

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ หรือขอบเขตงาน (Terms of Reference: TOR)  
สำหรับการซื้อระบบห้องปฏิบัติการมาตรฐานปฐมภูมิการวัดปริมาณรังสีเอกซ์พลังงานปานกลาง  
จำนวน 1 ระบบ

1. หลักการและเหตุผล

ระบบมาตรฐานวิทยารังสีของประเทศได้ถูกก่อตั้งขึ้นครั้งแรกโดยการสนับสนุนจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ผ่านห้องปฏิบัติการมาตรฐานการวัดรังสีทุติยภูมิ กลุ่มมาตรฐานการวัดรังสีและกัมมันตภาพรังสี สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ เพื่อรองรับการขยายตัวการใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์ของประเทศ เพื่อให้เกิดความถูกต้องและความปลอดภัยในการวัดรังสีแก่ผู้ปฏิบัติงานและประชาชนทั่วไป ระบบมาตรฐานวิทยารังสีของประเทศได้พัฒนามาเป็นลำดับจนประสบความสำเร็จและผ่านการรับรองระบบคุณภาพมาตรฐาน ตามข้อกำหนดของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องสำรวจรังสี ตาม มอก. 17025 เมื่อวันที่ 16 ธค. 2553 นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2556 สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติยังได้รับงบประมาณเพื่อก่อสร้างอาคารปฏิบัติการทางนิวเคลียร์และรังสี (ชื่อเดิมอาคารมาตรวิทยารังสี) ระหว่างปี 2558-2562 โดยมีห้องปฏิบัติการมาตรฐานทางรังสีด้านต่างๆ เป็นห้องปฏิบัติการแกนหลักในอาคาร

เนื่องจากระบบวัดปริมาณรังสีมาตรฐานของประเทศปัจจุบันอยู่ในระดับทุติยภูมิ (Secondary Standard) ซึ่งมีขีดจำกัดในด้านการพัฒนาและความถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาระบบวัดปริมาณรังสีมาตรฐานของประเทศจากระดับทุติยภูมิไปเป็นระดับปฐมภูมิ เพื่อให้สอดคล้องกับการก่อสร้างอาคารปฏิบัติการทางนิวเคลียร์และรังสีที่ก่อสร้างเสร็จในปี พ.ศ. 2564 ที่จะมีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาระบบมาตรวิทยารังสีของประเทศให้อยู่ในระดับมาตรฐานปฐมภูมิ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถ และศักยภาพด้านการวัดและการสอบเทียบด้านมาตรวิทยาด้านรังสีของประเทศให้ครอบคลุมพิสัยการใช้งานตามมาตรฐานสากล รวมถึงสอดคล้องกับความเจริญทางเทคโนโลยีและด้านการวัดรังสีที่ทันสมัยและมีมาตรฐานสูงสุดในระดับนานาชาติ เพื่อการพึ่งพาตนเองได้ในอนาคต โดยมีเป้าหมายสูงสุดในการเป็นศูนย์กลางด้านมาตรวิทยารังสีในระดับภูมิภาคอาเซียน

โครงการพัฒนาและยกระดับมาตรฐานการวัดปริมาณรังสีในระดับปฐมภูมินี้เป็นโครงการที่จำเป็นในการปรับปรุงและพัฒนาระบบวัดปริมาณรังสีของประเทศเพื่อรองรับโครงการอาคารปฏิบัติการทางนิวเคลียร์และรังสีที่จะเกิดขึ้นเพื่อพัฒนาระบบวัดปริมาณรังสีให้อยู่ในมาตรฐานสูงสุดในระดับนานาชาติ และเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้การวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ในประเทศและในภูมิภาคอาเซียนด้านมาตรวิทยารังสีระดับสูงสุด เพื่อสนับสนุนความปลอดภัยด้านการใช้พลังงานปรมาณูแก่ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีและประชาชนทั่วไป

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อจัดตั้งห้องปฏิบัติการมาตรฐานปฐมภูมิการวัดปริมาณรังสีเอกซ์พลังงานปานกลางที่ทัดเทียมกับนานาชาติ
- 2.2 เพื่อพัฒนาระบบการวัดปริมาณรังสีเอกซ์พลังงานปานกลางให้อยู่ในระดับปฐมภูมิ
- 2.3 เพื่อรองรับโครงการอาคารปฏิบัติการทางนิวเคลียร์และรังสีที่จำเป็นต้องมีระบบวัดปริมาณรังสีมาตรฐานให้อยู่ในระดับสูงสุดในระดับนานาชาติ

- 2.4 เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้การวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ในประเทศและในภูมิภาคอาเซียนด้านมาตรวิทยา รังสีระดับสูงสุด เพื่อสนับสนุนความปลอดภัยด้านการใช้พลังงานปรมาณูแก่ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีและประชาชนทั่วไป

### 3. กลุ่มเป้าหมาย

#### กลุ่มผู้รับบริการ

หน่วยงานที่ใช้พลังงานนิวเคลียร์และรังสี ทั้งภาครัฐและเอกชนทั่วประเทศ

1. ทางอุตสาหกรรม ด้านการควบคุมการผลิต การวัดและวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การตรวจสอบ โดยไม่ทำลาย การเพิ่มคุณค่า คุณภาพผลผลิต จำนวน 788 แห่ง
2. ทางการแพทย์ ด้านรังสีรักษาที่ใช้เครื่องเร่งอนุภาคและเครื่องฉายรังสีแกมมา รังสีวินิจฉัยที่ใช้รังสีเอกซ์และเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ตามโรงพยาบาลต่างๆ ทั้งภาครัฐบาลและเอกชน จำนวน 84 แห่ง
3. ทางการศึกษาวิจัย เกษตร และสิ่งแวดล้อม เช่น มหาวิทยาลัยของรัฐและเอกชน สถาบันวิจัยต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการป้องกันประเทศ ที่มีเครื่องมือวัดรังสีใช้งาน จำนวน 232 แห่ง

### 4. คุณสมบัติของผู้ยื่นข้อเสนอ

- 4.1 มีความสามารถตามกฎหมาย
- 4.2 ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย
- 4.3 ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ
- 4.4 ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง
- 4.5 ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระงับชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นหุ้นส่วนผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย
- 4.6 มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา
- 4.7 เป็นนิติบุคคลผู้มีอาชีพให้ขายพัสดุที่ประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว
- 4.8 ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่ สำนักงานฯ ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันอย่างเป็นธรรมในการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้
- 4.9 ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งให้สละเอกสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นนั้น
- 4.10 ผู้ยื่นข้อเสนอที่ยื่นข้อเสนอในรูปแบบของ "กิจการร่วมค้า" ต้องมีคุณสมบัติดังนี้  
กรณีที่ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมค้ากำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ารายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมค้าหลัก  
ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมค้าจะต้องมีการกำหนดสัดส่วนหน้าที่และความรับผิดชอบในปริมาณงาน สิ่งของหรือมูลค่าตามสัญญาของผู้เข้าร่วมค้าหลักมากกว่าผู้เข้าร่วมค้ารายอื่นทุกราย  
กรณีที่ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมค้ากำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ารายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมค้าหลัก  
กิจการร่วมค้านั้นต้องใช้ผลงานของผู้เข้าร่วมค้าหลักรายเดียวเป็นผลงานของกิจการร่วมค้าที่ยื่นข้อเสนอ

สำหรับข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมคำที่ไม่ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมคำรายใดเป็นผู้เข้าร่วมคำหลัก ผู้เข้าร่วมคำทุกรายจะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในเอกสารเชิญชวน

กรณีที่ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมคำกำหนดให้มีการมอบหมายผู้เข้าร่วมคำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้ยื่นข้อเสนอ ในนามกิจการร่วมค้า การยื่นข้อเสนอดังกล่าวไม่ต้องมีหนังสือมอบอำนาจ

สำหรับข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมคำที่ไม่ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมคำรายใดเป็นผู้ยื่นข้อเสนอ ผู้เข้าร่วมคำทุกรายจะต้องลงลายมือชื่อในหนังสือมอบอำนาจให้ผู้เข้าร่วมคำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้ยื่นข้อเสนอในนามกิจการร่วมค้า

4.11 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องลงทะเบียนที่มีข้อมูลถูกต้องครบถ้วนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Government Procurement : e-GP) ของกรมบัญชีกลาง

4.12 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องมีมูลค่าสุทธิของกิจการ เป็นไปตามหนังสือคณะกรรมการวินิจฉัยปัญหาการจัดซื้อจัดจ้าง ว 124 ดังนี้

(1) กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทยซึ่งได้จดทะเบียนเกินกว่า 1 ปี ต้องมีมูลค่าสุทธิของกิจการ จากผลต่างระหว่างสินทรัพย์สุทธิหักด้วยหนี้สินสุทธิที่ปรากฏในงบแสดงฐานะการเงินที่มีการตรวจรับรองแล้ว ซึ่งจะต้องแสดงค่าเป็นบวก 1 ปีสุดท้ายก่อนวันยื่นข้อเสนอ

(2) กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทยซึ่งยังไม่มีงบแสดงฐานะการเงินกับกรมพัฒนาธุรกิจการค้า ให้พิจารณาการกำหนดมูลค่าของทุนจดทะเบียน โดยผู้ยื่นข้อเสนอจะต้องมีทุนจดทะเบียนที่เรียกชำระมูลค่าหุ้นแล้ว ณ วันที่ยื่นข้อเสนอ ไม่ต่ำกว่า 8 ล้านบาท

(3) สำหรับการจัดซื้อจัดจ้างครั้งหนึ่งที่มีวงเงินเกิน 500,000 บาทขึ้นไป กรณีผู้ยื่นข้อเสนอเป็นบุคคลธรรมดา โดยพิจารณาจากหนังสือรับรองบัญชีเงินฝากไม่เกิน 90 วัน ก่อนวันยื่นข้อเสนอ โดยต้องมีเงินฝากคงเหลือในบัญชีธนาคารเป็นมูลค่า 1 ใน 4 ของมูลค่างบประมาณของโครงการหรือรายการที่ยื่นข้อเสนอในแต่ละครั้ง และหากเป็นผู้ชนะการจัดซื้อจัดจ้างหรือเป็นผู้ได้รับการคัดเลือกจะต้องแสดงหนังสือรับรองบัญชีเงินฝากที่มีมูลค่าดังกล่าวอีกครั้งหนึ่งในวันลงนามในสัญญา

(4) กรณีที่ผู้ยื่นข้อเสนอไม่มีมูลค่าสุทธิของกิจการหรือทุนจดทะเบียนหรือมีแต่ไม่เพียงพอที่จะเข้ายื่นข้อเสนอ ผู้ยื่นข้อเสนอสามารถขอวงเงินสินเชื่อ โดยต้องมีวงเงินสินเชื่อ 1 ใน 4 ของมูลค่างบประมาณของโครงการหรือรายการที่ยื่นข้อเสนอในแต่ละครั้ง (สินเชื่อที่ธนาคารภายในประเทศ หรือบริษัทเงินทุน หรือบริษัทเงินทุนหลักทรัพย์ที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการเงินทุนเพื่อการพาณิชย์และประกอบธุรกิจค้าประกันตามประกาศของธนาคารแห่งประเทศไทย ตามรายชื่อบริษัทเงินทุนที่ธนาคารแห่งประเทศไทยแจ้งเวียนให้ทราบโดยพิจารณาจากยอดเงินรวมของวงเงินสินเชื่อที่สำนักงานใหญ่รับรอง หรือที่สำนักงานสาขารับรอง (กรณีได้รับมอบอำนาจจากสำนักงานใหญ่) ซึ่งออกให้แก่ผู้ยื่นข้อเสนอ นับถึงวันยื่นข้อเสนอไม่เกิน 90 วัน)

(5) กรณีตาม (1) - (4) ยกเว้นสำหรับกรณีดังต่อไปนี้

(5.1) กรณีที่ผู้ยื่นข้อเสนอเป็นหน่วยงานของรัฐ

(5.2) นิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทยที่อยู่ระหว่างการฟื้นฟูกิจการตามพระราชบัญญัติ

ล้มละลาย (ฉบับที่ 10) พ.ศ. 2561

## 5.รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ หรือขอบเขตการดำเนินงาน

ระบบห้องปฏิบัติการมาตรฐานปฐมภูมิการวัดปริมาณรังสีเอกซ์พลังงานปานกลาง จำนวน 1 ระบบ ประกอบไปด้วย

1. เครื่องฉายรังสีเอกซ์ จำนวน 1 เครื่อง ประกอบด้วย

1.1 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เครื่อง มีคุณสมบัติดังนี้

- 1.1.1 สามารถสร้างความต่างศักย์ไฟฟ้า จ่ายให้หลอดรังสีเอกซ์ช่วงพลังงาน 30 - 320 kV หรือดีกว่า
- 1.1.2 ให้กำลังสอดคล้องกับคุณสมบัติของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์
- 1.1.3 สามารถควบคุมการให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ในระดับ 0.1 kV หรือดีกว่า และมีความสามารถในการทำซ้ำดีกว่า  $\pm 0.1$  kV ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด
- 1.1.4 สามารถควบคุมการจ่ายกระแสได้ต่ำสุดในช่วง 0.5 mA – 20 mA โดยควบคุมได้ในระดับ 0.1 mA หรือดีกว่า ให้สอดคล้องกับเครื่องข้อ 1.1.1
- 1.1.5 สามารถใช้ได้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส หรือ 3 เฟสได้
- 1.1.6 สามารถเชื่อมต่อกับระบบตรวจสอบการจ่ายศักย์ไฟฟ้าในข้อ 1.5 ได้
- 1.1.7 เป็นไปตามมาตรฐานอุปกรณ์สำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ NFC 74100
- 1.1.8 รองรับการเชื่อมต่อกับระบบเดิมของ ปส. ได้
- 1.2 ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ จำนวน 1 เครื่อง มีคุณสมบัติดังนี้
  - 1.2.1 สามารถแสดงการควบคุมการจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าขั้นละ 0.1 kV หรือดีกว่า
  - 1.2.2 สามารถแสดงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าได้อย่างน้อย 3 หลักหรือดีกว่า (ตัวอย่าง : 30.1 kV และ 103 kV)
  - 1.2.3 สามารถแสดงการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าขั้นละ 0.1 mA หรือดีกว่า
  - 1.2.4 สามารถแสดงค่ากระแสได้อย่างน้อย 3 หลักหรือดีกว่า (ตัวอย่าง : 10.1 mA)
  - 1.2.5 สามารถควบคุมและแสดงเวลาในการฉายได้อย่างน้อยในระดับวินาทีได้
  - 1.2.6 มีโปรแกรมการ Warm up และจดจำประวัติการใช้งานได้
  - 1.2.7 มีปุ่มสำหรับหยุดการฉายรังสีเอกซ์ในกรณีฉุกเฉิน
- 1.3 ระบบหล่อเย็นสำหรับระบบการฉายรังสีเอกซ์ จำนวน 1 เครื่องมีคุณสมบัติดังนี้
  - 1.3.1 ระบบหล่อเย็นด้วยน้ำหรือน้ำมัน
  - 1.3.2 มีเซนเซอร์ตรวจสอบอุณหภูมิและอัตราการไหลเวียนของระบบหล่อเย็น
  - 1.3.3 มีอัตราการไหลเวียนของระบบหล่อเย็นไม่น้อยกว่า 14 ลิตร/นาที และ cooling capacity ไม่น้อยกว่า 4,500 วัตต์ หรือดีกว่า
- 1.4 เครื่องกำบังหลอดรังสีเอกซ์ จำนวน 1 ชุด มีคุณสมบัติดังนี้
  - 1.4.1 สามารถบรรจุหลอดรังสีเอกซ์ได้จำนวนไม่น้อยกว่า 1 หลอด
  - 1.4.2 แกนแนวราบของรังสีสูงจากพื้นในแนวระดับ  $1.3 \pm 0.30$  เมตรจากพื้น
  - 1.4.3 มีวัสดุกำบังรังสี (Shielding) เพื่อป้องกันการรั่วของรังสีเอกซ์เมื่อปิดชัตเตอร์โดยมีค่าอัตราปริมาณรังสีไม่มากกว่า  $10 \mu\text{Sv/h}$  ที่ระยะ 1 เมตรโดยรอบยกเว้นด้านลำรังสีและด้านสายเคเบิลที่เชื่อมต่อกับหลอดรังสีเอกซ์
  - 1.4.4 สามารถปรับตำแหน่งของหลอดรังสีให้อยู่ในศูนย์กลางของลำรังสี (The central radiation beam axis : CBA) ทั้งในแนวระนาบและแนวระดับ
  - 1.4.5 ติดตั้งเอกซ์เรย์ชัตเตอร์ (X-ray shutter) จำนวน 1 ชุด โดยมีคุณสมบัติดังนี้
    - 1.4.5.1. ติดตั้งเอกซ์เรย์ชัตเตอร์ภายในเครื่องกำบังหลอดรังสีเอกซ์ ด้านหน้าระหว่างหลอดรังสีเอกซ์กับช่องทางปล่อยรังสีเอกซ์ (Exit window) และอยู่ด้านหลังของคอลลิเมเตอร์ชิ้นแรก
    - 1.4.5.2. สามารถป้องกันการรั่วไหลของรังสีเอกซ์ขณะปิดชัตเตอร์ เมื่อทำการฉายรังสี โดยมีระดับรังสีรั่วไหลไม่เกิน  $20 \mu\text{Sv/h}$  ที่ระยะ 1 เมตร จากจุดโฟกัสที่พลังงานสูงสุดและกระแสสูงสุด ณ ตำแหน่งช่องทางปล่อยรังสีเอกซ์

- 1.4.5.3. สามารถควบคุมการเปิด-ปิดจากภายนอกห้องฉายรังสี โดยสามารถตั้งเวลาการเปิด-ปิดได้ต่ำสุด 1 วินาที
- 1.4.5.4. สามารถแสดงสถานะการเปิด-ปิดอัตโนมัติ
- 1.4.5.5. ระยะเวลาการเปิด-ปิดอัตโนมัติไม่เกิน 300 มิลลิวินาที
- 1.4.6. รองรับการเดินสายสัญญาณและสายประกอบอื่นๆ สำหรับการติดตั้งระบบการฉายรังสีเอกซ์
- 1.5 ระบบตรวจสอบการจ่ายศักย์ไฟฟ้า (Voltage Divider) เข้าสู่หลอดรังสีเอกซ์ 1 ระบบ มีคุณสมบัติดังนี้
  - 1.5.1 สามารถวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วแอโนดและแคโทดในระดับ 30 ถึง 320 kV หรือดีกว่า
  - 1.5.2 ความถูกต้องในการวัดไม่เกิน +/- 1% และมีความคงตัว (Stability) ไม่เกิน 0.1%/15 ชั่วโมง
  - 1.5.3 มีผลการสอบเทียบที่สามารถสอบย้อนกลับไปยังหน่วย SI Unit ได้ โดยให้แสดงต่อคณะกรรมการฯ ในวันส่งมอบ
- 1.6 หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ (X-ray Tube) จำนวน 1 หลอด
  - 1.6.1 เป็นหลอดรังสีเอกซ์ชนิด Unipolar หรือ Bipolar
  - 1.6.2 เป้าผลิตรังสีเอกซ์ทำจากทังสเตน (W Target) ทำมุม (Target angle) ไม่น้อยกว่า 20 องศา
  - 1.6.3 มี inherent filtration ที่ทำจากเบริลเลียม (Be) ความหนาไม่เกิน 10 มิลลิเมตร
  - 1.6.4 สามารถให้อัตรากำลัง ไม่น้อยกว่า 3,500 วัตต์
  - 1.6.5 สามารถผลิตรังสีเอกซ์ในช่วงพลังงาน 30 – 320 kV หรือดีกว่า
  - 1.6.6 มี Focal spot size ไม่มากกว่า 6 มิลลิเมตร
  - 1.6.7 สามารถเฝ้าสังเกตการจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าผ่านระบบตรวจสอบการจ่ายศักย์ไฟฟ้าในข้อ 1.5 ได้
  - 1.6.8 สามารถหล่อเย็นด้วยน้ำหรือน้ำมันได้
- 1.7 คอลลิเมเตอร์ (Beam collimation) จำนวน 1 ชุด มีคุณสมบัติดังนี้
  - 1.7.1 มีคอลลิเมเตอร์ไม่น้อยกว่า 2 ชั้น คือ คอลลิเมเตอร์ชั้นแรก และคอลลิเมเตอร์ชั้นที่สอง โดยมีลำดับชั้นเป็นไปตามภาคผนวก ก
  - 1.7.2 คอลลิเมเตอร์ชั้นแรก มีคุณสมบัติดังนี้
    - 1.7.2.1 ผลิตด้วยทังสเตนเป็นรูปกรวย หรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า
    - 1.7.2.2 ติดตั้งคอลลิเมเตอร์ชั้นแรก ณ ตำแหน่งกึ่งกลางลำรังสี โดยอยู่ระหว่างช่องทางออกของรังสีเอกซ์ ณ หลอดรังสีและเอกซเรย์ซัดเตอร์
    - 1.7.2.3 ติดตั้งวงฟิลเตอร์ (Filter Wheel) สำหรับใช้ในลำรังสีมาตรฐาน
    - 1.7.2.4 มีช่องรองรับการใส่ฟิลเตอร์เพิ่มเติม (Additional filtration) แบบสี่เหลี่ยมขนาด 10 x 10 เซนติเมตร และแบบวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร
  - 1.7.3 คอลลิเมเตอร์ชั้นที่สอง สำหรับการกำหนดขนาดลำรังสี มีคุณสมบัติดังนี้
    - 1.7.3.1 ผลิตด้วยอลูมิเนียม หรือสแตนเลส หรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า
    - 1.7.3.2 มีตำแหน่งสำหรับการติดตั้งหัววัดรังสีชนิดสังเกตการส่งผ่านลำรังสี (Transmission Monitor Chamber)
    - 1.7.3.3 มีวัสดุจำกัดลำรังสีผลิตจากอะลูมิเนียมหรือเทียบเท่า เพื่อการลดการกระเจิงกลับของลำรังสีขณะผ่าน
  - 1.7.4 ระยะทางระหว่างจุดโฟกัสของลำรังสีเอกซ์ถึงตำแหน่งนอกสุดของชุดเอกซเรย์ ณ ตำแหน่งแกนลำรังสีต้องไม่เกิน 60 เซนติเมตร

- 1.8 วงฟิลเตอร์ (Filter Wheel) จำนวนไม่น้อยกว่า 2 วง มีคุณสมบัติดังนี้
    - 1.8.1 มีช่องสำหรับใส่ฟิลเตอร์ไม่ต่ำกว่า 10 ตำแหน่ง
    - 1.8.2 มีความสูงของช่องฟิลเตอร์จากพื้นอยู่ในระดับที่สอดคล้องกับลำรังสีเอกซ์ในข้อ 1.4.2
  - 1.9 ชุดฟิลเตอร์ (Filter set) ประกอบด้วย
    - 1.9.1 ชุดฟิลเตอร์สำหรับ CCRI จำนวน 1 ชุด
    - 1.9.2 ชุดฟิลเตอร์ตามมาตรฐาน IEC 61267 – RQR จำนวน 1 ชุด
    - 1.9.3 ชุดฟิลเตอร์ตามมาตรฐาน ISO 4037 – 1 จำนวน 1 ชุด ตามภาคผนวก ค
    - 1.9.4 ความบริสุทธิ์ของธาตุตามข้อ 1.9.1 – 1.9.3 ต้องมีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.98% สำหรับอะลูมิเนียม และมีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.95% สำหรับธาตุอื่นๆ
  - 1.10 ระบบการป้องกันอันตรายจากรังสี จำนวน 1 ระบบ ประกอบด้วย
    - 1.10.1 มีประตูกำบังรังสีผลิตจากตะกั่วหรือวัสดุอื่นเทียบเท่า โดยมีโครงประตูทำจากเหล็ก
    - 1.10.2 เมื่อติดตั้งประตูกำบังรังสีแล้ว ปริมาณรังสีขณะฉายรังสี ด้วยพลังงานและกระแสสูงสุดไม่เกิน  $10 \mu\text{Sv/h}$  ที่ระยะประชิด
    - 1.10.3 สามารถติดตั้งระหว่างห้องฉายรังสีและห้องควบคุมได้
    - 1.10.4 สามารถติดตั้งกับร่องประตูที่ออกแบบไว้รองรับประตูกำบังรังสีได้
    - 1.10.5 มีระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติและระบบการเปิดปิดด้วยมือในกรณีไฟฟ้าขัดข้อง
  - 1.11 ระบบเฝ้าระวังภัยทางรังสี (Monitoring System) จำนวน 1 ระบบ มีคุณสมบัติดังนี้
    - 1.11.1 มีหัววัดรังสีจำนวน 2 หัว ติดตั้งในห้องฉายรังสีและห้องควบคุม
    - 1.11.2 สามารถแสดงผลแบบทันที (Real time) ติดตั้งบริเวณห้องควบคุม เพื่อแสดงระดับปริมาณรังสีในห้องฉายรังสีและห้องควบคุม
    - 1.11.3 สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกค่าปริมาณรังสีและการเรียกดูย้อนหลัง และสามารถแสดงผลในรูปแบบของตารางและกราฟ
    - 1.11.4 มีระบบสัญญาณเตือนด้วยไฟและเสียงเมื่อมีระดับรังสีสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้
    - 1.11.5 มีระบบ Interlock (ระบบจะหยุดฉายรังสีอัตโนมัติเมื่อมีการเปิดประตู)
    - 1.11.6 ระบบความปลอดภัยทางรังสีสำหรับห้องปฏิบัติการจำนวน 1 ระบบ ประกอบด้วย
      - 1.11.6.1 ระบบไฟเตือนสถานะขณะฉายรังสีและขณะไม่ฉายรังสี
      - 1.11.6.2 มีปุ่มหยุดการฉายรังสีฉุกเฉินไม่น้อยกว่า 3 จุด ติดตั้งภายในห้องฉายรังสีและห้องควบคุม
  - 1.12 ผู้ชนะการประกวดราคาต้องส่งมอบแบบของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ต่อคณะกรรมการตรวจรับฯ ในวันส่งมอบ
  - 1.13 ผู้ชนะการประกวดราคาต้องหาพารามิเตอร์ที่สำคัญ ต่อคณะกรรมการตรวจรับฯ ในวันส่งมอบ ได้แก่ ความหนาของ inherent filtration สำหรับ ISO 4037 beam qualities , Additional filtration สำหรับ RQR beam qualities และค่า  $1^{\text{st}}$  HVLs และ  $2^{\text{nd}}$  HVLs สำหรับทั้ง ISO 4037 และ RQR beam qualities
  - 1.14 ค่า  $1^{\text{st}}$  HVLs และ  $2^{\text{nd}}$  HVLs ที่วัดได้จากข้อ 1.13 ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน IAEA TRS-457 สำหรับ RQR beam qualities และเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 4037 สำหรับ Beam quality ที่กำหนดไว้ใน ISO 4037
2. ระบบจัดตำแหน่ง จำนวน 1 ระบบ ประกอบด้วย
    - 2.1 เลเซอร์จัดตำแหน่ง (Laser Alignment System) จำนวนอย่างน้อย 3 ชุด มีคุณสมบัติดังนี้

- 2.1.1 เป็นเลเซอร์ที่กำหนดตำแหน่งของหัววัดรังสีในตำแหน่งกึ่งกลางของลำรังสี
- 2.1.2 เป็นเลเซอร์ที่ปลดปล่อยคลื่นแสงสีแดงหรือสีเขียว
- 2.1.3 มีระบบหรืออุปกรณ์ช่วยตรวจเช็คความแม่นยำของเลเซอร์
- 2.1.4 มีกำลังเลเซอร์เพียงพอและมีความหนาของเส้นไม่เกิน 4 มิลลิเมตรที่ผนังตรงข้าม
- 2.1.5 มีชุดติดตั้งเลเซอร์ที่ผนัง
- 2.1.6 มีตำแหน่งการติดตั้งเลเซอร์ 3 ตำแหน่ง ดังนี้
  - 2.1.6.1 ด้านตรงข้ามกึ่งกลางลำรังสี
  - 2.1.6.2 ระยะ 1 เมตรจากแหล่งกำเนิดรังสี
  - 2.1.6.3 ติดตั้งบนระบบการเลื่อนตำแหน่งสำหรับการสอบเทียบ
- 2.2 กล้องวัดมุม (Theodolite) ชนิดดิจิทัล จำนวน 2 เครื่อง มีคุณสมบัติดังนี้
  - 2.2.1 เป็นกล้องวัดมุม (Theodolite) พร้อม laser pointer
  - 2.2.2 มีฐานตั้งกล้องทำจากอะลูมิเนียม หรือสแตนเลส ที่สามารถปรับระดับความสูงของกล้องให้อยู่ในระดับลำรังสีได้
  - 2.2.3 มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) ในการตรวจวัดไม่เกิน 2 ฟิลิปดา
  - 2.2.4 ตำแหน่งสำหรับ calibrate มุมที่ 0' 00" ในแนวระดับและแนวตั้ง
  - 2.2.5 ตำแหน่งการติดตั้งกล้องที่ด้านตรงข้ามกึ่งกลางลำรังสีและระยะ 1 เมตรจาก Focus spot
- 2.3 ระบบการเลื่อนตำแหน่งสำหรับการสอบเทียบ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย
  - 2.3.1 ระบบรางเลื่อนสำหรับติดตั้งแทน Primary standard medium energy free-air chamber และแทนสำหรับติดตั้งหัววัดรังสีผู้ขอรับบริการ มีคุณสมบัติดังนี้
    - 2.3.1.1 เป็นรางเลื่อนในแนวซ้าย-ขวา ที่มีความยาวของรางเลื่อนไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร โดยรางต้องมีระยะที่สามารถเคลื่อนแทนจากจุดกึ่งกลางลำรังสีไปทางซ้ายหรือทางขวาได้
    - 2.3.1.2 โครงสร้างของรางเลื่อนทำมาจากเหล็กรูปพรรณ ที่มีการชุบ เคลือบหรือพ่นสารกันสนิม หรือทำมาจากวัสดุอื่นที่ไม่เป็นสนิม ที่มีความสูงไม่เกิน 50 เซนติเมตร พร้อมอุปกรณ์ช่วยปรับระดับของรางเลื่อนให้อยู่ในแนวระดับได้
    - 2.3.1.3 ด้านบนของรางเลื่อนสามารถติดตั้งแทน Primary standard medium energy free-air chamber และแทนสำหรับติดตั้งหัววัดรังสีผู้ขอรับบริการได้
  - 2.3.2 ระบบรางเลื่อนสำหรับติดตั้งแทน Phantom มีคุณสมบัติดังนี้
    - 2.3.2.1 เป็นรางเลื่อนในแนวหน้า-หลัง ที่มีความยาวของรางเลื่อนไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร จากจุดกึ่งกลางของแหล่งกำเนิดรังสีที่ระยะ 2.50 - 4.00 เมตร
    - 2.3.2.2 โครงสร้างของรางเลื่อนทำมาจากเหล็กรูปพรรณ ที่มีการชุบ เคลือบหรือพ่นสารกันสนิม หรือทำมาจากวัสดุอื่นที่ไม่เป็นสนิม ที่มีความสูงไม่เกิน 50 เซนติเมตร พร้อมอุปกรณ์ช่วยปรับระดับของรางเลื่อนให้อยู่ในแนวระดับได้
    - 2.3.2.3 ด้านบนของรางเลื่อนสามารถติดตั้งแทน Phantom ได้
    - 2.3.2.4 มีสเกลบอกระยะติดตั้งที่พื้นหรือรางด้านล่าง พร้อมกล้องขยายเพื่อบอกระยะการเคลื่อนที่ได้
  - 2.3.3 ผู้ชนะการประกวดราคาต้องส่งมอบแบบของระบบการเลื่อนตำแหน่งสำหรับการสอบเทียบต่อคณะกรรมการตรวจรับฯ ในวันส่งมอบ

2.4 รายละเอียดของโครงสร้างรองรับแท่น และระบบเลื่อนตำแหน่งของแท่นบนระบบรางเลื่อน จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

2.4.1 แท่นรองรับ Primary standard medium energy free-air chamber มีคุณสมบัติดังนี้

2.4.1.1 ฐานรองรับ Primary standard medium energy free-air chamber มีโครงสร้างทำมาจากเหล็กรูปพรรณ ที่มีการชุบ เคลือบหรือพ่นสารกันสนิม หรือทำมาจากวัสดุอื่นที่ไม่เป็นสนิม ที่ออกแบบมาให้สามารถรองรับ Primary standard medium energy free-air chamber ที่มีขนาดความกว้าง 52 เซนติเมตร ลึก 75 เซนติเมตร ความสูง 52 เซนติเมตร ได้

2.4.1.2 โครงสร้างเหล็กสามารถรองรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 600 กิโลกรัม

2.4.1.3 สามารถปรับระดับของ Primary standard medium energy free-air chamber ให้อยู่ในแนวระดับได้

2.4.1.4 ระบบรางเลื่อนต้องสามารถขับเคลื่อนแท่นและโครงสร้างทั้งหมดของแท่นพร้อม Primary standard medium energy free-air chamber ได้

2.4.1.5 ระบบรางเลื่อนสามารถเคลื่อนที่ (Moving length) ในแนวซ้ายหรือขวา ได้ไม่น้อยกว่า 75 เซนติเมตรจากจุดกึ่งกลางของลำรางสี่

2.4.1.6 รองรับการผลิตในระดับ 1 ไมโครเมตร มีความสามารถในการทำซ้ำดีกว่า  $\pm 100$  ไมโครเมตร/500 มิลลิเมตร ความแม่นยำดีกว่า  $\pm 100$  ไมโครเมตร/500 มิลลิเมตร ในแนวซ้าย-ขวา

2.4.1.7 ตำแหน่งการติดตั้งแท่น Primary standard medium energy free-air chamber ให้ออกแบบติดตั้งที่ระยะ 1.00 เมตรจากแหล่งกำเนิดรังสี และสามารถรองรับการเคลื่อนที่ของแท่นมาอยู่ที่ระยะ 1.20 เมตรจากแหล่งกำเนิดรังสีได้

2.4.2 แท่นสำหรับติดตั้งหัววัดรังสีผู้ให้บริการ มีคุณสมบัติดังนี้

2.4.2.1 โครงสร้างทำมาจากเหล็กรูปพรรณ ที่มีการชุบ เคลือบหรือพ่นสารกันสนิม หรือทำมาจากวัสดุอื่นที่ไม่เป็นสนิม ที่ออกแบบมาเพื่อติดตั้งหัววัดรังสีผู้ให้บริการ ที่มีขนาดความกว้างของแท่นไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร

2.4.2.2 ระบบรางเลื่อนต้องสามารถขับเคลื่อนแท่นและโครงสร้างทั้งหมดของแท่นพร้อมหัววัดรังสีผู้ให้บริการได้

2.4.2.3 ระบบรางเลื่อนสามารถปรับเคลื่อนตำแหน่งได้อย่างอัตโนมัติผ่านระบบคอมพิวเตอร์ หรือรีโมท

2.4.2.4 ระบบรางเลื่อนสามารถเคลื่อนที่ (Moving length) ในแนวซ้ายหรือขวา ได้ไม่น้อยกว่า 75 เซนติเมตรจากจุดกึ่งกลางของลำรางสี่

2.4.2.5 ระบบรางเลื่อนรองรับการผลิตในระดับ 1 ไมโครเมตร มีความสามารถในการทำซ้ำดีกว่า  $\pm 100$  ไมโครเมตร/500 มิลลิเมตร ความแม่นยำดีกว่า  $\pm 100$  ไมโครเมตร/500 มิลลิเมตร ในแนวซ้าย-ขวา

2.4.2.6 ตัวแท่นผลิตมาจากวัสดุที่มีความมั่นคงแข็งแรงและต้องคำนึงถึงคุณสมบัติการลดการกระเจิงจากรังสีของวัสดุด้วย โดยตัวแท่นต้องสามารถรองรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัม

2.4.2.7 สามารถปรับระดับการเลื่อนตำแหน่งของแท่นในแนวขึ้น-ลงได้ ในระดับมิลลิเมตร เป็นอย่างน้อย โดยมีระยะขึ้น-ลงรวมไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร



- 2.4.2.8 สามารถปรับความสูงของตำแหน่งได้อย่างอัตโนมัติผ่านระบบคอมพิวเตอร์หรือรีโมท พร้อมทั้งสามารถจำระยะกึ่งกลางลำรังสีและระยะพื้นลำรังสีได้
- 2.4.2.9 รองรับการแสดงผลในระดับ 1 ไมโครเมตร ความสามารถในการทำซ้ำดีกว่า  $\pm 100$  ไมโครเมตร/300 มิลลิเมตร ความแม่นยำดีกว่า  $\pm 100$  ไมโครเมตร/300 มิลลิเมตร ในแนวขึ้น-ลง
- 2.4.2.10 ตำแหน่งการติดตั้งแทนสำหรับติดตั้งหัววัดรังสีผู้ให้บริการ ให้ออกแบบติดตั้งที่ ระยะ 1.00 เมตรจากแหล่งกำเนิดรังสี และสามารถรองรับการเคลื่อนที่ของแทนมา อยู่ที่ระยะ 1.20 เมตรจากแหล่งกำเนิดรังสีได้
- 2.4.3 แทนสำหรับติดตั้ง Phantom มีคุณสมบัติดังนี้
- 2.4.3.1 โครงสร้างทำมาจากเหล็กรูปพรรณ ที่มีการชุบ เคลือบหรือพ่นสารกันสนิม หรือทำมาจากวัสดุอื่นที่ไม่เป็นสนิม ที่ออกแบบมาเพื่อติดตั้ง Phantom ที่มีขนาดความกว้างของแทนไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร X 30 เซนติเมตร
- 2.4.3.2 ระบบรางเลื่อนต้องสามารถขับเคลื่อนแทนและโครงสร้างทั้งหมดของแทนพร้อม Phantom ได้
- 2.4.3.3 ระบบรางเลื่อนสามารถปรับเคลื่อนตำแหน่งได้อย่างอัตโนมัติผ่านระบบคอมพิวเตอร์หรือรีโมท
- 2.4.3.4 ระบบรางเลื่อนสามารถเคลื่อนที่ (Moving length) ในแนวหน้า-หลัง ได้ไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร
- 2.4.3.5 ระบบรางเลื่อนรองรับการแสดงผลในระดับ 1 ไมโครเมตร มีความสามารถในการทำซ้ำดีกว่า  $\pm 100$  ไมโครเมตร/500 มิลลิเมตร ความแม่นยำดีกว่า  $\pm 100$  ไมโครเมตร/500 มิลลิเมตร ในแนวหน้า-หลัง
- 2.4.3.6 ตัวแทนผลิตมาจากวัสดุที่มีความมั่นคงแข็งแรงและต้องคำนึงถึงคุณสมบัติการลดการกระเจิงจากรังสีของวัสดุด้วย โดยตัวแทนต้องสามารถรองรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัม
- 2.4.3.7 สามารถปรับระดับการเลื่อนตำแหน่งของแทนในแนวขึ้น-ลงได้ ในระดับมิลลิเมตรเป็นอย่างน้อย โดยมีระยะขึ้น-ลงรวมไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร
- 2.4.3.8 แทนสามารถปรับความสูงของตำแหน่งได้อย่างอัตโนมัติผ่านระบบคอมพิวเตอร์หรือรีโมท
- 2.4.3.9 รองรับการแสดงผลในระดับ 1 ไมโครเมตร ความสามารถในการทำซ้ำดีกว่า  $\pm 100$  ไมโครเมตร/300 มิลลิเมตร ความแม่นยำดีกว่า  $\pm 100$  ไมโครเมตร/300 มิลลิเมตร ในแนวขึ้น-ลง
- 2.5 ชุดประกอบสำหรับระบบจัดตำแหน่ง มีคุณสมบัติดังนี้
- 2.5.1 มีสเกลบอกระยะติดตั้งที่ผนังด้านใกล้กับแทน Primary standard medium energy free-air chamber เพื่อบอกระยะเคลื่อนที่ของแทน Phantom
- 2.5.2 มีหน้าแปลนเพื่อติดตั้งชุดอะลูมิเนียมทรงกระบอกกลาง พร้อมชุดวัดความดันสูญญากาศ ที่ ปส.มีอยู่ได้
- 2.5.3 มีชุดอุปกรณ์ที่ออกแบบมาสำหรับจับยึดหัววัดรังสี บนแทนสำหรับติดตั้งหัววัดรังสีผู้ให้บริการ และแทน Phantom ได้ จำนวน 1 ชุด
3. ระบบกล้องวงจรปิดพร้อมอุปกรณ์ประกอบ จำนวน 1 ระบบ ประกอบด้วย

- 3.1. ระบบกล้องวงจรปิดชนิด PTZ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 เครื่อง มีคุณสมบัติดังนี้
  - 3.1.1. สามารถบันทึกภาพที่ความละเอียด 1920 x 1080 หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 2 เครื่อง
  - 3.1.2. มีอัตราการบันทึกภาพไม่น้อยกว่า 50 เฟรมต่อวินาที สามารถบันทึกภาพได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน
  - 3.1.3. สามารถหมุนภาพได้รอบ 360 องศาและมูมกดได้ 90 องศาหรือดีกว่า
  - 3.1.4. สามารถซูมภาพได้ไม่น้อยกว่า 40 เท่าแบบ optical zoom หรือ digital zoom การหมุนภาพและการซูม สามารถทำผ่านโปรแกรมควบคุมได้
  - 3.1.5. เครื่องบันทึกภาพต้องเป็นชนิด Network Video Recorder รองรับการเชื่อมต่อจากกล้องวงจรปิดได้ไม่น้อยกว่า 2 กล้อง ในแบบ IP
  - 3.1.6. รองรับฮาร์ดดิสก์ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 2 TB
  - 3.1.7. มีระบบรองรับการตรวจจับสำหรับการบันทึกภาพ พร้อมทั้งสามารถเลือกบันทึกภาพแบบกำหนดช่วงเวลาหรือปรับเอง รองรับการแสดงผลภาพผ่านทาง HDMI port
  - 3.1.8. รองรับการบริหารจัดการผ่านโปรแกรมเพื่อการดูภาพและบริหารจัดการภาพ โดยตัวโปรแกรมที่จะใช้ต้องได้รับสิทธิการใช้งานอย่างถูกต้อง
  - 3.1.9. สามารถสำรองภาพผ่านทาง USB หรือ Network ได้
  - 3.1.10. สามารถแสดงภาพที่ถูกบันทึกไว้ได้แล้วจำนวน 1-16 ภาพพร้อมกันในจอภาพเดียว หรือมากกว่า สามารถค้นหาภาพโดยการกำหนดชื่อกิจกรรม วัน เวลา ได้ สามารถถ่ายข้อมูลภาพและเสียงที่บันทึกไว้ใส่อุปกรณ์บันทึกข้อมูลได้ สามารถเปลี่ยนความเร็วในการเล่นวิดีโอที่บันทึกไว้ได้/ ระบบควบคุมกล้องแบบ PTZ สามารถควบคุมกล้องให้หมุนซ้าย ขวา ก้ม เงย และซูมภาพได้ สามารถกำหนด preset และ patrolling ให้แก่กล้องวงจรปิดได้ และสามารถกำหนดเวลาได้ สามารถสั่งให้กล้องจับภาพบริเวณที่ได้รับสัญญาณเตือนหรือเมื่อมีความเคลื่อนไหวได้
  - 3.1.11. มีระบบจัดการผู้ใช้งานสามารถใช้งานร่วมกับ Windows 10 หรือดีกว่าได้ สามารถกำหนดสิทธิในการเข้าถึงข้อมูลของแต่ละบุคคลได้
- 3.2. มีจอภาพสำหรับแสดงผลกล้องวงจรปิดจำนวนไม่น้อยกว่า 2 จอ คุณสมบัติดังนี้
  - 3.2.1. ขนาดหน้าจอไม่น้อยกว่า 65 นิ้ว และมีความละเอียดหน้าจอไม่น้อยกว่า 3840 x 2160 พิกเซล
  - 3.2.2. สามารถเชื่อมต่อด้วย USB และ HDMI
  - 3.2.3. ระบบปฏิบัติการ Android ไม่น้อยกว่า version 9
  - 3.2.4. สามารถเชื่อมต่อระบบ internet ได้
4. เครื่องควบคุมและสำรองไฟฟ้า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เครื่อง มีคุณสมบัติดังนี้
  - 4.1. ปลั๊กกระแส output เป็นชนิด pure sin wave
  - 4.2. มีขนาดไม่น้อยกว่า 10 kVA
  - 4.3. มีระบบป้องกันไฟแรงดันสูงชั่วขณะ ไฟกระชาก ไฟตก การใช้ไฟเกินกำลังและไฟฟ้าลัดวงจร
  - 4.4. มีระบบป้องกัน EMI/RFI และสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า
  - 4.5. ผู้ชนะการประกวดราคาต้องรับผิดชอบผิดชอบค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแบตเตอรี่สำรองดังกล่าวเมื่อ ปล. ได้ร้องขอ จำนวน 1 ครั้ง
  - 4.6. ผู้ชนะการประกวดราคาต้องส่งมอบแบบการเดินไฟฟ้าเข้าสู่สำรองไฟรวมทั้งตำแหน่งต่างๆในตู้ไฟต่อคณะกรรมการตรวจรับพัสดุในวันส่งมอบ
5. ระบบการวัดปริมาณรังสีและสภาวะแวดล้อม 1 ระบบ ประกอบด้วย
  - 5.1. เครื่องวัดอุณหภูมิ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เครื่อง มีคุณสมบัติดังนี้

- 5.1.1. สามารถวัดอุณหภูมิได้แม่นยำในระดับ 2 ทศนิยม
- 5.1.2. มีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิลหรือดีกว่า ความยาวสายสัญญาณไม่น้อยกว่า 15 เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 2 เส้น
- 5.1.3. สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ได้ โดยมีช่องสื่อสาร RS232 หรือ GBIP หรือ USB ซึ่งสามารถเชื่อมต่อตัวเครื่องโดยตรงหรือผ่านตัวแปลงได้
- 5.1.4. มีใบรับรองผลการสอบเทียบที่สามารถสอบย้อนกลับไปยังหน่วย SI Unit ได้ มีค่าความไม่แน่นอนของใบรับรองไม่เกิน 0.1 °C
- 5.1.5. มีช่องในการติดตั้งและแสดงผลอุณหภูมิได้ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง ในเวลาเดียวกัน
- 5.2. มีโปรแกรมสำหรับการสังเกตอุณหภูมิ ความดัน ความชื้นภายในห้องปฏิบัติการ
- 5.3. สายสัญญาณชนิดหัว BNC-male to BNC-female ความยาวไม่น้อยกว่า 20 เมตร จำนวน 1 เส้น
- 5.4. สายแปลงสัญญาณชนิดหัว BNC-male to BNC-female จำนวน 2 เส้น
- 5.5. สายสำหรับจ่ายความต่างศักย์สูงชนิดหัว shv ความยาวไม่น้อยกว่า 20 เมตร จำนวน 1 เส้น
- 5.6. สายจ่ายความต่างศักย์ชนิด shv to banana male and female ความยาวไม่น้อยกว่า 20 เมตร จำนวน 1 เส้น
6. คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมในห้องปฏิบัติการ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด
  - 6.1. มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) AMD Ryzen 7 หรือ Intel Core i7 มีความเร็วสัญญาณนาฬิกา 3.4 GHz หรือดีกว่า
  - 6.2. มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาดไม่น้อยกว่า 16 GB
  - 6.3. มี Hard Disk ความจุไม่น้อยกว่า 2TB
  - 6.4. มีจอภาพขนาดไม่น้อยกว่า 24 นิ้ว จำนวนไม่น้อยกว่า 2 หน่วย และชุดแป้นพิมพ์ พร้อมเมาส์ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
  - 6.5. มีระบบปฏิบัติการลิขสิทธิ์ Window 11 หรือดีกว่าพร้อม Microsoft office
7. เครื่องวัดความชื้น จำนวนไม่น้อยกว่า 2 เครื่อง มีคุณสมบัติดังนี้
  - 7.1. สามารถลดความชื้นได้ไม่น้อยกว่า 100 ลิตรต่อวัน
  - 7.2. สามารถตั้งเวลาเปิด - ปิดได้
  - 7.3. ตัวเครื่องลดความชื้นสามารถปรับตั้งค่าได้ ด้วยความละเอียด 1%RH
  - 7.4. สามารถแขวนเพดานได้และมีการติดตั้งที่เหมาะสม
8. อุปกรณ์สำนักงานสำหรับการปฏิบัติงานสอบเทียบ ประกอบด้วย
  - 8.1. โต๊ะสำหรับตั้งคอมพิวเตอร์พร้อมเก้าอี้ปฏิบัติงาน จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด มีคุณสมบัติดังนี้
    - 8.1.1. เป็นโต๊ะขาเหล็กหน้าโต๊ะผลิตจากไม้หรือวัสดุอื่นที่มีความคงทนแข็งแรงและเคลือบสารที่ทนต่อความชื้นและรอยขีดข่วน
    - 8.1.2. หน้าโต๊ะมีขนาดไม่น้อยกว่า (กว้าง x ยาว) 60 x 120 เซนติเมตร
    - 8.1.3. สามารถปรับความสูงของหน้าโต๊ะได้ในช่วง 70 - 100 เซนติเมตรหรือมากกว่า
    - 8.1.4. รองรับน้ำหนักแบบกระจายได้สูงถึง 120 กิโลกรัมหรือดีกว่า
  - 8.2. เก้าอี้ปฏิบัติงานแบบมีพนักพิงและมีล้อ จำนวน 2 ตัว มีคุณสมบัติดังนี้
    - 8.2.1. มีขนาดไม่น้อยกว่า (กว้าง x ยาว x สูง) 45 x 46 x 110 เซนติเมตร สามารถปรับความสูงได้ 10 เซนติเมตร หรือดีกว่า
    - 8.2.2. มีความหนาของเบาะนั่งไม่น้อยกว่า 7 เซนติเมตรหรือดีกว่า
    - 8.2.3. สามารถปรับความสูงจากพื้นถึงเบาะนั่งในช่วง 40-50 เซนติเมตรหรือดีกว่า

- 8.2.4. ความสูงของพนักพิงไม่น้อยกว่า 70 เซนติเมตร
  - 8.2.5. ความสูงจากเบาะถึงที่วางแขนไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร
  - 8.2.6. เบาะนั่งหุ้มด้วยผ้าตาข่าย Nylon Mesh หรือวัสดุอื่นที่เทียบเท่า
  - 8.2.7. ที่พนักศีรษะ/ที่รองคอ (Adjustable Headrest) บุด้วยฟองน้ำหุ้มด้วยผ้าตาข่าย Mesh สามารถปรับได้ 3 ระดับ หรือดีกว่า
9. ผู้ยื่นข้อเสนอต้องมีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีที่สามารถรับผิดชอบในการช่วยขออนุญาตนำเข้า ดำเนินการแจ้งครอบครอง ช่วยดำเนินการแจ้งใช้งาน และช่วยขออนุญาตตามกฎหมาย โดยแสดงเอกสารหลักฐานดังกล่าว พร้อมกับการเสนอราคา
  10. ผู้ยื่นข้อเสนอจะต้องมีแผนการบำรุงรักษาระยะเวลา 5 ปี พร้อมประมาณราคาอะไหล่ที่อาจชำรุดบกพร่อง และแผนการเข้ามาบำรุงรักษา พร้อมกับการเสนอราคา
  11. ผู้ชนะฯ ต้องจัดทำแผนการทำงานมาให้สำนักงานฯ ภายใน 30 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา ทั้งนี้ แผนการทำงานดังกล่าวให้ถือเป็นเอกสารส่วนหนึ่งของสัญญา

#### 6. การฝึกอบรมให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน

ผู้ชนะฯ จะต้องจัดฝึกอบรมบุคลากรไม่น้อยกว่า 3 วันทำการ และไม่น้อยกว่า 3 คน ณ สถานที่ติดตั้ง ใช้งานเครื่องมือทุกชนิด และการบำรุงรักษาเครื่องมือทุกชนิด ให้สามารถใช้งานเครื่องมือได้เป็นอย่างดี

#### 7. เอกสารที่เกี่ยวข้อง และคู่มือต่างๆ

1. มีเอกสารคู่มือประกอบด้วย คู่มือการใช้งาน (Operation manual) และคู่มือการใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ (Software user's manual) เป็นภาษาอังกฤษหรือภาษาไทย รายการละไม่น้อยกว่า 2 ชุด

2. ยื่นสำเนาใบขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) (ถ้ามี) ทั้งนี้ หากผู้ยื่นข้อเสนออื่นหรือไม่ยื่นสำเนาใบขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) สำนักงานจะไม่นำมาเป็นสาระสำคัญในการพิจารณาการได้รับสิทธิการได้แต้มต่อในการเสนอราคา และไม่ถือว่าผู้ยื่นข้อเสนออื่นเป็นผู้ไม่ผ่านคุณสมบัติแต่อย่างใด

3. ในกรณีที่มีพัสดุบางส่วนที่ผลิตภายในประเทศไทย ให้ผู้ยื่นข้อเสนอที่เป็นผู้ชนะการเสนอราคาจัดทำแผนหรือแสดงรายการการใช้พัสดุที่ผลิตภายในประเทศ โดยยื่นให้สำนักงานประมาณเพื่อสันติ ภายใน 30 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา

4. ในกรณีที่มีพัสดุที่ผลิตภายในประเทศไทย ให้ผู้ยื่นข้อเสนอแสดงเอกสารยืนยันรายการพัสดุที่ผลิตในประเทศไทย มาพร้อมกับเอกสารในวันยื่นเอกสารประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์

#### 8. การรับประกันความชำรุดบกพร่อง

8.1 ผู้ขายต้องรับประกันความเสียหายของเครื่องและอุปกรณ์ทุกชิ้นส่วน (Full warranty) เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี นับถัดจากวันที่สำนักงาน ได้รับมอบสิ่งของ หากได้รับการแจ้งซ่อมต้องรีบจัดการซ่อมแซมแก้ไขให้ใช้งานได้ดีดังเดิมภายใน 30 วัน นับถัดจากวันที่ได้รับแจ้งความชำรุดบกพร่อง โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้นตลอดระยะเวลารับประกัน ยกเว้นกรณีที่ต้องส่งให้ผู้ผลิตในต่างประเทศดำเนินการแก้ไข ให้ผู้ผลิตทำหนังสือชี้แจงถึงระยะเวลาในการซ่อมแซมแก้ไขมาเป็นลายลักษณ์อักษร โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

8.2 ในระยะเวลารับประกันหากเครื่องเกิดชำรุดเสียหาย หรือขัดข้องอันเนื่องมาจากการใช้งานปกติและบริษัทฯ ทำการแก้ไขแล้ว แต่ยังไม่สามารถใช้งานได้อย่างปกติ บริษัทฯ ต้องเปลี่ยนเฉพาะชิ้นส่วนอุปกรณ์ หรือเปลี่ยนเครื่องใหม่ให้กับทางหน่วยงานฯ โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นกรณีที่แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เสีย ผู้ขายจะต้องเปลี่ยนแผงวงจรให้ใหม่ทั้งแผงวงจร โดยไม่ซ่อมหรือเปลี่ยนเฉพาะอุปกรณ์บนแผงวงจร



## 9. อัตราค่าปรับ

หากผู้ขายไม่สามารถส่งมอบพัสดุได้ตามกำหนดเวลา หรือส่งมอบพัสดุไม่ถูกต้องครบถ้วนตามสัญญา สำนักงานจะคิดค่าปรับเป็นรายวันในอัตราร้อยละ 0.20 ของราคาส่งของที่ยังไม่ได้รับมอบ

ในกรณีสิ่งของที่ตกลงซื้อขายประกอบกันเป็นชุด แต่ผู้ขายส่งมอบเป็นบางส่วนหรือขาดส่วนประกอบส่วนใดส่วนหนึ่งใดไปทำให้ไม่สามารถใช้การได้สมบูรณ์ ให้ถือว่ายังไม่ได้มอบสิ่งของนั้นเลย และให้คิดค่าปรับจากราคาส่งของเต็มทั้งชุด

## 10. ระยะเวลาในการดำเนินงานให้แล้วเสร็จ หรือระยะเวลาในการส่งมอบพัสดุ

ส่งมอบพัสดุ ภายใน 300 วันนับถัดจากวันลงนามในสัญญา

## 11. หลักเกณฑ์ในการพิจารณา

11.1 ในการพิจารณาผลการยื่นข้อเสนอประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้ สำนักงานจะพิจารณาตัดสินโดยใช้หลักเกณฑ์ราคาประกอบเกณฑ์อื่น

11.2 ในการพิจารณาผู้ชนะการยื่นข้อเสนอ ส่วนราชการจะใช้หลักเกณฑ์ราคาประกอบเกณฑ์อื่น

11.2.1 ราคาที่ยื่นข้อเสนอ (Price) กำหนดน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 40 ✓

11.2.2 ข้อเสนอด้านเทคนิคหรือข้อเสนออื่นๆ (Performance) กำหนดน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 60 ✓

11.2.2.1 ความต่างศักย์ของหลอดและเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ผู้ยื่นข้อเสนอ เสนอมากกว่าข้อกำหนดในรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ คิดเป็นน้ำหนักร้อยละ 20 โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

เสนอไม่เกินกว่า 320 kV	60 คะแนน
เสนอไม่ต่ำกว่า 320 แต่ไม่เกิน 460 kV	70 คะแนน
เสนอไม่ต่ำกว่า 460 แต่ไม่เกิน 799 kV	80 คะแนน
เสนอเกินกว่า 800 kV	100 คะแนน

วิธีการพิจารณา พิจารณาจากเอกสารที่ผู้ยื่นข้อเสนอยื่นมา

11.2.2.2 เอกสารแสดงประสิทธิภาพการจัดตั้งห้องปฏิบัติการด้านมาตรฐานการวัดปริมาณรังสี กำหนดน้ำหนักเท่ากับ ร้อยละ 30 ✓

เกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

ไม่เสนอ	0 คะแนน
เสนอไม่ต่ำกว่า 1 แห่ง แต่ไม่เกิน 2 แห่ง	30 คะแนน
เสนอไม่ต่ำกว่า 3 แห่ง แต่ไม่เกิน 5 แห่ง	60 คะแนน
เสนอเกินกว่า 5 แห่ง	100 คะแนน

วิธีการพิจารณา พิจารณาจากเอกสารที่ผู้ยื่นข้อเสนอยื่นมา

11.2.2.3 มีแบบการทำงานระบบจัดตำแหน่งตามข้อ 2.3 พร้อมแนบ URL หรือ QR code ในรูปแบบ PDF file ที่สามารถดาวน์โหลดคลิกแสดงการทำงาน พร้อมระบุชื่อไฟล์ วันที่อัปโหลดไฟล์ กำหนดน้ำหนักเท่ากับ ร้อยละ 20 ✓

วิธีการพิจารณา พิจารณาจากเอกสารที่ผู้ยื่นข้อเสนอยื่นมา

11.2.2.4 ผู้ยื่นข้อเสนอมีประสบการณ์ในการจัดทำระบบจัดตำแหน่งตามข้อ 2.3 สำหรับห้องปฏิบัติการด้านมาตรฐานการวัดปริมาณรังสีปฐมภูมิ กำหนดน้ำหนักเท่ากับ ร้อยละ 30

เกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

ไม่เสนอ	0 คะแนน
มีประสบการณ์ 1 ระบบ ไม่มากกว่า 2 ระบบ	50 คะแนน
มีประสบการณ์มากกว่า 2 ระบบขึ้นไป	100 คะแนน

วิธีการพิจารณา พิจารณาจากเอกสารที่ผู้ยื่นข้อเสนอยื่นมา

12. กำหนดการจ่ายเงิน

จ่ายเงินจำนวน 1 งวด

13. วงเงินในการจัดซื้อ

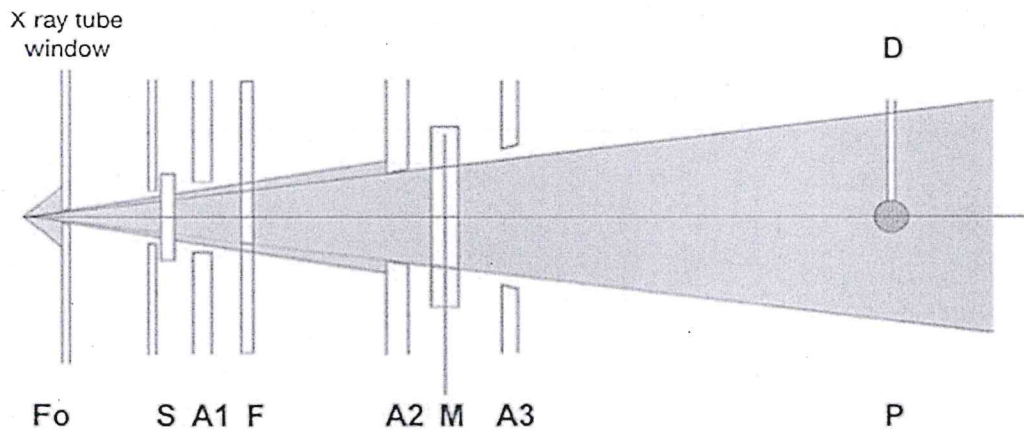
เงินงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 เป็นเงิน 30,000,000 บาท (สามสิบล้านบาทถ้วน) ทั้งนี้ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ขอสงวนสิทธิ์ในการลงนามสัญญาหรือข้อตกลงเป็นหนังสือได้ต่อเมื่อ พ.ร.บ. งบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 มีผลบังคับใช้ และได้รับจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 จากสำนักงบประมาณแล้ว

14. คณะกรรมการจัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

1. นายวิฑิต ผึ้งกัน ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการประเมินค่ากัมมันตภาพรังสี ประธานกรรมการ
2. นายพงษ์ปนต์ รินทตยาธรรณ์ ตำแหน่ง นักฟิสิกส์รังสีชำนาญการ กรรมการ
3. นางสาวลีดา มิตรายน ตำแหน่ง นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ กรรมการ
4. นางสาวสาวิณี พันธุ์คุณ ตำแหน่ง นายช่างไฟฟ้าปฏิบัติงาน กรรมการ
5. นางสาวชุตินา เต็มสุข ตำแหน่ง นักฟิสิกส์รังสีปฏิบัติการ กรรมการและเลขานุการ

ภาคผนวก ก

รูปแบบการเรียงลำดับคอลลิเมเตอร์สำหรับเครื่องฉายรังสีเอกซ์



รูปที่ 1 ภาพแสดงการ setting up การสอบเทียบหัววัดรังสีสำหรับการสอบเทียบการวัดรังสีเอกซ์พลังงานปานกลาง โดย Fo คือ จุดโฟกัสลำรังสีเอกซ์ S คือ ชัตเตอร์ F คือ ฟิลเตอร์เพิ่มเติม (Additional Filtration) M คือ หัววัดรังสีชนิดแผ่นสังกะสี D คือ หัววัดรังสี P คือ ตำแหน่งสอบเทียบ โดย A1 - A3 คือ ตำแหน่งช่องเปิดลำรังสี 3 ตำแหน่งตามลำดับ อ้างอิงจาก IAEA TRS-457

Handwritten signatures in blue ink at the bottom of the page.

ภาคผนวก ข

บัญชีรายชื่อสินค้าที่นำเข้ามาจากต่างประเทศหรือผลิตในประเทศ

รายการสินค้าตามรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ ได้กำหนดให้ใช้ผลิตภัณฑ์นำเข้ามาจากต่างประเทศหรือผลิตภายในประเทศดังต่อไปนี้

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ	แหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์
ข้อ 1 เครื่องฉายรังสีเอกซ์	นำเข้าจากต่างประเทศ
ข้อ 1.10 ระบบการป้องกันอันตรายจากรังสี จำนวน 1 ระบบ	ผลิตในประเทศ
ข้อ 2 ระบบจัดตำแหน่ง ประกอบด้วย	
ข้อ 2.1 เลเซอร์จัดตำแหน่ง (Laser Alignment System)	นำเข้าจากต่างประเทศ
ข้อ 2.2 กล้องวัดมุม (Theodolite) ชนิดดิจิทัล	นำเข้าจากต่างประเทศ
ข้อ 2.3 ระบบการเลื่อนตำแหน่งสำหรับการสอบเทียบ	ผลิตในประเทศ
ข้อ 2.4 โครงสร้างรองรับแท่น และระบบเลื่อนตำแหน่งของแท่นบนระบบรางเลื่อน	ผลิตในประเทศ
ข้อ 2.5 ชุดประกอบสำหรับระบบจัดตำแหน่ง	ผลิตในประเทศ
ข้อ 3 ระบบกล้องวงจรปิดพร้อมอุปกรณ์ประกอบ	นำเข้าจากต่างประเทศ
ข้อ 4 เครื่องควบคุมและสำรองไฟฟ้า	นำเข้าจากต่างประเทศ
ข้อ 5 ระบบการวัดปริมาณรังสีและสภาวะแวดล้อม	นำเข้าจากต่างประเทศ
ข้อ 6 คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมในห้องปฏิบัติการ	นำเข้าจากต่างประเทศ
ข้อ 7 เครื่องดูดความชื้น	นำเข้าจากต่างประเทศ
ข้อ 8 อุปกรณ์สำนักงานสำหรับการปฏิบัติงานสอบเทียบ	ผลิตในประเทศ



ภาคผนวก ค

Beam qualities ตาม ISO 4037 สำหรับ medium energy x-ray

Table 3 — Characteristics of low air kerma rate series (L-series)

Short name	Mean energy, $\bar{E}(\phi)$ keV	Reso- lution, $R_E$ %	Tube poten- tial <sup>a</sup> kV	Recom- mended inherent filtration <sup>b</sup>	Additional filtration <sup>b</sup> , thickness, $D$ , in				1 <sup>st</sup> HVL at a dis- tance from the focal spot of		2 <sup>nd</sup> HVL at a distance from the focal spot of	
					mm Pb	mm Sn	mm Cu	mm Al	1,0 m	2,5 m	1,0 m	2,5 m
					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
L-35	30,4	21	35	4 mm Al			0,25		2,18 Al	2,18 Al	2,29 Al	2,30 Al
L-55	47,8	22	55	4 mm Al			1,2		0,248 Cu	0,249 Cu	0,261 Cu	0,261 Cu
L-70	60,6	22	70	4 mm Al			2,5		0,483 Cu	0,484 Cu	0,505 Cu	0,506 Cu
L-100	86,8	22	100	4 mm Al		2,0	0,5		1,22 Cu	1,22 Cu	1,25 Cu	1,26 Cu
L-125	109	21	125	4 mm Al		4,0	1,0		1,98 Cu	1,98 Cu	2,02 Cu	2,02 Cu
L-170	149	18	170	4 mm Al	1,5	3,0	1,0		3,40 Cu	3,40 Cu	3,46 Cu	3,47 Cu
L-210	185	18	210	4 mm Al	3,5	2,0	0,5		4,52 Cu	4,50 Cu	4,55 Cu	4,55 Cu
L-240	211	18	240	4 mm Al	5,5	2,0	0,5		5,19 Cu	5,18 Cu	5,22 Cu	5,21 Cu

<sup>a</sup> The tube potential is measured under load.

<sup>b</sup> The total filtration consists of the inherent filtration plus the additional filtration. The inherent filtration shall be in line with the requirements given in 4.2.3.1 to 4.2.3.5, and shall, if necessary, be adjusted accordingly by adding appropriate filters.

Table 4 — Characteristics of narrow-spectrum series (N-series)

Short name	Mean energy, $\bar{E}(\phi)$ keV	Reso- lution, $R_E$ %	Tube poten- tial <sup>a</sup> kV	Recom- mended inherent filtration <sup>b</sup>	Additional filtration <sup>b</sup> , thickness, $D$ , in				1 <sup>st</sup> HVL at a dis- tance from the focal spot of <sup>c</sup>		2 <sup>nd</sup> HVL at a distance from the focal spot of <sup>c</sup>	
					mm Pb	mm Sn	mm Cu	mm Al	1,0 m	2,5 m	1,0 m	2,5 m
					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N-60	47,9	36	60	4 mm Al			0,6		0,234 Cu	0,235 Cu	0,263 Cu	0,264 Cu
N-80	65,2	32	80	4 mm Al			2,0		0,578 Cu	0,580 Cu	0,622 Cu	0,623 Cu
N-100	83,3	28	100	4 mm Al			5,0		1,09 Cu	1,09 Cu	1,15 Cu	1,15 Cu
N-120	100	27	120	4 mm Al		1,0	5,0		1,67 Cu	1,67 Cu	1,73 Cu	1,74 Cu
N-150	118	37	150	4 mm Al		2,5			2,30 Cu	2,30 Cu	2,41 Cu	2,41 Cu
N-200	165	30	200	4 mm Al	1,0	3,0	2,0		3,92 Cu	3,91 Cu	3,99 Cu	3,99 Cu
N-250	207	28	250	4 mm Al	3,0	2,0			5,10 Cu	5,08 Cu	5,14 Cu	5,14 Cu
N-300	248	27	300	4 mm Al	5,0	3,0			5,96 Cu	5,94 Cu	6,00 Cu	5,99 Cu

<sup>a</sup> The tube potential is measured under load.

<sup>b</sup> The total filtration consists of the inherent filtration plus the additional filtration. The inherent filtration shall be in line with the requirements given in 4.2.3.1 to 4.2.3.5, and shall, if necessary, be adjusted accordingly by adding appropriate filters.

<sup>c</sup> The HVLs are measured at 1 m and 2,5 m distance from the focal spot, except for N-350 and N-400, where the distance is only 2,5 m.

Table 5 — Characteristics of wide-spectrum series (W-series)

Short name	Mean energy, $\bar{E}(\phi)$	Res-olu-tion, $R_E$	Tube poten-tial <sup>a</sup>	Recom-mended inherent filtration <sup>b</sup>	Additional filtration <sup>b</sup> , thickness, D, in			1 <sup>st</sup> HVL at a distance from the focal spot of		2 <sup>nd</sup> HVL at a distance from the focal spot of	
					mm Sn	mm Cu	mm Al	1,0 m	2,5 m	1,0 m	2,5 m
	keV	%	kV	mm Sn	mm Cu	mm Al	mm	mm	mm	mm	
W-60	44,8	48	60	4 mm Al		0,3		0,180 Cu	0,181 Cu	0,215 Cu	0,216 Cu
W-80	56,5	55	80	4 mm Al		0,5		0,349 Cu	0,350 Cu	0,433 Cu	0,434 Cu
W-110	79,1	51	110	4 mm Al		2,0		0,933 Cu	0,934 Cu	1,08 Cu	1,08 Cu
W-150	104	56	150	4 mm Al	1,0			1,78 Cu	1,79 Cu	2,03 Cu	2,04 Cu
W-200	138	57	200	4 mm Al	2,0			3,00 Cu	3,01 Cu	3,24 Cu	3,25 Cu
W-250	172	56	250	4 mm Al	4,0			4,14 Cu	4,14 Cu	4,34 Cu	4,34 Cu
W-300	205	57	300	4 mm Al	6,5			5,03 Cu	5,02 Cu	5,18 Cu	5,18 Cu

<sup>a</sup> The tube potential is measured under load.

<sup>b</sup> The total filtration consists of the inherent filtration plus the additional filtration. The inherent filtration shall be in line with the requirements given in 4.2.3.1 to 4.2.3.5, and shall, if necessary, be adjusted accordingly by adding appropriate filters.

Table 6 — Characteristics of high air kerma rate series (H-series)

Short name	Mean energy $\bar{E}(\phi)$	Tube poten-tial <sup>a</sup>	Recom-mended inherent filtration <sup>b</sup>	Additional filtration <sup>b</sup> , thickness, D, in		1 <sup>st</sup> HVL at a distance from the focal spot of <sup>c</sup>		2 <sup>nd</sup> HVL at a distance from the focal spot of <sup>c</sup>	
				mm Al	mm Cu	1,0 m	2,5 m	1,0 m	2,5 m
	keV	kV	mm Al	mm Cu	mm	mm	mm	mm	
H-60	38,0	60	1 mm Be	3,9		2,53 Al	2,61 Al	3,38 Al	3,44 Al
H-80	48,8	80	4 mm Al	3,2		0,176 Cu	0,181 Cu	0,268 Cu	0,268 Cu
H-100	57,3	100	4 mm Al		0,15	0,294 Cu	0,299 Cu	0,462 Cu	0,466 Cu
H-150	78,0	150	4 mm Al		0,5	0,808 Cu	0,811 Cu	1,21 Cu	1,21 Cu
H-200	99,3	200	4 mm Al		1,0	1,54 Cu	1,55 Cu	2,28 Cu	2,28 Cu
H-250	122	250	4 mm Al		1,6	2,42 Cu	2,42 Cu	3,24 Cu	3,23 Cu
H-280 <sup>d</sup>	145	280	4 mm Al		3,0	3,26 Cu	3,28 Cu	3,88 Cu	3,89 Cu
H-300	143	300	4 mm Al		2,2	3,22 Cu	3,22 Cu	4,00 Cu	3,98 Cu

NOTE The distance between the focal spot and the point of test, which has been included in the additional filtration, is significant for the lower energy radiation. The actual spectral distributions obtained for a given X-ray facility depend significantly upon the target angle and roughness.

<sup>a</sup> The tube potential is measured under load.

<sup>b</sup> The total filtration consists of the inherent filtration plus the additional filtration. The inherent filtration shall be in line with the requirements given in 4.2.3.1 to 4.2.3.5, and shall, if necessary, be adjusted accordingly by adding appropriate filters.

<sup>c</sup> The HVLs are measured at 1 m and 2,5 m distance from the focal spot, except for H-350 and H-400, where the distance is only 2,5 m.

<sup>d</sup> This reference radiation has been introduced as an alternative to that generated at 300 keV, for use when 300 keV cannot be attained under condition of maximum load.