สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ "ความเป็นไปได้และจัดทำแผนธุรกิจโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน
ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย
และระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ"

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chula Unisearch, Chulalongkorn University

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ "ความเป็นไปได้และจัดทำแผนธุรกิจโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ"

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chula Unisearch, Chulalongkorn University

คำนำ

การจัดทำแผนธุรกิจโครงการ "ความเป็นไปได้และจัดทำแผนธุรกิจโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ" ฉบับนี้ได้รับมอบหมายจากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) เพื่อใช้เป็นกรอบในการวางแนวทางการพัฒนาการประยุกต์ใช้ด้านการวิจัยและให้บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยอย่างเหมาะสม สอดคล้องตามนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ของสถาบันฯ

การศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วย การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐกิจ การเงินและสังคม พร้อมทั้งจัดทำแผนธุรกิจการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ การศึกษาได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย นักวิชาการ นักวิจัย และบุคลากรของ สทน.

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งแผนธุรกิจนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในการที่บริหารและจัดการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเพื่อเป็นประโยชน์ต่อสังคมโดยรวม และทำให้การพัฒนาด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศเจริญรุดหน้าเท่าเทียมกับนานาประเทศในระดับสากลต่อไป

จัดทำโดย
คณะที่ปรึกษา
ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทสรุปผู้บริหาร

(Executive Summary)

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ชื่อย่อ สทน. เป็นหน่วยงานภายใต้สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่แยกหน่วยงานออกจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ เนื่องจากการปรับโครงสร้างส่วนราชการ โดยหนึ่งในพันธกิจหลักของสถาบันฯ คือ บริหารจัดการการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและผลิตไอโซโทปรังสี เพื่อรองรับการวิจัยและพัฒนาด้านการใช้ประโยชน์พลังงานนิวเคลียร์ ด้วยพันธกิจดังกล่าว สทน.จึงมีโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ เนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่ใช้งานในปัจจุบัน (เครื่องปปว-1) ได้ก่อสร้างมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 อายุของตัวอาคารมากกว่า 50 ปี และเครื่องปปว-1/1 มีอายุการใช้งานมาก (ได้มีการเดินเครื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 ซึ่งมีอายุการทำงานมากกว่า 35 ปี) นอกจากนี้วิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงไปมาก ทำให้การใช้งานเครื่องปปว-1/1 มีข้อจำกัดไม่สามารถก้าวตามเทคโนโลยีใหม่ๆ และไม่สามารถรองรับความต้องการในอนาคตได้ ประกอบกับการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW ซึ่งเป็นโครงการเดิมที่ศูนย์วิจัยองครักษ์ เมื่อปี พ.ศ. 2540) ไม่สามารถดำเนินการให้สำเร็จได้และล่าช้ามาเป็นเวลา 15 ปี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการเร่งดำเนินการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องใหม่ที่มีระดับกำลังสูงกว่าเพื่อทดแทนเครื่องปปว-1/1

ความจำเป็นในการลงทุนเครื่องปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีเครื่องใหม่สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขีดความสามารถในการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของไทยมีแนวโน้มที่จะถดถอยด้อยกว่าประเทศเพื่อนบ้านอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งปัจจุบันสัดส่วนการลงทุนทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของไทยยังมีสัดส่วนต่ำกว่ามาตรฐานสากลของประเทศที่เจริญแล้วอยู่มาก

2. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ประโยชน์ร่วมกัน (Shared facility) หลายภาคส่วนทั้งด้าน การแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร และการศึกษาวิจัย เป็นต้น นับว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักสำหรับสนับสนุนพันธกิจในการพัฒนาประเทศและพัฒนาคุณภาพชีวิตด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์

3. เพื่อให้มีการบูรณาการการลงทุนด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ให้ครบวงจร เนื่องจากเครื่องมืออื่นๆ ที่ต้องมีการใช้งานร่วมกัน และเพื่อเป็นการสนับสนุนและพัฒนากำลังคนเพื่อการเตรียมความพร้อมสำหรับโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ของประเทศไทยในอนาคต

4. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเครื่องเดิมและอุปกรณ์สนับสนุนต่างๆ มีอายุเก่าแก่ ไม่ทันสมัย รวมทั้งมีกำลังต่ำเกินไป ไม่สามารถรองรับความต้องการในปัจจุบันและในอนาคต

5. เป็นการส่งเสริมให้ประเทศไทยเกิดการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านของการแพทย์ อุตสาหกรรม และเกษตร เช่น การช่วยยกระดับด้านสาธารณสุขทำให้ผู้ป่วยสามารถเข้าถึงการรักษาด้ายเวชศาสตร์นิวเคลียร์ได้ง่ายขึ้น อีกทั้งเป็นการพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าเพิ่มของอัญมณีและเครื่องประดับ และการพัฒนาปรับปรุงพันธ์พืชและเพิ่มผลผลิตด้านการเกษตร

การดำเนินงานโครงการฯ มีการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค ด้านการตลาด ด้านการเงิน ด้านธุรกิจและการลงทุน โดยการจัดทำแผนธุรกิจการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ สำหรับเป็นกรอบในการวางแนวทางการพัฒนาการประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมในการเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักของศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศให้สอดคล้องตามนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ของสถาบันฯ โดยการศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ จากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนของข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งได้จากการประชุมกลุ่มย่อย การสัมภาษณ์ลึก และข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากบทความ บทวิเคราะห์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยมีคุณค่าและประโยชน์ใน 4 ด้าน คือ ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม และด้านวิจัยและวิชาการ ซึ่งได้กำหนดกลุ่มเป้าหมายและกลยุทธ์ตลาดในแต่ละด้านอย่างชัดเจน ดังนี้

1. ด้านการแพทย์ กลุ่มเป้าหมายหลักด้านการแพทย์ ได้แก่ กลุ่มโรงพยาบาลหลักๆ ที่เป็นโรงเรียนแพทย์ โรงพยาบาลของรัฐบาลที่ให้บริการด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ และกลุ่มโรงพยาบาลเอกชนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายรอง โดยมีผลิตภัณฑ์/บริการด้านการแพทย์ที่เสนอ คือ ไอโซโทปรังสี ได้แก่ I-131, Sm-153 และ Tc-99m รวมทั้งไอโซโทปรังสีอีกหลายตัวที่จะผลิตในอนาคต และเภสัชภัณฑ์สำเร็จรูปของ Tc-99m นอกจากนี้ยังเตรียมสารประกอบติดฉลากรังสี (Labeled Compound) พร้อมใช้งาน

2. ด้านอุตสาหกรรม ให้บริการงานด้านอุตสาหกรรมที่มีกลุ่มเป้าหมายหลักเป็นผู้ประกอบการอัญมณี และกลุ่มเป้าหมายรองเป็นกลุ่มผู้ประกอบการอุตสาหกรรมด้านการโดปสารกึ่งตัวนำ และกลุ่มวิจัยและพัฒนาวัสดุ ซึ่งมีผลิตภัณฑ์/บริการที่เสนอ คือ การให้บริการฉายรังสีอัญมณี

ได้แก่ โทแพซ ทัวร์มาลีน และพลอยเนื้ออ่อนประเภทต่างๆ การวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยด้วยเทคนิคก่อกัมมันต์ และการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน รวมทั้งการผลิตไอโซโทปรังสี Ir-192 เพื่อการถ่ายภาพด้วยรังสีในอุตสาหกรรม

3. ด้านการเกษตร มีโอกาสในการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยนิวตรอนสำหรับพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ถั่วแระ ข้าวโพด และการเพิ่มผลผลิตต่อไร่จากใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ ซึ่งสร้างมูลค่าเพิ่มได้อย่างมาก รวมรายได้ที่มาจากด้านการเกษตร เท่ากับ 160 ล้านบาทต่อปี สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW มีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักวิจัย เกษตรกร และกรมพัฒนาที่ดิน รวมทั้งสถาบันวิจัยด้านการเกษตรต่างๆ

4. ด้านวิจัยและพัฒนา เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW ที่จะจัดหาขึ้นมาใหม่นี้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในด้านวิจัยและวิชาการที่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เพื่อพัฒนาการใช้ประโยชน์ในการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ทั้งด้านการแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรมและการพัฒนากำลังคน โดยมีกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย คือ สถาบันการศึกษาและสถาบันวิจัยทั้งภาครัฐและเอกชนที่มีหลักสูตร และสาขาด้านวิศวกรรมนิวเคลียร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์

เพื่อนำไปสู่การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมที่เชื่อมโยงความรู้และภูมิปัญญาตลอดจนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่ยั่งยืนของประเทศ พบว่ามีความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่มีกำลังสูงขึ้น โดยการเตรียมความพร้อมในการดำเนินงานด้านเทคนิคจากการประชุมระหว่างผู้เชี่ยวชาญและคณะที่ปรึกษาจัดทำแผนธุรกิจ มีข้อสรุปดังนี้

1. จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคเห็นว่าโครงการติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบให้ประโยชน์สูง โดยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูควรมีกำลังไม่น้อยกว่า 10 MW และระบบผลิตไอโซโทปรังสีจะต้องมีจำนวน Hot cell พร้อมระบบปฏิบัติการรังสีสูงไม่ต่ำกว่า 20 ชุด ซึ่งจะทำให้คุ้มค่าสอดคล้องกับแผนงานบูรณาการด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์และการประหยัดงบประมาณ

2. รูปแบบการจัดซื้อควรเป็นโครงการชนิดซื้อมาพร้อมใช้งาน (Turnkey Project) โดยจ้างบริษัทที่ปรึกษาและให้ผู้เชี่ยวชาญใน สทน. มีส่วนร่วมทางเทคนิคมากขึ้น

3. ศึกษาวางแผนความเหมาะสมด้านกำลังคน เพื่อรองรับงานในโครงการใหม่ควบคู่กับการสร้างกำลังคนทดแทน บนพื้นฐานการจัดการองค์ความรู้ (Knowledge Management) เพื่อรักษาประสบการณ์และความรู้ในองค์กรด้วยการจัดระบบถ่ายถอดความรู้จากผู้ชำนาญการอาวุโส

4. วางแผนการบริหารจัดการด้านผลผลิตให้เกิดความคุ้มทุน ซึ่งการลงทุนในโครงการนี้เป็นการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ที่สำคัญ คือ การลงทุนเพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืนสู่สังคมและการสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตส่งออก

5. ใช้จุดเด่นและโอกาสขององค์กรในการกำจัดจุดด้อยและเร่งสร้างศักยภาพทั้งด้านการพัฒนาผลผลิต กำลังคนและความโดดเด่นของ สทน. ให้ก้าวสู่การเป็นหนึ่งในผู้นำด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในระดับภูมิภาคอาเซียน

การศึกษาความเป็นไปได้ในด้านการเงิน เป็นการวิเคราะห์การลงทุนโดยใช้ตัวแปรต่างๆ ด้านเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C Ratio) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) โดยในการประเมินโครงการจะนำเสนอใน 3 ด้าน ได้แก่ การใช้ฐานด้านการเงิน (Financial) ฐานด้านการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (GDP) ของประเทศและฐานด้านผลผลิต (Productivity) เพื่อเปรียบเทียบผลของตัวแปรในแง่มุมที่ต่างกันประกอบการวิเคราะห์ผลที่ข้อสมมติการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ 3% การปรับลดมูลค่าเงินโดยใช้อัตราส่วนลด (Discount Rate) ในอัตรา 10% และอายุการใช้งานของเครื่องจริงทางเทคนิค 40 ปี แต่ในการลงทุนนี้ประเมินการใช้งานเครื่องเพียง 20 ปี เท่านั้น

เมื่อพิจารณาจากฐานด้านการเงินประมาณจากแนวโน้มจากผลผลิตและการใช้บริการพบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิประมาณ –678 ล้านบาท ตามอัตราส่วนลดเท่ากับร้อยละ 10 และมีค่า IRR เท่ากับร้อยละ 8.7 ส่วนกรณีพิจารณาจากฐานด้านการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และด้านผลผลิตโครงการมีมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 10,112 และ 1,042 ล้านบาท ตามลำดับ และมีค่า IRR เท่ากับ ร้อยละ 22.4 และ 11.9 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการ พบว่าใช้ระยะเวลาในการคืนทุนมากกว่า 20 ปี ซึ่งเป็นโครงการที่มีความน่าสนใจในการลงทุนน้อย อย่างไรก็ตามการที่ประเทศไทยลงทุนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยฯ นี้ เป็นการแสดงทิศทางการพัฒนาประเทศ และตอบสนองความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีระดับประเทศ และในระดับอาเซียน ในการสนับสนุนให้เกิดวิจัยและพัฒนาวิจัยขั้นพื้นฐานให้กับนักวิทยาศาสตร์ทั้งภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม รวมถึงการต่อยอดและนำไปประยุกต์ใช้ในวิทยาศาสตร์ขั้นสูง อีกทั้งเป็นการส่งเสริมให้นักวิทยาศาสตร์ไทยได้ทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยในสาขาใหม่ต่อไปในอนาคตซึ่งเป็นมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจและสังคมที่ไม่สามารถวัดผลตอบเป็นตัวเงินได้อย่างชัดเจน

สารบัญ

หน้า

คำนำ
บทสรุปผู้บริหาร
สารบัญ ก
สารบัญตาราง ช
สารบัญรูป ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 แผนการตลาด 4
2.1 ลักษณะการให้บริการและผลผลิต 4
2.2 ศักยภาพด้านการตลาดของบริการด้านต่างๆ 5
2.2.1 ด้านการแพทย์ 5
2.2.2 ด้านการเกษตร 14
2.2.3 ด้านอุตสาหกรรม 16
2.2.4 ด้านวิจัยและวิชาการ 19
2.3 การวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม (PEST Analysis) และสภาวะการแข่งขัน จุดเด่น จุดด้อย โอกาสและข้อจำกัด (SWOT Analysis) 24
2.3.1 การวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม (PEST Analysis) 24
2.3.2 การวิเคราะห์สภาวะการแข่งขัน 26
2.3.3 การวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อย โอกาสและข้อจำกัด (SWOT Analysis) 28
2.4 การกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมาย 35
2.5 การพยากรณ์การใช้บริการ 36
2.6 การแบ่งส่วนตลาด (Segmentation) และการเลือกตลาดเป้าหมาย (Target Market) 41
2.7 กลยุทธ์การตลาด 44

หน้า

บทที่ 3 แผนการผลิต 55

3.1 ที่ตั้งและการวางผังโรงงาน 55

3.2 การวางแผนกำลังการผลิต 56

3.2.1 การแพทย์ 57

3.2.2 การเกษตร 57

3.2.3 อุตสาหกรรม 59

3.2.4 การวิจัยพัฒนาและการพัฒนากำลังคน 61

3.3 เครื่องจักรและอุปกรณ์ 63

3.3.1 เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดกำลัง 10 MW 63

3.3.2 ระบบผลิตไอโซโทปรังสี 64

3.3.3 ส่วนสนับสนุนการปฏิบัติการและกำบังรังสี 65

3.3.4 เครื่องมือห้องปฏิบัติการ 66

3.4 แผนการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ 67

3.4.1 แผนการก่อสร้าง 67

3.4.2 แผนการจัดการเครื่องมือและอุปกรณ์ 71

3.5 เงื่อนไขการชำระค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ 72

3.6 อายุการใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์ 73

3.7 การซ่อมแซมและการบำรุงรักษา 74

3.8 กระบวนการผลิต 74

3.8.1 การเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู 74

3.8.2 การผลิตไอโซโทปรังสี 75

3.8.3 การฉายรังสีอัญมณี 75

3.8.4 การโดปสารกึ่งตัวนำ 76

3.8.5 การวิจัยพัฒนา 76

3.8.6 การให้บริการทดสอบ 77

3.8.7 การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร 78

หน้า

3.9 แผนการจัดการด้านโลจิสติกส์ 78
3.9.1 การขนส่งและจัดการวัสดุนิวเคลียร์ 79
3.9.2 การขนส่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ 79
3.9.3 การขนส่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้ว 80
3.9.4 การจัดเก็บสินค้าและวัสดุนิวเคลียร์ 81
3.9.5 การจัดการกากกัมมันตรังสี 82
3.9.6 การบรรจุภัณฑ์และหีบห่อ 83
3.9.7 การรับใบสั่งซื้อ 84
3.9.8 การจัดซื้อ 84
3.9.9 การวางแผนควบคุมสินค้า 85
3.9.10 การประกันภัย 85
3.10 ประมาณการวัตถุดิบที่ใช้ 85
3.11 การจัดหาเครื่องจักรและวัตถุดิบ 86
3.11.1 แผนการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 86
3.11.2 แผนการจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ 87
3.12 ประมาณการต้นทุนการผลิต 87
3.12.1 ต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์ 87
3.12.2 ประมาณการจำนวนค่าแรงที่ใช้ 87
3.12.3 ต้นทุนการผลิตไอโซโทป 88
3.12.4 ประมาณการพัฒนาองค์กร 89
3.13 กำลังคน 89

บทที่ 4 แผนการจัดองค์กรและการจัดการ 93
4.1 โครงสร้างองค์กร 93
4.2 กำลังคน Job Description, Job Specification 95
4.3 อาคารสำนักงาน ยานพาหนะและอุปกรณ์สำนักงาน 97
4.4 กิจกรรมด้านเทคนิคก่อนการดำเนินการ 98

หน้า

4.4.1 การเตรียมความพร้อมในการดำเนินงานด้านเทคนิค 98
4.4.2 กลยุทธ์การบริหารจัดการโครงการ 99
4.4.3 กลยุทธ์การดำเนินงาน 100
4.5 การวางแผนรองรับอนาคตจากคาดการณ์ความต้องการ 101

บทที่ 5 แผนการเงิน 102
5.1 ประมาณการเงินลงทุนในโครงการ 102
5.2 ประมาณการเงินทุนหมุนเวียน 103
5.2.1 การประมาณรายได้ / ผลประโยชน์ (benefit) 103
5.2.2 การประมาณค่าใช้จ่าย 107
5.3 ประมาณการแหล่งที่มาของเงินทุน 110
5.4 หลักทรัพย์ที่จะใช้ในการกู้เงิน 110
5.5 อัตราดอกเบี้ยและเงื่อนไขในการชำระเงินกู้ 110
5.6 ตารางการชำระเงินกู้และดอกเบี้ย 110
5.7 ประมาณการงบกระแสเงินสด (Main) 110
5.8 ประมาณการงบกำไรขาดทุน (ผลการดำเนินงาน) (Main) 120
5.9 ประมาณการงบดุล (Main) 122
5.10 ประมาณการแหล่งที่มาและใช้ไปของเงินทุน 124
5.11 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน 124
5.11.1 ผลการประเมินโครงการด้านการเงิน 124
5.11.2 ผลการประเมินโครงการด้านเศรษฐกิจและสังคม 125
5.12 การวิเคราะห์ทางการเงิน 130
5.13 การประเมิน Sensitivity ของการลงทุนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW 131
5.13.1 กรณีที่ 1 Discount rate กับมูลค่าโครงการ (NPV) ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW 131
5.13.2 กรณีที่ 2 GDP Growth กับมูลค่าโครงการ (NPV) ของ 132

หน้า

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW
5.13.3 ประเมินความไม่แน่นอนของรายได้ต่อผลการประเมินโครงการ 134
5.13.4 ประเมินความไม่แน่นอนของต้นทุนต่อผลการประเมินโครงการ 137
บทที่ 6 ความเสี่ยงและข้อเสนอแนะ 140
6.1 ความเสี่ยงด้านนโยบายและการสนับสนุนจากภาครัฐที่อาจส่งผลให้ไม่เกิดการลงทุนหรือเกิดการยืดเยื้อในการตัดสินใจ 140
6.2 ความเสี่ยงด้านความเสียโอกาสโดยเฉพาะด้านเศรษฐกิจ 140
6.3 ความเสี่ยงด้านความไม่เข้าใจไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ 143
6.4 ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนแปลงในมูลค่าการลงทุนและค่าใช้จ่าย 144
6.5 ความเสี่ยงจากการบริหารการตลาดให้ได้ตามแผน 145
6.6 ความเสี่ยงด้านการดำเนินงาน 145
6.7 ความเสี่ยงด้านเทคโนโลยี 145
6.8 ความเสี่ยงด้านระยะเวลาการจัดการและการจัดการทรัพยากรบุคคล 146
6.9 ความเสี่ยงจากการขาดธรรมาภิบาลและการกำกับดูแลกิจการที่ดี 147
6.10 ข้อเสนอแนะ 148

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แสดงจำนวนและอัตราผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอก ตามกลุ่มสาเหตุ ผ-1
ภาคผนวก ข ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตร ปี 2549-2550 ผ-11
ภาคผนวก ค สถานการณ์ทั่วไปอัญมณีและเครื่องประดับของไทย ปี 2554 ผ-13
ภาคผนวก ง เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในประเทศต่างๆ ทั่วโลกและการใช้งาน ผ-15
ภาคผนวก จ มูลค่าการนำเข้าและส่งออกผลผลิตจากการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ ผ-19

หน้า

ภาคผนวก ฉ	ข้อมูลสถิติการผลิตและการนำเข้าไอโซโทปรังสี	ผ-23
ภาคผนวก ช	เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดกำลัง 10 MW	ผ-31
ภาคผนวก ซ	ระบบผลิตไอโซโทปรังสี	ผ-36
ภาคผนวก ฌ	กำหนดการสำคัญของโครงการ (Milestone)	ผ-37
ภาคผนวก ญ	คำชี้แจงโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์	ผ-39
ภาคผนวก ฎ	การประมาณการความต้องการใช้ Mo-99	ผ-74
ภาคผนวก ฏ	รายชื่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแต่งแร่	ผ-75
ภาคผนวก ฐ1	ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW	ผ-92
ภาคผนวก ฐ2	ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW	ผ-93
ภาคผนวก ฐ3	ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW	ผ-94
ภาคผนวก ฐ4	ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW	ผ-95
ภาคผนวก ฐ5	ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW	ผ-96
ภาคผนวก ฐ6	ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW	ผ-97

บรรณานุกรม

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1	ศักยภาพของสารเภสัชรังสีที่สนใจผลิตในการวินิจฉัยและการรักษาโรค	13
ตารางที่ 2-2	การวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม (PEST Analysis)	25
ตารางที่ 2-3	การวิเคราะห์สภาวะแข่งขันโดยใช้ Five-Forces Model	26
ตารางที่ 2-4	จุดเด่น	28
ตารางที่ 2-5	จุดด้อย	29
ตารางที่ 2-6	โอกาส	31
ตารางที่ 2-7	อุปสรรค	33
ตารางที่ 2-8	การพยากรณ์ผลประโยชน์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นจากการใช้บริการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW	40
ตารางที่ 2-9	การแบ่งส่วนตลาด (Segmentation) และการเลือกตลาดเป้าหมาย (Target Market)	41
ตารางที่ 2-10	สัดส่วนความต้องการเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์ในประเทศที่พัฒนาแล้ว	45
ตารางที่ 2-11	กรณีเศรษฐกิจขยายตัวน้อย (Low Economic Growth: LEG) GDP = 3 %	46
ตารางที่ 2-12	กรณีเศรษฐกิจขยายตัวปานกลาง (Moderate Economic Growth: MEG GDP = 5 %)	47
ตารางที่ 2-13	ประมาณการผลประโยชน์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นจากโครงการฯ (เครื่องปฏิ ปรมาณูวิจัย 10 MW)	48
ตารางที่ 2-14	ผลิตภัณฑ์/บริการที่ให้แก่ลูกค้าด้านต่างๆ	51
ตารางที่ 3-1	แสดงจำนวนบุคลากร	92
ตารางที่ 4-1	ตำแหน่งและกำลังคนที่จำเป็นในการเดินเครื่องฯ และบำรุงรักษา	95
ตารางที่ 5-1	สัดส่วนการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ทั่วโลกในด้านต่างๆ	104
ตารางที่ 5-2	ประมาณการรายได้ต่อปีกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW	106
ตารางที่ 5-3	แสดงรายได้จากการให้บริการตั้งแต่ปี 2555-2567	111
ตารางที่ 5-4	แสดงรายได้จากการให้บริการตั้งแต่ปี 2568-2580	112

หน้า

ตารางที่ 5-5 แสดงการลงทุนในส่วนประกอบต่างๆของเครื่องปฏิกรณ์ฯตั้งแต่ปี 2555-2560 113
ตารางที่ 5-6 แสดงการลงทุนเพิ่มในส่วนประกอบต่างๆของเครื่องปฏิกรณ์ฯตั้งแต่ปี 2555-2567 114
ตารางที่ 5-7 แสดงการลงทุนเพิ่มในส่วนประกอบต่างๆของเครื่องปฏิกรณ์ฯตั้งแต่ปี 2568-2580 115
ตารางที่ 5-8 แสดงต้นทุนของการให้บริการตั้งแต่ปี 2555-2567 116
ตารางที่ 5-9 แสดงต้นทุนของการให้บริการตั้งแต่ปี 2568-2580 117
ตารางที่ 5-10 แสดงรายได้สุทธิจากการให้บริการตั้งแต่ปี 2555-2567 118
ตารางที่ 5-11 แสดงรายได้สุทธิจากการให้บริการตั้งแต่ปี 2568-2580 119
ตารางที่ 5-12 แสดงกำไรและกำไรสะสมการให้บริการตั้งแต่ปี 2555-2567 120
ตารางที่ 5-13 แสดงกำไรและกำไรสะสมการให้บริการตั้งแต่ปี 2568-2580 121
ตารางที่ 5-14 แสดงประมาณการงบดุลตั้งแต่ปี 2555-2567 122
ตารางที่ 5-15 แสดงประมาณการงบดุลตั้งแต่ปี 2568-2580 123
ตารางที่ 5-16 สรุปผลการประเมินโครงการด้านการเงินของปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW (Discount rate 10%) 125
ตารางที่ 5-17 สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW จาก GDP ของประเทศไทย (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP growth 3%) 126
ตารางที่ 5-18 สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW จากแนวโน้มผลผลิตและการให้บริการ (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP growth 3%) 128
ตารางที่ 5-19 สรุปผลการประเมินโครงการด้านเศรษฐกิจ การเงินและสังคมของปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW 129
ตารางที่ 5-20 แสดงกำไรและกำไรสะสมการให้บริการตั้งแต่ปี 2555-2567 130
ตารางที่ 5-21 แสดงกำไรและกำไรสะสมการให้บริการตั้งแต่ปี 2568-2580 130
ตารางที่ 5-22 ผลการประเมิน Discount rate กับมูลค่าโครงการ (NPV) เครื่อง 131

หน้า

	ปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW จากแนวโน้มผลผลิตและ GDP ของประเทศไทย (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP growth 3%)	
ตารางที่ 5-23	สรุปการประเมินโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW (NPV: หน่วยล้านบาทและ GDP Growth 1%)	132
ตารางที่ 5-24	สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP Growth 5%)	133
ตารางที่ 5-25	สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรายได้จากการผลิตMo99/Tc99เพิ่มขึ้นและลดลง 10% (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP Growth 3%)	136
ตารางที่ 5-26	สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรายได้จากการโดปสารกึ่งตัวนำเพิ่มขึ้นและลดลง 10% (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP Growth 3%)	137
ตารางที่ 5-27	สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมเพิ่มขึ้น 10% และ 20% (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP Growth 3%)	139
ตารางที่ 6-1	สรุปมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐกิจ	142

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1	ความต้องการ 4 ด้านหลักที่ใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด	5
รูปที่ 2-2	การพยากรณ์ความต้องการ Mo-99	8
รูปที่ 2-3	การพยากรณ์ความต้องการใช้รังสีเพื่อวินิจฉัยและบำบัดรักษา	9
รูปที่ 2-4	สัดส่วนการใช้ Tc-99m ในการรักษาโรคทั่วโลก ปี 2006	10
รูปที่ 2-5	ประมาณการความต้องการใช้ Mo-99 ทั่วโลก ปี 2009-2010	11
รูปที่ 2-6	เปรียบเทียบการนำเข้าและการผลิตเองของ I-131 ในเชิงความแรงรังสี	12
รูปที่ 2-7	เปรียบเทียบการนำเข้าและการผลิตเองของ I-131 ในเชิงสัดส่วน	12
รูปที่ 2-8	ความต้องการใช้บริการด้านวิจัยและวิชาการ	19
รูปที่ 3-1	แผนผังแสดงที่ตั้งของส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ	56
รูปที่ 3-2	แผนการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่	69
รูปที่ 4-1	โครงสร้างการบริหารองค์กรของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)	93
รูปที่ 5-1	แสดงการเปลี่ยนแปลงของรายได้ที่ได้รับจากการผลิต Mo99/Tc99 ที่มีต่อ NPV	135
รูปที่ 5-2	แสดงการเปลี่ยนแปลงของรายได้ที่ได้รับจากการโดปสารกึ่งตัวนำที่มีต่อ NPV	135
รูปที่ 5-3	แสดงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมที่มีต่อ NPV	138

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 1 บทนำ

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย คือ เครื่องผลิตนิวตรอนจากปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission reaction) ของเชื้อเพลิงยูเรเนียม และได้ประโยชน์จากนิวตรอนในการสร้างผลผลิตต่างๆ โดยโครงการฯ มีแผนการใช้งานทางด้านวิจัยและให้บริการในสัดส่วน 60% และ 40% ตามลำดับ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยนับเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักสำหรับงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศ

สถานภาพปัจจุบัน ประเทศไทยมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 2 MW ที่มีอายุใช้งานมากกว่า 30 ปีแล้ว (ไม่นับอาคารที่มีอายุมากกว่า 40 ปี) สามารถเดินเครื่องเต็มกำลังได้เพียง 1.2 MW ซึ่งไม่สามารถให้บริการเพียงพอต่อความต้องการด้านต่างๆ ของประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยพร้อมอุปกรณ์ประกอบใหม่ที่ทันสมัย มีกำลังและประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม เพื่อให้ทันกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป เหตุผลและความจำเป็นในการลงทุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบมีดังนี้

1. ปัจจุบันขีดความสามารถในการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของไทยมีแนวโน้มที่จะถดถอยด้อยกว่าประเทศเพื่อนบ้านอย่างต่อเนื่อง เช่น ประเทศอินโดนีเซียซึ่งมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยแล้ว 3 เครื่อง อีกทั้งยังมีแผนที่จะเพิ่มจำนวนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยอีกในอนาคตอันใกล้ ประเทศเวียดนามมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 1 เครื่องและมีแผนลงทุนเพิ่มพร้อมกับแผนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ซึ่งได้รับการอนุมัติแล้ว ประเทศมาเลเซียมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 1 เครื่องและรัฐบาลประกาศสนับสนุนการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ และมีแผนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ขนาดกลาง[1]

2. จากการประเมินสัดส่วนการลงทุนทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์พบว่าประเทศไทยยังมีสัดส่วนต่ำกว่าของประเทศที่เจริญแล้วอยู่มาก จึงสมควรมีการลงทุนตามความต้องการเร่งด่วน[2] ในส่วนของโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์จำเป็นต้องมีการลงทุนโดยรัฐ

---

[1] Ir Dr Mohamad Puad Haji Abu,"THE PROGRESS OF NUCLEAR POWER PROGRAMME IN MALAYSIA", INPRO Dialogue Forum on Nuclear Energy Innovations: Common User Consideration for Small and Medium-sized Nuclear PR, Vienna, 10 - 14 October 2011

[2] เอกสารรายงานความเหมาะสมโครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยนิวเคลียร์ในประเทศไทย, 2549

เนื่องจากเอกชนไม่สามารถลงทุนได้ เพราะเป็นการลงทุนมูลค่าสูง ไม่คุ้มกับการลงทุน จึงเป็นบทบาทของภาครัฐในการให้บริการประชาชน

3. เพื่อให้เกิดบูรณาการในการลงทุนด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ให้ครบวงจรตามพันธกิจของ สทน. เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานอื่นๆ เช่น เครื่องกำเนิดลำอิเล็กตรอนพลังงานสูงและเครื่องฉายรังสีแกมมาซึ่งได้มีการลงทุนไปแล้ว 370 ล้านบาท[3] จะไม่สามารถให้บริการได้เต็มประสิทธิภาพรวมทั้งไม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้ตามแผนที่วางไว้ หากไม่มีการลงทุนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่เนื่องจากต้องมีการใช้งานร่วมกัน ดังนั้นรัฐซึ่งได้ลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานที่ สทน. องครักษ์ไปส่วนหนึ่งแล้วควรลงทุนต่อไปเพื่อสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้ตามแผนที่วางไว้ และเพิ่มขีดความสามารถของการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในระดับสูง

4. การมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่ทันสมัยจะเป็นการสนับสนุนและพัฒนากำลังคนเพื่อการเตรียมความพร้อมสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ของประเทศไทยในอนาคต

5. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องเดิมและอุปกรณ์สนับสนุนต่างๆ มีอายุเก่าแก่ ไม่ทันสมัย รวมทั้งมีกำลังต่ำเกินไป ไม่สามารถรองรับความต้องการในปัจจุบันและในอนาคต การมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่มีกำลังสูงขึ้น รวมทั้งมีศักยภาพในทางเทคนิคที่เหนือกว่าและทันสมัยกว่าจึงมีความจำเป็น ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคมในด้านต่างๆ อีกมากมายหากมีการลงทุน โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

- ความจำเป็นในการส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นศูนย์ทางอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ เนื่องจากประเทศคู่แข่ง เช่น ประเทศเวียดนามและมาเลเซีย มีศักยภาพและมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วจนอาจพัฒนาเป็นศูนย์กลางแทนที่ประเทศไทยได้ รวมถึงการโดปสารกึ่งตัวนำสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีศักยภาพและสร้างรายได้ในอนาคตได้

- ความจำเป็นในการลดการพึ่งพาการนำเข้าไอโซโทปรังสีจากต่างประเทศ ช่วยลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจและพัฒนาศักยภาพในการส่งออกจำหน่ายประเทศเพื่อนบ้าน

- ช่วยยกระดับด้านสาธารณสุขของประชาชนชาวไทย ทำให้ผู้ป่วยเพิ่มโอกาสเข้าถึงการวินิจฉัยและบำบัดรักษาโรคด้วยรังสีวิทยาได้ทั่วถึง แม้การลงทุนอาจไม่คุ้มทุนในรูปตัวเงินในระยะสั้นแต่ก็จำเป็นต้องลงทุนเพราะการรักษาชีวิตผู้ป่วยมีค่ามาก ประเมินเป็นตัวเงินไม่ได้

[3] สำนักงานเลขาธิการรัฐมนตรี, www.cabinet.thaigor.go.th, อนุมัติปีงบประมาณ 2549.

- ความจำเป็นในด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ถ้าการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานล่าช้าออกไปอาจทำให้ขาดแคลนนักวิจัยและนักวิชาการที่เชี่ยวชาญทางด้านนี้ ตลอดจนไม่สามารถก้าวทันวิทยาการที่ทันสมัยได้

บทที่ 2 แผนการตลาด

บทที่ 2 แผนการตลาด

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ประโยชน์ร่วมกัน (Shared facility) หลายภาคส่วนทั้งด้าน การแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร และการศึกษาวิจัย เป็นต้น นับว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักสำหรับสนับสนุนพันธกิจในการพัฒนาประเทศและพัฒนาคุณภาพชีวิตด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาอารยะประเทศ จึงมีผลกระทบต่อการขับเคลื่อนด้านการสาธารณสุข การศึกษา เศรษฐกิจ สังคม และการพัฒนาประเทศโดยรวม เมื่อมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยแล้วจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีแผนการตลาดเพื่อรองรับกับโครงการ

2.1 ลักษณะการให้บริการและผลผลิต

การให้บริการและผลผลิตที่ได้จากโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบสามารถแบ่งตามลักษณะการให้บริการและการผลิตได้ 7 ลักษณะดังนี้

2.1.1 การผลิตไอโซโทปรังสี

2.1.2 การฉายรังสีอัญมณี

2.1.3 การโดปสารกึ่งตัวนำ

2.1.4 การวิจัยและพัฒนา

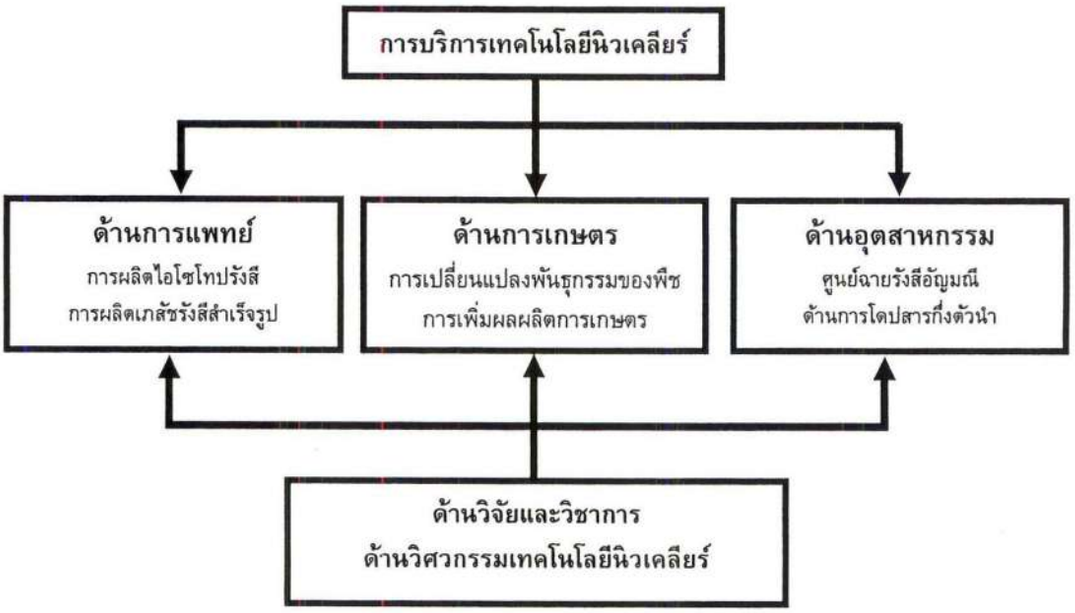
2.1.5 การบริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์

2.1.6 การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

2.1.7 วิศวกรรมเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

การให้บริการและผลผลิตในแต่ละลักษณะมีการให้บริการและการผลิตที่แตกต่างกัน (รายละเอียดในแผนการผลิต) และเนื่องจากการให้บริการและผลผลิตมีการตอบสนองผู้ใช้บริการหลากหลายกลุ่มที่แตกต่างกัน จึงมีการแบ่งกลุ่มการให้บริการและผลผลิตตามผู้ใช้บริการ เพื่อสามารถจัดทำแผนการตลาดได้ตรงตามกลุ่มผู้ใช้บริการที่มีลักษณะและความต้องการที่แตกต่างกัน

ในการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาดมุ่งสนใจในความต้องการใช้บริการจากกลุ่มผู้ใช้บริการ 4 ด้าน คือ ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม และด้านวิจัยและวิชาการ ซึ่งมีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กันดังรูป 2-1



รูปที่ 2-1 ความต้องการ 4 ด้านหลักที่ใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด

ในการศึกษาครั้งนี้เกณฑ์ในการเลือกความต้องการในการให้บริการทั้ง 4 ด้าน เนื่องจากเป็นบริการที่ใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน รวมทั้งมีแนวโน้มที่จะใช้งานเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต โดยเฉพาะด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร และด้านอุตสาหกรรมซึ่งเป็นด้านที่มีการใช้บริการโดยตรง ในขณะที่ด้านวิจัยและวิชาการนอกจากจะได้ผลงานทางวิชาการโดยตรงแล้ว ยังเป็นด้านที่มีส่วนในการสนับสนุนให้เกิดการใช้บริการในรูปแบบใหม่ๆ ของสามด้านที่กล่าวมาข้างต้นด้วย

2.2 ศักยภาพด้านการตลาดของบริการด้านต่างๆ

2.2.1 ด้านการแพทย์

ความต้องการการใช้บริการด้านการแพทย์ถือว่าเป็นด้านที่มีศักยภาพด้านการตลาดสูง เนื่องจากในแต่ละปีมีความต้องการใช้ไอโซโทปรังสีเป็นจำนวนมาก (ภาคผนวก ฉ) โดยไอโซโทปรังสีเหล่านี้ต้องผลิตจากเทคนิคการอาบรังสีนิวตรอนซึ่งไม่สามารถผลิตได้ด้วยเทคโนโลยีอื่น หรือ

ผลิตได้ด้วยเทคโนโลยีอื่น เช่น เครื่องเร่งอนุภาคชนิดไซโคลตรอน หรือนิวตรอนเจนเนอเรเตอร์ได้ แต่จะมีต้นทุนที่สูงขึ้น ในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ในด้านต่างๆ ทางการแพทย์ ดังนี้

- การวินิจฉัยโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสัน เป็นต้น การวินิจฉัยด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์มีข้อดีกว่าวิธีอื่น คือ สามารถสังเกตพฤติกรรมและการเปลี่ยนแปลงพยาธิสภาพของโรคได้ อย่างทันทีทันใด
- การรักษาโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็งตามอวัยวะต่างๆ มะเร็งในต่อมน้ำเหลือง รวมถึงการบรรเทาความเจ็บปวดเนื่องจากโรคมะเร็ง เป็นต้น

สำหรับในประเทศไทยมีจำนวนผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอกตามข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุขในปี พ.ศ. 2552 จำแนกตามประเภทโรคต่างๆ (ภาคผนวก ก) และจากการสัมภาษณ์ลึกในด้านการวินิจฉัยและบำบัดรักษาด้วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์จากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีการใช้สารเภสัชรังสีทั้งที่รับบริการจาก สทน. และบริษัทเอกชนเป็นประจำเพื่อใช้กับคนไข้ ได้แก่ I-131, Tc-99m และ Sm-153 และเริ่มมีความต้องการในอนาคตมากขึ้น ได้แก่ In-131, Y-90, Re-188 และ Ir-192 แต่ปัจจุบัน สทน.ผลิตได้เฉพาะ I-131, Tc-99m และ Sm-153 แต่ไม่เพียงพอต้องมีการนำเข้าไอโซโทปรังสีจากต่างประเทศในปริมาณมาก ซึ่งมีราคาแพง นอกจากนี้สารกัมมันตรังสีหรือสารเภสัชรังสีทางการแพทย์เป็นสารที่มีครึ่งชีวิตสั้น จึงสลายตัวเร็ว หากนำเข้าจากผู้ผลิตต้นทางต่างประเทศจะต้องมีระยะเวลาดำเนินการขนส่งและพิธีการศุลกากร จำเป็นต้องสั่งเผื่อความแรงรังสีเกินปริมาณที่ต้องการ ทำให้การรักษาพยาบาลมีราคาสูงตามไปด้วย เป็นภาระค่าใช้จ่ายต่อทั้งโรงพยาบาลและตัวคนไข้ ดังนั้นการมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีจะสามารถผลิตในประเทศทดแทนการนำเข้าคิดเป็นมูลค่ากว่า 48 ล้านบาทต่อปี ช่วยลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ

การมีโครงสร้างพื้นฐานเครื่องอุปกรณ์ปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ที่มีกำลังผลิตไอโซโทปรังสีสูงขึ้น จะสามารถผลิตสารเภสัชรังสีในกลุ่มที่ผลิตด้วยการใช้รังสีนิวตรอนได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำและเพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ช่วยให้ประเทศชาติลดการนำเข้าไอโซโทปรังสี รวมทั้งราคาของไอโซโทปรังสีจะลดลง ทำให้การเข้าถึงยาของคนไข้ฐานะระดับปานกลางถึงระดับล่างเป็นไปได้มากขึ้นด้วย ปัจจุบันมีโรงพยาบาลที่เป็นลูกค้าประจำของ สทน. 21 ราย[4] และมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปี และหากกำลังการผลิต

[4] รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1

เหลือใช้ยังสามารถส่งออกไปประเทศเพื่อนบ้านเป็นการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจจากการส่งออก โดยสารเภสัชรังสีหลัก ได้แก่ I-131 สำหรับใช้บำบัดรักษาและวินิจฉัย และ Tc-99m เป็นสารเภสัชรังสีที่มีความต้องการสูง สำหรับใช้เป็นสารติดสลากในการตรวจวินิจฉัยในอวัยวะต่างๆ ซึ่งปัจจุบันต้องนำเข้า 100%

สถานภาพปัจจุบันในตลาดโลก โอกาสในการผลิต Mo-99 ซึ่งใช้เป็นตัวกำเนิดสารเภสัชรังสี Tc-99m ในเชิงพาณิชย์เพื่อส่งออกมีสูงมาก เนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่เป็นแหล่งผลิตหลัก 90% ของ Mo-99 ทั่วโลก ในประเทศแคนาดา เนเธอแลนด์ ฝรั่งเศส เบลเยี่ยมและแอฟริกาใต้ มีอายุใช้งานมากแล้ว มีรายงานในปี 2551 ว่าจากการที่ประเทศเนเธอแลนด์มีการขยายเวลาปิดการเดินเครื่องออกไป ส่งผลให้เกิดวิกฤติขาดแคลน Mo-99 ในอเมริกาเหนือและยุโรปทันที[5]

การมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยกำลังสูงขึ้นจะทำให้สามารถผลิตสารเภสัชรังสีตัวใหม่ใช้ในการวินิจฉัยและบำบัดรักษาที่ทันต่อวิวัฒนาการด้านการแพทย์ อีกทั้งการวิจัยของสถาบันฯ ร่วมกับทางรังสีแพทย์ นอกจากนี้จะทำให้ภาคเอกชนที่มีธุรกิจนำเข้าสารเภสัชรังสีสามารถร่วมทำการตลาดได้ โดยสั่งตรงจากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์ฯ ซึ่งเป็นผู้ผลิตต้นทางแทนการสั่งซื้อจากต่างประเทศ ทำให้เกิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในประเทศ ประชาชนสามารถเข้าถึงการวินิจฉัยและบำบัดรักษาด้วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ทั้งในส่วนกลางและภูมิภาค เป็นการส่งเสริมด้านการสาธารณสุขและคุณภาพชีวิตให้เท่าเทียมกัน อีกทั้งเป็นการพัฒนากำลังคนภายในประเทศด้านการผลิตไอโซโทปรังสี สารเภสัชรังสีและยังเป็นฐานการสร้างองค์ความรู้ด้านการผลิตไอโซโทปรังสีให้ทัดเทียมอารยะประเทศ

จากผลการสำรวจที่ผ่านมาในสหรัฐอเมริกา[6] ในวงการแพทย์สาขารังสีวิทยา โดยการสอบถามผู้เชี่ยวชาญถึงเรื่องความต้องการให้กระทรวงพลังงาน (Department of Energy) ของสหรัฐอเมริกาผลิตไอโซโทปรังสีชนิดใดบ้าง ได้ข้อมูลความต้องการไอโซโทปรังสีเป็นสามกลุ่มดังนี้

กลุ่มแรกประกอบด้วย Y-90, Mo-99, In-111, I-123, และ Re-186 ไอโซโทปรังสีที่ถูกเลือกให้อยู่ในกลุ่มนี้เพราะเป็นไอโซโทปรังสีที่มีประสิทธิภาพในการรักษามาก และในปัจจุบันไอโซโทปรังสีดังกล่าวมีปัญหาเกี่ยวกับราคาและอุปทาน

กลุ่มไอโซโทปรังสีกลุ่มที่สองประกอบด้วย F-18, P-32, Kr-81m, Sr-89, Pd-103, Sn-117m, Xe-127, I-125, I-131, Sm-153 เป็นกลุ่มที่มีการใช้งานทั้งด้านธุรกิจและด้านวิจัย โดย

---

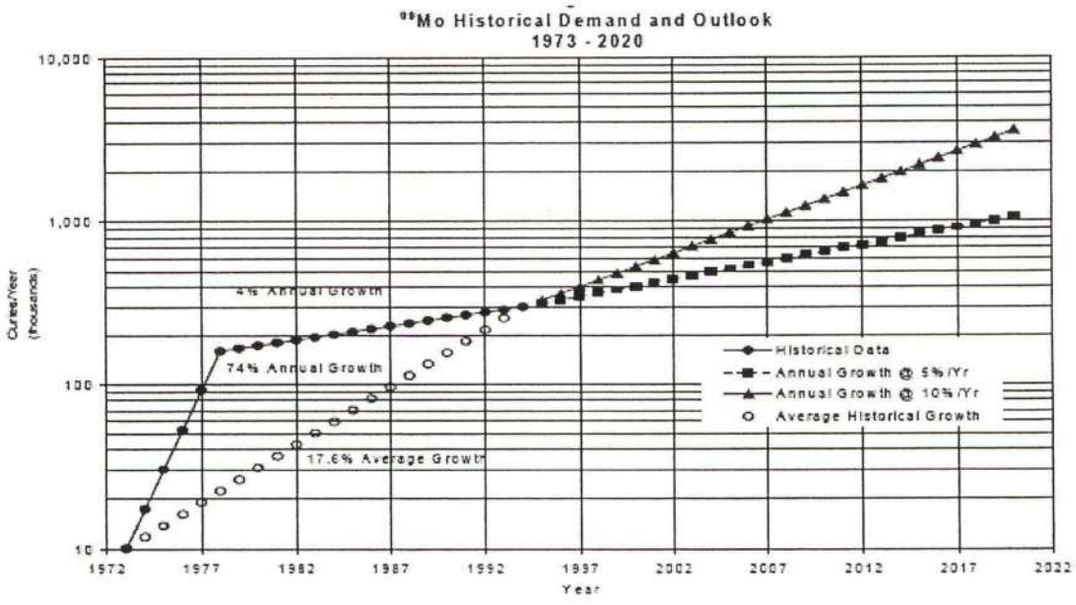
[5] Tami Freeman "Medical isotope supplies: a game for the future"
http://medicalphysicsweb.org/cws/article/opinion/36974, Dec 8, 2008

[6] Wagner Jr, HN & Reba, RC, Expert Panel: Forecast Future Demand for Medical Isotopes, March 1999.

ผู้เชี่ยวชาญเชื่อว่าการขาดแคลนหรือราคาที่สูงของไอโซโทปรังสีเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาเทคนิคการรักษาให้แพร่หลายสำหรับการใช้งานทางด้านการแพทย์

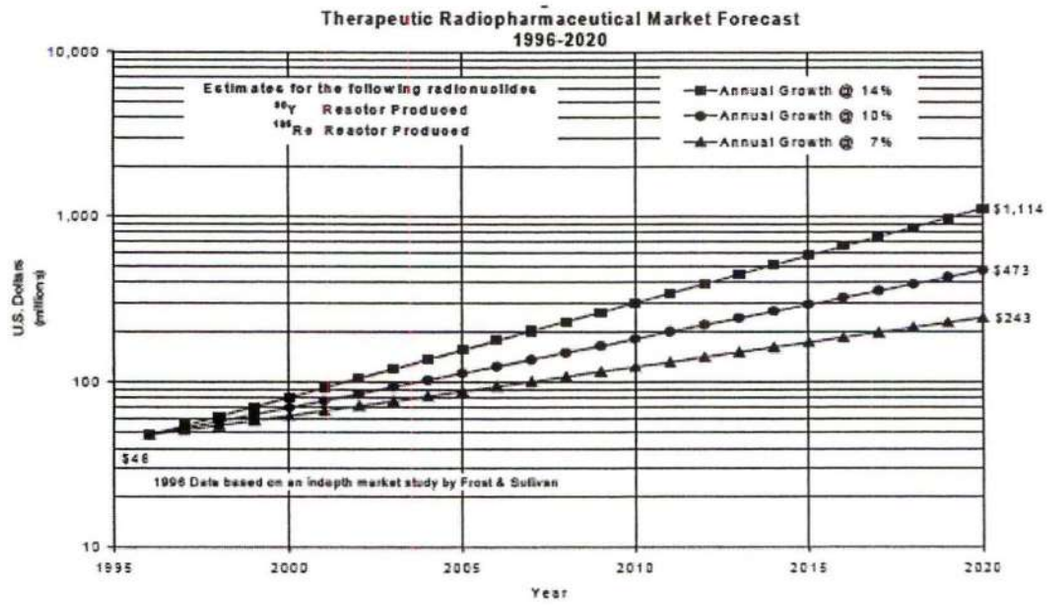
สำหรับกลุ่มที่สามเป็นกลุ่มที่น่าจะมีอนาคต แต่ว่ายังไม่ได้มีการศึกษาไอโซโทปรังสีเหล่านี้มากนัก เนื่องจากการขาดแคลนหรือมีราคาที่สูง ซึ่งไอโซโทปรังสีในกลุ่มนี้ประกอบด้วย Sc-47, Zn-62, Cu-64, Cu-67, Ge-68, Gd-153, Ho-168, Lu-177, Re-188, At-211, Bi-212, Bi-213, Ra-223 เป็นต้น

จากการศึกษาของ Expert Panel: Forecast Future Demand for Medical Isotopes มีการคาดการณ์ตั้งแต่ปี 1973-2020 ว่าความต้องการ Mo-99 จะเพิ่มขึ้น 20 เท่าภายใน 5 ปีแรก และหลังจากนั้นจะมีการเติบโตแบบคงที่ โดยการพยากรณ์ความต้องการ Mo-99 แสดงได้ในรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 การพยากรณ์ความต้องการ Mo-99

จากการพยากรณ์ความต้องการใช้รังสีเพื่อวินิจฉัยและบำบัดรักษาโรคด้วย Y-90, Re-186, P-32, Sr-89, Pd-103, Sn-117m, I-131 และ Sm-153 มีความต้องการในปี 1996 มูลค่าเท่ากับ 48 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และจะมีการเติบโตที่ 7% มีมูลค่าเท่ากับ 243 ล้านเหรียญสหรัฐฯ การเติบโตที่ 10% มีมูลค่าเท่ากับ 473 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และการเติบโตที่ 14% มีมูลค่าเท่ากับ 1,114 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี 2020 ดังรูปที่ 2-3

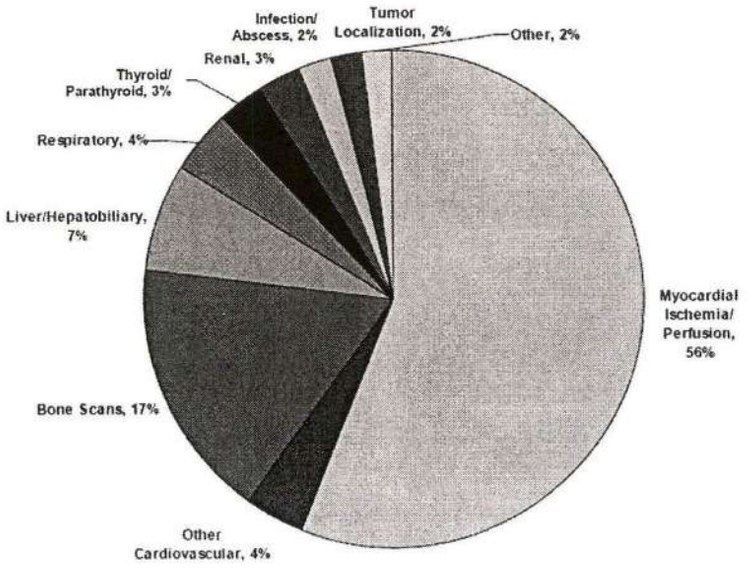


รูปที่ 2-3 การพยากรณ์ความต้องการใช้รังสีเพื่อวินิจฉัยและบำบัดรักษา

จากรายงาน The 2009-2110 Medical Isotope Shotage: Cause, Effects and Future Considerations ได้มีการระบุความต้องการใช้ Mo-99/Tc-99m* ในตลาดโลก ปี 2006 แสดงดังรูปที่2-4 ซึ่งพบว่ามีสัดส่วนการใช้ Tc-99 m ดังนี้[7]

Myocardial Ischemia/Perfusion	ร้อยละ 56
Bone Scans	ร้อยละ 17
Liver/Hepatobiliary	ร้อยละ 7
Other Cardiovascular	ร้อยละ 4
Respiratory	ร้อยละ 4
Thyroid/Parathyriod	ร้อยละ 3
Renal	ร้อยละ 3
Infection/Abscess	ร้อยละ 2
Tumor Localization	ร้อยละ 2
Other	ร้อยละ 2

[7] Mohamed Zakzouk, Industry, Infrastructure and Resources Division Parliamentary Information and Research service, The 2009-2110 Medical Isotope Shotage: Cause, Effects and Future Considerations, 17 November 2010



รูปที่ 2-4 สัดส่วนการใช้ Tc-99m ในการรักษาโรคทั่วโลก ปี 2006

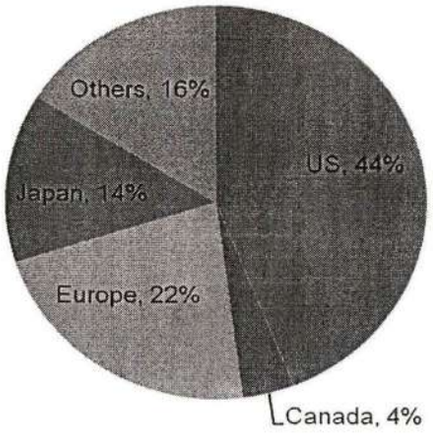
* หมายเหตุ Mo-99 เป็นสารตั้งต้นของสารเภสัชรังสี Tc-99m ซึ่งปริมาณของสารเภสัชรังสี Tc-99m สามารถผลิตได้จาก Mo-99 ประมาณ 80%

ที่มา: Medical Isotope Shotage: Cause, Effects and Future Considerations

จากรายงานดังกล่าวได้มีการประมาณการสัดส่วนความต้องการใช้ Mo-99 ในตลาดโลก ปี 2009-2010 ประมาณ 40 ล้านโดสต่อปี[8] ดังแสดงในรูปที่ 2-5 โดยมีสัดส่วนความต้องการของประเทศต่างๆ ดังนี้

U.S.	ร้อยละ 44
Europe	ร้อยละ 22
Japan	ร้อยละ 14
Other	ร้อยละ 16
Canada	ร้อยละ 4

[8] Mohamed Zakzouk, Industry, Infrastructure and Resources Division Parliamentary Information and Research service, The 2009-2110 Medical Isotope Shotage: Cause, Effects and Future Considerations, 17 November 2010



รูปที่ 2-5 ประมาณการความต้องการใช้ Mo-99 ทั่วโลก ปี 2009-2010[9]

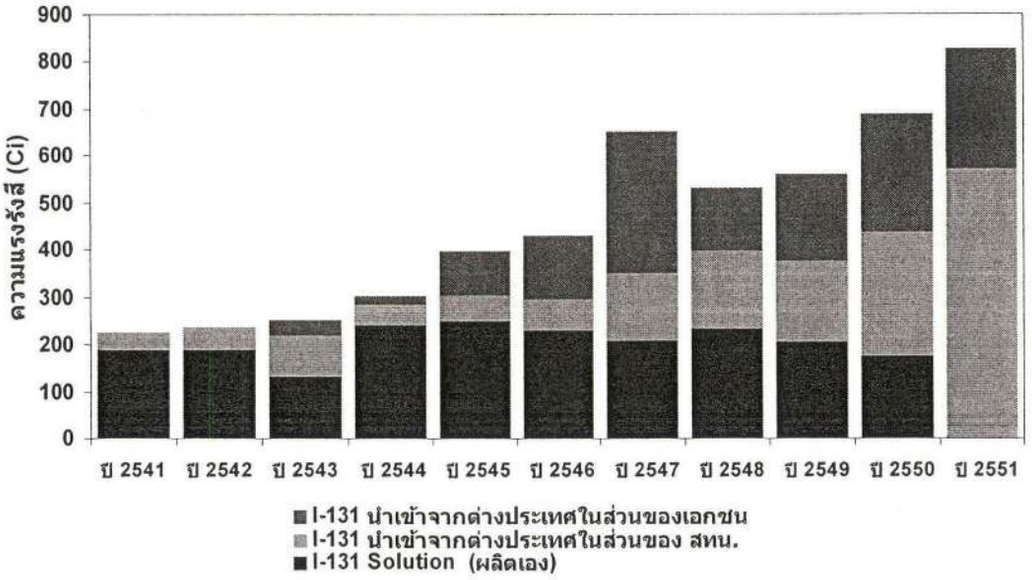
ที่มา: Medical Isotope Shotage: Cause, Effects and Future Considerations

จากปริมาณการใช้ Mo-99 ทั่วโลกเท่ากับ 40 ล้านโดส สามารถนำไปพยากรณ์ความต้องการการใช้ของประเทศไทยเท่ากับร้อยละ 1.15 ของ 40 ล้านโดสต่อปี หรือเท่ากับประมาณ 6,673.50 คูรีต่อปี และจากกลุ่มประเทศอาเซียนซึ่งไม่นับรวมอินโดนีเซียที่สามารถผลิตไอโซโทปได้เองนั้น[10] จะมีความต้องการใช้เท่ากับร้อยละ 6.32 หรือเท่ากับ 36,636.68 คูรีต่อปี โดยคำนวนจากจำนวนประชากร (ภาคผนวก ฎ) ซึ่งเป็นความต้องการที่ยังขาดกำลังการผลิตมารองรับ

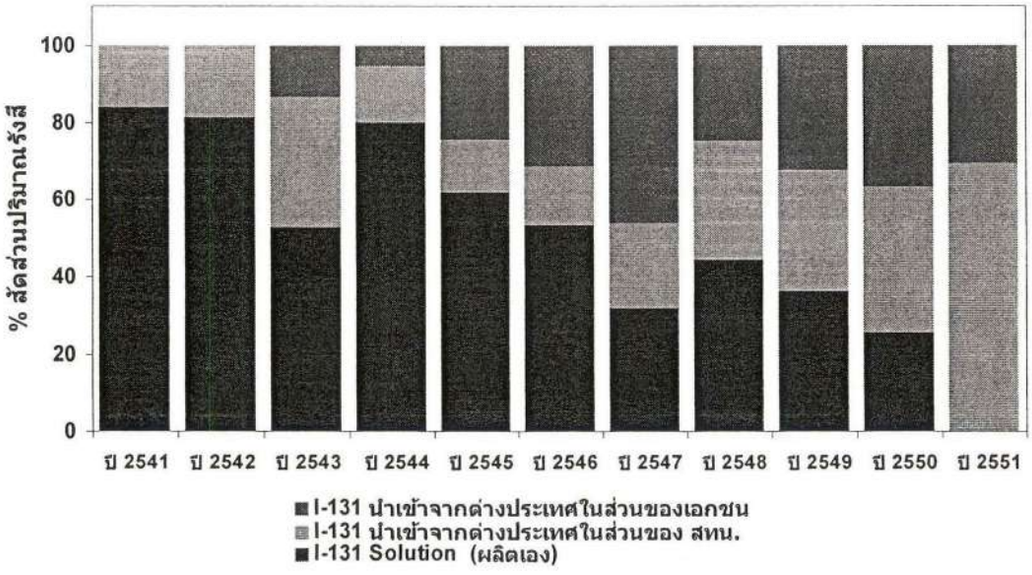
[9] Mohamed Zakzouk, Industry, Infrastructure and Resources Division Parliamentary Information and Research service, The 2009-2110 Medical Isotope Shotage: Cause, Effects and Future Considerations, 17 November 2010

[10] International Atomic Energy Agency (IAEA), Production and Supply of Molybdenum-99, http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC54/GC54InfDocuments/English/gc54inf-3-att7_en.pdf

จากสถิติการนำเข้าและการผลิตเองของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ความต้องการ I-131 ในรูป 2-6 และ 2-7 (ภาคผนวก ฉ) ในการวินิจฉัยและบำบัดโรค Thyroid cancer และ Hyperthyoidism ผู้ป่วยในประเทศ ปี 2541-2551 มีความต้องการเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแสดงเห็นว่าการผลิต I-131 ไม่เพียงพอต่อความต้องการในประเทศ โดยเป็นผลมาจากเครื่องปฏิกรณ์มีอายุการใช้งานมากขึ้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการผลิต จึงต้องมีการนำเข้าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2-6 เปรียบเทียบการนำเข้าและการผลิตเองของ I-131 ในเชิงความแรงรังสี



รูปที่ 2-7 เปรียบเทียบการนำเข้าและการผลิตเองของ I-131 ในเชิงสัดส่วน

ในส่วนของ สทน. เมื่อเครื่องมีกำลังสูงขึ้นไอโซโทปรังสีที่สนใจผลิตเพื่อสนองความต้องการทางการแพทย์ในการวินิจฉัยและบำบัดรักษา ได้แก่ Ir-192, Se-175, Sr-89, Mo-99, Sm-153, Ho-166, Lu-177, Re-186 เป็นต้น ซึ่งประโยชน์ของสารเภสัชรังสีเหล่านี้ มีศักยภาพในการวินิจฉัย และการรักษาโรค ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ศักยภาพของสารเภสัชรังสีที่สนใจผลิตในการวินิจฉัยและการรักษาโรค

สารเภสัชรังสี	การวินิจฉัย และการรักษา
Sm-153	สารประกอบติดสลากในการบำบัดความปวดของมะเร็งกระดูก หรือการบำบัดรักษาทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์อื่น ๆ
Ir-192	บำบัดรักษาระยะใกล้ สำหรับมะเร็งปากมดลูก มะเร็งมดลูก มะเร็งต่อมลูกหมาก เป็นต้น
Se-75	สารประกอบติดสลากในการตรวจวินิจฉัยไทรอยด์
Sr-89	บำบัดอาการปวดกระดูก และบำบัดรักษาทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์อื่น ๆ
Ho-166	บำบัดรักษาอาการปวดข้อ และรูมาตอยด์
Lu-177	สารประกอบติดสลากเพื่อรักษาเนื้องอก และบรรเทาอาการปวดจากมะเร็งกระดูก
Re-186	บำบัดอาการปวดของมะเร็งกระดูก แทน Sm-153

อย่างไรก็ตามสารเภสัชรังสี Sm-153, Ir-192, Se-175, Sr-89, Ho-166, Lu-177 และ Re-186 เป็นตัวที่มีความต้องการใช้ไม่มากนัก สามารถดูความต้องการใช้ใน (ภาคผนวก ฉ) ผลิตผลไอโซโทปนี้ถือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มหากมีแผนการผลิต

กำลังการผลิตไอโซโทปรังสีที่เกินความต้องการในประเทศยังสามารถส่งออกได้ซึ่งมีโอกาสสร้างรายได้เพิ่มต่อไปในอนาคต ในกรณีที่ต้องมีการส่งออก ควรทำแบบ Free On board (FOB) คือ มีเงื่อนไขการส่งมอบที่ผู้ขายจะสิ้นสุดภาระการส่งมอบสินค้า เมื่อผู้ขายได้ส่งมอบสินค้าข้ามกาบเรือขึ้นไปบนเรือสินค้า ณ ท่าเรือต้นทางที่ระบุไว้ ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบการทำพิธีการส่งออกด้วย ส่วนค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า และค่าใช้จ่ายอื่นๆ รวมทั้งความเสี่ยงภัยในการขนส่งสินค้าเป็นภาระของผู้ซื้อในทันทีที่ของผ่านกาบระวางเรือไปแล้ว

2.2.2 **ด้านการเกษตร**

ในด้านการเกษตรมีการใช้งานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและไอโซโทปรังสีส่วนใหญ่ในด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อการเพิ่มผลผลิตการเกษตร ซึ่งเป็นเทคนิคทางเลือกที่ใช้ในต่างประเทศและเป็นที่นิยมใช้และได้ผลที่นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้จริงทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ การปรับปรุงพันธ์พืช การเพิ่มผลผลิตต่อไร่จากผลการศึกษาวิเคราะห์ธาตุในดิน การใช้สารติดตามด้านชีวภาพและการผลิตฮอร์โมนเสริมแก่พืช

<u>การปรับปรุงพันธุ์พืช</u>

การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยรังสี หรือการใช้เทคนิคการกลายพันธุ์พืชด้วยรังสี[11] รังสีที่นิยมใช้คือ รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ และรังสีนิวตรอน เพราะสามารถฉายผ่านทะลุเข้าไปถึงเซลล์ภายในได้ดี รังสีสามารถชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของพืชโดยทำให้สารพันธุกรรมหรือยีนของพืชนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเองโดยไม่มีการนำยีนจากภายนอกเข้าไป การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยนิวตรอนเป็นการปรับปรุงพันธุ์พืชวิธีการหนึ่ง ต้องอาศัยโอกาสและระยะเวลาที่จะได้ผลผลิตพันธุ์ใหม่ ประมาณได้ว่าถ้าต้องการปรับปรุงพันธุ์พืชสำเร็จด้วยการฉายรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยปีละ 1 พันธุ์พืช ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา มีผลการศึกษาด้านการกลายพันธุ์พืชไม่มากนัก เนื่องจากการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์พืชมีข้อจำกัดในเรื่องของเครื่องมือในการวิจัยและต้องมีการทำวิจัยอย่างต่อเนื่องทำให้ใช้ระยะเวลานาน และใช้งบประมาณในการวิจัยและพัฒนาสูง จึงทำให้มีผลงานวิจัยออกมาค่อนข้างน้อย[12] จะต้องมีการฉายรังสีเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในการทดลองปรับปรุงพันธุ์พืชและคัดเลือกพันธุ์ที่ถาวรลงแปลงปลูกได้โดยไม่มีการกลายพันธุ์ประมาณนับ 100 ครั้งก่อนจะประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์พืช 1 พันธุ์ แต่เมื่อสำเร็จจะให้ผลผลิตต่อเนื่องในระยะยาว

ตัวอย่างพันธุ์ข้าวที่ประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ด้วยรังสีนิวตรอน เกิดจากกรมวิชาการเกษตร[13] ได้มีการปรับปรุงพันธุ์พืช โดยได้นำเมล็ดข้าวมาฉายรังสีที่ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (ขณะนั้นยังไม่ได้แยกตัวออกมาจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ) ได้ข้าวพันธุ์ กข 10 จากการนำข้าว กข 1 อาบด้วยรังสีนิวตรอนเร็วในปริมาณ 10 เกรย์ คัดเลือกจนได้พันธุ์ข้าวเหนียวเมล็ดยาวขึ้น ต้นเตี้ย ผลผลิตสูง คุณภาพในการหุงต้มดีขึ้น ค่อนข้างทนทานต่อโรคใบไหม้

---

[11] สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, www.oaep.go.th/nstkc/content/view/185/29/1/1/

[12] จากการสัมภาษณ์ ศ. ดร. กฤษฎา สัมพันธารักษ์ นักปรับปรุงพันธุ์พืช ธนาคาพันธุกรรมพืช 50 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[13] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน), www.tint.or.th/application/apply-plant.html

ข้อมูลการส่งออกข้าวของประเทศไทยมีมูลค่าที่สูงมาก คือ 98,179 ล้านบาทและ 119,215 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2550 ตามลำดับ (ภาคผนวก ข)

ในประเทศที่พัฒนาแล้วมีการใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูในการใช้การปรับปรุงพืช โดยพบว่าประเทศสหรัฐอเมริกาสามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกาในสัดส่วนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศ แต่ประเทศไทยมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์และพื้นฐานเศรษฐกิจที่ต่ำกว่าสหรัฐอเมริกาอยู่ 141.36 เท่า เพราะฉะนั้นเมื่อมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยใหม่ จะสามารถทำให้มูลค่าทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และ ข้าวโพด เพิ่มมูลค่าขึ้นอีก ประมาณ 0.07 เปอร์เซ็นต์

<u>การเพิ่มผลผลิตการเกษตร</u>

ประโยชน์อีกด้านของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยด้านการเกษตร คือ การเพิ่มผลผลิตการเกษตร ด้วยการศึกษาวิเคราะห์ธาตุในดินโดยการใช้เทคนิคการก่อกัมมันต์ด้วยนิวตรอนทำให้ได้ประโยชน์ในการศึกษาคุณภาพดินเพื่อการจำแนกพื้นที่ปลูก ประกอบกับการใช้สารติดตามด้านชีวภาพซึ่งเป็นการใช้สารรังสีติดสลากสารอาหารของพืชติดตามการดูดซึมแร่ธาตุและปุ๋ยของต้นไม้[14] ให้ประโยชน์ในการศึกษาชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสมกับพืชนั้น อันเป็นการช่วยด้านการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ในพื้นที่การเกษตรของประเทศ

การใช้เทคนิคนิวเคลียร์ด้านเรดิโออิมมูโนแอสเซย์ (Radioimmunoassay, RIA) ในการติดตามตรวจวัดฮอร์โมนเพื่อกระบวนการฝากเซลล์ตัวอ่อนต้นแบบที่แม่นยำในการผสมเทียมสำหรับการขยายพันธุ์สัตว์ที่มีประสิทธิภาพ เพิ่มโอกาสในการตกลูกโคพันธุ์นมและโคพันธุ์เนื้อกระบือปลัก จาก 10% เป็นประมาณ 30%[15] และเป็นการปรับปรุงพันธุ์โคและกระบือ เพื่อเพิ่มผลผลิตทางปศุสัตว์ ซึ่งเป็นเทคนิคการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

เมื่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยมีกำลังสูงขึ้น การศึกษาค้นคว้าวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยรังสีนิวตรอนจะมีเพิ่มขึ้น โอกาสจะพบพันธุ์พืชที่มีลักษณะเด่นตามที่ต้องการก็จะมีมากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้เกษตรมีผลผลิตเพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

[14] www.geocities.com/techno202544

[15] จากงานวิจัย ศ.มณีวรรณ กมลพัฒนะ

2.2.3 ด้านอุตสาหกรรม

มีภาคอุตสาหกรรมอยู่หลายส่วนที่ใช้ประโยชน์จากการฉายรังสีเพื่อทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มหรือควบคุมคุณภาพผลผลิต ซึ่งเทคนิคการอาบรังสีนิวตรอนเป็นเทคนิคเฉพาะทางเพื่อให้ผลตามที่ต้องการและไม่สามารถทำได้ด้วยเทคโนโลยีอื่น ได้แก่ การก่อให้เกิดจุดบกพร่องในโครงสร้างผลึกด้วยนิวตรอนของการฉายรังสีอัญมณี การแปลงธาตุด้วยนิวตรอน และการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการก่อกัมมันต์ด้วยรังสีนิวตรอน งานวิจัยหรืองานบริการที่สนับสนุนด้านอุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

○ <u>การฉายรังสีอัญมณี</u>

การใช้รังสีปรับปรุงคุณภาพอัญมณีทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม 5 – 30 เท่า ปัจจุบันสามารถให้บริการฉายรังสีโทแพซได้เพียง 100 กิโลกรัมต่อปี เนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบันมีกำลังต่ำ แต่ความต้องการการฉายรังสีโทแพซในอนาคตจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2,000-3,000 กิโลกรัมต่อปี[16] ในส่วนการส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับของประเทศไทยนั้นมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยปี 2554 เติบโตขึ้นร้อยละ 10.40 จากปีก่อนหน้า มีมูลค่าประมาณ 385,929 ล้านบาท[17] (ข้อมูลประมาณการ) โดยมีมูลค่าการส่งออกพลอยประมาณ 19,076 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 4.94 ของมูลค่าการส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับทั้งหมด หรือร้อยละ 29.74 ของมูลค่าการส่งออกอัญมณีทั้งหมด (เพชร พลอย และไข่มุก) (ภาคผนวก ค) โดยมูลค่าตลาดพลอยเติบโตขึ้นร้อยละ 34.43 ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการมีความต้องการฉายรังสีอัญมณีโดยรวมประมาณ 1,000,000-2,000,000 กะรัต หรือเท่ากับ 250-400 กิโลกรัมต่อเดือน[18] ซึ่งแนวโน้มสูงขึ้นนี้ หากประกอบกับการปรับปรุงคุณภาพพลอยให้ได้สีตามความต้องการของตลาด ก็จะเป็นปัจจัยช่วยผลักดันให้เกิดการเติบโตแก่ตลาดพลอยมากขึ้น และยังส่งผลต่ออุตสาหกรรมอื่นๆ อีกด้วย เช่น อุตสาหกรรมเจียระไนพลอย อุตสาหกรรมผลิตตัวเรือน อุตสาหกรรมประกอบตัวเรือน และอุตสาหกรรมออกแบบเครื่องประดับ ที่มีมากถึง 700 รายทั่วประเทศ ดังนั้นการมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่ที่มีกำลังสูงขึ้น จะช่วยขยายผลผลิตอัญมณี

---

[16] การสัมภาษณ์ธิติ รัศมีธรรมโชติ กรรมการผู้จัดการ บริษัท ครีเอทีฟ เจมส์ แอนด์ จิวเวลลี่ จำกัด (มหาชน), รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 และศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สทน.

[17] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2554 และแนวโน้มปี 2555

[18] การสัมภาษณ์ธิติ รัศมีธรรมโชติ กรรมการผู้จัดการ บริษัท ครีเอทีฟ เจมส์ แอนด์ จิวเวลลี่ จำกัด (มหาชน), รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1

โครงการนี้จึงเป็นการลงทุนควบคู่ไปกับโครงการอิเล็กตรอนบีมของศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สทน. ที่ขณะนี้ได้เปิดให้บริการแล้ว

การโดปสารกึ่งตัวนำ

เทคนิคการก่อกัมมันต์ด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย สามารถใช้ในการโดปสารกึ่งตัวนำจากผลการแปลงธาตุ (Neutron Transmutation Doping, NTD) เช่น การนำแท่งซิลิกอนบริสุทธิ์ไปอาบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย จะมีอะตอมซิลิกอนบางส่วนเกิดเป็นอะตอมกัมมันตรังสี หลังการสลายตัวจะกลายเป็นฟอสฟอรัส เกิดสารเจือในสารกึ่งตัวนำแท่งซิลิกอน แทนเทคนิคการโดปดั้งเดิม ด้วยเทคนิค NTD จะทำให้สารกึ่งตัวนำมีความสม่ำเสมอของสารเจือสูง สำหรับใช้เป็นวัสดุเริ่มต้นในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เช่น IGBT, Thyristor และ Diode ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ไฮบริดและระบบแปลงผันไฟฟ้าในอุตสาหกรรมพลังงานทดแทน

จากข้อมูลการทำนายตลาดโลกในปัจจุบันจนถึงปี ค.ศ. 2030 พบว่ามีความต้องการโดปสารกึ่งตัวนำเพื่อนำไปผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic devices) ระดับ 3,660 ตัน/ปี แต่ปัจจุบันเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยทั่วโลกมีกำลังการผลิตประมาณเพียง 100 ตัน/ปี เท่านั้น[19] จะเห็นได้ว่าช่องว่างระหว่างอุปสงค์ (Demand) และอุปทาน (Supply) ยังมีมากอยู่ ทำให้ความเป็นไปได้ในมูลค่าการตลาดด้าน NTD มีสูงมาก และคาดว่าอุตสาหกรรมในประเทศจะมีส่วนแบ่งการผลิตจากตลาดโลกประมาณ 10 ตัน/ปี ในการสนองความต้องการภาคอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ และด้านพลังงานทดแทนในประเทศ โดยประเมินจากข้อมูลของศูนย์วิจัย HANARO 20 ตัน/ปี (30 MW) เกาหลี และศูนย์วิจัย ANSTO ออสเตรเลีย 25 ตัน/ปี (20 MW)[20] การมีโครงสร้างพื้นฐานด้านการโดปสารกึ่งตัวนำภายในประเทศจะเป็นการช่วยผลักดันให้เกิดอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ต้นน้ำตามมา

[19] Power Point Presentation: "Neutron Transmutation Doping," Myong-Seop KIM, Korea Atomic Energy Research Institute, RCA Regional Training Course June 4-15, 2007 Jakarta, INDONESIA

[20] International Atomic Energy Agency, Neutron Transmutation Doping of Silicon at Research Reactors, IAEA-TECDOC-1681,

○ การบริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์

การมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่และมีอุปกรณ์ประกอบที่ทันสมัย จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการด้านการตรวจสอบและการวิเคราะห์ตัวอย่างได้มากขึ้น เช่น ให้บริการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธี NAA การตรวจสอบโดยการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน ให้บริการเช่าชั่วโมงท่อนำรังสีนิวตรอนและบริการตรวจสอบสภาพดิน เป็นต้น

- การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการก่อกัมมันต์ด้วยรังสีนิวตรอน (Neutron activation analysis, NAA) สามารถวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยระดับ ppm และ ppb ในตัวอย่างต่าง ๆ เช่น ตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อม ดินเพาะปลูกพืช ตัวอย่างทางธรณีวิทยา งานพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ วัตถุโบราณและตัวอย่างทางชีววิทยา เป็นต้น ความต้องการในปัจจุบันมี 350 ตัวอย่างต่อปี และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นสองเท่าหรือประมาณ 700 ตัวอย่างต่อปี จากการขยายตัวของกลุ่มอุตสาหกรรมแต่งแร่ ข้อมูลจากกระทรวงอุตสาหกรรมพบว่ามีผู้ประกอบการแต่งแร่ในประเทศไทยจำนวน 235 ราย[21] (ภาคผนวก ฎ) ซึ่งคาดว่าผู้ประกอบการแต่งแร่จะต้องส่งตัวอย่างแร่มาทำการวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อย (Trace Element) อย่างน้อย 2 ตัวอย่างต่อปี นอกจากนี้ยังมีความต้องการวิเคราะห์ด้านวัตถุพยานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นจากกองพิสูจน์หลักฐาน สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยของสถาบันและหน่วยงานวิจัยการเกษตร เช่น กรมพัฒนาที่ดิน สำนักงานวิจัยการเกษตรแห่งชาติ

- การศึกษาโครงสร้างภายในวัสดุ รังสีนิวตรอนมีลักษณะพิเศษที่จะใช้ในการศึกษาโครงสร้างภายในของวัสดุที่มีองค์ประกอบธาตุเบา โดยสามารถศึกษาโครงสร้างได้ในระดับอะตอม ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนนิวตรอนความละเอียดสูง (High Resolution Powder Diffraction, HRPD) สามารถทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้ในหลากหลายสภาวะ เช่น สภาวะสูญญากาศ สภาวะอุณหภูมิสูง สภาวะอุณหภูมิต่ำ ในสนามแม่เหล็ก หรือในสภาวะปกติทั่วๆ ไป ซึ่งเป็นเทคนิคขั้นสูงที่สามารถให้บริการในอนาคตแต่ต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม เพื่อรองรับการวิจัยและพัฒนาของสถาบันวิจัย ด้านวัสดุ เช่น ศูนย์วิจัยโลหะและวัสดุแห่งชาติ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ และสถาบันการศึกษา เป็นต้น

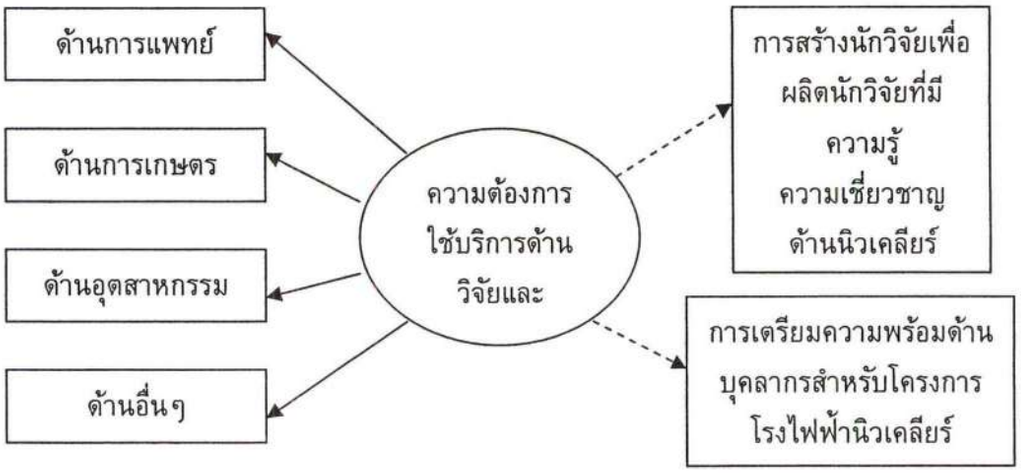
- นอกจากนี้ ยังใช้ในการถ่ายภาพตัวอย่างชิ้นงานด้วยรังสีนิวตรอนทั้งแบบถ่ายภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวในวัสดุที่มีองค์ประกอบของธาตุเบาสำหรับงานทดสอบผลิตภัณฑ์แบบไม่ทำลาย (NDT) ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีการให้บริการในเชิงพาณิชย์ แต่ในต่างประเทศมีการ

[21] กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, http://eco-town.dpim.go.th/article/detail.php?id=148.

ให้บริการการถ่ายภาพนิวตรอนทั้งบริษัทเอกชนและองค์กรที่มีเครื่องปฏิกรณ์เครื่องปรมาณูวิจัย ได้แก่ บริษัท Nray Service, Inc. , X-R-I Testing Division of x ray industries, Inc., McMaster University, University of Wisconsin เป็นต้น

2.2.4 **ด้านวิจัยและวิชาการ**

ความต้องการใช้บริการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีในด้านวิจัยและวิชาการสามารถสรุปได้ดังแผนภาพในรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 ความต้องการใช้บริการด้านวิจัยและวิชาการ

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีเป็นโครงสร้างพื้นฐานของความต้องการใน 2 ด้าน ในด้านหนึ่งเป็นความต้องการสำหรับงานค้นคว้าวิจัยเพื่อสนับสนุนการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร และด้านอุตสาหกรรม อีกด้านหนึ่งเป็นความต้องการเพื่อประโยชน์ในด้านวิชาการ การเรียนการสอน ซึ่งประโยชน์ในส่วนหลังมีความสำคัญที่ไม่สามารถวัดคุณค่าทางตัวเงินในระยะสั้นได้เพียงอย่างเดียว แต่จะส่งผลทางอ้อมในด้านการพัฒนากำลังคน เช่น การสร้างนักวิจัยอย่างต่อเนื่องและการเตรียมความพร้อมด้านบุคลากรสำหรับโครงการด้านนิวเคลียร์ที่มีความจำเป็นต่อการพัฒนาประเทศในระยะยาว

ในส่วนของการสร้างงานวิจัยมีการศึกษาวิจัยทั้งขั้นมูลฐานและขั้นประยุกต์เกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์และการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ที่ใช้นิวตรอนเพื่อสร้างองค์ความรู้นำไปสู่ประโยชน์เชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต[22] ดังนี้

- แหล่งกำเนิดรังสี เช่น เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยหรือต้นกำเนิดรังสีแบบไอโซโทป รวมถึงเครื่องเร่งอนุภาค
- วิศวกรรมนิวเคลียร์ที่เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องปฏิกรณ์ฯ การเดินเครื่องปฏิกรณ์ฯ และการบำรุงรักษาระบบเครื่องปฏิกรณ์ฯ
- อันตรกิริยาของรังสีต่ออะตอมของธาตุหรือต่อสสาร ด้วยลักษณะทางกายภาพของรังสีชนิดต่างๆ
- ผลของรังสีที่มีต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต
- เทคโนโลยีนิวเคลียร์ที่ประยุกต์ทางด้านการแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม สิ่งแวดล้อม และอื่นๆ

ผลงานของกลุ่มวิจัยและพัฒนาของ สทน. เดิมอยู่ในกองต่างๆ ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ เช่น กองฟิสิกส์ กองเคมี กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กองการวัดรังสีและกองผลิตไอโซโทปเป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ไม่มีรายได้แต่มีศักยภาพในการผลิตองค์ความรู้และเทคโนโลยีตลอดจนพัฒนาศักยภาพของบุคคลากรด้านนิวเคลียร์ของประเทศ ผลงานจากการวิจัยและพัฒนาที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อภาคเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อมและสังคมมีหลายโครงการ เช่น การเพิ่มคุณค่าอัญมณีโดยการฉายรังสี การวัดระดับรังสีในธรรมชาติ การพัฒนาสารติดฉลากสารรังสีและสารเภสัชรังสีเพื่อใช้ในทางการแพทย์ เป็นต้น

โครงการเหล่านี้มีไม่ต่ำกว่าปีละ 40 โครงการ ถึงแม้โครงการที่ใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจะมีเพียง 30% ของโครงการทั้งหมด แต่เป็นโครงการใหญ่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเพื่อให้มีการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงที่มีความจำเป็นต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ตัวอย่างที่เห็นได้อย่างชัดเจนในปัจจุบัน คือ

---

[22] Australian Nuclear Science and Technology Organisation, Australia's first reactor, http://www.ansto.gov.au/discovering_ansto/history_of_ansto/hifar.

1. โครงการเพิ่มคุณค่าอัญมณีโดยการฉายรังสีที่มีบริษัทเอกชนหลายรายได้ใช้ประโยชน์จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยอยู่ สามารถเพิ่มมูลค่าและส่งออกต่างประเทศทำรายได้จากการจำหน่ายเป็นเงินหลายร้อยล้านบาทต่อปี

2. โครงการพัฒนาสารติดฉลากสารรังสีและสารเภสัชรังสีเพื่อใช้ในทางการแพทย์สามารถเพิ่มกำลังผลิตและขยายจำนวนชนิดขึ้นได้จาก 5 ชนิดในปี พ.ศ. 2541 เป็น 18 ชนิดในปี พ.ศ. 2550

3. การวิเคราะห์ตัวอย่างโดยการอาบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเพิ่มขึ้นจากประมาณ 100 ตัวอย่างในปี พ.ศ. 2542 เป็นประมาณ 350 ตัวอย่างในปี พ.ศ. 2550

นอกจากงานวิจัยพัฒนาต่อยอดเมื่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูฯ มีกำลังสูงขึ้นแล้ว จากการค้นคว้าข้อมูลทุติยภูมิในต่างประเทศทำให้ทราบว่ามีการใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเพื่อประโยชน์ทางด้านวัสดุศาสตร์และอุตสาหกรรมอีกมากอย่างมีนัยสำคัญในการสนับสนุนงานด้านบริการให้เพิ่มมากขึ้น การเตรียมการวิจัยด้านนี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นในอนาคตและจำเป็นต้องมีการลงทุนในด้านอุปกรณ์วิจัยเพิ่มขึ้นต่อไป เช่น

1. การตรวจวิเคราะห์โครงสร้างภายในวัสดุด้วยนิวตรอนมีลักษณะพิเศษที่จะใช้ในการศึกษาวัสดุที่มีองค์ประกอบธาตุเบาในระดับอะตอม ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนนิวตรอนความละเอียดสูง (High Resolution Powder Diffraction, HRPD) สามารถทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้ในหลากหลาย ในงานพัฒนาวัสดุนาโน
2. การถ่ายภาพด้วยนิวตรอน สำหรับงานตรวจสอบชิ้นส่วนอากาศยาน ตรวจความเชื่อมั่นอุปกรณ์ขับด้วยดินระเบิด ตรวจสอบชิ้นส่วนจักรกลพอลิเมอร์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดฟิล์มพอลิเมอร์และวัตถุโบราณ รวมถึงการถ่ายภาพเคลื่อนไหวของของไหลในระบบหล่อเย็นที่สำคัญ เป็นต้น
3. การวิจัยกระบวนการโดปสารกึ่งตัวนำเพื่อสนับสนุนการบริการและการสร้างอุตสาหกรรมวัตถุเริ่มต้นในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
4. การศึกษาผลกระทบของนิวตรอนต่อการเสียหายของวัสดุที่ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู
5. การศึกษาวิจัยการผลิตไอโซโทปรังสีใหม่เมื่อกำลังของเครื่องเพิ่มขึ้น นิวตรอนฟลักซ์จะเพิ่ม ขึ้นถึง 10^{14} n/cm^2-s สามารถผลิตไอโซโทปรังสีได้เพิ่มเติม ดังนี้ Se-75, Sr-89, I-125, Cs-137, Pm-149, Gd-153, Dy-165, Ho-166, Yb-169, Lu-177, Re-186 และ Cr-51 เป็นต้น เพื่อสนับสนุนการขยายกำลังการผลิตเพื่อให้บริการ

6. การวิจัยด้านการใช้ประโยชน์จากกากกัมมันตรังสีจากการผลิตไอโซโทปและการรับบริการขจัดกากเพื่อลดปริมาณกากที่จะต้องจัดการ เช่น การคัดแยก การผนึกใหม่ การซ่อม และการอาบรังสีซ้ำ เป็นต้น

ในการเผยแพร่ผลงานวิชาการ สทน. มีความร่วมมือกับ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติและหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จัดการประชุมวิชาการระดับประเทศด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ เป็นประจำทุก 2 ปี มุ่งเน้นในงานวิจัยและการบรรยายที่น่าสนใจและทำให้สังคมไทยตระหนักถึงประโยชน์จากเทคโนโลยีนิวเคลียร์ และทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายได้พิจารณานำเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อย่างกว้างขวางขึ้น

โครงการวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)[23] ที่ผ่านมามีจำนวนดังนี้

- โครงการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2550 จำนวน 47 โครงการ
- โครงการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2551 จำนวน 5 โครงการ ประกอบด้วย 17 ชุดโครงการ และ 26 โครงการเดี่ยว
- โครงการวิจัยประจำปีพ.ศ. 2552 จำนวน 22 โครงการ ประกอบด้วย 7 ชุดโครงการ และ 15 โครงการเดี่ยว

สำหรับสถานศึกษาที่มีการเรียนการสอนและการวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในปัจจุบันมีอยู่หลายแห่ง ซึ่งแต่ละแห่งก็มีการเน้นเนื้อหาการเรียน และมีความเชี่ยวชาญที่แตกต่างกันไป[24] สถานศึกษาที่มีการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์มีดังนี้

1. ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เน้นด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีนิวเคลียร์ รวมถึงการประยุกต์ใช้รังสีทางด้านอุตสาหกรรม รับนิสิตประมาณปีละ 30 คน
2. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เน้นด้านการประยุกต์ใช้รังสีทางการเกษตรและชีวภาพ รับนิสิตประมาณปีละ 30 คน
3. ภาควิชารังสีวิทยา ของมหาวิทยาลัยที่มีคณะแพทยศาสตร์ ได้แก่ มหาวิทยาลัยมหิดล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[23] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน), http://www.tint.or.th/research.html

[24] รศ. นเรศร์ จันทน์ขาว. ความสำคัญของการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศไทย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นต้น เน้นทางฟิสิกส์การแพทย์ด้านรังสีวินิจฉัย รังสีรักษาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ รับนักศึกษารวมประมาณปีละ 35 คน

4. ภาควิชารังสีเทคนิค ของมหาวิทยาลัยที่มีคณะแพทยศาสตร์ ต่างๆ เน้นการสนับสนุนงานทางการแพทย์ด้านรังสีวินิจฉัยและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ รับนักศึกษาประมาณปีละ 10 คน
5. ภาควิชาฟิสิกส์ของมหาวิทยาลัยต่างๆ เช่น มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยบูรพา โดยเฉพาะจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีการเรียนการสอนด้านฟิสิกส์นิวเคลียร์โดยเฉพาะจนถึงระดับปริญญาเอก มีนิสิตและนักศึกษาโดยประมาณปีละ 10 คน

ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีหลักสูตรระดับปริญญาโทและเอก เน้นเนื้อหาการเรียนการสอนและการวิจัยทางด้านพลังงานนิวเคลียร์และวิศวกรรมนิวเคลียร์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย การวัดรังสี การประยุกต์ใช้รังสีในงานอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม การกำบังรังสีและความปลอดภัยทางรังสี การจัดการกากกัมมันตรังสี เครื่องมือและอุปกรณ์นิวเคลียร์ อิเล็กทรอนิกส์นิวเคลียร์ เคมีรังสี การผลิตไอโซโทปรังสี และการปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุ เป็นต้น

ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีหลักสูตรระดับปริญญาตรีและโท เน้นเนื้อหาการเรียนการสอนและวิจัยด้านการใช้รังสีทางการเกษตร การปรับปรุงพันธ์พืช การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคนิวเคลียร์ เคมีและกระบวนการทางรังสีเพื่อการพัฒนาวัสดุและวัสดุนาโน การวัดปริมาณรังสี การตรวจสอบปริมาณรังสีในสิ่งแวดล้อมและรังสีทางชีววิทยา ปัจจุบันงานวิจัยของภาควิชาใช้ Co-60 ซึ่งให้รังสีแกมมาสำหรับการวิจัยเกี่ยวกับพืชเป็นส่วนใหญ่ โดยการวิจัยทางด้านเกษตรมีมานานแล้ว แต่คนส่วนใหญ่มักจะไม่ทราบ

ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นหน่วยงานเดียวที่มีเครื่องกำเนิดนิวตรอนพลังงานสูงในประเทศและมีผลงานทางวิชาการเกี่ยวกับการใช้รังสีนิวตรอนพลังงานสูงในด้านฟิสิกส์นิวเคลียร์มากมายรวมทั้งผลงานเชิงประยุกต์ เช่น การกลายพันธุ์พืชบางชนิดด้วยรังสีนิวตรอน เป็นต้น

หลักสูตรฟิสิกส์การแพทย์ (โรงเรียนฟิสิกส์การแพทย์) ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์รามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นหลักสูตรระดับปริญญาโท เน้นเนื้อหาการเรียน การสอนและวิจัยเกี่ยวกับการใช้รังสีทางการแพทย์ด้านการวินิจฉัยและรักษาโรคด้วยศาสตร์ทางรังสีวินิจฉัย เวช

ศาสตร์นิวเคลียร์และรังสีรักษา ครบทุกด้าน สามารถเลือกเทคโนโลยีทางรังสีวิทยาที่เหมาะสมกับการรักษาโรคของผู้ป่วย

ในกรณีที่ไม่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ในระดับบัณฑิตศึกษามีปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ปีละ 20-30 คน ระดับปริญญาโทสาขาฟิสิกส์การแพทย์ 15 คน ระดับปริญญาโทสาขารังสีประยุกต์และไอโซโทปปีละ 15 คน ระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมนิวเคลียร์ ปีละ 1-2 คน รวม 57 คน

ในกรณีที่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จะต้องมีการเพิ่มระดับการศึกษาปริญญาตรีในสาขาวิศวกรรมนิวเคลียร์ และเพิ่มจำนวนนักศึกษาในระดับปริญญาโท และปริญญาเอก ส่วนจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มขึ้นในสาขาวิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์จะขึ้นอยู่กับจำนวนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายการลงทุนของภาครัฐ ซึ่งยังไม่มีความชัดเจน อย่างไรก็ตามหากมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 1 แห่ง จะต้องการกำลังคนในการปฏิบัติงานประมาณ 500 คนต่อกะ[25] ทั้งในระดับบริหารและระดับปฏิบัติการ

2.3 การวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม (PEST Analysis) และสภาวะการแข่งขัน จุดเด่น จุดด้อย โอกาสและข้อจำกัด (SWOT Analysis)

2.3.1 การวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม (PEST Analysis)

การวิเคราะห์สภาวะแวดล้อมแบบ PEST Analysis เป็นการวิเคราะห์สภาวะแวดล้อมในมุมมองมหภาค (Macro) ที่มีผลกระทบต่อโครงการนี้ โดยมีการพิจารณาปัจจัยหลัก 4 ประการ ได้แก่ ปัจจัยด้านการเมือง (Political Factor) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ (Economic Factor) ปัจจัยด้านสังคม (Social Factor) และปัจจัยด้านเทคโนโลยี (Technological Factor)

[25] IAEA Nuclear Energy Series, Commissioning of Nuclear Power Plants: Training and Human Resource Considerations, No. NG-T-2-2.

ตารางที่ 2-2 การวิเคราะห์สภาวะแวดล้อม (PEST Analysis)

ปัจจัยหลักใน PEST Analysis	**ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น**
1. ปัจจัยด้านการเมือง (Political Factor)	การเมืองมีบทบาทสำคัญในการกำหนดนโยบายและเป็นผู้ตัดสินใจในการอนุมัติงบประมาณสำหรับโครงการฯ การเปลี่ยนแปลงรัฐบาลมีผลทำให้นโยบายมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด ซึ่งจะมีผลทำให้โครงการฯอาจดำเนินการอย่างล่าช้าเกินกว่ากำหนด
2. ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ (Economic Factor)	ความตกต่ำของเศรษฐกิจทั่วโลกและของไทย จะมีผลทำให้ความต้องการผลิตภัณฑ์หรือบริการจากโครงการฯ มีปริมาณน้อยกว่าที่ควรจะเป็น รวมทั้งความผันผวนของเศรษฐกิจที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่การคาดการณ์ความต้องการได้
3. ปัจจัยด้านสังคม (Social Factor)	เนื่องจากในปัจจุบันยังคงมีความกังวลกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยอยู่มากอันเนื่องมาจากการขาดความรู้ความเข้าใจอย่างเพียงพอต่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ดังนั้นความเข้าใจจากประชาชนในพื้นที่และองค์กรที่เกี่ยวข้องมีส่วนสำคัญที่จะทำให้โครงการนี้เกิดขึ้นและดำเนินการอย่างประสบความสำเร็จได้
4. ปัจจัยด้านเทคโนโลยี (Technological Factor)	เนื่องจากวิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์และเทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในช่วงหลายๆ ทศวรรษที่ผ่านมามีการพัฒนาไปอย่างมาก การมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและมีกำลังที่สูงกว่าเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องเดิม จะทำให้ขอบเขตการผลิตหรือการให้บริการของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูตัวใหม่มีมากขึ้น รวมทั้งการมีกำลังการผลิตที่สูงขึ้นจะช่วยทดแทนกำลังการผลิตจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเครื่องเดิมที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดได้

2.3.2 การวิเคราะห์สภาวะการแข่งขัน

ในการวิเคราะห์สภาวะการแข่งขันจะใช้กรอบการวิเคราะห์ Five-Forces Model ที่ได้ถูกนำเสนอโดย Michael E. Porter ซึ่งวิเคราะห์สภาวะแข่งขันจาก 5 ปัจจัยที่สำคัญ ประกอบด้วย คู่แข่งขันใหม่ทางธุรกิจ ความรุนแรงของการแข่งขัน ความเสี่ยงจากสินค้าทดแทน อำนาจต่อรองของผู้ซื้อและอำนาจต่อรองของผู้ขายวัตถุดิบ ดังนี้

ตารางที่ 2-3 การวิเคราะห์สภาวะแข่งขันโดยใช้ Five-Forces Model

ปัจจัยสภาวะแข่งขัน	การประเมินสภาวะแข่งขัน
1. ข้อจำกัดในการเข้าสู่อุตสาหกรรมของคู่แข่งขันใหม่ (สูง)	การลงทุนในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องใหม่เป็นการลงทุนมูลค่าสูง และต้องการทีมผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านในการบริหารจัดการ เอกชนไม่สามารถลงทุนได้ เพราะเป็นการไม่คุ้มกับการลงทุน จึงต้องเป็นการลงทุนโดยภาครัฐ ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีคู่แข่งจากทางธุรกิจให้บริการด้านนี้ในประเทศ ซึ่งการลงทุนในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องใหม่ซึ่งทดแทนเครื่องเดิม จึงมีผลให้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องใหม่มีเพียงเครื่องเดียวเท่านั้นในประเทศไทย ซึ่งสามารถให้บริการที่ตอบสนองความต้องการในประเทศไทยกรณีที่ขาดการลงทุนจากเอกชน เนื่องจากการลงทุนด้องใช้เงินลงทุนมากและต้องมีมาตรฐานด้านความปลอดภัยสูง คู่แข่งใหม่จึงเข้ามาได้ยาก
2. อำนาจต่อรองของผู้ขายวัตถุดิบหรือซัพพลายเออร์ (สูง)	เนื่องจากในการดำเนินงานต้องมีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์บางประเภท ซึ่งส่วนใหญ่ต้องนำเข้าและพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ อีกทั้งมีผู้ผลิตน้อยราย ทำให้อำนาจการต่อรองของผู้ขายอุปกรณ์อยู่ในระดับสูง
3. อำนาจต่อรองของผู้ซื้อ (ปานกลาง)	แม้จะดูเหมือนผู้ซื้อจะไม่มีอำนาจต่อรองเนื่องจากไม่มีคู่แข่งในประเทศ อย่างไรก็ตามยังมีคู่แข่งในต่างประเทศที่ผู้รับบริการสามารถใช้บริการได้ ได้แก่ การนำเข้าไอโซโทปรังสีและผลิตภัณฑ์บางประเภทที่ขนส่งได้ง่าย เช่น อัญมณี สามารถไปใช้บริการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในต่างประเทศได้ ทำให้อำนาจการต่อรองของผู้ซื้ออยู่ในระดับปานกลาง

ปัจจัยสภาวะแข่งขัน	การประเมินสภาวะแข่งขัน
4. ความรุนแรงของการแข่งขันภายในอุตสาหกรรม (ต่ำ)	ปัจจุบันมีจำนวนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่เดินเครื่องใช้งานกันอยู่ 241 เครื่อง ใน 56 ประเทศทั่วโลก (ภาคผนวก ง) เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยส่วนใหญ่ในโลกใช้สำหรับการทำวิจัย การทดสอบวัสดุ การผลิตไอโซโทปรังสีสำหรับด้านการแพทย์และด้านอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่การตอบสนองความต้องการดังกล่าวยังต้องใช้เวลา และมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นการแข่งขันภายในอุตสาหกรรมจึงอยู่อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งโดยพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจะมีวัตถุประสงค์สำหรับการผลิตนิวตรอนฟลักซ์สูง
5. ความเสี่ยงจากสินค้าทดแทน (ต่ำ)	การใช้งานในหลายๆ ด้านไม่มีสิ่งที่ทดแทนผลิตภัณฑ์หรือบริการที่เกิดจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยได้ เช่น การฉายรังสีอัญมณีและการปรับปรุงพันธุ์พืช อาจใช้รังสีแกมมาแทนการใช้นิวตรอน แต่ก็มีประสิทธิภาพไม่เท่าเทียมกับผลิตภัณฑ์หรือแตกต่างจากบริการที่เกิดจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ทำให้สภาวะการแข่งขันจากสินค้าทดแทนอยู่ในระดับต่ำ

2.3.3 การวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อย โอกาสและข้อจำกัด (SWOT Analysis)

จากผลการวิเคราะห์ข้อคิดเห็นของกลุ่มงานบริการทั้ง 4 ด้านของ สทน. ในการประเมินจุดเด่น จุดด้อย โอกาสและข้อจำกัดของตนเอง รวมทั้งข้อมูลจากการประชุมร่วมผู้บริหารและผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคของ สทน. สามารถสรุปเป็นภาพรวมของผลวิเคราะห์ SWOT ได้ดังนี้

ตารางที่ 2-4 จุดเด่น

จุดเด่นโดยรวม	1. เป็นหน่วยงานเดียวในประเทศที่ให้บริการด้านเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 2. เป็นหน่วยงานเดียวในประเทศที่มีความรู้และประสบการณ์ด้านการบริหารจัดการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและมีการสร้างสมประสบการณ์ของบุคลากรมากกว่า 30 ปี 3. มีบุคลากรที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ยินดีให้ความรู้คำแนะนำ มีความเป็นครูสูง 4. เป็นองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร จึงสามารถให้บริการในราคาที่ไม่แพง 5. เป็นหน่วยงานที่ได้รับการสนับสนุนวิทยาการและการพัฒนากำลังคนจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) 6. เป็นศูนย์กลางการแลกเปลี่ยนความรู้เฉพาะด้านและประสบการณ์ด้านเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย
จุดเด่นในด้านการแพทย์	1. เป็นหน่วยงานเดียวในประเทศไทยที่ให้บริการผลิตไอโซโทปรังสีที่ใช้ประโยชน์ทางด้านการแพทย์ 2. มีการวิจัยไอโซโทปรังสีทางการแพทย์ใหม่ๆ ควบคู่กับการผลิต 3. มีการนำระบบ QA และ GMP (Good Manufacturing Practice) และ มาตรฐาน ISO9001 มาใช้กำกับระบบการผลิตสารเภสัชรังสี ทำให้ได้รับความเชื่อถือในระดับหนึ่ง 4. มีความพร้อมและโอกาสในการร่วมวิจัยการใช้สารเภสัชรังสีใหม่กับแพทย์ผู้ชำนาญการ

จุดเด่นในด้านอุตสาหกรรม	1. เป็นศูนย์บริการฉายรังสีอัญมณีด้วยนิวตรอนแห่งเดียวในประเทศ 2. ศูนย์บริการฉายรังสีอัญมณีมีความสามารถในการฉายรังสีอัญมณีที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการ เนื่องจากมีอุปกรณ์ครบวงจร 3. อัตราค่าบริการต่ำกว่าต่างประเทศ และค่าบริการถูกลงเมื่อมีการใช้บริการมากขึ้น
จุดเด่นในด้านเกษตรกรรม	1. มีบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้านการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ด้านการเกษตรหลากหลายสาขา 2. เป็นหน่วยงานบุกเบิกการประยุกต์เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อผลผลิตทางการเกษตร
จุดเด่นในด้านวิจัยและวิชาการ	1. มีบุคลากรด้านการวิจัยหลากหลายสาขา 2. มีทั้งงานวิจัยและบริการควบคู่ไปด้วยกัน 3. มีเครือข่ายวิจัยกับหน่วยงานภายนอกหลายหน่วยงาน ทั้งในและต่างประเทศ 4. เป็นหน่วยงานเดียวที่ให้บริการวิจัยด้านเทคนิคนิวเคลียร์ในประเทศ และมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ภาคเอกชน 5. เป็นแหล่งรวมองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศไทย

ตารางที่ 2-5 จุดด้อย

จุดด้อยโดยรวม	1. ขาดการประชาสัมพันธ์ที่ดี ยังไม่มีการสร้าง Brand สำหรับองค์กร การสื่อสารไม่ถึงหน่วยงานต่างๆ การประสานงานยังไม่ดีพอทำให้เกิดงานวิจัยซ้ำซ้อนและเกิดความสับสนในบทบาทหน้าที่และพันธกิจของ ป.ส. และ สทน. 2. ผลตอบแทนที่ให้แก่บุคลากรบางระดับไม่จูงใจในการปฏิบัติงาน ทำให้ไม่สามารถรักษาบุคลากรที่มีประสบการณ์ไว้ได้ ส่งผลให้มีบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทางไม่เพียงพอ 3. ขาดความยืดหยุ่น คล่องตัว แม้ว่าจะเป็นองค์การมหาชนแล้ว แต่ก็ยังติดอยู่กับระบบราชการ

	4. ดำเนินงานเชิงสนับสนุนไม่แสวงหากำไร จึงไม่สามารถทำกำไรจากรายได้ ทั้งที่ไม่มีคู่แข่ง 5. บุคลากรที่ชำนาญด้านวิศวกรรมนิวเคลียร์ในส่วนดำเนินการยังมีน้อย
จุดด้อยในด้านการแพทย์	1. ระบบการขนส่งไอโซโทปรังสีเพื่อให้แก่หน่วยงานต่างๆ ที่เป็นผู้ใช้นั้นยังไม่คล่องตัว และไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้โดยทันที 2. ขาดบุคลากรที่เชี่ยวชาญด้านเภสัชรังสีโดยตรง
จุดด้อยในด้านอุตสาหกรรม	1. ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดในการฉายรังสีอัญมณี โดยปัจจุบันครอบครองส่วนแบ่งการตลาดภายในประเทศเพียง 0.6% หรือ 0.1 ตันต่อปี 2. ขาดการดำเนินงานด้านการตลาดให้ภาคอุตสาหกรรมเข้าใจถึงการให้บริการวิเคราะห์ทดสอบที่ต้องอาศัยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย
จุดด้อยในด้านเกษตรกรรม	1. การประชาสัมพันธ์ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อการเกษตรยังอยู่ในวงจำกัด ทำให้ประชาชนและหน่วยงานส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจ 2. ขาดการประสานความร่วมมือกับกลุ่มเกษตรกรที่สามารถเข้าถึงการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์
จุดด้อยในด้านวิจัยและวิชาการ	1. โครงสร้างพื้นฐานของงานวิจัยไม่พร้อม การบริหารจัดการเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่มีอยู่ยังไม่ดีพอ 2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เชิงนิวเคลียร์ยังไม่ได้รับการรับรองมาตรฐาน 3. ขาดการพัฒนาศักยภาพของบุคลากรด้านการวิจัย 4. เงินสนับสนุนด้านการวิจัยด้านนี้มีน้อย

ตารางที่ 2-6 โอกาส

โอกาสโดยรวม	1. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยหลายแห่งทั่วโลกใกล้ปลดระวาง ในช่วงเหลื่อมเวลาเป็นโอกาสในการดึงกลุ่มลูกค้าในต่างประเทศเข้ามาใช้บริการ เช่น การโดปสารกึ่งตัวนำ เป็นต้น 2. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยใหม่สามารถนำมาใช้แทนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องเดิมซึ่งมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด 3. ความต้องการกำลังคนในการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จำเป็นต้องปูพื้นฐานด้านเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู
โอกาสในด้านการแพทย์	1. การมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูตัวใหม่จะทำให้เพิ่มความสามารถในการผลิตไอโซโทปรังสีทั้งในแง่ของกระบวนการผลิต ใหม่ ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณ และประเภทของไอโซโทปรังสีให้มากขึ้น ซึ่งแนวโน้มของผู้ป่วยโรคมะเร็ง และโรคอื่นๆ ที่ต้องวินิจฉัยและบำบัดรักษาด้วยรังสีมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น 2. ช่วยลดการนำเข้าไอโซโทปรังสีส่งผลให้ลดการสูญเสียเงินตรา เนื่องจากไอโซโทปรังสีที่มีการนำเข้าจะมีราคาสูงกว่าการผลิตในประเทศมาก อีกทั้งจำเป็นต้องสั่งเกินกว่าปริมาณที่ต้องการจริง เพราะไอโซโทปรังสีที่ใช้บำบัดและวินิจฉัยทางการแพทย์จะมีค่าครึ่งชีวิตสั้น ทำให้การขนส่งไปยังผู้ใช้ต้องทำอย่างรวดเร็ว จึงต้องผลิตและใช้ทันที 3. การผลิตไอโซโทปรังสีได้เพียงพอต่อความต้องการ จะทำให้ประชาชนเข้าถึงบริการด้านสาธารณสุขได้ทั่วถึงและทันเวลา 4. กำลังการผลิตไอโซโทปรังสีเหลือสามารถส่งออกสู่ประเทศเพื่อนบ้าน ทำรายได้ให้กับผู้ประกอบการในประเทศ
โอกาสในด้านการเกษตร	1. ช่วยสนับสนุนความต้องการด้านเทคโนโลยีการเกษตร เช่น การปรับปรุงพันธุ์และการกลายพันธุ์พืช การใช้เทคนิคการวิเคราะห์โดยวิธีก่อกัมมันต์ (Neutron Activation Analysis, NAA) เพื่อตรวจสอบโลหะหนักในสินค้าเกษตร การผลิตสารรังสีติดตาม

	(Tracer) เพื่อใช้ในการถ่ายภาพด้วยรังสี (Autoradiography) และขยายพันธุ์สัตว์ การถ่ายภาพด้วยรังสีนิวตรอน (Neutron Radiography) และการศึกษาความเป็นพิษ (Toxicity) ของห่วงโซ่อาหาร เป็นต้น 2. ช่วยเสริมศักยภาพด้านการเกษตรเพื่อสนับสนุนความเป็นครัวของโลก เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงจำเป็นต้องส่งเสริมความก้าวหน้าในงานวิจัยการเกษตรด้านต่างๆ เช่น การปรับปรุงพันธ์พืชให้ทนทานต่อศัตรูพืช เพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและเกษตรแปรรูป ซึ่งจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรที่เป็นประชากรส่วนใหญ่ของประเทศ
โอกาสในด้านอุตสาหกรรม	1. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยการฉายรังสีอัญมณีเพื่อเปลี่ยนสีได้หลายเฉดสี ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มสนใจเรื่องเฉดสีมากกว่าชนิดของอัญมณี 2. สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ตลาดพลอยเนื้ออ่อน ซึ่งตลาดพลอยเนื้ออ่อนได้รับผลกระทบจากการลดสิทธิประโยชน์ทางด้านภาษี (GSP) น้อยกว่าพลอยเนื้อแข็ง 3. ช่วยเรียกส่วนตลาดอัญมณีฉายรังสีกลับคืน ซึ่งปัจจุบันมีสัดส่วนน้อย แม้ว่า ขนาดของตลาดอัญมณีภายในประเทศมีขนาดใหญ่ถึง 15 ตันต่อปี เนื่องจาก เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเดิมมีกำลังในการผลิตไม่เพียงพอ ใช้เวลาในการฉายรังสีนานกว่าต่างประเทศ ทำให้ลูกค้าไปใช้บริการในต่างประเทศแทน 4. สามารถให้บริการเทคโนโลยีใหม่ในการโดปสารกึ่งตัวนำสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับใช้ในรถยนต์ไฮบริด โดยผู้ประกอบการมีแผนจะลงทุนตั้งโรงงานผลิตรถยนต์ไฮบริดในประเทศไทยด้วย เนื่องจากอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญและรัฐบาลให้การสนับสนุน
โอกาสในด้านวิจัยและวิชาการ	1. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่มีมูลค่าสูง สถาบันการศึกษาหรือสถาบันวิจัยต่าง ๆ ไม่สามารถลงทุนเองได้ จำเป็นต้องให้ สทน. เป็นผู้ลงทุน ซึ่งจะทำให้ สทน. เป็นศูนย์กลางส่งเสริมการ

	พัฒนางานวิจัยและเผยแพร่ผลงานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ระดับสูง สามารถสร้างชื่อเสียงและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้แก่ประเทศ 2. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญในการผลิตบัณฑิตและงานวิจัยระดับสูงทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ได้แก่ HRPD, Real time NDT และ Material characterization เป็นต้น เพื่อการสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคต 3. ช่วยสนับสนุนความก้าวหน้าทางวิชาการจากการสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยชั้นนำในต่างประเทศ ซึ่งจำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานที่ทัดเทียมกันจึงจะสามารถร่วมมือกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4. สร้างงานวิจัยเพื่อนำไปพัฒนางานให้บริการตรวจสอบวัสดุด้านอุตสาหกรรมด้วยเทคนิคนิวตรอนที่ทำได้แห่งเดียวในประเทศ

ตารางที่ 2-7 อุปสรรค

อุปสรรคโดยรวม	1. เทคโนโลยีนิวเคลียร์ขาดการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องจากภาครัฐ 2. การเปลี่ยนแปลงรัฐบาลมีผลทำให้นโยบายมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา 3. ขาดความรู้ความเข้าใจจากผู้ที่เกี่ยวข้อง อันมีผลให้การยอมรับในเทคโนโลยีนิวเคลียร์ยังมีน้อย 4. ขาดการประสานงานที่มีประสิทธิภาพระหว่างหน่วยงานผู้กำหนดนโยบายกับหน่วยงานผู้ปฏิบัติ 5. นักวิจัยด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ขาดโครงสร้างพื้นฐานที่มีศักยภาพในการสนับสนุนงานวิจัยระดับสูง
อุปสรรคในด้านการแพทย์	1. ผู้เชี่ยวชาญและบุคลากรในด้านเภสัชรังสียังมีน้อยมาก การที่จะให้โรงเรียนแพทย์ วงการแพทย์ และสาธารณสุข ตระหนักถึงความสำคัญและเข้าใจในศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่ยาก อันจะส่งผลไปถึงการขึ้นทะเบียนสารเภสัชรังสี

	2. ทางการแพทย์มีความต้องการใช้สารเภสัชรังสีที่ได้รับมาตรฐานจาก อย. มากกว่า เนื่องจากตามมาตรฐานทางการแพทย์ว่าด้วยการใช้ยากับผู้ป่วย ผลิตภัณฑ์ต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ อย. 3. การที่จะให้ผู้ป่วยเข้าถึงการบริการด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์อย่างทั่วถึง นอกจากเพิ่มกำลังผลิตสารเภสัชรังสีแล้วต้องเพิ่มบุคลากรทางการแพทย์ด้านนี้ด้วย
อุปสรรคในด้านวิชาการและวิจัย	1. หน่วยงานที่สนับสนุนงานวิจัยระดับชาติยังขาดผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินข้อเสนอโครงการวิจัยทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ทำให้งานวิจัยส่วนมากไม่ได้รับการสนับสนุนเท่าที่ควร 2. หากไม่มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่จะเกิดผลกระทบเชิงลบต่อการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์และเสียโอกาสในการแข่งขันกับอารยะประเทศ 3. ทุนสนับสนุนการวิจัยทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีนิวเคลียร์โดยตรงมีน้อยมาก ทั้งที่เทคโนโลยีนิวเคลียร์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศ

2.4 การกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมาย

วิสัยทัศน์

จากวิสัยทัศน์ของ สทน. คือ "เป็นองค์กรที่เป็นเลิศในการวิจัย พัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน" การกำหนดวิสัยทัศน์ของโครงการนี้จึงกำหนดให้มีความสอดคล้องกับวิสัยทัศน์ของ สทน. โดยวิสัยทัศน์ของโครงการนี้ คือ

"เป็นศูนย์กลางการให้บริการทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ที่ทันสมัยและมีคุณภาพ อีกทั้งเป็นผู้นำในการวิจัยและพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ระดับภูมิภาคอาเซียน เพื่อช่วยยกระดับคุณภาพชีวิต พัฒนาเศรษฐกิจและสังคม"

พันธกิจ

1. บริหารจัดการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในการผลิตและให้บริการ ด้านการผลิตไอโซโทปรังสีทั้งชนิดและปริมาณให้เพียงพอกับความต้องการ การฉายรังสีอัญมณี การโดปสารกึ่งตัวนำ การเพิ่มผลผลิตการเกษตร การให้บริการงานวิจัย และบริการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. วิจัยเพื่อพัฒนาและสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ที่สามารถเผยแพร่และนำไปใช้ประโยชน์ในการให้บริการด้านต่าง ๆ ทั้งในด้านการแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม

3. สร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์กับสถาบันการศึกษา สถาบันวิจัยและภาคอุตสาหกรรมทั้งในประเทศและในประเทศภูมิภาคอาเซียน

4. สร้างและพัฒนาบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ เพื่อเป็นกำลังทางปัญญาของประเทศ และเพื่อรองรับแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า (Power Development Plan, PDP 2007)

เป้าหมาย

1. เพิ่มขีดความสามารถในการสร้างมูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ อุตสาหกรรมการเกษตร อุตสาหกรรมรถยนต์ และอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ยกระดับคุณภาพชีวิตด้วยการสนับสนุนทางด้านการแพทย์และการรักษาพยาบาล

3. พัฒนากำลังคนและเทคโนโลยีนิวเคลียร์ด้วยการถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์

4. พัฒนางานวิจัยและผลงานทางด้านวิชาการให้มีคุณภาพแข่งขันได้กับประเทศภูมิภาคอาเซียน

2.5 การพยากรณ์การใช้บริการ

การพยากรณ์การใช้บริการจะเป็นส่วนที่ประมาณแนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์หรือบริการจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยฯ ในด้านต่างๆ โดยพิจารณาเฉพาะผลประโยชน์ทางตรงที่เกิดกับสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) เท่านั้น ซึ่งข้อสมมติและวิธีในการประมาณแนวโน้มรวมทั้งการคาดการณ์ผลประโยชน์ทางอ้อมจะกล่าวถึงโดยละเอียดในส่วนการประมาณการรายได้จากแนวโน้มความต้องการใช้บริการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW พร้อมระบบผลิตไอโซโทปรังสีของแผนการเงิน

ด้านการแพทย์

ข้อสมมติที่ใช้ในการประมาณรายได้ คือ

- จากข้อมูลการใช้งานในอดีต (พ.ศ.2541-2551) นำมาประมาณการแนวโน้มความต้องการใช้งาน I-131 ในปีแรกที่มีการเดินเครื่องปฏิกรณ์ได้เท่ากับ 1,465.63 คูรี และจากข้อมูลของศูนย์ผลิตไอโซโทป พบว่า I-131 มีราคาคูรีละ 30,000 บาท ดังนั้นโดยประมาณกำลังผลิตในช่วง 5 ปีแรก สามารถผลิตตอบสนองความต้องการภายในประเทศได้เพียง 50% หลังจากนั้นสามารถผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการได้ทั้งประเทศ
- สามารถผลิต Mo-99 จาก LEU เพื่อการผลิตต่อเป็น Mo-99/Tc-99m Generator ได้ถึง 16,320 คูรีต่อปี ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการประเมินกำลังการผลิตที่ได้จากข้อเสนอของบริษัท General Atomics ราคาคูรีละ 56,000 บาท โดยประเมินราคา ณ ช่วงเดือนกันยายน 2552 สามารถผลิตตอบสนองความต้องการภายในประเทศได้เพียง 50% ในช่วง 5 ปีแรก หลังจากนั้นสามารถผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการได้ทั้งประเทศ

ด้านอุตสาหกรรม

ด้านการฉายรังสีอัญมณี

ข้อสมมติที่ใช้ในการประมาณรายได้ คือ

- เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเดิมขนาดกำลัง 1.2 MW ให้บริการฉายรังสีอัญมณี(โทแพซ) ได้ 100-200 กิโลกรัมต่อปี เมื่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยมีกำลัง เป็น 10 MW หรือ 10

เท่า ความต้องการจะให้บริการฉายรังสีโทแพซได้เพิ่มขึ้นเป็น 2,000 กิโลกรัมต่อปี[26] ในปีแรกของการเดินเครื่องและเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปีแบบเชิงเส้นจนกระทั่งเป็น 3,000 กิโลกรัม ในปีที่ 20 ของการดำเนินงาน

ด้านการผลิตไอโซโทปรังสีในงานอุตสาหกรรม

ข้อสมมติที่ใช้ในการประมาณรายได้ คือ

- มีภาคอุตสาหกรรมไม่น้อยกว่า 10 รายที่ให้บริการงานตรวจสอบแบบไม่ทำลาย โดยแต่ละรายมีเครื่องไอโซโทปโปรเจกเตอร์ที่ใช้ Ir-192 ความแรงรังสี 100 คูรี มากกว่า 25 เครื่อง ต้องมีการนำเข้า Ir-192 ซึ่งมีอายุใช้งาน 1 ปี จากสถิตินำเข้าปี พ.ศ. 2548-2550 มีปริมาณ 20,000-25,000 คูรีต่อปี
- ในทางเทคนิคกำลังการผลิตสามารถทำได้ปริมาณ 1,750 คูรีต่อปี เนื่องจากเป็นการผลิตไอโซโทปที่ต้องมีการผนึกสนิทและเป็นการเริ่มงานใหม่
- ราคา Ir-192 ความแรงรังสี 1 คูรี มีมูลค่า 900 บาทต่อคูรี ดังนั้นเมื่อผลิตในประเทศเพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรม สามารถทดแทนการนำเข้าได้ประมาณ 5-10% และสร้างรายได้ทางตรง โดยในช่วง 5 ปีแรกมีข้อสมมติทำการผลิตเพียง 50% ของกำลังการผลิต หลังจากนั้นสามารถดำเนินการได้เต็มกำลังการผลิต

ด้านการโดปสารกึ่งตัวนำ

ข้อสมมติที่ใช้ในการประมาณรายได้ คือ

- ความต้องการโดปสารกึ่งตัวนำเพื่อผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronics device) ระดับ 3,660 ตันต่อปี แต่ปัจจุบันเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยทั่วโลกมีกำลังการผลิตประมาณเพียง 100 ตันต่อปีเท่านั้น ส่วนแบ่งการผลิตจากตลาดโลก โดยประมาณความต้องการของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ไฮบริดที่ต้องใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2 ราย ปริมาณ 10 ตันต่อปี [27]

---

[26] ภาคผนวก ก รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 โครงการความเป็นไปได้และจัดทำแผนธุรกิจโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ

[27] การประชุมกลุ่ม ซึ่งอยู่ในรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1

ด้านบริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์

ข้อสมมติที่ใช้ในการประมาณรายได้ คือ

- ผลผลิตเป้าหมายการให้บริการ จากเดิมมีการให้บริการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธี NAA ประมาณ 350 ตัวอย่างต่อปี ในอนาคตเมื่อเป็นเครือข่ายมาตรวิทยา การบริการวิเคราะห์คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าหรือ 700 ตัวอย่างต่อปี จากการขยายตัวของกลุ่มอุตสาหกรรมแต่งแร่ นอกจากนี้ยังมีความต้องการวิเคราะห์ด้านวัตถุพยานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นจากกองพิสูจน์หลักฐาน สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยของสถาบันและหน่วยงานวิจัยการเกษตร เช่น กรมพัฒนาที่ดิน สำนักงานวิจัยการเกษตรแห่งชาติ เป็นต้น
- การตรวจสอบโดยการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 200 ตัวอย่างต่อปี โดยมีกลุ่มเป้าหมายที่ใช้การตรวจสอบชิ้นส่วนอากาศยานโดยเทคนิคการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนด้านงานวิจัยทางการทหาร (50 ตัวอย่าง) กลุ่มนักวิจัยด้านพฤกษศาสตร์และพันธุ์พืช (50 ตัวอย่าง) กลุ่มนักวิจัยด้านวัสดุ สวทช. NECTEC และ MTEC (100 ตัวอย่าง)
- ให้บริการเช่าชั่วโมงท่อนำรังสีนิวตรอน 10 ชั่วโมงต่อปี ซึ่งเป็นเอกชนและหน่วยงานรัฐที่มีความต้องการใช้เทคนิคการถ่ายภาพนิวตรอนเฉพาะด้าน เช่น กลุ่มนักวิจัยจาก สวทช. NECTEC MTEC และสถาบันการศึกษา ต่างๆ

ด้านการเกษตร

การปรับปรุงพันธุ์พืช

จากการสำรวจปริมาณพันธุ์พืชที่ปรับปรุงจากการชักนำด้วยรังสีและสารเคมีในปี 2001[28] พบว่ามีพันธุ์พืชจำนวน 1,386 พันธุ์และมีพันธุ์พืชเพียง 64 พันธุ์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ด้วยนิวตรอนและมีเพียง 4 พันธุ์พืชเท่านั้นที่เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ และสามารถปลูกขึ้นได้ในประเทศไทย อันได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ถั่วเหลืองและข้าวโพด การปรับปรุงพันธุ์จะทำให้ผลิตผลทางการเกษตรมีมูลค่าเพิ่มขึ้นและสามารถส่งออกได้ ก่อให้เกิดรายได้กับเกษตรกรในประเทศ

ข้อสมมติที่ใช้ในการคำนวณผลประโยชน์ในเชิงประมาณการรายได้ของประเทศ คือ

- จากข้อมูลพืชพันธุ์กลายในสหรัฐอเมริกาพบว่าสามารถเพิ่มมูลค่า โดยคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกาในสัดส่วนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของ

[28] รังสีกับการเปลี่ยนแปลงยีนพืชให้กลายพืชให้กลาย สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย

มูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศ แต่ประเทศไทยมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์และพื้นฐานเศรษฐกิจที่ต่ำกว่าสหรัฐอเมริกาอยู่ 141.36 เท่า (ภาคผนวก จ-1) เพราะฉะนั้นเมื่อมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยใหม่ จะสามารถทำให้มูลค่าทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ถั่วเหลืองและข้าวโพดเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 0.07 เปอร์เซ็นต์

ด้านการวิจัยและพัฒนากำลังคน

การทำวิจัย

ข้อสมมติที่ใช้ในการประมาณจำนวนโครงการวิจัย คือ

- สทน. จะมีงานวิจัยเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า จากจำนวนโครงการทั้งหมดของปี พ.ศ. 2551 ซึ่งมีโครงการวิจัย 22 โครงการ[29] และจะเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 2 เท่าเมื่อเริ่มดำเนินการได้จริง เนื่องจากมีบุคลากรทางการวิจัยเพิ่มขึ้น 2 เท่าและกำลังเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่า ดังนั้นจะมีโครงการวิจัยอย่างน้อย 44 โครงการ
- สทน. จะเป็นหน่วยงานสำคัญในการผลิตผลงานวิจัย แต่จะผลิตผลงานวิจัยเพียงแค่ 30 % ของผลงานวิจัยทั้งหมดคิดเป็นจำนวน 13 โครงการ นอกนั้นจะทำหน้าที่คอยช่วยเหลือสถาบันการศึกษาและองค์กรอื่นๆ ในการผลิตผลงานวิจัยส่วนที่เหลือ

การพัฒนากำลังคน

นอกจากด้านการศึกษาวิจัยแล้วการลงทุนในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยยังทำให้รัฐบาลสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตและพัฒนากำลังคนในด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ได้แก่ การศึกษาในระบบและการฝึกอบรมบุคลากรทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งหากไม่มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่ทันสมัย รัฐจำเป็นต้องมีการส่งบุคลากรออกไปศึกษาในต่างประเทศตามปริมาณการผลิตกำลังคน แต่การลงทุนในโครงการนี้จะทำให้สามารถสนับสนุนการศึกษาวิจัยและฝึกอบรมบุคลากรได้ภายในประเทศ ช่วยให้มีค่าใช้จ่ายสำหรับการพัฒนากำลังคนที่ต่ำกว่าการส่งไปต่างประเทศมาก จึงสามารถลดค่าใช้จ่ายภาครัฐได้จำนวนมาก

ข้อสมมติที่ใช้ในการประเมินปริมาณบุคลากรต่อปี คือ

[29] http://www.tint.or.th/research.html

- ในแต่ละปีจะมีบัณฑิตที่จบการศึกษาในด้านที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในระดับปริญญาตรีสาขาฟิสิกส์และชีววิทยาหลายร้อยคน และมีส่วนหนึ่งจะศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา ซึ่งต้องอาศัยโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ทำวิจัย
- ในระดับบัณฑิตศึกษามีปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ปีละ 20-30 คน ระดับปริญญาโทสาขาฟิสิกส์การแพทย์ 15 คน ระดับปริญญาโทสาขารังสีประยุกต์และไอโซโทปปีละ 15 คน ระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมนิวเคลียร์ ปีละ 1-2 คน รวม 57 คน

ข้อสมมติที่ใช้ในการประมาณค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการผลิตบุคลากร คือ

- งบประมาณที่ใช้ในการผลิตบุคลากรในประเทศในระดับปริญญาโท - เอก ประกอบด้วยค่าลงทะเบียนตลอดหลักสูตร 360,000 บาท ค่าใช้จ่ายทั่วไปตลอดหลักสูตร 864,000 บาท รวมประมาณ 1,224,000 บาทต่อคนต่อปี
- งบประมาณที่ใช้ในการศึกษาต่อในต่างประเทศในระดับเดียวกัน ประกอบด้วยค่าเดินทางไปกลับ 60,000 บาท ค่าลงทะเบียนตลอดหลักสูตร 840,000 บาท ค่าใช้จ่ายทั่วไปตลอดหลักสูตร 3,110,000 บาท รวมประมาณ 4,010,000 บาทต่อคนต่อปี
- เมื่อมีโครงสร้างพื้นฐานพร้อมในประเทศ สามารถผลิตบุคลากรในประเทศได้ด้วยการพึ่งตัวเองทั้งหมด จะทำให้รัฐบาลสามารถลดงบประมาณต่อคนในการผลิตบุคลากรระดับสูงกว่าปริญญาตรีได้ประมาณ 2,786,000 บาทต่อคนต่อปี

ตารางที่ 2-8 การพยากรณ์ผลประโยชน์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นจากการใช้บริการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW

โอกาสที่จะสร้างรายได้	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	มูลค่า (ล้านบาท)
ด้านการแพทย์			957.86
I-131	1,465.63 คูรี/ ปี	30,000 บาท/ ต่อคูรี	43.96
Mo-99/Tc-99m Generator	16,320 คูรี/ ปี	56,000 บาท/ ต่อคูรี	913.9

โอกาสที่จะสร้างรายได้	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	มูลค่า (ล้านบาท)
ด้านอุตสาหกรรม			782.575
Ir-192	1,750 คูรี/ ปี	900 บาท/ คูรี	1.575
อัญมณี	2,000-3,000 กิโลกรัม/ ปี	40,000 บาท/ กิโลกรัม	80-120
โดปสารกึ่งตัวนำ	10,000 กิโลกรัม/ ปี	70,000 บาท/ กิโลกรัม	700
อื่น ๆ			1
ด้านเกษตร			160
พืชเศรษฐกิจพันธุ์กลาย	มูลค่าเพิ่มขึ้น 0.07% ของรายได้เดิม	-	160
ด้านการศึกษาวิจัยและการพัฒนากำลังคน			165.3
การผลิตผลงานวิจัย	13 โครงการ/ปี	500,000 บาท/โครงการ	6.5*
ลดค่าใช้จ่ายในการส่งนักศึกษาไปเรียนต่างประเทศและส่งบุคลากรไปอบรมระยะสั้น	57 คน/ปี	2,786,000 บาท/คน	158.8*
รวม			2,065.735

* หมายเหตุ ใช้ข้อมูลสถิติในอดีต

2.6 การแบ่งส่วนตลาด (Segmentation) และการเลือกตลาดเป้าหมาย (Target Market)

ตารางที่ 2-9 การแบ่งส่วนตลาด (Segmentation) และการเลือกตลาดเป้าหมาย (Target Market)

ด้านการแพทย์	การแบ่งส่วนตลาด สามารถจัดกลุ่มลูกค้า/ผู้ใช้เป็น 1. กลุ่มโรงพยาบาลหลักๆ ที่มีโรงเรียนแพทย์ โดยมีการใช้สารเภสัชรังสีเพื่อการวินิจฉัยและการรักษา รวมทั้งเพื่อการวิจัยทางการแพทย์ 2. กลุ่มโรงพยาบาลของรัฐบาลทั่วไปที่ให้บริการด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์เพื่อการวินิจฉัยและการรักษา ซึ่งขณะนี้มีประมาณ 25 แห่ง

	3. กลุ่มโรงพยาบาลเอกชน แม้ว่าความต้องการด้านนี้ยังมีน้อย เนื่องจากมีทางเลือกอื่นๆ ในการวินิจฉัยและรักษาคนไข้ที่เป็นมะเร็ง แต่ถ้ารัฐบาลและผู้เกี่ยวข้องได้ให้ความสำคัญและส่งเสริมศาสตร์นี้อย่างจริงจัง จะทำให้โรงพยาบาลเอกชนมีโอกาสใช้เวชศาสตร์นิวเคลียร์ในการดูแลรักษาผู้ป่วยได้ <u>การเลือกตลาดเป้าหมาย</u> โรงพยาบาล หรือ สถานพยาบาลของรัฐที่ให้บริการด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์แก่คนไข้ ซึ่งขณะนี้มีประมาณ 25 แห่ง เพราะเป็นกลุ่มลูกค้าเดิมอยู่แล้วและมีความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องมายาวนาน ทั้งนี้รวมถึงโรงเรียนแพทย์ เพราะมีความพร้อมในด้านบุคลากร เครื่องมือและความเชี่ยวชาญในศาสตร์นี้ อีกทั้งยังมีความต้องการสารไอโซโทปรังสีและเภสัชรังสีเพื่องานวิจัย
ด้านการเกษตร	<u>การแบ่งส่วนตลาด</u> สามารถแบ่งกลุ่มผู้ใช้เป็น 1. นักวิจัยกระทรวงเกษตรและเกษตรกรในการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์พืช 2. การวิเคราะห์ธาตุในดินของกรมพัฒนาที่ดิน 3. การวิจัยด้านการเกษตรของสถาบันการศึกษา <u>การเลือกตลาดเป้าหมาย</u> นักวิจัย เกษตรกร กระทรวงเกษตรฯ กรมพัฒนาที่ดินและสถาบันวิจัยต่างๆ
ด้านอุตสาหกรรม	<u>การแบ่งส่วนตลาด</u> เนื่องจากด้านอุตสาหกรรม ประกอบด้วยหลายบริการจึงได้แบ่งออกเป็นกลุ่มดังนี้ 1. กลุ่มอัญมณี ได้แก่ ผู้ประกอบการประเภทพลอยเนื้ออ่อน 2. กลุ่มการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการก่อกัมมันต์ (NAA) ได้แก่ กลุ่มอาจารย์/นักวิจัยในมหาวิทยาลัยและงานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม 3. กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิต ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมที่ตรวจวิเคราะห์โครงสร้างและใช้ไอโซโทปรังสีติดตาม 4. กลุ่มโดปสารกึ่งตัวนำเพื่ออุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรถยนต์ไฮบริด ในปัจจุบันมี 2 บริษัทใหญ่ที่ผลิตรถยนต์

	ไฮบริด ได้แก่ โตโยต้า และ ฮอนด้า อีกทั้งในประเทศไทยต้องมีแผนรองรับอุตสาหกรรมยานยนต์ ดังนั้นรัฐบาลและผู้เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญในการส่งเสริมและประชาสัมพันธ์ทั้งในประเทศและต่างประเทศแก่บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ รวมถึงบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับรถยนต์ 5. กลุ่มตรวจสอบโดยไม่ทำลาย (Non Destructive Testing - NDT) ได้แก่ ผู้ประกอบการตรวจสอบโดยการถ่ายภาพด้วยรังสีและผู้แทนจำหน่ายอุปกรณ์ถ่ายภาพด้วยรังสี <u>การเลือกตลาดเป้าหมาย</u> 1. กลุ่มอัญมณีประเภทพลอยเนื้ออ่อน ได้แก่ ผู้ผลิตและส่งออกโทแพส ทัวร์มาลีน 2. กลุ่มห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ธาตุความเข้มข้นต่ำ และกลุ่มวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการก่อกัมมันต์ ในมหาวิทยาลัยที่มีการเรียนการสอนทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ 3. กลุ่มการศึกษาโครงสร้างภายในวัสดุ ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนและเทคนิคการเลี้ยวเบนของนิวตรอนในการวิเคราะห์/สังเคราะห์วัสดุ 4. กลุ่มโดปสารกึ่งตัวนำ ควรมุ่งเน้นไปที่ตลาดสำหรับผู้ประกอบการรถยนต์ไฮบริด ได้แก่ บริษัทโตโยต้าและฮอนด้า ในประเทศ 5. กลุ่มธุรกิจการตรวจสอบแบบไม่ทำลายที่ใช้ไอโซโทปรังสี Ir-192
ด้านวิจัยและวิชาการ	<u>การแบ่งส่วนตลาด</u> เนื่องจากเป็นงานด้านวิจัยและวิชาการ ดังนั้นจึงมุ่งที่สถาบันการศึกษา/สถาบันการวิจัยทั้งภาครัฐและเอกชนที่มีหลักสูตรและสาขาทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ <u>การเลือกตลาดเป้าหมาย</u> สถาบันการศึกษาและสถาบันการวิจัยในแวดวงวิชาการโดยควรมีการสร้างเป็นเครือข่ายทางวิจัยและวิชาการ

การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ (Positioning)

สทน.ควรวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์/บริการ ดังนี้

"คุณภาพที่สร้างความมั่นใจ ราคาที่เป็นธรรม พร้อมการบริการที่ดี รวมทั้งเป็นศูนย์บริการอันดับหนึ่งที่มีงานวิจัยเป็นที่ยอมรับในระดับประเทศและมุ่งหวังเป็นอันดับหนึ่งในภูมิภาคเอเชียอาคเนย์"

2.7 กลยุทธ์การตลาด

วัตถุประสงค์ทางการตลาด

1. เพื่อให้บรรลุมูลค่าการขาย/บริการตามเป้าที่กำหนดไว้
2. เพื่อเสนอผลิตภัณฑ์และบริการที่ตอบสนองการพัฒนาการเกษตร อุตสาหกรรม การแพทย์ และวิจัยและพัฒนาด้านนิวเคลียร์
3. เพื่อเสนอผลิตภัณฑ์/บริการที่มีคุณภาพด้วยราคาซึ่งไม่มุ่งหวังผลกำไร
4. เพื่อเสนอผลิตภัณฑ์/บริการใหม่ เช่น ไอโซโทปรังสีชนิดใหม่ การโดปสารกึ่งตัวนำ และการเปลี่ยนสีอัญมณี เป็นต้น
5. เพื่อสร้างผลงานวิจัยใหม่จากการวิจัยภายในหน่วยงานและงานวิจัยที่ทำร่วมกับสถาบันการศึกษา/สถาบันวิจัยในเครือข่าย
6. เพื่อสร้างความพึงพอใจในบริการและรักษาลูกค้าได้อย่างน้อย 80%

การพยากรณ์ยอดขาย

รูปแบบการพยากรณ์ยอดขายสามารถทำได้ในหลายรูปแบบ โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ตัวแบบแบบเทียบความต้องการเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์เทียบกับ GDP และแผนกำลังการผลิตตามความต้องการในด้านต่างๆ

ตัวแบบเทียบความต้องการเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์เทียบกับ GDP

ในตัวแบบแรกนี้ มีสมมติฐานที่สำคัญอยู่ 2 อย่างคือ ความต้องการเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์เป็นสัดส่วนคงที่กับ GDP และ สัดส่วนความต้องการเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์ในงานด้านต่างๆ ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรมและด้านวิจัยและวิชาการของประเทศไทยมีสัดส่วนเท่ากับหรือใกล้เคียงกับสัดส่วนการใช้ทั่วโลก

ตารางที่ 2-10 สัดส่วนความต้องการเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์ในประเทศที่พัฒนาแล้ว

ด้าน	สัดส่วน (%)
การแพทย์	28.6
เกษตรกรรม	11.4
อุตสาหกรรม	15.8
การวิจัย	14.1
อื่นๆ เช่น สิ่งแวดล้อม, ความปลอดภัย และการจัดการกากของเสีย เป็นต้น	30.1

ที่มา: Nuclear Applications for Development 2007, IAEA

สำหรับสัดส่วนความต้องการเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์ในด้านต่างๆ นั้น ในประเทศที่พัฒนาแล้วได้มีการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์อย่างมากทั้งในด้าน อุตสาหกรรม เกษตรกรรม การแพทย์ และการวิจัย (ในที่นี้ไม่รวมถึงการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และการใช้ในการผลิตอาวุธ) เนื่องจากประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์ทั้งทางตรงและทางอ้อมนั้นมีอยู่ไม่น้อย ซึ่งสามารถแบ่งสัดส่วนการใช้ทั่วโลกใน 4 ด้าน ดังในตารางที่ 2-10

จากข้อมูล RADIATION AND MODERN LIFE: Fulfilling Marie Curie's Dream by Alan Waltar, Prometheus Books, Nov. 2004 จะพบว่ามูลค่าผลผลิตของผลิตภัณฑ์รวมจากการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อสันติของสหรัฐอเมริกามีค่าเท่ากับ 5% ของ GDP ของประเทศ แต่ในประเทศไทยยังไม่มีการทำสำรวจในข้อมูลดังกล่าว โดยมูลค่านำเข้าของสารเคมีกัมมันตรังสีของสหรัฐอเมริกาและประเทศไทยต่างกันประมาณ 141 เท่า[30] (ภาคผนวก จ) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดให้มูลค่าผลผลิตของผลิตภัณฑ์รวมจากการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศไทยด้วยสัดส่วนอัตราเติบโตของการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ต่ออัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ (GDP) เป็น 0.035% ของ GDP ของประเทศ

จากความผันผวนของภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน ซึ่งทำให้ยากต่อการคาดเดา ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้จัดทำการพยากรณ์บนภาวะเศรษฐกิจที่น่าเป็นไปได้ 2 กรณี ดังนี้ กรณีเศรษฐกิจขยายตัวน้อย (Low Economic Growth: LEG) และกรณีเศรษฐกิจขยายตัวปานกลาง

[30] ฐานข้อมูลกรมการส่งเสริมการส่งออก, กระทรวงพาณิชย์

(Moderate Economic Growth: MEG) โดยแต่ละกรณีค่าพยากรณ์การใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ (Nuclear Demand Forecast) สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2-11 กรณีเศรษฐกิจขยายตัวน้อย (Low Economic Growth: LEG) GDP = 3 %

ปี	GDP (ล้านบาท)	Utilization 0.05% of GDP (ล้านบาท)	ด้านการแพทย์ (ล้านบาท)	ด้านเกษตรกรรม (ล้านบาท)	ด้านอุตสาหกรรม (ล้านบาท)	ด้านการวิจัย (ล้านบาท)
2003	5,917,369	2958.7	846.2	337.3	467.5	417.2
2004	6,489,476	3244.7	928.0	369.9	512.7	457.5
2005	7,092,893	3546.4	1014.3	404.3	560.3	500.0
2006	7,841,297	3920.6	1121.3	447.0	619.5	552.8
2007	8,493,311	4246.7	1214.5	484.1	671.0	598.8
2008	9,102,785	4551.4	1301.7	518.9	719.1	641.7
2009	9,375,869*	4687.9	1340.7	534.4	740.7	661.0
2010	9,657,145*	4828.6	1381.0	550.5	762.9	680.8
2011	9,946,859*	4973.4	1422.4	567.0	785.8	701.3
2012	10,245,265*	5122.6	1465.1	584.0	809.4	722.3
2013	10,552,623*	5276.3	1509.0	601.5	833.7	744.0

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (GDP at Current Market Prices (Original))

หมายเหตุ: 1. ตั้งแต่ปี 2009 – 2013 คือค่า GDP ที่ได้จากการพยากรณ์

2. p = ค่ารายไตรมาสที่มีค่าปีเป็นค่าเบื้องต้น p1= ค่ารายไตรมาสที่ยังไม่มีผลการประมวลค่ารายปี

จะเห็นว่าค่าพยากรณ์มูลค่าผลผลิตของผลิตภัณฑ์รวมจากการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ ในสัดส่วนของการใช้นิวเคลียร์ในด้านต่างๆ ในกรณีเศรษฐกิจขยายตัวน้อย จะมีค่ามากถึง 5,276.3 ล้านบาทภายในปี ค.ศ. 2013 ซึ่งสามารถแยกอยู่ในด้านการแพทย์ 1,509 ล้านบาท ด้านเกษตรกรรม 601.5 ล้านบาท ด้านอุตสาหกรรม 833.7 ล้านบาท และ ด้านการวิจัย 744 ล้านบาท

ตารางที่ 2-12 กรณีเศรษฐกิจขยายตัวปานกลาง (Moderate Economic Growth: MEG) GDP = 5 %)

ปี	GDP (ล้านบาท)	Utilization 0.05% of GDP (ล้านบาท)	ด้านการแพทย์ (ล้านบาท)	ด้านเกษตรกรรม (ล้านบาท)	ด้านอุตสาหกรรม (ล้านบาท)	ด้านการวิจัย (ล้านบาท)
2003	5,917,369	2958.7	846.2	337.3	467.5	417.2
2004	6,489,476	3244.7	928.0	369.9	512.7	457.5
2005	7,092,893	3546.4	1014.3	404.3	560.3	500.0
2006	7,841,297	3920.6	1121.3	447.0	619.5	552.8
2007	8,493,311	4246.7	1214.5	484.1	671.0	598.8
2008	9,102,785	4551.4	1301.7	518.9	719.1	641.7
2009	9,557,924*	4779.0	1366.8	544.8	755.1	673.8
2010	10,035,820*	5017.9	1435.1	572.0	792.8	707.5
2011	10,537,611*	5268.8	1506.9	600.6	832.5	742.9
2012	11,064,492*	5532.2	1582.2	630.7	874.1	780.0
2013	11,617,717*	5808.9	1661.3	662.2	917.8	819.0

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (GDP at Current Market Prices (Original))

หมายเหตุ: 1. ตั้งแต่ปี 2009 – 2013 คือค่า GDP ที่ได้จากการพยากรณ์

2. p = ค่ารายไตรมาสที่มีค่าปีเป็นค่าเบื้องต้น p1= ค่ารายไตรมาสที่ยังไม่มีผลการประมวลค่ารายปี

จะเห็นว่าค่าพยากรณ์มูลค่าผลผลิตของผลิตภัณฑ์รวมจากการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ ในสัดส่วนของการใช้นิวเคลียร์ในด้านต่างๆ ในกรณีเศรษฐกิจขยายตัวปานกลาง จะมีค่ามากถึง 5,808.9 ล้านบาทภายในปี ค.ศ. 2013 ซึ่งสามารถแยกอยู่ในด้านการแพทย์ 1,661.3 ล้านบาท ด้านเกษตรกรรม 662.2 ล้านบาท ด้านอุตสาหกรรม 917.8 ล้านบาท และ ด้านการวิจัย 819 ล้านบาท

ตัวแบบพยากรณ์ตามความต้องการใช้บริการเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์

ตัวแบบการพยากรณ์ยอดขายตามการใช้บริการเป็นการประมาณแนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์หรือบริการจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบร่วมในด้านต่างๆ โดยพิจารณาเฉพาะผลประโยชน์ทางตรงที่เกิดกับสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) เท่านั้น ดังกล่าวถึงในข้อ 2.5 ซึ่งข้อสมมติและวิธีในการประมาณแนวโน้มรวมทั้งการคาดการณ์ผลประโยชน์ทางอ้อมจากแนวโน้มความต้องการใช้บริการประกอบกับแผนกำลังการผลิตเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW พร้อมระบบผลิตไอโซโทปรังสีตามรายละเอียดในแผนการเงิน

จากการประมาณการใช้บริการและแผนกำลังการผลิตสามารถประเมินยอดขายเป็นมูลค่ารายได้ของโครงการฯ ได้คือ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 10 MW เท่ากับ 2,065.735 ล้านบาทซึ่งสามารถแยกอยู่ในด้านการแพทย์ 957.86 ล้านบาท ด้านเกษตรกรรม 160 ล้านบาท ด้านอุตสาหกรรม 782.575 ล้านบาท และ ด้านการวิจัย 165.302 ล้านบาท

ตารางที่ 2-13 ประมาณการผลประโยชน์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นจากโครงการฯ (เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 10 MW)

โอกาสที่จะสร้างรายได้	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	มูลค่า (ล้านบาท)
ด้านการแพทย์			957.86
I-131	1,465.63 คูรี/ ปี	30,000 บาท/ ต่อคูรี	43.96
Mo-99/Tc-99m Generator	16,320 คูรี/ ปี	56,000 บาท/ ต่อคูรี	913.9
ด้านอุตสาหกรรม			782.575
Ir-192	1,750 คูรี/ ปี	900 บาท/ คูรี	1.575
อัญมณี	2,000-3,000 กิโลกรัม/ ปี	40,000 บาท/ กิโลกรัม	80-120
โดปสารกึ่งตัวนำ	10,000 กิโลกรัม/ ปี	70,000 บาท/ กิโลกรัม	700
อื่น ๆ			1
ด้านเกษตร			160
พืชเศรษฐกิจพันธุ์กลาย	มูลค่าเพิ่มขึ้น 0.07% ของรายได้เดิม	-	160

โอกาสที่จะสร้างรายได้	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	มูลค่า (ล้านบาท)
ด้านการศึกษาวิจัยและการพัฒนากำลังคน			165.3
การผลิตผลงานวิจัย	13 โครงการ/ปี	500,000 บาท/โครงการ	6.5*
ลดค่าใช้จ่ายในการส่งนักศึกษาไปเรียนต่างประเทศและส่งบุคลากรไปอบรมระยะสั้น	57 คน/ปี	2,786,000 บาท/คน	158.8*
รวม			2,065.735

* หมายเหตุ ใช้ข้อมูลสถิติในอดีต

กลยุทธ์ส่วนประสมการตลาด (Marketing Mix)

<u>กลยุทธ์ผลิตภัณฑ์/บริการด้านการแพทย์</u>

สทน. ได้มีการผลิตสินค้าและบริการด้านการแพทย์สู่ตลาด คือ

1. ไอโซโทปรังสี (Radioisotope) ซึ่งผลิตได้ในปัจจุบัน ได้แก่ I-131, Sm-153, P-32 และในอนาคตที่จะผลิตใหม่ ได้แก่ Ir-192, Se-175, Mo-99, Ho-166, Lu-177, Re-186

2. เภสัชภัณฑ์สำเร็จรูปของ Tc-99m (Tc-99m radiopharmaceuticals and cold kit) ซึ่งเป็นไอโซโทปรังสีที่ใช้ประโยชน์มากในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เพื่อการตรวจวินิจฉัยความผิดปกติของการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย ตัวอย่างของเภสัชภัณฑ์สำเร็จรูปของ Tc-99m ที่ผลิตได้แก่ MDP, DTPA, MAA, MAG -3 เป็นต้น

3. การเตรียมสารประกอบติดฉลากรังสี (Labeled Compound) ไอโซโทปรังสีที่ผลิตข้างต้นเรียกว่า สารไอโซโทปปฐมภูมิ (Primary Isotope) ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปทางเคมีที่พร้อมสำหรับนำไปใช้งานได้ เช่น สารไอโซโทปปฐมภูมิชนิดสารละลาย $Na^{131}I$ ซึ่งใช้สำหรับการตรวจวินิจฉัยและบำบัดความผิดปกติของต่อมไทรอยด์ แต่เมื่อนำไปติดฉลากกับสารประกอบ MIBG (Methyl Iodobenzylguanidine) จะได้สารประกอบติดฉลากรังสี ^{131}I-MIBG เป็นต้น ในทำนองเดียวกันยังมีไอโซโทปรังสีอื่น ได้แก่ ^{153}Sm-EDTMP และ ^{153}Sm-HA

ไอโซโทปรังสีที่ผลิตเพื่อให้บริการด้านการแพทย์ดังกล่าวเป็นสารเภสัชรังสีสำหรับการวินิจฉัยและบำบัดรักษาโรค นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์และการบริการด้านการแพทย์ที่ สทน. ควรเสนอเพิ่มเติม ได้แก่

5. ผลิตภัณฑ์สารเภสัชรังสีของ สทน.ที่ได้รับมาตรฐาน GMP หรือ คณะกรรมการอาหารและยา (อย.) เพราะจะทำให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจมากยิ่งขึ้น
6. ไอโซโทปรังสีใหม่ๆ สนองต่อความต้องการทางด้านการแพทย์ เพื่อใช้ในการบำบัดรักษาและวินิจฉัยด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์
7. เสนอผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้ ในลักษณะ Unit Dose เพิ่มมากขึ้นให้เพียงพอต่อความต้องการ ทั้งนี้เพราะบุคลากรของหน่วยงานไม่ต้องการมาผสมเอง เนื่องจากทำให้ต้องใกล้ชิดและมีโอกาสได้รับรังสีจากสารเภสัชรังสีบ่อยๆ
8. ควรเสนอสารประกอบติดฉลากรังสี (Labeled Compound) ในรูปแบบใหม่ เพื่อจะได้สามารถเป็นตัวนำไอโซโทปรังสีไปยังอวัยวะอื่นๆ ในร่างกาย เพื่อการรักษาและวินิจฉัยในวงกว้างได้อีก อันจะเกิดประโยชน์ในงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์มากขึ้น
9. เสนอองค์ความรู้ใหม่ ๆ รวมทั้งให้ความกระจ่าง และให้คำปรึกษาในงานด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์แก่ผู้ใช้ และผู้เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ สทน. ต้องเพิ่มขีดความสามารถของงานวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ด้านนี้ เนื่องจากศาสตร์ด้านนี้ในประเทศไทยยังมีผู้เชี่ยวชาญอยู่ในวงแคบ

<u>กลยุทธ์ด้านผลิตภัณฑ์/บริการด้านอุตสาหกรรม</u>

การให้บริการงานด้านอุตสาหกรรม ได้แก่ การผลิตไอโซโทปสำหรับการถ่ายภาพด้วยรังสี การฉายรังสีอัญมณี การโดปสารกึ่งตัวนำสำหรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง การศึกษาโครงสร้างภายในวัสดุและการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคก่อกัมมันต์ โดยผลิตภัณฑ์/บริการ ที่เสนอสู่ตลาดถึงการให้บริการฉายรังสีอัญมณี ได้แก่ โทแพซ ทัวร์มาลีน และพลอยเนื้ออ่อนประเภทต่างๆ รวมทั้งการผลิตไอโซโทปรังสี Ir-192 เพื่อการถ่ายภาพด้วยรังสีในอุตสาหกรรม และการผลิตไอโซโทปรังสีชนิดใหม่ๆ เพื่อใช้เป็นสารติดตามสำหรับงานทางด้านอุตสาหกรรมและงานตรวจสอบโดยไม่ทำลาย (Non Destructive Testing – NDT)

กลยุทธ์ด้านผลิตภัณฑ์/บริการด้านเกษตรกรรม

การให้บริการด้านเกษตรกรรมด้วยการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยนิวตรอนสำหรับพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ถั่วแระ ข้าวโพด เป็นต้น โดยมีการให้บริการและศึกษาวิจัยร่วมกันหน่วยงานที่ส่งเสริมด้านการเกษตร โดยเฉพาะการวิเคราะห์คุณภาพดินสำหรับการเพาะปลูก การใช้สารรังสีในการติดตามการดูดซึมแร่ธาตุและการใช้อาหารเสริมประเภทฮอร์โมนพืช

ตารางที่ 2-14 ผลิตภัณฑ์/บริการที่ให้แก่ลูกค้าด้านต่างๆ

ด้านการแพทย์	ปัจจุบันไอโซโทปรังสีที่ สทน. ผลิตนั้น ประโยชน์หลัก คือ เพื่อตอบสนองความต้องการทางการแพทย์ด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ทั้งเพื่อเป็นสารเภสัชรังสีในการรักษา (Therapeutic Radiopharmaceuticals) และสารเภสัชรังสีเพื่อการตรวจวินิจฉัย (Diagnostic Radiopharmaceuticals)
ด้านการเกษตร	เสนอบริการเพื่อเพิ่มผลผลิตการเกษตรโดยมุ่งที่การปรับปรุงพันธุ์พืช การเพิ่มผลผลิตต่อไร่จากผลการตรวจสอบคุณภาพดิน การใช้สารติดตามเพื่อศึกษาด้านชีวภาพและการผลิตสารอาหารประเภทฮอร์โมนพืช
ด้านอุตสาหกรรม	บริการด้านอุตสาหกรรม ได้แก่ 1. การผลิตไอโซโทปรังสีสำหรับงาน NDT การฉายรังสีอัญมณี ได้แก่ โทแพซ ทัวร์มาลีน 2. การโดปสารกึ่งตัวนำสำหรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลังในธุรกิจผลิตรถยนต์ไฮบริดและพลังงานทดแทน 3. การตรวจสอบโครงสร้างภายในวัสดุและการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการก่อกัมมันต์
ด้านวิจัยและวิชาการ	ให้ให้บริการแก่สถาบันการศึกษาและสถาบันวิจัยเพื่องานวิจัยในด้านวิจัยและวิชาการด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง และสนับสนุนการใช้ประโยชน์ด้านวิศวกรรมนิวเคลียร์ ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรมและด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

กลยุทธ์ราคา

การตั้งราคากำหนดโดยใช้ราคาในระดับคุ้มทุน ซึ่งผู้ใช้บริการยอมรับได้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับภาคอุตสาหกรรม การแพทย์และการเกษตร โดยไม่หวังผลกำไร อีกทั้งอาจให้บริการโดยไม่คิดมูลค่าหากผู้ใช้บริการเป็นหน่วยงานหรือองค์กรที่ส่งเสริมงานด้านวิจัยและวิชาการของประเทศ

ตัวอย่างราคาของสารไอโซโทปรังสี อาทิเช่น I-131 ราคาคูรีละ 30,000 บาท Tc-99m ราคาคูรีละ 48,000 บาท ราคาบริการอื่น เช่น การฉายรังสีอัญมณี 40,000 บาท/กิโลกรัม และการโดปสารกึ่งตัวนำ 70,000 บาท/ กิโลกรัม เป็นต้น ในกรณีที่มีการทำสัญญาบริการในปริมาณมาก สามารถมีความยืดหยุ่นในการลดราคาเพื่อจูงใจลูกค้าและสามารถแข่งขันในเชิงธุรกิจ

กลยุทธ์การกระจายสินค้า

สทน. มีข้อเสียเปรียบเอกชน เนื่องจากเอกชนมีความคล่องตัวและความยืดหยุ่นสูง สามารถจัดส่งผลิตภัณฑ์ทั้งปริมาณน้อยหรือปริมาณมากได้ทันที ซึ่งผู้ใช้บริการจากภาคเอกชนเห็นว่าเป็นสิ่งจำเป็น เพราะคนไข้ในโรงพยาบาลเอกชนจะมาตรวจรักษาในเวลาใดก็ได้ และต้องการทราบผลโดยเร็วที่สุด ดังนั้น สทน. จึงควรปรับปรุงในเรื่องของระบบจัดจำหน่าย การส่งมอบ และกระจายผลิตภัณฑ์ไอโซโทปรังสี รวมทั้งผลิตภัณฑ์อื่นๆ ให้รวดเร็วตามกำหนดเวลา เช่น มีกระบวนการผลิตวันจันทร์และทำการส่งมอบในเช้าวันอังคาร หรือ ต้องมีการวางแผนเวลาไว้ล่วงหน้า รวมทั้งความถี่ในการส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสถานที่ตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่อยู่ห่างไกลจากสถานรับบริการ จึงควรวางแผนเตรียมความพร้อมในเรื่องดังกล่าว โดยต้องมีการวางแผนและจัดเวลาของการขนส่ง (Logistics) ให้เหมาะสม

นอกจากนั้นในด้านวิจัยและวิชาการควรมีการสร้างเครือข่ายในด้านวิจัยและวิชาการในสถาบันวิจัยและสถาบันการศึกษาทั้งในภาครัฐและเอกชน ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

กลยุทธ์สื่อสารการตลาด

สทน. ควรมีการสื่อสารทางการตลาดเกี่ยวกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่ ซึ่งจะมาทดแทนตัวเดิมในด้านบริการต่างๆ ทั้งบริการที่มีอยู่เดิมและบริการที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งผลิตภัณฑ์ การขอรับบริการและความปลอดภัยต่างๆ โดยจะต้องมีการสื่อสารไปยัง 3 กลุ่มที่มีส่วนได้ส่วนเสียหลักๆ คือ

1. กลุ่มผู้ใช้บริการทั้ง 4 ด้านได้แก่ ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม และด้านวิจัยและวิชาการ
2. กลุ่มประชาชนที่อยู่ในย่านองครักษ์ ซึ่งเป็นสถานที่ที่กำหนดไว้ว่าจะมีการติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่
3. ประชาชนทั่วๆ ไปที่อาจมีความสนใจในบริการ

การสื่อสารอาจใช้เครื่องมือหลายๆ อย่าง เช่น จุลสาร แผ่นพับ บทความทางวิชาการ การจัดนิทรรศการ Website เพื่อเข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถสื่อสารได้จาก การจัดกิจกรรม สัมมนาวิชาการ การประชุมวิชาการ เพื่อสร้างการรับรู้และความเข้าใจแก่กลุ่มคนที่ต้องการสื่อสารในระดับต่างๆ อย่างเหมาะสม

กิจกรรมทางการตลาด (Marketing Initiatives)

นอกจากกำหนดกลยุทธ์สื่อสารการตลาดที่กล่าวมาแล้ว ทาง สทน. ควรมีการเพิ่มกิจกรรมทางการตลาดเพื่อให้บริการกลุ่มผู้ใช้งานด้านต่างๆ ได้ดีขึ้นดังนี้

1. ปรับโครงสร้างองค์กรให้มีผู้รับผิดชอบงานทางด้านการตลาด การขาย
2. ดำเนินการตลาดเชิงรุกกับลูกค้าเป้าหมายทั้งในประเทศ และต่างประเทศ
3. สร้างผลิตภัณฑ์และบริการที่มีความหลากหลายเพื่อจำหน่ายและให้บริการได้เพิ่มขึ้น
4. ทำวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตหรือบริการที่สามารถที่จะขยายตลาดได้
5. จัดทำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อรองรับการใช้ข้อมูลในการบริหารและตัดสินใจ
6. จัดทำระบบ Customer Relationship Management (CRM) และ Customer Engagement Management (CEM)
   6.1 จัดทำระบบฐานข้อมูลลูกค้าระดับองค์กร
   6.2 ติดต่อกับลูกค้าเป็นระยะเมื่อจัดทำกิจกรรมพิเศษ หรือกิจกรรมเพื่อสังคม
   6.3 จัดตั้ง Call Center ในการให้ข้อมูลข่าวสารและตอบปัญหาของลูกค้าและผู้ใช้บริการ
7. จัดตั้ง Information Center เพื่อเป็นศูนย์กลางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) รวมถึงการกระจายข่าวสารเกี่ยวกับการเติบโตขององค์กร และพันธมิตรทางธุรกิจ
8. สื่อสารและประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับหน่วยงานทั้งทางตรงและทางอ้อม ให้กับองค์กรทั้งที่เกี่ยวข้อง บุคคลทั่วไป และบุคคลที่ยังไม่มีความรู้ความเข้าใจทางเทคโนโลยีนิวเคลียร์
   8.1 สื่อมวลชน ได้แก่ การโฆษณา ประชาสัมพันธ์ ผ่านสื่อโทรทัศน์และวิทยุอย่างต่อเนื่อง

8.2 สื่อเฉพาะกิจ ได้แก่ แผ่นพับ เอกสารเผยแพร่ประเภทต่างๆ รวมทั้งวารสารของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

8.3 สื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ website ของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และ website ของหน่วยงานที่เป็นพันธมิตรทางธุรกิจ จัดทำรายการผ่าน Internet ทั้งในรูปของสื่อเคลื่อนไหว และ สร้างชุมชน online เพื่อเชื่อมต่อและสร้างความรู้ร่วมกัน

8.4 สื่อบุคคล ได้แก่ ผู้ที่จะเป็นผู้บรรยายเกี่ยวกับหน่วยงาน ผลิตภัณฑ์และบริการ

9. สื่อสารประชาสัมพันธ์ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องที่สามารถให้บริการได้ ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องทางตรง
10. จัดกิจกรรมพิเศษเพื่อสร้างภาพลักษณ์ ทางด้านศักยภาพ ผลผลิต และบริการที่นำสมัยและทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนดีขึ้น
11. จัดกิจกรรมมวลชนสัมพันธ์และสังคมเพื่อให้ประชาชนทั่วไปได้ยินชื่อของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในเชิงบวก
12. จัดฝึกอบรมให้กับนักเรียน นักศึกษาในระดับต่างๆ และอาจารย์ในสถาบันการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีนิวเคลียร์

งบประมาณการตลาด

เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมายทางการตลาดจึงควรปรับเพิ่มงบประมาณทางการตลาดเพื่อส่งเสริมกลยุทธ์การตลาดที่วางไว้ เช่น การจัดงบประมาณประชาสัมพันธ์ทั้งการสื่อการตลาดและมวลชนสัมพันธ์ซึ่งประมาณไว้ที่ 1,000,000 บาทต่อปี (รายละเอียดดูในส่วนการประมาณค่าใช้จ่ายของแผนการเงิน)

บทที่ 3 แผนการผลิต

บทที่ 3 แผนการผลิต

3.1 ที่ตั้งและการวางผังโรงงาน

จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคเห็นว่าโครงการติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ควรดำเนินการที่ศูนย์วิจัยองครักษ์ จังหวัดนครนายก ด้วยเหตุผลดังนี้

1. มีพื้นที่ซึ่งเตรียมการไว้ในโครงการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย (ดั้งเดิม) แบบ Turnkey ประมาณ 18 ไร่ และหากมีการขยายก็ยังมีความเป็นไปได้ตามสภาพพื้นที่ดินติดต่อข้างเคียง

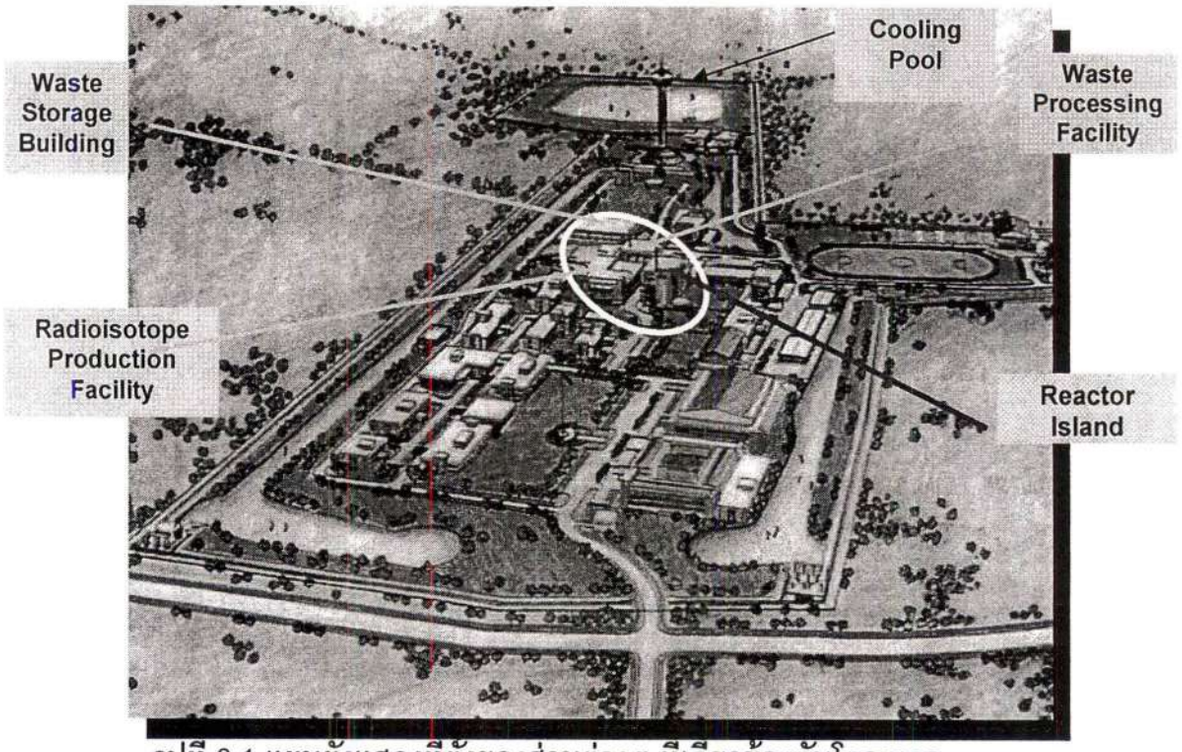
2. เพื่อให้สอดคล้องกับแผนงานบูรณาการและใช้ประโยชน์ส่วนสนับสนุนการวิจัย Non-turnkey ของ สทน. องครักษ์ที่รัฐได้ลงทุนไปแล้วได้เต็มที่

3. ในระหว่างที่โครงการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย (ดั้งเดิม) หยุดชะงัก แต่การพัฒนาในส่วนอื่น สทน. ยังคงได้รับการสนับสนุนจากรัฐ จึงมีโครงสร้างพื้นฐานร่วมที่รองรับแผนงานบูรณาการไว้บ้างแล้ว

4. การบริหารงานโครงสร้างพื้นฐานหลักในศูนย์กลางวิจัยจะช่วยให้การบริหารจัดการมีประสิทธิภาพและประหยัดงบประมาณ

5. ได้เคยมีการศึกษาแนวทางการออกแบบไว้บ้างแล้วไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นใหม่ทั้งหมด เพียงแต่เร่งดำเนินการศึกษาผลกระทบของโครงการขนาดใหญ่ ตามขั้นตอนกฎหมายกำกับดูแลที่กำหนด และการเตรียมการทางวิศวกรรมรองรับปัญหา

6. เนื่องจากประชาชนมักจะเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูไปในทางลบ ทำให้มีความรู้สึกต่อต้านการดำเนินโครงการในทุกโครงการที่ใช้พลังงานนิวเคลียร์ แต่ในพื้นที่องครักษ์ จังหวัดนครนายก ได้มีการทำความเข้าใจกับชุมชนอย่างต่อเนื่องมาแล้ว ในการใช้ประโยชน์พลังงานนิวเคลียร์เพื่องานวิจัยพัฒนา จึงไม่ต้องเริ่มต้นใหม่ทั้งหมด เพียงแต่เตรียมการเพื่อให้เกิดความมั่นใจในด้านสิ่งแวดล้อมและการสร้างมวลชนสัมพันธ์ในชุมชน



รูปที่ 3-1 แผนผังแสดงที่ตั้งของส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

3.2 การวางแผนกำลังการผลิต

เมื่อพิจารณาการขยายส่วนงานวิจัยพัฒนาและให้บริการต่างๆ ในโครงสร้างองค์กรปัจจุบันและกลุ่มงานย่อยของส่วนปฏิบัติงานวิจัยพัฒนาของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ณ ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์ที่องครักษ์ เพื่อรองรับความต้องการให้บริการทางการแพทย์ อุตสาหกรรม และการเกษตร ตลอดจนเพื่อศึกษาวิจัยและการพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW เป็นเครื่องมือหลัก ที่ปรึกษาได้ประเมินกำลังการผลิตและความต้องการด้านบริการจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่ผ่านมาของสถาบันฯ เห็นว่าแผนการเดินเครื่องเพื่อการวิจัยต่อการให้บริการควรมีอัตราส่วนร้อยละ 60 : 40 โดยในส่วนบริการร้อยละ 40 เป็นส่วนคาดการณ์รายได้ทางตรงของสถาบันฯ อย่างไรก็ตามเนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเป็นโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ที่มีการใช้งานร่วมกัน ดังนั้นการวางแผนการผลิตต้องสอดรับกับนโยบายและทิศทางการพัฒนาประเทศ โดยภาพรวมสามารถจำแนกผลผลิตและบริการในด้านต่างๆ ได้

3.2.1 **การแพทย์**

ด้านการผลิตไอโซโทปรังสี ศูนย์ไอโซโทปรังสีได้มีการวางแผนและสำรวจความต้องการของผู้รับบริการด้านไอโซโทปรังสีจากการจัดประชุมและสัมมนาผู้ผลิตพบผู้ใช้ ตลอดจนศึกษาการขยายระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ใหม่ที่ติดตั้งพร้อมกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดกำลัง 10 MW เพื่อผลิตไอโซโทปรังสีตัวใหม่สำหรับการวินิจฉัยและบำบัดรักษาโรค พร้อมทั้งเพิ่มกำลังผลิตไอโซโทปรังสีเดิมให้ตอบสนองต่อความต้องการทางการแพทย์ที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี ซึ่งจากการประเมินความสามารถในการผลิตร่วมกับข้อมูลการนำเข้าไอโซโทปรังสี พบว่าสามารถสร้างผลผลิตเป้าหมายได้ดังนี้

1. สามารถมีกำลังผลิต I-131 ได้ถึง 1,465.63 คูรี สามารถลดการนำเข้าได้ 100 % และมากพอสำหรับการส่งออก โดยประมาณกำลังผลิตในช่วง 5 ปีแรก สามารถผลิตได้เพียง 50% หลังจากนั้นสามารถผลิตได้เต็มกำลังการผลิต

2. สามารถผลิต Mo-99 จาก LEU เพื่อการผลิตต่อเป็น Mo-99/Tc-99 Generator ได้ถึง 16,320 คูรีต่อปี สามารถลดการนำเข้าได้ 100 % โดยประมาณกำลังผลิตในช่วง 5 ปีแรก สามารถผลิตได้เพียง 50% หลังจากนั้นสามารถผลิตได้เต็มกำลังการผลิต

3. ผลผลิตสารเภสัชรังสีอื่น ๆ สามารถเพิ่มขึ้นได้อีก 20 % จากจำนวนผลผลิตเดิม

3.2.2 **การเกษตร**

3.2.2.1 **การปรับปรุงพันธุ์พืช** จากการสำรวจปริมาณพันธุ์พืชที่ปรับปรุงจากการชักนำด้วยรังสีและสารเคมีในปี 2001 พบว่าทั่วโลกมีพันธุ์พืชจำนวน 1,386 พันธุ์และมีพันธุ์พืชจำนวน 64 พันธุ์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ด้วยนิวตรอนและมีเพียง 4 พันธุ์พืชเท่านั้นที่เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ และสามารถปลูกขึ้นได้ในประเทศไทยอันได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และข้าวโพด การปรับปรุงพันธุ์จะทำให้ผลิตผลทางการเกษตรมีมูลค่าเพิ่มและสามารถส่งออกได้ก่อให้เกิดรายได้กับเกษตรกรในประเทศ ซึ่งผลประโยชน์ในเชิงประมาณการรายได้ของประเทศสามารถประเมินได้จากข้อมูลพืชพันธุ์กลายในสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่าการปรับปรุงพันธุ์ด้วยนิวตรอนสามารถเพิ่มมูลค่าคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกาในสัดส่วนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ประเทศไทยมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์และพื้นฐานเศรษฐกิจที่ต่ำกว่าสหรัฐอเมริกาอยู่ 268.3 เท่า เพราะฉะนั้นเมื่อมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยใหม่ จะสามารถทำให้มูลค่าทางการเกษตรของ ข้าว มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และ ข้าวโพด เพิ่มมูลค่าขึ้นอีกประมาณ

0.07 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากมีการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยนิวตรอนสำเร็จจะสามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตเป้าหมายได้ดังนี้

1. ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้รวมทั้งประเทศ 24.19 ล้านตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยรวมทั้งสิ้น 172,207 ล้านบาท/ปี[31] เพราะฉะนั้นมูลค่าข้าวที่เพิ่มขึ้น คิดเป็น 121 ล้านบาท/ปี
2. ประเทศไทยสามารถผลิตมันสำปะหลังได้รวมทั้งประเทศ 27.62 ล้านตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยรวมทั้งสิ้น 50,978 ล้านบาท/ปี[32] เพราะฉะนั้นมูลค่ามันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น คิดเป็น 35.7 ล้านบาท/ ปี
3. ประเทศไทยสามารถผลิตถั่วเหลืองได้รวมทั้งประเทศ 246,507 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยรวมทั้งสิ้น 42.8 ล้านบาท/ปี[33] เพราะฉะนั้นมูลค่าถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น คิดเป็น 160 ล้านบาท/ปี
4. ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวโพดได้รวมทั้งประเทศ 4 ล้านตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยรวมทั้งสิ้น 5,326.5 ล้านบาท/ปี[34] เพราะฉะนั้นมูลค่าข้าวโพดที่เพิ่มขึ้น คิดเป็น 3.7 ล้านบาท/ปี

3.2.2.2 **การวิจัยเพื่อผลิตอาหารเสริมและการศึกษาความต้องการปุ๋ย** การใช้เทคนิคนิวเคลียร์ในการศึกษาคุณภาพดินด้วยการวิเคราะห์ส่วนผสมดินและการศึกษาชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสมกับพันธุ์พืชด้วยเทคนิคการใช้สารติดตาม จะช่วยในการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ และสร้างรายได้เพิ่มให้แก่เกษตรกร (ซึ่งไม่ได้นำมาคิดเป็นรายได้ของโครงการฯ) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- การศึกษาคุณภาพดินและการศึกษาชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสมกับพืช จะสามารถเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อไร่สูงขึ้นประมาณ 3 เท่า
- เมื่อคิดเฉพาะผลผลิตข้าว ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งสิ้น 57 ล้านไร่ มีมูลค่าเฉลี่ยปีละ 172,207 ล้านบาท[35] โดยในช่วงเริ่มต้นคาดการณ์พื้นที่นาข้าวที่ใช้ปุ๋ยที่

[31] กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน 2545

[32] สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน 2550

[33] สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน 2547

[34] สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน 2540

[35] กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน 2545

เหมาะสมกับพื้นที่ 0.5% ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดซึ่งคิดเป็น 285,000 ไร่ คิดเป็นมูลค่าเพิ่มขึ้น 1,549.87 ล้านบาท

3.2.3 **อุตสาหกรรม**

3.2.3.1 **ด้านศูนย์ฉายรังสีอัญมณี** ได้มีการลงทุนด้านเครื่องกำเนิดลำอิเล็กตรอนพลังงานสูงและเครื่องฉายรังสีแกมมาเป็นเงินงบประมาณ 370 ล้านบาท สำหรับรองรับความต้องการของอุตสาหกรรมอัญมณีส่งออก โดยการลงทุนดังกล่าวเป็นความต่อเนื่องจากการใช้ประโยชน์ด้านการฉายรังสีนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยร่วมกับการฉายอิเล็กตรอนพลังงานสูงในการเพิ่มมูลค่าอัญมณี เช่น โทแพซ (Topaz) จากสีขาวใส มีมูลค่าต่ำ เมื่อนำมาฉายนิวตรอนจะกลายเป็นสีฟ้าเข้ม (London Blue) ทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น 5-30 เท่า ถ้านำมาฉายซ้ำด้วยอิเล็กตรอนพลังงานสูงอีกจะเปลี่ยนไปเป็นสีฟ้าสดใส (Swiss Blue) จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นอีก 10-30 เท่า หากฉายด้วยอิเล็กตรอนพลังงานสูงเพียงอย่างเดียวจะไม่ได้สีฟ้าสดใสเท่า จึงมีมูลค่าเพิ่มต่ำกว่ามูลค่าการฉายรังสีโดยนิวตรอนและอิเล็กตรอนต่อเนื่องกัน ในส่วนของศูนย์ฉายรังสีอัญมณีมีผลผลิตเป้าหมายการให้บริการฉายรังสีอัญมณีดังนี้

1. เพิ่มปริมาณการฉายรังสีอัญมณีขึ้นเป็น 2 และ 3 ตัน/ปี สำหรับการฉายรังสี 1 และ 2 รอบ (Cycle) ของการฉายรังสี ตามลำดับ โดยจะให้บริการได้เพิ่มขึ้นเป็น 2 ตัน/ปี ในระยะแรกและเพิ่มเป็น 3 ตัน/ปี ในระยะหลัง
2. สามารถพัฒนาห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐาน สำหรับให้บริการวัดรังสีตกค้างเพื่อออกใบรับรองสำหรับอัญมณีส่งออกปีละ 100 รายการ

3.2.3.2 **ด้านการโดปสารกึ่งตัวนำ** การโดปสารกึ่งตัวนำโดยอาศัยผลการเปลี่ยนแปลงทางปฏิกิริยานิวเคลียร์หลังอาบรังสีนิวตรอน (Neutron Transmutation Doping: NTD) เป็นเทคโนโลยีใหม่และมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยไม่กี่ตัวในโลกที่มีความสามารถโดปสารกึ่งตัวนำด้วยนิวตรอน จากข้อมูลการทำนายตลาดโลกในปัจจุบันจนถึงปี ค.ศ. 2030 มีความต้องการโดปสารกึ่งตัวนำเพื่อนำไปผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic device) ระดับ 3,660 ตัน/ปี โดยเฉพาะอุตสาหกรรมรถยนต์ไฮบริดและพลังงานทดแทน แต่ปัจจุบันเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยทั่วโลกมีกำลังการผลิตประมาณเพียง 100 ตัน/ปีเท่านั้น จะเห็นได้ว่าช่องว่างระหว่างอุปสงค์ (Demand) และอุปทาน (Supply) ยังมีมากอยู่ ทำให้ความเป็นไปได้ในมูลค่าการตลาดด้าน NTD มีสูงมาก แผนการให้บริการมีผลผลิตเป้าหมายดังนี้

1. ดึงส่วนแบ่งการผลิตจากตลาดโลก 10 ตัน/ปี โดยประมาณกำลังผลิตในช่วง 5 ปีแรกสามารถผลิตได้เพียง 50% หลังจากนั้นสามารถผลิตได้เต็มกำลังการผลิต
2. สร้างเครือข่ายภาคอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์หรือกลุ่มพลังงานทดแทนในประเทศอย่างน้อย 2 บริษัทที่สนับสนุน

3.2.3.3 **ด้านการผลิตไอโซโทปรังสีในงานอุตสาหกรรม** งานตรวจสอบแบบไม่ทำลายด้วยการถ่ายภาพรังสี เป็นอุตสาหกรรมภาคบริการที่สำคัญต่อการบำรุงรักษาโครงสร้างขนาดใหญ่ ซึ่งมีการจ้างงานบุคลากรด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในภาคเอกชนไม่ต่ำกว่า 300 คนต่อปี เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยประกอบกับระบบผลิตไอโซโทปรังสีด้วยการอาบรังสีนิวตรอนและกระบวนการผนึกสนิทต้นกำเนิดรังสี (Sealed source) ที่ทันสมัย สามารถผลิตไอโซโทปรังสี Ir-192 ชนิดผนึกสนิทสำหรับการประยุกต์ใช้ในด้านอุตสาหกรรม มีกำลังการผลิตไอโซโทปรังสีที่เป็นความต้องการของภาคอุตสาหกรรมดังนี้

1. กำลังการผลิต Ir-192 สามารถทำได้ปริมาณ 1,750 คูรีต่อปี เนื่องจากเป็นการผลิตไอโซโทปที่ต้องมีการผนึกสนิทและเป็นการเริ่มงานใหม่ โดยประมาณกำลังผลิตในช่วง 5 ปีแรกสามารถผลิตได้เพียง 50% หลังจากนั้นสามารถผลิตได้เต็มกำลังการผลิต
2. สามารถผลิตและซ่อมแซมต้นกำเนิดรังสีแบบผนึกสนิทที่ความแรงรังสีสูงอื่น

3.2.3.4 **ด้านบริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์** การมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่และมีอุปกรณ์ประกอบที่ทันสมัย จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการด้านการตรวจสอบและการวิเคราะห์ตัวอย่างได้มากขึ้น เช่น ให้บริการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธี NAA การตรวจสอบโดยการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน ให้บริการเช่าชั่วโมงท่อลำรังสีนิวตรอนและบริการตรวจสอบสภาพดิน เป็นต้น มีผลผลิตเป้าหมายการให้บริการ ดังนี้

1. บริการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธี NAA	700	ตัวอย่าง/ ปี
2. บริการตรวจสอบโดยการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน	200	ตัวอย่าง/ ปี
3. บริการเช่าชั่วโมงท่อลำรังสีนิวตรอน	10	ชั่วโมง/ ปี

4. บริการตรวจสอบสภาพดิน นอกจากได้ค่าบริการแล้วยังสามารถเพิ่มมูลค่าของการเพาะปลูกโดยเฉพาะข้าวที่ปลูกด้วยดินในบริเวณนั้นได้ จึงมีโอกาสที่จะสามารถสร้างประโยชน์ทางอ้อมในการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้

3.2.4 การวิจัยพัฒนาและการพัฒนากำลังคน

3.2.4.1 **ด้านการวิจัยและพัฒนา** กลุ่มงานด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ประกอบด้วย กลุ่มงานย่อย ด้านการแพทย์และสาธารณสุข ด้านวัสดุศาสตร์และอุตสาหกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเทคโนโลยีชีวภาพและการเกษตร และด้านวิทยาการก้าวหน้า เป็นกลุ่มงานที่มีความต้องการความทันสมัยของระบบเพื่อรองรับงานวิจัยที่หลากหลาย มีโครงการวิจัยที่อยู่ในแผน ได้แก่ งานวิจัยเพื่อสนับสนุนงานผลิตไอโซโทปสำหรับรังสีรักษาที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น การพัฒนาเทคนิคการศึกษาคุณภาพของสารเภสัชรังสี การผลิตต้นกำเนิดรังสีแบบผนึกสนิท (Sealed source) สำหรับงานอุตสาหกรรม การวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าอัญมณี และการผลิตชุดต้นกำเนิดรังสีสำหรับสาธิตการวัดรังสีเพื่อการเรียนการสอน รวมถึงการวิจัยเฉพาะด้านวัสดุศาสตร์และการประยุกต์ใช้ลำรังสีนิวตรอนในอุตสาหกรรม มีผลผลิตเป้าหมายการให้บริการดังนี้

- สทน. จะมีงานวิจัยเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า จากจำนวนโครงการทั้งหมดของ พ.ศ. 2551 ซึ่งมีโครงการวิจัย 22 โครงการ[36] และจะเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 2 เท่าเมื่อเริ่มดำเนินการได้จริง เนื่องจากมีบุคลากรทางวิจัยเพิ่มขึ้น 2 เท่าและกำลังเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเพิ่มขึ้น 5 เท่า ดังนั้นจะมีโครงการวิจัยอย่างน้อย 44 โครงการ สทน. จะเป็นหน่วยงานที่สำคัญในการผลิตผลงานวิจัย แต่จะผลิตผลงานวิจัยเพียงแค่ 30 % ของผลงานวิจัยทั้งหมด คือ 13 โครงการ นอกนั้นจะทำหน้าที่คอยช่วยเหลือสถาบันการศึกษาและองค์กรอื่นๆ ในการผลิตผลงานวิจัยส่วนที่เหลือ

1. สร้างนวัตกรรมและทรัพย์สินทางปัญญา	2-5	ชิ้นงาน/ปี
2. สร้างเครือข่ายการวิจัยร่วมในประเทศเกิดขึ้น	1-2	หน่วยงาน/ปี

3.2.4.2 **ด้านการพัฒนากำลังคน** การมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่ขนาดกำลัง 10 MW ซึ่งมีฟลักซ์นิวตรอนสูงระดับ 10^{14} n/cm^2-s มีระบบควบคุมที่ทันสมัยและมีอุปกรณ์ประกอบสำหรับผลิตไอโซโทปรังสี มีส่วนกำเนิดบีมนิวตรอนสำหรับรองรับการวิจัยและให้บริการเพิ่มขึ้น กลุ่มผู้ปฏิบัติงานด้านวิศวกรรมและจัดการเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จะได้เรียนรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ในการปฏิบัติการควบคุมและบำรุงรักษา ตลอดจนระบบความปลอดภัยของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่มีกำลังสูง เป็นการพัฒนาศักยภาพกำลังคนให้ทัดเทียมนานา

[36] http://www.tint.or.th/research.html

ประเทศ อีกทั้งยังเป็นแหล่งพัฒนากำลังคนด้านวิศวกรรมนิวเคลียร์ เพื่อรองรับแผนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์ในอนาคต มีแผนผลผลิตดังนี้

1. ด้านวิศวกรรมเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ สามารถให้บริการผลผลิตเป้าหมายด้านการเรียนการสอน 200 ครั้ง/ ปี บริการด้านการฝึกอบรมเกี่ยวกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย10 ครั้ง/ ปี และการพัฒนากำลังคนด้านวิศวกรรมนิวเคลียร์ 240 คน/ ปี
2. การสนับสนุนการศึกษาวิจัยและฝึกอบรมบุคลากรได้ภายในประเทศ ช่วยให้มี ค่าใช้จ่ายสำหรับการพัฒนากำลังคนที่ต่ำกว่าการส่งไปต่างประเทศมาก จึงสามารถลดค่าใช้จ่ายภาครัฐได้จำนวนมาก โดยสามารถสนับสนุนในระดับบัณฑิตศึกษามีปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ปีละ 30 คน ระดับปริญญาโทสาขาฟิสิกส์การแพทย์ 10 คน ระดับปริญญาโทสาขารังสีประยุกต์และไอโซโทปปีละ 15 คน ระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมนิวเคลียร์ ปีละ 1-2 คน รวม 57 คน

3.3 เครื่องจักรและอุปกรณ์

เครื่องจักรกลและอุปกรณ์ที่สำคัญของโครงการ ฯ ได้แก่ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ระบบผลิตไอโซโทปรังสี ส่วนสนับสนุนการปฏิบัติงานและกำบังรังสี ระบบความปลอดภัยทางรังสี รวมถึงเครื่องมือตลอดจนอุปกรณ์รองรับงานวิจัยและให้บริการในห้องปฏิบัติการของส่วนปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดกำลัง 10 MW

ใช้ข้อมูลของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่มีระบบใกล้เคียงกันเป็นฐานข้อมูลในการศึกษา สามารถจำแนกส่วนประกอบหลักออกเป็นส่วนๆ ได้แก่

1.1 ระบบเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ประกอบด้วย บ่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู แกนแท่งเชื้อเพลิง ระบบท่อระบายความร้อน และกลไกหน่วงนิวตรอน

1.2 ระบบป้องกันเพื่อความปลอดภัย ประกอบด้วย ระบบหยุดเดินเครื่อง ระบบระบายความร้อนแกนปฏิกรณ์ปรมาณูฉุกเฉิน ระบบระบายอากาศ ระบบควบคุมฉุกเฉิน และระบบไฟฟ้าสำรอง

1.3 อุปกรณ์และระบบควบคุม ได้แก่ ระบบควบคุมการเดินเครื่อง ระบบควบคุมการหยุดเดินเครื่อง ระบบหล่อเย็นแกนปฏิกรณ์ปรมาณูฉุกเฉิน อุปกรณ์นำส่งสารรังสีครึ่งชีวิตสั้นและอุปกรณ์สูบอากาศ ปรับความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ (Negative pressure pump)

1.4 ท่ออาบรังสี ได้แก่ ท่อผลิตไอโซโทปรังสี ท่อโดปสารกึ่งตัวนำ ท่อฉายรังสีพลอยและท่อสำหรับงานด้านเทคนิคก่อกัมมันต์

1.5 ช่องนำนิวตรอน ได้แก่ ช่องนำนิวตรอนสำหรับงานด้านการเลี้ยวเบนนิวตรอน ช่องสำหรับถ่ายภาพด้วยนิวตรอน ช่องสำหรับวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคพรอมท์แกมมา (Prompt Gamma) และอุปกรณ์ควบคุมลำนิวตรอน

1.6 ระบบระบายความร้อน ได้แก่ ระบบแลกเปลี่ยนความร้อน ระบบเครื่องสูบน้ำและระบบเครื่องเย็น

1.7 ระบบความปลอดภัยด้าน Physical protection ได้แก่ ระบบป้องกันอัคคีภัย (เครื่องตรวจจับควันและระบบฉีดน้ำ) ระบบป้องกันการก่อวินาศกรรม ระบบป้องกันฟ้าผ่า ระบบบันทึกการเข้าออกสำหรับบุคคล

3.3.2 ระบบผลิตไอโซโทปรังสี

ใช้ข้อมูลของระบบผลิตไอโซโทปที่มีกำลังการผลิตและชนิดไอโซโทปรังสีที่มีระบบใกล้เคียงกันเป็นฐานข้อมูลในการศึกษา มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่

1. มีจำนวน Hot cell ไม่ต่ำกว่า 20 ชุด ประกอบด้วย
   - Hot cell ที่สามารถรองรับการผลิต Ir-192 ที่มีปริมาณรังสีจำเพาะอย่างน้อย 350 Ci/g ซึ่งมีตะกั่วกำบังรังสีหนาอย่างต่ำ 150 mm
   - Hot cell ที่สามารถรองรับการผลิต Mo-99 จาก Fission product จากสารเริ่มต้นที่ผ่านการอาบรังสีนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยแล้ว ซึ่งมีตะกั่วกำบังรังสีหนาอย่างต่ำ 250 mm
   - Hot cell ที่สามารถรองรับการแยกและทำให้บริสุทธิ์ Mo-99 จาก Fission product ซึ่งมีตะกั่วกำบังรังสีหนาอย่างต่ำ 250 mm
   - Hot cell ที่สามารถรองรับการบรรจุในขั้นตอนสุดท้ายของ Mo-99 จาก Fission product จากสารเริ่มต้นที่ผ่านการอาบรังสีนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยแล้ว ซึ่งมีตะกั่วกำบังรังสีหนาอย่างต่ำ 150 mm
   - Hot cell ที่สามารถรองรับการผลิต Tc-99m จาก Mo-99 ซึ่งมีตะกั่วกำบังรังสีหนาอย่างต่ำ 100 mm
   - Hot cell สำหรับการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ที่มีการเปรอะเปื้อนทางรังสีสูง โดยมีความหนาไม่ต่ำกว่า 300 mm
   - Hot cell อื่นๆ อีกอย่างน้อย 13 ชุดเพื่อรองรับการผลิตไอโซโทปรังสีในอนาคต
2. สามารถผลิตสารเภสัชรังสีและไอโซโทปรังสี ได้ในระดับรังสี 2.7 - 108 Ci ต่อการผลิต 1 ครั้ง
3. ในอาคารต้องมีความดันอากาศต่ำกว่า 1 บรรยากาศ (Negative pressure) เพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีที่ฟุ้งในอากาศออกไปจากอาคารได้
4. มีระบบหมุนเวียนอากาศและกักเก็บอากาศในอาคาร (Ventilation/Air condition – VAC) โดยมีระบบกรองอากาศแบบต่อเนื่อง โดยใช้แผ่นกรองที่มีประสิทธิภาพสูง
5. มีระบบขนย้ายวัสดุระหว่าง Hot cell เพื่อความปลอดภัย
6. มีระบบควบคุมและเฝ้าระวังระดับรังสี ที่มีระบบไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (Uninterrupted power supply – UPS)

7. ปั้นจั่นที่รับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 5 ตัน ติดตั้งไว้ที่ทางเข้าของอาคาร เพื่อจัดการเคลื่อนย้ายหีบห่อบรรจุสารกัมมันตรังสีความแรงรังสีสูงมาก
8. รอกไฟฟ้าในบริเวณทางเข้าของอาคารเพื่อเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นล่างไปชั้นที่สูงขึ้น
9. ระบบโทรทัศน์วงจรปิด เพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของวัสดุที่เคลื่อนย้าย
10. ระบบควบคุมการเปรอะเปื้อนพื้นที่ปฏิบัติการรังสี ได้แก่ Hands-Shoes monitor, whole body counter, thyroid counter
11. ระบบ Emergency shower, emergency eye wash
12. ระบบไฟฟ้าสำรองแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพียงพอสำหรับการใช้งานทั้งอาคาร

3.3.3 ส่วนสนับสนุนการปฏิบัติการและกำบังรังสี

ใช้ข้อมูลของระบบที่มีกำลังการผลิตและชนิดไอโซโทปใกล้เคียงกันเป็นฐานข้อมูลในการศึกษา มีข้อพิจารณาหลัก ได้แก่ มาตรฐานสากลในการก่อสร้าง พื้นที่ใช้งาน ความเหมาะสมทางเทคนิคและการติดตั้ง ระบบความปลอดภัย เป็นต้น ส่วนสนับสนุนและระบบต่างๆ ได้แก่

1. ส่วนสนับสนุนการปฏิบัติการและกำบังรังสี ซึ่งเป็นอาคารของบ่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ห้องระบบควบคุม ห้องปฏิบัติการทดลองและโถงบริเวณปฏิบัติการลำนิวตรอน

2. ส่วนสนับสนุนการปฏิบัติการและกำบังรังสี ซึ่งเป็นอาคารสำหรับติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ผลิตไอโซโทป ควรมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 45×45×9 เมตร (กว้าง×ยาว×สูง)

3. ระบบสาธารณูปโภคสำหรับอาคาร ได้แก่ ท่อน้ำใช้ ท่อน้ำทิ้ง ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบโทรคมนาคม และระบบเครือข่ายข้อมูล

4. ระบบความปลอดภัย (Physical protection) ตามมาตรฐานสากล ได้แก่ ระบบป้องกันอัคคีภัย (Smoke detector และ Sprinkler) ระบบป้องกันการก่อวินาศกรรม ระบบป้องกันฟ้าผ่า ระบบบันทึกการเข้าออกสำหรับบุคลากรและผู้เข้าเยี่ยมชม รวมถึงระบบตรวจระวังทางรังสี

3.3.4 เครื่องมือห้องปฏิบัติการ

ใช้ข้อมูลความต้องการด้านเทคนิคจากการประชุมหารือด้านเทคนิคกับผู้เชี่ยวชาญของแต่ละกลุ่มงานในการวางแผนจัดหา ดังนี้

1. กลุ่มงานย่อยวิจัยและพัฒนาไอโซโทปและเภสัชรังสี
    - Hot cell จำนวน 2 ชุด สำหรับการผลิตไอโซโทปรังสีพลังงานปานกลาง และพลังงานสูง
    - Isolator สำหรับงานวิจัยการผลิตเภสัชรังสี จำนวน 2 ชุด สำหรับการผลิตเภสัชรังสีของไอโซโทปรังสีพลังงานปานกลางและพลังงานสูง
    - เครื่องวัดรังสี gamma counter
    - อุปกรณ์กำบังรังสี ก้อนตะกั่ว ขนาด 4"x4"x1" (50 ก้อน) ถ้ำตะกั่วขนาดต่างๆ สำหรับบรรจุต้นกำเนิดรังสีและอุปกรณ์จัดเก็บกากกัมมันตรังสีชั่วคราว
    - อุปกรณ์ประกอบ ได้แก่ Electrophoresis system (1 ชุด), Ultrasonic cleaner (1 ชุด)
2. กลุ่มงานด้านการฉายรังสีอัญมณี
    - ชุดวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมาประสิทธิภาพสูง 1 ชุด
    - เครื่องสำรวจรังสี 2 ชุด
    - ต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน
    - อุปกรณ์ประกอบ ได้แก่ Ultrasonic bath และ Aluminum container
3. กลุ่มงานด้านการโดปสารกึ่งตัวนำ
    - Self-powered neutron detector พร้อมเครื่องวัด Electrometer 1 ชุด
    - ชุดวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมาประสิทธิภาพสูง 1 ชุด
    - เครื่องสำรวจรังสี 2 ชุด
    - ต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน
    - อุปกรณ์ประกอบ ได้แก่ Ultrasonic bath, Straightness gauge และ Zirconium foil
4. กลุ่มงานด้านการตรวจสอบวัสดุ
    - อุปกรณ์สำหรับงานถ่ายภาพนิวตรอน 1 ชุด
    - ชุดวิเคราะห์สเปกตรัมนิวตรอนประสิทธิภาพสูง 1 ชุด

ส่วนของเครื่องมือและอุปกรณ์ในข้อ 3.3.4 เป็นเครื่องมือและอุปกรณ์สนับสนุนการวิจัยและให้บริการเพิ่มเติมของกลุ่มงานต่างๆ อาจเป็นการจัดซื้อแยกเฉพาะต่างหากตามข้อกำหนดทางเทคนิคเฉพาะให้เหมาะกับการใช้งานหรือให้ทำงานเข้ากันได้กับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม เป็นการเพิ่มสมรรถนะให้เครื่องมือเดิม

3.4 แผนการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์

3.4.1 แผนการก่อสร้าง

ได้ศึกษาข้อมูลจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW และระบบผลิตไอโซโทปที่มีกำลังและความสามารถที่ใกล้เคียงกัน สำหรับประมาณการเพื่อวางแผนด้านงบประมาณการลงทุนและการเบิกจ่ายในการก่อสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย โดยมีช่วงแผนดำเนินการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย และระบบผลิตไอโซโทปรังสี ดังนี้

<u>แผนการก่อสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่</u>

การดำเนินงานมีขั้นตอนดังนี้[37]

1. Preliminary engineering เป็นขั้นตอนการเตรียมการด้านวิศวกรรม และการเตรียมทำรายงานวิเคราะห์ความปลอดภัย (Safety Analysis Report - SAR) รวมถึงการทบทวนการออกแบบร่วมกับผู้ว่าจ้างในตอนเริ่มต้นของโครงการ โดยต้องมีการลงนามในสัญญาว่าจ้างแล้ว ขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 1 ปี
2. Detail engineering เป็นขั้นตอนการคำนวณต่างๆ อย่างละเอียด การออกข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) และเขียนแบบเพื่อการอนุมัติและผลิตองค์ประกอบต่างๆ โดยต้องส่งรายงานวิเคราะห์ความปลอดภัยเบื้องต้น (Preliminary Safety Analysis Report - PSAR) ให้กับหน่วยงานกำกับดูแลความปลอดภัยในระยะแรก ระยะเวลาในขั้นตอนนี้จะประมาณเกือบ 2 ปี ขั้นตอนนี้จะเริ่มหลังขั้นตอน Preliminary engineering เสร็จสิ้น
3. Civil works เป็นขั้นตอนการให้รายละเอียดต่างๆ วัสดุก่อสร้าง (BOQ) กำลังคน แบบหล่อสำหรับคอนกรีตกำบังรังสี การสนับสนุนทางด้านวิศวกรรมและการประกันคุณภาพ ตลอดจนการก่อสร้างอาคารสนับสนุนต่างๆ รวมถึงอาคารปฏิกรณ์ มีการสร้าง

[37] Trends in research reactor design and utilization, Pablo M. Abbate, Meeting on Design & Utilization Aspects for a new Research Reactor, IAEA/VAEC 1 April 2005, Hanoi, Vietnam

ฐานราก กำบังรังสีต่างๆ ผนัง บันได ระยะเวลาในขั้นตอนนี้จะประมาณ 2 ปีครึ่ง โดยเริ่มขั้นตอนนี้ได้ก่อนขั้นตอน Detail engineering เสร็จประมาณครึ่งปี

4. Management and procurement เป็นขั้นตอนให้ได้มาซึ่งองค์ประกอบต่างๆ ของผู้ผลิตโดยจะจัดหาส่วนประกอบที่ได้มาตรฐาน ได้แก่ : ปั๊ม อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ท่อต่างๆ หอระบายความร้อน (Cooling tower) สายไฟฟ้าและสายสัญญาณต่างๆ คอมพิวเตอร์ควบคุม เครื่องมือต่างๆ (Instrument) หม้อแปลงไฟฟ้า Switchboard ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบไฟฟ้าแรงสูง ระบบปรับสภาพอากาศ (Heating Ventiliation and air conditioning ; HVAC) กระจกป้องกันรังสี และระบบควบคุมแขนกลระยะไกล (Telemanipulator) สำหรับปฏิบัติงานรังสีสูง

   สำหรับองค์ประกอบอีกส่วนหนึ่งที่ต้องจัดเตรียมขึ้น ได้แก่ : บ่อปฏิกรณ์ปรมาณูและบ่อเสริม (Auxiliary pool) โครงสร้างของแกนปฏิกรณ์ปรมาณู โครงสร้างของบ่อเสริม องค์ประกอบภายในของ Hot cell ตัวขับเคลื่อนแท่งควบคุม แผงควบคุม Neutron beam shutter โดยทั้งหมดนี้ รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพ การสนับสนุนทางด้านวิศวกรรม และการขนส่ง ขั้นตอนนี้จะดำเนินการควบคู่ไปกับขั้นตอนที่ 3 โดยจะเริ่มต้นช้ากว่าเล็กน้อยและเสร็จสิ้นช้ากว่าเล็กน้อย

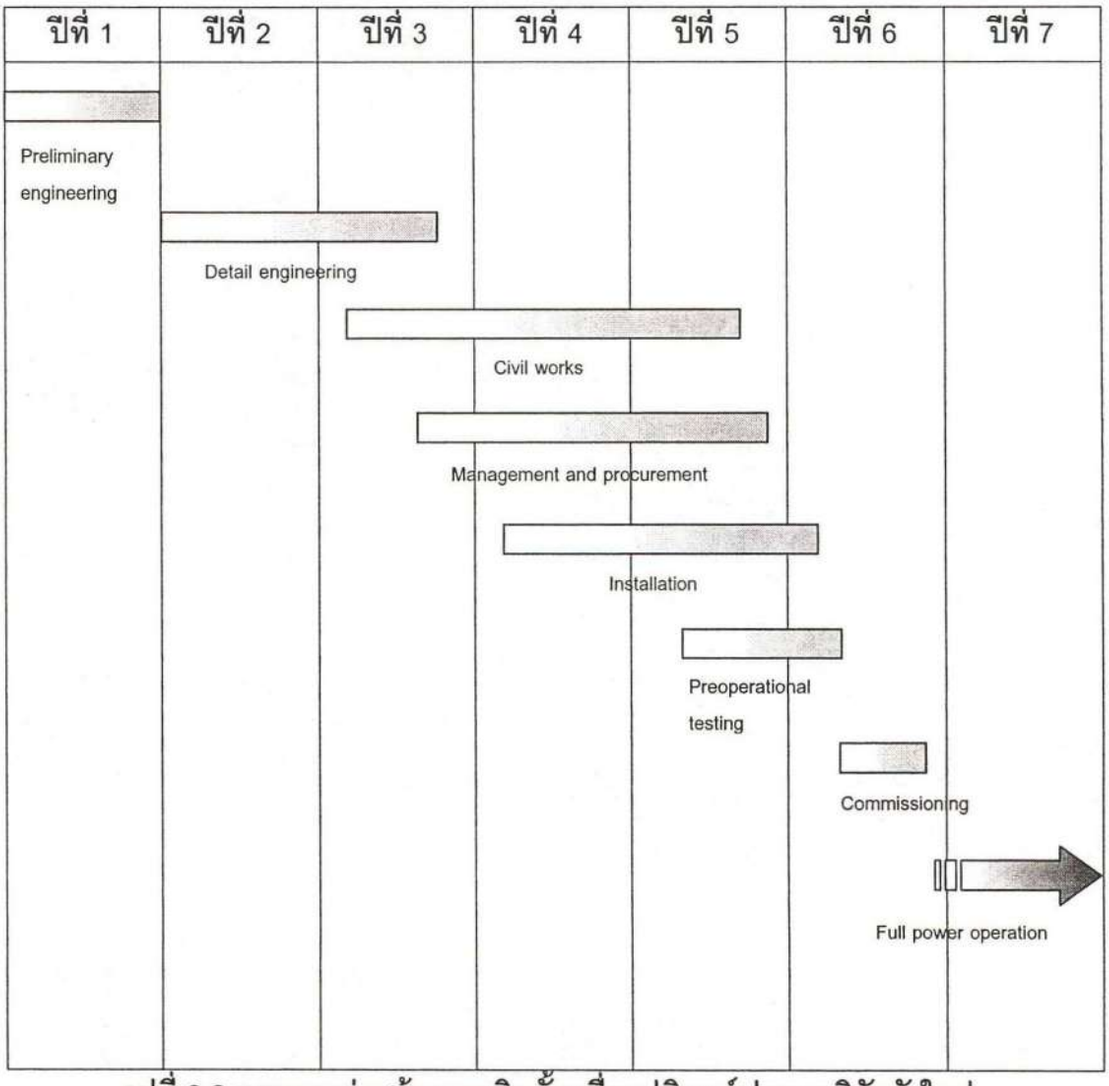
5. Installation เป็นขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์และระบบต่างๆ การเชื่อมต่อและประกอบวัสดุต่างๆเข้าด้วยกัน รวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์ในบ่อปฏิกรณ์ปรมาณู โดยขั้นตอนนี้จะเริ่มประมาณครึ่งปีหลังจากขั้นตอนที่ 4 ได้เริ่มขึ้น และใช้เวลาประมาณ 2 ปีเศษ

6. Preoperational testing เป็นขั้นตอนการทดสอบระบบต่างๆ ก่อนการใช้งานจริง เพื่อที่จะตรวจสอบว่าเครื่องปฏิกรณ์ฯ และระบบต่างๆ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องปลอดภัยตามที่ได้ออกแบบไว้ ความผิดพลาดในการสร้างหรือจากการออกแบบจะแสดงให้เห็นในขั้นตอนนี้ ซึ่งถ้าหากมีสิ่งบกพร่องเกิดขึ้นจะต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไปได้ โดยต้องส่งรายงานวิเคราะห์ความปลอดภัยฉบับสมบูรณ์ (Final Safety Analysis Report - FSAR) ให้กับหน่วยงานกำกับดูแลความปลอดภัย และขั้นตอนนี้จะสามารถทำได้เมื่อขั้นตอน Installation มีการดำเนินงานไปได้แล้วประมาณกึ่งหนึ่ง และใช้เวลาในขั้นตอนนี้ประมาณ 1 ปี

7. Commissioning เป็นขั้นตอนการทดสอบการเดินเครื่องใช้งานจริงของระบบต่างๆ โดยเริ่มทำหลังเสร็จสิ้นขั้นตอน Preoperational testing และใช้ระยะเวลาประมาณครึ่งปี

แกนปฏิกรณ์ปรมาณูจะถูกทดสอบให้อยู่ในสภาวะวิกฤตในขั้นตอนนี้ด้วย (First criticality) เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้แล้วก็สามารถเดินเครื่องเต็มกำลังตามความต้องการ

ในการว่าจ้างที่ปรึกษาโครงการนั้น จะต้องจ้างตั้งแต่ก่อนขั้นตอนแรกจะเริ่มขึ้น เพื่อให้คำปรึกษาตั้งแต่ระยะเริ่มต้นในการยกร่างข้อกำหนดทางเทคนิคและสัญญาสากล (TOR) และติดตามตรวจตราดูแลงานจนสมบูรณ์ โดยรวมแล้วจะใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงเดินเครื่องได้สมบูรณ์ประมาณ 6 ปี หรืออาจเร็วกว่านี้ หากไม่มีความล่าช้าในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง



รูปที่ 3-2 แผนการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่

แผนการก่อสร้างระบบผลิตไอโซโทปตัวใหม่

การดำเนินงานมีขั้นตอนดังนี้[38]

1. Preliminary engineering ซึ่งเป็นขั้นตอนการพัฒนาเตรียมการด้านวิศวกรรมและการเตรียมทำรายงานวิเคราะห์ความปลอดภัย (Safety Analysis Report - SAR) รวมถึงการทบทวนการออกแบบให้เหมาะสมกับกำลังการผลิตไอโซโทปรังสีร่วมกับผู้ว่าจ้าง โดยต้องมีการลงนามในสัญญาว่าจ้างแล้ว
2. Detail engineering ซึ่งเป็นขั้นตอนการคำนวณต่างๆ การออกแบบและเขียนแบบเพื่อที่จะซื้อและผลิตองค์ประกอบต่างๆ ในการผลิตไอโซโทปรังสี โดยต้องส่งรายงานวิเคราะห์ความปลอดภัยเบื้องต้น (Preliminary Safety Analysis Report - PSAR) ให้กับหน่วยงานกำกับดูแลในระยะแรกของขั้นตอนนี้ด้วย

1. Civil works ซึ่งเป็นขั้นตอนการก่อสร้างอาคารต่างๆ มีการสร้างฐานราก กำบังรังสี การวางระบบสาธารณูปโภค ผนัง บันได รวมถึงการให้รายละเอียดต่างๆ วัสดุก่อสร้าง กำลังคน แบบหล่อสำหรับคอนกรีตกำบังรังสี การสนับสนุนทางด้านวิศวกรรมและการประกันคุณภาพ
2. Management and procurement เป็นขั้นตอนให้ได้มาซึ่งองค์ประกอบต่างๆ โดยดำเนินการจัดหาองค์ประกอบทั้งหมดนี้ รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพ การสนับสนุนทางด้านวิศวกรรม และการขนส่ง
3. Installation เป็นขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์และระบบต่างๆ การเชื่อมวัสดุต่างๆ เข้าด้วยกันตามหลักวิศวกรรม และการติดตั้ง Hot cell
4. Preoperational testing เป็นขั้นตอนการทดสอบระบบต่างๆ ก่อนการใช้งานจริง เพื่อที่จะแสดงว่าระบบ Manipulator และระบบต่างๆ สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยตามที่ได้ออกแบบไว้ ความผิดพลาดในการสร้างหรือจากการออกแบบจะถูกแสดงให้เห็นในขั้นตอนนี้ ซึ่งถ้าหากมีจริงจะต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไปได้
5. Commissioning เป็นขั้นตอนการทดสอบการใช้งานจริงของระบบต่างๆ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้แล้วก็สามารถใช้งานตามความต้องการใช้งานได้

[38] Trends in research reactor design and utilization, Pablo M. Abbate, Meeting on Design & Utilization Aspects for a new Research Reactor, IAEA/VAEC 1 April 2005, Hanoi, Vietnam

การก่อสร้างส่วนสนับสนุนการผลิตไอโซโทปจะทำคู่ขนานกับการก่อสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย โดยใช้เวลาก่อสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ประมาณ 2 ปี

การจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์เพิ่มเติมในส่วนห้องปฏิบัติการที่จัดหาแยกจากการประมูลของกลุ่มงานย่อยวิจัยและพัฒนาไอโซโทปและเภสัชรังสี กลุ่มงานด้านการฉายรังสีอัญมณี กลุ่มงานด้านการโดปสารกึ่งตัวนำและกลุ่มงานด้านการตรวจสอบวัสดุ สามารถวางแผนจัดซื้อตามความเหมาะสมของแต่ละกลุ่มงาน เพื่อการเตรียมการรองรับงานล่วงหน้า

3.4.2 แผนการจัดการเครื่องมือและอุปกรณ์

สทน. เคยมีประสบการณ์ในการบริหารจัดการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 2 MW และระบบผลิตไอโซโทปรังสีเพื่อให้บริการมาแล้ว แต่เมื่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยมีกำลังสูงขึ้นและระบบผลิตไอโซโทปรังสีมีความทันสมัยและซับซ้อนขึ้น จะต้องจัดเตรียมเพิ่มหรือจัดแบ่งกำลังคนเพื่อเข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีทั้งในส่วนการควบคุมการเดินเครื่องและการบำรุงรักษาให้เป็นไปตามการกำกับดูแลความปลอดภัยและบริหารการใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ตามวัตถุประสงค์ จึงจำเป็นต้องวางแผนบริหารจัดการซึ่งประกอบด้วย

1. การฝึกอบรม (Training) เป็นการฝึกอบรมกำลังคนเพื่อทบทวนระบบทั่วไปและการถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบใหม่ แบ่งเป็น
    - การฝึกอบรมพื้นฐานการทำงานของระบบเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและอุปกรณ์ประกอบ การฝึกปฏิบัติเดินเครื่องจนได้รับใบอนุญาตเดินเครื่อง รวมถึง กลุ่มผลิตไอโซโทปรังสี กลุ่มโดปสารกึ่งตัวนำและกลุ่มฉายรังสีพลอย ให้สัมฤทธิผลในการใช้ระบบ
    - การฝึกอบรมวิศวกรซ่อมบำรุงให้สามารถบำรุงรักษาระบบพื้นฐาน จนถึงการซ่อมบำรุงและการจัดการเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
2. การบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นการเตรียมการเพื่อบำรุงรักษาระบบ หลังการรับมอบระบบในการดูแล แบ่งเป็น
    - การดูแลในระยะเวลาประกัน การวางแผนสำรองอะไหล่ และการสร้างแผนบำรุงรักษาทวีผล ตามคำแนะนำของผู้ผลิตระบบ
    - การบำรุงรักษาทวีผล การเปลี่ยนอุปกรณ์ตามวาระ และการจัดการเชื้อเพลิงนิวเคลียร์

- การซ่อมบำรุงเมื่อระบบขัดข้อง และการตรวจประกันความปลอดภัยตามมาตรฐานสากล

3. การบริหารเวลาให้บริการ (Reactor time management) เป็นการกำหนดนโยบายเพื่อบริหารสัดส่วนชั่วโมงใช้งานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ในการวิจัย การบริการสังคม และการบริการเพื่อการเรียนการสอน ซึ่งแบ่งเป็น

- การบริการภายใน ได้แก่ การบริการกลุ่มงานต่างๆ ภายในองค์กร
- การบริการภายนอก ได้แก่ การให้เช่าลำบีม การเปิดโอกาสให้ใช้บริการเพื่อการเรียนการสอนแก่บุคลากรภายนอก

4. การวางแผนผลิต (Production planning) เป็นการวางแผนการผลิตรองรับความต้องการผู้ใช้บริการและการบริหารชั่วโมงใช้งานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยให้ได้ประโยชน์สูงสุด ซึ่งต้องดำเนินแผนด้านการตลาดและต้องจัดการให้สอดคล้องกับแผนด้านโลจิสติกส์

3.5 เงื่อนไขการชำระค่าเครื่องจักรอุปกรณ์

ประมาณการด้านการลงทุนในการก่อสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่มีลักษณะเฉพาะคล้ายกันขนาด 10 MW จะมีวงเงิน 4,680 ล้านบาท สามารถแบ่งเป็นสัดส่วนได้ดังนี้ โดยแยกตามขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เมื่อเริ่มโครงการ (Project launching) 1.9% หรือประมาณ 88.92 ล้านบาท
2. ขั้นตอน Preliminary engineering 6% หรือประมาณ 280.80 ล้านบาท
3. ขั้นตอน Detail engineering 15% หรือประมาณ 702 ล้านบาท
4. ขั้นตอน Civil works 25% หรือประมาณ 1,170 ล้านบาท
5. ขั้นตอน Management and procurement 29% หรือประมาณ 1,357.2 ล้านบาท
6. ขั้นตอน Installation 10% หรือประมาณ 468 ล้านบาท
7. ขั้นตอน Preoperational testing 3.3% หรือประมาณ 154.44 ล้านบาท
8. ขั้นตอน Commissioning 1.3% หรือประมาณ 60.84 ล้านบาท

ส่วนที่เหลืออีก 8.5% (หรือประมาณ 397.8 ล้านบาท) เป็นค่าการบริหารจัดการโครงการ ค่าจ้างผู้จัดการโครงการ หัวหน้าส่วนต่างๆ บุคลากรในการดำเนินเรื่องขออนุญาตและงานเลขานุการ รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการเดินทางและการถ่ายทอดเทคโนโลยี เป็นต้น อย่างไรก็ตาม

ข้อมูลข้างต้นเป็นเพียงแค่ประมาณการเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริง จะแตกต่างจากนี้ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของเครื่องปฏิกรณ์ที่จะสร้าง และค่าจ้างแรงงานในแต่ละประเทศ

นอกจากนี้ยังมีประมาณการด้านการลงทุนในการก่อสร้างอาคารและระบบผลิตไอโซโทปรังสีที่มีลักษณะเฉพาะคล้ายกัน มีวงเงิน 1,260 ล้านบาท ซึ่งใช้เงื่อนไขชำระเงินตามขั้นตอนการดำเนินงานเช่นเดียวกับการก่อสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย

3.6 อายุการใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์

ตามปกติเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจะมีอายุใช้งานมากกว่า 40 ปี แต่อุปกรณ์ประกอบและเครื่องมือจะมีอายุใช้งานแตกต่างกันไป ซึ่งเมื่อถึงอายุใช้งานก็จะต้องมีการเปลี่ยนหรือทดแทนเป็นการลงทุนเพิ่ม ได้แก่

Isotope Instrument	(อายุการใช้งาน 20 ปี)
ระบบระบายความร้อนปฐมภูมิ	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
ระบบระบายความร้อนทุติยภูมิ	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
ระบบรักษาคุณภาพน้ำ	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
ระบบฉีดน้ำกรณีฉุกเฉิน	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบท่อ	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบแผ่น	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
หอระบายความร้อน 800 ตัน	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
ระบบอาบสารตัวอย่างด้วยลม	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
ระบบเครื่องกำจัดตะกรัน	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
ระบบรักษาคุณภาพของน้ำในบ่อเก็บเชื้อเพลิง	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
รถยก	(อายุการใช้งาน 10 ปี)
คอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง	(อายุการใช้งาน 5 ปี)
เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ	(อายุการใช้งาน 5 ปี)

3.7 การซ่อมแซมและการบำรุงรักษา

ภายในระยะเวลา 2 ปีแรกจะยังไม่มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา เนื่องจากอยู่ในช่วงเวลารับประกันตามสัญญาของบริษัทผู้ผลิต เมื่อเริ่มปีที่ 3 เป็นระยะเวลาหลังรับประกันจะต้องวางแผนงบประมาณในอัตราเพิ่มทุกสองปี เช่น ร้อยละ 5, 6, 8 และ 10 ของมูลค่าเครื่อง เป็นต้น และเมื่อเครื่องมีอายุมากกว่า 10 ปี งบประมาณการทำสัญญาซ่อมบำรุงอาจสูงกว่าร้อยละ 10 ของราคาเครื่อง เนื่องจากมีอุปกรณ์ถึงอายุต้องเปลี่ยน อย่างไรก็ตามการมี In-house engineer ที่สามารถซ่อมบำรุงในส่วนที่ไม่ซับซ้อนและผู้ผลิตยินยอมให้ดำเนินการภายใต้กฎเกณฑ์การกำกับความปลอดภัยจะช่วยประหยัดงบประมาณ แผนการบำรุงรักษามีแนวทางดำเนินการดังนี้

- การดูแลในระยะเวลาประกันบริษัทผู้ผลิต ในการจัดหาอาจมีการวางแผนสำรองอะไหล่ระยะเวลา 2 ปี ที่จำเป็นไว้และสร้างแผนบำรุงรักษาทวีผลตามคำแนะนำของผู้ผลิต
- การบำรุงรักษาหลังรับประกัน อาจตกลงเป็นสัญญาจ้างเฉพาะส่วนที่ต้องอาศัยผู้ผลิต ในส่วนการเปลี่ยนอุปกรณ์ตามวาระ การตรวจบำรุงประจำปีและการจัดการเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ สามารถรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและดำเนินการเองได้
- การซ่อมบำรุงเมื่อระบบขัดข้องขึ้นอยู่กับศักยภาพของ In-house engineer และเงื่อนไขสัญญากับผู้ผลิต ซึ่งการดำเนินการต้องประกันคุณภาพตามมาตรฐานสากล

3.8 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตและการให้บริการตามแผนกำลังการผลิต เพื่อบริหารจัดการให้ตอบสนองความต้องการในด้านต่างๆ ประกอบด้วยกระบวนการต่อไปนี้

3.8.1 การเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเป็นเครื่องผลิตนิวตรอนความเข้มสูงจากปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission) ของเชื้อเพลิงยูเนียม มีเป้าหมายฟลักซ์ของนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในช่วงกลาง (Medium neutron flux density) ประมาณ 10^{14} n/cm^2-s กลุ่มผู้ปฏิบัติงานด้านวิศวกรรม เป็นผู้รับผิดชอบควบคุมการเดินเครื่อง ซ่อมบำรุง การจัดการแกนปฏิกรณ์ ดูแลการเปลี่ยนถ่ายเชื้อเพลิง และดูแลความปลอดภัยทั่วไปของการใช้งานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย รวมถึงออกแบบและคำนวณในการให้บริการอาบรังสีและการใช้ท่อนำรังสีในงานต่างๆ ต้องมีการวางแผนการเดินเครื่องให้สอดคล้องกับรอบการจองใช้บริการ และบริหารกำลังการเดินเครื่องให้ได้ฟลักซ์นิวตรอนสอดคล้องกับแผนกำลังผลิต ได้แก่

1. การผลิตไอโซโทปรังสีใหม่ที่สามารถตอบสนองความต้องการในประเทศทั้งด้านอุตสาหกรรมและการแพทย์ ได้แก่ Ir-192 ต้องการนิวตรอนฟลักซ์อย่างน้อย $2x10^{14}$ n/cm^2-s

2. ท่ออาบนิวตรอนสำหรับรองรับการทำ NTD ต้องมีการออกแบบให้มี Thermal neutron flux สม่ำเสมอสูงและมีความเข้มอย่างน้อย $8x10^{12}$ n/cm^2-s

3. การฉายรังสีอัญมณีที่มีการตกค้างของสารกัมมันตรังสีในเนื้ออัญมณีน้อยจำเป็นต้องมีท่ออาบนิวตรอน Fast flux และระบบระบายความร้อนรองรับ

3.8.2 การผลิตไอโซโทปรังสี

การผลิตไอโซโทปรังสี ทำได้โดยการเพิ่มนิวตรอนเข้าไปในนิวเคลียสของไอโซโทปเสถียรที่เหมาะสม ทำให้เกิดการเสียสมดุลระหว่างจำนวนโปรตอนและนิวตรอนในโครงสร้างนิวเคลียสของอะตอม กลายเป็นไอโซโทปไม่เสถียรหรือ เรียกว่า "ไอโซโทปรังสี" มีการสลายตัวให้กัมมันตภาพรังสี ไอโซโทปรังสีที่ได้จะผ่านกระบวนการที่นำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ต้นกำเนิดรังสีทั้งในรูปแบบเปิดและแบบปิดผนึกสนิท เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ อุตสาหกรรม และการเกษตร ตลอดจนเพื่อการศึกษาวิจัย เช่น การผลิตไอโซโทปรังสีในรูปสารเภสัชรังสี ชุดเภสัชรังสีสำเร็จรูปที่พร้อมใช้งาน การผลิตไอโซโทปรังสีสำหรับงาน NDT ควบคู่กับการควบคุมคุณภาพการผลิต การขนส่งยังผู้รับบริการอย่างปลอดภัยและรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีงานบริการซ่อมบำรุงต้นกำเนิดรังสีที่ขัดข้องด้วยระบบ Telemanipulator

3.8.3 การฉายรังสีอัญมณี

การปรับปรุงคุณภาพของอัญมณีด้วยการฉายรังสี อาศัยหลักการที่รังสีนิวตรอนทำให้โครงสร้างของผลึกบกพร่องไปจากการเดิมก่อให้เกิด Site lattice และสร้าง Color center ขึ้น ผลดังกล่าวก่อให้การดูดกลืนช่วงคลื่นแสงเปลี่ยนไป ส่งผลให้สีของอัญมณีเปลี่ยนแปลง มีสีสันสวยงามสดใสขึ้นและมีมูลค่าเพิ่มขึ้น รังสีที่นิยมใช้มี 3 ชนิด ได้แก่ รังสีแกมมา อิเล็กตรอนพลังงานสูง และรังสีนิวตรอนที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย เนื่องจากรังสีนิวตรอนสามารถทะลุทะลวงเข้าไปได้ดีกว่าอิเล็กตรอน เมื่อนำมาฉายอัญมณีทำให้รับรังสีสม่ำเสมอทั่วทั้งก้อน

รังสีนิวตรอนสามารถทำให้อัญมณีหลายชนิดมีสีสวยงามขึ้นและเป็นที่นิยมในตลาดส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกาและยุโรป อัญมณีดังกล่าว ได้แก่

โทแพซ	จากไม่มีสี	เป็นสีฟ้า
เพชร	จากไม่มีสี	เป็นสีเขียว สีฟ้า สีน้ำตาล

คอรันดัม	จากไม่มีสี	เป็นสีเหลือง สีชมพู
เบริล	จากไม่มีสี	เป็นสีเหลือง สีฟ้า สีเขียว

แต่อย่างไรก็ตามการอาบด้วยรังสีนิวตรอนจะก่อให้เกิดการก่อกัมมันต์กับธาตุต่างๆ ในอัญมณีแต่ละชนิดแตกต่างกันไป จึงต้องปล่อยทิ้งไว้ให้ไอโซโทปรังสีสลายตัวจนมีระดับรังสีที่ปลอดภัย โดยใช้มาตรฐานสากล คือ ความแรงรังสีต้องไม่เกิน 2 นาโนคูรี/กรัม

3.8.4การโดปสารกึ่งตัวนำ

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยสามารถช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ด้านการโดปสารกึ่งตัวนำโดยการแปลงธาตุหลังก่อกัมมันต์ด้วยนิวตรอน (Neutron Transmutation Doping, NTD) การโดปสารเกิดจากการสลายตัวของอะตอมธาตุรังสีเปลี่ยนเป็นอะตอมธาตุของสารเจือในสารกึ่งตัวนำ เช่น การโดปสารกึ่งตัวนำซิลิกอน เป็นการนำแท่งซิลิกอนบริสุทธิ์ไปอาบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย จะมีอะตอมซิลิกอนบางส่วนเกิดเป็นอะตอมกัมมันตรังสีและสลายตัวกลายเป็นฟอสฟอรัส เรียกว่า "การโดปสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type impurity doping)" สามารถกำหนดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำได้ด้วยการควบคุมปริมาณสารเจือจากกระบวนการอาบรังสี แท่งซิลิกอนหลังเจือสารด้วยเทคนิค NTD จะมีคุณภาพสูง สำหรับใช้เป็นวัสดุเริ่มต้นในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic device) เช่น IGBT, Thyristor และ Diode ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ไฮบริดและระบบแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับในด้านพลังงานทดแทน

3.8.5 การวิจัยพัฒนา

การผลิตผลงานวิจัยและการพัฒนาด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์มีความหลากหลาย ได้แก่ งานค้นคว้าวิจัยเพื่อบุกเบิกองค์ความรู้ใหม่ งานวิจัยพื้นฐานเพื่อการพัฒนาประเทศ และงานวิจัยพัฒนาด้านนวัตกรรมเพื่อนำไปสู่ทรัพย์สินทางปัญญา ด้วยความหลากหลายของสาขาการวิจัย กลุ่มงานด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีนิวเคลียร์จึงมีการแบ่งกลุ่มงานย่อยๆ เป็น ด้านการแพทย์และสาธารณสุข ด้านวัสดุศาสตร์และอุตสาหกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเทคโนโลยีชีวภาพและการเกษตรและด้านวิทยาการก้าวหน้า ตลอดจนให้การสนับสนุนการผลิตผลงานวิจัยเพื่อให้กลุ่มงานอื่นๆ นำผลงานไปทำรายได้ หรือการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กระบวนการเชิงพาณิชย์ยังภาคเอกชน

3.8.6 การให้บริการทดสอบ

รังสีนิวตรอนมีความสามารถที่จะใช้ในการศึกษาโครงสร้างภายในของวัสดุ โดยสามารถศึกษาโครงสร้างได้ในระดับอะตอมและโมเลกุล เทคนิคการกระเจิงของนิวตรอน (Neutron scattering) สามารถทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้ในหลากหลายสภาวะ เช่น สภาวะสุญญากาศ อุณหภูมิสูง อุณหภูมิต่ำ ภายใต้สนามแม่เหล็ก หรือในสภาวะปกติ ส่วนเทคนิคการกระเจิงของนิวตรอนในมุมแคบ (Small angle neutron scattering) สามารถใช้ศึกษาโครงสร้างของวัสดุในช่วง 10^{-9} เมตร (นาโนเมตร) ถึง 10^{-7} เมตร ซึ่งครอบคลุมในช่วงโครงสร้างโปรตีนและพอลิเมอร์เป็นต้น จึงสามารถใช้ศึกษาโครงสร้างของโปรตีนและ DNA ในสิ่งมีชีวิตได้ และสามารถใช้แยกความแตกต่างของเฟสในด้านขนาดและโครงสร้างของพอลิเมอร์ผสมได้ดี นอกจากนี้เทคนิคการหักเหของนิวตรอน (Neutron diffraction) สามารถใช้ในการหาค่าความเค้นเชิงกล (Residual stress) ที่มีอยู่ในวัสดุหลังการเชื่อมต่อโลหะหรือท่อได้ ที่สำคัญเทคนิคการกระเจิงของนิวตรอนในมุมแคบและเทคนิคการหักเหของนิวตรอน เป็นวิธีที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุที่ทดสอบ

การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคก่อกัมมันต์เป็นวิธีวิเคราะห์แร่ธาตุด้วยเทคนิคการอาบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจะทำให้อะตอมของธาตุเสถียรในตัวอย่างกลายเป็นธาตุกัมมันตรังสี (Radioactive) รูปแบบการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีจะปลดปล่อยรังสีแกมมาซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของธาตุชนิดต่างๆ ทำให้สามารถวัดสเปกตรัมรังสีและนำไปสู่การวิเคราะห์ธาตุในเชิงคุณภาพและปริมาณได้ ใช้สำหรับความจำเป็นในการวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยระดับ ppm และ ppb ในตัวอย่างต่าง ๆ เช่น ตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อม ดินเพาะปลูกพืช ตัวอย่างทางธรณีวิทยา งานพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ วัตถุโบราณและตัวอย่างทางชีววิทยา เป็นต้น

สำหรับการทดสอบแบบไม่ทำลาย สามารถใช้เทคนิคการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน (Neutron radiography) ซึ่งสามารถให้รายละเอียดของชิ้นงานที่มีองค์ประกอบของธาตุเบาได้ดีกว่าการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา เช่น ยาง พลาสติก โพลิเมอร์ นอกจากนั้นวัสดุที่ประกอบด้วยธาตุบางชนิดซึ่งมีค่า Cross-section ต่อการเกิดอันตรกิริยากับนิวตรอนสูง เช่น โบรอน ลิเทียม แคดเมียม จะให้ Contrast ที่ชัดเจนมากสำหรับการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน เนื่องจากวัสดุที่กล่าวมาสามารถดูดกลืนนิวตรอนได้ดี ในขณะที่รังสีเอกซ์มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนต่อวัสดุเหล่านี้ต่ำ จึงทำให้ได้ Contrast ไม่ชัดเจน ในด้านบริการจึงเป็นการให้บริการปฏิบัติการด้านนิวตรอน

3.8.7 การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

สำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยนิวตรอน ซึ่งเป็นการใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์พืช[39] วิธีการหนึ่ง นิวตรอนสามารถชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของพืชโดยทำให้สารพันธุกรรมหรือยีนของพืชนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเองโดยไม่มีการนำยีนจากภายนอกเข้าไป โดยปกติพืชจะมีการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมในตัวเองอยู่แล้วตามธรรมชาติ โดยถูกกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม แต่การนำรังสีมาใช้เป็นการช่วยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้เกิดเองตามธรรมชาติ รังสีที่นิยมใช้ คือ รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ และรังสีนิวตรอน เพราะสามารถฉายผ่านทะลุเข้าไปถึงเซลล์ภายในได้ดี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับยีนได้ เกิดลักษณะเด่นใหม่ๆ ขึ้นมาให้คัดเลือก ส่วนของพืชที่ทำหน้าที่ขยายพันธุ์และสามารถนำมาฉายรังสีเพื่อปรับปรุงพันธุ์ได้ เช่น เมล็ด กิ่ง ตา เหง้า หัว เนื้อเยื่อพืช ฯลฯ แต่ที่นิยม คือ เมล็ด เนื่องจากมีปริมาณมากหาง่าย สะดวกในการฉายรังสีและการขนส่งไปเพาะปลูก

3.9 แผนการจัดการด้านโลจิสติกส์

การจัดการด้านโลจิสติกส์ประกอบด้วย กระบวนการวางแผน การนำแผนไปปฏิบัติการและการควบคุมเพื่อก่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านคุณค่าของการกระจายของสินค้าและบริการ จากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดหมายปลายทาง ขอบข่ายของด้านโลจิสติกส์ประกอบด้วย แผนการจัดส่ง การสำรองวัสดุ การจัดการสินค้าคงคลัง การขนส่งเชื้อเพลิงให้เป็นไปตามมาตรฐาน ระบบเก็บกากกัมมันตรังสีที่ไม่ต้องการที่เกิดในกระบวนการผลิตไอโซโทป ระบบความปลอดภัยในการจัดเก็บ ระบบบรรจุหีบห่อและขนส่งบรรจุภัณฑ์

สำหรับการจัดการด้านโลจิสติกส์ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยนั้นจะมีรายละเอียดที่แตกต่างจากการจัดการด้านโลจิสติกส์ทั่วไป เนื่องจากต้องคำนึงถึงกฎระเบียบการกำกับดูแลด้านความปลอดภัยในการขนส่งเชื้อเพลิงใหม่และเชื้อเพลิงใช้แล้วมากเป็นพิเศษ อีกทั้งหีบห่อและบรรจุภัณฑ์ยังต้องเป็นแบบเฉพาะที่ใช้ในการขนส่งสารกัมมันตรังสีอีกด้วย ทั้งนี้ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศได้ออกข้อกำหนดต่างๆ ออกมาเพื่อควบคุมการส่งออกและการขนส่งให้อยู่บนมาตรฐานเดียวกันและมีความปลอดภัยสูง บริษัทและตัวแทนที่ทำหน้าที่จัดการด้านโลจิสติกส์จะต้องทำการจัดส่งเพื่อให้เป็นไปตามข้อบังคับสากลของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศเป็นหลัก นอกจากนี้แล้วยังมีกฎหมายระหว่างประเทศและกฎหมายด้านการกำกับดูแล

[39] http://www.oaep.go.th/nstkc/content/view/185/29/

การขนส่งของแต่ละประเทศที่บริษัทผู้ขนส่งและตัวแทนต้องดำเนินการตาม ดังนั้นการจัดการด้านโลจิสติกส์ของประเทศต่างๆ จึงมีความแตกต่างกันบ้างตามแต่กฎหมายควบคุมของประเทศนั้นๆ

3.9.1 การขนส่งและจัดการวัสดุนิวเคลียร์

การจัดการด้านการขนส่งวัสดุนิวเคลียร์ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

1. การออกแบบหรือผลิตอุปกรณ์และบรรจุภัณฑ์ชนิดพิเศษเพื่อใช้ในการขนส่งและ/หรือการจัดเก็บวัสดุนิวเคลียร์
2. การบริหารจัดการระบบการขนส่งวัสดุนิวเคลียร์และการจัดการขนย้าย ซึ่งต้องเป็นไปตามการบริหารจัดการ การประเมินค่าใช้จ่ายและการจัดการด้านเทคนิคของการขนส่ง อีกทั้งยังต้องมีความปลอดภัยในระดับที่พึงพอใจ มีการป้องกันทางกายภาพและมีความรับผิดชอบต่อสังคม

หลังจากที่มีการออกแบบและวางแผนการขนส่งแล้ว บริษัทตัวแทนการขนส่งจะมีขั้นตอนการติดตามสิ่งที่ของทำการขนส่ง มีการวางแผนสำหรับรองรับอุบัติเหตุ และการให้ข้อมูลและสร้างความตระหนักต่อสังคม

สำหรับขั้นตอนการขนส่งนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก

1. การขนส่งในส่วนหน้า (Front End Transportation) โดยในขั้นตอนนี้จะทำการจัดส่งเชื้อเพลิงจากแหล่งผลิตเชื้อเพลิง เช่น ในประเทศฝรั่งเศสและจากสถานที่ต่าง ๆ ไปยังประเทศที่ตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย
2. การขนส่งในส่วนหลัง (Back End Transportation) สำหรับขั้นตอนนี้จะมีการนำเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วขนส่งกลับไปด้วยบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะพิเศษ

3.9.2 การขนส่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์

เชื้อเพลิงของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยประกอบด้วยยูเรเนียมเสริมสมรรถนะ (ซึ่งระดับการเสริมสมรรถนะขึ้นอยู่กับการออกแบบแกนปฏิกรณ์และการใช้งาน) ดังนั้นการขนส่งเชื้อเพลิงจึงจำเป็นต้องดำเนินการตามข้อตกลงต่างๆ อันประกอบด้วย กฎข้อบังคับของการขนส่งวัสดุอันตรายระหว่างประเทศ มาตรฐานของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ และกฎหมายของประเทศและระหว่างประเทศสำหรับการป้องกันทางกายภาพ ดังนั้นทางกลุ่มบริษัทผู้ขนส่งจึงได้รวมวิธีการจัดการต่างๆ ดังนี้

สำหรับยูเรเนียม (HEU และ LEU) ที่มีการขนส่งไปยังเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูต่างๆ ทั่วโลก ต้องมีการบรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์มาตรฐานชนิดพิเศษ เช่น TN™-BGC, TN™UO2, CERCA 01 package, IAEA 9 ใช้สำหรับการขนส่งเชื้อเพลิงไปยังญี่ปุ่นและภายในยุโรป โดยจะใช้ CERCA package สำหรับเชื้อเพลิงใหม่ และใช้ TN™UO_2 TN™F-XI สำหรับเชื้อเพลิงแบบผงและแบบเม็ด (pellet) หรือใช้ TN™-BGC สำหรับ HEU

สำหรับ TN™-MTR cask สามารถประกอบเข้ากับ Basket ที่แตกต่างกันได้ถึง 6 แบบ ซึ่งสามารถบรรจุแท่งเชื้อเพลิง (Fuel element) ได้ 4 – 68 แท่ง และสามารถใช้ TN™-106 จำนวน 2 cask ซึ่งมีความยาวที่แตกต่างกัน (2200 mm และ 2000 mm) ได้ในเวลาเดียวกัน ส่วน TN™-MIL สามารถใช้ในการขนส่งแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วได้ถึง 20 แท่ง ซึ่งจะมีการนำมาใช้งานในอนาคตอันใกล้นี้ บรรจุภัณฑ์ต่างๆ ที่มีการนำมาใช้นั้นจะเป็นไปตามข้อบังคับของ IAEA (T-S-R-1 regulation)

3.9.3 การขนส่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้ว

ภายในแท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้แล้วของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจะประกอบด้วยยูเรเนียมเสริมสมรรถนะที่เหลืออยู่และผลิตผลฟิชชัน ซึ่งสามารถทำการจัดเก็บไว้ในภาชนะจัดเก็บชั่วคราว และสทน. จะต้องมีแผนในการจัดเตรียมสถานที่จัดเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วในระยะยาวต่อไป แต่ในกรณีจัดซื้อจากประเทศสหรัฐอเมริกาอาจสามารถจัดส่งกลับไปยังผู้ผลิตได้ [40] (ขึ้นกับนโยบายการรับเชื้อเพลิงกลับของประเทศสหรัฐอเมริกาในอนาคต) ซึ่งมีหลักเกณฑ์สำหรับประเทศต่างๆ ดังนี้

- สำหรับประเทศที่มีผลประกอบการทางเศรษฐกิจสูง
  - จ่ายเงินเพื่อชดเชยการจัดการภาชนะจัดเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วจนกว่าจะถึงขั้นตอนการปลดระวาง
  - ผู้ดำเนินการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

---

[40] Union of Concerned Scientists, Nuclear Research Reactor Spent Fuel Takeback, http://www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/nuclear_terrorism/policy_issues/nuclear-research-reactor.html, November 2004.

Iain G. Ritchie, International Atomic Energy Agency, Growing Dimensions Spent Fuel Management at Research Reactors, http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull401/article7.html.

- ผู้ขนส่ง คือ ตัวแทนการจัดการขนส่งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย

- ประเทศอื่นๆ
  - ค่าการจัดการทั้งหมดได้รับการยกเว้น
  - ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะสนับสนุนกิจกรรมบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งเชื้อเพลิงใช้แล้ว
  - ผู้ขนส่งจะอยู่ภายใต้การติดต่อและดำเนินการโดยทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ

นอกจากการจัดการด้านเชื้อเพลิงนิวเคลียร์แล้วเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่นี้ยังให้บริการผลิตไอโซโทปรังสี จึงต้องมีการจัดการด้านการผลิตไอโซโทปรังสีและสารเภสัชรังสี พร้อมทั้งการขนส่งไปยังผู้รับบริการ ซึ่งการขนส่งผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ต่างๆ ที่ถูกต้องของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศและสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยหีบห่อที่จะนำมาใช้ขนส่งวัสดุกัมมันตรังสีจะต้องได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับชนิดและกัมมันตภาพรังสีของวัสดุกัมมันตรังสีที่นำมาบรรจุ ถ้าวัสดุกัมมันตรังสีที่บรรจุอยู่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายสูง วัสดุที่จะนำมาใช้เป็นหีบห่อนั้นจะต้องมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น

3.9.4 การจัดเก็บสินค้าและวัสดุนิวเคลียร์

การออกแบบขนาดของช่องบรรจุผลิตภัณฑ์ที่รอการฉายรังสีหรือผลิตภัณฑ์ที่ฉายรังสีแล้ว (Storage rack) และบ่อเก็บเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้ว (Auxiliary pool) จะต้องออกแบบให้เพียงพอต่อการใช้งานด้านการโดปสารกึ่งตัวนำและเพื่อรองรับปริมาณการฉายรังสีอัญมณีที่เพิ่มขึ้น สำหรับบ่อเก็บเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้ว ต้องมีความจุเพียงพอที่จะสามารถจัดเก็บเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใหม่ที่ต้องใช้สำหรับบรรจุ 1 แกนปฏิกรณ์ปรมาณูเต็มแกนและเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วจากการเดินเครื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 20 ปี

จากข้อมูลการประชุมกลุ่มร่วมกับผู้เชี่ยวชาญของ สทน. คาดว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนิวเคลียร์หากมีการเดินเครื่องปฏิกรณ์ 1 MW-day จะสูญเสียยูเรเนียม-235 ประมาณ 2.8 – 3 กรัม ดังนั้นหากเดินเครื่องที่ 10 MW เป็นเวลา 210 วันต่อปีจะสูญเสียยูเรเนียม-235 ประมาณ 5.8 – 6.3 กิโลกรัมและทางสถาบันฯ ควรจะมีแผนการจัดหาเชื้อเพลิงสำรองไว้อย่างน้อย 10 ปี

เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วจะถูกเก็บในบ่อเก็บซึ่งจะเก็บได้ทั้งหมด 6 Rack เมื่อครบระยะเวลา 30 ปีแล้ว จะต้องมีการจัดเก็บเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วแบบแห้ง (Dry storage) ดังนั้นในการใช้งานในช่วง 20 ปีแรก จึงยังไม่มีค่าใช้จ่ายโดยตรงในการจัดการกับเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้ว

นอกจากนี้จะต้องมี Service pool หรือ บ่อพัก ซึ่งบ่อนี้ทำหน้าที่พักเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วก่อนเคลื่อนย้ายไปยังบ่อเก็บ และเป็นบ่อส่งผ่านวัสดุกัมมันตรังสีที่บรรจุในภาชนะบรรจุไปยัง Hot cell ในส่วนผลิตสารไอโซโทปรังสี

ระบบอาบรังสีจะต้องออกแบบให้มีประสิทธิภาพและมีความยืดหยุ่นสูงในการอาบรังสีและมีระบบนำส่งหรือขนถ่ายเคลื่อนย้ายไปยังอาคารผลิตไอโซโทปหรือส่วนสนับสนุนอื่นๆ โดยระบบสนับสนุนที่จำเป็นประกอบด้วย

- Bulk production irradiation facilities
- Pneumatic facilities
- Silicon irradiation facilities

สำหรับการฉายรังสีอัญมณีเมื่อทำการฉายรังสีนิวตรอนเสร็จแล้ว ต้องทำการจัดเก็บไว้ในที่ที่มีความปลอดภัยสูง ซึ่งจะต้องจัดทำห้องนิรภัย เพื่อรอการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีในอัญมณีก่อนนำไปเข้าฉายรังสีแกมมาหรือลำอิเล็กตรอนต่อจนครบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพอัญมณี การรับจ่ายต้องมีหลักฐานรัดกุม

3.9.5 การจัดการกากกัมมันตรังสี

การผลิตไอโซโทปรังสีที่ศูนย์ผลิตไอโซโทปรังสีของ สทน. ที่ผลิตอยู่ในปัจจุบันและที่อยู่ในแผนการผลิตเมื่อมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องใหม่ (10 MW) จะมีกากกัมมันตรังสีที่เกิดจากการผลิตทั้งที่มีครึ่งชีวิตสั้นและยาว จึงต้องมีการออกแบบบ่อเก็บกากชั่วคราวซึ่งมีลักษณะเป็นบ่อคอนกรีตปิดมิดชิด บุด้วยแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม ผนังด้านบนทำด้วยวัสดุอย่างเดียวกัน ขอบบ่อมีความหนาอย่างน้อย 1 เมตร ก่อสร้างให้อยู่ระดับชั้นใต้ดินของอาคารปฏิบัติการผลิตไอโซโทป จำนวน 2 บ่อ แต่ละบ่อมีขนาดปริมาตรจุที่สามารถรองรับกากกัมมันตรังสีที่เป็นของเหลวและสารละลายน้ำที่เกิดขึ้นในระยะเวลาผลิต 1,000 ชั่วโมงและ 2,500 วันตามลำดับ เพื่อสามารถสะสมไว้ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บไว้หรือรอการสลายตัว (Delay and Decay) ซึ่งบ่อแรกจะใช้สำหรับเก็บกากกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตสั้น และบ่อที่สองจะใช้สำหรับเก็บกากกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตยาว สำหรับบ่อแรกจะสามารถถ่ายเทกากกัมมันตรังสีออกได้บ่อยกว่าบ่อที่สอง โดยจะต้องมีการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักและระดับรังสีในสารละลายน้ำว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยจึงจะสามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

นอกจากนี้ กากกัมมันตรังสีที่เป็นผลิตผลฟิชชันจากการผลิต Sr-90 และ Cs-137 จะมีปริมาตรมากและมีค่าครึ่งชีวิตยาวมาก อาจต้องพิจารณาใช้สารเรซินจับไว้ให้เป็นกากกัมมันตรังสี

แบบของแข็งแล้วจึงขนถ่ายไปยังศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีเมื่อถึงเวลาหนึ่งๆ ส่วนกากฯ ที่เกิดจากอุปกรณ์เครื่องใช้สามารถส่งไปจัดการยังศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีได้โดยตรง

3.9.6 การบรรจุภัณฑ์และหีบห่อ

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูตัวใหม่สามารถผลิตไอโซโทปรังสีดังต่อไปนี้: Ir-192, Co-60, Mo-99 (จาก LEU-Target, Tc-99m generator), Dy-165, Yb-169, I-125, I-131, P-32, W-188 (Re-188 generator), Sm-153, Se-75, Sr-89, Y-90, Re-186, Lu-177, Ho-166, Gd-153 ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นสารเภสัชรังสี ถ้ามีความแรงรังสีต่ำ วิธีการขนส่งตามกฎระเบียบของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) บนหีบห่อไม่จำเป็นต้องติดฉลากรังสี แต่จะต้องมีตัวเลขสหประชาชาติที่ใช้กำกับวัตถุอันตราย "7" (United Nations dangerous goods number) ให้ชัดเจน นอกจากนี้อัตราการแผ่รังสีจากพื้นผิวจะต้องต่ำกว่า 0.005 mSv/h ซึ่งถือว่าเป็นระดับความเสี่ยงอันตรายที่น้อยมาก สำหรับสารเภสัชรังสีบางประเภทที่มีความแรงรังสีสูงต้องจัดส่งในหีบห่อแบบ A ซึ่งได้รับการออกแบบให้ทนต่ออุบัติเหตุที่ไม่รุนแรงมากนักและจะต้องผ่านการทดสอบในสภาวะขนส่งปกติตามระเบียบที่ IAEA กำหนดโดยปริมาณกัมมันตภาพรังสีสูงสุดจะถูกจำกัดไว้ นอกจากนี้อัตราการแผ่รังสีจากพื้นผิวของหีบห่อจะต้องต่ำกว่า 2 mSv/h อย่างไรก็ตามจะต้องมีการเตรียมการขนส่งสารเภสัชรังสีทางอากาศ เพื่อลดเวลาในการเดินทางเนื่องจากสารไอโซโทปรังสีทางการแพทย์ มักจะมีค่าครึ่งชีวิตสั้น

สำหรับไอโซโทปรังสีบางชนิดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น Ir-192, Co-60 เป็นไอโซโทปรังสีผนึกสนิทในแคปซูลและอยู่ใน Projector จะถูกบรรจุในหีบห่อแบบ Industrial มักจะขนส่งทางรถยนต์ รถไฟแต่ไม่ค่อยขนย้ายด้วยเครื่องบิน และหีบห่อชนิดนี้จะไม่ทนต่ออุบัติเหตุที่รุนแรง

หีบห่อทุกชนิด (ยกเว้นหีบห่อแบบ Excepted) จะต้องติดฉลากกำกับอย่างน้อยสองด้านของหีบห่อ และต้องทำเครื่องหมายสหประชาชาติ (UN number) ตามที่กำหนด ฉลากแต่ละชนิดจะบ่งบอกถึงระดับอัตรารังสีที่พื้นผิวของหีบห่อและที่ระยะมี 1 เมตรจากพื้นผิวพาหนะขนส่งทางบกที่ใช้ขนส่ง หีบห่อที่ติดฉลากข้างต้นต้องปิดป้ายที่ปรากฏสัญลักษณ์ทางรังสีและตัวเลขสหประชาชาติ "7" ทั้งสองข้างของตัวรถและด้านหลัง เพื่อแสดงว่าพาหนะได้บรรทุกวัสดุกัมมันตรังสีอยู่

3.9.7 การรับใบสั่งซื้อ

การให้บริการของ สทน. มีทั้งการสั่งซื้อและการสั่งจ้าง รวมทั้งการจองเวลาให้บริการ ซึ่งต้องมีการออกแบบฟอร์มให้เหมาะสม และมีความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการ ได้แก่

- การรับใบสั่งซื้อสารเภสัชรังสี ควรมีแบบฟอร์มที่ชัดเจนในการระบุชนิดและปริมาณ รวมทั้งวันและเวลาที่ต้องการ เพื่อการคำนวณปริมาณให้ถูกต้องและเหมาะสม เนื่องจากสารเภสัชรังสีจะสลายตัวตลอดเวลา ดังนั้นปริมาณที่จะจัดส่งต้องเพียงพอเพื่อให้สารเภสัชรังสีถึงมือผู้ใช้ด้วยความแรงรังสีที่ต้องการ

- การรับใบสั่งจ้างฉายรังสีอัญมณี การโดปสารกึ่งตัวนำ ควรมีแบบฟอร์มที่ระบุจำนวนและการรับส่งที่รัดกุม เนื่องจากมีมูลค่าสูง

- ควรมีการอำนวยความสะดวกในการให้บริการทางระบบออนไลน์ (Online) มีเจ้าหน้าที่ในการตอบรับและให้คำแนะนำทาง E-mail ที่ตอบสนองอย่างรวดเร็ว

- ควรมีการสำรวจความพึงพอใจและความต้องการผลิตภัณฑ์สารเภสัชรังสีใหม่ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ โดยขอความร่วมมือหรือสร้างแบบสอบถาม และติดตามตรวจสอบป้อนข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและวางแผนการผลิต

3.9.8 การจัดซื้อ

การจัดซื้อวัสดุสำหรับกระบวนการผลิตจะต้องควบคุมคุณภาพวัสดุและบริหารควบคุมต้นทุนไม่ให้เพิ่มขึ้นมาก ดังนั้นในกระบวนการจัดซื้อ ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- สร้างฐานข้อมูลแหล่งสั่งซื้อวัตถุดิบ โดยสำรวจและแสวงหาแหล่งข้อมูลใหม่เพื่อเปรียบเทียบด้านบริการและราคาอยู่เสมอ

- มีการทำบัญชีสำรองวัสดุให้มีปริมาณสอดคล้องตามแผนการผลิต ไม่มากเกินไปจนเกิดความเสียหาย หรือเก็บนานจนเสื่อมคุณภาพ

- ควรมีสถานที่จัดเก็บวัสดุเป็นสัดส่วนของแต่ละหน่วย มีการควบคุมการเบิกจ่ายเพื่อทราบสถิติความต้องการและการวางแผนจัดซื้อ

- มีการวางแผนงบประมาณจัดซื้อประจำปี โดยประมาณการได้ถูกต้องและใช้จ่ายตามแผน

- มีวิธีการจัดซื้อตามระเบียบการจัดซื้อพัสดุเป็นขั้นตอน มีการออกข้อกำหนด ติดประกาศ ดำเนินการจัดซื้อและการตรวจรับอย่างรัดกุม วัสดุควบคุมจะต้องมีการขออนุญาตนำเข้าและครอบครองตามกฎหมายของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

3.9.9 การวางแผนควบคุมสินค้า

ต้องจัดระบบควบคุมคุณภาพการผลิตให้ได้มาตรฐาน ISO และ GMP รวมถึงควบคุมกระบวนการผลิตให้มีความปลอดภัยตามกฎหมายกำกับดูแลทางรังสีอย่างรัดกุม รวมทั้งต้องผลักดันให้สารเภสัชรังสีให้อยู่ภายใต้มาตรฐานการกำกับดูแลของคณะกรรมการอาหารและยา เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดทางการแพทย์ และในทางอุตสาหกรรมต้องมีการดำเนินการตามการขออนุญาตมีไว้ในครอบครองตามข้อกำหนดการกำกับดูแลความปลอดภัย

3.9.10 การประกันภัย

ต้องมีการประกันภัยในความรับผิดต่อบุคคลที่ 3 สำหรับประกันความเสี่ยงในด้านการขนส่ง การเคลื่อนย้ายสารไอโซโทปรังสี เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ และวัสดุนิวเคลียร์ ซึ่งเป็นไปตามกฎหมายประกันความรับผิดชอบด้านนิวเคลียร์ (Nuclear liability law) ของประเทศเมื่อกฎหมายบังคับใช้ในอนาคต ในปัจจุบันจะกำหนดจากค่าประกันของเครื่องปฏิกรณ์ฯเดิม คือประมาณ 1 ล้านบาทต่อปี

3.10 ประมาณการวัตถุดิบที่ใช้

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและราคาเชื้อเพลิง[41]

หากประมาณว่าเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ที่ 210 - full power day ต่อปี (หรือ 24 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 210 วันต่อปีที่ 10 MW) ค่าใช้จ่ายในส่วนเชื้อเพลิงจะอยู่ที่ประมาณ 1.5 – 2 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี หรือประมาณ 54 - 72 ล้านบาทต่อปี (ใช้อัตราแลกเปลี่ยนที่ 36 บาทต่อ 1 เหรียญสหรัฐ) โดยตัวเลขนี้ยังไม่รวมค่าขนส่งเชื้อเพลิง ซึ่งไม่สามารถประมาณได้ เพราะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่างๆ ในการทำสัญญากับบริษัทขายเชื้อเพลิง และกฎหมายการขนส่งเชื้อเพลิง

ค่าใช้จ่ายในการจัดการเชื้อเพลิงใช้แล้ว

จากข้อมูลการประชุมกลุ่มกับบุคลากรของ สทน. คาดว่าจะเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วใน Auxiliary pool ในระยะ 20 ปีแรก แล้วเมื่อครบระยะเวลา 20 ปีแล้ว ก็จะพิจารณาการจัดเก็บเชื้อเพลิงแบบแห้ง (Dry storage) ดังนั้นในการใช้งานในช่วง 20 ปีแรก จึงยังไม่มีค่าใช้จ่ายโดยตรงในการจัดการกับเชื้อเพลิงใช้แล้ว

[41] Private communication

วัสดุและสารเริ่มต้นการผลิตไอโซโทป

- สารเริ่มต้นการผลิตไอโซโทป ผู้ผลิตจะต้องจัดหา LEU สำหรับผลิต Mo-99 ได้ในช่วงเวลา 5-10 ปีตามแผนการผลิต
- สารเริ่มต้นและอุปกรณ์ในการผลิต I-131 และ Ir-192 เป็นไปตามแผนการผลิต
- วัสดุสิ้นเปลืองอื่นๆ และวัสดุงานบ้านสามารถประเมินจากสถิติการใช้ในปีที่ผ่านมาประกอบกับการขยายงานที่เพิ่มขึ้น

3.11 การจัดหาเครื่องจักรและวัตถุดิบ

3.11.1 แผนการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย

เนื่องจากเป็นโครงการขนาดใหญ่ในการดำเนินการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ จะต้องจัดทำข้อกำหนดรายละเอียดทางเทคนิคให้ครอบคลุมความต้องการและประเมินจัดแบ่งสัดส่วนมูลค่าต่อโครงการเป็นระยะ ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบของระบบหลักอย่างละเอียด และมีผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เป็นที่ปรึกษา รวมทั้งดำเนินการจัดหาสำหรับโครงการอย่างโปร่งใสและรัดกุม โดยมีแนวดำเนินการดังนี้

1. สรรหาที่ปรึกษาต่างประเทศที่มีประสบการณ์ในการดำเนินโครงการแบบพร้อมใช้งานได้ทันที (Turnkey)
2. การร่วมออกแบบตามความต้องการ การวางแผนดำเนินการก่อสร้าง การศึกษาผลกระทบของโครงการขนาดใหญ่ เพื่อให้การดำเนินงานไม่ติดขัด
3. จัดทำข้อกำหนดการจัดซื้อ TOR ซึ่งประกอบด้วย
    - การร่างสัญญาซื้อขาย ข้อกำหนดทางเทคนิค การประเมินจัดแบ่งสัดส่วนมูลค่าต่อโครงการและการดำเนินการจัดหาตามระเบียบพัสดุ
    - การพิจารณาสำรองอะไหล่และวัสดุสิ้นเปลือง การรับประกัน การบริการหลังขาย การถ่ายทอดเทคโนโลยี
4. การจัดประมูลโครงการขนาดใหญ่ และคัดเลือกผู้ผลิตที่มีความน่าเชื่อถือ มีความมั่นคง สามารถให้ประกันด้านบริการตลอดอายุการใช้งาน
5. การจัดเตรียมบุคลากรในการเข้าร่วมงานติดตั้งเพื่อรับการถ่ายทอดการบำรุงรักษา การควบคุมติดตามปริมาณงาน การตรวจรับงานและการบังคับสัญญาประมูล

3.11.2 แผนการจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

การจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการดำเนินการได้โดยวิศวกรหรือนักวิทยาศาสตร์ของสถาบันฯ เนื่องจากมีประสบการณ์ตรงมานาน เป็นการจัดซื้อตามขั้นตอน

1. จัดตั้งคณะทำงานในการดูแลการจัดซื้อเพื่อให้ได้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่วางแผนไว้เป็นไปตามวัตถุประสงค์
2. จัดทำข้อกำหนดทางเทคนิคในการจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการที่มีความชัดเจน เพื่อความราบรื่นในกระบวนการจัดซื้อ
3. ดำเนินการจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการตามระเบียบพัสดุ
4. เตรียมการในการบำรุงรักษา เพื่อให้เครื่องมือมีอายุใช้งานยาวนาน

3.12 ประมาณการต้นทุนการผลิต

3.12.1 ต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์

การศึกษาถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยฯ จะแยกออกเป็นสองส่วน คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเบื้องต้นและค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของเครื่อง โดยเงินลงทุนเบื้องต้น (Trivial Investment) ได้แก่

- ที่ดินที่ใช้ก่อสร้างโครงการ 18 ไร่ 5,400,000 บาท
- เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 10 MW พร้อมส่วนสนับสนุนการปฏิบัติงาน 4,680,000,000 บาท
- ระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมส่วนสนับสนุนการปฏิบัติงาน 1,260,000,000 บาท

เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ 57,500,000 บาท

3.12.2 ประมาณการจำนวนค่าแรงที่ใช้

- หากกำหนดอัตราเงินเดือนของ Senior engineer ไว้ที่ 30,000 - 70,000 บาทต่อเดือน และต้องใช้ Senior engineer จำนวน 5 คน จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ทั้งสิ้น 150,000 – 350,000 บาทต่อเดือน
- หากกำหนดอัตราเงินเดือนของ Engineer ไว้ที่ 13,000 – 50,000 บาทต่อเดือน และต้องใช้ Engineer จำนวน 7 คน จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ทั้งสิ้น 91,000 – 350,000 บาทต่อเดือน

- หากกำหนดอัตราเงินเดือนของ Senior technician ไว้ที่ 10,000 – 40,000 บาทต่อเดือน และต้องใช้ Senior technician จำนวน 6 คน จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ทั้งสิ้น 60,000 – 240,000 บาทต่อเดือน
- หากกำหนดอัตราเงินเดือนของ Technician ไว้ที่ 8,000 – 25,000 บาทต่อเดือน และต้องใช้ Technician จำนวน 13 คน จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ทั้งสิ้น 104,000 – 325,000 บาทต่อเดือน
- หากกำหนดอัตราเงินเดือนของ Secretary ไว้ที่ 8,000 – 25,000 บาทต่อเดือน และต้องใช้ Secretary จำนวน 1 คน จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ทั้งสิ้น 8,000 – 25,000 บาทต่อเดือน

ดังนั้นค่าใช้จ่ายในส่วนสนับสนุนการปฏิบัติงานโดยมองในแง่ของบุคลากรที่จำเป็นในการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและในการบำรุงรักษา จะเป็นเงินทั้งสิ้น 413,000 – 1,290,000 บาทต่อเดือน หรือ 4,956,000 – 15,480,000 บาทต่อปี[42]

3.12.3 ต้นทุนการผลิตไอโซโทป

- ข้อมูลต้นทุนการผลิตไอโซโทปรังสีในกลุ่ม I-131 ที่กำลังการผลิตเดิมและนำค่าเสื่อมราคาทุกประเภทมาร่วมประเมิน ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักต้นทุนในการผลิต I-131เท่ากับ 27.61บาทต่อมิลลิคูรี (27,610 บาทต่อคูรี) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่สะท้อนถึงความเป็นจริงในปัจจุบัน
- ต้นทุนการผลิตสารไอโซโทปรังสี Ir-192 เป็นสัดส่วนประมาณ 40% ของราคาขาย ซึ่งราคาขายของ Ir-192 อยู่ที่ 900 บาทต่อคูรี ดังนั้นต้นทุนในการผลิต Ir-192 เท่ากับ 360 บาทต่อคูรี
- ต้นทุนการผลิตของ Mo-99/Tc-99m ประมาณ 225 ดอลลาร์ต่อคูรี (6 days) หรือคิดเป็น 61.36% ของราคาขาย และราคาขาย Mo-99/Tc-99m เท่ากับ 11 ดอลลาร์ต่อ 30 มิลลิคูรี ซึ่งราคาขายปัจจุบันเท่ากับ 56,000 บาทต่อคูรี สามารถประมาณต้นทุนการผลิต Mo-99/Tc-99m ได้เท่ากับ 34,361 บาทต่อคูรี

[42] อัตราเงินเดือนของ สทน.

3.12.4 ประมาณการพัฒนาองค์กร

ในการดำเนินงานจำเป็นต้องมีการพัฒนาองค์กรจึงต้องจัดงบประมาณในด้านต่างๆ ได้แก่ งบประมาณด้านการพัฒนาบุคลากรเพื่อรองรับการบริหารการเดินเครื่องกำลังสูงเป็นเงิน 2 ล้านบาทต่อปี งบประมาณประชาสัมพันธ์และสร้างมวลชนสัมพันธ์เป็นเงิน 1 ล้านบาทต่อปี ซึ่งอาจเป็นงบประมาณร่วมในงานบริหารส่วนกลาง

3.13 กำลังคน

จากการประชุมร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ของ สทน. และจากการศึกษาข้อมูลการดำเนินงานของศูนย์วิจัยนิวเคลียร์ต่างประเทศ สามารถสรุปความต้องการกำลังคนที่เพิ่มขึ้นในโครงการฯ ได้ดังนี้

งานด้านการตลาดและประชาสัมพันธ์ขาดการกล่าวถึงในกำลังคน

กลุ่มงานผลิตไอโซโทปรังสี

ปัจจุบัน

ศูนย์ผลิตไอโซโทปมีพนักงานเจ้าหน้าที่ประจำรวม 25 คน แบ่งเป็น

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์	5 คน
นักวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์อาวุโส	3 คน
นักวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์	10 คน
นักพัฒนาธุรกิจ	1 คน
เจ้าหน้าที่ห้องทดลองอาวุโส	1 คน
พนักงานห้องทดลอง	2 คน
พนักงานทั่วไป	3 คน

อนาคต

กลุ่มงานผลิตไอโซโทป เพิ่มขึ้น 10 คน

เจ้าหน้าที่	10 คน

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาในการใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย มีพนักงานเจ้าหน้าที่ประจำที่ทำงานเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 7 คน (กำลังเรียนต่างประเทศ 3 คน) พนักงานลูกจ้างที่ทำงานเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 3 คน สรุปในส่วนที่ดำเนินงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 10 คน แบ่งได้ดังนี้

เจ้าหน้าที่	7 คน
พนักงานลูกจ้าง	3 คน

และต้องการเพิ่มกำลังคนจำนวน 10 คน

เจ้าหน้าที่	7 คน
พนักงานลูกจ้าง	3 คน

กลุ่มงานด้านการฉายรังสีอัญมณี

ปัจจุบันกลุ่มงานด้านการฉายรังสีอัญมณีมีพนักงานเจ้าหน้าที่และลูกจ้างเหมารวม 9 คน แบ่งเป็นพนักงานเจ้าหน้าที่ประจำ 6 คน และลูกจ้างเหมา 3 คน พนักงานเจ้าหน้าที่ประจำ ทำงานเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย 3 คน สรุปในส่วนที่ดำเนินงาน แบ่งได้ดังนี้

ผู้จัดการศูนย์ฉายรังสีอัญมณี	1 คน
หัวหน้าฝ่ายจัดการเครื่องฉายรังสี	1 คน
หัวหน้าฝ่ายพัฒนาเทคโนโลยีฉายรังสี	1 คน
นักวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์	3 คน
พนักงานลูกจ้าง	3 คน
รวม	9 คน

และต้องการเพิ่มกำลังคนจำนวน 3 คน

เจ้าหน้าที่	2 คน
พนักงานลูกจ้าง	1 คน

กลุ่มงานด้านการโดปสารกึ่งตัวนำ

ปัจจุบันไม่มีบุคลากรทางด้านนี้ จากข้อมูลการดำเนินงานด้านการโดปสารกึ่งตัวนำด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย HANARO ในสาธารณรัฐเกาหลี (เกาหลีใต้) สามารถประมาณจำนวนบุคลากรในการปฏิบัติงานเพิ่มจำนวน 8 คน

เจ้าหน้าที่	3 คน
ลูกจ้าง	5 คน

กลุ่มงานด้านตรวจสอบวัสดุ

ในอนาคตหากมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่ และมีงานด้านการตรวจสอบวัสดุ จะต้องรับบุคลากรที่เข้ามาทำงานเพิ่มจำนวน 7 คน ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ทั้งหมด ดังนี้

เจ้าหน้าที่	7 คน

ด้านวิศวกรรมเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

ปัจจุบันฝ่ายจัดการเครื่องปฏิกรณ์มีพนักงานเจ้าหน้าที่และลูกจ้างรวม 22 คน แบ่งเป็นพนักงานเจ้าหน้าที่ประจำ 19 คน และลูกจ้างรวม 3 คน แบ่งตามตำแหน่งดังนี้

ผู้อำนวยการกลุ่มปฏิบัติการเทคโนโลยีนิวเคลียร์และปฏิกรณ์ปฏิบัติ		1 คน
หัวหน้าฝ่ายจัดการเครื่องปฏิกรณ์		1 คน
วิศวกรนิวเคลียร์		7 คน
ปริญญาตรี	4 คน	
ปริญญาเอก	3 คน	
ช่างเทคนิคอาวุโส		8 คน
ช่างอิเล็กทรอนิกส์	4 คน	
ช่างไฟฟ้า	2 คน	
ช่างเครื่องกล	2 คน	
ช่างเทคนิค		3 คน
ช่างอิเล็กทรอนิกส์	1 คน	
ช่างไฟฟ้า	2 คน	
เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป		1 คน
พนักงานทั่วไป		1 คน
รวมพนักงานเจ้าหน้าที่และลูกจ้าง		22 คน

จากการประเมินการดำเนินงานโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่ที่มีกำลังสูงขึ้น จะมีความต้องการบุคลากรเพิ่มขึ้น 10 คน

เจ้าหน้าที่	7 คน
พนักงานลูกจ้าง	3 คน

ด้านการตลาด

นอกจากบุคลากรด้านเทคนิคแล้วจำเป็นจะต้องมีการเพิ่มบุคลากรด้านการตลาดด้วย เนื่องจากการลงทุนในเครื่องปฏิกรณ์ฯ ทำให้เพิ่มการให้บริการในหลายๆ ด้าน และยังมีการให้บริการในผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ จึงจำเป็นจะต้องมีบุคลากรด้านการตลาดเพื่อทำการประชาสัมพันธ์และส่งเสริมการขาย ทั้งหมดจำนวน 5 คน ประกอบด้วย

เจ้าหน้าที่	1 คน
พนักงาน	4 คน

ตารางที่ 3-1 แสดงจำนวนบุคลากร

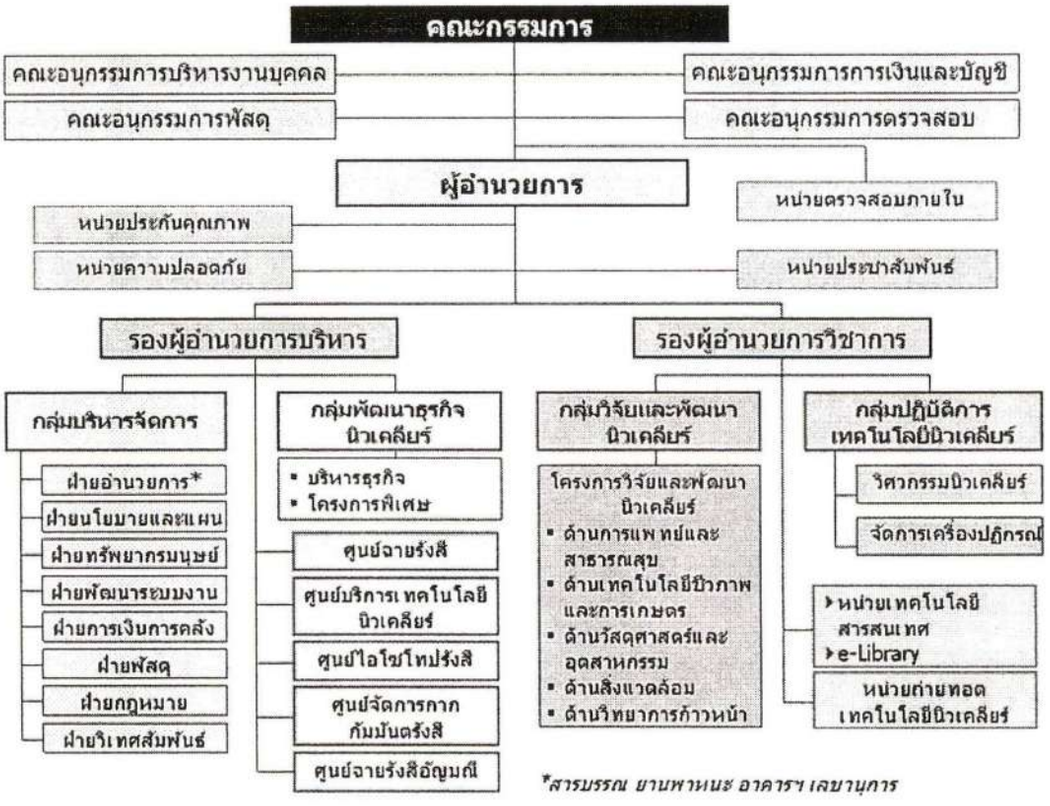
กลุ่มงาน	จำนวนบุคลากรเดิม (คน)	จำนวนบุคคลากรใหม่ (คน)
กลุ่มงานผลิตไอโซโทปรังสี (รับมาปีที่ 5 จำนวน 3 คน)	25	10
กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา	10	10
กลุ่มงานด้านการฉายรังสีอัญมณี	9	3
กลุ่มงานด้านการโดปสารกึ่งตัวนำ	0	8
กลุ่มงานด้านตรวจสอบวัสดุ	0	7
ด้านวิศวกรรมเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (รับมาปีที่ 5 จำนวน 5 คน)	22	10
เจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์และการตลาด	0	5
รวม	66	53

บทที่ 4 แผนการจัดองค์กรและการจัดการ

บทที่ 4 แผนการจัดองค์กรและการจัดการ

4.1 โครงสร้างองค์กร

จากนโยบายผู้บริหารในด้านการจัดกลุ่มงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่เกิดขึ้นใหม่ ในระยะเริ่มต้นยังคงดำเนินงานให้บริการในหน่วยงานที่มีอยู่เดิม โดยยังไม่แยกออกเป็นศูนย์เฉพาะด้าน ดังนั้นกลุ่มงาน 6 กลุ่มงานที่เลือกดำเนินการศึกษาเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ จะอยู่ดำเนินงานภายใต้โครงสร้างสถาบันฯ ดังนี้



รูปที่ 4-1 โครงสร้างการบริหารองค์กรของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)[43]

[43] http://www.tint.or.th

- กลุ่มงานผลิตไอโซโทปรังสี เป็นกลุ่มงานในศูนย์ไอโซโทปรังสี
- กลุ่มงานด้านการฉายรังสีอัญมณี เป็นกลุ่มงานในศูนย์ฉายรังสีอัญมณี
- กลุ่มงานด้านการโดปสารกึ่งตัวนำในระยะแรกจะดำเนินงานรวมอยู่กับศูนย์ฉายรังสีอัญมณี
- กลุ่มงานด้านตรวจสอบวัสดุดำเนินงานภายใต้ศูนย์บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์
- กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเป็นกลุ่มงานในกลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์
- กลุ่มผู้ปฏิบัติงานด้านวิศวกรรมนิวเคลียร์ ดำเนินงานภายใต้กลุ่มปฏิบัติการเทคโนโลยีนิวเคลียร์

ในการดำเนินงานควรมีการปรับอัตรากำลังของศูนย์และกลุ่มงานหลัก เพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์และบริหารจัดการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยใหม่ สรุปประเด็นได้ดังนี้

1. การจัดการโครงสร้างองค์กรยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง และสามารถดำเนินงานครอบคลุมการให้บริการและการรองรับงานวิจัยได้
2. มีการปรับอัตรากำลังคนในโครงสร้างให้สอดคล้องกับการมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยใหม่ โดยบุคลากรที่ต้องการเพิ่มมีดังนี้
   - ศูนย์ไอโซโทปรังสี เพิ่มกำลังคน 10 คน
   - ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี เพิ่มกำลังคน 3 คน
   - ด้านการโดปสารกึ่งตัวนำ เพิ่มกำลังคน 8 คน
   - ด้านการวิจัยและพัฒนา เพิ่มกำลังคน 10 คน
   - ด้านวิศวกรรมเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เพิ่มกำลังคน 10 คน
   - ด้านการตรวจสอบวัสดุ เพิ่มกำลังคน 7 คน
3. กลุ่มพัฒนาธุรกิจนิวเคลียร์ควรมีบุคลากรที่มีพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อทำหน้าที่ Technical Sales ประสานงานกับกลุ่มงานต่างๆ ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม ด้านการวิจัยและวิชาการ ในการดำเนินงานเชิงรุกด้านการตลาด
4. ด้านการเกษตร ควรมีการขยายทั้งส่วนบริการและวิจัยเพราะเป็นผลผลิตหลักของประเทศ
5. การบริการทางเทคโนโลยีนิวเคลียร์จำเป็นต้องเพิ่มสัดส่วนของนักวิทยาศาสตร์ ที่มีพื้นฐานทางฟิสิกส์เพิ่มขึ้น

4.2 **กำลังคน** Job Description, Job Specification

ในการบริหารจัดการหน่วยงานในโครงการฯ ต้องมีการกำหนดลักษณะงาน (Job Description) คุณสมบัติเฉพาะตำแหน่ง (Job Specification) การมอบหมายปริมาณงาน (Job Assignment) และเกณฑ์การประเมินงาน (Job Evaluation) เพื่อการจัดกำลังคนให้เหมาะกับงาน การวางแผนพัฒนาทักษะกำลังคนและการประเมินผลงานที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการปฏิบัติงานด้านรังสีการกำหนดคุณสมบัติเฉพาะตำแหน่งต้องเพิ่มคุณสมบัติอื่น (Qualification) ตามกฎระเบียบผู้ปฏิบัติงานทางรังสีหรือผู้ปฏิบัติงานเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู นอกจากนี้ในการดำเนินงานต้องคำนึงถึงการเตรียมกำลังคนและตำแหน่งให้สอดคล้องกับการเดินเครื่องในลักษณะปฏิบัติงานล่วงเวลาเป็นกะ (Shift) ผลัดละ 8 ชั่วโมง ตามกฎหมายแรงงาน ตำแหน่งและกำลังคนในการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดกำลัง 10 MW และบำรุงรักษา แสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตำแหน่งและกำลังคนที่จำเป็นในการเดินเครื่องฯ และบำรุงรักษา

Position	Quantity	Qualification
Reactor Manager	1	Senior engineer
Quality assurance & safety engineer	1	Senior engineer
Secretary	1	-
Operation section		
Operation Manager	1	Senior engineer
Shift		
- Shift supervisor	6	Engineer
- Senior reactor operator	6	Senior technician
- Reactor operator	6	Technician
Radiation protection section		
Radiation protection manager	1	Senior engineer
Radiation protection officers	3	Technician
Maintenance section		
Maintenance Manager	1	Senior engineer
Electronic specialist	1	Engineer
Systems specialist	2	Engineer / Technician

Position	Quantity	Qualification
Mechanical systems	2	Engineer / Technician
Total	32	

กลุ่มงานผลิตไอโซโทปรังสี ต้องการบุคลากรใหม่ จำนวน 10 คน
ระดับเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ 10 คน เพื่อรับผิดชอบการผลิตไอโซโทปใหม่ ได้แก่

การผลิตไอโซโทปในส่วนของ Ir-192 ต้องการ 3 คน

การผลิตไอโซโทปในส่วนของ Mo-99 ต้องการ 4 คน

สำหรับการผลิตไอโซโทปอื่นๆ เช่น P-32, Lu-177, Se-75 ต้องการ 3 คน

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา ด้านการเกษตร การผลิตไอโซโทป และอุตสาหกรรม ต้องการบุคลากรใหม่ จำนวน 10 คน ได้แก่

- เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เพื่อทำการวิจัยและพัฒนา ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 7 คน
- พนักงานประจำห้องปฏิบัติการวิจัย 3 คน

กลุ่มงานด้านการฉายรังสีอัญมณี ต้องการบุคลากรใหม่ จำนวน 3 คน ได้แก่

- เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์เพื่อทำงานเกี่ยวกับ กระบวนการฉายรังสีอัญมณี 2 คน
- พนักงานผู้ช่วยด้านกระบวนการฉายรังสีอัญมณี 1 คน

กลุ่มงานด้านการโดปสารกึ่งตัวนำ ต้องการบุคลากรใหม่ จำนวน 8 คน ได้แก่

- โดยต้องใช้เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ ที่มีความรู้เฉพาะทางเกี่ยวกับ NTD 3 คน
- เจ้าหน้าที่เทคนิค 5 คน

กลุ่มงานด้านตรวจสอบวัสดุ ต้องการบุคลากรใหม่ จำนวน 7 คน ได้แก่

- เจ้าหน้าที่ที่มีพื้นฐานด้านวิศวกรรม 2 คน
- เจ้าหน้าที่ที่มีพื้นฐานด้านฟิสิกส์ 3 คน
- เจ้าหน้าที่ที่มีพื้นฐานด้านเคมี 2 คน

ด้านวิศวกรรมเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ต้องการบุคลากรใหม่ จำนวน 10 คน ได้แก่

- วิศวกรนิวเคลียร์ ดูแลการบริหารจัดการด้านการเดินเครื่อง และการจัดการเชื้อเพลิง 3 คน
- เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป บริหารงานของหน่วย 1คน
- พนักงานทั่วไป ติดต่อประสานงาน 1 คน
- วิศกรควบคุมคุณภาพและความปลอดภัย 1 คน
- เจ้าหน้าที่อาวุโสคุมกะการเดินเครื่อง 1 คน
- ลูกจ้างระดับช่างเทคนิค ดูแลบำรุงรักษา 3 คน

เจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์และการตลาด ต้องการบุคลากรใหม่ จำนวน 5 คน ได้แก่

- ผู้จัดการฝ่ายประชาสัมพันธ์และการตลาด 1 คน
  ต้องมีความรู้ทางด้านการตลาด และด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์
- เจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์และการตลาด 4 คน

4.3 อาคารสำนักงาน ยานพาหนะและอุปกรณ์สำนักงาน

เพื่อบริหารจัดการให้ตอบสนองความต้องการด้านกระบวนการผลิตและการให้บริการตามแผนกำลังการผลิต นอกจากอาคารกำบังรังสีในส่วนสนับสนุนการปฏิบัติงานแล้ว ยังต้องมีอาคารสำนักงานของหน่วยและองค์ประกอบสนับสนุนให้เกิดความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน โดยการวางแผนการบริหารงานต้องมีการจัดเตรียมดังนี้

1. อาคารสำนักงานย่อยของส่วนงานมีลักษณะเป็นอาคารที่เชื่อมต่อกับอาคารสนับสนุนการปฏิบัติงาน ซึ่งต้องมีการจัดแบ่งพื้นที่ใช้ประโยชน์การให้บริการในด้านต่างๆ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการ ห้องประชุม ห้องรับแขก ห้องพยาบาล ห้องอาบน้ำและห้องพักเจ้าหน้าที่ ต้องมีระบบฉุกเฉินทางรังสี ระบบความปลอดภัย ระบบป้องกันอัคคีภัยและ

สาธารณูปโภค เช่น ระบบประปาสำรอง ระบบกำเนิดไฟฟ้าสำรองและระบบสื่อสาร ได้แก่ โทรศัพท์ ระบบเครือข่ายท้องถิ่น (LAN) เป็นต้น

2. ยานพาหนะในการติดต่องานหรือนำส่งผลผลิต อาจจะเลือกรูปแบบแยกบริการ หรือแบบรวมบริการ หรือจัดจ้างภายนอก (Outsource) หรือผสมผสาน ขึ้นกับความคล่องตัวและนโยบายการบริหาร ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียต่างกันไป ต้องมีการพิจารณาลักษณะงานว่าส่วนใดเป็นกิจวัตร ส่วนใดจัดเพิ่มในกรณีภารกิจเร่งด่วน หรือส่วนที่ต้องเตรียมกรณีฉุกเฉิน
3. อุปกรณ์สำนักงานที่จำเป็นในส่วนปฏิบัติงานระดับผู้จัดการและห้องพัก เฟอร์นิเจอร์สำหรับการรับแขก คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์โสตทัศนูปกรณ์ การประชุม การสัมมนา เป็นต้น

4.4 กิจกรรมด้านเทคนิคก่อนการดำเนินการ

4.4.1 การเตรียมความพร้อมในการดำเนินงานด้านเทคนิค

จากการประชุมร่วมระหว่างผู้เชี่ยวชาญและคณะผู้จัดทำแผนธุรกิจมีข้อสรุปดังนี้

1. รูปแบบการจัดซื้อควรเป็นโครงการชนิดซื้อมาพร้อมใช้งาน (Turnkey project) โดยจ้างบริษัทที่ปรึกษาต่างประเทศและให้ผู้เชี่ยวชาญใน สทน. มีส่วนร่วมทางเทคนิคมากขึ้น
2. เตรียมการเพื่อบรรลุผลความเป็นไปได้ด้านการตลาด ด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ ตามแผนธุรกิจในการรองรับการให้บริการให้เกิดคุณค่าต่อเศรษฐกิจ สังคมและวิชาการทั้งทางตรงและทางอ้อม พร้อมวางกลยุทธ์ในเชิงรุกที่มีระเบียบแบบแผน
3. เตรียมการศึกษาวางแผนความเหมาะสมด้านกำลังคน เพื่อรองรับงานในโครงการใหม่ ควบคู่กับการสร้างกำลังคนทดแทนผู้เกษียณอายุงาน บนพื้นฐานการจัดการองค์ความรู้ (Knowledge Management) เพื่อรักษาประสบการณ์และความรู้ในองค์กรด้วยการจัดระบบถ่ายทอดความรู้จากผู้ชำนาญการอาวุโส
4. วางแผนการบริหารจัดการด้านผลผลิตให้เกิดความคุ้มทุน ซึ่งการลงทุนในโครงการนี้เป็นการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ที่สำคัญ ตัวชี้วัดในความคุ้มค่าในการลงทุน ไม่ได้มุ่งเน้นที่ตัวเงินได้เป็นหลัก เนื่องจากสถาบันเป็นองค์กรไม่มุ่งหวังกำไร การทำรายได้เป็นส่วนหนึ่ง แต่สิ่งสำคัญกว่า

คือ การลงทุนเพื่อให้เกิดการพัฒนาความอยู่ดีมีสุขด้านสาธารณสุข การสร้างองค์ความรู้ การพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์อันเป็นการพัฒนาแบบยั่งยืนสู่สังคมและเป็นการการสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตส่งออก ตลอดจนลดการนำเข้า อันเป็นมูลค่าทางอ้อมที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจและสังคม

5. การใช้จุดเด่นและโอกาสขององค์กรในการกำจัดจุดด้อยและเร่งสร้างศักยภาพทั้งด้านการพัฒนาผลผลิต กำลังคนและความโดดเด่นของ สทน. ให้ก้าวสู่การเป็นหนึ่งในผู้นำด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในระดับภูมิภาค

4.4.2 กลยุทธ์การบริหารจัดการโครงการ

ในการบริหารจัดการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่มีกำลังสูงและมีระบบผลิตไอโซโทปรังสีกำลังผลิตสูงขึ้น จะต้องเตรียมแผนกลยุทธ์รองรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี การใช้งาน การบำรุงรักษา การให้บริการและการงบประมาณ โดยควรมีการวางแผนงานที่สำคัญไว้รองรับดังนี้

1. การวางแผนกำลังคน

ต้องจัดเตรียมกำลังคนตามแผนโครงสร้าง ตามความต้องการ โดยกำหนดคุณสมบัติ ลักษณะงานและผลงานที่ต้องการ เพื่อให้เกิดประสิทธิผลในการดำเนินโครงการ

2. แผนบำรุงรักษา

ต้องจัดเตรียมกำลังคนตามลักษณะงานที่มีทักษะ และพร้อมรับการถ่ายทอดการฝึกอบรมด้านบำรุงรักษา มีการจัดเตรียมอะไหล่สำรองและเครื่องมือในการบำรุงรักษา

3. การงบประมาณ

ต้องจัดเตรียมงบประมาณรองรับการดำเนินงาน โครงสร้างพื้นฐานของงานวิจัยและบริการขนาดใหญ่นอกเหนือจากงบประมาณปกติ ได้แก่ การพัฒนากำลังคนเฉพาะด้าน การบำรุงรักษา การประกันเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูและส่วนสนับสนุนการปฏิบัติงาน การประสานมวลชนสัมพันธ์และการประชาสัมพันธ์เชิงรุกทั้งด้านการให้บริการและการให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์

4. แผนถ่ายทอดองค์ความรู้

4.1 ภายในองค์กร สามารถถ่ายทอดโดยผู้เชี่ยวชาญที่เกษียณอายุ ได้มีการสำรวจผู้เกษียณอายุในระยะเวลา 3 – 5 ปี ข้างหน้าพบว่ามีประมาณ 50 อัตรา เป็นระดับอาวุโส โดยหลักการตำแหน่งที่เกษียณจะนำไปไว้ในส่วนกลางและพิจารณารับบุคลากรใหม่ตามความจำเป็น ทำให้อาจไม่สามารถทดแทนในหน่วยงานเดิม และมีนโยบายมองหาบุคลากรจากข้างนอกมา

เสริมด้วย เพราะการฝึกบุคลากรรุ่นใหม่อาจไม่ทันจึงต้องมองหาบุคลากรมาเสริมช่วงระหว่างกลาง จึงต้องทำแผนพัฒนาบุคลากรและทำเรื่อง Knowledge Management (KM) เพื่อให้องค์ความรู้ได้ถ่ายทอดไปยังคนรุ่นใหม่

4.2 ภายนอกองค์กร ถ่ายทอดโดยผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ ควรมีการทำกลยุทธ์ เพื่อจะพัฒนาบุคลากรภายในระยะ 1– 3 ปี ข้างหน้า

5. การวางแผนยุทธศาสตร์ขององค์กร

5.1 สทน. ต้องมีการวางแผนยุทธศาสตร์ขององค์กรโดยรวม เพื่อตอบสนองความต้องการของประเทศด้านต่างๆ โดยต้องมีการวางแผนจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ให้สอดคล้องกับการคาดการณ์ความต้องการการลงทุนในแต่ละปีและประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและสังคม

5.2 ควรมีการจัดทำตัวชี้วัด (KPI) เพื่อเป็นเครื่องมือในการประเมินและติดตามความสำเร็จในการดำเนินการ

6. การติดต่อความร่วมมือระหว่างองค์กร

6.1 การติดต่อความร่วมมือในประเทศ ควรมีการสร้างเครือข่ายวิจัยกับสถาบันวิจัยและสถาบันการศึกษา เพื่อสร้างงานวิจัย เผยแพร่ถ่ายทอดสู่อุตสาหกรรม

6.2 การติดต่อความร่วมมือระหว่างประเทศ ควรติดต่อกับหน่วยงานในต่างประเทศเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และร่วมมือกันในการศึกษาวิจัยและพัฒนาวิชาการ รวมทั้งควรส่งเสริมการเผยแพร่ผลงานวิชาการในวารสารต่างประเทศ เพื่อสร้างชื่อเสียงและการยอมรับองค์กร

4.4.3 กลยุทธ์การดำเนินงาน

แนวกลยุทธ์ในการดำเนินงานให้ตอบสนองความต้องการและการดึงดูดใจของผู้รับบริการจากทางสถาบัน ฯ หลังการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปเต็มกำลัง สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. จัดระบบบริการในกลุ่มพัฒนาธุรกิจให้มีรูปแบบเป็น One stop service เพื่อผู้รับบริการเข้าช่องรับบริการจุดเดียวและมีระบบประสานงานเบ็ดเสร็จในกลุ่มบริการด้านต่างๆ โดยทุกคำถามจากผู้รับบริการจะมีคำตอบที่ฉับไว

2. เมื่อมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยใหม่จำเป็นต้องเร่งจัดทำประชาสัมพันธ์เชิงรุกในสื่อต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้บริการทราบถึงการให้บริการที่เกิดขึ้นใหม่

3. ผลิตผลงานวิจัยใหม่ที่ได้จากการใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจและจัดตั้งหน่วยงานเกิดขึ้นใหม่ ซึ่งจะเป็นการช่วยเร่งประชาสัมพันธ์สถาบัน ฯ

4. วิจัยและผลิตไอโซโทปรังสีที่ให้ความสะดวกต่อแพทย์ เพื่อลดการได้รับรังสีของแพทย์ระหว่างการรักษาคนไข้ ช่วยให้ได้เปรียบผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ

5. การแข่งขันด้านราคาและความประทับใจในการให้บริการ เป็นปัจจัยสำคัญในส่วนงานบริการเชิงธุรกิจ

6. การลดต้นทุนการผลิตอาจทำได้ในหลายกรณี เช่น การจัดจ้างคนภายนอก (Outsource) ในส่วนที่ลงทุนแล้วไม่คุ้มค่า หรือการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการวิจัยขึ้นเองเพื่อลดการนำเข้า

7. บริหารการใช้ประโยชน์ การประยุกต์ และการให้บริการ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยให้เต็มที่และคุ้มค่าในการลงทุน

8. การทบทวนปัญหาเรื่องการขาดกำลังคนด้านการวิจัยและพัฒนาด้าน Physical Science รวมทั้งการพัฒนากำลังคนด้านวิศวกรรมนิวเคลียร์ให้เพียงพอ

9. สร้างทีมบำรุงรักษาระบบที่มีสมรรถนะสูง ในการดูแลบำรุงรักษาระบบที่รวดเร็วเพื่อลดเวลาการขัดข้อง (Down time) และยืดอายุระบบ

4.5 การวางแผนรองรับอนาคตจากคาดการณ์ความต้องการ

เนื่องจากโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบนี้เคยได้รับบรรจุอยู่ในโครงการสำคัญ (Flagship) ของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นโครงการลงทุนขนาดใหญ่ของรัฐบาลที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานใช้งานร่วมหลายด้านจึงมีผลต่อการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ พร้อมอยู่ในความสนใจของคณะกรรมาธิการวิทยาศาสตร์ด้านเทคโนโลยีอุบัติใหม่ สภาผู้แทนราษฎร โดยได้ตั้งคณะอนุกรรมการในคณะกรรมาธิการวิทยาศาสตร์ฯ เพื่อศึกษาโครงการฯ และได้มีการเชิญประชุมร่วมระหว่างที่ปรึกษาแผนธุรกิจ หน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้บริหาร สทน. เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลโครงการฯ ในประเด็นเหตุผลความจำเป็น ด้านความต้องการ ด้านศักยภาพการแข่งขัน ตลอดจนผลกระทบด้านต่างๆ เพื่อการรองรับความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในอนาคต โดยที่ปรึกษาได้สรุปชี้แจงความจำเป็นเร่งด่วนและผลกระทบของโครงการฯ นำเสนอต่อคณะอนุกรรมการฯ ดังแสดงในภาคผนวก ญ

บทที่ 5 แผนการเงิน

บทที่ 5 แผนการเงิน

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ประโยชน์ร่วมกัน (Shared facility) หลายภาคส่วนทั้งด้าน การแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร และการศึกษาวิจัย เป็นต้น นับว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักสำหรับสนับสนุนพันธกิจในการพัฒนาประเทศและพัฒนาคุณภาพชีวิตด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาอารยะประเทศ จึงมีผลกระทบต่อการขับเคลื่อนด้านการสาธารณสุข การศึกษา เศรษฐกิจ สังคม และการพัฒนาประเทศโดยรวม ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐกิจ การเงินและสังคม ในการลงทุนโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบนั้น จึงเป็นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้จากผลของรายได้ในทางการเงินและผลทางสังคมจากการให้บริการและวิจัยหลายส่วน สำหรับจัดทำแผนธุรกิจของการลงทุนโครงการ (ภาคผนวก ฐ)

5.1 ประมาณการเงินลงทุนในโครงการ

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยฯ จะแยกออกเป็นสองส่วน คือ เงินลงทุนเบื้องต้นและค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของเครื่อง โดยเงินลงทุนเบื้องต้น เป็นต้นทุนคงที่ ได้แก่

- ที่ดินที่ใช้ก่อสร้างโครงการ 18 ไร่ 5,400,000 บาท
- เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 10 MW พร้อมส่วนสนับสนุนการปฏิบัติงาน 4,680,000,000 บาท
- ระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมส่วนสนับสนุนการปฏิบัติงาน 1,260,000,000 บาท
- เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ 57,500,000 บาท

รวมเป็นมูลค่าการลงทุนทั้งหมด 6,002.9 ล้านบาท โดยโครงการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างประมาณ 6 ปี และเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูมีอายุการใช้งาน 40 ปี

5.2 ประมาณการเงินทุนหมุนเวียน

5.2.1 การประมาณรายได้ / ผลประโยชน์ (benefit)

การศึกษาจะแบ่งผลประโยชน์ที่จะได้รับเป็น 2 ประเภท คือ ผลประโยชน์ทางตรง และผลประโยชน์ทางอ้อม โดยผลประโยชน์ทางตรง คือ ผลประโยชน์ที่ได้รับจากรายได้ที่เป็นตัวเงินในการให้บริการโดยตรงจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสี ส่วนผลประโยชน์ทางอ้อมนั้นเกิดจากการใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีเพื่อการวิจัยและการศึกษาทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มในอนาคตรวมถึงผลที่ได้จากการวิจัยพัฒนาต่างๆ จนเกิดผลในเชิงพาณิชย์และทางสังคม เช่น การปรับปรุงพันธุ์พืช โดยมูลค่าที่จะคำนวณออกมาทั้งหมดจะอยู่ในรูปของเงินบาทเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้

โดยการประมาณการรายได้ในอนาคตใช้ 2 วิธี

วิธีที่ 1 ประมาณการจาก GDP ของประเทศไทยและการเจริญเติบโตของ GDP ซึ่งจะเป็นการประมาณการทั้งรายได้ทางตรงและทางอ้อม

วิธีที่ 2 ประมาณการรายได้ที่ได้จากกำลังการผลิตของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยทั้งด้านการแพทย์ อุตสาหกรรมและการใช้รังสีด้านเกษตร และจากการคาดการณ์บริการที่ได้รับจากการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ประมาณการรายได้จากผลประโยชน์ทางอ้อม ได้แก่ การวิจัยและพัฒนา และการลดค่าใช้จ่ายภาครัฐอาทิเช่น การฝึกอบรม

วิธีที่ 1 การศึกษาโดยประมาณจาก GDP และการเจริญเติบโตของ GDP ของประเทศไทย

ข้อสมมติในการศึกษา

ข้อสมมติที่สำคัญมีอยู่ 2 ประการ คือ ความต้องการใช้ประโยชน์ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์แปรผันเป็นสัดส่วนคงที่กับ GDP และสัดส่วนความต้องการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในงานด้านต่างๆ ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม ด้านวิจัยและวิชาการของประเทศไทยมีสัดส่วนการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์เท่ากับหรือใกล้เคียงกับสัดส่วนการใช้ทั่วโลก

สำหรับสัดส่วนความต้องการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในด้านต่างๆ นั้น ในประเทศที่พัฒนาแล้วได้มีการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์อย่างกว้างขวางทั้งในกิจการด้าน อุตสาหกรรม เกษตรกรรม การแพทย์ และ การวิจัย (ในที่นี้ไม่รวมถึงการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และการใช้ในการผลิตอาวุธ) เนื่องจากผลประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์ทั้งทางตรงและทางอ้อมนั้นมีอยู่ไม่น้อย ซึ่งสามารถแบ่งสัดส่วนการใช้ทั่วโลกใน 4 ด้านดังแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สัดส่วนการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ทั่วโลกในด้านต่าง ๆ

ด้าน	สัดส่วน%
การแพทย์	28.6
เกษตรกรรม	11.4
อุตสาหกรรม	15.8
การวิจัย	14.1
อื่นๆ เช่น สิ่งแวดล้อม, ความปลอดภัย และการจัดการกากของเสีย เป็นต้น	30.1

ที่มา: Nuclear Applications for Development 2007, IAEA

จากข้อมูลที่เผยแพร่ในรายงาน RADIATION AND MODERN LIFE: Fulfilling Marie Curie's Dream by Alan Walter, Prometheus Books, Nov. 2004 พบว่ามูลค่าผลผลิตของผลิตภัณฑ์รวมจากการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อสันติของสหรัฐอเมริกามีค่าเท่ากับ 5% ของ GDP ของประเทศ แต่ในประเทศไทยยังไม่มีการทำสำรวจในข้อมูลดังกล่าว จึงใช้เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการเป็นแบบ Historical Analogy ซึ่งสัดส่วนการส่งออกและนำเข้าในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของสหรัฐอเมริกามีมูลค่าสูงกว่าประเทศไทย 141 เท่า[44] ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดให้มูลค่าผลผลิตของผลิตภัณฑ์รวมจากการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศไทยด้วยสัดส่วนอัตราเติบโตของการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ต่ออัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ (GDP) เป็น 0.035% ของ GDP ของประเทศ และอัตราการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจของประเทศเพิ่มขึ้น 3% ต่อปี (จากการกำหนดเป้าหมายอัตราเงินเฟ้อของธนาคารแห่งประเทศไทย)

จากข้อสมมตินี้ผลประโยชน์ที่ประมาณได้จะครอบคลุมทั้งผลประโยชน์ทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากมูลค่าที่ได้จาก GDP รวมมูลค่าผลผลิตและการให้บริการที่เกิดจากการใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยพร้อมระบบผลิตไอโซโทปรังสีโดยตรงและมูลค่าที่ได้จากการนำผลผลิตที่เกิดขึ้นไปใช้งานต่อ ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มในการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคม จึงเป็นการประมาณการผลประโยชน์ในด้านการเงิน เศรษฐกิจและสังคมรวมกัน โดยไม่สามารถแยกผลของ

[44] ฐานข้อมูลกรมส่งเสริมการส่งออก, กระทรวงพาณิชย์

การประมาณออกเป็นส่วนๆ ได้ ข้อมูลในส่วนนี้จึงไม่นำมาคิดรวมในด้านการเงินแต่จะไปใช้ในการพิจารณาด้านเศรษฐกิจและสังคมเพียงอย่างเดียว

วิธีที่ 2 การประมาณการรายได้จากกำลังการผลิตของเครื่องและแนวโน้มความต้องการใช้บริการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยพร้อมระบบผลิตไอโซโทปรังสี

ข้อสมมติในการศึกษา

การศึกษาโดยใช้วิธีการประมาณการจากกำลังการผลิตและแนวโน้มความต้องการใช้บริการจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยพร้อมระบบผลิตไอโซโทปจะแยกผลประโยชน์ที่ได้จากการลงทุนออกเป็น 2 ทาง คือ รายได้ทางตรงและทางอ้อม โดยผลประโยชน์ทางตรงจะมาจากรายได้ที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สทน.) ได้รับจากการให้บริการ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านการแพทย์ ด้านเกษตรกรรม ด้านอุตสาหกรรม และด้านการวิจัยและวิชาการ ซึ่งรายได้หลักที่ สทน. ได้รับจะมาจากด้านการแพทย์ ด้านเกษตรกรรมและด้านอุตสาหกรรมเท่านั้น ส่วนในด้านการวิจัยเชิงวิชาการนั้นทาง สทน. ได้ให้บริการโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ผลประโยชน์ที่ได้จากบริการในส่วนหลังนี้จะเกิดขึ้นทางอ้อมในการพัฒนาประเทศ

ในการประมาณการรายได้จากการใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย มีข้อสมมติในการกำหนดแนวโน้ม คือ รายได้ที่ สทน. ได้รับจากการบริการในแต่ละปี แบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ด้านการแพทย์ ด้านการเกษตรและด้านอุตสาหกรรม โดยด้านการแพทย์จะคำนวณจากรายได้ที่ได้จากการให้บริการไอโซโทปรังสีและสารเภสัชรังสี ขณะที่ด้านการเกษตรจะคำนวณรายได้จากการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ส่วนในด้านอุตสาหกรรมจะคำนวณรายได้จากการให้บริการฉายรังสีอัญมณี การโดปสารกึ่งตัวนำด้วยการฉายรังสีและงานทดสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) รวมทั้งไอโซโทปรังสีในงานอุตสาหกรรมที่สามารถให้บริการได้แน่นอน รายได้ทั้งหมดจะเพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปี เนื่องจากความต้องการการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ในประเทศไทยกำลังเพิ่มมากขึ้น แต่การให้บริการปัจจุบันด้วยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเดิมยังไม่ตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้น อัตราการเติบโตของการให้บริการด้วยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในช่วงแรกจะเป็นไปอย่างช้าๆ และจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในปีต่อๆ มา ซึ่งทำให้การเพิ่มขึ้นของรายได้ในแต่ละปีอาจไม่เท่ากัน เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาจะศึกษาภายใต้ข้อสมมติว่า อัตราการเจริญเติบโตในช่วง 3 ปีแรกหลังจากเริ่มให้บริการได้จริงคิดเป็น 2% ต่อปีและหลังจากนั้นจะมีอัตราการเติบโต 6% ต่อปี โดยใช้รายได้ที่ สทน. ได้รับจากการให้บริการจริงในปัจจุบันเป็นพื้นฐานในการพิจารณาด้านการเงินของโครงการฯ

ดังนั้นผลประโยชน์ทางตรงที่ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้รับจากการให้บริการ จึงสามารถประมาณการได้ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ประมาณการรายได้ต่อปีกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW

โอกาสที่จะสร้างรายได้	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	มูลค่า (ล้านบาท)
ด้านการแพทย์			957.86
I-131	1,465.63 คูรี/ ปี	30,000 บาท/ ต่อคูรี	43.96
Mo-99/Tc-99m Generator	16,320 คูรี/ ปี	56,000 บาท/ ต่อคูรี	913.9
ด้านอุตสาหกรรม			782.575
Ir-192	1,750 คูรี/ ปี	900 บาท/ คูรี	1.575
อัญมณี	2,000-3,000 กิโลกรัม/ ปี	40,000 บาท/ กิโลกรัม	80-120
โดปสารกึ่งตัวนำ	10,000 กิโลกรัม/ ปี	70,000 บาท/ กิโลกรัม	700
อื่น ๆ			1
ด้านเกษตร			160
พืชเศรษฐกิจพันธุ์กลาย	มูลค่าเพิ่มขึ้น 0.07% ของรายได้เดิม	-	160
ด้านการศึกษาวิจัยและการพัฒนากำลังคน			165.3
การผลิตผลงานวิจัย	13 โครงการ/ปี	500,000 บาท/โครงการ	6.5*
ลดค่าใช้จ่ายในการส่งนักศึกษาไปเรียนต่างประเทศและส่งบุคลากรไปอบรมระยะสั้น	57 คน/ปี	2,786,000 บาท/คน	158.8*
รวม			2,065.735

สรุป รายได้ที่เกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MWและระบบผลิตไอโซโทปรังสีในด้านต่างๆ เพื่อการบริการและวิจัยทั้งในประเทศและการส่งออกสามารถจำแนกได้ดังในรายการประมาณการรายได้ที่มีโอกาสเกิดขึ้นจากโครงการฯ ซึ่งเมื่อการดำเนินงานสมบูรณ์จะมีรายได้ 2,065.735 ล้านบาทต่อปี

5.2.2 การประมาณค่าใช้จ่าย

เมื่อประเมินโครงการโดยให้มีระยะเวลาเดินเครื่องคือ 20 ปี ในปีที่ 20 เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูจะมีมูลค่าซากครึ่งหนึ่งของมูลค่าในการลงทุน ดังนั้นเมื่อประเมินเพียง 20 ปี จะได้รายได้เพิ่มในปีสุดท้ายเท่ากับมูลค่าซากของเครื่องเท่ากับ 2,932.92 ล้านบาท

ในส่วนของค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งานเครื่องจะแยกออกเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการซึ่งรวมค่าจ้างบุคลากรและค่าดูแลรักษา ส่วนค่าใช้จ่ายอีกด้าน คือ ค่าใช้จ่ายจากต้นทุนผันแปรในการใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย เช่น เชื้อเพลิง ค่าน้ำ ค่าไฟ และวัสดุสิ้นเปลือง

ข้อสมมติในการประมาณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานเครื่อง

- ค่าจ้างบุคลากรจะใช้ข้อสมมติจากข้อมูลทางด้านเทคนิคซึ่งหลังจากเครื่องปฏิกรณ์ฯเริ่มใช้งานจะต้องจ้างบุคลากรเพิ่ม 53 คน โดยแบ่งเป็น เจ้าหน้าที่ 37 คน และพนักงาน16 คนโดยกำหนดให้เงินเดือนเริ่มต้นของเจ้าหน้าที่เท่ากับ 13,000 บาทต่อเดือนต่อคน และเงินเดือนเริ่มต้นของพนักงานเท่ากับ 8,000 บาทต่อเดือนต่อคน และเพิ่มขึ้น 6 % ต่อปี โดยเจ้าหน้าที่จากกลุ่มงานไอโซโทปรังสี 3 คน และด้านวิศวกรรมเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 5 คน จะจ้างเพิ่มในปีที่ 5 หลังจากเริ่มลงทุนหรือ 1 ปีก่อนดำเนินการ และบุคลากรส่วนที่เหลือจะจ้างในปีที่เริ่มดำเนินการ
- ค่าบำรุงรักษาเครื่องประเมินตามอายุการใช้งานเครื่องหลังการประกันจากผู้ผลิตเริ่มคิดในปีที่ 3 โดยปีที่ 3-5 ปีละ 5 ล้านบาท ปีที่ 6-8 ปีละ 10 ล้านบาท ปีที่ 9-10 ปีละ 15 ล้านบาท ปีที่ 11 จะไม่มีการคิดค่าบำรุงรักษาเนื่องจากมีการปรับสมรรถนะของเครื่อง จะเริ่มคิดค่าบำรุงรักษาอีกครั้งในปีที่ 12 ปีที่ 12-14 ปีละ 5 ล้านบาท ปีที่ 15-17 ปีละ 10 ล้านบาท ปีที่ 18-20 ปีละ 15 ล้านบาท

- ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาบุคลากร (HRD) ประมาณจำนวนบุคลากรที่จะพัฒนาเท่ากับ 4 คน โดยมีค่าใช้จ่ายในการพัฒนาบุคลากร 500,000 บาทต่อคนต่อปี รวมทั้งหมด 2 ล้านบาทต่อปี
- ค่าใช้จ่ายในการประชาสัมพันธ์คิดจากประมาณค่าใช้จ่ายทั้งองค์กร 4,000,000 บาท แต่ใช้ในส่วนของโครงการใหม่ 25% เนื่องจากการแบ่งสัดส่วนงานทั้งหมดใน สทน. โดยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยอยู่ภายในหน่วยงานปฏิบัติการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ซึ่งเป็น 1 ใน 4 หน่วยงานของ สทน. จึงมีค่าใช้จ่ายที่ 1,000,000 บาทต่อปีและคงที่ทุกปี ซึ่งคิดจากการให้บริการจริงในปัจจุบัน
- การลงทุนเพิ่มเติมคิดจากอายุการใช้งานจากส่วนต่างๆ ของเครื่องซึ่งมีอายุการใช้งานแตกต่างกันไปโดยเมื่อหมดอายุการใช้งานต้องมีการลงทุนทดแทน ซึ่งโดยปกติแล้วเมื่อลงทุนเพิ่ม มูลค่าการลงทุนจะเพิ่มจากเดิมประมาณ 10%

ข้อสมมติในการประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

- ค่าสาธารณูปโภคและรักษาความปลอดภัยจะประมาณจากค่าไฟฟ้า ค่าทำความสะอาด และรักษาความปลอดภัย (รปภ.) ประมาณจากค่าใช้จ่ายจริงตามรายงานประจำปี พ.ศ. 2551 คือ 2,680,000 บาทต่อปี โดยให้เป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อ
- ค่าไฟฟ้าคิดในกรณีที่ใช้งานเครื่องปฏิกรณ์ฯ เต็มกำลัง คือ 24 ชั่วโมงต่อวัน 210 วันต่อปี โดยใน 1 ชั่วโมงเครื่องปฏิกรณ์ฯ ขนาดกำลัง 10 MW ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 1,000 ยูนิต ค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 2.5 บาทต่อยูนิต รวมค่าไฟฟ้าทั้งหมด 12.6 ล้านบาทต่อปี
- ค่าจ้าง รปภ. ในส่วนของไอโซโทป 1 คน และเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 2 คน รวมเป็น 3 คน แต่ละคนค่าจ้าง 10,000 บาทต่อเดือน รวม 360,000 บาทต่อปี
- ค่าทำความสะอาด 5,000 บาทต่อเดือน 2 หน่วยงาน รวมประมาณ 600,000 บาทต่อปี
- รวมค่าสาธารณูปโภคและรักษาความปลอดภัย 13.56 ล้านบาทต่อปี
- ค่าวัสดุสิ้นเปลืองประมาณจากค่าใช้จ่ายจริง คือ 32,800,000 บาทต่อปี โดยกำหนดให้คงที่เนื่องจากมีหลักการในการบริหารจัดการให้มีการเพิ่ม Productivity

และการบริหารให้มีคุณภาพเพื่อให้ค่าใช้จ่ายนี้คงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ถึงแม้จะมีแรงกดดันทางด้านเงินเฟ้อก็ตาม

- ค่าเบี้ยประกันภัยจะคิดจากเฉพาะอุปกรณ์ที่ทำประกันโดยกำหนดให้มูลค่าเบี้ยประกันเป็น 1 % ของมูลค่าของอุปกรณ์ที่ทำประกันภัย (Manufacturing and Supply และ Installation) รวมค่าเบี้ยประกันทั้งหมด คือ 15 ล้านบาทต่อปีและคงที่ทุกปี
- ค่าใช้จ่ายการประกันภัยในความรับผิดต่อบุคคลที่ 3 สำหรับประกันความเสี่ยงในด้านการขนส่ง การเคลื่อนย้ายสารไอโซโทปรังสี เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ และวัสดุนิวเคลียร์ ซึ่งเป็นไปตามกฎหมายประกันความรับผิดชอบด้านนิวเคลียร์ (Nuclear liability law) ยังไม่สามารถนำมาคิดได้โดยตรงเนื่องจากยังไม่มีกฎหมายบังคับใช้ในประเทศ แต่จากข้อมูลการประกันภัยของเครื่องปฏิกรณ์ฯในปัจจุบันจะสมมติให้มีมูลค่าการประกันภัยคงที่เท่ากับ 1 ล้านบาทต่อปี
- ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและราคาเชื้อเพลิง พบว่าหากเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 24 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 210 วันต่อปี ค่าใช้จ่ายในส่วนเชื้อเพลิงจะอยู่ที่ประมาณประมาณ 54 - 72 ล้านบาทต่อปี
- มีกำลังการผลิต I-131 ได้ 1,465.63 คูรีต่อปี ต้นทุนในการผลิต I-131เท่ากับ 27.61บาทต่อมิลลิคูรี (27,610 บาทต่อคูรี) คำนวณเป็นต้นทุนการผลิตได้เท่ากับ 40.46 ล้านบาทต่อปี
- มีกำลังการผลิต Ir-192 ได้ 1750 คูรีต่อปี (875 คูรีต่อปี ในระยะเวลา 5 ปีแรก) คิดเป็นมูลค่าต้นทุนการผลิตเท่ากับ 630,000 บาทต่อปี (315,000 บาทต่อปี ในระยะเวลา 5 ปีแรก)
- มีกำลังการผลิต Mo-99/Tc-99m ได้ 16,320 คูรีต่อปี คำนวณเป็นต้นทุนการผลิตได้เท่ากับ 560.78 ล้านบาทต่อปี (280.39 ล้านบาทต่อปี ในระยะเวลา 5 ปีแรก)

<u>หมายเหตุ</u> ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบางอย่างยังไม่สามารถนำเข้าคิดในการประเมินครั้งนี้ได้ เนื่องจากยังไม่เกิดขึ้นหรือยังไม่มีข้อมูลการดำเนินการในอดีต ได้แก่

- ต้นทุนที่แฝงในค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการผลิตไอโซโทปตัวใหม่ หรือการทำวิจัยใหม่ รวมถึงค่าการขนส่งซึ่งจะแฝงในบริการส่วนกลาง

5.3 ประมาณการแหล่งที่มาของเงินทุน

การลงทุนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีเป็นโครงการที่สร้างประโยชน์ให้กับประเทศในหลายๆ ด้าน ทั้งด้านเศรษฐกิจ และสังคม จึงเป็นโครงการที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล ดังนั้นงบประมาณที่ใช้ในการลงทุนทั้งหมดเป็นงบประมาณที่ได้รับการอุดหนุนจากรัฐบาล

5.4 หลักทรัพย์ที่จะใช้ในการกู้เงิน

การลงทุนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีได้รับการสนับสนุนเงินงบประมาณจากรัฐบาล ดังนั้นจึงไม่ต้องใช้หลักทรัพย์ในการกู้เงิน

5.5 อัตราดอกเบี้ยและเงื่อนไขในการชำระเงินกู้

การลงทุนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีได้รับการสนับสนุนเงินงบประมาณจากรัฐบาล ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องกู้เงินและไม่มีเงื่อนไขในการชำระเงินกู้

5.6 ตารางการชำระเงินกู้และดอกเบี้ย

การลงทุนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีได้รับการสนับสนุนเงินงบประมาณจากรัฐบาล ดังนั้นจึงไม่มีการชำระเงินกู้

5.7 ประมาณการงบกระแสเงินสด (Main)

จากการประมาณการยอดรายได้ทางตรงในส่วนที่เป็นรายได้ของสทน.และการประมาณค่าใช้จ่ายสามารถสรุปรายได้และค่าใช้จ่ายในแต่ละปีและประมาณการงบกำไรขาดทุนได้ดังตารางที่ 5-3 ถึง ตารางที่ 5-10

ตารางที่ 5-3 แสดงรายได้จากการให้บริการตั้งแต่ปี 2555-2567

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567
รายได้													
ด้านการแพทย์													
-ไอโซโทปรังสี I-131							21.98	21.98	21.98	21.98	21.98	43.96	43.96
-ไอโซโทปรังสี Tc-99m							456.95	456.95	456.95	456.95	456.95	913.90	913.90
ด้านอุตสาหกรรม							782.58	783.90	786.00	788.11	790.21	793.11	795.21
-ฉายรังสีอัญมณี													
-ไอโซโทปรังสี Ir-192							0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	1.58	1.58
-การโดปสารกึ่งตัวนำ							700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
-อื่นๆ							1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
รายได้รวม							1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07

ตารางที่ 5-4 แสดงรายได้จากการให้บริการตั้งแต่ปี 2568-2580

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2568	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580
รายได้													
ด้านการแพทย์													
-ไอโซโทปรังสี I-131	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96
-ไอโซโทปรังสี Tc-99m	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90
ด้านอุตสาหกรรม													
-ฉายรังสีอัญมณี	94.74	96.84	98.95	101.05	103.16	105.26	107.37	109.47	111.58	113.68	115.79	117.89	120.00
-ไอโซโทปรังสี Ir-192	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
-การโดปสารกึ่งตัวนำ	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
-อื่นๆ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
รายได้รวม	1755.17	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44

ตารางที่ 5-5 แสดงการลงทุนในส่วนประกอบต่าง ๆของเครื่องปฏิกรณ์ฯตั้งแต่ปี 2555-2560

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2555	2556	2557	2558	2559	2560
การลงทุน						
Nuclear Research Reactor (including Training, Installation)						
Launching	88.92					
Preliminary Engineering	280.80					
Detail Engineering		351.00	351.00			
Construction of buildings			390.00	390.00	390.00	
Manufacturing and supply			452.40	452.40	452.40	
Installation				234.00	234.00	
Preoperational testing					154.44	
Commissioning						60.84
Project management	397.80					
Isotope Instrument	1260.00					
ที่ดิน	5.40					
Facilities	57.50					
การลงทุนรวม	2090.42	351.00	1193.40	1076.40	1230.84	60.84

ตารางที่ 5-6 แสดงการลงทุนเพิ่มในส่วนประกอบต่าง ๆของเครื่องปฏิกรณ์ฯตั้งแต่ปี 2555-2567

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567
ระบบระบายความร้อนปฐมภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
ระบบระบายความร้อนทุติยภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
ระบบรักษาคุณภาพน้ำ(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
ระบบฉีดน้ำกรณีฉุกเฉิน(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบท่อ(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบแผ่น(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
หอระบายความร้อน 800 ตัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
ระบบอาบสารตัวอย่างด้วยลม(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
ระบบเครื่องกำจัดตะกรัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
ระบบรักษาคุณภาพของน้ำในบ่อเก็บเชื้อเพลิง(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
รถยก(อายุการใช้งาน 10 ปี)													
คอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง (อายุการใช้งาน 5 ปี)												7.30	
เครื่องวัดรังสีแกมมาแบบหลายช่อง(MCA)(อายุการใช้งาน 5 ปี)												67.40	
เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ(อายุการใช้งาน 5 ปี)							14.70	0.50	2.70	39.60		16.17	0.55
รวมมูลค่าการลงทุนเพิ่ม							14.70	0.50	2.70	39.60	0.00	90.87	0.55

ตารางที่ 5-7 แสดงการลงทุนเพิ่มในส่วนประกอบต่าง ๆของเครื่องปฏิกรณ์ฯตั้งแต่ปี 2568-2580

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2568	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580
ระบบระบายความร้อนปฐมภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)				39.50									
ระบบระบายความร้อนทุติยภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)				44.50									
ระบบรักษาคุณภาพน้ำ(อายุการใช้งาน 10 ปี)				127.60									
ระบบฉีดน้ำกรณีฉุกเฉิน(อายุการใช้งาน 10 ปี)				2.40									
ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบท่อ(อายุการใช้งาน 10 ปี)				10.50									
ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบแผ่น(อายุการใช้งาน 10 ปี)				41.00									
หอระบายความร้อน 800 ตัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)				105.50									
ระบบอาบสารตัวอย่างด้วยลม(อายุการใช้งาน 10 ปี)				85.00									
ระบบเครื่องทำจัดตะกรัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)				10.50									
ระบบรักษาคุณภาพของน้ำในบ่อเก็บเชื้อเพลิง(อายุการใช้งาน 10 ปี)				10.50									
รถยก(อายุการใช้งาน 10 ปี)				38.10									
คอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง (อายุการใช้งาน 5 ปี)				8.03					8.83				
เครื่องวัดรังสีแกมมาแบบหลายช่อง(MCA)(อายุการใช้งาน 5 ปี)				74.14					81.55				
เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ(อายุการใช้งาน 5 ปี)	2.97	43.56	0.00	17.79	0.61	3.27	47.92	0.00	19.57	0.67	3.59	52.71	0.00
รวมมูลค่าการลงทุนเพิ่ม	2.97	43.56	0.00	615.06	0.61	3.27	47.92	0.00	109.95	0.67	3.59	52.71	0.00

ตารางที่ 5-8 แสดงต้นทุนของการให้บริการตั้งแต่ปี 2555-2567

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567
ค่าใช้จ่ายการบริหาร													
เงินเดือน						1.25	7.38	7.83	8.30	8.79	9.32	9.88	10.47
Maintenance							0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00
ฝึกอบรม							2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ประชาสัมพันธ์							1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
วัสดุสิ้นเปลือง(งบประมาณประจำปี)							32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80
ประกันภัย							16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
ค่าสาธารณูปโภคและรักษาความปลอดภัย							16.08	16.56	17.06	17.57	18.10	18.64	19.20
ค่าใช้จ่ายการให้บริการ													
ค่าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์							53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00
ค่าขนส่งสารไอโซโทปรังสี							1.50	1.55	1.59	1.64	1.69	1.74	1.79
ต้นทุนในการผลิต I-131							20.23	20.23	20.23	20.23	20.23	40.46	40.46
ต้นทุนในการผลิต Ir-192							0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.63	0.63
ต้นทุนในการผลิต Mo-99							280.38	280.38	280.38	280.38	280.38	560.77	560.77
รวมค่าใช้จ่าย						1.25	430.69	432.66	439.68	441.73	443.84	751.92	754.12

ตารางที่ 5-9 แสดงต้นทุนของการให้บริการตั้งแต่ปี 2568-2580

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2568	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580
ค่าใช้จ่ายการบริหาร													
เงินเดือน	11.10	11.77	12.47	13.22	14.01	14.86	15.75	16.69	17.69	18.76	19.88	21.07	22.34
Maintenance	10.00	15.00	15.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	15.00
ฝึกอบรม	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ประชาสัมพันธ์	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
วัสดุสิ้นเปลือง(งบประมาณประจำปี)	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80
ประกันภัย	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
ค่าสาธารณูปโภคและรักษาความปลอดภัย	19.78	20.37	20.98	21.61	22.26	22.93	23.61	24.32	25.05	25.80	26.58	27.38	28.20
ค่าใช้จ่ายการให้บริการ													
ค่าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์	60.00	61.00	62.00	63.00	64.00	65.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	72.00
ค่าขนส่งสารไอโซโทปรังสี	1.84	1.90	1.96	2.02	2.08	2.14	2.20	2.27	2.34	2.41	2.48	2.55	2.63
ต้นทุนในการผลิต I-131	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46
ต้นทุนในการผลิต Ir-192	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
ต้นทุนในการผลิต Mo-99	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77
รวมค่าใช้จ่าย	**756.38**	**763.70**	**766.07**	**753.51**	**761.01**	**763.58**	**766.22**	**773.94**	**776.74**	**779.63**	**787.60**	**790.66**	**793.82**

ตารางที่ 5-10 แสดงรายได้สุทธิจากการให้บริการตั้งแต่ปี 2555-2567

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568
รายได้							1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17
ค่าใช้จ่ายลงทุน	2090.42	351.00	1193.40	1076.40	1230.84	60.84								
ค่าใช้จ่ายการบริหาร						1.25	74.26	75.19	81.15	82.16	83.22	89.32	90.47	91.68
ค่าใช้จ่ายการให้บริการ							355.43	356.47	357.52	358.57	359.62	661.60	662.65	663.70
ค่าใช้จ่ายการลงทุนเพิ่ม							14.70	0.50	2.70	39.60	0.00	90.87	0.55	2.97
รายได้สุทธิ	**-2090.42**	**-351.00**	**-1193.40**	**-1076.40**	**-1230.84**	**-62.09**	**815.33**	**829.66**	**822.55**	**785.70**	**825.30**	**908.17**	**998.40**	**995.82**

ตารางที่ 5-11 แสดงรายได้สุทธิจากการให้บริการตั้งแต่ปี 2568-2580

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580
รายได้	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
ค่าใช้จ่ายการบริหาร	98.94	100.25	86.63	93.07	94.58	96.16	102.81	104.55	106.36	113.26	115.25	117.33
ค่าใช้จ่ายการให้บริการ	664.76	665.82	666.88	667.94	669.00	670.06	671.13	672.20	673.27	674.34	675.41	676.49
ค่าใช้จ่ายการลงทุนเพิ่ม	43.56	0.00	615.06	0.61	3.27	47.92	0.00	109.95	0.67	3.59	52.71	0.00
รายได้สุทธิ	**950.02**	**993.31**	**392.93**	**1001.98**	**998.85**	**953.67**	**995.97**	**885.32**	**993.83**	**985.04**	**934.96**	**986.61**

5.8 ประมาณการงบกำไรขาดทุน (ผลการดำเนินงาน) (Main)

ตารางที่ 5-12 แสดงกำไรและกำไรสะสมการให้บริการตั้งแต่ปี 2555-2567

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568
รายได้							1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17
ค่าใช้จ่ายการบริหาร						1.25	74.26	75.19	81.15	82.16	83.22	89.32	90.47	91.68
ค่าใช้จ่ายการให้บริการ							355.43	356.47	357.52	358.57	359.62	661.60	662.65	663.70
ค่าใช้จ่ายการลงทุนเพิ่ม							14.70	0.50	2.70	39.60	0.00	90.87	0.55	2.97
ค่าเสื่อมราคา							242.27	230.81	230.67	230.36	229.17	230.67	230.99	231.00
กำไร						-1.25	573.05	598.85	591.89	555.34	596.13	677.51	767.41	764.82
กำไรสะสม						-1.25	814.08	1171.91	1763.80	2319.14	2915.27	3592.78	4360.18	5123.76

ตารางที่ 5-13 แสดงกำไรและกำไรสะสมการให้บริการตั้งแต่ปี 2568-2580

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580
รายได้	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
ค่าใช้จ่ายการบริหาร	97.94	99.25	85.63	92.07	93.58	95.16	101.81	103.55	105.36	112.26	114.25	116.33
ค่าใช้จ่ายการให้บริการ	664.76	665.82	666.88	667.94	669.00	670.06	671.13	672.20	673.27	674.34	675.41	676.49
ค่าใช้จ่ายการลงทุนเพิ่ม	43.56	0.00	615.06	0.61	3.27	47.92	0.00	109.95	0.67	3.59	52.71	0.00
ค่าเสื่อมราคา	231.06	231.93	238.73	239.08	239.09	239.16	240.12	241.93	242.32	242.18	241.46	230.92
กำไร	718.96	761.38	154.20	762.90	759.76	714.51	755.85	643.40	751.51	742.85	693.50	755.69
กำไรสะสม	5842.72	6604.10	6758.30	7521.20	8280.96	8995.47	9751.32	10394.72	11146.23	11889.09	12582.58	13338.28

5.9 ประมาณการงบแสดงฐานะกิจการ (Main)

ตารางที่ 5-14 แสดงประมาณแสดงฐานะกิจการตั้งแต่ปี 2555-2567

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568
สินทรัพย์														
เงินสด						-1.25	815.33	1644.99	2467.54	3253.24	4078.55	4986.72	5985.12	6979.69
Nuclear Research Reactor	2090.42	2441.42	3634.82	4711.22	5942.06	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90
หัก ค่าเสื่อมราคาสะสม							242.27	473.08	703.75	934.11	1163.28	1393.95	1624.93	1855.94
รวมสินทรัพย์	2090.42	2441.42	3634.82	4711.22	5942.06	6001.65	6574.71	7174.81	7766.70	8322.04	8918.17	9595.68	10363.08	11126.66
หนี้สิน							0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวมหนี้สิน							0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ทุน	2090.42	2441.42	3634.82	4711.22	5942.06	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90
กำไรสะสม						-1.25	814.08	1171.91	1763.80	2319.14	2915.27	3592.78	4360.18	5123.76
รวมส่วนของทุน	2090.42	2441.42	3634.82	4711.22	5942.06	6001.65	6816.98	7174.81	7766.70	8322.04	8918.17	9595.68	10363.08	11126.66
รวมหนี้สินและทุน	2090.42	2441.42	3634.82	4711.22	5942.06	6001.65	6816.98	7174.81	7766.70	8322.04	8918.17	9595.68	10363.08	11126.66

ตารางที่ 5-15 แสดงประมาณการงบแสดงฐานะกิจการตั้งแต่ปี 2568-2580

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580
สินทรัพย์												
เงินสด	7929.71	8923.03	9315.96	10317.94	11316.79	12270.46	13266.43	14151.75	15145.58	16130.62	17065.58	18052.19
Nuclear Research Reactor	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90
หัก ค่าเสื่อมราคาสะสม	2087.00	2318.93	2557.65	2796.74	3035.83	3274.99	3515.11	3757.03	3999.35	4241.53	4482.99	4713.92
รวมสินทรัพย์	11845.62	12607.00	12761.20	13524.10	14283.86	14998.37	15754.22	16397.62	17149.13	17891.99	18585.48	19341.18
หนี้สิน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
รวมหนี้สิน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ทุน	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90	6002.90
กำไรสะสม	5842.72	6604.10	6758.30	7521.20	8280.96	8995.47	9751.32	10394.72	11146.23	11889.09	12582.58	13338.28
รวมส่วนของทุน	11845.62	12607.00	12761.20	13524.10	14283.86	14998.37	15754.22	16397.62	17149.13	17891.99	18585.48	19341.18
รวมหนี้สินและทุน	11845.62	12607.00	12761.20	13524.10	14283.86	14998.37	15754.22	16397.62	17149.13	17891.99	18585.48	19341.18

5.10 ประมาณการแหล่งที่มาและใช้ไปของเงินทุน

การลงทุนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีเป็นโครงการที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล ดังนั้นงบประมาณที่ใช้ในการลงทุนทั้งหมดมูลค่า 6,002.9 ล้านบาท จึงเป็นงบประมาณที่ได้รับการอุดหนุนจากรัฐบาลไม่ได้มาจากการกู้เงินจึงไม่จำเป็นต้องใช้เงินทุนหมุนเวียน

5.11 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การประเมินการลงทุนโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW

จากผลการประเมินโครงการทางด้านเศรษฐกิจ การเงินและสังคมที่แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ผลการประเมินโครงการด้านการเงิน

ส่วนที่ 2 ผลการประเมินโครงการด้านเศรษฐกิจและสังคม

โดยผลการประเมินโครงการด้านเศรษฐกิจและสังคมจะแบ่งเป็น การประมาณด้วยฐานข้อมูลการเจริญเติบโตของ GDP และการประมาณการจากฐานข้อมูลผลผลิตและความต้องการใช้บริการ เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนจากการคำนวณ ผลของค่าตัวแปร NPV, IRR, B/C ratio และ PB ตามข้อสมมติปรับลดมูลค่าเงินโดยใช้อัตราส่วนลด (Discount rate) ที่ 10% สามารถสรุปผลวิเคราะห์การลงทุนเป็นแต่ละกรณีได้ดังนี้

5.11.1 ผลการประเมินโครงการด้านการเงิน

ผลการประเมินโครงการด้านการเงินด้วยวิธีการประมาณจากแนวโน้มจากผลผลิตและการใช้บริการมีมูลค่าสุทธิของโครงการ (NPV) ในมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 346.81 ล้านบาทและ -677.97 ล้านบาท ตามอัตราส่วนลด 8% และ10% ตามลำดับ ส่วนค่า IRR ของโครงการในการประมาณด้วยวิธีนี้มีค่า 8.7% จะเห็นได้ว่ามูลค่าสุทธิที่ได้มีค่าเป็นบวกเมื่อ IRR สูงกว่าอัตราส่วนลด และมีค่าเป็นลบเมื่อ IRR ต่ำกว่าอัตราส่วนลด ผลการคำนวณแสดงถึงการขาดทุนหรือความไม่คุ้มค่าทางด้านการเงินของการลงทุนในโครงการเมื่อประเมินจากการใช้งานเพียง 20 ปี ในกรณีที่อัตราส่วนลดสูงกว่า 8% ก็จะไม่สามารถคืนทุนได้ภายใน 20 ปี นับตั้งแต่เริ่มใช้งานเครื่อง และอัตราส่วนลด 12% นั้น ปีที่ 20 พบว่ามีมูลค่าสุทธิของโครงการในมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ -1,416.01 ล้านบาท และค่า IRR ยังต่ำกว่าอัตราส่วนลดเพราะฉะนั้นจำเป็นต้องใช้เวลามากกว่า 20 ปี ในการคืนทุนเช่นเดียวกัน

แต่อายุการใช้งานจริงของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย มีระยะเวลามากกว่า 40 ปี จะเห็นว่าสามารถใช้ประโยชน์เครื่องได้นานกว่า 20 ปี จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้อีก

นอกจากนี้ประโยชน์ที่ได้จากการลงทุนในโครงการนี้ไม่ได้มีแต่ประโยชน์ในรูปของตัวเงินเพียงอย่างเดียวแต่ยังมีประโยชน์ด้านสังคมที่ไม่ได้อยู่ในรูปของรายได้ที่ สทน.จะได้รับ ดังนั้นเมื่อประเมินในภาพรวมทั้งด้านการเงินประกอบกับประโยชน์ต่อเศรษฐกิจสังคมแล้วก็จะเห็นว่าการลงทุนสามารถคุ้มทุนได้เร็วยิ่งขึ้น

ตารางที่ 5-16 สรุปผลการประเมินโครงการด้านการเงินของปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW (Discount rate 10%)

	Financial
NPV	-677.97 ล้านบาท
B/C ratio	1.64
Payback period	มากกว่า 20 ปี
IRR	8.6%

5.11.2 ผลการประเมินโครงการด้านเศรษฐกิจและสังคม

ในการประเมินด้านเศรษฐกิจและสังคมจะประเมินเปรียบเทียบกัน 2 แบบตามกระบวนวิธีการศึกษา คือ

- ผลจากการประมาณจาก GDP ของประเทศไทยและการเจริญเติบโตของ GDP
- ผลจากการประมาณจากแนวโน้มผลผลิตและความต้องการใช้บริการจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย

แม้ว่าทั้ง 2 แบบจะมีวิธีการศึกษาแตกต่างกัน เนื่องจากที่มาของฐานข้อมูลมีความแตกต่างกัน แต่พบว่าทั้งสองวิธีจะมีความสอดคล้องกันในเรื่องของผลการประเมิน

5.11.2.1 ผลการประมาณจาก GDP ของประเทศไทยและการเจริญเติบโตของ GDP

ด้วยวิธีการประมาณการจาก GDP ของประเทศไทยและการเจริญเติบโตของ GDP โดยสมมติฐานของการเจริญเติบโตของ GDP ที่ 3% จะแสดงให้เห็นว่าการลงทุนในโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ สามารถสร้างผลประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคมรวมของ

ประเทศไทย พิจารณาได้จากมูลค่าสุทธิของโครงการเมื่อวัดในมูลค่าปัจจุบัน (NPV) แล้ว มีมูลค่าที่สูงมากตั้งแต่ 7,086.84 – 14,248.36 ล้านบาท โดยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนลด (Discount rate) ที่เลือกใช้ นอกจากมูลค่าสุทธิของโครงการแล้ว IRR ของโครงการยังสูงถึง 22.4% แสดงให้เห็นว่าค่า IRR สูงกว่าอัตราส่วนลดที่ใช้ (8%, 10%, 12%) เป็นอย่างมาก แสดงถึงความคุ้มค่าของการลงทุนในโครงการสูง และสุดท้าย คือ ระยะเวลาคืนทุนของโครงการสั้นเพียง 4-5 ปี นับตั้งแต่เริ่มใช้งานเครื่อง เมื่อเทียบกับอายุการใช้งานของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่ 20 ปีแล้ว ระยะเวลาที่ใช้ในการคืนทุนสั้นเพียง 25% ของอายุการใช้งานเท่านั้น ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สั้นมาก

ตารางที่ 5-17 สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW จาก GDP ของประเทศไทย (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP growth 3%)

	Discount rate	Economic Based on GDP
NPV	8.00%	14,248.36 ล้านบาท
	10.00%	10,112.12 ล้านบาท
	12.00%	7,086.84 ล้านบาท
B/C ratio	8.00%	3.83
	10.00%	3.80
	12.00%	3.75
Payback period	8.00%	3 ปี 7 เดือน
	10.00%	4 ปี 1 เดือน
	12.00%	4 ปี 7 เดือน
IRR		22.4%

5.11.2.2 ผลประมาณจากแนวโน้มผลผลิตและความต้องการใช้บริการจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย

ผลการประเมินด้วยวิธีการประมาณจากแนวโน้มผลผลิตและการให้บริการมีลักษณะเดียวกันกับผลการประเมินด้วยวิธีแรก แต่มีความแตกต่างกัน คือ มูลค่าสุทธิของโครงการในมูลค่าปัจจุบันต่ำกว่าวิธีการแรก โดยมีมูลค่า -37.26 - 2,520.49 ล้านบาท ตามอัตราส่วนลดที่เลือกใช้ มูลค่าสุทธิส่วนใหญ่ยังคงเป็นบวก และค่า IRR ของโครงการในการประมาณด้วยวิธีที่สองนี้มีค่า 11.9% ซึ่งสูงกว่าอัตราส่วนลดส่วนใหญ่ที่เลือกใช้ โดยระยะเวลาในการคืนทุน คือ 9 - 20 ปี เมื่อนับจากเริ่มใช้งานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยหรือ 15 - 26 ปี นับจากเริ่มลงทุน

จากตัวแปรทั้งหมดนี้แม้จะยังมีลักษณะที่ต่ำกว่าวิธีการประมาณจาก GDP และการเจริญเติบโตของ GDP แต่ผลการประเมินยังมีทิศทางเดียวกัน คือ เป็นโครงการที่คุ้มค่าในการลงทุน สาเหตุที่การประเมินด้วยวิธีนี้มีผลการประเมินที่ต่ำกว่าเป็นเพราะการประมาณรายได้จากแนวโน้มความต้องการใช้บริการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยโดยทางตรงและทางอ้อมนั้นสามารถประมาณได้เฉพาะข้อมูลบางส่วนที่จะเกิดขึ้นกับเศรษฐกิจและสังคมโดยรวมเท่านั้น ยังมีข้อมูลอีกหลายส่วนที่ไม่สามารถประมาณออกมาเป็นมูลค่าทางการเงินโดยตรง เช่น มูลค่าเพิ่มจากการนำผลผลิตและการใช้บริการไปเพิ่มมูลค่าต่อในด้านอื่นๆ มูลค่าของ GDP ที่เพิ่มขึ้นจากค่าใช้จ่ายของรัฐบาลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์หรือนำไปพัฒนาในด้านอื่นๆ ได้ หรือมูลค่าของสุขภาพของประชากรในประเทศที่ไม่สามารถวัดออกมาเป็นมูลค่าเงินได้ เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้สามารถวัดได้เมื่อวัดด้วยวิธีการประมาณจาก GDP และการเจริญเติบโตของ GDP ของประเทศแม้จะไม่สามารถแยกรายละเอียดของมูลค่าเพิ่มในแต่ละด้านได้ แต่ก็สามารถบอกในภาพรวมได้ ซึ่งองค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้จะเกิดผลต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ เช่น ค่าใช้จ่ายที่ลดลงด้านสาธารณสุขสามารถนำไปส่งเสริมด้านอุตสาหกรรมและการค้าหรือสร้างความเป็นอยู่ให้กับประชากรในประเทศทำให้ GDP ของประเทศมีการเจริญเติบโตมากขึ้นส่งผลให้เศรษฐกิจดีขึ้นทำให้ความต้องการใช้บริการเพิ่มมากขึ้นตามด้วย

ตารางที่ 5-18 สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW จากแนวโน้มผลผลิตและการให้บริการ (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP growth 3%)

	Discount rate	Economic Based on Demand forecast
NPV	8.00%	2,520.49 ล้านบาท
	10.00%	1,041.66 ล้านบาท
	12.00%	-37.26 ล้านบาท
B/C ratio	8.00%	1.98
	10.00%	1.98
	12.00%	1.96
Payback period	8.00%	9 ปี 8 เดือน
	10.00%	13 ปี 4 เดือน
	12.00%	20 ปี 1 เดือน
IRR		11.9%

นอกจากนี้แล้วการประมาณด้วยวิธีแรกเป็นการประมาณโดยอ้างอิงจากข้อมูลของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศที่พัฒนาแล้วและมีความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาก อีกทั้งยังมีการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีนิวเคลียร์อย่างมาก เนื่องจากมีงบประมาณสนับสนุนมาก ในขณะที่การประมาณด้วยวิธีที่สองเป็นการประมาณจากข้อมูลภายในประเทศไทยซึ่งยังมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีนิวเคลียร์น้อยกว่า เมื่อเทียบกับสหรัฐอเมริกาและยังขาดงบประมาณในการสนับสนุนอย่างมาก ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากสองวิธียังมีความแตกต่างกัน

อีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างในการประมาณระหว่างวิธีแรกและวิธีที่สอง คือ การใช้บริการจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยยังมีอยู่ในวงจำกัด เนื่องจากหน่วยงานทั้งของภาครัฐและภาคเอกชนขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าและบริการ จึงยังไม่คิดมูลค่าจากการให้เช่าชั่วโมงลำนิวตรอนในการวิจัยพัฒนาและงานทดสอบตลอดจนการ

วิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาแก่ภาคอุตสาหกรรม รวมถึงการลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงในภาคเกษตรกรรม ซึ่งจะทำให้สถาบันฯ มีรายได้ทั้งทางตรงและทางอ้อมเกิดขึ้นอีกมาก

ตารางที่ 5-19 สรุปผลการประเมินโครงการด้านเศรษฐกิจ การเงินและสังคมของปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW

GDP Growth 3% and Discount rate 10%			
	Financial	Economic	
		Based on GDP	Based on Productivity and Demand Forecast
NPV	-677.97 ล้านบาท	10,112 ล้านบาท	1,041.66 ล้านบาท
B/C ratio	1.64	3.80	1.98
Payback period	มากกว่า 20 ปี	4 ปี 1 เดือน	13 ปี 4 เดือน
IRR	8.7%	22.4%	11.9%

5.12 การวิเคราะห์ทางการเงิน

การวิเคราะห์ทางการเงินจะวิเคราะห์โดยใช้ อัตราผลตอบแทนต่อรายรับ (ROS) และอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ (ROA) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

ROS = กำไรสุทธิ/รายได้รวม

ROA = กำไรสุทธิ/สินทรัพย์รวม

โดยผลการคำนวณ ROS และ ROA ในแต่ละปีแสดงดังตาราง

ตารางที่ 5-20 แสดงกำไรและกำไรสะสมการให้บริการตั้งแต่ปี 2555-2567

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568
ROS							0.4545	0.4742	0.4679	0.4383	0.4697	0.3869	0.4377	0.4358
ROA							0.1917	0.1760	0.1629	0.1523	0.1423	0.1825	0.1692	0.1577

ตารางที่ 5-21 แสดงกำไรและกำไรสะสมการให้บริการตั้งแต่ปี 2568-2580

รายการ (หน่วย: ล้านบาท)	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580
ROS	0.4091	0.4328	0.0875	0.4326	0.4303	0.4042	0.4271	0.3631	0.4236	0.4182	0.3900	0.4244
ROA	0.1483	0.1396	0.1380	0.1304	0.1236	0.1179	0.1123	0.1081	0.1035	0.0993	0.0957	0.0921

5.13 การประเมิน Sensitivity ของการลงทุนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW

ในการประเมินโครงการลงทุนในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบนั้นมูลค่าโครงการที่ประเมินได้ มาจากการวิเคราะห์และทำนายแนวโน้มรายได้ (ทางตรงและทางอ้อม) ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งผลที่เกิดขึ้นจริงอาจมีความแตกต่างจากการประเมินบ้างเนื่องจากหลายๆ ปัจจัย เช่น อัตราส่วนลด (Discount rate) และการเจริญเติบโตของ GDP ของประเทศ เป็นต้น เพื่อเป็นการทำนายแนวโน้มมูลค่าในการลงทุนที่ภาวะเศรษฐกิจแตกต่างกัน จึงได้ทำการสมมติกรณีศึกษา 4 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 ประเมิน Discount rate กับมูลค่าโครงการ (NPV)

กรณีที่ 2 ประเมินจากการเจริญเติบโตของ GDP ที่ต่ำและสูงกว่า 3% กับมูลค่าโครงการ (NPV)

กรณีที่ 3 ประเมินความไม่แน่นอนของรายได้ต่อผลการประเมินโครงการ

กรณีที่ 4 ประเมินความไม่แน่นอนของต้นทุนต่อผลการประเมินโครงการ

ดังนี้

5.13.1 กรณีที่ 1 Discount rate กับมูลค่าโครงการ (NPV) ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW

การประเมินโครงการจะใช้ Discount rate ที่ 8%, 10% และ 12% ในการประเมิน ผลการประเมินแสดงให้เห็นมูลค่าของโครงการที่ประเมินได้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ Discount rate ดังตารางที่ 5-22

ตารางที่ 5-22 ผลการประเมิน Discount rate กับมูลค่าโครงการ (NPV) เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW จากแนวโน้มผลผลิตและ GDP ของประเทศไทย (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP growth 3%)

	Discount rate	Economic (ล้านบาท)	
		Based on GDP	Based on Demand Forecast
NPV	8%	14,248.36 ล้านบาท	2,520.49 ล้านบาท
	10%	10,112.12 ล้านบาท	1,041.66 ล้านบาท
	12%	7,086.84 ล้านบาท	-37.26 ล้านบาท

จากตารางที่ 5-22 จะเห็นได้ว่าเมื่อเปลี่ยนแปลง Discount rate จะทำให้มูลค่าการประเมินโครงการเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยเมื่อใช้ Discount rate ที่สูงขึ้นในการประเมินจะทำให้มูลค่าของโครงการลดลง

5.13.2 กรณีที่ 2 GDP Growth กับมูลค่าโครงการ (NPV) ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW

การประเมินได้ทดลองเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของ GDP ของประเทศเป็น 1% และ 5% ให้ผลการประเมิน ดังแสดงในตารางที่ 5-23 และ 5-24 ตามลำดับ

ตารางที่ 5-23 สรุปการประเมินโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW (NPV: หน่วยล้านบาทและ GDP Growth 1%)

GDP Growth 1%				
	Discount rate	Financial	Economic	
			Based on GDP	Based on Demand Forecast
NPV	8%	367.2	10,884.51	2,540.88 ล้านบาท
	10%	-663.18	7,672.65	1,056.45 ล้านบาท
	12%	-1,405.14	5,293.42	-26.39 ล้านบาท
B/C Ratio	8%	1.64	3.31	1.99
	10%	1.64	3.30	1.98
	12%	1.62	3.30	1.97
Pay back	8%	17 ปี 6 เดือน	3 ปี 9 เดือน	9 ปี 7 เดือน
	10%	มากกว่า 20 ปี	4 ปี 3 เดือน	13 ปี 3 เดือน
	12%	มากกว่า 20 ปี	4 ปี 10 เดือน	20 ปี 1 เดือน
IRR		8.6%	20.9%	11.9%

ตารางที่ 5-24 สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP Growth 5%)

GDP Growth 5%				
	Discount rate	Financial	Economic	
			Based on GDP	Based on Demand Forecast
NPV	8%	321.58	18,409.20	2,495.27 ล้านบาท
	10%	-696.11	13,104.42	1,023.52 ล้านบาท
	12%	-1,429.23	9,268.32	-50.48 ล้านบาท
B/C Ratio	8%	1.64	4.48	1.98
	10%	1.63	4.40	1.98
	12%	1.62	4.30	1.96
Pay back	8%	17 ปี 9 เดือน	3 ปี 6 เดือน	9 ปี 8 เดือน
	10%	มากกว่า 20 ปี	3 ปี 11 เดือน	13 ปี 4 เดือน
	12%	มากกว่า 20 ปี	4 ปี 5 เดือน	20 ปี 1 เดือน
IRR		8.6%	23.8%	11.9%

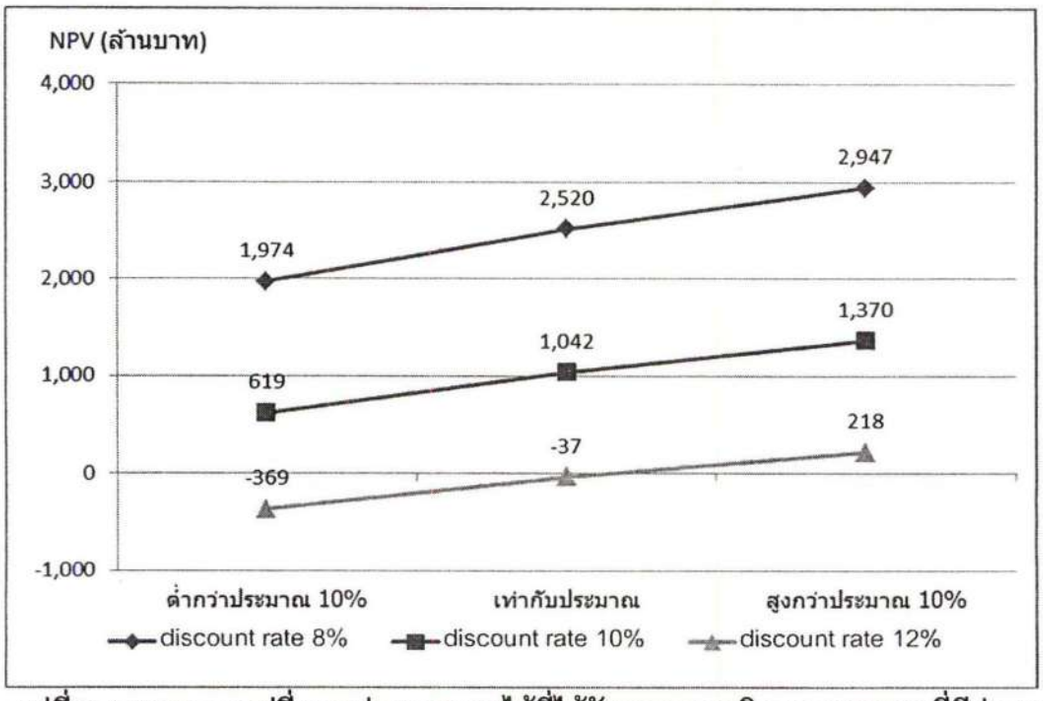
กรณีของการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ (GDP Growth) ที่แตกต่างกันก็จะส่งผลกับการประมาณมูลค่าโครงการในกรณีที่ประเมินจาก GDP ซึ่งถ้าการเจริญเติบโตมากก็จะทำให้มูลค่าของโครงการมาก อัตราผลตอบแทนสูง และสามารถคืนทุนได้เร็ว ดังนั้นถ้าประเมินจากวิธีนี้ถ้าเศรษฐกิจดีจะทำให้ประโยชน์ที่สังคมจะได้รับจากการลงทุนในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยก็จะมากตามไปด้วยเพราะความต้องการใช้บริการจะมีมากขึ้นทำให้มีการให้บริการมากขึ้นด้วย

เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมินทั้งสามด้านคือ ด้านการเงิน ด้านเศรษฐศาสตร์จากการเติบโตของ GDP และด้านเศรษฐศาสตร์จากประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง จะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ (GDP Growth) ที่แตกต่างกันจะส่งผลกระทบต่อการประเมินทั้งสามด้านโดยผลที่เกิดขึ้นแต่ละด้านจะมีความแตกต่างกันตามไปด้วย เราอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ ลักษณะที่ 1 เมื่อเศรษฐกิจมีการเติบโตสูงขึ้นทำให้ผลการประเมินสูงขึ้น และลักษณะที่ 2 เมื่อเศรษฐกิจมีการเติบโตมากขึ้นแต่ทำให้ผลการประเมินต่ำลง โดยกรณีแรกจะเกิดขึ้นกับการ

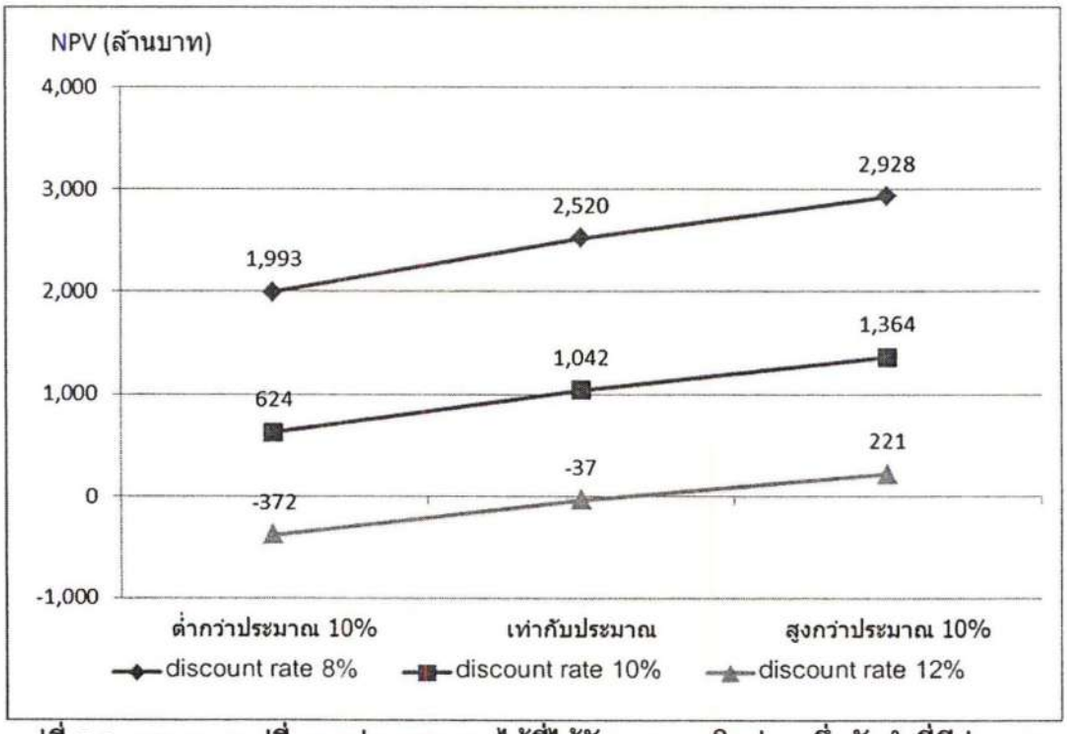
ประเมินโครงการด้านเศรษฐศาสตร์โดยใช้การประมาณรายได้ด้วยวิธีที่ 1 คือประเมินเป็นสัดส่วนจาก GDP การประเมินด้วยวิธีนี้ถ้าเศรษฐกิจมีการเติบโตมากก็จะทำให้รายได้จากการประเมินมากตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับความเป็นจริงที่รายได้เพิ่มขึ้นจากเศรษฐกิจที่มีการเติบโตมาก ส่วนกรณีที่การเติบโตของเศรษฐกิจมีผลในทางตรงกันข้ามกับผลการประเมินจะมีผลกับการประเมินด้านการเงิน และด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งใช้การประมาณรายได้ด้วยวิธีที่ 2 การประเมินสองด้านนี้ประเมินรายได้ที่เกิดขึ้นทั้งทางตรงและทางอ้อมจะประเมินจากประสิทธิภาพของเครื่องว่าสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้เป็นมูลค่าเท่าใด ทำให้สรุปได้ว่าการเติบโตของเศรษฐกิจไม่มีผลต่อการประเมินรายได้ทั้งทางด้านการเงิน (ทางตรง) และด้านเศรษฐศาสตร์ (ทางตรงและทางอ้อม) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการเติบโตของเศรษฐกิจจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับอัตราเงินเฟ้อของประเทศด้วย เนื่องจากการเกิดเงินเฟ้อเล็กน้อยจะกระตุ้นให้เศรษฐกิจโตมากขึ้น ดังนั้นผลกระทบที่เกิดขึ้นจะส่งผลไปยังด้านการประมาณการค่าใช้จ่ายแทน เนื่องจากค่าใช้จ่ายบางประเภทจะสูงตามเงินเฟ้อ เช่น ค่าสาธารณูปโภค (ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า) ที่มีการปรับเพิ่มขึ้นตามเงินเฟ้อเป็นต้น จากผลกระทบจากการเติบโตของเศรษฐกิจจึงไม่ส่งผลต่อรายได้แต่กลับส่งผลกับค่าใช้จ่าย ทำให้การประเมินโดยรวมให้ผลลัพธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับการเติบโตของเศรษฐกิจ

5.13.3 ประเมินความไม่แน่นอนของรายได้ต่อผลการประเมินโครงการ

จากผลการประมาณการรายได้ที่จะได้รับจากการลงทุนในเครื่องปฏิกรณ์ฯ รายได้ส่วนใหญ่มาจาก 2 ด้านด้วยกัน คือ รายได้ด้านการแพทย์จากการผลิต Mo99/Tc99 และรายได้ด้านอุตสาหกรรมจากการให้บริการโดปสารกึ่งตัวนำ ซึ่งถ้ารายได้ที่ได้รับจาก 2 ด้านนี้มีการเปลี่ยนแปลงจากที่ได้มีการประมาณการไว้ จะส่งผลต่อผลการประเมินโครงการ เมื่อศึกษาถึงความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้นของรายได้ 2 ด้านนี้ที่มีผลต่อการประเมินโครงการได้ผลการศึกษาดังนี้



รูปที่ 5-1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของรายได้ที่ได้รับจากการผลิต Mo99/Tc99 ที่มีต่อ NPV



รูปที่ 5-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของรายได้ที่ได้รับจากการโดปสารกึ่งตัวนำที่มีต่อ NPV

จากรูปที่ 5-1 และ 5-2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อรายได้ที่ได้รับจากทั้งสองด้านสูงกว่าที่ประมาณการไว้จะทำให้ NPV ของโครงการสูงขึ้น และเมื่อรายได้ต่ำกว่าการประมาณการจะทำให้ NPV ต่ำลง ซึ่งแนวโน้มของ NPV ที่จะเกิดขึ้นทั้งกรณีที่รายได้สูงกว่าและต่ำกว่าประมาณการไม่ได้เปลี่ยนผลลัพธ์โดยรวมของการประเมินโครงการในกรณีที่อัตราส่วนลด (discount rate) 10% และ 12% คือ ค่า NPV ยังคงเป็นบวกอยู่จึงเหมาะสมที่จะมีการลงทุนในเครื่องปฏิกรณ์ฯ ยกเว้นกรณีที่อัตราส่วนลด 8% ถ้ารายได้สูงกว่าการประมาณการจะทำให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนในเครื่องปฏิกรณ์ฯซึ่งแตกต่างจากกรณีรายได้เท่ากับการประมาณการที่ NPV แสดงให้เห็นถึงความไม่คุ้มค่าของการลงทุน

โดยนอกจากการดูผลของความไม่แน่นอนของการประมาณการที่มีต่อ NPV แล้ว เมื่อพิจารณาถึงการประเมินโครงการด้านอื่นๆเช่น อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ระยะเวลาคืนทุน (payback period) และอัตราส่วนระหว่างประโยชน์ที่ได้รับต่อต้นทุนที่จ่ายในการลงทุนโครงการ (B/C ratio) ก็จะเห็นได้ว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับ NPV ดังตารางที่ 5-25 และ 5-26

ตารางที่ 5-25 สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรายได้จากการผลิตMo99/Tc99เพิ่มขึ้นและลดลง 10% (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP Growth 3%)

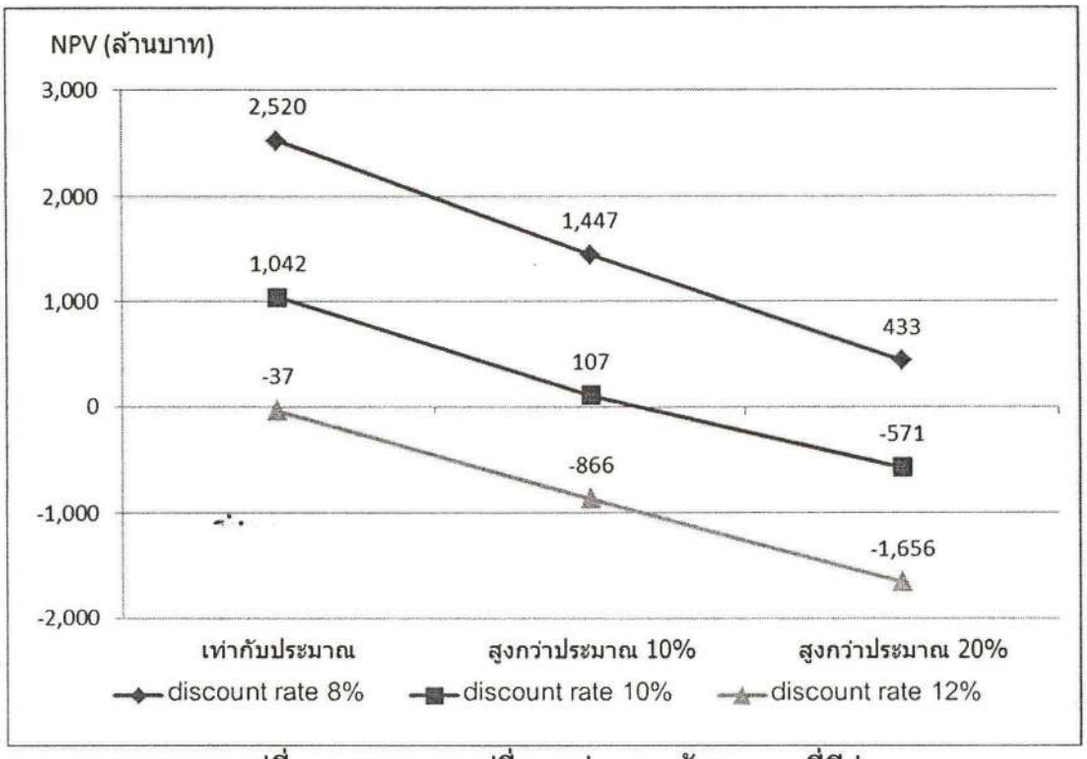
รายได้ด้านการแพทย์จากการผลิตMo99/TC99				
	Discount rate	ลดลง 10%	base	เพิ่มขึ้น 10%
NPV	8%	1973.85	2520.49	2946.86
	10%	618.53	1041.66	1369.64
	12%	-369.28	-37.26	218.47
B/C ratio	8%	1.90	1.98	2.05
	10%	1.90	1.98	2.05
	12%	1.88	1.96	2.03
Payback period	8%	11 ปี 7 เดือน	9 ปี 8 เดือน	9 ปี 1 เดือน
	10%	15 ปี 3 เดือน	13 ปี 4 เดือน	12 ปี 3 เดือน
	12%	มากกว่า 20 ปี	20 ปี 1 เดือน	17 ปี 6 เดือน
IRR		11.2%	11.9%	12.5%

ตารางที่ 5-26 สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรายได้จากการโดปสารกึ่งตัวนำเพิ่มขึ้นและลดลง 10% (NPV: หน่วย ล้านบาท และ GDP Growth 3%)

รายได้ด้านอุตสาหกรรมจากการโดปสารกึ่งตัวนำ				
	Discount rate	ลดลง 10%	base	เพิ่มขึ้น 10%
NPV	8%	1992.61	2520.49	2928.10
	10%	624.04	1041.66	1364.12
	12%	-372.09	-37.26	221.28
B/C ratio	8%	1.90	1.98	2.05
	10%	1.90	1.98	2.04
	12%	1.88	1.96	2.03
Payback period	8%	11 ปี 7 เดือน	9 ปี 8 เดือน	9 ปี
	10%	15 ปี 3 เดือน	13 ปี 4 เดือน	12 ปี 2 เดือน
	12%	มากกว่า 20 ปี	20 ปี 1 เดือน	17 ปี 6 เดือน
IRR		11.2%	11.9%	12.5%

5.13.4 ประเมินความไม่แน่นอนของต้นทุนต่อผลการประเมินโครงการ

นอกจากการเปลี่ยนแปลงของรายได้แล้วการประมาณการต้นทุนก็มีผลต่อการประเมินโครงการเช่นเดียวกัน เนื่องจากการลงทุนเครื่องปฏิกรณ์ฯมีต้นทุนที่สูงทั้งต้นทุนจากการลงทุน ต้นทุนการให้บริการ และต้นทุนการบริหาร จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมทั้งหมดที่มีต่อผลการประเมินโครงการโดยให้ต้นทุนสูงกว่าที่ประมาณการไว้ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ดังนี้



รูปที่ 5-3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนรวมที่มีต่อ NPV

จากรูปที่ 5-3 แสดงให้เห็นว่าเมื่อต้นทุนรวมของการลงทุนในเครื่องปฏิกรณ์มีการเปลี่ยนแปลงจากที่ประมาณการไว้อาจจะส่งผลกระทบต่อความคุ้มค่าของการลงทุนได้ในกรณีที่อัตราส่วนลด (discount rate) 10% ถ้าต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ประมาณการสูงถึง 20% จะทำให้ผลการประเมินโครงการเปลี่ยนจากคุ้มค่าเป็นไม่คุ้มค่า แต่ในกรณีที่อัตราส่วนลด 8% และ 12% การเพิ่มขึ้นของต้นทุนไม่ได้เปลี่ยนผลของการประเมินโครงการ เช่นเดียวกับการประเมินโครงการด้านอื่นๆทั้ง อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ระยะเวลาคืนทุน (payback period) และอัตราส่วนระหว่างประโยชน์ที่ได้รับต่อต้นทุนที่จ่ายในการลงทุนโครงการ (B/C ratio) ก็จะเห็นได้ว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับ NPV ดังตารางที่ 5-27

ตารางที่ 5-27 สรุปผลการประเมินโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนรวมเพิ่มขึ้น 10% และ 20% (NPV: หน่วยล้านบาท และ GDP Growth 3%)

ต้นทุนรวมในการผลิต				
	Discount rate	base	เพิ่มขึ้น 10%	เพิ่มขึ้น 20%
NPV	8%	2520.49	1446.51	432.66
	10%	1041.66	107.16	-570.72
	12%	-37.26	-865.73	-1656.05
B/C ratio	8%	1.98	1.79	1.64
	10%	1.98	1.79	1.64
	12%	1.96	1.78	1.63
Payback period	8%	9 ปี 8 เดือน	13 ปี 3 เดือน	17 ปี 6 เดือน
	10%	13 ปี 4 เดือน	19 ปี 1 เดือน	มากกว่า 20 ปี
	12%	20 ปี 1 เดือน	มากกว่า 20 ปี	มากกว่า 20 ปี
IRR		11.9%	10.2%	8.6%

บทที่ 6 ความเสี่ยงและข้อเสนอแนะ

บทที่ 6 ความเสี่ยงและข้อเสนอแนะ

ในการตัดสินใจลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐกิจ การเงินและสังคมพบว่า มีความเป็นไปได้ทั้งด้านการตลาด ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐกิจ ด้านการเงิน ซึ่งได้จัดทำแผนธุรกิจเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานโดยในขั้นตอนการทำแผนมีข้อสมมุติ และคาดการณ์ในอนาคต ดังนั้นในขั้นตอนการนำแผนไปปฏิบัติอาจพบกับความเสี่ยงและความไม่แน่นอนในอนาคต จึงควรประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางการจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นดังนี้

6.1 ความเสี่ยงด้านนโยบายและการสนับสนุนจากภาครัฐที่อาจส่งผลให้ไม่เกิดการลงทุนหรือเกิดการยืดเยื้อในการตัดสินใจ

การตัดสินใจของผู้มีอำนาจของภาครัฐ อาจมีความเห็นด้วยและไม่เห็นด้วยรวมถึงไม่มีความต่อเนื่อง ด้วยเหตุผลหลายหลาก อีกทั้งมูลค่าการลงทุนที่สูงทำให้ไม่เป็นที่น่าสนใจ

การจัดการความเสี่ยง

สทน. ควรนำเสนอและชี้แจ้งข้อมูล และสร้างความเข้าใจกับประโยชน์ และการสูญเสียที่จะเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักในการดึงดูดการลงทุนสำหรับผลิตภัณฑ์ต้นน้ำหรือต้นทางที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มของผลผลิต ทั้งมูลค่าทางตรงและทางอ้อมที่ลงไปสู่ประชาชน

6.2 ความเสี่ยงด้านความเสียโอกาสโดยเฉพาะด้านเศรษฐกิจ

ถ้าไม่ตัดสินใจดำเนินการ ความล่าช้าในการตัดสินใจดำเนินโครงการศูนย์วิจัยนิวเคลียร์เป็นการสูญเสียโอกาสการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในการพัฒนาประเทศและสิ่งที่สำคัญเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจ

<u>การประเมินความสูญเสียทางเศรษฐกิจ</u>

1. ด้านการแพทย์ ประเมินจากความต้องการสารเภสัชรังสี
    - นำเข้า I-131 ในส่วนเกินที่ผลิตไม่เพียงพอปีละ 500 คูรี คิดเป็นมูลค่า 15 ล้านบาท/ปี

- นำเข้าสารเภสัชรังสี Mo-99 เพื่อผลิต Tc-99 ปีละ 500 คูรี คิดเป็นมูลค่า 33 ล้านบาท/ปี (นำเข้า 100%)

2. ด้านอุตสาหกรรม ประเมินจากความต้องการและโอกาสการได้ส่วนแบ่งจากตลาด
    - ช่วยลดการนำเข้า Ir-192 ในงาน NDT 50% ซึ่งปัจจุบันนำเข้าปีละ 500 คูรี คิดเป็นมูลค่า 15 ล้านบาท/ปี
    - เสียโอกาสในการให้บริการโดปสารกึ่งตัวนำแก่ภาคอุตสาหกรรม 10 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่า 450 ล้านบาท/ปี
    - เสียโอกาสในการให้บริการฉายรังสีพลอยแก่ภาคอุตสาหกรรมเพิ่มกว่าเดิมประมาณ 2,500 กิโลกรัม/ปี คิดเป็นมูลค่า 100 ล้านบาท/ปี
    - โครงการศูนย์ฉายรังสีอัญมณี จำเป็นต้องใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยประกอบกับเครื่องเร่งอนุภาคที่ลงทุนไปแล้ว เพื่อเป็นการดึงผู้ประกอบการไทยที่ปัจจุบันไปใช้บริการฉายรังสีในต่างประเทศกลับเข้ามาใช้บริการในประเทศไทย เป็นการลดการสูญเสียเงินตราเป็นมูลค่าปีละ 20 ล้านบาท
3. ด้านการเกษตร ประเมินจากผลการปรับปรุงคุณภาพดิน
    - เสียโอกาสในการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ในภาคการเกษตรด้วยการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ในการปรับปรุงคุณภาพดิน คิดเป็นมูลค่า 100 ล้านบาท/ปี
    - เสียโอกาสในการส่งออกอันเนื่องมาจากการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยนิวตรอนซึ่งจะทำให้ผลผลิตส่งออกได้ปีละ 500 ล้านบาท/ปี (อ้างอิงจากผลผลิตพันธุ์พืชด้วยนิวตรอนในตลาดโลก)
4. ด้านการศึกษาวิจัยและการพัฒนากำลังคน
    - เสียโอกาสในการผลิตผลงานวิจัยที่มูลค่าโครงการ 10 ล้านบาท
    - เสียโอกาสที่ต้องส่งนักศึกษาไปเรียนต่างประเทศคิดเป็นเงิน 99 ล้านบาท
    - เสียโอกาสการใช้ประโยชน์จากค่าบำรุงที่รัฐต้องจ่ายให้ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศปีละประมาณ 50 ล้านบาท ในการเข้าฝึกอบรมและการขอผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยมาให้

คำปรึกษาและร่วมวิจัย ซึ่งต้องส่งไปอบรมในประเทศที่มีการใช้เครื่องปีละประมาณ 3-5 คน ทำให้สูญเสียประโยชน์ที่ได้รับ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 14.5 ล้านบาท/ปี

ตารางที่ 6-1 สรุปมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐกิจ

ประเมินความสูญเสียทางเศรษฐกิจ	มูลค่า (ล้านบาท/ปี)
ด้านการแพทย์	48.0
ด้านอุตสาหกรรม	570.0
ด้านการเกษตร	600.0
ด้านการศึกษาวิจัยและการพัฒนากำลังคน	123.5
รวมมูลค่าการสูญเสียต่อปี	1,441.18
มูลค่าการสูญเสียรวม 7 ปี	10,088.26

จะเห็นว่าหากคิดอัตราการสูญเสียโอกาสคงที่ในระยะเวลา 7 ปีที่ผ่านมา สามารถประเมินในเชิงตัวเงินมีมูลค่ารวม 10,088.26 ล้านบาท และจะมีความสูญเสียต่อไปปีละประมาณ 1,441.18 ล้านบาท ถ้ายังไม่รีบเร่งดำเนินการให้เกิดโครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย

นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงจากการเสียโอกาสจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีในสัญญาแบบ Turnkey ได้แก่ การผลิตสารเภสัชรังสีตัวใหม่ ผลิตไอโซโทปรังสีแบบผนึกสนิทสำหรับงานอุตสาหกรรม และการวิจัยด้านองค์ความรู้ใหม่ รวมถึงประโยชน์ที่นักวิจัยที่จะได้รับจากการลงทุนอาคารปฏิบัติการในส่วน Non-Turnkey ของโครงการศูนย์วิจัยนิวเคลียร์

การจัดการความเสี่ยง

สทน. ควรเผยแพร่ข้อมูลประชาสัมพันธ์ สื่อสารกับกลุ่มผู้เกี่ยวข้อง รวมทั้งการให้ข้อมูลในด้านวิชาการ การสูญเสียโอกาสและความสามารถระดับประเทศ

6.3 ความเสี่ยงด้านความไม่เข้าใจไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์

ประชาชนทั่วไปมีความรู้ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์น้อยมาก เมื่อกล่าวถึงเทคโนโลยีนิวเคลียร์คนส่วนมากจะนึกถึงและรู้จักแต่ความเป็นอันตรายมหันต์ของระเบิดปรมาณูในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ความเข้าใจของประชาชนทั่วไปในเรื่องประโยชน์ของเทคโนโลยีนิวเคลียร์ยังมีน้อยมาก ทำให้การส่งเสริมด้านงบประมาณสนับสนุนจึงมีน้อยมาก ส่วนใหญ่เมื่อประชาชนในประเทศไทยได้ยินคำว่านิวเคลียร์ มักจะต่อต้าน เพราะไม่เคยรับรู้หรือตระหนักถึงประโยชน์ของนิวเคลียร์ และความจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ชั้นสูงในโลกปัจจุบัน ความเสี่ยงจากการไม่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ทำให้เกิดผลเสียดังนี้

1. การต่อต้านจากทั้งภาครัฐบาลและภาคเอกชน
2. การไม่ให้ความร่วมมือ ไม่สนับสนุนงบประมาณเพื่อดำเนินการ หรือการให้งบประมาณที่น้อยมากจนไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. โครงสร้างพื้นฐานอันจะเป็นสิ่งเริ่มต้นในด้านความพร้อมของประเทศไทยในโลกยุคใหม่ไม่อาจเริ่มต้นได้
4. ไม่สามารถจะพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันทั้งด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม และที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ การเกษตรอันเป็นอาชีพหลักของประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศ
5. การวิจัยและพัฒนาความรู้ความสามารถของนักวิจัยและนิสิตนักศึกษาในเรื่องประโยชน์และบริการด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์มีน้อยและไม่มีประสิทธิภาพ
6. ขาดความสนใจของการมาเรียนในสาขานิวเคลียร์เทคโนโลยีทำให้บุคลากรทางนิวเคลียร์ที่มีคุณภาพในประเทศมีแต่จะลดลงเพราะคนที่มีความสามารถเกษียณ และไม่มีอัตราทดแทนที่เพียงพอทำให้ท้ายสุดอาจเป็นเทคโนโลยีที่ตายได้
7. ขาดความร่วมมือจากต่างประเทศในด้านการศึกษาวิจัย ประเทศที่มีการศึกษาวิจัยทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ขั้นสูงจะไม่สนใจมาทำวิจัยร่วมกับประเทศไทย เพราะมีส่วนต่างทางด้านเทคโนโลยีมากไป ทำให้การพัฒนาทางด้านนี้ในประเทศไทยเกิดขึ้นได้ช้าไม่ทันโลก

การจัดการความเสี่ยง

1. ให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ โดยเป็นด้านประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ให้แก่หลักสูตรของการศึกษาในระบบทั้งในระดับ
    - ประถมศึกษา
    - มัธยมศึกษา
    - อุดมศึกษา
2. ส่งเสริมความรู้แก่ประชาชนทั่วไป โดยเป็นการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ในรูปแบบของการเรียนรู้นอกระบบอย่างที่เข้าใจง่าย ไม่เป็นหลักวิชาการ โดยเฉพาะในการเขียนเป็นภาพการ์ตูน ทำเป็นภาพยนต์สั้นโฆษณาประชาสัมพันธ์ถึงประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ
3. ส่งเสริมให้มีการสร้างความรู้และประสบการณ์ในการบริหารจัดการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่มีกำลังสูงให้กับเจ้าหน้าที่และบุคลากรของพนักงานและนักวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. ส่งเสริมการพัฒนาบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์และการทำวิจัยร่วมกับสถาบันต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ทั้งนี้เพราะเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพ ด้านการแพทย์และด้านอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมอัญมณี อุตสาหกรรมภาคบริการ ตรวจสอบแบบไม่ทำลาย ด้านการเกษตรด้านการวิจัยและพัฒนา

6.4 ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนแปลงในมูลค่าการลงทุนและค่าใช้จ่าย

การศึกษาและจัดทำแผนขึ้นกับข้อสมมุติด้านค่าใช้จ่ายทั้งด้านการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ดังนั้นถ้าค่าใช้จ่ายดำเนินการและเงินลงทุนที่เพิ่มขึ้นจะมีผลกระทบต่อผลการดำเนินงานในอนาคต

การจัดการความเสี่ยง

ในการดำเนินงานควรควบคุมค่าใช้จ่ายด้านต่างๆ ให้เป็นไปตามแผน การบริหารโครงการต้องเป็นไปตามแผนงาน มีความโปร่งใส เพื่อลดปัญหาที่เกิดจาก Cost overun ของโครงการ

6.5 ความเสี่ยงจากการบริหารการตลาดให้ได้ตามแผน

การดำเนินการจะประสบความสำเร็จได้ต้องอาศัยผู้มีความรู้ความสามารถด้านการตลาดแบบมืออาชีพ เพื่อสามารถทำการตลาดเชิงรุกได้ ทาง สทน. มีพื้นฐานความเป็นเลิศด้านเทคนิคเป็นหลัก

การจัดการความเสี่ยง

1. ควรมีการจัดตั้งหน่วยงานหรือบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์มาบริหารการตลาด
2. มีการจัดทำแผนการตลาดสำหรับกลุ่มลูกค้าเป้าหมายทั้ง 4 กลุ่ม อันได้แก่ กลุ่มการแพทย์ เกษตร อุตสาหกรรม วิจัยและวิชาการ อย่างชัดเจนและเป็นระบบ
3. องค์กรควรกำหนดงบประมาณด้านการตลาด โดยเฉพาะการสื่อสารและประชาสัมพันธ์อย่างชัดเจน เพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.6 ความเสี่ยงด้านการดำเนินงาน

ความเสี่ยงในด้านการดำเนินงาน ที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น ด้านการจัดซื้อจัดจ้าง กฎระเบียบที่ส่งผลต่อความยืดหยุ่นในการดำเนินงานซึ่งเป็นข้อจำกัดในการตอบสนองต่อลูกค้าและผู้ที่เกี่ยวข้อง

การจัดการความเสี่ยง

ควรมีการประเมินผลกระทบที่เกิดจากกฎระเบียบการดำเนินงาน ที่ส่งผลกระทบต่อขีดความสามารถในการบริหารจัดการ และหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพเทียบเท่าภาคเอกชน

6.7 ความเสี่ยงด้านเทคโนโลยี

ความเสี่ยงด้านการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีนิวเคลียร์ เช่นเดียวกับเทคโนโลยีอื่นๆ เทคโนโลยีของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบมีการพัฒนาก้าวหน้าตลอดเวลา ยกตัวอย่างที่ง่ายที่สุดคือ โครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเดิมที่ 10 MW มีความต้องการระบบรองรับการรักษาผู้ป่วยแบบ Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) จัดว่าทันสมัยมากในขณะนั้น แต่ในเวลานี้ทุกอย่างค่อนข้างล้าสมัยแล้ว เทคโนโลยี BNCT เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าไม่สามารถนำมาใช้ได้ในทางปฏิบัติและเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW ในขณะนี้ถือว่าใช้กำลังคนค่อนข้างน้อยแล้ว และมีบริษัทผลิตเครื่องปฏิกรณ์

ปรมาณูวิจัยใหม่ๆ เกิดขึ้นจำนวนมาก รวมถึงเชื้อเพลิงที่ใช้กำลังสูงขึ้นก็เป็นแบบ Plate-type แล้ว นอกจากนี้เทคโนโลยีอื่นๆ ก็มีเกิดขึ้นมากมายอย่างเช่น Neutron Transmission Doping (NTD) ที่สามารถสร้างรายได้ได้อย่างมาก ดังนั้นความล่าช้าในการตัดสินใจทำให้ไม่สามารถก้าวทันเทคโนโลยีของโลกที่ก้าวหน้าตลอดเวลา และอาจทำให้ได้เทคโนโลยีที่ล้าสมัย ทำให้เครื่องปฏิกรณ์วิจัย อาจไม่สามารถทำรายได้ตามแผนธุรกิจที่วางไว้ได้

การจัดการความเสี่ยง

ติดตามและดำเนินการให้เป็นไปตามแผนงานอย่างรวดเร็ว และมีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิผลสูงสุด

6.8 ความเสี่ยงด้านระยะเวลาการจัดการและการจัดการทรัพยากรบุคคล

ต้องยอมรับว่าการที่องค์กรจะประสบความสำเร็จและขับเคลื่อนให้เกิดรายได้และมีกำไรนั้น ต้องมีระบบการจัดการที่ดี คล่องตัว ฉับไวและสอดคล้องกับสถานการณ์อยู่ตลอดเวลา อีกทั้งต้องได้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ และอุทิศเวลาเพื่อองค์กร ซึ่งอาจหาได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากข้อจำกัดของอัตราเงินเดือนและค่าตอบแทน

การจัดการความเสี่ยง

1. องค์กรต้องมีการวางระบบการจัดองค์กรในเชิงของธุรกิจ รวมทั้งวางระบบการควบคุมการดำเนินงานด้วย โดยอาจมีที่ปรึกษาวางระบบ ขณะเดียวกันต้องบริหารโดยการใช้เทคโนโลยีและฐานข้อมูลเพื่อการบริหารและการจัดการที่เป็นธรรม
2. สร้างระบบคัดเลือกบุคลากรและการประเมินผลทดลองงานที่มีประสิทธิผล มีการจัดระบบพี่เลี้ยงในการสอนงานและปลูกฝังความรักองค์กร
3. ในประเด็นของบุคลากรนั้น ควรมีระบบการจูงใจและตอบแทนในรูปที่ไม่ใช่ตัวเงิน เช่น การฝึกอบรมเพิ่มทักษะการทำงาน การให้ทุนไปศึกษาอบรม การสัมมนาเชิงวิชาการ การศึกษาดูงานทั้งในประเทศและต่างประเทศ

6.9 ความเสี่ยงจากการขาดธรรมาภิบาลและการกำกับดูแลกิจการที่ดี

ความเสี่ยงทางด้านนี้มีความสำคัญสูงสุดที่จะทำให้โครงการดำเนินการไปได้ เพื่อประโยชน์สูงสุดในระยะยาวของประเทศ และความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ให้ทันกับนานาอารยะประเทศ โครงการนี้อาจดำเนินการไม่ได้เพราะความขาดธรรมภิบาลของบุคคลต่างๆ ดังนี้

1. ความไม่โปร่งใสในการบริหารจัดการและอนุมัติงบประมาณโครงการด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ โครงการนี้เป็นโครงการพื้นฐานขนาดใหญ่ ใช้เงินลงทุนมาก อาจจะอนุมัติโดยคิดถึงประโยชน์ส่วนตนเป็นหลักหรือพวกที่ขาดคุณธรรมจะมีส่วนร่วมได้รับผลประโยชน์ด้านงบประมาณในการจัดซื้อจัดจ้างที่มหาศาลนี้ การขัดขวางของผู้มีอำนาจสูงสุดในการอนุมัติ เกิดจาก
    - ความไม่รู้จริง ไม่ตระหนักในประโยชน์มหาศาลและประโยชน์ในระยะยาวของประเทศชาติ ที่นานาอารยะประเทศได้ลงทุนลงแรง และดำเนินการไปก่อนหน้านี้มากแล้ว การดำเนินโครงการนี้ก็นับว่าล่าช้าไม่ทันกาล แต่อาจล่าช้าไปอีกจากความไม่มีความรู้จริงในเรื่องเทคโนโลยีนิวเคลียร์
    - ความต้องการผลประโยชน์จากเงินลงทุนจำนวนมหาศาลที่ต้องการให้มีส่วนได้กับตนเองและพวกพ้อง
2. ผู้บริหารระดับสูงของประเทศ ผู้รับผิดชอบทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ไม่ยอมอุทิศตน และทุ่มเทความรู้ความเข้าใจในเรื่องเทคโนโลยีนิวเคลียร์เพราะไม่อยากยุ่งยากลำบากใจจากการถูกแรงต่อต้านและแรงคัดค้านจากผู้ไม่ตระหนักถึงความจำเป็นที่ต้องใช้เทคโนโลยีด้านนี้ในโลกปัจจุบัน
3. นักวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ไม่ยอมอุทิศตนและทุ่มเทความรู้ความเข้าใจในสาระประโยชน์ด้านนี้ ให้แก่ปวงชนชาวไทย เพราะไม่ต้องการต่อสู้กับแรงคัดค้านจากความไม่รู้จริง และความไม่โปร่งใสในการจัดซื้อจัดจ้างและการประมูลงานของผู้บริหารระดับต่างๆ ทั้งภาครัฐบาลและภาคการเมือง
4. ผู้บริหารทุกระดับในงานด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศที่ต้องแสดงความจริงใจ ความโปร่งใสในการตัดสินใจ การดำเนินการทุกด้าน เพื่อให้มีความรู้ความบริสุทธิ์ยุติธรรมกับทุกฝ่ายโดยเฉพาะกับประชาชนชาวไทยในระยะยาว

การจัดการความเสี่ยง

ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องต้องแสดงความโปร่งใส บริสุทธิ์ยุติธรรม มีธรรมาภิบาลในการตัดสินใจพิจารณาโครงการทุกด้าน และในการดำเนินการทุกระดับต้องมีความรู้จริง ทันสมัย ทันต่อความ

เปลี่ยนแปลงในสภาวะปัจจุบันทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยยึดผลประโยชน์ร่วมกันของประชาชนชาวไทย ในทุกภาคส่วนทั้งทางด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร และการศึกษาวิจัย เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชาชนชาวไทยด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์

6.10 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงของโครงการฯ ควรมีบทบาทในการสนับสนุนให้บรรลุเป้าหมาย ดังนี้

ผู้ที่เกี่ยวข้อง	บทบาทที่เกี่ยวข้องและข้อเสนอแนะ
ภาครัฐ:	<u>บทบาทที่เกี่ยวข้อง</u> 1. เป็นผู้กำหนดนโยบายทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในภาพรวม 2. เป็นผู้ตัดสินใจในการอนุมัติงบประมาณเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย และงบประมาณอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้วยหลักธรรมาภิบาล
	<u>ข้อเสนอแนะ</u> 1. รัฐควรถือว่าการลงทุนทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์เป็นหนึ่งในวาระแห่งชาติ 2. รัฐควรมีนโยบายที่แน่นอน ทำการแบ่งความรับผิดชอบด้านนโยบายและด้านการควบคุมให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ชัดเจน ซึ่งที่ผ่านมามีปัญหาในการขาดนโยบายระยะยาว เช่น ขาดความต่อเนื่องในการวางแผนการพัฒนาบุคลากรอย่างบูรณาการ โดยเห็นได้จากการลงทุนส่งนักเรียนไปเรียนในประเทศที่มีการวิจัยและพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ระดับสูง แต่ไม่มีเครื่องมือในประเทศที่รองรับงานวิจัยในระดับสูง ซึ่งเป็นผลให้การจัดอันดับด้านแผนการพัฒนาด้านนิวเคลียร์โดยรวมของประเทศไทยอยู่อันดับรั้งท้าย 3. เร่งผลักดันให้มีกฎหมายเรื่องการชดใช้ความเสียหายแก่บุคคลที่สาม (Third Party Liability Law) ในด้านการทำสัญญาจัดหาพัสดุด้านนิวเคลียร์ระหว่างประเทศ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีกฎหมายนี้ทำให้เกิดปัญหาด้านการประกันความเสี่ยงในการดำเนินงาน 4. รัฐพึงเร่งพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อไม่ให้เกิดการล้าหลังทางเทคโนโลยีกว่าประเทศเพื่อนบ้าน

ผู้ที่เกี่ยวข้อง	บทบาทที่เกี่ยวข้องและข้อเสนอแนะ
สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (ปส.)	<u>บทบาทที่เกี่ยวข้อง</u> 1. เป็นหน่วยงานที่บริหารจัดการด้านพลังงานปรมาณู กำกับดูแลความปลอดภัยทางรังสีและทางนิวเคลียร์ การพิทักษ์วัสดุนิวเคลียร์และการไม่แพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์รวมทั้งการวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสนับสนุนการกำกับดูแลและความปลอดภัยจากพลังงานปรมาณู 2. เสนอนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงานปรมาณูของประเทศ
	<u>ข้อเสนอแนะ</u> 1. ปส. ควรเร่งประสานให้โครงการจัดซื้อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเดิมที่ไม่สามารถดำเนินการต่อได้ ให้สิ้นสุดลงตามกระบวนการของกฎหมาย โดยไม่มีข้อผูกมัดกับโครงการใหม่ 2. เร่งสนับสนุนให้มีการจัดซื้อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่ เนื่องจากเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศ 3. ปส. ควรมีอิสระในการกำกับดูแล และ ไม่ควรอยู่ภายใต้องค์กรเดียวกันกับผู้ดำเนินกิจกรรมภายใต้การกำกับดูแล
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (สทน.)	<u>บทบาทที่เกี่ยวข้อง</u> 1. เป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบการบริหารจัดการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในโครงการนี้
	<u>ข้อเสนอแนะ</u> 1. สทน. ควรมีการปฏิรูปองค์กรในด้านต่างๆ โดยต้องมีการพัฒนาหลายด้านด้วยกัน ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐาน การพัฒนากำลังคน การวิจัยและพัฒนา เครือข่ายวิจัย การบริหารองค์ความรู้ การบริหารจัดการกลุ่มลูกค้าเป้าหมายและการทำการตลาดเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานตามแผนการลงทุนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด 2. มีการบริหารจัดการโครงการให้สามารถดำเนินการได้ตามแผนที่วางไว้ ควรประสานความร่วมมือทั้งภายในและภายนอกองค์กรให้ไปในทิศทางเดียวกัน

ผู้ที่เกี่ยวข้อง	บทบาทที่เกี่ยวข้องและข้อเสนอแนะ
	3.การใช้จุดเด่นและโอกาสขององค์กรในการกำจัดจุดด้อยและเร่งสร้างศักยภาพทั้งด้านการพัฒนาผลผลิต กำลังคนและความโดดเด่นของ สทน. ให้ก้าวสู่การเป็นหนึ่งในผู้นำด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในระดับภูมิภาค

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แสดงจำนวนและอัตราผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอกตามกลุ่มสาเหตุ

ภาคผนวก ก แสดงจำนวนและอัตราผู้ป่วยในและผู้ป่วยนอก ตามกลุ่มสาเหตุ

ตารางแสดงจำนวนและอัตราผู้ป่วยใน ต่อประชากร 100,000 คน ตามกลุ่มสาเหตุ ทั้งประเทศ (ไม่รวมกรุงเทพมหานคร) พ.ศ. 2552

กลุ่มโรค	สาเหตุการป่วย	ทั้งประเทศ		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลาง (ไม่รวม กทม.)		ภาคใต้	
1	ไข้ราดสาดน้อย,ไข้รากสาดเทียมและการติดเชื้อซัลโมเนลลา	12,486	21.62	3,068	25.95	3,974	18.51	2,310	14.73	3,134	35.70
2	โรคติดเชื้ออื่นๆของลำไส้	415,762	719.93	78,875	667.05	148,466	691.53	114,460	730.01	73,961	842.60
3	วัณโรค	73,287	126.90	14,984	126.72	25,689	119.65	21,690	138.34	10,924	124.45
4	โรคเรื้อน	896	1.55	148	1.25	506	2.36	157	1.00	85	0.97
5	สมองอักเสบจากเชื้อไวรัส	933	1.62	96	0.81	460	2.14	207	1.32	170	1.94
6	ไข้เลือดออกจากเชื้อเด็งกี่ และไข้เลือดออกจากเชื้อไวรัส	57,295	99.21	6,525	55.18	11,924	55.54	15,539	99.11	23,307	265.52
7	ตับอักเสบจากเชื้อไวรัส	12,940	22.41	3,361	28.42	3,639	16.95	3,885	24.78	2,055	23.41
8	โรคภูมิคุ้มกันบกพร่องจากเชื้อไวรัส(เอชไอวี)	72,916	126.26	20,759	175.56	16,927	78.84	23,174	147.80	12,056	137.35
9	มาลาเรีย	14,604	25.29	4,278	36.18	3,515	16.37	3,770	24.04	3,041	34.64
10	โรคติดเชื้อและปรสิตอื่นๆ	348,807	603.99	71,865	607.77	118,757	553.15	89,841	572.99	68,344	778.61
11	เนื้องอกร้ายที่ตับ	24,506	42.43	5,946	50.29	11,838	55.14	4,953	31.59	1,769	20.15

กลุ่มโรค	สาเหตุการป่วย	ทั้งประเทศ		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลาง (ไม่รวม กทม.)		ภาคใต้	
12	เนื้องอกร้ายที่ปอด	19,013	32.92	6,384	53.99	4,547	21.18	5,423	34.59	2,659	30.29
13	เนื้องอกร้ายที่เต้านม	22,153	38.36	6,038	51.06	6,093	28.38	6,762	43.13	3,260	37.14
14	เนื้องอกร้ายที่มดลูก	11,194	19.38	3,192	26.99	2,851	13.28	3,531	22.52	1,620	18.46
15	โรคเลือดและอวัยวะสร้างเลือดและความผิดปกติบางชนิดที่เกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกัน	488,299	845.53	95,659	808.99	177,426	826.42	140,524	896.24	74,690	850.90
16	ธาลัสซีเมีย	64,287	111.32	19,007	160.74	24,404	113.67	12,740	81.25	8,136	92.69
17	ความผิดปกติของต่อมไทรอยด์	43,012	74.48	14,185	119.96	10,647	49.59	9,133	58.25	9,047	103.07
18	โรคเบาหวาน	425,320	736.48	87,162	737.13	148,421	691.32	132,337	844.03	57,400	653.93
19	ความผิดปกติเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อ โภชนาการและเมตะบอลิซึมอื่นๆ	931,075	1612.23	186,834	1580.07	294,596	1372.18	292,476	1865.37	157,169	1790.54
20	ความผิดปกติทางจิตใจที่มีสาเหตุจากโรคทั้งกลุ่มอาการของโรค	12,224	21.17	3,699	31.28	3,767	17.55	3,179	20.28	1,579	17.99
21	ความผิดปกติทางจิตใจและพฤติกรรมที่มีสาเหตุจากสารออกฤทธิ์ทางจิตประสาท	61,858	107.11	21,525	182.04	19,000	88.50	15,821	100.90	5,512	62.80
22	ความผิดปกติทางจิต จิตเภทและประสาทหลอน	28,743	49.77	5,650	47.78	9,805	45.67	8,710	55.55	4,578	52.15

กลุ่มโรค	สาเหตุการป่วย	ทั้งประเทศ		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลาง (ไม่รวม กทม.)		ภาคใต้	
23	ความผิดปกติทางอารมณ์(สะเทือนอารมณ์)	15,283	26.46	5,138	43.45	3,401	15.84	4,635	29.56	2,109	24.03
24	ความผิดปกติจากโรคประสาท ความเครียด และอาการทางกายที่หาสาเหตุไม่ได้	35,148	60.86	8,386	70.92	11,802	54.97	9,252	59.01	5,708	65.03
25	โรคปัญญาอ่อน	2,765	4.79	621	5.25	997	4.64	731	4.66	416	4.74
26	โรคลมบ้าหมู	44,938	77.81	12,073	102.10	13,438	62.59	12,074	77.01	7,353	83.77
27	โรคของประสาทอื่นๆ	126,388	218.85	29,724	251.38	42,547	198.18	34,508	220.09	19,609	223.40
28	โรคตาและส่วนผนวก	170,371	295.01	41,307	349.34	43,788	203.96	60,402	385.23	24,874	283.38
29	โรคหูและปุ่มกกหู	41,156	71.26	9,524	80.54	10,232	47.66	12,578	80.22	8,822	100.50
30	ไข้รูมาห์ติคเฉียบพลัน	1,890	3.27	332	2.81	1,297	6.04	123	0.78	138	1.57
31	โรคหัวใจรูห์มาติคเรื้อรัง	19,458	33.69	4,882	41.29	7,034	32.76	4,804	30.64	2,738	31.19
32	โรคความดันโลหิตสูง	566,814	981.48	144,905	1225.47	142,543	663.94	189,888	1211.08	89,478	1019.38
33	โรคหัวใจขาดเลือด	169,673	293.80	35,757	302.40	39,236	182.75	64,902	413.94	29,778	339.25
34	โรคหัวใจและโรคของการไหลเวียนเลือดผ่านปอดอื่นๆ	268,849	465.53	63,102	533.66	77,417	360.59	85,050	542.44	43,280	493.07
35	โรคหลอดเลือดสมองใหญ่	131,203	227.19	33,382	282.31	31,742	147.85	44,721	285.22	21,358	243.32

กลุ่มโรค	สาเหตุการป่วย	ทั้งประเทศ		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลาง (ไม่รวม กทม.)		ภาคใต้	
36	โรคอื่นๆของระบบไหลเวียนเลือด	59,146	102.42	15,694	132.73	15,184	70.72	18,984	121.08	9,284	105.77
37	ระบบหายใจส่วนบนติดเชื้อเฉียบพลัน และโรคอื่นๆของระบบหายใจส่วนบน	232,426	402.46	61,291	518.34	61,541	286.65	67,743	432.05	41,851	476.79
38	ไข้หวัดใหญ่	34,155	59.14	8,994	76.06	9,209	42.89	9,661	61.62	6,291	71.67
39	ปอดอักเสบ	239,423	414.58	48,489	410.07	81,597	380.06	68,080	434.20	41,257	470.02
40	โรคเรื้อรังของระบบหายใจส่วนล่าง	200,946	347.95	63,279	535.15	45,865	213.63	49,793	317.57	42,009	478.59
41	โรคหืด และโรคหืดชนิดเฉียบพลันรุนแรง	102,273	177.09	16,541	139.89	33,844	157.64	31,340	199.88	20,548	234.09
42	โรคอื่นๆของระบบหายใจ	255,791	442.92	54,640	462.09	87,719	408.58	68,659	437.90	44,773	510.08
43	โรคแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ส่วนต้น	65,524	113.46	16,088	136.06	23,781	110.77	18,236	116.31	7,419	84.52
44	โรคของไส้ติ่ง	94,197	163.11	21,580	182.50	31,739	147.83	25,483	162.53	15,395	175.39
45	ไส้เลื่อน	28,342	49.08	7,244	61.26	8,137	37.90	7,843	50.02	5,118	58.31
46	โรคอื่นๆของลำไส้และเยื่อบุช่องท้อง	24,917	43.15	5,458	46.16	6,569	30.60	8,452	53.91	4,438	50.56
47	ลำไส้อัมพาต และลำไส้มีการอุดตันโดยไม่มีไส้เลื่อน	22,073	38.22	5,230	44.23	7,935	36.96	5,548	35.38	3,360	38.28
48	โรคตับจากแอลกอฮอล์	29,023	50.26	7,838	66.29	8,407	39.16	10,243	65.33	2,535	28.88

กลุ่มโรค	สาเหตุการป่วย	ทั้งประเทศ		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลาง (ไม่รวม กทม.)		ภาคใต้	
49	โรคนิ่วในถุงน้ำดีและถุงน้ำดีอักเสบ	56,873	98.48	25,542	216.01	17,232	80.26	10,152	64.75	3,947	44.97
50	โรคอื่นๆของระบบย่อยอาหาร	471,876	817.09	130,441	1103.15	142,152	662.12	121,121	772.49	78,162	890.46
51	โรคของผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง	182,169	315.44	46,500	393.25	56,156	261.56	50,799	323.99	28,714	327.12
52	โรคของระบบกล้ามเนื้อร่วมโครงร่าง	262,401	454.37	93,898	794.10	70,786	329.71	63,107	402.49	34,610	394.29
53	ความผิดปกติของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน	15,876	27.49	4,650	39.33	5,391	25.11	4,157	26.51	1,678	19.12
54	ไตวายเฉียบพลัน	57,549	99.65	12,888	108.99	17,073	79.52	18,081	115.32	9,507	108.31
55	ไตวายเรื้อรัง	185,342	320.93	42,428	358.82	80,942	377.01	41,417	264.15	20,555	234.17
56	นิ่วในไต	62,239	107.77	19,028	160.92	26,577	123.79	8,706	55.53	7,928	90.32
57	โรคของอวัยวะสืบพันธุ์ชาย	46,288	80.15	12,015	101.61	12,099	56.35	13,951	88.98	8,223	93.68
58	ความพิการของเต้านม	8,630	14.94	2,750	23.26	2,729	12.71	1,643	10.48	1,508	17.18
59	โรคและความผิดปกติเกี่ยวกับอวัยวะเชิงกรานหญิงอักเสบ	69,693	120.68	14,802	125.18	20,139	93.80	20,514	130.84	14,238	162.21
60	โรคอื่นๆของระบบสืบพันธุ์ร่วมปัสสาวะ	229,281	397.02	55,556	469.84	72,734	338.78	64,969	414.36	36,022	410.38
61	การตั้งครรภ์แล้วแท้ง	63,881	110.62	11,172	94.48	17,903	83.39	17,558	111.98	17,248	196.50
62	การคลอดเดี่ยว(คลอดปกติ)	378,619	655.61	58,456	494.37	123,066	573.22	114,386	729.54	82,711	942.28

กลุ่มโรค	สาเหตุการป่วย	ทั้งประเทศ		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลาง (ไม่รวม กทม.)		ภาคใต้	
63	โรคแทรกซ้อนในการตั้งครรภ์ การเจ็บครรภ์ การคลอด	546,583	946.45	92,113	779.00	157,401	733.15	157,742	1006.06	139,327	1587.28
64	การบาดเจ็บจากการคลอด	6,940	12.02	1,131	9.56	2,494	11.62	2,111	13.46	1,204	13.72
65	ความผิดปกติอื่นๆที่เกิดขึ้นในระยะปริกำเนิด	303,784	526.03	46,337	391.87	99,560	463.73	90,773	578.94	67,114	764.59
66	รูปร่างผิดปกติ การพิการจนผิดรูปแต่กำเนิด และโครโมโซมผิดปกติ	35,512	61.49	6,099	51.58	10,596	49.35	11,400	72.71	7,417	84.50
67	อาการ อาการแสดงและสิ่งผิดปกติที่พบได้จากการตรวจทางคลินิกและห้องปฏิบัติการ	567,817	983.22	119,782	1013.00	188,859	879.67	147,496	940.71	111,680	1272.31
68	คนเดินเท้าและคนขี่จักรยานบาดเจ็บจากอุบัติเหตุจากการขนส่ง	23,819	41.24	4,911	41.53	7,598	35.39	5,521	35.21	5,789	65.95
69	ผู้ขับขี่จักรยานยนต์ได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุจากการขนส่ง	168,576	291.90	36,575	309.32	46,840	218.17	50,355	321.16	34,806	396.53
70	อุบัติเหตุจากการขนส่งอื่นๆและผลที่ตามมาของอุบัติเหตุจากการขนส่งทั้งหมด	24,316	42.11	5,151	43.56	6,962	32.43	7,583	48.36	4,620	52.63
71	การเป็นพิษและผลพิษจากอุบัติเหตุ การทำร้ายตนเอง	41,515	71.89	8,723	73.77	9,999	46.57	15,721	100.27	7,072	80.57
72	เหตุการณ์ภายนอกอื่นๆของการบาดเจ็บโดย	244,349	423.11	56,642	479.02	64,551	300.67	77,718	495.67	45,438	517.65

กลุ่มโรค	สาเหตุการป่วย	ทั้งประเทศ		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลาง (ไม่รวม กทม.)		ภาคใต้	
	อุบัติเหตุและผลที่ตามมา ยกเว้นการเป็นพิษ										
73	การฆ่าตัวตาย หรือการทำร้ายตัวเอง ยกเว้นการวางยาพิษตนเอง	9,982	17.28	5,656	47.83	1,964	9.15	1,377	8.78	985	11.22
74	การถูกฆ่าตาย และถูกผู้อื่นทำร้าย ยกเว้นโดยใช้ยา สารเคมี หรือวัตถุมีพิษ	38,724	67.05	6,850	57.93	11,267	52.48	12,353	78.79	8,254	94.03
75	สาเหตุภายนอกอื่นๆของการเจ็บป่วย การตาย และผลที่ตามมาที่มิได้ระบุไว้ที่อื่นใด	81,268	140.72	16,248	137.41	34,867	162.40	18,082	115.32	12,071	137.52
	รวม	10,307,684	17848.59	2,317,083	19595.70	3,202,190	14915.23	2,973,148	18962.30	1,815,263	20680.35

ที่มา: สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข

ตารางแสดงจำนวนและอัตราผู้ป่วยนอก ต่อประชากร 1,000 คน ตามกลุ่มสาเหตุ ทั้งประเทศและรายภาค (ไม่รวมกรุงเทพมหานคร) พ.ศ. 2552

กลุ่มโรค	สาเหตุการป่วย	ทั้งประเทศ		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลาง (ไม่รวม กทม.)		ภาคใต้	
		จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา
1	โรคติดเชื้อและปรสิต	7,469,808	129.35	1,575,420	133.23	2,528,235	117.76	2,056,867	131.18	1,309,286	149.16
2	เนื้องอก (รวมมะเร็ง)	1,138,585	19.72	303,566	25.67	371,622	17.31	326,949	20.85	136,448	15.54
3	โรคเลือดและอวัยวะสร้างเลือด และความผิดปกติเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน	939,718	16.27	222,517	18.82	332,966	15.51	253,995	16.20	130,240	14.84
4	โรคเกี่ยวกับต่อมไร้ท่อ โภชนการ และเมตะบอลิสัม	14,248,104	246.72	3,490,133	295.16	4,363,948	203.26	4,541,527	289.65	1,852,496	211.05
5	ภาวะแปรปรวนทางจิตและพฤติกรรม	2,829,516	49.00	638,282	53.98	947,753	44.14	782,728	49.92	460,753	52.49
6	โรคระบบประสาท	2,594,679	44.93	722,621	61.11	730,659	34.03	818,045	52.17	323,354	36.84
7	โรคตารวมส่วนประกอบของตา	4,067,029	70.42	863,237	73.00	1,275,711	59.42	1,360,494	86.77	567,587	64.66
8	โรคหูและปุ่มกกหู	1,545,931	26.77	484,525	40.98	377,162	17.57	456,098	29.09	228,146	25.99
9	โรคระบบไหลเวียนเลือด	17,696,105	306.42	5,083,674	429.93	3,949,599	183.97	6,000,279	382.69	2,662,553	303.33
10	โรคระบบหายใจ	28,768,876	498.16	6,459,783	546.31	9,359,909	435.97	8,460,573	539.60	4,488,611	511.36
11	โรคระบบย่อยอาหาร รวมโรคในช่องปาก	16,669,427	288.64	4,119,376	348.38	5,875,231	273.66	4,362,343	278.22	2,312,477	263.45

กลุ่มโรค	สาเหตุการป่วย	ทั้งประเทศ		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลาง (ไม่รวม กทม.)		ภาคใต้	
		จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา
12	โรคผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง	5,516,768	95.53	1,295,003	109.52	1,719,924	80.11	1,648,981	105.17	852,860	97.16
13	โรคระบบกล้ามเนื้อ รวมโครงร่าง และเนื้อยึดเสริม	16,789,872	290.73	4,859,594	410.98	4,723,513	220.01	4,987,341	318.09	2,219,424	252.85
14	โรคระบบสืบพันธุ์ร่วมปัสสาวะ	4,294,405	74.36	1,089,505	92.14	1,378,196	64.19	1,198,145	76.42	628,559	71.61
15	ภาวะแทรกในการตั้งครรภ์ การคลอด และระยะหลังคลอด	658,231	11.40	96,540	8.16	186,613	8.69	213,301	13.60	161,777	18.43
16	ภาวะผิดปกติของทารกที่เกิดขึ้นในระยะปริกำเนิด (อายุครรภ์ 22 สัปดาห์ขึ้นไปจนถึง 7 วันหลังคลอด)	179,766	3.11	36,276	3.07	61,965	2.89	53,418	3.41	28,107	3.20
17	รูปร่างผิดปกติแต่กำเนิด การพิการจนผิดรูปแต่กำเนิดและโครโมโซม ผิดปกติ	209,453	3.63	49,582	4.19	60,496	2.82	63,117	4.03	36,258	4.13
18	อาการ, อาการแสดงและสิ่งผิดปกติที่พบได้จากการตรวจทางคลินิกและทางห้องปฏิบัติการที่ไม่สามารถจำแนกโรคในกลุ่มอื่นได้	17,731,069	307.03	3,995,141	337.87	5,609,020	261.26	5,479,208	349.46	2,647,700	301.64
19	การเป็นพิษและผลที่ตามมา	305,422	5.29	60,111	5.08	113,461	5.28	79,730	5.09	52,120	5.94

กลุ่มโรค	สาเหตุการป่วย	ทั้งประเทศ		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคกลาง (ไม่รวม กทม.)		ภาคใต้	
		จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา	จำนวน	อัตรา
20	อุบัติเหตุจากการขนส่งและผลที่ตามมา	1,461,400	25.31	309,645	26.19	552,726	25.74	409,452	26.11	189,577	21.60
21	สาเหตุจากภายนอกอื่นๆ ที่ทำให้ป่วยหรือตาย	7,314,481	126.66	1,693,682	143.24	2,518,334	117.30	2,077,868	132.52	1,024,597	116.73
	รวมทั้งสิ้น	152,428,645	2,639.43	37,448,213	3,167.02	47,037,043	2,190.90	45,630,459	2,910.24	22,312,930	2,542.00

ที่มา: สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข

ภาคผนวก ข

ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตร ปี 2549-2550

ภาคผนวก ข ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตร ปี 2549-2550

ปริมาณ : เมตริกตัน มูลค่า : 1,000 บาท

รายการ	2549		2550	
	ปริมาณ Quantity	มูลค่า Value	ปริมาณ Quantity	มูลค่า Value
รวมข้าวส่งออก		98,179,004		119,215,430
ข้าวเจ้าขาว		28,347,400		37,934,291
ข้าวเจ้าขาว 100%	1,079,274	12,957,182	1,040,178	12,284,092
ข้าวเจ้าขาว 5%	767,540	8,725,835	1,246,210	13,674,912
ข้าวเจ้าขาว 10 %	5,201	57,844	22,122	248,534
ข้าวเจ้าขาว 15 %.	296,745	3,214,178	342,458	3,676,850
ข้าวเจ้าขาว 20 %	13,222	125,532	18,868	189,793
ข้าวเจ้าขาว 25 %	75,184	814,211	416,855	4,266,889
ข้าวเจ้าขาว 35 %	548	6,845	665	8,858
ข้าวเจ้าขาวอื่น ๆ	9,782	141,246	20,632	261,102
ปลายข้าวเจ้าขาว เอ เลิศ	230,368	1,956,242	284,593	2,560,371
ปลายข้าวเจ้าขาว	38,032	348,285	74,339	762,890
ข้าวหอมมะลิไทย		40,341,861		47,921,452
ข้าวกล้องหอมมะลิไทย 100 % ชั้น 1	32,253	544,452	67,834	972,567
ข้าวเจ้าขาวหอมมะลิไทย 100 % ชั้น 1	163,136	3,118,564	249,839	4,527,082
ข้าวเจ้าขาวหอมมะลิไทย 100 % ชั้น 2	1,320,064	25,030,939	1,418,251	27,055,663
ข้าวเจ้าขาวหอมมะลิไทย 100 % ชั้น 3	126,096	2,289,458	124,190	2,307,538
ปลายข้าวเจ้าขาวหอมมะลิไทยเอ 1 เลิศ	749,753	6,682,745	1,047,615	10,745,578
ข้าวเจ้าหอมมะลิไทยอื่นๆ	126,096	2,675,703	124,309	2,313,024
ข้าวหอมปทุมธานี		5,055,226		6,168,672
ข้าวเจ้าขาวหอมปทุมธานี 100% ชั้นดีเลิศ	5,346	79,500	114,582	1,842,065
ข้าวเจ้าขาวหอมปทุมธานี 100% ชั้นดีพิเศษ	333,974	4,893,749	272,017	3,889,876
ข้าวหอมปทุมธานีชนิดอื่น ๆ	2,445	33,236	18,453	224,040
ข้าวกล้องหอมปทุมธานี 100% ชั้นดีเลิศ	66	1,039	13,667	171,781
ข้าวกล้องหอมปทุมธานี 100% ชั้นดี	4,511	46,965	3,120	37,140

รายการ	2549		2550	
	ปริมาณ Quantity	มูลค่า Value	ปริมาณ Quantity	มูลค่า Value
พิเศษ				
ข้าวกล้องหอมปทุมธานีอื่น ๆ	-	-	328	3,770
ปลายข้าวเจ้าขาวหอมปทุมธานี เอวันเลิศ พิเศษ ชั้นดีพิเศษ	72	737	-	-
ข้าวเหนียว		**4,140,189**		**3,421,210**
ข้าวเหนียว 100%	223	3,822	523	10,899
ข้าวเหนียว 10%	198,695	3,157,609	106,846	2,372,085
ข้าวเหนียว 15%	1,010	8,080	1,070	8,560
ข้าวเหนียวอื่นๆ	6,652	82,734	2,307	49,122
ปลายข้าวเหนียว	75,045	887,944	63,936	980,544
ข้าวกล้อง		**1,573,912**		**1,370,642**
ข้าวกล้อง 100%	53,032	583,569	22,803	252,413
ข้าวกล้อง 5%	39,057	437,631	29,742	320,464
ข้าวกล้อง 10%	624	9,678	3,081	57,686
ข้าวกล้องนึ่ง	39,448	449,693	60,741	720,245
ข้าวกล้องอื่น ๆ	3,612	93,341	1,404	19,834
ข้าวนึ่ง	1,603,618	18,546,877	1,878,062	21,390,911
ปลายข้าวนึ่ง	190	1,737	2,182	27,490
ข้าวอื่น ๆ	11,328	171,699	57,726	904,130
ข้าวเปลือก	7	103	5,756	76,632

ที่มา: http://www.oae.go.th/statistic/export/QVExp.xls

ภาคผนวก ค

สถานการณ์ทั่วไปอัญมณีและเครื่องประดับของไทย ปี 2554

ภาคผนวก ค สถานการณ์ทั่วไปอัญมณีและเครื่องประดับของไทย ปี 2554

สถานการณ์ทั่วไป

อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการส่งออกสูง โดยปี 2554 ในช่วง 10 เดือนแรก มีมูลค่าการส่งออก 10,720 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เป็นอันดับที่ 3 ของสินค้าส่งออกสำคัญของไทยในหมวดสินค้าอุตสาหกรรม ในปีนี้เป็นปีที่เศรษฐกิจโลกประสบปัญหาจากเศรษฐกิจสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรปชะลอตัว อย่างไรก็ตามสินค้าอัญมณีและเครื่องประดับไทยยังได้จำหน่ายได้ดีในระดับหนึ่งเนื่องจากผู้บริโภคบางส่วนที่ไม่ได้รับผลกระทบจากปัญหาเศรษฐกิจดังกล่าวยังมีกำลังซื้อพอ ด้านมูลค่าการส่งออกที่เพิ่มขึ้นเกิดจากปัจจัยราคาทองคำในตลาดโลกที่มีราคาสูงขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ราคาสินค้าเครื่องประดับแท้ทำด้วยทองมีราคาสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้การส่งออกทองคำยังไม่ได้ขึ้นรูปมีมูลค่าโดยรวมใกล้เคียงกับปีก่อนหน้า ทั้งนี้อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับก่อให้เกิดการพัฒนาของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่องกัน ตั้งแต่การทำเหมือง การเจียระไน การออกแบบ การทำและประกอบตัวเรือน การผลิตเครื่องมือเครื่องจักรในการเจียระไนพลอย และการทำวัสดุหีบห่อ เป็นต้น ก่อให้เกิดการจ้างงานประมาณ 1.3 ล้านคน ส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก มีโรงงานที่จดทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม ประมาณ 700 โรงงาน อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับจึงเป็นอุตสาหกรรมหลักประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ

สถิติการส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับของไทย ปี 2550-2554

หน่วย : ล้านเหรียญสหรัฐฯ

รายการ	2550	2551	2552	2553	2554[1]	%Δ ปี54 เทียบ ปี53
อัญมณีและเครื่องประดับ	5,382.50	7,454.22	9,762.33	11,651.92	12,864.30	10.40
1 อัญมณี	1,335.87	1,596.58	1,224.45	1,584.67	2,138.18	34.93
(1) เพชร	950.65	1,059.85	818.39	1,097.81	1,489.90	35.72
(2) พลอย	371.37	520.45	396.99	473.03	635.89	34.43
(3) ไข่มุก	13.85	16.30	9.08	13.83	12.41	-10.28
2 เครื่องประดับแท้	2,107.66	2,696.59	2,492.53	3,122.20	3,797.94	21.64
(1) ทำด้วยเงิน	786.82	818.33	956.48	1,304.77	1,572.90	20.55
(2) ทำด้วยทอง	1,214.83	1,736.04	1,388.94	1,620.21	2,029.10	25.24
(3) ทำด้วยโลหะมีค่าอื่น ๆ	106.01	142.22	147.10	197.22	195.94	-0.65
3 เครื่องประดับอัญมณีเทียม	179.34	185.07	213.03	288.26	361.60	25.44
4 อัญมณีสังเคราะห์	104.56	68.66	59.97	82.20	115.04	39.96
5 ทองคำยังไม่ได้ขึ้นรูป	1,513.31	2,795.87	5,667.84	6,493.85	6,276.52	-3.35
6 โลหะมีค่าและของที่หุ้มด้วยโลหะมีค่าอื่น ๆ	141.76	111.47	104.52	80.74	175.01	116.76

ภาคผนวก ง

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก และการใช้งาน

ภาคผนวก ง เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในประเทศต่างๆ ทั่วโลกและการใช้งาน

Country	Operational	Shut Down	Decommisioned	Under Construction	Planned
*TOTAL	241	238	176	7	4
Algeria	2	0	0	0	0
Argentina	5	2	0	0	0
Australia	1	2	1	0	0
Austria	1	0	2	0	0
Bangladesh	1	0	0	0	0
Belarus	0	0	1	0	0
Belgium	2	3	0	0	0
Brazil	4	0	0	0	0
Bulgaria	0	1	0	0	0
Canada	8	5	3	2	1
Chile	2	0	0	0	0
China	15	1	0	2	0
Colombia	1	0	0	0	0
Czech Republic	3	0	2	0	0
Dem. P.R. of Korea	1	0	0	0	0
Democratic Rep. of the Congo	1	1	0	0	0
Denmark	0	2	1	0	0
Egypt	2	0	0	0	0
European Union	0	1	0	0	0
Finland	1	0	1	0	0
France	12	14	5	1	0
Georgia	0	1	0	0	0
Germany	11	11	24	0	0
Ghana	1	0	0	0	0
Greece	2	1	0	0	0
Hungary	2	0	1	0	0
India	6	0	4	0	0

Country	Operational	Shut Down	Decommisioned	Under Construction	Planned
Indonesia	3	0	0	0	1
Iran, Islamic Republic of	5	0	0	0	0
Iraq	0	2	0	0	0
Israel	1	0	0	0	0
Italy	4	5	5	0	0
Jamaica	1	0	0	0	0
Japan	13	6	3	0	0
Kazakhstan	3	0	0	0	0
Korea, Republic of	2	2	0	0	0
Latvia	0	2	0	0	0
Libyan Arab Jamahiriya	1	0	0	0	0
Malaysia	1	0	0	0	0
Mexico	3	0	1	0	0
Morocco	1	0	0	0	0
Netherlands	3	0	2	0	0
Nigeria	1	0	0	0	0
Norway	2	0	0	0	0
Pakistan	2	0	0	0	0
Peru	2	0	0	0	0
Philippines	0	1	0	0	0
Poland	1	2	2	0	0
Portugal	1	0	0	0	0
Romania	2	1	1	0	0
Russian Federation	49	36	11	1	0
Serbia	1	1	0	0	0
Slovenia	1	0	0	0	0
South Africa	1	0	0	0	0
Spain	0	1	3	0	0
Sweden	0	3	1	0	0
Switzerland	3	0	3	0	0

Country	Operational	Shut Down	Decommisioned	Under Construction	Planned
Syrian Arab Republic	1	0	0	0	0
Taiwan, China	1	3	2	1	0
Thailand	1	0	0	0	1
Tunisia	0	0	0	0	1
Turkey	1	2	0	0	0
Ukraine	1	2	0	0	0
United Kingdom	2	6	27	0	0
United States of America	41	116	70	0	0
Uruguay	0	1	0	0	0
Uzbekistan	1	0	0	0	0
Venezuela	0	1	0	0	0
Vietnam	1	0	0	0	0

ที่มา: http://www.iaea.org/worldatom/rrdb/

ตารางแสดงการใช้งานและประเภทของการผลิตสารไอโซโทปรังสีของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในบางประเทศ

Country	Size of irradiation containers (mm.)	Time of operation per year (hour)	Activity (Ci)	Product	Other Utilization
CZECH REPUBLIC LVR-15 REZ/ Tank WWR /10 000 KW	Ø 40 Height 100 Ø 60 Height 100 Ø 80 Height 300	5160	5198.92	Ir-192 Sm-153 Sr/Y-90 Lu-177m	activation analysis, Neutron Transmutation Doping of Silicon (NTD), neutron scattering, materials / fuel test experiments
HUNGARY /Budapest Res. Reactor/ Tank WWR /10 000 KW	Ø 32 Height 120 Ø 42 Height 120 Ø 56 Height 180	2813	1670.27	I-131 Sm-153 Sr/Y-90	activation analysis, neutron radiography, neutron scattering
POLAND MARIA Pool /30 000 KW	Ø 25 Height standard 100 or 87 for channels with hydraulic transfer system	4356	10270.27	I-131 Mo-99 Ir-192 Sm-153 Yb-169 Sr/Y-90 Lu-177m Re-188 Co-60 Au-198	Neutron Transmutation Doping of Silicon (NTD) , Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) , minerals modification , neutron radiography , neutron scattering
ROMANIA Triga Dual Core /14 000 KW	Ø 23 Height 150	3000	1110.81	I-131 Mo-99 Ir-192 Co-60	neutron radiography, neutron scattering, materials / fuel test, experiments

ภาคผนวก จ

มูลค่าการนำเข้าและส่งออกผลผลิตจากการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์

ภาคผนวก จ มูลค่าการนำเข้าและส่งออกผลผลิตจากการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์

จากข้อมูลข้างล่างพบว่ามูลค่านำเข้าและส่งออกไอโซโทปสารเคมีที่มีองค์ประกอบธาตุกัมมันตรังสีรังสี (Radioactive Chemical Elements) เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูและเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้แยกไอโซโทป (Nuclear Reactors and Machineries & Appliances for Isotope Separations) มีแนวโน้มการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์มีอัตราที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี ทั้งปริมาณไอโซโทป ปริมาณของสารรังสีและอุปกรณ์ที่ใช้กับเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ที่เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม สัดส่วนการใช้ปริมาณไอโซโทป ปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสีในประเทศไทยมีค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับประเทศผู้นำอย่างสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และประเทศทางตะวันตก โดยประเทศอุตสาหกรรมได้มีการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้นิวเคลียร์ทั้งโลก[1] โดยแบ่งปริมาณการใช้งานนิวเคลียร์สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือพลังงานไฟฟ้านิวเคลียร์และอาวุธนิวเคลียร์ 50.73 เปอร์เซ็นต์ และทางด้านกัมมันตภาพรังสีและไอโซโทป 49.27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีขนาดของตลาดถึง 1,248.36 พันล้านเหรียญสหรัฐอเมริกา [2]

[1] RADIATION AND MODERN LIFE: Fulfilling Marie Curie's Dream by Alan Waltar, Prometheus Books, Nov. 2004

[2] The S&P Global Nuclear Index 2007

Import: Isotopes and their compounds						
Annual Series: 2002 – 2007						
Reporting Country	United State Dollar					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
World	96,395,076	120,244,931	107,626,192	101,904,086	114,051,449	117,291,181
1. United States	32,129,289	45,936,964	35,438,837	33,814,092	39,579,997	40,971,076
2. Japan	13,900,762	17,313,332	18,440,820	14,244,551	13,438,561	13,263,110
3. Germany	10,345,967	13,302,351	11,941,825	12,968,685	13,742,706	11,585,686
4. Canada	17,225,208	16,832,234	13,045,527	11,974,123	11,697,599	10,882,834
5. France	4,463,855	5,677,505	6,778,296	5,179,040	7,196,755	7,091,986
6. South Korea	930,418	1,031,448	958,118	1,404,568	1,488,605	3,968,754
7. UK	3,088,865	2,438,542	3,448,222	4,472,022	4,519,536	3,069,868
8. Norway	298,993	596,074	478,137	693,138	845,948	2,635,087
9. Belgium	1,527,790	1,352,504	1,742,871	1,850,093	2,469,121	2,593,005
10. Switzerland	2,485,281	1,819,282	1,762,729	2,152,066	2,424,755	2,402,204
43. Thailand	1,199	1,212	4,054	54,585	17,410	17,157

*** ที่มา กรมส่งเสริมการส่งออก Commodity: 284590 (จาก 68 ประเทศ)

Export: Isotopes and their compounds						
Annual Series: 2002 – 2007						
Reporting Country	United State Dollar					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
World	65,997,226	83,008,348	83,724,074	72,987,512	84,511,160	108,294,214
1. United States	28,058,745	30,631,624	29,387,876	28,251,514	32,769,223	41,993,880
2. Canada	12,267,933	16,699,128	14,782,684	9,811,349	14,214,281	15,280,111
3. Germany	6,220,150	10,743,038	12,145,292	12,406,457	13,798,624	15,051,885
4. Russia	0	0	5,372,294	0	0	13,491,824
5. France	4,968,738	5,385,825	6,508,506	6,138,548	6,755,931	6,349,082
6. Switzerland	1,896,639	2,803,291	2,845,740	3,085,164	3,532,765	3,373,514
7. Netherlands	6,060,114	9,228,384	5,252,625	4,965,765	4,008,056	2,966,530
8. Belgium	295,978	451,843	390,480	746,487	1,618,888	2,447,884
9. UK	2,244,516	3,359,934	2,683,305	2,532,195	2,431,717	2,391,516
10. China	2,146,213	1,895,142	2,509,612	2,814,390	3,077,839	1,753,461
18. Thailand	184	102	149	497	486	56,089

*** ที่มา กรมส่งเสริมการส่งออก Commodity: 284590 (จาก 59 ประเทศ)

Import: Radioactive Chemical Elements						
Annual Series: 2002 – 2007						
Reporting Country	United State Dollar					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
World	6,536,083,317	8,457,602,460	9,642,636,918	10,731,026,642	13,721,779,542	19,402,321,892
1. United States	2,107,753,937	2,819,946,475	2,579,546,384	3,134,101,276	3,881,970,635	5,212,932,326
2. UK	448,853,093	511,482,269	1,056,051,067	1,051,961,820	2,174,543,846	3,422,867,212
3. France	686,222,313	1,113,701,732	1,236,259,281	1,506,281,382	1,657,287,097	2,182,368,022
4. Netherlands	238,975,103	245,447,917	414,664,044	680,533,885	858,019,685	1,762,812,627
5. Germany	500,150,173	592,439,013	622,027,759	724,475,865	1,340,153,690	1,723,001,986
6. Japan	1,005,944,588	1,181,587,465	1,266,370,839	1,040,475,828	985,293,998	1,184,828,428
7. Sweden	4,4557,895	257,723,975	456,891,625	453,642,293	341,603,283	900,634,424
8. Belgium	662,506,501	860,489,499	765,146,377	848,798,729	851,040,057	790,157,409
9. Canada	133,220,681	137,922,460	212,774,438	325,348,577	388,351,961	556,776,546
10. South Korea	298,428,246	292,263,804	360,474,722	310,303,118	364,234,599	515,868,940
28. Thailand	7,135,179	4,336,270	3,263,585	6,380,552	6,314,625	5,873,911

*** ที่มา กรมส่งเสริมการส่งออก Commodity: 2844 (จาก 59 ประเทศ)

Export: Radioactive Chemical Elements						
Annual Series: 2002 – 2007						
Reporting Country	United State Dollar					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
World	4,936,105,639	6,002,515,303	6,629,085,345	7,649,302,647	10,247,278,019	16,099,585,560
1. Canada	518,547,020	596,422,956	707,479,733	1,453,968,856	1,909,729,157	3,777,304,808
2. UK	742,897,056	998,856,864	1,184,729,248	1,173,832,189	2,144,812,420	3,417,395,457
3. France	1,232,734,657	1,644,208,708	1,571,902,886	1,566,512,002	697,354,893	2,835,437,533
4. United States	1,482,189,984	1,539,480,038	1,601,037,667	1,589,975,855	1,793,503,503	2,386,542,351
5. Netherlands	332,928,675	465,421,729	655,495,266	913,932,884	1,161,944,867	1,827,933,238
6. Germany	331,197,291	326,552,264	491,435,875	360,728,458	721,846,191	1,046,105,399
7. South Africa	32,454,598	42,358,338	52,139,553	76,101,040	100,884,811	142,848,175
8. Kazakhstan	0	0	14,496,262	121,763,988	323,586,038	140,634,434
9. Belgium	89,320,038	88,849,696	104,269,322	155,051,125	123,101,284	133,137,055
10. Ukraine	0	0	0	49,676,240	64,585,820	94,448,580
29. Thailand	123,615	154,236	769,215	462,269	1,033,739	1,475,904

*** ที่มา กรมส่งเสริมการส่งออก Commodity: 2844 (จาก 65 ประเทศ)

Import: Nuclear Reactors and Machineries & Appliances for Isotope Separations						
Annual Series: 2002 – 2007						
Reporting Country	United State Dollar					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
World	2,491,819,268	3,060,977,441	2,933,266,870	2,702,125,965	2,729,606,292	3,349,642,811
1. France	382,493,556	503,196,546	619,007,716	741,179,582	681,424,115	817,056,178
2. Ukraine	249,334,790	296,058,550	421,801,620	319,061,650	365,189,700	507,841,110
3. United States	19,867,773	12,4047,054	68,611,038	198,166,513	104,214,077	275,806,160
4. Taiwan	356,811,359	356,394,410	342,238,920	151,396,165	177,470,372	223,747,234
5. Germany	196,356,288	332,168,048	253,469,700	228,612,635	194,018,801	200,704,572
6. Sweden	120,889,038	205,682,132	188,187,807	200,870,017	182,593,527	187,153,117
7. China	458,393,441	696,203,587	230,680,158	118,718,991	138,230,369	169,889,754
8. Netherlands	42,336,865	98,986,992	117,207,378	61,728,499	86,699,909	115,843,019
9. Czech Republic	55,340,776	84,110,979	76,628,696	94,197,611	79,775,961	89,346,560
10. Hungary	0	0	31,278,711	3,682	63,265,374	86,497,968
22. Thailand	42,445	186,554	57,853	9,129	375	11,315,226

*** ที่มา กรมส่งเสริมการส่งออก Commodity: 8401 (จาก 68 ประเทศ)

Export: Nuclear Reactors and Machineries & Appliances for Isotope Separations						
Annual Series: 2002 – 2007						
Reporting Country	United State Dollar					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
World	2,221,996,510	2,775,763,966	320,2038,029	3,127,130,044	3,381,599,818	4,270,976,141
1. Sweden	179,853,656	257,112,985	471,570,497	338,373,402	533,623,381	10,300,444,208
2. Russia	642,539,574	795,565,639	853,693,938	781,774,305	742,088,000	961,156,345
3. Germany	315,957,852	453,806,610	449,231,813	452,565,183	512,914,827	820,033,530
4. Belgium	500,395,102	559,903,505	625,120,467	693,313,759	822,810,995	619,995,916
5. France	145,781,018	113,989,480	159,993,713	281,339,014	189,152,076	242,602,675
6. United States	237,864,755	231,378,123	222,586,932	136,546,417	222,686,999	209,517,902
7. Netherlands	46,690,231	85,219,591	3,108,660	705,495	21,049,380	127,473,416
8. Spain	62,760,441	64,823,585	171,856,815	230,623,124	140,008,565	80,477,391
9. Japan	37,860,508	119,409,809	167,257,670	70,702,823	75,645,963	55,216,038
10. Thailand	0	125,411	79,022	81,422	35,475	39,040,976

*** ที่มา กรมส่งเสริมการส่งออก Commodity: 8401 (จาก 54 ประเทศ)

ภาคผนวก จ-1

ตารางการคำนวณสัดส่วนการส่งออกและนำเข้าในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของสหรัฐอเมริกาเทียบกับประเทศไทย

ภาคผนวก จ-1 ตารางการคำนวณสัดส่วนการส่งออกและนำเข้าในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของสหรัฐอเมริกาเทียบกับประเทศไทย

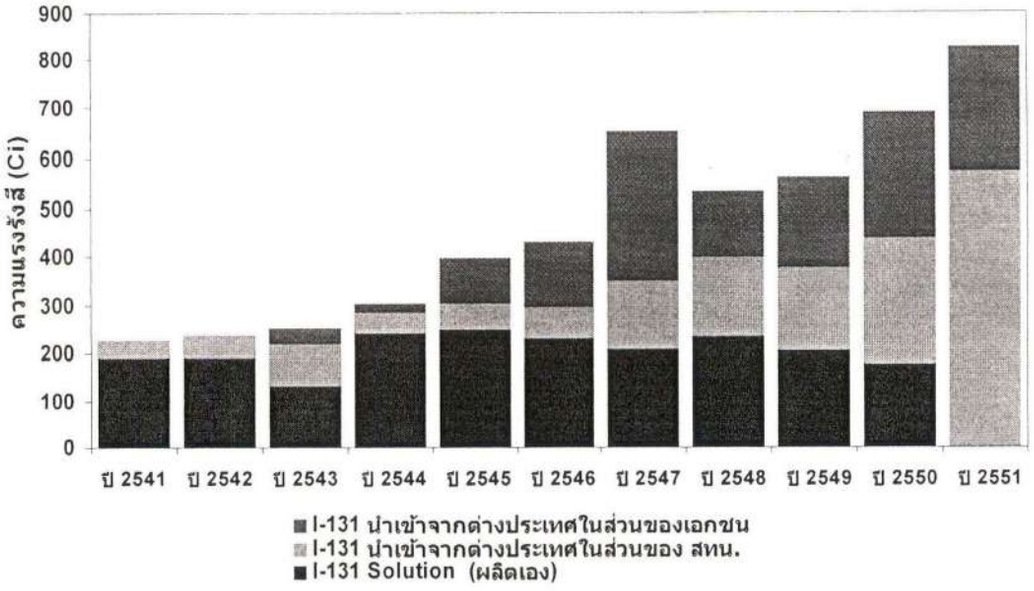
Data	United States(2007)	Thailand(2007)
Import: Isotopes and their compounds	40,971,076	17,157
Export: Isotopes and their compounds	41,993,880	56,089
Import: Radioactive Chemical Elements	5,212,932,326	5,873,911
Export: Radioactive Chemical Elements	2,386,542,351	1,475,904
Import: Nuclear Reactors and Machineries & Appliances for Isotope Separations	275,806,160	11,315,226
Export: Nuclear Reactors and Machineries & Appliances for Isotope Separations	209,517,902	39,040,976
Summations	8,167,763,695	57,779,263
Ratio	141.36	

ภาคผนวก ฉ

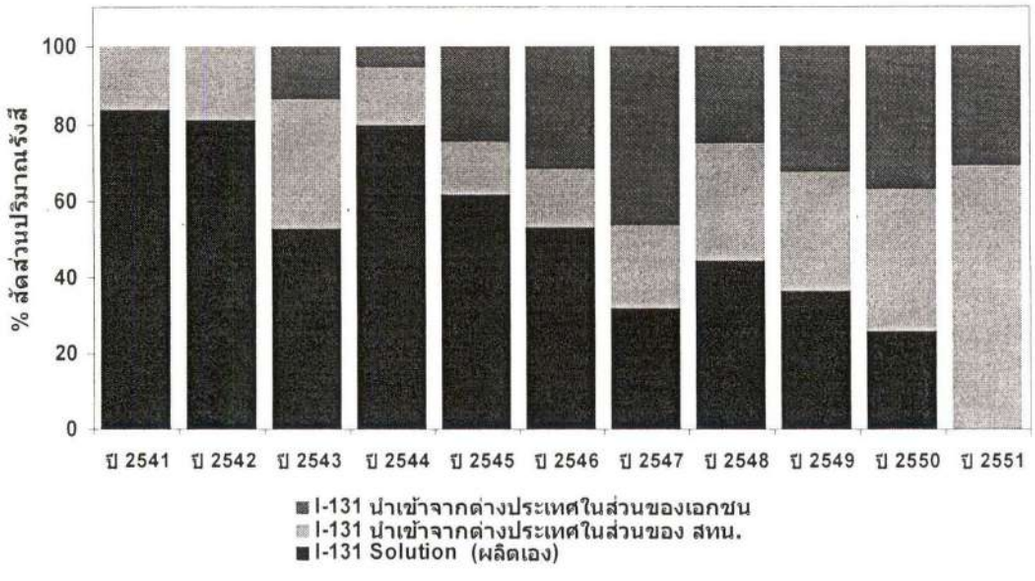
ข้อมูลสถิติการผลิตและการนำเข้าไอโซโทปรังสี

ภาคผนวก ฉ ข้อมูลสถิติการผลิตและการนำเข้าไอโซโทปรังสี

กราฟเปรียบเทียบปริมาณความแรงรังสีของ I-131 ในการนำเข้าจากต่างประเทศและที่ สทน. ผลิตได้เอง ระหว่างปี พ.ศ. 2541- 2551 (ข้อมูลสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ) เป็นที่น่าสังเกตุว่าในส่วนของการนำเข้ามีทั้งโดยภาคเอกชนและโดย สทน. เอง เนื่องจากกำลังผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ

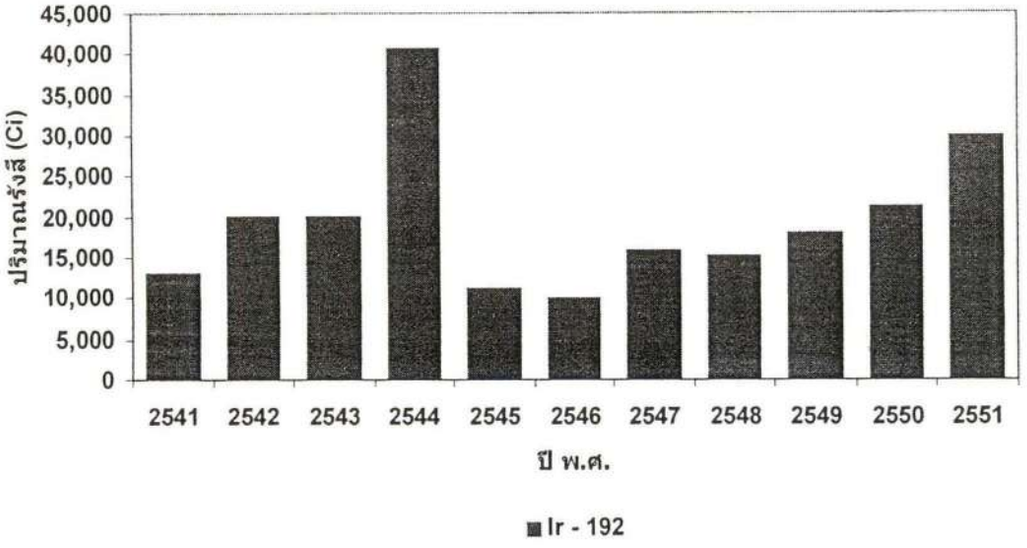


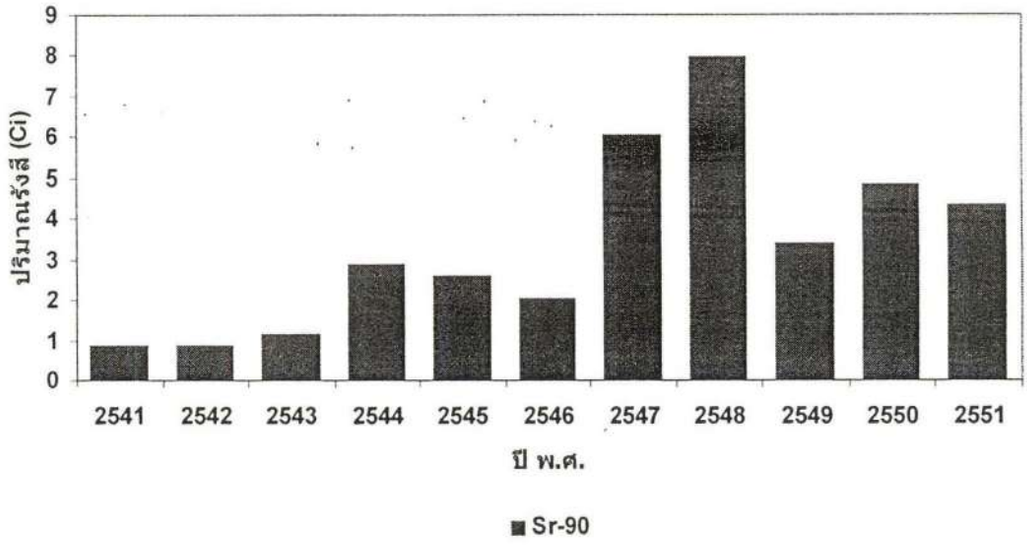
เปรียบเทียบการนำเข้าและการผลิตเองของ I-131 ในเชิงความแรงรังสี

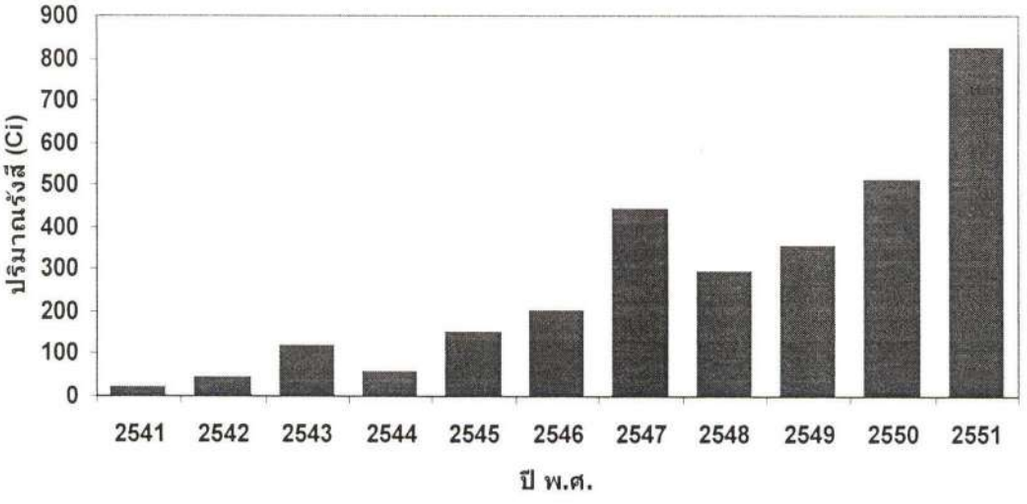


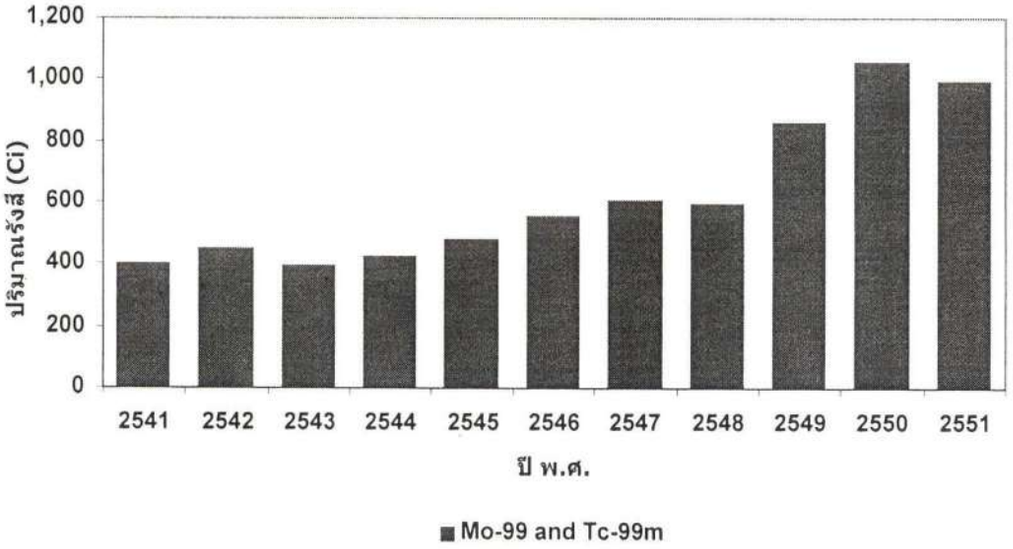
เปรียบเทียบการนำเข้าและการผลิตเองของ I-131 ในเชิงสัดส่วน

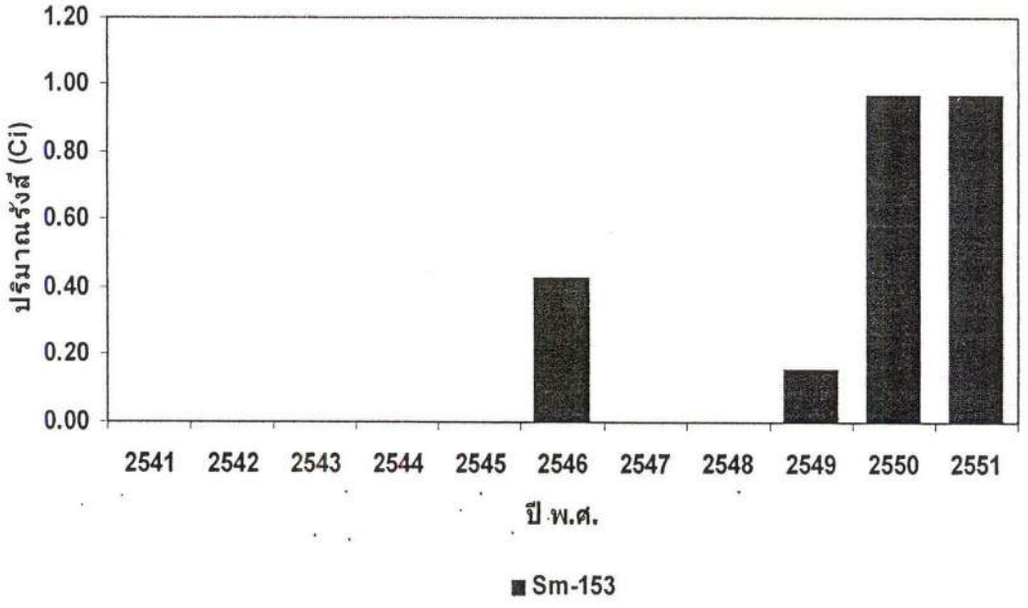
กราฟแสดงปริมาณการนำเข้าสารรังสีชนิดต่างๆ ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา



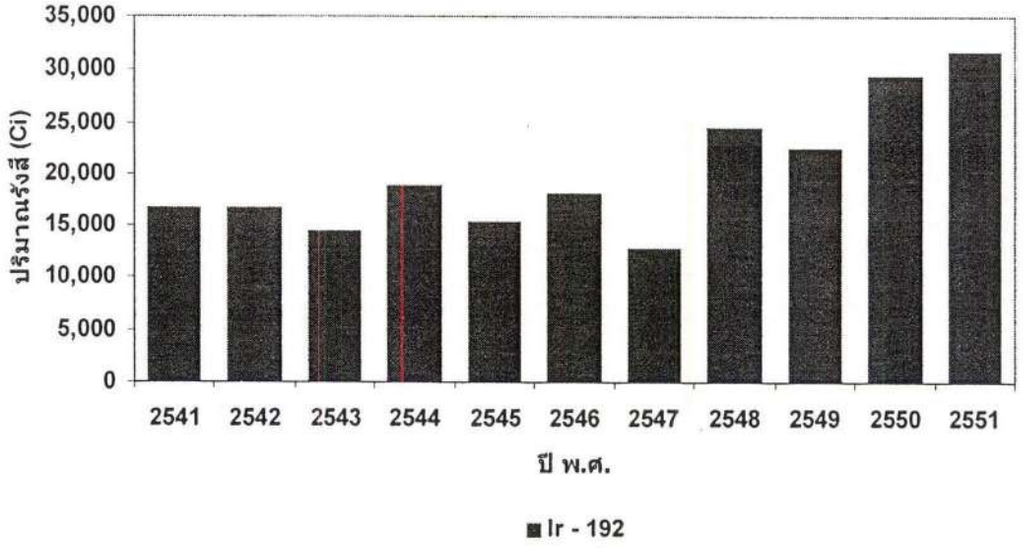


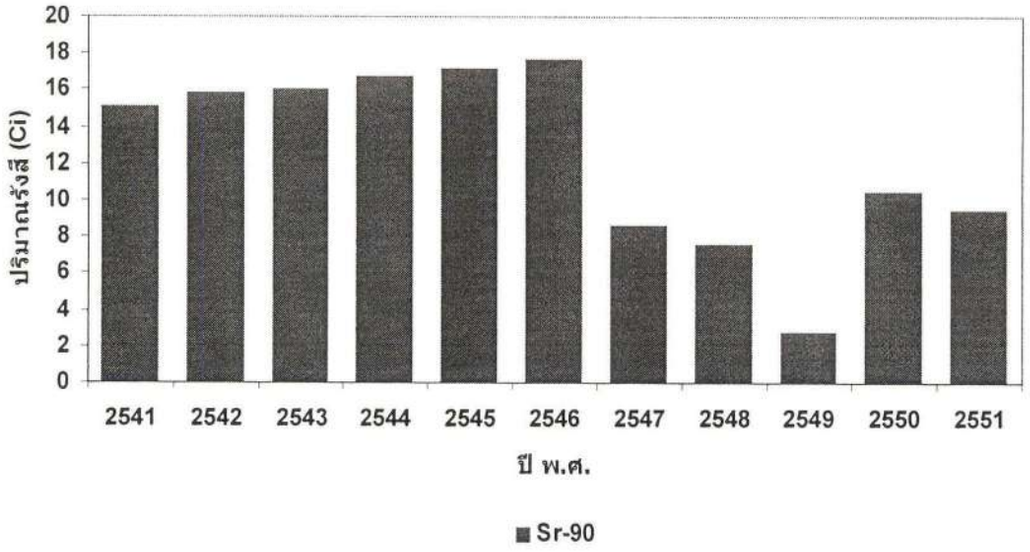

900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
ปริมาณรังสี (Ci)
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
ปี พ.ศ.
I-131

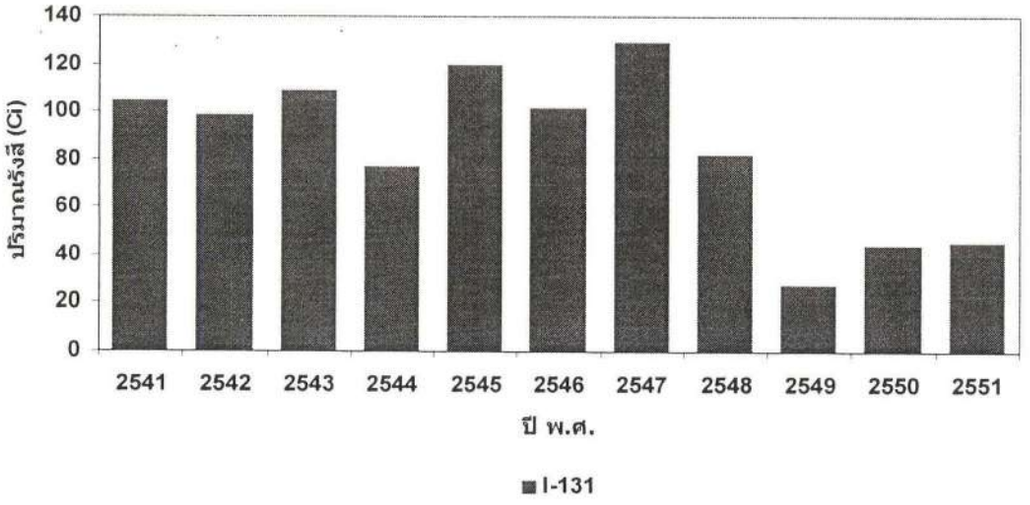

1,200
1,000
800
600
400
200
0
ปริมาณรังสี (Ci)
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
ปี พ.ศ.
Mo-99 and Tc-99m

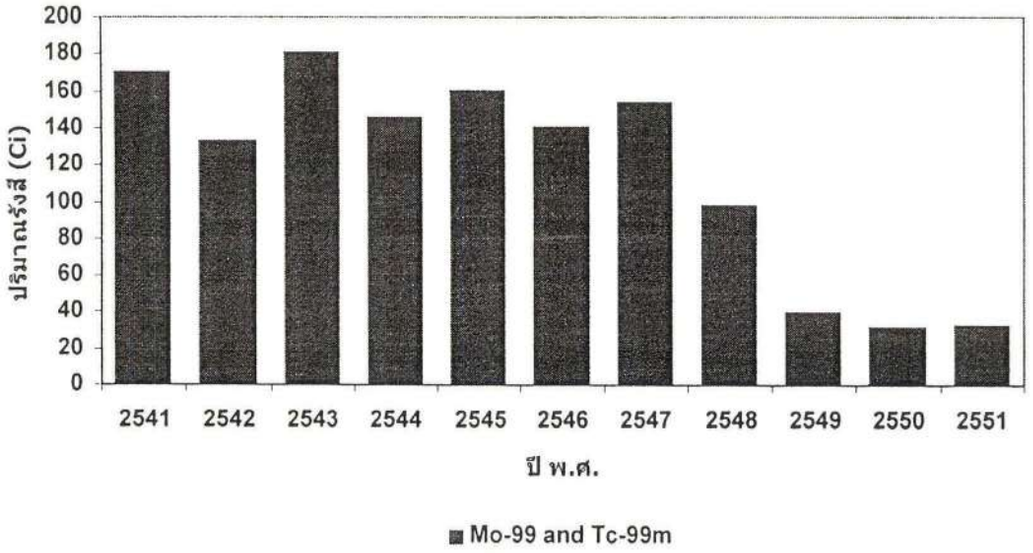


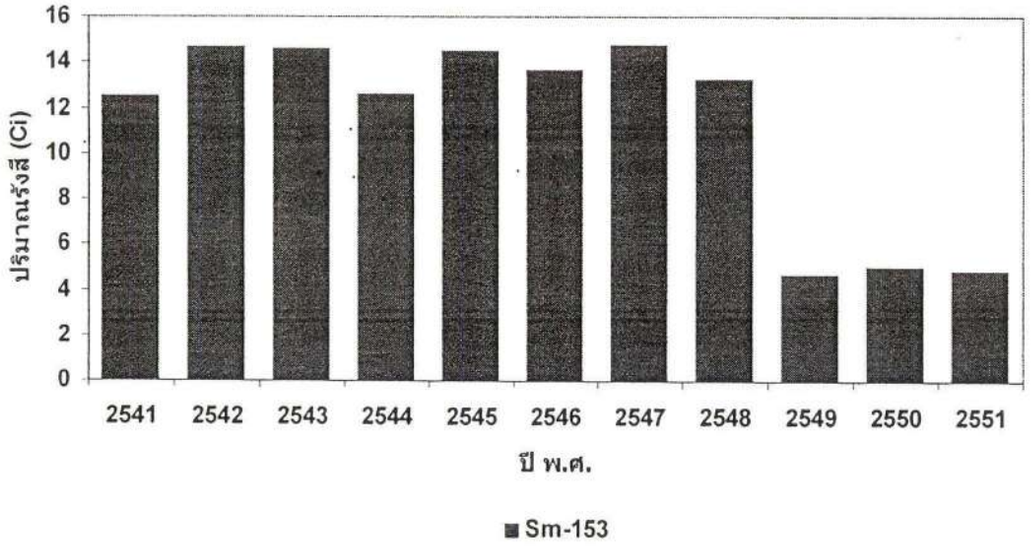
กราฟแสดงการครอบครองปริมาณรังสีในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา



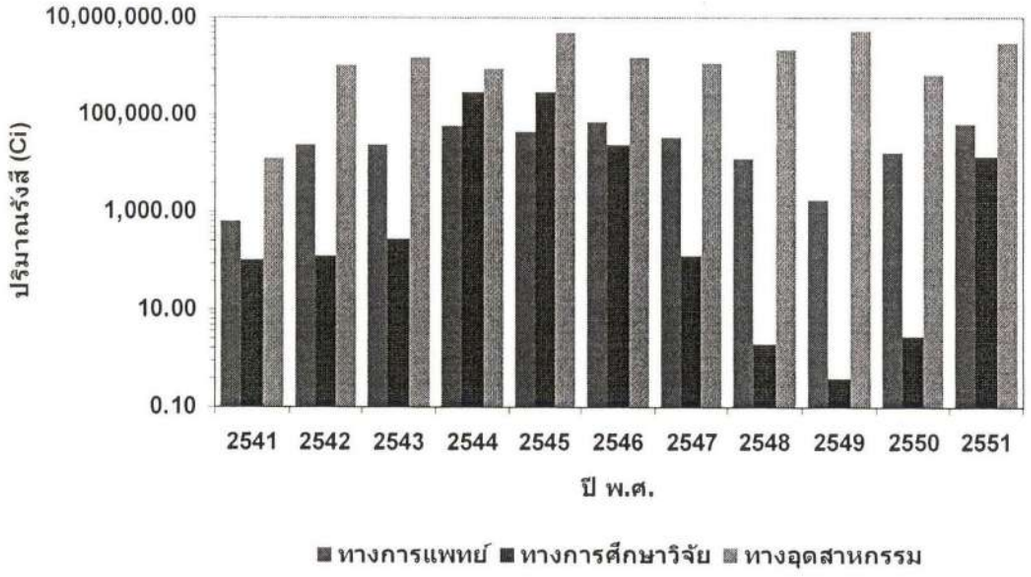

20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
ปริมาณรังสี (Ci)
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
ปี พ.ศ.
Sr-90

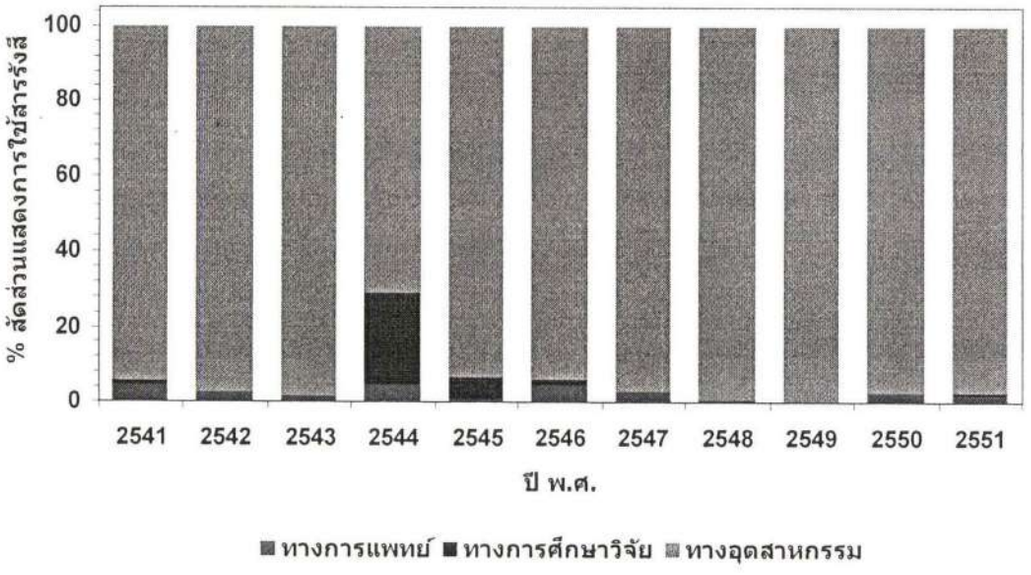

140
120
100
80
60
40
20
0
ปริมาณรังสี (Ci)
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
ปี พ.ศ.
I-131


200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
ปริมาณรังสี (Ci)
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
ปี พ.ศ.
Mo-99 and Tc-99m

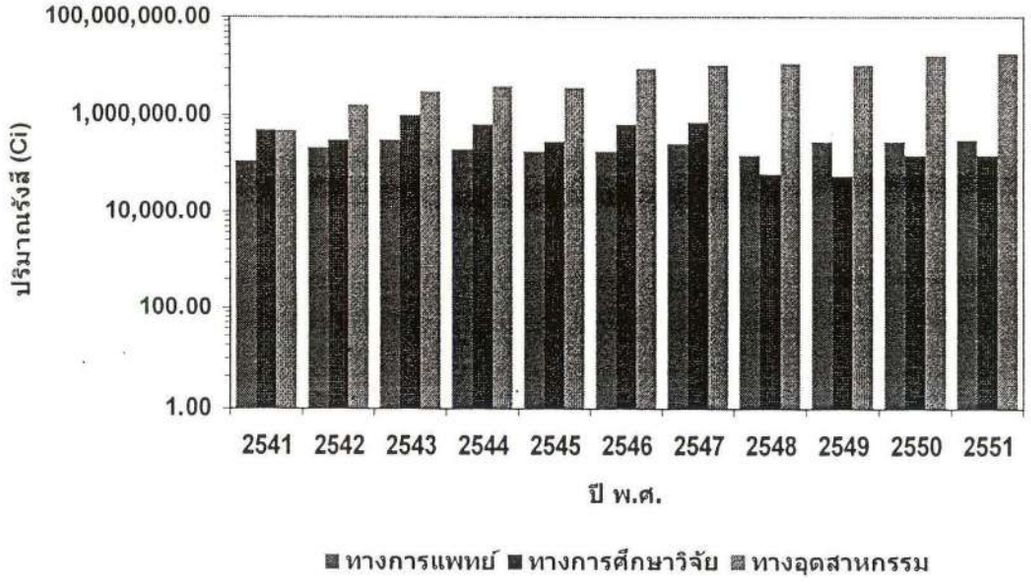

16
14
12
10
8
6
4
2
0
ปริมาณรังสี (Ci)
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
ปี พ.ศ.
Sm-153

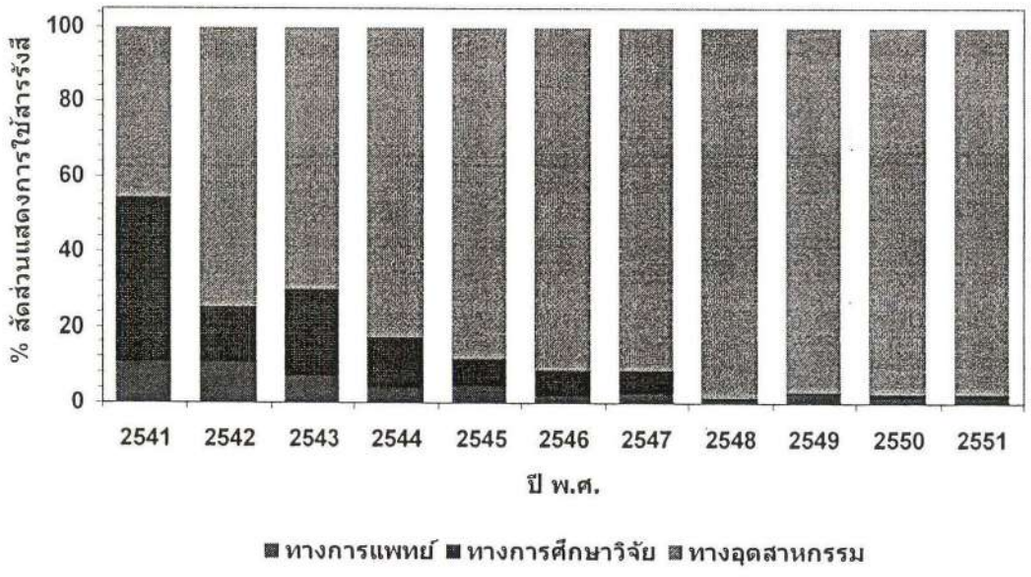
กราฟแสดงการนำเข้าสารรังสีตามประเภทการใช้งาน





กราฟแสดงการครอบครองสารรังสีตามประเภทการใช้งาน





ภาคผนวก ช

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดกำลัง 10 MW

ภาคผนวก ช. เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดกำลัง 10 MW

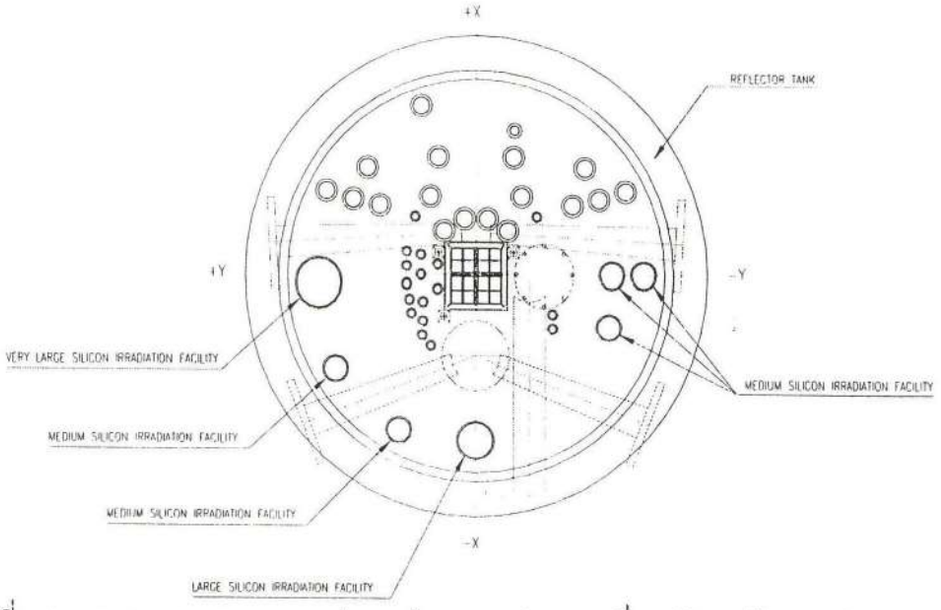
การประเมินข้อมูลเฉพาะทางเทคนิคนี้ได้เลือกเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดกำลัง 10 MW เครื่องหนึ่งที่มีองค์ประกอบระบบใกล้เคียงกับความต้องการของโครงการฯ โดยมีข้อสรุปดังนี้ เป็นแบบบ่อเปิด (Open-pool) โดยเครื่องปฏิกรณ์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เมตร สูงประมาณ 10 เมตร และมีกำลัง 10 MW โดยมี Thermal neutron flux สูงสุดที่ $1x10^{14}$ n/cm^2-s ใช้เชื้อเพลิงยูเรเนียมเสริมสมรรถนะประมาณ 20% โดยใช้น้ำมวลเบา (Light water) เป็นตัวระบายความร้อน ซึ่งน้ำมวลเบานี้มีราคาถูก ไม่กัดกร่อนโลหะหรือองค์ประกอบใดๆในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเหมือนกับน้ำมวลหนัก (Heavy water) และใช้ Be (Beryllium) เป็นตัวสะท้อนนิวตรอน (Neutron reflector) ให้กลับไปยังแกนเครื่องปฏิกรณ์ฯทำให้การใช้นิวตรอนในปฏิกิริยาฟิชชันมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ฯนั้นจะยึดหลักปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA Safety Series No. 35, Safety Requirements for Research Reactors) อย่างเคร่งครัดเพื่อให้มีความปลอดภัยสูง และออกแบบให้ระบบมีการป้องกันการปลดปล่อยของสารกัมมันตรังสีหลายชั้น (Defense-in-depth) ทำให้มีความมั่นใจในเรื่องความปลอดภัยเพิ่มขึ้น

การออกแบบขนาดของช่องบรรจุผลิตภัณฑ์ที่รอการอาบรังสีหรือผลิตภัณฑ์ที่อาบรังสีแล้ว (Storage rack) และบ่อเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้ว (Auxiliary pool) มีการออกแบบให้เพียงพอต่อใช้งานในอนาคต เช่น เพื่อรองรับปริมาณการการฉายรังสีอัญมณีที่เพิ่มขึ้นในอนาคต บ่อเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้ว ต้องมีความจุเพียงพอที่จะสามารถจัดเก็บเชื้อเพลิงใหม่เต็มแกนปฏิกรณ์ที่เริ่มบรรจุใช้ และเชื้อเพลิงใช้แล้วหลังจากการเดินเครื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 20 ปี

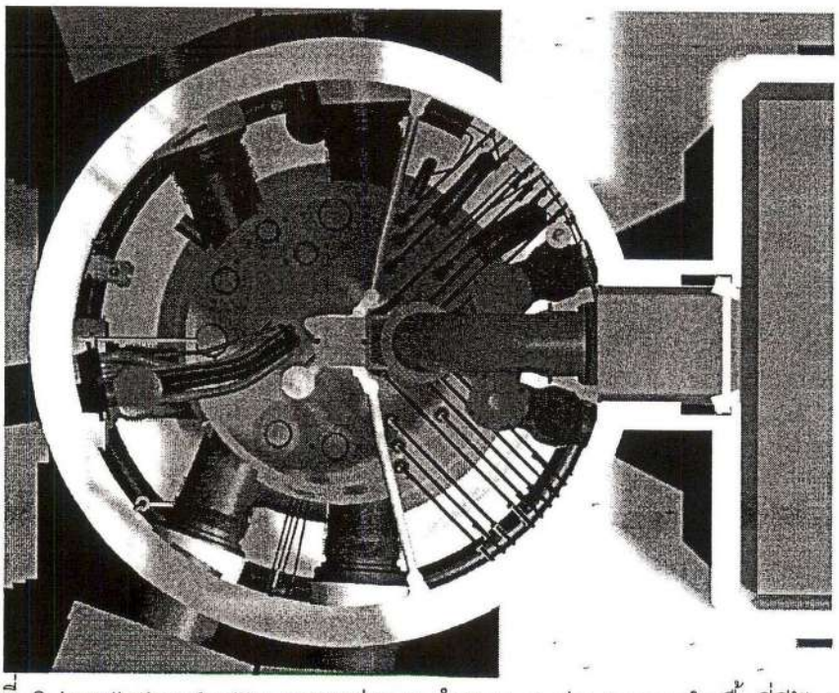
นอกจากนี้แล้วยังมีการออกแบบท่ออาบนิวตรอน (Hole) ให้มี Thermal neutron flux อย่างน้อย $8x10^{12}$ n/cm^2-s สำหรับบรรจุ Silicon ingot ที่ต้องการทำ NTD ในการโดปแท่งซิลิกอนผลึกเดี่ยว (Single crystal silicon ingot) ให้เป็นสารกึ่งตัวนำประเภท n-type ที่จำเป็นในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับรถยนต์ไฮบริดในอนาคต และมีการออกแบบท่อนำลำรังสีนิวตรอนให้รองรับสำหรับงานอื่น ๆ ด้วย เช่น Neutron radiography, PGNAA เป็นต้น

ตัวอย่างการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย OPAL (Open Pool Australian Light Water Reactor) ที่ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งมีการสร้างให้มีท่ออาบนิวตรอนสำหรับการทำ NTD จำนวน 7 ท่อที่มีขนาดต่างกัน ท่อเหล่านี้จะอยู่ในแท็งค์ปิดสนิทที่บรรจุน้ำมวลหนัก (D_2O) ไว้ภายในเพราะน้ำมวลหนักมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะให้ Neutron moderation distance ที่ยาว

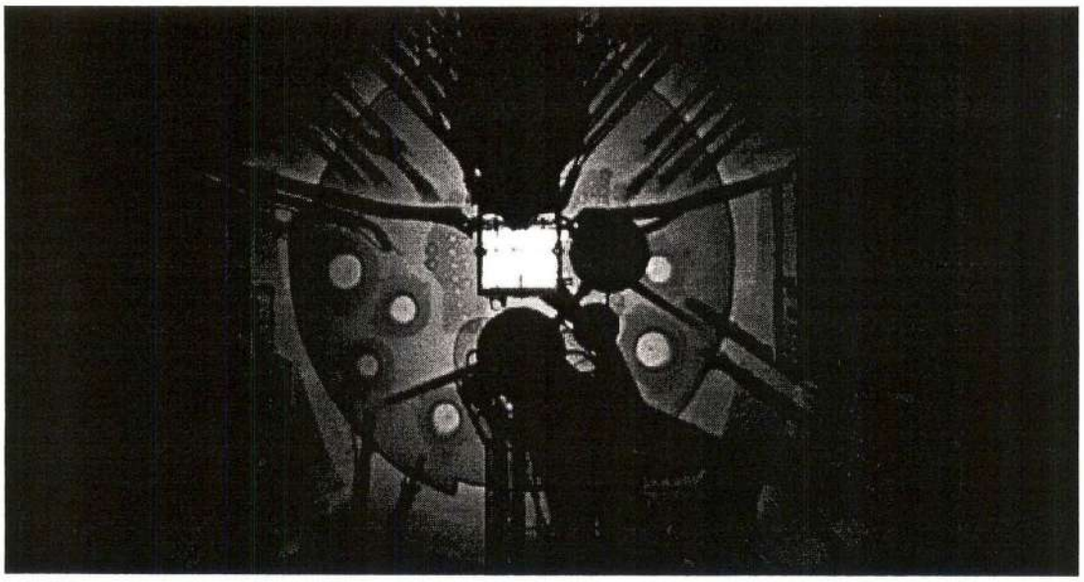
และมีการสะท้อนนิวตรอนดี ช่วยให้ฟลักซ์นิวตรอนสม่ำเสมอ ซึ่งจำเป็นในการผลิต NTD Silicon ingot ที่มีคุณภาพ ดังแสดงในรูปที่ 1, 2 และ 3



รูปที่ 1 Irradiation facility ขนาดต่าง ๆ จำนวน 7 ท่อของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย OPAL



รูปที่ 2 Irradiation facility ขนาดต่าง ๆ จำนวน 7 ท่อ (วงกลมในพื้นที่สีฟ้า) ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย OPAL



รูปที่ 3 ภาพถ่าย Irradiation facility ขนาดต่าง ๆ จำนวน 7 ท่อของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย OPAL ขณะกำลังเดินเครื่อง

นอกจากนี้แล้วเครื่องปฏิกรณ์ฯ ดังกล่าวยังมีการใช้ระบบระบายความร้อนแบบ Forced cooling ซึ่งสามารถระบายความร้อนออกได้รวดเร็วและเพียงพอต่อการควบคุมอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นให้อยู่ในระดับที่ต้องการ และมีระบบระบายความร้อนของแกนปฏิกรณ์ปรมาณูฉุกเฉินแบบพาสซีฟที่จะทำงานโดยอัตมัติทันทีเมื่อเกิดการขัดข้องทางเทคนิค

ในส่วนของเชื้อเพลิงที่ใช้ เมื่อพิจารณาบนพื้นฐานด้านความปลอดภัยเป็นหลักแล้ว เชื้อเพลิงแบบแท่ง (Rod-type) จะปลอดภัยกว่าแบบแผ่น (Plate-type) มาก ด้วยเหตุผลหลายประการดังต่อไปนี้

- แท่งเชื้อเพลิงแบบแท่งที่บรรจุเชื้อเพลิงแบบ Uranium-Zirconium hydride มี Prompt negative temperature coefficient of reactivity ซึ่งจะสามารถหยุดปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้ด้วยตนเองในทันทีที่เม็ดเชื้อเพลิงร้อนเกินไป แต่แบบแผ่นมี Delayed negative temperature coefficient of reactivity ซึ่งทางบริษัท General Atomics ได้ให้ข้อมูลไว้ว่า TRIGA fuel มีความปลอดภัยสูงและสามารถทนต่อต่อการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างดี โดยเมื่อเกิดอุบัติเหตุอย่างเดียวกันเชื้อเพลิงแบบแผ่น จะทำให้เกิดการละลายของเชื้อเพลิงทั้งหมดเป็นเหตุให้เกิดอันตรายได้

- Cladding ซึ่งเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) หรือ Alloy 800 ของเชื้อเพลิงแบบแท่งมีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วงประมาณ 1400 °C ซึ่งสูงกว่า Aluminum cladding ของเชื้อเพลิงแบบแผ่นมาก ซึ่งจุดหลอมเหลวของ Aluminum อยู่ที่ 660 °C
- เหล็กกล้าไร้สนิมหรือ Alloy 800 มีความคงทนและความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิสูงถึง 950 °C ส่วน Aluminum cladding จะเสียหายที่อุณหภูมิประมาณ 650 °C
- เชื้อเพลิงแบบ UZrH มีความเสถียรทางเคมี สามารถสัมผัสกับน้ำได้ที่อุณหภูมิ 1200 °C โดยยังคงมีความปลอดภัยอยู่ ในขณะที่อุณหภูมิ 650 °C จะเกิดปฏิกิริยาปล่อยความร้อน (Exothermic reaction) ระหว่าง Aluminum กับน้ำ
- หากเกิดความเสียหายขึ้นกับ Cladding เชื้อเพลิงแบบแผ่น จะปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีที่ระเหยง่าย (Volatile fission product) ออกมาเกือบทั้งหมด ขณะที่เชื้อเพลิงแบบ UZrH จะสามารถกักเก็บ Volatile fission product ไว้ภายในได้มากกว่า 99%

ในด้านความสามารถในการเดินเครื่องที่ระดับกำลัง 10 MW นั้น สามารถทำได้โดยใช้เชื้อเพลิงแบบแท่ง เพราะในปัจจุบันก็มีการใช้งานเชื้อเพลิงแบบแท่ง กับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่ระดับกำลังอย่างน้อย 10 MW อยู่แล้ว นอกจากนี้เชื้อเพลิงแบบแผ่นเหมาะสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยแบบ High flux ซึ่งต้องการ High power density อย่างไรก็ตามในขณะนี้ไม่ควรกำหนดชนิดของเชื้อเพลิงว่าต้องเป็นแบบใดแบบหนึ่ง ควรเปิดทางเลือกไว้ทั้ง 2 ทาง เพราะราคาอาจต่างกันมากและเทคโนโลยีของเชื้อเพลิงแบบแผ่น ก็ได้รับการพัฒนาไปมาก

จากการประชุมกลุ่มปฏิบัติการทางเทคโนโลยีนิวเคลียร์ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนว่า จะไม่มีการใช้งานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในลักษณะ Pulse mode ดังนั้นการสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องใหม่จึงไม่ต้องมีระบบ Pulse mode

ในการกำหนดกำลังของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยนั้นอาศัยประโยชน์การใช้งานเป็นหลัก สำหรับการผลิต Mo-99 ระดับกำลังต้องมีอย่างน้อย 10 MW ส่วนการวิจัยโดยใช้ลำรังสีนิวตรอนเพื่อให้ได้สมรรถนะดีที่สุดควรมีระดับกำลัง 20 MW สำหรับการพัฒนาและทดสอบเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ระดับกำลังต้องสูงกว่า 20 MW

จากการประเมินจากงบประมาณเดิม คาดว่าจะใช้เงินลงทุนจำนวน 4,500 ล้านบาท โดยแบ่งเป็นส่วนของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 3,500 ล้านบาท และระบบผลิตไอโซโทปพร้อมอุปกรณ์ติดตั้ง 1,000 ล้านบาท

ส่วนการบำรุงรักษานั้น จากข้อมูลของบริษัทหนึ่งที่ได้เสนอออกแบบและติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่ระดับกำลัง 10 MW ให้กับ สทน. ค่าการบำรุงรักษาจะอยู่ที่ประมาณ 400,000 เหรียญสหรัฐต่อปี หรือประมาณ 14 ล้านบาทต่อปี (ใช้อัตราแลกเปลี่ยนที่ 36 บาทต่อ 1 เหรียญสหรัฐ) ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการใช้งานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและความถี่ในการบำรุงรักษาด้วย ส่วนปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้านั้น หากมีการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเต็มกำลัง จะใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1,000 kW

สำหรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและราคาเชื้อเพลิง หากประมาณว่าเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ที่ 210 - full power day ต่อปี (หรือ 24 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 210 วันต่อปีที่ 10 MW) ค่าใช้จ่ายในส่วนเชื้อเพลิงจะอยู่ที่ประมาณ 1.5 – 2 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี หรือประมาณ 54 - 72 ล้านบาทต่อปี (ใช้อัตราแลกเปลี่ยนที่ 36 บาทต่อ 1 เหรียญสหรัฐ) โดยตัวเลขนี้ยังไม่รวมค่าขนส่งเชื้อเพลิง ซึ่งไม่สามารถประมาณได้ เพราะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่างๆ ในการทำสัญญากับบริษัทขายเชื้อเพลิงและกฎหมายการขนส่งเชื้อเพลิง

สำหรับค่าใช้จ่ายของบุคลากรในการเดินเครื่องฯและบำรุงรักษา โดยใช้อัตราเงินเดือนของ สทน. จะอยู่ที่ 4,956,000 – 15,480,000 บาทต่อปี

ภาคผนวก ซ

ระบบผลิตไอโซโทปรังสี

ภาคผนวก ซ ระบบผลิตไอโซโทปรังสี

ระบบผลิตไอโซโทปของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่นั้น สามารถผลิตไอโซโทปเพิ่มเติม ได้แก่ Se-75, Sr-90, Mo-99, I-125, Cs-137, Pm-149, Gd-153, Sm-153, Dy-165, Ho-166, Yb-169, Lu-177, Re-186 และสารเภสัชรังสีของ Sm-153, Y-90, Cr-51 ซึ่งมีปริมาณความต้องการในอนาคตที่เพิ่มสูงมากขึ้น นอกจากนั้นแล้วกำลังการผลิตและความแรงรังสีจำเพาะของแต่ละไอโซโทปก็สามารถผลิตได้สูงขึ้นด้วยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตัวใหม่ อาทิเช่น สามารถผลิต Ir-192 ได้ประมาณ 1,750 Ci ต่อครั้ง โดยมีความแรงรังสีจำเพาะมากกว่า 350 Ci ต่อกรัม ผลิต I-131 ความแรงรังสีได้มากกว่า 400 Ci ต่อครั้ง และสามารถผลิต P-32 ได้มากกว่า 80 mCi ต่อครั้ง

ได้มีการออกแบบระบบนำส่งสารตัวอย่างหลังอาบรังสีมาสู่อาคารผลิตไอโซโทปแบบใหม่ ซึ่งมี Pneumatic transferring system ไปยังอาคารผลิตไอโซโทป เพื่อผลิตไอโซโทปรังสีอายุสั้นมากๆ สำหรับความสามารถในการทำงานในระดับรังสีสูงมากของอาคารผลิตไอโซโทปนั้น สามารถทำงานได้ในบริเวณที่มีรังสีสูงมากได้ เช่น สามารถผลิต I-131 ได้กำลังรังสีสูงสุด 108 Ci ต่อการผลิต 1 ครั้ง ผลิตต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกสนิท (Sealed source) แบบ Ir-192 ได้ถึง 1,081 Ci และผลิตและเก็บต้นกำเนิดรังสี Co-60 ได้อย่างน้อย 270,270 Ci นอกจากนี้แล้วเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยใหม่นี้ได้สร้างให้มีระบบเก็บกากกัมมันตรังสีที่ไม่ต้องการ ที่เกิดในกระบวนการผลิตไอโซโทป ซึ่งสามารถเก็บสารกัมมันตรังสีที่เป็นของเหลวและของแข็งได้ในอาคาร

ระบบรักษาความปลอดภัยได้รับการออกแบบเฉพาะให้เป็นโรงงานผลิตไอโซโทปรังสีที่ทันสมัยและมีการจัดพื้นที่ให้เหมาะสม มีการพัฒนาระบบบรรจุหีบห่อและขนส่งบรรจุภัณฑ์ ซึ่งออกแบบให้มีห้องบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะ และมีการรับรองบรรจุภัณฑ์ตามมาตรฐานสากล

สำหรับระบบการควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพมีการควบควบคุมการผลิต (GMP) และประกันคุณภาพตามมาตรฐานสากล (ISO)

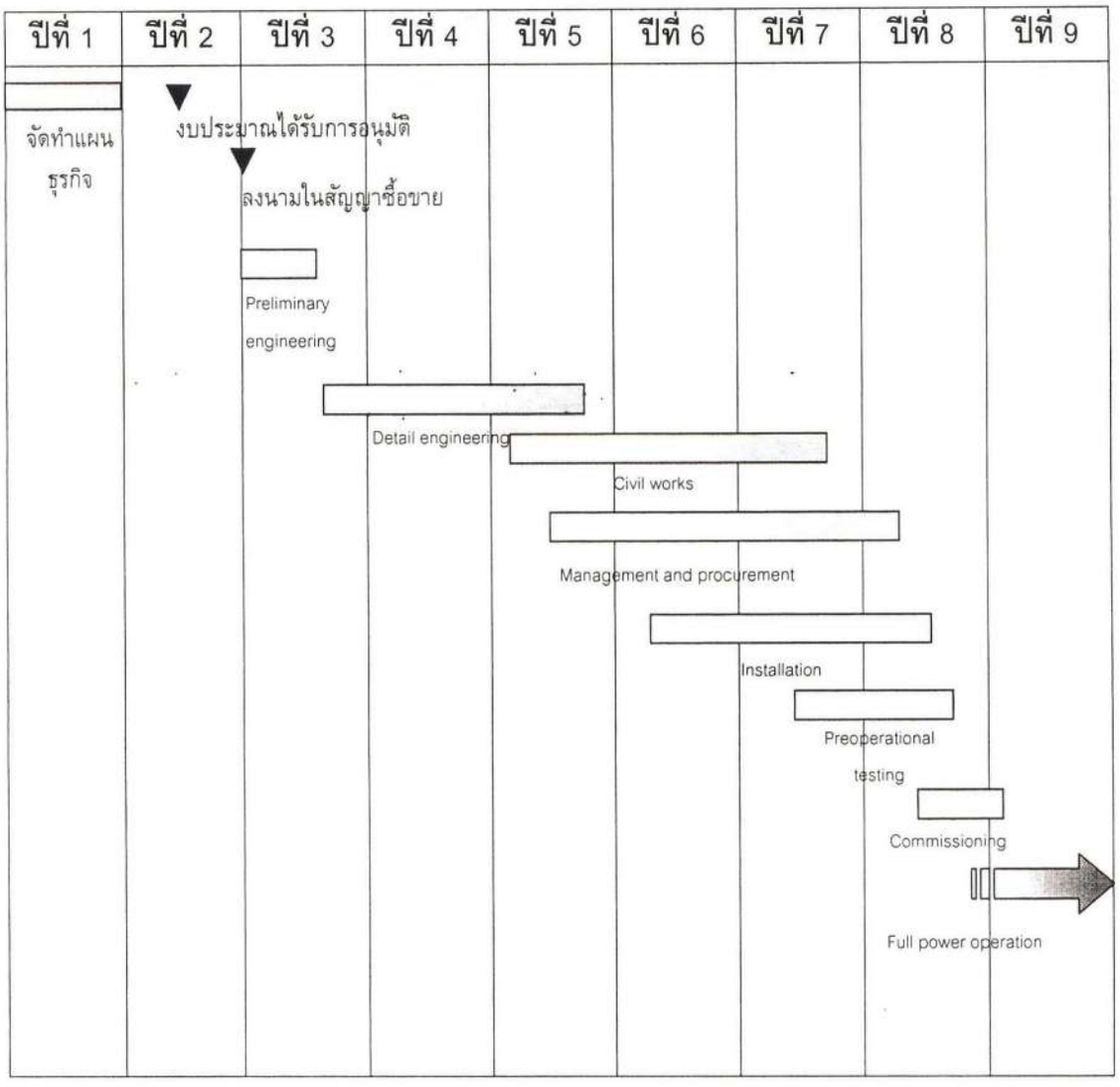
ภาคผนวก ฌ

กำหนดการสำคัญของโครงการ (Milestone)

ภาคผนวก ฌ กำหนดการสำคัญของโครงการ (Milestone)

เพื่อให้เห็นภาพรวมของกิจกรรมต่างๆที่สำคัญ และเพื่อทราบกำหนดเวลาตามแผนของแต่ละกิจกรรม การศึกษาครั้งนี้จึงขอสรุปเป็นแผนภาพดังนี้

Milestone ด้านรายจ่ายในการก่อสร้าง



ประมาณการด้านรายจ่ายในการก่อสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในวงเงิน 4,680 ล้านบาท สามารถแบ่งเป็นสัดส่วนได้ดังนี้ โดยแยกตามขั้นตอนการดำเนินงาน

1.	เมื่อเริ่มโครงการ (Project launching)	1.9% หรือประมาณ 66.5 ล้านบาท
2.	ขั้นตอน Preliminary engineering	6% หรือประมาณ 210 ล้านบาท
3.	ขั้นตอน Detail engineering	15% หรือประมาณ 525 ล้านบาท
4.	ขั้นตอน Civil works	25% หรือประมาณ 875 ล้านบาท
5.	ขั้นตอน Management and procurement	29% หรือประมาณ 1,015 ล้านบาท
6.	ขั้นตอน Installation	10% หรือประมาณ 350 ล้านบาท
7.	ขั้นตอน Preoperational testing	1.6% หรือประมาณ 56 ล้านบาท
8.	ขั้นตอน commissioning	1.3% หรือประมาณ 45.5 ล้านบาท

ส่วนที่เหลืออีก 8.5% (หรือประมาณ 397.8 ล้านบาท) เป็นค่าการบริหารจัดการโครงการ ค่าผู้จัดการโครงการ ค่าหัวหน้าส่วนต่างๆ ค่าบุคลากรในการดำเนินเรื่องขออนุญาต ค่าเลขานุการ ค่าเดินทาง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลข้างต้นเป็นเพียงแค่ประมาณการเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริง จะแตกต่างจากนี้ได้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของเครื่องปฏิกรณ์ที่จะสร้าง และค่าจ้างแรงงานในแต่ละประเทศ

ภาคผนวก ญ

คำชี้แจงโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน
ด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์

ภาคผนวก ญ คำชี้แจงโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย คือ เครื่องผลิตนิวตรอนฟลักซ์สูงจากปฏิกิริยาฟิชชัน (Fission reaction) ของเชื้อเพลิงยูเรเนียม และได้ประโยชน์จากนิวตรอนในการสร้างผลผลิตต่างๆ โดยโครงการฯ มีแผนการใช้งานทางด้านวิจัยและให้บริการในสัดส่วน 60% และ 40% ตามลำดับ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยนับเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักสำหรับงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศ

สถานภาพปัจจุบัน ประเทศไทยมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 2 MW ที่มีอายุใช้งานมากกว่า 30 ปีแล้ว (ไม่นับอาคารที่มีอายุมากกว่า 40 ปี) สามารถเดินเครื่องเต็มกำลังได้เพียง 1.2 MW ซึ่งไม่สามารถให้บริการเพียงพอต่อความต้องการด้านต่างๆ ของประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยพร้อมอุปกรณ์ประกอบใหม่ที่ทันสมัย มีกำลังและประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม เพื่อให้ทันกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมีเหตุผลสำคัญของโครงการดังนี้

- เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ประโยชน์ร่วมกัน (Shared facility) หลายภาคส่วนทั้งด้าน การแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร และการศึกษาวิจัย เป็นต้น นับว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักสำหรับสนับสนุนพันธกิจในการพัฒนาประเทศและพัฒนาคุณภาพชีวิตด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาอารยะประเทศ จึงมีผลกระทบต่อการขับเคลื่อนด้านการสาธารณสุข การศึกษา เศรษฐกิจ สังคม และการพัฒนาประเทศโดยรวม
- เป็นโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ที่เอกชนไม่สามารถลงทุนได้ เนื่องจากกฎหมายด้านการกำกับดูแลด้านความปลอดภัยในปัจจุบันยังไม่เปิดให้เอกชนดำเนินการ อีกทั้งเป็นการลงทุนมูลค่าค่อนข้างสูงกว่า 4,680 ล้านบาท เกินกว่าที่เอกชนรายหนึ่งรายใดสนใจจะลงทุน หรือถ้าหากเอกชนลงทุนก็จะไม่สามารถตอบสนองความต้องการความหลากหลายทางสังคม เพราะเอกชนมักจะมุ่งเน้นทางด้านกำไรเชิงธุรกิจเป็นสำคัญ
- เป็นโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ที่สนับสนุนให้เกิดความพร้อมในการลงทุนภาคเอกชนด้านอุตสาหกรรมต้นน้ำของอุตสาหกรรมผลิตสารกึ่งตัวนำและชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมฉายรังสีอัญมณี เพื่อก่อให้เกิดการลงทุนแบบครบวงจรภายในประเทศ

- เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนให้เกิดความพร้อมของประเทศ เพื่อเป็นแหล่งผลิตสารเภสัชรังสีสำหรับการวินิจฉัยและบำบัดรักษาทางการแพทย์ด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ในการตอบสนองต่อความต้องการทั้งในประเทศและประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งจะเป็นรายได้ในอนาคต
- เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนให้เกิดการเพิ่มผลผลิตด้านเกษตรกรรมด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ทั้งด้านการค้นคว้าพันธุ์พืชชนิดใหม่ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ตลอดจนการเพิ่มผลผลิตด้านปศุสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับอาชีพพื้นฐานของประชากรส่วนใหญ่ของประเทศ
- เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการผลิตต้นกำเนิดรังสีแกมมาหรือบีตา ซึ่งเป็นปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญต่อเทคโนโลยีนิวเคลียร์ซึ่งมีประโยชน์อย่างกว้างขวาง ในการนำผลทางรังสีมาใช้แทนสารเคมีในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่น การปรับปรุงคุณสมบัติวัสดุ การสร้างสภาพปลอดเชื้อในเวชภัณฑ์ การนำกลับกากของเหลือบางชนิดมาใช้ประโยชน์ อันเป็นการช่วยลดการใช้สารเคมี ลดมลพิษ และรักษาสิ่งแวดล้อม
- รัฐจำเป็นต้องลงทุนโครงสร้างพื้นฐานหลักทางด้านเทคโนโลยีที่จำเป็น เพื่อให้บริการส่งเสริมสนับสนุนองค์กรทั้งภาครัฐและภาคเอกชนให้มีศักยภาพ มีโอกาสในการแข่งขันกับประเทศเพื่อนบ้านในการเป็นศูนย์กลางด้านการแพทย์ อุตสาหกรรมการเกษตรในระดับนานาชาติ และการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าของประเทศที่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ในประเทศที่มีพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีนิวเคลียร์ขั้นสูงล้วนแล้วแต่มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยกลางภายในสถาบันวิจัยนิวเคลียร์ของประเทศ ซึ่งรัฐเป็นผู้สนับสนุนการลงทุนเพื่อส่งเสริมการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม ดังข้อมูลในเอกสารแนบ ก.
- ระยะเวลาในการดำเนินโครงการตั้งแต่การอนุมัติโครงการ จนถึงการก่อสร้างโครงการให้แล้วเสร็จจะใช้เวลาขั้นต่ำ 5 ปี ดังนั้นหากมีการดำเนินการตัดสินใจล่าช้าจะมีผลต่อการสูญเสียโอกาสในการพัฒนาความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศที่ต้องอาศัยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลัก

อนึ่งความล่าช้าของโครงการศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ที่ผ่านมา 12 ปี ก่อให้เกิดภาวะถดถอยและการสูญเสียโอกาสในการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในการพัฒนาประเทศ ตลอดจนการสูญเสียทางเศรษฐกิจ ซึ่งสามารถประเมินในเชิงมูลค่าได้ดังรายละเอียดในเอกสารแนบ ข.

1. ประโยชน์ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยพร้อมอุปกรณ์ประกอบ

จากสัดส่วนความต้องการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในด้านต่างๆของประเทศที่พัฒนาแล้วทั่วโลก (ไม่รวมการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานนิวเคลียร์) ซึ่งสำรวจโดยทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) เมื่อปี ค.ศ. 2007 แบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร การศึกษาวิจัยและอื่นๆ มีสัดส่วนความต้องการดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าสัดส่วนความต้องการด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศที่พัฒนาแล้ว มีความต้องการสูงที่สุด คือ ด้านการแพทย์ รองลงมา คือ อุตสาหกรรมและเกษตรกรรมตามลำดับ รวมกันประมาณ 70% ที่เหลือประมาณ 30% เป็นความต้องการในด้านสิ่งแวดล้อม ความมั่นคงและอื่นๆ

ตารางที่ 1 ความต้องการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในด้านต่างๆ ของประเทศที่พัฒนาแล้วทั่วโลก

กิจการด้าน	สัดส่วน (%)
การแพทย์	28.6
เกษตรกรรม	11.4
อุตสาหกรรม	15.8
การวิจัย	14.1
สิ่งแวดล้อม, ความมั่นคง และอื่นๆ	30.1

ที่มา: Nuclear Applications for Development 2007, IAEA

สำหรับประเทศไทยจากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์เทคโนโลยีนิวเคลียร์ที่ผ่านมาพบว่ามีความต้องการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนที่จำเป็นต้องอาศัยประโยชน์จากโครงสร้างพื้นฐานด้านเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยแบ่งออกได้เป็น 4 ด้านใหญ่ ได้แก่ ด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร และการศึกษาวิจัย เป็นต้น ในด้านการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อการตรวจวิเคราะห์ติดตามด้านสิ่งแวดล้อมเริ่มมีการใช้มากขึ้น

เมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาประเมินความต้องการในด้านต่างๆ พบว่าโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สทน.) จะก่อให้เกิดศักยภาพต่อประเทศดังนี้

1. มีโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญรองรับการวิจัยและการให้บริการด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์ขั้นสูงที่ทันสมัย ให้แก่นักวิจัยของสถาบันวิจัยต่างๆ และนิสิตนักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา

2. มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตและสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์สูงขึ้น เช่น การเพิ่มผลผลิตด้านเกษตรกรรม การฉายรังสีอัญมณี การโดปสารกึ่งตัวนำ การตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยถ่ายภาพด้วยรังสีนิวตรอน ส่งผลต่อเศรษฐกิจและสังคมทั้งทางตรงและทางอ้อม

3. สร้างความทัดเทียมในการพัฒนาบุคลากรของประเทศ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ในการทำวิจัยร่วมระหว่างสถาบันในประเทศและต่างประเทศ

4. สร้างความรู้และประสบการณ์ในการบริหารจัดการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่มีกำลังสูงให้กับเจ้าหน้าที่และบุคลากรของ สทน.

5. เป็นแหล่งฝึกอบรมและเรียนรู้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ขั้นสูงเพื่อให้ประเทศไทยก้าวทันทัดเทียมอารยะประเทศและสนับสนุนการเตรียมความพร้อมด้านโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์

6. เป็นแหล่งก่อให้เกิดงานวิจัยและพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ใหม่ ๆ และการวิจัยด้านองค์ความรู้ใหม่ ที่ไม่สามารถเกิดจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเดิม ตลอดจนเสริมต่อศักยภาพโครงสร้างพื้นฐานของสถานปฏิบัติการนิวเคลียร์ (Nuclear facility) สทน. องครักษ์ ซึ่งรัฐได้ลงทุนไปส่วนหนึ่งแล้วให้สมบูรณ์

7. เป็นแหล่งถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากรังสีในกระบวนการสร้างมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางอุตสาหกรรมแก่ธุรกิจภาคเอกชนหรือการเพิ่มผลผลิตการเกษตรและการเกษตรแปรรูปแก่ชุมชน อันเป็นการช่วยการพัฒนาเศรษฐกิจจากระดับชุมชนถึงระดับประเทศ

2. **การเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ต้นน้ำ** (Upstream product)

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ต้นน้ำหรือต้นทางที่ก่อให้เกิดผลตอบแทนทางมูลค่าเพิ่มของผลิตผลทั้งมูลค่าทางตรงและทางอ้อมที่ลงไปสู่ประชาชน ซึ่งสามารถประมาณการรายได้ที่จะเกิดขึ้นจากโครงการดังในเอกสารแนบ ค. และมีความสำคัญในการเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนและส่งเสริมอาชีพการงานในภาคส่วนต่างๆ ดังนี้

2.1 ด้านการแพทย์

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยประกอบกับระบบผลิตไอโซโทปรังสีที่ทันสมัย ช่วยเพิ่มศักยภาพให้สทน. สามารถผลิตสารเภสัชรังสีต้นทาง สนองความต้องการทางการแพทย์อย่างเพียงพอ เพื่อก่อให้เกิดความอยู่ดีมีสุขของประชาชน และสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ไอโซโทปรังสีทั้งหมดตั้งแต่ต้นทางสู่ปลายทางให้อยู่ภายในประเทศ โดยจะก่อผลิตผลดังนี้

- การมีโครงสร้างพื้นฐานที่มีกำลังผลิตไอโซโทปรังสีสูงขึ้น จะสามารถผลิตสารเภสัชรังสีทางการแพทย์ในกลุ่มที่ผลิตด้วยการใช้รังสีนิวตรอนได้เพียงพอต่อความต้องการและหากเหลือใช้สามารถส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้านเป็นการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจจากการส่งออก โดยสารเภสัชรังสีหลัก ได้แก่
    - สารเภสัชรังสีไอโอดีน (I-131) สามารถผลิตใช้บำบัดรักษาและวินิจฉัยได้ในปริมาณ 4,320 คูรี/ปี เพียงพอต่อความต้องการในประเทศ (850 คูรี)[3] และมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปี ดังแสดงสถิติความต้องการในรูปที่ 1 หากกำลังการผลิตเกินสามารถส่งออกจำหน่าย สำหรับราคา I-131 มีราคา คูรีละ 30,000 บาท[4]
    - สารเภสัชรังสีเทคนิเซียม (Tc-99m) เป็นสารเภสัชรังสีที่มีความต้องการสูง สำหรับใช้เป็นสารติดฉลากในการตรวจวินิจฉัยในอวัยวะต่างๆ สามารถผลิตได้ในปริมาณ 16,320 คูรี/ปี ซึ่งปัจจุบันต้องนำเข้า 100% (1,000 คูรี) และยังมีความต้องการมากขึ้นทุกปี ส่วนที่ผลิตเกินสามารถส่งออกจำหน่าย สำหรับราคา Tc-generator 500 mCi ตัวละ 28,000 บาท[2]

- สารกัมมันตรังสีหรือสารเภสัชรังสีทางการแพทย์เป็นสารที่มีครึ่งชีวิตสั้น จึงสลายตัวเร็ว หากนำเข้าจากผู้ผลิตต้นทางต่างประเทศจะต้องมีระยะเวลาดำเนินการขนส่งและพิธีการศุลกากร จำเป็นต้องสั่งเผื่อความแรงรังสีเกินปริมาณที่ต้องการ เพื่อที่จะนำมาจัดทำเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปพร้อมใช้งาน (Kits) ให้บริการ ซึ่งมีการสร้างมูลค่าเพิ่มได้น้อยที่ปลายทาง ดังนั้นการมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีจึงช่วยลดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ สามารถผลิตในประเทศทดแทนการนำเข้าคิดเป็นมูลค่ากว่า 48 ล้านบาทต่อปี

[3] พิจารณาจากความต้องการสารเภสัชรังสีไอโอดีนและกำลังผลิตในประเทศ ในปี 2551 (ที่มา: สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, ปส.)
[4] ราคาขายของบริษัทเอกชน ในปี 2553

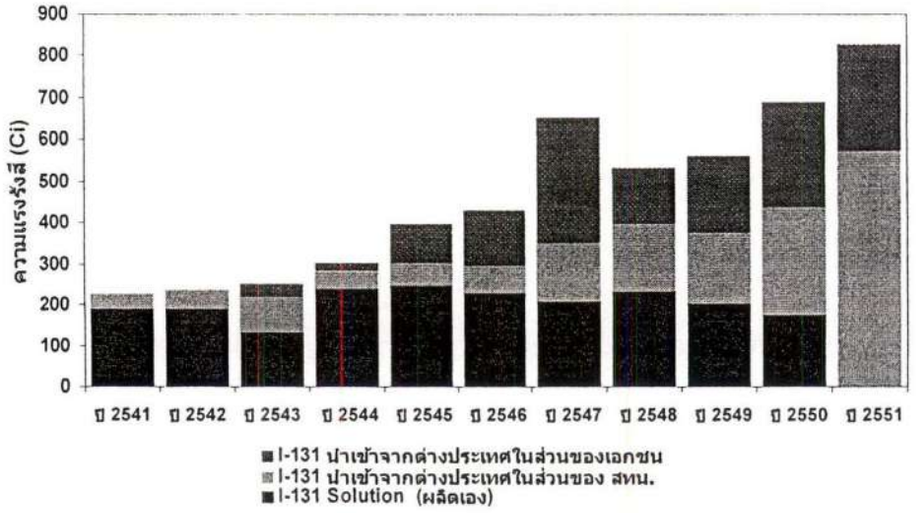
- การมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจะทำให้การผลิตสารเภสัชรังสีมีต้นทุนต่ำ อีกทั้งการวิจัยของสถาบันฯร่วมกับทางรังสีแพทย์ จะทำให้เกิดสารเภสัชรังสีตัวใหม่ใช้ในการวินิจฉัยและบำบัด รักษาที่ทันต่อวิวัฒนาการด้านการแพทย์

- การเพิ่มปริมาณผลผลิตสารเภสัชรังสีของโครงการฯ จะทำให้ภาคเอกชนที่มีธุรกิจนำเข้าสารเภสัชรังสีสามารถร่วมทำการตลาดได้ โดยสั่งตรงจากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์ฯ ซึ่งเป็นผู้ผลิตต้นทางแทนการสั่งซื้อจากต่างประเทศ ทำให้เกิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในประเทศ

- ประชาชนสามารถเข้าถึงการวินิจฉัยและบำบัดรักษาด้วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ทั้งในส่วนกลางและภูมิภาค เป็นการส่งเสริมด้านการสาธารณสุขและคุณภาพชีวิตให้เท่าเทียมกัน

- เป็นการพัฒนากำลังคนภายในประเทศด้านการผลิตไอโซโทปรังสี สารเภสัชรังสีและยังเป็นฐานการสร้างองค์ความรู้ด้านการผลิตไอโซโทปรังสีให้ทัดเทียมอารยะประเทศ

- สถานภาพปัจจุบันในตลาดโลก โอกาสในการผลิต Mo-99 ซึ่งใช้เป็นตัวกำเนิดสารเภสัชรังสี Tc-99m ในเชิงพานิชย์เพื่อส่งออกมีสูงมาก เนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่เป็นแหล่งผลิตหลัก 90% ของ Mo-99 ทั่วโลก ในประเทศแคนาดา เนเธอแลนด์ ฝรั่งเศส เบลเยี่ยมและแอฟริกาใต้มีอายุใช้งานมากแล้ว มีรายงานว่าจากการที่เนเธอแลนด์มีการขยายเวลาปิดการเดินเครื่องออกไป ส่งผลให้เกิดวิกฤติขาดแคลนสารเภสัชรังสี Mo-99 ในอเมริกาเหนือและยุโรปทันที[5]



รูปที่ 1 สถิติความต้องการสารเภสัชรังสีไอโอดีนและกำลังผลิตในประเทศ (ที่มา: ปส.)

[5] http:/ medicalphysicsweb.org/cws/article/opinion/36974 (พ.ศ. 2553)

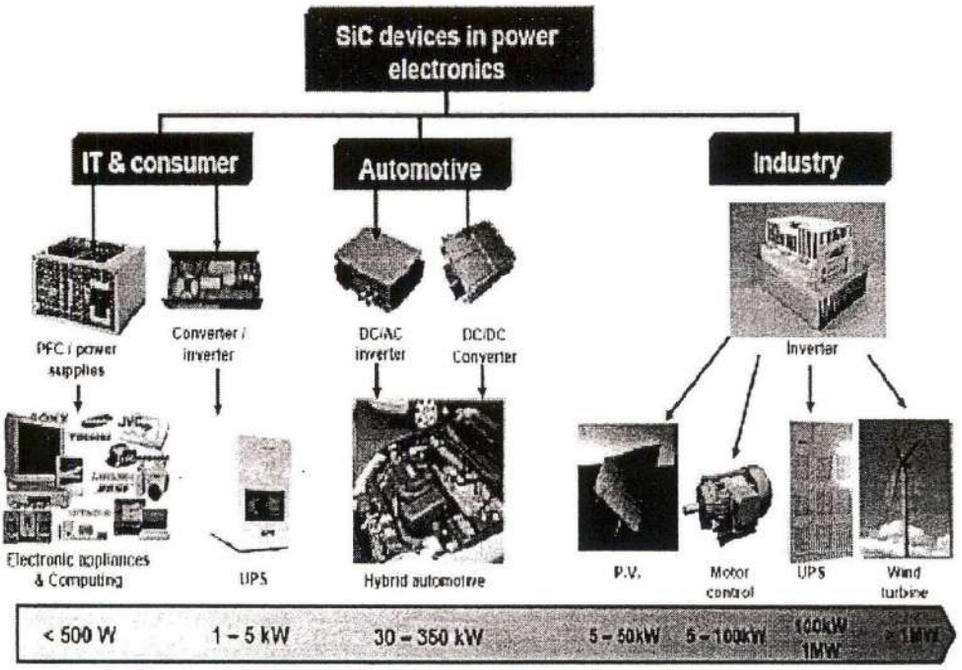
2.2 ด้านอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบโดปสารกึ่งตัวนำสามารถสนับสนุนการผลิตแท่งสารกึ่งตัวนำโดยเทคนิคการก่อกัมมันต์ด้วยนิวตรอน แท่งสารกึ่งตัวนำดังกล่าวใช้เป็นวัสดุเริ่มต้นสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปและชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic device) ซึ่งมีความต้องการในตลาดโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ อุตสาหกรรมรถยนต์ไฮบริด (Hybrid car) อุตสาหกรรมจักรกลและอุตสาหกรรมพลังงานทดแทน โดยเฉพาะชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ซึ่งมีมูลค่าต่อชิ้นสูง มีโอกาสเจริญเติบโตในการตลาดมาก อีกทั้งมีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมรถยนต์และอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการลงทุนอยู่แล้วในประเทศดังในรูปที่ 2

โครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบโดปสารกึ่งตัวนำเกี่ยวข้องกับการสนับสนุนอุตสาหกรรมต้นน้ำ (Up stream) สู่อุตสาหกรรมปลายน้ำ (Down stream) ดังนี้

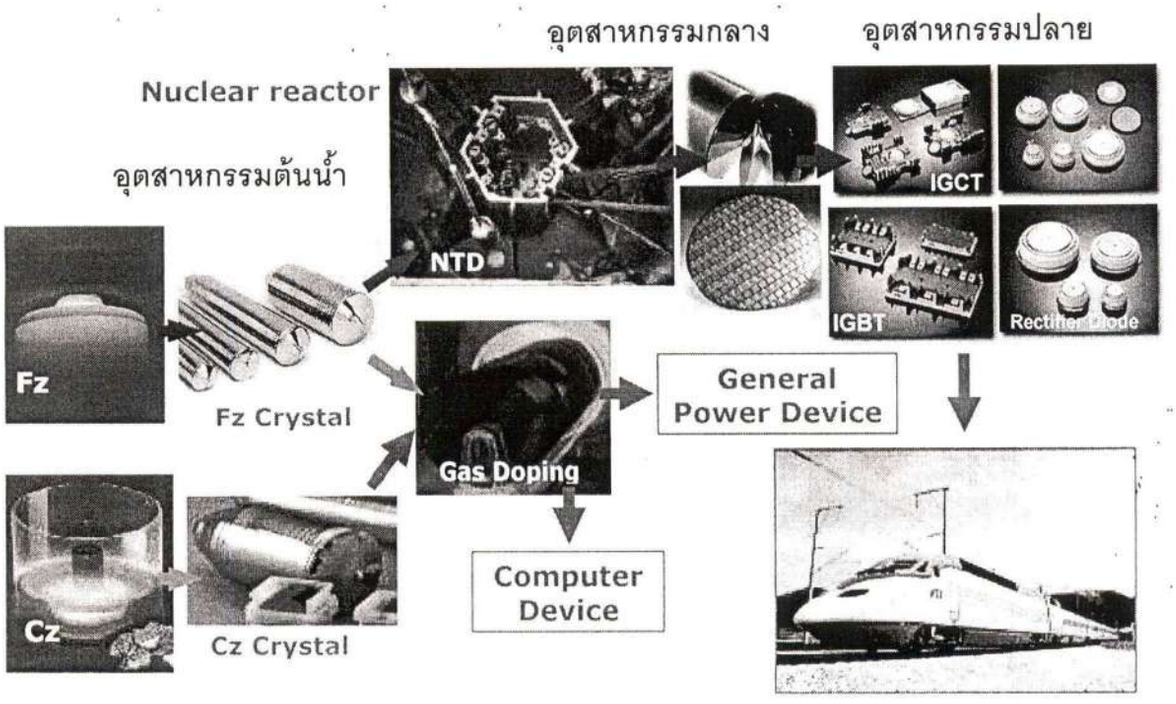
- อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่มีการลงทุนและการลงทุนร่วมในภาคธุรกิจซึ่งทำรายได้ให้ประเทศในระดับต้นๆ แต่สถานภาพปัจจุบันนั้นมีการลงทุนเฉพาะในส่วนของอุตสาหกรรมปลายน้ำเท่านั้น ได้แก่ การเชื่อมต่อสาย ประกอบชิพ และทดสอบชิ้นส่วนประเภทไอซี (Integrated circuit) หรือการใช้ชิ้นส่วนในการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มูลค่าส่วนใหญ่เป็นด้านบริการและจ้างแรงงานซึ่งมีมูลค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับมูลค่าของการผลิตทั้งหมด



Possible applicative fields for SiC power devices

รูปที่ 2 ความต้องการชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลังในตลาดโลกด้านต่างๆ

- ในแง่อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ กระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีหลายขั้นตอนและจะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็นทอดๆ ดังแสดงในรูปที่ 3 เริ่มจากอุตสาหกรรมต้นน้ำ คือ กระบวนการปลูกผลึกเดี่ยวของแท่งสารกึ่งตัวนำ และกระบวนการโดปสารกึ่งตัวนำเพื่อผลิตแผ่นเวเฟอร์ (Wafer) ตามด้วยอุตสาหกรรมกลางน้ำ คือ กระบวนการออกแบบวงจร และการสร้างวงจรลงในแผ่นชิพ (Chip fabrication) สุดท้ายอุตสาหกรรมปลายน้ำ คือ การประกอบชิ้นส่วน ทดสอบ หรือการนำไปประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องใช้ต่างๆ



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

- อุตสาหกรรมต้นน้ำจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีความสนใจลงทุนหรือการร่วมทุนจากบริษัทต่างประเทศที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยี โครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบโดปสารกึ่งตัวนำเป็นสิ่งสำคัญที่จะเป็นแรงจูงใจ และการลงทุนจะพ่วงมาด้วยการปลูกผลึกเดี่ยวของแท่งสารกึ่งตัวนำซึ่งใช้ทรายที่มีธาตุซิลิกอนสูง อันเป็นวัตถุดิบในประเทศ ช่วยให้เกิดการสร้างมูลค่าเพิ่มแทนการส่งออกในรูปสินแร่

- เมื่อมีการลงทุนจะเกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่คนไทยแบบครบวงจรจากอุตสาหกรรมต้นน้ำ อุตสาหกรรมกลางน้ำและเสริมกับอุตสาหกรรมปลายน้ำที่มีอยู่เดิม อีกทั้งเป็นการขยายการสร้างงานสร้างอาชีพในระดับวิชาชีพขั้นสูงและการยกระดับการพัฒนาประเทศด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

- ในระดับงานวิจัยสนับสนุนนั้น ประเทศไทยมีศูนย์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์แห่งชาติ (TMEC) สังกัดสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่มีทีมบุคลากรด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีประสบการณ์สูงพร้อมที่จะเป็นศูนย์กลางการขับเคลื่อนภาคอุตสาหกรรมการผลิตด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์และยังมีสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาที่มีการเรียนการสอนที่พร้อมผลิตกำลังคน ตลอดจนการวิจัยสนับสนุนอีกหลายแห่ง

- การโดปสารกึ่งตัวนำโดยอาศัยเทคนิคการก่อกัมมันต์จากนิวตรอนด้วยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย สามารถใช้ในกระบวนการโดปสารกึ่งตัวนำจากผลการแปลงธาตุ (Neutron Transmutation Doping, NTD) เช่น การนำแท่งซิลิกอนบริสุทธิ์ไปอาบนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย จะมีนิวเคลียสซิลิกอนบางส่วนเกิดเป็นนิวเคลียสกัมมันตรังสี หลังการสลายตัวจะกลายเป็นอะตอมฟอสฟอรัส เกิดสารเจือในสารกึ่งตัวนำแท่งซิลิกอน แทนเทคนิคการโดปดั้งเดิม ดังแสดงในรูปที่ 4 ด้วยเทคนิค NTD นี้จะทำให้สารกึ่งตัวนำมีความสม่ำเสมอของสารเจือสูง สำหรับใช้เป็นวัสดุเริ่มต้นในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เช่น IGBT, Thyristor และ Diode ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ไฮบริดและอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Power inverter) ดังแสดงในรูปที่ 5

- โครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบโดปสารกึ่งตัวนำของ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) นอกจากจะเป็นส่วนงานบริการโดปสารกึ่งตัวนำด้วยเทคโนโลยี NTD แล้ว ยังเป็นส่วนงานร่วมวิจัยด้านการพัฒนาเทคโนโลยีการโดปสารกึ่งตัวนำ ดังนั้นมูลค่าบริการในเชิงธุรกิจจะมีลักษณะสัญญาความร่วมมือภาครัฐร่วมเอกชนในกรอบระยะเวลาและกำลังการผลิต รวมทั้งการประสานความร่วมมือในประโยชน์ทางทรัพย์สินทางปัญญา

Main target material of NTD

- **Commercial large amount NTD is only for Si !**
- **For power devices and sensor**

Si isotope	Abundance[%]
Si-28	92.23
Si-29	4.67
Si-30	3.10

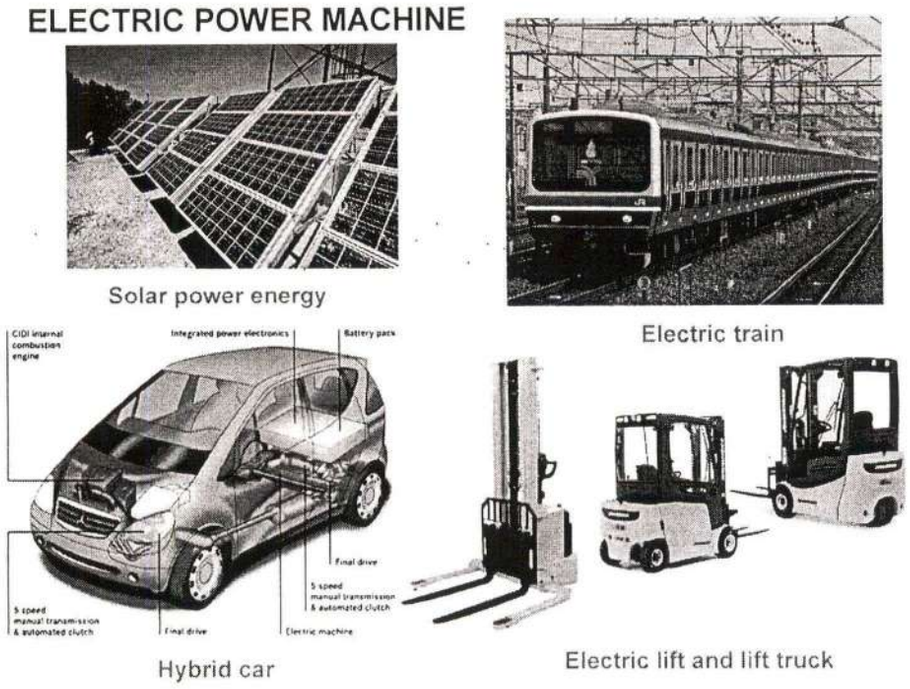
$Si^{30} + n \rightarrow Si^{31} \rightarrow P^{31} + \beta^-$

Possibility of Phosphorous Doping in Silicon

SILICON WAFER SIZE

- Si wafer: 2,3,4,5,6,8,...12 inches
- SiC wafer: 2,3 inches

รูปที่ 4 กระบวนการโดปสารกึ่งตัวนำโดยเทคนิคการก่อกัมมันต์ด้วยนิวตรอน



รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

- จากข้อมูลการทำนายตลาดโลกในปัจจุบันจนถึงปี ค.ศ. 2030 พบว่ามีความต้องการโดปสารกึ่งตัวนำเพื่อนำไปผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronics device) ระดับ 3,660 ตัน/ปี แต่ปัจจุบันเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยทั่วโลกมีกำลังการผลิตประมาณเพียง 100 ตัน/ปี เท่านั้น จะเห็นได้ว่าช่องว่างระหว่างอุปสงค์ (Demand) และอุปทาน (Supply) ยังมีมากอยู่ ทำให้ความเป็นไปได้ในมูลค่าการตลาดด้าน NTD มีสูงมาก และคาดว่าอุตสาหกรรมในประเทศจะมีส่วนแบ่งการผลิตจากตลาดโลกประมาณ 10 ตัน/ปี (ประเมินจากข้อมูลของศูนย์วิจัย HANARO เกาหลี) ในการสนองความต้องการภาคอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ และด้านพลังงานทดแทนในประเทศ

อุตสาหกรรมอัญมณี

โครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบฉายรังสีอัญมณี เป็นการลงทุนร่วมกับเครื่องกำเนิดลำอิเล็กตรอนพลังงานสูงและเครื่องฉายรังสีแกมมา เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับอุตสาหกรรมส่งออกอัญมณี แม้ว่ากระบวนการต้นทางจะมีการนำเข้าวัตถุดิบแต่การใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ในการปรับปรุงคุณภาพอัญมณีจะเพิ่มมูลค่าให้ผู้ประกอบการได้สูงมาก โดยมีสถานภาพดังนี้

- ปัจจุบันรัฐได้มีการลงทุนด้านเครื่องกำเนิดลำอิเล็กตรอนพลังงานสูงและเครื่องฉายรังสีแกมมาเป็นเงินงบประมาณ 370 ล้านบาท ที่สถานปฏิบัติการนิวเคลียร์ สทน.องครักษ์ สำหรับรองรับความต้องการของอุตสาหกรรมอัญมณีส่งออก โดยการลงทุนดังกล่าวเป็นความต่อเนื่องของการใช้ประโยชน์ด้านการฉายรังสีนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยร่วมกับการฉายอิเล็กตรอนพลังงานสูงในการเพิ่มมูลค่าอัญมณี

- การปรับปรุงคุณภาพโทแพซ (Topaz) เริ่มจากการนำโทแพซ สีขาวใส มีมูลค่าต่ำ มาฉายนิวตรอน จะกลายเป็นสีฟ้าเข้ม (London Blue) ทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น 5-30 เท่า ถ้านำมาฉายซ้ำด้วยอิเล็กตรอนพลังงานสูงอีกจะเปลี่ยนไปเป็นสีฟ้าสดใส (Swiss Blue) จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นอีก 10-30 เท่า หากฉายด้วยอิเล็กตรอนพลังงานสูงเพียงอย่างเดียวจะไม่ได้สีฟ้าสดใสเท่า จึงมีมูลค่าเพิ่มต่ำกว่ามูลค่าการฉายรังสีด้วยนิวตรอนและอิเล็กตรอนต่อเนื่อง ดังแสดงกระบวนการในรูปที่ 6

รูปที่ 6 กระบวนการเพิ่มคุณค่าโทแพซด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและอิเล็กตรอน

- การส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับของประเทศไทยนั้นมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีมูลค่านับแสนล้านบาทต่อปี (ข้อมูลถึงปี พ.ศ. 2549) พลอยสีมีมูลค่าการส่งออก 7.65% ของมูลค่าการส่งออกอัญมณีทั้งหมด หรือประมาณ 9,000 ล้านบาท ซึ่งมูลค่าตลาดของพลอยสีที่มีแนวโน้มสูงขึ้นนี้ หากประกอบกับการปรับปรุงคุณภาพพลอยให้ได้สีตามความต้องการของตลาด ก็จะเป็นปัจจัยช่วยผลักดันให้เกิดการเติบโตแก่ตลาดพลอยมากขึ้น และยังส่งผลต่ออุตสาหกรรมปลายทางอื่นๆ อีกด้วย เช่น อุตสาหกรรมเจียระไนพลอย อุตสาหกรรมผลิตตัวเรือน อุตสาหกรรมประกอบตัวเรือน และอุตสาหกรรมออกแบบเครื่องประดับ เป็นต้น

- ในส่วนของศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ มีผลผลิตเป้าหมายการให้บริการฉายรังสีอัญมณีเพิ่มขึ้นเป็นปริมาณ 4 และ 8 ตัน/ปี สำหรับรอบการฉายรังสี 1 และ 2 รอบ (cycle) ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าจะทำรายได้ 80-120 ล้านบาทต่อปี และยังมีแผนการวิจัยพัฒนาเทคนิคการเปลี่ยนสีอัญมณีให้หลากหลาย รวมทั้งพัฒนาห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐานสำหรับให้บริการวัดรังสีตกค้างเพื่อออกใบรับรองสำหรับอัญมณีส่งออก

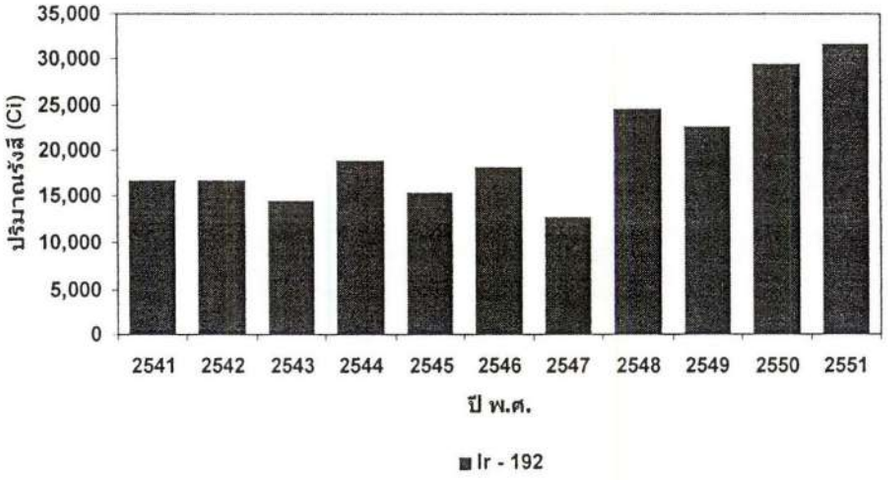
- ปัจจุบันด้วยกำลังการผลิตด้วยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบฉายรังสีเก่าที่มีอยู่ให้บริการได้เพียง 100 กิโลกรัม/ ปี ขณะที่ตลาดอัญมณีของประเทศมีขนาดใหญ่ถึง 15ตัน/ ปี จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการและยังใช้เวลานานมากเนื่องจากเครื่องมีกำลังต่ำ ทำให้ผู้ประกอบการต้องส่งอัญมณีไปฉายรังสีต่างประเทศ ซึ่งสูญเสียค่าบริการสูงและต้องมีการมัดจำล่วงหน้า ทำให้เกิดความเสี่ยงในการลงทุนและได้ส่วนต่างมูลค่าเพิ่มเชิงธุรกิจน้อย

- การปรับปรุงคุณภาพของอัญมณีด้วยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยร่วมกับ เครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอน (Electron Accelerator) จะทำให้อัญมณีมีมูลค่าเพิ่มขึ้นอีก 5-30 เท่า ในปัจจุบันสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์ฯ ที่องครักษ์ได้ติดตั้งเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนขนาด 20 MeV กำลัง 10 kW เพื่อรองรับการปรับปรุงคุณภาพอัญมณีแบบครบวงจร ดังนั้นถ้ามีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่องครักษ์จะเป็นแหล่งดึงดูดธุรกิจอัญมณีจากต่างประเทศมาใช้บริการที่ประเทศไทย

อุตสาหกรรมภาคบริการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยประกอบกับระบบผลิตไอโซโทปรังสีด้วยการอาบรังสีนิวตรอนและกระบวนการผนึกสนิทต้นกำเนิดรังสี (Sealed source) ที่ทันสมัย สามารถผลิตไอโซโทปรังสีชนิดผนึกสนิทสำหรับการประยุกต์ใช้ในด้านอุตสาหกรรมได้ดังนี้

- การมีโครงสร้างพื้นฐานที่มีกำลังผลิตสูงขึ้น จะสามารถผลิตไอโซโทปรังสี Ir-192 สำหรับงานถ่ายภาพรังสีทางอุตสาหกรรมได้ ซึ่งปัจจุบันมีความต้องการประมาณ 25,000 คูรี/ ปี ดังสถิตินำเข้าไอโซโทปรังสี Ir-192 สำหรับงานถ่ายภาพรังสีทางอุตสาหกรรมในรูปที่ 7

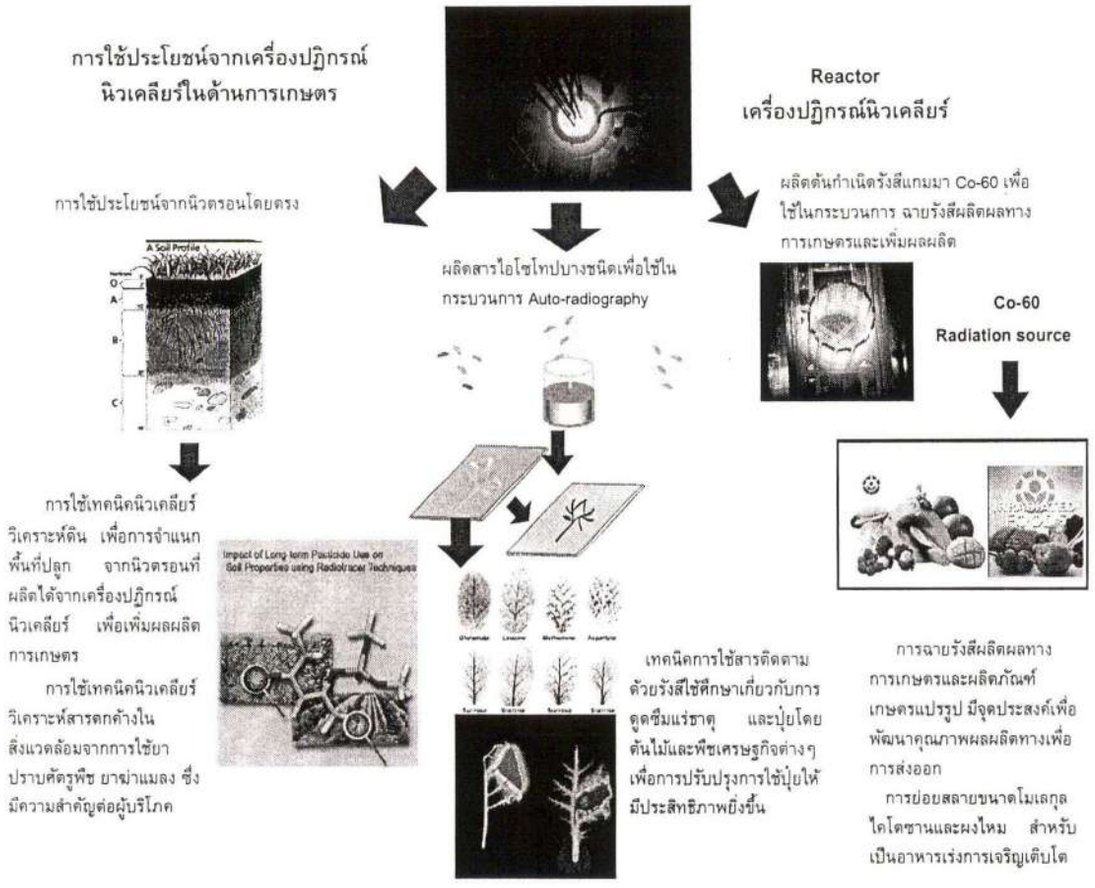


รูปที่ 7 สถิตินำเข้าไอโซโทปรังสี Ir-192 สำหรับงานถ่ายภาพรังสีทางอุตสาหกรรม (ที่มา: ปส.

- งานตรวจสอบแบบไม่ทำลายด้วยการถ่ายภาพรังสี เป็นอุตสาหกรรมภาคบริการที่สำคัญต่อการบำรุงรักษาโครงสร้างขนาดใหญ่ ซึ่งมีการจ้างงานบุคลากรด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในภาคเอกชนไม่ต่ำกว่า 300 คนต่อปี และมีบุคลากรความสามารถสูงที่ได้รับการรับรองระดับสูงจากสถาบันสากล ASNT (American Society for Non-destructive Testing) ประมาณ 25 คน

2.3 ด้านการเกษตร

โครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสี มีบทบาทต่อด้านการเกษตรซึ่งเป็นผลผลิตต้นทาง โดยการใช้งานส่วนใหญ่เป็นด้านการปรับปรุงพันธ์พืช การวิเคราะห์ธาตุในดินและการใช้สารติดตามด้านชีวภาพ ดังแสดงในรูปที่ 8 แม้ว่าโดยพื้นฐานทางเทคโนโลยีแล้วการใช้นิวตรอนด้านการเกษตรทางตรงค่อนข้างน้อย แต่มีประโยชน์ทางอ้อมเพื่อเพิ่มผลผลิตการเกษตรเป็นอย่างมาก สำหรับในประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์ดังนี้



รูปที่ 8 การใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในด้านการเกษตร

- การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยนิวตรอน เป็นการใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์พืชวิธีการหนึ่ง เนื่องจากนิวตรอนสามารถชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของพืชโดยทำให้สารพันธุกรรมหรือยีนของพืชนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเอง โดยไม่มีการนำยีนจากภายนอกเข้าไป ตามปกติพืชจะมีการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมในตัวเองอยู่แล้วตามธรรมชาติ โดยถูกกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม แต่การนำรังสีมาใช้เป็นการช่วยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้เกิดเองตามธรรมชาติ กรรมวิธีนี้แตกต่างจากการตัดต่อพันธุกรรม (Genetically Modified Organism) ที่มีการนำยีนจากภายนอกเข้าไป ซึ่งมีการควบคุมตามกฎหมายของแต่ละประเทศ

- การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยนิวตรอนต้องอาศัยโอกาสและระยะเวลาที่จะได้ผลผลิตพันธุ์ใหม่ ประมาณได้ว่าถ้าต้องการปรับปรุงพันธุ์พืชสำเร็จด้วยการฉายรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยปีละ 1 พันธุ์พืช จะต้องมีการฉายรังสีเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในการทดลองปรับปรุงพันธุ์พืชและคัดเลือกพันธุ์ที่ถาวรลงแปลงปลูกได้โดยไม่มีการกลายพันธุ์ประมาณนับ 100

ครั้งก่อนจะประสบ ความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์พืช 1 พันธุ์ แต่เมื่อสำเร็จจะให้ผลผลิตต่อเนื่องในระยะยาว

- จากการสำรวจข้อมูลปริมาณพันธุ์พืชที่ปรับปรุงจากการชักนำด้วยรังสีและสารเคมีในปี 2001 พบว่ามีพันธุ์พืชจำนวน 1,386 พันธุ์ จะมีพันธุ์พืชเพียง 64 พันธุ์ ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ด้วยนิวตรอนและมีเพียง 4 พันธุ์พืชเท่านั้นที่เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญซึ่งสามารถปลูกได้ในประเทศไทย ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และ ข้าวโพด

- จากข้อมูลพืชพันธุ์กลายในสหรัฐอเมริกาพบว่าสามารถเพิ่มรายได้ คิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกาในสัดส่วนประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศที่ได้จากพันธุ์พืชที่มาจากการปรับปรุงโดยวิธีการอื่นทั้งหมด[6] เมื่อนำมาอ้างอิงเพื่อประเมินการเพิ่มรายได้ของประเทศไทยซึ่งมีการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์และพื้นฐานเศรษฐกิจที่ต่ำกว่าสหรัฐอเมริกาอยู่ 100 เท่า[7] เพราะฉะนั้นเมื่อมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยใหม่และมีการค้นคว้าวิจัยด้านพืชพันธุ์กลายอย่างจริงจังในฐานะที่เป็นประเทศเกษตรกรรมจะสามารถทำให้มีโอกาสเพิ่มมูลค่าจากการปรับปรุงพันธุ์พืชเศรษฐกิจด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ทั้งข้าว มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และ ข้าวโพด เพิ่มมูลค่าขึ้นอีก ประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นจากพืชพันธุ์กลายทั้งสิ้น 154 ล้านบาท/ ปี ดังนี้

- ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้ รวมทั้งประเทศ 24.19 ล้านตัน/ ปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยรวมทั้งสิ้น 121,303 ล้านบาท/ ปี[8] หากมีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวด้วยนิวตรอนสามารถเพิ่มมูลค่า ขึ้นอีก ประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น มูลค่าข้าวที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น 121 ล้านบาท/ ปี
- ประเทศไทยสามารถผลิตมันสำปะหลังได้ รวมทั้งประเทศ 27.62 ล้านตัน/ ปีคิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยรวมทั้งสิ้น 8,742 ล้านบาท/ปี[9] หากมีการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังด้วยนิวตรอนสามารถเพิ่มมูลค่าขึ้นอีกประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น มูลค่ามันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น คิดเป็น 9 ล้านบาท/ปี

[6] จากบทความ ศ.ดร.สิรานุช ลามศรีจันทร์ รังสีกับการเปลี่ยนแปลงยีนพืชให้กลายพันธุ์

[7] รายงานความก้าวหน้า ฉบับที่ 1

[8] กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน 2545

[9] สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน 2550

• ประเทศไทยสามารถผลิตถั่วเหลืองได้[10] รวมทั้งประเทศ 246,507 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยรวมทั้งสิ้น 2,958 ล้านบาท/ ปี หากมีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลือง ด้วยนิวตรอนสามารถเพิ่มมูลค่า ขึ้นอีกประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น มูลค่าถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น คิดเป็น 3 ล้านบาท/ ปี

• ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวโพดได้[11] รวมทั้งประเทศ 4 ล้านตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยรวมทั้งสิ้น 20,775 ล้านบาท/ ปี หากมีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลือง ด้วยนิวตรอนสามารถเพิ่มมูลค่า ขึ้นอีกประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้น มูลค่าข้าวโพดที่เพิ่มขึ้น คิดเป็น 21 ล้านบาท/ปี

- การวิเคราะห์ธาตุในดินเป็นการใช้เทคนิคการก่อกัมมันต์ด้วยนิวตรอนให้ประโยชน์ในการศึกษาคุณภาพดิน ประกอบกับการใช้สารติดตามด้านชีวภาพเป็นการใช้สารรังสีติดสลากสารอาหารของพืช ให้ประโยชน์ในการศึกษาชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสมกับพืชนั้น อันเป็นการช่วยด้านการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ ในการประเมินสามารถคิดจากพื้นที่การเกษตรของประเทศที่ภาคการเกษตรจะมีการลงทุนในการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์

- การใช้เทคนิคนิวเคลียร์ย่อยสลายขนาดโมเลกุลของไคติน-ไคโตซานซึ่งเป็นวัสดุชีวภาพจากเปลือกกุ้ง กระดองปลาหมึกและปู จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสและมีธาตุไนโตรเจนติดอยู่ด้วย เพื่อให้สามารถละลายน้ำได้สำหรับใช้เป็นอาหารเสริมประเภทฮอร์โมนที่มีคุณภาพสูง ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชผลไม้และต้นไม้ให้ให้เติบโตเร็ว และยังช่วยสร้างภูมิต้านทานให้แก่เมล็ดพืชที่จะนำไปเพาะขยายพันธุ์ทำให้มีอัตราการขยายพันธุ์เพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ ในการทดลองใช้ ไคโตซานในนาข้าว พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้ถึง 2.6 เท่า เมื่อเทียบกับผลผลิตต่อไร่ของนาข้าวที่ไม่ใช้ไคโตซานและลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลง 90 % สำหรับยาปราบศัตรูพืชนั้นสามารถลดปริมาณการใช้ลงจากเดิม 30-50% และไม่พบปัญหาโรคเข้ามารบกวน[12]

- เปลือกกุ้ง กระดองปลาหมึกและกระดองปู เป็นกากของเหลือจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยมีการส่งออก/นำเข้าและบริโภคกุ้ง ปูและปลาหมึก เป็นจำนวนมาก จากสถิติในช่วงปี พ.ศ. 2536 - 2543 พบว่า ประเทศไทยมีปริมาณมวลรวมของการส่งออก นำเข้าและบริโภคในประเทศ สำหรับกุ้ง ปู และปลาหมึก ประมาณ 390,000 57,000 และ 190,000 ตันต่อปี ตามลำดับ ปริมาณเหล่านี้เป็นดัชนีแสดงถึงปริมาณกากของเหลือที่สามารถผลิตเป็นไคโตซานได้ปริมาณ 2.4 - 12 ตัน/ ปี แต่มีการส่งออกเพื่อนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง, อาหาร

[10] สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน 2547

[11] สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน 2540

[12] จากงานวิจัย รศ. ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ 2553

สัตว์ และเจลปิดแผล ซึ่งทำมูลค่าสูงกว่าการผลิตหัวเชื้ออาหารเสริม สำหรับข้อมูลการนำมาใช้ผลิตหัวเชื้ออาหารเสริมทางภาคการเกษตรพบว่ามีปริมาณประมาณ 24.5% ของปริมาณไคโตซานทั้งหมด[13]

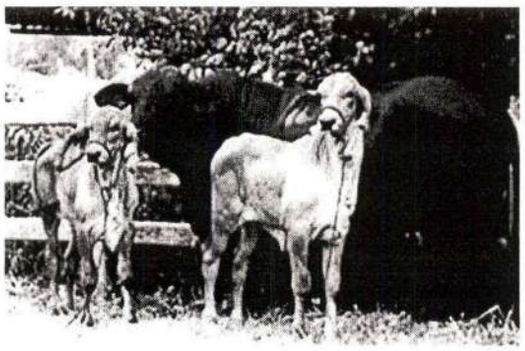
- การใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ เช่น การศึกษาคุณภาพดินการศึกษาชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสมกับพืชและการใช้อาหารเสริมไคโคซานเป็นฮอร์โมนพืชดังกล่าวมานั้น จะสามารถเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อไร่สูงขึ้นประมาณ 3 เท่า ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งสิ้น 57 ล้านไร่ มีมูลค่าเฉลี่ยปีละ 121,303 ล้านบาท[14]โดยคาดการพื้นที่หวังผลในการเพาะปลูกข้าวที่สามารถดำเนินการเผยแพร่เทคโนโลยี และสนับสนุนเทคโนโลยีดังกล่าวนี้ได้ 0.5% ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดซึ่งคิดเป็น 285,000 ไร่ เพราะฉะนั้นสามารถทำให้มูลค่าของข้าวเพิ่มขึ้นทั้งสิ้น 1,213 ล้านบาท/ ปี ทั้งนี้ยังไม่รวมการลดรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ยเคมีและยาปราบศัตรูพืช

- การใช้เทคนิคนิวเคลียร์ด้านเรดิโออิมมูโนแอสเซย์ (Radioimmunoassay, RIA) ในการติดตามตรวจวัดฮอร์โมนเพื่อกระบวนการฝากเซลล์ตัวอ่อนต้นแบบที่แม่นยำในการผสมเทียมสำหรับการขยายพันธุ์สัตว์ที่มีประสิทธิภาพ เพิ่มโอกาสในการตกลูกโคพันธุ์นมและโคพันธุ์เนื้อกระบือปลัก จาก 10% เป็นประมาณ 30%[15] และเป็นการปรับปรุงพันธุ์โคและกระบือ เพื่อเพิ่มผลผลิตทางปศุสัตว์

[13] สถานภาพการผลิตและการประยุกต์ใช้ไคติน/ ไคโตซานในตลาดโลกและตลาดภายในประเทศ MTEC(2543)

[14] กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน 2545

[15] จากงานวิจัย ศ.มณีวรรณ กมลพัฒนะ



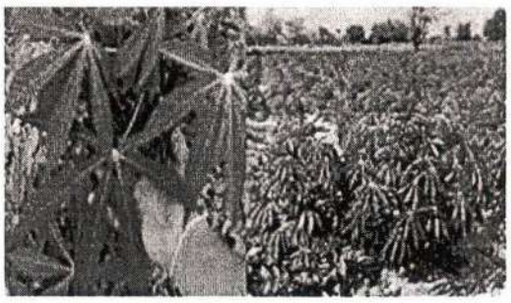
แม่โคตัวรับพร้อมลูกที่เกิดจาก

Embryo Transfer

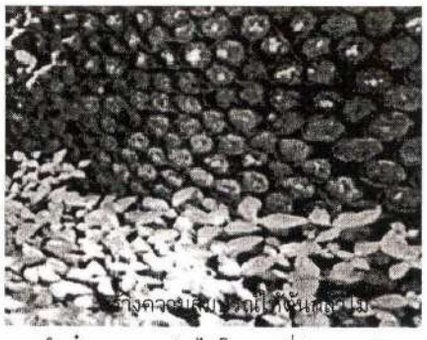
เทคนิคทางด้าน เรดิโออิมมูโนแอสเซย์

(Radioimmunoassay, RIA)

ในการผสมเทียมเพื่อการขยายพันธุ์สัตว์ ที่มีประสิทธิภาพ



เพิ่มผลผลิตลงหัวได้ไวและทนแล้งได้ดี



การใช้ปุ๋ยอาหารเสริมไคโตซานที่ผ่านการย่อยขนาดโมเลกุลด้วยรังสีเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่

รูปที่ 9 การใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในการเพิ่มผลผลิตเกษตร

โดยสรุปแล้ว ที่ผ่านมาประเทศไทยมีการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในการเพิ่มผลผลิตและเพิ่มคุณภาพสำหรับภาคการเกษตรดังนี้

- การใช้เทคนิคนิวเคลียร์วิเคราะห์ดิน เพื่อการจำแนกพื้นที่ปลูก ทำให้ทราบว่า พื้นที่ที่ศึกษาเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชชนิดใด ควรเพิ่มปุ๋ยชนิดใดลงไป
- เทคนิคการใช้สารติดตามด้วยรังสีใช้ศึกษาเกี่ยวกับการดูดซึมแร่ธาตุ และปุ๋ยโดยต้นไม้และพืชเศรษฐกิจต่างๆ เพื่อการปรับปรุงการใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
- การผลิตการใช้เทคนิคนิวเคลียร์ย่อยสลายขนาดโมเลกุลของไคติน-ไคโตซานซึ่งเป็นวัสดุชีวภาพ เพื่อให้สามารถละลายน้ำได้สำหรับใช้เป็นอาหารเสริมประเภทฮอร์โมนที่มีคุณภาพสูง
- การใช้เทคนิคนิวเคลียร์เพื่อการขยายพันธุ์สัตว์เลี้ยง และการเพิ่มผลผลิต อาหารนม อาหารเนื้อจากโค และ กระบือปลัก

- การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยวิธีอาบรังสี วิเคราะห์สารตกค้างในสิ่งแวดล้อมจากการใช้ยาปราบศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง ซึ่งมีความสำคัญต่อผู้บริโภค
- การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของพืช (Induced Mutation) เช่น
    - ข้าวขาวมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวเจ้าจากผลการฉายรังสี มีการกลายพันธุ์ มาเป็นข้าวเหนียว มีกลิ่นหอมเหมือนข้าวขาวมะลิ
    - ข้าวพันธุ์ กข 15 ซึ่งก็เป็นผลจากการฉายรังสีข้าวขาวมะลิ 105 แต่เป็นพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้ไวกว่า และมีผลผลิตสูงกว่าขาวมะลิ 105
    - ปอแก้ว เมื่อนำเมล็ดมาฉายรังสีได้พันธุ์ที่มีความทนทานต่อโรคโคนเน่า
    - ถั่วเหลือง ที่มีพันธุ์ทนทานต่อราสนิม (Rust)

2.4 การจ้างงานในภาคเอกชน

- เมื่อมีการลงทุนในภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรเพิ่มขึ้นจะเกิดการจ้างงานเพิ่มขึ้นทั้งในระดับผู้มีความรู้ความชำนาญและระดับฝีมือในกรณีอุตสาหกรรมอัญมณี

- การเกิดอุตสาหกรรมต้นน้ำหรือกลางน้ำขนาดใหญ่ 1 แห่งในประเทศจะมีการจ้างงานมากกว่า 1,000 ราย และมีการหมุนเวียนทดแทนกำลังคนต่อเนื่อง

- การเกิดอุตสาหกรรมใหม่ช่วยเพิ่มทางเลือกในการศึกษาทั้งระดับอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษา และช่วยลดปัญหาการว่างงาน รวมทั้งปัญหาสังคมที่เกิดจากภาวะเศรษฐกิจทางครอบครัว

- การเพิ่มผลผลิตจะเกิดการขยายธุรกิจส่งออกด้านผลผลิตการเกษตร เกษตรแปรรูปและผลผลิตอาหารจากปศุสัตว์ ก่อให้เกิดการสร้างอาชีพการงานเพิ่มขึ้น

3. การร่วมมือกับภาคเอกชนในเชิงธุรกิจ

เนื่องจากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ เป็นองค์การมหาชน สามารถให้บริการในเชิงธุรกิจได้โดยไม่มุ่งหวังกำไรเป็นหลัก มีส่วนงานที่ทำหน้าที่พัฒนาธุรกิจขององค์กร เพื่อทำหน้าที่ด้านการตลาดให้กับส่วนงานบริการต่างๆ ดังนั้นจึงมีความยืดหยุ่นในการดำเนินงานในลักษณะธุรกิจที่มีรายได้เข้าสถาบันฯ สำหรับงานบริการในลักษณะอุตสาหกรรมซึ่งมีปริมาณงานสูงและต้องการผลผลิตที่แน่นอนตามกรอบเวลา จะมีการดำเนินงานในลักษณะสัญญาข้อตกลงความร่วมมือภาครัฐและเอกชน ซึ่งอาจมีประเด็นการลงทุนร่วมกัน การมีประโยชน์ร่วมกันในผลผลิตและทรัพย์สินทางปัญญา

4. ประโยชน์ด้านการเรียนการสอนและการวิจัยและการถ่ายทอดเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) เป็นหน่วยงานหลักในการสนับสนุนให้เกิดเครือข่ายวิจัย แหล่งวิชาการ ความร่วมมือวิจัย การฝึกอบรมและการถ่ายทอดด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ โดยมีความเชื่อมโยงกับองค์กรทั้งในและต่างประเทศเพื่อการแลกเปลี่ยนนักวิจัยรวมทั้งถ่ายทอดความรู้ดังแผนภาพในรูปที่ 10 จึงจำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสี ร่วมกับเครื่องมือและอุปกรณ์วัดทางนิวเคลียร์ ซึ่งมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนและการวิจัยและการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังนี้

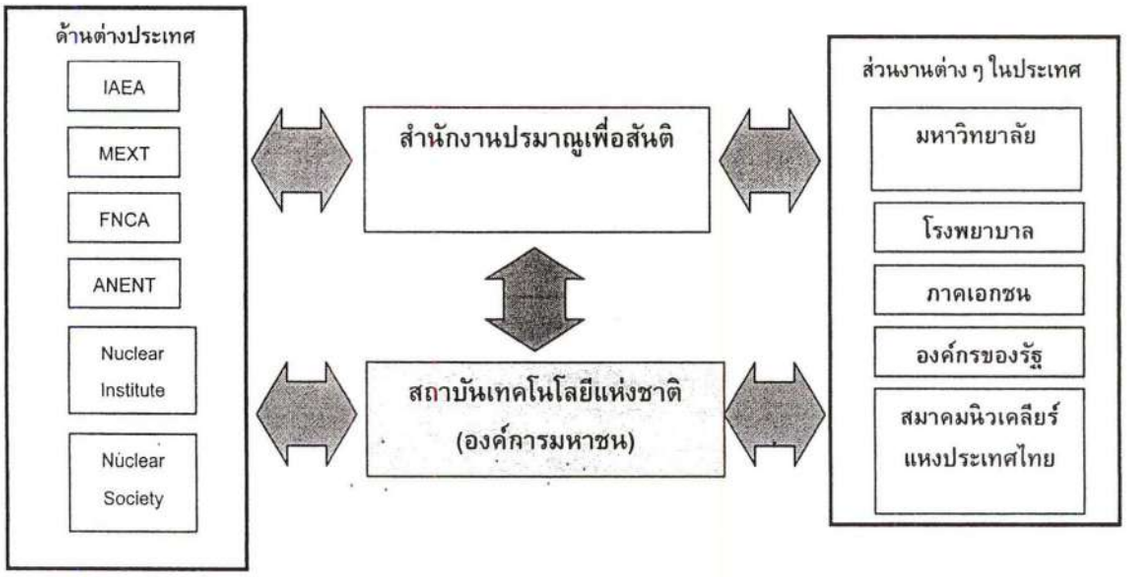
- เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบประกอบเป็นโครงสร้างพื้นฐานในการผลิตและพัฒนากำลังคนในด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ทั้งในแง่การการเรียนการสอนในระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยและการฝึกอบรมบุคลากรความสามารถสูงแทนการส่งออกไปศึกษาในต่างประเทศ ช่วยให้รัฐบาลสามารถลดค่าใช้จ่ายภาครัฐได้ประมาณ 99 ล้านบาท/ ปี โดยประมาณจากการส่งบุคลากรปีละ 300 คน

- ในแต่ละปีจะมีบัณฑิตที่จบการศึกษาในด้านที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในระดับปริญญาตรีสาขาฟิสิกส์และชีววิทยาหลายร้อยคน ระดับปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ปีละ 30 คน ระดับปริญญาโทสาขาฟิสิกส์การแพทย์ 10 คน ระดับปริญญาโทสาขารังสีประยุกต์และไอโซโทปปีละ 15 คน ระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมนิวเคลียร์ ปีละ 1-2 คน แต่ประเทศมีความต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในจำนวนที่สูงกว่าที่ผลิตได้ในด้านนี้อีกจำนวนมาก โดยเฉพาะในอนาคตข้างหน้าหากมีการตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จะมีผลให้ความต้องการบุคลากรในประเทศที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนิวเคลียร์เพิ่มขึ้นปีละกว่าพันคนทั้งในระบบการศึกษาและการอบรมระยะสั้น

- บุคลากรทั้งภาครัฐและเอกชนที่จะปฏิบัติงานด้านรังสีระดับสูงและบุคลากรที่จะต้องสอบเป็นเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางรังสี (Radiation Safety Officer, RSO) เพื่อรับใบรับรองตามกฎหมายพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ จำเป็นต้องผ่านการอบรมปีละมากกว่า 500 คน ประเมินได้ว่ารัฐไม่ต้องส่งบุคลากรไปอบรมระยะสั้นได้ 60 ล้านบาท/ ปี

- โครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีช่วยให้เกิดการขยายเครือข่ายความร่วมมือวิจัยกับหน่วยงานในประเทศ เช่น มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล กรมวิชาการเกษตร และสถาบันวิจัยต่างๆนอกจากนี้ยังก่อให้เกิดข้อตกลงความร่วมมือในการผลิตบัณฑิต การฝึกงานของนิสิตนักศึกษา ตลอดจนการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ภาคเอกชน

- สร้างศักยภาพในการเป็นแกนนำเพื่อประสานเครือข่ายความร่วมมือระหว่างประเทศ การรับresearch contract การมีข้อตกลงความร่วมมือนานาชาติ การรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีเฉพาะทาง และแลกเปลี่ยนนักวิจัย จากองค์กรสากล เช่น IAEA, MEXT (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology), FNCA (Forum for Nuclear Cooperation in Asia), ANEN (Asian Network for Education in Nuclear Technology) ตลอดจนสถาบันนิวเคลียร์และสมาคมนิวเคลียร์ อาทิ ญี่ปุ่น จีน เกาหลี เวียดนาม มาเลเซีย ฯลฯ



รูปที่ 10 แผนภาพความร่วมมือการใช้ประโยชน์ของหน่วยงานภายในและต่างประเทศ

5. การประมาณการรายได้ของโครงการ

เนื่องจากการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยพร้อมระบบประกอบ เป็นโครงการเดิมที่ศูนย์วิจัยองครักษ์ {ก่อนมีการแยกส่วนราชการเป็นสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)} สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติได้ดำเนินการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW แต่ความล่าช้าของโครงการศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ที่ผ่านมา 12 ปี ความต้องการใช้ประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น ในด้านต่างๆ มีมากขึ้น ดังนั้นการประเมินรายได้ในการศึกษาแผนจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยพร้อมระบบประกอบจึงเริ่มศึกษาแผนการจัดหาที่เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW เป็นฐานก่อนที่ขยายออกไปที่เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 30 MW เพื่อรองรับความ

ต้องการในอนาคต ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข โดยราคาประมาณการราคาค่าก่อสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดระหว่าง 10 – 30 MW ปรากฏในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประมาณการราคาค่าก่อสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดระหว่าง 10 – 30 MW

Power (MW)	Cost (MUS$)
10	165
20	185
30	210

Evaluation of contribution to national economy by the HANARO

ในการพิจารณาด้านทางเศรษฐศาสตร์ของความแตกต่างระหว่างการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด10 MW และขนาด 30 MW พบว่าเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูขนาด 30 MW มีฟลักซ์นิวตรอนที่นำมาใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นมากกว่าเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูขนาด 10 MW อยู่ 3 เท่า แต่มูลค่าการก่อสร้างจะต่างกันเพียง 1.27 เท่า

เอกสารแนบ 1

ผลกระทบต่อการแข่งขันทางธุรกิจขนาดใหญ่จากความล่าช้าในโครงการติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์

โครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปพร้อมอุปกรณ์ประกอบ เป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักที่ใช้ประโยชน์ร่วมกัน (Shared facility) หลายภาคส่วน เพื่อบูรณาการกับโครงสร้างพื้นฐานรองที่รัฐได้ลงทุนไปแล้ว ในการสนับสนุนพันธกิจด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศ อันมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการวิจัยและบริการทั้งด้าน การแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร และการศึกษาวิจัย ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาประเทศและพัฒนาคุณภาพชีวิต จึงมีผลกระทบต่อการขับเคลื่อนด้านการสาธารณสุข การศึกษา เศรษฐกิจ สังคม และการพัฒนาประเทศโดยรวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งเสริมองค์กรภาครัฐและเอกชนในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาอารยะประเทศ เพื่อให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางธุรกิจเป้าหมายในกลุ่มประเทศอาเซียนตามนโยบายของรัฐ ได้แก่ ด้านอัญมณี การแพทย์และการผลิตรถยนต์ เป็นต้น ดังนั้นความล่าช้าในโครงการติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปพร้อมอุปกรณ์ประกอบ ที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ จังหวัดนครนายก ได้มีผลให้ประเทศไทยสูญเสียส่วนแบ่งทางธุรกิจเป้าหมายบางส่วนให้ประเทศในกลุ่มอาเซียนที่มีการพัฒนาด้านโครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยอย่างรวดเร็วไป และหากล่าช้าต่อไปจะเสียโอกาสในการแข่งขันและดึงดูดการลงทุนธุรกิจต่อเนื่องขนาดใหญ่กลับคืนมาได้ยาก

กลุ่มอาเซียน (ASEAN) ประกอบด้วยประเทศ 10 ประเทศ ได้แก่ ประเทศไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ เวียดนาม ลาว กัมพูชา บรูไนและพม่า ปัจจุบันประเทศในกลุ่มที่มีโครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยมีอยู่ 5 ประเทศ ได้แก่ ประเทศไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ และเวียดนาม ส่วนประเทศที่เหลือยังไม่มีโครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยยกเว้นประเทศพม่าจะได้รับช่วยเหลือจากประเทศรัสเซียในการพัฒนาด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์และติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW โดยมีเป้าหมายในการวิจัย ผลิตไอโซโทปทางการแพทย์และโดปสารกึ่งตัวนำด้วย

นโยบายของประเทศในกลุ่มอาเซียนที่มีโครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจะมีความก้าวหน้าในการพัฒนาศักยภาพทางเทคโนโลยีนิวเคลียร์ที่แตกต่างกัน ไม่นับรวมประเทศ

ฟิลิปปินส์ที่มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 3 MW แต่ปัจจุบันหยุดเดินเครื่อง การสนับสนุนด้านนโยบายด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์จากรัฐบาลแต่ละประเทศตั้งแต่เริ่มก่อตั้งเป็นแรงผลักดันให้เกิดการแข่งขันในเพื่อนบ้านกลุ่มอาเซียน 4 ประเทศ ซึ่งสามารถสรุปเชิงเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการพัฒนาศักยภาพตามลำดับได้ดังนี้

1. ประเทศอินโดนีเซีย มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 3 เครื่อง ขนาดกำลัง 100 kW, 2 MW และ 30MW เครื่องที่มีกำลังต่ำสำหรับรองรับงานวิจัยและฝึกอบรมกำลังคน ส่วนเครื่อง30 MW ยังเดินไม่เต็มกำลัง แต่รองรับบริการอุตสาหกรรมฉายรังสีอัญมณี 2 ตันต่อปี สามารถผลิตไอโซโทปและสารเภสัชรังสีเหลือส่งออกจำหน่ายในตลาดเอเซีย และกำลังปรับปรุงระบบอาบรังสีให้สามารถบริการโดปสารกึ่งตัวนำซึ่งจะสมบูรณ์ในเร็วๆนี้ เพื่อรองรับอุตสาหกรรมด้านชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำ ที่มีความต้องการเพิ่มมากขึ้นทุกปี ในอนาคตยังมีกำลังการผลิตมากกว่านี้
2. ประเทศมาเลเซียมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 1 MW เพียงเครื่องเดียว แต่มีนโยบายภาครัฐชัดเจนที่มุ่งสู่การพัฒนาเต็มรูปด้านการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ ในการพัฒนาด้าน เกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรแปรรูป ปัจบันเป็นศูนย์กลางฉายรังสียางพาราในกลุ่มอาเซียนและมีแผนการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในการผลิตไฟฟ้า โดยภาครัฐระดับกระทรวงมีข้อตกลงความร่วมมือในการพัฒนาด้านนิวเคลียร์กับประเทศเกาหลีใต้ และได้ยกระดับองค์กรจากสถาบันวิจัยนิวเคลียร์ (MINT) เป็น Malaysian Nuclear Agency คล้ายกับการบริหารองค์กรนิวเคลียร์ของประเทศญี่ปุ่น JAEA
3. ประเทศเวียดนามมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 500 kW สำหรับงานวิจัยและฝึกอบรมที่มีกำลังต่ำ เคยมีแผนการติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 10 MW เพื่อขยายงานด้านบริการผลิตไอโซโทปทางการแพทย์และรองรับการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม และปัจจุบันได้ประกาศนโยบายภาครัฐอย่างชัดเจนที่มุ่งสู่การพัฒนาด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อรองรับการใช้พลังงานนิวเคลียร์ผลิตไฟฟ้า โดยก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 2 โรง กำลังไฟฟ้ารวม 2,000 MWe

สำหรับประเทศไทยมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 2 MW ที่มีอายุใช้งานมากกว่า 30 ปีแล้ว (ไม่นับอาคารที่มีอายุมากกว่า 40 ปี) สามารถเดินเครื่องเต็มกำลังได้เพียง 1.2 MW ซึ่งไม่สามารถให้บริการเพียงพอต่อความต้องการด้านต่างๆ มีแผนการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 เพื่อทดแทนและรองรับ

ความต้องการในอนาคต ซึ่งเป็นโครงการเดิมที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ {ก่อนมีการแยกส่วนราชการเป็นสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)} แต่เนื่องจากการจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปพร้อมระบบประกอบ ดำเนิน การโดยสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ มีอุปสรรคประสบกับความล่าช้าของโครงการผ่านมา 12 ปี ขณะที่ด้านพลังงานได้มีการบรรจุแผนการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในการผลิตไฟฟ้าแต่ยังไม่ประกาศนโนบายของรัฐที่ชัดเจน จึงขาดทิศทางการพัฒนา

จากผลของความล่าช้าโครงสร้างพื้นฐานหลักเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปพร้อมอุปกรณ์ประกอบ ทำให้ล้าหลังและเสียส่วนแบ่งการตลาดด้านธุรกิจอัญมณีให้ประเทศอินโดนีเซียและกำลังจะเสียส่วนแบ่งด้านการโดปสารกึ่งตัวนำ อย่างไรก็ตามขณะนี้ยังมีโอกาสในการลงทุน เนื่องจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในเชิงบูรณาการบางส่วนที่ศูนย์วิจัยองครักษ์ได้รับการสนับสนุนจากรัฐยังเดินหน้าอยู่ พร้อมที่จะเสริมรับกับโครงสร้างพื้นฐานหลักจึงยังมีแรงดึงดูดความสนใจจากด้านธุรกิจอุตสาหกรรม แต่หากโครงการยังล่าช้าออกไปอีกก็จะดึงการลงทุนกลับยากและพลาดโอกาสในการเป็นศูนย์กลางธุรกิจเป้าหมายของรัฐในกลุ่มประเทศอาเซียน ทั้งศูนย์กลางอัญมณีฉายรังสีและศูนย์กลางการแพทย์ที่มีความพร้อมด้านการวินิจฉัยที่ทันสมัยด้วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์และการโดปสารกึ่งตัวนำด้วยนิวตรอนในการสร้างอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ต้นน้ำในประเทศ เพื่อรองรับอุตสาหกรรมรถยนต์ไฮบริดและผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน รวมไปถึงการเสียโอกาสในการเพิ่มผลผลิตการเกษตรด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในภาคการเกษตรที่เป็นอาชีพหลักของประชากรไทย และมีแนวคิดในการเป็นครัวโลก

นอกจากนี้หากพิจารณาความสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานหลักเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยในระดับประเทศที่เป็นแกนนำด้านอุตสาหกรรมของโลกในภูมิภาคเอเชียจะเห็นว่ามีการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์อย่างกว้างขวางเพื่อการวิจัยและพัฒนา รวมถึงงานบริการเพื่อพัฒนาภาคธุรกิจอุตสาหกรรม การแพทย์ การเกษตร พลังงานและเป็นผู้นำด้านอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ ได้แก่

1. ประเทศญี่ปุ่นมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่เดินเครื่องอยู่ 15 เครื่อง ในจำนวนนี้มีเครื่องขนาดกำลังระหว่าง 3- 5 MW 2 เครื่อง และเครื่องขนาดกำลังระหว่าง 10 – 140 MW 4 เครื่อง ใช้ผลิตไอโซโทปรังสีส่งออกทั้งทางการแพทย์และอุตสาหกรรม ทดสอบด้านเชื้อเพลิงและวัสดุนิวเคลียร์ ออกแบบและพัฒนาเครื่อง

ปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบต่างๆ โดปสารกึ่งตัวนำสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศพัฒนาอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ส่งออก มีการผลิตเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ภายใต้การร่วมทุนกับบริษัทในสหรัฐอเมริกา ได้แก่ บริษัท General Electric และ Westinghouse เป็นประเทศอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์สูงและเป็นศูนย์กลางถ่ายทอดเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในภูมิภาคเอเชีย มีการใช้พลังงานนิวเคลียร์ผลิตไฟฟ้าแม้เป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวก็มีเทคโนโลยีรองรับ โดยมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูกำลังหรือโดยมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่กำลังเดินเครื่องในขณะนี้อยู่ 55 โรง กำลังผลิตไฟฟ้ารวม 47,348 MWe[16]

2. ประเทศจีน มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่เดินเครื่องอยู่ 14 เครื่อง ในจำนวนนี้มีเครื่องขนาดกำลังระหว่าง 1- 5 MW 6 เครื่อง และเครื่องขนาดกำลังระหว่าง 10 – 125 MW 3 เครื่อง กำลังก่อสร้างเพิ่มอีก 2 เครื่อง เป็นประเทศผู้ผลิตไอโซโทปรังสีส่งออกทั้งทางการแพทย์และอุตสาหกรรม ทดสอบด้านเชื้อเพลิงและวัสดุนิวเคลียร์ บางเครื่องใช้โดปสารกึ่งตัวนำสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เฉพาะ มีการพัฒนาอุตสาหกรรมนิวเคลียร์และผลิตเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้เองพร้อมขาย และใช้พลังงานนิวเคลียร์ผลิตไฟฟ้า โดยมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่กำลังเดินเครื่องในขณะนี้อยู่ 11 โรง (2010) กำลังผลิตไฟฟ้ารวม 8587 MWe[17]
3. เกาหลีใต้มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ที่เดินเครื่องอยู่ 1 เครื่อง เครื่องขนาดกำลังระหว่าง 30 MW เป็นประเทศผู้ผลิตไอโซโทปรังสีส่งออกทั้งทางการแพทย์และอุตสาหกรรม โดปสารกึ่งตัวนำสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เฉพาะเป็นประเทศพัฒนาอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ส่งออก และผลิตเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ภายใต้การร่วมทุนกับบริษัทในสหรัฐอเมริกา ได้แก่ บริษัท General electric และ Westhing house เป็นประเทศอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์สูงประเทศหนึ่ง ใช้พลังงานนิวเคลียร์ผลิตไฟฟ้า

[16] http://www.world-nuclear.org/info/inf79.html (2010)

[17] http://www.world-nuclear.org/info/inf63.html (2010)

มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูกำลังหรือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่กำลังเดินเครื่องในขณะนี้อยู่ 20 โรง(2010) กำลังผลิตไฟฟ้ารวม 17,716 MWe[18]

4. ประเทศอินเดีย มีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่เดินเครื่องอยู่ 5 เครื่อง มีขนาดกำลังระหว่าง 40 – 100 MW 4 เครื่อง เป็นประเทศผู้ผลิตไอโซโทปรังสีส่งออกทั้งทางการแพทย์และอุตสาหกรรม ทดสอบด้านเชื้อเพลิงและวัสดุนิวเคลียร์ วิจัยด้านฟิสิกส์นิวตรอนใช้พลังงานนิวเคลียร์ผลิตไฟฟ้า มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่กำลังเดินเครื่องในขณะนี้อยู่ 19 โรง กำลังผลิต 4183 MWe[19]

[18] http://www.world-nuclear.org/info/inf81.html (2010)

[19] http://www.world-nuclear.org/info/inf53.html (2010)

เอกสารแนบ 2

การประเมินความสูญเสียจากการเสียโอกาสของโครงการฯที่ผ่านมา

การจัดหาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW พร้อมระบบประกอบ เป็นโครงการเดิมที่ศูนย์วิจัยองครักษ์ {ก่อนมีการแยกส่วนราชการเป็นสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)} สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติได้ทำสัญญาจ้างบริษัท General Atomics (GA) ดำเนินการก่อสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW พร้อมระบบประกอบ โดยแบ่งงานเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยพร้อมระบบประกอบเป็นแบบ Turnkey และ อาคารสนับสนุนการปฏิบัติงานเป็นแบบ non-turnkey มีสัญญาจ้างระยะเวลา 48 เดือน ตั้งแต่วันที่ 26 มิถุนายน 2540 แต่ประสบปัญหาในส่วน turnkey ไม่สามารถดำเนินการให้สำเร็จได้และล่าช้ามาถึงวันนี้ เมื่อหักระยะเวลาก่อสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยพร้อมระบบประกอบและฝึกอบรมออก 5 ปี สามารถคิดเป็นเวลาที่ประเทศได้เสียโอกาสทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศไป 7 ปี หากวิเคราะห์จากสถิติข้อมูลความต้องการไอโซโทปรังสี ความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานที่พึงมี และอาคารสนับสนุนการปฏิบัติการในส่วนที่รัฐได้ลงทุนโครงการฯ ไปแล้วบางส่วน สามารถประเมินความสูญเสียจากการเสียโอกาสที่ผ่านมาดังนี้

1. **การประเมินความสูญเสียทางเศรษฐกิจ**

1.1 **ด้านการแพทย์** ประเมินจากความต้องการสารเภสัชรังสี

- นำเข้า I-131 ในส่วนเกินที่ผลิตไม่เพียงพอปีละ 500 คูรี คิดเป็นมูลค่า 15 ล้านบาท/ ปี (ข้อมูลอดีตปี พ.ศ. 2542)
- นำเข้าสารเภสัชรังสี Mo-99 เพื่อผลิต Tc-99m ปีละ 500 คูรี คิดเป็นมูลค่า 33 ล้านบาท/ ปี (นำเข้า 100% ข้อมูลอดีตปี พ.ศ. 2542)

1.2 **ด้านอุตสาหกรรม** ประเมินจากความต้องการและโอกาสการได้ส่วนแบ่งจากตลาด

- ช่วยลดการนำเข้า Ir-192 ในงาน NDT 50 % คิดที่ต้องนำเข้าเป็นปีละ 20,000 คูรี มีมูลค่า15 ล้านบาท/ ปี
- เสียโอกาสในการให้บริการโดปสารกึ่งตัวนำแก่ภาคอุตสาหกรรม 10 ตัน/ ปี ประมาณการคิดเป็นมูลค่า 450 ล้านบาท/ ปี
- เสียโอกาสในการให้บริการฉายรังสีพลอยแก่ภาคอุตสาหกรรมเพิ่มกว่าเดิม ประมาณ 2,500 กิโลกรัม/ ปี คิดเป็นมูลค่า 100 ล้านบาท/ ปี

- โครงการศูนย์ฉายรังสีอัญมณี จำเป็นต้องใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูประกอบกับเครื่องเร่งอนุภาคที่ลงทุนไปแล้ว เพื่อเป็นการดึงผู้ประกอบการไทยที่ปัจจุบันไปใช้บริการฉายรังสีในต่างประเทศกลับเข้ามาใช้บริการในประเทศไทย เป็นการลดการสูญเสียเงินตราเป็นมูลค่าปีละ 20 ล้านบาท

1.3 **ด้านการเกษตร** ประเมินจากผลการปรับปรุงคุณภาพดิน

- เสียโอกาสในการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ในภาคการเกษตรด้วยการใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ในการปรับปรุงคุณภาพดินและอาหารเสริม คิดเป็นมูลค่า 1,000 ล้านบาท/ ปี (ประเมินเพียงพื้นที่หวังผลได้ 0.5% ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด)
- เสียโอกาสในการส่งออกอันเนื่องมาจากการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยนิวตรอนซึ่งจะทำให้ผลผลิตส่งออกได้ปีละ 150 ล้านบาท/ ปี (อ้างอิงจากการปรับปรุงผลผลิตพันธุ์พืชด้วยนิวตรอนในตลาดโลก เฉพาะพืชเศรษฐกิจ)

1.4 **ด้านการศึกษาวิจัยและการพัฒนากำลังคน**

- เสียโอกาสในการผลิตผลงานวิจัยที่มูลค่าโครงการ 10 ล้านบาท
- เสียโอกาสที่ต้องส่งนักศึกษาไปเรียนต่างประเทศคิดเป็น 99 ล้านบาท
- เสียโอกาสการใช้ประโยชน์จากค่าบำรุงที่รัฐต้องจ่ายให้ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศปีละประมาณ 50 ล้านบาท ในการเข้ารับการฝึกอบรมและการขอผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยกำลังสูงมาให้คำปรึกษาและร่วมวิจัย ซึ่งต้องส่งไปอบรมในประเทศที่มีการใช้เครื่องปีละประมาณ 3-5 คน ทำให้สูญเสียประโยชน์ที่ได้รับ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 14.5 ล้านบาท/ปี

ตารางสรุปมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐกิจ

ประเมินความสูญเสียทางเศรษฐกิจ	**มูลค่า** (ล้านบาท/ปี)
ด้านการแพทย์	48
ด้านอุตสาหกรรม	570
ด้านการเกษตร	600
ด้านการศึกษาวิจัยและการพัฒนากำลังคน	123.5
รวม	1,441.18
มูลค่าการสูญเสียรวม 7 ปี	10,088.26

- จะเห็นว่าหากคิดอัตราการสูญเสียโอกาสคงที่ในระยะเวลา 7 ปีที่ผ่านมา สามารถประเมินในเชิงตัวเงินมีมูลค่ารวม 13,450.5 ล้านบาท และจะมีค่าความสูญเสียต่อไปปีละประมาณ 1,921.5 ล้านบาท ถ้ายังไม่เร่งรีบดำเนินการให้เกิดโครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย

- ทั้งนี้ยังไม่คิดการเสียโอกาสจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีในสัญญาแบบ Turnkey ได้แก่ การผลิตสารเภสัชรังสีตัวใหม่ การผลิตไอโซโทปรังสีแบบผนึกสนิทสำหรับงานอุตสาหกรรม การลงทุนของภาคอุตสาหกรรม และการวิจัยด้านองค์ความรู้ใหม่ รวมถึงประโยชน์ของนักวิจัยรวมทั้งสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะได้รับ

- นอกจากนี้ยังไม่สามารถใช้ประโยชน์จากการลงทุนอาคารปฏิบัติการในส่วน non-turnkey ของรัฐในโครงการศูนย์วิจัยนิวเคลียร์องครักษ์ ซึ่งปัจจุบันดำเนินงานโดยสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้เต็มที่ตามแผนงานที่เคยวางไว้

- ยังไม่รวมการเสียโอกาสในการแข่งขันระหว่างประเทศเพื่อนบ้านในการเป็นศูนย์กลางการผลิตที่ต้องอาศัยโครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและอุปกรณ์ประกอบ

เอกสารแนบ 3

การประมาณการรายได้ที่จะเกิดขึ้นของโครงการ

โครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่องครักษ์ ขณะเดินเครื่องได้สมบูรณ์แล้วในแต่ละปี ดังต่อไปนี้

ค. 1 ประมาณการรายได้ที่จะเกิดขึ้นของโครงการเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW

รายได้ที่เกิดขึ้นจากการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เพื่อใช้ทั้งในประเทศ และการส่งออก สามารถจำแนกได้ ดังนี้

ตารางประมาณการรายได้ต่อปีกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW

	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	รายได้ต่อปี (ล้านบาท)	เงื่อนไขการผลิต
การแพทย์				
I-131	1,465.63 คูรี/ปี	30,000 บาท/ต่อคูรี	129.6	ผลิต 50% ใน 5 ปี หลังจากนั้น 100%
Mo-99/Tc-99m Generator	16,320 คูรี/ปี	56,000 บาท/ต่อคูรี	913.9	ผลิต 50% ใน 5 ปี หลังจากนั้น 100%
รวม			1043.5	
อุตสาหกรรม				
Ir-192	1,750 คูรี/ปี	900 บาท/คูรี	1.575	ผลิต 50% ใน 5 ปี หลังจากนั้น 100%
อัญมณี	3,000 กิโลกรัม/ปี	40,000 บาท/กิโลกรัม	120	ผลิต 50% ใน 5 ปี หลังจากนั้น 100%
การโดปสารกึ่งตัวนำ	10,000 กิโลกรัม/ปี	70,000 บาท/กิโลกรัม	700	ผลิต 50% ใน 5 ปี หลังจากนั้น 100%

	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	รายได้ต่อปี (ล้านบาท)	เงื่อนไขการผลิต
วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธี NAA	700 ครั้ง/ปี	1,000 บาท/ครั้ง	0.7	ผลิต 50% ใน 5 ปี หลังจากนั้น 100%
การตรวจสอบโดยการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน	200 ครั้ง/ปี	1,000 บาท/ครั้ง	0.2	ผลิต 50% ใน 5 ปี หลังจากนั้น 100%
บริการเช่าชั่วโมงท่อลำรังสีนิวตรอน	10 ชั่วโมง/ปี	10,000 บาท/ชั่วโมง	0.1	ผลิต 50% ใน 5 ปี หลังจากนั้น 100%
รวม			822.6	
การเกษตร				
มูลค่าเพิ่มจากการปรับปรุงพันธุ์ด้วยนิวตรอน				
ข้าว	172,207 ล้านบาท/ปี	เพิ่มขึ้น 0.07%	120.5	-
มันสัมปะหลัง	50,978 ล้านบาท/ปี	เพิ่มขึ้น 0.07%	35.7	-
ถั่วเหลือง	42.8 ล้านบาท/ปี	เพิ่มขึ้น 0.07%	0.03	-
ข้าวโพด	5,326.5 ล้านบาท/ปี	เพิ่มขึ้น 0.07%	3.7	-
			(ล้านบาท)	
มูลค่าเพิ่มจากไคโตซานฉายรังสี				
ข้าว	285,000 ไร่	เพิ่มขึ้น 3 เท่า	1,549.87	-
รวม			1,709.87	
ด้านการศึกษาวิจัยและการพัฒนากำลังคน				
ผลิตผลงานวิจัย	13 โครงการ/ปี	500,000 บาท/โครงการ	6.5	-
ลดค่าใช้จ่ายในการส่งนักศึกษาไปเรียนต่างประเทศและส่ง	57 คน/ปี	2,786,000 บาท/คน	158.8	-

	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย	รายได้ต่อปี (ล้านบาท)	เงื่อนไขการผลิต
บุคลากรไปอบรมระยะสั้น				
รวม			165.3	
รวมรายได้ทั้งหมด			3,741.6	

เงื่อนไขการประมาณการรายได้จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW

รายได้จากโครงสร้างพื้นฐานเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10 MW ที่เป็นมูลค่าเพิ่มในตารางมีเงื่อนไขดังนี้

- มูลค่ารายได้ประเมินจากแผนการใช้งานทางด้านวิจัยและให้บริการในสัดส่วน 60% และ 40% ที่การเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเต็มกำลังและสามารถขยายผลทางการตลาดจากผลงานในอดีตที่รองรับอยู่ หรือมีแผนในการพัฒนาธุรกิจของสถาบัน ฯ

- ยังไม่รวมมูลค่าที่เกิดจากประโยชน์ต่อสังคมที่วัดเป็นค่าเงินได้ยาก เช่น การว่าจ้างแรงงานในภาคอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น การสร้างมูลค่าเพิ่มจากการใช้วัตถุดิบในประเทศ ตลอดจนประชาชนเข้าถึงการวินิจฉัยและบำบัดรักษาโรคด้วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ในด้านคุณภาพชีวิต และมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญาที่เกิดจากผลงานวิจัย

- รายได้จากการผลิตไอโซโทปตัวใหม่ที่มีราคาสูง ซึ่งต้องใช้เวลาในการวิจัยและทดสอบก่อนนำมาใช้ในการบำบัดรักษาคนไข้ด้วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ยังไม่ได้นำมาคิด

- รายได้ของพืชกลายพันธุ์ด้วยการฉายรังสีนิวตรอนคิดเฉพาะพืชเศรษฐกิจ โดยอ้างอิงข้อมูลทางเศรษฐกิจของพืชพันธุ์กลายในสหรัฐอเมริกาและพื้นฐานทางเศรฐกิจของประเทศไทยที่แตกต่างกันประมาณ 100 เท่า คิดเป็นมูลค่าเพิ่มขึ้น 0.1% ของรายได้เดิมของพืชเศรษฐกิจที่ปลูกได้ในประเทศ 4 รายการ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง และ ข้าวโพด

- รายได้จากการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ในด้านการเกษตรจากประโยชน์ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยคิดเฉพาะพื้นที่นาข้าว เนื่องจากมีงานวิจัยรองรับ และประเมินเพียงพื้นที่หวังผลได้ 0.5% ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด ซึ่งคาดว่า สทน.สามารถประสานให้เกิดขึ้นได้

- รายได้จากการขยายพันธุ์สัตว์ที่มีประสิทธิภาพด้วยเรดิโออิมมูโนแอสเซย์ เพิ่มโอกาสในการตกลูกโคพันธุ์นมและโคพันธุ์เนื้อ กระบือปลัก จาก 10% เป็นประมาณ 30% และเป็นการปรับปรุงพันธุ์โคและกระบือ เพื่อเพิ่มผลผลิตทางปศุสัตว์ ยังไม่ได้นำมาคิด เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลของการผสมเทียมด้วยวิธีอื่นประกอบ

คณะที่ปรึกษาโครงการฯ
ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฎ

การประมาณการความต้องการใช้ M0-99

ภาคผนวก ฎ การประมาณการความต้องการใช้ Mo-99

จากปริมาณการใช้ Mo-99 ทั่วโลกเท่ากับ 40 ล้านโดส สามารถนำไปพยากรณ์ความต้องการการใช้ของประเทศไทยเท่ากับร้อยละ 1.15 ของ 40 ล้านโดสต่อปี หรือเท่ากับประมาณ 6,673.50 คูรีต่อปี และจากกลุ่มประเทศอาเซียนซึ่งไม่นับรวมอินโดนีเซียที่สามารถผลิตไอโซโทปได้เองนั้น จะมีความต้องการใช้เท่ากับร้อยละ 6.32 หรือเท่ากับ 36,636.68 คูรีต่อปี โดยคำนวนจากจำนวนประชากร

Country	Population	Demand	Users
World	7,021,515,817.00	100%	12,500
US	313,792,578.00	44%	5,500
Canada	33,369,000.00	4%	500
Europe	857,000,000.00	22%	2,750
Japan	126,475,664.00	14%	1,750
	1,330,637,242.00		
Others	5,690,878,575.00	16%	2,000
Thai	65,479,453.00		23.01
	1.15%		1.15%
	40,000,000.00		
จำนวนคูรี	14.5*	6,673,500.80 mCi	6,673.50 คูรีต่อปี
ASEAN	590,844,000.00		
Indo	231,370,000.00		
ASEAN-Indo	359,474,000.00		126.33
	6.32%		6.32%
จำนวนคูรี	14.5*	36,636,683.99 mCi	36,636.68 คูรีต่อปี

* ปริมาณไอโซโทปการรักษาโรคเฉลี่ย (หน่วยเป็น mCi)

ภาคผนวก ฏ

รายชื่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแต่งแร่

ภาคผนวก ฏ รายชื่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแต่งแร่

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
1	17168	บริษัทเอ็ม.เค ไมเนรัลเคมีภัณฑ์ จำกัด	99/5 ม.6 ซอยวัดเทียนถวาย ถ.ติวานนท์ อำเภอเมือง จ.ปทุมธานี
2	16834	บริษัท ควอลิตี้มิเนอรัล จำกัด	21 ม.4 ถ.สระบุรีหล่มสัก ดีลัง พัฒนานิคม 026184700 จ.ลพบุรี
3	17899	บริษัท สุธากัญจน์ จำกัด	7 ถ.สระบุรีหล่มสัก ม.12 ต.สาริกา อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี
4	16469	บริษัทตักกะศิลาเพิ่มพูนจำกัด	205 ม.1 ถ.พหลโยธิน ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
5	16528	นายสายหยุด ลี้ภัยเจริญ	466 ม.8 ถ.พหลโยธิน ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
6	16103	บริษัทตักกะศิลาเพิ่มพูนจำกัด	ม.6 ตำบลสองคอน อำเภอแก่งคอย จ.สระบุรี
7	14642	บริษัท ศิลา ยู ดีจำกัด	ม.11 ตำบลบ่อทอง อำเภอทองแสนขัน จ.อุตรดิตถ์
8	16377	บริษัททิพย์เคมีจำกัด	181ม.8 ถ.หน้าพระลานบ้านหนองจาน ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
9	16407	ห้างหุ้นส่วนจำกัดศิลารักษ์	227 ม.1 ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
10	16862	บริษัท แคลเซียมโปรดักส์ จำกัด	55/5 ม.5 โคกตูม เมือง จ.ลพบุรี
11	16893	บริษัท สุรินทร์ ออมย่า เคมิคอล (ประเทศไทย) จำกัด	44/4 ม.5 โคกตูม จ.ลพบุรี
12	16254	ห้างหุ้นส่วนจำกัดโกวิทปูนขาว	ม.7 ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
13	16224	ห้างหุ้นส่วนจำกัดโชคศิลาสระบุรี	ม.6 ตำบลพุแค อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
14	17168	บริษัท เอฟ.เอ็ม.ที.(ประเทศไทย) จำกัด	78 ม.1 ถ.เอเชีย(กม123) ต.บ้านหม้อ อ.พรหมบุรี จ.สิงห์บุรี
15	16469	บริษัทปูนคุณภาพจำกัด	7 ม.12 ถ.สระบุรีหล่มสักสายใหม่ ตำบลซ่องสาริกา อำเภอพัฒนานิคม จ.ลพบุรี
16	17624	นางดุษฎี พิมพวน	138/8 ม.3 บ้นแพะหนองแดง ถ.ลำปางแจ้ห่ม ต.ท่งฝาย อ.เมือง จ.ลำปาง
17	16954	นางเบญจพร เกษมพิมลพร	ม.3 ต.วังแก้ว อ.วังเหนือ จ.ลำปาง
18	15858	นางรัตนา สินวรรณกุล (โรงงานแสงโอฬาร)	51 ม.2 ตำบลปงแสงทอง อำเภอเมือง จ.ลำปาง โทร.054-221-541-2
19	15738	นางรัตนา สินวรรณกุล (โรงงานเอเชีย)	222 ม.7 ตำบลชมพู อำเภอเมือง จ.ลำปาง โทร.054-221-541-2
20	15797	นางรัตนา สินวรรณกุล(โรงงานเอส.ซี.นอร์ทเทอร์แวร์)	222 ม.7 ตำบลพระบาท อำเภอเมือง จ.ลำปาง โทร.054-221-541-2
21	16803	นายชวาลา ปริยานนท์	ม.1 หาดส้มแป้น เมือง จ.ระนอง
22	15919	นายชัชวาลย์ กิตติโรจนา	137/6 ถ.ลำปางแจ้ห่ม ม.3 ตำบลทุ่งฝาย อำเภอเมือง จ.ลำปาง
23	17715	นายชูชัย กฎชาญเจริญ	34 ถ.วัดจองคำ ต.พระบาท อ.เมือง จ.ลำปาง
24	17288	นายธีรยุทธ์ เกศพิชญวัฒนา	93/5 ถ.ลำปางแจ้ห่ม ม.3 ตำบลทุ่งฝาย อำเภอเมือง จ.ลำปาง
25	11720	นายธีรยุทธ์ เกศพิชญวัฒนา	93/1 ม.3 ถ.ลำปางแจ้ห่ม ต.ท่งฝาย อ.เมือง จ.ลำปาง
26	15707	นายบุญเสริม ศิริโยยอด	6 ม.8 ถ.ดงสระแก้ว ตำบลวังกะพี้ อำเภอเมือง จ.อุตรดิตถ์
27	13940	นายอำนวย ฤทธิ์เพชร	ม.1 ขุนฝาง เมือง จ.อุตรดิตถ์
28	13881	นายอุดม ถาวรพานิช	120 ม.6 ตำบลชมพู อำเภอเมือง จ.

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
			ลำปาง
29	13575	บริษัท กิ่วลม จำกัด	93/2 ถ.ลำปางแจ้ห่ม ตำบลทุ่งฝาย อำเภอเมือง จ.ลำปาง โทร.054-226-066
30	17319	บริษัท ที.ไอ.ซี. 1991 จำกัด	98/7 ม.3 ต.ทุ่งฝาย อ.เมือง จ.ลำปาง
31	14702	บริษัท ภัทรารัตน์ เคลย์แอนด์มิเนอรัลส์(1992) จำกัด	80 ม.15 ต.นิคมพัฒนา อ.เมือง จ.ลำปาง
32	13547	บริษัท มนธนา จำกัด	341 ม.1 ตำบลบ้างแลง อำเภอเมือง จ.ลำปาง
33	12451	บริษัท ลำปางเกาลีนไมนิ่ง จำกัด	ถ.สายลำปางแจ้ห่ม ม.3 ทุ่งฝาย เมือง จ.ลำปาง
34	12479	บริษัท สมชัยชวลิต จำกัด	113/12 ถ.บรมอาสน์ ต.ท่าอิฐ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์
35	12451	บริษัท สยามซอยล์ จำกัด	1666 ม.5 ตำบลผาจุก อำเภอเมือง จ.อุตรดิตถ์
36	13912	บริษัท หล่อวัฒนา จำกัด	ม.4 ตำบลคั้วงาม อำเภอเมือง จ.อุตรดิตถ์
37	14246	บริษัท อุตรดิตถ์ ป เหมืองแร่ จำกัด	199 ม.1 ตำบลขุนฝาง อำเภอเมือง จ.อุตรดิตถ์
38	16803	บริษัทเหมืองแร่ดินขาวเมืองงาว จำกัด	25/3 ม.2 ถ.พหลโยธิน บ้านหวด งาว จ.ลำปาง
39	17533	หจก. ทรัพย์เจริญนาวา	1 ม.7 ต.ขุนฝาง อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์
40	16923	หจก.อเนกลำปาง	84 ถ.ลำปางแจ้งห่ม นิคมพัฒนา เมือง จ.ลำปาง
41	17654	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ประสพสุขไมนิ่ง	ม.2 ต.บ้านเสด็ด อ.เมือง จ.ลำปาง
42	15067	นางสาวทองใบ เครือปัญญา	157/1 ม.8 ตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จ.ลำปาง โทร.054-346210

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
43	15097	นายนคร ยอดสา	163 ม.8 ตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จ. ลำปาง โทร.054-346-332
44	17227	นายประดิษฐ์ แก้วโชติช่วงกุล	523 ม.15 ตำบลบ่อแก้ว อำเภอเมือง จ.ลำปาง
45	16438	บริษัทสโตนไมน์จำกัด	ตำบลช่องสาริกา อำเภอพัฒนานิคม จ. ลพบุรี
46	12420	หจก.อภิโชค	ม.5 บ้านโป่ง เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย
47	16132	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ลำปางภูมิวัฒนา	225 ม.6 ตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จ. ลำปาง
48	14977	บริษัท อนันตสิน จำกัด	ตำบลขุนแก้ว อำเภอนครชัยศรี จ. นครปฐม
49	16072	ห้างหุ้นส่วนจำกัดโยรินเทรดดิ้ง	ม.8 ตำบลห้วยป่าหวาย อำเภอพระ พุทธบาท จ.สระบุรี
50	15008	บริษัท ไทยสินพัฒนา จำกัด	ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จ.นครปฐม
51	17258	บริษัท คอมพาว เคลย์ จำกัด	243 ถ.บ้านฟ่อนแม่ทะ ม.1 ต.น้ำโจ้ อ. แม่ทะ จ.ลำปาง
52	13181	บริษัท ศิลาสกาว จำกัด	90 ม.10 ตำบลหินกอง อำเภอเมือง จ. ราชบุรี
53	13516	บริษัท สินธนันต์ จำกัด	29/1 ม.9 ตำบลท่าเคย อำเภอสวนผึ้ง จ.ราชบุรี
54	17746	บริษัท แร่ลำปาง จำกัด	ต.น้ำโจ้ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง
55	16650	นายทองหล่วน กาญจนมยูร	68 ม.7 บ้านสนทะ ตำบลป่าตัน อำเภอ แม่ทะ จ.ลำปาง
56	16193	นายบัวทอง มังกรศักดิ์สิทธิ์	ม.8 ตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จ.ลำปาง
57	14246	นายพนัส วิรัชกุล	36/3 ตำบลวัดหลวง อำเภอพนัสนิคม จ.ชลบุรี

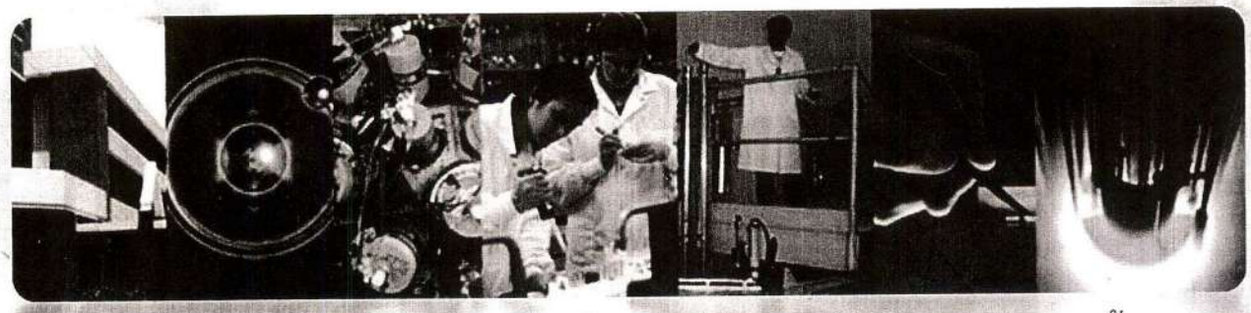
ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
58	16862	นายวินัย โชติเทียนชัย	229 ม.8 น้ำโจ้ แม่ทะ จ.ลำปาง
59	17168	นายสมชัย ใบจันทร์	141/1 ม.7 บ้านแม่ปง ต.น้ำโจ้ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง
60	17685	นายสมพรสาย วงศ์เทือก	ม.1 ต.ป่าตัน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง
61	17349	นายเอกชัย กาญจนมยูร	ม.8 ตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จ.ลำปาง
62	16163	บริษัท ลำปางซีโอไรท์ จำกัด	85/3 ม.5 ตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จ.ลำปาง
63	17593	บริษัท แสงอรุณเซรามิค จำกัด	12 ถ.นาก่วมเหนือ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง
64	16681	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ใหญ่ไพศาลวิศวกรรมแร่	429 ถ.ลำปางงาว ม.7 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จ.ลำปาง
65	16438	นายวิเชียร ชุนชาติประเสริฐ	ม.7 ถ.พระพุทธบาทธารเกษม ตำบลธารเกษม อำเภอพระพุทธบาท จ.สระบุรี
66	16834	บริษัท ฮาร์เวสท์ อินเตอร์เนชั่นแนล (ไทยแลนด์) จำกัด	ม.6 พุกร่าง พระพุทธบาท จ.สระบุรี
67	16711	บริษัทสัตติดินมาร์ลจำกัด	111/1 ม.1 ตำบลสร่างโศก อำเภอบ้านหมอ จ.สระบุรี
68	13/2544	บริษัทห้าดาวเคมีภัณฑ์จำกัด	145/1 ม.1 ตำบลพระพุทธบาท อำเภอพระพุทธบาท จ.สระบุรี
69	16285	ห้างหุ้นส่วนจำกัดเกษม ปูนมาร์ล ปูนขาว	94 ม.9 ตำบลขุนโขลน อำเภอพระพุทธบาท จ.สระบุรี
70	16316	ห้างหุ้นส่วนจำกัดชัยชนะ ปูนมาร์ล ปูนขาว	ม.9 ตำบลพุคำจาน อำเภอพระพุทธบาท จ.สระบุรี
71	16619	ห้างหุ้นส่วนจำกัดบี.เอส.อินเตอร์ซัพพลาย	46/1 ม.6 ถ.พระพุทธบาทบ้านหมอ ตำบลพุกร่าง อำเภอพระพุทธบาท จ.สระบุรี

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
72	16742	นายชัยวิรัตน์ ตั้งชัยวรรณา	38/1 ม.1 ถ.พระพุทธบาทหนองโดน ตำบลหนองแก อำเภอพระพุทธบาท จ.สระบุรี
73	17533	บริษัท หินแสงวัฒนาฤกษ์ (กำแพงเพชร) จำกัด	158 ม.1 ต.พรานกระต่าย อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร
74	16438	บริษัท อาเซียนอินซูเลเตอร์ จำกัด	99 ม.2 ถ.สายเอเชีย (กม.122.5) ตำบลบ้านหม้อ อำเภอพรหมบุรี จ.สิงห์บุรี
75	16438	บริษัทจิรสินไมนิ่งจำกัด	ม.4 ตำบลห้วยยอด อำเภอห้วยยอด จ.ตรัง
76	16438	บริษัทซิโน-ไทยรีซอสเซส ดีวีลอปเมนท์,มหาชนจำกัด	10 ตำบลตลาดใน อำเภอเมือง จ.ภูเก็ต
77	11689	บริษัทวงศ์เฉลิม จำกัด	203 ถ.เทพกระษัตรี ม.5 ตำบลเทพกระษัตรี อำเภอถลาง จ.ภูเก็ต
78	15342	ห้างหุ้นส่วนจำกัดเค วี เดรสซิ่ง	163/5 ตำบลตลาดเหนือ อำเภอเมือง จ.ภูเก็ต
79	15008	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ลำปางแร่และโลหะ	192 ม.6 ถ.ลำปางเชียงใหม่ ตำบลปงแสงทอง อำเภอเมือง จ.ลำปาง
80	12420	บริษัท สินแร่สาคร จำกัด	221 ม.3 ตำบลอ่าวน้อย อำเภอเมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ โทร.032-611 521
81	12086	บริษัท อาร์ เอ ที เทรดดิ้งแลนด์ไมนิ่ง (ตะกั่วป่า) จำกัด	28 ถ.เพชรเกษม ต.บางม่วง อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา
82	16438	บริษัทจิรสินไมนิ่งจำกัด	22/6 ม.3 ตำบลแก่งเสี้ยน อำเภอเมือง จ.กาญจนบุรี โทร.034-513041-2
83	15008	หจก. รัตนรังษิวัฒน์	29/21 ม.1 ต.เหมาะ อ.กะปง จ.พังงา โทร.076-499100
84	17168	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ธงชัยธุรกิจ	ถ.เพชรเกษม ม.5 ต.บางม่วง อ. ตะกั่ว

ที่ 8. 1/19/52

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)

รายงานฉบับสมบูรณ์



โครงการ "ความเป็นไปได้และจัดทำแผนธุรกิจโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ"

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬา...
Chula Unisearch, Chulalongkorn Univ...

(ส่ง พ.ค แล้ว 8 มิ.ย. 58)

(วลัยพร) หน้าหน้า. ผลกพ. ขอยืม CD ฉบับสมบูรณ์ 1 แผ่น เมื่อ 8 มิ.ย 58.

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
		(1995)	ป่า จ.พังงา
85	15342	บริษัท เชียงใหม่ทินทังสเตน จำกัด	79 ถ.เชียงใหม่ดอยสะเก็ด สันพระเนตร สันทราย จ.เชียงใหม่
86	17899	บริษัท สุธีร์ มิเนอรัล จำกัด	67/6 ม.12 ถ.แสงชูโต ต.ปากแพรก อ.เมือง จ.กาญจนบุรี โทร.034-564 4435
87	10990	บริษัทไทยมัลมิเนอรัลส์จำกัด	ตำบลปากแพรก อำเภอเมือง จ.กาญจนบุรี
88	15008	บริษัทเหมืองแร่พัฒนากาญจน์จำกัด	ตำบลท่ามะขาม อำเภอเมือง จ.กาญจนบุรี
89	17930	หจก. พนาสิทธิ์	9 ม.7 ถ.เชียงใหม่ฮอด ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
90	47150	บริษัท แร่รัตน์นราทร และบุตร จำกัด	320/1 ถ.ท่าเมือง ต.เขานิเวศน์ อ.เมือง จ.ระนอง
91	16438	นายณรงค์ พิชิตถวิน	121/7 ม.16 ต.ท่าโรง อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์
92	14305	นายอร่าม คูหากาญจน์	ตำบลปากแพรก อำเภอเมือง จ.กาญจนบุรี
93	13912	บริษัท ทองศรีกาญจน์ จำกัด	327 ม.6 ต.จระเข้สามพัน อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี
94	16469	บริษัท โรจน์รภี จำกัด	ม.11,14 ท่าโรง วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์
95	14032	บริษัทดี.แอล.เอ็ม อินเตอร์เทรด จำกัด	ตำบลหวายเหนียว อำเภอท่ามะกา จ.กาญจนบุรี
96	12086	บริษัทเทพประทานการแร่จำกัด	ตำบลปากแพรก อำเภอเมือง จ.กาญจนบุรี
97	12844	บริษัทเทพศิลากาญจน์จำกัด	ตำบลปากแพรก อำเภออ.เมือง จ.กาญจนบุรี
98	14277	บริษัทพี.แอล.เอส โดโลไลม์จำกัด	ตำบลวังด้ง อำเภอเมือง จ.กาญจนบุรี

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
99	16469	ห้างหุ้นส่วนจำกัด แพร่โดโลไมด์	66/1 ถ.ยันตรกิจโกศล แม่ดำปิง เมือง จ.แพร่
100	13516	ห้างหุ้นส่วนจำกัด แสงจันทร์โดโลไมท์	102/1 ม.12 ตำบลท่าศาลา อำเภอท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช
101	14977	ห้างหุ้นส่วนจำกัดกาญจนบุรี-โดโลไมต์	18/2 ม.1 ตำบลเขาน้อย อำเภอท่าม่วง จ.กาญจนบุรี โทร.034655372
102	12785	ห้างหุ้นส่วนจำกัดกาญจนบุรี-อมรชัย	97/2 ม.2 ตำบลท่าล้อ อำเภอท่าม่วง จ.กาญจนบุรี โทร.01-9816130
103	16072	ห้างหุ้นส่วนจำกัดเกษตร์ชัย	ม.2 ต.ทุ่งทอง อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี โทร.01-9954391
104	12816	ห้างหุ้นส่วนจำกัดศิลาเขาน้อย	ตำบลเขาน้อย อำเภอท่าม่วง จ.กาญจนบุรี
105	16072	ห้างหุ้นส่วนจำกัดอ.เกษตรชัย	ม.6 ตำบลทุ่งทอง อำเภอท่าม่วง จ.กาญจนบุรี
106	13940	ห้างหุ้นส่วนจำกัดอมรชัยขนส่ง	ตำบลเขาน้อย อำเภอท่าม่วง จ.กาญจนบุรี
107	17533	บริษัท บี.คอม อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	155 ม.11 บ้านโคกสำราญ ต.น้ำร้อน อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์
108	16650	บริษัทสยามสตีล มิลล์ เซอร์วิสเซสจำกัด	49 ม.11 ถ.พัฒนพงศ์ ตำบลบางโขมด อำเภอบ้านหมอ จ.สระบุรี
109	13547	บริษัทตะกั่วคอนเซนเตรสส์ (ประเทศไทย)จำกัด	ตำบลชะแล อำเภอทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี
110	16893	บริษัท จัมโบ้ เจ็ตตี้ จำกัด	96/3 ม.5 ถ.บ่อโพงท่าเรือ ต.บ่อโพง อ.นครหลวง จ.พระนครศรีอยุธยา โทร. 02-872-3014-5,035-724116
111	16893	บริษัท อินโดรามาเคมีคอลส์ (ประเทศไทย) จำกัด	ม.1 ถ.อดิเรกสาร สองคอม แก่งคอย จ.สระบุรี

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
112	15707	บริษัทแหลมทองลิกไนท์จำกัด	ม.10 บ้านโจ้โก้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จ.เชียงราย
113	11444	นายเจ็ก รัตนวิตร	13/1 ม.2 ถ.สามใบซาก ตำบลซากพง อำเภอแกลง จ.ระยอง
114	15738	นายณรงค์ แจ่มใส	ม.2 ตำบลซากพง อำเภอแกลง จ.ระยอง
115	17533	นายนิธินันท์ งามสนอง	ม.4 ต.คลองกิ่ว อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี
116	11689	นายวิรัตน์ ธนาบริบูรณ์	29/2 ม.3 ตำบลซากพง อำเภอแกลง จ.ระยอง
117	17199	บริษัท ดินทราย จำกัด	ต.มากข่า กิ่งอ.นิคมพัฒนา จ.ระยอง
118	16803	บริษัท เขาไผ่ทรายอุตสาหกรรม จำกัด	ต.ทับมา อ.เมือง จ.ระยอง
119	14277	บริษัท ซิลิก้า แซนด์ เทคโนโลยี จำกัด	1/2 ม.3 ตำบลกะเฉด อำเภอแกลง จ.ระยอง
120	15008	บริษัท ตะวันออกพัฒนา จำกัด	ม.3 ต.ซากพง อ.แกลง จ.ระยอง
121	15036	บริษัท ตะวันออกพัฒนา จำกัด	ม.1 ต.ซากพง อ. แกลง จ.ระยอง
122	16072	บริษัท ตะวันออกพัฒนา จำกัด	ม.1 ต.ซากพง อ.แกลง จ.ระยอง
123	16438	บริษัท ไทยจินจง ซิลิก้าแซนด์ จำกัด	28/3 ม.5 ถ.พระราม 2 ต.แพรกหนามแดง อ.อัมพวา จ.สมุทรสงคราม
124	14611	บริษัท ธรรมชาติทรายแก้ว จำกัด	1/2 ถ.บ้านบึงแกลง ม.1ต.ทางเกวียน อ.แกลง จ.ระยอง
125	14702	บริษัท ธรรมชาติสินทรัพย์ จำกัด	10/9 ม.1 ต.ทางเกวียน อ.แกลง จ.ระยอง
126	17899	บริษัท เบญจณีคัมพานี จำกัด	ม.12 ต.ตะพง อ.เมือง จ.ระยอง
127	15707	บริษัท เบญจณีคัมพานี จำกัด	57/1 ม.12 ต.ตะพง อ.เมือง จ.ระยอง
128	14977	บริษัท ระยองซิลิก้าอินดัสทรี จำกัด	56/6 ม.4 ต.เชิงเนิน อ.เมือง จ.ระยอง โทร.038-611286,613109

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
129	16438	บริษัท โอเชียนกลาส จำกัด (มหาชน)	365 ม.4 นิคมอุตสาหกรรมซอย 8 ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง จ. สมุทรปราการ
130	14977	บริษัทตะวันออกพัฒนาจำกัด	65/6 ม.8 ตำบลหมอนนาง อำเภอพนัสนิคม จ.ชลบุรี
131	15373	บริษัทระยองอินเตอร์เนชันแนล แซนด์ซัพพลายจำกัด	ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา
132	13881	ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรุงเกษม	65 ม.3 ถ.เพกร่ำ ตำบลซากพง อำเภอแกลง จ.ระยอง
133	17168	ห้างหุ้นส่วนจำกัด โกมลประนอมบริการ	56 ถ.สุขุมวิท ม.9 ต.ตะพง อ.เมือง จ. ระยอง
134	11324	ห้างหุ้นส่วนจำกัด เจียฮะฮวด	ถ.สายบ้านแลง ม.1 ต.เชิงเนิน อ.เมือง จ.ระยอง
135	14732	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ระยองทรัพย์ทรายขนส่ง	28/1 ถ.บายพาสบางนาตราด ตำบลเชิงเนิน อำเภอเมือง จ.ระยอง
136	13516	ห้างหุ้นส่วนจำกัด อนันต์ชล	43 ม.2 ตำบลรำพัน อำเภอท่าใหม่ จ. จันทบุรี
137	16072	บริษัท คอมพาวด์เคลย์ จำกัด	99/1 ม.2 ถ.สายเอเซีย(กม.122) ตำบลบ้านหม้อ อำเภอพรหมบุรี จ.สิงห์บุรี
138	15036	นายดำรงค์ กรเพ็ชร	86 ม.2 ถ.เศรษฐกิจ 1 ต.คลองมะเดื่อ อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร
139	16072	องค์การบริหารส่วนจังหวัด พิจิตร	ม.11 ตำบลเขาเจ็ดลูก อำเภอทับคล้อ จ.พิจิตร
140	14277	บริษัท หล่อวัฒนา จำกัด	ม.4 งิ้วงาม เมือง จ.อุตรดิตถ์
141	15036	บริษัท เอ็ม. อาร์.ดี อี.ซี.ซี. จำกัด	ม.5 ต.แม่ก๊ัวะ อ.สบปราบ จ.ลำปาง
142	17199	บริษัท ซิเบลโก้ มิเนอร์รัลส์(ประเทศไทย) จำกัด	148 ม.3 บ้านปงกา ต.แม่ก๊ัวะ อ.สบปราบ จ.ลำปาง

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
143	17564	ห้างหุ้นส่วนจำกัด อภิโชค	339 ม.9 ถนนลำปางแม่ทะ ตำบลชมพู อำเภอเมือง จ.ลำปาง
144	16469	บริษัท พี แอนด์ เอสแบไรต์ไมนิ่ง จำกัด	1701/45 ลาดยาว บางเขน กทม. โทร. 0293965923 จ.เลย โทร.042-854300
145	14977	บริษัท หาดใหญ่แบไรต์ จำกัด	ม.1 ตำบลชิงโค อำเภอสิงหนคร จ. สงขลา
146	13547	ห้างหุ้นส่วนจำกัด เลขวิสุทธิ์	75 ม.6 ตำบลนาอาน อำเภอเมือง จ. เลย โทร.042-811707
147	12540	บริษัทเอเซี่ยนมิเนอรัลรีซอสเซสจำกัด	ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเมือง จ. สระบุรี
148	16558	บริษัทไทย-เยอร์มัน ร็อคซอลท์ จำกัด	42/5 ม.1 ถ.พหลโยธิน ตำบลเขาดินพัฒนา อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ. สระบุรี
149	16803	บริษัท ซินซนะอินดัสทรีส์(ไทยแลนด์)จำกัด	321/1 ม.2 โคกตูม เมือง 019089594 จ.ลพบุรี
150	18019	บริษัท ปฐมวัฒน์พานิชย์การแร่ จำกัด	12 ม.9 ต.เขาวง อ.พระพุทธบาท จ. สระบุรี
151	16681	บริษัทเค.บี.เค.เกษตรภัณฑ์จำกัด	87 ม.8 ตำบลสร่างโศก อำเภอบ้านหมอ จ.สระบุรี
152	16954	บริษัท เทอรัซโซ่ ซัพพลาย จำกัด	15/2 ม.6 พุแค เฉลิมพระเกียรติ จ. สระบุรี
153	16497	บริษัทศิลาเลิศจิตจำกัด	357 ม.5 ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
154	16862	ห้างหุ้นส่วนจำกัด โกวิทปูนขาว	ม.8 ถ.พหลโยธิน หน้าพระลาน เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
155	11018	บริษัท ไทยแลด์แบไรต์ จำกัด	172 ม.2 ต.ท่าศาลา อ.ท่าศาลา จ. นครศรีธรรมราช

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
156	16984	บริษัท ผลิตภัณฑ์หินเกล็ดไทย จำกัด	227 ม.7 ถ.เทศบาล 11 หน้าพระลาน เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
157	12816	บริษัทพีแอนด์เอส แบไรต์ไมนิ่ง จำกัด	218 ม.2 ถ.พหลโยธิน ตำบลหนองบัวใต้ อำเภอเมือง จ.ตาก
158	46997	ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงโม่หินเจียรนัย	ม.1 ตำบลหนองกระโดน อำเภอเมือง จ.นครสวรรค์
159	16862	บริษัท เซอรามินาส(ประเทศไทย) จำกัด	ม.3 ต.พระแก้ว อ.ภาชี จ. พระนครศรีอยุธยา โทร.01 498 5208
160	15342	บริษัทไทยทริดิไมท์จำกัด	ตำบลสองคอน อำเภอแก่งคอย จ. สระบุรี
161	17899	นายอรทัย โชติอ่อน	73 ม.6 ถ.ท่าเรือวังแดง ต.ท่าเจ้าสนุก อ.ท่าเรือ จ.พระนครศรีอยุธยา โทร.02-574 4826
162	16923	นายชำนาญ ตันกูล	657 ม.1 ถ.บ้านนาแก่งคอย ชะอม แก่งคอย จ.สระบุรี
163	14977	บริษัทเอส.เค.ธรณินจำกัด	ตำบลตลาดน้อย อำเภอบ้านหมอ จ. สระบุรี
164	14642	บริษัท อนันต์ส่งเสริมเกษตรกรรม จำกัด	ถ.พุทธมณฑลสาย 4 ตำบล อำเภอ สามพราน จ.นครปฐม
165	16346	บริษัทศิลาทิพย์สระบุรีจำกัด	ม.1 ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
166	16589	บริษัทดี ซี พี ไทยแลนด์จำกัด	117 ม.3 ถ.พหลโยธิน ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
167	16072	บริษัทไพโดฟอส นทพรม จำกัด	139/2 ม.3 ถ.ชูชาติ รังสิต เมือง จ. ปทุมธานี
168	16132	ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอกทวีคูณ	ม.6 ตำบลพุแค อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
169	16163	บริษัทกรุงเทพแต่งแร่จำกัด	ม.7 ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
170	47058	ห้างหุ้นส่วนจำกัด มณฑล 4	ถ.พุทธมณฑลสาย 4 ตำบล อำเภอสามพราน จ.นครปฐม
171	17533	นายเอนก อริยสิทธิ์	106 ม.2 ต.เบิกไพร อ.จอมบึง จ.ราชบุรี
172	17930	บริษัท อนันต์ส่งเสริมเกษตรกรรม จำกัด	30 ม.6 ถ.พุทธมณฑลสาย 4 ต.ทับหลวง อ.สามพราน จ.นครปฐม
173	16438	บริษัท เหรียญทองเคมีคอล จำกัด	9/2 ม.3 ถ.เลียบคลองเจ็ด ตำบลบึงคำพร้อย อำเภอลำลูกกา จ.ปทุมธานี
174	11749	ห้างหุ้นส่วนจำกัดพรหมเจริญทรัพย์	ม.6 ถ.ติวานนท์ ตำบล อำเภอปากเกร็ด จ.นนทบุรี
175	15250	นายพินิต เครือชัยพินิต	167 ม.6 ตำบลชมพู อำเภอเมือง จ.ลำปาง
176	16803	บริษัท เซอมาส จำกัด	ถ.พหลโยธิน ไม้งาม เมือง จ.ตาก
177	10990	บริษัท เอเชียเหมืองแร่อุตสาหกรรม จำกัด	ม.2 ต.ท่าศาลา อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช
178	12055	บริษัท เอเชียเหมืองแร่อุตสาหกรรม จำกัด	ม.11 ต.ท่าศาลา อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช
179	16803	บริษัท เอเชียเหมืองแร่อุตสาหกรรม จำกัด	ม.3 ต.ท่าศาลา อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช โทร.075-521 440
180	14277	บริษัทพิพัฒน์กรจำกัด	ม.9 ถ.สายตากวังประจบ ตำบลวังประจบ อำเภอเมือง จ.ตาก
181	13881	บริษัทพิพัฒน์กรจำกัด	ม.2 ตำบลท่าขึ้น อำเภอท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช
182	15342	บริษัท อรรฐนีอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	162 ม.3 เชียงของ เมือง จ.ตาก
183	17168	บริษัท กิติกร มิเนอร์รัลส์ จำกัด	199 ม.8 ต.ทุ่งหลวง อ.ปากท่อ จ.

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
			ราชบุรี
184	14246	บริษัท ธนวัฒน์การแร่ จำกัด	ตำบลทับหลวง อำเภอเมือง จ. นครปฐม
185	14277	บริษัท ปฐมวัฒน์พานิชย์การแร่ จำกัด	102 ม.7 ต.หนองกบ อ.บ้านโป่ง จ. ราชบุรี
186	15373	บริษัทคอมพาวด์เคลย์จำกัด	30/2 ตำบลบางชัน อำเภอมีนบุรี จ. กรุงเทพมหานคร
187	16072	บริษัทสปาร์ติก แซนด์จำกัด	45 ม.15 ตำบลหนองแซง อำเภอหันคา จ.ชัยนาท
188	15707	ห้างหุ้นส่วนจำกัด สินแร่เจริญผล	28/3 ม.11 ต.ท่าศาลา อ.ท่าศาลา จ. นครศรีธรรมราช
189	16072	บริษัท เคลย์แอนด์มิเนอรัลส์ จำกัด	ตำบลดอนตูม อำเภอบางเลน จ. นครปฐม
190	16072	บริษัท ซิเบลโก้มิลเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด	27 ม.4 ถ.ดอนตูมบางเลน ต.ดอนตูน อ.บางเลน จ.นครปฐม
191	17899	บริษัท ซิเบลโก้มิลเนอร์รัลส์ (ประเทศไทย) จำกัด	27 ม.4 ถ.ดอนตูมบางเลน ต.ดอนตูน อ.บางเลน จ.นครปฐม
192	16469	บริษัท เทพประทานการแร่ จำกัด	ตำบลพระประโทน อำเภอเมือง จ. นครปฐม
193	17168	บริษัท สินหลวง จำกัด	43 ม.7 ต.นบพิตำ กิ่งอ.นบพิตำ จ. นครศรีธรรมราช โทร.075-307 311
194	16438	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ปฐมวัฒน์โลหกิจ	ตำบลวังตะภู อำเภอเมือง จ.นครปฐม
195	17899	นายจุมพล ผดุงศิลป์	266 ม.3 ต.ช่างเคิ่ง อ.แม่แจ่ง จ. เชียงใหม่
196	16072	บริษัท วิริยะอุตสาหกรรม จำกัด	74 อาคาร 3 ราชดำเนิน กทม. โทร. 027578365 ,042821908 จ.เลย

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
197	17533	บริษัท เอส. เค. ดี อิมปอร์ต เอ็กปอร์ต จำกัด	ม. 1 ต.ท้องฟ้า อ.บ้านตาก จ.ตาก
198	17685	นายกู้กียรติ ชัยกุล	29 ม.9 ต.วังงิ้ว กิ่งอ.ดงเจริญ จ.พิจิตร
199	17654	นายขวัญชัย เนื่องเศวก	ม.9 ต.วังงิ้ว กิ่งอ.ดงเจริญ จ.พิจิตร
200	17564	บริษัท แก้วประภายิบซั่ม พลาสเตอร์ จำกัด	13 ม.7 ต.วังงิว กิ่งอ.ดงเจริญ จ.พิจิตร
201	18019	บริษัท ดรากอนยิปซั่มปลาสเตอร์โปรดักส์ จำกัด	39/6 ม.2 ทางหลวงสาย 225 ต.ห้วยถั่วเหนือ อ.หนองบัว จ.นครสวรรค์
202	17624	บริษัท ทรัพย์พัฒนา จำกัด	202 ม.7 ต.วังงิ้ว กิ่งอ.ดงเจริญ จ.พิจิตร
203	16103	บริษัท ทุ่งทองเหมืองแร่ จำกัด	57 ม.9 ตำบลว่างิ้ว อำเภอดงเจริญ จ.พิจิตร
204	17899	บริษัท ไทยผลิตภัณฑ์ยิบซั่ม จำกัด	27 ม.1 ต.บางกระสั้น อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา 13160
205	17564	บริษัท ไทยผลิตภัณฑ์ยิบซั่ม จำกัด (มหาชน)	38/10 ม.5(นิคมอุตฯ) ถนนสุขุมวิท ต.ทุ่งศุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี โทร.02-640 8600
206	17533	บริษัท ไทยพลาสเตอร์อินดัสตรี จำกัด	276/4 ถนนบ้านเขาพระ ม. 7 ต.เขาทราย อ.ทับคล้อ จ.พิจิตร
207	13150	บริษัท วานิชยิปซั่ม จำกัด	202/6 ม.1 ถ.นาสารบ้านส้อง คลองปราบ บ้านนาสาร จ.สุราษฎร์ธานี
208	17958	บริษัท เอเชี่ยน ผลิตภัณฑ์ยิปซั่ม จำกัด	9 ม.10 ถ.ทางหลวงสาย 11 (ตากฟ้า เขาทราย) ต.หนองกลับ อ.หนองบัว จ.นครสวรรค์ โทร.06 591 6129
209	12451	บริษัทโชคพนา(2512)จำกัด	ม.4 ตำบลทุ่งใหญ่ อำเภอทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช
210	15766	บริษัททุ่งใหญ่ยิปซั่ม อินดัสตรีจำกัด	ตำบลถ้ำพรรณรา อำเภอถ้ำพรรณรา จ.นครศรีธรรมราช

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
211	12451	บริษัทแร่สัมพันธ์จำกัด	ม.6 ถ.สิชลสุราษฎร์ฯ ตำบลควรทอง อำเภอขนอม จ.นครศรีธรรมราช
212	14277	บริษัทวานิชยิปซั่มจำกัด	ม.9 ตำบลไม้เรียง อำเภอฉวาง จ. นครศรีธรรมราช
213	16193	บริษัทสยามโมลดิ้งพลาสเตอร์ จำกัด	ม.7 ตำบลหนองปลิง อำเภอหนองแค จ.สระบุรี
214	17593	หจก. พิจิตรพูลทรัพย์	19 ม.7 ต.วังงิ้ว กิ่งอ.ดงเจริญ จ.พิจิตร
215	17168	หจก. เอ็น.เค.วี. ยิบซั่มพลาสเตอร์	5 ม.17 ต.หนองพระ อ.วังทรายพูน จ. พิจิตร
216	14611	ห้างหุ้นส่วนจำกัด วิวิไมนิ่ง	ม.7 คลองปราบ บ้านนาสาร จ.สุ ราษฎร์ธานี
217	17533	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ศิลาชัยสุราษฎร์	ม.7 ถ.ตะกั่วป่าสุราษฎร์ ตำบลบ้าน ทำเนียบ อำเภอคีรีรัฐนิคม จ.สุราษฎร์ ธานี
218	17593	บริษัท แร่มงคล จำกัด	ม.3 ต.บ้านส่อง อ.เวียงสระ จ.สุราษฎร์ ธานี
219	17624	บริษัท แร่สัมพันธ์ จำกัด	ม.3 ต.ลำพูน อ.บ้านาสาร จ.สุราษฎร์ ธานี
220	17899	บริษัท เอสดีเค กรุ๊ป จำกัด	52 ม.7 ต.วังงิ้ว กิ่งอ.ดงเจริญ จ.พิจิตร
221	17168	หจก. พี.โอ.เอส. ไมนิ่ง	ม.1 ต.คลองปราบ อ.บ้านนาสาร จ.สุ ราษฎร์ธานี
222	16072	นายชาตรี นำไพศาล	91/4 ถ.ซุปเปอร์ไฮเวย์สายแพร่น่าน ตำบลนาจักร์ อำเภอเมือง จ.แพร่
223	16072	บริษัท เอส.เอ.พี.เหมืองแร่ จำกัด	ม.3 นาพูน วังชิ้น จ.แพร่
224	15342	บริษัทบ่อพลอยเจริญรัตน์จำกัด	ตำบลช่องด่าน อำเภอบ่อพลอย จ. กาญจนบุรี

ที่	เลขที่	ชื่อผู้ประกอบการ	ที่อยู่
225	14062	บริษัทบ่อพลอยเจริญรัตน์จำกัด	ม.2 ตำบลช่องด่าน อำเภอบ่อพลอย จ.กาญจนบุรี โทร.034-628184-5
226	15432	บริษัทพลอยกาญจน์จำกัด	ตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อพลอย จ.กาญจนบุรี
227	13912	บริษัทพี.ดี.เหมืองแร่และอัญมณีจำกัด	ม.1 ตำบลช่องด่าน อำเภอบ่อพลอย จ.กาญจนบุรี โทร.034-581245
228	15373	บริษัทเอส.เอ็ม.แซฟไฟร์จำกัด	ตำบลบ่อพลอย อำเภอบ่อพลอย จ.กาญจนบุรี
229	16803	บริษัท เคียนฮวดอุตสาหกรรม จำกัด	116 ม.7 ถ.หน้าพระลานบ้านครัว หน้าพระลาน เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี
230	16438	บริษัท แพนด์นครหลวง จำกัด	78 ม.6 ตำบลนครหลวง อำเภอนครหลวง จ.พระนครศรีอยุธยา โทร.035-359 688
231	16834	บริษัท แพนด์นครหลวง จำกัด	78/2 ถ.นครหลวงอรัญญิก ตำบลนครหลวง อำเภอนครหลวง จ.พระนครศรีอยุธยา โทร.035-359 688
232	17533	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	ม.6 ต.แม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง
233	17899	นางสาวพรพรรณ ปัญญามณีกุล	ม.2 ต.ลาดกระทิง อ.สนามชัยเขต จ.ฉะเชิงเทรา
234	17989	บริษัท ดี ที อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	ม.4 หมู่บ้านหนองตาราม ต.หนองโพ อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์
235	16803	บริษัท ทาลิน จำกัด	238/1 ม.1 ถ.เลยเชียงคาน ต.ศรีสองรัก อ.เมือง จ.เลย

ที่มา: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, http://eco-town.dpim.go.th/article/detail.php?id=148.

ภาคผนวก ฐ1-6

ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์

ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW

ภาคผนวก ฐ1. ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW

Finance GDP 1%	Reactor 10 MW (หน่วย: ล้านบาท)		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
				Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Primary Benefit (revenue)																													
#1 Based on GDP																													
(GDP Growth = 1%)	ด้านการแพทย์ (28.6%)		970.72							1193.86	1205.80	1217.86	1230.03	1242.33	1254.76	1267.31	1279.98	1292.78	1305.71	1318.76	1331.95	1345.27	1358.72	1372.31	1386.03	1399.89	1413.89	1428.03	1442.31
	ด้านการเกษตร (11.4%)		386.93							475.87	480.63	485.44	490.29	495.20	500.15	505.15	510.20	515.30	520.46	525.66	530.92	536.23	541.59	547.00	552.47	558.00	563.58	569.22	574.91
	ด้านอุตสาหกรรม (15.8%)		536.27							659.54	666.14	672.80	679.53	686.32	693.19	700.12	707.12	714.19	721.33	728.55	735.83	743.19	750.62	758.13	765.71	773.37	781.10	788.91	796.80
	ด้านวิจัยและวิชาการ (14.1%)		478.57							588.58	594.47	600.41	606.42	612.48	618.60	624.79	631.04	637.35	643.72	650.16	656.66	663.23	669.86	676.56	683.32	690.16	697.06	704.03	711.07
	รายได้รวม		**2372.49**							**2917.86**	**2947.04**	**2976.51**	**3006.27**	**3036.34**	**3066.70**	**3097.37**	**3128.34**	**3159.62**	**3191.22**	**3223.13**	**3255.36**	**3287.92**	**3320.80**	**3354.00**	**3387.54**	**3421.42**	**3455.63**	**3490.19**	**3525.09**
#2 Based on Demand Forecast																													
Benefit	**ด้านการแพทย์**									478.93	478.93	478.93	478.93	478.93	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86
	- ไอโซโทปรังสี I-131									21.98	21.98	21.98	21.98	21.98	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96
	- ไอโซโทปรังสี Tc-99m									456.95	456.95	456.95	456.95	456.95	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90
	ด้านการเกษตร									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ด้านอุตสาหกรรม									781.79	783.89	786.00	788.10	790.21	793.10	795.21	797.31	799.42	801.52	803.63	805.73	807.84	809.94	812.05	814.15	816.26	818.36	820.47	822.58
	-อาร์กอนที่ฉีดูแล้ว									80.00	82.11	84.21	86.32	88.42	90.53	92.63	94.74	96.84	98.95	101.05	103.16	105.26	107.37	109.47	111.58	113.68	115.79	117.89	120.00
	- ไอโซโทปรังสี Ir-192									0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
	- สารโคบอลท์กัมมันตรังสี									700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
	- อื่นๆ									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	ด้านวิจัยและวิชาการ									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	รายได้รวม									1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
Social Benefit	**ด้านเศรษฐกิจสังคม**									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การลดการใช้น้ำยาเคมีบำบัด									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- เพิ่มมูลค่าการส่งออก									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การปรับปรุงพันธุ์พืช									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- โคโลซาน									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- ประโยชน์จากการใช้แล้วงานวิจัย									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การใช้ประโยชน์จากที่ดินพื้นฟู									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การลดการบำบำไอโซโทปรังสีทางการแพทย์									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	รายได้รวมด้านเศรษฐกิจสังคม									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Benefit	**#1 Based on GDP**									2917.86	2947.04	2976.51	3006.27	3036.34	3066.70	3097.37	3128.34	3159.62	3191.22	3223.13	3255.36	3287.92	3320.80	3354.00	3387.54	3421.42	3455.63	3490.19	3525.09
	#2 Based on Demand Forecast									1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
Investment and Operating Cost																													
Initial Investment	**Nuclear Research Reactor (Including Training, Installation)**																												
	Launching			88.92																									
	Preliminary Engineering			280.80																									
	Detail Engineering				351.00	351.00																							
	Construction of buildings					390.00	390.00	390.00																					
	Manufacturing and supply					452.40	452.40	452.40																					
	Installation						234.00	234.00																					
	Preoperational testing							154.44																					
	Commissioning								60.84																				
	Project management			397.80																									
	Isotope Instrument			1260.00																									
	ที่ดิน			5.40																									
	Facilities			57.50																									
	Gross			**2090.42**	**351.00**	**1193.40**	**1076.40**	**1230.84**	**60.84**																				
Operating Expenses	Salary								1.248	7.38	7.83	8.30	8.79	9.32	9.88	10.47	11.10	11.77	12.47	13.22	14.01	14.86	15.75	16.69	17.69	18.76	19.88	21.07	22.34
	Maintenance									0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	15.00
	อื่นๆ/ภาษี									2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	ประชาสัมพันธ์									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	การลงทุนเพิ่ม																												
	ระบบระบายความร้อนปฐมภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			39.50									
	ระบบระบายความร้อนทุติยภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			44.50									
	ระบบกักษาคุณภาพน้ำ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			127.60									
	ระบบเฉีดน้ำกรดฉุกเฉิน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			2.40									
	ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบท่อ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบแผ่น(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			41.00									
	หอระบายความร้อน 800 ตัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			105.50									
	ระบบอากาศด้วยห้องผ่อนคลาย(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			85.00									
	ระบบเครื่องกำจัดคลอรีน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	ระบบกักษาคุณภาพของน้ำในอ่อเก็บเชื้อเพลิง(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	รถยก(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			38.10									
	คอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง (อายุการใช้งาน 5 ปี)														7.30					8.03					8.83				
	เครื่องใช้งานสำนักงานแบบหลายช่อง(MCA)(อายุการใช้งาน 5 ปี)														67.40					74.14					81.55				
	เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ(อายุการใช้งาน 5 ปี)									14.70	0.50	2.70	39.60		16.17	0.55	2.97	43.56	0.00	17.79	0.61	3.27	47.92	0.00	19.57	0.67	3.59	52.71	0.00
	รวมมูลค่าการลงทุนเพิ่ม									14.70	0.50	2.70	39.60	0.00	90.87	0.55	2.97	43.56	0.00	615.06	0.61	3.27	47.92	0.00	109.95	0.67	3.59	52.71	0.00
	ค่าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์									53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00	61.00	62.00	63.00	64.00	65.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	72.00
	ค่าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์									16.08	16.24	16.40	16.57	16.73	16.90	17.07	17.24	17.41	17.59	17.76	17.94	18.12	18.30	18.48	18.67	18.86	19.04	19.23	19.43
	ค่าสาธารณูปโภคและรักษาความปลอดภัย									1.50	1.52	1.53	1.55	1.56	1.58	1.59	1.61	1.62	1.64	1.66	1.67	1.69	1.71	1.72	1.74	1.76	1.78	1.79	1.81
	ค่าขนส่งสารไอโซโทปรังสี									20.23	20.23	20.23	20.23	20.23	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46
	ต้นทุนในการผลิต I-131									0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	ต้นทุนในการผลิต Ir-192									280.38	280.38	280.38	280.38	280.38	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77
	ต้นทุนในการผลิต Mo-99									32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80
	วัสดุสิ้นเปลือง(งบประมาณประจำปี)									16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	ประกันภัย																												
ต้นทุนรวม	**ต้นทุนรวม**			2090.42	351.00	1193.40	1076.40	1230.84	60.84	460.09	433.31	444.36	519.84	442.34	931.76	752.89	759.55	847.58	762.36	1979.41	757.50	764.86	856.25	767.56	989.67	773.36	786.55	887.18	784.24
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
				Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Net Benefit	**#1 Based on GDP**			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	2457.77	2513.73	2532.15	2486.44	2593.99	2134.94	2344.47	2368.79	2312.04	2428.86	1243.72	2497.86	2523.06	2464.55	2586.44	2397.88	2648.06	2669.09	2603.01	2740.86
	#2 Based on Demand Forecast			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	800.63	829.51	820.57	747.20	826.80	819.21	1000.18	995.63	909.70	997.03	-217.92	1006.10	1000.84	911.56	1002.35	782.35	1000.76	989.68	891.16	996.20
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 10%)*			-2090.42	-2409.51	-3395.79	-4204.51	-5045.19	-5082.96	-3695.62	-2405.68	-1224.41	-169.92	830.17	1578.46	2325.48	3011.63	3620.47	4201.92	4472.58	4966.77	5420.57	5823.54	6208.00	6532.03	6857.33	7155.41	7419.68	7672.65
(เริ่มคำนวณตั้งแต่ปีที่เริ่มลงทุน)	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)*			-2090.42	-2409.51	-3395.79	-4204.51	-5045.19	-5082.96	-4631.03	-4205.36	-3822.56	-3505.67	-3186.91	-2899.78	-2581.09	-2292.70	-2053.14	-1814.46	-1861.89	-1662.84	-1482.83	-1333.78	-1184.79	-1079.07	-956.13	-845.60	-755.13	-663.18
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 8%)			-2090.42	-2415.42	-3438.57	-4293.05	-5197.75	-5239.16	-3690.35	-2223.62	-855.57	388.26	1589.78	2505.42	3436.45	4307.45	5094.61	5860.28	6223.31	6898.41	7529.80	8100.87	8655.78	9132.13	9619.22	10073.81	10484.90	10884.51
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)			-2090.42	-2415.42	-3438.57	-4293.05	-5197.75	-5239.16	-4734.63	-4250.62	-3807.29	-3433.50	-3050.54	-2699.19	-2302.01	-1935.92	-1626.20	-1311.90	-1375.51	-1103.59	-853.13	-641.91	-426.86	-271.44	-87.36	81.20	221.73	367.20
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 12%)			-2090.42	-2403.81	-3355.18	-4121.34	-4903.57	-4938.09	-3692.91	-2555.82	-1533.13	-636.50	198.70	812.44	1414.21	1957.08	2430.17	2873.91	3076.79	3440.59	3768.68	4054.83	4322.96	4544.91	4763.75	4960.70	5132.19	5293.42
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)			-2090.42	-2403.81	-3355.18	-4121.34	-4903.57	-4938.09	-4532.47	-4157.24	-3825.82	-3556.37	-3290.17	-3054.66	-2797.94	-2569.77	-2383.63	-2201.48	-2237.03	-2090.49	-1960.34	-1854.51	-1750.60	-1678.18	-1595.48	-1522.45	-1463.74	-1405.14
										Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 10%)	6 ปี		7672.65	20.9%	3.31																							
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)	มากกว่า 20 ปี		-663.18	8.6%	1.64																							
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 8%)	4 ปี 10 เดือน		10884.51		3.30																							
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)	มากกว่า 20 ปี		367.20		1.64																							
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 12%)	7 ปี 8 เดือน		5293.42		3.30																							
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)	มากกว่า 20 ปี		-1405.14		1.62																							

ภาคผนวก ฐ2. ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW

Finance GDP 3%	Reactor 10 MW (หน่วย: ล้านบาท)		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
				Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Primary Benefit (revenue)																													
#1 Based on GDP																													
(GDP Growth = 3%)	ด้านการแพทย์ (28.6%)		970.72							1193.86	1229.68	1266.57	1304.56	1343.70	1384.01	1425.53	1468.30	1512.35	1557.72	1604.45	1652.58	1702.16	1753.22	1805.82	1859.99	1915.79	1973.27	2032.47	2093.44
	ด้านการเกษตร (11.4%)		386.93							475.87	490.15	504.85	520.00	535.60	551.67	568.22	585.26	602.82	620.91	639.53	658.72	678.48	698.84	719.80	741.40	763.64	786.55	810.14	834.45
	ด้านอุตสาหกรรม (15.8%)		536.27							659.54	679.33	699.71	720.70	742.32	764.59	787.53	811.16	835.49	860.56	886.37	912.96	940.35	968.56	997.62	1027.55	1058.38	1090.13	1122.83	1156.52
	ด้านวิจัยและวิชาการ (14.1%)		478.57							566.58	606.24	624.43	643.16	662.45	682.33	702.80	723.88	745.60	767.96	791.00	814.73	839.18	864.35	890.28	916.99	944.50	972.83	1002.02	1032.08
	รายได้รวม		**2372.49**							**2917.86**	**3005.39**	**3095.56**	**3188.42**	**3284.08**	**3382.60**	**3484.08**	**3588.60**	**3696.26**	**3807.14**	**3921.36**	**4039.00**	**4160.17**	**4284.97**	**4413.52**	**4545.93**	**4682.31**	**4822.78**	**4967.46**	**5116.48**
#2 Based on Demand Forecast																													
Benefit	**ด้านการแพทย์**									478.93	478.93	478.93	478.93	478.93	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86
	- ไอโอไรท์ฟังสี I-131									21.96	21.98	21.98	21.96	21.98	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96
	- ไอโอไรท์ฟังสี Tc-99m									456.95	456.95	456.95	456.95	456.95	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90
	ด้านการเกษตร									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ด้านอุตสาหกรรม									781.79	783.89	786.00	788.10	790.21	793.10	795.21	797.31	799.42	801.52	803.63	805.73	807.84	809.94	812.05	814.15	816.26	818.36	820.47	822.58
	- อาร์กอนสัญญาณี									80.00	82.11	84.21	86.32	88.42	90.53	92.63	94.74	96.84	98.95	101.05	103.16	105.26	107.37	109.47	111.58	113.68	115.79	117.89	120.00
	- ไอโอไรท์ฟังสี Ir-192									0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
	- การไฟฟ้าการกังหันน้ำ									700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
	- อื่นๆ									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	ด้านวิจัยและวิชาการ									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	รายได้รวม									1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
Social Benefit	**ด้านเศรษฐกิจสังคม**									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การลดการใช้จ่ายภาครัฐ									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- เพิ่มมูลค่าการส่งออก									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การปรับปรุงพันธุ์พืช									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- โคโลชาน									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- ประโยชน์จากการใช้แสงงานวิจัย									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การใช้ประโยชน์จากที่ดินเพิ่มขึ้น									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การลดการนำเข้าไอโอไรท์ฟังสีทางการแพทย์									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	รายได้รวมด้านเศรษฐกิจสังคม									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Benefit	**#1 Based on GDP**									2917.86	3005.39	3095.56	3188.42	3284.08	3382.60	3484.08	3588.60	3696.26	3807.14	3921.36	4039.00	4160.17	4284.97	4413.52	4545.93	4682.31	4822.78	4967.46	5116.48
	#2 Based on Demand Forecast									1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
Investment and Operating Cost																													
Intial Investment	**Nuclear Research Reactor (Including Training, Installation)**																												
	Launching			88.92																									
	Preliminary Engineering			280.80																									
	Detail Engineering				351.00	351.00																							
	Construction of buildings					390.00	390.00	390.00																					
	Manufacturing and supply					452.40	452.40	452.40																					
	Installation						234.00	234.00																					
	Preoperational testing							154.44																					
	Commissioning								60.84																				
	Project management			397.80																									
	Isotope Instrument			1260.00																									
	ที่ดิน			5.40																									
	Facilities			57.50																									
	Gross			**2090.42**	**351.00**	**1193.40**	**1076.40**	**1230.84**	**60.84**																				
				4851.07																									
Operating Expenses	Salary								1.248	7.38	7.83	8.30	8.79	9.32	9.88	10.47	11.10	11.77	12.47	13.22	14.01	14.86	15.75	16.69	17.69	18.76	19.88	21.07	22.34
	Maintenance									0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	15.00
	ยีกลบรม									2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	ประกันภัยพืช									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	การลงทุนเพิ่ม																												
	รบบระบายความร้อนปฐมภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			39.50									
	รบบระบายความร้อนทุติยภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			44.50									
	รบบบำบัดคุณภาพน้ำ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			127.60									
	รบบบดักจับกากรังสีอุกเฉิน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			2.40									
	บูดแลกถ่ายความร้อนแบบหล่(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	บูดแลกถ่ายความร้อนแบบแผ่น(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			41.00									
	หอระบายความร้อน 800 ตัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			105.50									
	รบบอาบสารตัวอย่างด้วยลม(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			85.00									
	รบบเครื่องกำจัดละอองน้ำ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	รบบบำบัดคุณภาพของน้ำในบ่อเก็บเชื้อเพลิง(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	รถยก(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			38.10									
	คอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง (อายุการใช้งาน 5 ปี)														7.30					8.03						8.83			
	เครื่องวัดรังสีแกมมาแบบหลายช่อง(MCA)(อายุการใช้งาน 5 ปี)														67.40					74.14						81.55			
	เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ(อายุการใช้งาน 5 ปี)									14.70	0.50	2.70	39.60		16.17	0.55	2.97	43.56	0.00	17.79	0.61	3.27	47.92	0.00	19.57	0.67	3.59	52.71	0.00
	รวมมูลค่าการลงทุนเพิ่ม									14.70	0.50	2.70	39.60	0.00	90.87	0.55	2.97	43.56	0.00	615.06	0.61	3.27	47.92	0.00	109.95	0.67	3.59	52.71	0.00
	ค่าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์									53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00	61.00	62.00	63.00	64.00	65.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	72.00
	ค่าสาธารณูปโภคและรักษาความปลอดภัย									16.08	16.56	17.06	17.57	18.10	18.64	19.20	19.78	20.37	20.98	21.61	22.26	22.93	23.61	24.32	25.05	25.80	26.58	27.38	28.20
	ค่าขนส่งสารไอโอไรท์ฟังสี									1.50	1.55	1.59	1.64	1.69	1.74	1.79	1.84	1.90	1.96	2.02	2.08	2.14	2.20	2.27	2.34	2.41	2.48	2.55	2.63
	ต้นทุนในการผลิต I-131									20.23	20.23	20.23	20.23	20.23	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46
	ต้นทุนในการผลิต Ir-192									0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	ต้นทุนในการผลิต Mo-99									280.38	280.38	280.38	280.38	280.38	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77
	วัสดุสิ้นเปลือง(งบประมาณประจำปี)									32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80
	ประกันภัย									16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
ต้นทุนรวม	**ต้นทุนรวม**		-	2090.42	351.00	1193.40	1076.40	1230.84	60.84	460.09	433.66	445.08	520.93	443.84	933.66	755.22	762.32	850.82	766.07	1983.62	762.22	770.11	862.06	773.94	996.85	780.96	794.78	896.06	793.82
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
				Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Net Benefit	**#1 Based on GDP**			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	2457.77	2571.73	2650.48	2667.49	2840.24	2448.94	2728.85	2826.28	2845.44	3041.07	1937.74	3276.78	3390.05	3422.92	3639.58	3549.28	3901.35	4027.99	4071.38	4322.66
	#2 Based on Demand Forecast			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	800.63	829.16	819.85	746.10	825.30	817.30	997.85	992.85	906.46	993.31	-222.13	1001.38	995.59	905.75	995.97	775.37	993.17	981.44	882.26	986.61
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#1 Based on GDP(NPV 10%)*			-2090.42	-2409.51	-3395.79	-4204.51	-5045.19	-5082.96	-3695.62	-2375.91	-1139.45	-8.17	1086.87	1945.20	2814.70	3633.37	4382.67	5110.67	5532.38	6180.68	6790.41	7350.08	7891.08	8370.70	8849.96	9299.80	9713.15	10112.12
(โดยคำนวณตั้งแต่ปีที่เริ่มลงทุน)	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)*			-2090.42	-2409.51	-3395.79	-4204.51	-5045.19	-5082.96	-4631.03	-4205.54	-3823.07	-3506.65	-3188.46	-2902.00	-2584.06	-2296.46	-2057.76	-1819.97	-1868.31	-1670.20	-1491.13	-1343.04	-1194.99	-1090.21	-968.21	-858.60	-769.03	-677.97
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#1 Based on GDP(NPV 8%)			-2090.42	-2415.42	-3438.57	-4293.05	-5197.75	-5239.16	-3690.35	-2189.77	-757.80	576.61	1892.19	2942.50	4026.16	5065.38	6034.14	6992.82	7558.42	8444.03	9292.39	10085.52	10866.39	11571.47	12289.09	12975.12	13617.17	14248.36
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)			-2090.42	-2415.42	-3438.57	-4293.05	-5197.75	-5239.16	-4734.63	-4250.82	-3807.88	-3434.64	-3052.37	-2701.84	-2305.58	-1940.51	-1631.90	-1318.76	-1383.60	-1112.96	-863.82	-653.94	-440.26	-286.23	-103.54	63.61	202.74	346.81
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#1 Based on GDP(NPV 12%)			-2090.42	-2403.81	-3355.18	-4121.34	-4903.57	-4938.09	-3692.91	-2529.59	-1459.10	-497.18	417.30	1121.31	1821.74	2469.45	3051.69	3607.28	3923.37	4400.61	4841.45	5238.88	5616.18	5944.70	6267.12	6564.33	6832.57	7086.84
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)			-2090.42	-2403.81	-3355.18	-4121.34	-4903.57	-4938.09	-4532.47	-4157.40	-3826.27	-3557.22	-3291.49	-3056.54	-2800.41	-2572.88	-2387.40	-2205.92	-2242.16	-2096.31	-1966.85	-1861.68	-1758.43	-1686.67	-1604.59	-1532.17	-1474.05	-1416.01
										Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20

มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#1 Based on GDP(NPV 10%)	5 ปี 7 เดือน	10112.12	22.4%	3.80
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)	มากกว่า 20 ปี	-677.97	8.6%	1.64
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#1 Based on GDP(NPV 8%)	4 ปี 8 เดือน	14248.36		3.83
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)	มากกว่า 20 ปี	346.81		1.64
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#1 Based on GDP(NPV 12%)	6 ปี11 เดือน	7086.84		3.75
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี#2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)	มากกว่า 20 ปี	-1416.01		1.62

ภาคผนวก ฐ3. ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW

Finance GDP 5%	Reactor 10 MW (หน่วย: ล้านบาท)		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
				Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Primary Benefit (revenue)																													
#1 Based on GDP																													
(GDP Growth = 5%)	ด้านการแพทย์ (28.6%)		970.72							1193.86	1253.55	1316.23	1382.04	1451.14	1523.70	1599.89	1679.88	1763.87	1852.07	1944.67	2041.90	2144.00	2251.20	2363.76	2481.95	2606.05	2736.35	2873.16	3016.82
	ด้านการเกษตร (11.4%)		386.93							475.87	499.67	524.65	550.88	578.43	607.35	637.72	669.60	703.08	738.24	775.15	813.91	854.60	897.33	942.20	989.31	1038.77	1090.71	1145.25	1202.51
	ด้านอุตสาหกรรม (15.8%)		536.27							659.54	692.52	727.15	763.51	801.68	841.76	883.85	928.05	974.45	1023.17	1074.33	1128.05	1184.45	1243.67	1305.85	1371.15	1439.70	1511.69	1587.27	1666.64
	ด้านวิจัยและวิชาการ (14.1%)		478.57							588.58	618.01	648.91	681.36	715.42	751.20	788.75	828.19	869.60	913.08	958.74	1006.67	1057.01	1109.86	1165.35	1223.62	1284.80	1349.04	1416.49	1487.31
	รายได้รวม		**2372.49**							**2917.86**	**3063.75**	**3216.94**	**3377.79**	**3546.68**	**3724.01**	**3910.21**	**4105.72**	**4311.01**	**4526.56**	**4752.88**	**4990.53**	**5240.06**	**5502.06**	**5777.16**	**6066.02**	**6369.32**	**6687.79**	**7022.18**	**7373.28**
#2 Based on Demand Forecast																													
Benefit	**ด้านการแพทย์**									478.93	478.93	478.93	478.93	478.93	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86
	- ไอโซโทปรังสี I-131									21.98	21.98	21.98	21.98	21.98	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96
	- ไอโซโทปรังสี Tc-99m									456.95	456.95	456.95	456.95	456.95	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90
	ด้านการเกษตร									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ด้านอุตสาหกรรม									781.79	783.89	786.00	788.10	790.21	793.10	795.21	797.31	799.42	801.52	803.63	805.73	807.84	809.94	812.05	814.15	816.26	818.36	820.47	822.58
	-อาร์กอนสีกู้คืน									80.00	82.11	84.21	86.32	88.42	90.53	92.63	94.74	96.84	98.95	101.05	103.16	105.26	107.37	109.47	111.58	113.68	115.79	117.89	120.00
	- ไอโซโทปรังสี Ir-192									0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
	-การโคบอลท์กึ่งตัวนำ									700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
	-อื่นๆ									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	ด้านวิจัยและวิชาการ									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	รายได้รวม									1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
Social Benefit	**ด้านเศรษฐกิจสังคม**																												
	- การลดการใช้จ่ายภาครัฐ									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- เพิ่มมูลค่าการส่งออก									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-การปรับปรุงพื้นที่ชีย									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- โคโลซาน									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- ประโยชน์จากการใช้ผลงานวิจัย									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การใช้ประโยชน์จากที่ดินที่เพิ่มขึ้น									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การลดการนำเข้าไอโซโทปรังสีทางการแพทย์									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	รายได้รวมด้านเศรษฐกิจสังคม									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Benefit	**#1 Based on GDP**									2917.86	3063.75	3216.94	3377.79	3546.68	3724.01	3910.21	4105.72	4311.01	4526.56	4752.88	4990.53	5240.06	5502.06	5777.16	6066.02	6369.32	6687.79	7022.18	7373.28
	#2 Based on Demand Forecast									1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
Investment and Operating Cost																													
Initial Investment	**Nuclear Research Reactor (including Training, Installation)**																												
	Launching			88.92																									
	Preliminary Engineering			280.80																									
	Detail Engineering				351.00	351.00																							
	Construction of buildings					390.00	390.00	390.00																					
	Manufacturing and supply					452.40	452.40	452.40																					
	Installation						234.00	234.00																					
	Preoperational testing							154.44																					
	Commissioning								60.84																				
	Project management			397.80																									
	Isotope Instrument			1260.00																									
	ที่ดิน			5.40																									
	Facilities			57.50																									
	Gross			**2090.42**	**351.00**	**1193.40**	**1076.40**	**1230.84**	**60.84**																				
Operating Expenses	Salary								1.248	7.38	7.83	8.30	8.79	9.32	9.88	10.47	11.10	11.77	12.47	13.22	14.01	14.86	15.75	16.69	17.69	18.76	19.88	21.07	22.34
	Maintenance									0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	15.00
	ปิดกลบ									2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	ประชาสัมพันธ์									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	การลงทุนเพิ่ม																												
	ระบบระบายความร้อนปฐมภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			39.50									
	ระบบระบายความร้อนทุติยภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			44.50									
	ระบบรักษาคุณภาพน้ำ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			127.60									
	ระบบเติมน้ำกระเด็นกลับเข้า(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			2.40									
	ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบท่อ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบแผ่น(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			41.00									
	หอระบายความร้อน 800 ตัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			105.50									
	ระบบสายส่งอย่างหยาบ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			85.00									
	ระบบเครื่องกำจัดตะกรัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	ระบบรักษาคุณภาพของน้ำในบ่อเก็บเชื้อเพลิง(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	รถยก(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			38.10									
	คอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง (อายุการใช้งาน 5 ปี)														7.30					8.03						8.83			
	เครื่องโต้งสัมภาษณ์แบบหลายช่อง(MCA)(อายุการใช้งาน 5 ปี)														67.40					74.14						81.55			
	เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ(อายุการใช้งาน 5 ปี)									14.70	0.50	2.70	39.60		16.17	0.55	2.97	43.56	0.00	17.79	0.61	3.27	47.92	0.00	19.57	0.67	3.59	52.71	0.00
	รวมมูลค่าการลงทุนเพิ่ม									14.70	0.50	2.70	39.60	0.00	90.87	0.55	2.97	43.56	0.00	615.06	0.61	3.27	47.92	0.00	109.95	0.67	3.59	52.71	0.00
	ค่าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์									53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00	61.00	62.00	63.00	64.00	65.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	72.00
	ค่าสาธารณูปโภคและรักษาความปลอดภัย									16.08	16.88	17.73	18.61	19.55	20.52	21.55	22.63	23.76	24.95	26.19	27.50	28.88	30.32	31.84	33.43	35.10	36.86	38.70	40.63
	ค่าขนส่งสารไอโซโทปรังสี									1.50	1.58	1.65	1.74	1.82	1.91	2.01	2.11	2.22	2.33	2.44	2.57	2.69	2.83	2.97	3.12	3.27	3.44	3.61	3.79
	ต้นทุนในการผลิต I-131									20.23	20.23	20.23	20.23	20.23	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46
	ต้นทุนในการผลิต Ir-192									0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	ต้นทุนในการผลิต Mo-99									280.38	280.38	280.38	280.38	280.38	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77
	วัสดุสิ้นเปลือง(งบประมาณประจำปี)									32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80
	ประกันภัย									16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
ต้นทุนรวม	**ต้นทุนรวม**			**2090.42**	**351.00**	**1193.40**	**1076.40**	**1230.84**	**60.84**	**460.09**	**434.01**	**445.81**	**522.07**	**445.42**	**935.72**	**757.79**	**765.44**	**854.52**	**770.41**	**1988.63**	**767.95**	**776.62**	**869.39**	**782.16**	**1005.81**	**791.12**	**806.02**	**908.46**	**807.42**
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
			-	Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Net Benefit	**#1 Based on GDP**			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	2457.77	2629.74	2771.13	2855.71	3101.26	2788.29	3152.42	3340.28	3456.49	3756.15	2764.25	4222.58	4463.43	4632.67	4995.00	5060.21	5578.20	5881.77	6113.72	6565.86
	#2 Based on Demand Forecast			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	800.63	828.81	819.12	744.96	823.72	815.25	995.28	989.74	902.76	988.98	-227.14	995.64	989.08	898.42	987.75	766.21	983.00	970.21	869.88	973.02
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 10%)*			-2090.42	-2409.51	-3395.79	-4204.51	-5045.19	-5082.96	-3695.62	-2346.15	-1053.39	157.71	1353.37	2330.65	3335.11	4302.67	5212.87	6112.07	6713.65	7549.06	8351.85	9109.33	9851.81	10535.59	11220.85	11877.72	12498.42	13104.42
(เริ่มคำนวณตั้งแต่ปีที่เริ่มลงทุน)	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)*			-2090.42	-2409.51	-3395.79	-4204.51	-5045.19	-5082.96	-4631.03	-4205.72	-3823.59	-3507.66	-3190.08	-2904.34	-2587.21	-2300.52	-2062.80	-1826.04	-1875.47	-1678.49	-1500.60	-1353.70	-1206.88	-1103.34	-982.58	-874.23	-785.91	-696.11
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 8%)			-2090.42	-2415.42	-3438.57	-4293.05	-5197.75	-5239.16	-3690.35	-2155.92	-658.77	769.80	2206.28	3402.13	4654.00	5882.22	7059.02	8243.11	9049.97	10191.20	11308.17	12381.62	13453.29	14458.53	15484.58	16486.34	17450.47	18409.20
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)			-2090.42	-2415.42	-3438.57	-4293.05	-5197.75	-5239.16	-4734.63	-4251.03	-3808.48	-3435.82	-3054.27	-2704.63	-2309.39	-1945.46	-1638.11	-1326.34	-1392.64	-1123.55	-876.03	-667.86	-455.94	-303.73	-122.91	42.33	179.51	321.58
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 12%)			-2090.42	-2403.81	-3355.18	-4121.34	-4903.57	-4938.09	-3692.91	-2503.35	-1384.13	-354.33	644.19	1445.75	2254.90	3020.41	3727.67	4413.91	4864.82	5479.81	6060.24	6598.12	7115.94	7584.31	8045.30	8479.31	8882.09	9268.32
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)			-2090.42	-2403.81	-3355.18	-4121.34	-4903.57	-4938.09	-4532.47	-4157.55	-3826.72	-3558.08	-3292.87	-3058.50	-2803.04	-2576.22	-2391.50	-2210.81	-2247.86	-2102.85	-1974.23	-1869.92	-1767.53	-1696.61	-1615.37	-1543.78	-1486.47	-1429.23
										Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20

มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)	5 ปี 3 เดือน	13104.42	23.8%	4.40
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)	มากกว่า 20 ปี	-696.11	8.6%	1.63
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 8%)	4 ปี 6 เดือน	18409.20		4.48
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)	มากกว่า 20 ปี	321.58		1.64
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 12%)	6 ปี 4 เดือน	9268.32		4.30
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)	มากกว่า 20 ปี	-1429.23		1.62

ภาคผนวก ฐ4. ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW

Economic GDP 1%	Reactor 10 MW (หน่วย: ล้านบาท)		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
				Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Primary Benefit (revenue)																													
#1 Based on GDP																													
	ด้านการแพทย์ (28.6%)		970.72							1193.86	1205.80	1217.86	1230.03	1242.33	1254.76	1267.31	1279.98	1292.78	1305.71	1318.76	1331.95	1345.27	1358.72	1372.31	1386.03	1399.89	1413.89	1428.03	1442.31
(GDP Growth = 1%)	ด้านการเกษตร (11.4%)		386.93							475.87	480.63	485.44	490.29	495.20	500.15	505.15	510.20	515.30	520.46	525.66	530.92	536.23	541.59	547.00	552.47	558.00	563.58	569.22	574.91
	ด้านอุตสาหกรรม (15.8%)		536.27							659.54	666.14	672.80	679.53	686.32	693.19	700.12	707.12	714.19	721.33	728.55	735.83	743.19	750.62	758.13	765.71	773.37	781.10	788.91	796.80
	ด้านวิจัยและวิชาการ (14.1%)		478.57							588.58	594.47	600.41	606.42	612.48	618.60	624.79	631.04	637.35	643.72	650.16	656.66	663.23	669.86	676.56	683.32	690.16	697.06	704.03	711.07
	รายได้รวม		**2372.49**							**2917.86**	**2947.04**	**2976.51**	**3006.27**	**3036.34**	**3066.70**	**3097.37**	**3128.34**	**3159.62**	**3191.22**	**3223.13**	**3255.36**	**3287.92**	**3320.80**	**3354.00**	**3387.54**	**3421.42**	**3455.63**	**3490.19**	**3525.09**
#2 Based on Demand Forecast																													
Benefit	**ด้านการแพทย์**									478.93	478.93	478.93	478.93	478.93	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86
	- ไอโอไดน์รังสี I-131									21.98	21.98	21.98	21.98	21.98	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96
	- ไอโอไดน์รังสี Tc-99m									456.95	456.95	456.95	456.95	456.95	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90
	ด้านการเกษตร									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ด้านอุตสาหกรรม									781.79	783.89	786.00	788.10	790.21	793.10	795.21	797.31	799.42	801.52	803.63	805.73	807.84	809.94	812.05	814.15	816.26	818.36	820.47	822.58
	-อาร์ทีสี่สัญญี									80.00	82.11	84.21	86.32	88.42	90.53	92.63	94.74	96.84	98.95	101.05	103.16	105.26	107.37	109.47	111.58	113.68	115.79	117.89	120.00
	- ไอโอไดน์รังสี Ir-192									0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
	- การโคบอลต์รังสีบำบัด									700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
	-อื่นๆ									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	ด้านวิจัยและวิชาการ									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	รายได้รวม									1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
Social Benefit	**ด้านเศรษฐกิจสังคม**																												
	- การลดการใช้จ่ายภาครัฐ									158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80
	- เพิ่มมูลค่าการส่งออก									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-การปรับปรุงพันธุ์พืช									160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
	- ประโยชน์จากการใช้แสงงานวิจัย									6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
	- การใช้ประโยชน์จากที่ดินเพิ่มขึ้น									N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	รายได้รวมด้านเศรษฐกิจสังคม									325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30
Total Benefit	**#1 Based on GDP**									2917.86	2947.04	2976.51	3006.27	3036.34	3066.70	3097.37	3128.34	3159.62	3191.22	3223.13	3255.36	3287.92	3320.80	3354.00	3387.54	3421.42	3455.63	3490.19	3525.09
	#2 Based on Demand Forecast									1586.02	1588.13	1590.23	1592.34	1594.44	2076.27	2078.37	2080.48	2082.58	2084.69	2086.79	2088.90	2091.00	2093.11	2095.21	2097.32	2099.42	2101.53	2103.63	2105.74
Investment and Operating Cost																													
Initial Investment	**Nuclear Research Reactor (including Training, Installation)**																												
	Launching			88.92																									
	Preliminary Engineering			280.80																									
	Detail Engineering				351.00	351.00																							
	Construction of buildings					390.00	390.00	390.00																					
	Manufacturing and supply					452.40	452.40	452.40																					
	Installation						234.00	234.00																					
	Preoperational testing							154.44																					
	Commissioning								60.84																				
	Project management			397.80																									
	Isotope Instrument			1260.00																									
	ที่ดิน			5.40																									
	Facilities			57.50																									
	Gross			**2090.42**	**351.00**	**1193.40**	**1076.40**	**1230.84**	**60.84**																				
Operating Expenses	Salary								1.248	7.38	7.83	8.30	8.79	9.32	9.88	10.47	11.10	11.77	12.47	13.22	14.01	14.86	15.75	16.69	17.69	18.76	19.88	21.07	22.34
	Maintenance									0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	15.00
	อื่กลบุบ									2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	ประชาสัมพันธ์									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	การลงทุนเพิ่ม																												
	ระบบระบายความร้อนปฐมภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			39.50									
	ระบบระบายความร้อนทุติยภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			44.50									
	ระบบกักษาคุณภาพน้ำ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			127.60									
	ระบบฉีดน้ำกรณีฉุกเฉิน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			2.40									
	ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบท่อ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบแผ่น(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			41.00									
	หอระบายความร้อน 800 ตัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			105.50									
	ระบบจ่ายสารตัวอย่างด้วยลม(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			85.00									
	ระบบเครื่องกำจัดคลอรีน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	ระบบกักษาคุณภาพของน้ำในบ่อเก็บเชื้อเพลิง(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	รถยก(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			38.10									
	คลอฟิวเคลอร์ 10 เครื่อง (อายุการใช้งาน 5 ปี)														7.30					8.03					8.83				
	เครื่องโคโครมาโตแกรมแบบพลาทของMUA(อายุการใช้งาน 5 ปี)														67.40					74.14					81.55				
	เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ(อายุการใช้งาน 5 ปี)									14.70	0.50	2.70	39.60		16.17	0.55	2.97	43.56	0.00	17.79	0.61	3.27	47.92	0.00	19.57	0.67	3.59	52.71	0.00
	รวมมูลค่าการลงทุนเพิ่ม									14.70	0.50	2.70	39.60	0.00	90.87	0.55	2.97	43.56	0.00	615.06	0.61	3.27	47.92	0.00	109.95	0.67	3.59	52.71	0.00
	ค่าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์									53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00	61.00	62.00	63.00	64.00	65.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	72.00
	ค่าสาธารณูปโภคและรักษาความปลอดภัย									16.08	16.24	16.40	16.57	16.73	16.90	17.07	17.24	17.41	17.59	17.76	17.94	18.12	18.30	18.48	18.67	18.86	19.04	19.23	19.43
	ค่าขนส่งสารไอโซโทปรังสี									1.50	1.52	1.53	1.55	1.56	1.58	1.59	1.61	1.62	1.64	1.66	1.67	1.69	1.71	1.72	1.74	1.76	1.78	1.79	1.81
	ต้นทุนในการผลิต I-131									20.23	20.23	20.23	20.23	20.23	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46
	ต้นทุนในการผลิต Ir-192									0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	ต้นทุนในการผลิต Mo-99									280.38	280.38	280.38	280.38	280.38	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77
	วัสดุสิ้นเปลือง(งบประมาณประจำปี)									32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80
	ประกันภัย									16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
ต้นทุนรวม	**ต้นทุนรวม**			2090.42	351.00	1193.40	1076.40	1230.84	60.84	460.09	433.31	444.36	519.84	442.34	931.76	752.89	759.55	847.58	762.36	1979.41	757.50	764.86	856.25	767.56	989.67	773.36	786.55	887.18	784.24
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
				Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Net Benefit	**#1 Based on GDP**			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	2457.77	2513.73	2532.15	2486.44	2593.99	2134.94	2344.47	2368.79	2312.04	2428.86	1243.72	2497.86	2523.06	2464.55	2586.44	2397.88	2648.06	2669.09	2603.01	2740.86
	#2 Based on Demand Forecast			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	1125.93	1154.81	1145.87	1072.50	1152.10	1144.51	1325.48	1320.93	1235.00	1322.33	107.38	1331.40	1326.14	1236.86	1327.65	1107.65	1326.06	1314.98	1216.46	1321.50
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 10%)*			**-2090.42**	**-2409.51**	**-3395.79**	**-4204.51**	**-5045.19**	**-5082.96**	**-3695.62**	**-2405.68**	**-1224.41**	**-169.92**	**830.17**	**1578.46**	**2325.48**	**3011.63**	**3620.47**	**4201.92**	**4472.58**	**4966.77**	**5420.57**	**5823.54**	**6208.00**	**6532.03**	**6857.33**	**7155.41**	**7419.68**	**7672.65**
(เริ่มคำนวณตั้งแต่ปีที่เริ่มลงทุน)	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)*			**-2090.42**	**-2409.51**	**-3395.79**	**-4204.51**	**-5045.19**	**-5082.96**	**-4447.41**	**-3854.80**	**-3320.25**	**-2865.40**	**-2421.22**	**-2020.07**	**-1597.74**	**-1215.11**	**-889.90**	**-573.34**	**-549.97**	**-286.56**	**-48.04**	**154.19**	**351.54**	**501.22**	**664.12**	**810.97**	**934.48**	**1056.45**
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 8%)			-2090.42	**-2415.42**	**-3438.57**	**-4293.05**	**-5197.75**	**-5239.16**	**-3690.35**	**-2223.62**	**-855.57**	**388.26**	**1589.78**	**2505.42**	**3436.45**	**4307.45**	**5094.61**	**5860.28**	**6223.31**	**6898.41**	**7529.80**	**8100.87**	**8655.78**	**9132.13**	**9619.22**	**10073.81**	**10484.30**	**10884.51**
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)			-2090.42	**-2415.42**	**-3438.57**	**-4293.05**	**-5197.75**	**-5239.16**	**-4529.63**	**-3855.81**	**-3296.73**	**-2700.21**	**-2166.57**	**-1675.71**	**-1149.34**	**-663.64**	**-243.17**	**173.68**	**205.02**	**564.86**	**896.73**	**1183.32**	**1468.17**	**1688.21**	**1932.13**	**2156.09**	**2347.92**	**2540.88**
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 12%)			-2090.42	**-2403.81**	**-3355.18**	**-4121.34**	**-4903.57**	**-4938.09**	**-3692.91**	**-2555.82**	**-1533.13**	**-636.50**	**198.70**	**812.44**	**1414.21**	**1957.08**	**2430.17**	**2873.91**	**3076.79**	**3440.59**	**3768.68**	**4054.83**	**4322.96**	**4544.91**	**4763.75**	**4960.70**	**5132.19**	**5293.42**
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)			-2090.42	**-2403.81**	**-3355.18**	**-4121.34**	**-4903.57**	**-4938.09**	**-4367.66**	**-3845.28**	**-3382.48**	**-2995.72**	**-2624.78**	**-2295.76**	**-1955.54**	**-1652.82**	**-1400.12**	**-1158.53**	**-1141.02**	**-947.10**	**-774.65**	**-631.05**	**-493.41**	**-390.89**	**-281.30**	**-184.27**	**-104.13**	**-26.39**
										Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20

มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 10%)	6 ปี	7672.65	20.9%	3.315
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)	4 ปี 7 เดือน	1056.45	11.9%	1.98
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 8%)	4 ปี 11 เดือน	10884.51		3.304
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)	3 ปี 11เดือน	2540.88		1.99
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 12%)	7 ปี 8 เดือน	5293.42		3.304
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)	5 ปี 6 เดือน	-26.39		1.97

ภาคผนวก ฐ5. ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW

Economic GDP 3%	Reactor 10 MW		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
	(หน่วย: ล้านบาท)			Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Primary Benefit (revenue)																													
#1 Based on GDP																													
	ด้านการแพทย์ (28.6%)		970.72							1193.86	1229.68	1266.57	1304.56	1343.70	1384.01	1425.53	1468.30	1512.35	1557.72	1604.45	1652.58	1702.16	1753.22	1805.82	1859.99	1915.79	1973.27	2032.47	2093.44
(GDP Growth = 3%)	ด้านการเกษตร (11.4%)		386.93							475.87	490.15	504.85	520.00	535.60	551.67	568.22	585.26	602.82	620.91	639.53	658.72	678.48	698.84	719.80	741.40	763.64	786.55	810.14	834.45
	ด้านอุตสาหกรรม (15.8%)		536.27							659.54	679.33	699.71	720.70	742.32	764.59	787.53	811.16	835.49	860.56	886.37	912.96	940.35	968.56	997.62	1027.55	1058.38	1090.13	1122.83	1156.52
	ด้านวิจัยและวิชาการ (14.1%)		478.57							588.58	606.24	624.43	643.16	662.45	682.33	702.80	723.88	745.60	767.96	791.00	814.73	839.18	864.35	890.28	916.99	944.50	972.83	1002.02	1032.08
	รายได้รวม		**2372.49**							**2917.86**	**3005.39**	**3095.56**	**3188.42**	**3284.08**	**3382.60**	**3484.08**	**3588.60**	**3696.26**	**3807.14**	**3921.36**	**4039.00**	**4160.17**	**4284.97**	**4413.52**	**4545.93**	**4682.31**	**4822.78**	**4967.46**	**5116.48**
#2 Based on Demand Forecast																													
Benefit	**ด้านการแพทย์**									478.93	478.93	478.93	478.93	478.93	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86
	- ไอโซโทปรังสี I-131									21.98	21.98	21.98	21.98	21.98	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96
	- ไอโซโทปรังสี Tc-99m									456.95	456.95	456.95	456.95	456.95	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90
	ด้านการเกษตร									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ด้านอุตสาหกรรม									781.79	783.89	786.00	788.10	790.21	793.10	795.21	797.31	799.42	801.52	803.63	805.73	807.84	809.94	812.05	814.15	816.26	818.36	820.47	822.58
	-อาหารสัตว์อุตสาหกรรม									80.00	82.11	84.21	86.32	88.42	90.53	92.63	94.74	96.84	98.95	101.05	103.16	105.26	107.37	109.47	111.58	113.68	115.79	117.89	120.00
	- ไอโซโทปรังสี Ir-192									0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
	- การไหม่สารทึงตัวนำ									700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
	-อื่นๆ									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	ด้านวิจัยและวิชาการ									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	รายได้รวม									1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
Social Benefit	**ด้านเศรษฐกิจสังคม**																												
	- การลดการใช้จ่ายภาครัฐ									158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80
	- เพิ่มมูลค่าการส่งออก									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- การปรับปรุงพันธุ์พืช									160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
	- ประโยชน์จากการใช้ผลงานวิจัย									6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
	- การใช้ประโยชน์จากที่ดินเพิ่มขึ้น									N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	รายได้รวมด้านเศรษฐกิจสังคม									325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30
Total Benefit	**#1 Based on GDP**									2917.86	3005.39	3095.56	3188.42	3284.08	3382.60	3484.08	3588.60	3696.26	3807.14	3921.36	4039.00	4160.17	4284.97	4413.52	4545.93	4682.31	4822.78	4967.46	5116.48
	#2 Based on Demand Forecast									1586.02	1588.13	1590.23	1592.34	1594.44	2076.27	2078.37	2080.48	2082.58	2084.69	2086.79	2088.90	2091.00	2093.11	2095.21	2097.32	2099.42	2101.53	2103.63	2105.74
Investment and Operating Cost																													
Initial Investment	**Nuclear Research Reactor (including Training, Installation)**																												
	Launching			88.92																									
	Preliminary Engineering			280.80																									
	Detail Engineering				351.00	351.00																							
	Construction of buildings					390.00	390.00	390.00																					
	Manufacturing and supply					452.40	452.40	452.40																					
	Installation						234.00	234.00																					
	Preoperational testing							154.44																					
	Commissioning								60.84																				
	Project management			397.80																									
	Isotope Instrument			1260.00																									
	ที่ดิน			5.40																									
	Facilities			57.50																									
	Gross			**2090.42**	**351.00**	**1193.40**	**1076.40**	**1230.84**	**60.84**																				
Operating Expenses	Salary								1.248	7.38	7.83	8.30	8.79	9.32	9.88	10.47	11.10	11.77	12.47	13.22	14.01	14.86	15.75	16.69	17.69	18.76	19.88	21.07	22.34
	Maintenance									0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	15.00
	ฝึกอบรม									2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	ประชาสัมพันธ์									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	การลงทุนเพิ่ม																												
	ระบบระบายความร้อนปฐมภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			39.50									
	ระบบระบายความร้อนทุติยภูมิ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			44.50									
	ระบบรักษาคุณภาพน้ำ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			127.60									
	ระบบวัดน้ำการดึงลูกเล็น(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			2.40									
	ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบท่อ(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบแผ่น(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			41.00									
	ผอระบายความร้อน 800 ตัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			105.50									
	ระบบอายสารตัวอย่างด้วยลม(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			85.00									
	ระบบเครื่องกำจัดตะกรัน(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	ระบบรักษาคุณภาพของน้ำในบ่อเก็บเชื้อเพลิง(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	รถยก(อายุการใช้งาน 10 ปี)																			38.10									
	คอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง (อายุการใช้งาน 5 ปี)														7.30					8.03					8.83				
	เครื่องวัดรังสีแกมมาแบบหลายช่อง(MCA)(อายุการใช้งาน 5 ปี)														67.40					74.14					81.55				
	เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ(อายุการใช้งาน 5 ปี)									14.70	0.50	2.70	39.60	0.00	16.17	0.55	2.97	43.56	0.00	17.79	0.61	3.27	47.92	0.00	19.57	0.67	3.59	52.71	0.00
	รวมมูลค่าการลงทุนเพิ่ม									14.70	0.50	2.70	39.60	0.00	90.87	0.55	2.97	43.56	0.00	615.06	0.61	3.27	47.92	0.00	109.95	0.67	3.59	52.71	0.00
	ค่าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์									53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00	61.00	62.00	63.00	64.00	65.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	72.00
	ค่าสาธารณูปโภคและรักษาความปลอดภัย									16.08	16.56	17.06	17.57	18.10	18.64	19.20	19.78	20.37	20.98	21.61	22.26	22.93	23.61	24.32	25.05	25.80	26.58	27.38	28.20
	ค่าขนส่งสารไอโซโทปรังสี									1.50	1.55	1.59	1.64	1.69	1.74	1.79	1.84	1.90	1.96	2.02	2.08	2.14	2.20	2.27	2.34	2.41	2.48	2.55	2.63
	ต้นทุนโนการผลิต I-131									20.23	20.23	20.23	20.23	20.23	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46
	ต้นทุนโนการผลิต Ir-192									0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	ต้นทุนโนการผลิต Mo-99									280.38	280.38	280.38	280.38	280.38	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77
	วัสดุสิ้นเปลือง(งบประมาณประจำปี)									32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80
	ประกันภัย									16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
ต้นทุนรวม	**ต้นทุนรวม**			2090.42	351.00	1193.40	1076.40	1230.84	60.84	460.09	433.66	445.08	520.93	443.84	933.66	755.22	762.32	850.82	766.07	1983.62	762.22	770.11	862.06	773.94	996.65	780.96	794.78	896.08	793.82
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
				Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Net Benefit	**#1 Based on GDP**			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	2457.77	2571.73	2650.48	2667.49	2840.24	2448.94	2728.85	2826.28	2845.44	3041.07	1937.74	3276.78	3390.05	3422.92	3639.58	3549.28	3901.35	4027.99	4071.38	4322.66
	#2 Based on Demand Forecast			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	1125.93	1154.46	1145.16	1071.40	1150.61	1142.61	1323.15	1318.15	1231.77	1316.62	103.17	1326.68	1320.89	1231.05	1321.27	1100.67	1318.47	1306.74	1207.56	1311.92
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 10%)*			**-2090.42**	**-2409.51**	**-3395.79**	**-4204.51**	**-5045.19**	**-5082.96**	**-3695.62**	**-2375.91**	**-1139.45**	**-8.17**	**1086.87**	**1945.20**	**2814.70**	**3633.37**	**4382.67**	**5110.67**	**5532.38**	**6180.68**	**6790.41**	**7350.08**	**7891.08**	**8370.70**	**8849.96**	**9299.80**	**9713.15**	**10112.12**
(เริ่มคำนวณตั้งแต่ปีที่เริ่มลงทุน)	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)*			**-2090.42**	**-2409.51**	**-3395.79**	**-4204.51**	**-5045.19**	**-5082.96**	**-4447.41**	**-3854.98**	**-3320.76**	**-2866.38**	**-2422.77**	**-2022.30**	**-1600.70**	**-1218.88**	**-894.52**	**-578.85**	**-556.40**	**-293.92**	**-56.35**	**144.94**	**341.34**	**490.07**	**652.04**	**797.98**	**920.57**	**1041.66**
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 8%)			-2090.42	-2415.42	-3438.57	-4293.05	-5197.75	-5239.16	-3690.35	-2189.77	-757.80	576.61	**1892.19**	**2942.50**	**4026.16**	**5065.38**	**6034.14**	**6992.82**	**7558.42**	**8444.03**	**9292.39**	**10085.52**	**10866.39**	**11571.47**	**12289.09**	**12975.12**	**13617.17**	**14248.36**
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)			-2090.42	-2415.42	-3438.57	-4293.05	-5197.75	-5239.16	-4529.63	-3856.02	-3237.32	-2701.36	**-2168.40**	**-1678.36**	**-1152.92**	**-668.24**	**-248.87**	**166.82**	**196.93**	**555.49**	**886.04**	**1171.29**	**1454.77**	**1673.42**	**1915.94**	**2138.50**	**2328.93**	**2520.49**
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 12%)			-2090.42	-2403.81	-3355.18	-4121.34	-4903.57	-4938.09	-3692.91	-2529.59	-1459.10	-497.18	**417.30**	**1121.31**	**1821.74**	**2469.45**	**3051.69**	**3607.28**	**3923.37**	**4400.61**	**4841.45**	**5238.88**	**5616.18**	**5944.70**	**6267.12**	**6564.33**	**6832.57**	**7086.84**
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)			-2090.42	-2403.81	-3355.18	-4121.34	-4903.57	-4938.09	-4367.66	-3845.44	-3382.93	-2996.57	**-2626.10**	**-2297.63**	**-1958.01**	**-1655.93**	**-1403.88**	**-1162.98**	**-1146.15**	**-952.92**	**-781.16**	**-638.22**	**-501.25**	**-399.37**	**-290.41**	**-193.99**	**-114.43**	**-37.26**
										Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 10%)	4 ปี 1 เดือน	10112.12	22.4%	3.80																								
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)	13 ปี 2 เดือน	1041.66	11.9%	1.98																								
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 8%)	3 ปี 8 เดือน	14248.36		3.83																								
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)	9 ปี 7 เดือน	2520.49		1.98																								
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 12%)	4 ปี 8 เดือน	7086.84		3.75																								
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)	20 ปี 1 เดือน	-37.26		1.96																								

ภาคผนวก ฐ6. ตารางประเมินการลงทุนโครงการกรณีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาด 10MW

Economic GDP 5%	Reactor 10 MW (หน่วย: ล้านบาท)		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
				Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Primary Benefit (revenue)																													
#1 Based on GDP																													
	ด้านการแพทย์ (28.6%)		970.72							1193.86	1253.55	1316.23	1382.04	1451.14	1523.70	1599.89	1679.88	1763.87	1852.07	1944.67	2041.90	2144.00	2251.20	2363.76	2481.95	2606.05	2736.35	2873.16	3016.82
(GDP Growth = 5%)	ด้านการเกษตร (11.4%)		386.93							475.87	499.67	524.65	550.88	578.43	607.35	637.72	669.60	703.08	738.24	775.15	813.91	854.60	897.33	942.20	989.31	1038.77	1090.71	1145.25	1202.51
	ด้านอุตสาหกรรม (15.8%)		536.27							659.54	692.52	727.15	763.51	801.68	841.76	883.85	928.05	974.45	1023.17	1074.33	1128.05	1184.45	1243.67	1305.85	1371.15	1439.70	1511.69	1587.27	1666.64
	ด้านวิจัยและวิชาการ (14.1%)		478.57							588.58	618.01	648.91	681.36	715.42	751.20	788.75	828.19	869.60	913.08	958.74	1006.67	1057.01	1109.86	1165.35	1223.62	1284.80	1349.04	1416.49	1487.31
	รายได้รวม		**2372.49**							**2917.86**	**3063.75**	**3216.94**	**3377.79**	**3546.68**	**3724.01**	**3910.21**	**4105.72**	**4311.01**	**4526.56**	**4752.88**	**4990.53**	**5240.06**	**5502.06**	**5777.16**	**6066.02**	**6369.32**	**6687.79**	**7022.18**	**7373.28**
#2 Based on Demand Forecast																													
Benefit	**ด้านการแพทย์**									478.93	478.93	478.93	478.93	478.93	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86	957.86
	- ไอโอไทโรนีสี I-131									21.98	21.98	21.98	21.98	21.98	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96	43.96
	- ไอโอไทโรนีสี Tc-99m									456.95	456.95	456.95	456.95	456.95	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90	913.90
	ด้านการเกษตร									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ด้านอุตสาหกรรม									781.79	783.89	786.00	788.10	790.21	793.10	795.21	797.31	799.42	801.52	803.63	805.73	807.84	809.94	812.05	814.15	816.26	818.36	820.47	822.58
	- อาชีวสีสัญรณ์									80.00	82.11	84.21	86.32	88.42	90.53	92.63	94.74	96.84	98.95	101.05	103.16	105.26	107.37	109.47	111.58	113.68	115.79	117.89	120.00
	- ไอโอไทโรนีสี Ir-192									0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
	- การโคบอลท์รักษ์มะเร็ง									700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
	- อื่นๆ									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	ด้านวิจัยและวิชาการ									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	รายได้รวม									1260.72	1262.82	1264.93	1267.03	1269.14	1750.96	1753.07	1755.17	1757.28	1759.39	1761.49	1763.60	1765.70	1767.81	1769.91	1772.02	1774.12	1776.23	1778.33	1780.44
Social Benefit	**ด้านเศรษฐกิจสังคม**									158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80	158.80
	- การลดการใช้น้ำยาภาครัฐ									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	- เพิ่มมูลค่าการส่งออก									160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
	- การปรับปรุงพันธุ์พืช									6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
	- ประโยชน์จากการไปผลงานวิจัย									N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	- การไปประโยชน์จากที่ดินฟรีขึ้น									325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30	325.30
	รายได้รวมด้านเศรษฐกิจสังคม									2917.86	3063.75	3216.94	3377.79	3546.68	3724.01	3910.21	4105.72	4311.01	4526.56	4752.88	4990.53	5240.06	5502.06	5777.16	6066.02	6369.32	6687.79	7022.18	7373.28
Total Benefit	**#1 Based on GDP**									1586.02	1588.13	1590.23	1592.34	1594.44	2076.27	2078.37	2080.48	2082.58	2084.69	2086.79	2088.90	2091.00	2093.11	2095.21	2097.32	2099.42	2101.53	2103.63	2105.74
	#2 Based on Demand Forecast																												
Investment and Operating Cost																													
Initial Investment	**Nuclear Research Reactor (including Training, Installation)**																												
	Launching			88.92																									
	Preliminary Engineering			280.80																									
	Detail Engineering				351.00	351.00																							
	Construction of buildings					390.00	390.00	390.00																					
	Manufacturing and supply					452.40	452.40	452.40																					
	Installation						234.00	234.00																					
	Preoperational testing							154.44																					
	Commissioning								60.84																				
	Project management			397.80																									
	Isotope Instrument			1260.00																									
	ที่ดิน			5.40																									
	Facilities			57.50																									
	Gross			**2090.42**	**351.00**	**1193.40**	**1076.40**	**1230.84**	**60.84**																				
Operating Expenses	Salary								1.248	7.38	7.83	8.30	8.79	9.32	9.88	10.47	11.10	11.77	12.47	13.22	14.01	14.86	15.75	16.69	17.69	18.76	19.88	21.07	22.34
	Maintenance									0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	0.00	5.00	5.00	5.00	10.00	10.00	10.00	15.00	15.00	15.00
	ฝึกอบรม									2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	ประชาสัมพันธ์									1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	การลงทุนเพิ่ม																												
	ระบบระบายความร้อนปฐมภูมิ (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			39.50									
	ระบบระบายความร้อนทุติยภูมิ (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			44.50									
	ระบบบริษาคุณภาพน้ำ (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			127.60									
	ระบบจัดทำกรณีสูญเงิน (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			2.40									
	ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบท่อ (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	ชุดแลกถ่ายความร้อนแบบแผ่น (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			41.00									
	หอระบายความร้อน 800 ตัน (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			105.50									
	ระบบอากาศตัวอย่างหัวดหน (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			85.00									
	ระบบเครื่องกำลังคดกรัน (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	ระบบรักษาคุณภาพของน้ำในบ่อเก็บเชื้อเพลิง (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			10.50									
	รถยก (อายุการใช้งาน 10 ปี)																			38.10									
	คอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง (อายุการใช้งาน 5 ปี)														7.30					8.03					8.83				
	เครื่องวัดรังสีแกมมาแบบหลายช่อง(MCA) (อายุการใช้งาน 5 ปี)														67.40					74.14					81.56				
	เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ (อายุการใช้งาน 5 ปี)									14.70	0.50	2.70	39.60		16.17	0.55	2.97	43.56	0.00	17.79	0.61	3.27	47.92	0.00	19.57	0.67	3.59	52.71	0.00
	รวมมูลค่าการลงทุนเพิ่ม									14.70	0.50	2.70	39.60	0.00	90.87	0.55	2.97	43.56	0.00	615.06	0.61	3.27	47.92	0.00	109.95	0.67	3.59	52.71	0.00
	ค่าเชื้อเพลิงนิวเคลียร์									53.00	54.00	55.00	56.00	57.00	58.00	59.00	60.00	61.00	62.00	63.00	64.00	65.00	66.00	67.00	68.00	69.00	70.00	71.00	72.00
	ค่าสาธารณูปโภคและรักษาความปลอดภัย									16.08	16.88	17.73	18.61	19.55	20.52	21.55	22.63	23.76	24.95	26.19	27.50	28.88	30.32	31.84	33.43	35.10	36.86	38.70	40.63
	ค่าขนส่งสารไอโซโทปรังสี									1.50	1.58	1.65	1.74	1.82	1.91	2.01	2.11	2.22	2.33	2.44	2.57	2.69	2.83	2.97	3.12	3.27	3.44	3.61	3.79
	ต้นทุนในการผลิต I-131									20.23	20.23	20.23	20.23	20.23	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46	40.46
	ต้นทุนในการผลิต Ir-192									0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	ต้นทุนในการผลิต Mo-99									280.38	280.38	280.38	280.38	280.38	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77	560.77
	วัสดุสิ้นเปลือง(งบประมาณประจำปี)									32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80	32.80
	ประกันภัย									16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
ต้นทุนรวม	**ต้นทุนรวม**			2090.42	351.00	1193.40	1076.40	1230.84	60.84	460.09	434.01	445.81	522.07	445.42	935.72	757.79	765.44	854.52	770.41	1988.63	767.95	776.62	869.39	782.16	1005.81	791.12	806.02	908.46	807.42
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
				Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20	Year21	Year22	Year23	Year24	Year25
Net Benefit	**#1 Based on GDP**			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	2457.77	2629.74	2771.13	2855.71	3101.26	2788.29	3152.42	3340.28	3456.49	3756.15	2764.25	4222.58	4463.43	4632.67	4995.00	5080.21	5578.20	5881.77	6113.72	6565.86
	#2 Based on Demand Forecast			-2090.42	-351.00	-1193.40	-1076.40	-1230.84	-60.84	1125.93	1154.11	1144.42	1070.26	1149.02	1140.55	1320.58	1315.04	1228.06	1314.28	98.16	1320.95	1314.38	1223.72	1313.05	1091.51	1308.30	1295.51	1195.18	1298.32
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 10%)*			-2090.42	-2409.51	-3395.79	-4204.51	-5045.19	-5082.96	-3695.62	-2346.15	-1053.39	**157.71**	**1353.37**	**2330.65**	**3335.11**	**4302.67**	**5212.87**	**6112.07**	**6713.65**	**7549.06**	**8351.85**	**9109.33**	**9851.81**	**10535.59**	**11220.85**	**11877.72**	**12498.42**	**13104.42**
(เริ่มคำนวณตั้งแต่ปีที่เริ่มลงทุน)	*มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)*			-2090.42	-2409.51	-3395.79	-4204.51	-5045.19	-5082.96	-4447.41	-3855.17	-3321.28	-2867.39	-2424.39	-2024.63	-1603.86	-1222.94	-899.55	-584.92	-563.56	-302.22	-65.81	134.28	329.45	476.95	637.67	782.35	903.69	1023.52
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 8%)			-2090.42	-2415.42	-3438.57	-4293.05	-5197.75	-5239.16	-3690.35	-2155.92	-658.77	769.80	2206.28	3402.13	4654.00	5882.22	7059.02	8243.11	9049.97	10191.20	11308.17	12381.62	13453.29	14458.53	15484.58	16486.34	17450.47	18409.20
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)			-2090.42	-2415.42	-3438.57	-4293.05	-5197.75	-5239.16	-4529.63	-3856.22	-3237.92	-2702.53	-2170.31	-1681.14	-1156.72	-673.19	-255.08	159.24	187.89	544.90	873.82	1157.37	1439.09	1655.92	1896.57	2117.22	2305.70	2495.27
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 12%)			-2090.42	-2403.81	-3355.18	-4121.34	-4903.57	-4938.09	-3692.91	-2503.35	-1384.13	-354.33	644.19	1445.75	2254.90	3020.41	3727.67	4413.91	4864.82	5479.81	6060.24	6598.12	7115.94	7584.31	8045.90	8479.31	8882.09	9268.32
	มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)			-2090.42	-2403.81	-3355.18	-4121.34	-4903.57	-4938.09	-4367.66	-3845.60	-3383.38	-2997.43	-2627.48	-2299.60	-1960.64	-1659.27	-1407.98	-1167.87	-1151.85	-959.47	-788.54	-646.46	-510.34	-409.31	-301.19	-205.60	-126.86	-50.48
										Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Year8	Year9	Year10	Year11	Year12	Year13	Year14	Year15	Year16	Year17	Year18	Year19	Year20

มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 10%)	5 ปี 3 เดือน	13104.42	23.8%	4.40
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 10%)	4 ปี 7เดือน	1023.52	11.9%	1.98
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 8%)	4 ปี 5 เดือน	18409.20		4.48
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 8%)	3 ปี 11 เดือน	2495.27		1.98
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #1 Based on GDP(NPV 12%)	6 ปี 4 เดือน	9268.32		4.30
มูลค่ารวมของโครงการในแต่ละปี #2 Based on Demand Forecast (NPV 12%)	5 ปี 6 เดือน	-50.48		1.96

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

หนังสือ

อัจฉรา จันทร์ฉาย. สู่ความเป็นเลิศทางธุรกิจ คู่มือการวางแผนกลยุทธ์และการจัดทำ BSC (Balance Scorecard), กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

รายงานวิจัยและเอกสารเผยแพร่

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2550-2564 (PDP2007: revision 2), 2552.

ชยากริต ศิริอุปถัมภ์. การใช้ประโยชน์จากไคโตซานในด้านการเกษตร, นิวเคลียร์ปริทัศน์ ปีที่ 19 ฉบับที่ 3-4 กรกฎาคม - มีนาคม 2549,ปส.,หน้า 1-11.

ชยากริต ศิริอุปถัมภ์. การย่อยสลายโมเลกุล ไคโตซานด้วยวิธีเคมี และการฉายรังสีแกมมา, นิวเคลียร์ปริทัศน์ ปีที่ 19 ฉบับที่ 3-4 กรกฎาคม - มีนาคม 2549,ปส.,หน้า 23-29.

นเรศร์ จันทน์ขาว. ความสำคัญของการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศไทย วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 2: 2552 หน้า 11-22.

มณีวรรณ กมลพัฒนะ. โครงการการใช้นิวเคลียร์เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมกิจการผสมเทียมโคนม และกระบือปลัก คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย", www.vet.chula.ac.th/~nuclear/, (2553).

สมพร จองคำ และ อารีรัตน์ คอนดวงแก้ว. การใช้รังสีในทางการแพทย์, 4 ธันวาคม 2547. สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย.

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์. รายงานประจำปีพ.ศ. 2551.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 โครงการความเป็นไปได้และจัดทำแผนธุรกิจโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์วิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ.

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 โครงการความเป็นไปได้และจัดทำแผนธุรกิจโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี

นิวเคลียร์ในส่วนติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์วิจัยและระบบผลิตไอโซโทปรังสีพร้อมอุปกรณ์ประกอบ.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2554 และ แนวโน้มปี 2555

เอกสารจากบริษัท INVAP. ได้รับจาก สทน.

Australian Nuclear Science and Technology Organisation, Australia's first reactor,

IAEA. Consultants' Meeting on Production of Therapeutic Radionuclides and Radiophamaceuticals for Targeted Therapy, IAEA Headquarters, Vienna, 2007

IAEA. Nuclear Applications for Development 2007.

IAEA Nuclear Energy Series, Commissioning of Nuclear Power Plants: Training and Human Resource Considerations, No. NG-T-2-2.

Iain G. Ritchie, International Atomic Energy Agency, Growing Dimensions Spent Fuel Management at Research Reactors,

International Atomic Energy Agency, Neutron Transmutation Doping of Silicon at Research Reactors, IAEA-TECDOC-1681,

International Atomic Energy Agency (IAEA), Production and Supply of Molybdenum-99, http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC54/GC54InfDocuments/English/gc54inf-3-att7_en.pdf

Ir Dr Mohamad Puad Haji Abu,"THE PROGRESS OF NUCLEAR POWER PROGRAMME IN MALAYSIA", INPRO Dialogue Forum on Nuclear Energy Innovations: Common User Consideration for Small and Medium-sized Nuclear PR, Vienna, 10 - 14 October 2011

Mohamed Zakzouk, Industry, Infrastructure and Resources Division Parliamentary Information and Research service, The 2009-2110 Medical Isotope Shotage: Cause, Effects and Future Considerations, 17 November 2010

Pablo M. Abbate. Trends in Research Reactor Design and Utilization, Design and Commissioning Manager OPAL project, Meeting on Design & Utilization Aspects for a new Research Reactor, IAEA / VAEC, 1 April 2005, Hanoi, Vietnam.

Power Point Presentation: "Neutron Transmutation Doping," Myong-Seop KIM, Korea Atomic Energy Research Institute, RCA Regional Training Course June 4-15, 2007 Jakarta, INDONESIA

Richland, WA, Future of Nuclear Medicine, Part 1: Marketing Research Forecasts, Journal of Nuclear Medicine, Soc Nuclear Med.

Tami Freeman "Medical isotope supplies: a game for the future", Dec 8, 2008

Trends in research reactor design and utilization, Pablo M. Abbate, Meeting on Design & Utilization Aspects for a new Research Reactor, IAEA/VAEC 1 April 2005, Hanoi, Vietnam

Union of Concerned Scientists, Nuclear Research Reactor Spent Fuel Takeback,, November 2004.

Wagner Jr, HN and Reba, RC, Expert Panel: Forecast Future Demand for Medical Isotopes, March 1999.

เว็บไซต์

http://eco-town.dpim.go.th/article/detail.php?id=148.

http://triga.ga.com/45years.html

http://www.cabinet.thaigor.go.th อนุมัติปีงบประมาณ 2549

http://www.geocities.com/techno202544

http://www.oaep.go.th/nstkc/content/view/185/29/1/1/

http://www.tint.or.th/application/apply-plant.html

http://www.tint.or.th/research.html

http://triga.ga.com/45years.html