

งานอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี

ในชีวิตประจำวัน ร่างกายคนเราได้รับ/สัมผัสสารกัมมันตรังสีจากธรรมชาติประมาณ 2.4 มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี ซึ่งปริมาณที่ได้รับจะแตกต่างกันตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ ทิศทางลมอาชีพ ภาวะสุขภาพ และพฤติกรรมส่วนบุคคล ซึ่งแหล่งที่ร่างกายได้รับรังสีเหล่านี้ ได้แก่ รังสีจากเรดอนในอาคารบ้านเรือน รังสีจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในหิน เช่น จากเหมืองแร่ยูเรเนียม วัสดุก่อสร้างและในดิน รังสีคอสมิกจากอวกาศ รังสีจากการรักษาและวินิจฉัยโรค รวมทั้งรังสีจากธาตุกัมมันตรังสีในร่างกายของเราเอง ซึ่งได้รับจากการรับประทาน การหายใจ และการสัมผัสทางผิวหนัง

ปัจจุบัน แหล่งของสารกัมมันตรังสีที่พบว่ามีปัญหาสิ่งแวดล้อม มักเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารกัมมันตรังสีที่ใช้ในกิจการอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งมีการจัดการและกำจัดที่ไม่ถูกต้อง รวมไปถึงการขนส่งวัสดุกัมมันตรังสีที่อาจเกิดการรั่วไหลจากอุบัติเหตุหรือการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม โดยปกติแล้ว สารกัมมันตรังสีเหล่านี้ควรอยู่ในสภาพของสารรังสีชนิดฉนวนกั้นในภาชนะ คือต้องบรรจุในภาชนะปิดซึ่งทำด้วยโลหะหรือพลาสติกที่ไม่มีการรั่วไหล และเป็นภาชนะที่สามารถกักและป้องกันการทะลุทะลวงของรังสีได้ และต้องมีการติดฉลากระบุชนิดความแรงของสารกัมมันตรังสีและวันเดือนปีที่ผลิตอย่างชัดเจน ซึ่งโดยส่วนมากสารกัมมันตรังสีที่ใช้ในกิจการอุตสาหกรรมต่างๆนี้ จะใช้งานในการถ่ายภาพทางรังสีของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ หรือเครื่องยนต์กลไก การใช้เป็นเครื่องตรวจสอบความหนาของวัสดุ ตรวจสอบความหนาแน่น เป็นต้น ซึ่งต้นกำเนิดรังสีเหล่านี้จะถูกเรียกว่ากากกัมมันตรังสี ก็ต่อเมื่อเลิกใช้งานแล้ว ซึ่งในเวลานั้นสารรังสีจะมีความเข้มข้นของรังสีลดลงอย่างมากแล้ว และเป็นกากที่แยกจากองค์ประกอบอื่นๆได้ง่าย ตัวอย่างไอโซโทปรังสี ในกรณีนี้มี โคบอลต์ -60 เอรียม-192 ซีเซียม-137 เป็นต้น

1. คำนิยาม

1) **กากกัมมันตรังสี (radioactive waste)** คือ ของเสียที่ประกอบหรือปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีที่ไม่ใช่แล้ว ในระดับกัมมันตรังสีสูงเกินกว่าเกณฑ์ปกติในธรรมชาติ หรือเกิดจากการผลิตซึ่งปนเปื้อนด้วยวัสดุกัมมันตรังสี ผู้ประสงค์จะดำเนินการใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุกัมมันตรังสีต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552)

2) **ประเภทของกากกัมมันตรังสี** ได้แก่ ของเสียในรูปของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซที่ประกอบหรือปนเปื้อนด้วยสารกัมมันตรังสี ในระดับความแรงรังสีสูงกว่าเกณฑ์ปลอดภัย ซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และวัสดุอื่นๆ ไม่เป็นประโยชน์อีกต่อไป โดยสามารถแบ่งกากกัมมันตรังสีตามระดับของการเปื้อนสารกัมมันตรังสีได้ดังนี้ (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552)

2.1) กากกัมมันตรังสีระดับรังสีสูง ($10^4 - 10^6 \text{ Ci/m}^3$) ได้แก่ กากกัมมันตรังสีในสภาพของแข็งและของเหลวที่ได้จากการฟอกกากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ และกากกัมมันตรังสีอื่นๆ ที่มีระดับรังสีสูง

2.2) กากกัมมันตรังสีระดับรังสีต่ำและปานกลาง ($10^{-6} - 1 \text{ Ci/m}^3$) ได้แก่

- กากกัมมันตรังสีระดับต่ำและของเสียที่เกิดจากการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี เช่น ถังมือ เสื้อผ้า อุปกรณ์ที่ทำจากกระดาษ เป็นต้น

- ส่วนกากกัมมันตรังสีระดับปานกลางเป็นกากกัมมันตรังสีและของเสียระดับปานกลางที่เกิดจากการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี เช่น เศษโลหะ กากตะกอนที่ได้จากการบำบัด กากของเสีย ของเหลว สารแลกเปลี่ยนไอออน และต้นกำเนิดรังสีใช้แล้ว

3) องค์การสหประชาชาติได้กำหนดให้รหัสหมายเลขสหประชาชาติ (UN Number) และสัญลักษณ์ของวัตถุอันตราย ตามเอกสารคำแนะนำ “Recommendations on the transportation of dangerous goods,

manual of tests and criteria” หรือ UN Recommendation และแบ่งประเภทวัตถุกัมมันตรังสี (radioactive materials) เป็นวัตถุนอันตรายประเภทที่ 7 ตามคุณสมบัติความเป็นอันตราย คือ เป็นวัตถุกัมมันตรังสี ที่ให้รังสีมากกว่า 74 กิโลเบคเคอเรลต่อกิโลกรัม (KBq/kg) หรือวัตถุที่สลายตัวแล้วให้รังสีออกมามากกว่า 0.002 ไมโครคิริ ต่อน้ำหนักของวัตถุนั้น 1 กรัม สามารถรับรังสีได้ทั้งภายในและภายนอกร่างกาย เช่น เมื่ออยู่ในบริเวณที่ใกล้กัมมันตรังสี และได้สัมผัสกับรังสีที่ออกมา หรือการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีเข้าไป ได้แก่ พลูโตเนียม-238 ยูเรเนียม-235 โคบอลต์ เรเดียม เป็นต้น โดยใช้สัญลักษณ์ เพื่อแสดงความเป็นอันตราย คือ

ประเภทที่ 7 วัตถุกัมมันตรังสี



สัญลักษณ์ ใบพัด 3 แฉก สีดำ

สีพื้น กลุ่ม 1 สีขาว กลุ่ม 2 และกลุ่ม 3

เครื่องบน สีเหลือง, ครึ่งล่างสีขาว

ตัวเลข “7” อยู่มุมล่าง

2.3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation (EM radiation หรือ EMR)) เป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่ไม่ต้องใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นวิทยุ (Radio waves) คลื่นไมโครเวฟ (Microwaves) ปัจจุบันมีการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในหลายๆด้านเช่น การติดต่อสื่อสาร (มือถือ โทรศัพท์ วิทยุ เรดาร์ ยางแกว่นาแสง) ทาง การแพทย์ (รังสีเอกซ์) การทำอาหาร (คลื่นไมโครเวฟ) การควบคุมรีโมท (รังสีอินฟราเรด)

2.4 รังสีจากเตาไมโครเวฟ

เตาไมโครเวฟใช้คลื่นรังสีไมโครเวฟในการทำอาหาร ซึ่งเป็นคลื่นแบบเดียวกันทั้งเตาที่ใช้ตามบ้าน ร้านค้า หรือโรงงานต่างๆ ปัจจุบันยังไม่มีคำแนะนำที่ชัดเจนในการใช้เตาไมโครเวฟจากผู้ผลิต การดูแลรักษาเพื่อให้ใช้งานได้ดี หรือป้องกันอันตรายจากรังสี ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่นเดียวกับแสงสว่าง โดยอยู่ในช่วงของคลื่นวิทยุความถี่สูง (high frequency radio wave) เมื่อรังสีมีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นจะลดลง คลื่นที่มีความถี่สูงมาก ความยาวคลื่นจึงสั้นมาก ดังนั้น คลื่นชนิดนี้จึงได้ชื่อว่าไมโครเวฟ ซึ่งแปลว่าคลื่นสั้นมาก รังสีอินฟราเรด (infrared) แสงอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet) และรังสีเอกซ์ (X-ray) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกัน แต่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าไมโครเวฟ

ไมโครเวฟที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง อาจจะทะลุผ่านไป เกิดการสะท้อนหรือถูกดูดกลืน วัตถุที่เป็นโลหะ จะสะท้อนไมโครเวฟทั้งหมดที่ตกกระทบ ส่วนวัตถุที่ไม่ใช่โลหะ เช่น แก้ว หรือพลาสติก ไมโครเวฟจะเคลื่อนที่ผ่านไปได้บางส่วน วัตถุที่มีความชื้น เช่น ร่างกายคนเราหรืออาหารจะดูดกลืนพลังงานของไมโครเวฟ ถ้าพลังงานที่ถูกดูดกลืนเอาไว้มากกว่าพลังงานที่คายออกมาอุณหภูมิก็จะสูงขึ้น

2. ผลกระทบต่อสุขภาพ

สารกัมมันตรังสีที่ร่างกายได้รับเข้าไป จะทำลายองค์ประกอบของเซลล์ทำให้เซลล์ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติและตายในที่สุด ซึ่งเป็นผลจากการที่เซลล์ได้รับพลังงานความร้อนโดยตรงจากรังสี และเซลล์ไม่สามารถปรับตัวหรือซ่อมแซมตัวเองได้ทัน หรือเป็นผลทางอ้อมจากการที่สารกัมมันตรังสีทำให้อะตอมแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free Radical) ในร่างกายซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะไปมีผลทำลายเซลล์หรือรบกวนการทำงานของเซลล์ โดยเฉพาะที่ DNA ที่อยู่ในเซลล์ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพในรูปแบบต่างๆ โดยเซลล์ที่มีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากการสัมผัสสารกัมมันตรังสีมากที่สุดคือเซลล์ที่มีอายุสั้น เซลล์ที่

มีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วและเซลล์ที่อยู่ในระยะแบ่งตัว ได้แก่ เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์เยื่อต่างๆ และเซลล์สืบพันธุ์ เป็นต้น

ผลกระทบของสารกัมมันตภาพรังสี แบ่งเป็น ๓ แบบ คือ

1) **ผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพ จากการรับสารกัมมันตภาพรังสีเข้าสู่ร่างกาย** ซึ่งสารกัมมันตภาพรังสีเหล่านี้เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายจะถูกจัดการโดยกลไกปกติของร่างกายตามลำดับขั้น คือการดูดซึม การแพร่กระจายไปยังอวัยวะและเนื้อเยื่อต่างๆ การถูกเมตาบอลิซึมและการถูกขับออกจากร่างกาย เมื่ออยู่ในร่างกายสารกัมมันตรังสีส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติทางเคมีใกล้เคียงกับแร่ธาตุปกติ ที่มีความสำคัญต่อการทำงานของอวัยวะต่างๆ และจะเคลื่อนย้ายยังอวัยวะเป้าหมายเดียวกัน แต่ไม่สามารถทำหน้าที่ได้เหมือนกับแร่ธาตุปกติทำให้เซลล์และอวัยวะเป้าหมายเหล่านั้น ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ตัวอย่างเช่น

- **สตรอนเทียม-90 และแบเรียม-141** มีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนแคลเซียมและจะถูกเก็บสะสมในกระดูกเช่นเดียวกับแคลเซียม แต่ไม่สามารถเสริมสร้างความแข็งแรงของกระดูกได้ก่อให้เกิดโรคกระดูกพรุน- ซีเซียม-137 และรูบิเดียม-90 มีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนโปแตสเซียม และกระจายอยู่ทั่วไปตามเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกายและมีผลต่อการทำงานของหัวใจ

- **ไอโอดีน-131** มีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกับไอโอดีน และจะถูกเก็บสะสมในต่อมไทรอยด์แต่เนื่องจากไอโอดีน-131 เป็นสารกัมมันตรังสีแตกตัวให้รังสีเบต้า ทำให้ต่อมไทรอยด์ได้สัมผัสรังสีในปริมาณที่สูงเกินระดับที่ได้รับตามธรรมชาติทำให้เซลล์ต่อมไทรอยด์ถูกทำลายได้

ตาราง แสดงความไวของเซลล์ เนื้อเยื่อ หรืออวัยวะต่อรังสีเอกซ์หรือแกมมาเมื่อได้รับรังสีเอกซ์หรือแกมมาแบบครั้งเดียว; Acute exposure)

ชนิดของเซลล์ เนื้อเยื่อ หรืออวัยวะ	ผลการตอบสนอง
Blood-forming organ - lymph nodes - thymus - spleen - bone marrow	มีความไวต่อรังสีมาก เมื่อได้รับรังสีประมาณ 50 แร็ด (0.5 เกรย์) ส่งผลกระทบต่อจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวภายใน 15 นาที จำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดงลดลง 2-3 สัปดาห์ ต่อมา ทำให้ร่างกายอ่อนเพลีย โลหิตจางและ ติดเชื้อง่าย
Reproductive organs -male -female	มีความไวต่อรังสีปานกลาง เมื่อได้รับรังสี 200-300 แร็ด (2-3 เกรย์) หลังจากนั้น 12-15 เดือน จะก่อให้เกิดการเป็นหมันชั่วคราว ยิ่งได้รับปริมาณสูงกว่านี้จะก่อให้เกิดการเป็นหมันในผู้ชายมากกว่าผู้หญิง
Digestive organs -small intestine -lower intestine -esophagus -pharynx	มีความไวต่อรังสีต่ำ เมื่อได้รับรังสี 500-1000 แร็ด (5-10 เกรย์) เกิดการเสื่อมของอวัยวะในระบบย่อยอาหารภายใน 30 นาที เช่น เกิดความเสื่อมของระบบการคัดหลั่งของเหลว เกิดการแตกของเซลล์ ระบบการดูดซึมอาหารและน้ำ ล้มเหลว เกิดการสูญเสียเนื่องจากท้องเสีย เกิดการติดเชื้อ เป็นต้น
Vascular system - arteries - capillaries - veins	มีความต้านทานต่อรังสีระดับปานกลาง ความไวต่อรังสีขึ้นกับชนิดของระบบหลอดเลือด จะเกิดความเสียหายต่อระบบหลอดเลือดเมื่อได้รับรังสี 600-1500 แร็ด (6-15 เกรย์) โดยเฉพาะที่หัวใจ

Skin	มีความต้านทานต่อรังสี การได้รับรังสี 500-1000 แร็ด (5-10 เกรย์) จึงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผิวหนัง
Bone and teeth	เมื่อได้รับรังสี 700-1500 แร็ด (7-15 เกรย์) มีบางส่วนของกระดูกถูกทำลาย แต่สามารถซ่อมแซมได้ภายใน 2-6 สัปดาห์ หลังจากได้รับรังสี
Respiratory system	มีความต้านทานต่อรังสี เมื่อได้รับรังสี 1000-2000 แร็ด (10-20 เกรย์) จะก่อให้เกิดการอักเสบของปอด เกิดเลือดออกเนื่องจากผลของรังสีต่อหลอดเลือด
Urinary system	เมื่อได้รับรังสี 500-2000 แร็ด (5-20 เกรย์) จะเกิดอันตรายตามมาภายหลังจากรับรังสี ซึ่งระยะเวลาอาจผ่านไปเป็นปีจึงจะแสดงอาการต่อระบบหลอดเลือด
Muscle and connective tissues	มีความต้านทานต่อรังสีมาก ต้องได้รับรังสีมากกว่า 2000 แร็ด (20 เกรย์) จึงจะเกิดอันตรายเพียงเล็กน้อย
Nervous tissue	มีความต้านทานต่อรังสีมาก ต้องได้รับรังสีมากกว่า 3000 แร็ด (30 เกรย์) จึงจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อรูปร่างของเซลล์หรือเนื้อเยื่อ

ที่มา <http://des.umd.edu/rs/material/tmsg/rs.html>

2) ผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารกัมมันตรังสีในระยะต้น (Early Period) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1) ผลกระทบเฉพาะที่ (Local Effects) ได้แก่ ผิวหนังอักเสบ เป็นแผลพุพอง ไหม้ซึ่งเกิดจากการได้รับสารกัมมันตรังสีในปริมาณที่มากในระยะเวลาสั้น โดยอาการแสดงจะมีลักษณะคล้ายกับผิวหนังที่โดนน้ำร้อนลวกหรือถูกไฟไหม้

2.2) ผลกระทบที่เป็นกลุ่มอาการของโรคที่เกิดจากการสัมผัสสารกัมมันตรังสีแบบฉับพลัน (ดังตารางที่ 1)

ตาราง ปริมาณรังสีที่ได้รับและที่มีผลกระทบต่อร่างกายที่ก่อให้เกิดกลุ่มอาการแบบเฉียบพลัน

ปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับ (มิลลิซีเวิร์ต)	ผลกระทบต่อร่างกาย
0 – 250	ไม่ปรากฏอาการในทันที แต่อาจมีผลในระยะยาว
251 – 500	ไขกระดูกหยุดสร้างเม็ดเลือดขาวชั่วคราว
501 - 2,000	เซลล์ไขกระดูกถูกทำลาย ทำให้ปริมาณเม็ดเลือดขาวและเกล็ดเลือดลดลงผู้ป่วยจะมีอาการอ่อนเพลียและมีโอกาสติดเชื้อโรคต่างๆ ได้ง่าย
> 2,000	ระบบทางเดินอาหารเริ่มถูกทำลาย มีอาการคลื่นไส้อาเจียน ผอมร่วง ในรายที่อาการรุนแรงและไม่ได้รับการรักษาอย่างถูกต้องทันทั่วถึงอย่างถึงแก่ชีวิตได้
> 4,000	เม็ดเลือดขาวถูกทำลายจนหมด ระบบทางเดินอาหารจะถูกทำลายอย่างหนัก ผู้ป่วยมีโอกาสเสียชีวิตได้
> 6,000	ไขกระดูกถูกทำลาย ผู้ป่วยจะเสียชีวิตภายในเวลา 10 วัน
> 10,000	เสียชีวิตภายใน 1-2 วัน

ผลกระทบที่เป็นกลุ่มอาการของโรคที่เกิดจากการสัมผัสสารกัมมันตรังสีแบบฉับพลันนี้ แบ่งเป็น ๓ กลุ่ม คือ

2.2.1) ความผิดปกติเกี่ยวกับระบบไขกระดูกและการสร้างเม็ดเลือด (Hematopoietic Syndrome) โดยรังสีจะไปทำลายเซลล์เม็ดเลือดโดยเฉพาะเม็ดเลือดขาวที่มีอายุสั้น ทำให้ภูมิคุ้มกันของร่างกายลดลงและร่างกายติดเชื้อได้ง่ายขึ้น อีกทั้งรังสียังทำลายไขกระดูกและกีดขวางการสร้างเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่างๆ ทำให้เกิดภาวะโลหิตจางได้

2.2.2) ความผิดปกติเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร (Gastrointestinal Syndrome) โดยสารกัมมันตรังสีจะระคายเคืองเยื่อบุทางเดินอาหารและทำลายเซลล์เยื่อบุอาหาร ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ไม่อยากอาหาร ท้องเสีย ร่างกายขาดน้ำ ปวดท้อง น้ำลายไหลและเสียชีวิต

2.2.3) ความผิดปกติเกี่ยวกับระบบไหลเวียนโลหิตและระบบประสาทส่วนกลาง (Cerebrovascular Syndrome) จะเกิดขึ้นเมื่อระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ ผิดปกติทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน ควบคุมกล้ามเนื้อไม่ได้หายใจไม่ออก ท้องเสีย ชักโคม่าและเสียชีวิต

3) ผลที่เกิดตามมาภายหลังการได้รับรังสี (Late Period) แบ่งเป็น ๒ ลักษณะคือ

3.1) ผลกระทบที่ปรากฏชัดเจน (Deterministic Effects) เป็นผลกระทบที่ความรุนแรงของอาการที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ร่างกายได้รับ โดยปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ได้รับมากขึ้นจะมีผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์มากขึ้นเช่นกัน ตัวอย่างอาการเหล่านี้ ได้แก่ ต้อกระจก ผิวหนังอักเสบ การเกิดเนื้อเยื่อพังพืด และการเกิดความผิดปกติของทารกในครรภ์ เป็นต้น ซึ่งอาการเหล่านี้จะมีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อร่างกายได้รับสารกัมมันตรังสีในปริมาณที่มากขึ้นนั่นเอง ความรุนแรงและความผิดปกติของทารกในครรภ์ที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสสารกัมมันตรังสีของในขณะตั้งครรภ์จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการตั้งครรภ์ (Stage of Gestation) ที่มารดาสัมผัสสารกัมมันตรังสี โดยช่วงที่ทารกในครรภ์จะได้รับผลกระทบมากที่สุดคือช่วง ๓ เดือนแรกของการตั้งครรภ์ ซึ่งเป็นช่วงที่ทารกในครรภ์กำลังสร้างอวัยวะต่างๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดความผิดปกติในการเติบโตของทารกในครรภ์ ความพิการและตายได้

3.2) ผลกระทบที่ปรากฏไม่ชัดเจน (Stochastic Effects) ได้แก่ การกลายพันธุ์เนื้องอกและมะเร็งชนิดต่างๆ ซึ่งผู้ที่ได้รับสารกัมมันตรังสีไม่จำเป็นต้องเป็นโรคเหล่านี้ แต่โอกาสของการเกิดโรคเหล่านี้จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อร่างกายสัมผัสสารกัมมันตรังสีในปริมาณที่สูงขึ้น (ตารางที่ ๒)

ตาราง โอกาสของการเกิดผลกระทบที่ปรากฏไม่ชัดเจน (มะเร็ง)

ปริมาณสารกัมมันตรังสี (มิลลิซีเวิร์ต)	โอกาสการเกิดผลกระทบที่ปรากฏไม่ชัดเจน (Stochastic Effects)
1	1 ใน 10,000
10	1 ใน 1,000
100	1 ใน 100
1,000	1 ใน 10

ตาราง แสดงผลกระทบที่เกิดตามมาภายหลังการได้รับรังสีประเภทต่าง ๆ

ประเภท	ผลกระทบ
Carcinogenesis	เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว ผิวหนัง ปอด กระดูก
Tissue effect	ต้อกระจก (Cataract) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และเป็นหมัน (Sterility) ชั่วคราว

	หรือถาวร
Hereditary effect	เนื่องจากผลการทดลองส่วนใหญ่ได้จากสัตว์ทดลอง ซึ่งไม่สามารถสรุปได้ว่าการตอบสนองของมนุษย์จะเหมือนกับสัตว์ทดลอง ดังนั้นผลที่เกิดการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของมนุษย์ยังเป็นข้อสงสัย/ถกเถียงกันอยู่
Lifespan shortening	การได้รับรังสีแบบเรื้อรังในปริมาณที่เท่ากับ LD50 จะทำให้อายุขัยลดลง 7%

ที่มา <http://des.umd.edu/rs/material/tmsg/rs.html>

4) ผลกระทบต่อสุขภาพจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นสายส่งไฟฟ้าแรงสูง สถานีจ่ายไฟ ในระยะ 200 เมตร เสาออกอากาศ โทรศัพท์ เสาส่งสัญญาณวิทยุในระยะ 2 – 4 กิโลเมตร รวมถึงเสาส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในระยะ 400 เมตร ย่อมมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดปัญหาสุขภาพด้านระบบประสาท ทั้งอาการนอนไม่หลับ อ่อนเพลีย ซึมเศร้า กล้ามเนื้อกระตุก สายตาพร่ามัว สมาธิสั้นในเด็ก และมะเร็งในส่วนต่างๆ ของร่างกาย

โดยเฉพาะความเสี่ยงที่เกิดจากการใช้โทรศัพท์มือถือในแต่ละครั้งที่ใช้เวลานาน และใช้โทรศัพท์บ่อยๆ ย่อมมีโอกาสเป็นมะเร็งในสมอง เส้นประสาทหู และต่อมน้ำลาย เนื่องจากคลื่นความถี่และความร้อนจะผ่านหูไปยังสมอง ถ้าเป็นผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 5 – 18 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่สมองกำลังพัฒนา คลื่นความถี่จะเข้าไปยังสมองได้มากที่สุด เนื่องจากโครงสร้างของศีรษะยังไม่เต็มที่ ส่วนใหญ่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ ทำให้กะโหลกและสมองนุ่มซึมซับคลื่นความถี่ได้มากกว่าผู้ใหญ่

โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ) เป็นสิ่งจำเป็นในการติดต่อสื่อสารยุคปัจจุบัน อัตราผู้ครอบครอง และการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นเป็นเงาตามตัว การเติบโตของธุรกิจการให้บริการต่างก็อยู่ในภาวะของการแข่งขันที่เข้มข้น แต่ขณะเดียวกัน ประเด็นผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่และการแผ่คลื่นจากเสาอากาศ แพร่สัญญาณโทรคมนาคมต่างๆ กลับเป็นประเด็นที่ยังไม่ได้รับความสนใจอย่างจริงจังมากนักในสังคมไทย ขณะเดียวกัน ผลการศึกษาวิจัยโดยนักวิทยาศาสตร์ในโลกล้นหลาม ในช่วงทศวรรษ 1980 ในด้านความเสี่ยงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อสุขภาพของมนุษย์ ก็มีจำนวนเพิ่มขึ้นมากเช่นกัน โดยพบว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ตั้งแต่ 0 Hz ถึง 300 GHz) สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ได้ หากรับคลื่น ทั้งนี้ ชีตจำกัดคลื่นในย่านความถี่ต่ำๆ (ELF) ที่รับว่าไม่เป็นภัยต่อมนุษย์ ได้แก่ ความแรงสนามแม่เหล็กไม่เกินประมาณ 2 mG (หรือ 0.2 μ T) ซึ่งอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าประจำบ้านล้วนเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ต่างๆ โดยมีความแรงคลื่นภายในตัวเครื่องโดยประมาณดังนี้:

- ไฟฟ้าในบ้าน (50 Hz) 0.3 mG
- เครื่องเป่าผม 1,000 mG
- โทรศัพท์ไร้สาย (Cordless Phone) 28 mG
- โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Phone) 43 mG
- เครื่องรับโทรทัศน์/เครื่องคอมพิวเตอร์ 56 mG
- เตาไมโครเวฟ 2,000 mG

4.1) ความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาวในเด็กแรกเกิด หากเด็กได้รับคลื่นแม่เหล็กเกินกว่า 0.4 μ T (4 mG) เป็นเวลานานๆ มีโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (leukemia) ถึง 2 เท่าตัว

4.2) ผลกระทบต่อสุขภาพจากคลื่นโทรศัพท์เคลื่อนที่

ภายหลังจากการเปิดให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยคลื่นวิทยุ RF ในย่านความถี่ไมโครเวฟตั้งแต่กลางทศวรรษ 1980 จนเป็นที่นิยมแพร่หลายอย่างมากใน เวลาลัดมา ทำให้เกิดประเด็นผลกระทบจากคลื่นโทรศัพท์เคลื่อนที่ต่อสุขภาพมนุษย์ จนกลายเป็นที่มาของงานศึกษาวิจัยมากมายตามมา

ผลกระทบต่อสุขภาพจากคลื่นโทรศัพท์เคลื่อนที่ นอกเหนือจากอาการ ที่มาจากคลื่นความถี่ต่ำ (ELF) ต่างๆ ดังกล่าว มาข้างต้นแล้ว ยังรวมไปถึงอาการที่สำคัญๆ ดังเช่น

- เนื้องอกในสมอง (Brain tumors)
- เนื้องอกของเส้นประสาทหู (Acoustic neuroma)
- พาร์กินสัน (Parkinson)
- อัลไซเมอร์ (Alzheimer)
- มะเร็งต่างๆ (Cancers)

5) ผลกระทบต่อสุขภาพจากรังสีเตาไมโครเวฟ

ถ้าได้รับไมโครเวฟปริมาณสูงจะทำให้เกิดความร้อน ในกรณีที่เป็นเนื้อเยื่อของร่างกาย ความร้อนที่สูงเกินไปจะทำให้เป็นอันตราย เช่น เกิดการไหม้ของเนื้อเยื่อที่อยู่ลึกลงหรือทำให้เกิด hyperthermia มีงานวิจัยเรื่องนี้กันอย่างกว้างขวาง แต่ยังไม่มีการยืนยันที่แน่นอนถึงผลกระทบของการได้รับไมโครเวฟว่ามีปริมาณระดับใดที่จะส่งผลให้เกิดมะเร็ง

3. ข้อเสนอต่อการดำเนินงานของกระทรวงสาธารณสุข

3.1 ประสานงานและร่วมดำเนินงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มงานประเมินค่าปริมาณรังสีจากภายในร่างกาย สำนักสนับสนุนการกำกับดูแลความปลอดภัยจากพลังงานปรมาณู ในสังกัดสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีบทบาทหน้าที่ในการให้คำปรึกษาและให้บริการตรวจวัดรังสีจากภายในร่างกายรายบุคคล เช่น วัดโดยตรงจากภายนอกร่างกาย วัดปริมาณรังสีที่มีในปัสสาวะ วัดความเข้มข้นของสารรังสีในอากาศ เป็นต้น

3.2 ประสานกับสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ในสังกัดสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ในการวิเคราะห์สารกัมมันตรังสี เช่น ก๊าซเรดอนในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม (เช่น ดิน น้ำ) และอาหาร เป็นต้น

3.3 สนับสนุนการใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้อง ในการกำกับดูแลความปลอดภัยทางรังสีจากการใช้วัสดุ กัมมันตรังสี เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทางรังสี รวมทั้งประชาชนทั่วไป มีความปลอดภัยจากการที่มีการนำวัสดุกัมมันตรังสี มาใช้ประโยชน์ ได้แก่

3.3.1 กฎหมายที่เกี่ยวข้องของ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ได้แก่

- พระราชบัญญัติพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ. 2504 และที่แก้ไขเพิ่มเติม 2508
- กฎกระทรวง กำหนดเงื่อนไขและวิธีการขอรับใบอนุญาตและการออกใบอนุญาตตาม พรบ.พลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ. 2546
- กฎกระทรวง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการจัดการกากกัมมันตรังสี พ.ศ. 2546
- ประกาศคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เรื่อง ข้อกำหนดและมาตรการออกตาม กฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการจัดการกากกัมมันตรังสี พ.ศ. 2546

3.3.2 กฎหมายที่เกี่ยวข้องของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่

- พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535
- ประกาศกระทรวง ฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2535) ออกตาม พ.ร.บ. โรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่อง หน้าที่ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานที่มีการใช้สารกัมมันตรังสี ลงวันที่ 24 ม.ค. 2535
- ประกาศกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2542) ออกตามความใน พ.ร.บ. พ.ศ. 2535 เรื่อง คุณสมบัติเจ้าหน้าที่ที่ดำเนินการเกี่ยวกับโรงงานที่มีการใช้สารกัมมันตรังสี ลงวันที่ 2 มิ.ย. 2542

- ประกาศกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2542) ออกตาม พ.ร.บ. พ.ศ. 2535 เรื่องการรายงานข้อมูลเกี่ยวกับชนิด จำนวน แหล่งที่มา วิธีการใช้ และการเก็บรักษาสารกัมมันตรังสี ลงวันที่ 2 มิ.ย. 2542

3.3.3 กฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.4 จัดทำคู่มือเผยแพร่ และถ่ายทอดความรู้เรื่องเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีแก่ประชาชน ได้แก่

- ความรู้เกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีและผลกระทบต่อสุขภาพ (สำหรับประชาชน)
- แนวทางปฏิบัติที่ปลอดภัยจากสารกัมมันตรังสี (สำหรับประชาชน)
- การดูแลสุขภาพการดูแลสุขภาพให้ปลอดภัยจากสารกัมมันตรังสี สำหรับประชาชน

3.5 พัฒนาวิชาการ เทคโนโลยีด้านห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ สนับสนุนเครื่องมือ และพัฒนาศักยภาพของบุคลากรในการเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการในตรวจสารกัมมันตรังสี รวมทั้งการตรวจสุขภาพ เพื่อการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากสารกัมมันตรังสี ในพื้นที่เสี่ยง

3.6 พัฒนาเกณฑ์มาตรฐานสุขภาพและดัชนีชี้วัดสุขภาพเพื่อการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ จากสารกัมมันตรังสี

3.7 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลสารกัมมันตรังสี ที่มีการใช้ในสถานประกอบการและสารกัมมันตรังสีที่พบในสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เสี่ยง และศึกษาข้อมูลประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อสารกัมมันตรังสีดังกล่าว เพื่อจัดทำลำดับความสำคัญของความเสี่ยงภัยต่อสุขภาพจากสารกัมมันตรังสีในพื้นที่เสี่ยงนั้นๆ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน

3.8 ร่วมกำหนดระเบียบปฏิบัติในการทำงานเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี เพื่อให้แน่ใจว่าระดับของปริมาณสารกัมมันตรังสี และความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศและน้ำ อยู่ในระดับต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และไม่ว่ากรณีใดๆ จะไม่เกินค่าขีดจำกัดของปริมาณรังสีที่ยอมรับได้ (Operational limits or acceptable dose) ซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมการนานาชาติ ว่าด้วยการป้องกันอันตรายจากสารกัมมันตรังสี (International Commission on Radiological Protection, ICRP) โดยได้กำหนดค่าไว้สำหรับกลุ่มบุคคล 2 กลุ่มคือ ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี และประชาชนทั่วไปโดยถือว่าถ้าร่างกายของคนทั้ง 2 กลุ่มนี้ได้รับสารกัมมันตรังสีเข้าไป ไม่เกินค่าที่ ICRP กำหนดไว้สำหรับธาตุทางรังสีแต่ละตัวแล้ว ความเสี่ยงต่อสุขภาพของบุคคลนั้นถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

สำหรับประเทศไทยได้กำหนดขีดจำกัดการได้รับปริมาณรังสีไว้ใน กฎกระทรวง กำหนดเงื่อนไข วิธีการรับใบอนุญาต และการดำเนินการเกี่ยวกับวัสดุนิวเคลียร์พิเศษ วัสดุต้นกำลัง วัสดุพลอยได้ หรือพลังงานปรมาณู พ.ศ. 2550 เล่มที่ 124 ตอนที่ 44 ก 18 สิงหาคม 2550 กำหนดไว้ดังนี้

ข้อ 29 ผู้รับใบอนุญาตต้องระมัดระวังมิให้บุคคลที่ทำงานในบริเวณรังสีได้รับรังสีเกิดปริมาณที่กำหนดดังต่อไปนี้

- 1) ปริมาณรังสียังผล (Effective dose) 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี โดยเฉลี่ยในช่วง 5 ปีติดต่อกัน ทั้งนี้ในแต่ละปีต้องได้รับรังสีไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต และตลอดช่วง 5 ปีติดต่อกันนั้นจะต้องได้รับรังสีไม่เกิน 100 มิลลิซีเวิร์ต
- 2) ปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent dose) 150 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี สำหรับเลนส์ของดวงตา
- 3) ปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent dose) 500 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี สำหรับส่วนที่เป็นผิวหนัง มือและเท้า

ข้อ 30 ผู้รับใบอนุญาตต้องระมัดระวังมิให้หญิงมีครรภ์ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสี ได้รับรังสีตลอดระยะเวลาที่ตั้งครรภ์เกิน 1 มิลลิซีเวิร์ต และต้องเฉลี่ยไม่เกิน 0.1 มิลลิซีเวิร์ตต่อเดือน

ข้อ 31 ผู้รับใบอนุญาตต้องระมัดระวังมิให้ประชาชนทั่วไป เว้นแต่ผู้มารับบริการทางการแพทย์ได้รับรังสีเกินปริมาณที่กำหนด ดังต่อไปนี้

- 1) ปริมาณรังสียังผล (Effective dose) 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี
- 2) ปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent dose) 15 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี สำหรับเลนส์ของดวงตา
- 3) ปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent dose) 50 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี สำหรับส่วนที่เป็นผิวหนัง

4. เอกสารอ้างอิง

- (1) Links JM. Introduction to Radiation Health Science, 2002.
- (2) LaDou J. Occupational and Environmental Medicine, 2nd Edition. 1997.
- (3) กลุ่มงานประเมินค่าปริมาณรังสีจากภายในร่างกาย สำนักสนับสนุนการกำกับดูแลความปลอดภัยจากพลังงานปรมาณู สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. 2556. <http://www.oaep.go.th/btssr.php>
- (4) คณะอนุกรรมการความปลอดภัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล. “แนวทางปฏิบัติด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย”. 2552. <http://www.coshem.mahidol.ac.th/downloads/Environmental%20Safety.pdf>
- (5) เกษร เทพแปง. ผลกระทบต่อสุขภาพของสารกัมมันตรังสี. สำนักความปลอดภัยแรงงาน <http://www.oshthai.org/files/20danger%20from%20radioactivity.pdf>.
- (6) คู่มืออบรมการป้องกันอันตรายจากรังสี (Training Manual on Radiation Protection) บทที่ 3 ต้นกำเนิดรังสีและผลของรังสี
- (7) สถาบันคุ้มครองผู้บริโภคในกิจการโทรคมนาคม (สบท.) .สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สกทช) .ผลกระทบต่อสุขภาพจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า <http://www.finearts.cmu.ac.th/wp-content/uploads/2011/09/06.-ผลกระทบต่อสุขภาพจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.pdf>
- (8) สมาคมนิคมอิเล็กทรอนิกส์แห่งประเทศไทย.รังสีจากเตาไมโครเวฟ <http://www.nst.or.th/article/article494/article49401.html>