24 Months
Average discharge burnup of fuel	-	-	60,000 MWd/Kg	62,000 MWd/MTU
Burnable absorber (strategy/material)	$Gd_2O_3-UO_2$	Gd_2O_3	-	$Gd_2O_3-UO_2$
Control rod absorber material	B_4C and Hf	Hybrid (AIC/ B_4C)	Ag-In-Cd(Black), Ag-In-Cd /304SS(Gray)	Ag-In-Cd/304SS
Soluble neutron absorber	Sodium Pentaborate	H_3BO_3	H_3BO_3	H_3BO_3
Cladding material	Annealed recrystallized Zr_2	-	ZIRLO™	ZIRLO™
Primary containment				
Overall form (spherical/cylindrical)	Cylindrical	Cylindrical	Cylindrical	Cylindrical
Dimensions - diameter	40 m	46.8 m	39.6 m	45.47 m
Dimensions - height	35.4 m	57.5 m	82.3 m	69.01 m
Design pressure	0.414 MPa	0.55 MPa	0.5067 MPa	0.5702 MPa
Design temperature	171 °C	170 °C	148.9 °C	148.9°C
Design leakage rate	0.5 Volume % /day	0.3 Volume % /day	0.10 Volume % /day	0.10 Volume % /day

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ควบคุมของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ประเทศสหรัฐอเมริกา [41]

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	ประเภท	กำลังการผลิต (เมกะวัตต์ความร้อน)	รัศมี EAB ,ไมล์(เมตร)	รัศมี LPZ ,ไมล์(เมตร)	
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์รุ่น 2	Connecticut Yankee*	PWR	1,825	0.25(400)	13.4(21,500)
	Dresden-1*	BWR	700	0.50(800)	8.1(13,000)
	Indian Point-1*	PWR	615	0.30(485)	7.3(11,600)
	Nine Mile Point-1	BWR-2 (Mark 1)	1,850	0.76(1,220)	13.7(22,000)
	Yankee*	PWR	600	0.5(800)	7.3(11,600)
	Crystal River-3	PWR (B&W,L-loop)	2,568	0.83(1,330)	20(32,000)
	Typical 1000-Mwe	PWR	3,200	1.6(2,600)	23(37,000)
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์รุ่น 3 และ 3+	Vogtle unit 3&4 [42]	AP1000	3,400	0.50 (800)	2 (3,219)
	Belle fonte unit 3&4 [43]	AP1000	3,400	0.77(1,244)	2 (3,219)
	Comanche Peak unit 3&4 [44]	US-APWR	4,451	0.50 (800)	2 (3,219)
	Bell Bend Unit 1&2 [45]	U.S.EPR	4,590	0.43(692)	1.50(2,410)
	Colvert Cliffs Unit 3 [46]	U.S.EPR	4,590	0.50(800)	1.50(2,410)
	Fermi Unit 3 [47]	ESBWR	4,500	0.55(892)	3(4,828)
	Grand Gulf [48]	ESBWR	4,500	0.94(1,500)	6(9,600)

หมายเหตุ : * หยุดการเดินเครื่องถาวร

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลขอบเขตพื้นที่หวงห้ามของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศเกาหลี [49]

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	ประเภท	กำลังการผลิต [50] (เมกะวัตต์ความร้อน)	ระยะ EAB ,เมตร
Kori Units 1	WH Δ 60(PWR)	1,729	700
Kori Units 2	WH F(PWR)	1,882	
Kori Units 3&4	WH F(PWR)	2,912 x 2	
Yonggwang Units 1&2	WH F(PWR)	2,787 x 2	
Yonggwang Units 3&4	OPR-1000(PWR)	2,825 x 2	
Ulchin Units 1&2	France CPI(PWR)	2,785 & 2,775	
Ulchin Units 3&4	OPR-1000(PWR)	2,825 x 2	
Wolsong Units 1,2,3&4	CANDU 6(PHWR)	2,061 x 4	914
Yonggwang Units 5&6	OPR-1000(PWR)	2,825 x 2	560
Ulchin Units 5&6	OPR-1000(PWR)	2,815 & 2,825	
Shin-Kori Units 1&2	OPR-1000(PWR)	2,825 x 2	
Shin-Kori Units 3&4*	APR-1400(PWR)	3,938 x 2	
Shin-Wolsong Units 1&2	OPR-1000(PWR)	2,825 x 2	

หมายเหตุ : * อยู่ระหว่างก่อสร้าง

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ควบคุมของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตาม IAEA [36]

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	รัศมี EAB ,เมตร	รัศมี LPZ ,เมตร	หมายเหตุ
แคนาดา	~ 1,000 (3,000 ฟุต)	-	ขีดจำกัดปริมาณรังสีในแบบ Individual Dose และ Collective Dose
สาธารณรัฐแห่ง เชคโกสโลวาเกีย	500	-	ใช้ค่าที่กำหนดทั่วไป
อินเดีย	1,600	5,000	ไม่ให้มีศูนย์กลางประชากรเกิน 10,000 คนภายใน รัศมี 16 กม. ในทิศทางลมหลัก
อิตาลี	800-1,000	-	ใช้ค่าที่กำหนดทั่วไป
สหรัฐอเมริกา	~ 650	~ 5,000	เป็นค่าที่ยอมรับในการให้ใบอนุญาตประกอบกิจการ โรงไฟฟ้าตอน ค.ศ. 1960 ถึงช่วงต้นของ 1970
	ไม่ต่ำกว่า 644 (0.4 ไมล์)	-	ขึ้นอยู่กับกรอกแบบเครื่องปฏิกรณ์ [51]
สหภาพโซเวียต [51]	~ 3,000	-	ใช้ค่าที่กำหนดทั่วไป
ฝรั่งเศส [51]	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	ไม่มีประชากรอยู่อย่างมีนัยสำคัญรอบโรงไฟฟ้าใน ระยะ 1 กิโลเมตร
เยอรมัน [51]	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	DBA ให้เป็นไปตามมาตรการผลกระทบด้านรังสี
ญี่ปุ่น [51]	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	ไม่ให้มีเขตที่อยู่อาศัยรอบเครื่องปฏิกรณ์ และควบคุม ไม่ให้มีประชากรเพิ่มขึ้น โดยระยะทางถึงพื้นที่ประชากร หนาแน่นตามเกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน 1 ซีเวิร์ตต่อ 20,000 คน

ภาคผนวก ข

การใช้งานโปรแกรม Hotspot [27]

มีการป้อนข้อมูลที่สำคัญจำนวน 6 ส่วน คือ

1. Model

เป็นส่วนแรกของโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกการจำลองสถานการณ์ตามความต้องการในหลายลักษณะ เช่น ระเบิดที่เกี่ยวกับวัสดุนิวเคลียร์ (ยูเรเนียม, พลูโตเนียม), เพลิงไหม้ วัสดุนิวเคลียร์ (ยูเรเนียม, พลูโตเนียม), เพลิงไหม้ทั่วไป, ระเบิดทั่วไป, การฟุ้งกระจายทั่วไป นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมที่วัตถุประสงค์เฉพาะเจาะจงด้วย

2. Source Term

เป็นส่วนที่ใส่ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุกัมมันตรังสี ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

2.1 Material at Risk (MAR) คือ ปริมาณทั้งหมดของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์

2.2 Damage Ratio (DR) คือ เศษส่วนของ MAR ที่ได้รับผลกระทบทันทีตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

2.3 Leakpath Factor (LPF) คือ เศษส่วนของ MAR ที่ผ่านไปในที่จัดเก็บหรือส่วนที่ถูกครอบเอาไว้ สำหรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นยังไม่ลดลง ค่า Leakpath Factor เท่ากับ 1

2.4 Airborne Fraction (AF) คือ เศษส่วนของ MAR ที่ฟุ้งกระจายในอากาศ

2.5 Respirable Fraction (RF) คือ เศษส่วนของวัสดุที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กที่สามารถหายใจเข้าไปในร่างกายได้ (Aerodynamic Diameter (AD), ≤ 10 microns)

2.6 Respirable Release Fraction คือ เศษส่วนของ MAR ที่ฟุ้งกระจายในอากาศซึ่งมีค่า $AD \leq 10$ microns (Respirable Release Fraction = AF x RF)

2.7 Non-Respirable Release Fraction คือ เศษส่วนของ MAR ที่ฟุ้งกระจายในอากาศซึ่งมีค่า AD มากกว่า 10 microns (Non-respirable release fraction = AF x (1-RF))

2.8 Deposition Velocity คือ อัตราส่วนของการไหลที่สะสมที่สามารถหายใจได้และความเข้มข้นในอากาศใกล้ผิวดินที่สามารถหายใจได้

3. Meteorology

เป็นส่วนของข้อมูลที่ต้องใส่ข้อมูลของทิศทางลม ความเร็วลมและข้อมูลสภาพของแสงอาทิตย์ หรือสามารถเลือกชนิดของเสถียรภาพในบรรยากาศ เช่น A-G ได้

3.1 10-meter Wind Speed คือ ความเร็วลมที่เป็นค่าอ้างอิงที่ความสูง 10 เมตร

3.2 Wind Direction (ทิศทางลมที่มาจากทิศไหน) โดยกำหนดให้ที่ 0 องศา มาจากทิศเหนือ, 90 องศา มาจากทิศตะวันออก, 180 องศา มาจากทิศใต้, 270 องศา มาจากทิศตะวันตก

4. Receptor

ลักษณะของที่ตั้งที่เฉพาะเจาะจงที่ทิศทางลมผ่าน โดยในโปรแกรมจะกำหนดระยะทางเป็นกิโลเมตรจากวัสดุกำมันตรังสี โดยสามารถเปลี่ยนค่าระยะทางได้ โดยสามารถใส่ค่าระยะทางตามแนวแกน x และแนวแกน y ได้ นอกจากนี้ยังสามารถใส่ชื่อสถานที่สำคัญ เช่น โรงเรียน หรือโรงพยาบาลได้ โดย Receptor Height คือ ระดับความสูงที่สามารถหายใจใกล้กับพื้นดิน

5. Setup

จะเป็นส่วนของการปรับค่าต่างๆ ตามที่เราต้องการ ซึ่งครั้งแรกนั้นค่าที่แสดงนั้นจะเป็นค่าอัตโนมัติซึ่งเป็นค่าเฉพาะเจาะจงในการแพร่กระจายของสถานการณ์ที่ได้กำหนดขึ้น

6. Output

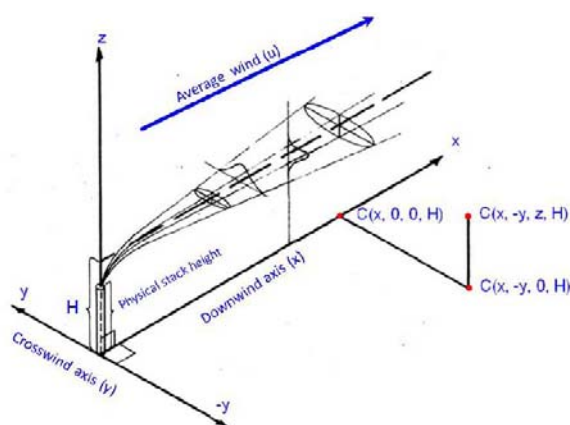
โปรแกรม Hotspot จะให้ผลของการจำลองสถานการณ์ตามที่ต้องการในหลายรูปแบบ ดังนี้

6.1 Table Output เป็นการสรุปผลของสถานการณ์ร่วมกับนิวไคลด์กำมันตรังสี ซึ่งให้ผลออกมาในรูปแบบของตารางซึ่งผลที่ได้จะแสดงผลในค่า Total Effective Dose Equivalent

6.2 Plume Centerline จะแสดงผลออกมาเป็นในรูปแบบของรัศมีตามระยะจากจุดเกิดเหตุ โดยจะแสดงทั้งแนวแกน x และแนวแกน y

Hotspot Algorithm

แบบจำลอง Gaussian เป็นแบบจำลองที่ใช้อย่างกว้างขวางในทางวิทยาศาสตร์และเป็นพื้นฐานขั้นต้นในการคำนวณผลการแพร่กระจายในอากาศ ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ให้ผลการทดลองเป็นที่ยอมรับสำหรับข้อมูลในการทดลองทางวิทยาศาสตร์



ภาพที่ ข.1 Hotspot Coordinate System [27]

ในโปรแกรม Hotspot จุดพิกัดเริ่มต้นจะอยู่ในระดับพื้น ซึ่งเป็นจุดต่ำสุดที่สารกัมมันตรังสี จะแพร่กระจาย ($x=0, y=0, z=0$) โดยแกน x คือ แกนตามทิศทางลม ซึ่งขยายออกไปตาม แนวนอนกับพื้นตามทิศทางลมเฉลี่ย ส่วนแกน y คือ แกนลมตามขวาง ซึ่งตั้งฉากกับแกนตาม ทิศทางลม ซึ่งมีการขยายออกไปตามแนวนอนด้วย ส่วนแกน z ขยายออกไปเป็นแนวเส้นตรงจาก พื้น กลุ่มควันจะเดินทางไปทางด้านข้างหรือขนานหรือแกนตามทิศทางลม

Gaussian Equation

สมการตามแบบจำลองของ Gaussian จะพิจารณาตามความเข้มข้นในอากาศของก๊าซ หรือละอองที่จุดใดในบรรยากาศ

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp \left[- \left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] + \exp \left[- \left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \right\} \exp \left[- \frac{\lambda x}{u} \right] DF(x) \quad (1.1)$$

คำอธิบายของแต่ละสมการ

χ = Time-integrated atmospheric concentration (Ci-s)/m³

Q = Source term (Ci)

H = Effective release height (m)

λ = Radioactive decay constant (s⁻¹)

X = Downwind distance (m)

y = Crosswind distance (m)

z = Vertical axis distance (m)

σ_y = Standard deviation of the integrated concentration distribution in the crosswind direction (m)

σ_z = Standard deviation of the integrated concentration distribution in the vertical direction (m)

u = Average wind speed at the effective release height (m/s)

$DF(x)$ = Plume Depletion Factor

Atmospheric Stability Classification

ในโปรแกรม Hotspot ได้ให้ผู้ใช้สามารถเลือก Atmospheric Stability Classification ตามข้อมูลที่สังเกตเห็นในพื้นที่ร่วมกับความเร็วลมหรือเลือกชนิดของ Stability Class ตามที่ต้องการ โดยวิธีการในเลือกจะพิจารณาจากปัจจัยของความร้อนจากแสงอาทิตย์และความเร็วลมบนพื้น (ที่ระดับความสูง 2 เมตร) โปรแกรม Hotspot จะพิจารณาชนิดของ Stability Class จากตารางที่ 1 ซึ่งตารางนี้จะประกอบไปด้วยเกณฑ์สำหรับ Stability Class 6 ชนิด ซึ่งพิจารณาจากความเร็วลมรวมกับประเภทของสภาพอากาศในขณะนั้น

ตารางที่ ข.1 สภาวะทางอากาศที่ใช้กำหนดชนิดของ Atmospheric Stability A-F ที่ใช้ในโปรแกรม Hotspot [27]

Ground wind speed (m/s)	Sun high in sky	Sun low in sky or cloudy	Night time
< 2	A	B	F
2 – 3	A	C	E
3 – 4	B	C	D
4 – 6	C	D	D
> 6	C	D	D

Pasquill Stability Types :

A : Extremely Unstable (σ_θ 25 degrees)

B : Moderately Unstable (σ_θ 20 degrees)

C : Slightly Unstable (σ_θ 15 degrees)

D : Neutral (σ_θ 10 degrees)

E : Slightly Stable (σ_θ 5 degrees)

F : Moderately Stable (σ_θ 2.5 degrees)

Worst-Case Stability

สำหรับการแพร่กระจายที่ที่มีความสูง ระดับความเข้มข้นสูงสุดของพื้นที่จะขึ้นอยู่กับชนิดของ Stability Class ที่เลือก สำหรับวัสดุที่มี Deposition velocity เท่ากับ 0 และมีจุดที่ฟุ้งกระจายที่ระดับหรือใกล้เคียงกับระดับพื้นดิน ระดับความเข้มข้นสูงสุดจะเท่ากับ Stability Class F อย่างไร

ก็ตามถ้าระดับความเร็วสะสมมากกว่า 0 Worst-Case Stability ที่ระดับตามทิศทางลมจะมีขนาดใหญ่ซึ่งจะไม่ใช่ Stability Class F เนื่องจากผลกระทบของ Plume depletion

Special G stability

เป็นสิ่งที่ยากมากที่จะยอมถึงความแตกต่างระหว่างผลสรุปของแบบจำลองการแพร่กระจายหลายแบบ เช่น The National Atmospheric Release Advisory Center's (NARAC), LODI (Leone et al, 2001) Model, และแบบจำลอง Gaussian Plume ดังในโปรแกรม Hotspot ความแตกต่างที่สำคัญที่อาจจะเป็นสาเหตุให้มีการตั้งสมมติฐานความแตกต่างของแบบจำลองเกี่ยวกับการแพร่กระจายในบรรยากาศเวลากลางคืน ซึ่งเป็นสภาวะที่เสถียรสำหรับสภาวะในบรรยากาศที่เสถียรของ Stability Class F นั้นจะมีความเร็วลม 1 เมตร/วินาที

Atmospheric stability class F

จะมีความเร็ว 1 เมตร/วินาที ที่ระดับความสูง 10 เมตร ซึ่งจะมีระดับใกล้เคียงมากกับสภาวะลมสงบ ซึ่งเป็นธรรมดาสำหรับทิศทางลมต่อความผันผวนที่สำคัญที่ความเร็วลมต่ำ อย่างไรก็ตามแบบจำลอง Gaussian Plumes จะมีการตั้งสมมติฐานทันทีถึงความผันผวนน้อยสุดในทิศทางลมสำหรับ Stability Class F ซึ่งผลนี้จะอยู่ในการฟุ้งกระจายแคบและมีความเข้มข้นสูง โดยวิธีการนี้จะเป็นสมมติฐานในโปรแกรม Hotspot ในการระดมความคิดเห็นกับเอกสารเผยแพร่ของรัฐบาลหลายฉบับ อย่างไรก็ตามโปรแกรม Hotspot ยังมี Stability Class G ซึ่งเป็นตัวเลือกที่เฉพาะเจาะจงสำหรับสภาวะที่มีความเร็วลมต่ำและมีเสถียรภาพอย่างมาก โดยตัวเลือกนี้จะใช้ในกรณีที่มีทิศทางลมที่มีความผันผวนขนาดใหญ่ ซึ่งจะให้ความเฝ้าระวังของการฟุ้งกระจายเร็วมากและมีความเข้มข้นต่ำ

การทดลองการแพร่กระจายภายใต้สภาวะท้องฟ้าโปร่ง, สภาวะกลางคืนที่ลมสงบ ถูกแนะนำว่าการฟุ้งกระจายในแนวนอนจะมีขนาดใหญ่กว่าแบบจำลองแบบ Stability Class F เนื่องจากการฟุ้งกระจายมีสภาพไหลวนเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความผันผวนของลมในทิศทางแนวนอน (σ -theta) สามารถมีขนาดใหญ่มาก การสังเกตค่า σ -theta ระหว่างสภาวะของ Stability Class G จะสอดคล้องกับสิ่งต่างๆ ระหว่าง Class A-F การแพร่กระจายสามารถให้ผลคาดคะเนที่ดีที่สุดโดยใช้ค่าการวัดค่าจริงของ σ -theta

การพิจารณาของ σ_y และ σ_z

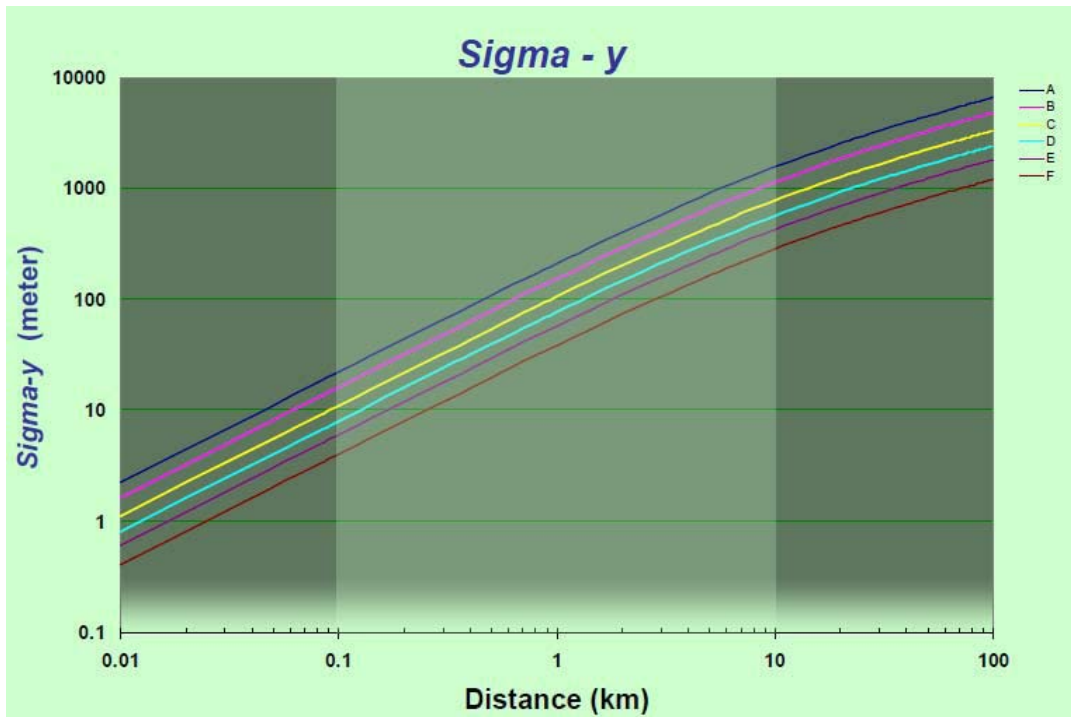
เมื่อพิจารณาถึง Atmospheric stability class โปรแกรม Hotspot จะใช้สมการที่ให้ในตารางที่ ข.2 และ ข.3 ต่อการคาดคะเนของ σ_y และ σ_z สำหรับสภาพของพื้นที่แบบมาตรฐานและชุมชน โดยสภาพพื้นที่ในชุมชนจะใช้สำหรับการฟุ้งกระจายที่เพิ่มขึ้นจากโครงสร้างที่แออัดและลักษณะการเก็บความร้อนของพื้นผิวในเขตชุมชน โดย The city terrain factor จะถูกคาดคะเนให้มีความเข้มข้นต่ำกว่า The standard factor เนื่องจากการฟุ้งกระจายที่เพิ่มขึ้นจากโครงสร้างและวัสดุในชุมชนมีขนาดใหญ่

ตารางที่ ข.2 สมการที่ใช้ต่อการพิจารณา σ_y และ σ_z ของ Standard Terrain [27]

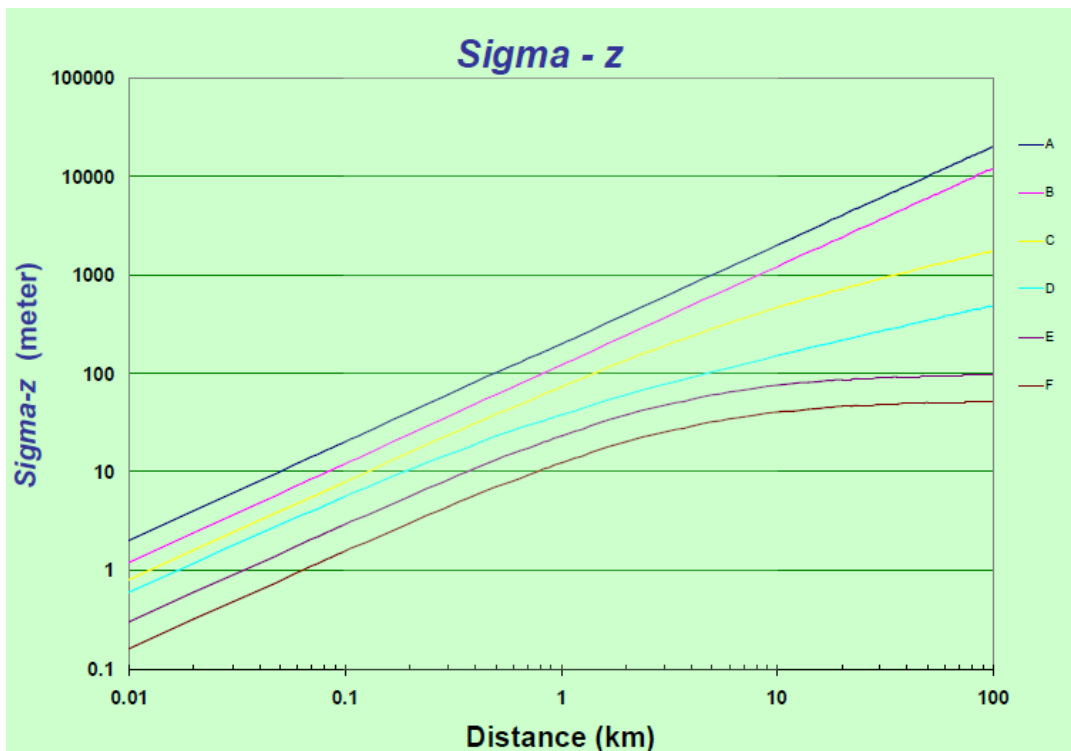
Passquill Type	σ_y (meter)	σ_z (meter)
A-B	$\frac{0.22x}{\sqrt{1+0.0001x}}$	$0.20x$
C	$\frac{0.16x}{\sqrt{1+0.0001x}}$	$0.12x$
D	$\frac{0.11x}{\sqrt{1+0.0001x}}$	$\frac{0.080x}{\sqrt{1+0.0002x}}$
E	$\frac{0.06x}{\sqrt{1+0.0001x}}$	$\frac{0.030x}{\sqrt{1+0.0003x}}$
F	$\frac{0.04x}{\sqrt{1+0.0001x}}$	$\frac{0.016x}{\sqrt{1+0.0003x}}$

ตารางที่ ข.3 สมการที่ใช้ต่อการพิจารณา σ_y และ σ_z ของ City Terrain [27]

Passquill Type	σ_y (meter)	σ_z (meter)
A-B	$\frac{0.32x}{\sqrt{1+0.0004x}}$	$0.24x\sqrt{1+0.001x}$
C	$\frac{0.22x}{\sqrt{1+0.0004x}}$	$0.20x$
D	$\frac{0.16x}{\sqrt{1+0.0004x}}$	$\frac{0.14x}{\sqrt{1+0.0003x}}$
E-F	$\frac{0.11x}{\sqrt{1+0.0004x}}$	$\frac{0.08x}{\sqrt{1+0.0015x}}$



ภาพที่ ข.2 กราฟจากสมการในตารางที่ ข.2 สำหรับ σ_y (Standard Terrain) [27]



ภาพที่ ข.3 กราฟจากสมการในตารางที่ ข.2 สำหรับ σ_z (Standard Terrain) [27]

Sample Time

สมการสำหรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ The Gaussian Concentration Distribution ในทิศทางลมตามแนวขวาง (σ_y) ซึ่งเป็นค่าของลักษณะของการฟุ้งกระจายมากกว่าในช่วงเวลา 10 นาที ซึ่งในโปรแกรม Hotspot ค่าเวลาเฉลี่ยนี้จะอ้างถึงเวลาที่เก็บตัวอย่าง โดยความเข้มข้นตามทิศทางลมจากวัสดุแก๊มมันตรังสีจะลดลงเมื่อเวลาในการเก็บตัวอย่างครั้งแรกเพิ่มขึ้น เพราะว่า σ_y มีขนาดใหญ่กว่าเพราะทิศทางลมมีการไหลเวียนมากขึ้น ซึ่งในโปรแกรม Hotspot ค่าที่ใช้ระหว่างการฟุ้งกระจายของวัสดุแก๊มมันตรังสีคือ 10 นาที ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับได้ตามความต้องการหากสนใจในช่วงเวลาอื่นๆ เช่น 30 นาที, 60 นาที เป็นต้น ซึ่งสมการที่ใช้การปรับเปลี่ยนสำหรับเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างจากระยะเวลา 10 นาที โดยใช้สมการดังนี้

$$\sigma'_y = \sigma_y \left[\frac{t}{10} \right]^{0.2} \quad (ข.2)$$

โดย $\sigma_y = 10$ min standard deviation of the concentration distribution.

σ'_y = Standard deviation for averaging time, t.

Wind Speed Variation with Height

สมการ Gaussian Plume จะต้องการความเร็วลมที่ระดับความสูง H (The effective release height) ข้อมูลความเร็วลมเป็นค่าอ้างอิงที่ระดับความสูง 10 เมตร แต่ข้อมูลจริงอาจจะวัดที่ระดับความสูงที่แตกต่างออกไป โดยโปรแกรม Hotspot จะใช้สมการ power-law ในการปรับระดับความเร็วลมสำหรับความสูงที่มากกว่า 2 เมตร ซึ่งเป็นสมการเดียวกับสมการที่ (2.1) คือ

$$\frac{u_H}{u_z} = \left(\frac{H}{z} \right)^P \quad (ข.3)$$

โดย $U(z)$ = ความเร็วลมที่ปลายปล่อง (เมตร/วินาที), ที่ความสูงอ้างอิง, z(เมตร)

H = ความสูงประสิทธิของปล่องควัน, Effective release height (เมตร)

P = แฟคเตอร์ในตารางที่ ข.4

ตารางที่ ข.4 ค่าแปลงความเร็วลมที่ระดับความสูงอ้างอิง [27]

Stability Class											
Standard Terrain						City Terrain					
A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0.07	0.07	0.10	0.15	0.35	0.55	0.15	0.15	0.20	0.25	0.40	0.60

ภาคผนวก ค
ข้อมูลประชากรของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ ค.1 จำนวนประชากรภายในพื้นที่คันธุลี

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	จำนวนประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร หน่วย : คน										
			2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554
ระนอง	ละอุ่น	ในวงเหนือ	958	1,021	1,059	1,136	1,149	1,175	1,191	1,198	1,230	1,254	1,264
		ในวงใต้	801	834	844	913	966	978	1,034	1,062	1,113	1,141	1,192
		ละอุ่นเหนือ	960	940	945	980	1,011	1,041	1,064	1,048	1,060	1,042	1,062
	กะเปอร์	เขี้ยวเหลียง	1,731	1,763	1,741	1,971	1,912	1,892	1,889	1,891	1,904	1,893	1,927
		บ้านนา	2,801	2,864	2,863	2,939	3,000	3,066	3,110	3,156	3,192	3,223	3,274
ชุมพร	สวี	เขาคาย	6,521	6,626	6,679	6,676	6,925	6,925	6,977	7,053	7,228	7,353	7,382
	ทุ่งตะโก	ทุ่งตะไคร ทต.ทุ่งตะไคร	5,598	5,606	5,672	5,672	5,640	5,694	5,704	5,767	5,803	5,804	5,848
		ตะโก	7,838	7,985	8,077	8,077	8,412	8,492	8,528	8,621	8,728	8,773	8,774
		ช่องไม้แก้ว	5,121	5,222	5,284	5,284	5,496	5,539	5,511	5,574	5,657	5,707	5,748
		ปากตะโก ทต.ปากตะโก	2,047	2,024	2,051	2,051	3,987	3,953	4,478	4,383	4,274	4,281	4,288
	หลังสวน	ชั้นเงิน	2,856	2,893	2,891	88	93	240	395	473	446	456	464
		ชั้นเงิน ทม.หลังสวน	4,744	4,901	4,999	6,580	6,750	6,864	7,065	7,026	6,993	6,965	6,954
		ท่ามะพลลา	3,151	3,157	3,132	3,122	3,120	3,123	3,090	3,107	3,138	3,152	3,153
		นาขา	7,496	7,542	7,626	7,690	7,709	7,773	7,768	7,834	7,930	8,002	8,004
		นาพญา	4,792	4,807	4,860	4,921	5,024	5,008	5,017	5,115	5,197	5,235	5,246
		บ้านควน	7,970	7,948	7,992	7,955	7,902	7,914	7,859	7,953	8,045	8,112	8,153
		บางมะพร้าว	4,828	4,815	4,785	4,778	4,753	4,665	4,628	4,626	4,598	4,594	4,624
		บางน้ำจืด	4,957	4,974	5,015	4,958	4,950	4,903	4,851	4,884	4,939	4,978	4,955
		พ้อแดง	2,009	1,983	1,945	2,033	2,023	1,996	1,969	2,064	2,151	2,063	2,067
		พ้อแดง ทม.หลังสวน	258	263	263	252	245	245	268	268	265	266	275
		แหลมทราย	3,254	3,212	3,183	3,204	3,207	3,143	3,113	3,141	3,178	3,185	3,198
		แหลมทราย ทม.หลังสวน	579	584	574	589	582	598	581	564	557	561	555
		วังตะกอก	6,731	6,766	6,843	6,816	6,893	7,009	7,090	7,255	7,305	7,414	7,476
		วังตะกอก ทม.หลังสวน	163	162	160	186	196	185	195	195	188	179	170
		หาดยาย	5,791	5,868	5,943	6,004	6,082	6,182	6,191	6,216	6,349	6,419	6,475
		หลังสวน ทม.หลังสวน	4,176	4,220	4,190	4,049	4,008	3,930	3,914	3,819	3,665	3,585	3,521
	หลังสวน ทต. ปากน้ำหลังสวน	5,534	5,492	5,453	6,832	6,803	6,870	6,843	6,776	6,875	6,831	6,836	
	พะโต๊ะ	พะโต๊ะ	7,183	7,243	7,270	6,889	6,861	6,932	6,943	6,844	6,922	7,018	7,145
		พะโต๊ะ ทต.พะโต๊ะ	1,204	1,263	1,244	1,356	1,388	1,347	1,379	1,647	1,660	1,628	1,551
		ปากทรง	4,320	4,364	4,369	4,566	4,683	4,713	4,723	4,743	4,791	4,839	4,830
		บึงหวาน	4,644	4,730	4,683	4,774	4,841	4,920	4,930	4,964	5,090	5,136	5,160
		พระรักษ์	4,160	4,200	4,213	4,315	4,392	4,410	4,415	4,435	4,422	4,435	4,436

ตารางที่ ค.1 จำนวนประชากรภายในพื้นที่คันธุลี(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	จำนวนประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร หน่วย : คน											
			2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	
ชุมพร (ต่อ)	ละแม	ละแม	10,208	10,418	10,449	10,287	10,434	10,640	10,804	10,828	10,893	11,094	11,165	
		ละแม ทต.ละแม	2,481	2,533	2,503	2,549	2,555	2,559	2,645	2,718	2,771	2,752	2,918	
		ทุ่งหลวง	4,873	4,960	4,974	5,077	5,020	5,010	5,052	5,039	5,115	5,106	5,033	
		สวนแดง	4,170	4,176	4,219	4,287	4,382	4,366	4,355	4,412	4,366	4,379	4,342	
		ทุ่งควายวัด	4,782	4,807	4,700	4,824	4,887	4,957	5,066	5,118	5,291	5,276	5,297	
สุราษฎร์ธานี	ไชยา	ท่าชนะ	5,168	5,195	5,185	4,954	4,979	4,951	4,960	5,160	5,193	5,164	5,139	
		ท่าชนะ ทต.ท่าชนะ	1,645	1,678	1,702	1,701	1,715	1,719	1,748	1,709	1,733	1,736	1,711	
		สมอทอง	4,384	4,506	4,564	4,639	4,667	4,714	4,734	4,791	4,868	4,906	4,883	
		สมอทอง ทต.ท่าชนะ	1,189	1,173	1,188	1,184	1,173	1,207	1,243	1,297	1,274	1,276	1,317	
		ประสงค	16,373	16,765	17,223	17,634	18,127	18,568	18,854	19,372	19,684	19,871	20,134	
		คันธุลี	7,725	7,841	7,934	7,964	8,051	8,098	8,055	8,104	8,268	8,279	8,257	
		วัง	3,870	3,867	3,822	3,815	3,784	3,745	3,600	3,573	3,563	3,577	3,564	
		คลองพา	6,891	6,998	7,129	7,291	7,442	7,518	7,573	7,658	7,823	7,927	7,943	
		ตลาดไชยา	2,054	2,065	2,015	56	23	24	100	158	151	152	159	
		ตลาดไชยา ทต.ตลาดไชยา	3,122	3,289	3,351	4,780	4,728	4,809	4,752	4,687	4,693	4,706	4,719	
		เลม็ด	4,634	4,615	4,575	4,546	4,573	4,580	4,488	4,523	4,556	4,570	4,592	
		เลม็ด ทต. ตลาดไชยา	164	628	659	658	658	653	638	635	641	647	636	
		เวียง	3,185	3,202	3,230	3,291	3,317	3,368	3,358	3,446	3,475	3,518	3,527	
		ทุ่ง	4,975	4,941	4,910	4,953	4,945	4,961	4,866	5,006	4,942	4,964	4,967	
		ป่าเว	4,909	4,888	4,867	4,885	4,901	4,913	4,879	4,910	4,986	5,032	5,079	
		ตะกรบ	3,590	3,615	3,615	3,671	3,650	3,649	3,561	3,551	3,644	3,658	3,668	
		โมถ้าย	3,835	3,923	3,945	4,037	4,186	4,208	4,188	4,232	4,326	4,344	4,342	
		ปากหมาก	7,198	7,473	7,855	8,247	8,599	8,947	9,273	9,546	9,796	9,988	10,123	
		ไชยา ทต.พุมเรียง	7,492	7,541	7,532	7,508	7,558	7,556	7,486	7,607	7,592	7,619	7,568	
		ท่า ฉาง	ท่าฉาง	2,808	2,814	2,830	2,788	2,794	2,787	2,784	2,751	2,725	2,776	2,781
			ท่าฉาง ทต.ท่าฉาง	2,544	2,543	2,531	2,458	2,462	2,415	2,392	2,351	2,314	2,291	2,273
			ท่าเคย	5,533	5,623	5,688	5,681	5,703	5,725	5,761	5,954	6,000	6,058	6,164
			คลองไทร	4,842	4,898	4,922	4,945	4,978	5,026	4,997	5,132	5,222	5,314	5,365
เขาถ่าน	4,842		4,898	2,541	2,426	2,305	2,189	2,211	2,351	2,367	2,378	2,379		
เขาถ่าน ทต.ท่าฉาง	2,349		2,411	2,407	2,392	2,328	2,433	2,410	2,399	2,461	2,492	2,458		
เสวีียด	4,856		4,889	4,986	4,975	4,967	5,026	5,003	5,051	5,113	5,104	5,077		
ปากฉลุย	4,719		4,826	5,054	5,358	5,496	5,669	5,813	6,000	6,174	6,196	6,268		
รวม		276,586	280,271	279,953	281,517	286,390	288,715	290,362	293,771	296,913	298,674	299,855		

ที่มา : ประชากร ณ วันที่ 31 ธันวาคมของทุกปี, กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

หมายเหตุ : ทต.=เทศบาลตำบล และ ทม.=เทศบาลเมือง

ตารางที่ ค.2 จำนวนประชากรภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	จำนวนประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร หน่วย : คน										
			2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554
อุบล- ราชธานี	สิรินธร	คำเขื่อนแก้ว	8,641	8,732	8,582	8,812	8,974	8,901	8,594	8,850	9,945	10,021	10,130
		นิคมฯ ลำโดมน้อย	7,314	7,449	7,905	7,480	7,506	7,562	1,429	1,114	-	-	-
		นิคมฯ ลำโดม น้อย ทต.นิคมฯ ลำโดมน้อย	-	-	-	-	-	-	7,105	7,097	7,100	7,134	7,309
		ช่องเม็ก	4,258	4,416	4,553	4,703	4,902	5,084	5,047	5,176	5,277	5,456	5,473
		ทต.ช่องเม็ก	3,033	3,028	3,047	3,181	3,111	3,120	3,126	3,385	3,486	3,430	3,472
		คันไร่	10,328	10,440	10,625	10,818	10,857	10,858	10,828	10,871	10,962	11,189	11,259
		ฝางคำ	3,835	3,869	3,681	3,724	3,689	3,667	3,473	3,495	3,527	3,556	3,553
		โนนก่อ	8,460	8,584	8,593	8,807	9,117	9,177	9,052	9,276	9,534	9,810	10,086
		โขงเจียม	โขงเจียม	5,171	5,242	5,320	5,343	5,459	5,529	5,618	5,720	5,734	5,785
	โขงเจียม ทต. บ้านด่าน		2,606	2,575	2,580	2,593	2,580	2,605	2,622	2,752	2,728	2,710	2,701
	หนองแสงใหญ่		4,901	4,936	4,988	5,081	5,104	5,085	5,089	5,118	5,206	5,272	5,341
	ห้วยไผ่		5,097	5,099	5,134	5,193	5,198	5,253	5,289	5,367	5,394	5,418	5,477
	ห้วยยาง		7,110	7,213	7,329	7,444	7,457	7,526	7,577	7,656	7,762	7,904	8,060
	นาโพธิ์กลาง		6,572	6,633	6,692	6,813	6,895	6,993	7,073	7,188	7,270	7,353	7,429
	พิบูล มังสาหาร	ระเว	8,375	8,412	8,137	8,202	8,020	8,058	8,052	8,100	8,153	8,204	8,258
		โพธิ์ศรี	12,129	12,240	12,219	12,267	12,253	12,229	12,185	12,240	12,345	12,358	12,402
		ทรายมูล	5,673	5,723	5,747	5,793	5,743	5,737	5,731	5,781	5,849	5,882	5,906
		โพธิ์ไทร	11,345	11,444	11,467	11,442	11,416	11,351	11,278	11,325	11,461	11,521	11,516
		พิบูล ทม. พิบูลมังสาหาร	11,908	11,768	11,622	11,180	10,894	10,944	11,326	11,321	11,235	11,221	11,108
		กุศขมภู	17,290	17,505	18,507	12,055	13,641	14,228	14,463	14,438	14,488	14,361	14,351
		ดอนจิก	13,712	13,862	13,863	13,790	13,587	13,526	13,613	13,678	13,866	14,047	14,164
		ไร่ไต้	8,040	8,030	8,052	8,107	7,964	7,857	7,845	7,864	7,927	7,923	7,896
		นาโพธิ์	8,229	8,439	8,444	8,347	7,972	7,982	8,001	8,032	8,145	8,145	8,191
		หนองบัวฮี	10,643	10,727	10,729	10,831	10,646	10,575	10,562	10,521	10,546	10,612	10,631
		อ่างศิลา	4,255	4,385	4,394	4,476	4,506	4,429	4,425	4,426	4,420	4,525	4,549
		อ่างศิลา ทต. อ่างศิลา	3,522	3,456	3,453	3,461	3,478	3,439	3,368	3,411	3,458	3,378	3,352
		โนนกลาง	7,629	7,718	7,718	7,737	4,366	7,424	7,414	7,439	7,492	7,540	7,538
		โนนกาหลง	4,719	4,752	4,724	4,773	4,672	4,673	4,653	4,716	4,759	4,764	4,737
		บ้านเขม	5,248	5,235	5,168	5,137	5,089	5,067	5,092	5,085	5,086	5,118	5,165
	ตาลชุม	สำโรง	3,710	3,719	3,744	3,781	3,778	7,018	3,511	3,841	3,875	3,951	3,957
		ตาลชุม	6,087	6,133	6,155	5,148	5,202	5,225	6,642	5,343	5,328	5,418	5,479
		หนองกุง	3,854	3,888	3,909	3,955	3,974	3,973	3,653	4,002	4,017	4,051	4,070
		คำหว่า	3,707	3,730	3,679	3,690	3,684	3,708	3,627	3,688	3,718	3,730	3,734
จิกเทิง		5,096	5,106	5,061	5,116	5,175	5,185	4,482	5,174	5,231	5,269	5,264	
นาคาย		5,789	5,866	5,910	6,028	6,045	6,062	5,740	6,085	6,130	6,191	6,189	
โพธิ์ไทร	เหล่างาม	4,943	5,031	5,098	5,202	5,253	5,309	5,359	5,407	5,504	5,572	5,651	
	แก่งโดม	5,134	5,207	5,217	5,273	5,300	5,290	5,043	5,416	5,467	5,488	5,537	
สว่าง วีระวงศ์	สว่าง	7,649	7,769	7,865	7,701	7,773	7,862	8,557	7,971	7,924	7,959	7,839	
	บึงมะแลง	6,875	6,954	6,981	6,980	6,978	6,997	6,855	6,934	7,033	7,035	7,049	
	ท่าช้าง	9,890	9,940	9,891	10,057	10,119	10,138	9,812	10,077	10,085	10,068	10,029	
วารินชำ ราบ	คำขวง ทต. คำขวง	6,282	6,518	6,872	7,129	7,263	7,351	7,161	7,276	7,430	7,571	7,624	
	โพธิ์ใหญ่	7,202	7,271	7,335	7,460	7,576	7,569	7,515	7,556	7,588	7,639	7,631	
	บึงใหม่	7,121	7,253	7,434	7,745	7,865	7,956	7,876	8,042	8,150	8,322	8,378	

ตารางที่ ค.2 จำนวนประชากรภายในพื้นที่สีน้ำเงิน(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	จำนวนประชากรภายในรัศมี 50 กิโลเมตร หน่วย : คน											
			2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	
อุบล- ราชธานี (ต่อ)	ศรีเมืองใหม่	คำไหล	9,187	9,218	9,293	9,358	9,426	9,513	9,489	9,567	9,679	9,786	9,906	
		วาริน	5,390	5,383	5,396	5,428	5,475	5,492	5,500	5,505	5,552	5,575	5,606	
		ดอนใหญ่	4,238	4,241	4,254	4,298	4,337	4,332	4,259	4,299	4,323	4,350	4,351	
		นาคำ	8,347	8,424	8,532	8,054	8,202	8,230	8,607	8,694	8,685	8,719	8,794	
		นาคำ ทต.ศรีเมืองใหม่	4,268	4,251	4,221	4,218	4,247	4,199	4,223	4,229	4,199	4,218	4,231	
		แก้งกอก	4,451	4,451	4,448	4,458	4,499	4,493	4,492	4,494	4,541	4,596	4,612	
		เลียดใหญ่	3,680	3,702	3,687	3,697	3,712	3,696	3,650	3,673	3,767	3,713	3,730	
		ลาดควาย	4,421	4,432	4,464	4,508	4,581	4,632	4,624	4,640	4,691	4,732	4,751	
		หนามแท่ง	7,023	7,106	7,139	7,222	7,274	7,343	7,412	7,502	7,636	7,732	7,824	
		นาเลน	3,238	3,238	3,285	3,355	3,409	3,459	3,435	3,511	3,576	3,644	3,717	
		สงยาง	5,883	5,959	6,018	6,056	6,106	6,127	6,118	6,103	6,163	6,236	6,320	
		ตะบาย	4,025	4,030	4,049	4,101	4,175	4,387	4,154	4,224	4,314	4,348	4,378	
	นาเขีย	นาเขีย	4,718	4,741	4,920	4,765	4,809	4,903	5,710	5,180	5,232	5,327	5,456	
		นาเขีย ทต.นาเขีย	7,120	7,154	6,905	7,002	6,941	6,877	6,835	6,808	6,811	6,764	6,727	
		นาดี	6,507	6,578	6,711	6,879	6,898	7,003	6,735	7,151	7,233	7,285	7,362	
		นาเรือ	7,076	6,070	6,102	6,243	6,322	6,300	5,934	6,325	6,374	6,389	6,415	
	เดชอุดม	กุดประทาย ทต. กุดประทาย	12,278	12,336	12,453	12,521	10,413	12,746	12,884	12,950	13,007	13,086	13,240	
		คำครั่ง	6,225	6,257	6,269	6,114	6,180	6,163	6,108	6,197	6,234	6,301	6,334	
		โพนงาม ทต.โพนงาม	8,341	8,443	8,517	8,593	8,585	8,629	8,243	8,642	8,722	8,759	8,828	
		เมืองเดช	18,968	19,190	19,577	17,954	18,050	18,032	22,482	18,517	18,808	19,110	19,221	
		นาสว่าง	5,640	5,697	5,743	5,723	5,781	5,754	5,633	5,701	5,673	5,686	5,734	
		กลาง	13,913	14,158	14,228	14,212	14,269	14,331	13,592	14,015	14,106	14,170	14,264	
		บัวงาม	4,701	4,666	4,658	4,919	4,907	4,965	4,780	5,051	5,037	5,146	5,146	
		บัวงาม ทต.บัวงาม	6,853	6,969	6,997	6,869	7,046	7,116	7,074	7,065	7,099	7,134	7,164	
	บุญศรี	บ้านแมด	7,405	7,538	7,547	7,666	7,701	7,754	7,348	7,698	7,690	7,798	7,860	
		นาโพธิ์	8,387	8,448	8,455	8,504	8,617	8,675	8,427	8,450	8,506	8,578	8,551	
		คอแลน ทต.คอแลน	11,628	11,729	11,870	11,950	12,031	12,156	11,889	12,248	12,086	12,242	12,350	
		หนองสะโน	16,267	16,425	16,517	16,542	16,552	16,560	15,799	16,135	16,192	16,354	16,384	
		โพนงาม	11,881	11,996	13,274	9,182	9,381	9,390	10,698	9,511	9,509	9,679	9,811	
		โพนงาม ทต.บุญศรี	2,050	2,063	2,057	2,083	2,058	2,042	2,091	2,102	2,101	2,082	2,054	
		บัวงาม	6,971	7,041	7,151	7,267	7,331	7,392	7,083	7,263	7,337	7,386	7,487	
		บัวงาม ทต.บุญศรี	2,791	2,770	2,634	2,640	2,618	2,604	2,550	2,528	2,553	2,550	2,550	
	ตระการ พิษผล	ท่าหลวง	3,126	3,166	3,244	3,241	3,317	3,361	3,221	3,372	3,389	3,433	3,486	
		ตากแดด	2,836	2,850	2,856	2,919	2,957	2,981	2,908	2,977	3,054	3,122	3,099	
		ห้วยฝ้ายพัฒนา	5,119	5,154	5,205	5,306	5,367	5,380	5,363	5,408	5,463	5,521	5,521	
		กุศกร	3,603	3,616	3,587	3,620	3,668	3,662	3,580	3,581	3,607	3,614	3,603	
		โคกจาน	5,009	5,044	5,112	5,231	5,379	5,305	5,219	5,262	5,403	5,416	5,410	
	ดอนมด แดง	ดอนมดแดง	8,611	8,597	8,544	8,641	8,664	8,667	8,568	8,638	8,657	8,701	8,735	
		เหล่าแดง	7,072	7,265	7,301	6,931	6,924	6,950	7,090	7,071	7,095	7,127	7,158	
		ท่าเมือง	5,909	5,920	5,936	5,980	5,996	5,959	5,966	6,010	6,025	6,030	6,049	
		คำไฮใหญ่	4,705	4,721	4,693	4,714	4,717	4,697	4,664	4,688	4,729	4,768	4,778	
	เมือง อุบลราชธานี	กระโสม	5,353	5,355	5,446	5,503	5,730	5,602	5,730	5,794	5,855	5,904	5,940	
		กุดลาด	9,895	9,941	10,016	10,123	10,363	10,280	10,363	10,469	10,577	10,711	10,858	
	รวม			597,054	601,192	606,397	592,879	591,527	602,087	603,718	604,379	608,459	613,205	616,515

ที่มา : ประชากร ณ วันที่ 31 ธันวาคมของทุกปี, กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

หมายเหตุ : ทต.=เทศบาลตำบล และ ทม.=เทศบาลเมือง

ตารางที่ ค.3 การคาดประมาณประชากร 60 ปีตั้งแต่ พ.ศ.2554-2614 ภายในพื้นที่คันธุลี

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล/เทศบาล	2554	R	2559	2564	2569	2574	2579	2584	2589	2594	2599	2604	2609	2614	
ระนอง	ละอุ่น	ในวงเหนือ	1,264	0.0081	1,316	1,370	1,427	1,485	1,546	1,610	1,676	1,745	1,817	1,892	1,970	2,051	
		ในวงใต้	1,192	0.0081	1,241	1,292	1,345	1,401	1,458	1,518	1,581	1,646	1,714	1,784	1,858	1,934	
		ละอุ่นเหนือ	1,062	0.0081	1,106	1,151	1,199	1,248	1,299	1,353	1,408	1,466	1,527	1,590	1,655	1,723	
	กะเปอร์	เขี้ยวเหลียง	1,927	0.0081	2,006	2,089	2,175	2,264	2,358	2,455	2,556	2,661	2,770	2,884	3,003	3,127	
		บ้านนา	3,274	0.0081	3,409	3,549	3,695	3,847	4,006	4,170	4,342	4,521	4,707	4,901	5,102	5,312	
ชุมพร	สวี	เขาค่าย	7,382	0.0081	7,686	8,002	8,332	8,675	9,032	9,403	9,790	10,193	10,613	11,050	11,505	11,978	
		ทุ่งตะโก	ทุ่งตะไคร ทต.ทุ่งตะไคร	5,848	0.0081	6,089	6,339	6,600	6,872	7,155	7,449	7,756	8,075	8,408	8,754	9,114	9,489
			ตะโก	8,774	0.0081	9,135	9,511	9,903	10,310	10,735	11,177	11,637	12,116	12,614	13,133	13,674	14,237
			ช่องไม้แก้ว	5,748	0.0081	5,985	6,231	6,487	6,754	7,032	7,322	7,623	7,937	8,264	8,604	8,958	9,327
	ปากตะโก	ทต.ปากตะโก	4,288	0.0081	4,465	4,648	4,840	5,039	5,246	5,462	5,687	5,921	6,165	6,419	6,683	6,958	
		หลังสวน	ชั้นเงิน	464	0.0081	483	503	524	545	568	591	615	641	667	695	723	753
	หลังสวน	ชั้นเงิน ทม.หลังสวน	6,954	0.0081	7,240	7,538	7,849	8,172	8,508	8,858	9,223	9,602	9,998	10,409	10,838	11,284	
		ท่ามะปราง	3,153	0.0081	3,283	3,418	3,559	3,705	3,858	4,016	4,182	4,354	4,533	4,720	4,914	5,116	
		นาขา	8,004	0.0081	8,333	8,676	9,034	9,405	9,793	10,196	10,615	11,052	11,507	11,981	12,474	12,987	
		นาพญา	5,246	0.0081	5,462	5,687	5,921	6,165	6,418	6,682	6,958	7,244	7,542	7,853	8,176	8,512	
		บ้านควน	8,153	0.0081	8,489	8,838	9,202	9,581	9,975	10,385	10,813	11,258	11,721	12,204	12,706	13,229	
		บางมะพร้าว	4,624	0.0081	4,814	5,012	5,219	5,434	5,657	5,890	6,133	6,385	6,648	6,921	7,206	7,503	
		บางน้ำจืด	4,955	0.0081	5,159	5,371	5,592	5,823	6,062	6,312	6,572	6,842	7,124	7,417	7,722	8,040	
		พ้อแดง	2,067	0.0081	2,152	2,241	2,333	2,429	2,529	2,633	2,741	2,854	2,972	3,094	3,221	3,354	
		พ้อแดง ทม.หลังสวน	275	0.0081	286	298	310	323	336	350	365	380	395	412	429	446	
		แหลมทราย	3,198	0.0081	3,330	3,467	3,609	3,758	3,913	4,074	4,241	4,416	4,598	4,787	4,984	5,189	
		แหลมทราย ทม.หลังสวน	555	0.0081	578	602	626	652	679	707	736	766	798	831	865	901	
		วังตะกอก	7,476	0.0081	7,784	8,104	8,438	8,785	9,147	9,523	9,915	10,323	10,748	11,191	11,651	12,131	
		วังตะกอก ทม.หลังสวน	170	0.0081	177	184	192	200	208	217	225	235	244	254	265	276	
		หาดยาย	6,475	0.0081	6,742	7,019	7,308	7,609	7,922	8,248	8,587	8,941	9,309	9,692	10,091	10,506	
		หลังสวน ทม.หลังสวน	3,521	0.0081	3,666	3,817	3,974	4,138	4,308	4,485	4,670	4,862	5,062	5,270	5,487	5,713	
		หลังสวน ทต. ปากน้ำหลัง สวน	6,836	0.0081	7,117	7,410	7,715	8,033	8,364	8,708	9,066	9,439	9,828	10,233	10,654	11,092	
		พะโต๊ะ	พะโต๊ะ	7,145	0.0081	7,439	7,745	8,064	8,396	8,742	9,101	9,476	9,866	10,272	10,695	11,135	11,594
			พะโต๊ะ ทต.พะโต๊ะ	1,551	0.0081	1,615	1,681	1,751	1,823	1,898	1,976	2,057	2,142	2,230	2,322	2,417	2,517
	ปากทรง		4,830	0.0081	5,029	5,236	5,451	5,676	5,909	6,153	6,406	6,669	6,944	7,230	7,527	7,837	
	บึงหวาน		5,160	0.0081	5,372	5,594	5,824	6,063	6,313	6,573	6,843	7,125	7,418	7,724	8,042	8,373	
	พระรักษ์		4,436	0.0081	4,619	4,809	5,007	5,213	5,427	5,651	5,883	6,125	6,378	6,640	6,913	7,198	
	ละแม	ละแม	11,165	0.0081	11,625	12,103	12,601	13,120	13,660	14,222	14,808	15,417	16,052	16,712	17,400	18,117	
		ละแม ทต. ละแม	2,918	0.0081	3,038	3,163	3,293	3,429	3,570	3,717	3,870	4,029	4,195	4,368	4,548	4,735	
		ทุ่งหลวง	5,033	0.0081	5,240	5,456	5,680	5,914	6,158	6,411	6,675	6,950	7,236	7,534	7,844	8,167	
		สวนแดง	4,342	0.0081	4,521	4,707	4,901	5,102	5,312	5,531	5,759	5,996	6,242	6,499	6,767	7,045	
		ทุ่งควัวดี	5,297	0.0081	5,515	5,742	5,978	6,224	6,481	6,747	7,025	7,314	7,615	7,929	8,255	8,595	

ตารางที่ ค.3 การคาดประมาณประชากร 60 ปีตั้งแต่ พ.ศ.2554-2614 ภายในพื้นที่คันธูลี(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล/เทศบาล	2554	R	2559	2564	2569	2574	2579	2584	2589	2594	2599	2604	2609	2614
สุราษฎร์ธานี	ไชยา	ท่าชนะ	5,139	0.0081	5,351	5,571	5,800	6,039	6,287	6,546	6,816	7,096	7,388	7,692	8,009	8,339
		ท่าชนะ ทต.ท่าชนะ	1,711	0.0081	1,781	1,855	1,931	2,011	2,093	2,180	2,269	2,363	2,460	2,561	2,667	2,776
		สมอทอง	4,883	0.0081	5,084	5,293	5,511	5,738	5,974	6,220	6,476	6,743	7,020	7,309	7,610	7,923
		สมอทอง ทต.ท่าชนะ	1,317	0.0081	1,371	1,428	1,486	1,548	1,611	1,678	1,747	1,819	1,893	1,971	2,053	2,137
		ประสงค์	20,134	0.0081	20,963	21,826	22,724	23,659	24,633	25,647	26,703	27,802	28,946	30,138	31,378	32,670
		คันธูลี	8,257	0.0081	8,597	8,951	9,319	9,703	10,102	10,518	10,951	11,402	11,871	12,360	12,868	13,398
		วัง	3,564	0.0081	3,711	3,863	4,022	4,188	4,360	4,540	4,727	4,921	5,124	5,335	5,554	5,783
		คลองพา	7,943	0.0081	8,270	8,610	8,965	9,334	9,718	10,118	10,534	10,968	11,420	11,890	12,379	12,888
		ตลาดไชยา	159	0.0081	166	172	179	187	195	203	211	220	229	238	248	258
		ตลาดไชยา ทต.ตลาดไชยา	4,719	0.0081	4,913	5,115	5,326	5,545	5,774	6,011	6,259	6,516	6,784	7,064	7,354	7,657
		เลม็ด	4,592	0.0081	4,781	4,978	5,183	5,396	5,618	5,849	6,090	6,341	6,602	6,874	7,157	7,451
		เลม็ด ทต. ตลาดไชยา	636	0.0081	662	689	718	747	778	810	843	878	914	952	991	1,032
		เวียง	3,527	0.0081	3,672	3,823	3,981	4,145	4,315	4,493	4,678	4,870	5,071	5,279	5,497	5,723
		ทุ่ง	4,967	0.0081	5,171	5,384	5,606	5,837	6,077	6,327	6,588	6,859	7,141	7,435	7,741	8,060
		ป่าเว	5,079	0.0081	5,288	5,506	5,732	5,968	6,214	6,470	6,736	7,013	7,302	7,603	7,915	8,241
		ตะกรบ	3,668	0.0081	3,819	3,976	4,140	4,310	4,488	4,672	4,865	5,065	5,273	5,490	5,716	5,952
		โมถ้าย	4,342	0.0081	4,521	4,707	4,901	5,102	5,312	5,531	5,759	5,996	6,242	6,499	6,767	7,045
		ปากหมาก	10,123	0.0081	10,540	10,974	11,425	11,895	12,385	12,895	13,426	13,978	14,554	15,153	15,776	16,426
	ไชยา ทต. พุมเรียง	7,568	0.0081	7,880	8,204	8,542	8,893	9,259	9,640	10,037	10,450	10,880	11,328	11,795	12,280	
	ท่า ฉาง	ท่าฉาง	2,781	0.0081	2,895	3,015	3,139	3,268	3,402	3,542	3,688	3,840	3,998	4,163	4,334	4,513
		ท่าฉาง ทต.ท่าฉาง	2,273	0.0081	2,367	2,464	2,565	2,671	2,781	2,895	3,015	3,139	3,268	3,402	3,542	3,688
		ท่าเคย	6,164	0.0081	5,586	5,816	6,055	6,304	6,564	6,834	7,115	7,408	7,713	8,031	8,361	8,705
		คลองไทร	5,365	0.0081	6,418	6,682	6,957	7,243	7,541	7,852	8,175	8,512	8,862	9,227	9,606	10,002
		เขาถ่าน	2,379	0.0081	2,477	2,579	2,685	2,796	2,911	3,030	3,155	3,285	3,420	3,561	3,708	3,860
		เขาถ่าน ทต.ท่าฉาง	2,458	0.0081	2,559	2,665	2,774	2,888	3,007	3,131	3,260	3,394	3,534	3,679	3,831	3,988
		เสวีียด	5,077	0.0081	5,286	5,504	5,730	5,966	6,212	6,467	6,733	7,011	7,299	7,600	7,912	8,238
	ปากฉลุย	6,268	0.0081	6,526	6,795	7,074	7,365	7,669	7,984	8,313	8,655	9,011	9,382	9,768	10,171	
	รวม		299,855		312,197	325,048	338,427	352,358	366,861	381,962	397,684	414,053	431,096	448,840	467,315	486,551

หมายเหตุ : R = อัตราการเจริญเติบโตของประชากรภายในพื้นที่ศึกษา 50 กิโลเมตร ตั้งแต่ พ.ศ.2544-2554

ตารางที่ ค.4 การคาดประมาณประชากร 60 ปีตั้งแต่ พ.ศ.2554-2614 ภายในพื้นที่ลึทธิธร

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล/เทศบาล	2554	R	2559	2564	2569	2574	2579	2584	2589	2594	2599	2604	2609	2614	
อุบล- ราชธานี	ลึทธิธร	คำเขื่อนแก้ว	10,130	0.0032	10,293	10,459	10,627	10,798	10,972	11,149	11,329	11,511	11,696	11,885	12,076	12,270	
		นิคมฯ ลำโดมน้อย															
		ทต.นิคมฯ ลำโดมน้อย	7,309	0.0032	7,427	7,546	7,668	7,791	7,917	8,044	8,174	8,305	8,439	8,575	8,713	8,853	
		ช่องเม็ก	5,473	0.0032	5,561	5,651	5,742	5,834	5,928	6,024	6,121	6,219	6,319	6,421	6,524	6,629	
		ทต.ช่องเม็ก	3,472	0.0032	3,528	3,585	3,642	3,701	3,761	3,821	3,883	3,945	4,009	4,073	4,139	4,206	
		คันไร่	11,259	0.0032	11,440	11,625	11,812	12,002	12,195	12,392	12,591	12,794	13,000	13,209	13,422	13,638	
		ฝางคำ	3,553	0.0032	3,610	3,668	3,727	3,787	3,848	3,910	3,973	4,037	4,102	4,168	4,236	4,304	
		โนนก่อ	10,086	0.0032	10,248	10,413	10,581	10,752	10,925	11,101	11,279	11,461	11,645	11,833	12,024	12,217	
	โขงเจียม	โขงเจียม	5,837	0.0032	5,931	6,026	6,124	6,222	6,322	6,424	6,528	6,633	6,740	6,848	6,958	7,070	
		โขงเจียม ทต.บ้านดำน	2,701	0.0032	2,744	2,789	2,834	2,879	2,926	2,973	3,021	3,069	3,119	3,169	3,220	3,272	
หนองแสงใหญ่		5,341	0.0032	5,427	5,514	5,603	5,693	5,785	5,878	5,973	6,069	6,167	6,266	6,367	6,470		
ห้วยไผ่		5,477	0.0032	5,565	5,655	5,746	5,838	5,932	6,028	6,125	6,224	6,324	6,426	6,529	6,634		
ห้วยยาง		8,060	0.0032	8,190	8,322	8,456	8,592	8,730	8,871	9,014	9,159	9,306	9,456	9,608	9,763		
นาโพธิ์กลาง		7,429	0.0032	7,549	7,670	7,794	7,919	8,047	8,176	8,308	8,442	8,578	8,716	8,856	8,999		
พิบูล มังสาหาร	ระเว	8,258	0.0032	8,391	8,526	8,663	8,803	8,945	9,089	9,235	9,384	9,535	9,688	9,844	10,003		
	โพธิ์ศรี	12,402	0.0032	12,602	12,805	13,011	13,220	13,433	13,650	13,869	14,093	14,320	14,550	14,784	15,023		
	ทรายมูล	5,906	0.0032	6,001	6,098	6,196	6,296	6,397	6,500	6,605	6,711	6,819	6,929	7,041	7,154		
	โพธิ์ไทร	11,516	0.0032	11,701	11,890	12,081	12,276	12,474	12,674	12,878	13,086	13,297	13,511	13,728	13,949		
	พิบูล ทม.พิบูลมังสาหาร	11,108	0.0032	11,287	11,469	11,653	11,841	12,032	12,225	12,422	12,622	12,826	13,032	13,242	13,455		
	กุดขมภู	14,351	0.0032	14,582	14,817	15,055	15,298	15,544	15,795	16,049	16,307	16,570	16,837	17,108	17,383		
	ดอนจิก	14,164	0.0032	14,392	14,624	14,859	15,099	15,342	15,589	15,840	16,095	16,354	16,617	16,885	17,157		
	ไร่ใต้	7,896	0.0032	8,023	8,152	8,284	8,417	8,553	8,690	8,830	8,972	9,117	9,264	9,413	9,564		
	นาโพธิ์	8,191	0.0032	8,323	8,457	8,593	8,731	8,872	9,015	9,160	9,308	9,457	9,610	9,765	9,922		
	หนองบัวฮี	10,631	0.0032	10,802	10,976	11,153	11,332	11,515	11,700	11,889	12,080	12,275	12,472	12,673	12,877		
	อ่างศิลา	4,549	0.0032	4,622	4,697	4,772	4,849	4,927	5,007	5,087	5,169	5,252	5,337	5,423	5,510		
	อ่างศิลา ทต.อ่างศิลา	3,352	0.0032	3,406	3,461	3,517	3,573	3,631	3,689	3,749	3,809	3,870	3,933	3,996	4,060		
	โนนกลาง	7,538	0.0032	7,659	7,783	7,908	8,035	8,165	8,296	8,430	8,566	8,704	8,844	8,986	9,131		
	โนนกาหลง	4,737	0.0032	4,813	4,891	4,970	5,050	5,131	5,213	5,297	5,383	5,469	5,558	5,647	5,738		
	บ้านขาม	5,165	0.0032	5,248	5,333	5,419	5,506	5,594	5,685	5,776	5,869	5,964	6,060	6,157	6,256		
	ตาลชุม	สำโรง	3,957	0.0032	4,021	4,085	4,151	4,218	4,286	4,355	4,425	4,496	4,569	4,642	4,717	4,793	
ตาลชุม		5,479	0.0032	5,567	5,657	5,748	5,841	5,935	6,030	6,127	6,226	6,326	6,428	6,532	6,637		
หนองกุง		4,070	0.0032	4,136	4,202	4,270	4,339	4,408	4,479	4,552	4,625	4,699	4,775	4,852	4,930		
คำหว่า		3,734	0.0032	3,794	3,855	3,917	3,980	4,044	4,110	4,176	4,243	4,311	4,381	4,451	4,523		
จิกเทิง		5,264	0.0032	5,349	5,435	5,522	5,611	5,702	5,794	5,887	5,982	6,078	6,176	6,275	6,376		
นาคาย		6,189	0.0032	6,289	6,390	6,493	6,597	6,704	6,812	6,921	7,033	7,146	7,261	7,378	7,497		
ศรีเมือง ใหม่	คำไหล	9,906	0.0032	10,066	10,228	10,392	10,560	10,730	10,902	11,078	11,256	11,438	11,622	11,809	11,999		
	วาริน	5,606	0.0032	5,696	5,788	5,881	5,976	6,072	6,170	6,269	6,370	6,473	6,577	6,683	6,791		
	ดอนใหญ่	4,351	0.0032	4,421	4,492	4,565	4,638	4,713	4,789	4,866	4,944	5,024	5,105	5,187	5,270		
	นาคำ	8,794	0.0032	8,936	9,079	9,226	9,374	9,525	9,679	9,834	9,993	10,154	10,317	10,483	10,652		
	นาคำ ทต.ศรีเมืองใหม่	4,231	0.0032	4,299	4,368	4,439	4,510	4,583	4,657	4,732	4,808	4,885	4,964	5,044	5,125		
	แก้งกอก	4,612	0.0032	4,686	4,762	4,838	4,916	4,995	5,076	5,158	5,241	5,325	5,411	5,498	5,587		
	เอือดใหญ่	3,730	0.0032	3,790	3,851	3,913	3,976	4,040	4,105	4,171	4,238	4,307	4,376	4,447	4,518		
	ลาดควาย	4,751	0.0032	4,828	4,905	4,984	5,064	5,146	5,229	5,313	5,399	5,486	5,574	5,664	5,755		
	หนามแท่ง	7,824	0.0032	7,950	8,078	8,208	8,340	8,475	8,611	8,750	8,891	9,034	9,179	9,327	9,477		
	นาเลน	3,717	0.0032	3,777	3,838	3,899	3,962	4,026	4,091	4,157	4,224	4,292	4,361	4,431	4,502		
	สงยาง	6,320	0.0032	6,422	6,525	6,630	6,737	6,845	6,956	7,068	7,182	7,297	7,415	7,534	7,655		
	ตะบ้าย	4,378	0.0032	4,448	4,520	4,593	4,667	4,742	4,818	4,896	4,975	5,055	5,136	5,219	5,303		

ตารางที่ ค.4 การคาดประมาณประชากร 60 ปีตั้งตั้งแต่ พ.ศ.2554-2614 ภายในพื้นที่ลึนินทร(ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล/เทศบาล	2554	R	2559	2564	2569	2574	2579	2584	2589	2594	2599	2604	2609	2614	
อุบล- ราชธานี (ต่อ)	โพธิ์ไทร	เหล่างาม	5,651	0.0032	5,742	5,834	5,928	6,024	6,121	6,219	6,320	6,421	6,525	6,630	6,737	6,845	
		สว่าง วีระวงศ์	แก่งโคม	5,537	0.0032	5,626	5,717	5,809	5,902	5,997	6,094	6,192	6,292	6,393	6,496	6,601	6,707
			สว่าง	7,839	0.0032	7,965	8,093	8,224	8,356	8,491	8,628	8,766	8,908	9,051	9,197	9,345	9,495
			บึงมะแลง	7,049	0.0032	7,163	7,278	7,395	7,514	7,635	7,758	7,883	8,010	8,139	8,270	8,403	8,538
	นาเขีย	ท่าช้าง	10,029	0.0032	10,190	10,355	10,521	10,691	10,863	11,038	11,216	11,396	11,580	11,766	11,956	12,148	
		นาเขีย	5,456	0.0032	5,544	5,633	5,724	5,816	5,910	6,005	6,102	6,200	6,300	6,401	6,504	6,609	
		นาเขีย ทด. นาเขีย	6,727	0.0032	6,835	6,945	7,057	7,171	7,286	7,404	7,523	7,644	7,767	7,892	8,019	8,148	
		นาดี	7,362	0.0032	7,481	7,601	7,723	7,848	7,974	8,103	8,233	8,366	8,500	8,637	8,776	8,918	
	เดชอุดม	นาเรือง	6,415	0.0032	6,518	6,623	6,730	6,838	6,948	7,060	7,174	7,289	7,407	7,526	7,647	7,770	
		กุดประทาย ทต.กุดประทาย	กุดประทาย	13,240	0.0032	13,453	13,670	13,890	14,114	14,341	14,572	14,806	15,045	15,287	15,533	15,783	16,038
			คำครั่ง	6,334	0.0032	6,436	6,540	6,645	6,752	6,861	6,971	7,083	7,197	7,313	7,431	7,551	7,672
		โพนงาม ทด. โพนงาม	8,828	0.0032	8,970	9,115	9,261	9,411	9,562	9,716	9,872	10,031	10,193	10,357	10,524	10,693	
		เมืองเดช	19,221	0.0032	19,531	19,845	20,165	20,489	20,819	21,154	21,495	21,841	22,193	22,550	22,913	23,282	
		นาสว่าง	5,734	0.0032	5,826	5,920	6,015	6,112	6,211	6,311	6,412	6,516	6,621	6,727	6,836	6,946	
		กลาง	14,264	0.0032	14,494	14,727	14,964	15,205	15,450	15,699	15,952	16,208	16,469	16,735	17,004	17,278	
		บัวงาม	5,146	0.0032	5,229	5,313	5,399	5,486	5,574	5,664	5,755	5,848	5,942	6,037	6,135	6,233	
		บัวงาม ทต.บัวงาม	7,164	0.0032	7,279	7,397	7,516	7,637	7,760	7,885	8,012	8,141	8,272	8,405	8,540	8,678	
		บุณฑริก	บ้านแมด	7,860	0.0032	7,987	8,115	8,246	8,379	8,514	8,651	8,790	8,931	9,075	9,221	9,370	9,521
	นาโพธิ์		8,551	0.0032	8,689	8,829	8,971	9,115	9,262	9,411	9,563	9,717	9,873	10,032	10,194	10,358	
	คอแลน ทด. คอแลน		12,350	0.0032	12,549	12,751	12,956	13,165	13,377	13,592	13,811	14,034	14,260	14,489	14,722	14,960	
	หนองสะโน		16,384	0.0032	16,648	16,916	17,188	17,465	17,746	18,032	18,322	18,617	18,917	19,222	19,531	19,846	
	โพนงาม		9,811	0.0032	9,969	10,130	10,293	10,458	10,627	10,798	10,972	11,148	11,328	11,510	11,696	11,884	
	โพนงาม ทต.บุณฑริก		2,054	0.0032	2,087	2,121	2,155	2,190	2,225	2,261	2,297	2,334	2,372	2,410	2,449	2,488	
	บัวงาม		7,487	0.0032	7,608	7,730	7,855	7,981	8,110	8,240	8,373	8,508	8,645	8,784	8,925	9,069	
	บัวงาม ทด. บุณฑริก		2,550	0.0032	2,591	2,633	2,675	2,718	2,762	2,807	2,852	2,898	2,944	2,992	3,040	3,089	
	วาริน ชำราบ	คำขวาง ทต.คำขวาง	7,624	0.0032	7,747	7,872	7,998	8,127	8,258	8,391	8,526	8,663	8,803	8,945	9,089	9,235	
		โพธิ์ใหญ่	7,631	0.0032	7,754	7,879	8,006	8,135	8,266	8,399	8,534	8,671	8,811	8,953	9,097	9,243	
		บึงใหม่	8,378	0.0032	8,513	8,650	8,789	8,931	9,075	9,221	9,369	9,520	9,673	9,829	9,987	10,148	
	ตระการ พืชผล	ท่าหลวง	3,486	0.0032	3,542	3,599	3,657	3,716	3,776	3,837	3,898	3,961	4,025	4,090	4,156	4,223	
		ตากแดด	3,099	0.0032	3,149	3,200	3,251	3,303	3,357	3,411	3,466	3,521	3,578	3,636	3,694	3,754	
		ห้วยฝ้ายพัฒนา	5,410	0.0032	5,610	5,700	5,792	5,885	5,980	6,076	6,174	6,274	6,375	6,477	6,582	6,688	
		กุศกร	5,521	0.0032	3,661	3,720	3,780	3,841	3,903	3,965	4,029	4,094	4,160	4,227	4,295	4,364	
		โคกจาน	3,603	0.0032	5,497	5,586	5,676	5,767	5,860	5,954	6,050	6,147	6,246	6,347	6,449	6,553	
		ตระการ	5,410	0.0032	6,501	6,606	6,712	6,820	6,930	7,042	7,155	7,270	7,387	7,506	7,627	7,750	
	ดอนมด แดง	ดอนมดแดง	6,398	0.0032	8,876	9,019	9,164	9,311	9,461	9,614	9,768	9,926	10,086	10,248	10,413	10,581	
		เหล่าแดง	8,735	0.0032	7,273	7,390	7,509	7,630	7,753	7,878	8,005	8,134	8,265	8,398	8,533	8,670	
		ท่าเมือ	7,158	0.0032	6,146	6,245	6,346	6,448	6,552	6,657	6,765	6,874	6,984	7,097	7,211	7,327	
		คำไฮใหญ่	6,049	0.0032	4,855	4,933	5,013	5,093	5,175	5,259	5,343	5,429	5,517	5,606	5,696	5,788	
	เมืองอุบล- ราชธานี	กระโสม	4,778	0.0032	6,036	6,133	6,232	6,332	6,434	6,538	6,643	6,750	6,858	6,969	7,081	7,195	
		กุดลาด	5,940	0.0032	11,033	11,211	11,391	11,574	11,761	11,950	12,143	12,338	12,537	12,739	12,944	13,152	
	รวม			616,515		626,443	636,530	646,780	657,195	667,777	678,530	689,457	700,559	711,840	723,302	734,949	746,784

หมายเหตุ : R = อัตราการเจริญเติบโตของประชากรภายในพื้นที่ศึกษา 50 กิโลเมตร ตั้งแต่ พ.ศ.2544-2554

ภาคผนวก ง
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลความเร็วลมรายคาบระหว่างปี พ.ศ. 2524-2554 ณ สถานีตรวจวัดอากาศ
สุราษฎร์ธานี (หน่วยเป็น knots)

ปี	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2524	1.9	2	2.4	1.3	0.9	1.9	1.8	2.4	1.3	1.2	1.2	3.8
2525	2.6	2.7	2.5	1.4	1	1.8	1.6	1.6	1.4	0.5	0.9	1.9
2526	2.3	1.8	1.8	1.2	1	1.5	1.1	1.3	1.3	1	1.4	2.1
2527	1.7	1.9	1.6	1.3	0.7	1.7	0.7	1.9	0.8	0.4	1.2	1.1
2528	1.5	1.2	1.3	0.8	0.4	2.2	1	1.5	0.8	0.6	0.7	1.8
2529	2.3	1.9	-	1.6	1.5	1.2	1.6	1.6	1	0.7	1.3	2.3
2530	1.9	2	1.9	1.8	0.9	1.5	2.1	1.7	1	0.7	0.6	3.6
2531	2.1	1.8	2	1.4	1	1.2	1.5	1.3	1.2	1.3	2.3	4.5
2532	2.1	2.1	1.9	0.9	1.5	1.5	1.4	2.4	1.4	1.2	1.6	2.6
2533	2.1	3.5	2.6	2	1.2	2.6	2.5	2.8	1.7	1	1.3	3.4
2534	1.8	1.7	2	1.7	0.9	1.3	2.1	2.7	2.2	1.1	2.4	2.2
2535	2.3	2.6	2.3	1.8	1.2	1.6	2.8	3.3	2.6	0.9	3	3.2
2536	2.2	2.4	2.3	1.4	1.1	2.3	3.2	3.2	2.9	1.9	2.7	4.1
2537	2.9	2.9	2.8	1.8	2.3	3	2.9	3.2	3	2.5	2.6	2.4
2538	3	3.4	2.5	1.9	2.2	1.8	1.3	2.1	1.7	1.3	1	2.5
2539	1.9	2.3	2.1	0.9	0.9	0.8	1.6	1.4	1.6	0.7	1.3	1.9
2540	1.9	1.5	1.9	1.6	-	1.8	1.9	2	1.2	1.8	1.9	2.2
2541	2.3	2.5	2.6	2.9	2.4	1.5	1.4	1.2	1.1	1.2	1.5	2.6
2542	2.6	2.3	1.3	1.5	1.3	1.9	2.5	2.4	1.6	1.4	1.7	4.1
2543	2.4	2	1.6	0.9	1.4	1.7	1.9	2.2	1.7	1.7	2.2	1.9
2544	1.8	1.6	1.4	1.2	1.8	2	2.1	2.7	1.4	1	2.1	2.4
2545	2.6	2.8	2.3	2.1	2.2	2.5	3.3	2.7	2.6	1.7	1.7	1.9
2546	2.3	2.5	2.5	2.2	2	1.7	2.1	2.6	2.1	1.4	2	3
2547	2.7	3	2.8	2	2.3	3	2	3.1	1.6	2.6	2.6	3.4
2548	3.3	3.8	3.9	-	1.8	2.3	2.3	2.4	2.2	1.7	1.7	3
2549	2.5	2.5	2	1.2	1.3	1.5	2.3	2.1	1.6	1.5	1.2	3
2550	3	3.5	2.1	2.2	1.6	1.7	1.7	2.4	2	1.4	2.9	2.2
2551	1.9	1.6	2.4	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1	2	2.7
2552	2.9	1.8	1.5	1.5	1.8	3.4	2.7	2.8	2.8	2	2.8	2.4
2553	2.3	3.1	2.7	2.6	2	2.5	2.1	1.9	1.5	1.6	2.4	1.6
2554	1.7	1.7	2.1	1.6	1.6	2	1.7	1.4	1.7	1.4	1.6	2.5

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2555

ตารางที่ ง.2 ข้อมูลความเร็วลมรายคาบระหว่างปี พ.ศ. 2524-2554 ณ สถานีตรวจวัดอากาศ
อุบลราชธานี (หน่วยเป็น knots)

ปี	เดือน											
	พ.ศ.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
2524	3.6	2.8	2.7	3.4	3.1	4.6	3.7	5.5	2.2	4.7	5	6
2525	3.2	3.1	3	3.9	3.5	4.3	5.3	4.1	3.5	2.5	2.9	5
2526	3.9	2.5	3.7	3.9	4.5	5	3.6	3.8	1.8	3.8	6.8	4.7
2527	3.4	3.4	2.9	3.1	2.7	5	3.3	5	2.1	3.9	6.4	4.9
2528	3	2.6	3.6	3.3	3.1	6.3	4.1	6.9	2.7	3.2	4.6	5.9
2529	5.8	3.3	5	2.8	4.5	3.8	4.3	3.5	3.5	3.8	6.6	5.2
2530	4.6	3	3.6	3.6	4.4	4.4	5.6	4.4	2	2.4	4.7	7.7
2531	3	3.1	4	3.6	3.7	4.3	4.2	4.5	3	4.5	7.1	6.2
2532	3.9	3.2	3.7	3.6	3.7	3.6	4.2	3.7	2.1	2.9	6.3	3.7
2533	2.8	2.4	3	4.2	3.7	3.9	4	4.4	2.8	4.7	4.7	4.4
2534	2.5	3.2	3.3	3.9	3.3	3.7	3	3.9	2.4	3.2	5	4.1
2535	2.2	3.1	2.9	3.9	3.5	4.2	3.6	3.1	2.5	5.5	7.3	4
2536	3.4	2.9	3.4	4.1	3.6	4.7	4.8	6.1	2.9	5.3	5.6	7.9
2537	2.6	3.1	2.6	1.2	1.9	2.1	3.1	2.4	1.8	4.7	6.1	4.2
2538	3.7	3	2.7	1.6	1.6	1.7	1.8	1.7	2	4.4	6.4	7.6
2539	3	5.4	2.7	2.6	1.7	1.9	3.1	3.2	3	4.8	5.7	6.7
2540	2.9	3.6	2.7	2.7	2.6	3	2.6	3.5	2.5	2.6	3.4	3.7
2541	2.3	2.6	1.8	2.5	3	2.8	2.7	2.5	2.8	3.1	5.7	6.9
2542	4.5	4.3	2.5	2.2	2.5	3.2	3.8	2.9	2.1	2.8	5.6	9.8
2543	4.3	4	3.4	2.8	2.9	3.2	3.8	3.4	2.7	3.7	5.8	5
2544	2.8	3	3.5	2.2	3.2	2.9	3.5	3.1	2.3	2.9	5.5	5.1
2545	3.3	2.4	2.8	2.3	2.6	3.3	3.7	3.1	2.6	3.1	5	3.7
2546	3.8	2.6	3	1.8	2.7	2.7	2.2	2.6	2.1	4	4.4	5.3
2547	2.7	3.4	2.9	2.6	2.7	3.7	2.2	3.5	2.5	4.4	5	4.2
2548	2.8	2.3	3.4	3	2.6	3.1	2.9	3	2.6	4.4	4.1	6.4
2549	3.4	3.6	2.8	2.2	2.9	3.1	3.9	3.2	2.7	3.4	3.4	6.6
2550	6	3.1	3.2	3.8	3.6	3.2	3.5	4.3	2.9	4.4	6.6	3.9
2551	4.2	4.9	3.5	3	2.8	2.7	3.8	3.4	3.2	3	5.7	5.1
2552	5	2.7	3.2	3.4	3.1	4.2	4.3	3.1	3.6	2.7	4.8	3
2553	3.5	2.6	3.6	2.8	3.1	3.2	3.3	3.2	2.6	3.7	5.5	4
2554	4.8	2.7	4.7	3	2.8	4	3.7	3.1	3.1	3.7	4	5.1

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2555

ตารางที่ ง.3 ข้อมูลทิศทางลมเฉลี่ยรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2524-2554 ณ สถานีตรวจวัดอากาศ
สุราษฎร์ธานี

ปี พ.ศ.	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2524	N	E	E	N	SW	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE
2525	NE	N	N	NE	SW	SW	SW	SW	SW	N	NE	N
2526	NE	N,NE	N	N	N,SW	SW	SW	SW	SW	SW	N	N
2527	NE	E	N	N	S	SW	SW	SW	SW	N	NE	NE
2528	NE	NE	NE	N	S	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE
2529	NE	E	Calm	NE	S,SW	S	SW	SW	SW	SW	NE	NE
2530	NE	NE	NE	NE	S	SW	SW	S	SW	N	NE	NE
2531	NE	NE	N	N	S	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE
2532	NE	N	NE	NE	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE
2533	NE	E	E	NE	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE
2534	E	E	NE	N	S	SW	SW	SW	SW	N	NE	NE
2535	NE	NE	NE	NE	S,SW	SW	SW	SW	SW	N	NE	NE
2536	NE	NE	NE	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE
2537	NE	E	E	N	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE
2538	NE	NE	NE	N	SW	S	SW	SW	SW	N	N	NE
2539	NE	NE	NE	N	S	S	S	SW	SW	N	N	N
2540	N	N	N	N	Calm	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE
2541	NE	NE	NE	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	NE	N
2542	NE	NE	NE	S	SW	SW	SW	W	SW	SW	NE	N
2543	E	NE	NE,E	SW	W	SW	W	SW	SW	SW	N	NE
2544	NE	NE	NE	N	SW	SW	SW	SW	SW	W	NE	NE
2545	NE	N,NE	N	NE	SW	SW	W	W	W	N	N	N
2546	N	NE	NE	NE	W	S	S	W	W	W	NE	NE
2547	E	NE	NE	NE	W	SW	SW	W	S	NE	NE	NE
2548	NE	NE	NE	Calm	S	S	SW	SW	S	SW	E	E
2549	NE	E	E	E	W	SW	SW	SW	SE	SW	N	N
2550	N	N	N	NE	S	SW	SW	SW	SW	N,SW	NE	NE
2551	N,NE	N	NE	N	SW	SW	S	SW	SW	SW	N	N
2552	N	N	NE	NE	SW	W	SW	SW	S,SW	S	NE	NE
2553	NE	NE	NE	NE	NE	S	S	S	SW	SW	N	NE
2554	NE	NE	N	N	SW	SW	SW	S	SW	SW	NE	NE

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2555

ตารางที่ ง.4 ข้อมูลทิศทางลมเฉลี่ยรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2524-2554 ณ สถานีตรวจวัด
อุบลราชธานี

ปี พ.ศ.	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2524	N	N	S	S	S	SW	SW	SW	N	N	N	N
2525	NE	SE	S	S	S	SW	SW	SW	S	NE	N	N
2526	N	S	S	S	S	SW	S	SW	SE	N	N	N
2527	N	N	S	S	S	SW	S	SW	SE	N	NE	N
2528	N	S	N	S	S	SW	SW	SW	Vary	NE	N	N
2529	N	N	S	S	S	S	SW	SW	NE	N,NE	N	N
2530	N	N	S	SE	S	S	SW	S,SW	N	N	N	N
2531	N	N	S	S	SE	SW	SW	S	N	N	N	N
2532	N	N	N	SE	S	SW	SW	SW	SW	N	N	N
2533	N	N	N	SW	S	SW	SW	SW	SW	N	N	N
2534	N	N	S	S	S	SW	SW	SW	SW	NE	N	N
2535	NE	S	S	S	S	SW	S	SW	SW	N	NE	N
2536	N	N	S	S	S	S	SW	SW	S	NE	NE	N
2537	N	S	N	S	SE	S	SW	S,SW	SW	N	N	N
2538	N	N	N	SE	SW	S	S	S	N	N	N	N
2539	N	N	N	N	SE	S	SW	SW	N	N	N	N
2540	N	N	SE	SE	S	S	SW	S	N	N	N	N
2541	N	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	N	N	N	N
2542	N	N	S	SE	S	SW	S	SW	S	N	N	N
2543	N	N	N	S	S	S	SW	SW	S	N	N	N
2544	N	N	N	S	S	SW	S	SW	S	N	N	N
2545	N	N	N	S	S	S	SW	SW	SW	N	N	N
2546	N	N	N	S	S	S	S	S	S	N	N	N
2547	N	N	SE	S	SW	SW	SW	SW	S	N	N	N
2548	N	SE	N	S	S	S	S,SW	SW	SE	N	N	N
2549	N	N	S	S	SE	SW	SW	SW	N	N	N	N
2550	N	N	S	NE	S	S	SW	SW	SW	NE	NE	NE
2551	NE	NE	NE	NE	SE	S	SW	SW	SW	N	NE	N
2552	NE	N	NE	SE	SE	SW	SW	W	W	NE	NE	NE
2553	NE	NE	NE	SE	SE	S	S	SE	S	N	N	N
2554	N	N	N	NE	SE	SW	SW	SW	SW	N	NE	N

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2555

ภาคผนวก จ

ผลการคำนวณปริมาณรังสีบริเวณขอบเขตพื้นที่หวงห้ามตามการออกแบบเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ
ชั้นพื้นฐานกรณีสูญเสียน้ำระบายความร้อน (DBA LOCA)

ตารางที่ จ.1 ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีเครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสี; D _{EDE} (เร็ม)				
			1.4-3.4 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 1 โนเบิลก๊าซ	1	Kr-85m	2.00E-02	2.30E-02	8.28E-03	2.37E-04	2.70E-09
	2	Kr-85	1.87E-05	2.88E-05	4.97E-05	7.00E-05	4.79E-04
	3	Kr-87	8.55E-02	6.54E-02	1.21E-03	6.17E-08	0.00E+00
	4	Kr-88	5.99E-01	6.03E-01	1.03E-01	6.60E-04	1.23E-11
	5	Xe-131m	6.06E-05	9.31E-05	1.56E-04	1.97E-04	6.41E-04
	6	Xe-133m	1.15E-03	1.72E-03	2.55E-03	2.08E-03	1.05E-03
	7	Xe-133	4.33E-02	6.59E-02	1.07E-01	1.19E-01	1.88E-01
	8	Xe-135m	4.08E-04	5.96E-04	2.58E-12	0.00E+00	0.00E+00
	9	Xe-135	7.07E-02	9.34E-02	7.12E-02	9.29E-03	3.06E-05
	10	Xe-138	3.39E-03	5.64E-03	5.40E-12	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	11	I-130	1.11E-02	9.48E-03	3.31E-04	2.73E-05	3.91E-07
	12	I-131	5.77E-02	5.17E-02	2.87E-03	1.61E-03	3.87E-03
	13	I-132	2.60E-01	1.95E-01	1.09E-03	6.05E-07	0.00E+00
	14	I-133	1.79E-01	1.57E-01	6.67E-03	1.13E-03	9.05E-05
	15	I-134	1.62E-01	1.21E-01	2.28E-05	3.27E-12	0.00E+00
	16	I-135	3.85E-01	3.18E-01	7.46E-03	1.80E-04	7.46E-08
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	17	Rb-86	2.76E-05	2.47E-05	8.51E-07	1.75E-07	7.30E-07
	18	Cs-134	3.69E-02	3.32E-02	1.15E-03	2.55E-04	1.73E-03
	19	Cs-136	1.47E-02	1.31E-02	4.49E-04	8.94E-05	3.10E-04
	20	Cs-137	2.21E-06	1.97E-06	6.87E-08	1.52E-08	1.05E-07
	21	Cs-138	3.42E-02	3.25E-02	1.56E-07	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	22	Sb-127	1.52E-03	1.30E-03	4.51E-05	6.99E-06	7.71E-06
	23	Sb-129	6.87E-03	5.20E-03	6.38E-05	1.31E-07	1.04E-12
	24	Te-127m	8.74E-07	7.54E-07	2.75E-08	6.04E-09	3.79E-08
	25	Te-127	9.36E-06	7.54E-06	1.65E-07	2.46E-09	9.53E-12
	26	Te-129m	3.13E-05	2.71E-05	9.82E-07	2.09E-07	1.08E-06
	27	Te-129	9.76E-05	6.33E-05	4.38E-08	3.60E-14	0.00E+00
	28	Te-131m	4.19E-03	3.54E-03	1.10E-04	8.69E-06	1.62E-06
	29	Te-132	6.28E-03	5.37E-03	1.84E-04	2.68E-05	2.39E-05
	กลุ่มที่ 5 สทรอนเชียมและแบเรียม	30	Sr-89	1.35E-05	1.16E-05	4.23E-07	9.12E-08
31		Sr-90	1.13E-07	9.75E-08	3.56E-09	7.91E-10	5.44E-09
32		Sr-91	6.30E-03	5.08E-03	1.12E-04	1.72E-06	7.21E-09
33		Sr-92	8.75E-03	6.25E-03	4.06E-05	1.29E-08	0.00E+00
34		Ba-139	2.23E-04	1.47E-04	1.91E-07	7.96E-13	0.00E+00
35		Ba-140	2.64E-03	2.27E-03	8.18E-05	1.62E-05	5.51E-05

ตารางที่ จ.1 ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000 (ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทัมมันตรังสี, D _{EDE} (เร็ม)				
			1.4-3.4 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 6 โลหะโนเบ็ด	36	Mo-99	2.95E-04	2.52E-04	8.53E-06	1.16E-06	8.15E-07
	37	Tc-99m	1.63E-04	1.28E-04	2.11E-06	1.15E-08	2.32E-12
	38	Ru-103	7.35E-04	6.34E-04	2.30E-05	4.94E-06	2.66E-05
	39	Ru-105	5.88E-04	4.47E-04	5.59E-06	1.25E-08	1.32E-13
	40	Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	41	Rh-105	7.23E-05	6.12E-05	1.94E-06	1.78E-07	4.56E-08
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแลนทาไนด์	42	Y-90	2.90E-08	2.47E-08	8.37E-10	1.12E-10	7.59E-11
	43	Y-91	5.84E-07	5.02E-07	1.83E-08	3.96E-09	2.31E-08
	44	Y-92	1.94E-05	1.43E-05	1.39E-07	1.38E-10	0.00E+00
	45	Y-93	1.10E-05	8.91E-06	2.01E-07	3.52E-09	2.02E-11
	46	Nb-95	1.13E-04	9.71E-05	3.52E-06	7.53E-07	3.93E-06
	47	Zr-95	1.08E-04	9.32E-05	3.39E-06	7.35E-07	4.35E-06
	48	Zr-97	2.43E-05	2.01E-05	5.50E-07	2.25E-08	9.91E-10
	49	La-140	3.69E-04	3.13E-04	1.01E-05	1.02E-06	3.33E-07
	50	La-141	4.65E-06	3.48E-06	3.83E-08	5.67E-11	1.42E-16
	51	La-142	1.46E-04	9.74E-05	1.78E-07	1.81E-12	0.00E+00
	52	Nd-147	7.20E-06	6.20E-06	2.22E-07	4.35E-08	1.34E-07
	53	Pr-143	5.51E-08	4.75E-08	1.70E-09	3.42E-10	1.21E-09
	54	Am-241	1.85E-10	1.59E-10	5.81E-12	1.29E-12	8.91E-12
	55	Cm-242	3.03E-10	2.62E-10	9.53E-12	2.10E-12	1.36E-11
56	Cm-244	3.21E-11	2.77E-11	1.01E-12	2.25E-13	1.54E-12	
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	57	Ce-141	2.52E-05	2.17E-05	7.88E-07	1.68E-07	8.58E-07
	58	Ce-143	8.42E-05	7.12E-05	2.24E-06	1.93E-07	4.35E-08
	59	Ce-144	4.73E-06	4.09E-06	1.49E-07	3.31E-08	2.19E-07
	60	Pu-238	8.44E-11	7.27E-11	2.66E-12	5.90E-13	4.07E-12
	61	Pu-239	6.45E-12	5.56E-12	2.03E-13	4.52E-14	3.11E-13
	62	Pu-240	1.06E-11	9.16E-12	3.35E-13	7.42E-14	5.10E-13
	63	Pu-241	3.64E-11	3.13E-11	1.15E-12	2.54E-13	1.75E-12
	64	Np-239	6.50E-04	5.55E-04	1.86E-05	2.32E-06	1.30E-06
รวม			2.00E+00	1.82E+00	3.14E-01	1.35E-01	1.96E-01

ตารางที่ จ.2 ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ; D_{CEDE} (เริ่ม)				
			1.4-3.4 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 1 โบรมีนกัทซ	1	Kr-85m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	2	Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	3	Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	4	Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	5	Xe-131m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	6	Xe-133m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	7	Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	8	Xe-135m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	9	Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	10	Xe-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	11	I-130	2.66E-02	2.28E-02	4.09E-04	4.31E-05	6.17E-07
	12	I-131	9.86E+00	8.84E+00	2.52E-01	1.81E-01	4.35E-01
	13	I-132	8.37E-02	6.28E-02	1.80E-04	1.28E-07	0.00E+00
	14	I-133	3.37E+00	2.94E+00	6.45E-02	1.40E-02	1.12E-03
	15	I-134	1.55E-02	1.15E-02	1.12E-06	2.05E-13	0.00E+00
	16	I-135	5.61E-01	4.63E-01	5.59E-03	1.72E-04	7.14E-08
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	17	Rb-86	3.59E-03	3.22E-03	5.70E-05	1.50E-05	6.25E-05
	18	Cs-134	2.13E+00	1.92E+00	3.42E-02	9.69E-03	6.59E-02
	19	Cs-136	9.59E-02	8.57E-02	1.51E-03	3.84E-04	1.33E-03
	20	Cs-137	8.61E-01	7.70E-01	1.38E-02	3.91E-03	2.69E-02
	21	Cs-138	2.71E-03	2.58E-03	6.37E-09	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	22	Sb-127	2.61E-02	2.23E-02	3.98E-04	7.87E-05	8.68E-05
	23	Sb-129	5.86E-03	4.43E-03	2.80E-05	7.33E-08	5.80E-13
	24	Te-127m	1.21E-02	1.04E-02	1.96E-04	5.49E-05	3.45E-04
	25	Te-127	1.16E-03	9.38E-04	1.05E-05	2.01E-07	7.79E-10
	26	Te-129m	4.57E-02	3.96E-02	7.38E-04	2.01E-04	1.04E-03
	27	Te-129	3.00E-04	1.95E-04	6.94E-08	7.29E-14	0.00E+00
	28	Te-131m	3.62E-02	3.06E-02	4.87E-04	4.93E-05	9.20E-06
	29	Te-132	5.44E-01	4.65E-01	8.21E-03	1.53E-03	1.36E-03
กลุ่มที่ 5 สทรอนเทียมและแบเรียม	30	Sr-89	6.83E-01	5.90E-01	1.10E-02	3.04E-03	1.72E-02
	31	Sr-90	1.84E+00	1.59E+00	2.99E-02	8.48E-03	5.83E-02
	32	Sr-91	2.87E-02	2.32E-02	2.61E-04	5.16E-06	2.16E-08
	33	Sr-92	9.83E-03	7.02E-03	2.35E-05	9.55E-09	0.00E+00
	34	Ba-139	1.67E-03	1.10E-03	7.37E-07	3.91E-12	0.00E+00
	35	Ba-140	1.09E-01	9.35E-02	1.73E-03	4.39E-04	1.49E-03

ตารางที่ จ.2 ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ AP-1000(ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ; D _{CEDE} (เริ่ม)				
			1.4-3.4 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 6 โดเทอร์เนียม	36	Mo-99	1.52E-02	1.30E-02	2.26E-04	3.91E-05	2.75E-05
	37	Tc-99m	8.54E-05	6.67E-05	5.67E-07	3.95E-09	7.97E-13
	38	Ru-103	2.77E-02	2.39E-02	4.46E-04	1.22E-04	6.57E-04
	39	Ru-105	6.65E-04	5.05E-04	3.25E-06	9.27E-09	9.80E-14
	40	Ru-106	4.86E-01	4.19E-01	7.88E-03	2.23E-03	1.49E-02
	41	Rh-105	1.76E-03	1.48E-03	2.42E-05	2.83E-06	7.27E-07
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแลนทาไนด์	42	Y-90	1.22E-04	1.04E-04	1.81E-06	3.09E-07	2.10E-07
	43	Y-91	1.04E-02	8.91E-03	1.67E-04	4.63E-05	2.70E-04
	44	Y-92	1.10E-04	8.12E-05	4.05E-07	5.14E-10	0.00E+00
	45	Y-93	4.65E-04	3.78E-04	4.39E-06	9.81E-08	5.63E-10
	46	Nb-95	1.66E-03	1.43E-03	2.66E-05	7.27E-06	3.79E-05
	47	Zr-95	6.71E-03	5.79E-03	1.08E-04	3.00E-05	1.77E-04
	48	Zr-97	1.10E-03	9.13E-04	1.28E-05	6.70E-07	2.96E-08
	49	La-140	1.44E-03	1.23E-03	2.04E-05	2.63E-06	8.58E-07
	50	La-141	1.07E-04	8.01E-05	4.53E-07	8.56E-10	2.15E-15
	51	La-142	2.43E-05	1.62E-05	1.52E-08	1.97E-13	0.00E+00
	52	Nd-147	7.53E-04	6.48E-04	1.19E-05	2.99E-06	9.18E-06
	53	Pr-143	2.01E-03	1.73E-03	3.20E-05	8.20E-06	2.89E-05
	54	Am-241	9.51E-03	8.17E-03	1.53E-04	4.36E-05	3.01E-04
	55	Cm-242	8.70E-02	7.52E-02	1.41E-03	3.97E-04	2.57E-03
56	Cm-244	1.53E-01	1.32E-01	2.48E-03	7.07E-04	4.84E-03	
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	57	Ce-141	6.22E-03	5.36E-03	1.00E-04	2.72E-05	1.39E-04
	58	Ce-143	2.09E-03	1.77E-03	2.86E-05	3.16E-06	7.11E-07
	59	Ce-144	1.96E-01	1.69E-01	3.19E-03	9.02E-04	5.97E-03
	60	Pu-238	6.41E-01	5.53E-01	1.04E-02	2.95E-03	2.04E-02
	61	Pu-239	6.17E-02	5.32E-02	1.00E-03	2.84E-04	1.96E-03
	62	Pu-240	9.04E-02	7.83E-02	1.47E-03	4.17E-04	2.87E-03
	63	Pu-241	3.92E-01	3.37E-01	6.34E-03	1.80E-03	1.24E-02
	64	Np-239	2.01E-02	1.71E-02	2.95E-04	4.70E-05	2.63E-05
รวม			2.26E+01	1.99E+01	4.61E-01	2.33E-01	6.78E-01

ตารางที่ ๑.3 ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ US-APWR

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสี; D _{EDE} (เริ่ม)				
			0.5-2.5 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 1 โนเบิลก๊าซ	1	Kr-85m	3.03E+03	9.16E+03	4.37E+03	1.99E+02	0.00E+00
	2	Kr-85	1.97E+02	7.75E+02	1.74E+03	3.92E+03	3.35E+04
	3	Kr-87	2.00E+03	3.54E+03	7.83E+01	0.00E+00	0.00E+00
	4	Kr-88	6.55E+03	1.68E+04	3.68E+03	3.70E+01	0.00E+00
	5	Xe-133	2.97E+04	1.26E+05	2.76E+05	4.93E+05	9.77E+05
	6	Xe-135	1.04E+04	3.79E+04	4.05E+04	9.60E+03	4.41E+01
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	7	I-131	8.72E+02	1.42E+03	5.61E+02	1.85E+03	5.60E+03
	8	I-132	1.09E+03	1.50E+03	1.01E+02	2.22E+02	2.48E+02
	9	I-133	1.68E+03	2.67E+03	7.37E+02	8.09E+02	8.07E+01
	10	I-134	3.09E+02	4.22E+02	1.84E-01	0.00E+00	0.00E+00
	11	I-135	1.30E+03	1.95E+03	2.44E+02	4.67E+01	1.20E-01
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	12	Rb-86	1.13E+00	1.44E+00	1.60E-02	0.00E+00	0.00E+00
	13	Cs-134	1.13E+02	1.44E+02	1.62E+00	0.00E+00	0.00E+00
	14	Cs-136	3.07E+01	3.90E+01	4.31E-01	0.00E+00	0.00E+00
	15	Cs-137	6.44E+01	8.19E+01	9.21E-01	1.00E-03	0.00E+00
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	16	Sb-127	8.55E+00	1.04E+01	1.26E-01	1.00E-05	0.00E+00
	17	Sb-129	1.74E+01	1.99E+01	6.87E-02	0.00E+00	0.00E+00
	18	Te-127m	1.14E+00	1.39E+00	1.80E-02	0.00E+00	0.00E+00
	19	Te-127	8.56E+00	1.04E+01	1.30E-01	0.00E+00	0.00E+00
	20	Te-129m	3.90E+00	2.30E+01	1.12E-01	0.00E+00	0.00E+00
	21	Te-129	1.99E+01	4.75E+00	6.13E-02	0.00E+00	0.00E+00
	22	Te-131m	1.13E+01	1.36E+01	1.44E-01	0.00E+00	0.00E+00
	23	Te-132	1.17E+02	1.41E+02	1.71E+00	1.00E-04	0.00E+00
กลุ่มที่ 5 สทรอนเชียมและแบเรียม	24	Sr-89	3.89E+01	4.74E+01	6.12E-01	0.00E+00	0.00E+00
	25	Sr-90	3.23E+00	3.93E+00	5.10E-02	0.00E+00	0.00E+00
	26	Sr-91	4.25E+01	5.01E+01	3.54E-01	1.00E-03	0.00E+00
	27	Sr-92	2.79E+01	3.11E+01	4.95E-02	0.00E+00	0.00E+00
	28	Ba-139	1.83E+01	1.96E+01	5.04E-03	0.00E+00	0.00E+00
	29	Ba-140	6.16E+01	7.49E+01	9.53E-01	0.00E+00	0.00E+00

ตารางที่ จ.3 ปริมาณรังสีจากผลของกัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ US-APWR(ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีจากผลของกัมมันตรังสี; D _{EDE} (เร็ม)				
			0.5-2.5 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 6 โดทรอนเบิด	30	Co-58	3.36E-03	3.36E-03	4.50E-08	0.00E+00	0.00E+00
	31	Co-60	1.32E-02	1.59E-02	2.00E-04	1.01E-06	0.00E+00
	32	Mo-99	1.07E-04	5.41E-05	3.89E-07	1.86E-10	0.00E+00
	33	Tc-99m	7.64E-05	3.89E-05	2.95E-07	1.50E-10	0.00E+00
	34	Ru-103	2.61E-04	1.33E-04	1.06E-06	5.80E-10	0.00E+00
	35	Ru-105	1.93E-04	9.30E-05	2.05E-07	0.00E+00	0.00E+00
	36	Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	37	Rh-105	2.62E-05	1.33E-05	9.68E-08	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแลนทาไนด์	38	Y-90	1.68E-08	1.10E-08	4.68E-10	2.94E-13	0.00E+00
	39	Y-91	2.36E-07	1.21E-07	1.07E-09	0.00E+00	0.00E+00
	40	Y-92	6.18E-05	4.17E-05	6.50E-07	0.00E+00	0.00E+00
	41	Y-93	4.43E-06	2.20E-06	9.97E-09	0.00E+00	0.00E+00
	42	Nb-95	4.32E-05	2.21E-05	1.77E-07	9.64E-11	0.00E+00
	43	Zr-95	4.13E-05	2.11E-05	1.69E-07	0.00E+00	0.00E+00
	44	Zr-97	9.28E-06	4.66E-06	2.66E-08	0.00E+00	0.00E+00
	45	La-140	2.27E-04	1.60E-04	8.05E-06	6.03E-09	0.00E+00
	46	La-141	1.65E-06	7.89E-07	1.48E-09	0.00E+00	0.00E+00
	47	La-142	4.98E-05	2.25E-05	4.90E-09	0.00E+00	0.00E+00
	48	Nd-147	2.63E-06	1.35E-06	1.06E-08	0.00E+00	0.00E+00
	49	Pr-143	2.15E-08	1.10E-08	9.00E-11	5.36E-14	0.00E+00
	50	Am-241	9.34E-11	4.77E-11	3.84E-13	0.00E+00	0.00E+00
	51	Cm-242	1.60E-10	8.22E-11	6.60E-13	0.00E+00	0.00E+00
	52	Cm-244	1.68E-11	8.62E-12	6.92E-14	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	53	Ce-141	9.26E-06	4.74E-06	3.78E-08	0.00E+00	0.00E+00
	54	Ce-143	3.22E-05	1.63E-05	1.10E-07	0.00E+00	0.00E+00
	55	Ce-144	1.75E-06	8.95E-07	7.18E-09	0.00E+00	0.00E+00
	56	Pu-238	3.93E-11	2.01E-11	1.61E-13	0.00E+00	0.00E+00
	57	Pu-239	2.58E-12	1.32E-12	1.06E-14	0.00E+00	0.00E+00
	58	Pu-240	4.53E-12	2.32E-12	1.86E-14	1.22E-17	0.00E+00
	59	Pu-241	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	60	Np-239	2.18E-04	2.39E-09	1.92E-11	0.00E+00	0.00E+00
รวม			2.40E+00	2.40E+00	6.67E-01	2.49E-01	1.72E-01

ตารางที่ ๑.4 ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ US-APWR

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ; D _{CEDE} (เร็ม)				
			0.5-2.5 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 1 โนเบิลแก๊ส	1	Kr-85m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	2	Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	3	Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	4	Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	5	Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	6	Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	7	I-131	5.02E+00	3.43E+00	4.32E-01	9.66E-01	1.19E+00
	8	I-132	7.27E-02	4.20E-02	9.01E-04	1.34E-03	6.09E-04
	9	I-133	1.72E+00	1.15E+00	1.01E-01	7.51E-02	3.04E-03
	10	I-134	7.10E-03	4.07E-03	5.66E-07	0.00E+00	0.00E+00
	11	I-135	2.79E-01	1.76E-01	7.01E-03	9.10E-04	9.49E-07
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	12	Rb-86	1.31E-03	7.01E-04	2.48E-06	0.00E+00	0.00E+00
	13	Cs-134	9.15E-01	4.90E-01	1.75E-03	0.00E+00	0.00E+00
	14	Cs-136	3.94E-02	2.10E-02	7.39E-05	0.00E+00	0.00E+00
	15	Cs-137	3.60E-01	1.92E-01	6.88E-04	5.07E-07	0.00E+00
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	16	Sb-127	9.02E-03	4.61E-03	1.78E-05	9.57E-10	0.00E+00
	17	Sb-129	1.96E-03	9.42E-04	1.03E-06	0.00E+00	0.00E+00
	18	Te-127m	4.29E-03	2.20E-03	9.05E-06	0.00E+00	0.00E+00
	19	Te-127	4.77E-04	2.43E-04	9.68E-07	0.00E+00	0.00E+00
	20	Te-129m	1.63E-02	4.05E-02	6.27E-05	0.00E+00	0.00E+00
	21	Te-129	3.12E-04	3.13E-05	1.28E-07	0.00E+00	0.00E+00
	22	Te-131m	1.27E-02	6.40E-03	2.16E-05	0.00E+00	0.00E+00
	23	Te-132	1.93E-01	9.78E-02	3.78E-04	1.50E-08	0.00E+00
กลุ่มที่ 5 สทรอนเทียมและแบเรียม	24	Sr-89	2.82E-01	1.44E-01	5.93E-04	0.00E+00	0.00E+00
	25	Sr-90	7.34E-01	3.75E-01	1.55E-03	0.00E+00	0.00E+00
	26	Sr-91	1.24E-02	6.12E-03	1.38E-05	2.64E-08	0.00E+00
	27	Sr-92	3.94E-03	1.84E-03	9.34E-07	0.00E+00	0.00E+00
	28	Ba-139	5.50E-04	2.47E-04	2.02E-08	0.00E+00	0.00E+00
	29	Ba-140	4.03E-02	2.06E-02	8.33E-05	0.00E+00	0.00E+00

ตารางที่ ๑.4 ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ US-APWR (ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ; D _{CEDE} (เร็ม)				
			0.5-2.5 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 6 โดเทอร์เนียม	30	Co-58	6.40E-06	2.69E-06	1.15E-11	0.00E+00	0.00E+00
	31	Co-60	5.05E-04	2.56E-04	1.02E-06	3.50E-09	0.00E+00
	32	Mo-99	5.50E-03	2.78E-03	1.03E-05	6.28E-09	0.00E+00
	33	Tc-99m	3.99E-05	2.03E-05	7.92E-08	5.17E-11	0.00E+00
	34	Ru-103	9.81E-03	5.01E-03	2.06E-05	1.44E-08	0.00E+00
	35	Ru-105	2.18E-04	1.05E-04	1.19E-07	0.00E+00	0.00E+00
	36	Ru-106	1.83E-01	9.37E-02	3.86E-04	0.00E+00	0.00E+00
	37	Rh-105	6.35E-04	3.23E-04	1.21E-06	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแลนทาไนด์	38	Y-90	7.07E-05	4.61E-05	1.01E-06	8.11E-10	0.00E+00
	39	Y-91	4.19E-03	2.15E-03	9.76E-06	0.00E+00	0.00E+00
	40	Y-92	3.51E-04	2.37E-04	1.90E-06	0.00E+00	0.00E+00
	41	Y-93	1.88E-04	9.34E-05	2.18E-07	0.00E+00	0.00E+00
	42	Nb-95	6.34E-04	3.24E-04	1.34E-06	9.31E-10	0.00E+00
	43	Zr-95	2.57E-03	1.31E-03	5.40E-06	0.00E+00	0.00E+00
	44	Zr-97	4.21E-04	2.12E-04	6.20E-07	0.00E+00	0.00E+00
	45	La-140	8.91E-04	6.27E-04	1.62E-05	1.55E-08	0.00E+00
	46	La-141	3.80E-05	1.81E-05	1.75E-08	0.00E+00	0.00E+00
	47	La-142	8.28E-06	3.74E-06	4.19E-10	0.00E+00	0.00E+00
	48	Nd-147	2.76E-04	1.41E-04	5.69E-07	0.00E+00	0.00E+00
	49	Pr-143	7.84E-04	4.01E-04	1.69E-06	1.29E-09	0.00E+00
	50	Am-241	4.79E-03	2.45E-03	1.02E-05	0.00E+00	0.00E+00
	51	Cm-242	4.60E-02	2.36E-02	9.74E-05	0.00E+00	0.00E+00
	52	Cm-244	8.03E-02	4.12E-02	1.70E-04	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	53	Ce-141	2.29E-03	1.17E-03	4.80E-06	0.00E+00	0.00E+00
	54	Ce-143	8.01E-04	4.06E-04	1.41E-06	0.00E+00	0.00E+00
	55	Ce-144	7.26E-02	3.71E-02	1.53E-04	0.00E+00	0.00E+00
	56	Pu-238	2.99E-01	1.53E-01	6.31E-04	0.00E+00	0.00E+00
	57	Pu-239	2.47E-02	1.26E-02	5.21E-05	0.00E+00	0.00E+00
	58	Pu-240	3.87E-02	1.98E-02	8.18E-05	6.88E-08	0.00E+00
	59	Pu-241	1.65E-01	8.43E-02	3.49E-04	0.00E+00	0.00E+00
	60	Np-239	6.72E-03	7.38E-08	3.05E-10	0.00E+00	0.00E+00
รวม			1.07E+01	6.69E+00	5.48E-01	1.04E+00	1.19E+00

ตารางที่ ๑.5 ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสี; D _{EDE} (เร็ม)				
			1.5-3.5 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 1 โนเบิลแก๊ส	1	Kr-83m	1.53E-05	6.09E-06	2.32E-06	3.21E-08	3.85E-17
	2	Kr-85m	1.74E-01	6.31E-02	2.23E-02	5.53E-04	3.27E-09
	3	Kr-85	1.90E-04	9.08E-05	1.54E-04	1.87E-04	6.45E-04
	4	Kr-87	7.51E-01	1.95E-01	3.35E-03	1.47E-07	5.41E-25
	5	Kr-88	5.41E+00	1.74E+00	2.86E-01	1.58E-03	1.49E-11
	6	Kr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	7	Xe-131m	4.54E-04	2.16E-04	3.81E-04	6.57E-04	2.63E-03
	8	Xe-133m	9.15E-03	4.35E-03	7.86E-03	1.05E-02	3.00E-03
	9	Xe-133	3.40E-01	1.62E-01	2.84E-01	3.65E-01	2.96E-01
	10	Xe-135m	9.68E-01	6.76E-01	1.13E+00	2.60E-01	1.37E-04
	11	Xe-135	9.38E-01	5.07E-01	1.06E+00	4.06E-01	8.81E-04
	12	Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	13	Xe-138	2.10E-02	2.08E-02	1.18E-11	1.28E-32	0.00E+00
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	14	I-129	9.08E-12	3.92E-12	3.91E-12	6.81E-12	2.08E-11
	15	I-130	3.43E-03	1.35E-03	7.38E-04	1.91E-04	1.32E-06
	16	I-131	7.21E-03	3.09E-03	2.96E-03	4.42E-03	4.90E-03
	17	I-132	3.50E-02	1.17E-02	3.59E-03	3.68E-03	1.55E-03
	18	I-133	2.25E-02	9.20E-03	6.37E-03	3.17E-03	1.22E-04
	19	I-134	2.07E-02	6.20E-03	1.19E-05	1.29E-11	9.24E-37
	20	I-135	4.77E-02	1.76E-02	5.92E-03	5.09E-04	1.03E-07
	21	Br-83	1.06E-05	3.27E-06	2.23E-07	7.59E-10	2.47E-19
	22	Br-84	4.87E-04	2.21E-04	7.33E-09	1.90E-18	9.19E-60
	23	Br-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	24	Rb-86m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	25	Rb-86	5.78E-06	2.33E-06	1.10E-06	1.71E-07	1.36E-08
	26	Rb-88	1.92E-02	6.39E-03	9.96E-04	5.68E-06	5.42E-14
	27	Rb-89	2.05E-04	6.24E-04	1.95E-13	1.10E-33	0.00E+00
	28	Cs-134	1.02E-02	4.11E-03	1.96E-03	3.22E-04	3.21E-05
	29	Cs-136	3.53E-03	1.42E-03	6.64E-04	1.02E-04	7.38E-06
	30	Cs-137	3.98E-07	1.61E-07	7.67E-08	1.26E-08	1.26E-09
	31	Cs-138	1.17E-02	4.41E-03	1.39E-07	8.81E-18	3.14E-60

ตารางที่ ๑.5 ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR(ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสี; D _{EDE} (เร็ม)				
			1.5-3.5 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	32	Sb-125	2.69E-05	1.03E-05	5.21E-06	8.54E-07	8.53E-08
	33	Sb-127	2.04E-04	7.68E-05	3.63E-05	4.76E-06	1.85E-07
	34	Sb-129	8.12E-04	2.48E-04	3.10E-05	1.80E-07	5.76E-14
	35	Te-127	1.50E-06	5.71E-07	2.81E-07	3.92E-08	1.91E-09
	36	Te-127m	1.25E-07	4.75E-08	2.41E-08	3.95E-09	3.85E-10
	37	Te-129m	3.81E-06	1.45E-06	7.32E-07	1.17E-07	1.03E-08
	38	Te-129	3.82E-05	1.22E-05	2.26E-06	1.43E-07	1.19E-08
	39	Te-131m	4.69E-04	1.72E-04	7.00E-05	6.02E-06	5.62E-08
	40	Te-131	5.11E-05	1.80E-05	4.59E-06	3.94E-07	3.68E-09
	41	Te-132	6.93E-04	2.61E-04	1.21E-04	1.53E-05	5.15E-07
	42	Te-134	3.62E-04	8.98E-05	3.02E-08	2.24E-16	5.15E-49
กลุ่มที่ 5 สตรอนเชียมและแบเรียม	43	Sr-89	1.74E-06	6.60E-07	3.34E-07	5.38E-08	4.93E-09
	44	Sr-90	1.77E-08	6.73E-09	3.42E-09	5.61E-10	5.62E-11
	45	Sr-91	8.28E-04	2.82E-04	7.30E-05	2.09E-06	4.11E-10
	46	Sr-92	1.08E-03	3.01E-04	1.81E-05	2.11E-08	6.74E-18
	47	Ba-137m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	48	Ba-139	2.35E-05	5.82E-06	5.92E-08	1.22E-12	6.98E-30
	49	Ba-140	2.99E-04	1.13E-04	5.63E-05	8.62E-06	6.20E-07
กลุ่มที่ 6 โรหะโนเบด	50	Mo-99	3.19E-05	1.34E-05	5.48E-06	6.60E-07	1.89E-08
	51	Tc-99m	2.31E-05	9.27E-06	4.18E-06	5.13E-07	1.47E-08
	52	Ru-103	9.44E-05	3.59E-05	1.81E-05	2.91E-06	2.60E-07
	53	Ru-105	8.83E-05	2.71E-05	3.50E-06	2.19E-08	9.60E-15
	54	Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	55	Rh-103m	3.33E-08	1.26E-08	6.39E-09	1.02E-09	9.15E-11
	56	Rh-105	1.13E-05	4.23E-06	1.89E-06	1.82E-07	2.29E-09
	57	Rh-106	2.59E-05	9.84E-06	5.00E-06	8.18E-07	8.10E-08
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแตน-ทานินด์	58	Y-90	1.64E-08	9.10E-09	1.28E-08	5.40E-09	1.18E-09
	59	Y-91m	3.25E-04	1.17E-04	3.43E-05	9.80E-07	1.93E-10
	60	Y-91	7.71E-08	3.11E-08	1.94E-08	3.67E-09	3.50E-10
	61	Y-92	1.08E-04	4.23E-05	1.05E-05	5.61E-08	1.69E-15

ตารางที่ ๑.5 ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR(ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสี; D _{EDE} (เร็ม)				
			1.5-3.5 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแลนทาไนด์ (ต่อ)	62	Y-93	1.32E-06	4.52E-07	1.21E-07	3.78E-09	1.03E-12
	63	Nb-95	1.19E-05	4.53E-06	2.30E-06	3.78E-07	3.75E-08
	64	Zr-95	1.14E-05	4.36E-06	2.20E-06	3.56E-07	3.33E-08
	65	Zr-97	2.75E-06	9.83E-07	3.38E-07	1.89E-08	4.20E-11
	66	La-140	2.11E-04	1.20E-04	1.71E-04	6.40E-05	8.63E-06
	67	La-141	5.19E-07	1.56E-07	1.72E-08	7.59E-11	7.66E-18
	68	La-142	1.59E-05	3.96E-06	5.96E-08	2.95E-12	8.46E-28
	69	Nd-147	8.07E-07	3.06E-07	1.52E-07	2.30E-08	1.58E-09
	70	Pr-143	6.64E-09	2.54E-09	1.32E-09	2.20E-10	1.76E-11
	71	Pr-144	1.15E-06	4.36E-07	2.23E-07	3.64E-08	3.59E-09
	72	Nd-147	8.07E-07	3.06E-07	1.52E-07	2.30E-08	1.58E-09
	73	Am-241	3.28E-11	1.25E-11	6.37E-12	1.06E-12	1.13E-13
	74	Cm-242	1.04E-10	3.94E-11	2.00E-11	3.26E-12	3.18E-13
	75	Cm-244	4.74E-11	1.81E-11	9.17E-12	1.50E-12	1.51E-13
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	76	Ce-141	2.67E-06	1.01E-06	5.11E-07	8.16E-08	7.12E-09
	77	Ce-143	9.70E-06	3.57E-06	1.48E-06	1.34E-07	1.50E-09
	78	Ce-144	5.03E-07	1.92E-07	9.74E-08	1.59E-08	1.57E-09
	79	Pu-238	2.48E-11	9.42E-12	4.79E-12	7.86E-13	7.88E-14
	80	Pu-239	9.05E-13	3.44E-13	1.75E-13	2.89E-14	2.92E-15
	81	Pu-240	2.31E-12	8.79E-13	4.47E-13	7.34E-14	7.35E-15
	82	Pu-241	6.40E-12	2.44E-12	1.24E-12	2.03E-13	2.03E-14
	83	Np-239	9.90E-05	3.69E-05	1.67E-05	1.91E-06	4.63E-08
รวม			8.80E+00	3.44E+00	2.81E+00	1.06E+00	3.10E-01

ตารางที่ จ.6 ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ; D _{CEDE} (เริ่ม)				
			1.5-3.5 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 1 โนเบิลก๊าซ	1	Kr-83m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	2	Kr-85m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	3	Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	4	Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	5	Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	6	Kr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	7	Xe-131m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	8	Xe-133m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	9	Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	10	Xe-135m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	11	Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	12	Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	13	Xe-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	14	I-129	3.92E-07	1.69E-07	8.68E-08	1.93E-07	5.92E-07
	15	I-130	8.24E-03	3.25E-03	9.13E-04	3.01E-04	2.08E-06
	16	I-131	1.23E+00	5.28E-01	2.60E-01	4.97E-01	5.51E-01
	17	I-132	1.13E-02	3.76E-03	5.95E-04	7.79E-04	3.28E-04
	18	I-133	4.24E-01	1.73E-01	6.17E-02	3.91E-02	1.51E-03
	19	I-134	1.98E-03	5.92E-04	5.83E-07	8.07E-13	5.81E-38
	20	I-135	6.94E-02	2.56E-02	4.43E-03	4.87E-04	9.85E-08
	21	Br-83	2.33E-04	7.21E-05	2.53E-06	1.10E-08	3.58E-18
	22	Br-84	4.11E-05	1.87E-05	3.18E-10	1.05E-19	5.10E-61
	23	Br-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	24	Rb-86m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	25	Rb-86	7.53E-04	3.03E-04	7.34E-05	1.47E-05	1.16E-06
	26	Rb-88	4.52E-03	1.51E-03	1.21E-04	8.79E-07	8.38E-15
	27	Rb-89	7.86E-06	2.39E-05	3.84E-15	2.77E-35	0.00E+00
	28	Cs-134	5.89E-01	2.38E-01	5.84E-02	1.22E-02	1.22E-03
	29	Cs-136	2.31E-02	9.29E-03	2.23E-03	4.38E-04	3.17E-05
	30	Cs-137	1.55E-01	6.27E-02	1.54E-02	3.23E-03	3.23E-04
	31	Cs-138	9.24E-04	3.50E-04	5.67E-09	4.59E-19	1.63E-61

ตารางที่ ๑.6 ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR (ต่อ)

กลุ่ม d	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ; D _{CEDE} (เริ่ม)				
			1.5-3.5 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	32	Sb-125	2.68E-04	1.02E-04	2.67E-05	5.59E-06	5.58E-07
	33	Sb-127	1.41E-03	5.29E-04	1.29E-04	2.15E-05	8.36E-07
	34	Sb-129	6.93E-04	2.12E-04	1.36E-05	1.01E-07	3.23E-14
	35	Te-127	1.46E-04	5.57E-05	1.41E-05	2.51E-06	1.22E-07
	36	Te-127m	1.08E-03	4.12E-04	1.07E-04	2.25E-05	2.20E-06
	37	Te-129m	5.57E-03	2.12E-03	5.50E-04	1.12E-04	9.85E-06
	38	Te-129	1.18E-04	3.77E-05	3.58E-06	2.90E-07	2.40E-08
	39	Te-131m	4.05E-03	1.49E-03	3.11E-04	3.42E-05	3.19E-07
	40	Te-131	1.09E-04	3.83E-05	5.02E-06	5.51E-07	5.14E-09
	41	Te-132	6.01E-02	2.26E-02	5.40E-03	8.70E-04	2.93E-05
	42	Te-134	9.65E-05	2.40E-05	4.14E-09	3.92E-17	9.02E-50
กลุ่มที่ 5 สทอรอนเซียมและแบเรียม	43	Sr-89	8.80E-02	3.35E-02	8.70E-03	1.79E-03	1.64E-04
	44	Sr-90	2.88E-01	1.10E-01	2.87E-02	6.02E-03	6.03E-04
	45	Sr-91	3.77E-03	1.29E-03	1.71E-04	6.25E-06	1.23E-09
	46	Sr-92	1.21E-03	3.38E-04	1.05E-05	1.56E-08	4.98E-18
	47	Ba-137m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	48	Ba-139	1.76E-04	4.36E-05	2.28E-07	5.99E-12	3.43E-29
	49	Ba-140	1.23E-02	4.67E-03	1.19E-03	2.34E-04	1.68E-05
กลุ่มที่ 6 โรหะโนเบิล	50	Mo-99	1.64E-03	6.91E-04	1.45E-04	2.23E-05	6.40E-07
	51	Tc-99m	1.21E-05	4.85E-06	1.12E-06	1.76E-07	5.07E-09
	52	Ru-103	3.55E-03	1.35E-03	3.51E-04	7.19E-05	6.42E-06
	53	Ru-105	9.98E-05	3.06E-05	2.04E-06	1.63E-08	7.13E-15
	54	Ru-106	1.12E-01	4.27E-02	1.12E-02	2.34E-03	2.31E-04
	55	Rh-103m	1.68E-06	6.39E-07	1.66E-07	3.40E-08	3.04E-09
	56	Rh-105	2.74E-04	1.03E-04	2.36E-05	2.91E-06	3.66E-08
	57	Rh-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแตน-ทานินด์	58	Y-90	6.91E-05	3.82E-05	2.76E-05	1.49E-05	3.25E-06
	59	Y-91m	3.16E-05	1.14E-05	1.72E-06	6.27E-08	1.23E-11
	60	Y-91	1.37E-03	5.52E-04	1.78E-04	4.28E-05	4.09E-06
	61	Y-92	6.11E-04	2.40E-04	3.06E-05	2.09E-07	6.32E-15

ตารางที่ ๑.6 ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ U.S.EPR (ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ; D_{CEDE} (เริ่ม)				
			1.5-3.5 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแฉกททาโนด์ (ต่อ)	62	Y-93	5.59E-05	1.92E-05	2.65E-06	1.05E-07	2.87E-11
	63	Nb-95	1.75E-04	6.66E-05	1.74E-05	3.65E-06	3.62E-07
	64	Zr-95	7.11E-04	2.71E-04	7.04E-05	1.46E-05	1.36E-06
	65	Zr-97	1.25E-04	4.46E-05	7.90E-06	5.65E-07	1.25E-09
	66	La-140	8.26E-04	4.71E-04	3.44E-04	1.65E-04	2.22E-05
	67	La-141	1.19E-05	3.59E-06	2.03E-07	1.15E-09	1.16E-16
	68	La-142	2.64E-06	6.58E-07	5.09E-09	3.22E-13	9.25E-29
	69	Nd-147	8.45E-05	3.20E-05	8.16E-06	1.58E-06	1.08E-07
	70	Pr-143	2.43E-04	9.28E-05	2.48E-05	5.27E-06	4.22E-07
	71	Pr-144	2.26E-06	8.61E-07	2.26E-07	4.72E-08	4.66E-09
	72	Nd-147	8.45E-05	3.20E-05	8.16E-06	1.58E-06	1.08E-07
	73	Am-241	1.68E-03	6.41E-04	1.68E-04	3.57E-05	3.81E-06
	74	Cm-242	2.97E-02	1.13E-02	2.95E-03	6.16E-04	6.00E-05
	75	Cm-244	2.26E-01	8.63E-02	2.25E-02	4.72E-03	4.73E-04
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	76	Ce-141	6.58E-04	2.50E-04	6.49E-05	1.32E-05	1.16E-06
	77	Ce-143	2.41E-04	8.87E-05	1.89E-05	2.19E-06	2.45E-08
	78	Ce-144	2.09E-02	7.94E-03	2.08E-03	4.34E-04	4.28E-05
	79	Pu-238	1.88E-01	7.16E-02	1.87E-02	3.93E-03	3.94E-04
	80	Pu-239	8.66E-03	3.30E-03	8.64E-04	1.82E-04	1.84E-05
	81	Pu-240	1.98E-02	7.52E-03	1.96E-03	4.12E-04	4.13E-05
	82	Pu-241	6.89E-02	2.62E-02	6.85E-03	1.44E-03	1.44E-04
	83	Np-239	3.05E-03	1.14E-03	2.65E-04	3.87E-05	9.38E-07
รวม			3.68E+00	1.49E+00	5.18E-01	5.77E-01	5.57E-01

ตารางที่ จ.7 ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ ESBWR

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสี; D _{EDE} (เริ่ม)				
			2.3-4.3 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 1 โนเบิลก๊าซ	1	Kr-85	8.92E-05	3.01E-05	1.56E-04	7.95E-04	4.26E-03
	2	Kr-85m	4.78E-02	1.63E-02	1.71E-02	1.45E-03	0.00E+00
	3	Kr-87	8.83E-02	3.18E-02	2.13E-03	0.00E+00	0.00E+00
	4	Kr-88	1.14E+00	3.94E-01	1.90E-01	2.83E-03	0.00E+00
	5	Xe-133	1.69E-01	5.70E-02	2.81E-01	1.08E+00	1.40E+00
	6	Xe-135	3.95E-01	1.34E-01	3.02E-01	1.16E-01	0.00E+00
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	7	I-131	4.02E-02	1.41E-02	1.60E-02	1.46E-02	1.07E-02
	8	I-132	1.85E-01	6.69E-02	3.19E-02	1.55E-02	3.73E-03
	9	I-133	1.12E-01	3.93E-02	3.51E-02	1.14E-02	3.27E-04
	10	I-134	4.31E-02	1.83E-02	6.73E-04	0.00E+00	0.00E+00
	11	I-135	2.04E-01	7.29E-02	3.30E-02	2.21E-03	0.00E+00
กลุ่มที่ 3 โลหะแอลคาไลด์	12	Rb-86	2.03E-05	7.10E-06	7.97E-06	5.87E-06	4.43E-06
	13	Cs-134	3.04E-02	1.06E-02	1.22E-02	9.45E-03	1.13E-02
	14	Cs-136	1.34E-02	4.69E-03	5.32E-03	3.82E-03	2.47E-03
	15	Cs-137	1.86E-06	6.53E-07	8.42E-07	6.01E-07	7.65E-07
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	16	Sb-127	1.35E-03	4.67E-04	5.51E-04	3.23E-04	4.80E-05
	17	Sb-129	4.53E-03	1.61E-03	4.07E-04	1.98E-05	0.00E+00
	18	Te-127	1.03E-05	3.57E-06	4.13E-06	2.62E-06	9.93E-07
	19	Te-127m	8.35E-07	2.89E-07	3.66E-07	2.61E-07	3.43E-07
	20	Te-129	2.20E-04	7.75E-05	3.57E-05	1.45E-05	1.41E-05
	21	Te-129m	2.93E-05	1.01E-05	1.26E-05	9.04E-06	8.78E-06
	22	Te-131m	3.69E-03	1.28E-03	1.20E-03	4.47E-04	1.55E-05
	23	Te-132	5.64E-03	1.95E-03	2.13E-03	1.23E-03	2.29E-04
กลุ่มที่ 5 สทรอนเทียมและแบเรียม	24	Sr-89	1.16E-05	4.02E-06	5.05E-06	3.65E-06	3.86E-06
	25	Sr-90	1.29E-07	4.45E-08	5.31E-08	4.19E-08	5.69E-08
	26	Sr-91	4.73E-03	1.65E-03	9.32E-04	9.60E-05	0.00E+00
	27	Sr-92	4.77E-03	1.72E-03	1.76E-04	1.88E-05	0.00E+00
	28	Ba-139	9.30E-05	3.51E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	29	Ba-140	2.44E-03	8.43E-04	9.76E-04	6.89E-04	4.28E-04
กลุ่มที่ 6 โลหะโคบอลต์	30	Co-58	6.48E-06	2.24E-06	2.79E-06	1.98E-06	2.27E-06
	31	Co-60	4.10E-05	1.42E-05	1.70E-05	1.29E-05	1.69E-05
	32	Mo-99	2.65E-04	9.20E-05	9.79E-05	5.45E-05	7.26E-06

ตารางที่ ๑.7 ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสีของเครื่องปฏิกรณ์แบบ ESBWR (ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีจากผลของกลุ่มควันทันกัมมันตรังสี; D _{EDE} (เร็ม)				
			2.3-4.3 ชม.	2.3-4.3 ชม.	2.3-4.3 ชม.	2.3-4.3 ชม.	2.3-4.3 ชม.
กลุ่มที่ 6 โดหะในเบิด(ต่อ)	33	Tc-99m	2.03E-04	7.04E-05	7.63E-05	4.58E-05	5.89E-06
	34	Ru-103	6.85E-04	2.37E-04	2.92E-04	2.19E-04	2.12E-04
	35	Ru-105	4.08E-04	1.45E-04	3.95E-05	1.06E-06	0.00E+00
	36	Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	37	Rh-105	7.12E-05	2.46E-05	2.63E-05	1.04E-05	4.14E-07
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแดนทาไนต์	38	Y-90	1.50E-07	5.08E-08	2.09E-07	4.48E-07	1.24E-06
	39	Y-91	5.28E-07	1.83E-07	2.42E-07	2.02E-07	2.14E-07
	40	Y-92	5.13E-04	1.74E-04	1.14E-04	3.61E-06	0.00E+00
	41	Y-93	8.41E-06	2.94E-06	1.82E-06	1.34E-07	0.00E+00
	42	Zr-95	1.02E-04	3.54E-05	4.28E-05	3.29E-05	3.59E-05
	43	Zr-97	2.19E-05	7.62E-06	6.08E-06	1.50E-06	0.00E+00
	44	Nb-95	1.06E-04	3.67E-05	4.64E-05	3.42E-05	4.10E-05
	45	La-140	2.15E-03	7.24E-04	3.04E-03	5.55E-03	6.62E-03
	46	La-141	2.93E-06	1.04E-06	2.35E-07	6.63E-09	0.00E+00
	47	La-142	6.20E-05	2.33E-05	7.46E-07	0.00E+00	0.00E+00
	48	Pr-143	5.12E-08	1.77E-08	2.18E-08	1.69E-08	1.14E-08
	49	Nd-147	6.53E-06	2.26E-06	2.82E-06	1.72E-06	1.10E-06
	50	Am-241	2.42E-10	1.04E-10	1.23E-10	1.00E-10	1.35E-10
	51	Cm-242	4.90E-10	1.68E-10	2.01E-10	1.58E-10	1.90E-10
52	Cm-244	2.18E-11	7.61E-12	9.17E-12	7.10E-12	9.28E-12	
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	53	Ce-141	2.30E-05	7.96E-06	9.42E-06	7.05E-06	6.86E-06
	54	Ce-143	7.31E-05	2.54E-05	2.40E-05	9.66E-06	4.29E-07
	55	Ce-144	4.68E-06	1.62E-06	1.99E-06	1.61E-06	1.80E-06
	56	Np-239	5.78E-04	2.00E-04	2.15E-04	1.05E-04	1.71E-05
	57	Pu-238	7.96E-11	2.75E-11	3.29E-11	2.58E-11	3.26E-11
	58	Pu-239	6.28E-12	2.65E-12	3.32E-12	2.47E-12	3.06E-12
	59	Pu-240	1.41E-11	4.01E-12	4.68E-12	3.56E-12	4.86E-12
60	Pu-241	5.45E-11	1.88E-11	2.29E-11	1.85E-11	2.17E-11	
รวม			2.51E+00	8.71E-01	9.37E-01	1.27E+00	1.44E+00

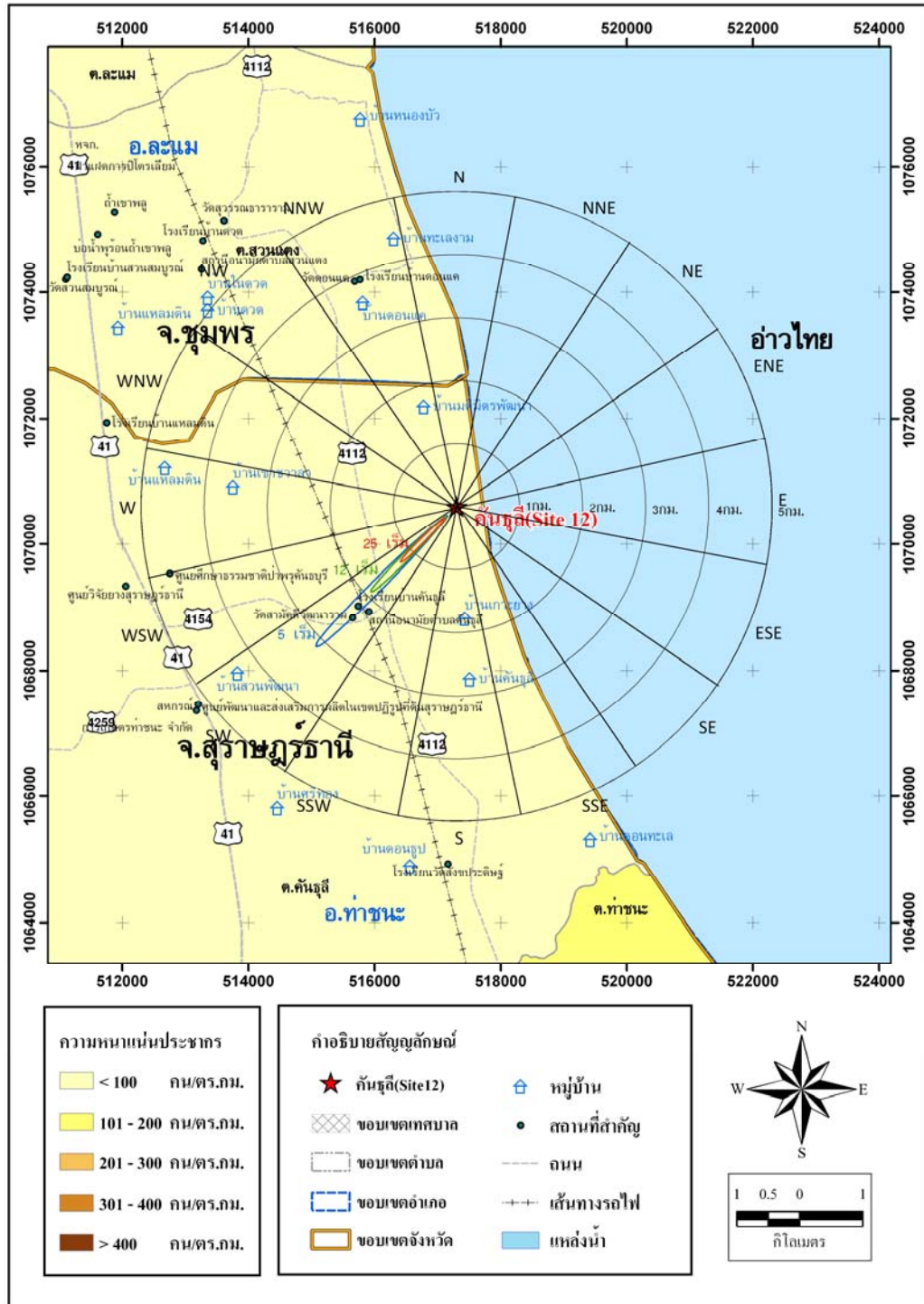
ตารางที่ ๑.8 ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ ESBWR

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ; D_{CEDE} (เริ่ม)				
			2.3-4.3 ชม.	0-8 ชม.	8-24 ชม.	24-96 ชม.	96-720 ชม.
กลุ่มที่ 1 โนเบิลก๊าซ	1	Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	2	Kr-85m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	3	Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	4	Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	5	Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	6	Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
กลุ่มที่ 2 ฮาโลเจน	7	I-131	6.88E+00	2.41E+00	1.41E+00	1.65E+00	1.20E+00
	8	I-132	5.95E-02	2.15E-02	5.28E-03	3.29E-03	7.89E-04
	9	I-133	2.10E+00	7.39E-01	3.39E-01	1.41E-01	4.04E-03
	10	I-134	4.11E-03	1.74E-03	3.30E-05	0.00E+00	0.00E+00
	11	I-135	2.98E-01	1.06E-01	2.48E-02	2.12E-03	0.00E+00
กลุ่มที่ 3 โลหะแอสคาไลต์	12	Rb-86	2.65E-03	9.24E-04	5.34E-04	5.02E-04	3.79E-04
	13	Cs-134	1.76E+00	6.16E-01	3.62E-01	3.59E-01	4.28E-01
	14	Cs-136	8.77E-02	3.07E-02	1.79E-02	1.64E-02	1.06E-02
	15	Cs-137	7.26E-01	2.55E-01	1.69E-01	1.54E-01	1.96E-01
กลุ่มที่ 4 เทลลูเรียม	16	Sb-127	2.31E-02	8.02E-03	4.86E-03	3.64E-03	5.41E-04
	17	Sb-129	3.86E-03	1.37E-03	1.79E-04	1.11E-05	0.00E+00
	18	Te-127	1.28E-03	4.44E-04	2.64E-04	2.14E-04	8.12E-05
	19	Te-127m	1.16E-02	4.00E-03	2.60E-03	2.37E-03	3.12E-03
	20	Te-129	6.77E-04	2.38E-04	5.64E-05	2.93E-05	2.84E-05
	21	Te-129m	4.27E-02	1.48E-02	9.46E-03	8.66E-03	8.41E-03
	22	Te-131m	3.19E-02	1.11E-02	5.32E-03	2.54E-03	8.83E-05
	23	Te-132	4.89E-01	1.69E-01	9.52E-02	7.00E-02	1.30E-02
กลุ่มที่ 5 สทรอนเทียมและแบเรียม	24	Sr-89	5.88E-01	2.04E-01	1.31E-01	1.21E-01	1.29E-01
	25	Sr-90	2.10E+00	7.26E-01	4.46E-01	4.49E-01	6.10E-01
	26	Sr-91	2.15E-02	7.51E-03	2.18E-03	2.86E-04	0.00E+00
	27	Sr-92	5.36E-03	1.93E-03	1.02E-04	1.39E-05	0.00E+00
	28	Ba-139	6.97E-04	2.63E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	29	Ba-140	1.01E-01	3.48E-02	2.07E-02	1.87E-02	1.16E-02
กลุ่มที่ 6 โลหะโคบอลต์	30	Co-58	1.40E-04	4.85E-05	3.10E-05	2.81E-05	3.23E-05
	31	Co-60	6.74E-03	2.33E-03	1.43E-03	1.40E-03	1.83E-03
	32	Mo-99	1.37E-02	4.74E-03	2.59E-03	1.84E-03	2.46E-04

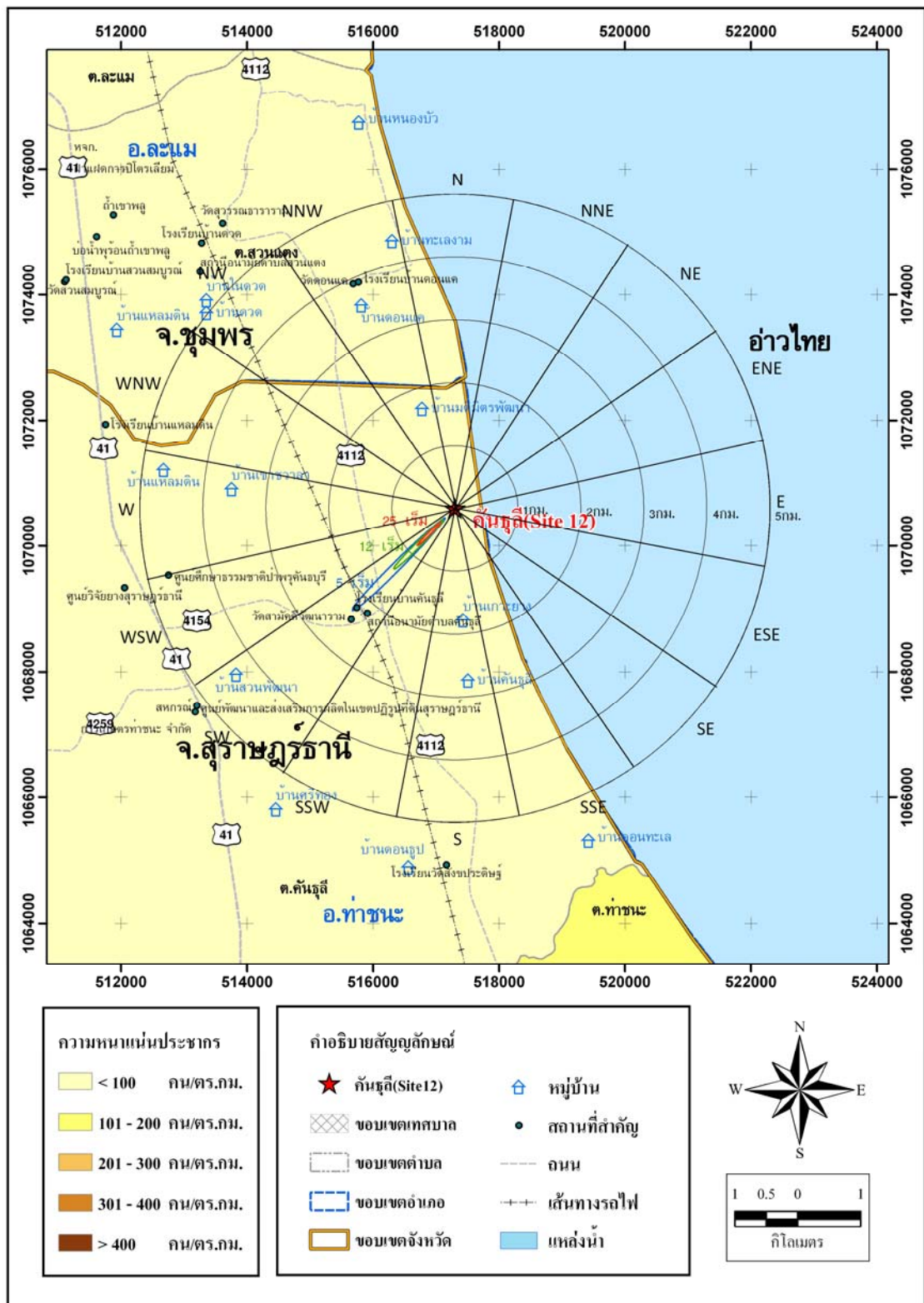
ตารางที่ ๑.8 ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจของเครื่องปฏิกรณ์แบบ ESBWR (ต่อ)

กลุ่ม	ที่	ไอโซโทป	ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ; D _{CEDE} (เริ่ม)				
			2.3-4.3 ชม.	2.3-4.3 ชม.	2.3-4.3 ชม.	2.3-4.3 ชม.	2.3-4.3 ชม.
กลุ่มที่ 6 โดทอะเนียมเบ็ด (ต่อ)	33	Tc-99m	1.06E-04	3.69E-05	2.05E-05	1.57E-05	2.02E-06
	34	Ru-103	2.58E-02	8.93E-03	5.64E-03	5.40E-03	5.25E-03
	35	Ru-105	4.61E-04	1.63E-04	2.29E-05	7.85E-07	0.00E+00
	36	Ru-106	5.31E-01	1.84E-01	1.11E-01	1.15E-01	1.38E-01
	37	Rh-105	1.73E-03	5.97E-04	3.27E-04	1.65E-04	6.59E-06
กลุ่มที่ 7 กลุ่มแอดนทาไนด์	38	Y-90	6.32E-04	2.13E-04	4.51E-04	1.24E-03	3.44E-03
	39	Y-91	9.37E-03	3.25E-03	2.21E-03	2.36E-03	2.49E-03
	40	Y-92	2.92E-03	9.87E-04	3.35E-04	1.35E-05	0.00E+00
	41	Y-93	3.55E-04	1.24E-04	3.96E-05	3.71E-06	0.00E+00
	42	Zr-95	6.34E-03	2.20E-03	1.37E-03	1.34E-03	1.47E-03
	43	Zr-97	9.93E-04	3.46E-04	1.42E-04	4.48E-05	0.00E+00
	44	Nb-95	1.56E-03	5.41E-04	3.51E-04	3.31E-04	3.97E-04
	45	La-140	8.43E-03	2.84E-03	6.14E-03	1.43E-02	1.71E-02
	46	La-141	6.74E-05	2.40E-05	2.78E-06	1.00E-07	0.00E+00
	47	La-142	1.03E-05	3.87E-06	6.38E-08	0.00E+00	0.00E+00
	48	Pr-143	1.87E-03	6.46E-04	4.08E-04	4.05E-04	2.74E-04
	49	Nd-147	6.84E-04	2.37E-04	1.52E-04	1.18E-04	7.56E-05
	50	Am-241	1.24E-02	5.31E-03	3.24E-03	3.37E-03	4.56E-03
	51	Cm-242	1.40E-01	4.83E-02	2.96E-02	2.98E-02	3.58E-02
52	Cm-244	1.04E-01	3.63E-02	2.25E-02	2.22E-02	2.91E-02	
กลุ่มที่ 8 กลุ่มซีเรียม	53	Ce-141	5.67E-03	1.96E-03	1.20E-03	1.14E-03	1.11E-03
	54	Ce-143	1.82E-03	6.31E-04	3.08E-04	1.58E-04	7.02E-06
	55	Ce-144	1.94E-01	6.72E-02	4.24E-02	4.39E-02	4.90E-02
	56	Np-239	1.78E-02	6.18E-03	3.42E-03	2.12E-03	3.46E-04
	57	Pu-238	6.04E-01	2.09E-01	1.28E-01	1.28E-01	1.62E-01
	58	Pu-239	6.01E-02	2.54E-02	1.63E-02	1.55E-02	1.92E-02
	59	Pu-240	1.20E-01	3.42E-02	2.05E-02	2.00E-02	2.72E-02
	60	Pu-241	5.87E-01	2.03E-01	1.27E-01	1.31E-01	1.54E-01
รวม			1.78E+01	6.21E+00	3.57E+00	3.54E+00	3.27E+00

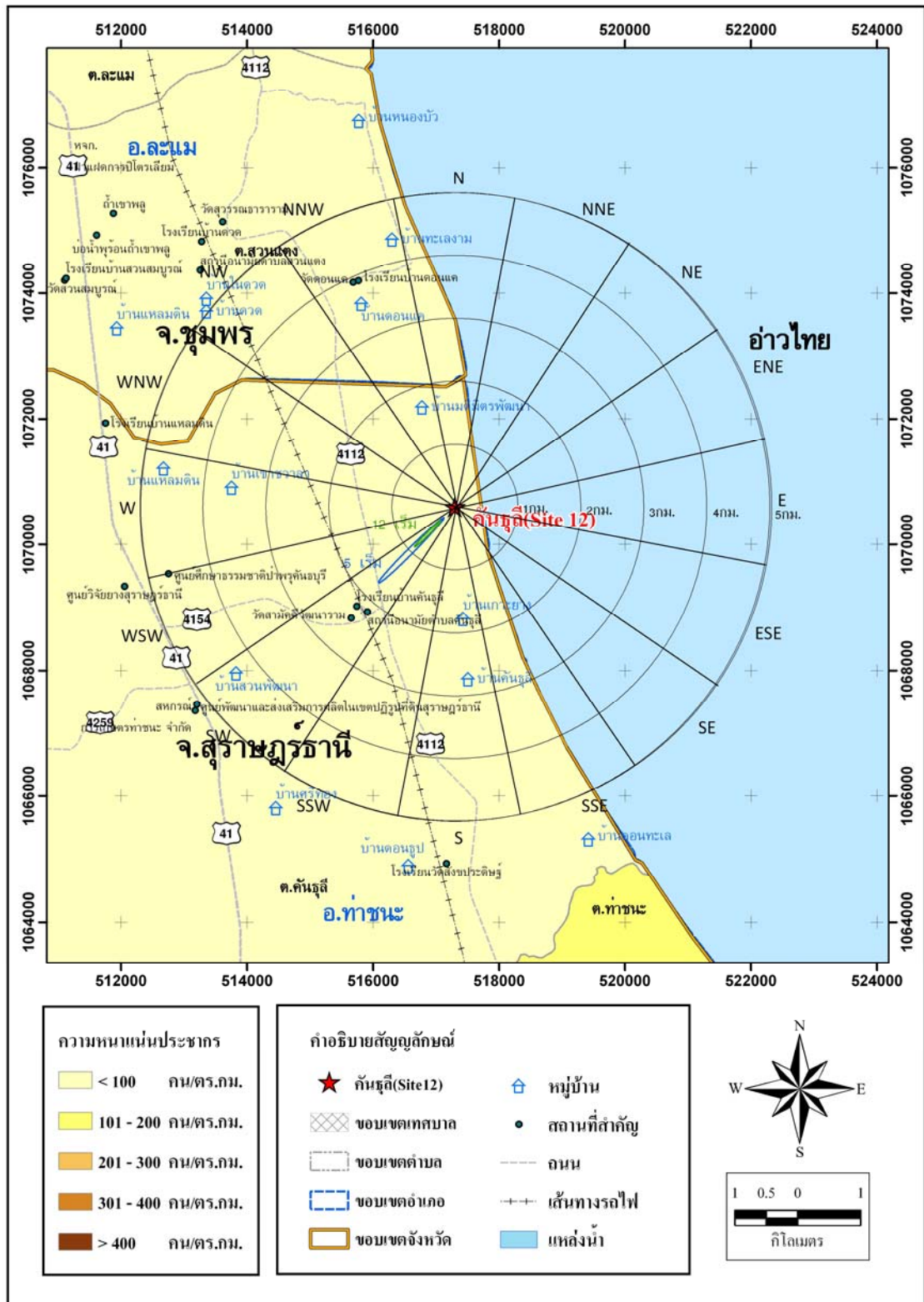
ภาคผนวก ฉ
 ผลการจำลองการแพร่กระจายสารกัมมันตรังสี



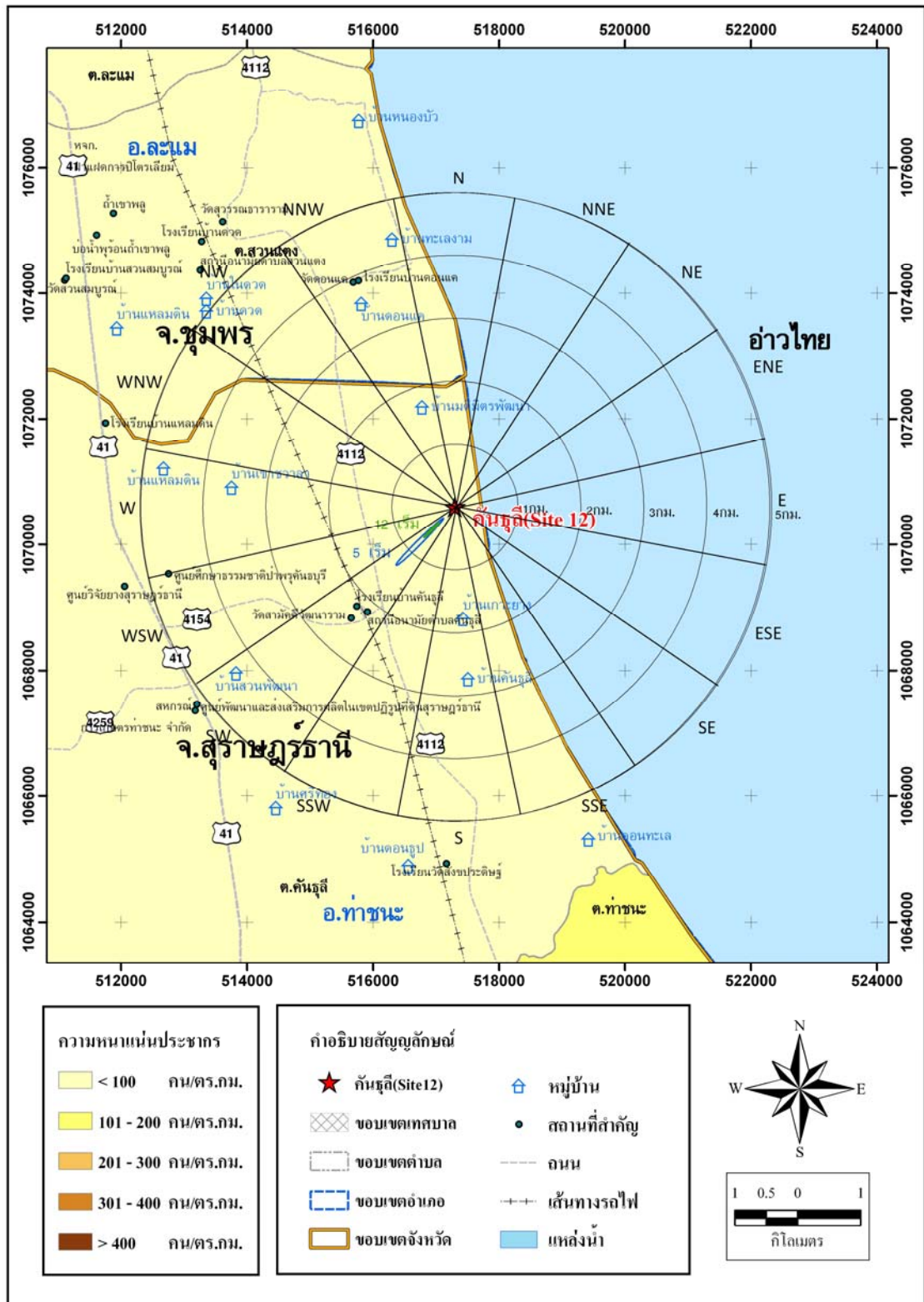
ภาพที่ ฉ.1 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่กันทรลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูล
 ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



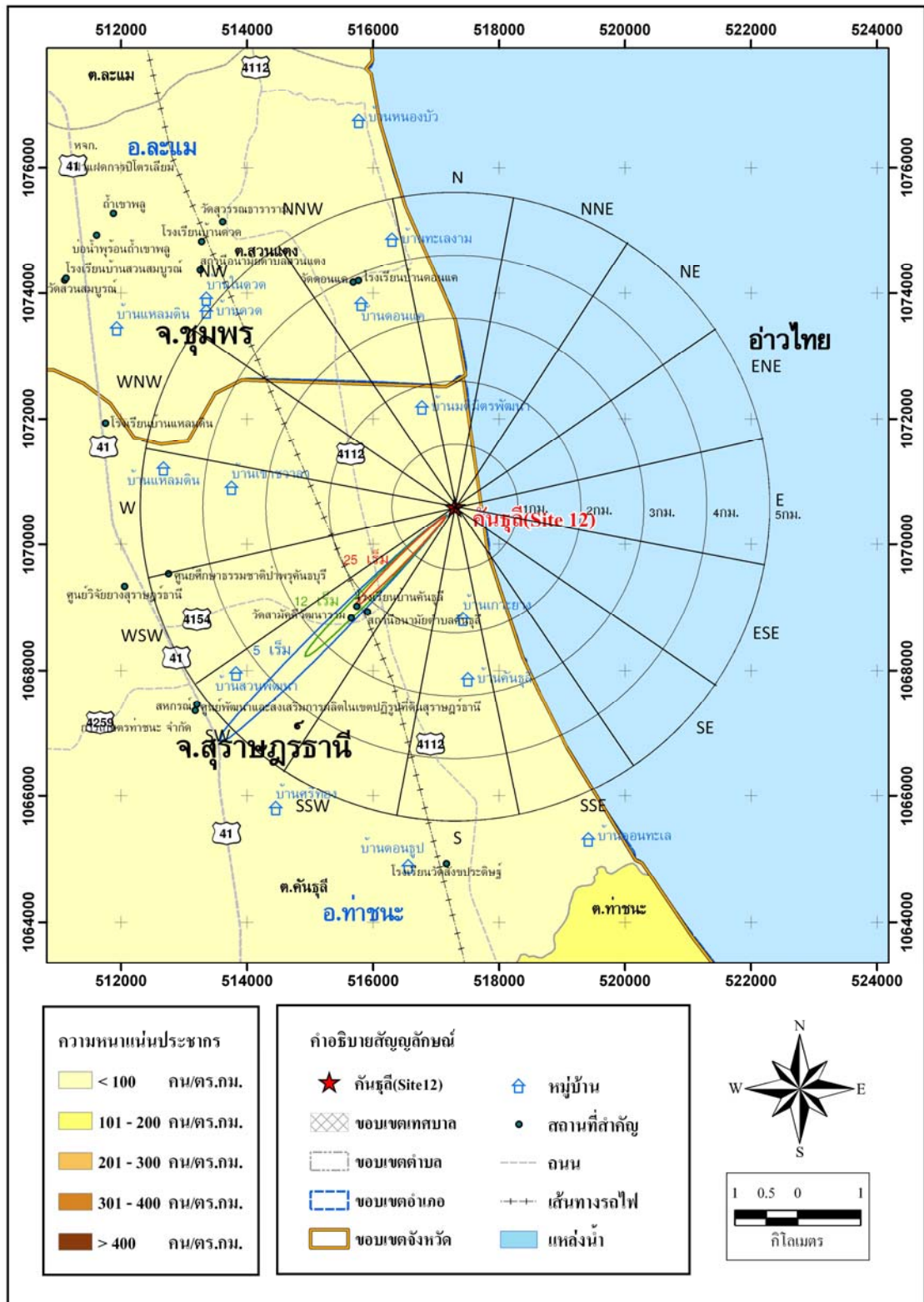
ภาพที่ ๑.2 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่ถันตุลีของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลรัยแรงที่สุด



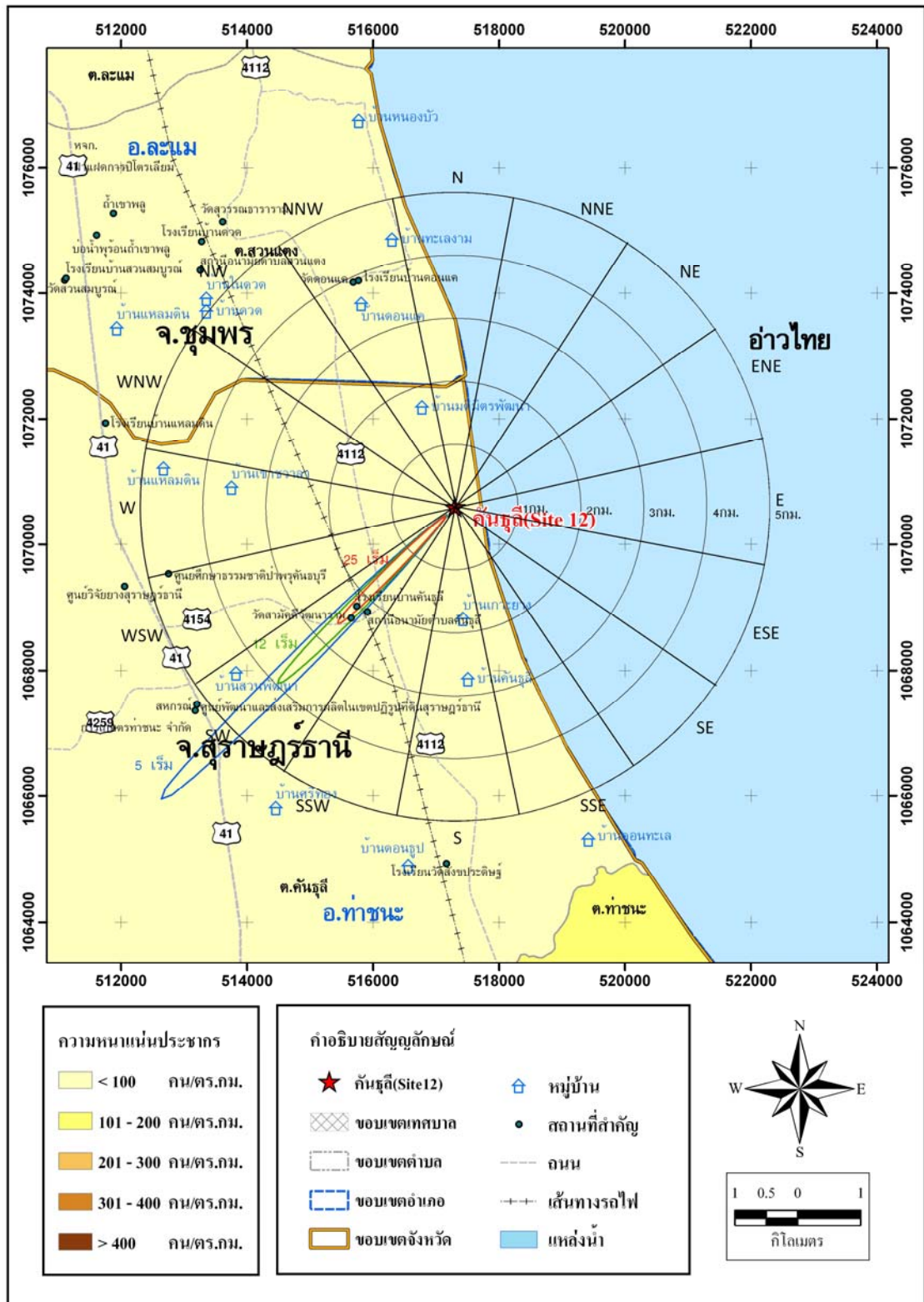
ภาพที่ ๑.3 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่ถันตุลีของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูล
ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



ภาพที่ ๑.๔ ผลกระทบภายใน 2 กม. รอบพื้นที่กันธูลีของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



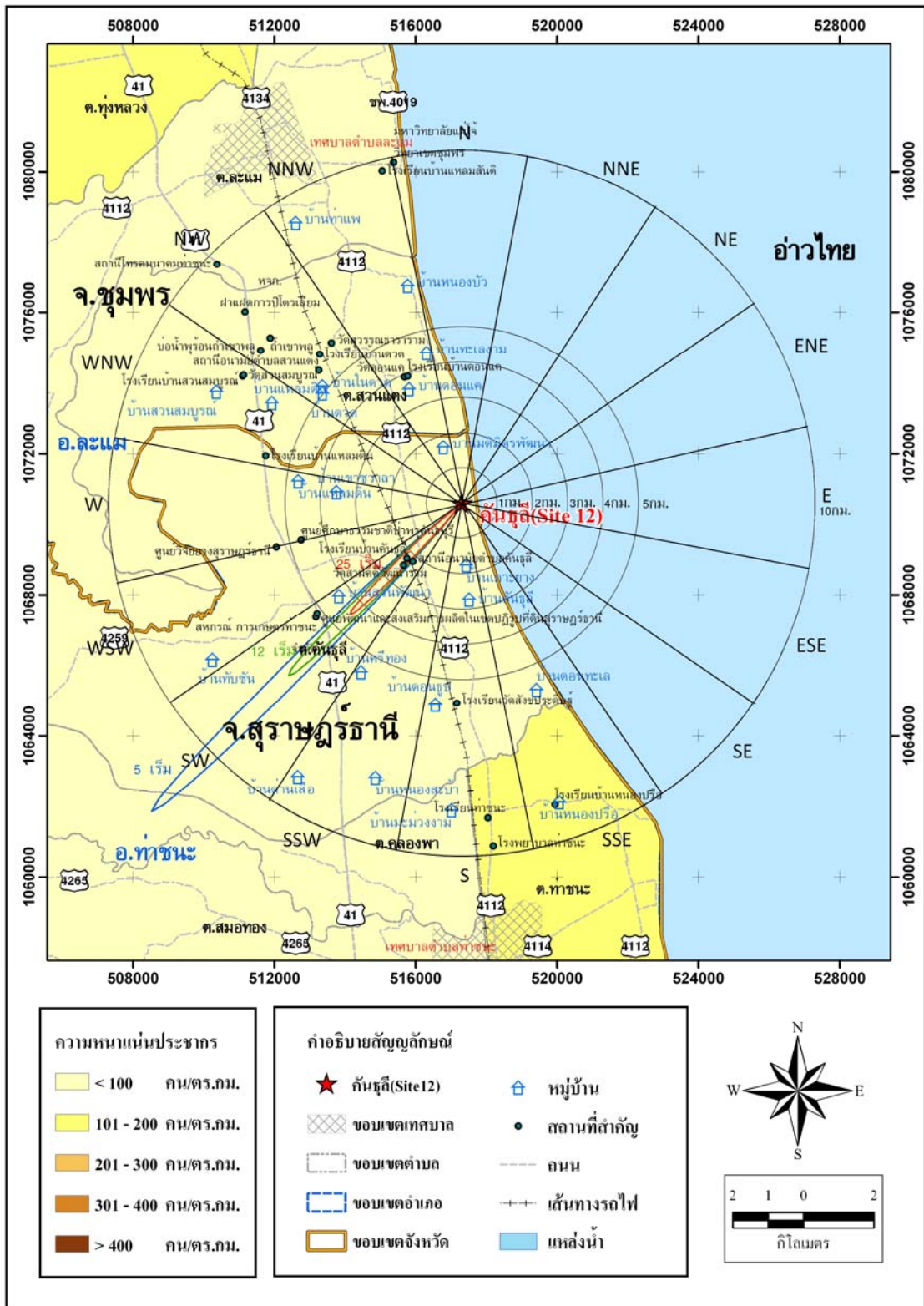
ภาพที่ ๑.5 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันทันธุ์ของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูล
ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



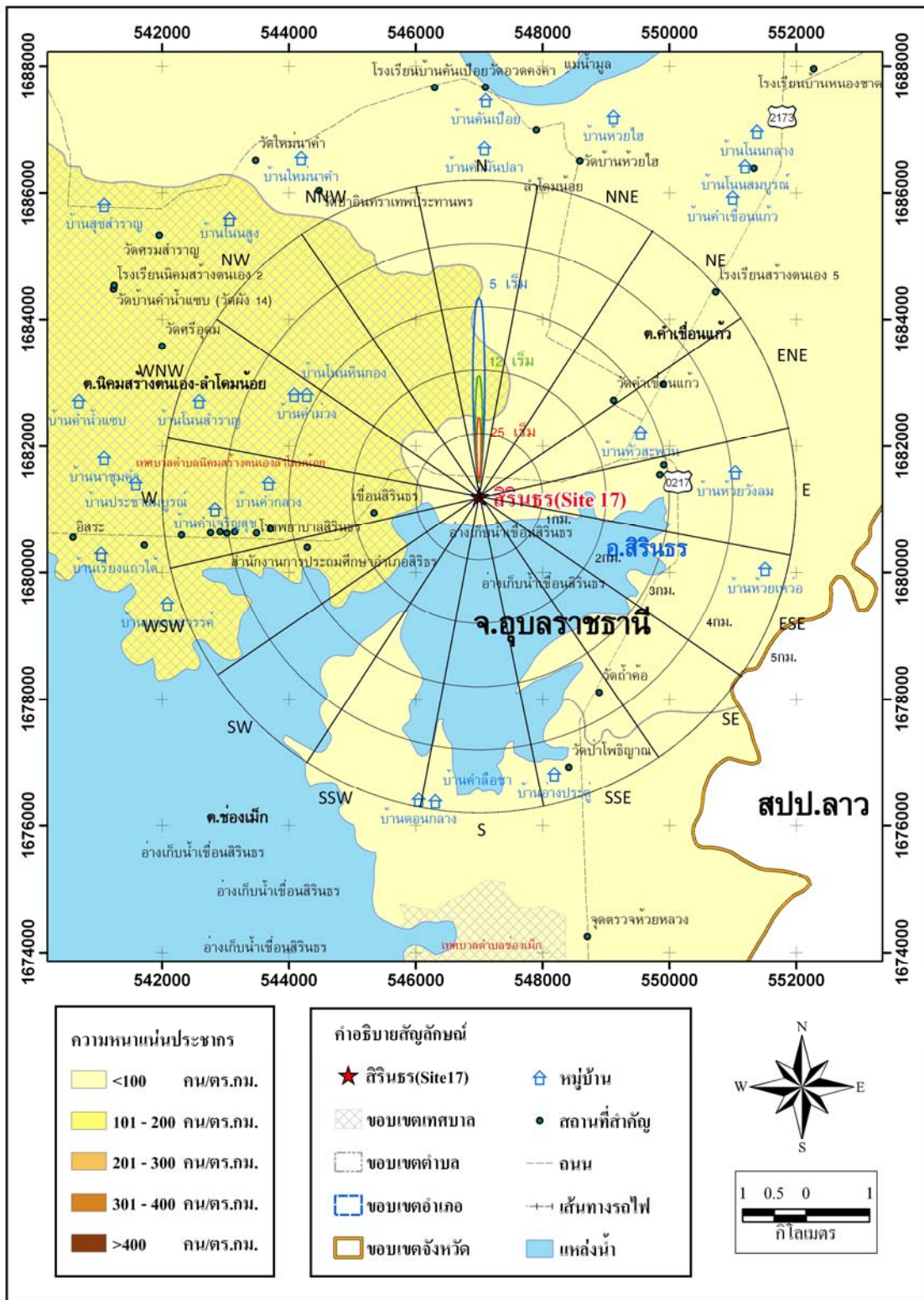
ภาพที่ ๖.6 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันตุลีของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูล
ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



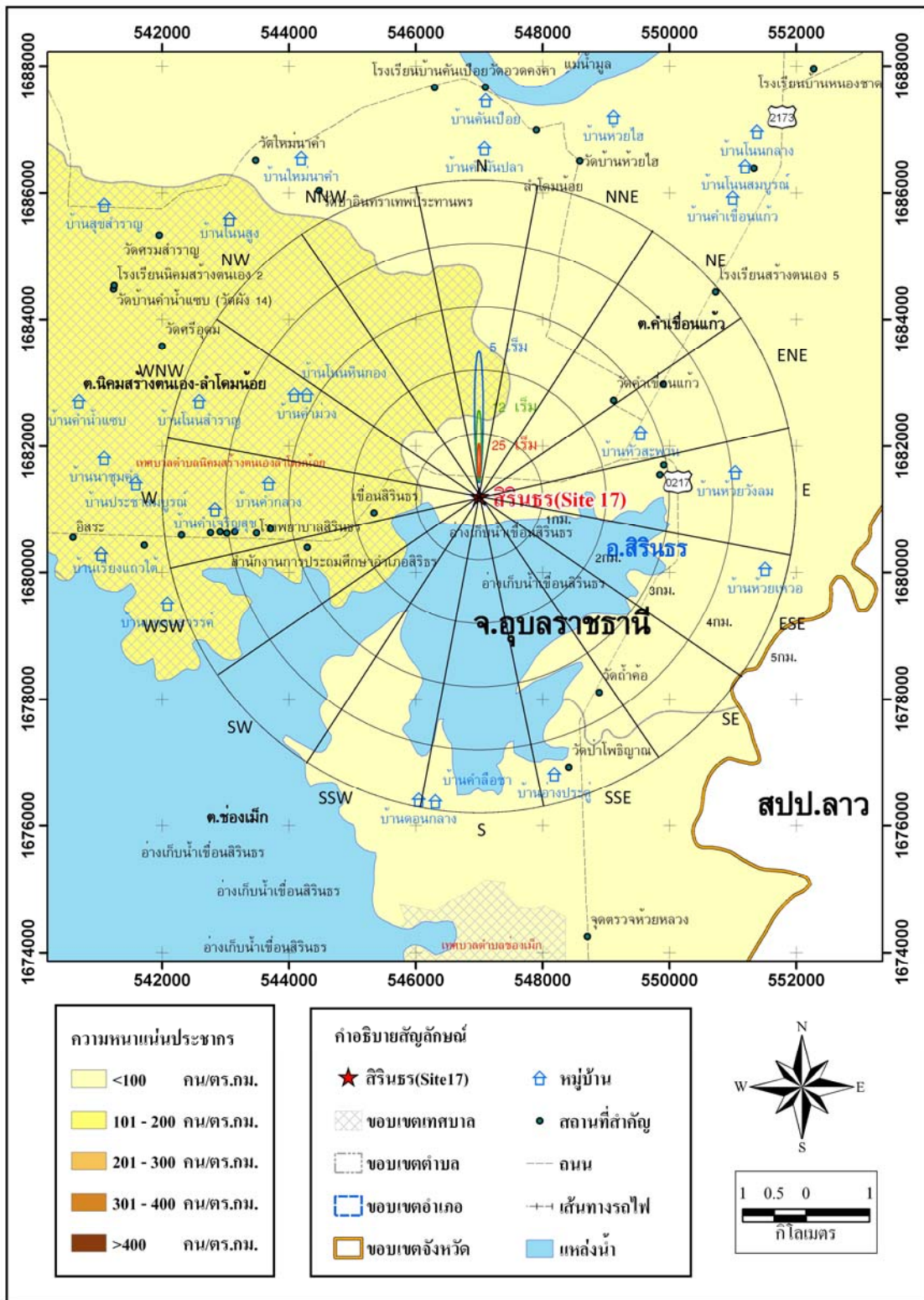
ภาพที่ ๗.7 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันตุลีของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



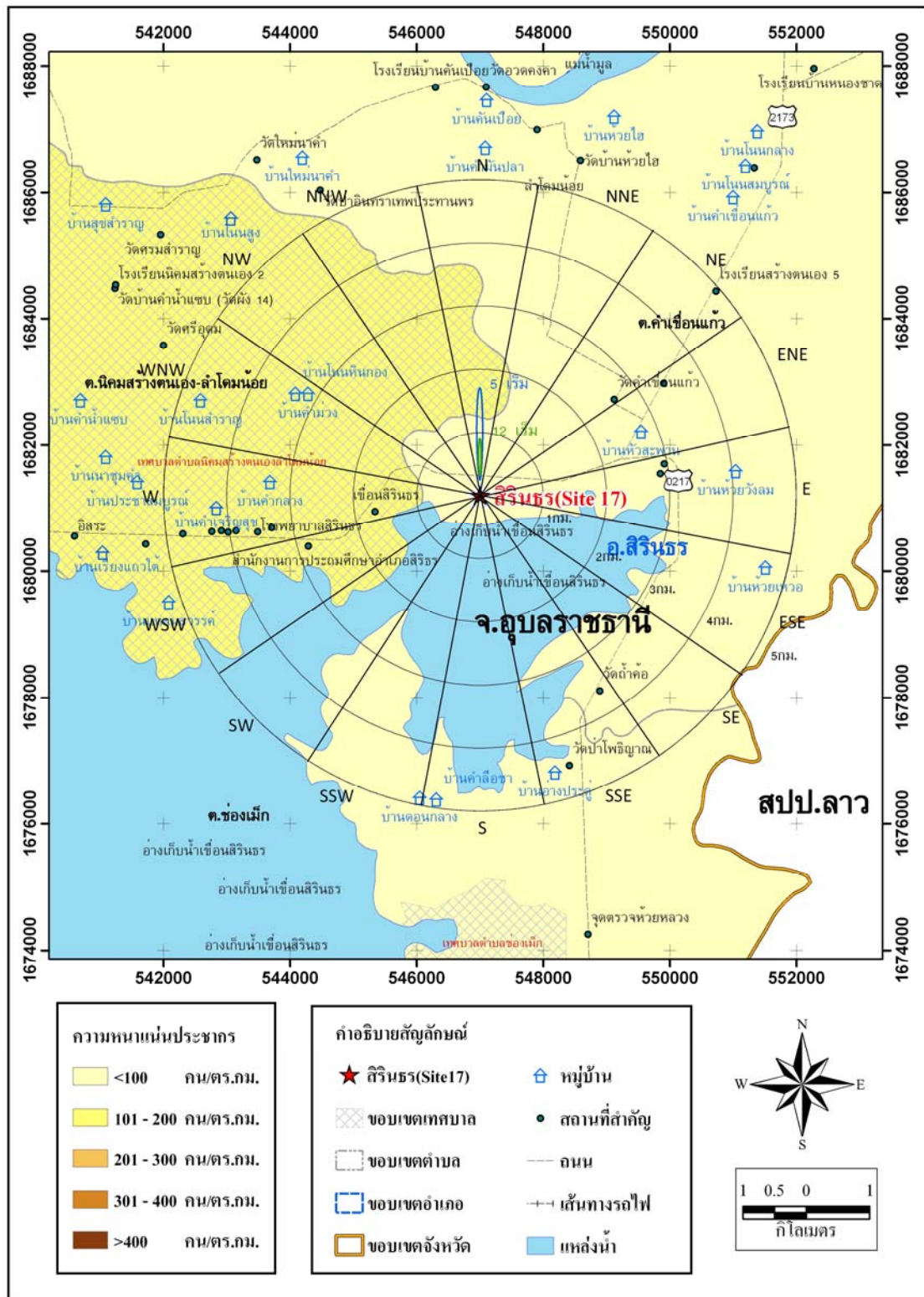
ภาพที่ ๘.8 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันนูสิของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



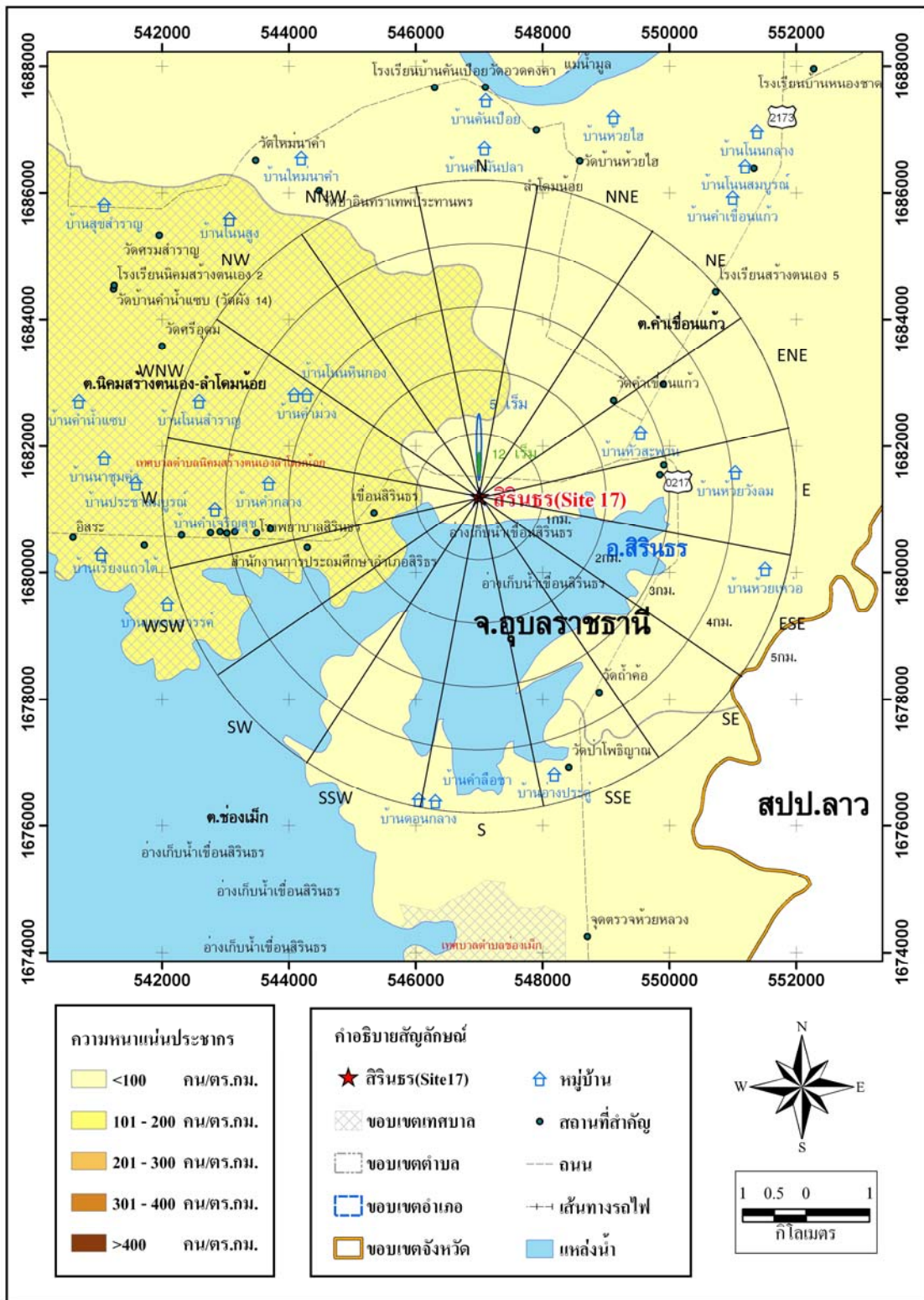
ภาพที่ ๑.๙ ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีนี้ใช้ข้อมูล
 ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



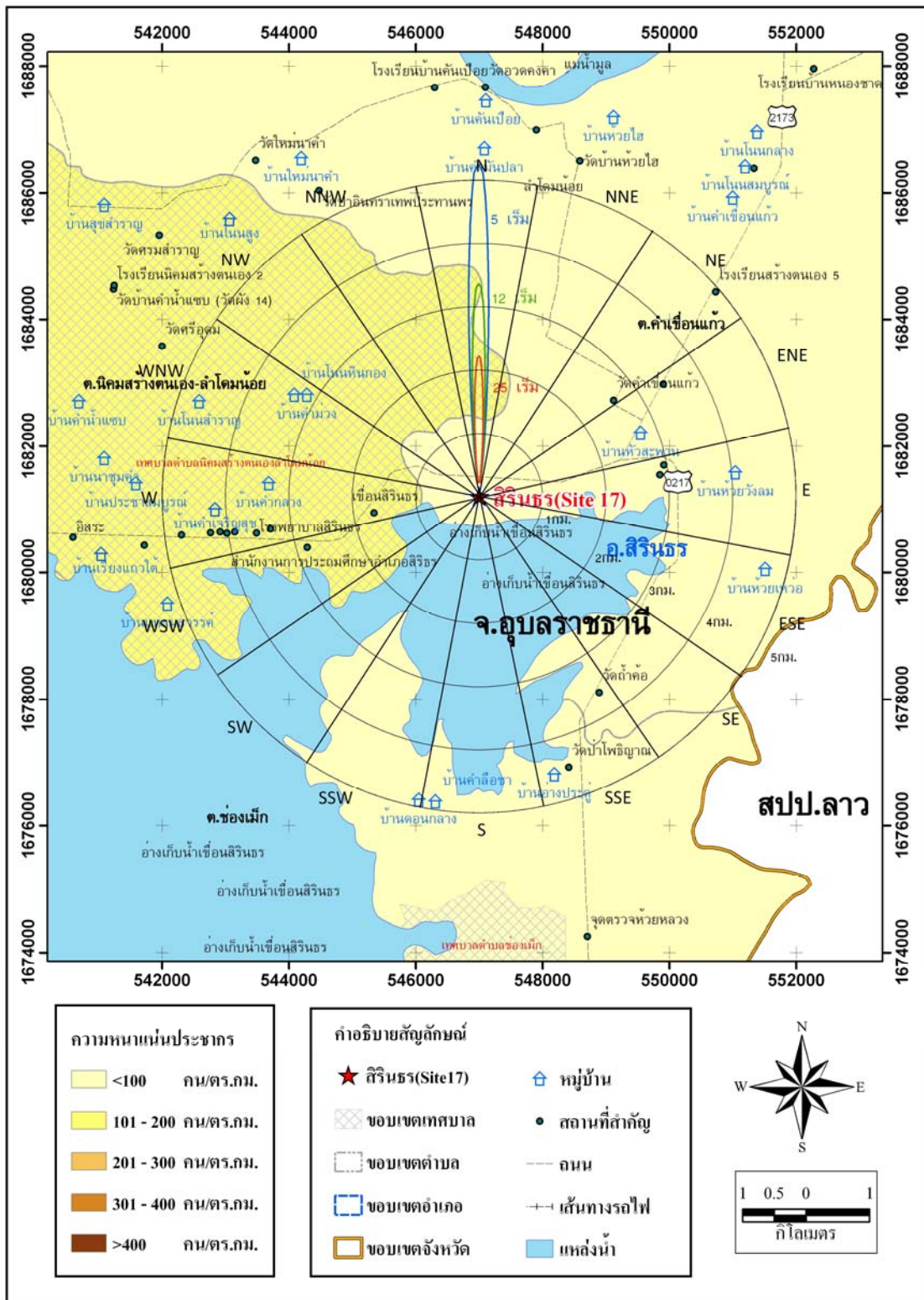
ภาพที่ ๑.10 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูล
ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



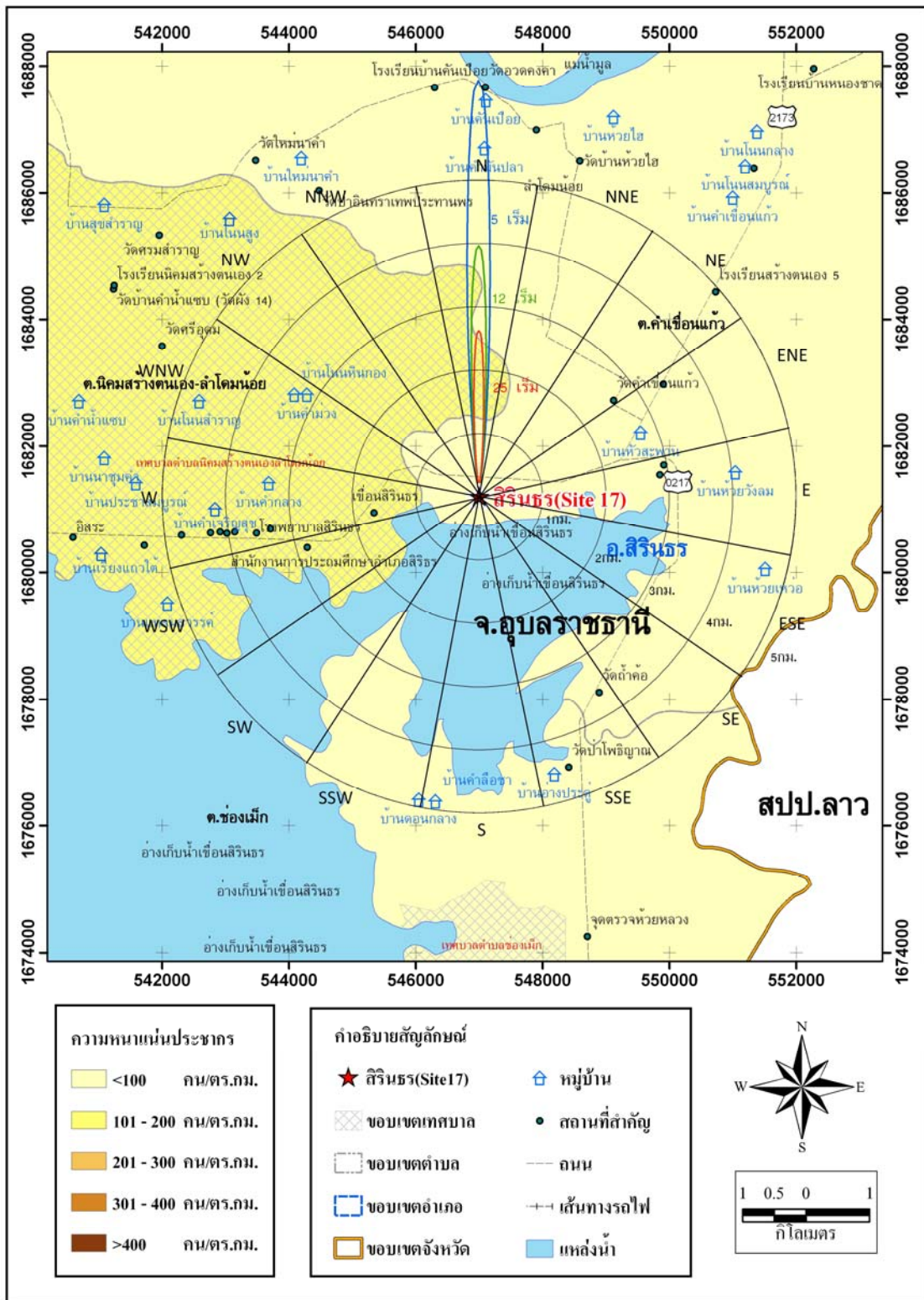
ภาพที่ จ.11 ผลกระทบภายใน 2 กม. รอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูล
ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



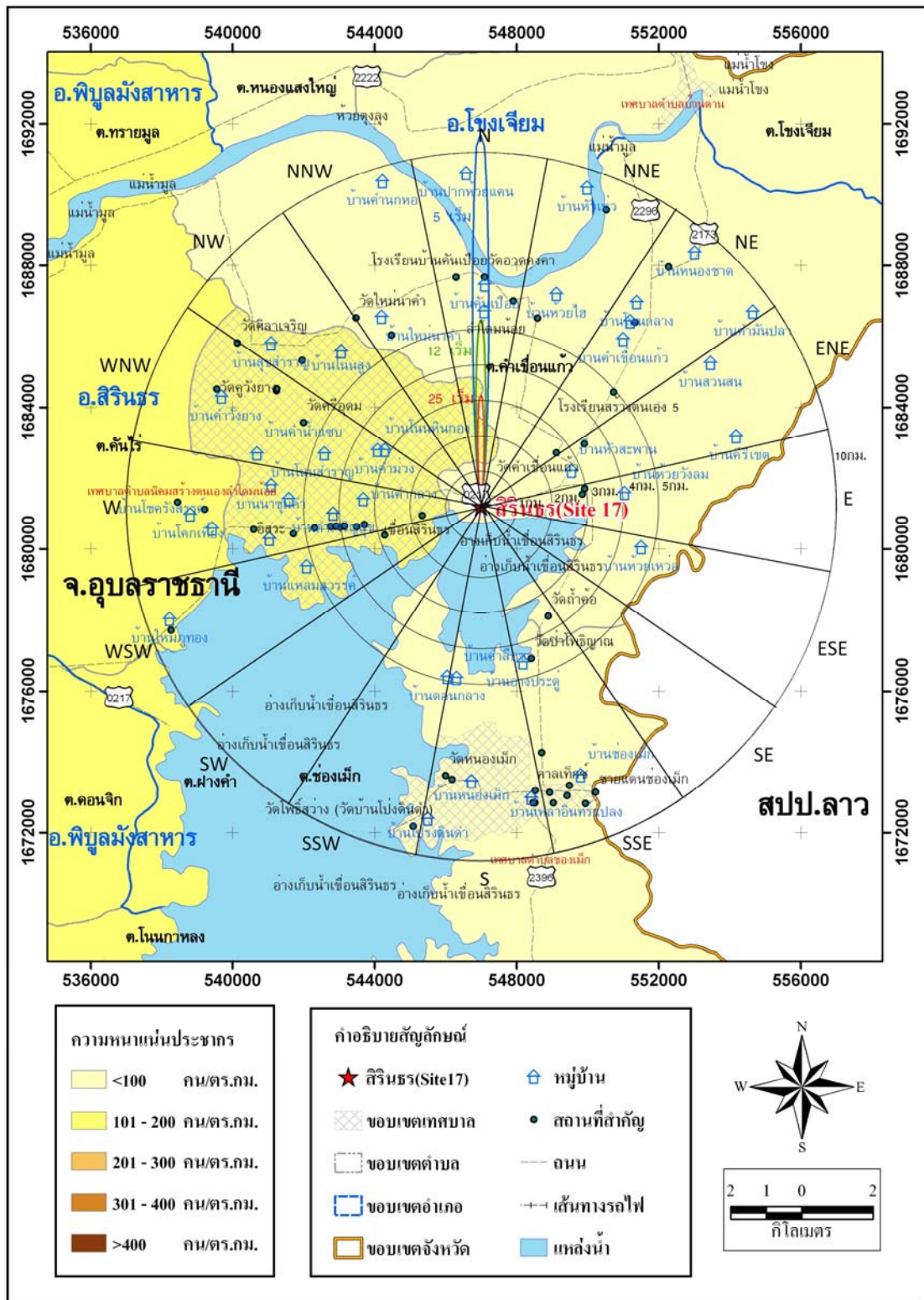
ภาพที่ จ.12 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูล
ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



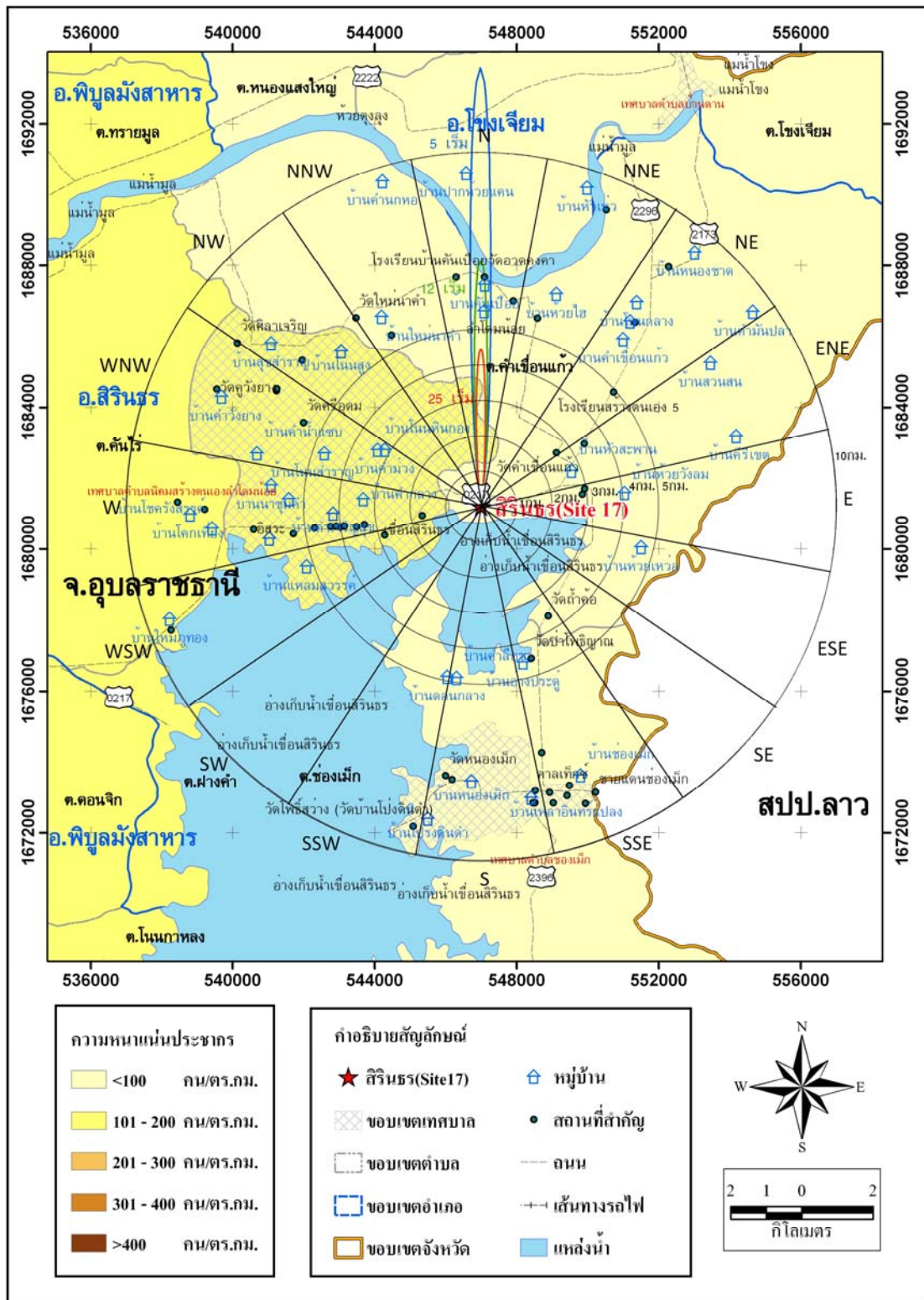
ภาพที่ ๑.13 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูล
ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



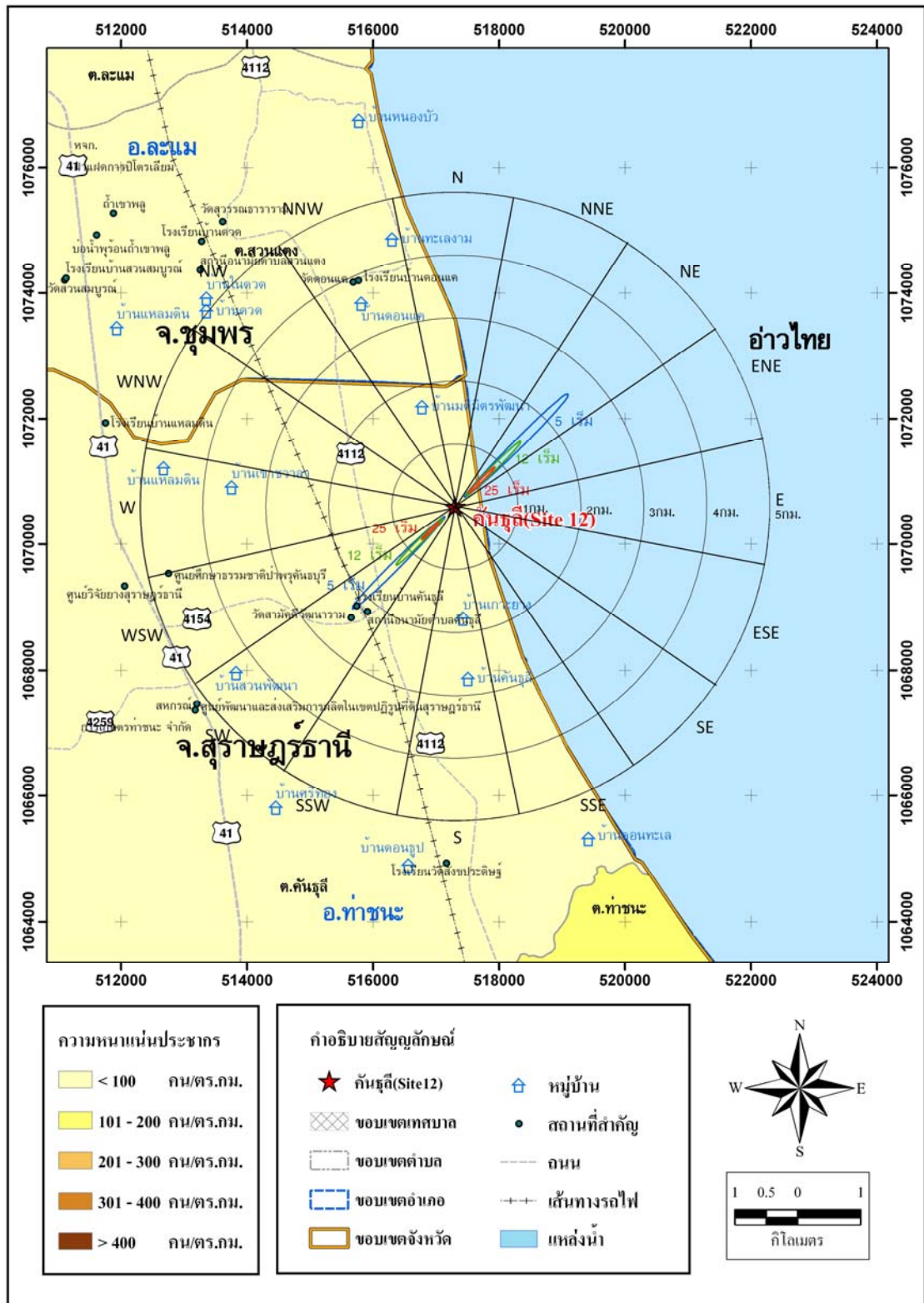
ภาพที่ ๑.14 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูล
ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



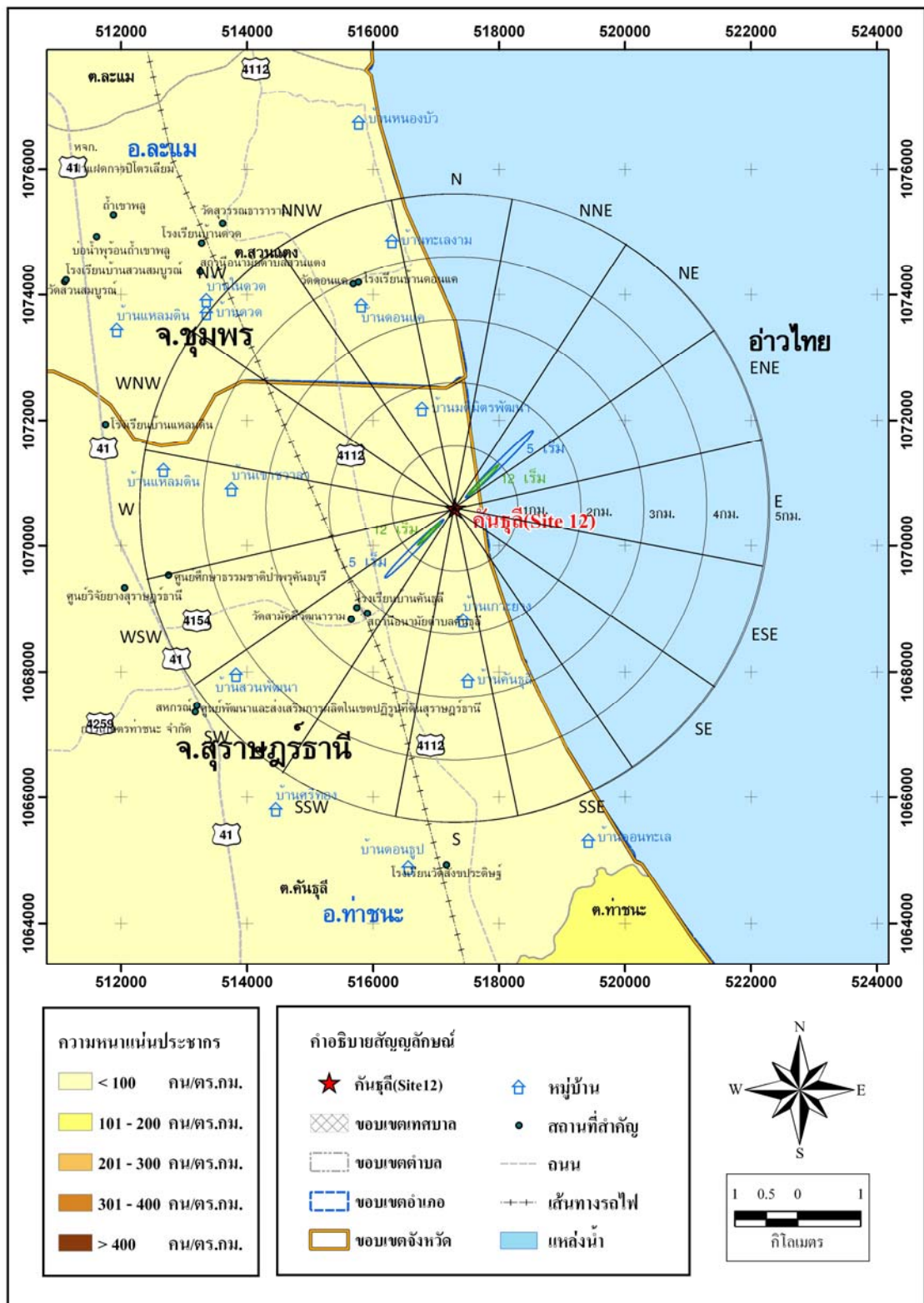
ภาพที่ ๑.15 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูล
 ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



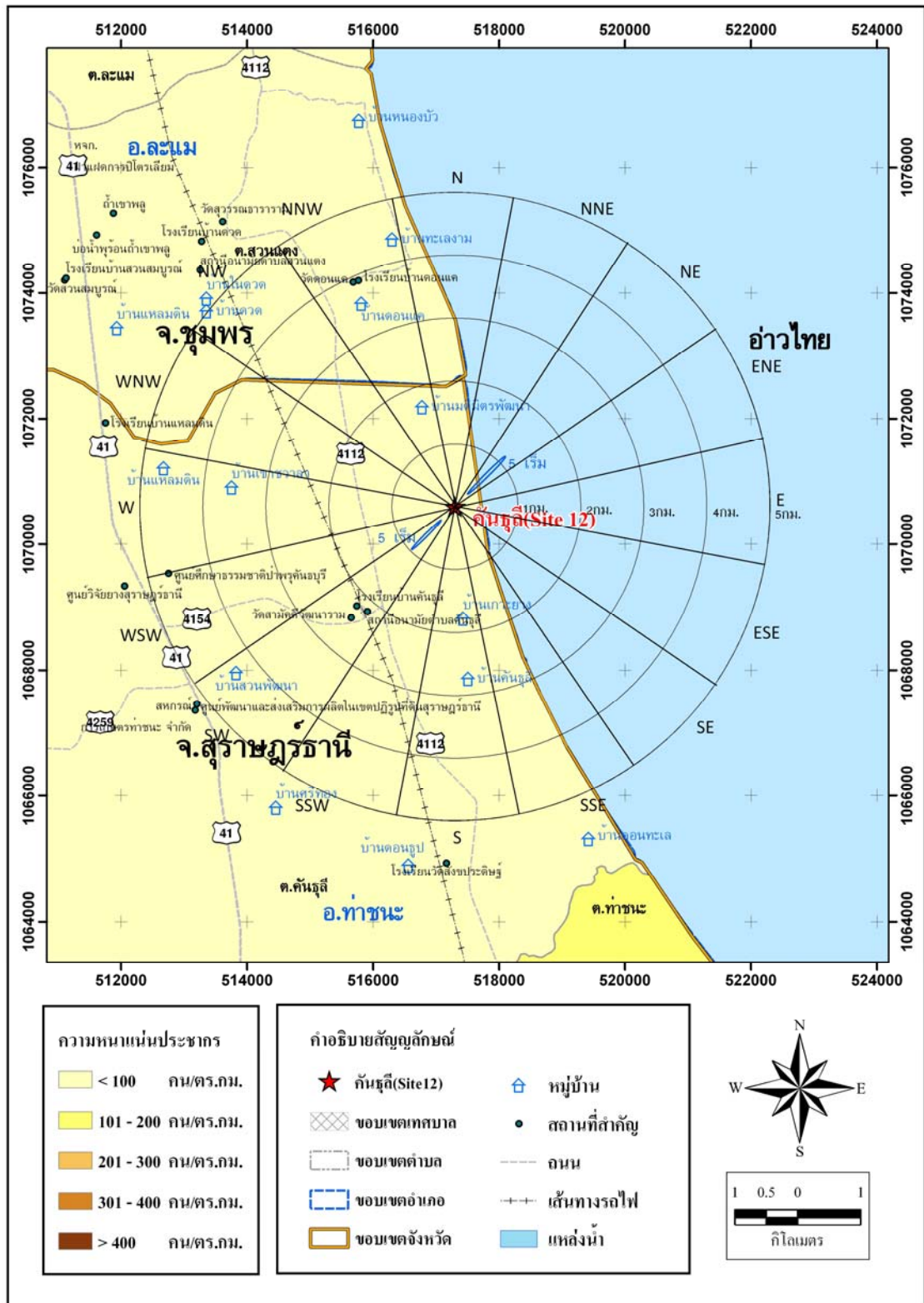
ภาพที่ ๑.16 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูล
ที่ให้ผลร้ายแรงที่สุด



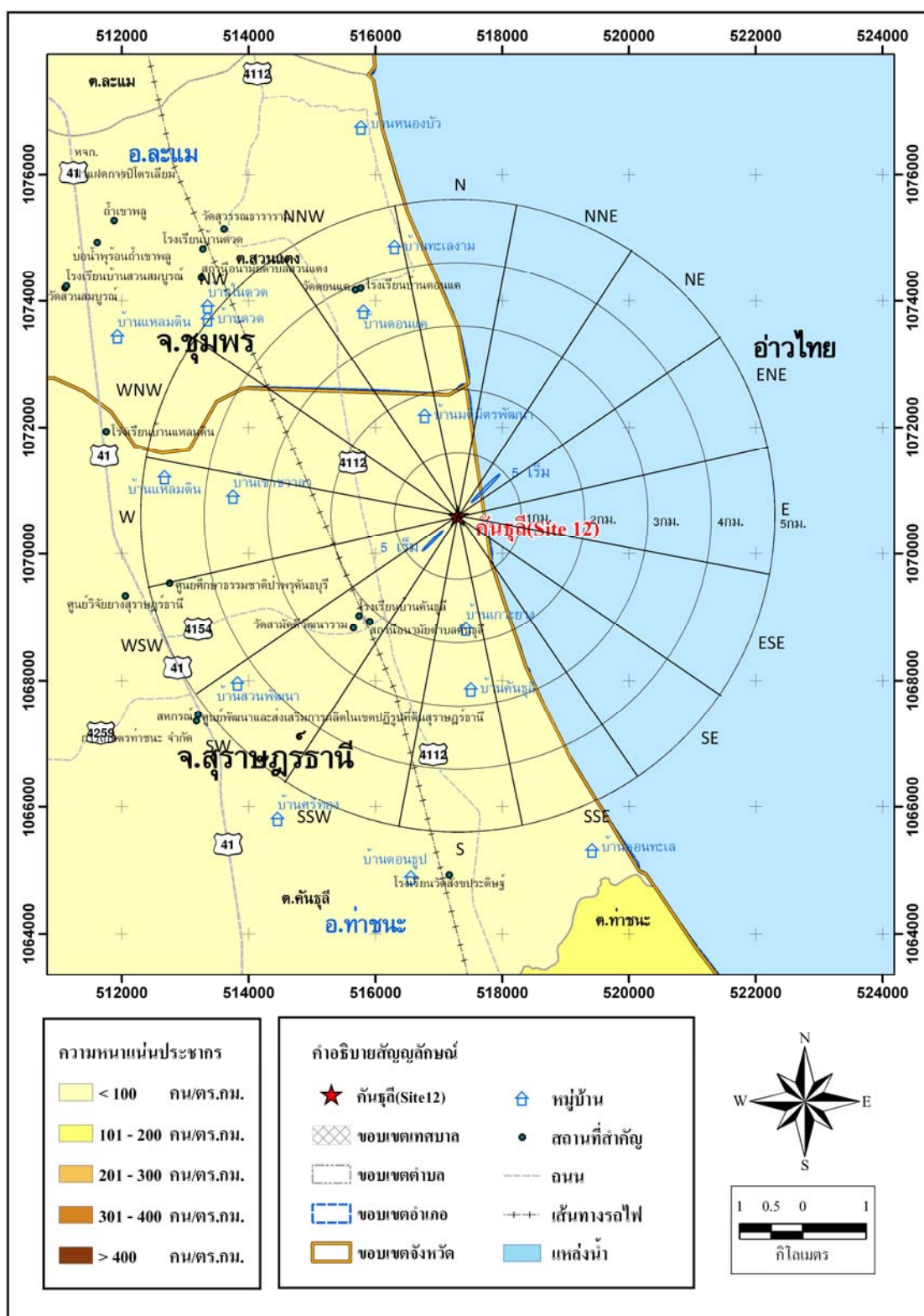
ภาพที่ ๑.17 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คันตุลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



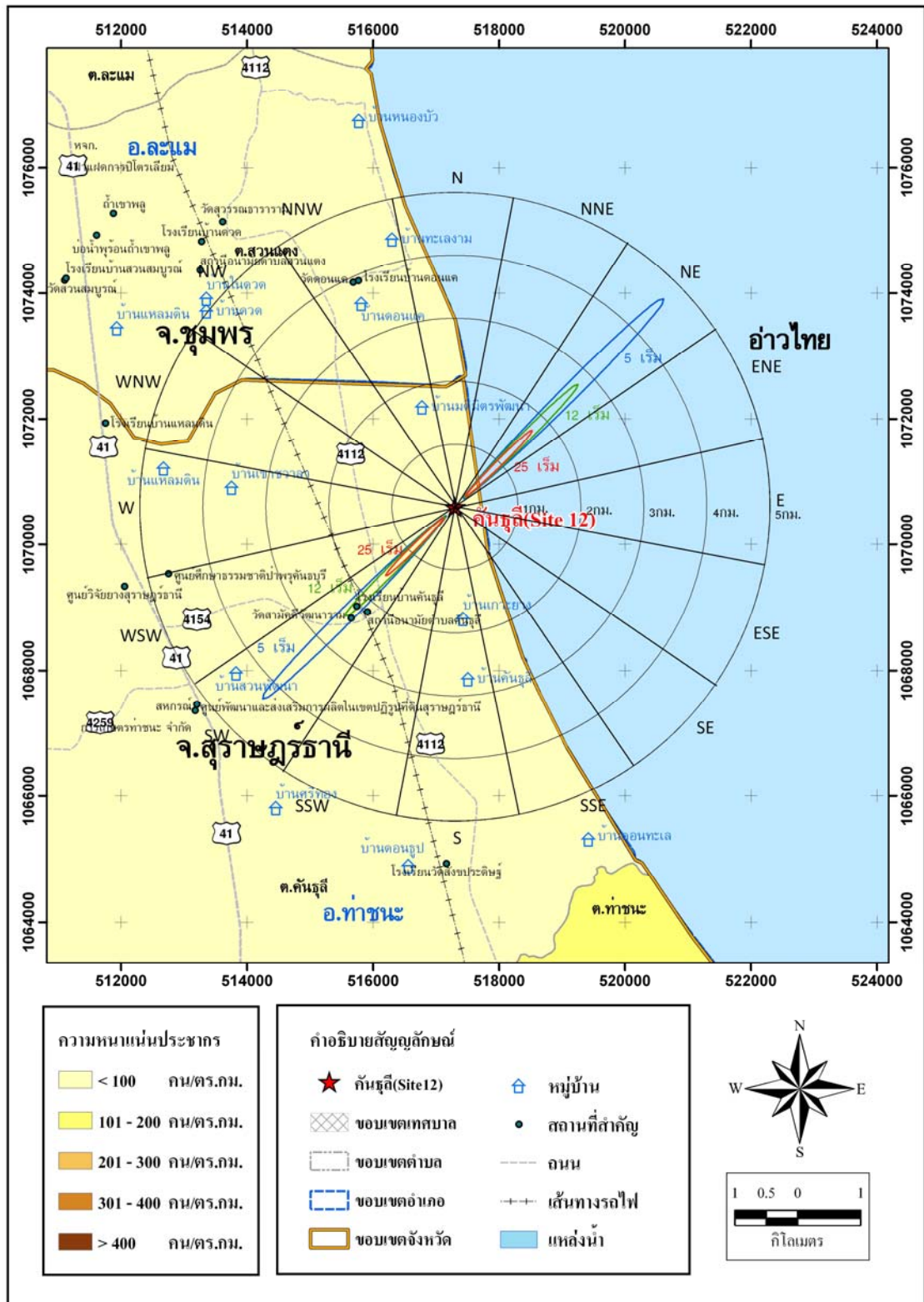
ภาพที่ ๑.18 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คันธูลีของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



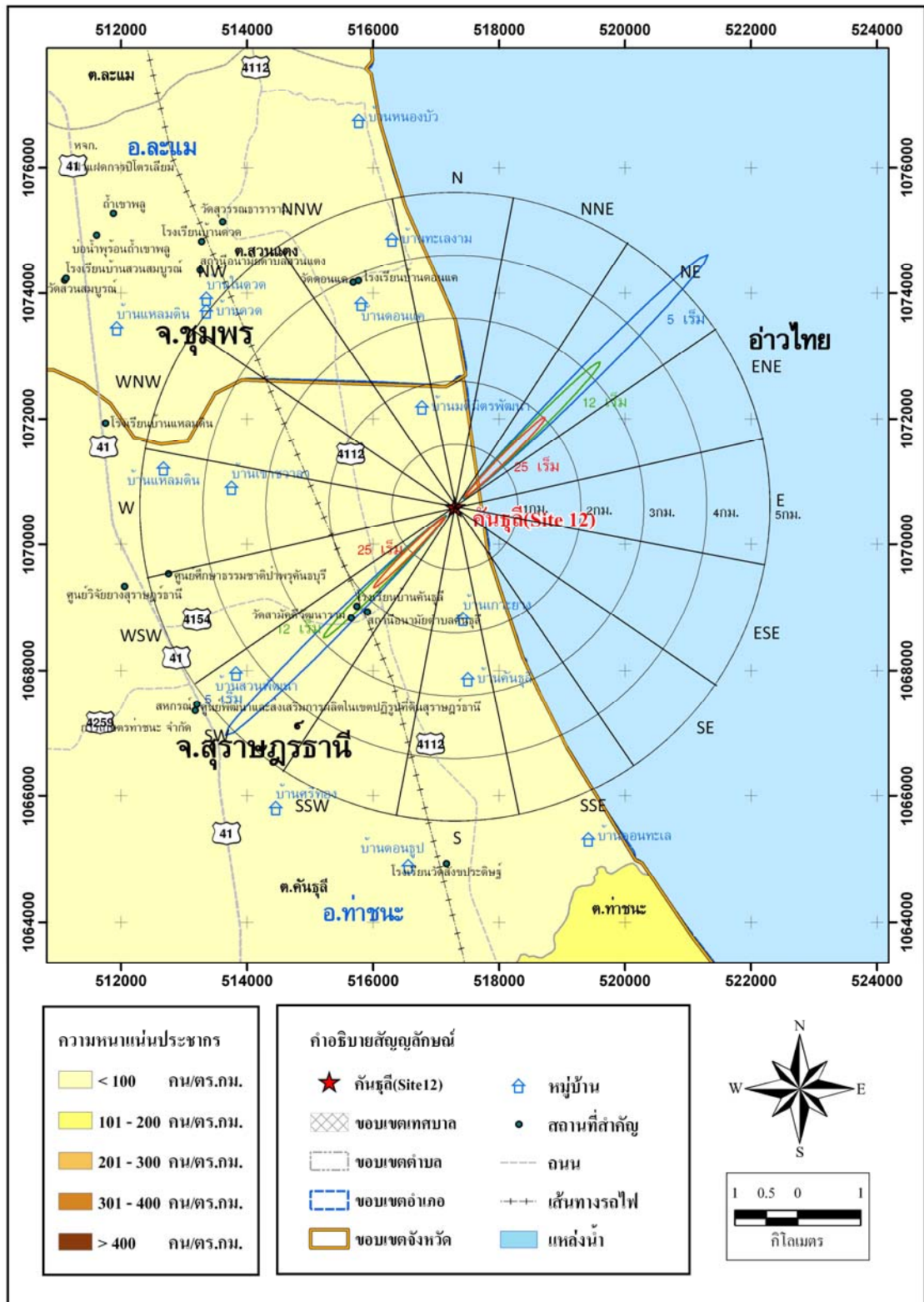
ภาพที่ จ.19 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่คันรูดี้ของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมิวิทยา



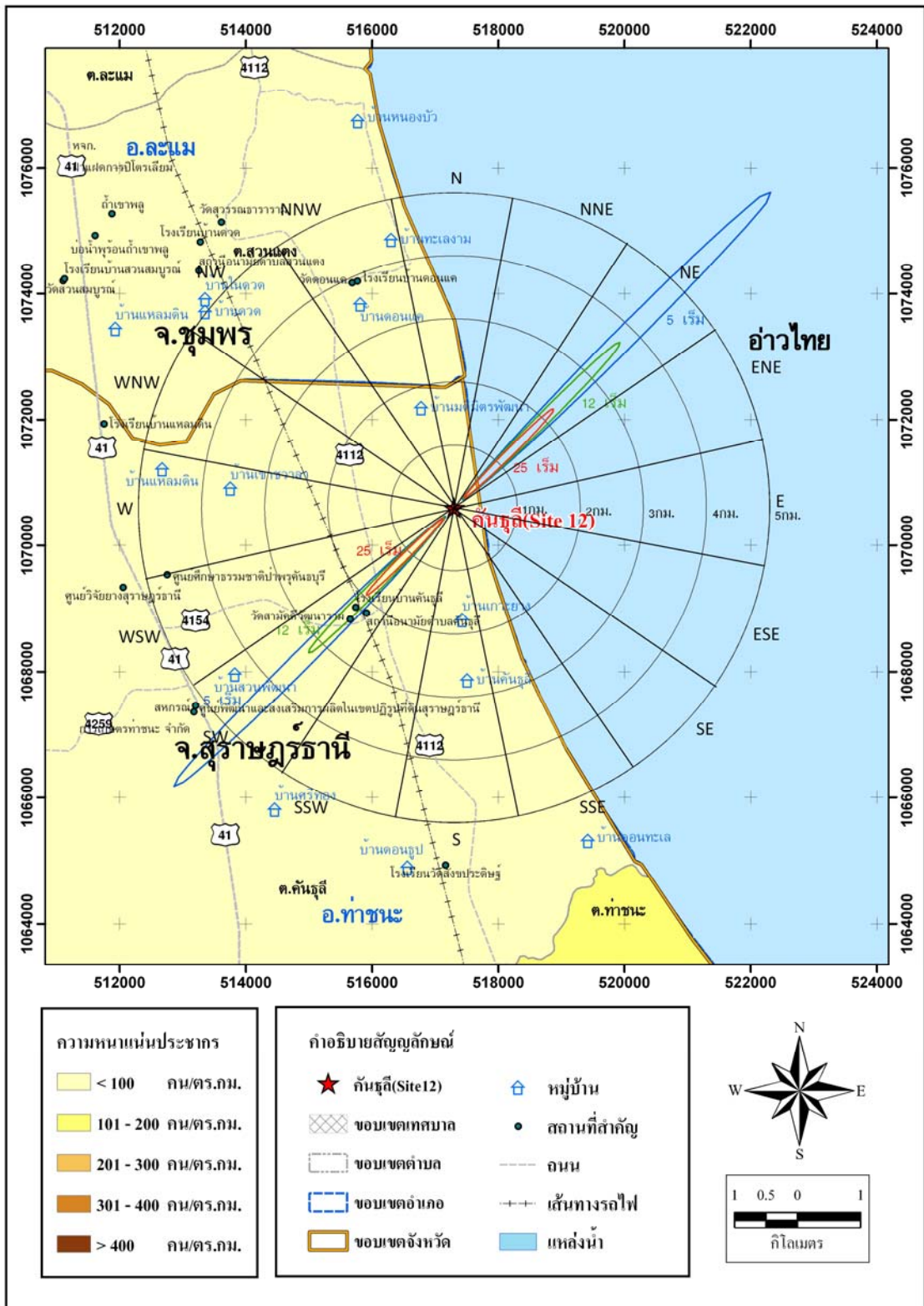
ภาพที่ จ.20 ผลกระทบภายใน 2 กม. รอบพื้นที่คันตุ๊กติของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



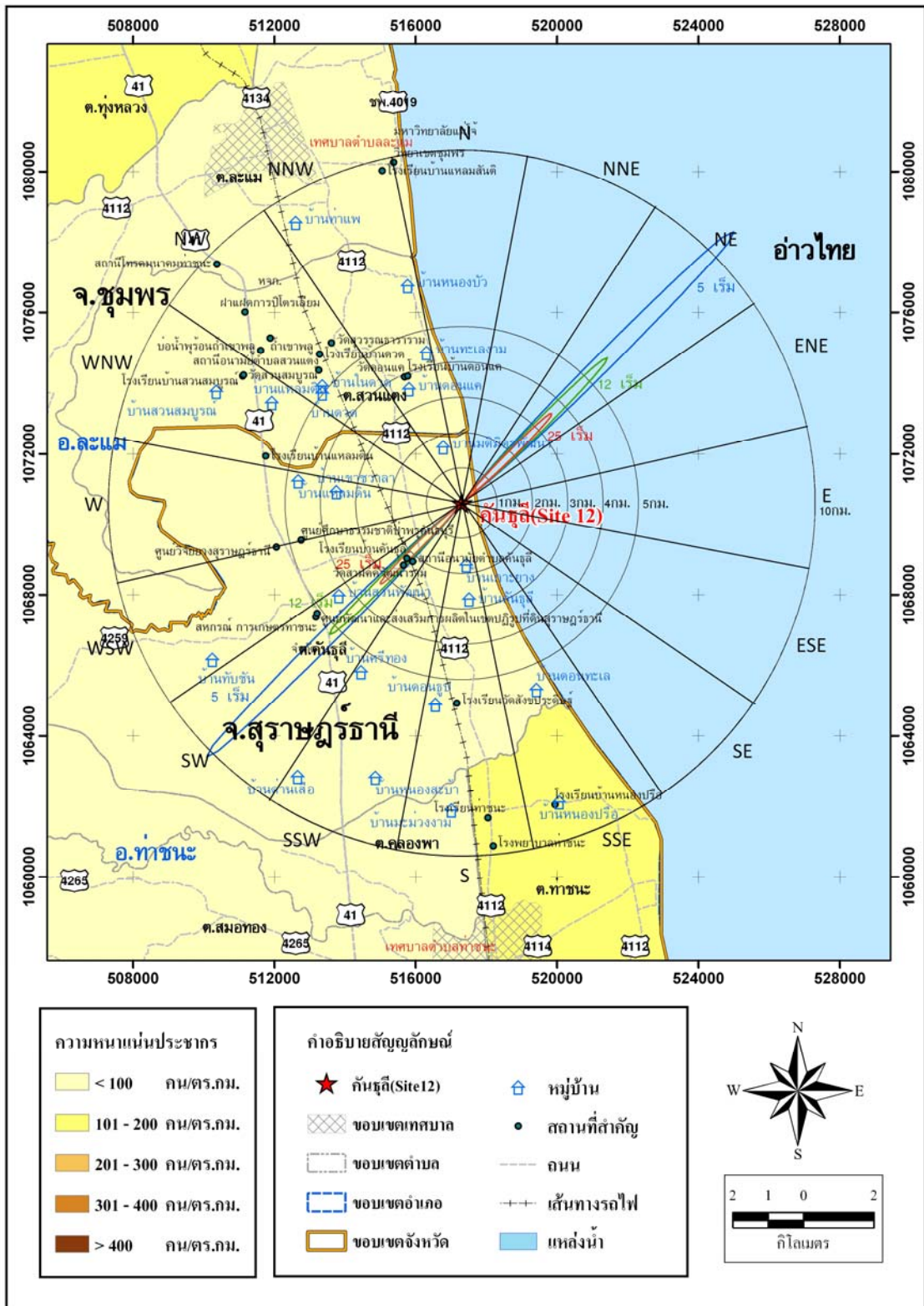
ภาพที่ จ.21 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันธุลีของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



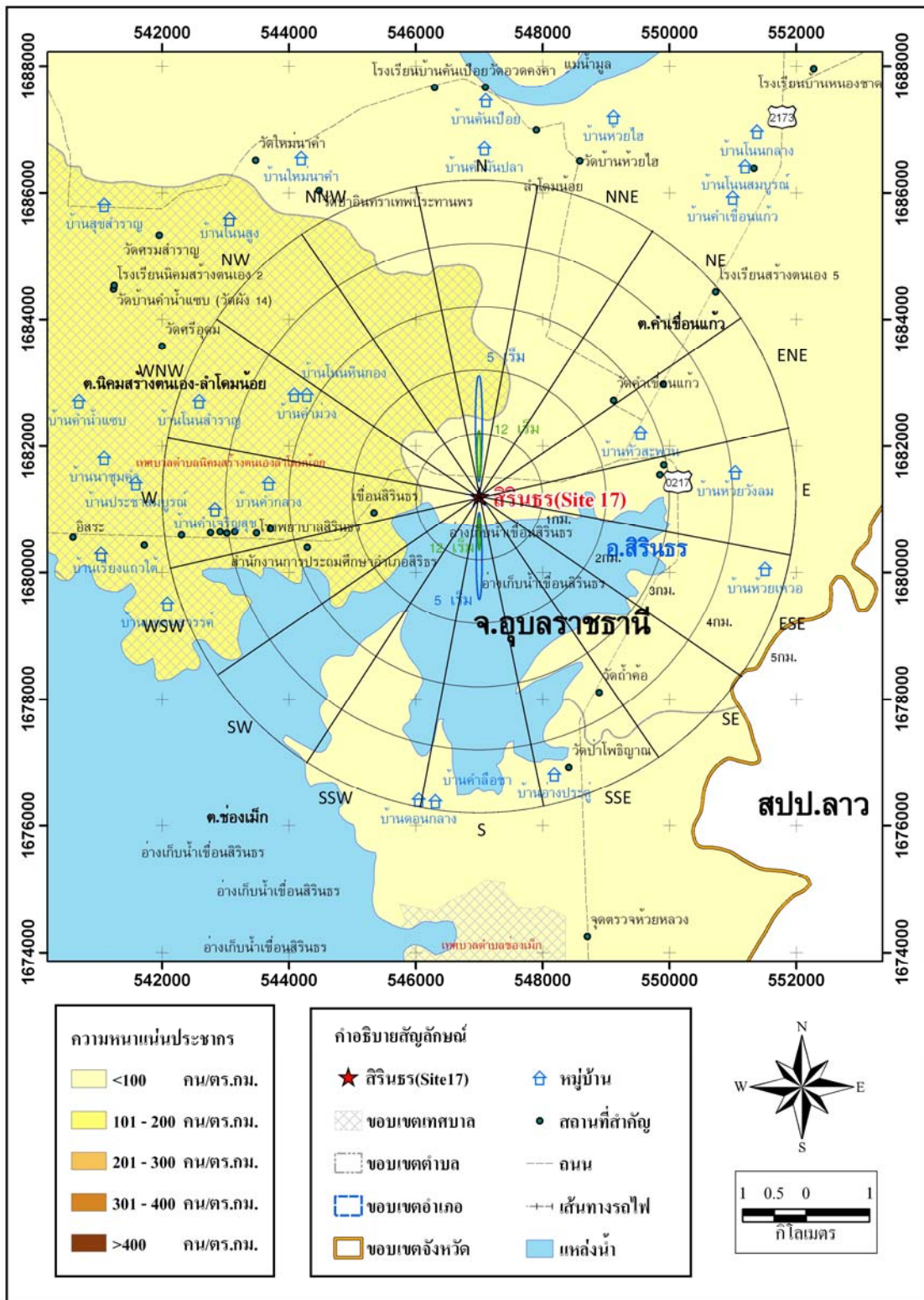
ภาพที่ จ.22 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันธฤดีของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



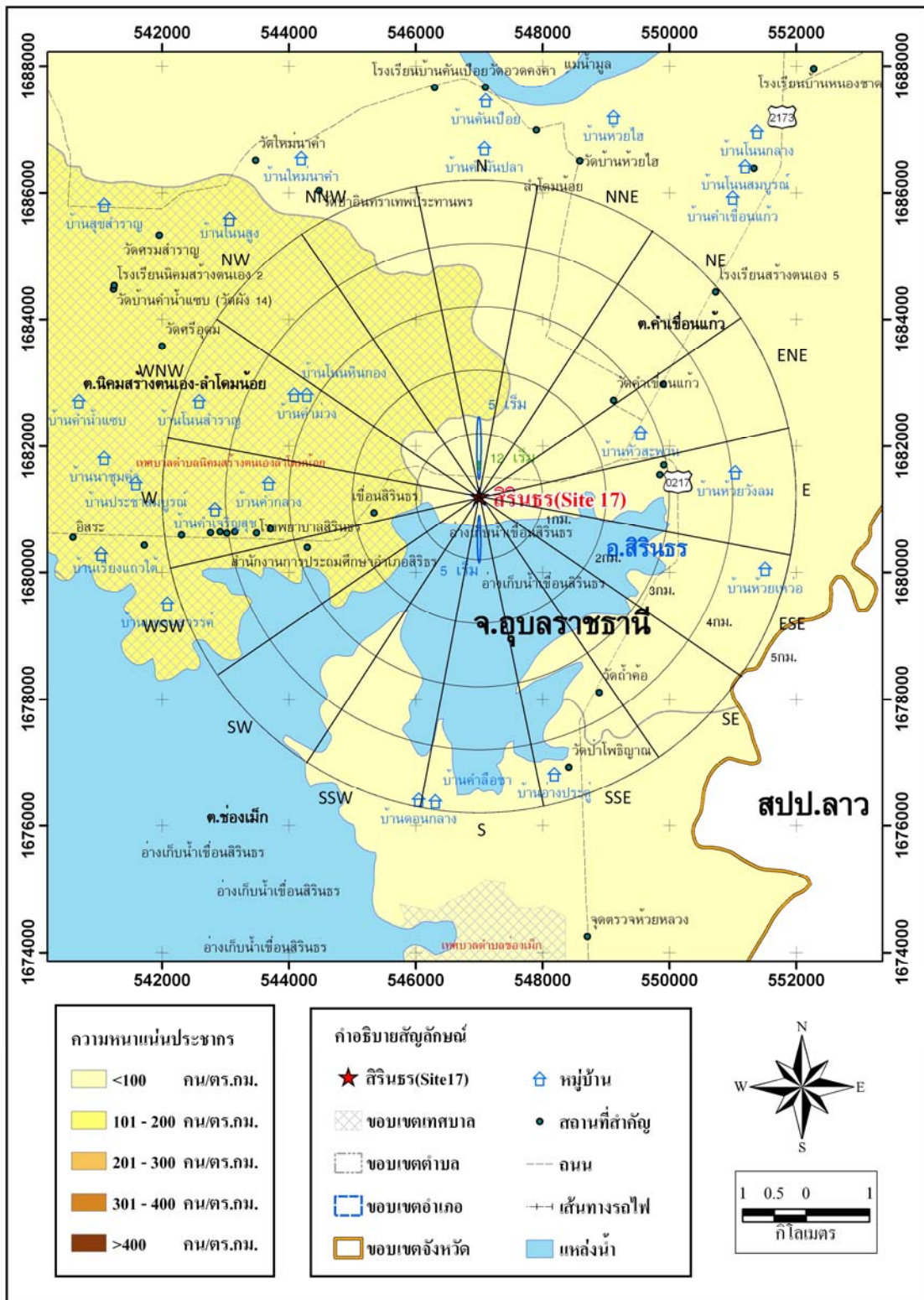
ภาพที่ จ.23 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันธฤดีของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



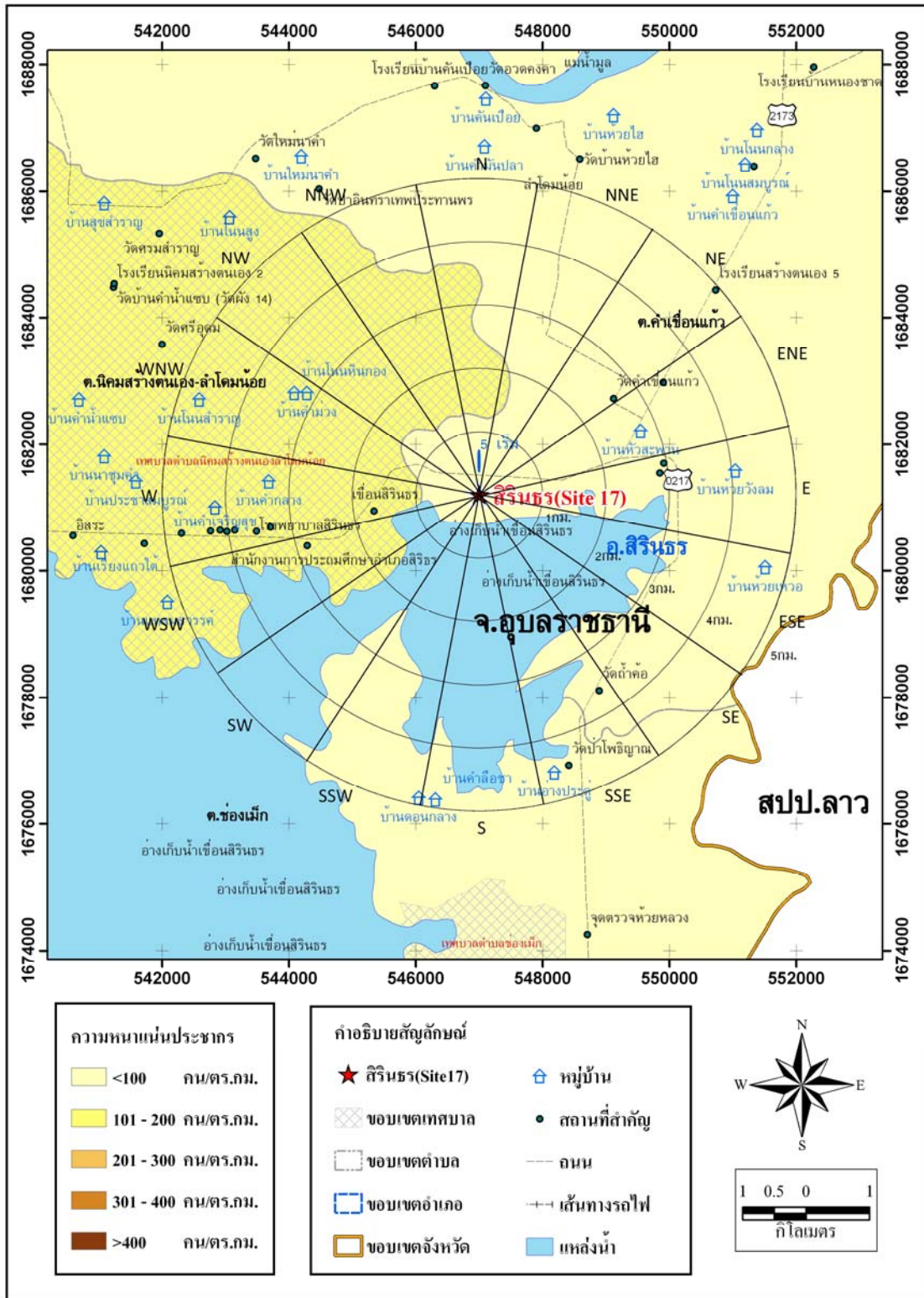
ภาพที่ ๑.24 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่คันตุลีของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



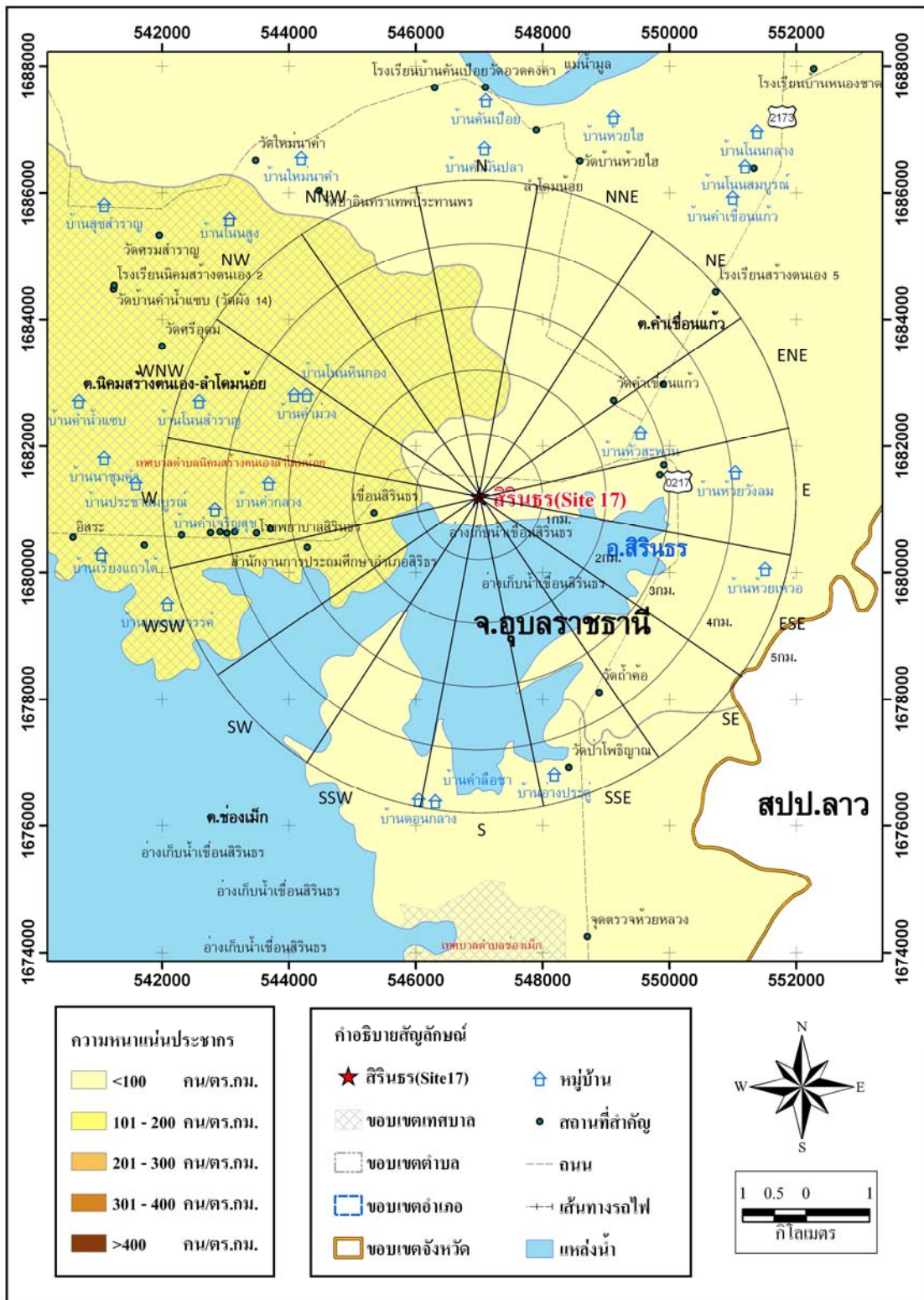
ภาพที่ จ.25 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



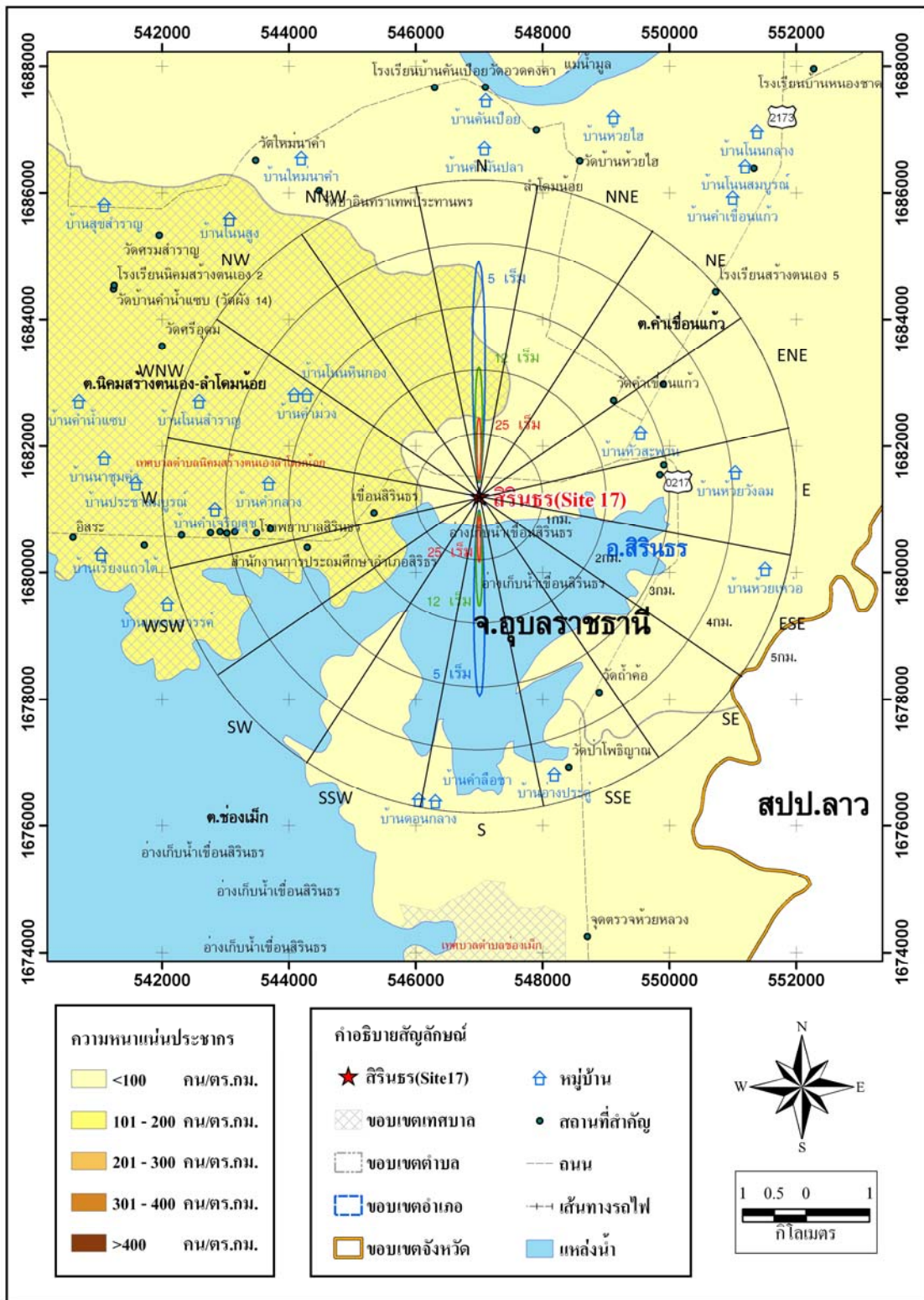
ภาพที่ จ.26 ผลกระทบภายใน 2 กม. รอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



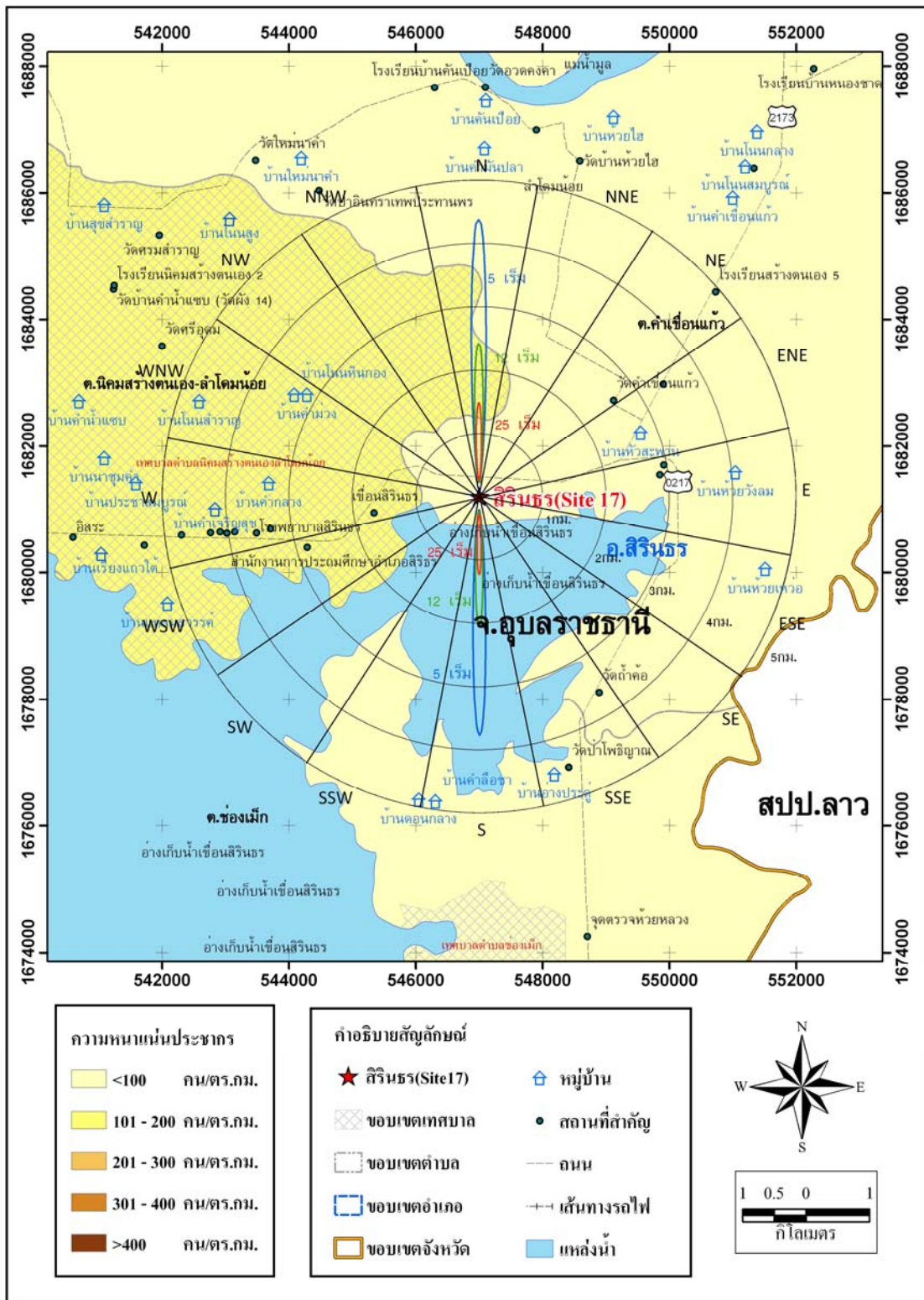
ภาพที่ จ.27 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูล อุตุนิยามวิทยา



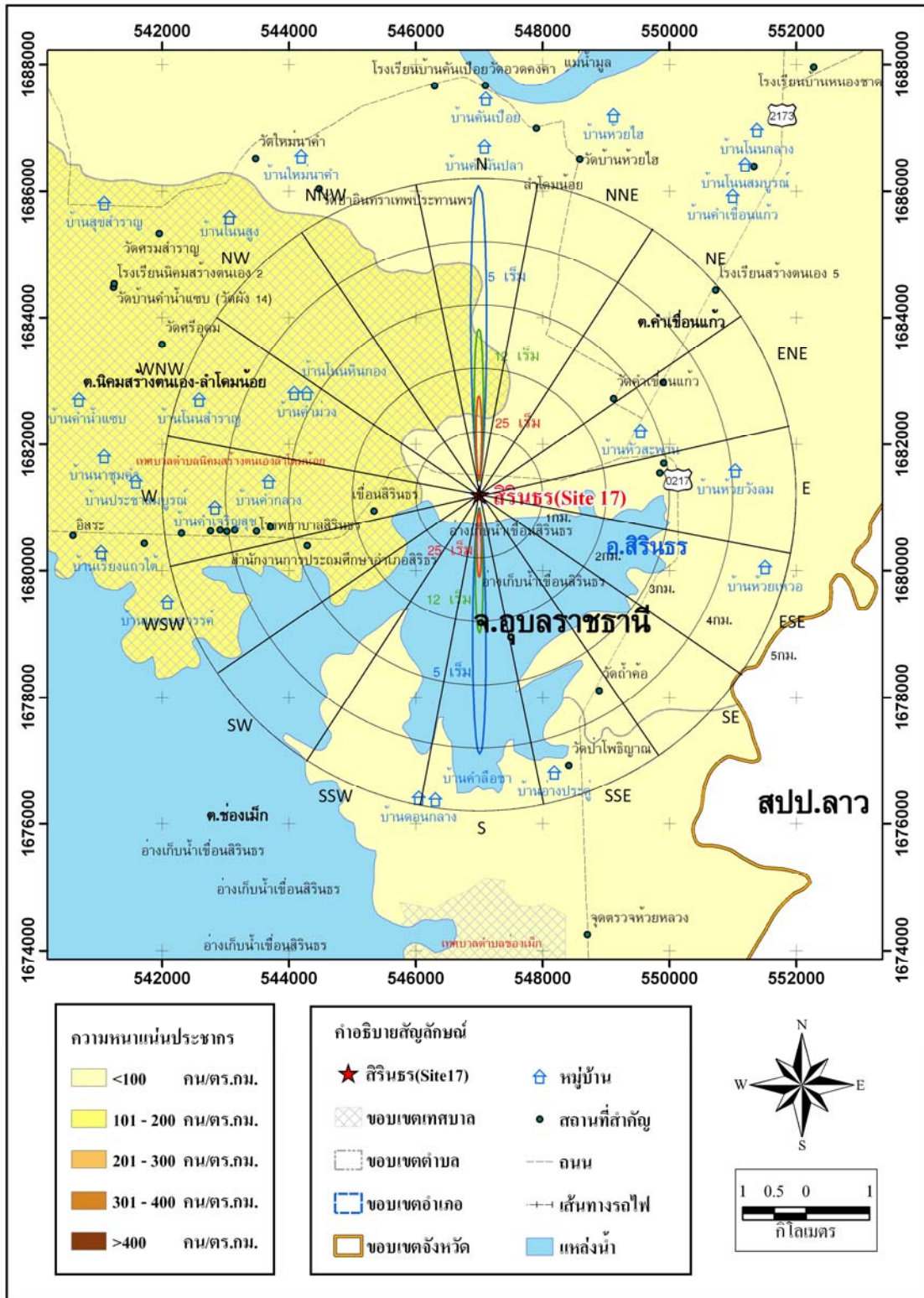
ภาพที่ จ.28 ผลกระทบภายใน 2 ชม. รอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



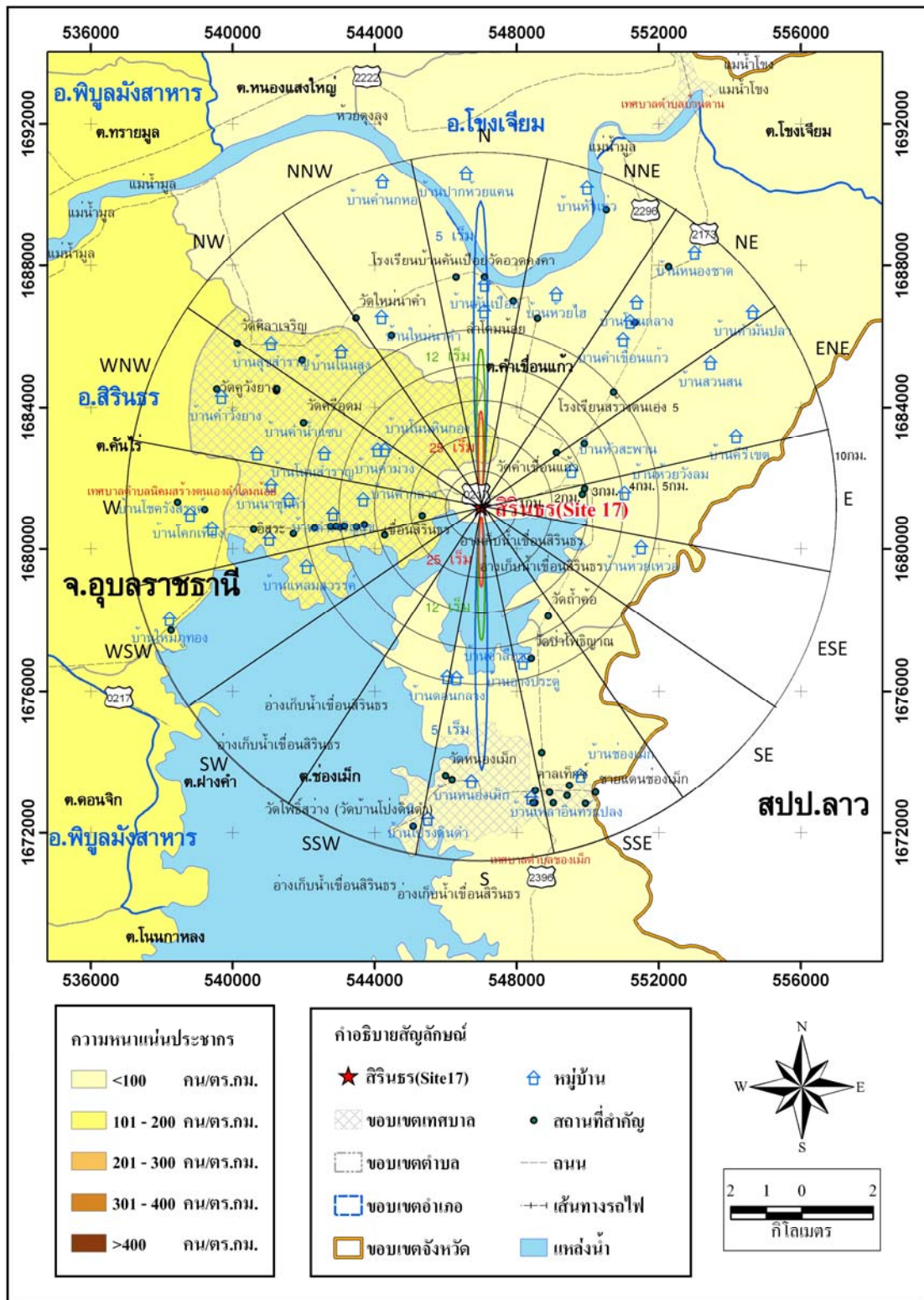
ภาพที่ จ.29 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่ศึกษาสิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ AP1000 กรณีใช้ข้อมูลชุดนิยามวิทยา



ภาพที่ ๑.30 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ US-APWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยามวิทยา



ภาพที่ จ.31 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สีรีนธรของเครื่องปฏิกรณ์ U.S.EPR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยามวิทยา



ภาพที่ ๑.32 ผลกระทบภายใน 30 วันรอบพื้นที่สิรินธรของเครื่องปฏิกรณ์ ESBWR กรณีใช้ข้อมูลอุตุนิยามวิทยา

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล นางสาวนิธิมา หล่อใจ

วัน/เดือน/ปีเกิด วันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2526

สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2553 เข้าศึกษาต่อในสาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

วิศวกรระดับ 5 ฝ่ายสิ่งแวดล้อมโครงการ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย