สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงจัดการกากกัมมันตรังสี อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก

T119504

ทัศพงษ์ วรรณสุทธะ
สุปรียา สมิทธิปรีชา
สุมนา แพรเมือง

เลขหมู่ 119504
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี - 8 S.A. 2554

b
i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The study of environmental impact assessment for a radioactive waste facility, Ongkharak, Nakhonnayok

Tassapong Wansuttha

Supreeya Smittipreecha

Sumana Praemuang

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษาการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงจัดการกากกัมมันตรังสี อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก

โดย นายทัศพงษ์ วรรณสุทธะ
นางสาวสุปรียา สมิทธิปรีชา
นางสาวสุมนา แพรเมือง

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นริศรา ทองบุญชู
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ดร.นริศรา ทองบุญชู)

.....กรรมการ
(ผศ.รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

.....กรรมการ
(ดร.สันติ วัฒนานุสรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษาการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงจัดการกากกัมมันตรังสี อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก

โดย นายทัศพงษ์ วรรณสุทธะ
นางสาวสุปรียา สมิทธิปรีชา
นางสาวสุมนา แพรเมือง

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2553
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. นริศรา ทองบุญชู

บทคัดย่อ

การศึกษาการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงจัดการกากกัมมันตรังสีที่บริเวณพื้นที่ของศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ จังหวัดนครนายก ทำโดยการประเมินกระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีเพื่อระบุจุดที่อาจทำให้เกิดอันตรายโดยใช้วิธี what-if analysis ในการประเมินความเสี่ยง จากการประเมินความเสี่ยงในกระบวนการพบว่ากระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีตั้งแต่กระบวนการคัดแยก บำบัด ปรับสภาพ และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสี ของกากกัมมันตรังสีประเภทของเหลว ของแข็ง กากชนิดพิเศษ และกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก ส่วนใหญ่ความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่มีจุดที่มีความเสี่ยงสูงคือระบบเตาเผากากกัมมันตรังสีที่อาจก่อให้เกิดอันตรายและมลพิษทางด้านอากาศ จึงได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ The Industrial Source Complex Term Model (ISCST3) มาใช้เพื่อประเมินผลกระทบของการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากปล่องระบายควันที่มีต่อคุณภาพอากาศ โดยกำหนดพื้นที่ที่ศึกษาขนาด 10×10 ตารางกิโลเมตร ขนาดความละเอียดของกริด 100×100 ตารางเมตร ใช้มลพิษประเภทฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นตัวแทนของสารกัมมันตรังสีและใช้อัตราการปลดปล่อยจากปล่องควันคงที่ 1 กรัมต่อวินาที ผลการทำแบบจำลองพบว่าการแพร่กระจายมลพิษมีลักษณะแบบเดียวกับการกระจายของทิศทางลมคือ แพร่กระจายในทิศตะวันตกเฉียงเหนือถึงตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดรายชั่วโมงมีค่าประมาณ 185 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในระยะรัศมีไม่เกิน 550 เมตรจากบริเวณที่ตั้งของปล่องควัน ส่วนความเข้มข้นต่ำสุดมีค่า 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในรัศมีไม่เกิน 4 กิโลเมตรจากปล่อง แสดงให้เห็นว่ามลพิษที่ออกจากปล่องไม่กระจายตัวออกไปไกลจากแหล่งกำเนิดแต่กระจายตัวอยู่บริเวณรอบๆ ใกล้เคียงกับพื้นที่โครงการ จึงไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	The study of environmental impact assessment for a radioactive waste facility, Ongkharak, Nakhonnayok
By	MisterTassapong Wansuttha
	MissSupreeya Smittipreecha
	MissSumana Praemuang
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2010
Advisor	Dr. Narisara Thongboonchoo

ABSTRACT

The study of Environmental Impact Assessment of radioactive waste management project in Ongkharak Nuclear Research Center, Ongkharak, Nakhonnayok. The assessment of radioactive waste management process was carried out by using What-if Analysis, risk assessment tools, to identify the process risks. The results from risk assessment of radioactive wastes management process, i.e, characterization, treatment, conditioning, and interim storage of liquid, solid, special radioactive waste and disused sealed source, showed that the risk of those operations are in acceptable level. The only operation that is in high risk level is the incineration process since could release air pollutant to atmosphere. The Industrial Source Complex Term Model (ISCST3) is then selected as a tool to evaluate air quality impact of emission from stack of an incinerator. The domain of this study is 10×10 square kilometers and grid resolution is 100×100 square meters. The particulate matter (PM_{10}) is a pollutant that was selected to as representative of the radioactive emission with the emission rate 1 gram per second. The result from the model showed that the dispersion pattern of PM_{10} was similar to wind pattern. The peak of PM_{10} concentration was found in the north-west to south-west and south-east direction. The highest hourly average concentration of 185 $\mu g/m^3$ was founded within 550 meters range from the stack and the lowest of 50 $\mu g/m^3$ was founded within 4 kilometers range from the source. It indicates that the dispersion of pollutant is not far from source and does not impact on nearby community.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและช่วยเหลือให้ความรู้และคอยชี้นำเป็นอย่างดี ตลอดจนให้คำปรึกษาในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประสบการณ์และได้ความรู้ใหม่ที่ดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นริศรา ทองบุญชู

ขอขอบพระคุณ ผศ.รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ และ ดร.สันติ วัฒนานุสรณ์ กรรมการสอบและตรวจปริญญานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์ ชี้แนวทางและช่วยเหลือในการแก้ปัญหาต่างๆ เกี่ยวกับการใช้โปรแกรม

ขอขอบพระคุณศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยนิวเคลียร์แห่งชาติ คุณนิคมประเสริฐเชี่ยวชาญ และพนักงานของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีทุกท่านที่อนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการกากกัมมันตรังสี

ขอขอบพระคุณกรมควบคุมมลพิษและกรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลคุณภาพอากาศ

หากมีสิ่งผิดพลาดประการใดคณะผู้จัดทำขอน้อมรับและยินดีรับคำแนะนำเพื่อปรับปรุงและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ทัศพงธ์ วรรณสุทธะ
สุปรียา สมิทธิปรีชา
สุมนา แพรเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2

1.3 ขอบเขตโครงงาน.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎี.....3

2.1 กระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสี.....3

2.2 การประเมินความเสี่ยง.....8

2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม.....15

2.4 การประเมินผลกระทบทางอากาศและระบบมลพิษทางอากาศ.....20

2.5 แบบจำลองอากาศ.....24

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....30

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....32

3.1 การศึกษาข้อมูล.....32

3.2 การกำหนดกรอบการศึกษา.....33

3.3 การสำรวจข้อมูลคุณภาพอากาศและพิจารณาประเด็นสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ.....33

3.4 การทำนายขอบเขตและขนาดของผลกระทบโดยใช้แบบจำลอง.....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 การประเมินความรุนแรง วิเคราะห์เหตุการณ์ร้ายแรงและมาตรการควบคุมบรรเทาและลดผลกระทบ.....37

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล.....38

4.1 การวิเคราะห์กระบวนการ.....38

4.2 การประเมินผลกระทบอากาศจากเตาเผากากกัมมันตรังสี.....47

4.3 มาตรการป้องกันและลดผลกระทบ.....51

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....53

5.1 สรุปผล.....53

5.2 ข้อเสนอแนะ.....54

เอกสารอ้างอิง.....55

ภาคผนวก.....57

ภาคผนวก ก ข้อมูลโรงจัดการกากกัมมันตรังสี.....58

ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม.....62

ภาคผนวก ค ผลที่ได้จากการรันโปรแกรม.....65

ภาคผนวก ง การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงการจัดการกากกัมมันตรังสีด้วยวิธี What – If Analysis.....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตัวอย่าง check list ของระบบป้องกันภัย 9

2.2 ตัวอย่างการใช้ HAZOP สำหรับปั๊มลม 10

2.3 ระดับโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ 11

2.4 ระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล 12

2.5 ระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน 12

2.6 ระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 12

2.7 ระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน 13

2.8 ระดับความเสี่ยงของเหตุการณ์ต่างๆ 13

4.1 แสดงระยะทางที่เส้น contour มีความเข้มข้นสูงและต่ำสุดจากปล่อง 51

ก-1 The principle forms and types of radioactive waste collected from radioisotope users in Thailand. 60

ก-2 Estimated amount of RW collected in Thailand. 61

ข-1 ตัวอย่างข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับพื้น (surface file) 63

ข-2 ตัวอย่างข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับสูง (upper file) 63

ง-1.1 ผลการศึกษาขั้นตอนแหล่งที่มาของกากกัมมันตรังสี กรณีการดำเนินงานปกติ 68

ง-1.2 ผลการศึกษาขั้นตอนแหล่งที่มาของกากกัมมันตรังสี กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน 69

ง-2.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการขนส่ง กรณีการดำเนินงานปกติ 72

ง-2.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการขนส่ง กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน 73

ง-3.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการคัดแยก กรณีการดำเนินงานปกติ 76

ง-3.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการคัดแยก กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน 76

ง-4.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการเก็บรวบรวมก่อนบำบัด กรณีการดำเนินงานปกติ 81

ง-4.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการเก็บรวบรวมก่อนบำบัด กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน 82

ง-5.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานปกติของเตาเผา 88

ง-5.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉินของเตาเผา 89

ง-6.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานปกติของระบบบำบัดสารละลายน้ำ 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-6.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉินของระบบบำบัดสารละลายน้ำ....95

ง-7.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานปกติของระบบบำบัดของเสียทางการแพทย์....99

ง-7.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉินของระบบบำบัดของเสียทางการแพทย์....99

ง-8.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานปกติของเครื่องบดอัดกากของแข็งกัมมันตรังสี....100

ง-8.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉินของเครื่องบดอัดกากของแข็งกัมมันตรังสี....100

ง-9.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานปกติของเครื่องตัดย่อย....103

ง-9.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉินของเครื่องตัดย่อย....103

ง-10.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานปกติของระบบบำบัดกากชนิดพิเศษ .105

ง-10.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉินของระบบบำบัดกากชนิดพิเศษ (เรซิน)....106

ง-11.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการบำบัด กรณีการดำเนินงานปกติของระบบบำบัดกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก....106

ง-11.2 ผลการศึกษาขั้นตอน การบำบัด กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉินของระบบบำบัดกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก....106

ง-12.1 ผลการศึกษาขั้นตอน การเก็บรวบรวมกากฯที่บำบัดแล้ว กรณีการดำเนินงานปกติ....106

ง-12.2 ผลการศึกษาขั้นตอน การเก็บรวบรวมกากฯที่บำบัดแล้ว กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน....106

ง-13.1 การศึกษาขั้นตอน การขนส่งไปยังหน่วยปรับสภาพ กรณีการดำเนินงานปกติ....107

ง-13.2 ผลการศึกษาขั้นตอน การขนส่งไปยังหน่วยปรับสภาพ กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน....107

ง-14.1 ผลการศึกษาขั้นตอน การปรับสภาพ กรณีการดำเนินงานปกติ....108

ง-14.2 ผลการศึกษาขั้นตอน การปรับสภาพ กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน....109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-15.1 ผลการศึกษาขั้นตอน การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสี กรณีการดำเนินงานปกติ...111

ง-15.2 ผลการศึกษาขั้นตอน การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสี กรณีการดำเนินงานผิดปกติ หรือเกิดเหตุฉุกเฉิน 111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การจัดการกากกัมมันตรังสี	4
2.2	Vitrification	7
2.3	กระบวนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	17
2.4	ตัวอย่างผังลม	21
2.5	ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ	23
2.6	Plume dispersion	25
2.7	ข้อมูลป้อนเข้าและออกจากคอมพิวเตอร์ของโปรแกรม ISCST3	27
2.8	ข้อมูลป้อนเข้าและออกจากคอมพิวเตอร์ของโปรแกรม ISCLT3	27
4.1	กระบวนการบำบัดกากกัมมันตรังสีของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี	39
4.2	การจัดการกากของเหลวกัมมันตรังสีของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี	40
4.4	การจัดการกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก	42
4.5	ตำแหน่งของปล่องเตาเผา	48
4.6	Windrose ของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดปทุมธานี	48
4.7	แผนภาพแสดงการกระจายของมลพิษที่ได้จากสร้างแบบจำลอง ISCST	49
4.8	แผนภาพแสดงการกระจายของมลพิษที่ได้จากสร้างแบบจำลอง ISCST ที่ซ้อนทับบนแผนที่ดาวเทียม	50
ก-1	พื้นที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในการดำเนินโครงการหรือก่อตั้งกิจการที่อาจมีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อดิน น้ำ อากาศ และสิ่งมีชีวิตโดยรอบ จำเป็นต้องมีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรือ Environmental Impact Assessment (EIA) เพื่อวัดระดับของผลกระทบ หาวิธีการลดผลกระทบที่เกิดขึ้น รวมถึงการติดตามตรวจสอบผลการดำเนินงาน เพื่อความปลอดภัยต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบที่อาจได้รับผลกระทบ โครงการก่อสร้างโรงจัดการกากกัมมันตรังสีที่มีแผนจะก่อสร้างที่อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก เป็นโครงการหนึ่งของแผนกศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ โดยโรงจัดการกากกัมมันตรังสีมีภาระกิจที่สำคัญคือรับกากกัมมันตรังจากหน่วยงานหรือโรงงานต่างๆ มาจัดการให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัย กากกัมมันตรังสีที่รับมาจัดการจะมีทั้งของเหลวและของแข็ง ทำให้ต้องจัดการด้วยวิธีที่แตกต่างกัน และเนื่องจากสารกัมมันตรังสีไม่สามารถกำจัดให้สูญสลายไปได้โดยวิธีทางเคมีหรือทางกายภาพ ต้องปล่อยให้สารสลายตัวไปเอง ซึ่งจะใช้ระยะเวลานาน ดังนั้นการจัดการจึงต้องใช้วิธีการทำให้เจือจางแล้วปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม หรือทำให้เข้มข้นแล้วเก็บรวบรวมเพื่อลดปริมาตรในการจัดเก็บ หากเกิดการผิดพลาดจนสารกัมมันตรังสีที่เข้มข้นสูงถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อชุมชมและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ โรงจัดการกากกัมมันตรังสีนี้อยู่ในกลุ่มของโครงการประเภทโรงงานปรับคุณภาพของเสียรวมเฉพาะสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ที่ตามกฎหมายจะต้องมีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมหรือ Environmental Impact Assessment (EIA) เพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 โดยการประเมินต้องมีการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมี 4 หมวด ได้แก่ ทรัพยากรด้านกายภาพ (Physical Resource) ทรัพยากรด้านนิเวศวิทยา (Ecological Resource) คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (Human Use Values) และคุณภาพชีวิต (Quality of Life) โครงงานพิเศษนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการสร้างโรงจัดการกากกัมมันตรังสี แต่เนื่องจากข้อจำกัดในงบประมาณและระยะเวลา จึงเลือกทำการศึกษาเฉพาะในส่วนการวิเคราะห์กระบวนการและวิเคราะห์ผลกระทบทางทรัพยากรด้านกายภาพ เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ หาทางเลือกอื่นที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาจากผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยผลการวิเคราะห์และมาตรการปรับปรุงแก้ไขจะส่งเป็นข้อมูลให้กับศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ เพื่อใช้พิจารณาปรับปรุงโครงการหรือใช้เป็นข้อมูลเสริมในการจัดส่งรายงานผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งแวดล้อมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ศึกษากระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีเพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนหรือวิธีปฏิบัติ ที่อาจทำให้มีการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสี เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขระบบและหามาตรการควบคุมป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้น

2. ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านอากาศจากการก่อสร้างโรงจัดการกากกัมมันตรังสีของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ โดยการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ รวมถึงประเมินขอบเขตของผลกระทบจากการก่อสร้างและดำเนินโครงการ

3. นำเสนอข้อมูลที่ได้ทั้งจากการวิเคราะห์หาผลกระทบและมาตรการควบคุมป้องกันต่อศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงโครงการหรือเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในรายงานผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม(EIA)

1.3 ขอบเขตโครงงาน

1. ศึกษาหาสาเหตุของการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีกระบวนการจัดการกากนิวเคลียร์เฉพาะในส่วนที่ทางศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีออกแบบไว้เท่านั้น

2. ในการวิเคราะห์ผลกระทบทางกายภาพ จะทำเฉพาะในส่วนผลกระทบทางด้านอากาศเท่านั้น เนื่องจากไม่มีข้อมูลในส่วนอื่นและไม่มีงบประมาณที่เพียงพอ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้

2. ได้ข้อมูลผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเมื่อมีการก่อสร้างโรงจัดการกากกัมมันตรังสี

3. ได้แนวทางป้องกันหรือปรับปรุงกระบวนการซึ่งเป็นประโยชน์ในการพิจารณาจัดทำโครงการให้มีผลกระทบน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะทางอากาศที่เกิดจากการก่อสร้างโรงจัดการกากกัมมันตรังสี อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก ต้องอาศัยทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องทั้งที่ส่วนที่เป็นการจัดการกากกัมมันตรังสีและการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากขอบเขตของโครงงานนี้ครอบคลุมถึงการประเมินความเสี่ยงในกระบวนการเพื่อกำหนดเป็นมาตรการป้องกันและแนวทางแก้ไข จึงต้องอาศัยหลักการประเมินความเสี่ยงในกระบวนการด้วย โดยมีรายละเอียดแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 กระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสี [,]

กากกัมมันตรังสี คือ วัสดุในรูปของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซที่เป็นวัสดุกัมมันตรังสี หรือประกอบ หรือปนเปื้อนด้วยวัสดุกัมมันตรังสี ที่มีค่ากัมมันตภาพต่อปริมาณ หรือกัมมันตภาพรวมสูงกว่าเกณฑ์ปลอดภัยที่กำหนด โดยคณะกรรมการและผู้ครอบครองวัสดุนั้นไม่ประสงค์จะใช้งานอีกต่อไป

การจัดการกากกัมมันตรังสี หมายถึงกระบวนการดำเนินการทุกขั้นตอนซึ่งเกี่ยวข้องกับการรวบรวม การคัดแยก การจำแนก การจัดเก็บ การบำบัด การแปรสภาพ การทิ้ง รวมถึงการขนส่งกากกัมมันตรังสีด้วย

2.1.1 หลักการจัดการกากกัมมันตรังสี

หลักการจัดการกากกัมมันตรังสีใช้หลักการ 2C4D ดังนี้

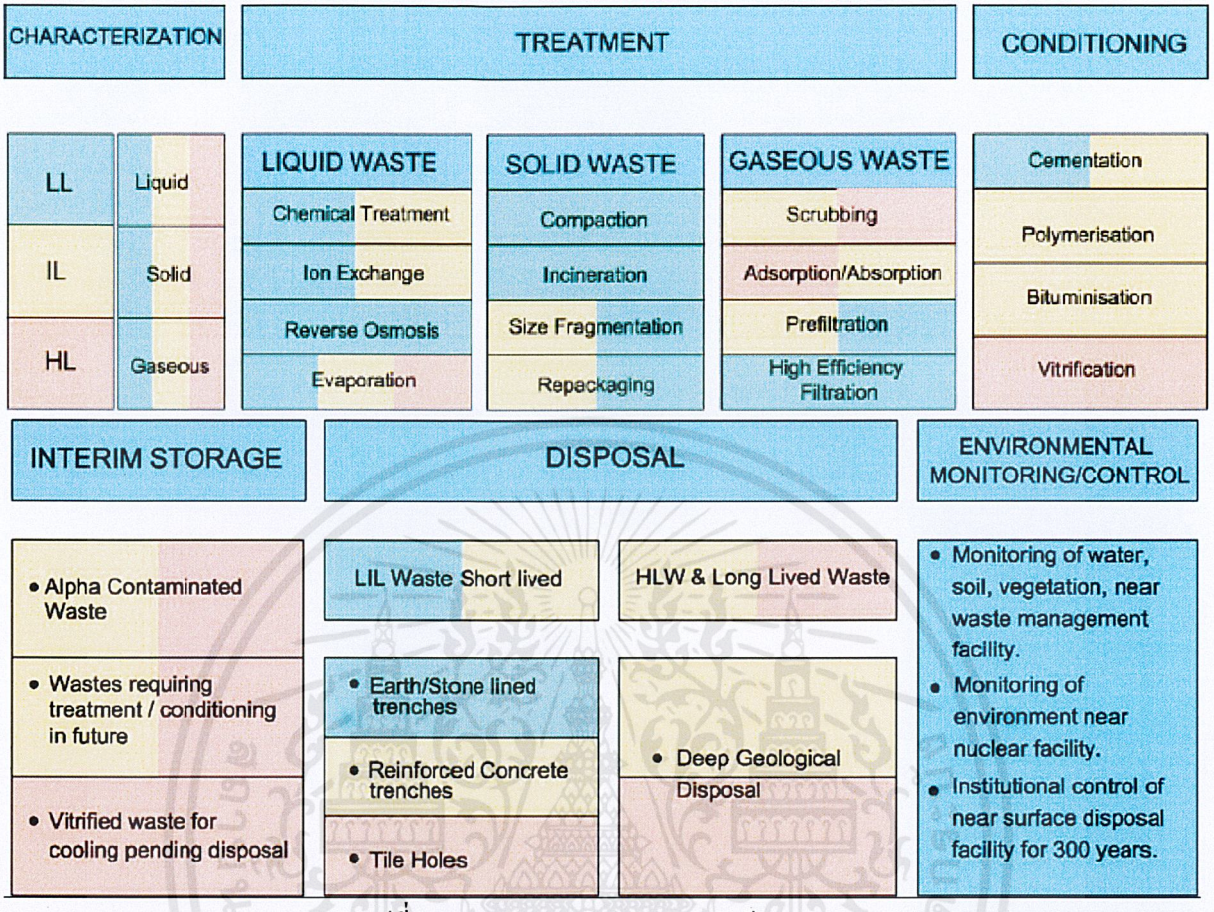
- **C**oncentration and **C**ontainment (การทำให้เข้มข้นแล้วเก็บรวบรวม) เป็นวิธีที่นิยมใช้มาก
- **D**ilution and **D**ispersion (การทำให้เจือจางแล้วระบายทิ้ง) ใช้กับกากกัมมันตรังสีระดับต่ำ
- **D**elay and **D**ecay (การเก็บทอดระยะเวลาและปล่อยให้สารกัมมันตรังสีสลายตัวไปเอง) ใช้กับสารรังสีที่มีครึ่งชีวิตสั้น

2.1.2 ขั้นตอนการจัดการกากกัมมันตรังสี

การจัดการกากกัมมันตรังสีโดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ การแยกประเภทกากกัมมันตรังสี (Characterization) การบำบัดกากกัมมันตรังสี (Treatment) การปรับสภาพกากกัมมันตรังสี (Conditioning) การเก็บกากกัมมันตรังสีชั่วคราว (Interim Storage) การทิ้งกากกัมมันตรังสีโดยถาวร (Disposal) และ Monitoring ดังรูปที่ 2.1 สำหรับรายละเอียดแต่ละขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นดังนี้



รูปที่ 2.1 การจัดการกากกัมมันตรังสี [1]

1) การแยกประเภทกากกัมมันตรังสี (Characterization)

การแยกประเภทกากกัมมันตรังสี (Characterization) สามารถแบ่งได้ตามเกณฑ์แต่ละเกณฑ์ดังนี้

การแบ่งตามค่ากัมมันภาพรังสีได้ จะจำแนกประเภทกากกัมมันตรังสีได้ดังนี้

- Low-level waste : กากกัมมันตรังสีที่มีความแรง 37 - 3.7x106 Bq/L
- Intermediate-level waste : กากกัมมันตรังสีที่มีความแรง 3.7x106 – 3.7x1011 Bq/L
- High-level waste : กากกัมมันตรังสีที่มีความแรงมากกว่า 3.7x1011 Bq/L

การแบ่งตามสถานะ จะจำแนกได้เป็น ของเหลว (liquid) ของแข็ง (solid) และก๊าซ (gaseous)

2) การบำบัดกากกัมมันตรังสี (Treatment)

วิธีการบำบัดกากกัมมันตรังสี (Treatment) อาจเลือกใช้วิธีการบำบัดให้เหมาะสมกับสถานะของกากกัมมันตรังสี ซึ่งวิธีการสำหรับการจัดการกากกัมมันตรังสีมีรายละเอียดดังไปนี้

กากกัมมันตรังสีที่เป็นของเหลว วิธีที่นิยมใช้บำบัดมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Chemical treatment

เป็นการบำบัดโดยวิธีตกตะกอนกากกัมมันตรังสีที่เป็น low level liquid waste ที่มี radionuclide หลักเป็น ^{90}Sr และ ^{137}Cs โดยสารที่ใช้เป็นตัวตกตะกอนได้แก่ barium chloride, sodium sulphate, potassium ferrocyanide และ copper sulphate เป็นต้น ตะกอนที่ได้นี้จะนำไปทำ Cementation ส่วนของเหลวที่ได้จะนำไปผ่านกระบวนการ ion-exchange ต่อไป

- Adsorption

เป็นวิธีที่ใช้บำบัดกากกัมมันตรังสีจำพวก radioactive aqueous waste ที่มาจากน้ำในเตาปฏิกรณ์ และของเหลวจากการบำบัดด้วยวิธีตกตะกอน โดยตัวดูดซับที่ใช้ในการจัดการมีรายละเอียดดังนี้

- Clay mineral vermiculite ใช้กับ low level effluent
- Synthetic zeolite ใช้ลดค่ากัมมันตภาพของ ^{137}Cs จากน้ำที่ใช้แล้วในเตาปฏิกรณ์
- Ammonium molybdophosphate (AMP) ใช้กำจัด ^{137}Cs จากสารละลายที่สภาพเป็นกรด
- Membrane process ใช้วิธี reverse osmosis โดยเมมเบรนที่ใช้คือ polyamide membrane บรรจุในท่อแล้วม้วนเป็นวง วิธีนี้จะใช้เฉพาะกับกากกัมมันตรังสีชนิด low-level liquid waste โดยสามารถลดปริมาตรของ liquid waste ได้ปานกลางเท่านั้น

- Evaporation

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง สามารถลดปริมาตรของเหลวและรังสีที่ปนมาได้สูง แบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้

- ใช้ไอน้ำที่ลำเลียงผ่านท่อเป็นตัวให้ความร้อนในการระเหย วิธีนี้จะใช้กับกากของเหลวกัมมันตรังสีที่ปริมาตรน้อยแต่มีกัมมันตภาพสูง
- ใช้แสงอาทิตย์ในการระเหย วิธีนี้เป็นวิธีที่เป็น zero discharge เหมาะกับกากของเหลวกัมมันตรังสีที่ปริมาตรมากและค่ากัมมันตภาพต่ำ

กากกัมมันตรังสีที่เป็นของแข็ง สามารถแบ่งกากกัมมันตรังสีและวิธีบำบัด ได้ดังนี้

- กากของแข็งกัมมันตรังสีที่เผาไหม้ได้ เช่น กระดาษ และ ผ้า ใช้วิธีบำบัดโดยเผาในเตาเผา
- กากของแข็งกัมมันตรังสีที่บดอัดได้ เช่น เครื่องแก้ว ใช้วิธีบำบัดโดยบดอัดในเครื่องบดอัด
- กากของแข็งกัมมันตรังสีที่เผาไหม้ไม่ได้และบดอัดไม่ได้ เช่น โลหะชิ้นใหญ่ และเข็มฉีดยา ใช้วิธีบำบัดโดยใช้เครื่องตัดย่อย

สำหรับกากกัมมันตรังสีปิดผนึกที่เลิกใช้แล้วส่วนใหญ่เกิดจาก โรงพยาบาล อุตสาหกรรม และการวิจัย ซึ่งโดยปกติจะเก็บไว้ในวัสดุห่อหุ้มที่แข็งแรงอยู่แล้ว จะทำการจัดการโดยการผนึกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเมนต์หรือ cementation เพื่อสะดวกในการเก็บ

กากกัมมันตรังสีที่เป็นก๊าซ

การบำบัดกากกัมมันตรังสีที่เป็นก๊าซจะปฏิบัติโดยเน้นตามหลักของ **ALARA** (As Low As Reasonably Achievable) นั่นคือ การปล่อยสารรังสีออกสู่บรรยากาศให้น้อยที่สุด โดยที่ทุกโรงนิวเคลียร์จะต้องมีระบบจัดการกับก๊าซอย่างละเอียด โดยการเลือกระบบบำบัดกากกัมมันตรังสีที่เป็นก๊าซนั้นจะขึ้นกับ ค่ากัมมันตภาพ (activity) ชนิดรังสี ความหนาแน่น ขนาดการกระจาย ความสามารถในการระเหยของ radioisotope และความเข้มข้นของกากกัมมันตรังสีที่เป็นก๊าซ โดยวิธีบำบัดก๊าซที่มีประสิทธิภาพสูงใช้วิธีดังนี้ หอดูดซับ (Packed Bed) เครื่อง Cyclone Separater เครื่องChillers และเครื่องกรองชนิด High-efficiency particulate air (HEPA) filters ซึ่งกระบวนการบำบัดนั้นไม่จำเป็นต้องใช้เพียงอุปกรณ์ตัวเดียว บางครั้งอาจใช้อุปกรณ์ร่วมกันหลายๆ ตัว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดได้ เช่น ใช้เครื่อง Cyclone ต่อกับ เครื่องกรองชนิด HEPA filters

3) การปรับสภาพกากกัมมันตรังสี (Conditioning)

การปรับสภาพกากกัมมันตรังสี (Conditioning) มีวิธีการต่างๆ ดังนี้

- วิธี Cementation

วิธีนี้เป็นการผนึกกากกัมมันตรังสีที่บำบัดแล้วไว้ในซีเมนต์ มีการเติมสารเติมแต่ง (additive) เพื่อปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีด้วย โดยขั้นตอนการทำจะใช้ใบมีดกวนในการผสมซีเมนต์ในถังขนาด 200 ลิตร วิธีนี้เหมาะสำหรับกากกัมมันตรังสีระดับต่ำ (low level radioactive waste) ระดับปานกลาง (itintermediate level waste)ในบางกรณี และตะกอนที่เกิดจากการบำบัดโดยวิธีตกตะกอน ซึ่งการปรับสภาพโดยวิธีนี้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ ใช้ต้นทุนต่ำและทำได้ง่าย

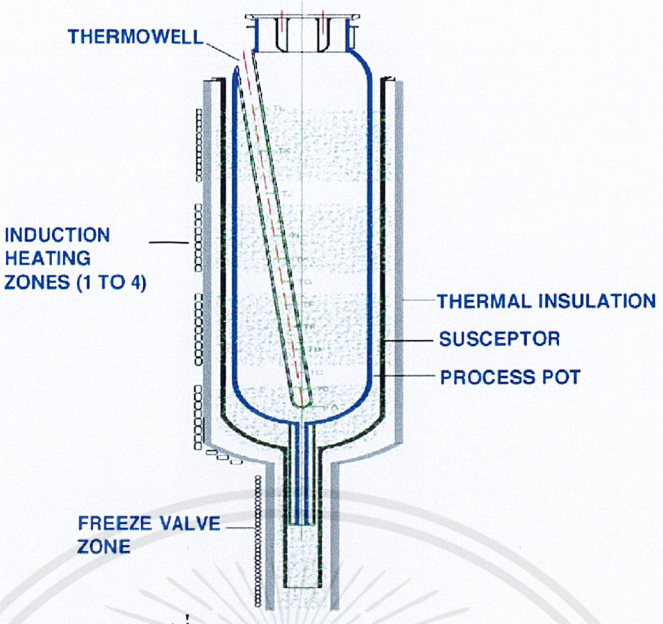
- วิธี Polymerization

วิธีนี้เป็นการผนึกกากกัมมันตรังสีที่บำบัดแล้วไว้ใน polyester styrene เหมาะสำหรับกากกัมมันตรังสีระดับปานกลาง (intermediate level wast)e ที่เข้มข้น และ ion exchange resin ที่ใช้แล้ว โดยจะผสม polyester styrene กับ accelerator (dimethyl aniline) และ catalyst (benzoyl peroxide) ก่อนเทลงถังขนาด 200 ลิตร หลังจากนั้นจะทำการผสมกับกากกัมมันตรังสีที่บำบัดแล้วในถังที่มีการกวนคงที่

- วิธี Vitrification

วิธีนี้เป็นการหลอมรวมกากกัมมันตรังสีไว้กับแก้ว โดยแก้วที่ใช้คือ borosilicate เป็นวิธีที่เหมาะกับกากกัมมันตรังสีชนิด high level liquid waste การทำ Vitrification แสดงดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 Vitrification [1]

4) การเก็บกากกัมมันตรังสีชั่วคราว (Interim storage)

เป็นขั้นตอนในการเก็บผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีที่เกิดจากการปรับสภาพโดยวิธี vitrification เนื่องจากต้องปล่อยไว้ให้คายความร้อนจนอยู่ในระดับที่ขนส่งและฝังใต้ลึกได้ ซึ่งหากเป็นผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีชนิดนี้ต้องมีการควบคุมดูแล และประเมินตรวจสอบตลอด นอกจากนี้ขั้นตอนนี้ยังรวมถึงการเก็บกากกัมมันตรังสีไว้เพื่อให้สลายตัวไปเอง และการเก็บกากกัมมันตรังสีไว้เพื่อเตรียมทำการบำบัดและปรับสภาพ

5) การทิ้งกากกัมมันตรังสีโดยถาวร (Disposal)

ขั้นตอนแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

- การฝังใต้ดินตื้น (Near surface disposal facilities : NSDF) เป็นการเก็บผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีที่อยู่ในระดับต่ำกว่า high-level waste
- การฝังใต้ดินลึก (Deep geological disposal) ใช้ฝังเก็บผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีในระดับ high-level waste ซึ่งก็คือ ผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีที่ผ่านการทำ Vitrification มานั่นเอง

6) การประเมินตรวจสอบ (Monitoring)

เป็นขั้นตอนที่ใช้ดูแล ควบคุม ติดตาม และตรวจสอบโดยทำการตรวจสอบทั้งขณะทำการจัดการกัมมันตรังสีและหลังจากทำการจัดการแล้ว ซึ่งในทุกๆ ขั้นตอนต้องมีการควบคุมดูแลและตรวจสอบ ดิน น้ำ อากาศ และสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีอยู่เสมอ นอกจากนี้ยังรวมถึงบริเวณที่ทำการทิ้งกากกัมมันตรังสีด้วย

จากการศึกษากระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสี ทำให้สามารถทำนายได้ว่าอาจมีการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีที่เกิดจากกระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีในขั้นตอนใดได้บ้าง เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปใช้ประเมินความเสี่ยงต่อไป

2.2 การประเมินความเสี่ยง [,]

การประเมินความเสี่ยง คือขั้นตอนที่ระบุลำดับความเสี่ยงของอันตรายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกระบวนการ ครอบคลุมสถานที่ เครื่องจักร อุปกรณ์ บุคลากร และขั้นตอนการทำงานที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยความเสียหายต่อทรัพย์สิน สิ่งแวดล้อม หรือสิ่งต่าง ๆ รวมกัน เพื่อให้ทราบถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นแล้วนำมาประเมินความรุนแรงเพื่อหามาตรการป้องกันและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงประกอบด้วยหลักการพื้นฐาน 3 ขั้นตอนคือ การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนบริหารจัดการความเสี่ยง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 การชี้บ่งอันตราย

เป็นขั้นตอนที่ทำเพื่อระบุ แจกแจงความเป็นอันตรายที่แอบแฝงในสถานที่ทำงาน ซึ่งครอบคลุมทั้งกระบวนการตั้งแต่การเก็บ กระบวนการผลิต และขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงาน วิธีการบ่งชี้อันตรายที่ใช้กันมีดังนี้

1) Check List

เป็นวิธีการบ่งชี้อันตราย โดยการนำแบบตรวจไปใช้ในการตรวจสอบเพื่อค้นหาอันตราย โดยหัวข้อคำถามที่ใช้ในแบบตรวจเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานต่างๆ เพื่อตรวจสอบว่าได้ปฏิบัติตามมาตรฐานการออกแบบ มาตรฐานการปฏิบัติงาน หรือกฎหมาย เพื่อนำผลการตรวจมาทำการชี้บ่งอันตราย ตัวอย่าง check list แสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่าง check list ของระบบป้องกันภัย []

ข้อ	คำถาม	ผลการตรวจสอบ			บันทึกผลที่สำคัญ
		Yes	No	N/A	
1	มีการติดตั้งสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ไว้ทุกขั้นตอนหรือไม่				
2	มีการติดตั้งไฟฉุกเฉินไว้ทุกขั้นหรือไม่	√			
3	มีตู้หัวฉีดน้ำดับเพลิง มีสายฉีดน้ำดับเพลิง 1 นิ้ว ข้อต่อสวมเร็ว 2 ½ นิ้ว ทุกระยะ 64 เมตร สายฉีดน้ำยาวไม่เกิน 30 เมตร หรือไม่		√		จำนวนชุดติดตั้งไม่ครอบคลุมพื้นที่
4	มีน้ำสำรองที่สามารถส่งจ่ายน้ำได้ไม่น้อยกว่า 30 นาทีหรือไม่	√			
5	มีหัวรับน้ำดับเพลิง 2 ½ นิ้วที่นอกอาคารและทุกท่อยืนหรือไม่	√			
6	มีป้าย "หัวรับน้ำดับเพลิง" หรือไม่	√			
7	มีระบบดับเพลิงอัตโนมัติเช่น sprinkler หรือไม่		√		ไม่มี
8	เครื่องดับเพลิงแบบมือถือทุกชนิดมีเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์แสดงว่าเป็นชนิดใด ใช้ดับไฟประเภทใด ติดไว้หรือไม่	√			

ผลจากการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนกระบวนการในตารางที่ 2.1 จะนำมาประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี check list analysis ซึ่งเป็นวิธีที่ประเมินว่าจากผลการตรวจสอบโดยวิธี check list ก่อให้เกิดผลอะไรได้บ้าง วิเคราะห์อันตรายหรือผลที่ตามมา มาตรการป้องกันและควบคุม ข้อเสนอแนะ และระดับความเสี่ยงของอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

2) What-if Analysis

เป็นการศึกษาวิเคราะห์ ทบทวน เพื่อชี้บ่งอันตรายโดยการตั้งคำถามว่า "อะไรจะเกิดขึ้น... ถ้า..." (What if) และหาคำตอบจากคำถามเหล่านี้เพื่อชี้บ่งอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในการดำเนินงานในโรงงาน พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการป้องกัน มักใช้ระหว่างการออกแบบระบบหรือแม้แต่การเดินระบบแล้วเพื่อป้องกันการเกิดเหตุที่รุนแรง ตัวอย่างคำถามที่ใช้ได้แก่

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าพนักงานไม่สวมใส่แว่นตากันสะเก็ด
- จะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีสารไวไฟอยู่ใกล้ๆ บริเวณที่เจียร
- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าไม่มีการปิดบังสะเก็ดเจียร
- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าจับหินเจียรมือไม่แน่น

3) HAZOP (Hazard and Operability Study)

เป็นเทคนิคการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายและค้นหาปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินในโรงงาน โดยการวิเคราะห์หาอันตรายและปัญหาของระบบต่างๆ ซึ่งอาจเกิดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความไม่สมบูรณ์ในการออกแบบที่เกิดขึ้นโดยไม่ตั้งใจ ด้วยการตั้งคำถามที่สมมติสถานการณ์ของกระบวนการในภาวะต่างๆ ในการวิเคราะห์จะใช้ HAZOP Guide Words ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูง มีกระบวนการบ่งชี้ที่เป็นระบบ สามารถใช้ได้กับระบบท่อ รวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างการใช้ HAZOP แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการใช้ HAZOP สำหรับปั๊มลม []

ข้อบกพร่อง	สถานการณ์จำลอง	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกัน/ควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	ผลการตรวจสอบ			
					โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
Low Pressure	สายพานลื่น,ขาด	มอเตอร์ไม่สามารถขับปั๊มลมให้ทำงาน จึงไม่สามารถปั๊มลมเข้าถังเก็บได้	มีการตรวจเช็คและเปลี่ยนตามระยะเวลา	ควรทำ check list ก่อนเปิดเครื่องตามWI	1	4	4	เล็กน้อย
High Pressure	เกจวัดความดันชำรุดไม่ส่งสัญญาณตัดการทำงานของมอเตอร์	มอเตอร์ขับปั๊มลมทำงานไม่หยุดทำให้แรงดันในถังเก็บลมมากอาจเกิดการระเบิดได้	มีการตรวจเช็คตาม spec ของอุปกรณ์	ควรทำ check list ตามWI	1	4	4	เล็กน้อย
None Pressure	ปั๊มลมไม่ทำงาน	สายพานขาดไม่มีลมเพียงพอใช้งาน	มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องตามระยะ	กำหนดลงใน WI ให้ทำการเช็คตามcheck list	1	4	4	เล็กน้อย
Mix Air	น้ำเต็มกรองดักน้ำ	มีน้ำผสมมากับลมทำให้อุปกรณ์ที่ต่อใช้ชำรุดเสียหาย	มีการถ่ายน้ำที่กรองดักน้ำทุกวัน	ทำ check list ตามWI และเช็คก่อนทำงาน	2	4	8	เสี่ยงสูง
Low Pressure	วาล์วเปิด-ปิดด้วยมือชำรุดเสียหาย	มีการรั่วทำให้มอเตอร์ปละปั๊มลมทำงานนานทำให้มอเตอร์ไหม้และปั๊มร้อนจัด	ตรวจเช็คตาม spec ของอุปกรณ์	ทำ check list ตามWI และเช็คก่อนทำงาน	1	4	4	เล็กน้อย

4) Fault-Tree Analysis (FTA)

เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุของอันตรายที่เกี่ยวข้องกับงานวิธีการและกระบวนการผลิต แสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวโยงที่นำไปสู่เหตุการณ์ที่ไม่ต้องการให้เกิด และนำข้อมูลมาวิเคราะห์และกำหนดมาตรการควบคุมป้องกัน เป็นการชี้บ่งอันตรายที่เน้นถึงอุบัติเหตุที่เคยเกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น คิดย้อนกลับโดยใช้หลักการและเหตุผลเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของอุบัติเหตุ และแจกแจง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการเกิดเหตุการณ์ว่ามาจากเหตุการณ์ย่อยอะไรบ้าง เหตุการณ์ย่อยเหล่านั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร และจะสิ้นสุดการวิเคราะห์เมื่อพบว่าสาเหตุของเหตุการณ์ย่อยเกิดจากข้อบกพร่องของเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน

5) Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

เป็นการชี้บ่งอันตรายในรูปแบบการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลที่เกิดขึ้น และเป็นการตรวจสอบชิ้นส่วนของเครื่องจักร/อุปกรณ์ ในแต่ละส่วนของระบบแล้วนำมาวิเคราะห์หาผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดความล้มเหลวของเครื่องจักร/อุปกรณ์นั้น

6) Event-Tree Analysis (ETA)

เป็นการชี้บ่งอันตรายเพื่อวิเคราะห์และประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อเนื่องเมื่อเกิดเหตุการณ์แรกขึ้น เป็นการคาดการณ์ล่วงหน้าเพื่อวิเคราะห์หาผลสืบเนื่องที่จะเกิดขึ้นเมื่อคนทำงานผิดพลาดหรือเครื่องจักรเสียหายให้ทราบสาเหตุและโอกาสที่จะเกิดขึ้นว่ามากน้อยเพียงใด เพื่อสามารถนำไปใช้ตรวจสอบระบบความปลอดภัยที่มีอยู่ว่ามีปัญหาหรือไม่

7) Job Safety Analysis (JSA)

เป็นกระบวนการเฝ้าดูพฤติกรรมการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน รวบรวมข้อมูลการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน และเขียนเป็นขั้นตอนการทำงานและวิเคราะห์หาอันตรายที่แฝงอยู่ในแต่ละขั้นตอน เพื่อนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมและปลอดภัยแล้วนำมากำหนดเป็นมาตรฐาน

2.2.2 การประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยงเป็นการวิเคราะห์พิจารณาถึงโอกาส และความรุนแรงของอันตรายที่บ่งชี้ออกมาได้ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดเพลิงไหม้ การระเบิด การรั่วไหลของสารเคมี การประเมินความเสี่ยงเป็นการจัดระดับความเสี่ยงว่าเป็นความเสี่ยงเล็กน้อยหรือความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ความเสี่ยงสูงหรือความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ เพื่อที่จะได้เป็นข้อมูลในการดำเนินการควบคุมความเสี่ยง ในการประเมินความเสี่ยงให้ใช้หลักเกณฑ์พิจารณาดังนี้

1) พิจารณาโอกาสในการเกิดในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ

ทำการแบ่งโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ว่ามากน้อยเพียงใด แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ระดับโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ

ระดับ	รายละเอียด
1	มีโอกาสในการเกิดยาก เช่น ไม่เคยเกิดเลยในช่วงเวลาตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป
2	มีโอกาสในการเกิดน้อย เช่น ความถี่ในการเกิด 1 ครั้ง ในช่วง 5-10 ปี
3	มีโอกาสในการเกิดปานกลาง เช่น ความถี่ในการเกิด 1 ครั้ง ในช่วง 1-5 ปี
4	มีโอกาสในการเกิดสูง เช่น ความถี่ในการเกิดมากกว่า 1 ครั้ง ใน 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) พิจารณาถึงความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ

พิจารณาถึงความรุนแรงของเหตุการณ์ว่าจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อบุคคล สิ่งแวดล้อม ชุมชน หรือทรัพย์สิน มากน้อยเพียงใด โดยแบ่งระดับความรุนแรงออกเป็น 4 ระดับ แสดงดังตารางที่ 2.4 ถึงตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.4 ระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	มีการบาดเจ็บเล็กน้อยในระดับปฐมพยาบาล
2	ปานกลาง	มีการบาดเจ็บที่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์
3	สูง	มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง
4	สูงมาก	ทุพพลภาพ หรือเสียชีวิต

ตารางที่ 2.5 ระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ไม่มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน หรือมีผลกระทบเล็กน้อย
2	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน และแก้ไขได้ในระยะเวลาอันสั้น
3	สูง	มีผลกระทบต่อชุมชนรอบโรงงาน และต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	มีผลกระทบรุนแรงต่อชุมชนเป็นบริเวณกว้าง หรือหน่วยงานของรัฐต้องเข้ามาดำเนินการแก้ไข

หมายเหตุ ผลกระทบต่อชุมชน หมายถึง เหตุรำคาญต่อชุมชน การบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยของประชาชน ความเสียหายต่อทรัพย์สินของชุมชนและประชาชน

ตารางที่ 2.6 ระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย สามารถควบคุมหรือแก้ไขได้
2	ปานกลาง	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลาง สามารถแก้ไขได้ในระยะเวลาสั้น
3	สูง	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรง ต้องใช้เวลาในการแก้ไข
4	สูงมาก	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงมาก ต้องใช้ทรัพยากรและเวลานานในการแก้ไข

หมายเหตุ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง การเสื่อมโทรมและเสียหายของสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศ ดิน แหล่งน้ำ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ทรัพย์สินเสียหายน้อยมาก หรือไม่เสียหายเลย
2	ปานกลาง	ทรัพย์สินเสียหายปานกลางและสามารถดำเนินการจัดการกากฯ ต่อไปได้
3	สูง	ทรัพย์สินเสียหายมากและต้องหยุดกระบวนการจัดการกากฯ ในบางส่วน
4	สูงมาก	ทรัพย์สินเสียหายมากและต้องหยุดกระบวนการจัดการกากฯ ทั้งหมด

หมายเหตุ ความเสียหายของทรัพย์สินในแต่ละระดับโรงงานสามารถกำหนดขึ้นเองตามความเหมาะสมโดยพิจารณาถึงขีดความสามารถของโรงงาน

3) จัดระดับความเสี่ยง

พิจารณาผลลัพธ์ของระดับโอกาสคูณกับระดับความรุนแรงที่มีผลกระทบต่อบุคคล ชุมชน ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม ถ้าหากระดับความรุนแรงที่มีผลกระทบต่อบุคคล ชุมชน สิ่งแวดล้อม หรือทรัพย์สิน มีค่าต่างกันให้เลือกระดับความรุนแรงของอันที่มีค่ามากที่สุดมาเป็นตัวคูณ โดยระดับความเสี่ยงจัดเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ระดับความเสี่ยงของเหตุการณ์ต่างๆ

ระดับความเสี่ยง	ผลลัพธ์	รายละเอียด
1	1-2	ความเสี่ยงเล็กน้อย
2	3-6	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม
3	8-9	ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง
4	12-16	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงลงทันที

2.2.3 แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง

ในหมวด 4 ของระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543 กำหนดดังนี้

1) หากผลการประเมินความเสี่ยงของสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย เป็นระดับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องหยุดการดำเนินงานนั้นทันที และปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อลดความเสี่ยงก่อนดำเนินงานต่อไป โดยจัดทำแผนงานลดความเสี่ยงและแผนงานควบคุมความเสี่ยง

2) หากผลการประเมินความเสี่ยงของสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายเป็นระดับความเสี่ยงสูง ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดทำแผนงานลดความเสี่ยงและแผนงานควบคุมความเสี่ยง

3) หากผลการประเมินความเสี่ยงของสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายเป็นระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง

4) แผนงานลดความเสี่ยงเป็นแผนงานปรับปรุงแก้ไขการดำเนินงานในเรื่องต่างๆ ในการลดความเสี่ยงให้อยู่ในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ซึ่งต้องประกอบด้วยมาตรการ หรือกิจกรรมหรือการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยง โดยระบุรายละเอียดของขั้นตอนการปฏิบัติ ผู้รับผิดชอบ ระยะเวลาในการดำเนินการ รวมทั้งการตรวจติดตามการดำเนินงาน

5) มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยงอาจประกอบด้วย

• มาตรการป้องกันและควบคุมสาเหตุของการเกิดอันตราย ได้แก่ การดำเนินงานในเรื่องต่างๆ เรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือหลายเรื่องรวมกัน รวมทั้งมีการควบคุมการตรวจสอบการดำเนินงานในเรื่องเหล่านั้น โดยจัดทำเป็นขั้นเป็นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

- ลดหรือกำจัดอันตรายด้วยวิธีทางวิศวกรรม เช่น การออกแบบ การสร้าง การติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ และการติดตั้งระบบความปลอดภัย การเลือกใช้วัสดุที่ได้มาตรฐาน โดยนำผลจากการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงมาดำเนินการ
- กำหนดวิธีการทำงานหรือการปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ถูกต้อง
- กำหนดวิธีการทดสอบ ตรวจสอบ และการบำรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ และระบบความปลอดภัย
- กำหนดกระบวนการ วิธีการ หรือขั้นตอนสำหรับการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต วัตถุดิบ เครื่องจักรอุปกรณ์ โดยให้มีการพิจารณาทบทวนการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยงก่อนเริ่มดำเนินการ
- จัดให้มีการฝึกอบรมแก่ผู้ปฏิบัติงาน
- จัดให้มีการตรวจประเมินความปลอดภัย
- กำหนดวิธีการควบคุมให้มีการปฏิบัติตามข้อกำหนดของโรงงาน
- จัดให้มีการทบทวนการชี้บ่งอันตราย และการประเมินความเสี่ยงเมื่อมีอุบัติภัยร้ายแรงเกิดขึ้น
- ดำเนินการอื่นๆ เพื่อป้องกันและควบคุมการเกิดอันตราย

• มาตรการระงับและฟื้นฟูเหตุการณ์ ได้แก่

- จัดทำและจัดให้มีการซ้อมแผนฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จัดให้มีการสอบสวนอุบัติเหตุและอุบัติการณ์
- จัดให้มีแผนฟื้นฟูโรงงาน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นผลจากการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

6) แผนงานควบคุมความเสี่ยง เป็นแผนงานในการควบคุมและตรวจสอบมาตรการป้องกันและควบคุมสาเหตุของการเกิดอันตราย และมาตรการระงับและฟื้นฟูเหตุการณ์ให้คงประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการป้องกันภัย ลด ควบคุมความเสี่ยง ซึ่งเป็นการควบคุมและตรวจสอบการดำเนินงานเพื่อรักษาให้ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ตลอดเวลา ซึ่งต้องประกอบด้วย มาตรการ หรือกิจกรรม หรือการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยง หรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง ผู้รับผิดชอบ หัวข้อเรื่องที่ควบคุม เกณฑ์หรือค่ามาตรฐานที่ใช้ควบคุมและผู้ตรวจติดตาม

การประเมินความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน ทำให้ทราบว่าในระหว่างดำเนินกิจการอาจก่อให้เกิดปัญหาหรืออันตรายอย่างไรบ้าง เพื่อหาแนวทางป้องกันหรือมาตรการลดผลกระทบที่เกิดขึ้น นอกจากนี้เพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดจากการก่อสร้างโครงการต้องมีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรือ การทำ EIA ด้วยเช่นกัน เพื่อพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมว่ามีมากน้อยเพียงใด และควรมีการก่อสร้างโรงงานดังกล่าวหรือไม่

2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม [-]

2.3.1 ความหมายของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม [,]

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environment impact assessment) หรือ “อีไอเอ” (EIA) หมายถึงกระบวนการวิเคราะห์ ทำนาย ประเมินขนาดและความสำคัญของผลกระทบของกฎหมาย นโยบายโครงการ และกิจกรรมอื่นๆของมนุษย์ที่อาจมีผลต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อม สุขอนามัย และคุณภาพชีวิต รวมทั้งการนำเสนอแนะมาตรการลด ป้องกัน และติดตามตรวจสอบผลกระทบ ตลอดจนการนำเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถสื่อสารเป็นที่เข้าใจกันได้อย่างชัดเจน

ในการพิจารณาสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ มักแบ่งทรัพยากรธรรมชาติเป็น 3 องค์ประกอบหลัก คือ สิ่งแวดล้อมด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ และด้านสังคม โดยสิ่งแวดล้อมด้านกายภาพหมายถึงสิ่งไม่มีชีวิต เช่น ทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำ คุณภาพอากาศ เป็นต้น สิ่งแวดล้อมด้านชีวภาพ หมายถึงสิ่งมีชีวิต อันได้แก่ พืชและสัตว์ ทั้งที่อยู่บนบกและในน้ำ ส่วนสิ่งแวดล้อมด้านสังคม จะแบ่งตามที่กำหนดโดยสำนักงานนโนบายและแผนสิ่งแวดล้อม ฉบับที่เกี่ยวกับคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (เช่น สภาพการใช้ที่ดิน โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ) และคุณภาพชีวิต (เช่น สภาพเศรษฐกิจสังคม และวัฒนธรรม ฯลฯ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 มิติต่างๆ ของกระบวนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม [,]

กระบวนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม เน้นการวิเคราะห์ปัญหาความขัดแย้ง หรือขีดจำกัดด้านทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ที่อาจมีผลต่อความเป็นไปได้หรือเป็นไปไม่ได้ของโครงการ โดยจะวิเคราะห์และประเมินถึงผลกระทบทั้งด้านบวกและลบ ที่โครงการอาจมีต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและชุมชนโดยรอบ อาจถือได้ว่าอีไอเอเป็นกระบวนการทำความจริงให้ปรากฏ (Fact finding) เพื่อให้ทุกฝ่ายสามารถรู้ล่วงหน้าถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นหากมีการดำเนินโครงการ ตลอดจนช่วยในการกำหนดมาตรการลดผลกระทบและแนวทางปรับปรุงแก้ไขรูปแบบโครงการ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและสังคมโดยรอบ และ/หรือ เพื่อให้เกิดสัมฤทธิผลสูงสุด โดยอย่างน้อยอีไอเอจะเป็นส่วนช่วย ดังต่อไปนี้

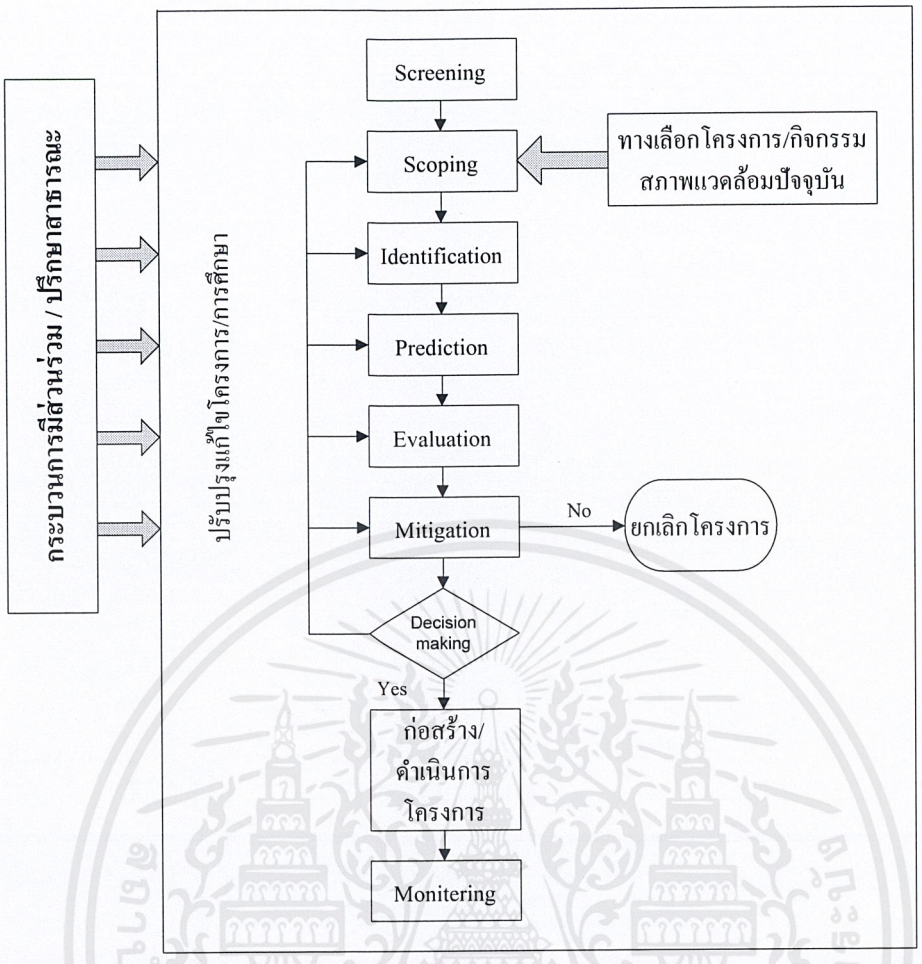
- การคาดการณ์ผลกระทบทั้งทางบวกและลบที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ
- หาแนวทางที่จะลดผลกระทบทางลบและพยามปรับปรุงรูปแบบโครงการในรายละเอียดให้เหมาะสมกับสภาพทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและสังคมของพื้นที่
- นำเสนอการคาดการณ์ผลกระทบ มาตรการบรรเทาและแก้ไข ตลอดจนทางเลือกต่างๆ ต่อผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ

2.3.3 กระบวนการทางเทคนิคของประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม [5]

เมื่อพิจารณาในแง่เทคนิค การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมไม่เพียงแค่เป็นเพียงการจัดทำรายงานเพื่อสนับสนุนการขออนุมัติในการดำเนินโครงการ แต่เป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.3 กระบวนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม []

โดยขั้นตอนจะมีทั้งหมด 9 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

Screening ซึ่งเป็นขั้นตอนการพิจารณากลั่นกรองว่าโครงการหรือกิจกรรมใดบ้างที่ควรจะมีการศึกษาอีไอเอ

Scoping เป็นขั้นตอนการกำหนดกรอบการศึกษา ทั้งในมิติของพื้นที่ กลุ่มเป้าหมายและประเด็นสำคัญ (Key issues) ที่เน้นในการศึกษา เพื่อให้สามารถตอบคำถามตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เช่น โครงการนี้ก่อให้เกิดผลกระทบทั้งในเชิงบวกและเชิงลบอะไรบ้าง ขนาดและความรุนแรงมากน้อยเพียงใด กรอบการศึกษาควรจัดให้เหมาะสมกับประเภท ขนาด และที่ตั้งของโครงการ การกำหนดกรอบการศึกษาที่ดีจะช่วยให้สามารถทุ่มเทการลงทุน กำลังคน และเวลา ซึ่งมักมีอยู่จำกัดให้กับประเด็นที่มีความสำคัญ โดยไม่ต้องพะวงกับประเด็นซึ่งมีนัยสำคัญต่ำ

หลังจากได้กำหนดกรอบการศึกษาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้แก่การศึกษาเพื่อตอบคำถามดังต่อไปนี้

- โครงการหรือกิจกรรมที่มีแผนจะก่อสร้างอาจก่อให้เกิดผลกระทบอะไรบ้าง
- ขอบเขตของผลกระทบจะมากน้อยเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
119504

- ผลกระทบเหล่านั้นสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน มากน้อยเพียงใด
- สามารถทำอะไรกับผลกระทบดังกล่าวได้บ้าง เพื่อลดผลกระทบ
- ทำอย่างไรจึงจะสามารถสื่อให้ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ ทราบถึงผลกระทบ และมาตรการต่างๆ ที่ควรทำ

ข้อมูลสำคัญที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในขั้นตอนนี้และขั้นตอนต่อๆไป ได้แก่

ก) ข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของโครงการ/กิจกรรม ทางเลือกต่างๆ ในการดำเนินการโครงการ/กิจกรรม เช่นเหตุผลที่จะ มีโครงการ ที่ตั้ง ขนาด ผังโครงการ กระบวนการ ขั้นตอนการก่อสร้างโครงการ รวมถึงทางเลือกที่จะไม่มีโครงการ

ข) ข้อมูลเกี่ยวกับ อุตุนิยมวิทยา สภาพแวดล้อมปัจจุบัน ทั้งด้านกายภาพ นิเวศน์ สังคม และสภาพที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ในกรณีที่ไม่มีโครงการ

Identification ได้แก่การระบุประเด็นผลกระทบหรืออีกนัยหนึ่ง การพยายามตอบคำถามข้อ ก) ข้างต้นคือ “โครงการหรือกิจกรรมพัฒนาที่กล่าวถึง จะก่อให้เกิดผลกระทบอะไรบ้าง” อันที่จริงแล้วขั้นตอนการกำหนดกรอบการศึกษาข้างต้น ก็ได้ช่วยในการตอบคำถามนี้ไปบางส่วนแล้ว โดยช่วยกำหนดกรอบการศึกษาให้ชัดเจน ให้ครอบคลุมเพียงประเด็นหลักๆ ขั้นตอนระบุประเด็นผลกระทบนี้ จะเป็นการเจาะลึกในรายละเอียดของแต่ละประเด็น ตลอดจนระบุตัวแปรที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์แล้ว สามารถตอบคำถามที่ต้องการได้ ซึ่งอาจทำโดยอิงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายกัน

Prediction ได้แก่ การทำนายผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรืออีกนัยหนึ่ง การพยามตอบคำถามข้อ ข) ที่กล่าวมาแล้วคือ “ขอบเขตของผลกระทบจะมากน้อยแค่ไหน” ในขั้นตอนนี้ผู้ศึกษาจะต้องพยายามอธิบายลักษณะของเหตุและผลของผลกระทบ ขนาดและมิติอื่นๆ ของผลกระทบอย่างชัดเจน เป็นรูปธรรมและเป็นเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้รวมทั้งผลกระทบโดยตรงและผลกระทบต่อเนื่อง ซึ่งบางอย่างอาจเกิดจากหลายสาเหตุ การทำนายอาจให้คำตอบเป็นเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพขึ้นอยู่กับลักษณะของผลกระทบ

โดยทั่วไปการทำนายผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะพิจารณา เจาะลึกลงไปถึง องค์ประกอบหรือตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมย่อยๆ ทีละประเด็นและวิเคราะห์ผลกระทบ ทั้งที่เป็นผลกระทบโดยตรงและผลกระทบต่อเนื่อง จึงต้องการข้อมูล องค์ความรู้ และวิธีการศึกษาในหลายๆ สาขาวิชา ทั้งทางด้านกายภาพ ชีวภาพ เศรษฐกิจสังคมมานุษยวิทยา ฯลฯ ขณะที่ต้องสามารถโยงใยถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลที่ได้รับจากการวิเคราะห์ขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นเหตุของการวิเคราะห์อีกขั้นตอนหนึ่งด้วย การวิเคราะห์อาจใช้วิธีการของการศึกษา เปรียบเทียบ การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ แบบจำลองกายภาพ การทดลอง หรือการวินิจฉัยของผู้เชี่ยวชาญ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยธรรมชาติของวิธีการศึกษาเพื่อทำนายผลกระทบ จะให้ผลลัพธ์ควบคู่กับความเป็นไปได้ ความเสี่ยง หรือ โอกาสของความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ ดังนั้นหากเป็นไปได้ผู้ศึกษาควรแสดงขนาดของความไม่แน่นอนในการทำนายเหล่านี้ด้วย เพื่อที่จะให้ประโยชน์ต่อการแปลผลวิเคราะห์ และสื่อให้เข้าใจถึงขอบเขตของการนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้

Evaluation ได้แก่ การประเมินผลกระทบ หรือการพยามตอบคำถามข้อ ค) ที่กล่าวมาแล้วคือ "ผลกระทบเหล่านั้นสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน มากน้อยเพียงใด" โดยใช้ผลจากการทำนายในขั้นตอน Prediction ประกอบการวินิจฉัย ซึ่งโดยทั่วไปอาจใช้วิธีการดังนี้

- อิงกับบทบัญญัติกฎหมาย ข้อบังคับ ค่ามาตรฐาน หรือหลักวิชาการ เช่น ผลกระทบหลายอย่างที่เมื่อเกิดขึ้นแล้ว ไม่สามารถทำให้เปลี่ยนกลับคืนมาได้ ควรถือเป็นเรื่องรุนแรง
- อิงกับเกณฑ์ต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ เช่น เขตป่าสงวน
- อิงกับนโยบายรัฐ หรือ ชุมชน หรือ วิถีชีวิต
- อิงกับการยอมรับของชุมชน และสังคมทั่วไป

Mitigation ได้แก่ การกำหนดมาตรการป้องกันผลกระทบ ในกรณีที่คำตอบของคำถามข้อ ค) ที่กล่าวมาแล้วคือ ใช่ "ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นมีนัยสำคัญ" กระบวนการอีไอเอก็จะพยายามตอบคำถามข้อถัดไปคือ ง) "เราจะทำอย่างไรกับผลกระทบดังกล่าวได้บ้าง" ซึ่งก็ได้แก่ การกำหนดมาตรการเพื่อป้องกันแก้ไขหรือบรรเทาผลกระทบอันอาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน ซึ่งโดยทั่วไปจะมี 2 แบบ ได้แก่ มาตรการแบบโครงสร้าง (Structural measures) กล่าวคือ มีการลงทุนสร้างสิ่งก่อสร้างหรือถาวรวัตถุเพื่อป้องกันแก้ไขหรือบรรเทาผลกระทบ และมาตรการแบบไม่ใช้โครงสร้าง (Non – structural measures) ซึ่งหมายถึง การใช้นโยบาย แนวทางปฏิบัติ เพื่อบรรเทาผลกระทบ มาตรการแบบแรกมักจะเปลืองค่าใช้จ่ายมากกว่า และส่วนใหญ่มักต้องดำเนินการทั้งสองมาตรการร่วมกัน

Decision making ทำการวิเคราะห์จากข้อมูลที่มีว่าสมควรจะก่อสร้างโครงการหรือยกเลิกโครงการ ถ้าสมควรก่อสร้างโครงการก็สามารถดำเนินการก่อสร้างโครงการได้ แต่ถ้าพิจารณาแล้วพบว่าไม่เหมาะสมที่จะก่อสร้างโครงการก็ต้องยกเลิกโครงการ

ก่อสร้าง/ดำเนินการโครงการ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นเริ่มก่อสร้างโครงการหลังจากทำการตัดสินใจในขั้น Decision making แล้วว่าโครงการสามารถก่อสร้างได้

Monitoring การติดตามตรวจสอบ ได้แก่ การเฝ้าติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผล ของมาตรการป้องกันแก้ไขหรือบรรเทาผลกระทบ ขณะเดียวกันก็เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายและประเมินผลกระทบด้วย

โดยทั่วไปการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม หรือ EIA จะต้องทำการวิเคราะห์ 4 หมวด ได้แก่ ทรัพยากรด้านกายภาพ ทรัพยากรด้านนิเวศวิทยา คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ และคุณภาพชีวิต แต่เนื่องจากข้อจำกัดของระยะเวลาและงบประมาณจึงศึกษาเฉพาะในส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบทางกายภาพโดยเน้นเฉพาะทางอากาศ เนื่องจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีที่เกิดในกระบวนการมักปนไปกับอากาศ

2.4 การประเมินผลกระทบทางอากาศและระบบมลพิษทางอากาศ [,]

2.4.1 การประเมินผลกระทบทางอากาศ []

ขั้นตอนสำหรับการประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ สามารถกำหนดเป็นแนวทางได้ดังนี้

1) กำหนดพื้นที่ศึกษา ที่คาดว่าการก่อสร้างและดำเนินงานของโครงการ/กิจกรรมจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศโดยขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับ ลักษณะ ที่ตั้ง กิจกรรมต่างๆ และสภาพบริเวณใกล้เคียงของโครงการ ซึ่งพื้นที่การศึกษาต้องครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดที่อาจได้รับผลกระทบจากโครงการ และพิจารณาภายใต้สภาพอากาศทุกรูปแบบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เช่น ควันและก๊าซพิษจากการเผาไหม้ที่ออกจากปล่องควัน ซึ่งอาจส่งผลกระทบในระยะ 2-3 กิโลเมตรจากจุดกำเนิด เป็นต้น

การคาดการณ์ว่าผลกระทบจะครอบคลุมพื้นที่เท่าใดนั้น อาจกำหนดได้โดยใช้ประสบการณ์และสอบทาน แล้วปรับแก้ภายหลังเมื่อผลวิเคราะห์ปรากฏชัดเจนขึ้น นอกจากนี้หากพื้นที่ใกล้เคียงมีบริเวณอ่อนไหว เช่น โรงเรียน หรือโรงพยาบาล พื้นที่การศึกษาก็ควรครอบคลุมสถานที่เหล่านี้ด้วย

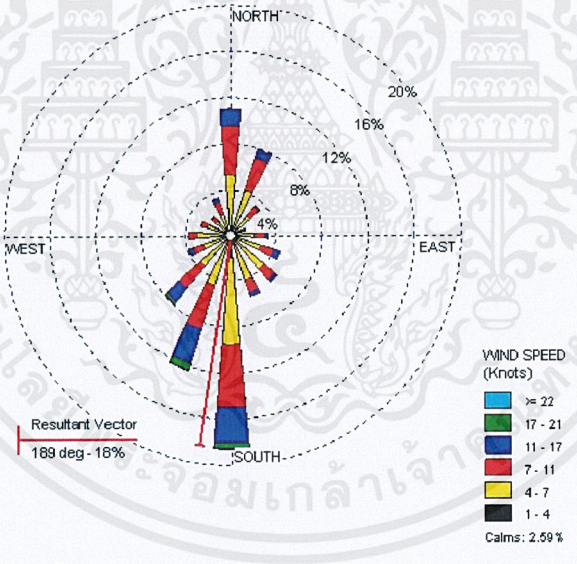
2) ระบุชนิดและปริมาณของสารมลพิษ ที่อาจถูกปล่อยออกมาจากการดำเนินงานของโครงการ/กิจกรรมสู่บรรยากาศ ขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยการตรวจวิเคราะห์ที่บริเวณพื้นที่จริงขณะดำเนินงาน หรืออาจได้มาจากการคาดการณ์ล่วงหน้าจากข้อมูลสถิติของการปลดปล่อยสารมลพิษออกสู่บรรยากาศที่มีอยู่ก่อนแล้วของโรงงานโรงอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน และ/หรือใช้ข้อมูลสถิติวัตถุดิบที่เข้าสู่กระบวนการ ในที่นี้ก็คือสถิติข้อมูลปริมาณกากกัมมันตรังสีของประเทศไทยที่ส่งมากำจัดที่ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี ตัวอย่างการทำนายอาจทำได้โดยหาข้อมูลว่ากากกัมมันตรังสีชนิดใดบ้างที่นำมาจัดการโดยการเผา หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์ลักษณะของสารนั้นว่าหากนำมาเผาแล้วจะเกิดสารชนิดใด และมีปริมาณมากน้อยเพียงใดที่อาจปล่อยสู่บรรยากาศ

3) สำรวจสถานการณ์ปัจจุบันของคุณภาพอากาศได้แก่ การรวบรวมข้อมูลคุณภาพอากาศรวมทั้งข้อมูลแหล่งมลพิษทางอากาศที่สำคัญๆ ในบริเวณพื้นที่ศึกษาและใกล้เคียง นอกจากนี้ควรรวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในบริเวณพื้นที่ศึกษาและใกล้เคียงด้วย เนื่องจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลที่สำคัญในการใช้คำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ทำนายผลกระทบของโครงการต่อคุณภาพอากาศ โดยทั่วไปแล้วข้อมูลอุตุนิยมวิทยาสามารถขอได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา เช่นข้อมูล ทิศทางและความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณเมฆและฝน เป็นต้น ซึ่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวกับลมนั้นควรบันทึกเป็นรูปแบบผังลม (windrose) ด้วย เพื่อเป็นการแสดงทิศทางและความเร็วลมที่พัดติดต่อกันเป็นระยะเวลานานพอสมควร (Hesketh, 1972) โดยผังลมจะประกอบด้วยชุดของเส้นความเร็วลมเป็นตัวแสดงว่าลมมาจากทิศทางใด ขนาดความกว้างและความเข้มของสีหรือสีที่ใช้แตกต่างกันจะแสดงถึงความเร็วลมในแต่ละช่วง ส่วนขนาดความยาวของแต่ละสัญลักษณ์แทนสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ความถี่ของความเร็วในช่วงนั้นๆ และวงกลมรอบศูนย์กลางแสดงค่าเปอร์เซ็นความถี่ต่างๆ ตัวอย่างของผังลมแสดงดังรูปที่ 2.4

ในด้านการเคลื่อนที่ของสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดนั้นมีตัวแปรที่สำคัญอยู่ 2 ตัว คือทิศทางลมในแนวราบ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของชั้นบรรยากาศในแนวดิ่ง อิทธิพลของตัวแปรทั้งสองรวมกันเรียกว่า เสถียรภาพของชั้นบรรยากาศ (Atmospheric stability) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลที่เกี่ยวกับศักยภาพของการกระจายตัวของสารมลพิษในพื้นที่ศึกษา อันเกิดจากผลกระทบของโครงการอีกคือ ระยะผสม (Mixing height) ซึ่งหมายถึงระยะความสูงจากผิวโลก ณ สถานที่กำหนด ที่มีสำหรับการฟุ้งกระจายและคลุกเคล้าระหว่างสารมลพิษและบรรยากาศ โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามวัน ฤดูกาล และสถานที่



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างผังลม [9]

4) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานคุณภาพอากาศ มาตรคุณภาพอากาศในบรรยากาศ คือ มาตรฐานคุณภาพอากาศที่ใช้เป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิต ซึ่งค่ามาตรฐานที่แสดงเป็นช่วงเวลาต่างๆ กัน มีจุดประสงค์ดังนี้ เพื่อมุ่งที่จะป้องกันผลกระทบแบบเฉียบพลันที่อาจกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ จะมีช่วงเวลาค่ามาตรฐานเป็น 1 ชั่วโมง 8 ชั่งโมง หรือ 24 ชั่วโมง ส่วนที่กำหนดไว้เพื่อมุ่งที่จะป้องกันผลกระทบในระยะยาวที่อาจเกิดต่อสุขภาพของมนุษย์มีมาตรฐานเป็น 1 เดือน หรือ 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ทำนายผลกระทบของโครงการ/กิจกรรมต่อคุณภาพอากาศ เพื่อทำนายปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่ใกล้เคียง เมื่อมีโครงการ/กิจกรรม และนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

การคำนวณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่คาดว่าจะเกิดขึ้นที่ระดับพื้นดิน อันเนื่องมาจากการดำเนินงานหรือกิจกรรมของโครงการ โดยทั่วไปแล้วจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งปัจจุบันนี้มีการพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปขึ้นมาเป็นจำนวนมาก ทั้งที่เป็น open source และเป็นเชิงพาณิชย์ ซึ่งผู้จัดทำโครงงานนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม Industrial sources complex (ISC) ซึ่งจัดทำขึ้นโดย US.EPA (United States Environmental Protection Agency) โดยโปรแกรมนี้มีข้อดีคือ เป็น open source สามารถดาวน์โหลดได้ฟรี และเหมาะกับการทำนายสารมลพิษทางอากาศที่พุ่งออกมาเป็นพวย (Plume) ที่สารมลพิษมีการกระจายตัวแบบ Gaussian distribution ซึ่งโรงจัดการกากกัมมันตรังสีของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติที่จะสร้างนั้นมีเตาเผากากกัมมันตรังสีจึงเหมาะกับการใช้โปรแกรมนี้ ซึ่งโปรแกรม ISC จะใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ เช่น ความเร็วลม ทิศทางลม และความคงตัวของบรรยากาศ เพื่อใช้ประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ โดยโปรแกรม ISC สามารถแบ่งตามช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาได้ 2 แบบคือ Industrial source complex short term model (ISCST3) ใช้จำลองการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ส่วน Industrial source complex long term model (ISCLT3) จะใช้จำลองการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศในช่วงระยะเวลายาวๆ

6) พิจารณาหามาตรการเพื่อป้องกันแก้ไขหรือบรรเทาผลกระทบ ขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยนำโครงการและกิจกรรมของโครงการมาศึกษาและพิจารณาเพื่อหาทางลดการปลดปล่อยสารมลพิษให้เหลือน้อยที่สุดก่อนจะออกสู่บรรยากาศ ตัวอย่างของการลดสารมลพิษที่จะออกสู่บรรยากาศมีดังนี้

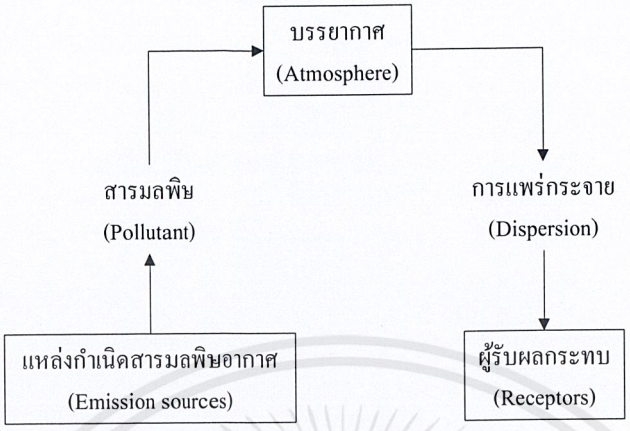
- พิจารณาติดตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์กำจัดฝุ่นหรือสารมลพิษที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ
- ปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรืออุปกรณ์ต่างๆในโรงงาน เช่น เปลี่ยนวัตถุดิบเชื้อเพลิง เพิ่มความสูงของปล่องควัน เป็นต้น
- มีมาตรการป้องกันฝุ่นอย่างมีประสิทธิภาพในการก่อสร้างและดำเนินโครงการ เช่น การฉีดน้ำบนถนนดินลูกรังในระยะที่มีการก่อสร้างโครงการ หรือช่วงที่โครงการมีการใช้ถนนมากเป็นพิเศษ แต่ถ้าหากโครงการมีการใช้ถนนมากจนถึงระดับหนึ่งก็ควรมีการพิจารณาสร้างถนน

2.4.2 ระบบมลพิษทางอากาศ []

ภาวะมลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปน อาจอยู่ในรูปก๊าซ ของเหลว หรืออนุภาคของแข็งในปริมาณมากพอที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ โดยสารเจือปนอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มลพิษทางอากาศ (Air pollution system) มีส่วนประกอบ 3 ส่วน ที่สัมพันธ์กัน แสดงเป็นแผนภูมิดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ [8]

เมื่อมลพิษทางอากาศถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิด (Emission sources) สารมลพิษทางอากาศที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดจะเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางคือ บรรยากาศ (Atmosphere) ซึ่งจะทำให้มลพิษแพร่กระจายออกไปยังผู้รับผลกระทบ (Receptors) ทิศทางและปริมาณการแพร่กระจายจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ทิศทางลม นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางภูมิประเทศ เช่น ภูเขา แม่น้ำ อาคารบ้านเรือน เป็นต้น

2.4.2.1 ความเป็นไปของสารมลพิษทางอากาศและปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของมลพิษ [4]

มลสารที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดสู่อากาศจะถูกทำให้เคลื่อนที่ โดยอาจกระจายออกไป หรือมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ขึ้นกับสภาวะอากาศ ความสูงต่ำของภูมิประเทศ วัฏจักรการเคลื่อนของมลสารในอากาศจะเริ่มตั้งแต่การปล่อยมลสารออกมา จากนั้นจะเกิดการและฟุ้งกระจายในอากาศ และจะสิ้นสุดลงเมื่อมลสารเหล่านั้นที่ทับถมบนดิน พืช หรือแหล่งน้ำถูกฝนชะออกจากบรรยากาศหรือหลุดออกไปในอวกาศ ในบางกรณีอาจถูกลมนำกลับเข้าสู่บรรยากาศได้อีก ในการวิเคราะห์การแพร่กระจายของมลพิษ จะพิจารณามลพิษเหล่านั้นเป็นมลสารที่เคลื่อนที่ไปกับอากาศ โดยกลไกที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของมลพิษเป็นดังนี้

- **การเคลื่อนไหวของอากาศที่พามวลสารไปตามลม** เมื่อมลพิษออกจากแหล่งกำเนิดแล้วจะถูกลมพัดพาไป ซึ่งลมก็เปลี่ยนแปลงทิศทางและความเร็วอยู่เสมอ การแพร่กระจายของมลพิษจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดและมีทิศทางใด ขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางของลมซึ่งจะทำให้เกิดการแพร่กระจายในแนวราบ ข้อมูลที่เกี่ยวกับลมควรบันทึกเป็นรูปแบบผังลม (wind rose) ส่วนอุณหภูมิในบรรยากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ความสูงระดับต่างๆ จากพื้นดินก็มีอิทธิพลอย่างมากต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่ของมวลสารในแนวดิ่ง

- **ความแปรปรวนของบรรยากาศที่ทำให้มวลสารกระจายไปทุกทิศทาง** ความแปรปรวนของอากาศ คือการที่อากาศมีการเคลื่อนที่แบบกระแสวน (eddy) หรือส่วนของอากาศที่เคลื่อนที่แบบอิสระ (randomly) ในลักษณะขึ้นลง (fluctuating) ซึ่งเกิดจาก การที่อากาศเคลื่อนที่อย่างอิสระจะทำให้เกิดการผสมของบรรยากาศดีขึ้น การที่บรรยากาศมีความแปรปรวนนี้มีความสำคัญมากในการเจือจางมลพิษ ถ้าอากาศส่วนหนึ่งถูกแทนที่ด้วยอากาศจากระดับหนึ่งไปอีกระดับหนึ่ง มลพิษที่อยู่ในอากาศ จะถูกพาไปกับอากาศเหล่านั้นและกระจายออกไปทั้งแนวดิ่งและแนวนอน ทำให้เกิดการเจือจาง

- **การฟุ้งกระจาย** การฟุ้งกระจายของมลพิษเกิดได้เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้น คุณสมบัติทางแอโรไดนามิก เช่น ขนาด รูปร่าง และน้ำหนัก ซึ่งจะมีผลให้มลพิษเหล่านั้นตกลงสู่พื้นดินหรือลอยตัวขึ้นไปจากการเคลื่อนที่ของลมและความแปรปรวนของอากาศทำให้มลพิษทำให้เกิดการแพร่กระจายของมลพิษ จนมลพิษค่อยๆ เจือจางลง

จากกลไกทั้งสามทำให้เกิดการแพร่กระจายของมลพิษ จนค่อยๆ เจือจางลง การที่ลมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา รวมถึงมีความแปรปรวนในอากาศ ทำให้ยากในการทำนายว่าความเข้มข้นของมลพิษที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดนั้นที่ตำแหน่งต่างๆ เปลี่ยนแปลงอย่างไร จึงต้องใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการแพร่กระจายของมลพิษ ซึ่งแบบจำลองนี้ใช้ในการทำนายทิศทางและขนาดความเข้มข้นของมลพิษที่ตำแหน่งต่างๆ รอบบริเวณที่มีการปลดปล่อย

2.5 แบบจำลองอากาศ []

มลสารเมื่อถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน ทั้งแหล่งกำเนิดที่เป็นจุด เป็นเส้นหรือแบบที่เป็นพื้นที่ โดยแหล่งกำเนิดนั้นอาจอยู่ที่ระดับพื้นดิน หรือปล่องไฟที่อยู่เหนือพื้นดิน รวมถึงลักษณะการปล่อยมลพิษที่อาจปล่อยเป็นช่วงๆ หรือปล่อยต่อเนื่องล้วนมีผลต่อการกระจายของมลสาร นอกจากนี้ทิศทางและความเข้มข้นของมลสารยังเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ในการทำนายผลกระทบจากการปลดปล่อยมลสารจะใช้การสร้างแบบจำลอง โดยทั่วไปการทำนายผลกระทบทางอากาศที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรม สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1) แบบจำลองด้านกายภาพ (Physical Model)

ใช้วิธีการจำลองสภาพของแหล่งกำเนิดให้เหมือนของจริงมากที่สุด โดยย่อส่วนที่อัตราส่วนตั้งแต่ 1:100 ถึง 1:5,000 ทำการศึกษาการแพร่กระจายของสารมลพิษที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดโดยทำการศึกษาในอุโมงค์ลม (wind tunnel) แล้วเก็บตัวอย่างอากาศในจุดที่สนใจภายในอุโมงค์ลม วิธีนี้เป็นวิธีที่ให้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากแต่มีข้อเสียคือมีค่าใช้จ่ายสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

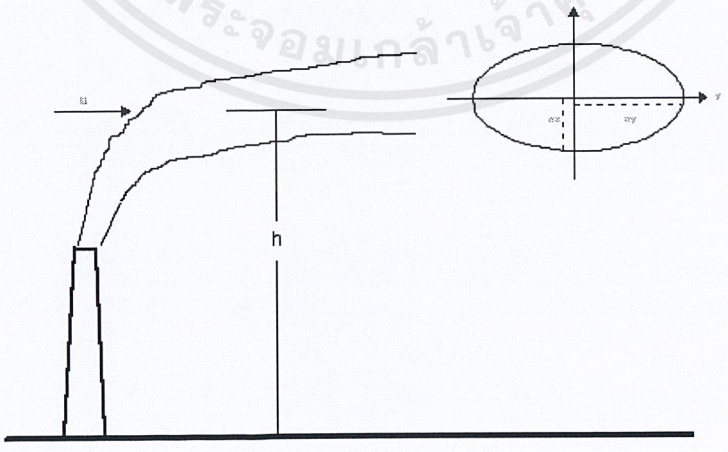
2) การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองแบบนี้ใช้สมการทางคณิตศาสตร์อธิบายการแพร่กระจายของมลสาร โดยสมการทางคณิตศาสตร์นี้พัฒนามาจากทฤษฎีการแพร่กระจายสารมลพิษทางอากาศ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปเพราะค่าใช้จ่ายถูกกว่าวิธีแรกและใช้เวลาไม่นาน มีข้อเสียคือผลที่ได้ไม่แม่นยำเท่าแบบแรกแต่ก็มีความถูกต้องพอควร การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถประเมินค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมง หรือ 1 ปีได้อย่างสมบูรณ์แต่จำเป็นต้องทราบข้อมูลของแหล่งกำเนิดและสภาพอุตุนิยมวิทยาที่ถูกต้องที่สุด เพราะผลที่ได้จะมีความถูกต้องไม่มากกว่าข้อมูลที่ใส่เข้าไป ปัจจุบันการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถให้ผลที่มีความแม่นยำมากกว่า ±50 เปอร์เซ็นต์ของความเข้มข้นที่เกิดขึ้นจริง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ แบบแรกคือแบบ Gaussian ซึ่งพัฒนาจาก Heat diffusion equation ของ Adolph Fick และ Sutton และ Pasquill พัฒนามาเป็นแบบจำลองที่มีสูตรชัดเจนและมีข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับการแพร่กระจายอยู่ด้วย ทำให้ง่ายต่อการใช้งานและมีความถูกต้องสูง แบบที่สองเป็นแบบ Eulorian ที่ใช้สมการ Duffusion ที่ใส่ Boundary conditions ต่างๆ เข้าไป ทำให้การแก้สมการต้องใช้คอมพิวเตอร์ช่วยซึ่งทำให้ไม่เป็นที่นิยมมากนัก แม้ว่าจะมีความถูกต้องในกรณีที่มี boundary conditions มาก เช่น มีภูเขา เป็นต้น

2.5.1 แบบจำลองแบบ Gaussian

การจำลองการแพร่กระจายแบบ Gaussian อาศัยหลักการที่การแพร่กระจายแบบ normal distribution นั้น เกิดขึ้นทั้งในแนวแกน y ซึ่งเป็นแกนนอน และในแนวแกน z ซึ่งเป็นแกนตั้ง จึงเรียกลักษณะการเกิดการแพร่กระจายของสารมลพิษว่าเป็น binormal ซึ่งใช้สมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า Gaussisn dispersion equation ในการทำนายการแพร่กระจายสารมลพิษดังกล่าว



รูปที่ 2.6 Plume dispersion []

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการแพร่กระจายของมลพิษตามหลักการของ Gaussisn Plume แสดงดังรูปที่ 2.6 สมการ Gaussian plume เพื่อใช้คำนวณความเข้มข้นของมลพิษแสดงได้ดังสมการ 2.1

$$X(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u}\exp\left[-\frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right]\exp\left[-\frac{(z-z_0)^2}{2\sigma_z^2}\right] \quad (2.1)$$

โดยที่

(x, y, z)	=	ระยะห่างของจุดที่สนใจที่ห่างจากแหล่งกำเนิดในทิศ x,y,z (m)
X	=	ความเข้มข้นของสารพิษที่ต้องการทราบ (g/m^3)
Q	=	ค่าการระบายสารมลพิษจากแหล่งกำเนิด (g/s)
π	=	3.141
H	=	ความสูงของปล่องและการยกตัวของควัน: Effective stack height (m)
σ_z	=	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสารมลพิษในแนวแกน z (m)
σ_y	=	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสารมลพิษในแนวแกน y (m)
u	=	ความเร็วลมที่จุดปลายปล่อง (m/s)

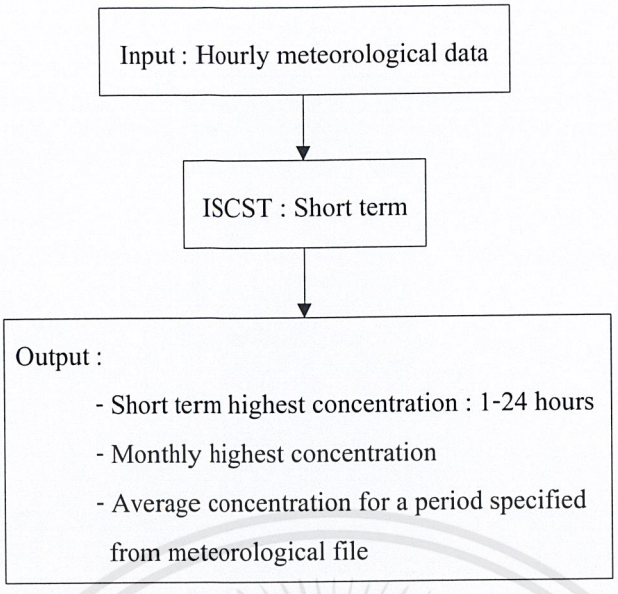
2.5.2 แบบจำลองที่ใช้ในการประเมินคุณภาพอากาศในเขตอุตสาหกรรม

The industrial sources complex model (ISC) เป็นแบบจำลองแบบ Gaussian ที่นิยมใช้ในการประเมินคุณภาพอากาศในเขตอุตสาหกรรมยังสามารถแบ่งออกได้ 2 แบบตามช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาดังนี้

- **The industrial source complex short term model (ISCST3)**

เป็นแบบจำลองที่ใช้ศึกษาการแพร่กระจายในช่วงระยะเวลาสั้นๆ โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในรูปของสถิติข้อมูลการกระจายตัวของความถี่ของการเกิดสภาวะอุตุนิยมวิทยาต่างๆ คือ ความเร็วลม ทิศทางลม และความคงตัวของบรรยากาศในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เช่น รายเดือน การประเมินในระยะสั้นได้ แสดงข้อมูลป้อนเข้าและออกจากคอมพิวเตอร์ได้ดังรูปที่ 2.7

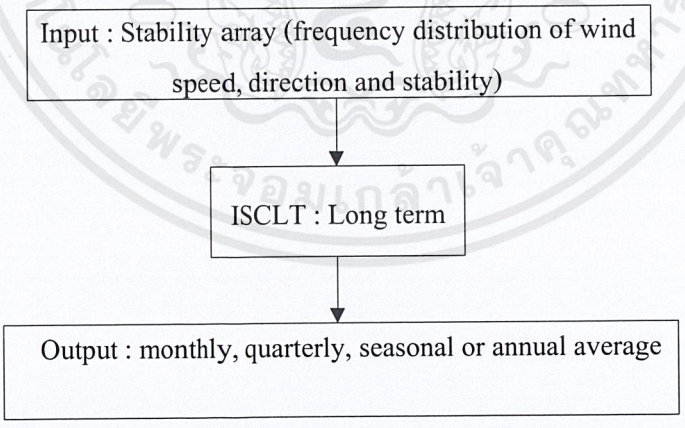
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ข้อมูลป้อนเข้าและออกจากคอมพิวเตอร์ของโปรแกรม ISCST3 []

- **The industrial source complex long term model (ISCLT3)**

เป็นแบบจำลองที่ใช้ศึกษาการแพร่กระจายในช่วงระยะเวลายาว โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในรูปของสถิติ ข้อมูลการกระจายตัวของความถี่ของการเกิดสภาวะอุตุนิยมวิทยาต่างๆ คือ ความเร็วลม ทิศทางลม และความคงตัวของบรรยากาศในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นฤดูหรือปี สำหรับการประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศเฉลี่ยระยะยาว รูปที่ 2.8 แสดงข้อมูลป้อนเข้าและผลที่ได้



รูปที่ 2.8 ข้อมูลป้อนเข้าและออกจากคอมพิวเตอร์ของโปรแกรม ISCLT3 []

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ข้อกำหนดและข้อควรพิจารณาในการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ข้อควรพิจารณาในการใช้แบบจำลอง

ในการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ควรนำผลการคำนวณมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศ ดังนั้นช่วงเวลาที่ใช้ควรสอดคล้องกัน เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์จะมีผลต่อสุขภาพในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง โดยมีค่ามาตรฐาน 34.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นในแบบจำลองก็ควรศึกษาในช่วงเวลา 1 ชั่วโมงเช่นกัน เป็นต้น นอกจากการเลือกช่วงเวลาที่ใช้ศึกษาควรจะใช้ตั้งแต่ 10 นาทีขึ้นไปจึงจะมีความถูกต้อง แต่หากน้อยกว่า 10 นาที ควรใช้วิธีอื่นประกอบ เช่น ใช้ Peak-To-Mean Ratios ซึ่งจะต้องเก็บข้อมูลเอง หรืออาจประยุกต์วิธีการของ TURNER (1969)

ในกรณีที่แหล่งกำเนิดและผู้รับเป็นจุด การสร้างแบบจำลองสามารถกำหนดจุดพิกัดลงไป แต่หากมีแหล่งกำเนิดและผู้รับจำนวนมากถ้าใช้วิธีการกำหนดจุดอาจทำให้สิ้นเปลืองเวลาคอมพิวเตอร์และไม่สามารถทราบรายละเอียดได้ในบริเวณเล็กๆ เนื่องจากแบบจำลองมีข้อจำกัดของกริด ที่ใช้ในการคำนวณ (เพราะการคำนวณจะลงเฉพาะ Grid point เท่านั้น) หากกริดมีขนาดใหญ่มากจะไม่ได้รายละเอียดและหากใช้คอมพิวเตอร์วาด contour ความเข้มข้นแล้วอาจมีข้อผิดพลาดมาก

ข้อกำหนดในการใช้แบบจำลอง

1) ควรใช้ข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง 1 ปีขึ้นไป หากเป็นไปได้ควรใช้ 5 ปี

2) ข้อมูลผู้รับควรแยกเป็นกรณี ขึ้นกับสภาพพื้นที่และภูมิอากาศ US.EPA กำหนดพื้นที่ศึกษาโดยรอบ 10 กิโลเมตรจากแหล่งกำเนิด โดยมีกริดจำนวน 400 กริด (หรือ 1 กิโลเมตร × 1 กิโลเมตร) เป็นพื้นที่ศึกษา 20 × 20 ตารางกิโลเมตร แต่สามารถกำหนดละเอียดกว่านี้หากไม่ครอบคลุมพื้นที่ได้รับผลกระทบ และต้องมั่นใจว่าจุดที่ความเข้มข้นสูงสุดรวมอยู่ในพื้นที่ศึกษา ในกรณีที่ต้องการความละเอียดสูง อาจใช้ขนาดกริด 500 × 500 เมตร

3) สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของอากาศและการกระจายเนื่องจากการลอยตัว ซึ่งใช้ของ Pasquill เป็นส่วนใหญ่นั้น ให้ใช้ตามที่เงื่อนไขที่กำหนดไว้ในแบบจำลองการยกตัวของควัน (Plume Rise) Downwash ก็เช่นกัน

4) มลพิษที่ไม่เสถียรเช่น SO_2 ในเมืองจะลดลงทุก 4 ชั่วโมงราวร้อยละ 50 อาจเลือกนำมาใช้ได้ในแบบจำลองซึ่งบางชนิดได้มีอยู่ในแบบจำลองอยู่แล้ว

5) การกำหนดพื้นที่ว่าเป็นเมืองหรือชนบท อาจพิจารณาจากเกณฑ์กรณีที่มีพื้นที่พัฒนาเกินร้อยละ 50 หรือมีประชากรเกิน 750 คน/ตารางกิโลเมตร ถือเป็นพื้นที่เมือง

6) การปรับแต่งแบบจำลองหรือ calibration โดยเทียบกับผลการตรวจวัดในระยะเวลาสั้นจะได้ผลไม่ดีและไม่เป็นที่นิยม

7) ข้อมูลแหล่งกำเนิด ควรใช้ Emission Factors ที่เป็นมาตรฐาน ใช้กำลังการผลิตที่แท้จริงในการประเมิน และใช้ข้อมูลการตรวจวัดล่าสุด Emission Factors ที่เป็นมาตรฐาน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

US.EPA's AP42 Compilation of Air Emission Factors

8) ความเข้มข้นมลพิษเดิมที่มีอยู่เดิมในบรรยากาศ ใช้ค่าเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดหากแหล่งกำเนิดมลพิษอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดมลพิษอื่นๆ และหากค่าที่ตรวจวัดเป็นระยะสั้นกว่า 1 ปี ต้องเลือกข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้ว่าไม่ได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดที่ศึกษา แต่ในกรณีที่มีหลายแหล่งกำเนิดในพื้นที่ต้องใช้แบบจำลองคำนวณผลของแหล่งกำเนิดเหล่านี้ด้วย ควรศึกษาพื้นที่ซึ่งแหล่งกำเนิดที่ศึกษาก่อผลกระทบสูงสุด แหล่งกำเนิดอื่นที่ก่อผลกระทบสูงสุด และพื้นที่ที่ทั้งสองประเภทก่อให้เกิดลกระทบรวมกันสูงสุด

9) สถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาที่เหมาะสม ควรมีการวัดค่ารายชั่วโมง และความสูงควรใกล้กับกับสูงของปล่อง แต่หากปล่องสูงมากควรพิจารณาการวัดทางไกล (Remote Sensing)

10) การจัดความเสถียรของบรรยากาศตามวิธีของ Pasquill ควรใช้ข้อมูลที่ความสูง 10 เมตร

11) แบบจำลองที่ใช้หลักการ Guassian ไม่สามารถคำนวณในขณะลมสงัดได้อย่างถูกต้อง จึงอาจต้องใช้ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาทีและทิศทางลมของชั่วโมงก่อนหน้านั้นแทน

12) ในกรณีที่ผลการคำนวณอาจมีการคลาดเคลื่อนเนื่องจากข้อมูล เช่น พื้นที่มีความซับซ้อน ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาไม่เพียงพอ อาจยอมให้ใช้ข้อมูลคุณภาพอากาศที่ตรวจวัดจริงด้วย แต่ต้องได้รับการรับรองจาก EPA และข้อมูลต้องมีไม่น้อยกว่า 1 ปีและใช้ได้ (valid)

การสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่สำคัญ 3 ส่วนได้แก่ ข้อมูลแหล่งกำเนิด ข้อมูลผู้รับ และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ในการนำข้อมูลอุตุนิยมวิทยามาใช้ในการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องใช้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตุนิยมวิทยา

2.5.4 ความรู้เบื้องต้นด้านอุตุนิยมวิทยา []

อุตุนิยมวิทยา คือเป็นศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สภาพบรรยากาศในสถานที่และช่วงเวลาหนึ่ง หากข้อมูลที่ศึกษาเป็นระยะเวลานาน เรียกว่า ภูมิอากาศ (Weather) การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปของมลสารในอากาศจะต้องใช้ความเข้าใจในสภาพอุตุนิยมวิทยาและสภาพอากาศ ดังนี้

สภาพภูมิอากาศของพื้นที่ที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลระยะยาวของอุณหภูมิ ทิศทางลม ความเร็วลม เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถหาได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ณ พื้นที่นั้นๆ

สภาพอุตุนิยมวิทยา โดยเฉพาะอุตุนิยมวิทยากายภาพ (Physical Meteorology) ซึ่งเกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงานซึ่งมาจากแสงอาทิตย์ อุตุนิยมวิทยาเชิงจลน์ (Dynamic Meteorology) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของลม สำหรับอุตุนิยมวิทยา Synoptic นั้นไม่จำเป็นในการใช้แบบจำลอง

คำนิยามด้านอุตุนิยมวิทยาที่ต้องใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

คำนิยามที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้แก่

อุณหภูมิ ใช้หน่วยองศาเคลวินวัดด้วยทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝน หน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง ใช้เมื่อต้องการหาการชำระล้างมลพิษทางอากาศสู่ดิน (Wet Deposition) วัดค่าโดยใช้ภาชนะรองรับน้ำฝน

ลม วัดโดยเครื่องวัดความเร็วลม Anemometer ทิศทางลมสามารถวัดโดยใช้ Wind Vane ความเร็วลมมีหน่วยเป็นนอต (Knot) โดย 1 น็อตต์เท่ากับ 0.514 เมตร/วินาที ทิศทางลมมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 360 องศา ที่ 0 องศาหมายถึงลมที่พัดมาจากทิศเหนือ 180 องศามาจากทิศใต้ แต่การใช้แบบจำลอง ISC จะใช้กลับกัน

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) วัดเป็น วัตต์/ตารางเมตร

เมฆ ใช้เพื่อประเมินการแผ่รังสีวัดโดยเทียบอัตราส่วนท้องฟ้าที่ถูกปกคลุมด้วยเมฆต่อท้องฟ้าทั้งหมด เช่น 3/8 แสดงว่ามีเมฆ 3 ส่วนในขณะที่ท้องฟ้าทั้งหมดมี 8 ส่วน

ความเสถียรของบรรยากาศ (Atmosphere Stability) หมายถึงสภาพบรรยากาศที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศ โดยกำหนดเป็นระดับ A B C D E และ F บางครั้งอาจมี G ระดับ A หมายถึงไม่เสถียรอย่างยิ่ง F หมายถึงบรรยากาศมีความเสถียรมาก ความเสถียรของบรรยากาศได้จากการประเมินความเร็วลม การแผ่รังสีเมฆ

สำหรับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดบรรยากาศ ไม่มีความสำคัญนักในการสร้างแบบจำลอง

บรรยากาศทั่วไป ชั้นบรรยากาศมีหลายชั้น แต่มลพิษจะแพร่กระจายอยู่ในชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) ซึ่งมีความสูงประมาณ 10 กิโลเมตรจากพื้นโลก และชั้นมีมลพิษแพร่กระจายอยู่ที่ความสูงประมาณ 1.5 กิโลเมตรเป็นส่วนมาก ในเชิงอุตุนิยมวิทยาถือว่าเป็นบรรยากาศชั้นล่างที่สุดของโลก โดยที่ชั้นบรรยากาศนี้จะได้รับอิทธิพลจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังผิวโลกและมีการถ่ายเทพลังงานความร้อนในรูปแบบต่างๆ เช่น ทำให้เกิดลม การระเหยของน้ำ ฝนตก มลพิษที่อยู่บนผิวโลกจะถ่ายทอดสู่บรรยากศในชั้นนี้ องค์ประกอบของอากาศในชั้นนี้ได้แก่ ไนโตรเจน 78.04% ออกซิเจน 20.96% อาร์กอน 0.934% คาร์บอนไดออกไซด์ 0.036% โดยปริมาตร ความแปรผันของก๊าซสามชนิดแรกจะไม่เกินจุดทศนิยม ยกเว้นอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้จะมีออกซิเจนลดลงและมีคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [,]

K. Raj และคณะ [1] ได้ศึกษากระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีในอินเดีย เนื่องจากอินเดียเป็นประเทศที่มีการพัฒนาในเรื่องพลังงาน โดยเฉพาะโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยจึงต้องมีการพัฒนาในด้านกระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นควบคู่กันไปด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่า อินเดียเป็นประเทศที่มีเทคโนโลยีในการจัดการกากกัมมันตรังสีที่มีประสิทธิภาพ จากการศึกษากระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีในอินเดีย มีรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดการกากกัมมันตรังสีดังนี้ การจำแนกประเภทกากกัมมันตรังสี ขั้นตอนในการจัดการกากกัมมันตรังสีโดยทั่วไป วิธีการผนึกและเก็บกากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัด เทคโนโลยีต่างๆที่ใช้ในการจัดการกากกัมมันตรังสีในอินเดีย และการศึกษาและพัฒนาเพื่อหาเทคโนโลยีในการจัดการกากกัมมันตรังสีในอินเดีย

T.J. Stocki และคณะ [11] ได้ศึกษาการวัดและการสร้างแบบจำลองของ radioxenon plume ในหุบเขา Ottawa เพื่อหาทิศทางและปริมาณการแพร่กระจายของ radioxenon plume ที่เกิดจากแหล่งที่มีการใช้สารกัมมันตรังสีรอบๆ เมือง Ottawa โดยเครื่องมือที่ใช้การวัดคือ NaI Spectrometer และ Systeme de Prelevement d'air Automatique en Ligne avec I'Analyse des radioXenons (SPALAX) equipment ซึ่งทำการติดตั้ง ณ จุดต่างๆ ที่มีการใช้สารกัมมันตรังสีและบริเวณที่มีประชากรหนาแน่น ค่าที่ได้จากการตรวจวัดจะนำมาสร้างแบบจำลองทางอากาศโดย the Canadian Meterological Centre (CMC) และ the Commissariat a I Energie Atomique (CEA) เพื่อหาทิศทางการแพร่กระจาย ปริมาณสารกัมมันตรังสี ณ จุดต่างๆ รวมถึงการวิเคราะห์เพื่อหาแหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสี โดยปริมาณสารกัมมันตรังสีและทิศทางการแพร่กระจายจะนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเพื่อพิจารณาว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยหรือไม่ และเป็นข้อมูลในการหาแนวทางป้องกันอันตรายร้ายแรงจากนิวเคลียร์ จากการศึกษาดังกล่าวได้แสดงตัวอย่างในการวิเคราะห์หาต้นกำเนิดของมลพิษ และทิศทางการเคลื่อนที่ รวมถึงปริมาณที่แพร่กระจายออกไป ณ จุดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินโครงการศึกษาการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะทางอากาศ มีขั้นตอนที่สอดคล้องกับขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางอากาศ ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงการ กำหนดกรอบการศึกษา สำรวจสถานการณ์คุณภาพอากาศปัจจุบัน พิจารณาประเด็นที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ ทำนายขอบเขตและขนาดของผลกระทบ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ไปทำการประเมินความรุนแรงของผล กระทบและหาแนวทางและมาตรการควบคุมบรรเทาผลที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูล

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมขั้นตอนแรกจะต้องมีการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับโครงการ ซึ่งข้อมูลที่ทำการศึกษาได้แก่

กระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสี เพื่อจะสามารถประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างโครงการดังกล่าว ต้องมีการศึกษากระบวนการผลิตของโครงการที่จะทำการประเมิน ในที่นี้คือกระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสี เนื่องจากโครงการที่จะก่อสร้างนี้เป็นการก่อสร้างเพื่อย้ายโรงจัดการกากกัมมันตรังสีเดิมที่ตั้งอยู่ที่เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ไปตั้งที่อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก ดังนั้นกระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีขั้นตอนหลักจะคล้ายกัน มีรายละเอียดบางส่วนเท่านั้นที่เปลี่ยนไป

ขอบเขตของงาน (Terms of Reference : TOR) การศึกษาขอบเขตของงานเป็นการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ รายละเอียดการออกแบบอาคารต่างๆ ของโครงการ จากการดำเนินงานได้ทำการศึกษาขอบเขตของงานในส่วนของเตาเผา อาคารเก็บกากกัมมันตรังสี และอาคารปฏิบัติงาน

สำหรับอุปกรณ์อื่นๆ ที่ไม่มีรายละเอียดขอบเขตของงาน ผู้จัดทำได้อาศัยการสอบถามจากเจ้าหน้าที่ของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี หรือใช้ข้อมูลจากโรงจัดการกากกัมมันตรังสีเดิมที่เขตบางเขนมาใช้แทน นอกจากการศึกษากระบวนการแล้ว ผู้จัดทำยังได้ศึกษาขั้นตอนและวิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะทางอากาศ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้งของโครงการ และพื้นที่โดยรอบ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลจากการศึกษามาใช้ในการกำหนดกรอบการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การกำหนดกรอบการศึกษา

ขั้นตอนการกำหนดกรอบการศึกษาจะต้องมีการระบุ

1) พื้นที่ก่อสร้าง

การระบุพื้นที่ก่อสร้าง คือการกำหนดพื้นที่ที่คาดว่าจะก่อสร้างโครงการและขอบเขตของพื้นที่ที่ทำการศึกษาผลกระทบ ในการทำโครงงานศึกษาการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางอากาศของโรงจัดการกากกัมมันตรังสี อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก มีรายละเอียดเกี่ยวกับพื้นที่โครงการคือตั้งอยู่ที่ละติจูด 14° 7' 28.00" เหนือ และลองจิจูด 101° 1' 48.60" ตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมด 316 ไร่ หรือ 505,600 ตารางเมตร

ในการทำโครงงานเนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาและงบประมาณ การประเมินผลกระทบจึงประเมินเฉพาะผลกระทบทางกายภาพโดยเฉพาะด้านอากาศ ซึ่งกำหนดกรอบการศึกษาในพื้นที่ 10×10 ตารางกิโลเมตร รอบศูนย์วิจัยนิวเคลียร์แห่งชาติ นอกจากการประเมินผลกระทบทางอากาศแล้ว ยังได้มีการจัดทำการประเมินความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอีกด้วย

2) ระบุประเด็นสำคัญ

ทำการระบุประเด็นสำคัญว่าหากมีการดำเนินโครงการแล้ว มีอะไรบ้างที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ ซึ่งการระบุประเด็นนี้อาศัยข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลกระบวนการในหัวข้อ 3.1 ซึ่งต้องพิจารณาว่าในทุกขั้นตอนของกระบวนการ เพื่อพิจารณาว่ามีอะไรบ้างที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและกำหนดกรอบการศึกษาแล้ว จะต้องมีการสำรวจและเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศโดยรายละเอียดของข้อมูลแสดงในหัวข้อที่ 3.3 การสำรวจและรวบรวมข้อมูลคุณภาพอากาศ

3.3 การสำรวจข้อมูลคุณภาพอากาศและพิจารณาประเด็นสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ

การรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในการศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) จากแหล่งต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลคุณภาพจากกรมควบคุมมลพิษ ข้อกำหนดหรือกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศหรือสารกัมมันตรังสี

3.3.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและคุณภาพอากาศ

1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาราย 3 ชั่วโมง จากกรมอุตุนิยมวิทยา

ใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาของกรมอุตุนิยมวิทยาที่จังหวัดปทุมธานี เนื่องจากในบริเวณที่ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมไม่มีสถานีอุตุนิยมวิทยา ซึ่งใช้ข้อมูลในปี 2552 โดยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดดังต่อไปนี้

- วัน/ เดือน/ ปี และชั่วโมง
- ปริมาณเมฆ (ส่วนของสิบส่วน)
- ความสูงของชั้นบรรยากาศ Ceiling Height
- ความสูงของชั้นบรรยากาศ Mixing Height (ข้อมูลจากสถานีกรุงเทพฯ)

โดยกรมอุตุนิยมวิทยาตรวจวัดค่าทุก 3 ชั่วโมง ไม่ได้ทำการตรวจวัดค่าทุกชั่วโมง ทำให้ขาดข้อมูลที่เป็นค่าจริงของ 2 ชั่วโมงถัดมา 2 ค่า ดังนั้นจึงสมมติให้ค่าปริมาณเมฆและความสูงของชั้นบรรยากาศ Ceiling Height ที่ได้ในชั่วโมงที่ตรวจวัดในช่วงเวลาดังกล่าวจะคงที่ไปอีก 2 ชั่วโมง เช่น ข้อมูลชั่วโมงที่ 1-3 เป็นข้อมูลเดียวกัน ซึ่งการสมมติดังกล่าว ซึ่งมีข้อดีคือทำให้ไม่ต้องใช้สมมติฐานอื่นๆ เช่นการทำ Extrapolation ของข้อมูลที่ขาดหายไป ซึ่งไม่สามารถยืนยันหรือตรวจสอบได้ และสามารถจำลองการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศ โดยการป้อนข้อมูลในส่วนของข้อมูลเข้า (input) ได้ ส่วนข้อมูลความสูงของชั้นบรรยากาศ Mixing Height ไม่ต้องทำการสมมติเพราะใช้เพียงค่าต่ำสุดและสูงสุดเท่านั้น

การใช้แบบจำลองเพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางอากาศนั้น ต้องใช้ข้อมูลความเสถียรของชั้นบรรยากาศด้วย แต่ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยานั้นไม่มีการจัดความเสถียรของชั้นบรรยากาศไว้ จึงต้องอาศัยโปรแกรมการเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (PCRAMMET) เพื่อเตรียมข้อมูลความเสถียรของชั้นบรรยากาศแทน

2) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายชั่วโมงและคุณภาพอากาศ จากกรมควบคุมมลพิษ

ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่สถานีรังสิตจังหวัดปทุมธานี เนื่องจากในบริเวณที่ตั้งโรงจัดการกากกัมมันตรังสี ไม่มีสถานีตรวจวัดจึงต้องอ้างอิงข้อมูลจากสถานีตรวจวัดที่อยู่บริเวณใกล้เคียงแทน ซึ่งมีข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายชั่วโมงดังนี้

- วัน/ เดือน/ ปี และชั่วโมง
- ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที/กิโลนอร์ต)
- ทิศทางลม (องศาในรูปของเวกเตอร์)
- อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

3.3.2 ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษของแหล่งกำเนิดอยู่กับที่

ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงจัดการกากกัมมันตรังสี ของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี ซึ่งบางข้อมูลถูกป้อนในส่วนของข้อมูลขาเข้า (Input) ประกอบด้วย

1) ที่ตั้งของเหล่งกำเนิดที่ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม
2) ความสูงของปล่อง (เมตร)
3) อุณหภูมิที่ระบายออกจากปล่องที่ทางออก (องศาเคลวิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายปล่อง (เมตร)

5) ความเร็วของก๊าซที่ปลายปล่อง (เมตร/วินาที) อ้างอิงจากงานวิจัยของ Stephen G. Zemba และคณะ [16] เนื่องจากไม่มีข้อมูลจริง

6) อัตราการปลดปล่อยของสารพิษ PM_{10} คงที่ที่ 1 กรัมต่อวินาทีเป็นค่าที่ใช้ในการทำแบบจำลอง เนื่องจากไม่มีข้อมูลการปลดปล่อยจริง จึงได้เลือกใช้ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10})เป็นตัวแทนอ้างอิงจากงานวิจัยของ Stephen G. Zemba และคณะ [16] เนื่องจากไม่มีข้อมูลจริง

3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพอากาศและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพอากาศ และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจำลองการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศ โดยใช้โปรแกรม ISC จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เหมาะสมเป็นข้อมูลขาเข้า (Input) และข้อมูลของสารมลพิษที่ออกจากปล่อง แต่เนื่องจากการประเมินผลกระทบทางอากาศในกรณีนี้ เชื้อเพลิงในการเผาไหม้เป็นกากกัมมันตรังสี ซึ่งเป็นของเสียที่มาจากหลายหน่วยงานหลายองค์กร การระบุข้อมูลขององค์ประกอบของของเสียจากแหล่งกำเนิดจึงขาดความชัดเจนและความแน่นอน อีกทั้งไม่มีมีข้อมูลที่แน่นอนเกี่ยวกับการเผากากกัมมันตรังสีว่าเมื่อเผาแล้วจะมีก๊าซกัมมันตรังสีถูกปล่อยออกไปเท่าไรและเหลืออยู่ที่เถ้าปริมาณเท่าไร ดังนั้นจึงตั้งสมมติฐานว่าสารรังสีที่ถูกปลดปล่อยออกทางปล่องจะติดไปกับ PM_{10}

การวิเคราะห์ปริมาณของข้อมูลทางอุตนิยมวิทยา

ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการแพร่กระจายตัวของสารมลพิษคือ ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ ปริมาณเมฆ ความสูงของชั้นบรรยากาศ Ceiling Height และความสูงของชั้นบรรยากาศ Mixing Height โดยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ ข้อมูลระดับพื้น (Surface Data) และข้อมูลระดับสูง (Upper Air Data)

การวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วลมและทิศทางลม

โดยส่วนใหญ่ในการวิเคราะห์ความเร็วลมและทิศทางลมจะใช้ windrose diagram ซึ่งเป็นแผนภาพแสดงทิศทางลม ความเร็วและความถี่ ทำให้ง่ายต่อการสรุปว่าลมมีอิทธิพลมาจากทางทิศใด ซึ่งข้อมูลความเร็วลมและทิศทางของลมที่มีสามารถสร้าง windrose diagram เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ได้

3.3.4 การพิจารณาประเด็นของผลกระทบ

จากการรวบรวมข้อมูลในหัวข้อ 3.1 ซึ่งมีรายละเอียดของกระบวนการและข้อมูลการระบุประเด็นสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศจากหัวข้อ 3.2 นำข้อมูลทั้ง 2 ส่วนนี้มาพิจารณาว่าแต่ละประเด็นส่งผลต่อคุณภาพอากาศอย่างไรบ้าง ระบุปริมาณสารพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากการดำเนินโครงการสู่บรรยากาศ

ข้อมูลคุณภาพอากาศที่ได้จากการรวบรวมในขั้นตอนนี้ จะนำไปสร้างแบบจำลองการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจายตัวของอากาศเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อไป

3.4 การทำนายขอบเขตและขนาดของผลกระทบโดยใช้แบบจำลอง

จากการศึกษาข้อมูลที่รวบรวมได้ และเพียงพอต่อการสร้างแบบจำลอง โดยใช้โปรแกรม ISC ศึกษาการแพร่กระจายของสารมลพิษ PM_{10} เท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดทางเศรษฐศาสตร์ เวลา และไม่มีข้อมูลการปลดปล่อย โดยใช้ข้อมูลคุณภาพอากาศเป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่ วันที่ 1 มกราคม 2552 ถึง 31 ธันวาคม 2552 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ใช้โปรแกรมการเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (PCRAMMET) เพื่อเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเป็นไฟล์ met เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรม ISC ซึ่งรายละเอียดข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรม PCRAMMET แบ่งเป็น 2 ไฟล์ ได้แก่

ข้อมูลระดับพื้นดิน (Surface data)

- วัน/ เดือน/ ปี และชั่วโมง
- ความเร็วลม (เมตรต่อวินาทีหรือกิโลนอต)
- ทิศทางลม (องศาในรูปของเวกเตอร์)
- อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
- ปริมาณเมฆ (ส่วนของสิบส่วน) Could Cover
- ความสูงของชั้นบรรยากาศ Ceiling Height

ข้อมูลระดับอากาศสูง (Upper air data)

- วัน/เดือน/ปี
- ค่าความสูงผสมในช่วงเช้า (AM Mixing value) และค่าความสูงผสมในช่วงบ่าย (PM Mixing value)

ข้อมูลทั้งหมดนี้จะจัดนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบ (format) ที่แบบจำลองสามารถอ่านได้ จากนั้นรันโปรแกรม PCRAMMET ออกมา และเก็บไว้ในรูปของ .TXT หรือ .MET FILE (.asc)

ขั้นตอนที่ 2 ใช้โปรแกรม ISC ซึ่งรายละเอียดป้อนเข้าข้อมูลโปรแกรมแบ่งเป็น 2 ไฟล์ ได้แก่

1) ข้อมูล .MET FILE ที่ได้จากโปรแกรม PCRAMMET
2) ข้อมูลแหล่งกำเนิดประกอบด้วยข้อมูลสำคัญดังต่อไปนี้
   - ที่ตั้งของแหล่งกำเนิด (Latitude-Longitude coordinate)
   - ความสูงของฐานของแหล่งกำเนิด (เช่น ปล่อง) จากระดับน้ำทะเล
   - คุณสมบัติของปล่อง ได้แก่ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายปล่อง (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุณหภูมิที่ระบายออกจากปลายปล่อง (องศาเคลวิน) ความเร็วของก๊าซที่ปลายปล่อง (เมตรต่อวินาที) และอัตราการปล่อยก๊าซ (กรัมต่อวินาที)

หลังจากการป้อนข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นในการคำนวณลงในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองการแพร่กระจายของสารมลพิษ จะได้ผลออกมาในรูปความเข้มข้นที่จุดผู้รับและค่าสูงสุดเป็นรายชั่วโมงตามคำสั่งในโปรแกรม ผลจากการสร้างแบบจำลองนี้จะนำไปประเมินความรุนแรงของผลกระทบในขั้นตอนต่อไป

3.5 การประเมินความรุนแรง วิเคราะห์เหตุการณ์ร้ายแรงและมาตรการควบคุมบรรเทาและลดผลกระทบ

การประเมินความเสี่ยง เป็นขั้นตอนที่ระบุระดับความเสี่ยงของอันตรายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน ของการจัดการกากกัมมันตรังสีที่ครอบคลุมสถานที่ เครื่องจักร อุปกรณ์ บุคลากรและขั้นตอนการทำงาน ที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วย ความเสียหายต่อทรัพย์สิน ความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม หรือสิ่งต่าง ๆ รวมกัน

นอกจากการประเมินความเสี่ยงจากการวิเคราะห์กระบวนการแล้ว ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองอากาศก็นำมาใช้ในการวิเคราะห์ประเมินระดับความรุนแรงของผลกระทบและระยะทางไกลสุดที่จากแหล่งกำเนิดที่มลพิษแพร่กระจายไปถึง

จากผลการวิเคราะห์ทั้งสองส่วนคือ การวิเคราะห์กระบวนการและการวิเคราะห์ผลการสร้างแบบจำลองอากาศโดยใช้โปรแกรม ISCST3 จะนำประเมินและพิจารณาว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้หรือไม่ เพื่อการวางแผนควบคุมและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

ในการนำเสนอผลการดำเนินงานและวิธีวิเคราะห์ผลจะแบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ประเด็น คือ การวิเคราะห์กระบวนการที่ใช้ในโรงจัดการกากกัมมันตรังสี เพื่อประเมินว่าจุดใดที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศขึ้น การประเมินผลกระทบอันเนื่องจากการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศและมาตรการป้องกันและลดผลกระทบ

4.1 การวิเคราะห์กระบวนการ

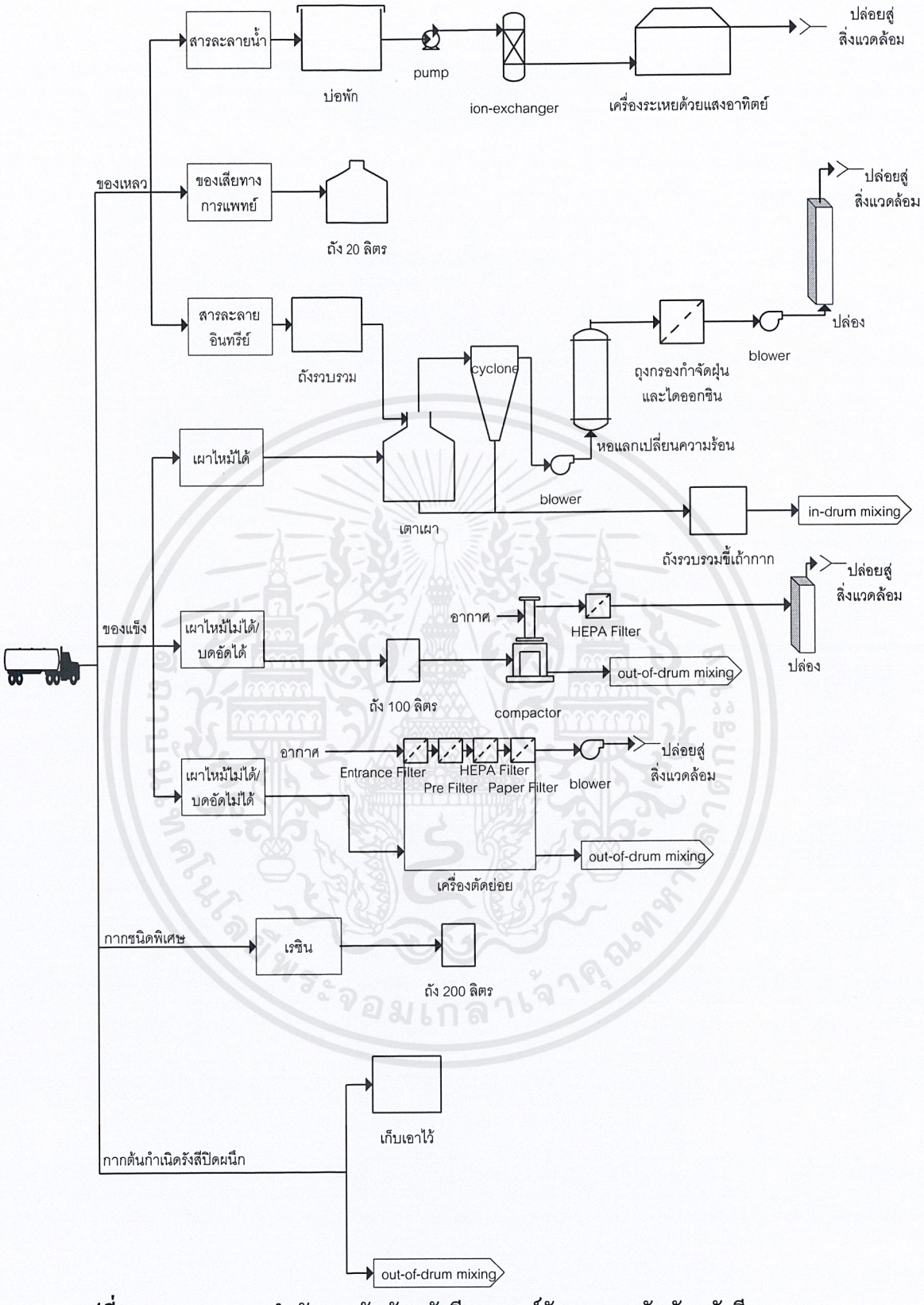
ในการวิเคราะห์อันตรายร้ายแรงที่เกิดจากกระบวนการ จะต้องศึกษากระบวนการทั้งหมดก่อนอันดับแรกเพื่อพิจารณาความเป็นไปของสารกัมมันตรังสี และจึงวิเคราะห์ว่ามีจุดใดในกระบวนการที่ทำให้เกิดอันตรายได้บ้างเพื่อประเมินความรุนแรงของเหตุการณ์และประเมินความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น โดยละเอียด ผลการดำเนินงานมีดังนี้

4.1.1 กระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสี

กระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีทั้งหมดคาดว่าน่าจะใช้ในโรงจัดการกากกัมมันตรังสีที่มีแผนก่อสร้างแสดงดังรูปที่ 4.1 ซึ่งข้อมูลกระบวนการที่แสดงนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากยังมีการออกแบบปรับปรุงเพิ่มเติมอยู่ กระบวนการส่วนใหญ่จะอ้างอิงจากกระบวนการที่ใช้ในโรงจัดการกากกัมมันตรังสีเดิม (เขตบางเขน)

กระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีที่ใช้ในโรงจัดการกากกัมมันตรังสีที่จะก่อสร้าง เริ่มจากการคัดแยกสารกัมมันตรังสีตามสถานะ ได้แก่ของแข็ง ของเหลว กากชนิดพิเศษ และกากต้นกำเนิดรังสีผนึก ซึ่งมีขั้นตอนการบำบัดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

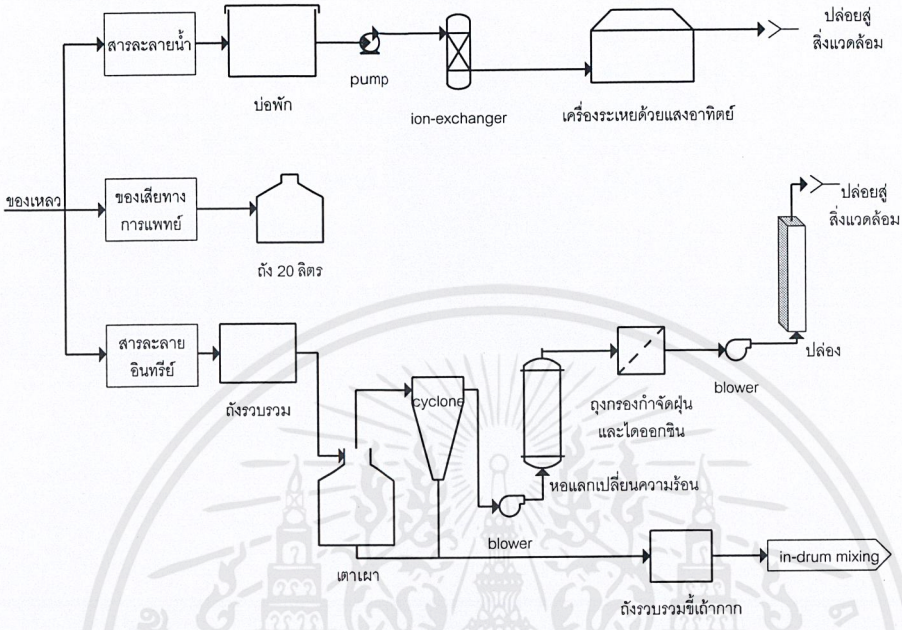


รูปที่ 4.1 กระบวนการบำบัดกากกัมมันตรังสีของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ของเหลว

กากกัมมันตรังสีชนิดนี้จะถูกคัดแยกออกเป็น 3 ชนิด ดังรูปที่ 4.2 โดยแต่ละชนิดมีการจัดการดังนี้



รูปที่ 4.2 การจัดการกากของเหลวกัมมันตรังสีของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี

- สารละลายน้ำ เช่น น้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการรังสี สารละลายเหล่านี้จะถูกปั๊มไปที่เครื่องแลกเปลี่ยนไอออนเพื่อกำจัดเรดิโอนิวไคลด์กัมมันตรังสีออกจากน้ำ แล้วนำสารละลายน้ำไประเหยด้วยแสงอาทิตย์ ซึ่งเครื่องระเหยด้วยแสงอาทิตย์นี้จะมีผ้าขึงอยู่ น้ำที่มาจากสารละลายน้ำจะถูกฉีดพรมลงไปบนผ้าเพื่อให้น้ำสามารถระเหยได้ง่ายขึ้น การใช้เครื่องระเหยด้วยแสงอาทิตย์นี้ตามทฤษฎีถือว่าเป็นวิธีการที่เป็น zero discharge คือไม่มีการปล่อยของเหลวสู่สิ่งแวดล้อมเลย

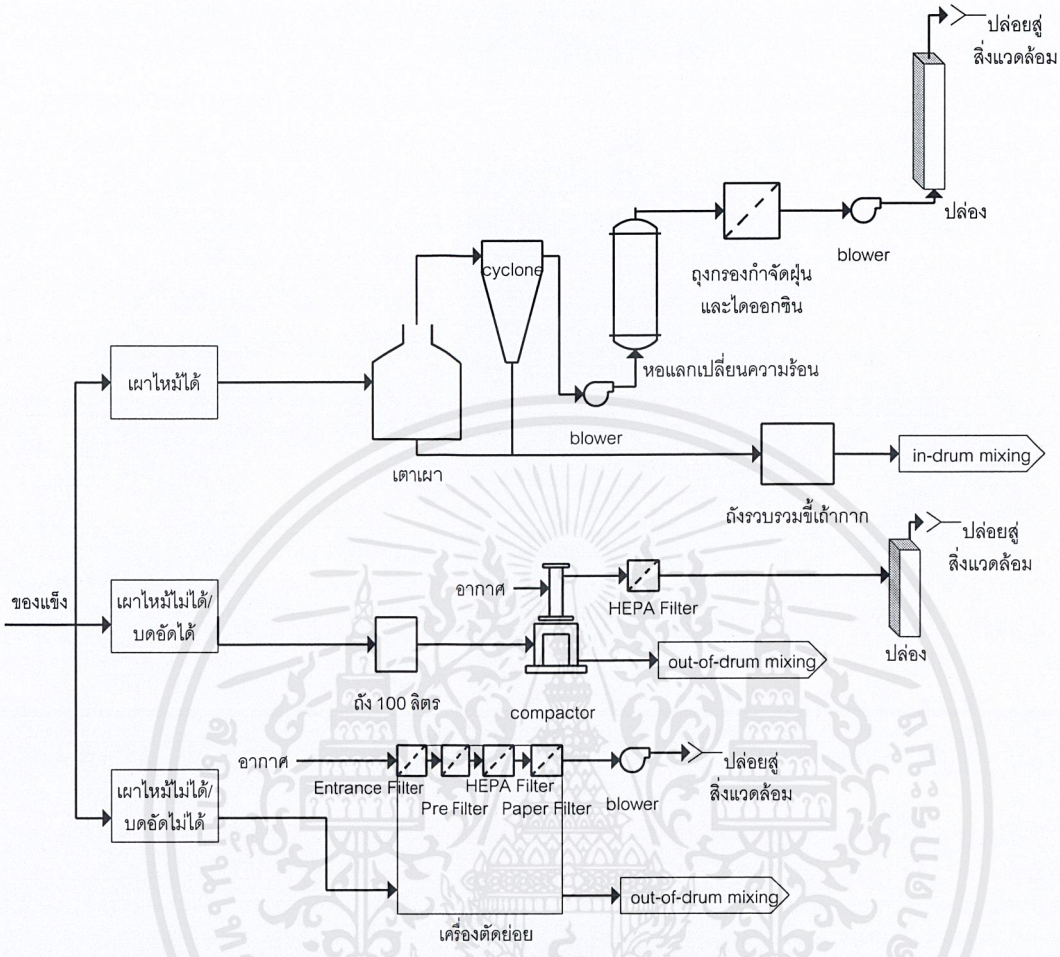
- ของเสียทางการแพทย์ เช่น ปัสสาวะ เลือด ซีรัม ของเสียเหล่านี้จะถูกนำไปเก็บไว้ในถังพลาสติกชนิดโพลีเอธิลีนขนาด 20 ลิตร เพื่อทอดระยะเวลาให้สารกัมมันตรังสีสลายตัวไปเอง

- สารละลายอินทรีย์ เช่น สารละลายซิลทิลแลนท์ น้ำมันก๊าด น้ำมันหล่อลื่น ซึ่งจะถูกรวบรวมไว้จนมีปริมาณมากพอแล้วนำไปบำบัดด้วยวิธีการเผาในเตาเผาเพื่อเป็นการลดปริมาตรลงไปกลายเป็นกากขี้เถ้า กากขี้เถ้านี้จะถูกนำไปแปรสภาพโดยการตรึงไว้กับซีเมนต์ด้วยวิธี in-drum mixing และทำการเก็บรักษาไว้ต่อไป

2) ของแข็ง

ของแข็งกัมมันตรังสีแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามคุณสมบัติทางกายภาพ (กากชนิดพิเศษและกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกจะแยกออกไปต่างหาก) แสดงดังรูปที่ 4.3 มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การจัดการกากของแข็งกัมมันตรังสีของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี

- ชนิดที่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น กระดาษ ผ้า พลาสติกชนิดโพลีเอธิลีน ซึ่งจะนำไปเผาโดยใช้วิธีเดียวกับสารละลายอินทรีย์

- ชนิดที่เผาไหม้ไม่ได้และสามารถบดอัดได้ เช่น เครื่องแก้ว กากของแข็งชนิดที่เผาไหม้ไม่ได้และสามารถบดอัดได้เมื่อรวบรวมได้ปริมาณมากพอจะนำใส่ถัง 100 ลิตร แล้วนำไปบดอัดด้วยเครื่อง compactor เพื่อลดปริมาตร ก่อนนำไปแปรสภาพกากกัมมันตรังสีด้วยวิธี out-of-drum mixing เพื่อให้อยู่ในรูปที่จัดเก็บง่ายและปลอดภัย ภายในเครื่อง compactor จะมีการติดตั้ง HEPA filter เพื่อกรองฝุ่นที่ฟุ้งกระจายจากการบดอัดก่อนจะปล่อยออกทางปล่องต่อไป

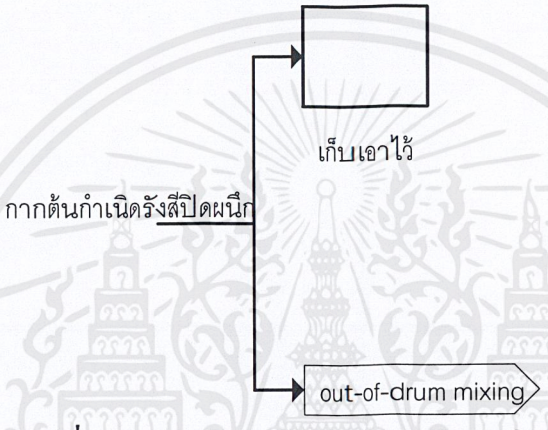
- ชนิดที่เผาไหม้ไม่ได้และไม่สามารถบดอัดได้ เช่น โลหะชิ้นใหญ่ เข็มฉีดยา พลาสติกชนิดอื่นๆ กากของแข็งชนิดที่เผาไหม้ไม่ได้และไม่สามารถบดอัดได้จะนำไปเก็บใส่กล่องไว้ นำไปแยกชิ้นส่วน หรือนำไปตัดย่อยด้วยเครื่องตัดย่อยแล้วจึงนำกากกัมมันตรังสีที่ทำการตัดย่อยแล้วไปแปรสภาพด้วยการตรึงไว้กับซีเมนต์ด้วยวิธี out-of-drum mixing โดยเครื่องตัดย่อยได้ออกแบบให้มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันฝุ่นจากการตัดย่อย โดยมีระบบควบคุมทิศทางให้อากาศไหลเข้า-ออกทางเดียวโดยช่องที่อากาศไหลเข้าจะมี entrance filter ติดตั้งอยู่ และมีช่องสำหรับอากาศออกที่มีการติดตั้งระบบกรองที่มีทั้งแผ่นกรองเปื้อนเบื้องต้นคือ pre filter และแผ่นกรองหลักคือ HEPA filter และมี paper filter ที่ด้านทางออกตามลำดับ

3) **กากชนิดพิเศษ** คือกากกัมมันตรังสีที่เป็นเรซิน จะถูกรวบรวมนำมาเก็บไว้ในถัง 200 ลิตร

4) **กากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก** กากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกจะถูกนำมาเก็บเอาไว้ หรือ นำไปแปรสภาพให้ปลอดภัยและจัดเก็บได้ง่ายขึ้น โดยวิธี out-of-drum mixing แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การจัดการกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก

4.1.2 การวิเคราะห์อันตราย

จากกระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีที่ได้แสดงในหัวข้อ4.1.1 นำมาวิเคราะห์จุดที่อาจเกิดอันตรายในกระบวนการดังนี้

1) **ของเหลว** จากกระบวนที่ได้แสดงในรูปที่ 4.2 จุดที่น่าจะรั่วไหลของสารมลพิษได้แก่

- ขั้นตอนการคัดแยกและเก็บรวบรวมก่อนบำบัดในระหว่างการคัดแยกและเก็บรวบรวมอาจมีสารกัมมันตรังสีแผ่ออกมาระหว่างการเปลี่ยนถ่ายภาชนะหรือจากภาชนะบรรจุ ดังนั้นขณะทำงานพนักงานควรสวมชุดป้องกันทุกครั้งที่ปฏิบัติงานและมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดกัมมันตภาพรังสี ณ จุดที่ปฏิบัติงานและอาคารเก็บ

- เครื่องระเหยด้วยแสงอาทิตย์ แม้ว่าตามหลักทฤษฎีวิธีการนี้ถือว่าเป็น zero discharge คือไม่มีการปล่อยของเหลวกัมมันตรังสีออกสู่สิ่งแวดล้อม แต่ในระหว่างที่กากของเหลวกัมมันตรังสีที่ถูกนำมาระเหยด้วยแสงอาทิตย์อาจเกิดการแผ่รังสีขณะที่มีการระเหยได้ ดังนั้นเมื่อมีการดำเนินการจริงควรมีการตรวจวัดปริมาณรังสีบริเวณรอบเครื่องระเหยด้วยว่าอยู่ในระดับที่สูงหรือเป็นอันตรายหรือไม่

- ระบบเตาเผากากกัมมันตรังสี มลพิษที่ปล่อยออกจากเตาเผามีทั้งสารกัมมันตรังสีที่ติดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับเถ้าที่เกิดจากการเผาและก๊าซอื่นๆ ที่เกิดจากขั้นตอนการเผาไหม้ ซึ่งทำให้เกิดอากาศเสียที่ต้องระบายสู่บรรยากาศ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) จากการศึกษาพบว่าปล่องของเตาเผาอาจมีความสูงน้อยไป ดังนั้นจึงควรพิจารณาเพิ่มความสูงของปล่องเพื่อช่วยในการกระจายตัวของมลพิษ และมีการตรวจวัดมลพิษที่ปล่อยออกมาในพื้นที่ต่างๆ ขณะดำเนินงานจริงว่าอยู่ในระดับยอมรับได้หรือไม่ เพื่อพิจารณาทำการติดตั้งระบบบำบัดเพิ่มหากมลพิษมีระดับเกินมาตรฐาน

- ขั้นตอนการปรับสภาพโดยวิธี in-drum mixing ขั้นตอนการปรับสภาพวิธีนี้จะนำเถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้มากวนผสมกับซีเมนต์ ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจก่อให้เกิดมลพิษทั้งฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นระหว่างการกวนผสมและอาจมีสารกัมมันตรังสีแผ่ออกมาจากกากกัมมันตรังสี ดังนั้นขณะปฏิบัติงานพนักงานควรมีการสวมอุปกรณ์ป้องกันโดยเฉพาะอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ และควรมีการทำขั้นตอนนี้ในอาคารหรือพื้นที่ปิดเพื่อป้องกันมลพิษที่อาจปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

2) ของแข็ง จากกระบวนที่ได้แสดงในรูปที่ 4.3 จุดที่น่าจะรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีได้แก่

- ขั้นตอนการคัดแยกและเก็บรวบรวมก่อนบำบัด ในระหว่างการคัดแยกและเก็บรวบรวมอาจมีสารกัมมันตรังสีแผ่ออกมาระหว่างการเปลี่ยนถ่ายภาชนะหรือจากภาชนะบรรจุ ซึ่งขณะปฏิบัติงานพนักงานต้องสวมชุดป้องกันทุกครั้ง

- ระบบเตาเผากากกัมมันตรังสี มลพิษที่ปล่อยออกมาเช่นเดียวกับที่ได้แสดงในระบบเตาเผากากกัมมันตรังสีของของเหลว แต่เนื่องจากเป็นของแข็งทำให้มีฝุ่นละอองเกิดขึ้นด้วย ขั้นตอนนี้ควรมีการป้องกันเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไว้ในขั้นตอนการเผากากของเหลวอินทรีย์

- เครื่องบดอัด ระหว่างบดอัดอาจเกิดการฟุ้งของฝุ่นละอองหรือมีกากกัมมันตรังที่แผ่รังสีออกมา จึงควรมีการป้องกันโดยพนักงานควรมีการสวมอุปกรณ์ป้องกันโดยเฉพาะอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจเพราะขั้นตอนนี้อาจมีการฟุ้งกระจายจากฝุ่นมาก และเมื่อดำเนินการจริงควรมีการตรวจระดับรังสีและฝุ่นขณะทำการด้วยว่าเครื่องกรองที่ใช้อยู่มีประสิทธิภาพเพียงพอหรือไม่

- เครื่องตัดย่อย เช่นเดียวกับเครื่องบดอัดคืออาจมีฝุ่นละอองและเกิดการแผ่ของสารกัมมันตรังสี ดังนั้นควรมีขั้นตอนการป้องกันเช่นเดียวกับขั้นตอนการบดอัด

- ขั้นตอนการปรับสภาพโดยวิธี in-drum mixing และ out-of drum mixing มีวิธีปรับสภาพโดย in-drum mixing ได้กล่าวมาแล้วในส่วนการบำบัดของเหลว สำหรับวิธี out-of drum mixing นั้นคล้ายกันแต่กากกัมมันตรังสีที่นำมาปรับสภาพไม่ต้องมีการกวนผสมกับซีเมนต์ มลพิษที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้จึงเป็นฝุ่นละอองและสารกัมมันตรังสีที่แผ่ออกมา ดังนั้นจึงควรมีการป้องกันด้วยวิธีเดียวกันกับการปรับสภาพแบบ in-drum mixing ที่กล่าวมาข้างต้น

3) กากชนิดพิเศษ เนื่องจากกากกัมมันตรังสีชนิดพิเศษนี้ไม่ได้มีการบำบัดเพียงแต่นำมาเก็บรวบรวมไว้ จึงอาจมีการรั่วไหลได้ในขั้นตอนการเก็บรวบรวมและคัดแยกเท่านั้น มลพิษที่เกิดขึ้นคล้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับขั้นตอนการเก็บรวบรวมและคัดแยกกากกัมมันตรังสีชนิดอื่น

4) กากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก จากขั้นตอนการจัดการที่ได้แสดงในรูปที่ 4.4 พบว่าสารกัมมันตรังสีอาจมีการรั่วไหลได้จาก

- ขั้นตอนการคัดแยกและเก็บรวบรวมก่อนบำบัด ซึ่งมีมลพิษที่เกิดขึ้นเหมือนกับกากกัมมันตรังสีชนิดอื่น
- ขั้นตอนการปรับสภาพโดยวิธี out-of drum mixing มีมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นเหมือนที่ได้กล่าวในส่วนของของแข็ง

หมายเหตุ

กากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกนั้นเป็นกากกัมมันตรังสีที่มีภาชนะห่อหุ้มที่แน่นหนามากดังนั้นจึงปลอดภัยจากการแผ่รังสีออกมาภายนอก เพราะฉะนั้นจึงเป็นไปได้ยากมากที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากจะถูกนำไปทำลายอย่างร้ายแรง

4.1.3 การประเมินความเสี่ยง

จากการวิเคราะห์จุดที่น่าจะเกิดการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีนำมาประเมินความเสี่ยงโดยแยกตามขั้นตอนซึ่งได้เพิ่มการวิเคราะห์ในระหว่างการขนส่ง และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัดด้วย ในการประเมินความเสี่ยงนี้ใช้วิธี What-if Analysis ซึ่งได้แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดตามขั้นตอนในการจัดการกากของเสียดังนี้

การคัดแยกและเก็บรวบรวมก่อนบำบัด

กากกัมมันตรังสีที่ส่งมาจัดการจะต้องมีการคัดแยกทั้งก่อนที่จะส่งมายังโรงจัดการกากกัมมันตรังสีและเมื่อขนส่งมาแล้วโรงจัดการกากกัมมันตรังสีก็ต้องมีการคัดแยกอีกครั้ง ในระหว่างขั้นตอนนี้มีอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่

- มีสารกัมมันตรังสีแผ่ออกมาจากภาชนะบรรจุ
- พนักงานปฏิบัติงานไม่สวมชุดป้องกัน
- ภาชนะบรรจุรั่วไหล แตก หรือเกิดการสึกกร่อน
- สารเคมีที่ปนมาทำปฏิกิริยากันร้ายแรงเกิดการระเบิด
- เกิดเหตุการณ์ร้ายแรงเช่น ไฟไหม้ น้ำท่วม การก่อร้าย

ซึ่งอันตรายหรือเหตุการณ์ร้ายแรงที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยแม้ว่าระดับความรุนแรงจะสูงและสามารถป้องกันได้

การบำบัด

ขั้นตอนการบำบัดกากกัมมันตรังสีแต่ละชนิดแตกต่างกันตามชนิดกากกัมมันตรังสีที่ได้ทำการคัดแยก ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้บำบัดได้แก่ เตาเผา เครื่องระเหย เครื่องบดอัด และเครื่องตัดย่อย จากการวิเคราะห์อันตรายของแต่ละอุปกรณ์ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ระบบเตาเผากากกัมมันตรังสี

ขั้นตอนการเผากากกัมมันตรังสีจะใช้บำบัดกากกัมมันตรังสีจำพวก สารละลายอินทรีย์และกากของแข็งที่เผาไหม้ได้ โดยก๊าซเสียที่ระบายออกจากเตาเผาจะถูกบำบัดด้วย cyclone และถุงกรองกำจัดฝุ่นและไดออกซิน ก่อนจะปล่อยออกทางปล่อง ส่วนเถ้ากากที่ก้นเตาเผาจะรวบรวมไว้เพื่อนำไปปรับสภาพกากต่อไป โดยในระหว่างกระบวนการมีอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ดังนี้

- ก๊าซเสีย และก๊าซกัมมันตรังสีที่ปล่อยออกมาจากปล่อง
- สารพิษและรังสีที่อาจแผ่ออกมาจากเตาเผาขณะดำเนินงาน
- พนักงานปฏิบัติงานไม่สวมชุดป้องกัน
- เตาหรือระบบเตามีรอยปริ
- การขัดข้องหรือชำรุดของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น blower cyclone ระบบแลกเปลี่ยนความร้อน ก๊าซเสีย ถุงกรองกำจัดฝุ่นและไดออกซิน ปล่อง และ/หรือการขัดข้องทั้งระบบ ซึ่งอาการขัดข้องอันตรายหรือเหตุการณ์ร้ายแรงที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ถือว่าอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงสูง มีการปลดปล่อยก๊าซปริมาณและมีความสูงของปล่องเพียง 10 เมตร ทำให้มีความเข้มข้นของมลพิษเพิ่มขึ้นเนื่องจากโอกาสในการเจือจางของมลพิษลดลง

2) ระบบเครื่องระเหยด้วยแสงอาทิตย์

อุปกรณ์นี้ใช้บำบัดกากกัมมันตรังสีที่เป็นสารละลายน้ำโดยตามทฤษฎีของ IAEA (International Atomic Energy Agency) ระบุไว้ว่าเป็นวิธีการที่เป็น zero discharge แต่ทั้งนี้ก็ได้มีการวิเคราะห์อันตรายที่อาจเกิดขึ้นไว้ดังนี้

- อาจมีกัมมันตภาพรังสีแผ่ออกมาจากอุปกรณ์ต่าง ๆ
- พนักงานปฏิบัติงานไม่สวมชุดป้องกัน
- การขัดข้องหรือชำรุดของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ท่อ ปั๊ม เครื่องแลกเปลี่ยนไอออน เครื่องระเหยด้วยแสงอาทิตย์ และ/หรือการขัดข้องทั้งระบบ

ซึ่งอาการขัดข้อง อันตราย หรือเหตุการณ์ร้ายแรงที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยแม้ว่าบางกรณีจะมีระดับความรุนแรงสูงก็ตามและสามารถป้องกันได้

3) ระบบเครื่องบดอัดกากของแข็ง

อุปกรณ์นี้ใช้สำหรับบดอัดกากของแข็งที่อดอัดได้เพื่อให้มีปริมาตรเล็กลงก่อนนำไปปรับสภาพ โดยในระหว่างดำเนินการอาจมีอันตรายที่จะเกิดขึ้น ดังนี้

- รังสีหรือฝุ่นอาจแผ่หรือกระจายออกมานอกอุปกรณ์บำบัด
- พนักงานปฏิบัติงานไม่สวมชุดป้องกัน
- การขัดข้องหรือชำรุดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ HEPA filter เครื่องบดอัด ปล่องระบายฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ/หรือเกิดการขัดข้องทั้งระบบ

ซึ่งอาการขัดข้อง อันตรายหรือเหตุการณ์ร้ายแรงที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยแม้ว่าบางกรณีจะมีระดับความรุนแรงสูงก็ตาม และสามารถป้องกันได้

4) เครื่องตัดย่อย

เครื่องตัดย่อยใช้ลดปริมาตรกากของแข็งกัมมันตรังสีที่ไม่สามารถเผาหรือบดอัดได้ ซึ่งขั้นตอนนี้อาจมีเหตุการณ์ขัดข้องหรือมีอันตรายเกิดขึ้นได้ดังนี้

- อาจมีรังสีหรือฝุ่นกระจายออกมานอกเครื่องตัดย่อย
- พนักงานปฏิบัติงานไม่สวมชุดป้องกัน
- การขัดข้องหรือชำรุดของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ระบบกรองฝุ่น เครื่องตัดย่อย และ/หรือเกิดการขัดข้องทั้งระบบ

ซึ่งอาการขัดข้อง หรือเหตุการณ์ร้ายแรงที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยแม้ว่าบางกรณีจะมีระดับความรุนแรงสูงก็ตาม และสามารถป้องกันได้

การขนส่งไปยังหน่วยปรับสภาพ

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการเก็บรวบรวมกากกัมมันตรังสีที่บำบัดแล้วแต่ยังหลงเหลืออยู่ในปริมาตรที่เล็กลงนำไปปรับสภาพเพื่อความปลอดภัยและจัดเก็บง่าย โดยขั้นตอนนี้อันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้แก่

- การฟุ้งกระจายขณะทำการเก็บ
- พนักงานปฏิบัติงานไม่สวมชุดป้องกัน
- เก็บกากกัมมันตรังสีที่บำบัดแล้วมาไม่ครบ

จากการวิเคราะห์เหตุการณ์ร้ายแรงที่อาจเกิดขึ้นพบว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อย

การปรับสภาพกากกัมมันตรังสี

ขั้นตอนนี้จะนำกากกัมมันตรังสีที่บำบัดแล้วหรือกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกมาทำ cementation เพื่อให้กากกัมมันตรังสีอยู่ในรูปที่ปลอดภัยและเก็บรักษาง่ายเรียกว่าผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสี โดยอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้จากขั้นตอนนี้ได้แก่

- การฟุ้งกระจายขณะทำการแปรสภาพ
- พนักงานปฏิบัติงานไม่สวมชุดป้องกัน
- ผสมอัตราส่วนของส่วนผสมในการทำ cementation ผิด
- การขัดข้องของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ใบพัดกวน หรือใบมีดกวน
- ปิดฝาถังไม่สนิท หรือทำถังปริแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอาการขัดข้อง หรือเหตุการณ์ร้ายแรงที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยแม้ว่าบางกรณีจะมีระดับความรุนแรงสูงก็ตาม และสามารถป้องกันได้

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสี

ขั้นตอนนี้เป็นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีไว้ชั่วคราว ก่อนที่จะทำการเก็บกากกัมมันตรังสีอย่างถาวรเพื่อให้กากกัมมันตรังสีสลายตัวและคายความร้อนออกมาก่อนที่จะนำไปฝังกลบอย่างถาวร (ประเทศไทยสิ้นสุดกระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีเพียงแค่ขั้นตอนนี้ การฝังเก็บกากกัมมันตรังสีอย่างถาวรยังไม่มีในประเทศไทย) โดยอันตรายที่อาจเกิดจากขั้นตอนนี้มีดังนี้

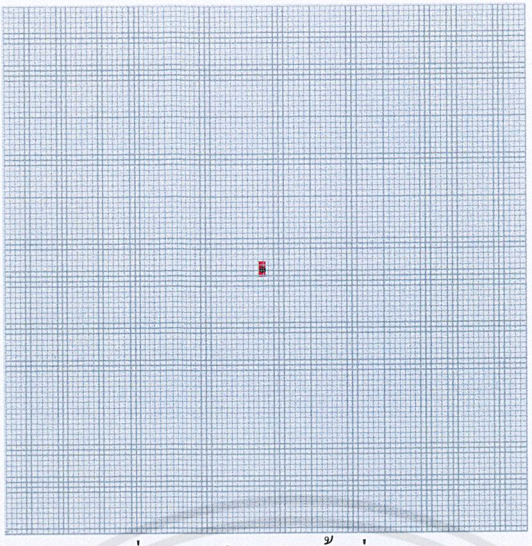
- มีความร้อนแผ่ออกมาจากผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสี
- ระบบระบายความร้อนและ/หรือระบบระบายอากาศขัดข้อง
- เกิดเหตุการณ์ร้ายแรงเช่น ไฟไหม้ น้ำท่วม การก่อร้าย

ซึ่งอันตรายหรือเหตุการณ์ร้ายแรงที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยแม้ว่าระดับความรุนแรงในบางกรณีจะสูงก็ตาม และสามารถป้องกันได้

4.2 การประเมินผลกระทบอากาศจากเตาเผากากกัมมันตรังสี

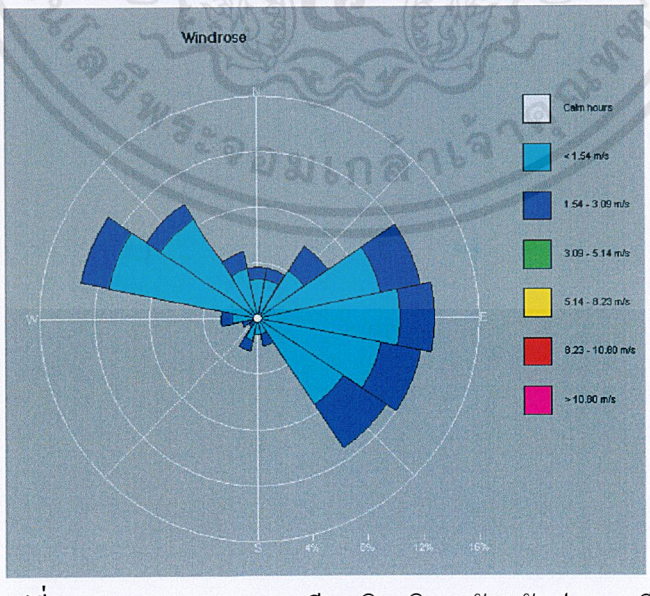
จากข้อมูลในการวิเคราะห์กระบวนการและพิจารณาอันตรายและความเสี่ยงในตอนที่ 4.1 พบว่าบริเวณที่จะก่อให้เกิดอันตรายมากที่สุดคือบริเวณเตาเผากากกัมมันตรังสี เนื่องจากสามารถปล่อยสารกัมมันตรังสีสู่สิ่งแวดล้อมได้ จากข้อมูลทางเทคนิคของปล่องระบายควันของเตาเผากากนิวเคลียร์ที่ระบุว่าปล่องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์ กลาง 0.25 เมตร ความสูง 10 เมตร อุณหภูมิที่ทางออก 180-220 องศาเซลเซียส จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นข้อมูลป้อนสำหรับการสร้างแบบจำลองอากาศในโปรแกรม ISCST3 โดยกำหนดให้มลพิษที่ปล่อยออกมาคือ PM_{10} อัตราการปลดปล่อย 1 กรัมต่อวินาที และความเร็วที่ออกจากปล่องคือ 10 เมตรต่อวินาที โดยให้ปล่องอยู่ตรงกลางของกริด (grid) ขนาด 10×10 ตารางกิโลเมตร ความละเอียดของแต่ละกริด 100×100 ตารางเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



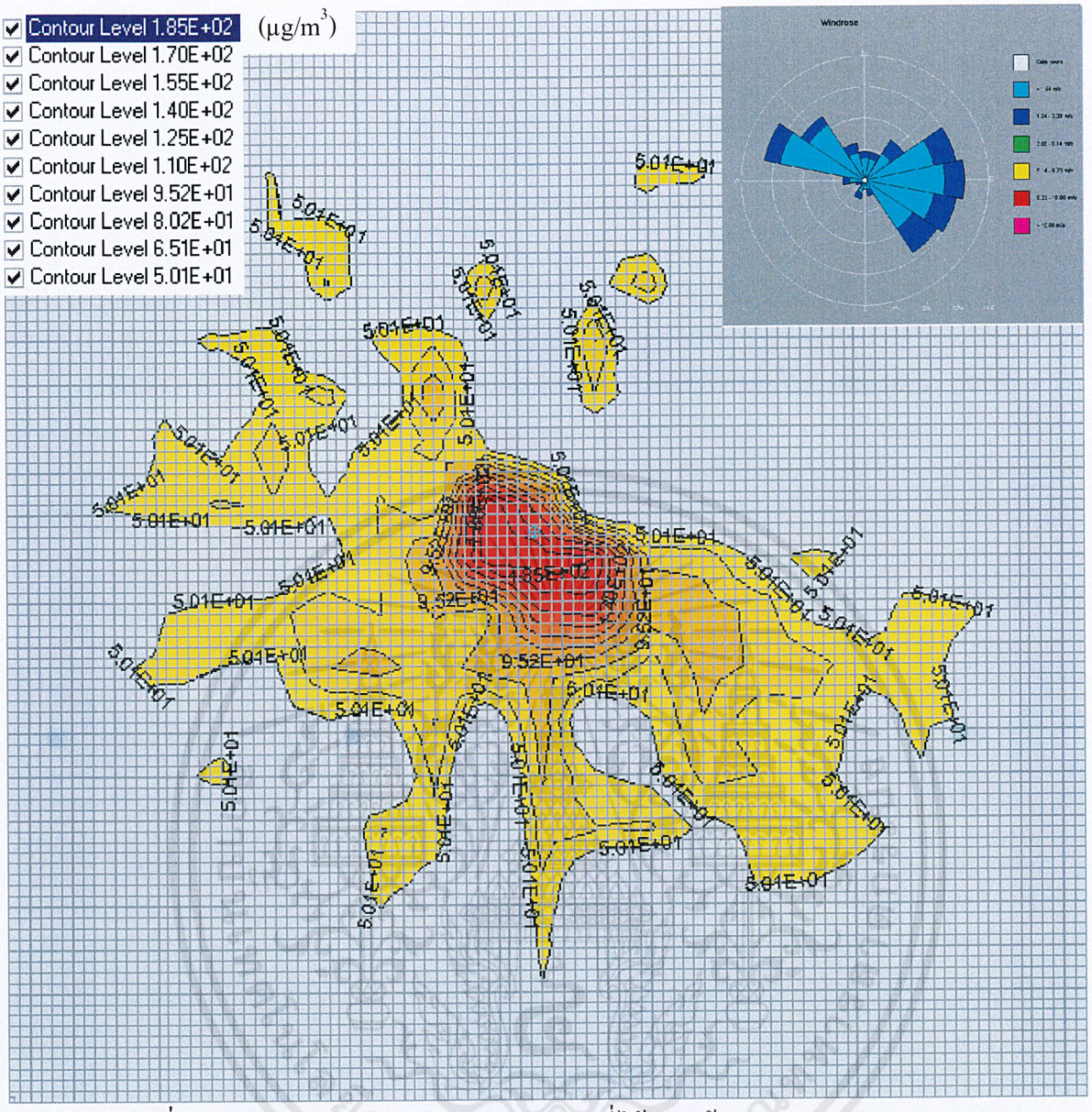
รูปที่ 4.5 ตำแหน่งของปล่องเตาเผาที่ทำการศึกษาในพื้นที่ 10×10 ตารางกิโลเมตร (ตรงกลางรูป)

จากข้อมูลของความเร็วและทิศทางลมทุกๆ 3 ชั่วโมงตลอดเวลา 1 ปี ที่ป้อนเข้าโปรแกรม สามารถสร้างแผนภูมิของลมหรือ windrose ได้ดังรูปที่ 4.6 ซึ่ง windrose เป็นแผนภูมิที่แสดงการกระจายของทิศทางลมตามที่มาของลม โดยระบุขนาดและความถี่จากสีและความยาวของแถบตามลำดับเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลของทิศทางลมทั้งปี พบว่าลมส่วนใหญ่มาจากทิศตะวันออก เฉียงเหนือถึงทิศตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันตกถึงตะวันตกเฉียงเหนือ โดยมีความเร็วลมต่ำกว่า 1.54 m/s มีประมาณ 4-12% ส่วนความเร็วลมในช่วง 1.54 – 3.09 m/s มีประมาณ 2-4% สำหรับผลแสดงการกระจายของมลพิษรายปีที่ได้จากแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 Windrose ของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดปทุมธานี

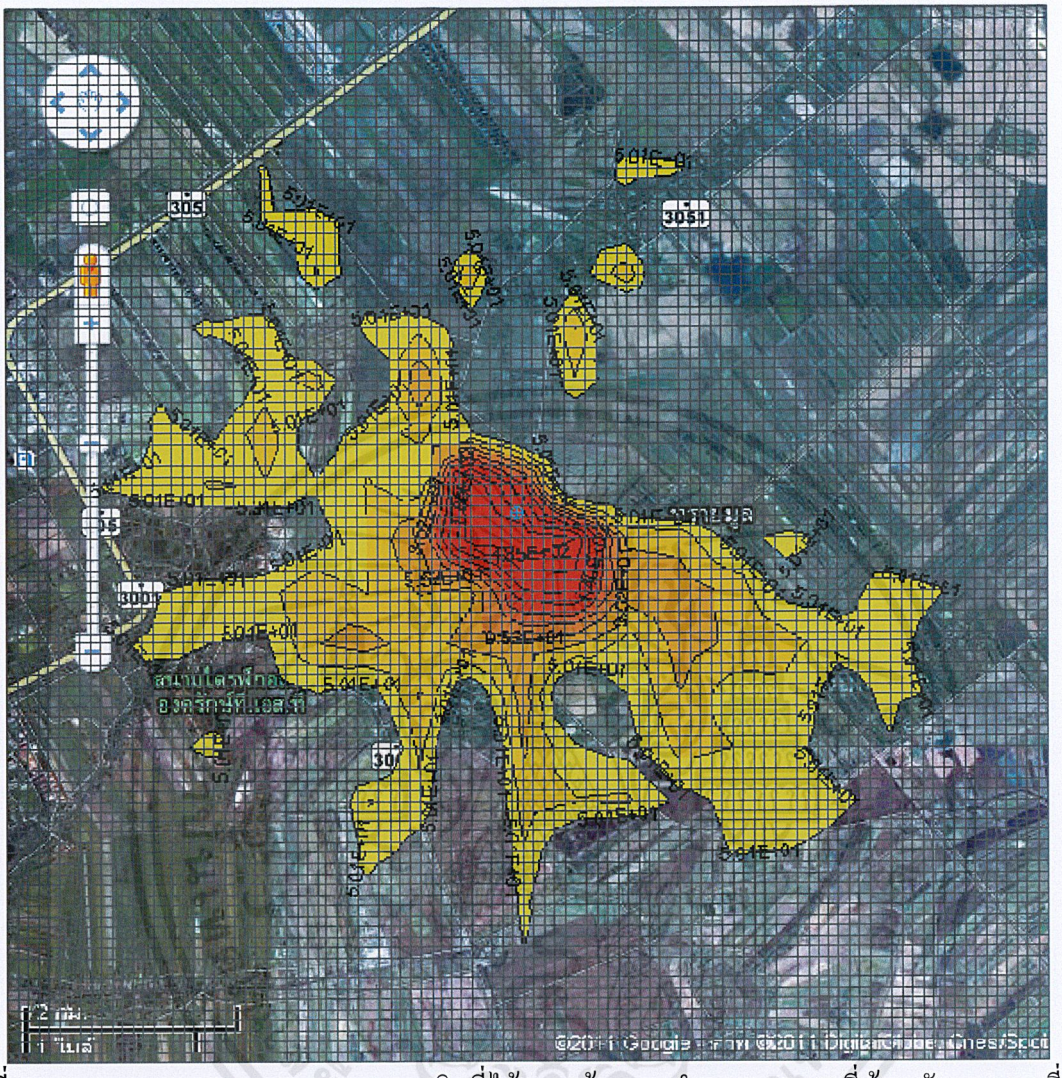
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงการกระจายของมลพิษที่ได้จากสร้างแบบจำลอง ISCST

จากรูปที่ 4.7 แสดงการกระจายของความเข้มข้นของในรูปแบบ contour ที่ระดับต่างๆ โดยให้แต่ละ contour มีสีที่แตกต่างกัน ยิ่งสีเข้มมากขึ้นแสดงว่ามีความเข้มข้นมากขึ้น จากรูปจะเห็นว่าบริเวณที่มีความเข้มข้นของมลพิษสูงจะกระจายอยู่ใกล้แหล่งกำเนิด มีรูปทรงการกระจายที่ใกล้เคียงกับรูปแบบของทิศทางลม คือมลพิษส่วนใหญ่จะกระจายอยู่ในบริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้อันเป็นอิทธิพลมาจากลมตะวันตกเฉียงเหนือ และบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือ อันเป็นอิทธิพลมาจากลมตะวันออกเฉียงใต้ หลังจากนั้นความเข้มข้นของมลพิษจะค่อยๆ เจือจางลงโดยทิศทางที่แผ่ขยายออกมา แหล่งกำเนิดไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้มาซ้อนทับกับภาพถ่ายดาวเทียม ดังแสดงในรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แผนภาพแสดงการกระจายของมลพิษที่ได้จากสร้างแบบจำลอง ISCST ที่ซ้อนทับบนแผนที่ดาวเทียม

จากรูปบริเวณปล่องตั้งอยู่ที่ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ พบว่ามลพิษที่กระจายตัวออกไปไกลที่สุดในทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศใต้ไปไกลถึงเขตของตำบลองครักษ์ ซึ่งเป็นพื้นที่รอยต่อระหว่าง ตำบลทรายมูล และตำบลองครักษ์ ส่วนการกระจายตัวในทิศทางอื่นๆ ยังอยู่ในเขตของตำบลทรายมูล มีบางบริเวณทางทิศเหนือที่ใกล้กับหลักกิโลเมตรที่ 3051 จะอยู่ที่เขตของตำบลบางอ้อ อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก ซึ่งเป็นรอยต่อกับตำบลทรายมูลนั่นเอง

จะเห็นได้ว่าผลจากการทำแบบจำลองพบว่าบริเวณที่มีความเข้มข้นข้นของ PM_{10} สูงสุดจะอยู่บริเวณรอบๆ ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์และพื้นที่โดยรอบซึ่งห่างออกมาจากปล่องไม่เกิน 500 เมตร เนื่องจากปล่องมีความสูงค่อนข้างน้อย (10 เมตร) จากสมมติฐานของการทำโครงงานว่าสารกัมมันตรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะติดไปกับฝุ่น ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าบริเวณที่จะมีการปล่อยสารกัมมันตรังสีออกไปสูงที่สุดก็คือใกล้กับแหล่งกำเนิด และจากรูปที่ 4.7 ทำให้ทราบว่าที่เส้น contour เท่ากับ 185 $\mu g/m^3$ (เส้นที่มีความเข้มข้นสูงสุด) และเส้น contour เท่ากับ 50.1 $\mu g/m^3$ (เส้นที่มีความเข้มข้นต่ำสุด) จะมีระยะทางห่างออกไปจากปล่องโดยประมาณแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงระยะทางที่เส้น contour มีความเข้มข้นสูงและต่ำสุดจากปล่อง

PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ระยะทางที่ห่างออกไปจากปล่องทางทิศต่างๆ (m)							
	N	**NE**	**E**	**SE**	**S**	**SW**	**W**	**NW**
185	-	-	550	495	400	424	500	424
50.1	3.35×10^3	495	2.75×10^3	4.24×10^3	4.10×10^3	3.68×10^3	4.00×10^3	4.10×10^3

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ระยะทางของมลพิษที่เคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดนั้นมีระยะทางประมาณ 4 กิโลเมตรเท่านั้นจากศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ ซึ่งบริเวณรอบๆ ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ไม่มีชุมชนอาศัยอยู่ มีเพียงพื้นที่นา โรงเลี้ยงไก่ คลองชลประทานและบ้านเรือนเล็กน้อย จึงทำให้คาดการณ์ได้ว่ามลพิษที่เกิดขึ้นจะไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชนโดยรอบศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์

4.3 มาตรการป้องกันและลดผลกระทบ

จากการวิเคราะห์กระบวนการและผลการประเมินผลกระทบทางอากาศ ได้เสนอวิธีการป้องกันและลดผลกระทบบางส่วนซึ่งนำมาสรุปและเพิ่มเติมบางส่วนดังนี้

การคัดแยก มีกฎบังคับให้มีการคัดแยกสารกัมมันตรังสีก่อนส่งมาจัดการและระบุสารที่ปนมากับกากกัมมันตรังสี เพื่อจะสามารถจัดการกับกากกัมมันตรังสีได้อย่างปลอดภัยและรวดเร็ว

การปฏิบัติงานของพนักงาน พนักงานที่เกี่ยวข้องต้องปฏิบัติตามกฎรักษาความปลอดภัยดังนี้

- การปฏิบัติงานของพนักงานทุกครั้งจะต้องสวมชุดป้องกันและปฏิบัติตามกฎการทำงาน
- มีการซ้อมสำหรับเหตุฉุกเฉินและมีแผนรับมือ
- มีการทำบัญชีรายการของกากกัมมันตรังสีที่เข้าออก

พื้นที่ทำงานและพื้นที่เก็บสารกัมมันตรังสี มาตรการความปลอดภัยสำหรับพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับกัมมันตรังสีมีดังนี้

- ต้องแยกบริเวณที่มีกัมมันตรังสีออกจากพื้นที่อื่น
- พื้นที่ปฏิบัติงานควรเป็นพื้นที่ปิดและติดอุปกรณ์วัดค่ากัมมันตภาพรังสีพร้อมสัญญาณเตือนเมื่อค่าที่วัดได้ไม่อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย
- ติดอุปกรณ์เตือนและดับไฟอัตโนมัติกรณีเกิดเพลิงไหม้
- พื้นที่โครงการควรอยู่สูงกว่าที่ระดับน้ำท่วมถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบอุปกรณ์ เพื่อความปลอดภัย อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการควรมีการปรับปรุงดังนี้

- อุปกรณ์จำพวกปั๊มหรือ blower ควรมีสำรองไว้
- ติด electrical bonding (การต่อสายดิน) ไว้ที่ถังเก็บของเหลวไวไฟเพื่อกันไฟไหม้จากการขนถ่ายสารเนื่องจากการสะสมของประจุไฟฟ้า
- ติดตั้ง dipping (ท่อนำของเหลวเข้าถัง) ในกรณีที่ถังเก็บสารเป็นทรงสูง
- เตาเผาอาจปรับปรุงเพื่อลดอันตรายโดยการเพิ่มความสูงของปล่องและมีการตรวจวัดมลพิษเมื่อมีการดำเนินงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากโครงการสร้างโรงจัดการกากกัมมันตรังสีของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ที่บริเวณพื้นที่ของศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก โดยเน้นการประเมินไปทางกายภาพ ด้านอากาศ สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผล

จากการดำเนินโครงงานสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1.1 การประเมินความเสี่ยงของกระบวนการ

จากการประเมินความเสี่ยงของกระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีพบว่ามีจุดที่มีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอันตรายหรือมลพิษโดยแบ่งตามกระบวนการจัดการได้ดังนี้

1. การบำบัดกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก พบว่าไม่มีจุดที่มีความเสี่ยงอยู่เนื่องจากกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกเป็นกากที่มีภาชนะห่อหุ้มอย่างมิดชิดและปลอดภัยสูง
2. การบำบัดกากชนิดพิเศษ เป็นขั้นตอนที่แทบจะไม่มีจุดที่มีความเสี่ยงที่สำคัญอยู่เลยเพราะเป็นการเก็บเอาไว้ในถัง 200 ลิตรเท่านั้น
3. การบำบัดกากของเหลวแบ่งออกเป็น 3 กระบวนการดังนี้

- ขั้นตอนการบำบัดสารละลายน้ำ มีจุดที่มีความเสี่ยงคือเครื่องระเหยด้วยแสงอาทิตย์ เพราะอาจมีการแผ่ของกัมมันตรังสีระหว่างที่มีการระเหย
- ขั้นตอนการบำบัดของเสียทางการแพทย์ ไม่มีจุดที่ความเสี่ยงที่น่าวิตกเนื่องจากเป็นเพียงการเก็บเอาไว้ในถังโพลิเอธิลีนขนาด 20 ลิตรเท่านั้น
- ขั้นตอนการบำบัดสารละลายอินทรีย์ซึ่งทำการบำบัดโดยการเผาด้วยเตาเผา มีจุดที่มีความเสี่ยงอยู่หลายจุดได้แก่ เตาเผาซึ่งรวมถึง cyclone หอแลกเปลี่ยนความร้อน ถุงกรองกำจัดฝุ่น และปล่อง

4. การบำบัดกากของแข็งแบ่งออกเป็น 3 กระบวนการดังนี้

- การตัดย่อยกากของแข็งที่เผาไหม้ไม่ได้/บดอัดไม่ได้ มีจุดที่มีความเสี่ยงคือ ตัวเครื่องตัดย่อยและชุดกรองอากาศของเครื่องตัดย่อย
- การบดอัดกากของแข็งที่บดอัดได้ มีจุดที่มีความเสี่ยงคือ เครื่องบดอัด เครื่องกรองอากาศ HEPA filter และปล่องระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเผากากของแข็งที่เผาไหม้ได้มีการนำกากของแข็งไปเผาในเตาเผาเดียวกันกับสารละลายอินทรีย์เพราะฉะนั้นมีจุดที่มีความเสี่ยงเช่นเดียวกันกับการบำบัดสารละลายอินทรีย์

5.1.2 การประเมินผลกระทบเนื่องจากการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศ

จากการประเมินกระบวนการทำให้ทราบว่าจุดที่มีความเสี่ยงที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศมากที่สุดคือระบบเตาเผาเนื่องจากมีจุดที่มีความเสี่ยงอยู่หลายจุด และเป็นจุดที่มีการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมไปในวงกว้างที่สุด ดังนั้นได้นำปล่องระบายก๊าซเสียจากเตาเผามาทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศโดยใช้โปรแกรม ISCST3 ซึ่งได้ผลเป็นดังนี้ มลพิษจากปล่องของเตาเผาจะกระจายตัวอยู่ในพื้นที่แคบๆ ที่ระยะห่างจากปล่องไม่เกิน 4 กิโลเมตรซึ่งแสดงว่ามลพิษได้กระจายตัวโดยมีลักษณะการกระจายตัวแบบเดียวกับการกระจายของทิศทางลม ซึ่งรัศมีการกระจายอยู่บริเวณโดยรอบโครงการซึ่งบริเวณนี้ไม่มีชุมชนอาศัยอยู่เลยจึงทำให้มลพิษจากปล่องไปไม่ถึงชุมชน แต่มีข้อเสียคือการที่มลพิษไม่ได้กระจายตัวออกไปในบริเวณกว้างจะทำให้การเจือจางของมลพิษมีเป็นไปได้น้อย ซึ่งอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานของศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ได้

5.1.3 มาตรการป้องกัน

มาตรการในการลดผลกระทบของมลพิษที่เกิดจากเตาเผา อาจทำได้โดยการเพิ่มความสูงของปล่อง เพื่อให้มลพิษเจือจางได้ดีขึ้น นอกจากนี้ในระหว่างการดำเนินงานควรมีการตรวจวัดปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อยเป็นระยะ เพื่อใช้ในการพิจารณาว่าควรมีการปรับปรุงการออกแบบเตาเผาหรือไม่

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผลจากการสร้างแบบจำลองอาจมีข้อผิดพลาดเนื่องจาก
   - ขาดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ตำแหน่งโครงการจริง ดังนั้นควรมีเสาวัดสภาพอากาศบริเวณโครงการ
   - การทำแบบจำลองทำโดยค่าสมมติค่าอัตราการปลดปล่อยPM_{10} 1 g/s และการกำหนดให้มีค่าความเร็วของมลพิษที่ออกจากปล่อง 10 m/s เพื่อข้อมูลที่ถูกต้องควรมีการวัดค่าจริง
   - ข้อมูลกระบวนการใช้ข้อมูลจากการออกแบบและข้อมูลจากศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีเดิม เมื่อสร้างจริงมีการอาจเปลี่ยนแปลงทำให้ผลที่ได้ไม่ถูกต้อง
   - การสร้างแบบจำลองในโครงงานนี้ไม่พิจารณาการสลายตัวของธาตุและค่าครึ่งชีวิต
2. เมื่อมีการดำเนินกระบวนการเผาจริงแล้ว ควรมีการตรวจวัดค่ามลพิษที่ปลดปล่อยจริงของแต่ละจุดในพื้น เพื่อพิจารณาปรับปรุงการออกแบบปล่อง
3. ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองทำให้ทราบว่ามลพิษมีการกระจายตัวได้น้อย ดังนั้นจึงควรพิจารณาเพิ่มความสูงของปล่องเพื่อช่วยในการกระจายตัวของมลพิษให้ดีขึ้นและมลพิษที่ออกมาจะได้มีการเจือจางได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] K. Raj*,K.K. Prasad, N.K. Bansal. 2006. "Radioactive waste management practices in India." **Nuclear Engineering and Design** 2006(236) : 914-930.

[2] ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ. "**การจัดการกากกัมมันตรังสี.**" กรุงเทพฯ.เอกสารอัดสำเนา.

[3] อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ. 2552. "**ความปลอดภัยในวิศวกรรมเคมี.**" กรุงเทพ ฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เอกสารอัดสำเนา.

[4] สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการความปลอดภัย. 2552. "**การประเมินความเสี่ยงในงานอุตสาหกรรม.**" มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.

[5] ฉัตรไชย รัตนไชย. 2551. **การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] Munn,R.E.1979. **Environment Impact Assessment**,Principles and Procedures, New York: John Wiley & Sons.

[7] UNEP.1988. **Environment Impact Assessment: Basic Procedures for developing countries**. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme.

[8] นพภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช. 2544. **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] Office of the Washington State Climatologist.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.climate.washington.edu/climate.html. (เข้าถึงข้อมูลวันที่ 27 กันยายน 2553).

[10] "Plume dispersion"[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.eea.europa.eu (เข้าถึงข้อมูลวันที่ 5 กันยายน 2553).

[11] T.J. Stocki, P.Armand, Ph. Heinrich, R.K. Ungar, R.D'Amours, E.P. Korpach, A. Bellier, T. Taffary, A.Malo, M.Bean, I. Hoffman, M.Jean. 2008. "Measurement and modeling of radioxenon plumes in the Ottawa Valley." **Journal of Environmental Radioactivity** 2008(99) : 1775-1788.

[12] ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ

[13] Google maps. "แผนที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์." [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://maps.google.co.th/maps?hl=th&tab=wl. (เข้าถึงข้อมูลวันที่ 5 ตุลาคม 2553).

[14] Google maps. [ออนไลน์]. (เข้าถึงข้อมูลวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2554).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15] Google maps. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://maps.google.co.th/maps?hl=th&tab=wl#. (เข้าถึงข้อมูลวันที่ 5 ตุลาคม 2553).

[16] Stephen G. Zemba*, Laura C. Green, Edmund A.C. Crouch, Richard R. Lester. 1995. "Quantitative risk assessment of stack emissions from municipal waste combustors" **Journal of Hazardous Materials** 47 (1996) 229-275

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

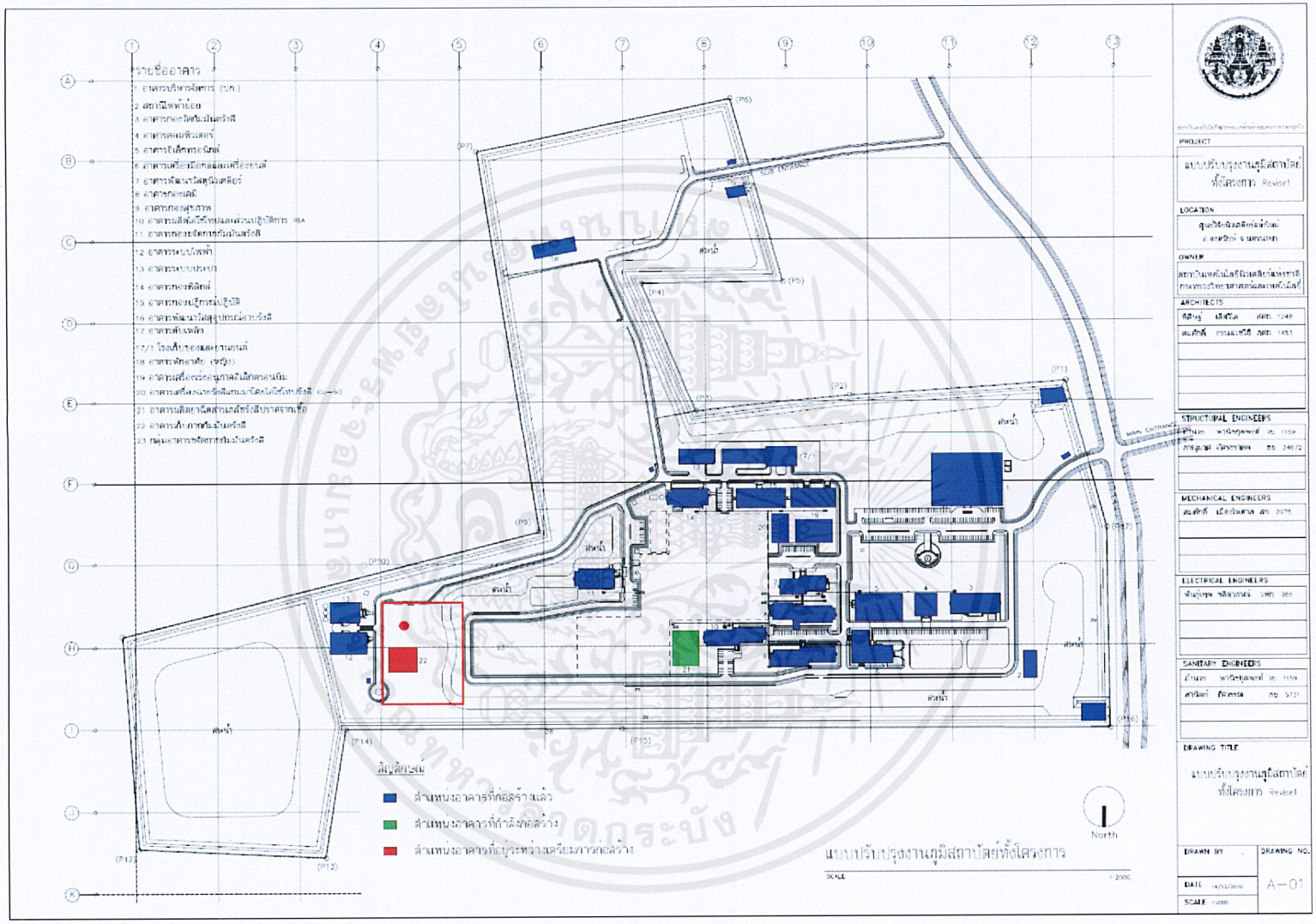
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลโรงจัดการกากกัมมันตรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-1 พื้นที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์(ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีตั้งอยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมสีแดงและจุดวงกลมสีแดงคือตำแหน่งเตาเผา) [12]

ตารางที่ ก-1 The principle forms and types of radioactive waste collected from radioisotope users in Thailand. []

Waste Forms	Compositions of Waste (Sources)
1. Liquids	
1.1 Aqueous Liquids	- Cooling water from research reactor - Laboratories - Hot cells (isotope production) - Decontamination campaigns - Sumps - Rinsing water
1.2 Organic Liquids	- Scintillation liquids - Oil from pumps - , etc.
2. Solids	
2.1 Compactable/ Combustible	- Tissues - Swabs - Papers - Plastic (PE, PVC, etc.) - Rubber gloves - Protective clothes - Textiles - Filter frame and media - Thin metals - Glassware - Carcasses - Excreta
2.2 Non compactable/ Non combustible	- Contaminated metals - Contaminated soils - Brickworks - $Ba(Ra)SO_4$ (from monazite plant) - Ion exchange resins - Disused sealed radiation source

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 Estimated amount of RW collected in Thailand. []

Forms of waste	Estimated amount of RW per year	Typical Isotopes
1. Liquids		
1.1 Aqueous liquids	200 m^3/y	- Corrosion and activation products from research reactor: Fe-55, Fe-59, Co-58, Co-60, etc. - Contaminated aqueous liquids from laboratories: Cs-137, I-125, I-131, Cr-51, Zn-65, Tc-99, P-32, S-35, etc.
1.2 Organic liquids	0.1	- H-3, C-14, etc.
2. Solids P-32, Cs-137, S-35, H-3, Cr-51, I-125, C-14, Pa-45, Ca-45, I-131, Co-57, Ba-133, Ra-226, Tc-99m, Th-232, Y-90, Re-188, Zn-65, Hg-203, Sr-90, Cs-134, Mn-57, Co-58, Cd-109, Na-22, etc.		
2.1 Compactables	5 m^3/y	
2.2 Combustible	10 m^3/y	
2.3 Carcasses	20 - 30 kg/y	From Isotope Production Building: I-131, Sm-153, Tc-99m, etc.
2.4 Chemical sludge	0.2 m^3/y	From chemical precipitation plant
2.5 Ash and fly ash	0.2 m^3/y	From incinertion system
2.6 Spent resin	0.3 m^3/y	From research reactor system: Co-60
2.6 disused sealed source	~ 6 Ci/y	Teletherapy Units from hospitals; Co-60,Ra-226 Eye Application: Sr-90 Brachytherapy ; Ra-226, Cs-137, Co-60, Sr-90, etc. Gauging; Co-60, Cs-137, Ra/Be, Sr-90, Kr-85 and etc. Smoking Detector; Am-241 Lightning Preventer; Am-241 and Ra-226, etc.,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ใช้ป้อนโปรแกรม ISC

1. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ข้อมูลระดับพื้น และข้อมูลระดับสูง ดังนี้

ตารางที่ ข-1 ตัวอย่างข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับพื้น (surface file)

ปี/เดือน/วัน	ชั่วโมง	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทางลม (องศา)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณเมฆ (ส่วนของสิบส่วน)	Ceiling Height
09/01/01	1	2.33	340	26.3	5	6562
09/01/01	2	2.53	300	25.7	5	6562
09/01/01	3	1.17	320	25.6	5	6562
09/01/01	4	2.72	60	25.5	5	6562
09/01/01	5	1.56	40	25.0	5	6562

เมื่อใช้โปรแกรม PCRAMMET แปลงไฟล์ข้อมูลทั้งหมดออกมาจะได้รูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

11111090101010663000030780505

11111090101020663200010780505

11111090101030660600030780505

11111090101040660400020770505

11111090101050662900010760505

ตารางที่ ข-2 ตัวอย่างข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับสูง (upper file)

ปี/เดือน/วัน	ชั่วโมง	Mixing Height	
		min MH	max MH
09/01/01	1	450	1050
09/01/01	2	500	1050
09/01/01	3	600	1350
09/01/01	4	500	1400
09/01/01	5	300	1500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้โปรแกรม PCRAMMET แปลงไฟล์ข้อมูลทั้งหมดออกมาจะได้รูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

22222090101	0450	1050
22222090102	0500	1050
22222090103	0600	1350
22222090104	0500	1400
22222090105	0300	1500

2. ข้อมูลแหล่งกำเนิด ในที่นี้คือแหล่งกำเนิดแบบจุดมีข้อมูลดังนี้

- ที่ตั้งของเหล่งกำเนิด ละติจูด 14.124444N, ลองจิจูด 101.030166E
- ความสูงของปล่อง 10 เมตร
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายปล่อง 0.25 เมตร
- อุณหภูมิที่ระบายออกจากปล่อง 473 องศาเคลวิน
- ความเร็วของก๊าซที่ปลายปล่อง 10 เมตร/วินาที (อ้างอิงจากงานวิจัย [16] เนื่องจากไม่มีข้อมูลจริง)
- อัตราการปลดปล่อยของสารพิษ PM_{10} 1 กรัม/วินาที (อ้างอิงจากงานวิจัย[16] เนื่องจากไม่มีข้อมูล)จริง
- พื้นที่กำหนดให้เป็นพื้นที่ชนบท

3. ข้อมูลผู้รับ

กำหนดเป็น grid มีขนาดช่องละ 100×100 ตารางเมตร โดยมีพื้นที่ศึกษารวม 10×10 ตารางกิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ผลที่ได้จากการรันโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการรันโปรแกรม ISC

ตัวอย่างการแสดงค่าที่ได้จากการรันโปรแกรมเป็นความเข้มข้นสูงสุดรายชั่วโมงที่ตำแหน่งต่างๆ เป็น $\mu g/m^3$ แสดงดังนี้

```
***THE   1ST HIGHEST  1-HR AVERAGE CONCENTRATION   VALUES FOR SOURCE GROUP:  ALL***
   INCLUDING SOURCE(S):      SRC1 ,

     *** NETWORK ID: GRD1 ;  NETWORK TYPE: GRIDCART ***

          ** CONC OF OTHER    IN MICROGRAMS/M**3        **
```

Y-COORD (METERS)	X-COORD (METERS)				
	−5054.00	-4954.00	-4854.00	-4754.00	-4654.00
4776.0	12.89056 (09010402)	19.67236 (09010402)	26.42684 (09010402)	31.01982 (09010402)	31.56811 (09010402)
4676.0	7.42489 (09010402)	12.98086 (09010402)	20.02804 (09010402)	27.07050 (09010402)	31.80418 (09010402)
4576.0	3.66263 (09010402)	7.35381 (09010402)	13.06585 (09010402)	20.39261 (09010402)	27.74117 (09010402)
4476.0	1.60132 (09010709)	3.54544 (09010402)	7.27322 (09010402)	13.14474 (09010402)	20.76618 (09010402)
4376.0	2.02258 (09010201)	1.65510 (09010709)	3.42255 (09010402)	7.18251 (09010402)	13.21666 (09010402)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

การชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงการจัดการกากกัมมันตรังสี ด้วยวิธี What – If Analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-1.1 ผลการศึกษาขั้นตอน แหล่งที่มาของกากกัมมันตรังสี กรณีการดำเนินงานปกติ

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. กัมมันตภาพรังสีแผ่ออกมานอกภาชนะ เช่น ถุงพลาสติก และขวดพลาสติก	- มีผลกระทบน้อย เนื่องจากปริมาณสารรังสีอยู่ในระดับต่ำ	- เก็บไว้ในห้องเพื่อแยกบริเวณที่มีกัมมันภาพตรังสีออกจากบริเวณอื่นๆ หรือทำเป็นพื้นที่ควบคุม		2	1	2	เล็กน้อย
2. การเก็บกาก-กัมมันตรังสีปิดผนึกที่เลิกใช้แล้ว	- แทบไม่มี ยกเว้นเกิดอุบัติเหตุ			1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-1.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **แหล่งที่มาของกากกัมมันตรังสี** กรณีการดำเนินงานที่**ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1.เก็บกากกัมมันตรังสีไม่แยกชนิดกัน โดยเฉพาะกากของเหลวกัมมันตรังสีที่ต่างชนิดกัน	- ทำให้การจัดการกากกัมมันตรังสียาก - เกิดการระเบิดหรือไฟไหม้หากสารเคมีทำปฏิกิริยากัน - เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการบำบัด	- ให้ความรู้หรือเอกสารแนะนำการคัดแยกกากกัมมันตรังสีและปลูกจิตสำนึกกับผู้ก่อให้เกิดกากกัมมันตรังสี - ติดตั้งอุปกรณ์เตือนกรณีที่มีสารกัมมันตรังสีถูกปล่อยออกมามากผิดปกติ - มีอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลรวมถึงอุปกรณ์สำหรับป้องกันรังสี - เมื่อเจ้าหน้าที่ได้รับทราบว่ามีการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีหากจัดการเองได้ให้รีบจัดการ หากไม่สามารถต้องรีบแจ้งศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีทันที ซึ่งควรมีหมายเลขรับแจ้งเหตุฉุกเฉินตลอด 24 ชั่วโมง	- มีมาตรการพิเศษ เช่น กำหนดค่าใช้จ่ายในการจัดการกากกัมมันตรังสีที่ไม่ทำการคัดแยกสูงกว่ากากกัมมันตรังสีทั่วไป - มีระบบสื่อสารที่ดี สามารถทำให้พนักงานสามารถแจ้งเหตุได้อย่างรวดเร็ว - ที่แหล่งเก็บกากกัมมันตรังสีควรมีปุ่มกดฉุกเฉินเพื่อแจ้งเหตุต่อศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีได้ทันทีกรณีฉุกเฉิน	4	2	8	ความเสี่ยงสูง

ตารางที่ ง-1.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **แหล่งที่มาของกากกัมมันตรังสี** กรณีการดำเนินงานที่**ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
2. ถุงหรือถังเก็บกากกัมมันตรังสีรั่ว หรือปิดฝาไม่สนิท	- เกิดการปลอมปนของกัมมันตภาพรังสีออกสู่สิ่งแวดล้อม	- เมื่อตรวจพบการรั่วไหลต้องรีบจัดการทันที เช่น ปิดภาชนะให้สนิท หรือเปลี่ยนภาชนะบรรจุ หลังจากนั้นต้องทำการชำระล้างความเปรอะเปื้อน - หากไม่สามารถจัดการเองได้ต้องรีบแจ้งศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีทันที - กำหนดคุณภาพของภาชนะที่ใช้บรรจุและแสดงวิธีการใช้ภาชนะสำหรับเก็บสารกัมมันตรังสีอย่างชัดเจน - ติดตั้งอุปกรณ์เตือนกรณีที่ปริมาณรังสีสูงเกินค่ากำหนด	- ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัด - อาจมีการผลิตเครื่อง sealed ปากถุงหรือถัง	1	2	2	เล็กน้อย
3. พนักงานไม่สวมชุดป้องกันขณะปฏิบัติงาน	- สารรังสีติดไปกับพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม - พนักงานได้รับสารรังสี	- มีชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ ชุดคลุม รองเท้า ฟิล์มแบท หรือเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดให้สัญญาณเตือน - เมื่อปฏิบัติงานเสร็จต้องถอด ชุด	- ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัด	2	2	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-1.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **แหล่งที่มาของกากกัมมันตรังสี** กรณีการดำเนินงานที่**ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
	โดยตรง	อุปกรณ์ป้องกันออกและจัดการตามข้อกำหนด เช่น ถุงมือให้รวบรวมแล้วทิ้งเป็นกากของแข็งกัมมันตรังสี					
4. การลักขโมยเนื่องจากรู้เท่าไม่ถึงการณ์ กรณีไม่ใช่กากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก	- เกิดการปลอมปนไปกับสิ่งแวดล้อมซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ลักขโมย ทั้งนี้ความรุนแรงขึ้นกับชนิดของสารกัมมันตรังสี	- มีระบบรักษาความปลอดภัยที่แน่นหนา เช่น กุญแจ keycard หรือระบบสแกนนิ้วมือก่อนเข้า และอาจมีสัญญาณเตือนเมื่อมีผู้ไม่ได้รับอนุญาตเข้าไป - แสดงป้ายเตือนถึงความอันตรายของสารกัมมันตรังอย่างชัดเจน	- ประสานกับเจ้าหน้าที่ตำรวจเพื่อติดตามคืนมาจัดการก่อนที่จะมีการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม - มีการซ้อมแผนรับมือฉุกเฉินเมื่อเกิดอุบัติเหตุทางรังสี	1	2	2	เล็กน้อย
5. การลักขโมยไปทำลายกรณีที่เป็นกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก เช่น เพื่อเอาโลหะ	- เกิดการปลอมปนไปกับสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อผู้ลักขโมยอย่างรุนแรงทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของสารกัมมันตรังสีด้วย	- มีระบบรักษาความปลอดภัยที่แน่นหนา เช่น กุญแจ keycard หรือระบบสแกนนิ้วมือก่อนเข้า และอาจมีสัญญาณเตือนเมื่อมีผู้ไม่ได้รับอนุญาตเข้าไป - แสดงป้ายเตือนถึงความอันตรายของสารกัมมันตรังอย่างชัดเจน	- ประสานกับเจ้าหน้าที่ตำรวจเพื่อติดตามนำมาจัดการก่อนที่จะมีการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม - มีการซ้อมแผนรับมือฉุกเฉินเมื่อเกิดอุบัติเหตุทางรังสี	1	4	4	ยอมรับได้
6. การลักขโมยไป	- เกิดผลกระทบรุนแรง	- มีระบบรักษาความปลอดภัยที่แน่น	- ประสานกับเจ้าหน้าที่ตำรวจเพื่อ	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-1.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **แหล่งที่มาของกากกัมมันตรังสี** กรณีการดำเนินงานที่**ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
เพื่อก่อการร้ายโดยเฉพาะกับกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก	เนื่องจากจุดประสงค์ของผู้ก่อการร้ายต้องการให้เกิดความเสียหายและอันตรายต่อบุคคลแลสิ่งแวด- ล้อม อย่างรุนแรง	หนา อาจมีสัญญาณเตือนเมื่อมีผู้ไม่ได้รับอนุญาตเข้าไป - แสดงป้ายเตือนถึงความอันตรายของสารกัมมันตรังอย่างชัดเจน	ติดตามนำมาจัดการก่อนที่จะมีการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม - มีการซ้อมแผนรับมือฉุกเฉินเมื่อเกิดอุบัติเหตุทางรังสี				

ตารางที่ ง-2.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การขนส่ง** กรณีการดำเนิน**งานปกติ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1.กัมมันตภาพรังสีแผ่ออกมานอกภาชนะได้บ้าง	- แต่เมื่อเก็บไว้ในรถที่ใช้ขนส่งกากกัมมันตรังสีแล้วจะไม่มีรังสีแผ่ออกมาได้เลย			1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-2.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การขนส่ง** กรณีการดำเนินงานที่**ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. รถชน-รถคว่ำ	- หากห้องเก็บกากฯและภาชนะใส่กากฯ เสียหาย โดยเป็นกากฯที่มีอันตรายร้ายแรงจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างสูง บุคคลใกล้เคียงบาดเจ็บหรือเสียชีวิต แต่หากเป็นกากฯที่ไม่ร้ายแรงจะเกิดผลกระทบต่ำมาก	- หากเกินความสามารถในการจัดการให้แจ้งเจ้าหน้าที่จากศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีทันที และล้อมกั้นเขตอันตรายรอเจ้าหน้าที่จากศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีเข้ามาจัดการ - หากสามารถจัดการเองได้ให้รีบจัดการ - มีการซ้อมแผนรับมือ โดยหากเกิดเหตุพนักงานต้องแจ้งเจ้าหน้าที่ที่ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีและเจ้าหน้าที่ตำรวจทันที	- ติด GPS ที่รถขนส่งกากกัมมันตรังสี และวางแผนเส้นทางเดินทางไว้ก่อน หากรถหยุดผิดปกติ หรือออกนอกเส้นทางจะมีสัญญาณเตือนไปยังศูนย์จัดการกากฯทันที - มีระบบติดต่อสื่อสารกับพนักงานบนรถอย่างดี หากเกิดฉุกเฉินพนักงานสามารถแจ้งศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีได้ทันที เช่น มีปุ่มกดฉุกเฉิน - มีระบบตอบรับจากพนักงานที่ขนส่งกากกัมมันตรังสี ด้านที่นั่งข้างคนขับ โดยให้กดปุ่มสัญญาณนี้เมื่อมีไฟขึ้นทุกๆชั่วโมง (ระยะเวลาอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม) เพื่อเป็นการแสดงว่าพนักงานและรถขนส่งยังปกติอยู่ หากไม่มีการกดปุ่มเกิดขึ้นเมื่อถึงเวลาจะมีสัญญานดังเตือนทั้งทางด้านศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีและรถขนส่งกากกัมมันตรังสี - ทุกครั้งที่ปฏิบัติงานควรประสานงานกับ	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-2.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การขนส่ง** กรณีการดำเนินงานที่**ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
			เจ้าหน้าที่ตำรวจแต่ละท้องที่ ที่รถขนส่งกากกัมมันตรังสีต้องผ่านว่าวันใดจะมีการขนส่งกากฯ หากเกิดเหตุฉุกเฉินจะได้แจ้งตำรวจให้เข้ามาช่วยเหลือได้เร็วขึ้น เช่น กรณีก่อการร้าย				
2. ก่อการร้ายวินาศกรรม	- มีความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายร้ายแรงสูง เนื่องจากผู้กระทำการจงใจที่จะทำความเสียหายให้เกิดขึ้นมากที่สุด ทั้งต่อชีวิต ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม	- มีการซ้อมแผนรับมือ โดยหากเกิดเหตุพนักงานต้องแจ้งเจ้าหน้าที่ที่ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีและเจ้าหน้าที่ตำรวจทันที โดยอาจมีปุ่มแจ้งเหตุฉุกเฉิน	- เหมือนข้อ 1.	1	4	4	ยอมรับได้
3. ลักขโมย ปล้นชิงรถ	- สารรังสีแพร่สู่สิ่งแวดล้อม ผู้ร้าย และบุคคลใกล้เคียงได้หากผู้ร้ายทำการงัดแงะหรือแกะบรรจุภัณฑ์	- เหมือนข้อ 2.	- เหมือนข้อ 1.	1	3	3	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-2.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การขนส่ง** กรณีการดำเนินงานที่**ผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
4. เก็บกากกัมมันตรังสีมาไม่ครบ ตกหล่น	- เสียเวลาและค่าใช้จ่าย - หากเป็นสารรังสีที่ร้ายแรง อาจเกิดอันตรายต่อคนและสิ่งแวดล้อม - อาจนำไปสู่อุบัติเหตุร้ายแรงได้	- ปลูกฝังความรอบคอบแก่พนักงาน - มีอุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงต่าง ๆ - ก่อนที่จะส่งกากฯมาที่ศูนย์จัดการกากฯ ทางหน่วยงานของแหล่งกำเนิดกากฯต้องส่งเอกสาร ข้อมูลชนิด จำนวน และปริมาณของกากฯให้ศูนย์จัดการกากฯก่อน	- พนักงานที่แหล่งกำเนิดกาก ฯ ต้องมีการทำบัญชีกากฯ เข้า-ออกเสมอ	1	2	2	เล็กน้อย
5. พนักงานไม่สวมชุดป้องกันขณะปฏิบัติงาน	- สารรังสีติดไปกับพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม - พนักงานได้รับสารรังสีโดยตรง	- มีชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ ชุดคลุม รองเท้า ฟิล์มแบท หรือเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดให้สัญญาณเตือน - เมื่อปฏิบัติงานต้องถอดอุปกรณ์ควบคุมออกและจัดการตามข้อกำหนด เช่นถุงมือให้รวบรวมแล้วทิ้งเป็นกากของแข็ง	- ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัด	2	1	2	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-3.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การคัดแยก** กรณีการดำเนินงาน**ปกติ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. กัมมันตภาพรังสีแผ่ออกมานอกภาชนะ เช่น ถุงพลาสติกและขวดพลาสติก	- พนักงานอาจได้รับสารรังสีบ้าง หากไม่สวมชุดป้องกัน	- เก็บไว้ในห้องเก็บกากฯ โดยเฉพาะเพื่อแยกบริเวณที่มีกัมมันภาพตรังสีออกจากบริเวณอื่นๆ หรือทำเป็นพื้นที่ควบคุม		1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-3.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การคัดแยก** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. การกระแทกของภาชนะทำให้เกิดการรั่ว และแตก	- เกิดอันตรายต่อพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมและบรรยากาศ โดยเฉพาะกากฯที่มีความแรงรังสีสูง	- มีอุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงในการยกและขนย้าย - มีอุปกรณ์ส่งสัญญาณเตือนหากปริมาณรังสีมากเกินกำหนด	- ปลูกฝังความรอบคอบ และฝึกอบรมให้พนักงานมีความชำนาญ - เมื่อเกิดเหตุพนักงานต้องรีบจัดการทันที หากเกินความสามารถให้รีบตามผู้เชี่ยวชาญ - หากภาชนะที่รั่วมีความแรงรังสีสูงหรือเข้มข้น ต้องเครื่องวัดรังสีตรวจดู	1	3	3	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-3.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การคัดแยก** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
			บริเวณนั้นและบริเวณรอบๆ ด้วย พร้อมทั้งสวมชุดป้องกันขณะทำหน้าที่ หากรั่วไหลปริมาณมากควรหาวัสดุมากั้นรังสีด้วย - หลังเกิดเหตุให้ชำระล้างความเปรอะเปื้อน หากรังสียังสูงควรกั้นพื้นที่ไว้ก่อน - สอบสวนหากเกิดจากความประมาท และมีบทลงโทษผู้กระทำผิด				
2. เกิดการระเบิดหรือติดไฟเนื่องจากกระแทก ถ่ายโอนสาร หรือสารเคมีทำปฏิกิริยากัน	- เกิดอันตรายต่อพนักงานได้ บาดเจ็บ - อาคาร อุปกรณ์เสียหาย - สารรังสีแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมและบรรยากาศ	- มีอุปกรณ์ส่งสัญญาณเตือนเมื่อเกิดเพลิงใหม่ - มีอุปกรณ์ดับไฟอัตโนมัติในอาคารและมีอุปกรณ์ไว้ใช้ดับเพลิงเบื้องต้น - มีปุ่มกดแจ้งหน่วยดับเพลิงฉุกเฉินเพื่อความสะดวก - มีการฝึกหัด และอบรมพนักงานด้านการด้านการดับเพลิงเบื้องต้นหรือมีหน่วยดับเพลิงไว้ที่หน่วยงาน	- ปลูกฝังการทำงานอย่างรอบคอบให้พนักงาน และฝึกหัดความชำนาญ - เมื่อเกิดเหตุพนักงานใบบริเวณต้องรีบจัดการ หากเกินความสามารถให้รีบแจ้งผู้ชำนาญและหลบออกมาก่อน - รีบช่วยผู้บาดเจ็บหากมี ถ้าเป็นไปได้ควรมีหน่วยปฐมพยาบาลไว้ที่ศูนย์	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-3.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การคัดแยก** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
		เลย - ห้ามทำให้เกิดประกายไฟบริเวณนี้โดยเด็ดขาด - มีป้ายข้อความเตือนต่างๆ - มีกฎแบบแผนขั้นตอนการทำงานให้พนักงานปฏิบัติตามโดยชัดเจน					
3. เกิดการก่อการร้าย หรือวินาศกรรม	- เกิดอันตรายร้ายแรงทั้งต่อ มนุษย์ และสิ่งแวดล้อมได้อย่างสูง โดยเฉพาะกากฯ ที่มีความแรงรังสีสูง	- มีการซ้อมแผนรับมือการก่อการร้ายเสมอ และอาจประสานงานซ้อมร่วมกับตำรวจ - มีสัญญาณเตือนผู้บุกรุก และกล้องวงจรปิด เมื่อฝ่ายรักษาความปลอดภัยทราบให้รีบดำเนินการและแจ้งตำรวจ	- มีระบบตรวจเช็คคนเข้าออก มีการบันทึกได้อัตโนมัติว่ามีพนักงานผู้ใดเข้าออกบ้าง โดยมีระบบคีย์การ์ด หรือสแกนนิ้วมือ แต่ในกรณีฉุกเฉินต้องสามารถเข้าได้ทันทีเพื่อช่วยเหลือผู้อยู่ข้างใน เช่น มีระบบตัดไฟที่จ่ายให้คีย์การ์ด - ขณะทำการคัดแยก ควรประสานให้พนักงานภายนอกทราบด้วย - มีปุ่มฉุกเฉินกดแจ้งตำรวจได้ทันที	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-3.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การคัดแยก** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
4. เกิดเพลิงไหม้	- ส่งผลกระทบต่อ บุคคล สิ่งแวดล้อมและบรรยากาศอย่างมาก หากไม่สามารถจัดการได้ทัน - เกิดการระเบิดตามมาได้ - อาจมีผู้บาดเจ็บ หรือเสียชีวิต - อาจเกิดอันตรายต่ออาคารใกล้เคียง	- มีสัญญาณเตือนไฟไหม้ และอุปกรณ์ดับไฟอัตโนมัติ - มีอุปกรณ์ดับเพลิงในเตรียมไว้เสมอ - มีอุปกรณ์ดับเพลิงเบื้องต้นเป็นอย่างน้อยบริเวณใกล้อาคาร - มีปุ่มติดต่อกับหน่วยดับเพลิงได้ทันที - ห้ามสูบบุหรี่หรือก่อประกายไฟในบริเวณใกล้เคียงอย่างเด็ดขาด - มีพนักงานคอยตรวจความปลอดัยรอบศูนย์จัดการกากฯ ตลอด 24 ชม.	- ปลูกฝังให้พนักงานทำงานอย่างรอบคอบ - หัดให้พนักงานดับเพลิงเบื้องต้นได้หรือมีหน่วยดับเพลิงในหน่วยงาน - ซ้อมแผนรับมือหากเกิดเพลิงไหม้และมีการประสานขอซ้อมร่วมกับหน่วยดับเพลิงในพื้นที่หากเป็นไปได้ - เมื่อเกิดเหตุขึ้นแล้วต้องมีการสอบสวนหาสาเหตุหากเกิดจากความบกพร่องของบุคคล ต้องมีบทลงโทษ - มีการบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไว้เป็นกรณีตัวอย่าง	1	4	4	ยอมรับได้
5. น้ำท่วม	- สารรังสีรั่วไหล ซึมออกมากับน้ำ แพร่กระจายสู่ บุคคล และสิ่งแวดล้อม	- สร้างบริเวณคัดแยกให้สูงกว่าระดับน้ำท่วมถึง และสร้างฐานให้ทนหากต้องเจอสภาพน้ำขัง - มีระบบระบายน้ำที่ดีในศูนย์ เช่น มีปั๊มเตรียมไว้ระบายน้ำออกหากเกิด	- ติดตามสภาพอากาศเสมอเพื่อเตรียมรับมือกับ ฝนตก หรือ พายุ - มีแผนรับมือน้ำท่วมเตรียมไว้ - เมื่อน้ำท่วมให้เร่งขนย้ายกากฯ ที่คาดว่าจะถูกน้ำท่วม เร่งระบายน้ำออก ขอ	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-3.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การคัดแยก** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
		น้ำท่วม	ความช่วยเหลือจากหน่วยราชการ เมื่อน้ำลดให้ตรวจเช็คจำนวน และสภาพของกากฯ รวมทั้งบริเวณโดยรอบว่ามีรังสีเจือปนอยู่หรือไม่ - มีการทำรายการของกากฯ ที่นำมาแยกเอาไว้เสมอ - หากมีรังสีเจือปนอยู่ตามบริเวณต่างๆ ให้ทำการชำระล้างความเปรอะเปื้อน - หากมีภาชนะบบรจุกากฯ เสียหายให้รีบซ่อมหรือเปลี่ยนทันที - เตรียมพื้นที่ให้กลับมาใช้งานได้ตามปกติโดยเร็ว				
6. พนักงานไม่สวมชุดป้องกันขณะปฏิบัติงาน	- สารรังสีติดไปกับพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม - พนักงานได้รับสารรังสีโดยตรง	- มีชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ ชุดคลุม รองเท้า ฟิล์มแบท หรือเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดให้สัญญาณเตือน - เมื่อปฏิบัติงานเสร็จต้องถอด ชุดอุปกรณ์ป้องกันออกและจัดการตาม	- ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัด	1	2	2	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-3.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การคัดแยก** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
		ข้อกำหนด เช่น ถุงมือให้รวบรวมแล้วทิ้งเป็นกากของแข็งกัมมันตรังสี					

ตารางที่ ง-4.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** กรณีการดำเนินงาน**ปกติ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. กัมมันตภาพ รังสีแผ่ออกมานอกภาชนะ เช่น ถุงพลาสติก และขวดพลาสติก	- มีผลกระทบน้อย เนื่องจากปริมาณสารรังสีอยู่ในระดับต่ำ และเป็นไปไม่ได้เลยที่แผ่ออกมานอกห้องคัดแยกที่สร้างด้วยคอนกรีตที่หนา	- เก็บไว้ในห้องเพื่อแยกบริเวณที่มีกัมมันภาพตรังสีออกจากบริเวณอื่นๆ หรือทำเป็นพื้นที่ควบคุม - นอกจากผนังห้องจะกันรังสีได้แล้ว ควรมีภาชนะที่กั้นรังสีได้หุ้มกากฯ อีกชั้น		1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-4.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. รวบรวมมาไม่ครบ สูญหาย หรือถูกลักขโมย	- เกิดการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้ - อาจเกิดอันตรายต่อผู้ขโมยไป	- มีระบบรักษาความปลอดภัยที่แน่นหนา เช่น กุญแจ keycard หรือระบบสแกนนิ้วมือก่อนเข้า สามารถตรวจสอบได้ว่าพนักงานคนไหนเข้าออกบ้าง และมีสัญญาณเตือนเมื่อมีผู้ไม่ได้รับอนุญาตเข้าไป - แสดงป้ายเตือนถึงความอันตรายของสารกัมมันตรังอย่างชัดเจน	- ปลูกฝังความรอบคอบให้พนักงาน - มีการทำบัญชีกากฯ และมีระบบตรวจเช็คจำนวนกากฯ เข้า-ออก เช่น ระบบบาร์โคด หรือแถบแม่เหล็ก - เร่งติดตามหา หากเป็นการขโมยให้ประสานกับเจ้าหน้าที่ตำรวจเพื่อติดตามคืนมาจัดการก่อนที่จะมีการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม - มีข้อกำหนดในการปฏิบัติเมื่อมีการสูญหายของกากฯ - หากการสูญหายเป็นเพราะความประมาทของพนักงานต้องมีบทลงโทษ	1	3	3	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-4.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
2. เกิดเพลิงไหม้	- ส่งผลกระทบต่อ บุคคล สิ่งแวดล้อมและบรรยากาศอย่างมาก หากไม่สามารถจัดการได้ทัน - เกิดการระเบิดตามมาได้ - อาจมีผู้บาดเจ็บ หรือเสียชีวิต - อาจเกิดอันตรายต่ออาคารใกล้เคียง	- มีสัญญาณเตือนไฟไหม้ และอุปกรณ์ดับไฟอัตโนมัติ - มีอุปกรณ์ดับเพลิงในเตรียมไว้เสมอ - มีอุปกรณ์ดับเพลิงเบื้องต้นเป็นอย่างน้อยบริเวณอาคาร - มีปุ่มติดต่อกับหน่วยดับเพลิงได้ทันที - ห้ามสูบบุหรี่หรือก่อประกายไฟในบริเวณใกล้เคียงอย่างเด็ดขาด - มีพนักงานคอยตรวจความปลอดัยรอบศูนย์จัดการกากฯ ตลอด 24 ชม.	- ปลูกฝังให้พนักงานทำงานอย่างรอบคอบ - หัดให้พนักงานดับเพลิงเบื้องต้นได้หรือมีหน่วยดับเพลิงในหน่วยงาน - ซ้อมแผนรับมือหากเกิดเพลิงไหม้และมีการประสานขอซ้อมร่วมกับหน่วยดับเพลิงในพื้นที่หากเป็นไปได้ - เมื่อเกิดเหตุขึ้นแล้วต้องมีการสอบสวนหาสาเหตุหากเกิดจากความบกพร่องของบุคคล ต้องมีบทลงโทษ - มีการบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไว้เป็นกรณีตัวอย่าง	1	4	4	ยอมรับได้
3. น้ำท่วม	- อาจมีสารรังสีรั่วไหล ซึมออกมากับน้ำ แพร่กระจายสู่บุคคล และสิ่งแวดล้อม	- สร้างบริเวณเก็บรวบรวมให้สูงกว่าระดับน้ำท่วมถึง และสร้างฐานให้ทนหากต้องเจอสภาพน้ำขัง - มีระบบระบายน้ำที่ดีในหน่วยงาน เช่น มีปั๊มเตรียมไว้ระบายน้ำออก	- ติดตามสภาพอากาศเสมอเพื่อเตรียมรับมือกับ ฝนตก หรือ พายุ - มีแผนรับมือน้ำท่วมเตรียมไว้ - เมื่อน้ำท่วมให้เร่งขนย้ายกากฯ ที่คาดว่าจะถูกน้ำท่วม เร่งระบายน้ำออก ขอ	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-4.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
		หากเกิดน้ำท่วม	ความช่วยเหลือจากหน่วยราชการ เมื่อน้ำลดให้ตรวจเช็คจำนวน และสภาพของกากฯ รวมทั้งบริเวณโดยรอบว่ามีรังสีเจือปนอยู่หรือไม่ - มีการทำรายการของกากฯ ที่นำมาเก็บเอาไว้เสมอ - เมื่อน้ำลดหากมีรังสีเจือปนอยู่ตามบริเวณต่างๆ ให้ทำการชำระล้างความเปรอะเปื้อน - หากมีภาชนะบบรจุกากฯ เสียหายให้รีบซ่อมหรือเปลี่ยนทันที - เมื่อน้ำลดให้เตรียมพื้นที่ให้กลับมาใช้งานได้ตามปกติโดยเร็ว				
4. ไฟไหม้จากการขนถ่ายของเหลวไวไฟ (พวกสารไม่มีขั้ว) เนื่องจากเกิดการ	- ส่งผลกระทบต่อบุคคล สิ่งแวดล้อมและบรรยากาศอย่างมาก หากไม่สามารถจัดการได้ทัน - เกิดการระเบิดตามมาได้	- เหมือนข้อ 2.	- เหมือนข้อ 2. - ติด electrical bonding (การต่อสายดิน) - ฝึกวิธีการถ่ายโอนสารที่ถูกต้องและปลอดภัยแก่พนักงาน	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-4.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
สะสมของประจุไฟฟ้า	- อาจมีผู้บาดเจ็บ หรือเสียชีวิต - อาจเกิดความเสียหายต่ออาคารใกล้เคียงและอุปกรณ์ต่างๆ		- หากภาชนะรับสารสูงควรมี dipping (ท่อนำของเหลวเข้าถัง)				
5. การก่อการร้ายหรือ วินาศกรรม	- เกิดอันตรายร้ายแรงทั้งต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมได้อย่างสูง โดยเฉพาะกากฯ ที่มีความแรงรังสีสูง - อาจมีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต - เกิดการปลอมปนสู่สิ่งแวดล้อมอย่างสูงได้	- มีการซ้อมแผนรับมือการก่อการร้ายเสมอ และอาจประสานงานซ้อมร่วมกับตำรวจ - มีสัญญาณเตือนผู้บุกรุก และกล้องวงจรปิด เมื่อฝ่ายรักษาความปลอดภัยทราบให้รีบดำเนินการและแจ้งตำรวจ - มีกุญแจล็อคที่แน่นหนา	- มีระบบตรวจเช็คคนเข้าออก มีการบันทึกได้อัตโนมัติว่ามีพนักงานผู้ใดเข้าออกบ้าง โดยมีระบบคีย์การ์ด หรือสแกนนิ้วมือ แต่ในกรณีฉุกเฉินต้องสามารถเข้าได้ทันทีเพื่อช่วยเหลือผู้อยู่ข้างใน เช่น มีระบบตัดไฟที่จ่ายให้คีย์การ์ด - มีปุ่มฉุกเฉินกดแจ้งตำรวจได้ทันที	1	4	4	ยอมรับได้
6. ที่เก็บรั่วไหลจากการสึกร่อนหรือกระแทก	- ทำให้กัมมันตภาพรังสีแผ่ออกมานอกห้องเก็บได้และกระจายสู่คน และสิ่งแวดล้อม - บุคคลได้รับการบาดเจ็บ	- ตรวจสอบภาชนะบรรจุอยู่เสมอ หากบกพร่องจะทำการซ่อมหรือเปลี่ยนแปลงทันที - มีอุปกรณ์ผ่อนแรงช่วยในการทำงาน	- สร้างธรณีประตู ในกรณีของเหลวรั่วไหลจะได้ไม่แพร่กระจายออกนอกอาคารเก็บ -ใช้ภาชนะให้เหมาะสมกับสารที่นำมาใส่	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-4.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
	หรือเสียชีวิต - นำไปสู่ไฟไหม้ หรือระเบิดได้	- มีข้อปฏิบัติเตรียมไว้ให้ทำหากเกิดการรั่วไหลของสาร - มีอุปกรณ์ตรวจวัดระดับรังสีในบริเวณเก็บรวบรวมหากมีรังสีมากผิดปกติจะมีการเตือน - พนักงานต้องสวมชุดป้องกันขณะจัดการแก้ไข	- เมื่อพบว่ามีการรั่วไหล ให้ตรวจสอบว่าเป็นสารอะไร ทำการตัดไฟฟ้า และห้ามกิจกรรมทุกอย่างที่ก่อประกายไฟ - เมื่อเกิดเหตุกันผู้ไม่เกี่ยวข้องออกไปและเข้าไปจัดการทันที - หากสารจะไหลล้นธรณีประตูออกมาให้ทำแนวกั้นฉุกเฉินชั่วคราวกันสารไว้ - เมื่อจัดการกับสารที่รั่วแล้วให้ชำระความเปรอะเปื้อนโดยบรอบ และใช้อุปกรณ์ตรวจวัดรังสีเช็คพื้นที่โดยรอบว่ามีรังสีเกิดกำหนดหรือไม่ - สอบสวนหาสาเหตุ หากเป็นเพราะความบกพร่องของพนักงานพนักงานต้องถูกทำโทษ - บันทึกเหตุการณ์ไว้เป็นกรณีตัวอย่าง				
7. พนักงานไม่สวมชุดป้องกันขณะปฏิบัติงาน	- สารรังสีติดไปกับพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม	- มีชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ ชุดคลุม รองเท้า ฟิล์มแบท หรือเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิด	- ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัด	1	2	2	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-4.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** กรณีการดำเนินงานที่ผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
	- พนักงานได้รับสารรังสีโดยตรง	ให้สัญญาณเตือน - เมื่อปฏิบัติงานเสร็จต้องถอด ชุดอุปกรณ์ป้องกันออกและจัดการตามข้อกำหนด เช่น ถุงมือให้รวบรวมแล้วทิ้งเป็นกากของแข็งกัมมันตรังสี					

ตารางที่ ง-5.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงาน**ปกติ**ของ**เตาเผา**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. มีก๊าซเสียและสารกัมมันตรังสีออกมาจากปล่อง	- หากระบบบำบัดก๊าซที่ออกจากปล่องไม่ได้ประสิทธิภาพจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนที่มลพิษไปถึง (ดูผลการทำนายโดยโปรแกรม ISC ได้ที่บทที่ 4 หัวข้อ 4.4	- เมื่อการดำเนินงานแล้วต้องมีการออกไปตรวจสอบว่ามลพิษไปไกลถึงไหน เข้มข้นเท่าไร และทำการตรวจสอบอยู่เสมอหากเกินมาตรฐานให้พิจารณาแก้ไข เช่นติดอุปกรณ์บำบัดก๊าซเพิ่ม - ดูแลรักษาอุปกรณ์บำบัดและเตาเผาอย่างดี มีการทำตารางตรวจสอบสภาพตามแต่ละช่วงเวลา	- หากกากฯของแข็งที่นำมาเผาไม่ได้มีมากจนต้องเผาตลอดเวลา ให้เลือกทำการเผาตามช่วงเวลาที่ทิศทางลมและอากาศเหมาะสมที่สุดว่าเป็นช่วงไหนของวัน - หากมีฝนตก หรือ เกิด inversion ให้พิจารณาหยุดเผาไปก่อน - ควรเพิ่มความสูงของปล่องที่ใช้อยู่	3	1	3	ยอมรับได้
2. ขณะดำเนินการอาจมีรังสี และสารพิษอื่นๆ แผ่ออกจากเตาเผาและระบบต่างๆ	- ทำให้พนักงานและบุคคลที่อยู่ใกล้ได้รับสารพิษ	- พนักงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะปฏิบัติงาน - การดำเนินงานครั้งแรกต้องตรวจสอบดูว่าขณะเดินเครื่องมีปริมาณสารรังสีและสารพิษอื่นๆ แผ่ออกมาเกินกำหนดหรือไม่ และทำการตรวจสอบอยู่เป็นระยะ หากปริมาณรังสีเกินกำหนดต้องแจ้งบริษัทผลิตเตาเข้ามาจัดการ	- หากเมื่อใดเตาเผาหรือระบบมีปัญหาหรือปล่อยรังสีออกมามากเกินกำหนดให้หยุดทำการทันทีแล้วซ่อมแซม หรือปรับเปลี่ยนใหม่	1	2	2	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-5.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเตาเผา**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. พนักงานไม่สวมชุดป้องกันขณะปฏิบัติงาน	- สารรังสีติดไปกับพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม - พนักงานได้รับสารรังสีโดยตรง	- มีชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ ชุดคลุม รองเท้า ฟิล์มแบท หรือเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดให้สัญญาณเตือน - เมื่อปฏิบัติงานเสร็จต้องถอด ชุดอุปกรณ์ป้องกันออกและจัดการตามข้อกำหนด เช่น ถุงมือให้รวบรวมแล้วทิ้งเป็นกากของแข็งกัมมันตรังสี	- ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัด	1	1	1	เล็กน้อย
2. เตาหรือระบบบำบัดมีรอยปริ เกิดการ leak	- พนักงานได้รับสารรังสีมากขึ้น อาจเจ็บป่วยได้ - เกิดมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมและชุมชนมากขึ้น - สูญเสียพลังงานความร้อนโดยไม่จำเป็น	- มีการตรวจสอบเตาเผาอยู่เสมอตามช่วงระยะเวลาที่กำหนด และทำบัญชีบันทึกผลการตรวจสอบด้วย - ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณรังสีบริเวณเตาเผา	- พยามดูแลรักษาเตาเผาให้มีประสิทธิภาพดีอยู่เสมอ เพื่อความปลอดภัย และประหยัดพลังงานความร้อน	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-5.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การ**บำบัด กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเตาเผา**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
3. blower ดูดก๊าซไปยังเตาเผา และหรือ blower ดูดก๊าซไปยังปล่อง ขัดข้อง	- หากระบบเกิดการอัดไปด้วยก๊าซที่ไม่สามารถระบายออกอาจเกิดการระเบิดได้ - ก๊าซที่เกิดจากการเผาไม่ได้รับการบำบัด และแพร่กระจายอยู่บริเวณใกล้หน่วยบำบัดและสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียง - บุคคลและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงได้รับก๊าซพิษและสารรังสี	- มีการตรวจเช็ค blower อยู่เป็นประจำ - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - มี blower สำรองไว้เมื่อมีการขัดข้องจะได้เปลี่ยนได้ทันทีไม่ต้องรอซ่อม หากต้องการจะดำเนินกระบวนการ (อาจสำรองไว้ต่างหาก หรือในสายกระบวนการก็ได้) - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการไปก่อน - ตรวจสอบและแจ้งช่างที่ชำนาญการมาจัดการ	2	4	8	เสี่ยงสูง

ตารางที่ ง-5.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเตาเผา**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
4. cyclone ขัดข้อง ชำรุด รั่ว อุดตัน หรือปริแตก	- หากระบบเกิดการอัดไปด้วยก๊าซที่ไม่สามารถระบายออกอาจเกิดการระเบิดได้ - ก๊าซที่เกิดจากการเผาไม่ได้รับการบำบัด และแพร่กระจายอยู่บริเวณใกล้หน่วยบำบัดและสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียง - บุคคลและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงได้รับก๊าซพิษและสารรังสี ที่ไม่ผ่านการบำบัด	- มีการตรวจเช็ค cyclone อยู่เป็นประจำ - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการไปก่อน - ตรวจสอบและแจ้งช่างที่ชำนาญการมาจัดการ	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-5.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเตาเผา**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
5. ปล่อง ชำรุด หรือขัดข้อง	- ก๊าซที่ระบายออกอาจแพร่กระจายอยู่บริเวณใกล้ ๆ - บุคคลและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงอาจได้รับสารพิษ	- มีการตรวจเช็คปล่องอยู่เป็นประจำ - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการไปก่อน - ตรวจสอบและแจ้งช่างที่ชำนาญการมาจัดการ	1	4	4	ยอมรับได้
6. ระบบถุงกรองขัดข้อง	- ก๊าซพิษที่ปล่อยออกไปมีความเข้มข้นสูง เกิดอันตรายต่อบุคคล และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ	- มีการตรวจเช็คถุงกรองอยู่เป็นประจำ และทำรายการตรวจเช็ค - เมื่อถึงเวลาเปลี่ยนถุงกรองต้องเปลี่ยนทันที - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการไปก่อน - ตรวจสอบและแจ้งช่างที่ชำนาญการมาจัดการ	2	4	8	เสี่ยงสูง

ตารางที่ ง-5.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเตาเผา**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
7. ระบบแลกเปลี่ยนความร้อนของก๊าซขัดข้อง	- ถุงกรองเสียหาย - ประสิทธิภาพของถุงกรองทำได้ไม่เต็มที่ - เกิดผลกระทบต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง	- มีการตรวจเช็คระบบแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่เป็นประจำ และทำรายการตรวจเช็ค - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการไปก่อน - ตรวจสอบและแจ้งช่างที่ชำนาญการมาจัดการ	1	3	3	ยอมรับได้
8. เกิดการขัดข้องทั้งระบบเผากากกัมมันตรังสี	- บุคคลและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงได้รับก๊าซพิษและสารรังสี - อาจเกิดการระเบิด	- มีการตรวจเช็คระบบเตาเผา อยู่เป็นประจำ - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการทันที - ทำการตรวจสอบประสานงานกับแจ้งช่างที่ชำนาญการเพื่อทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ - ทำการตรวจสอบอย่างดีหากระบบไม่สามารถซ่อมแซมให้กลับมาใช้ได้อย่างปลอดภัยต้องทำการปลดระวาง	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-6.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงาน**ปกติของระบบบำบัดสารละลายน้ำ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. มีกัมมันตภาพรังสีแผ่ออกมาในแต่ละอุปกรณ์ขณะบำบัด	- พนักงานได้รับสารรังสีหากไม่สวมชุดป้องกันขณะทำงาน และเป็นตัวแพร่สารรังสีสู่สิ่งแวดล้อมเมื่อตัวพนักงานเดินทางไปที่อื่นในชุดนั้น		- แม้ว่าเครื่องระเหยด้วยแสงอาทิตย์จะเป็นกระบวนการที่เป็น zero discharge แต่ก็ควรทำการตรวจสอบเป็นระยะว่าไอน้ำที่ระเหยขึ้นมามีสารรังสีปนมาด้วยหรือไม่ เช่น สารรังสีที่เป็นองค์ประกอบของน้ำ ได้แก่ tritium, Co-40 เป็นต้น	1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-6.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของระบบบำบัดสารละลายน้ำ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. พนักงานไม่สวมชุดป้องกันขณะปฏิบัติงาน	- สารรังสีติดไปกับพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม - พนักงานได้รับสารรังสีโดยตรง	- มีชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ ชุดคลุม รองเท้า ฟิล์มแบท หรือเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดให้สัญญาณเตือน - เมื่อปฏิบัติงานเสร็จต้องถอด ชุดอุปกรณ์ป้องกันออกและจัดการตามข้อกำหนด เช่น ถุงมือให้รวบรวมแล้วทิ้งเป็นกากของแข็งกัมมันตรังสี	- ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัด	1	1	1	เล็กน้อย
2. ปั๊มไม่ทำงาน ขัดข้อง หรืออุดตัน	- ปั๊มเสีย หรือ ปั๊มพัง ปริแตก - ระบบไม่สามารถดำเนินการบำบัดได้	- มีการตรวจเช็คปั๊มอยู่เป็นประจำและมีการทำรายการตรวจเช็คปั๊ม - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - มี circulation line เพื่อป้องกันปั๊มเกิด deadhead - มีปั๊มสำรองไว้เมื่อมีการขัดข้องจะได้เปลี่ยนได้ทันทีไม่ต้องรอซ่อมหากต้องการจะดำเนินกระบวนการ (อาจสำรองไว้ต่างหาก หรือในสาย	1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-6.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของระบบบำบัดสารละลายน้ำ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
			กระบวนการก็ได้) - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการไปก่อน - ตรวจสอบและแจ้งช่างที่ชำนาญการมาจัดการ				
3. ท่อในกระบวนการ ปริแตก รั่วซึม หรืออุดตัน	- เกิดการแพร่กระจายของรังสีออกสู่สิ่งแวดล้อมและพนักงาน - ระบบอาจเกิดการระเบิดจากแรงอัดของน้ำ ทำอันตรายต่อบุคคลใกล้เคียง	- มีการตรวจเช็คท่ออยู่เป็นประจำและมีการทำรายการตรวจเช็คท่อ - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการไปก่อน -ทำการตรวจสอบและแจ้งช่างที่ชำนาญการมาทำการปรับเปลี่ยน - ชำระความเปรอะเปื้อนบริเวณที่มีของเหลวเลอะอยู่ ตรวจเช็คว่าบริเวณที่เคยมีของเหลวเลอะอยู่ว่าระดับรังสีอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยหรือไม่	1	2	2	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-6.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของระบบบำบัดสารละลายน้ำ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
4. ion-exchanger เกิดขัดข้อง	- ไม่สามารถดำเนินกระบวนการบำบัดได้ - อุปกรณ์อาจแตกได้หากมีการอุดตันและยังเปิดปั๊มอยู่ - ประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำลง	- มีการตรวจเช็ค ion-exchanger อยู่เป็นประจำและมีการทำรายการตรวจเช็ค ion-exchanger - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการทันที -ทำการตรวจสอบและแจ้งช่างที่ชำนาญการมาทำการปรับเปลี่ยน - หากมีการหกเลอะออกมาของของเหลวให้ชำระความเปรอะเปื้อนบริเวณที่มีของเหลวเลอะอยู่ แล้วตรวจเช็คว่าบริเวณที่เคยมีของเหลวเลอะอยู่ว่ามีระดับรังสีอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยหรือไม่	1	3	3	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-6.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของระบบบำบัดสารละลายน้ำ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
5. เครื่องระเหยด้วยแสงอาทิตย์ขัดข้อง	- เกิดการแพร่กระจายของรังสีสู่สิ่งแวดล้อม และบุคคลบริเวณ บำบัด - ไม่สามารถดำเนินกระบวนการบำบัดได้ - อาจมีของเหลวไหลล้นเลอะออกมา	เหมือนข้อ 3.	เหมือนข้อ 3.	1	2	2	เล็กน้อย
6. เกิดการขัดข้องทั้งระบบบำบัดสารละลายน้ำ	- บุคคลและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงบริเวณบำบัดได้รับรังสี - อาจเกิดการระเบิดจากแรงดันน้ำ	- มีการตรวจเช็คระบบสารละลายน้ำอยู่เป็นประจำ และทำรายการตรวจเช็ค - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการทันที - ทำการตรวจสอบประสานงานกับแจ้งช่างที่ชำนาญการเพื่อทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ - ทำการตรวจสอบอย่างดีหากระบบไม่สามารถซ่อมแซมให้กลับมาใช้ได้อย่างปลอดภัยต้องทำการปลดระวาง	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-7.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงาน**ปกติของระบบบำบัดของเสียทางการแพทย์**

- เหมือนตารางหัวข้อ **ง-4 การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** เพราะขั้นตอนนี้ไม่มีการบำบัดแต่อย่างใด เป็นเพียงการเก็บใส่ถัง PE ไว้

ตารางที่ ง-7.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของระบบบำบัดของเสียทางการแพทย์**

- เหมือนตารางหัวข้อ **ง-4 การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** เพราะขั้นตอนนี้ไม่มีการบำบัดแต่อย่างใด เป็นเพียงการเก็บใส่ถัง PE เอาไว้

ตารางที่ ง-8.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงาน**ปกติของเครื่องบดอัดกากของแข็งกัมมันตรังสี**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. มีรังสีแผ่ออกมานอกเครื่องบำบัดได้บ้างขณะดำเนินงาน	- รังสีอาจแพร่สู่พนักงานและบริเวณบำบัด	- พนักงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะทำงาน รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจด้วย		1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-8.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเครื่องบดอัดกากของแข็งกัมมันตรังสี**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. พนักงานไม่สวมชุดป้องกันขณะปฏิบัติงาน	- สารรังสีติดไปกับพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม - พนักงานได้รับสารรังสีโดยตรง	- มีชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ ชุดคลุม รองเท้า ฟิล์มแบท หรือเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดให้สัญญาณเตือน - เมื่อปฏิบัติงานเสร็จต้องถอด ชุดอุปกรณ์ป้องกันออกและจัดการตามข้อกำหนด เช่น ถุงมือให้รวบรวมแล้วทิ้งเป็นกากของแข็งกัมมันตรังสี	- ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัด	1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-8.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเครื่องบดอัดกากของแข็งกัมมันตรังสี**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
2. ระบบกรองฝุ่น (HEPA Filter) ขัดข้อง	- เกิดอันตรายต่อพนักงานเนื่องจากฝุ่นและรังสี - มีฝุ่นและรังสีเปรอะเปื้อนบริเวณหน่วยบำบัด	- ตรวจเช็คระบบกรองฝุ่นอยู่เสมอและทำรายการตรวจเช็คด้วย - พนักงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะทำงาน รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจด้วย	- ปลูกฝังให้พนักงานมีความรู้สึกร่วมในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อดำเนินการครั้งแรกควรตรวจเช็คว่าฝุ่นและรังสีที่กระจายออกมาอยู่ในเกณฑ์หรือไม่ และทำการตรวจสอบเป็นประจำอยู่เสมอ ตลอดอายุการใช้งาน - เมื่อเครื่องขัดข้องให้ดำเนินการแก้ไขก่อนนำมาใช้	1	4	4	ยอมรับได้
3. เครื่องบดอัดขัดข้อง	- ไม่สามารถดำเนินกระบวนการได้ ทำให้เสียเวลา - กากของแข็งที่นำมาบดอัดยังมีขนาดใหญ่ เปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บและปรับสภาพ - เกิดอันตรายต่อพนักงาน	- ตรวจเช็คเครื่องบดอัดอยู่เสมอและทำรายการตรวจเช็คด้วย - พนักงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะทำงาน รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจด้วย	- ปลูกฝังให้พนักงานมีความรู้สึกร่วมในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ - คอยสังเกตุความผิด ปกติ เช่นเสียงของเครื่องบดอัด และขนาดกากของแข็งที่บดได้ - เมื่อเครื่องขัดข้องให้ดำเนินการแก้ไขก่อนนำมาใช้	1	3	3	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-8.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเครื่องบดอัดกากของแข็งกัมมันตรังสี**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
4. ปล่องระบายฝุ่นขัดข้อง	- ฝุ่นที่ระบายออกอาจแพร่กระจายอยู่บริเวณใกล้ ๆ - บุคคลและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงอาจได้รับสารพิษ	- มีการตรวจเช็คปล่องอยู่เป็นประจำ - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการไปก่อน - ตรวจสอบและแจ้งช่างที่ชำนาญการมาจัดการ	1	2	2	เล็กน้อย
5. เกิดการขัดข้องทั้งระบบ	- บุคคลและบริเวณใกล้เคียงได้รับฝุ่นและสารรังสี	- มีการตรวจเช็คระบบบดอัด อยู่เป็นประจำ และทำรายการการตรวจเช็คไว้ - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการทันที - ทำการตรวจสอบประสานงานกับแจ้งช่างที่ชำนาญการเพื่อทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ - ทำการตรวจสอบอย่างดีหากระบบไม่สามารถซ่อมแซมให้กลับมาใช้ได้อย่างปลอดภัยต้องทำการปลดระวาง	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-9.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานปกติของ**เครื่องตัดย่อย**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. อาจมีรังสีแผ่ออกมานอกเครื่องตัดย่อยได้บ้างขณะดำเนินงาน	- รังสีอาจแพร่สู่พนักงานและบริเวณบำบัด	- พนักงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะทำงาน รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจด้วย		1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-9.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเครื่องตัดย่อย**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. พนักงานไม่สวมชุดป้องกันขณะปฏิบัติงาน	- สารรังสีติดไปกับพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม - พนักงานได้รับสารรังสีโดยตรง	- มีชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ ชุดคลุม รองเท้า ฟิล์มแบท หรือเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดให้สัญญาณเตือน - เมื่อปฏิบัติงานเสร็จต้องถอดชุดอุปกรณ์ป้องกันออกและจัดการตามข้อกำหนด เช่น ถุงมือให้รวบรวมแล้วทิ้งเป็นกากของแข็ง	- ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัด	1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-9.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเครื่องตัดย่อย**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
2. ระบบกรองฝุ่นขัดข้อง	- เกิดอันตรายต่อพนักงานเนื่องจากฝุ่นและรังสี - มีฝุ่นและรังสีเปรอะเปื้อนบริเวณหน่วยบำบัด	- ตรวจเช็คระบบกรองฝุ่นอยู่เสมอและทำรายการตรวจเช็คด้วย - พนักงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะทำงาน รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ - เมื่อถึงเวลาเปลี่ยนแผ่นกรองต้องเปลี่ยนทันที	- ปลูกฝังให้พนักงานมีความรู้สึกร่วมในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อดำเนินการครั้งแรกควรตรวจเช็คว่าฝุ่นและรังสีที่กระจายออกมาอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยหรือไม่ และทำการตรวจสอบเป็นประจำอยู่เสมอ ตลอดอายุการใช้งาน - เมื่อเครื่องขัดข้องให้ดำเนินการแก้ไขก่อนนำมาใช้	1	4	4	ยอมรับได้
3. เครื่องตัดย่อยขัดข้อง	- ไม่สามารถดำเนินกระบวนการได้ ทำให้เสียเวลา - กากของแข็งที่นำมาตัดย่อยยังมีขนาดใหญ่ เปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บและปรับสภาพ - เกิดอันตรายต่อพนักงาน	- ตรวจเช็คเครื่องบดอัดอยู่เสมอและทำรายการตรวจเช็คไว้ - พนักงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะทำงาน รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจด้วย	- ปลูกฝังให้พนักงานมีความรู้สึกร่วมในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ - คอยสังเกตุความผิด ปกติ เช่นเสียงของเครื่องตัดย่อย และขนาดกากของแข็งหลังตัดย่อย - เมื่อเครื่องขัดข้องให้ดำเนินการแก้ไขก่อนนำมาใช้	1	4	4	ยอมรับได้
4. เกิดการขัดข้องทั้ง	- บุคคลและบริเวณ	- มีการตรวจเช็คระบบตัดย่อย อยู่	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและ	1	4	4	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-9.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของเครื่องตัดย่อย**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
ระบบ	ใกล้เคียงได้รับฝุ่นและสารรังสี	เป็นประจำ และทำรายการการตรวจเช็คไว้ - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	เห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการทันที - ทำการตรวจสอบประสานงานกับแจ้งช่างที่ชำนาญการเพื่อทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ - ทำการตรวจสอบอย่างดีหากระบบไม่สามารถซ่อมแซมให้กลับมาใช้ได้อย่างปลอดภัยต้องทำการปลดระวาง				

ตารางที่ ง-10.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงาน**ปกติของระบบบำบัดกากชนิดพิเศษ (เรซิน)**

- เหมือนตารางหัวข้อ **ง-4 การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** เพราะขั้นตอนนี้ไม่มีการบำบัดแต่อย่างใด เป็นเพียงการเก็บใส่ถัง 200-L เอาไว้

ตารางที่ ง-10.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉินของระบบบำบัดกากชนิดพิเศษ (เรซิน)**

- เหมือนตารางหัวข้อ **ง-4 การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** เพราะขั้นตอนนี้ไม่มีการบำบัดแต่อย่างใด เป็นเพียงการเก็บใส่ถัง 200-L เอาไว้

ตารางที่ ง-11.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงาน**ปกติของระบบบำบัดกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก**

- เหมือนตารางหัวข้อ **ง-4 การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** ในกรณีเก็บไว้เฉยๆ ส่วนกรณี out -of –drum mixing จะกล่าวต่อไปในตารางที่ **ง-14**

ตารางที่ ง-11.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การบำบัด** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุ**ฉุกเฉินของระบบบำบัดกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก**

- เหมือนตารางหัวข้อ **ง-4 การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** ในกรณีเก็บไว้เฉยๆ ส่วนกรณี out -of –drum mixing จะกล่าวต่อไปในตารางที่ **ง-14**

ตารางที่ ง-12.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรวบรวมกากฯที่บำบัดแล้ว** กรณีการดำเนินงาน**ปกติ**

- เหมือนตารางหัวข้อ **ง-4 การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** **หมายเหตุ** กากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีขนาดเล็ก ต้องระวังการฟุ้งกระจาย และสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะปฏิบัติงาน

ตารางที่ ง-12.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรวบรวมกากฯที่บำบัดแล้ว** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

- เหมือนตารางหัวข้อ **ง-4 การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด** **หมายเหตุ** กากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีขนาดเล็ก ต้องระวังการฟุ้งกระจาย และสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะปฏิบัติงาน

ตารางที่ ง-13.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การขนส่งไปยังหน่วยปรับ**สภาพ กรณีการดำเนินงาน**ปกติ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. มีการฟุ้งกระจาย	- มีการเจือปนของรังสีในบริเวณจัดการ แต่ในระดับต่ำมาก	- พนักงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะทำงาน รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ	- ทำงานอย่างรอบคอบระมัดระวังเพื่อให้ไม่เกิดการฟุ้งกระจาย	1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-13.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การขนส่งไปยังหน่วยปรับสภาพ** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. เก็บกากกัมมันตรังสีที่บำบัดแล้วมาไม่ครบ หรือตกหล่น	- ทำให้รังสีแพร่กระจายสู่บุคคลและบริเวณหน่วยงาน	- มีอุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงต่าง ๆ	- ปลูกฝังความรอบคอบแก่พนักงาน	1	2	2	เล็กน้อย
2. พนักงานไม่สวมชุดป้องกันขณะปฏิบัติงาน	- สารรังสีติดไปกับพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม - พนักงานได้รับสารรังสีโดยตรง	- มีชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ ชุดคลุม รองเท้า ฟิล์มแบท หรือเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดให้สัญญาณเตือน - เมื่อปฏิบัติงานต้องถอดอุปกรณ์	- ฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์อย่างเคร่งครัด	1	2	2	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-13.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การขนส่งไปยังหน่วยปรับสภาพ** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิด**เหตุฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
		ควบคุมออกและจัดการตามข้อกำหนด เช่นถุงมือให้รวบรวมแล้วทิ้งเป็นกากของแข็งกัมมันตรังสี					

ตารางที่ ง-14.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การปรับสภาพ** กรณีการดำเนินงาน**ปกติ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. มีการฟุ้งกระจายได้บ้างเล็กน้อยหรือไม่มีเลย	- มีการเจือปนของรังสีในบริเวณจัดการ แต่ในระดับต่ำมาก	- พนักงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะทำงาน รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ	- ทำงานอย่างรอบคอบระมัดระวังเพื่อให้ไม่เกิดการฟุ้งกระจาย - ควรดำเนินงานในอาคาร	1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-14.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การปรับสภาพ** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุ**ฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. พนักงานไม่สวมชุดป้องกันขณะปฏิบัติงาน	- สารรังสีติดไปกับพนักงานและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม - พนักงานได้รับสารรังสีโดยตรง	- มีชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ ชุดคลุม รองเท้า ฟิล์มแบท หรือเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดให้สัญญาณเตือน - เมื่อปฏิบัติงานต้องถอดอุปกรณ์ควบคุมออกและจัดการตามข้อกำหนด เช่น ถุงมือให้รวบรวมแล้วทิ้งเป็นกากของแข็งกัมมันตรังสี		1	3	3	ยอมรับได้
2. ผสมอัตราส่วนของการทำ cementation ผิดสัดส่วน	- ผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีไม่แข็งแรง พอ แตก ปริ รั่วซึม - เกิดการแพร่กระจายของรังสีออกสู่บริเวณหน่วยงานและพนักงาน - อันตรายต่อการขนย้าย เช่น ตกร่วงใส่พนักงาน	- มีแนวขั้นตอนการปฏิบัติงานบอกไว้เป็นลายลักษณ์อักษณ์อย่างดี - ฝึกอบรมความชำนาญให้แก่พนักงาน	- ฝึกให้พนักงานมีความระมัดระวังและรอบคอบในการทำงาน	1	3	3	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-14.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การปรับสภาพ** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุ**ฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
3. ใบพัดกวนหรือใบมีดกวนขัดข้อง	- ผสมส่วนผสมไม่เข้ากัน อาจทำให้การเก็บสารรังสีไม่ปลอดภัยพอ - เกิดอันตรายต่อพนักงานได้ เช่น ใบมีดหลุดมากระแทก	- มีการตรวจเช็คระบบ อยู่เป็นประจำ และทำรายการการตรวจเช็คไว้ - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่างๆ	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและเห็นความสำคัญในการช่วยกันดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการทันที - ทำการตรวจสอบประสานงานกับแจ้งช่างที่ชำนาญการเพื่อทำการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่	1	4	4	ยอมรับได้
4. ปิดฝาถังไม่สนิทหรือทำถังปริแตก	- สารรังสีแพร่ออกมาสู่พนักงาน และบริเวณสิ่งแวดล้อมรอบๆ ได้	- ฝึกความชำนาญ และปลูกฝังความรับผิดชอบให้แกพนักงาน	- มีอุปกรณ์ช่วย sealed ปิดฝาถัง	1	3	3	ยอมรับได้

ตารางที่ ง-15.1 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสี** กรณีการดำเนินงาน**ปกติ**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. มีความร้อนแผ่ออกมาจากผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีบ้าง	- หากไม่มีการระบายความร้อนที่โรงเก็บจะทำให้เกิดอันตรายได้	- ดูแลระบบระบายความร้อนให้ทำงานปกติ		1	1	1	เล็กน้อย

ตารางที่ ง-15.2 ผลการศึกษาขั้นตอน **การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสี** กรณีการดำเนินงานผิดปกติหรือเกิดเหตุ**ฉุกเฉิน**

คำถาม What If	อันตรายหรือผลที่เกิดตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. ระบบระบายความร้อน และระบบระบายอากาศของโรงเก็บกากฯ ขัดข้อง	- ผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีชำรุด - ไฟไหม้หรือเกิดระเบิดที่โรงเก็บ	- มีการตรวจเช็คระบบ อยู่เป็นประจำ และทำรายการการตรวจเช็คไว้ - ให้ความสำคัญในการดูแลรักษาระบบระบายความร้อน	- ปลูกฝังพนักงานให้ช่วยกันรักษาและดูแลอุปกรณ์ต่างๆ - เมื่อเกิดการขัดข้องให้หยุดการดำเนินการทันที - ทำการตรวจสอบและแจ้งช่างที่ชำนาญการเพื่อทำการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนใหม่	1	4	4	ยอมรับได้

หมายเหตุ หัวข้ออื่นๆ เหมือน**ตารางที่ ง-4** การเก็บรวบรวมก่อนบำบัด