

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ ในฐานะหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการดำเนินงานด้านเชื้อเพลิงธรรมชาติของประเทศ และมีการกิจในการส่งเสริมและสนับสนุนการใช้ถ่านหินที่นำเข้ามาเพื่อใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าให้ได้ตามมาตรฐานสากล รวมถึงการเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีด้านเชื้อเพลิงถ่านหิน ให้เป็นที่ยอมรับต่อสังคมและประชาชน เพื่อให้การบริหารจัดการด้านพลังงานของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพิ่มความมั่นคงทางด้านพลังงานของประเทศ

กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ จึงได้ดำเนินโครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้หน่วยงานภาครัฐ สามารถนำไปใช้ช่วยกำหนดนโยบายการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยี ที่มีประสิทธิภาพสูง และมีการปลดปล่อยสารมลพิษในระดับต่ำ นอกจากนี้ กลุ่มผู้ประกอบการโรงไฟฟ้า หรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ยังสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดหรือปรับปรุง มาตรฐานเทคโนโลยีของผู้ประกอบการ ทั้งนี้ การนำแนวคิดการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดไปประยุกต์ใช้จะทำให้เกิดผลในทางปฏิบัติ สามารถใช้ทรัพยากรเชื้อเพลิงธรรมชาติอย่างประหยัด มีประสิทธิภาพ พร้อมกับมุ่งเน้น การลดมลภาวะให้ได้มากที่สุด อันจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน เพิ่มความมั่นคงและเสถียรภาพด้านพลังงาน ของประเทศสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติด้านพัฒนาความมั่นคงพลังงานของประเทศ และส่งเสริมการใช้พลังงาน ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ที่มีวิสัยทัศน์ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อยกระดับมาตรฐานการประกอบกิจการถ่านหินของผู้ประกอบการให้เป็นที่ยอมรับเพิ่มขึ้น

1.2.2 เพื่อให้หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง สามารถนำมาตรฐานที่จัดทำ ไปใช้ช่วยกำหนดนโยบายการส่งเสริม การใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

1.2.3 เพื่อส่งเสริมให้กลุ่มผู้ประกอบการโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงได้นำมาตรฐาน ด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมาปฏิบัติใช้ได้จริงและต่อเนื่อง

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 1 บทนำ

1.2.4 เพื่อกำหนดมาตรฐานเทคโนโลยีของอุปกรณ์ นำไปสู่พัฒนาการด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดียิ่งขึ้น พร้อมช่วยปลดปล่อยสารมลพิษในสถานะแวดล้อม ควบคู่ไปกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ

1.2.5 เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการใช้ถ่านหินควบคู่กับเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ ที่ปรึกษาต้องวางแผนการดำเนินการให้ครอบคลุมขอบเขตการดำเนินงานตาม TOR ข้อ 5.1 – 5.8

TOR ข้อ 5.1 จัดทำรายละเอียดแผนการดำเนินโครงการ ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนวิธีการ กิจกรรม ระยะเวลาและผู้รับผิดชอบ

TOR ข้อ 5.2 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงสำหรับนำมาประกอบในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด เช่น ชนิด คุณสมบัติและปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินที่ใช้ ขนาดหม้อน้ำ อายุหม้อน้ำ ขนาดพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้า ขนาดพื้นที่กองเก็บถ่านหิน ระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำ กังหันไอน้ำ ชุดคอนเด็นเซอร์และหอผึ่งเย็น ระบบควบคุม ประสิทธิภาพ การลดมลพิษ เป็นต้นโดยการสำรวจข้อมูลจากโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง จำนวนรวมไม่น้อยกว่า 20 แห่ง

TOR ข้อ 5.3 รวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเหมาะสมทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาแนวทางการพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพและการควบคุมมลพิษ

TOR ข้อ 5.4 จัดทำคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

TOR ข้อ 5.5 ศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

TOR ข้อ 5.6 ศึกษาแนวทางกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักร เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและการควบคุมมลพิษที่จะนำไปปฏิบัติใช้ในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

TOR ข้อ 5.7 ออกแบบและจัดทำฐานข้อมูล พร้อมเชื่อมโยงเข้ากับระบบฐานข้อมูลเชื้อเพลิงถ่านหินของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ เพื่อสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อไปได้

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 1 บทนำ

TOR ข้อ 5.8 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาข้อ 5.2 - 5.7 เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาการจัดทำร่างมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) สำหรับโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ผลผลิต (Output)

1.4.1.1 ทราบความเป็นไปได้ในการจัดทำมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

1.4.1.2 ทราบแนวทางกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักร เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง

1.4.2 ผลลัพธ์ (Outcome)

1.4.2.1 แนวทางการส่งเสริมการใช้ประโยชน์เชื้อเพลิงถ่านหินควบคู่ไปกับเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมาตรฐานสูง เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.4.2.2 มีภาพลักษณ์ที่ดีในการประกอบกิจการเชื้อเพลิงถ่านหิน ภาคประชาสังคมให้การยอมรับมากขึ้น

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินการภายใน 210 วัน นับถัดจากวันที่ลงนามในสัญญา

1.6 การส่งมอบงาน

1.6.1 รายงานเบื้องต้น โดยมีรายละเอียดแผนการดำเนินโครงการ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนวิธีการ กิจกรรม ระยะเวลา และผู้รับผิดชอบ ทั้งหมดตลอดโครงการ จำนวน 5 ชุด ภายใน 30 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

1.6.2 รายงานความก้าวหน้า โดยมีรายละเอียดผลการศึกษารอบคลุมผลการดำเนินงานตามขอบเขตการดำเนินงานตามข้อ 5.2 – 5.4 จำนวน 5 ชุด ภายใน 150 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

1.6.3 รายงานผลการศึกษฉบับสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดผลการศึกษารอบคลุมการดำเนินงานตามข้อ 5.2 – 5.8 จำนวน 5 ชุด รวมถึงนำเสนอในรูปแบบวิดีโอสั้น ๆ ภายใน 210 วัน นับถัดจากวันที่ลงนามในสัญญา

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 1 บทนำ

พร้อมยูเอสบีแฟลชไดรฟ์ (USB Flash Drive) บรรจุข้อมูลผลการศึกษาทั้งหมด ในรูปแบบของ Word Document/ Excel/Power Point และ PDF File หรืออื่นๆ จำนวน 1 ชุด

1.7 ระยะเวลาการเบิกจ่ายเงิน

กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ แบ่งจ่ายงวดเงินค่าจ้างของงานตามตารางรายละเอียดและเงื่อนไขการเบิกจ่าย ดังนี้

งวดที่	ระยะเวลา (วัน)	เงินค่าจ้าง (ร้อยละ)	เงื่อนไขการจ่ายเงิน
1	30	15	เมื่อส่งรายงานเบื้องต้น ที่มีผลงานครบถ้วนตามเงื่อนไขการส่งมอบงานข้อ 1.6.1 ครบถ้วน และคณะกรรมการตรวจรับพัสดุในงานจ้างที่ปรึกษาตรวจรับเรียบร้อยแล้ว
2	150	40	เมื่อส่งรายงานความก้าวหน้า ที่มีผลงานครบถ้วนตามเงื่อนไขการส่งมอบงานข้อ 1.6.2 ครบถ้วน และคณะกรรมการตรวจรับพัสดุในงานจ้างที่ปรึกษาตรวจรับเรียบร้อยแล้ว
3	210	45	เมื่อส่งรายงานผลการศึกษฉบับสมบูรณ์ ที่มีผลงานครบถ้วนตามเงื่อนไขการส่งมอบงานข้อ 1.6.3 ครบถ้วน และคณะกรรมการตรวจรับพัสดุในงานจ้างที่ปรึกษาตรวจรับเรียบร้อยแล้ว

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 2 แผนการดำเนินงานและการจัดส่งรายงาน

บทที่ 2

แผนการดำเนินงานและการจัดส่งรายงาน

เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ที่ปรึกษาจึงได้จัดทำแผนการดำเนินงานและแผนการส่งรายงานตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ ให้กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ (ชธ.) ได้รับทราบถึงความก้าวหน้าสถานะผลการดำเนินงาน และผลสำเร็จของโครงการ โดยมีรายละเอียดแผนการดำเนินงานและแผนการจัดส่งรายงาน ดังนี้

2.1 แผนการดำเนินงานและการจัดส่งรายงาน

เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการ และสามารถติดตามความก้าวหน้าพร้อมทั้งวางแผนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนได้ ที่ปรึกษาจึงได้ดำเนินการจัดทำแผนการดำเนินงานโครงการโดยสรุปดัง **ตารางที่ 2-1**

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 2 แผนการดำเนินงานและการจัดส่งรายงาน

ตารางที่ 2-1 แผนการดำเนินงานและการจัดส่งรายงาน

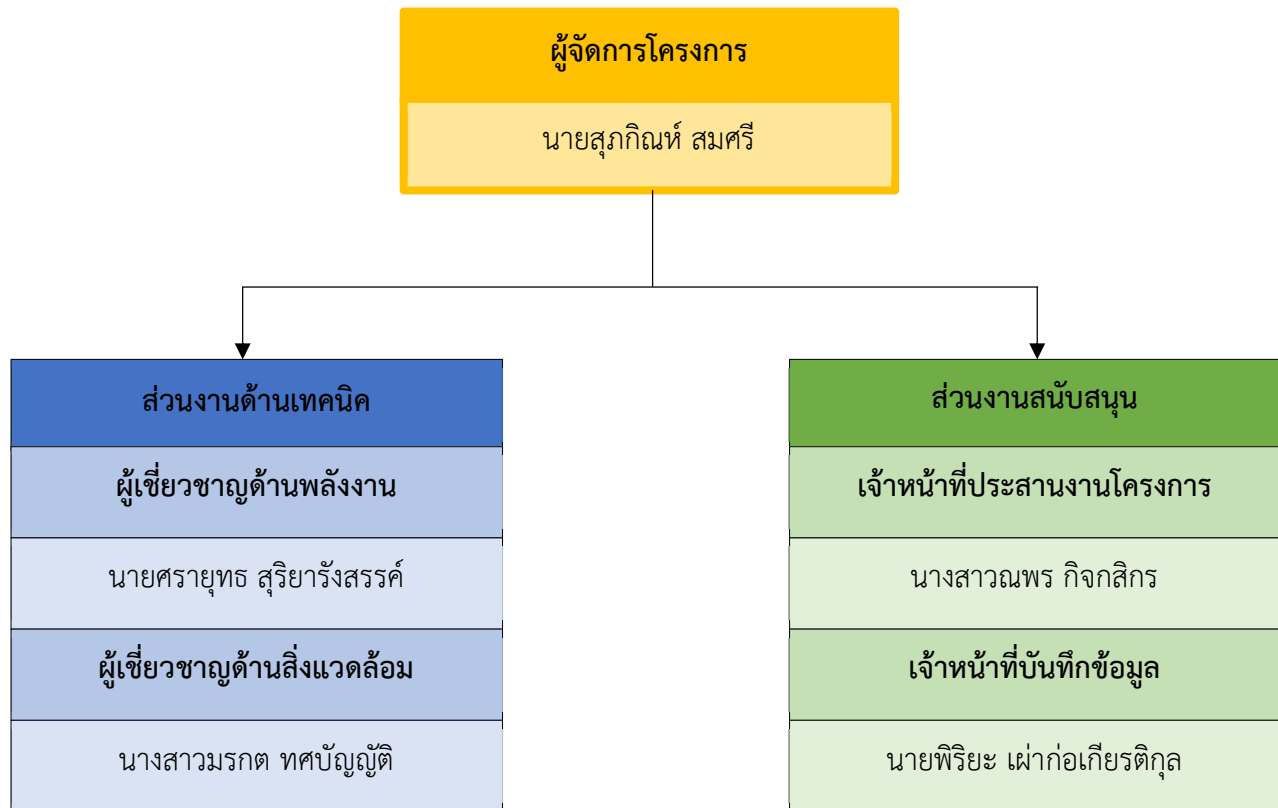
กิจกรรม/เดือน	มี.ค. 64	เม.ย. 64	พ.ค. 64	มิ.ย. 64	ก.ค. 64	ส.ค. 64	ก.ย. 64
กิจกรรมที่ 1 จัดทำรายละเอียดแผนการดำเนินโครงการ ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนวิธีการ กิจกรรม ระยะเวลา และผู้รับผิดชอบ (TOR 5.1)							
กิจกรรมที่ 2 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงสำหรับนำมาประกอบในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (TOR 5.2)							
กิจกรรมที่ 3 รวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเหมาะสมทั้งในประเทศและต่างประเทศ (TOR 5.3)							
กิจกรรมที่ 4 จัดทำคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) (TOR 5.4)							
กิจกรรมที่ 5 ศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) (TOR 5.5)							
กิจกรรมที่ 6 ศึกษาแนวทางกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรที่จะนำไปปฏิบัติใช้ในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) (TOR 5.6)							
กิจกรรมที่ 7 ออกแบบและจัดทำฐานข้อมูล พร้อมเชื่อมโยงเข้ากับระบบฐานข้อมูลเชื้อเพลิงถ่านหินของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ เพื่อสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อไปได้ (TOR 5.7)							

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 2 แผนการดำเนินงานและการจัดสร้างรายงาน

กิจกรรม/เดือน	มี.ค. 64	เม.ย. 64	พ.ค. 64	มิ.ย. 64	ก.ค. 64	ส.ค. 64	ก.ย. 64
กิจกรรมที่ 8 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาข้อ 5.2-5.7 เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาการจัดทำร่างมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) (TOR 5.8)							
การจัดส่งรายงาน							
รายงานเบื้องต้น							
รายงานความก้าวหน้า							
รายงานผลการศึกษฉบับสมบูรณ์							

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 2 แผนการดำเนินงานและการจัดสร้างงาน

2.2 โครงสร้างการบริหารงานโครงการฯ



รูปที่ 2-1 โครงสร้างการบริหารโครงการ

1) ผู้จัดการโครงการ : นายสุกสิทธิ์ สมศรี

หน้าที่ความรับผิดชอบ

รับผิดชอบดำเนินโครงการทั้งหมดและบริหารโครงการให้บรรลุวัตถุประสงค์ของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

- วางแผนการดำเนินงานโครงการฯ
- บริหารโครงการให้บรรลุวัตถุประสงค์ ควบคุมการปฏิบัติงานของคณะทำงานให้ได้ ตามแผนและข้อกำหนดในการดำเนินงาน
- ตรวจสอบการจัดทำแผนการดำเนินโครงการ ขั้นตอนวิธีการ กิจกรรม ระยะเวลาและผู้รับผิดชอบ
- ตรวจสอบ และ/หรือ กำกับดูแลการดำเนินงาน รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงสำหรับนำมาประกอบในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด เช่น ชนิด คุณสมบัติและปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินที่ใช้ ขนาดหม้อน้ำ อายุหม้อน้ำ ขนาดพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 2 แผนการดำเนินงานและการจัดส่งรายงาน

หรือโรงไฟฟ้า ขนาดพื้นที่กองเก็บถ่านหิน ระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำ กังหันไอน้ำ ชุดคอนเด็นเซอร์และหอผึ่งเย็น ระบบควบคุม ประสิทธิภาพ การลดมลพิษ เป็นต้น โดยการสำรวจข้อมูลจากโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง จำนวนรวมไม่น้อยกว่า 20 แห่ง

- ตรวจสอบ และ/หรือ กำกับดูแลการดำเนินงาน รวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเหมาะสมทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาแนวทางการพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพและการควบคุมมลพิษ
- ตรวจสอบ และ/หรือ กำกับดูแลการดำเนินงาน ออบแบบและจัดทำฐานข้อมูล
- ตรวจสอบและ/หรือ กำกับดูแลการดำเนินงาน การจัดทำร่างมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) สำหรับโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง
- ศึกษา และวิเคราะห์ปัญหา/อุปสรรค ที่เกิดขึ้นต่อการดำเนินงาน เพื่อเสนอแนวทางการขยายผลโครงการในอนาคต
- ควบคุมและบริหารงบประมาณโครงการ ตลอดจนการจัดทำรายงานการเบิกจ่ายและรายงานความก้าวหน้าในการดำเนินงานโครงการ
- รายงานความก้าวหน้าในการดำเนินโครงการต่อ กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน: นายศรายุทธ สุริยารังสรรค์

หน้าที่รับผิดชอบ

- สนับสนุนการดำเนินงานของผู้จัดการโครงการให้การดำเนินโครงการฯ เป็นไปตามเป้าประสงค์ของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ
- เป็นผู้นำในการปฏิบัติงาน รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงสำหรับนำมาประกอบในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด เช่น ชนิดคุณสมบัติและปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินที่ใช้ ขนาดหม้อน้ำ อายุหม้อน้ำ ขนาดพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้า ขนาดพื้นที่กองเก็บถ่านหิน ระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำ กังหันไอน้ำ ชุดคอนเด็นเซอร์และหอผึ่งเย็น ระบบควบคุม ประสิทธิภาพ เป็นต้น โดยการสำรวจข้อมูลจากโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง จำนวนรวมไม่น้อยกว่า 20 แห่ง

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 2 แผนการดำเนินงานและการจัดสร้างงาน

- ศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)
- ศึกษาแนวทางกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักร เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและการควบคุมมลพิษที่จะนำไปปฏิบัติใช้ในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม: นางสาวมรกต ทศบัญญัติ

- สนับสนุนการดำเนินงานของผู้จัดการโครงการให้การดำเนินโครงการฯ เป็นไปตามเป้าประสงค์ของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ
- เป็นผู้นำในการปฏิบัติงาน รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงสำหรับนำมาประกอบในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในด้านสิ่งแวดล้อม เช่น เทคโนโลยีการลดมลพิษการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงถ่านหิน เทคโนโลยีการลดมลพิษของเชื้อเพลิงถ่านหินก่อนเข้าห้องเผาไหม้ เป็นต้น
- ร่วมกำหนดศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)
- ร่วมกำหนดศึกษาแนวทางกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักร เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและการควบคุมมลพิษที่จะนำไปปฏิบัติใช้ในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology)

4) เจ้าหน้าที่ประสานงานโครงการ: นางสาวณพร กิจกลีกร

- จัดเตรียมเอกสารต่าง ๆ ในการติดต่อประสานงาน
- ติดต่อประสานงานกับ กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ ผู้จัดการโครงการ ทีมผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งสถานประกอบการที่เข้าร่วมโครงการ
- ช่วยผู้จัดการโครงการ และ/หรือ ทีมผู้เชี่ยวชาญในการบริหารโครงการให้เป็นไปตามแผนงาน จัดทำรายงานการเบิกจ่าย และรายงานความก้าวหน้าในการดำเนินโครงการ

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 2 แผนการดำเนินงานและการจัดส่งรายงาน

5) เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล: นายพิริยะ เผ่าก่อเกียรติกุล

- สนับสนุนการดำเนินงานของผู้จัดการโครงการ และ/หรือ ทีมผู้เชี่ยวชาญในการบริหารโครงการให้เป็นไปตามแผนงาน จัดทำรายงานการเบิกจ่าย และรายงานความก้าวหน้าในการดำเนินโครงการ
- บันทึกข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้าเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลโครงการ

ตารางที่ 2-2 แผนอัตรากำลังของบุคลากรหลักในโครงการ

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	เดือน							m-m
			1	2	3	4	5	6	7	
1	นายสุภกิณห์ สมศรี	ผู้จัดการโครงการ	■	■	■	■	■	■	■	2
2	นายศรายุทธ สุริยารังสรรค์	ผู้เชี่ยวชาญด้านอนุรักษ์พลังงาน			■	■	■	■		4
3	น.ส.มรกต ทศบัญญัติ	ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม			■	■	■	■		4
4	น.ส.ณพร กิจกสิกร	เจ้าหน้าที่ประสานงาน	■	■	■	■	■	■	■	7
5	นายพิริยะ เผ่าก่อเกียรติกุล	เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล	■	■	■	■	■	■	■	7

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 3 ถ่านหินและการนำไปใช้ประโยชน์
--	--

บทที่ 3

ถ่านหินและการใช้ประโยชน์

3.1 ถ่านหินและการเกิดถ่านหิน

ถ่านหิน เป็นหินตะกอนสีดำหรือน้ำตาลอมดำที่ติดไฟได้ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนและไฮโดรคาร์บอนค่อนข้างสูง ถ่านหินจัดเป็นแหล่งพลังงานใช้แล้วหมดไปหรือพลังงานสิ้นเปลือง (Non-Renewable Energy Resource) เนื่องจากต้องใช้เวลากว่าล้านปีในการก่อตัวของถ่านหิน โดยถ่านหินประกอบด้วยพลังงานของซากพืชที่ได้ถูกกักเก็บไว้หลายล้านปี จากการถูกชั้นของดินและหินปกคลุมทับถมกันส่งผลให้เกิดแรงดันและความร้อนที่เกิดภายใต้ชั้นดังกล่าวกลายเป็นถ่านหินในเวลาต่อมา [1]

ถ่านหินก่อตัวขึ้นจากการสะสมของเศษซากพืช มักอยู่ในสภาพแวดล้อมหนองบึงหรือแอ่งน้ำขนาดใหญ่ โดยธรรมชาติเมื่อพืชตายลงจะเกิดการทับถมกันและเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายตามธรรมชาติ แต่ในบางครั้งการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติส่งผลทำให้กระบวนการย่อยสลายตามธรรมชาติได้หยุดชะงักลงอันเนื่องมาจากการทับถมที่มากขึ้นของซากพืชส่งผลให้เกิดการทรุดตัวของแผ่นดินหรือระดับน้ำในบริเวณนั้นสูงขึ้น ทำให้ซากพืชที่ได้ทับถมกันจมลงสู่ใต้ระดับน้ำ และถูกปิดทับด้วยตะกอนหินดินทรายที่ถูกพัดมาโดยกระแสน้ำ เมื่อเกิดการทับถมขึ้นในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อย ซากพืชเหล่านั้นจะถูกบีบอัดโดยน้ำหนักของตะกอน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการสะสมของความร้อนที่เพิ่มขึ้นในชั้นของซากพืชที่ถูกการทับถมจนเกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นจนซากพืชเหล่านั้นกลายเป็นถ่านหินในที่สุด



รูปที่ 3-1 ภาพจำลองการเกิดถ่านหิน [2]

การทับถมของซากพืชจนเกิดปฏิกิริยาเป็นถ่านหินนั้นใช้เวลานานมาก ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าวสำหรับการทับถมของซากพืชระดับน้ำในบึงต้องคงที่ หากน้ำล้นเกินไปซากพืชในหนองน้ำจะจมน้ำระดับที่ล้นเกินไป และถ้าไม่มีน้ำปกคลุมซากพืชก็จะเน่าเปื่อยเกินไป จนไม่สามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีสำหรับการสร้างถ่านหินได้ ดังนั้นในการสร้างชั้นของถ่านหินต้องรักษาสภาพที่เหมาะสมของความลึกของน้ำที่สมบูรณ์แบบเป็นเวลานาน ซึ่งโดยทั่วไป การสร้างชั้นของถ่านหินนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ภายใต้หนึ่งในสองเงื่อนไขได้แก่

- 1) ระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับอัตราการทับถมของซากพืชอย่างสมบูรณ์แบบ หรือ
- 2) ภูมิทัศน์ที่ทรุดโทรมซึ่งสอดคล้องกับอัตราการทับถมของซากพืชอย่างสมบูรณ์แบบ

ชั้นถ่านหินส่วนใหญ่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่ 2) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมพื้นที่สันดอนบนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ตะกอนแม่น้ำจำนวนมากจะถูกทับถมไว้บนพื้นที่เหล่านี้และน้ำหนักของตะกอนจะส่งผลทำให้เกิดการทรุดตัวของสันดอน เพื่อให้เกิดชั้นของถ่านหินในสภาวะที่สมบูรณ์แบบนั้น การทับถมของซากพืชและสภาวะการทรุดตัวที่สมบูรณ์แบบจะต้องเกิดขึ้นบนภูมิประเทศที่รักษาสมดุลที่สมบูรณ์แบบนี้ไว้เป็นเวลานานมากจนสามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างซากพืชที่ถูกทับถมกันภายในใต้ดินภูมิและความดันที่เหมาะสมจนเกิดชั้นของถ่านหินที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

3.2 การแบ่งประเภทของถ่านหิน

ถ่านหินเป็นแร่ที่เปราะบางเมื่อเทียบกับแร่อื่นๆ เนื่องจากเกิดจากการที่ซากพืชทำปฏิกิริยาร่วมกับความร้อนและแรงกดดันจากการฝังจนทำให้องค์ประกอบและคุณสมบัติของถ่านหินเปลี่ยนไปตามแต่ละระยะเวลาและปริมาณซากพืชที่ถูกทับถม ส่งผลให้เกิดการแบ่งประเภทของถ่านหินตามลำดับขั้นของการเกิดถ่านหินขึ้นมา โดยถ่านหินแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติและค่าความร้อนที่แตกต่างกันซึ่งสามารถแยกประเภทของถ่านหินตามองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 3-1[3]

ตารางที่ 3-1 ประเภทของถ่านหินแยกตามองค์ประกอบทางเคมี [3]

อันดับ	คุณลักษณะจำเพาะ
พีท	พีทเป็นขั้นแรกในกระบวนการเกิดของถ่านหิน มวลของซากพืชที่สะสมจนถึงคาร์บอนบางส่วนนั้นจะใช้เวลาระยะสั้นเมื่อเทียบกับ โดยพีทเป็นตะกอนอินทรีย์ที่เกิดจาก การฝัง การบดอัด และการหลอมรวมกันจนใกล้เคียงกลายเป็นถ่านหิน โดยมีค่าความร้อนประมาณ 6,500 BTU/ปอนด์ และมีปริมาณคาร์บอนน้อยกว่า 60% ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Dry ash-free basis.
ลิกไนต์	ลิกไนต์เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำที่สุด ซึ่งเกิดจากพีทที่ถูกทับถมและบดอัดโดยใช้เวลานานขึ้นจนแปรสภาพเป็นแร่หิน ลิกไนต์เป็นถ่านหินสีน้ำตาลดำ มีค่าความร้อนน้อยกว่า 8,300 BTU/ปอนด์ และมีปริมาณคาร์บอนระหว่าง 60 ถึง 70% % ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Dry ash-free basis ซึ่งในยุโรป ออสเตรเลีย และสหราชอาณาจักร ลิกไนต์จะถูกเรียกว่า "ถ่านหินสีน้ำตาล (Brown Coal)"
ซับบิทูมินัส	ซับบิทูมินัสเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพสูงกว่าลิกไนต์ โดยเป็นถ่านหินที่เป็นลิกไนต์ที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ในระดับที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้ได้กำจัดออกซิเจนและไฮโดรเจนบางส่วนในถ่านหินออกไป การสูญเสียออกซิเจนและไฮโดรเจนนั้น ทำให้เกิดถ่านหินที่มีค่าความร้อนที่ 8,300 ถึง 13,000 BTU/ปอนด์ และมีปริมาณคาร์บอนสูงกว่า 71 ถึง 77% ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Dry ash-free basis ซึ่งถ่านหินซับบิทูมินัส สามารถแยกออกเป็นประเภทย่อยตามค่าความร้อนถ่านหิน ได้แก่ ซับบิทูมินัส A ซับบิทูมินัส B และซับบิทูมินัส C
บิทูมินัส	บิทูมินัสเป็นถ่านหินที่มีปริมาณมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 50% ของถ่านหินที่ผลิตในโลก ถ่านหินบิทูมินัสเกิดขึ้นจากถ่านหินประเภทซับบิทูมินัส

อันดับ	คุณลักษณะจำเพาะ
	อยู่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในระดับที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าความร้อนที่ระหว่าง 13,000 – 14,340 BTU/ปอนด์ และมีปริมาณคาร์บอนระหว่าง 77 ถึง 87% ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Dry ash-free basis ซึ่งถ่านหินบิทูมินัส สามารถแยกออกเป็นประเภทย่อย ตามองค์ประกอบของสารระเหยง่ายที่ปะปนอยู่ในถ่านหิน ได้แก่ บิทูมินัสสารระเหยง่ายระดับต่ำ บิทูมินัสที่มีสารระเหยง่ายระดับกลาง และบิทูมินัสที่มีสารระเหยง่ายระดับสูง โดยถ่านหินบิทูมินัส มักถูกเรียกว่า "ถ่านหินอ่อน"
แอนทราไซต์	แอนทราไซต์เป็นถ่านหินที่ถูกจัดลำดับสูงสุด ต่างจากถ่านหินประเภทอื่นๆ ที่จะมีคุณสมบัติเป็นหินตะกอน แต่สำหรับแอนทราไซต์ มีคุณสมบัติเป็นหินแปร โดยมีค่าความร้อนที่มากกว่า 15,000 BTU/ปอนด์ และมีปริมาณคาร์บอนมากกว่า 87% ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Dry ash-free basis แอนทราไซต์สามารถแบ่งย่อยตามปริมาณคาร์บอน ได้แก่ เซมิแอนทราไซต์ (Semi Anthracite) แอนทราไซต์ (Anthracite) และเมตาแอนทราไซต์ (Meta Anthracite) แอนทราไซต์ มักถูกเรียกว่า "ถ่านหินแข็ง"





รูปที่ 3-2 ลักษณะทางกายภาพของถ่านหินของแต่ละประเภท [3]

3.3 การใช้ประโยชน์ของถ่านหิน

ถ่านหินถูกนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานมาอย่างยาวนาน โดยในอดีตจนถึงปัจจุบันถือเป็นแหล่งพลังงานความร้อนหลักที่ใช้ในภาคการผลิตไฟฟ้าโดยมีสัดส่วนการเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าประมาณ 41% ของเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ผลิตไฟฟ้าในโลก เนื่องจากมีราคาถูก สามารถจัดหาได้ และมีปริมาณสำรองที่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ การใช้ถ่านหินสำหรับผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าทั่วไป จะใช้ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหิน นำมาต้มน้ำให้เกิดไอน้ำในอุปกรณ์หม้อน้ำ (Steam Boiler) ไอน้ำที่เกิดจากอุปกรณ์หม้อน้ำจะส่งไอน้ำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) และทำการผลิตไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ต่อไป

นอกเหนือจากการใช้ถ่านหินสำหรับผลิตไฟฟ้าแล้ว ถ่านหินยังเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรม โดยมีทั้งรูปแบบการให้ความร้อนโดยตรงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินผ่านอุปกรณ์เตาเผา อุตสาหกรรมที่ต้องการความร้อนสูงมาก ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้มักจะ ได้แก่ อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมปูนขาว อุตสาหกรรมผลิตแอสฟัลท์ เป็นต้น และยังมีการใช้ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอุปกรณ์หม้อน้ำ โดยอุตสาหกรรมดังกล่าวต้องการความร้อนในระดับปานกลาง และต้องการแรงดันไอน้ำเพื่อไปใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมต่อไป อุตสาหกรรมดังกล่าวมักพบได้ทั่วไป อาทิ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น

มากกว่านั้น ถ่านหินยังถือวัตถุดิบสำหรับเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ โดยผ่านกระบวนการให้ความร้อนและแรงดันสูงส่งผลให้เกิดก๊าซ น้ำมันดิน และสารอื่นๆ ที่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการของอุตสาหกรรม อาทิ อุตสาหกรรมผลิตพลาสติก หลัซคา ยางสังเคราะห์ ยาฆ่าแมลง ผลิตภัณฑ์สี ตัวทำละลายและเส้นใยสังเคราะห์ นอกจากนี้ยังมีการนำถ่านหินไปผ่านกระบวนการเพิ่มคุณภาพถ่านหินให้อยู่ในรูปของถ่านโค้ก (Coke) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ให้ความร้อนสูงเพื่อเหมาะสมแก่อุตสาหกรรมที่ต้องการความร้อนที่สูงมาก

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 3 ถ่านหินและการนำไปใช้ประโยชน์
--	--

3.3.1 การใช้ประโยชน์ของถ่านหินในประเทศไทย

การใช้ถ่านหินในประเทศไทยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักตามภาคอุตสาหกรรมได้แก่

1. ภาคการผลิตไฟฟ้า เป็นภาคที่มีการใช้ปริมาณถ่านหินมากที่สุดในประเทศไทย โดยส่วนใหญ่จะใช้ถ่านหินในประเทศหรือถ่านหินชนิดลิกไนต์ที่มีการผลิตในแถบแม่เมาะและกระบี่ ซึ่งอีกบางส่วนจะเป็นการใช้ถ่านหินนำเข้า ที่มีคุณภาพและความร้อนที่ดีกว่าในประเทศ อาทิ ประเภทบิทูมินัสและซับบิทูมินัส การใช้ถ่านหินนั้นมักจะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยการเป็นเชื้อเพลิงให้แก่อุปกรณ์หม้อน้ำ เกิดการแลกเปลี่ยนกับน้ำในอุปกรณ์หม้อน้ำเกิดเป็นไอน้ำที่มีแรงดันสูง หลังจากนั้นไอน้ำที่มีแรงดันสูงจะนำไปขับเคลื่อนกังหันผลิตไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป



รูปที่ 3-3 อุปกรณ์และวิธีการเบื้องต้นสำหรับการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน [4]

โดยในภาคการผลิตไฟฟ้ามีโรงไฟฟ้าที่มีการใช้ถ่านหินทั้งสิ้น 25 แห่ง เป็นโรงงานที่ใช้ถ่านหินประเภทลิกไนต์จำนวน 1 แห่ง ซึ่งเป็นของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และอีก 24 แห่ง เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิง [5]

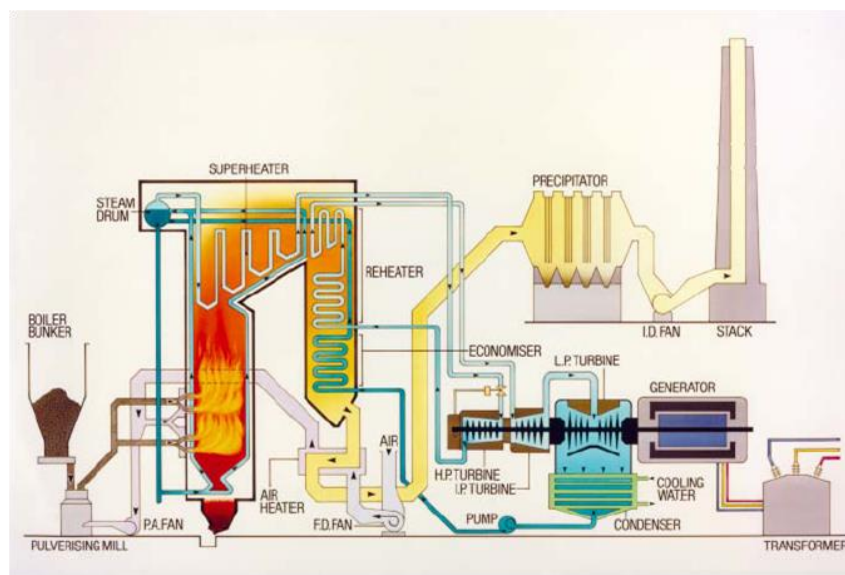
2. การใช้ในภาคอุตสาหกรรม ในภาคอุตสาหกรรมนั้น มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงอย่างแพร่หลาย ทั้งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้จะนิยมใช้ถ่านหินทั้งประเภทลิกไนต์และบิทูมินัส หรือซับบิทูมินัส ในกระบวนการผลิต ซึ่งในภาคอุตสาหกรรมมีโรงงานที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำในกระบวนการผลิตมีจำนวนทั้งสิ้น 285 แห่ง กระจายตัวในแต่ละภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยสามารถแยกประเภทการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงแยกตามอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการดังนี้

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 3 ถ่านหินและการนำไปใช้ประโยชน์

1) กลุ่มอุปกรณ์หม้อน้ำ การใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในอุปกรณ์หม้อน้ำนั้น อุตสาหกรรมมักต้องการความร้อนและแรงดันไอน้ำในกระบวนการผลิต มักจะเป็นอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งกระบวนการผลิตไอน้ำนั้นเหมือนกระบวนการผลิตในภาคการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า โดยกระบวนการผลิตไอน้ำในอุปกรณ์หม้อน้ำนั้นจะประกอบไปด้วย

- พื้นที่เก็บเชื้อเพลิง สำหรับเชื้อเพลิงถ่านหินนั้น พื้นที่เก็บเชื้อเพลิงจะเป็นอาคารหรือพื้นที่ลานโล่งทั่วไปสำหรับเก็บเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงที่เก็บนั้นจะเป็นรูปแบบก้อนที่เป็นขนาดประมาณ 5-10 เซนติเมตร โดยมักจะประสบปัญหาเรื่องความชื้นของเชื้อเพลิง แต่ถ้าหากเป็นรูปแบบเชื้อเพลิงบดละเอียดที่มีขนาดประมาณ 125 ไมครอน จะถูกเก็บในไซโลหรืออุปกรณ์เก็บรักษาแบบปิดที่มีการควบคุมความชื้นที่ดีกว่า ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงถ่านหิน

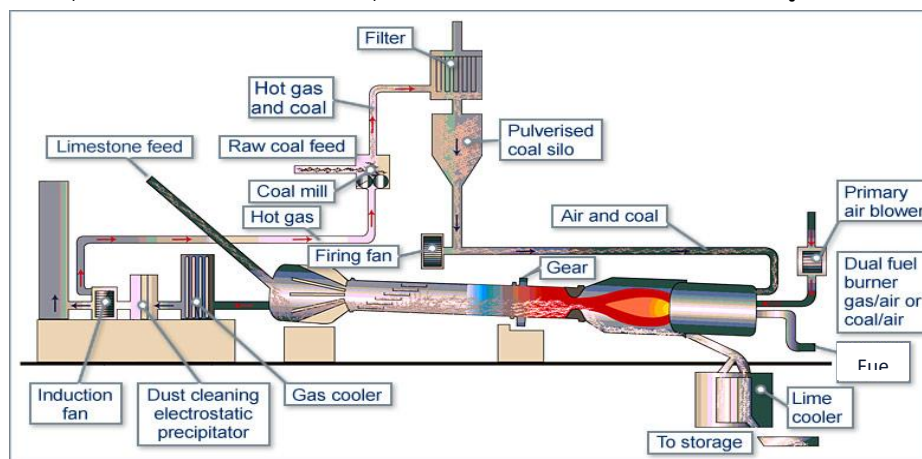
- อุปกรณ์ลำเลียงเชื้อเพลิง ในการลำเลียงถ่านหินเข้าสู่ห้องเผาไหม้ สำหรับถ่านหินในรูปแบบก้อนจะใช้สายพานลำเลียงเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยอาจจะมีอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นจากการลำเลียงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโรงงานที่ใช้งาน แต่สำหรับถ่านหินรูปแบบบดละเอียดจะใช้ท่อระบบปิดต่อจากไซโลเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยตรง ทำให้ไม่เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นจากการลำเลียงเชื้อเพลิง ซึ่งรูปแบบลำเลียงของถ่านหินจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ 1. ระบบสโตกเกอร์สำหรับรูปแบบถ่านหินก้อน ซึ่งจะใช้สายพานลำเลียงเข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยตรง รูปแบบนี้จะนิยมมากที่สุดแต่ประสิทธิภาพการเผาไหม้ค่อนข้างต่ำ 2. ระบบพัลเวอร์ไรซ์สำหรับรูปแบบถ่านหินบดละเอียด จะใช้พัดลมในการเป่าถ่านหินในรูปบดละเอียดแล้วเข้าสู่เตาเผา ซึ่งรูปแบบนี้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีกว่ารูปแบบแรกเป็นอย่างมาก



รูปที่ 3-4 โรงงานที่ใช้ระบบ Pulverized ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินในอุปกรณ์หม้อน้ำ [6]

- อุปกรณ์หม้อน้ำ โดยอุปกรณ์หม้อน้ำสำหรับใช้เชื้อเพลิงถ่านหินนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ประเภทท่อไฟ ประเภทท่อน้ำ ประเภทผสม และประเภทท่อน้ำตั้ง ซึ่งลักษณะประเภทหม้อน้ำที่จะนำมาใช้งานขึ้นอยู่กับขนาดและความเหมาะสมของอุตสาหกรรมนั้นๆ

2) กลุ่มอุปกรณ์เตาเผาอุตสาหกรรม การใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในอุปกรณ์เตาเผาอุตสาหกรรมนั้นมักต้องการความร้อนที่สูงมาก โดยอุปกรณ์สำหรับกระบวนการผลิตสำหรับเตาเผานั้นจะเหมือนกับกลุ่มอุปกรณ์หม้อน้ำ เพียงแต่เปลี่ยนจากหม้อน้ำเป็นเตาเผาอุตสาหกรรม โดยเตาเผาอุตสาหกรรมนั้นมักจะนิยมใช้อุตสาหกรรมประเภทปูนซีเมนต์ ปูนขาว อุตสาหกรรมแอสฟัลท์ และอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ต้องการความร้อนสูง



รูปที่ 3-5 โรงงานที่ใช้ระบบ Pulverized ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินในอุปกรณ์เตาเผาอุตสาหกรรม [7]

3.4 สถานการณ์การใช้พลังงานทั่วโลก

ปี 2019 ทุกประเทศมีความต้องการใช้พลังงานทั้งสิ้น 14,285 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อปี โดยน้ำมันเป็นเชื้อเพลิงที่มีการใช้มากที่สุด รองลงมาคือ ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติที่ 4,512 3,762 และ 3,320 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมีความต้องการเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วที่ 0.9% โดยทุกประเภทเชื้อเพลิงมีอัตราการเติบโตที่สูงขึ้นยกเว้นเชื้อเพลิงถ่านหิน อันเนื่องมาจากสภาพทางเศรษฐกิจ ราคาน้ำมันและก๊าซธรรมชาติที่ลดลง และความกังวลต่อสภาพภูมิอากาศของนานาประเทศ [8]

ตารางที่ 3-2 แสดงการใช้พลังงานของทุกประเทศทั่วโลกแยกตามประเภทเชื้อเพลิง ปี 2019 [8]

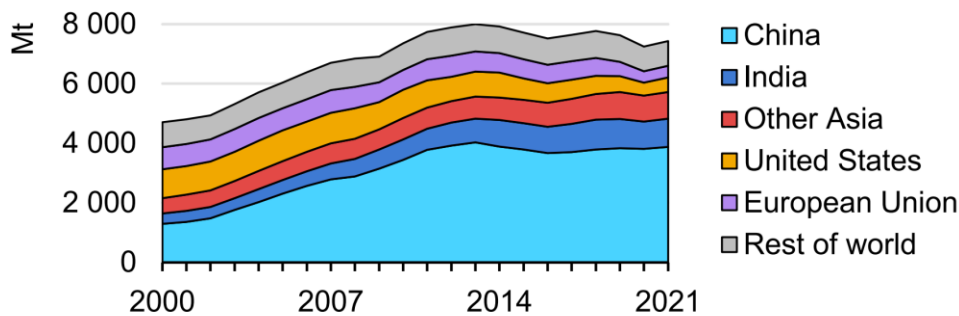
	Energy Demand (Mtoe)	Growth rate (%)	Shares (%)	
	2019	2018-19	2000	2019
Total Primary Energy Demand	14 385	0.9%	100%	100%
Coal	3 762	-1.7%	23%	26%
Oil	4 512	0.7%	37%	31%
Gas	3 320	1.8%	21%	23%
Nuclear	732	3.3%	7%	5%
Hydro	373	2.4%	2%	3%
Biomass and waste	1 362	2.2%	10%	9%
Other renewables	326	12.2%	1%	2%

3.5 สถานการณ์ความต้องการใช้ถ่านหินทั่วโลก

จากรายงานการใช้ถ่านหินทั่วโลกพบว่าในปี 2019 มีการใช้ถ่านหินทั้งสิ้น 7,627 ล้านตันต่อปี คิดเป็น 3,762 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยลดลงจากปีที่แล้ว 1.7% โดยที่ในภาคการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินมีการใช้ลดลงเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา แต่มีการใช้ถ่านหินในภาคอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งมีการคาดการณ์ว่าจะมีการใช้ลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงปี 2020 ที่ 7,243 ล้านตันต่อปี อันเนื่องจากภาวะความต้องการการใช้ไฟฟ้าลดลงจากผลกระทบเศรษฐกิจและการระบาดของ COVID-19 รวมถึงค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่มีแนวโน้มถูกลง [9]

จากการคาดการณ์ของ IMF World Economic Outlook ที่คาดว่า สถานการณ์มีแนวโน้มที่ดีขึ้นจากภาวะเศรษฐกิจและโรคระบาด โดย GDP ทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นที่ 5.2% ในปี 2021 ซึ่งจะส่งผลให้มีการบริโภคถ่านหินเพิ่มมากขึ้น 2.6% คิดเป็นการใช้ถ่านหินทั้งสิ้น 7,432 ล้านตันต่อปี ซึ่งภูมิภาคที่มีการใช้เพิ่มขึ้นได้แก่ จีน อินเดีย และประเทศตะวันออกเฉียงใต้ เช่นเดียวกันกับในส่วนของภูมิภาคยุโรปและอเมริกาที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานมากขึ้นจากสถานการณ์เศรษฐกิจที่กลับมาดีขึ้นและราคาของก๊าซธรรมชาติที่สูงขึ้น ส่งผลให้มีการใช้ถ่านหินเพิ่มมากขึ้น [9]

Global coal consumption by region, 2000-2021

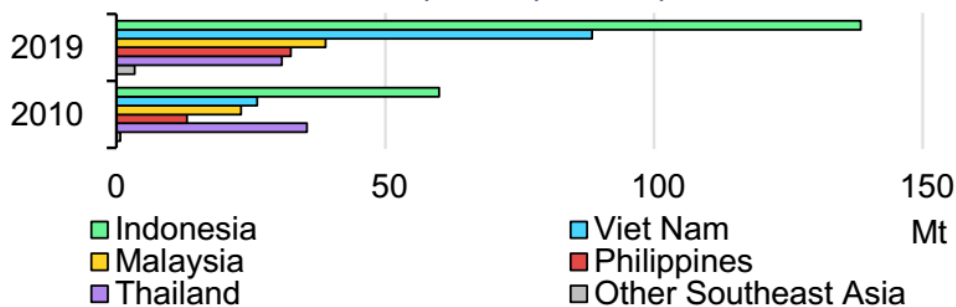


รูปที่ 3-6 ปริมาณการใช้ถ่านหินแบ่งตามภูมิภาคตั้งแต่ปี 2000-2021 [9]

3.5.1 สถานการณ์การใช้ถ่านหินในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ความต้องการถ่านหินในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพิ่มมากกว่าเท่าตัว อันเนื่องมาจากอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศในแถบนี้ที่เพิ่มสูงขึ้น โดยในปี 2019 มีความต้องการใช้ถ่านหินทั้งสิ้น 332 ล้านตันต่อปี โดยประเทศที่มีการใช้มากที่สุดคือ อินโดนีเซียและเวียดนาม สัดส่วนที่ 42% และ 27% ตามลำดับ โดยสำหรับประเทศไทยมีความต้องการใช้ถ่านหินเป็นอันดับ 5 ของภูมิภาคเฉลี่ยที่ประมาณ 30 ล้านตันต่อปี [9]

Southeast Asia coal consumption by country, 2010 and 2019



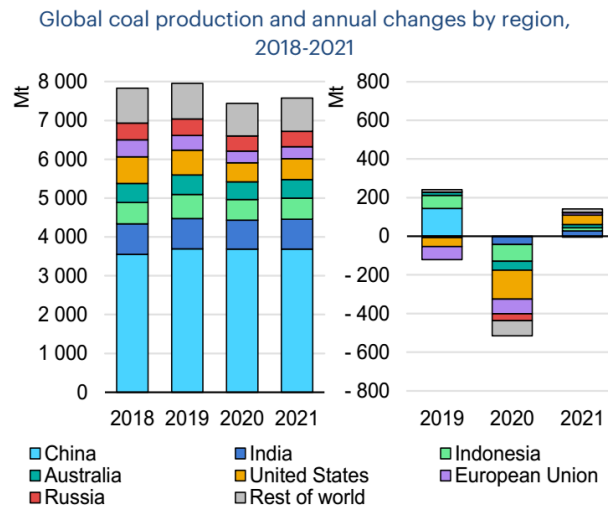
IEA 2020. All rights reserved.

รูปที่ 3-7 ปริมาณการใช้ถ่านหินแยกตามประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ปี 2010 และ 2019 [9]

3.6 สถานการณ์การผลิตถ่านหินทั่วโลก

ปี 2019 มีการผลิตถ่านหินเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วที่ 1.5% ที่ 7,953 ล้านตันต่อปี ซึ่งมีความแตกต่างกับความต้องการของถ่านหินของโลกที่ลดลง ซึ่งประเทศที่มีการผลิตถ่านหินมากที่สุดคือ ประเทศจีนคิดเป็น 46% ของปริมาณที่ผลิตได้ทั้งโลก ซึ่งเมื่อคิดจากภูมิภาคพบว่าภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกมีการผลิตถ่านหินมากถึง 73%

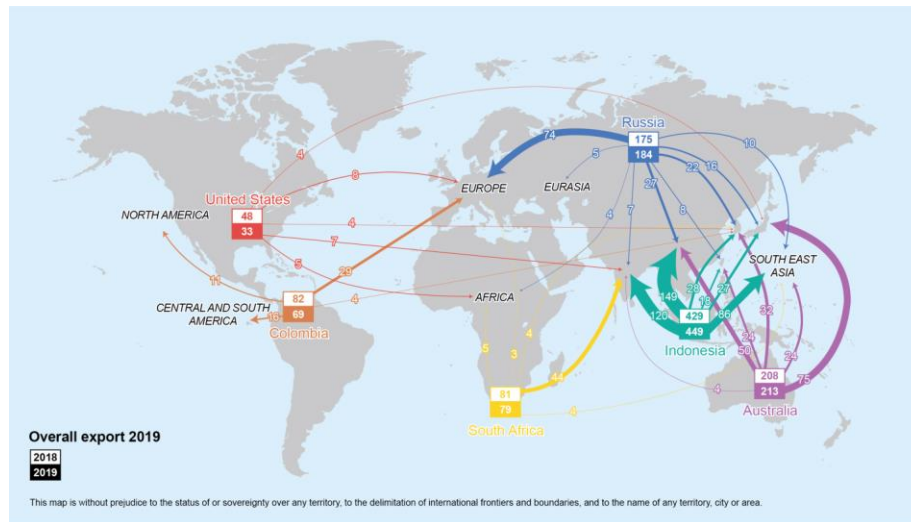
ของการผลิตถ่านหินทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ประเทศจีน อินเดีย และออสเตรเลีย ซึ่งคาดการณ์ว่าในปี 2020-2021 จะมีแนวโน้มการผลิตลดลงอันเนื่องมาจากความต้องการถ่านหินลดลงจากภาวะเศรษฐกิจและโรคระบาด COVID-19 ซึ่งคาดการณ์ว่าการผลิตถ่านหินจะอยู่ที่ 7,575 ล้านตันต่อปีในปี 2021 ตามความต้องการของผู้บริโภค [9]



รูปที่ 3-8 การผลิตถ่านหินทั่วโลกและแนวโน้มในอนาคตระหว่างปี 2018-2021 [9]

3.7 สถานการณ์การซื้อขายถ่านหินของโลก

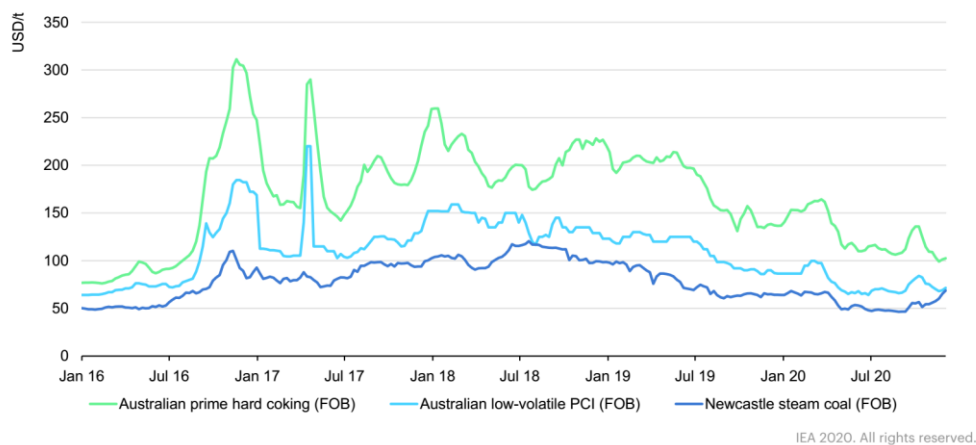
โดยทั่วไปการใช้ถ่านหินของแต่ละประเทศจะใช้ภายในกิจการภายในของประเทศนั้นๆ แต่ก็มีส่วนหนึ่งที่นำขายออกนอกประเทศในกรณีที่มีการผลิตที่สูงกว่าความต้องการภายในประเทศ โดยในปี 2019 มีการซื้อขายถ่านหินความร้อนปริมาณทั้งสิ้น 1,093 ล้านตันต่อปี ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2018 ในปริมาณเพียงเล็กน้อย โดยประเทศอินโดนีเซียมีสัดส่วนการตลาดในการส่งออกถ่านหินมากที่สุดถึง 41% ของทั้งโลก โดยออสเตรเลียและรัสเซียมีสัดส่วนที่ 19% และ 17% ตามลำดับ [9]



รูปที่ 3-9 แสดงการส่งออกถ่านหินความร้อนทั่วโลกในปี 2019 [9]

3.7.1 สถานการณ์ราคาถ่านหินทั่วโลก

โดยทั่วไปราคาถ่านหินจะขึ้นอยู่กับภูมิภาค เกรดและคุณภาพของถ่านหินนั้น ซึ่งในช่วงต้นปี 2019 ราคาถ่านหินเชื้อเพลิงน้ำเข้าที่ค่าความร้อน (Calorific Value: CV) 6,000 kcal/kg ประมาณ 100 USD/ton และราคาตกลงมาที่ 65 USD/ton ในช่วงปลายปี 2019 และตกลงมาที่ระดับ 50 USD/ton ในช่วงกลางปี 2020 ซึ่งราคาที่ตกลงมาอันเนื่องมาจากความต้องการที่ลดลงทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคผลิตไฟฟ้า โดยคาดการณ์ว่าจะคงที่ราคานี้จนกว่าภาวะเศรษฐกิจดีขึ้น



รูปที่ 3-10 ราคาถ่านหินตามภูมิภาคของโลกในช่วงปี 2016-2020 [9]

3.8 สถานการณ์การใช้พลังงานของประเทศไทย

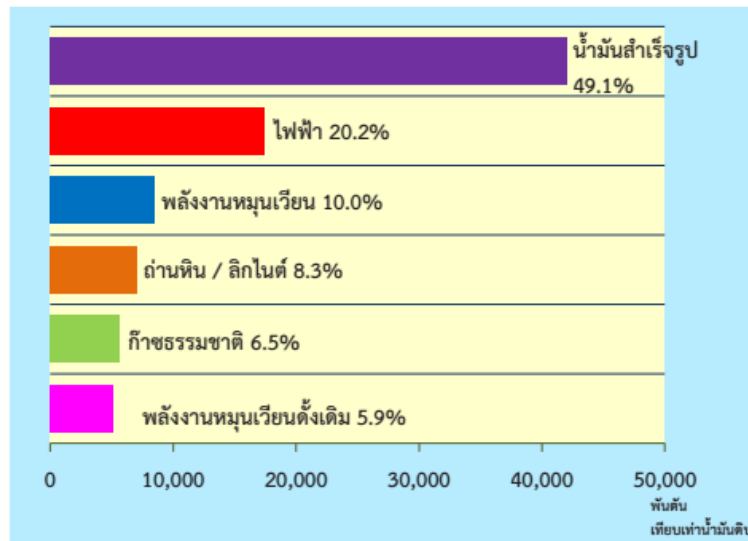
ปี 2019 การใช้พลังงานขั้นต้นเพิ่มขึ้น 0.2% เป็นการเพิ่มขึ้นของการการใช้ในส่วนของน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และพลังงานทดแทน สอดคล้องกับ GDP ของประเทศ ที่ สศช. แลงขยายตัว 2.4% ตามการขยายตัวของการลงทุนและการบริโภคของเอกชน และราคาน้ำมันดิบที่ลดลงส่งผลให้การใช้น้ำมันเพิ่มขึ้น 1.7% จากการใช้ในภาคขนส่ง การใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้น 2.2% ตามการใช้ในภาคผลิตไฟฟ้า และการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น 3.3% แต่การใช้ถ่านหินได้ลดต่ำลงจากปีที่ผ่านมา [5]

การใช้พลังงานขั้นต้นปี 2562							
ชนิด	2559	2560	2561	2562	อัตราการเปลี่ยนแปลง (%)		
					2560	2561	2562
น้ำมัน	798	816	831	845	2.3	1.9	1.7
ก๊าซธรรมชาติ	901	895	883	901	-0.7	-1.3	2.2
ถ่านหิน/ลิกไนต์	357	360	384	342	0.7	6.6	-10.9
พลังงานทดแทน	601	533	551	570	-11.2	3.4	3.3
พลังงานไฟฟ้านำเข้า	40	50	59	54	24.9	17.7	-7.0
รวม	2,697	2,654	2,708	2,713	-1.6	2.0	0.2

รูปที่ 3-11 การใช้พลังงานขั้นต้นของประเทศไทย [5]

3.8.1 สถานการณ์การใช้ความร้อนในประเทศไทย

สำหรับการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยในปี 2019 มีปริมาณการใช้ทั้งสิ้น 85,708 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อปี เพิ่มขึ้นจากปีก่อนที่ 2.1% คิดเป็นมูลค่าการใช้พลังงานรวม 1,245 พันล้านบาท โดยแบ่งเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ 20.2% และพลังงานความร้อนที่ 79.8% ตามรูปที่ 3-9 โดยเมื่อแบ่งตามแต่ละสาขาเศรษฐกิจพบว่าสาขาขนส่งมีการใช้พลังงานมากที่สุดที่ 39.2% รองลงมาเป็นสาขาอุตสาหกรรมที่ 36.4% ตามรูปที่ 3-10 [10]



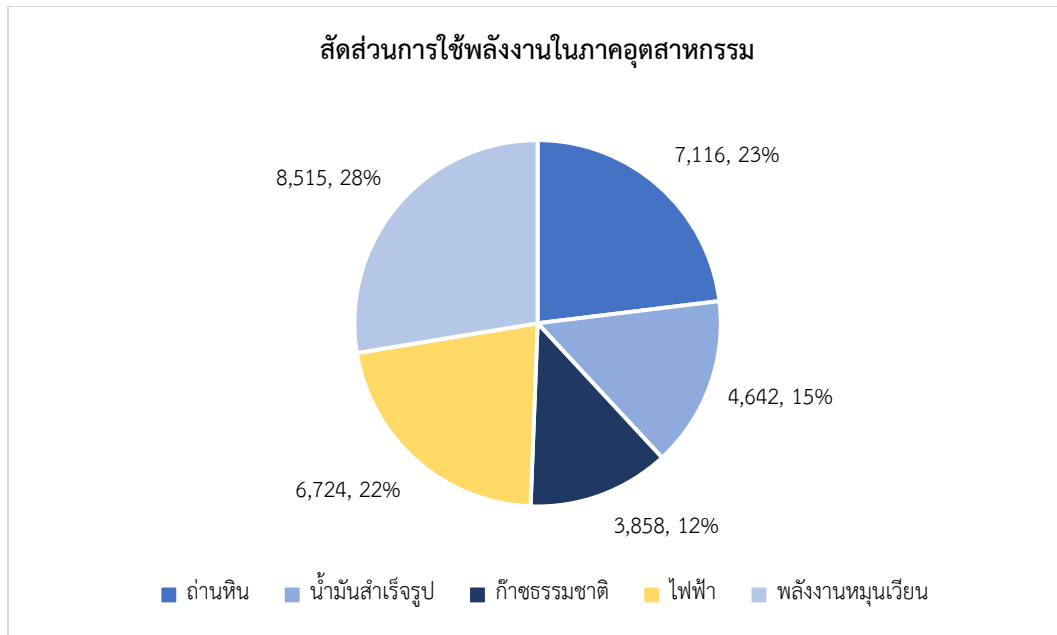
รูปที่ 3-12 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามชนิดเชื้อเพลิง [10]

การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ	ปริมาณ (พันตันเทียบเท่าถ่านหินดิบ)			อัตราการ เปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	
	2560 ^r	2561	2562	2561	2562
1. สาขาเกษตรกรรม	2,652	2,876	2,940	8.5	2.2
2. สาขาอุตสาหกรรม*	28,459	30,440	31,144	7.0	2.3
3. สาขาบ้านอยู่อาศัย	10,870	11,001	11,171	1.2	1.6
4. สาขาธุรกิจการค้า	6,452	6,549	6,846	1.5	4.5
5. สาขาขนส่ง	32,319	33,086	33,607	2.4	1.6
รวม	80,752	83,952	85,708	4.0	2.1

* ประกอบด้วย เหมืองแร่ อุตสาหกรรมการผลิต และก่อสร้าง

รูปที่ 3-13 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ [10]

โดยในภาคอุตสาหกรรมได้มีการแบ่งประเภทเชื้อเพลิงตามชนิดพบว่ามีการใช้พลังงานความร้อนถึง 78% คิดเป็น 24,131 พันตันเทียบเท่าถ่านหินดิบ คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 360,000 ล้านบาท และพลังงานไฟฟ้า 22% คิดเป็น 6,724 พันตันเทียบเท่าถ่านหินดิบ คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 100,000 ล้านบาท ตามรูปที่ 3-11 [10]



รูปที่ 3-14 สัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในภาคอุตสาหกรรม [10]

3.8.2 สถานการณ์การใช้ถ่านหินในประเทศไทย

มีการใช้อยู่ที่ระดับ 17,064 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อน 10.9% โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- ลิกไนต์ การใช้อยู่ที่ 3,527 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลง 4.5% โดย 96% ของปริมาณการใช้ลิกไนต์เป็นการใช้ในการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าแม่เมาะของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ซึ่งมีการใช้ลดลง 3.5% ตามปริมาณการผลิตลิกไนต์ของเหมืองในประเทศลดลง ส่วนที่เหลือ 4% นำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม อาทิ อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ในกระบวนการผลิตปูนเม็ด และอุตสาหกรรมกระดาษ เป็นต้น ซึ่งในภาคอุตสาหกรรมลดลง 22.5% เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา

- ถ่านหินนำเข้า การใช้อยู่ที่ 13,537 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลง 12.4% จากการนำเข้าเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของ IPP และ SPP ที่ลดลง 6.1% รวมทั้งการใช้ในภาคอุตสาหกรรมลดลง 15.8% [5]

การใช้ลิกไนต์/ถ่านหิน ปี 2562

หน่วย: พันตันเทียบถ่านหินเกรดบี

ชนิด	2559	2560	2561	2562		
				ปริมาณ	เปลี่ยนแปลง (%)	สัดส่วน (%)
ความต้องการการใช้	17,887	17,958	19,146	17,064	-10.9	
การใช้ลิกไนต์	4,297	4,108	3,692	3,527	-4.5	100
-ผลิตกระแสไฟฟ้า	4,064	3,938	3,510	3,386	-3.5	96
-อุตสาหกรรม	234	170	182	141	-22.5	4
การใช้ถ่านหิน	13,590	13,850	15,454	13,537	-12.4	100
-ผลิตกระแสไฟฟ้า (IPP/SPP)	5,221	4,891	5,371	5,030	-6.3	37
-อุตสาหกรรม	8,369	8,959	10,083	8,507	-15.8	63

รูปที่ 3-15 ความต้องการใช้ถ่านหินของประเทศไทยในปี 2562 [5]

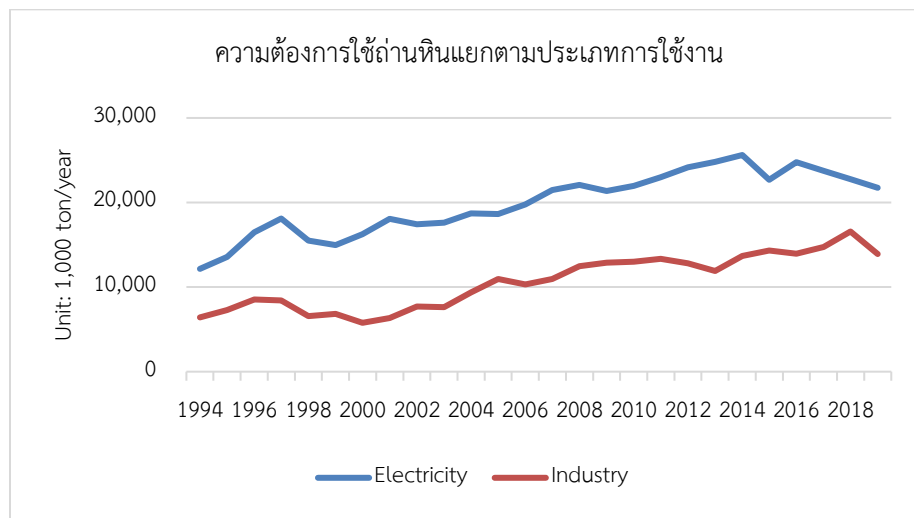
การผลิตลิกไนต์ในประเทศไทย มาจาก 2 ผู้ผลิตหลัก คือ เหมืองของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และเหมืองของบริษัทเอกชน โดยเหมืองของ กฟผ. ประกอบด้วยเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และเหมืองกระบี่ จังหวัดกระบี่ ซึ่งเหมืองกระบี่ได้หยุดการผลิตแล้วตั้งแต่ปี 2551 ทั้งนี้ ลิกไนต์ที่ผลิตจากเหมืองแม่เมาะทั้งหมด จะถูกนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ส่วนลิกไนต์ที่ผลิตจากเหมืองของบริษัทเอกชน ปัจจุบันเริ่มชะลอตัวลงเนื่องจากแหล่งสัมปทานสำคัญๆ ภายในประเทศทยอยหมดลง โดยลิกไนต์ที่ผลิตจากเหมืองเอกชน ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ กระจก อาหาร และสิ่งทอ เป็นต้น

ในปี 2562 มีปริมาณการผลิตลิกไนต์ในประเทศไทยรวมทั้งสิ้น 14,077,960 ตัน โดย 98% เป็นการผลิตจากเหมืองแม่เมาะของ กฟผ. ส่วนที่เหลือ 2% เป็นการผลิตจากเหมืองของภาคเอกชน [5]



รูปที่ 3-16 การผลิตถ่านหินลิกไนต์ของประเทศไทย [5]

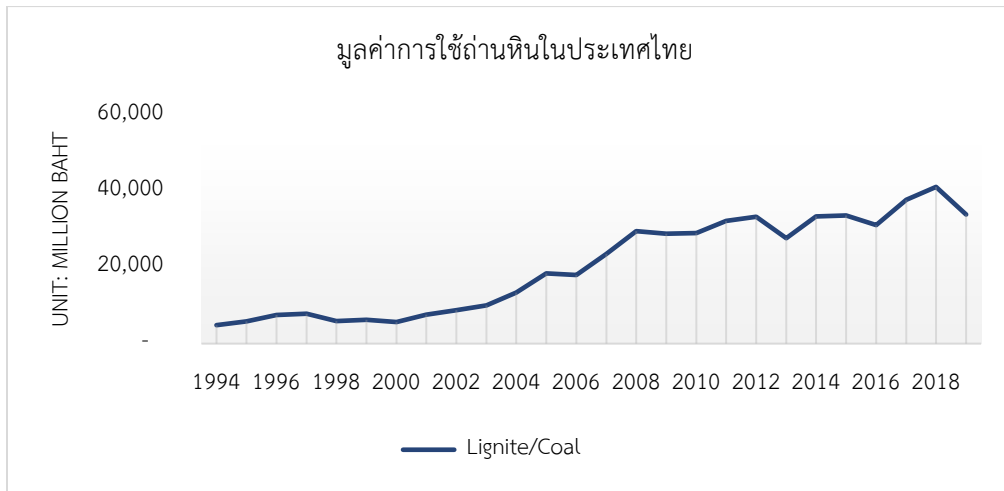
การใช้ลิกไนต์และถ่านหิน ในปี 2562 มีสัดส่วนการใช้ลิกไนต์/ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในภาคการผลิตไฟฟ้าและภาคอุตสาหกรรม คิดเป็นสัดส่วน 49.3% และ 50.7% ตามลำดับ (คิดจากค่าความร้อน) เมื่อคิดจากน้ำหนักของถ่านหินพบว่า ภาคการผลิตไฟฟ้ามีการใช้ถ่านหินมากถึง 21.753 ล้านตันต่อปี และ 13.911 ล้านตันต่อปี ในภาคอุตสาหกรรม โดยภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้า และอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานความร้อนผลิตไอน้ำในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อไผ่เบอร์ ปูนขาว ใบยาสูบ โลหะ แบตเตอรี่ และอื่นๆ [5]



รูปที่ 3-17 การใช้ถ่านหินแยกตามประเภทการใช้งาน [5]

3.8.3 มูลค่าการใช้ถ่านหินในประเทศ

ปี 2019 มูลค่าการใช้ถ่านหินในประเทศมีมูลค่า 33,856 ล้านบาทต่อปี จากปริมาณถ่านหินที่ใช้ทั้งสิ้น 35.664 ล้านตันต่อปี โดยจะแบ่งเป็นถ่านหินที่ผลิตในประเทศได้แก่ถ่านหินลิกไนต์ที่มีประมาณการใช้งาน 13.96 ล้านตัน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในภาคการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และถ่านหินนำเข้า ได้แก่ ถ่านหินแอนทราไซต์ บิทูมินัส ถ่านโค้ก และบางส่วนของลิกไนต์ประมาณ 21.68 ล้านตัน ซึ่งจะมีการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมเอกชนทั้งในการผลิตไฟฟ้าและอุตสาหกรรม โดยถ่านหินที่นำเข้าส่วนใหญ่ 65% จะนำเข้ามาจาก อินโดนีเซีย รองลงมาออสเตรเลีย เวียดนาม จีนและเมียนมา [5]



รูปที่ 3-18 มูลค่าการใช้ถ่านหินในประเทศไทย [5]

3.8.4 มูลค่าการนำเข้าถ่านหินในประเทศไทย

การนำเข้าถ่านหิน ในปี 2562 ปริมาณการนำเข้าถ่านหินยังคงเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความต้องการใช้ถ่านหินที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับแหล่งสัมปทานลิกไนต์ภายในประเทศทยอยหมดลง รวมทั้งถ่านหินนำเข้ามีคุณภาพดี มีค่าความร้อนสูง และมีกำมะถันน้อยเมื่อเทียบกับถ่านหินที่ผลิตได้ภายในประเทศ ถ่านหินนำเข้าที่ใช้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นถ่านหินประเภทบิทูมินัส (Bituminous) แอนทราไซต์ (Anthracite) โค้ก (Coking Coal) และอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่นำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย รองลงมาได้แก่ เวียดนาม เมียนมา ออสเตรเลีย จีน ลาว และอื่นๆ ตามลำดับ โดยปริมาณการนำเข้าถ่านหินในปี 2019 มีปริมาณมากถึง 21.68 ล้านตันต่อปี คิดเป็นมูลค่า 45,318 ล้านบาท [5]



รูปที่ 3-19 มูลค่าการนำเข้าถ่านหินในประเทศไทย [5]

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 3 ถ่านหินและการนำไปใช้ประโยชน์
--	---

3.9 รูปแบบการใช้ถ่านหินในประเทศไทย

รูปแบบการจำหน่ายถ่านหินจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักได้แก่

1. รูปแบบถ่านหินก้อน – รูปแบบถ่านหินก้อนเป็นรูปแบบที่ทางผู้จำหน่ายถ่านหินจำหน่ายมากที่สุดในตลาด โดยราคาของการจำหน่ายถ่านหินก้อนจะขึ้นอยู่กับค่าความร้อนของการจำหน่ายครั้งนั้นหรือตามสัญญาค่าความร้อนที่ได้ตกลงกันระหว่างผู้จำหน่ายและโรงงานตกลงกัน ซึ่งการขนส่งและการกักเก็บถ่านหินจะเป็นรูปแบบเปิดซึ่งส่งผลต่อความชื้นและค่าความร้อนของเชื้อเพลิง
2. รูปแบบถ่านหินบดละเอียด – เป็นรูปแบบการจำหน่ายถ่านหินรูปแบบใหม่ที่จะทำการบดถ่านหินให้ละเอียดสำหรับหัวเผา Pulverized Combustion ซึ่งในการขนส่งจะส่งในรูปแบบเก็บมิดชิดและวิธีการกักเก็บจะเก็บในไซโลที่ควบคุมความชื้นได้เป็นอย่างดี ทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงบดละเอียดมีประสิทธิภาพที่สูง
3. รูปแบบเชื้อเพลิงผสมบดละเอียด – เป็นรูปแบบใหม่อีกทางเลือกหนึ่งที่ทางผู้จำหน่ายได้นำเสนอผลิตภัณฑ์แก่ผู้ใช้งาน โดยผลิตภัณฑ์จะเป็นการผสมระหว่างเชื้อเพลิงถ่านหินและเชื้อเพลิงชีวมวลตามสัดส่วนที่ทางโรงงานต้องการ อาทิ สัดส่วน ถ่านหินและชีวมวล 95:5, 90:10, 80:20 จนถึง 0:100 ซึ่งในแต่ละสัดส่วนจะขึ้นอยู่กับความต้องการของโรงงาน โดยค่าความร้อนของแต่ละสัดส่วนจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของถ่านหินที่ผสมเนื่องจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงถ่านหินมีค่ามากกว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล ทั้งนี้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของรูปแบบดังกล่าวจะดีกว่ารูปแบบถ่านหินก้อน

บทที่ 4

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

4.1 คำนิยามทั่วไป

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดเป็นเทคโนโลยีทางในการลดการปล่อยมลพิษทางอากาศ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ซึ่งในหลายๆ แห่ง ต่างให้คำนิยามหรือคำจำกัดความแตกต่างกันไป โดยจากการสืบค้นที่ผ่านมามีการให้คำนิยามดังนี้

“เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด คือ หมวดยุทธศาสตร์หรือชุดของเทคโนโลยีล่าสุดที่สามารถใช้ร่วมกับถ่านหินในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและข้อปฏิบัติตามกฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมของพื้นที่นั้นๆ” [11]

“เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด คือ กระบวนการใช้ถ่านหินขั้นสูงรุ่นใหม่ที่ยังคงแบบมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและการยอมรับด้านสิ่งแวดล้อมของการสกัด การเตรียมพร้อม และการใช้ถ่านหิน เทคโนโลยีเหล่านี้สามารถลดมลพิษ ลดของเสียจากการใช้ประโยชน์ของถ่านหิน และเพิ่มปริมาณพลังงานของถ่านหินได้” [12]

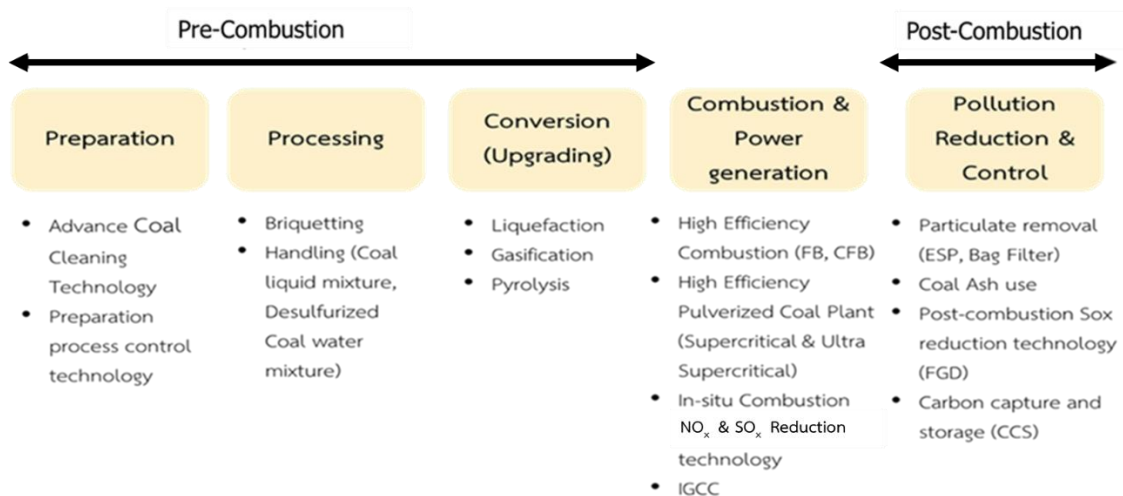
“เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด คือ เทคโนโลยีใดๆ ที่รวมเทคโนโลยีที่ใช้ในขั้นตอนก่อนการเผาไหม้ การเผาไหม้ หรือหลังการเผาไหม้ ของโรงงานแห่งใหม่หรือโรงงานที่มีอยู่ ที่สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ของถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า ผลิตไอน้ำ หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม” [13]

“เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด คือเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำเหมือง การจัดการถ่านหินก่อนนำมาใช้ และการใช้ประโยชน์จากถ่านหิน โดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเทคโนโลยีเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการลดหรือการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการนำถ่านหินมาใช้ประโยชน์ รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงอีกด้วย” [14]

ดังนั้นทางโครงการฯ ได้ระบุคำจำกัดความที่เหมาะสมกับประเทศไทยดังนี้

“เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด คือ เทคโนโลยีใดๆ ที่ใช้ในขั้นตอนก่อนการเผาไหม้ การเผาไหม้ หรือหลังการเผาไหม้ ที่สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือออกไซด์ของไนโตรเจนหรือมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ของโรงงานแห่งใหม่หรือโรงงานที่มีอยู่ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ของถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า ผลิตไอน้ำ หรือ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม”

จากการสืบค้นมานั้นพบว่า เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดจะครอบคลุมทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ของถ่านหินทั้งก่อนการเผาไหม้ ระยะเผาไหม้ และหลังการเผาไหม้ ตามรูปที่ 4-1 ดังนั้นจึงได้ดำเนินการรวบรวมเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 4-1 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตในขอบเขตโรงงาน/โรงไฟฟ้า [15]

4.2 กระบวนการก่อนการเผาไหม้ (Pre-Combustion)

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ส่วนใหญ่หมายถึงการทำความสะอาดถ่านหินหรือการใช้ประโยชน์ก่อนการเผาไหม้ เพื่อขจัดสิ่งสกปรกและปรับปรุงปริมาณความร้อนของถ่านหินซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพกระบวนการผลิต โดยจะสามารถแบ่งประเภทเทคโนโลยีก่อนการเผาไหม้ออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่

4.2.1 การเตรียมความพร้อมเชื้อเพลิง (Preparation)

เป็นขั้นตอนในการกำจัดแร่ธาตุอาทิ สารประกอบกำมะถันอนินทรีย์และสิ่งสกปรกต่างๆ ที่ติดมากับถ่านหิน จุดประสงค์เพื่อเพิ่มคุณภาพของถ่านหินและความร้อนของถ่านหินเพิ่มมากขึ้นโดยการลดแร่ธาตุต่างๆ สารประกอบกำมะถัน โดยการทำความสะอาดถ่านหินแบ่งออกเป็น 3 วิธีดังนี้

1) การทำความสะอาดโดยวิธีทางกายภาพ (Physical cleaning)

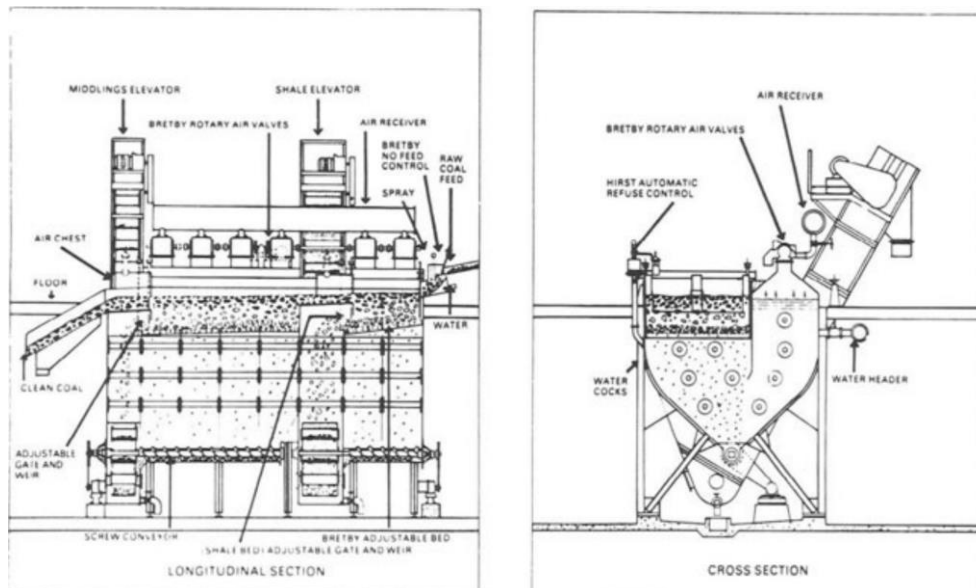
กระบวนการทำความสะอาดโดยวิธีทางกายภาพส่วนใหญ่จะใช้วิธีบดขนาดถ่านหินให้เล็กลงและทำการล้างถ่านหินก่อนที่จะขจัดสิ่งสกปรก สิ่งสกปรกจะถูกแยกออกโดยความหนาแน่นหรือการแปรผันทางกายภาพ โดยกระบวนการแบบแยกทั่วไปนี้มักจะใช้น้ำเป็นหลักซึ่งจะต้องมีการกำจัดน้ำในภายหลัง การกำจัดทางกายภาพอนุภาคขนาดใหญ่จะถูกแยกออกจากกันโดยวิธีการใช้แรงโน้มถ่วง ซึ่งทำให้

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
--	--

อนุภาคขนาดเล็กกว่ายังคงไม่ได้ถูกแยกออกจากกัน โดยวิธีการทั่วไปไม่สามารถใช้ได้กับถ่านหินที่มีขนาดเล็กมาก ประสิทธิภาพการทำความสะอาดถ่านหินทั่วไปนั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทของแร่และขนาดของอนุภาคหินซึ่งจะสามารถกำจัดได้เพียงสารประกอบกำมะถันอนินทรีย์เท่านั้น และถ้าอนุภาคของสารประกอบกำมะถันอนินทรีย์มีขนาดใหญ่มากเท่าไรจะทำให้ประสิทธิภาพการทำความสะอาดลดลงเท่านั้น การทำความสะอาดทางกายภาพสามารถกำจัดกำมะถันอนินทรีย์ (กำมะถันอนินทรีย์ออกจากถ่านหินได้ 30-50%) (ซึ่งไม่ได้กำจัดถ่านหินแบบอินทรีย์) หรือ 10-30% ของปริมาณกำมะถันทั้งหมด วิธีการทำความสะอาดทางกายภาพขั้นสูง ได้แก่ การลอยตัว การรวมตัวและการตกตะกอน และการทำความสะอาดแห้ง ซึ่งปัจจุบันเทคนิคเหล่านี้สามารถกำจัดกำมะถันอนินทรีย์ได้ 80-90% โดยเทคโนโลยีการทำความสะอาดทางกายภาพในปัจจุบันมีเทคโนโลยีดังนี้ [16]

(1) Jigs

เป็นกระบวนการแยกขนาดของถ่านหินกับแร่ธาตุอื่นออกจากกันโดยใช้การขยายตัวและหดตัวของตะกั่วผ่านน้ำเป็นตัวกลาง ซึ่งจะทำให้เกิดการแยกชั้นของถ่านหินและแร่ธาตุออกจากกันเรียงลำดับตามความหนาแน่นจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง ตามรูปที่ 4-2



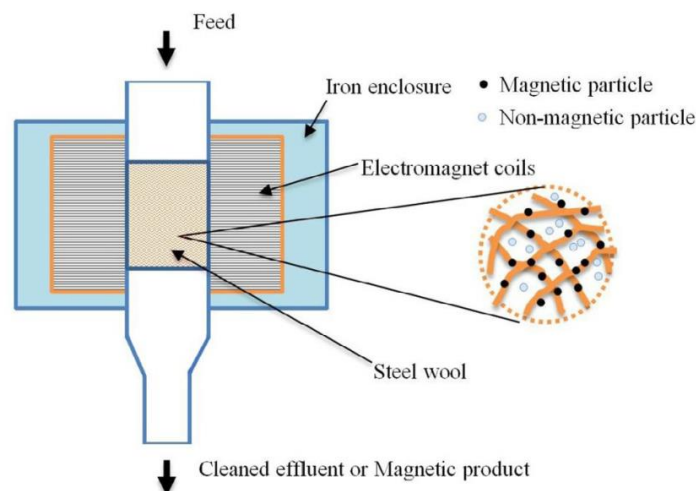
รูปที่ 4-2 การแยกถ่านหินออกจากแร่ธาตุต่างๆ ด้วยเทคโนโลยี Jigs [17]

โดยการทำงานทั่วไปจะประกอบด้วยท่อตัว U เรียงตัวกันโดยด้านหนึ่งของท่อตัว U จะมีแผ่นแบบเจาะรู และอีกด้านหนึ่งมีวาล์วที่ปิดสนิทซึ่งยอมให้อากาศแรงดันต่ำประมาณ 2-4 PSI ถูกป้อนเข้าและระบายออกที่ 40-60 ครั้งต่อนาที โดยอากาศจะทำให้ น้ำไหลขึ้นและลงเป็นจังหวะผ่านแผ่นที่เจาะรูอีกด้านหนึ่งโดยบนรูดังกล่าวจะมีถ่านหินและแร่ธาตุต่างๆ ปะปนด้วยกัน ถ่านหินและเศษแร่ธาตุต่างๆ

จะถูกแบ่งแยกออกจากกันโดยใช้น้ำเป็นตัวกลางที่ไหลไปจากห้องหนึ่งสู่อีกห้องหนึ่งจนกระทั่งการแยกเสร็จสิ้น โดยแบ่งแยกตามความหนาแน่นสัมพัทธ์นั้นคือถ่านหินที่สะอาดจะอยู่ด้านบนและแร่ธาตุต่างๆ จะอยู่ด้านล่าง เมื่อเสร็จสิ้นถ่านหินที่สะอาดจะไหลออกด้วยน้ำปริมาณมากและเศษแร่ธาตุต่างๆ จะจมตัวอยู่ด้านล่าง และเข้าสู่กระบวนการแยกน้ำต่อไป โดยมีประสิทธิภาพในการแยกถ่านหินและแร่ธาตุต่างๆ ประมาณ 95-99% [17]

(2) Magnetic Separation

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการแยกถ่านหินและกำมะถันอนินทรีย์ออกจากกันด้วยความแตกต่างของความไวคลื่นแม่เหล็ก โดยสารอินทรีย์ในถ่านหินเป็นแม่เหล็กไดอะแมกเนติก ในขณะที่แร่ธาตุอื่นจะเป็นแม่เหล็กพาราแมกเนติก ซึ่งเทคโนโลยีปัจจุบันมีชื่อเรียกว่า High-gradient magnetic separators (HGMS) โดยในกระบวนการจะเพิ่มระดับการปล่อยคลื่นสนามแม่เหล็กที่สูงขึ้นเพื่อดักจับกำมะถันอนินทรีย์ที่เป็นคลื่นแม่เหล็กพาราแมกเนติกออกจากถ่านหิน โดยถ่านหินที่ออกมาจากกระบวนการดังกล่าวจะแทบไม่มีกำมะถันอนินทรีย์ออกมา ซึ่งทำให้ถ่านหินที่ออกมาจากกระบวนการดังกล่าวนำออกมาใช้งานได้มีประสิทธิภาพตามรูปที่ 4-3 โดยมีประสิทธิภาพมากกว่า 80% ในการกำจัดกำมะถันในถ่านหิน [18]

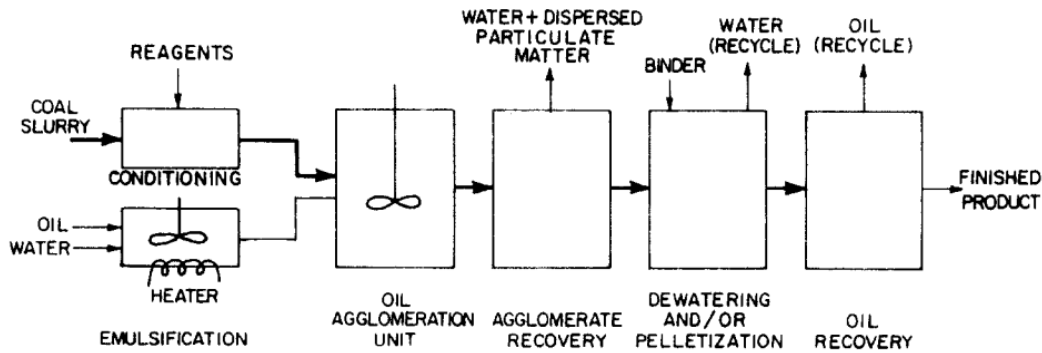


รูปที่ 4-3 กระบวนการ High-gradient magnetic separators (HGMS) [19]

(3) Oil Agglomeration

ถ่านหินที่ทางโรงงานหลายแห่งได้ถูกรับมานอกจากจะได้รับมาในลักษณะก้อนแล้ว จะมีผงถ่านหินปะปนเข้ามา ซึ่งผงถ่านหินดังกล่าวมีขนาดเล็กและไม่สามารถนำเข้าหั่วเผาที่ได้รับการออกแบบไว้ได้ วิธีนี้จะเป็นการลดการสูญเสียผงถ่านหินและนำกลับมาใช้ใหม่ ในกระบวนการนี้จะเป็นการรวมถ่านหินที่มีอนุภาคขนาดเล็กมากๆ เข้ารวมกันโดยใช้หลักการน้ำมันเป็นสื่อ โดยการเติมน้ำมันเล็กน้อยลงถ่านหิน

ซึ่งถ่านหินจะถูกเคลือบกับน้ำมันและรวมกัน ส่งผลให้เกิดการรวมตัวกันของถ่านหินและสามารถถูกนำไปใช้งานได้ต่อไปตามรูปที่ 4-4 [18]



รูปที่ 4-4 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ Oil Agglomeration [20]

กระบวนการนี้จะเริ่มต้นจากนำน้ำมันมาใส่ในถ่านหินที่ถูกรับมาแล้วนำมาใส่น้ำโดยจะต้องมีอุปกรณ์ในการกวนเพื่อให้แยกสารเกาะติดออกจากแขวนลอยและหลังจากนั้นค่อยเข้าสู่กระบวนการต่อไป โดยพารามิเตอร์ที่สำคัญของกระบวนการนี้ได้แก่ ปริมาณน้ำมัน ความเข้มข้นของการกวน (ระยะเวลากวนและความเร็วในการกวน) และลักษณะของน้ำมัน โดยปริมาณน้ำมันที่ต้องการจะอยู่ที่ประมาณ 5-10% ของน้ำหนักถ่านหินที่รับมา ในขั้นตอนการกวน การกวนขั้นต้นจะทำหน้าที่ในการกระจายตัวของน้ำมันเพื่อเชื่อมสัมผัสระหว่างน้ำมันและถ่านหินซึ่งในการกวนขั้นต้นจะใช้ความเร็วที่สูงและขั้นตอนกวนที่สองจะใช้ความเร็วที่ลดลงและมีการเติมน้ำมันเพิ่มเข้าไป เพื่อให้เกิดการจับตัวมากขึ้นของถ่านหิน ซึ่งจะสามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการเผาได้ต่อไป [18]

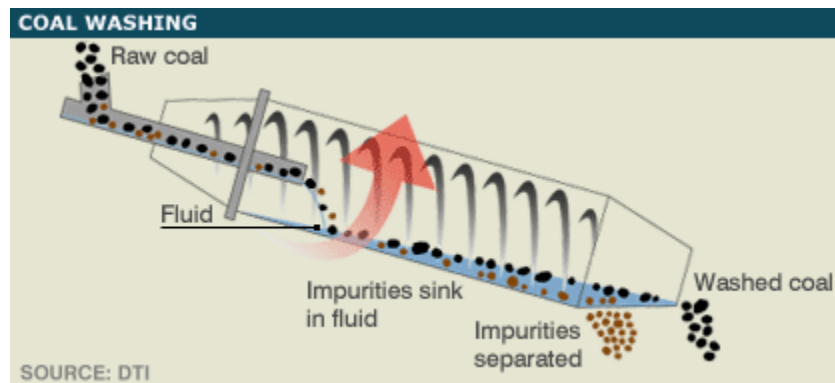
(4) Otisca T-Process

กระบวนการนี้จะเหมือนกับกระบวนการ Oil Agglomeration แต่ใช้กับถ่านหินที่มีอนุภาคขนาดเล็กกว่ามาก โดยถ่านหินที่ละเอียดมากขนาดประมาณ 15 ไมโครเมตร แล้วนำน้ำมันหรือสารไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ อาทิ ไตรคลอโรไตรฟลูอออีเทน (ฟรีออน 113) ผสมและกวนเข้าด้วยกันจะทำให้ถ่านหินมารวมตัวกันและสามารถนำไปใช้ต่อไปได้ โดยผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นคือแร่ธาตุที่บดละเอียดมากจะไม่รวมกลุ่มเข้ากับถ่านหิน ทำให้ถ่านหินที่จะนำเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้โดยปราศจากแร่ธาตุอื่นๆ [18]

(5) Flotation

เป็นกระบวนการแยกถ่านหินออกจากแร่ธาตุต่างๆ โดยการนำถ่านหินรวมเข้ากับในน้ำ จากนั้นทำการเติมอากาศด้วยฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งถ่านหินจะทำการเกาะติดฟองอากาศเหล่านี้และลอยตัวบนพื้นผิวของน้ำ ไหลออกจากทางส่วนบนของกระบวนการดังกล่าว โดยที่แร่ธาตุต่างๆ จะทำการจมตัวลงในน้ำและถูกกำจัดทิ้งออกไป โดยนอกจากการเติมอากาศลงในน้ำแล้วยังต้องมีสารละลายเพื่อทำให้เกิดฟองได้แก่ เมทิลไฮโดรเจนซัลไฟด์คาร์บิโนล (MIBC) หรือ น้ำมันสน เพื่อสร้างฟองที่เสถียรและบางครั้งยังเติมสารไม่มีขั้วลงไปเพื่อช่วยในการเกาะตัวของถ่านหิน อาทิ น้ำมันเตาและน้ำมันก๊าด ตามรูปที่ 4-5 [21]

ในอดีตนั้นเครื่องจักรสำหรับการลอยตัวจะเป็นรูปแบบการไหลปกติ จนเมื่อผ่านไปเริ่มมีการปรับปรุงเครื่องจักรของกระบวนการไหล ให้เป็นรูปแบบลอยผ่านปล่อง (Column Flotation) ที่พัฒนาระบบการกวนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกถ่านหินและแร่ธาตุออกจากกันได้ดียิ่งขึ้น โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดแร่ธาตุต่างๆ ที่ประมาณ 85%

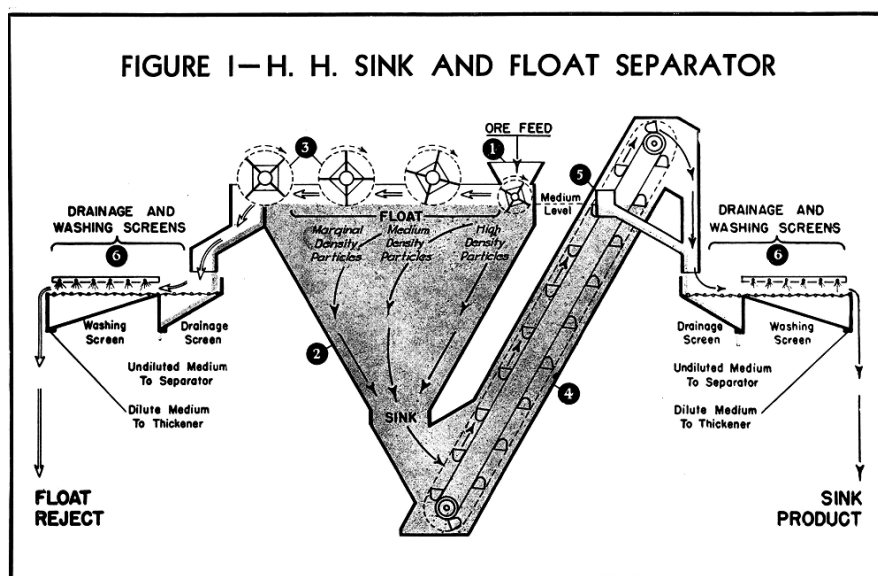


รูปที่ 4-5 การทำความสะอาดถ่านหินรูปแบบลอยผ่านปล่อง (Column Flotation) [22]

(6) Float/Sink Separation

กระบวนการทำความสะอาดถ่านหินจะใช้แรงโน้มถ่วงแยกระหว่างถ่านหินและสารอื่นๆ ออกจากกัน ถ่านหินที่ถูกนำมาก่อนเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้มักจะประกอบด้วยถ่านหิน และกัมมะถัน อนินทรีย์ที่ปะปนในชั้นหินดินดาน ซึ่งการแยกถ่านหินและแร่ธาตุอื่นๆ ออกจากกันจะใช้ความหนาแน่นเป็นตัวบ่งชี้สำหรับการแยกออกจากกัน ถ่านหินที่ใช้ในเชิงพาณิชย์จะมีความหนาแน่นประมาณ 1.2-1.6 โดยความหนาแน่นของแร่ธาตุอื่นของชั้นหินดินดานจะอยู่ระหว่าง 2.0-2.6 หิน ดินเหนียวจะมีความหนาแน่นประมาณ 2.6 และความหนาแน่นของไพไรต์จะอยู่ที่ประมาณ 5.0 ซึ่งความแตกต่างของความหนาแน่นต่างๆ เหล่านี้ ทำให้สามารถแยกออกจากกันได้อย่างดี แต่อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนของแร่ธาตุอื่นๆ

ที่ไม่ใช่ถ่านหินอาจปนเปื้อนได้ก่อนเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ โดยสามารถแสดงได้จากการเจือปนของ
อนินทรีย์ต่างๆ ของปริมาณซีเถ้าหนักและซีเถ้าลอยตามรูปที่ 4-6 โดยมีประสิทธิภาพในการแยกถ่านหิน
และแร่ธาตุที่ประมาณ 90% [18]



รูปที่ 4-6 กระบวนการ Float/Sink Separation [23]

เนื่องจากความหนาแน่นของถ่านหินต่ำกว่าแร่ธาตุอื่นๆ เป็นอย่างมาก แร่ธาตุทั้งสองจะถูกแยก
ออกจากกันโดยใช้ของเหลวที่มีความหนาแน่นปานกลางในแอ่งน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้ถ่านหินลอยเพราะ
มีความหนาแน่นน้อยกว่าตัวกลาง ในขณะที่แร่ธาตุอื่นๆ จะจมตัวลง ซึ่งของเหลวที่ใช้เป็นตัวกลาง
ในการแยกออกจากกันมีหลายชนิดแต่ที่นิยมใช้กันคือ การใช้แร่แมกนีไทต์ละลายน้ำในการปรับ
ความหนาแน่นให้เหมาะสมกับความต้องการของระบบการแยกถ่านหิน นอกจากการใช้แร่แมกนีไทต์
ละลายน้ำเป็นตัวกลางแล้ว ยังมีการนิยมใช้ไตรคลอโรฟลูออโรมีเทน (CCl_3F) เป็นตัวกลางด้วย ซึ่งถ่านหิน
ที่ได้รับการแยกออกจากแร่ธาตุอื่นๆ จะเข้าสู่กระบวนการแยกความชื้นบนพื้นผิวของถ่านหินโดยใช้
ของเหลวที่ไม่มีขี้ อาทิ เฮกเซน หรือ เฮปเทน เพื่อทำให้ความชื้นจากกระบวนการดังกล่าวลดลง
มากที่สุด [18]

(7) Hydraulic and Pneumatic Methods

กระบวนการนี้จะเป็นการใช้รูปแบบไฮดรอลิกและระบบลมเพื่อช่วยแยกถ่านหินและแร่ธาตุอื่นๆ
ออกจากกัน ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวที่นิยมใช้กันนั้นคือ ไซโคลน (Cyclone) หรือ ไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone)
ซึ่งเป็นวิธีที่มีการนิยมใช้แพร่หลายสุดทางอุตสาหกรรม โดยวิธีการคือจะพ่นถ่านหินเข้าสู่ไซโคลนจากนั้น

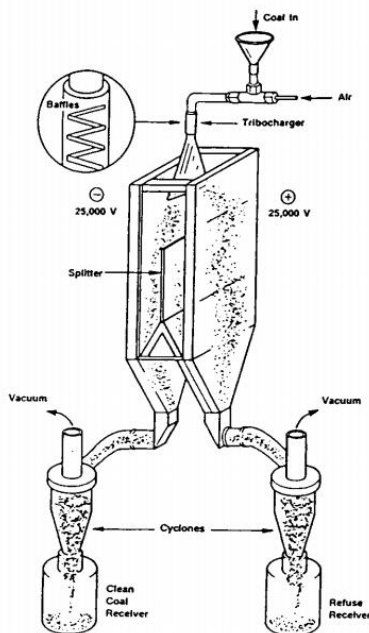
จะใช้ลมเป่าเพื่อสร้างแรงเหวี่ยงในกรวยไซโคลนส่งผลให้ตะกอนขนาดใหญ่ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ธาตุต่างๆ จมลงสู่ด้านล่างสุดของกรวยไซโคลน การแยกถ่านหินให้สะอาดนั้นจะต้องทำในภาวะค่อนข้างแห้ง (ความชื้นประมาณ 4%) ในช่วงขนาด 0.5-19 ไมโครเมตรโดยถ่านหินจะแยกตัวออกจากแร่ธาตุ ที่ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.75-1.8 ตามรูปที่ 4-7 แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรอบแบบและขนาดของถ่านหิน ที่ได้รับมาด้วย โดยมีประสิทธิภาพในการแยกแร่ธาตุที่ประมาณ 70-90% [21]



รูปที่ 4-7 การแยกถ่านหินให้สะอาดด้วยอุปกรณ์ Hydrocyclone [24]

(8) Electrostatic Separation

กระบวนการนี้เป็นการใช้ไฟฟ้าสถิตแยกอนุภาคระหว่างถ่านหินและแร่ธาตุอื่นๆ ออกจากกัน การแยกตัวออกจากกันทำได้เมื่ออนุภาคที่มีประจุอยู่ภายใต้แรงเหนี่ยวนำของสนามไฟฟ้าที่มีความเข้มข้นสูง และทำให้อนุภาคปล่อยประจุแบบโคโรน่า (Corona Discharge) การแยกถ่านหินและแร่ธาตุอื่นๆ อาทิ กำมะถันอนินทรีย์ ตามรูปที่ 4-8 โดยกระบวนการดังกล่าวสามารถกำจัดกำมะถันอนินทรีย์ได้ โดยมีประสิทธิภาพประมาณ 80-90% [21]



รูปที่ 4-8 กระบวนการของ Electrostatic Separation ในการแยกถ่านหินสะอาด [25]

2) การทำความสะอาดโดยวิธีทางเคมี (Chemical cleaning)

เป็นการใช้สารเคมีเข้าไปทำปฏิกิริยากับผงถ่านหิน ซึ่งสารเคมีดังกล่าวมีคุณสมบัติในการกำจัดพวกสิ่งเจือปน ต่างๆ ที่ไม่สามารถกำจัดได้โดยวิธีทางกายภาพ ในการทำปฏิกิริยากับผงถ่านหินเพื่อกำจัดกำมะถันและเถ้า เทคโนโลยีกลุ่มนี้ได้แก่

(1) Molten - Caustic Leaching

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพในการกำจัดแร่ธาตุจำพวก กำมะถัน อินทรีย์ กำมะถันอนินทรีย์ และกลุ่มแร่ธาตุต่างๆ ออกจากถ่านหิน โดยกระบวนการนี้จะเริ่มจากนำถ่านหินที่ใช้เข้าผสมกับส่วนผสมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โซดาไฟ) จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์เตาเผาแบบหมุน โดยที่ถ่านหินและส่วนผสมดังกล่าวจะได้รับความร้อนจนถึงปฏิกิริยาที่ 350 °C ถึง 400 °C โซดาไฟได้หลอมเหลวและทำการดูดซับกำมะถันและแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งพบว่าสามารถกำจัดกำมะถันเกินกว่า 90% ส่วนผสมที่ออกจากเตาปฏิกรณ์นั้นจะออกมาในรูปของเม็ดและล้างด้วยน้ำ (อัตราน้ำต่อถ่านหิน คือ 4 ต่อ 1) และถูกนำมาแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ส่วนผสมที่ได้จะเป็นชั้นของเหลวโซดาไฟและถ่านหิน จากนั้นเข้าสู่กระบวนการกรอง 2 รอบ เพื่อให้ถ่านหินเกิดการตกค้างของโซดาไฟเหลือเพียง 1-2% โดยน้ำหนัก โดยตัวกรองทั้งหมดนั้นประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ ที่ปะปนอยู่ในถ่านหิน ซึ่งสามารถถูกล้างย้อนกลับด้วยน้ำและนำกลับมาใช้ได้อีกครั้ง และถ่านหินที่ได้รับจะสามารถใช้ได้

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
--	--

(1) การกำจัดสารประกอบกำมะถันอินทรีย์

thiobacillus ferrooxidans สามารถใช้กำจัดสารประกอบอินทรีย์อาทิ แร่ธาตุไพไรต์ได้ดีเป็นอย่างดี โดยกระบวนการกำจัดสารประกอบอินทรีย์จะใช้เวลาค่อนข้างยาวนานอาจมากถึง 7-21 วันเพื่อให้แบคทีเรียใช้เวลาย่อยสลาย ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่นิยมใช้มากที่สุดในกำจัดสารประกอบกำมะถันอินทรีย์ออกจากถ่านหิน โดยแบคทีเรียดังกล่าวอยู่ในกลุ่ม Autotrophs หรือแบคทีเรียที่สามารถสร้างอาหารเองได้ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทย่อยได้แก่ Mesophilic และ Thermophilic ซึ่งจากการทดลองในห้องแล็บพบว่า Mesophilic จะสามารถกำจัดสารประกอบกำมะถันได้ถึง 90% แต่ใช้เวลาค่อนข้างมากในการย่อยสลาย ซึ่งโดยคาดการณ์ว่ากลุ่ม Thermophilic จะสามารถใช้งานได้ดีกว่าในแง่ของระยะเวลาในการกำจัดสารประกอบถ่านหินสามารถกำจัดกำมะถันอินทรีย์ได้ด้วย โดยมีข้อจำกัดในด้านอุณหภูมิที่ต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 50-80 °C [27]

(2) การกำจัดสารประกอบกำมะถันอินทรีย์

กำมะถันอินทรีย์ส่วนใหญ่จะเป็นพวก Thiols, Sulfides, Disulfides, Triophenes และสารประกอบอื่นๆ โดยวิธีการกำจัดกำมะถันสามารถใช้แบคทีเรียหรือฟังไจหลายประเภทในการกำจัดสารเหล่านี้ อาทิ *Filamentous fungi* เป็นกลุ่มเชื้อรา โดยเชื้อราดังกล่าวจะสามารถผลิตเซลล์ซึ่งกระตุ้นการออกซิเดชันของสารประกอบฟบนอลซัลโฟเนต ซึ่งผลจากห้องแล็บพบว่าสามารถกำจัดสารประกอบกำมะถันอินทรีย์ได้อย่างดี โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดกำมะถันประมาณ 60-70% [27]

การกำจัดกำมะถันออกจากถ่านหินก่อนการเผาไหม้ด้วยวิธีทางชีวภาพนั้นเป็นกระบวนการที่เป็นไปได้ในทางเทคนิค มีการแนะนำให้สามารถใช้แบคทีเรียหรือเชื้อราหลากหลายชนิด แต่อย่างไรก็ตาม การกำจัดเซลล์ของแบคทีเรียยังมีประสิทธิภาพต่ำเกินไปในแง่ของระยะเวลา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ให้เหมาะสมจริงต่อการใช้งานในเชิงพาณิชย์ รวมทั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งานจริงยังไม่สามารถถูกนำมาใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์เช่นเดียวกัน [28]

4.2.2 กระบวนการเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงถ่านหิน (Processing)

กระบวนการเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงเป็นเทคโนโลยีหนึ่งในการเปลี่ยนรูปแบบเชื้อเพลิงของถ่านหินจากในรูปแบบก้อนเป็นรูปแบบอื่นที่มีความร้อนเพิ่มมากขึ้น ลดความชื้น และลดปริมาณความสกปรกและปริมาณสารกำมะถัน โดยมีเทคโนโลยีดังนี้

1) การอัดก้อนถ่านหิน (Coal Briquetting)

การอัดก้อนถ่านหินเป็นกระบวนการที่ผลิตถ่านหินเป็นชิ้นๆ ให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่สม่ำเสมอจากถ่านหินคุณภาพเกรดต่ำให้มีคุณภาพสูงขึ้นโดยมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มค่าความร้อน โดยกระบวนการ

อัดก้อนถ่านหินนั้นมักจะเป็นการรวมตัวของถ่านหินขนาดเล็ก ผงถ่านหิน ด้วยการผสมกับสารที่ช่วยประสานเข้าด้วยกันก่อนนำไปขึ้นรูปตามที่ต้องการ โดยกระบวนการอัดก้อนถ่านหินจะประกอบด้วย

- การทำให้อนุภาคแห้งบางส่วน การเพิ่มค่าความร้อนของถ่านหินที่อัดก้อนให้สูงขึ้นนั้นจะต้องลดค่าความชื้นของถ่านหินให้ลดลงก่อนนำไปขึ้นรูป
- นำอนุภาคที่ถูกลำให้แห้งแล้วเข้าสู่เครื่องบดอัดก้อนถ่านหิน โดยรูปทรงของการอัดก้อนถ่านหินจะขึ้นอยู่การออกแบบของเครื่องจักรและการนำไปใช้ประโยชน์
- การบีบอัดอนุภาคในเครื่องจักรเพื่อสร้างรูปทรงตามต้องการ กระบวนการนี้จะใช้ลูกกลิ้ง (Rollers) ในการบีบอัดให้ได้รูปทรงตามต้องการ

การบีบอัดถ่านหินให้อยู่ในรูปก้อนนั้นจะต้องใช้แรงบีบอัดค่อนข้างมาก แต่อย่างไรก็ตามการเติมสารที่เพิ่มการยึดเหนี่ยวของถ่านหินจะสามารถลดการบีบอัดแรงดัน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- มีการเพิ่มสารยึดเหนี่ยวถ่านหินจะใช้แรงดันปานกลาง ($10-50 \text{ MN/m}^2$)
- ไม่มีการเพิ่มสารยึดเหนี่ยวถ่านหิน จะใช้แรงดันสูง ($100-200 \text{ MN/m}^2$)



รูปที่ 4-10 รูปแบบการอัดก้อนถ่านหินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง [29]

2) การบดละเอียดถ่านหิน (Pulverized Coal)

การบดละเอียดถ่านหินเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการเตรียมถ่านหินสำหรับการเผาไหม้ การบดถ่านหินด้วยเครื่องจักรให้เป็นผงละเอียดทำให้สามารถเผาไหม้ได้เหมือนก๊าซ จึงช่วยให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยถูกนำไปเข้าสู่เตาเผาด้วยอากาศหรือส่วนผสมของอากาศ/ก๊าซ ถ่านหินที่บดแล้วสามารถนำไปในหม้อน้ำเพื่อการเผาไหม้ได้โดยตรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยขนาดของถ่านหินที่ถูกบดละเอียดนั้นจะมีลักษณะเหมือนแป้ง มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมโครกรัม ตามรูปที่ 4-11 ทั้งนี้การนำถ่านหินบดละเอียดไปใช้จะต้องใช้ร่วมกับหัวเผาที่ใช้สำหรับการเผาถ่านหินละเอียดเท่านั้น [30]

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

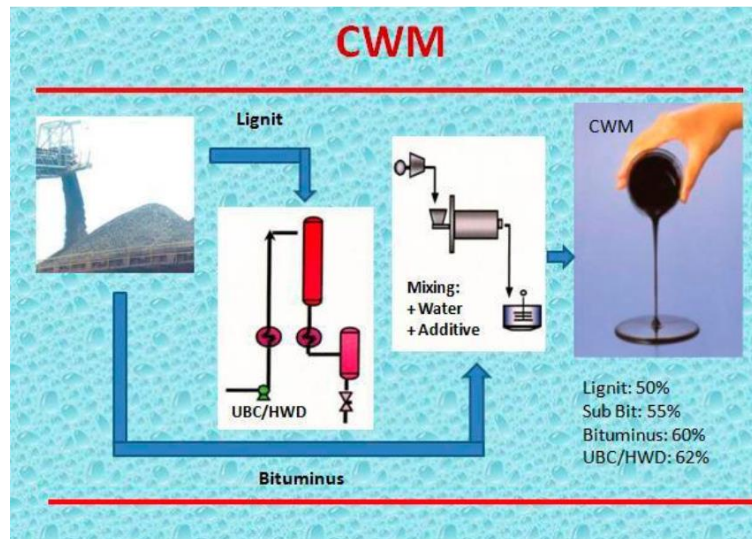


รูปที่ 4-11 ถ่านหินบดละเอียด [31]

3) Coal-liquid mixture

Coal-liquid mixture เป็นการผสมระหว่างถ่านหินและของเหลวให้เกิดเป็นลักษณะของเหลว เพื่อสามารถขนส่ง จัดเก็บและเผาไหม้ลักษณะคล้ายกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั่วไป โดยส่วนผสมจะเป็นถ่านหิน ในรูปถ่านหินบดละเอียดกับของเหลว เช่น น้ำหรือน้ำมัน ร่วมกับสารเคมีเล็กน้อย เพื่อปรับปรุง ความเสถียรและคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงให้เกิดความเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน โดยเทคโนโลยีปัจจุบันที่นิยมใช้เรียกว่า Coal Water Mixture (CWM)

Coal Water Mixture (CWM) เป็นวิธีการขั้นสูงในการเพิ่มมูลค่าของถ่านหิน โดยการรวมตัวกัน ของถ่านหิน น้ำ และส่วนผสมสารเติมแต่งให้เกิดความหนืดเป็นเนื้อเดียวกันในลักษณะคล้ายเดียวกันกับ น้ำมันเตา ซึ่งข้อดีนั่นก็คือ สามารถใช้ร่วมกับหัวเผา น้ำมันเตาที่มีอยู่แล้วได้เลยโดยการดัดแปลงเล็กน้อย ของหัวเผา และนอกเหนือจากนั้น การกักเก็บเชื้อเพลิงมีความปลอดภัยค่อนข้างสูงเนื่องจากการกักเก็บไว้ในน้ำ ทำให้หลีกเลี่ยงการเกิดฝุ่นถ่านหินและการลุกไหม้ขึ้นเองตามธรรมชาติของถ่านหิน โดยทั่วไป ถ่านหินที่ใช้ใน CWM มักจะเป็นถ่านหินบิทูมินัส เนื่องจากเป็นถ่านหินความชื้นต่ำและพื้นผิวไม่ชอบน้ำ ส่งผลให้ CWM ที่เกิดขึ้นมีลักษณะที่ดี มีความคงตัว ไหลง่าย และสามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ถึงอย่างนั้นถ่านหินที่เกรดต่ำกว่าถ่านหินบิทูมินัสสามารถผ่านกระบวนการ CWM ได้เช่นเดียวกัน กระบวนการทำงานตามรูปที่ 4-12 [32]



รูปที่ 4-12 กระบวนการ Coal-liquid mixture [32]

4) Desulfurized Coal Water Mixture

เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยี Coal Water Mixture (CWM) โดยการเพิ่มกระบวนการลดกำมะถันที่ปะปนมากับถ่านหิน ส่งผลให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังการเผาไหม้ลดลง การลดกำมะถันสามารถทำได้หลายวิธี อาทิ การลดกำมะถันด้วยวิธีการเคมี การลดกำมะถันด้วยวิธีการชีวภาพ ก่อนการเผาไหม้ การที่จะทำให้ถ่านหินสัมผัสและละลายน้ำมากที่สุดคือการใช้ความดันค่อนข้างสูง (ประมาณ 1,000 psi) และอุณหภูมิประมาณ 140-200 °C

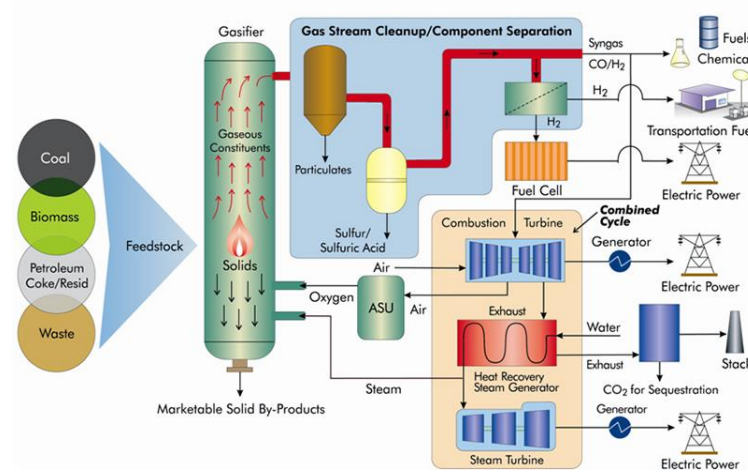
4.2.3 การเปลี่ยนรูปแบบเชื้อเพลิง (Conversion)

เป็นเทคโนโลยีขั้นตอนในการเปลี่ยนรูปแบบเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงแข็งเป็นรูปแบบอื่นๆ ที่มี การเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า อาทิ

1) Gasification

การแปรสภาพเป็นก๊าซเป็นกระบวนการทางเทคโนโลยีที่สามารถแปลงเชื้อเพลิงที่เป็นคาร์บอนต่างๆ อาทิ ถ่านหิน ให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงหรือก๊าซสังเคราะห์ (หรือ Syngas) การเปลี่ยนสภาพเป็นก๊าซเกิดขึ้นในกระบวนการของเครื่องจักร โดยทั่วไปประกอบด้วย ถังที่มีอุณหภูมิ/ความดันสูง โดยที่อากาศและไอน้ำจะสัมผัสกับถ่านหิน ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็น Syngas ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ก๊าซไฮโดรเจน (H₂) และแก๊สตระกูลอื่นๆ โดย Syngas สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

Syngas เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไวไฟสูง โดยเมื่อเกิดการเผาไหม้ Syngas จะเกิดผลปฏิกิริยา ได้แก่ ความร้อนและน้ำ ทำให้ไม่เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้รวมถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย

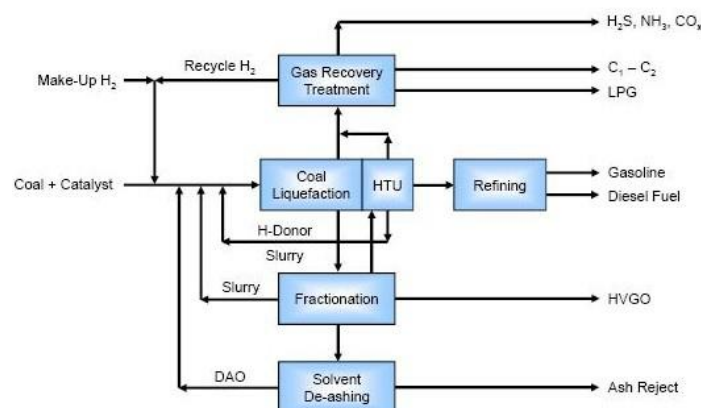


รูปที่ 4-13 กระบวนการ Gasification [33]

2) Liquefaction

เป็นกระบวนการเปลี่ยนถ่านหินในรูปของแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงในรูปของเหลวหรือปิโตรเคมี โดยจะแบ่งออกเป็น 2 วิธีหลักๆ ได้แก่ การแปรสภาพโดยตรง (Direct) และการแปรสภาพโดยทางอ้อม (Indirect)

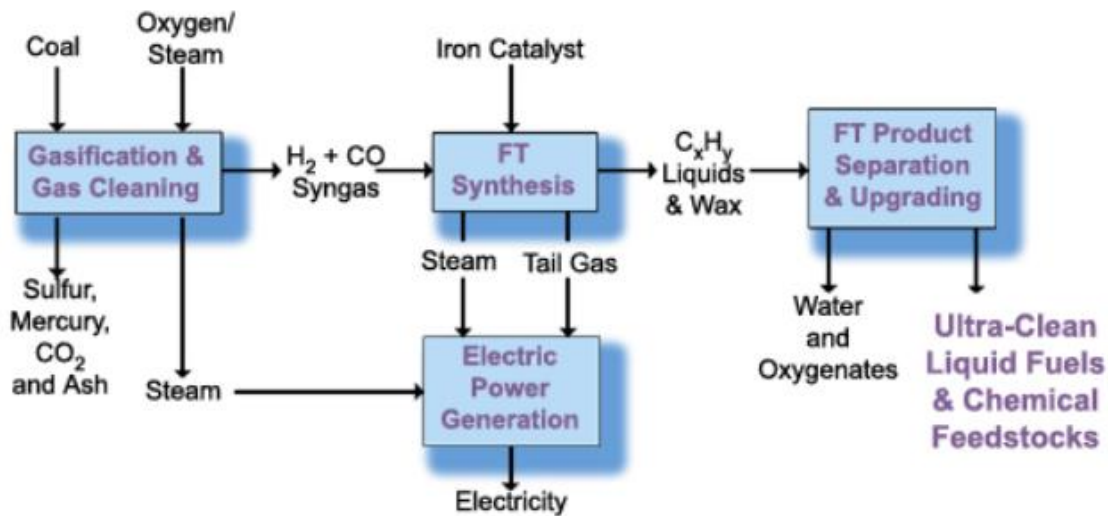
- การแปรสภาพโดยตรง (Direct) เป็นการเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวของถ่านหินโดยเริ่มจากนำถ่านหินโดยทั่วไปเป็นถ่านหินบิทูมินัสขึ้น ไปบดละเอียดและทำปฏิกิริยาตัวเร่งโดยการเติมก๊าซไฮโดรเจนภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่สูง จากนั้นจะได้เชื้อเพลิงเหลวที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป กระบวนการทำงานเป็นตามรูปที่ 4-14[34]



รูปที่ 4-14 กระบวนการแปรสภาพโดยตรงของ Coal Liquefaction [34]

- การแปรสภาพโดยทางอ้อม (Indirect) จะแบ่งออก 2 ขั้นตอนได้แก่

1. เปลี่ยนสภาพถ่านหินให้อยู่ในรูป Syngas ซึ่งจะถูกทำความสะอาดเพื่อกำจัดฝุ่น น้ำมันดิน และก๊าซที่เป็นกรดออกจากกัน
2. นำ Syngas ทำปฏิกิริยากับตัวเร่งในกระบวนการ Fischer-Tropsch ซึ่งจะเปลี่ยน Syngas ให้เป็นเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนหลายประเภท เช่น น้ำมันเบนซิน ดีเซล และเมทานอล โดยกระบวนการทำงานเป็นไปตามรูปที่ 4-15 [34]

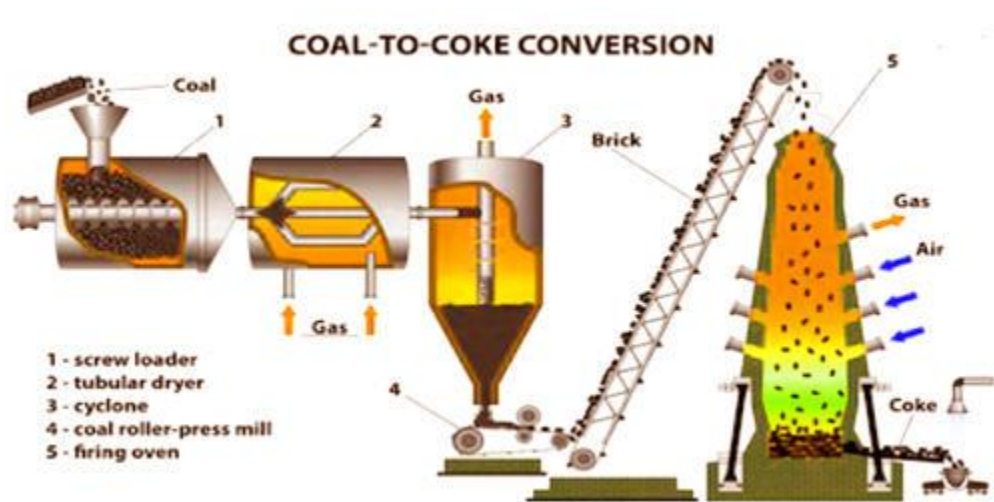


รูปที่ 4-15 กระบวนการแปรสภาพโดยทางอ้อมของ Coal Liquefaction [34]

3) Pyrolysis

เป็นกระบวนการสลายตัวด้วยเคมีความร้อนของอนุภาคคาร์บอนในเชื้อเพลิงหรือวัตถุดิบต่างๆ อาทิ ชีวมวล พลาสติก ยาง ถ่านหิน เป็นต้น ที่อุณหภูมิมากกว่า 200 °C ภายใต้ไร้ออกซิเจน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพไปพร้อมๆ กัน เมื่อเชื้อเพลิงหรือวัตถุดิบต่างๆ อยู่ภายใต้กระบวนการนี้จะเกิดการสลายตัวของโมเลกุลที่ใหญ่กว่าไปโมเลกุลที่เล็กกว่า

เมื่อมีการประยุกต์ใช้สำหรับถ่านหินจะอุณหภูมิมากกว่า 400 °C ภายใต้ไร้ออกซิเจน ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้รับจากกระบวนการดังกล่าวจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ค่าความร้อนสูง และค่าความชื้นต่ำ เรียกว่า ถ่านโค้ก (Coke) และมีบางส่วนที่เป็นก๊าซและของเหลวออกมาบางส่วน โดยกระบวนการทำงานของ Coal Pyrolysis เป็นไปตามรูปที่ 4-16 [35]



รูปที่ 4-16 กระบวนการทำงานของ Coal Pyrolysis [36]

4.3 กระบวนการเผาไหม้ (Combustion)

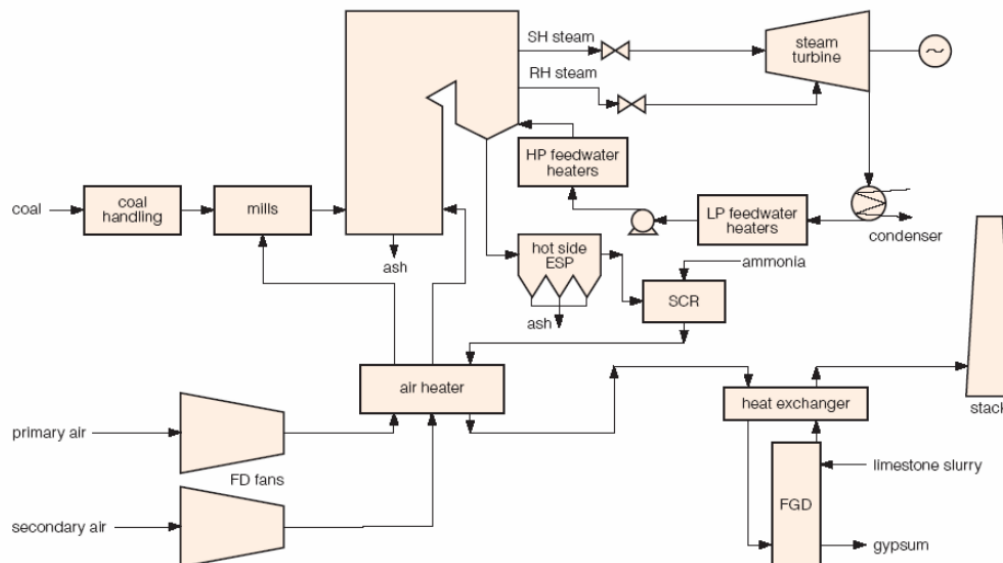
กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นขั้นตอนในการเปลี่ยนรูปของเชื้อเพลิงถ่านหินเป็นรูปแบบความร้อนอื่นๆ ซึ่งในกระบวนการดังกล่าว จะมีเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดเกี่ยวข้องมากมาย เพื่อช่วยลดมลพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ โดยสามารถแบ่งออกเป็นได้ 2 กลุ่มเทคโนโลยีใหญ่ดังนี้

4.3.1 กลุ่มเทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงและมลพิษต่ำ (High Efficiency Low Emission :HELE)

กลุ่มเทคโนโลยีประสิทธิภาพสูงและมลพิษต่ำ หรือ High Efficiency Low Emission (HELE) เป็นเทคโนโลยีที่เพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเมื่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อการลดการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ โดยมีเทคโนโลยีในกลุ่มได้ดังนี้

1) Pulverized Coal Combustion

กระบวนการเผาไหม้แบบเพาเวอร์ไรซมีการใช้งานเป็นจำนวนมากในต่างประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกระบวนการเผาไหม้จะใช้ถ่านหินที่ถูกบดละเอียดแล้วขนาดไม่น้อยกว่า 200 ไมโครเมตร เป็นเชื้อเพลิงนำเข้าสู่หัวเผาที่ออกแบบมาให้ใช้กับถ่านหินบดละเอียดก่อนความร้อนที่ออกจากหัวเผ่าจะผ่านความร้อนไปยังอุปกรณ์หม้อน้ำและนำไอน้ำที่ใช้ไปใช้ประโยชน์ทั้งในการผลิตไฟฟ้าผ่าน Steam Turbine หรือการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมต่อไป [25] ซึ่งจากการเผาไหม้ของถ่านหินที่ถูกบดละเอียดแล้วจะส่งผลประสิทธิภาพหม้อน้ำที่ประมาณ 90% และปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นน้อยกว่าการเผาไหม้ถ่านหินทั่วไปซึ่งกระบวนการทำงานเป็นไปตามรูปที่ 4-17 โดยสามารถลดมลพิษทั้งหมดได้ประมาณ 8% เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเผาไหม้ตะกรับแบบเดิม [37]



รูปที่ 4-17 กระบวนการทำงานของ Pulverized Coal Power Plant [37]

โดยหลังจากการเผาไหม้ถ่านหินโรงงานหรือโรงไฟฟ้าส่วนใหญ่จะลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ที่กำจัดมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งระบบ Electrostatic precipitators (ESP) หรือ Bag Filter ในการกำจัดมลพิษจำพวกฝุ่น และ Flue gas desulfurization (FGD) สำหรับกำจัดจำพวกซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อไป

2) Pulverized Supercritical และ Ultra Supercritical Coal Combustion

กระบวนการเผาไหม้ของทั้ง Supercritical และ Ultra Supercritical Coal Combustion นั้นจะเป็นรูปแบบกระบวนการเดียวกันกับกระบวนการเผาไหม้แบบเพาเวอร์ไรซ์ แต่ต่างกันที่รูปแบบไอน้ำที่จะนำไปใช้นั้นจะใช้หม้อน้ำ Supercritical และ Ultra Supercritical ที่สามารถผลิตแรงดันไอน้ำและอุณหภูมิเหนือกว่าจุดยิ่งยวด (Supercritical) ซึ่งโดยทั่วไปหม้อน้ำจะใช้แรงดันไอน้ำและอุณหภูมิที่จุด Subcritical ส่งผลให้มีการใช้เชื้อเพลิงที่ลดลงจากเดิมประมาณร้อยละ 20 สามารถลดมลพิษที่เกิดขึ้นได้ประมาณ 26.67% ของมลพิษทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบกับมลพิษแบบเดิม โดยสามารถเปรียบเทียบลักษณะของไอน้ำ อุณหภูมิและประสิทธิภาพตามตารางที่ 4-1 และค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละเทคโนโลยี ตามตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบแรงดันไอน้ำ อุณหภูมิไอน้ำ และประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า [38]

Pulverized coal power plant	Main steam pressure, MPa	Main steam temperature, EC	Reheat steam temperature, EC	Efficiency, %, net, HHV basis (bituminous coal)
Subcritical	<22.1	Up to 565	Up to 565	33-39
Supercritical	22.1-25	540-580	540-580	38-42
Ultrasupercritical	>25	>580	>580	>42

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพและค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละเทคโนโลยี [38]

	Average efficiency	CO ₂ emissions, g/kWh	Power generation cost, US¢/kW	Total plant capital cost, US\$/kW
Subcritical	36	766-789	4.0-4.5	1095-1150
Supercritical	45	722	3.5-3.7	950-1350
Ultrasupercritical	>45	<722	4.2-4.7	1160-1190
IGCC	42-44	710-750	3.9-5.0	1100-1600
NGCC	50	344-430	3.4-6.8	400-700

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
--	--

3) Fluidized Bed

Fluidized Bed Combustion (FBC) เป็นเทคโนโลยีเตาเผาแบบหนึ่งที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้และลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ค่อนข้างสูง โดยทั่วไปมักจะนำไปใช้สำหรับเชื้อเพลิงถ่านหินเนื่องจากเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถดักจับซัลเฟอร์ได้ดี สามารถลดปริมาณเถ้าได้ ซึ่งนำไปใช้ได้ทั้งในระดับหม้อน้ำของโรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดกำมะถันได้มากกว่า 90%

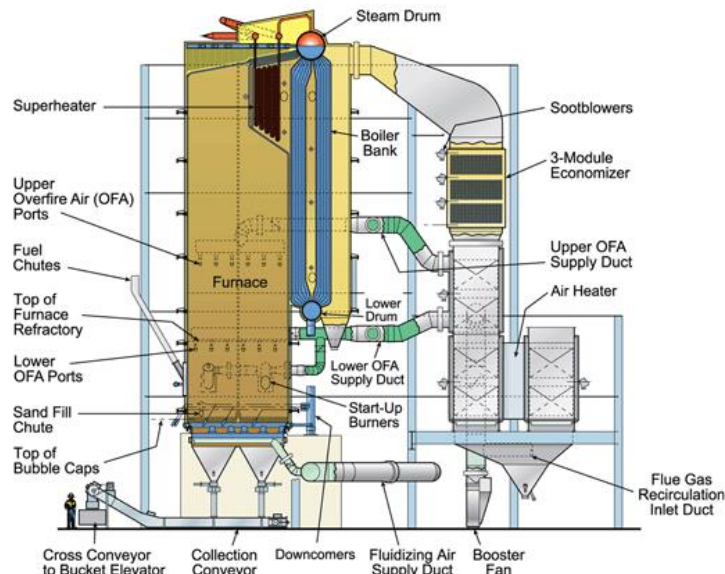
คุณสมบัติที่สำคัญของเตาเผาที่แตกต่างจากหม้อน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหินทั่วไปคือการกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่แหล่งกำเนิดโดยการใช้สารดูดซับได้แก่หินปูน (CaCO_3) และอุณหภูมิการทำงานภายในเตาค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 840°C , $1,550^\circ\text{F}$) โดยถ่านหินและสารดูดซับจะนำมาผสมกันและพ่นเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่ด้านในมีทรายอยู่ในขณะที่อากาศจะถูกเป่าขึ้นด้านบนผ่านตัวจ่ายอากาศที่ด้านล่างของหม้อน้ำ โดยทรายจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางนำความร้อนให้แก่ระบบ จากนั้นสารดูดซับและเถ้าถ่านหินจะก่อตัวเป็นโซนาหนาแน่นที่ด้านล่างของหม้อน้ำ เมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นอย่างเพียงพอ มวลอนุภาคของแข็งจะขยายตัวและมีคุณสมบัติคล้ายของไหล และเมื่อเพิ่มความเร็วอนุภาคของแข็งบางส่วนจะถูกกักเก็บและเคลื่อนผ่านด้านบนของหม้อน้ำ โดยในปัจจุบันเทคโนโลยีจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักได้แก่ 1) Atmospheric Pressure Fluidized Bed Combustion (FBC) 2) Pressurized Fluidized Bed Combustion (PFBC)

(1) Atmospheric Pressure Fluidized Bed Combustion (AFBC)

Atmospheric Pressure Fluidized Bed Combustion (FBC) จะเป็นเทคโนโลยีการเผาไหม้ถ่านหินโดยที่ความดันปกติในห้องเผาไหม้โดยต้องการอากาศส่วนเกินประมาณ 20% เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดี โดยจะแบ่งเทคโนโลยีออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

- **Bubbling Fluidized Bed Combustion (BFBC)** สำหรับเทคโนโลยีนี้ อากาศจะถูกนำเข้าสู่หม้อน้ำทางด้านล่างของหม้อน้ำในขณะที่ถ่านหินและสารดูดซับจะถูกนำเข้าสู่ทางด้านล่างของหม้อน้ำ (Underbed feed system) หรือตรงกลางของหม้อน้ำเหนือฐานหม้อน้ำ (Overbed feed system) โดยถ่านหินในห้องเผาไหม้ที่ความร้อนประมาณ $800-900^\circ\text{C}$ จะถูกเผาไหม้ในสัดส่วนที่สูง และมีของแข็งบางส่วนถูกนำออกจากหม้อน้ำ ซึ่งของแข็งเหล่านี้ประกอบด้วยคาร์บอนที่ไม่ผ่านการเผาไหม้ สารดูดซับที่ไม่ทำปฏิกิริยา สารประกอบแคลเซียม-ซัลเฟต และเถ้าถ่านหิน โดยของแข็งเหล่านี้จะถูกนำออกในตัวดักจับฝุ่นที่อยู่ด้านล่างของหม้อน้ำและถูกนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง ซึ่งทำให้คาร์บอนและสารดูดซับมีเวลานานขึ้น ส่งผลให้คาร์บอนเกิดการเผาไหม้จนหมดและสารดูดซับสามารถดูดซับและดักจับกำมะถันได้

ดียิ่งขึ้น กระบวนการทำงานเป็นไปตามรูปที่ 4-18 โดยสามารถลดมลพิษของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ประมาณ 70% เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเผาไหม้ตะกรับแบบเดิม [39]



รูปที่ 4-18 กระบวนการทำงานของ Bubbling Fluidized Bed Combustion [40]

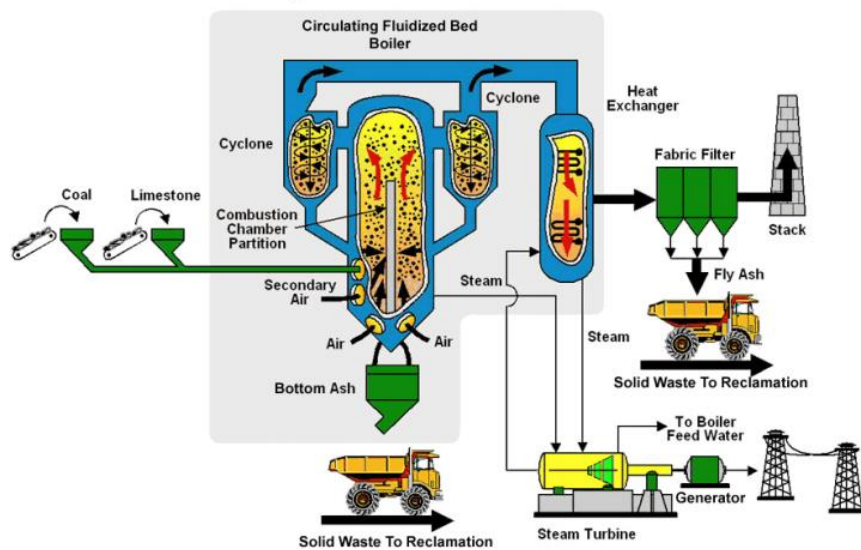
การกระจายตัวของถ่านหินและสารดูดซับที่สม่ำเสมอเป็นสิ่งสำคัญในการทำให้เกิดการเผาไหม้มีประสิทธิภาพที่ดี โดยมี 2 รูปแบบที่แตกต่างกันในการนำเข้าถ่านหินและสารดูดซับเข้าห้องเผาไหม้ ได้แก่

Underbed feed system ระบบนี้นำถ่านหินและสารดูดซับผ่านท่อที่อยู่ด้านล่างของของฐาน โดยถ่านหินที่จะใช้กับระบบนี้จะต้องใช้ถ่านหินขนาดไม่เกิน 0.64 เซนติเมตร และความชื้นไม่เกิน 6% โดยถ่านหินและสารดูดซับจะถูกนำโดยอากาศที่ผลิตโดยเครื่องอัดอากาศ (Blower) และถูกส่งผ่านท่อที่อยู่ทางใต้ของฐาน ซึ่งระบบนี้มีค่อนข้างซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงจากการใช้เครื่องอัดอากาศจำนวนมากในการขนส่งถ่านหินและสารดูดซับ

Overbed Feed system ระบบนี้นำถ่านหินและสารดูดซับเข้าห้องเผาไหม้เหนือฐานเผาไหม้ ขนาดหินประมาณ 3.2 เซนติเมตร ระบบนี้มีจุดป้อนน้อยกว่า Underbed feed system แต่สามารถกระจายตัวการกระจายถ่านหินและสารดูดซับได้ดีกว่า [39]

- **Circulating Fluidized Bed Combustion (CFBC)** เทคโนโลยีนี้คล้ายคลึงกับ Bubbling Fluidized Bed Combustion แต่ที่แตกต่างกันโดยทั่วไปคือขนาดอนุภาคสารดูดซับที่เล็กกว่า ความเร็วของก๊าซในหม้อน้ำที่สูงขึ้นทำให้เกิดความแตกต่างทางกายภาพที่สำคัญและขนาดฐานเผาไหม้ของ CFBC จะขยายตัวเกือบเท่าปริมาตรของเตาเผาประมาณ 90% โดยกระบวนการนี้จะใช้ความเร็วของอากาศ

ที่สูงขึ้น ทำให้อนุภาคของแข็งส่วนใหญ่ถูกกักเก็บและไหลรวมกับอากาศไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงผ่านเข้าสู่ห้องเผาไหม้หลักและเข้าสู่ไซโคลน ซึ่งอนุภาคของแข็งขนาดใหญ่จะถูกสกัดและกลับเข้าสู่ห้องเผาไหม้อีกครั้ง ซึ่งเทคโนโลยีนี้จะทำให้ของแข็งและสารดูดซับใช้เวลาอยู่ในห้องเผาไหม้ค่อนข้างสั้นเมื่อเทียบกับ Bubbling Fluidized Bed Combustion และมีการใช้ความร้อนที่ต่ำกว่าส่งผลให้เหมาะสมต่อถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำ ถ้าสูง รวมถึงสามารถใช้ร่วมกันกับระหว่างถ่านหินกับเชื้อเพลิงอื่นได้โดยกระบวนการทำงานเป็นไปตามรูปที่ 4-19 โดยสามารถลดมลพิษของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ประมาณ 90% เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีเผาไหม้ตะกรับแบบเดิม [39]



รูปที่ 4-19 กระบวนการทำงานของ Circulating Fluidized Bed Combustion [41]

2) Pressurized Fluidized Bed Combustion (PFBC)

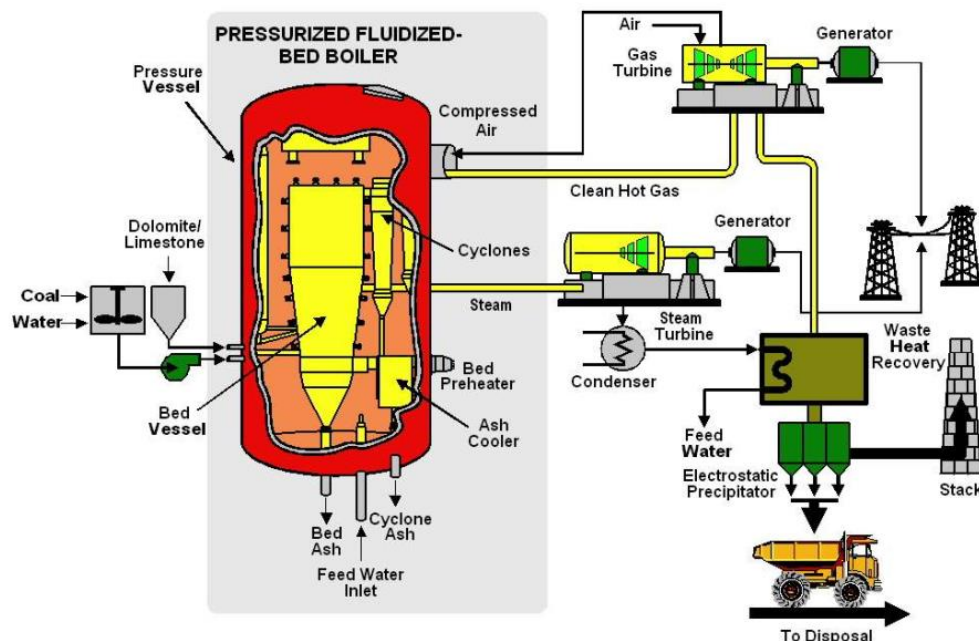
เทคโนโลยีนี้จะแตกต่างจาก AFBC โดยเทคโนโลยีย่อยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ Bubbling Fluidized Bed Combustion และ Circulating Fluidized Bed Combustion เช่นเดียวกัน ที่ด้านในของห้องเผาไหม้มีความดันสูงประมาณ (5-20 bar) ความดันภายในห้องเผาไหม้จะส่งผลต่อการทำงานดังนี้

- ขนาดของ หม้อน้ำ PFBC จะมีขนาดเล็กกว่า AFBC เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่เท่ากัน
- อุณหภูมิและความดันที่สูงที่ออกจากหม้อน้ำสามารถนำไปใช้งานโดยการผลิตไฟฟ้าผ่าน Gas Turbine ได้
- ด้วยอุณหภูมิและความดันที่สูงที่ออกจากหม้อน้ำ สามารถนำไปใช้ระบบ Combine Heat and Power (CHP) ของโรงไฟฟ้าได้

อากาศที่ไหลผ่านห้องเผาไหม้จ่ายผ่านเช่นเดียวกันกับ AFBC แต่ที่ความดันที่สูงกว่า อุณหภูมิในห้องเผาไหม้บริเวณฐานการเผาไหม้ประมาณ 820-920 °C สำหรับการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิภาพในการกำจัด SO₂ ที่ดี และการใช้สารดูดซับจะเป็นการใช้สารโดโลไมต์ CaMg (CO₃)₂ แทนหินปูนที่ใช้ใน AFBC

กระบวนการจะเริ่มจากถ่านหินและสารดูดซับจะถูกป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ โดยถ่านหินมีขนาดไม่เกิน 0.32 เซนติเมตร จะถูกนำเข้าไปโดยลมผ่านฮอปเปอร์ที่มีแรงดันจากนั้นจึงฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำ ถ่านหินจะถูกทำให้แห้งโดยมีความชื้นประมาณ 2% บริเวณระหว่างตัวจ่ายอากาศกับตัวแลกเปลี่ยนความร้อนในฐานเผาไหม้

รูปแบบการทำงานของ PFBC จะคล้ายกับ AFBC โดยก๊าซและอนุภาคของแข็งจำนวนมากถูกนำไปที่ด้านล่างของเตาเผาจะถูกนำความสะอาดในอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิและความดันสูง อาทิ ไชโคลน เครื่องดักจับด้วยไฟฟ้าสถิต หรือ ตัวกรองเซรามิก จากนั้นจะถูกนำกลับมาเข้าห้องเผาไหม้อีกครั้งเพื่อให้เกิดการเผาไหม้และดักจับกำมะถันได้สมบูรณ์ที่สุด ซึ่ง PFBC นั้นสามารถนำไปใช้ร่วมกับ Gas turbine ได้ ดังนั้นการจะนำไปใช้จะต้องทำการทำความสะอาดก๊าซก่อนนำไปขยายตัวผ่าน Gas Turbine จากนั้นค่อยเข้าสู่ Heat Recovery เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำให้เกิดไอน้ำแล้วนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปทั้งในด้านอุตสาหกรรมและการผลิตไฟฟ้าผ่านกังหันไอน้ำ กระบวนการทำงานเป็นไปตามรูปที่ 4-20 [39]



รูปที่ 4-20 กระบวนการทำงานของ Pressure Fluidized Bed Combustion [42]

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
--	---

4) Integrated Coal Gasification Combined Cycle (IGCC)

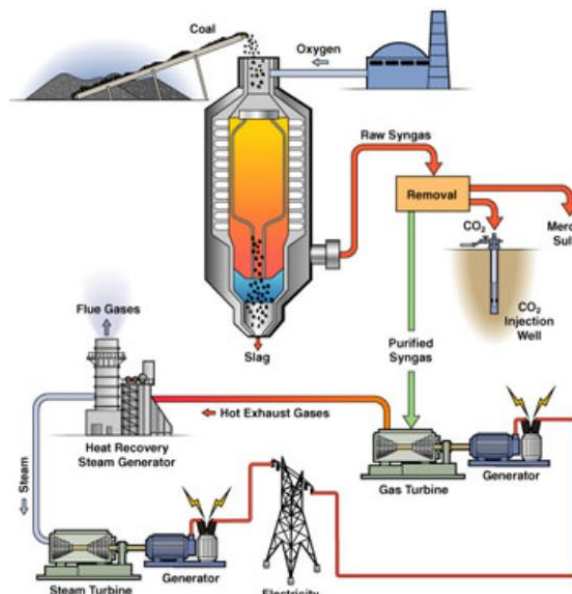
เทคโนโลยี IGCC เป็นเทคโนโลยีที่รวมสองเทคโนโลยี คือวัฏจักรร่วม (Combined Cycle) และ ก๊าซซิฟิเคชันเข้าด้วยกัน โดยถ่านหินจะถูกทำให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง (CO และ H_2 เป็นหลัก) โดยการทำปฏิกิริยาก๊าซซิฟิเคชันในภาวะที่มีอากาศจำกัด โดยสามารถเติมน้ำเสริมด้วยได้ เนื่องจากสารประกอบกำมะถันในถ่านหินจะถูกเปลี่ยนรูปเป็น H_2S ส่วนใหญ่และ SO_2 นอกจากนั้นก๊าซเชื้อเพลิงที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ยังพบสารอนุภาคต่างๆ หลุดติดตาม จึงมีความจำเป็นต้องกำจัดสารประกอบกำมะถันและสารอนุภาคเหล่านี้ออกจากก๊าซเชื้อเพลิงก่อนที่จะนำไปเผาไหม้และขับเคลื่อนกังหันก๊าซเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยใช้ระบบวัฏจักรร่วม (Combined Cycle)

ข้อดีที่สำคัญของโรงไฟฟ้า IGCC เมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าทั่วไปที่เผาถ่านหินและติดตั้งระบบการกำจัดกำมะถันในก๊าซไอเสีย (Flue Gas Desulfurization) คือ ประสิทธิภาพรวมในการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินจะสูงถึงร้อยละ 45-47 ไม่มีปัญหามลพิษด้านอากาศ และลดการเกิดก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas) โดยเฉพาะปริมาณก๊าซ CO_2 ต่อหน่วยไฟฟ้า

กระบวนการทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงก่อนที่จะนำไปเผาไหม้และขับเคลื่อนกังหันก๊าซมีความสำคัญยิ่งและไม่สามารถละเลยได้ เนื่องจากการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมและสามารถช่วยให้ปัญหาการสึกกร่อนของเครื่องจักรมีน้อยลง และประการสำคัญเป็นการป้องกันปัญหามลภาวะที่จะส่งผลกระทบต่อชุมชนในบริเวณใกล้เคียงโรงไฟฟ้าได้ โดยกระบวนการทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงสามารถแบ่งออกตามอุณหภูมิของกระบวนการที่ใช้ได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. Hot Gas Cleanup – การทำความสะอาดก๊าซที่อุณหภูมิสูง
2. Cold Gas Cleanup – การทำความสะอาดก๊าซที่อุณหภูมิต่ำ

โดยหลักการเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดแล้ว กระบวนการทำความสะอาดก๊าซควรจะทำให้ อุณหภูมิของก๊าซที่ออกมาจากเครื่องปฏิกรณ์ คือ ที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากก๊าซที่ได้นี้จะถูกส่งต่อไปใช้กับกังหันก๊าซ นอกเหนือจากนั้นการทำความสะอาดก๊าซที่อุณหภูมิสูงยังเป็นการป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อน แต่อย่างไรก็ตามระบบ Hot Gas Cleanup สำหรับกำจัด H_2S และ SO_2 ออกจากก๊าซเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูง มีข้อเสียในด้าน ปัญหาการแตกกระเทาะ (Attrition) ของเม็ดสารดูดซับที่ใช้ และปัญหาการกำจัดฝุ่นละอองโดยใช้ตัวกรองเซรามิก (Ceramic Filters) ปัญหาการอุดตันของถ้ำและ Mechanical Failure ของระบบการกรองก๊าซร้อนที่พบเจอได้บ่อยครั้ง [14]



รูปที่ 4-21 กระบวนการทำงานของ Integrated Coal Gasification Combined Cycle [43]

4.3.2 กลุ่มเทคโนโลยีลดมลพิษช่วงระยะการเผาไหม้

กลุ่มเทคโนโลยีลดมลพิษช่วงระยะการเผาไหม้ เป็นเทคโนโลยีที่มุ่งเน้นในการลดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินโดยเริ่มตั้งแต่ในระยะเวลาการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งจะสามารถช่วยลดมลพิษที่เกิดขึ้นและยังช่วยระบบบำบัดมลพิษหลังจากการเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น โดยเทคโนโลยีในกลุ่มมีดังนี้

1) In-situ Combustion NO_x & SO_x

เทคโนโลยีนี้เป็นการกำจัดกลุ่มก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และกลุ่มก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) ตั้งแต่ช่วงระยะการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินให้เกิดการดักจับก๊าซต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีหลายวิธีการและเทคโนโลยีดังนี้

(1) การเพิ่มประสิทธิภาพหัวเผา (Burner Optimization)

การเพิ่มประสิทธิภาพหัวเผานอกจากจะลดการใช้พลังงานที่นำเข้าสู่ห้องเผาไหม้แล้ว การเพิ่มประสิทธิภาพหัวเผายังสามารถลดค่า NO_x ได้ โดยวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพหัวเผานั้นทำได้โดยการเปลี่ยนสภาพการทำงาน 2 เงื่อนไขได้แก่ 1. การควบคุมปริมาณอากาศส่วนเกินที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้ 2. การควบคุมของเชื้อเพลิงและอากาศเข้าห้องเผาไหม้ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพหัวเผาสามารถลดปริมาณ NO_x ไม่น้อยกว่า 39% [43]

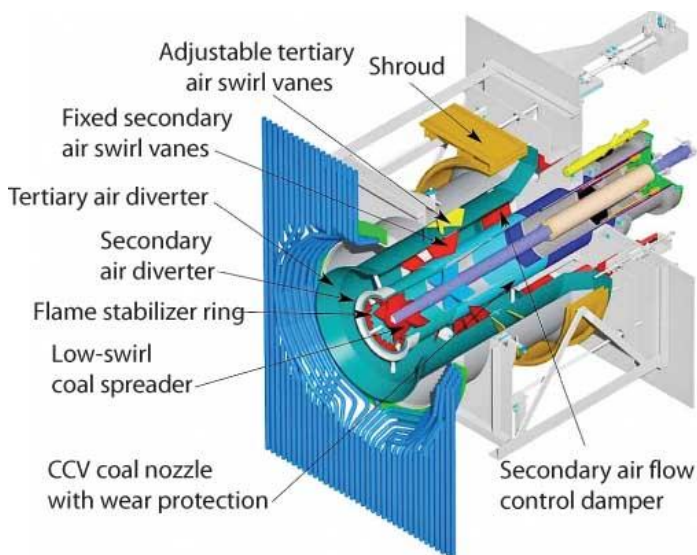
(2) Low NO_x Burner

Low NO_x Burner ออกแบบมาเพื่อควบคุมเพื่อควบคุมการผสมเชื้อเพลิงและอากาศที่หัวเผาแต่ละหัวเผาให้สร้างเปลวไฟที่ใหญ่และแตกแขนงมากขึ้น จุดมุ่งหมายคือการลดการ NO_x จากการเผาไหม้ โดยที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงสุดจะถูกลดต่ำลงส่งผลให้ NO_x ลดลงตามมา และโครงสร้างเปลวไฟที่ได้รับการปรับปรุงจากการให้หัวเผานี้ยังช่วยลดปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในส่วนที่ร้อนที่สุดของเปลวไฟซึ่งจะช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการเผาไหม้ทั้งหมด โดยเทคโนโลยีดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการลด NO_x ได้ประมาณ 74%

โดยที่หลักการทำงานของ Low NO_x Burner จะมีด้วยกัน 3 ขั้นตอนคือ

1. Combustion – จะเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงบริเวณโซนที่ไร้อากาศส่งผลให้เกิด NO_x ขึ้นบริเวณนี้
2. Reduction – บรรายากาศที่ลดลง ทำให้เกิดสารประกอบ Hydrocarbon ขึ้นและเกิดการทำปฏิกิริยากับ NO_x
3. Burnout- การเผาไหม้กับอากาศด้านในหัวเผาเสร็จสมบูรณ์ด้วยระบบ Air Staging ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจเกิด NO_x เพิ่มขึ้นแต่ก็เกิดในปริมาณที่ไม่มากนัก

Air staging หรือ Two-stage combustion คือการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบ 2 ระยะ โดยแบ่งเป็นระยะแรก Primary Air จะเป็นการผสมระหว่างเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำในโซนที่ไม่มีออกซิเจน และระยะที่สอง Secondary air จะเติมอากาศเข้าไปในช่วงระยะเผาไหม้เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ [44]

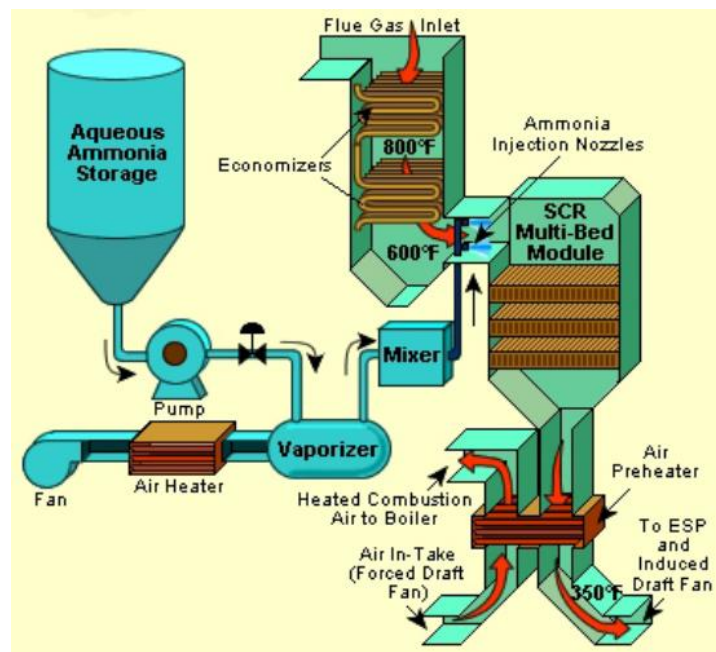


รูปที่ 4-22 กระบวนการทำงานของ Low NO_x Burner [45]

2) Selective Catalytic Reduction (SCR)

เทคโนโลยี SCR เป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นในการกำจัด NO_x ด้วยวิธีการทางเคมี โดย SCR จะใช้ตัวเร่งทำปฏิกิริยาที่เป็นโลหะ อาทิเช่น ไททาเนียมออกไซด์ วานาเดียม โมลิบดีนัม และทังสเทน เป็นต้น ซึ่งมีจุดเด่นในการกระตุ้นการเพิ่มอัตราการรีดักชัน ส่วนประกอบหลักของ SCR ได้แก่ ระบบจัดเก็บและส่งแอมโมเนีย ท่อส่งแอมโมเนีย และเครื่องปฏิกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยา โดยสารรีดิวซ์ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น แอมโมเนีย หรือ ยูเรีย จะถูกฉีดเข้าไปในก๊าซไอเสียหลังการเผาไหม้ โดยสารรีดิวซ์ซึ่งจะทำปฏิกิริยาเฉพาะเจาะจงกับ NO_x ในก๊าซไอเสีย ภายในช่วงอุณหภูมิที่กำหนด เพื่อเปลี่ยนสภาพ NO_x ให้อยู่ในรูปโมเลกุลไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ (H_2O)

กระบวนการของ SCR จะเริ่มต้นจาก ตัวทำปฏิกิริยา (แอมโมเนียหรือยูเรีย) จะถูกฉีดเข้าไปด้านล่างของก๊าซไอเสียของอุปกรณ์เผาไหม้และ Economizer ผ่านท่อส่งแอมโมเนีย โดยทั่วไป ตัวทำปฏิกิริยาจะถูกเจือจางด้วยอากาศหรือน้ำเพื่อช่วยในการฉีด ตัวทำปฏิกิริยาที่ถูกเจือจางแล้วจะเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยา จากนั้นก๊าซไอเสียกับตัวทำปฏิกิริยาจะสัมผัสกันและกระตุ้นให้ NO_x ในอากาศเสียเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเป็นไนโตรเจน (N_2) และน้ำ (H_2O) หลังจากนั้น จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการกำจัดก๊าซไอเสียอื่นๆ ต่อไป โดยกระบวนการดังกล่าวจะใช้อุณหภูมิประมาณ 300-400 °C มีประสิทธิภาพในการกำจัด NO_x ที่ประมาณ 80-90% [46]

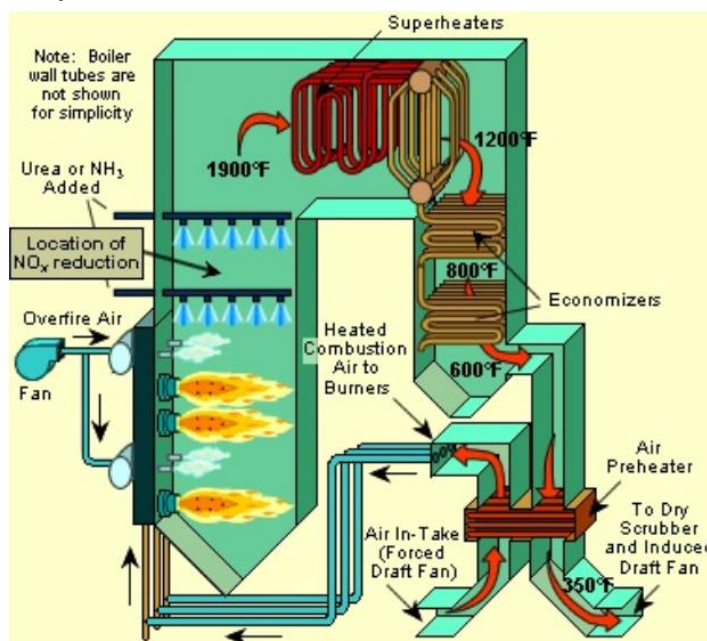


รูปที่ 4-23 กระบวนการทำงานของ Selective Catalytic Reduction (SCR) [43]

3) Selective non-Catalytic Reduction (SNCR)

พื้นฐานของเทคโนโลยีนี้ คือ ใช้ปฏิกิริยาเคมีแบบไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ตัวทำปฏิกิริยาอาทิ ยูเรียหรือแอมโมเนีย เพื่อเปลี่ยน NO_x ให้เป็นไนโตรเจน (N_2) และน้ำ (H_2O) โดยการฉีดพ่นตัวทำปฏิกิริยาไปยังก๊าซเผาไหม้หลังการเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่ 870-1320 °C

กระบวนการ SNCR จะเกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ ซึ่งทำหน้าที่เสมือนเป็นห้องปฏิกิริยา โดยจะทำการติดตั้งหัวฉีดสำหรับฉีดตัวทำปฏิกิริยาอยู่หลังการเผาไหม้บริเวณด้านบนบนของเตาเผาใกล้กับช่องที่ปล่อยอากาศออกสู่บรรยากาศ การฉีดตัวทำปฏิกิริยาทำให้เกิดการผสมกับก๊าซไอเสีย ความร้อนของก๊าซไอเสียจะเป็นตัวให้พลังงานสำหรับปฏิกิริยารีดักชัน NO_x จนเกิดเป็น N_2 และ H_2O ก่อนปล่อยสู่บรรยากาศต่อไป [32] โดยประสิทธิภาพอยู่ที่ระหว่าง 30-50% ของการกำจัด NO_x [47]

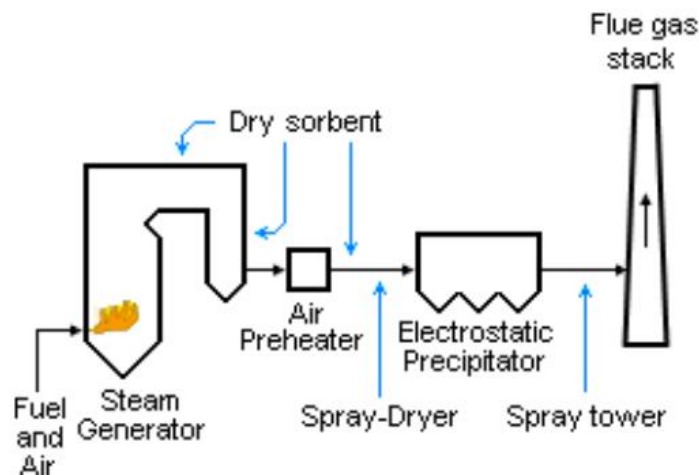


รูปที่ 4-24 กระบวนการทำงานของ Selective non-Catalytic Reduction [43]

4) Dry Sorbent Injection System (DSI)

เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการลด SO_2 ในระดับปานกลางในหม้อน้ำที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้สารดูดซับเป็นสารประกอบที่มีโซเดียมเป็นส่วนประกอบหลัก โดยสารที่มีการใช้มากที่สุดคือ Trona (Trisodium Hydrogencarbonate dihydrate) เนื่องจากทำปฏิกิริยากับ SO_2 ได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) โดยประสิทธิภาพการดูดซับ SO_2 โดยรวมอยู่ระหว่าง 80-90% [36] โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทการใช้งานได้แก่

- 1) Furnace sorbent injection เป็นเทคโนโลยีเริ่มแรกของ DSI โดยจะทำการฉีดสารดูดซับด้านบนของเตาเผาเพื่อทำปฏิกิริยากับ SO_2 ในก๊าซไอเสีย โดยกระบวนการทำงานจะต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 750-1,250 °C
- 2) Economizer Sorbent Injection เป็นเทคโนโลยีที่จะทำการฉีดสารดูดซับไปในก๊าซไอเสียบริเวณใกล้ Economizer โดยกระบวนการจะใช้อุณหภูมิประมาณ 300-650 °C
- 3) Duct Sorbent Injection เป็นเทคโนโลยีพ่นสารดูดซับไปยังก๊าซไอเสียบริเวณท่อที่ออกจาก Air Preheater ที่อุณหภูมิประมาณ 150 °C
- 4) Hybrid Sorbent Injection จะเป็นการพ่นฉีดสารดูดซับทั้งในส่วนบริเวณเตาเผาและท่อที่ออกจาก Air Preheater ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สามารถดูดซับ SO_2 ได้ดีที่สุดประมาณ 90% [48]



รูปที่ 4-25 กระบวนการทำงานของ Dry Sorbent Injection System [48]

4.4 กระบวนการหลังการเผาไหม้ (Post Combustion)

กระบวนการหลังการเผาไหม้เชื้อเพลิง มักจะเป็นเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในรูปแบบกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ทั้งในรูปแบบกำจัดฝุ่น และก๊าซไอเสียอื่นๆ อาทิเช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยมีเทคโนโลยีในการจัดตั้งต่อไปนี้

4.4.1 Cyclones

ไซโคลนเป็นเครื่องมือคัดแยกอนุภาคของแข็ง (ละอองฝุ่น) ออกจากของไหล (ของเหลว หรือ ก๊าซ) โดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ตำแหน่งทางเข้าของไซโคลน อนุภาคของแข็งที่ผสมกับของไหล

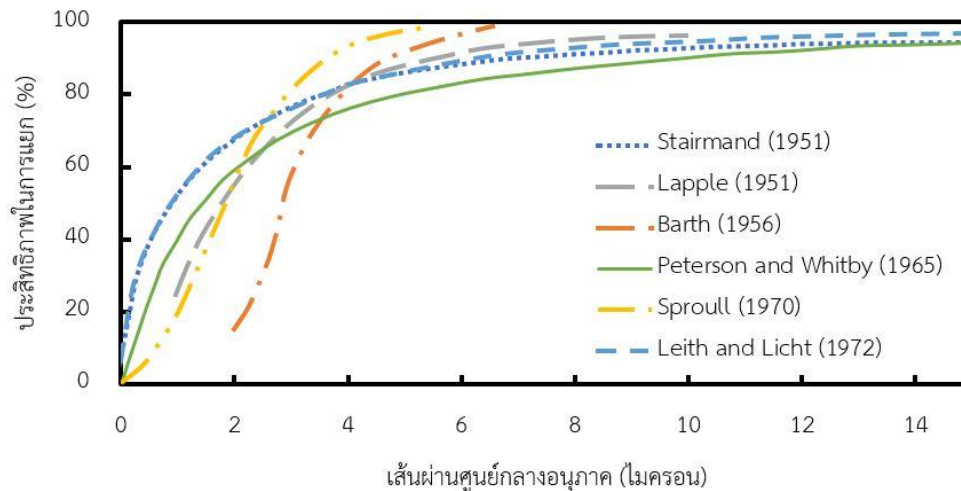
จะถูกป้อนเข้ามา โดยอนุภาคของแข็งจะเคลื่อนที่ไปตามผนังของไซโคลนที่เป็นรูปทรงกระบอก ทำให้เกิดไหลแบบหมุนวน และ ก่อตัวเป็นกระแสมหมุนวน (Vortex) ขณะที่อนุภาคของแข็งถูกเหวี่ยงอยู่ในกระแสมหมุนวนจะเกิดแรงในแนวสัมผัส (Tangential force) ที่จะผลักให้อนุภาคของแข็งเคลื่อนตัวออกจากศูนย์กลางกระแสมวนออกสู่ผนังไซโคลน ด้านล่างของไซโคลนที่ลักษณะเป็นทรงกรวยที่ปลายทางออกมีลักษณะบีบเข้า ทำให้กระแสมวนมีการเปลี่ยนทิศทางการไหลสวนทางย้อนกลับขึ้นด้านบนด้วยความต่างของความหนาแน่นของของไหลและอนุภาคของแข็ง จึงทำให้อนุภาคของแข็งถูกผลักลงสู่ทางออกทางด้านล่าง และของไหลที่ปราศจากอนุภาคของแข็งจึงไหลออกที่ทางออกด้านบนของไซโคลน โดยประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นได้ที่ประมาณ 75-99% [49]



รูปที่ 4-26 กระบวนการทำงานของ Cyclones [50]

การออกแบบไซโคลนในปัจจุบัน มักคำนึงถึงการใช้งานออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ การใช้งานที่เน้นประสิทธิภาพการคัดแยกอนุภาคสูง (High efficiency cyclone) ไซโคลนประเภทนี้มักจะมีขนาดเล็กที่เน้นในการแยกอนุภาคของแข็งให้มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ก็ต้องใช้พลังงานสูงในการดำเนินการ ด้วยข้อจำกัดในด้านอัตราการไหลของของไหลที่อุปกรณ์สามารถรับได้ เช่น ไซโคลน Stairmand ไซโคลน Peterson และ Whitby ไซโคลน Leith and Licht และไซโคลน Lapple จึงทำให้มีไซโคลนอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งจะเน้นที่ปริมาณในการคัดแยกหรืออัตราการไหลที่สูง (high flowrate cyclone) ตัวไซโคลนมักมีขนาดใหญ่กว่า จึงทำให้สามารถรับรองอัตราการไหลที่สูงขึ้นแต่ก็แลกมากับประสิทธิภาพในการคัดแยกที่ต่ำลง เช่น ไซโคลน Sproull และไซโคลน Barth ไซโคลนแต่ละชนิด

ที่กล่าวมาข้างต้นมีโครงสร้างหลักดังรูปที่ 4-26 ไชโคลนแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันที่สัดส่วนต่อทรงกระบอก ท่อทรงกรวย ความยาวของตัวไชโคลน ช่องป้อนเข้าของไหล และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นต้น

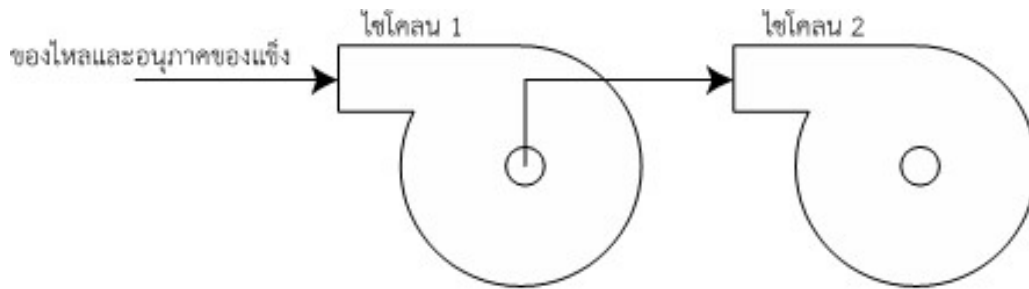


รูปที่ 4-27 ประสิทธิภาพการแยกไชโคลนประเภทต่างๆ [49]

จากรูปที่ 4-27 แสดงให้เห็นว่า อนุภาคขนาดเล็กที่สุดที่ไชโคลน Stairmand สามารถแยกอนุภาคได้ คือ ช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 ไมครอน โดยมีประสิทธิภาพในการแยก 60-70% เท่านั้น วิศวกรจึงพยายามออกแบบไชโคลนให้สามารถคัดแยกอนุภาคขนาดเล็กได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีวิธีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกให้สูงขึ้น คือการต่อไชโคลนมากกว่า 1 ตัวเข้าด้วยกัน ในรูปแบบอนุกรมและแบบขนาน ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกแล้วยังช่วยให้สามารถคัดแยกได้ในปริมาณที่มากขึ้นด้วย

1.การต่อไชโคลนแบบอนุกรม

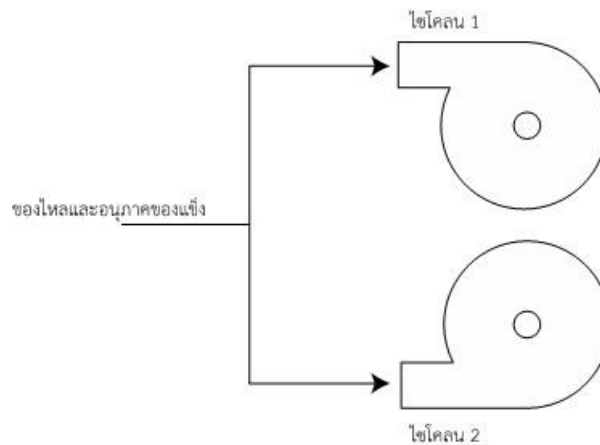
การต่อไชโคลนแบบอนุกรมจะทำการป้อนเข้าของไหลและอนุภาคของแข็งที่ไชโคลนตัวที่หนึ่ง หลังจากเกิดการคัดแยกอนุภาค ของแข็งที่ไม่สามารถคัดแยกได้ด้วยไชโคลนตัวแรก จะถูกส่งต่อเข้าสู่ไชโคลนตัวที่สอง ดังแสดงใน รูปที่ 4-28 เพื่อทำการคัดแยกอีกครั้งจนได้ประสิทธิภาพในการคัดแยกที่ต้องการเมื่อทำการเปรียบเทียบการคัดแยกด้วยอุปกรณ์ไชโคลนตัวเดียวและอุปกรณ์ไชโคลนสองตัวแบบต่ออนุกรม พบว่า ความดันลดในระบบที่ใช้อุปกรณ์ตัวเดียวมีค่าสูงกว่าไชโคลนตัวแรกแบบต่ออนุกรม โดยไชโคลนตัวแรกจะเสมือนเป็นการคัดกรองอนุภาคแบบหยาบที่เน้นการดักจับอนุภาคของแข็งปริมาณมาก และไชโคลนตัวที่สอง ทำหน้าที่ในการขัดแยกอนุภาคแบบละเอียดอีกครั้ง จึงสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพในการคัดแยกโดยรวมนั้นสูงกว่าการใช้อุปกรณ์ไชโคลนเพียงตัวเดียว



รูปที่ 4-28 การต่อไซโคลนในรูปแบบอนุกรม [49]

2.การต่อไซโคลนแบบขนาน

การต่อไซโคลนแบบขนาน ของไหลและอนุภาคของแข็งจะถูกแบ่งออกไปป้อนเข้าสู่ไซโคลนทั้งสองตัวพร้อมกันในรูปแบบการต่อแบบขนานดังแสดงในรูปที่ 4-29 การต่อแบบขนานนั้นให้ประสิทธิภาพในการแยกได้ดีเมื่อเทียบกับการใช้แบบตัวเดียวโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อความเร็วในการป้อนเข้าของของไหลสูง ดังนั้นการต่อแบบขนานจึงเหมาะกับการเพิ่มขีดจำกัดความสามารถในการรองรับอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นอย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการต่อไซโคลนแบบขนาน คือ การรักษากระแสภายในไซโคลนทั้งสองตัว และการแบ่งอัตราการไหลป้อนเข้าให้เท่ากัน



รูปที่ 4-29 การต่อไซโคลนในรูปแบบขนาน [49]

นอกจากรูปแบบการต่อไซโคลนแบบอนุกรมและแบบขนานแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการแยกของไซโคลนอีกมากมาย ตัวอย่างที่พบได้มากในการใช้งานไซโคลนในกระบวนการ ได้แก่ ปริมาณของแข็งในระบบ การแตกหักของอนุภาคของแข็ง และระบบลำเลียงของแข็ง เป็นต้น

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
--	--

4.4.2 Wet Scrubbers

เครื่องจับฝุ่นแบบเปียก (Wet collectors) หรือสครับเบอร์ (Scrubbers) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวดักจับฝุ่นหรืออนุภาคขนาดเล็กอย่างมีประสิทธิภาพและจับก๊าซมลพิษจากกระแสก๊าซได้ ในขณะเดียวกันโดยฉีดของเหลวเป็นละอองฝอยสู่กระแสก๊าซ หรือให้กระแสก๊าซไหลผ่านฟิล์มของเหลวด้วยความเร็วสูง หรือไหลผ่านชั้นวัสดุที่มีของเหลวเคลือบที่ผิว เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ใกล้ละอองหรือหยดน้ำ จะสัมผัสกับละอองน้ำด้วย โดยประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นได้ประมาณ 90-99% กลไกหลักในกระบวนการทำงานของ Wet scrubber ประกอบด้วย 3 หลักการ คือ

1) การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย (Impact by inertia) การที่อนุภาคฝุ่นในกระแสก๊าซไอเสียชนและเกาะติดกับหยดของเหลวเนื่องจากมีแรงเฉื่อย ถ้าอนุภาคฝุ่นมีขนาดใหญ่ ความหนาแน่นยิ่งมาก และความเร็วสัมพัทธ์เมื่อเทียบกับหยดของเหลวยิ่งสูง ประสิทธิภาพในการเก็บอนุภาคฝุ่นโดยการกระทบด้วยแรงเฉื่อยจะมีค่ามากขึ้น

2) การแพร่ (Diffusion) อนุภาคขนาดเล็กเฉื่อยที่อยู่ในก๊าซไอเสียจะเคลื่อนไหวแบบ บราวเนียน (Brownian motion) เพราะถูกชนถี่มากโดยโมเลกุลของมลสารที่อยู่รอบๆ การเคลื่อนที่แบบ บราวเนียน (Brownian motion) ของอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากเปรียบเสมือนได้กับการแพร่ของโมเลกุลของมลสารที่ผสมอยู่ในก๊าซไอเสีย เมื่อมลสารนั้นแพร่ไปพบกับผิวที่กีดขวาง เช่น ฟิล์มหรือหยดของเหลวก็จะเกาะติดที่ผิวนั้น การแพร่มีบทบาทสำคัญมากในการจับอนุภาคละเอียดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 ไมโครเมตรหรือเล็กกว่าและในการดักกลืนมลสาร

3) การสกัดกั้น (Interception) กลไกของการสกัดกั้นจะช่วยเสริมประสิทธิภาพในการเก็บอนุภาคฝุ่นของเครื่อง wet scrubber เป็นกลไกการทำงานที่อนุภาคมารสัมผัสและเกาะติดกับสิ่งกีดขวางโดยทั่วไปการกระทบเนื่องจากความเฉื่อยเป็นกลไกการจับอนุภาคที่สำคัญที่สุดของ สครับเบอร์ เมื่อกระแสก๊าซมีความเร็วมากกว่า 0.3 เมตรต่อวินาที หยดน้ำที่จับอนุภาคไว้เหล่านี้จะถูกแยกออกจากกระแสก๊าซโดยแรงโน้มถ่วง หรือให้กระแสแตกแผ่นกั้น (Baffles) หรือโดยแรงเหวี่ยง

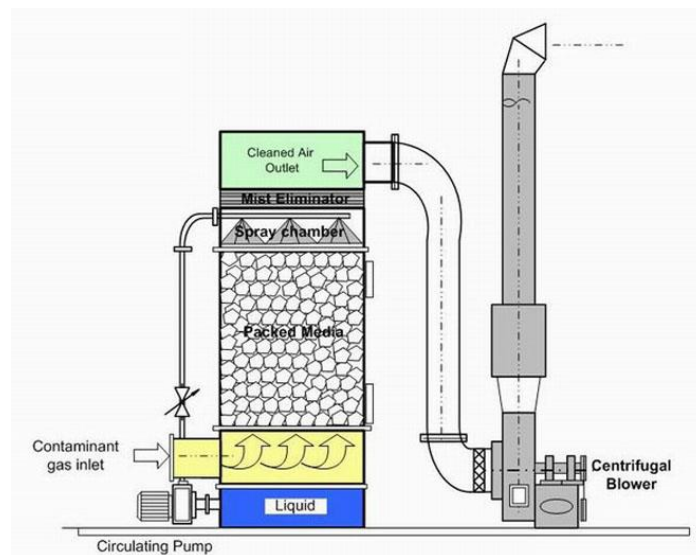
ในการดักจับฝุ่นด้วยสครับเบอร์มี 3 ขั้นตอนได้แก่

1) อนุภาคสัมผัสและดักจับด้วยหยดของเหลวหรือฟิล์มของเหลว อนุภาคจะสัมผัสและถูกดักจับในเครื่อง Scrubber

2) กระบวนการแยกของเหลวออก จะใช้เครื่องดักละอองน้ำ (Mist eliminator) ที่ติดบนเครื่อง Scrubber เพื่อแยกหยดน้ำออกจากก๊าซ

3) บำบัดของเหลวที่จับฝุ่นก่อนการระบายทิ้ง จะใช้อุปกรณ์ต่างๆ อาทิ เครื่องตกตะกอน (Clarifier) เครื่องกรอง (Vacuum Filter) และบ่อพัก (Fettling Pond) เพื่อบำบัดน้ำเสียที่ออกจาก Scrubber

ระบบ Scrubber ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ปัม্প พัดลม อุปกรณ์ป้อนสารเคมี ระบบท่อ และอุปกรณ์ตรวจวัด (Instrument) สำหรับ Scrubber ที่ใช้ดักจับฝุ่นที่มีขนาดเล็กมาก (เล็กกว่า 1 ไมครอน) มักติดตั้งอุปกรณ์สำหรับหล่อเย็นก๊าซก่อนเข้า Scrubber และอุปกรณ์หล่อเย็นของเหลวเพื่อให้ได้น้ำควบแน่น สำหรับเครื่องดักละอองน้ำมีหลายชนิด ได้แก่ ไซโคลน Chevron Mesh pads และ Woven pads [51]

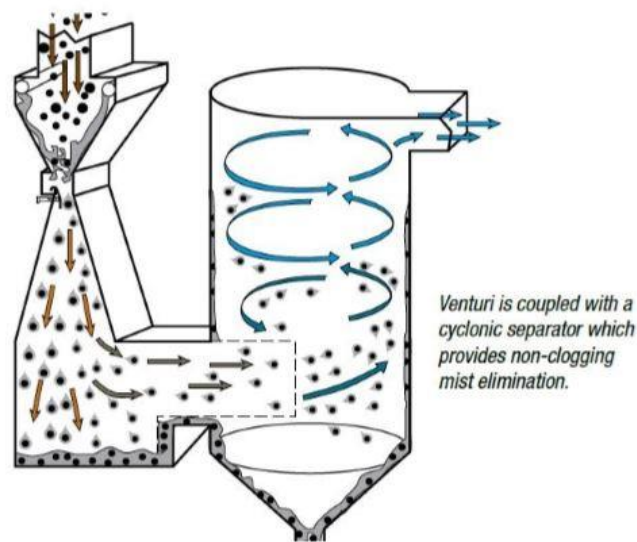


รูปที่ 4-30 กระบวนการทำงานของ Wet Scrubber [52]

ประเภทของ Wet Scrubber แบ่งออกเป็นหลายประเภทได้แก่

1) Venturi Scrubber

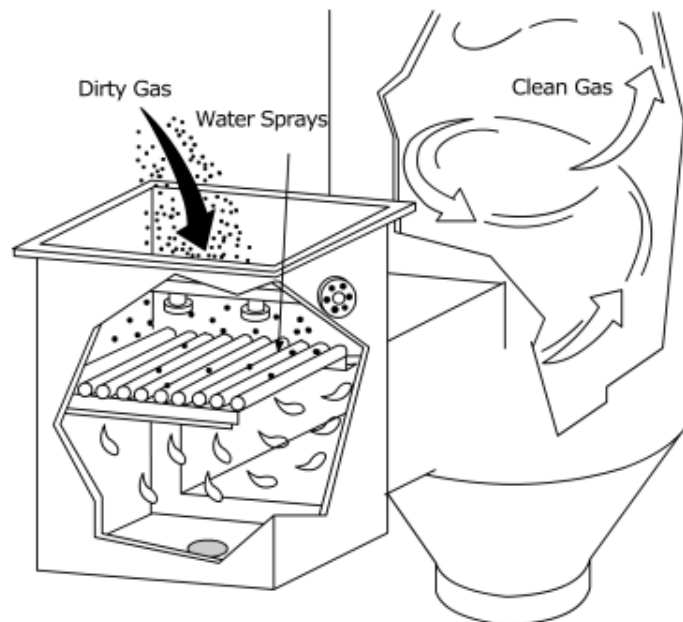
เป็นเครื่องจักรอนุภาคฝุ่นระบบเปียดที่ใช้กันมากที่สุดชนิดหนึ่ง เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ง่ายต่อการติดตั้งและมีประสิทธิภาพสูงมากในการจับอนุภาคที่มีขนาดเล็ก โดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน และสามารถดูดซึมก๊าซได้ ซึ่งมีหลักการตามรูปที่ 4-31 [51]



รูปที่ 4-31 กระบวนการทำงานของ Venturi Scrubber [53]

2) Rod deck scrubbers

เป็นเทคโนโลยีที่คล้ายกับ Venturi Scrubber เนื่องจากใช้ก๊าซที่มีความเร็วสูงกระแทกกับของเหลวให้เป็นละออง เพื่อชนฝุ่นและจับฝุ่นด้วยกลไกการกระทบ (Impaction) แต่ใน Rod deck scrubbers กระแสก๊าซจะถูกเร่งให้มีความสูงขณะไหลผ่านแท่ง Rod ตามรูปที่ 4-32 [51]

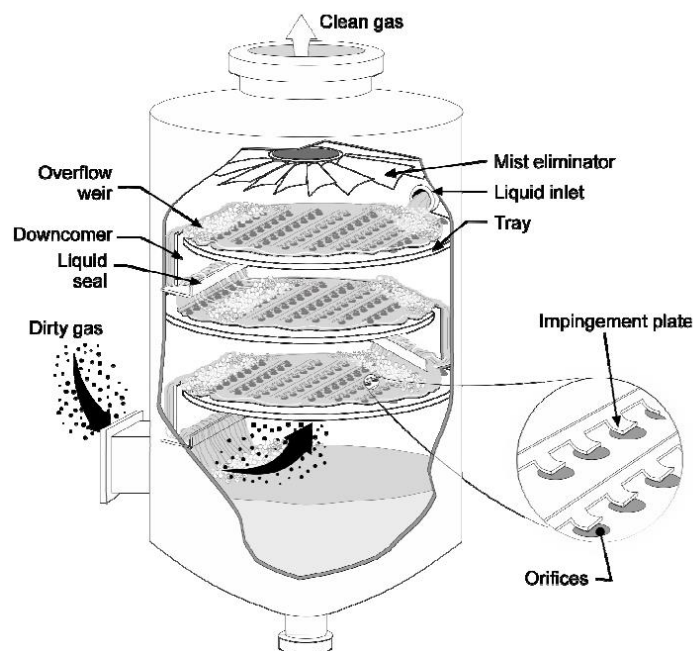


รูปที่ 4-32 กระบวนการทำงานของ Rod Deck Scrubber [54]

3) Impingement tray scrubber

เป็นเทคโนโลยี Scrubber รูปแบบหนึ่งที่มี Scrubber แบบถาดอยู่ด้านบน โดยด้านบนจะประกอบด้วย หอตั้งที่มีถาดวางในแนวราบอยู่ด้านบน โดยก๊าซไอเสียจะไหลเข้าสู่ทางส่วนล่างของระบบ และไหลผ่านช่องหรือรูของแต่ละถาดก่อนไหลผ่านไปยังส่วนบนของเครื่อง และทำการปล่อยหรือพ่นของเหลวจากทางด้านบนของระบบให้ไหลผ่านแต่ละถาดและออกสู่ทางด้านล่าง ก๊าซที่ไหลผ่านรูจะสัมผัสกับของเหลวที่เป็นละอองฝอย ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลหรือจับอนุภาคฝุ่น โดยมีหยดน้ำเป็นตัวดักจับ

Impingement tray scrubber เป็นเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานปานกลางและมีประสิทธิภาพการจับอนุภาคอยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน เหมาะสำหรับการดักจับฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน รูปที่ 4-33 จะแสดง Impingement tray scrubber ซึ่งใช้แผ่นกั้นวางเหนือถาด เพื่อให้ก๊าซกระแทกของเหลวเป็นละอองฝอยทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่น [51]



รูปที่ 4-33 กระบวนการทำงานของ Impingement tray scrubber [54]

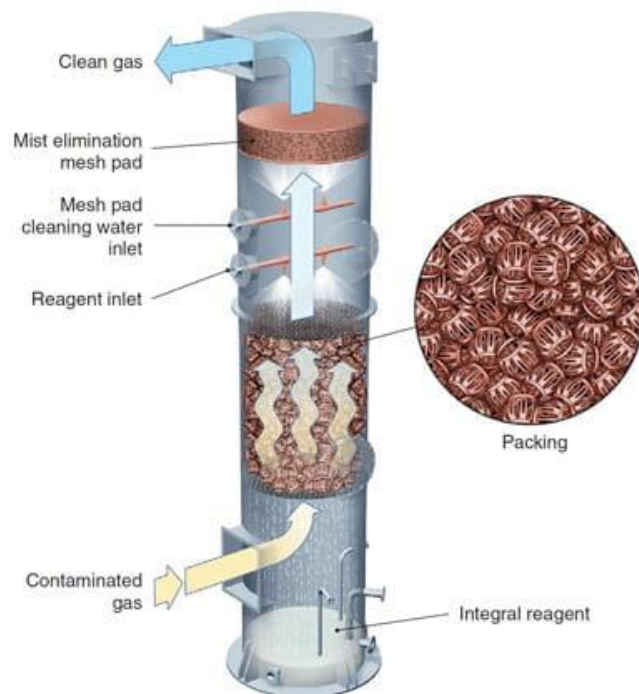
4) Packed-bed scrubber

เป็นเทคโนโลยีที่มักใช้กำจัดก๊าซและไอ แต่สามารถดักจับฝุ่นได้ด้วย ลักษณะเป็นหอที่ใช้บรรจุวัสดุ (Packing Materials) ซึ่งทำด้วยพลาสติกหรือเซรามิครูปปร่างต่างๆ กัน โดยทั่วไปของเหลวจะถูกฉีดผ่านหัวฉีดเหนือชั้นวัสดุแล้วไหลผ่านลงสู่ด้านล่างของหอ ส่วนกระแสก๊าซที่มีอนุภาคจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นวัสดุในขณะที่ก๊าซไหลผ่านช่องว่างระหว่างชั้นวัสดุได้มีการเปลี่ยนทิศทางการไหลอนุภาคจะชนกับ

วัสดุที่มีแผ่นฟิล์มของเหลวเคลือบอยู่และไหลไปพร้อมกับของเหลวสู่ด้านล่างของเครื่อง โดยการไหลภายในเครื่องแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ [35]

- 1) แบบไหลสวนทางกัน (Countercurrent flow)
- 2) แบบไหลตามกัน (Cocurrent flow)
- 3) แบบที่กระแสก๊าซไหลในแนวตั้งฉากกับของเหลว (Cross flow)

น้ำอาจถูกฉีดจากทางด้านบน ด้านหน้า หรือด้านหลังของชั้นวัสดุก็ได้ โดยสเปรย์จะช่วยล้างอนุภาคที่ฝุ่นที่ติดกับผิวของชั้นวัสดุ ซึ่งห่อที่บรรจุวัสดุนี้มักจะเกิดปัญหา เช่น วัสดุเกิดการอุดตันได้ ฐานที่ลึกทำให้ค่าความดันสูญเสียและประสิทธิภาพมีค่าสูงแต่อุดตันได้ง่าย ฐานที่บางจะทำให้ก๊าซไหลไม่สม่ำเสมอ หรือเกิดการไหลล้น ในหอแบบไหลสวนกันได้ถ้าฉีดของเหลวมากเกินไปหรือก๊าซไหลน้อยเกินไป [51]

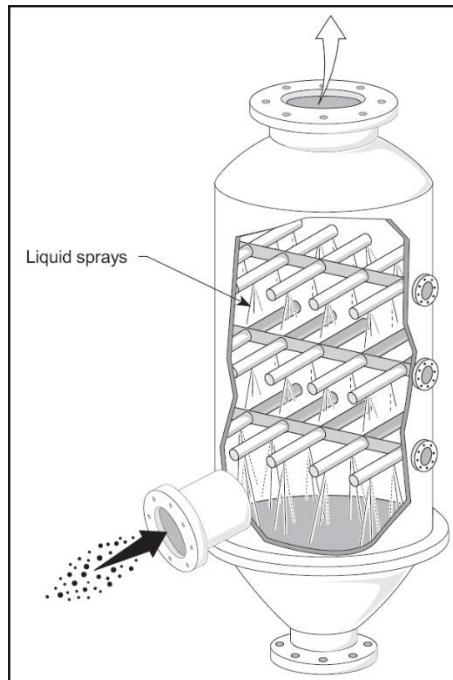


รูปที่ 4-34 กระบวนการทำงานของ Packed-bed scrubber [55]

5) Spray tower scrubber

เป็นเทคโนโลยีดักจับฝุ่นแบบเปียกที่มีระบบการทำงานง่าย ใช้พลังงานต่ำ มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก โดยที่ก๊าซไอเสียจะไหลสวนทิศทางการกับของเหลว ที่ส่วนบนของหอดมีแผ่นดักละอองน้ำ

เพื่อกำจัดหยดน้ำที่เหลือและที่ถูกก๊าซพัดลอยขึ้น สามารถใช้กับก๊าซที่มีปริมาณฝุ่นมากโดยอุดตัน
 เหมาะสำหรับการดักจับฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอนและยังดักจับก๊าซมลพิษอื่นได้



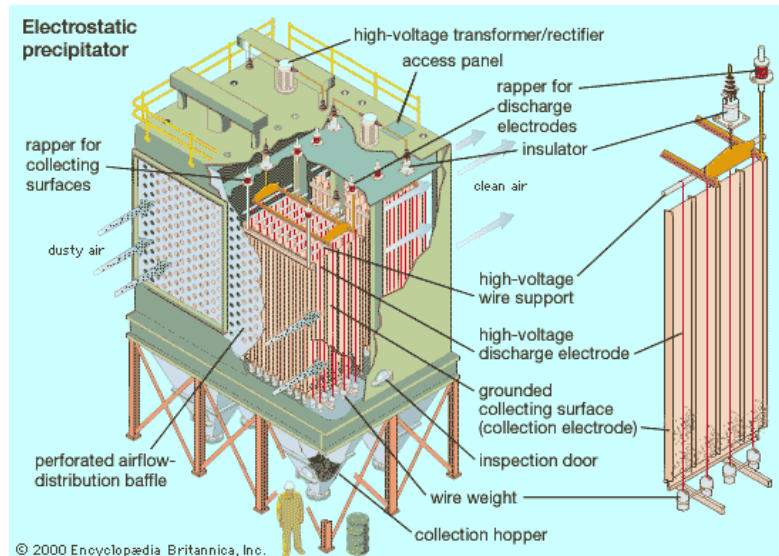
รูปที่ 4-35 กระบวนการทำงานของ Spray tower scrubber [56]

4.4.3 Electrostatic Precipitators (ESP)

เครื่องดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ หรือ ESP อาศัยแรงทางไฟฟ้าในการแยกฝุ่นออกจากอากาศ การทำงานประกอบด้วยแผ่นที่ให้ประจุกับอนุภาคฝุ่นหรือแผ่น Corona ทำหน้าที่ในการชาร์ตประจุลบให้กับฝุ่นและแผ่นเก็บฝุ่น หรือ Collecting plate ซึ่งมีประจุบวกทำหน้าที่จับและเก็บฝุ่น โดยฝุ่นที่ได้รับประจุลบจากแผ่น Corona จะเคลื่อนที่ไปยังแผ่น Collecting plate ที่มีขั้วบวกตามแรงทางประจุไฟฟ้า โดยประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นมากกว่า 99% และสามารถกำจัดขนาดฝุ่นได้ตั้งแต่ 0.1-100 ไมครอน ประเภทของ ESP มี 3 รูปแบบได้แก่

- 1) Cold Side ESP เป็นเทคโนโลยีในการติดตั้ง ESP หลัง Air Preheater โดยการทำงานดำเนินการที่อุณหภูมิ 130-180 °C
- 2) Hot Side ESP เป็นเทคโนโลยีในการติดตั้ง ESP หลัง Air Preheater โดยการทำงานดำเนินการที่อุณหภูมิ 300-450 °C

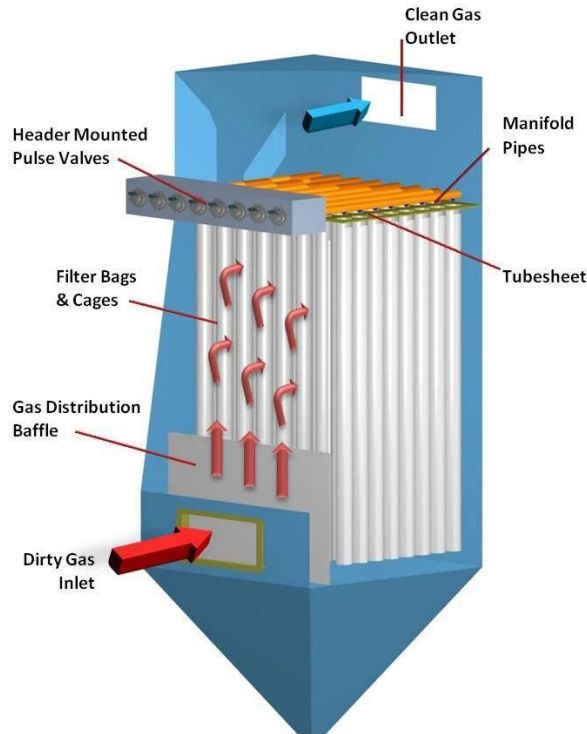
3) Wet ESP โดนจะมีแผ่นฟิล์มเหลวเคลือบอยู่บน Collector Plate เพื่อช่วยในการดักจับอนุภาคหลังจากการถูกทำให้แตกตัวโดยสนามไฟฟ้า



รูปที่ 4-36 กระบวนการทำงานของ Electrostatic Precipitators [57]

4.4.4 Fabric Filter

ใช้หลักการกรองแยกอนุภาคออกจากกระแสก๊าซ เครื่องกรอง คือ โครงสร้างที่เป็นรูปท่อน ประกอบด้วยสารที่เป็นเม็ดเล็กหรือเส้นใย ซึ่งจะกักกันอนุภาคไว้และให้ก๊าซไหลผ่านช่องว่างของเครื่องกรอง โดยปกติถูกกรองทำด้วยผ้าทอหรือผ้าสักหลาด เป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสามารถบำบัดฝุ่นละออง ช่วงขนาดตั้งแต่ 0.1 ไมครอนขึ้นไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งขนาดของอนุภาค 0.2-0.5 ไมครอนที่ดักจับยาก โดยประสิทธิภาพการจับฝุ่นนั้นมากกว่าถึง 99% แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการทำงานของเทคโนโลยีจะต้องอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ 120-180 °C [58] รูปที่ 4-37 แสดงระบบดักจับฝุ่นแบบ Pulse Jet Bag Filter



รูปที่ 4-37 กระบวนการทำงานของ Pulse Jet Bag Filter [59]

4.4.5 Flue Gas Desulfurization (FGD)

ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurization) หรือที่เรียกย่อๆ ว่า FGD นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แยกก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันปนอยู่ในเชื้อเพลิงซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดกำมะถันได้ที่ประมาณ 80-90% โดยปัจจุบันเทคโนโลยีแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1) Wet Scrubbers for SO₂ control

เทคโนโลยีนี้เป็นเทคโนโลยีเดียวกับ Wet Scrubber ที่ใช้ดักจับฝุ่น โดยเปลี่ยนของเหลวทั่วไปที่เป็นน้ำกลายเป็นน้ำผสมหินปูนแทน เพื่อดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้ทำปฏิกิริยากับน้ำหินปูนเป็นตัวดูดซับและจะได้ยิปซัมเป็นผลผลิตเป็นผลพลอยได้ของการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าแม่เมาะที่มีการใช้เทคโนโลยีดังกล่าว ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกเป็น 3 ระบบย่อยได้แก่

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
--	--

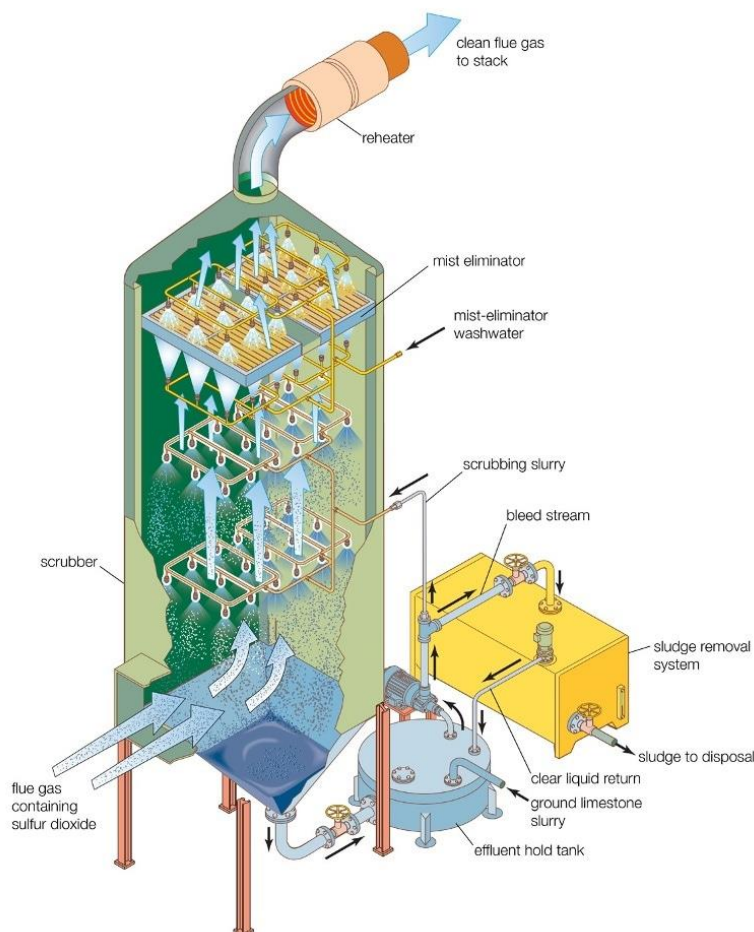
(1) ระบบเตรียมน้ำหิปปูน (Slurry Preparation System) หิปปูนจะถูกขนส่งมายังบริเวณ FGD และลำเลียงเข้าไปเก็บไว้ในสถานที่เก็บหิปปูนซึ่งหิปปูนจะถูกปั๊มเข้าสู่โมบดหิปปูนผ่านสายพาน จากนั้นหิปปูนจะถูกบดผสมกับน้ำด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมภายในโมบดหิปปูนจนกลายเป็นของเหลว และไหลลงสู่ถังพักน้ำหิปปูนเหลวจะถูกปั๊มจากถังพักไปยังถังแยกขนาดโดยหิปปูนเหลวที่ถูกบดได้ขนาดแล้วจะผ่านชุดแยกขนาดไปเก็บไว้ในถังป้อนน้ำหิปปูน ส่วนหิปปูนที่ยังไม่ได้ขนาดจะไหลกลับไปยังโมบดเพื่อบดให้ละเอียดอีกครั้งจากนั้นก็ส่งไปเก็บไว้ที่ถังป้อนน้ำหิปปูนก็จะมีปั๊มติดตั้ง เพื่อปั๊มน้ำหิปปูนไปใช้ในระบบอื่นๆ ต่อไป และระบบดังกล่าวยังถูกออกแบบให้มีการไหลวนของน้ำหิปปูนด้วย ทั้งนี้ เพื่อป้องกันน้ำหิปปูนอุดตันภายในท่อนอกจากนี้ยังมีชุดใบพายกวาดติดตั้งอยู่ที่ถังป้อนน้ำหิปปูน เพื่อกวาดไม่ให้น้ำหิปปูนตกตะกอนด้วย

(2) ระบบดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะมีลักษณะคล้ายหอคอยขนาดใหญ่โดยภายในจะฉาบด้วยสารทนกรด เพื่อป้องกันการกัดกร่อน ส่วนด้านบนจะมีชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนติดตั้งอยู่ด้านเข้า และด้านออก ซึ่งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนี้มีลักษณะเป็นท่อคล้ายกับหม้อน้ำของรถยนต์ ดังนั้น ก๊าซไอเสียที่เข้ามามีอุณหภูมิสูงเมื่อผ่านเข้ามา ก็จะถ่ายเทความร้อนให้น้ำภายในท่อร้อนขึ้น และก๊าซไอเสียที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีอุณหภูมิต่ำลง ส่วนน้ำในท่อที่ร้อนขึ้นก็จะไหลเวียนไปยังชุดถ่ายเทความร้อนที่ติดตั้งอยู่ด้านทางออกของถัง Absorber เพื่อถ่ายเทความร้อนให้ก๊าซไอเสียที่ออกจากถัง Absorber สู่อ่างลอย ส่วนด้านล่างของถังจะมีลักษณะเป็นอ่างและมีน้ำผสมน้ำหิปปูนบรรจุอยู่ และมีอุปกรณ์ที่สำคัญติดตั้ง อยู่ คือ Recirculating pump มีหน้าที่ปั๊มน้ำผสมน้ำหิปปูน จากส่วนล่างของถังขึ้นไปก็จะมีชุดหัวฉีดที่ติดตั้ง อยู่บริเวณส่วนกลางของถัง จะมีปั๊มซึ่งมีหน้าที่ปั๊มน้ำผสมยิบซั่มจากอ่างของถังไปยังระบบแยกน้ำออกจากยิบซั่ม ในส่วนของ Oxidation air blower เป็นอุปกรณ์อัดอากาศเข้าไปในถังเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนในขบวนการผลิตยิบซั่ม ในส่วนของด้านบนของถังจะมีอุปกรณ์ลักษณะคล้ายใบพาย เพื่อใช้กวาดให้สารละลายเข้ากันในถัง ส่วนกลางของถังก็จะมีหัวฉีด ทำหน้าที่ฉีดน้ำผสมน้ำหิปปูนจากชุด Recirculating pump เพื่อทำให้เกิดการพ่นกระจายของน้ำผสมหิปปูนภายในถัง ถัดจากชุดหัวฉีดลงมาก็จะมีชุดตะแกรงเพื่อให้ละอองน้ำผสมน้ำหิปปูนที่ฉีดจากหัวฉีดผสมกับก๊าซไอเสียได้ดียิ่งขึ้น และระหว่างชุดหัวฉีดทางด้านออกของถังกับชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีตะแกรงดักละอองน้ำติดตั้งอยู่ เพื่อดักไม่ให้ละอองน้ำปะปนออกไปกับก๊าซไอเสียที่ถูกแยกออกจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกไป แล้วการทำงานของระบบดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะเริ่มต้นที่เมื่อก๊าซไอเสียจากหม้อน้ำผ่านเครื่องจับฝุ่นแล้ว ก๊าซไอเสียก็จะมีอุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส ไหลผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเข้ามาในถังอุณหภูมิของก๊าซไอเสียจะลดลงเหลือ 140 องศาเซลเซียส ก๊าซไอเสียดังกล่าวก็จะปะทะและคลุกเคล้ากับน้ำ

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ผสมน้ำหินปูนที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีดในถัง ซึ่งน้ำส่วนหนึ่งจะระเหยกลายเป็นไอน้ำไปกับก๊าซไอเสีย และอุณหภูมิของก๊าซไอเสียในถัง Absorber ก็จะมีอุณหภูมิที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจากปริมาณน้ำที่พ่นกระจายออกจากหัวฉีดได้ถูกออกแบบไว้ให้มีปริมาณสูงกว่าอัตราการระเหยมก จึงทำให้น้ำผสมน้ำหินปูนบางส่วนตกกลับลงมายังอ่างด้านล่างของถัง Absorber และน้ำผสมกับน้ำหินปูนเหล่านี้ จะละลายเอาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากก๊าซไอเสีย โดยมีการเติมอากาศเข้ามาภายในถัง จากตั้งนั้นจะเกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนขึ้นในกระบวนการจนได้เป็นยิบซัมออกมาจากปฏิกิริยาดังกล่าว ก๊าซไอเสียที่ไหลออกจากถังจะมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปะปนอยู่น้อยมาก ก่อนที่ก๊าซไอเสียดังกล่าวจะออกจากถังก๊าซไอเสียจะผ่านตะแกรงเพื่อดักเอาละอองน้ำออกและผ่านไปยังชุดแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นประมาณ 80 องศาเซลเซียส แล้วไหลออกจากถังสู่ปล่องควันจะมีพัดลมขนาดใหญ่เป็นตัวช่วยดูดก๊าซไอเสียไปยังปล่องควันและปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอกต่อไป ส่วนยิบซัมที่เกิดขึ้นเป็นผลึกซึ่งปนกับสารละลายในอ่างถังและจะถูกปั๊มส่งไปยัง ระบบแยกน้ำออกจากยิบซัมต่อไปจากระบบดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากก๊าซไอเสียนั้น สามารถดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ปริมาณสูงมาก คือปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อนเข้าถัง Absorber จะมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 17 ตันต่อชั่วโมง ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายหลัง ผ่านถัง Absorber จะมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ประมาณ 0.8-0.9 ตันต่อชั่วโมง

(3) ระบบแยกน้ำออกจากยิบซัม (Gypsum Dewatering System) เนื่องจากยิบซัมเหลวมีส่วนผสมของน้ำต้องมีการแยกน้ำจะถูกส่งไปยังเครื่องแยกน้ำที่มีลักษณะเป็นสายพานที่มีรูพรุน และมีส่วนของสายพานติดอยู่ติดกับ ระบบปั๊มสุญญากาศ เพื่อดูดน้ำให้แยกออกจากยิบซัม น้ำดังกล่าวก็จะไปเก็บรวมกันที่ถังน้ำ เพื่อเตรียมน้ำกลับมาใช้ในระบบอื่นๆ อีกครั้ง ส่วนผลึกยิบซัมจะถูกส่งไปกับสายพานและไหลลงสู่สายพานส่งต่อไปเพื่อนำไปทิ้งหรือใช้งานอื่นๆ ต่อไป [60]

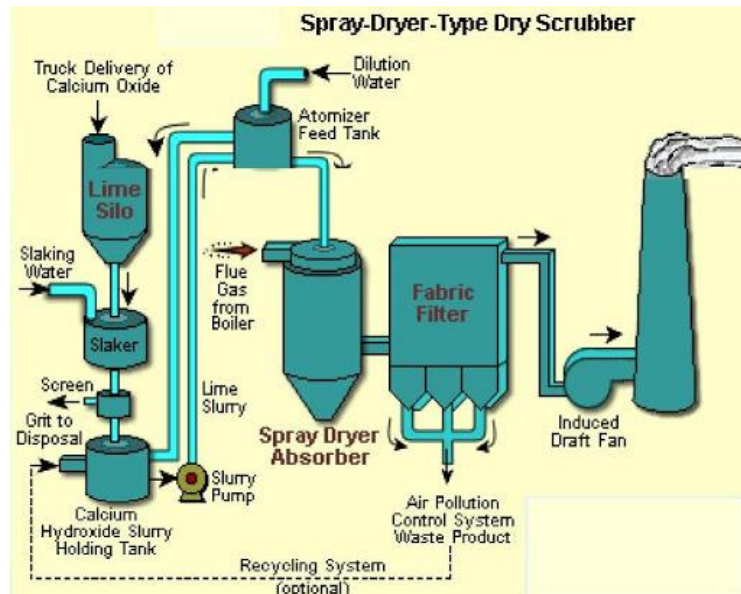


รูปที่ 4-38 กระบวนการทำงานของ Wet Scrubber for SO_2 [60]

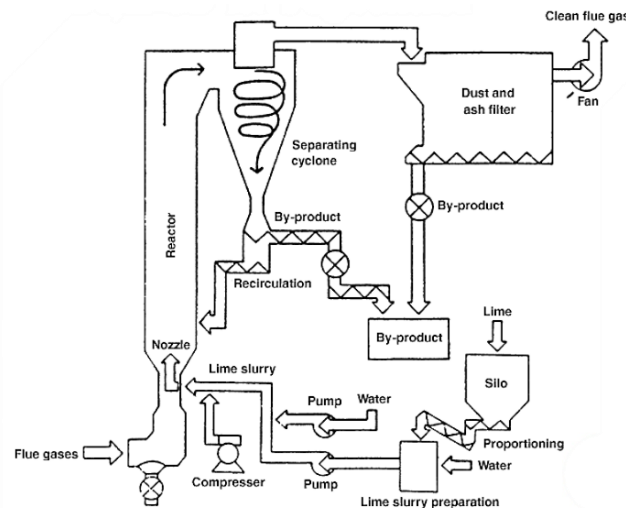
2) Spray Dry Scrubber for SO_2 Control

เทคโนโลยีนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ Spray dry และ Spray Semi-dry โดยเทคโนโลยีนี้เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพกำจัด SO_x ได้ถึง 80-90% ใกล้เคียงกับ Wet Scrubber ที่มีการนิยมการใช้เป็นอย่างมาก โดยกระบวนการนี้ใช้ตัวดูดซับเป็นน้ำที่มีปูนขาวผสมอยู่ และทำการฉีดเข้าไปในถังปฏิกรณ์ในรูปของของเหลว (Semi Dry) หรือ รูปของผงความชื้น (Dry)

กระบวนการทำงานเมื่อตัวดูดซับได้ทำการฉีดพ่นเข้าสู่ถังปฏิกรณ์แล้วได้สัมผัสกับก๊าซไอเสียจนแห้ง จากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นระหว่างปูนขาวและ SO_x (ส่วนใหญ่เป็น SO_2) ในก๊าซไอเสียจนเกิดเป็นของแข็งและถูกรวบรวมยังด้านล่างของถังปฏิกรณ์ และทำการหมุนเวียนเข้าสู่ถังเก็บตัวดูดซับเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป [61]



รูปที่ 4-39 กระบวนการทำงานของ Spray Dry Scrubber [62]



รูปที่ 4-40 กระบวนการทำงานของ Semi-Dry Scrubber [63]

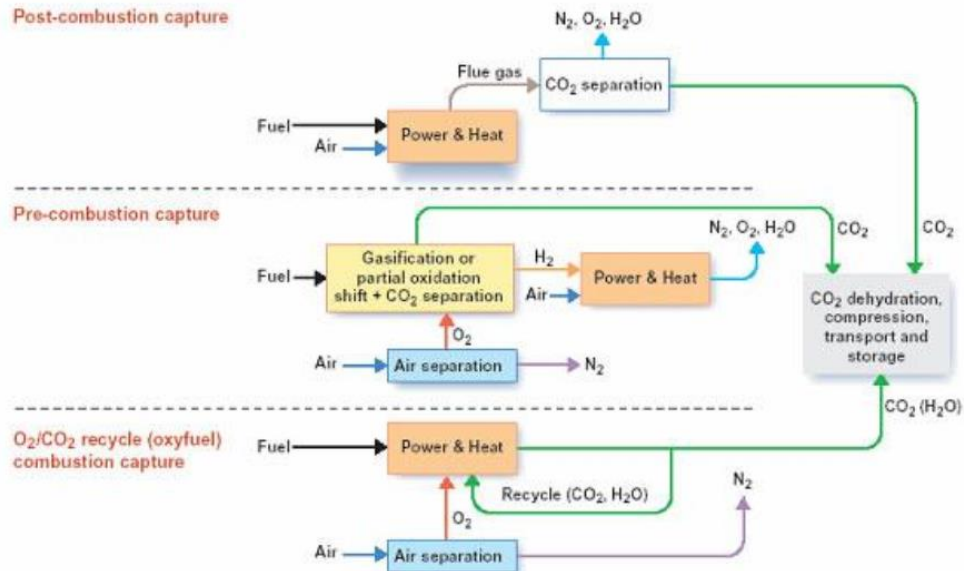
4.4.6 Carbon Capture and Storage (CCS)

การกักเก็บ CO₂ เป็นเทคโนโลยีเพื่อการดักจับ CO₂ จากแหล่งที่มีการปล่อย CO₂ ที่สูงเกิน 100,000 ตันต่อปี แล้วขนถ่ายไปกักเก็บอย่างถาวรในแหล่งกักเก็บ ซึ่งการดักจับและการกักเก็บ CO₂ มีหลายวิธีในการกักเก็บเพื่อช่วยลดปริมาณการปล่อย CO₂ สู่ชั้นบรรยากาศ ระบบ CCS แบ่งส่วนประกอบ

หลักได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนดักจับ (Capture) ขั้นตอนขนส่ง (Transport) และขั้นตอนกักเก็บ (Storage) ขั้นตอนดักจับเป็นขั้นตอนในการแยก CO_2 จากก๊าซไอเสีย โดยขั้นตอนดักจับจะเป็นกระบวนการหลังขั้นตอนการเผาไหม้เชื้อเพลิง ขั้นตอนขนส่งเป็นขั้นตอนในการพา CO_2 ที่ถูกดักจับแล้วนำไปสถานที่กักเก็บที่เหมาะสม และขั้นตอนการกักเก็บ สถานที่ในการกักเก็บจะขึ้นอยู่กับวิธีการคัดเลือกในการกักเก็บที่เป็นไปได้ทั้งทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์โดยที่ก๊าซ CO_2 จะถูกบีบอัดให้สูงเพื่อสะดวกต่อการขนย้ายและการกักเก็บต่อไป [64]

1. Carbon Capture

เทคนิคการดักจับ CO_2 โดยทั่วไปต้องทำการแยกก๊าซ CO_2 ออกจากก๊าซไอเสียและทำการบีบอัดก๊าซเพื่อสะดวกในการขนส่ง โดยเทคโนโลยีที่ใช้ได้แก่ เทคโนโลยีหลังการเผาไหม้ได้แก่ การดูดซับทางเคมี (Amine) การดูดซับทางกายภาพ การกลั่นด้วยความเย็น ระบบเมมเบรน เทคโนโลยีก่อนการเผาไหม้ อาทิ Gasification IGCC ที่สามารถช่วยในการดักจับ CO_2 ได้ และเทคโนโลยีระหว่างการเผาไหม้ ได้แก่ Oxy-Fuel Combustion ที่สามารถเผาไหม้ได้เกือบ 100% ส่งผลให้สามารถดักจับ CO_2 ได้เป็นอย่างดี ซึ่งวิธีการดักจับ CO_2 เป็นไปตามรูปที่ 4-39 [64]



รูปที่ 4-41 ภาพรวมกระบวนการ CO₂ Capture [65]

1) เทคโนโลยีดักจับ CO₂ ก่อนการเผาไหม้ (Pre-Combustion Capture)

การดักจับก่อนการเผาไหม้จะแยก CO_2 ออกจากกระบวนการแปรสภาพเป็นก๊าซและการรีฟอร์มมิ่งเชื้อเพลิงหรือ Syngas ที่ประกอบด้วย H_2 CO และ CO_2 โดยจะทำการแยก CO_2 ออกจาก Syngas

ก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และเข้าสู่กระบวนการแยก CO_2 ไม่ว่าจะเป็นทางกายภาพหรือทางเคมี โดยเทคโนโลยี Pre-Combustion capture มักจะพบในเทคโนโลยีที่สามารถผลิต Syngas ได้ ได้แก่ Integrated gasification combined cycle (IGCC) และ Gasification โดยข้อดีของการดักจับ CO_2 ก่อนการเผาไหม้ ได้แก่ อากาศยังไม่ได้ถูกเจือจางด้วยอากาศเผาไหม้ และอากาศมักจะสามารเพิ่มความดันให้สูงขึ้น ดังนั้นจึงสามารถใช้วิธีการแยก CO_2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น pressure-swing absorption หรือ ใช้สารละลายทางกายภาพ อาทิ เมทานอลหรือโพลีเอทิลีนไกลคอล [64]

2) เทคโนโลยีดักจับ CO_2 ระยะการเผาไหม้ (Combustion Capture)

(1) Oxy-Fuel Combustion

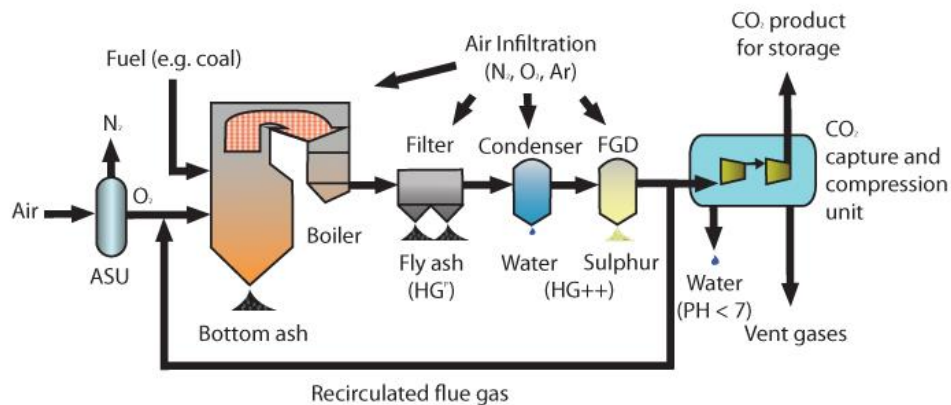
โดยปกติ การเผาไหม้ (Combustion) เกิดขึ้นไประหว่างการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างเชื้อเพลิง (Fuel) และกาซออกซิเจน (Oxygen) ที่อยู่ในอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Combustion Air) ซึ่งปริมาณออกซิเจนในอากาศจะมีเพียง 21% โดยปริมาตรเท่านั้น โดยสัดส่วนที่เหลือจะเป็นกาซไนโตรเจน (Nitrogen) ซึ่งมีถึงประมาณ 78% โดยปริมาตร ดังนั้น การสูญเสียความร้อนจากการเผาไหม้ (Sensible Heat Loss) โดยส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นกับกาซไนโตรเจน

การเผาไหม้แบบ Oxy-Fuel Combustion เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการลดความสูญเสียดังกล่าว โดยใช้หัวเผาแบบ OxyFuel ซึ่งเป็นหัวเผาที่ใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ (Combustion) ได้อย่างเต็มที่ โดยสามารถลดปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้แบบทั่วไป (ลักษณะคล้ายกับหัวเผาชนิดอื่นๆ แต่สามารถให้เปลวไฟอุณหภูมิสูงได้) มีทั้งแบบที่ใช้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตาเนื่องจากคุณสมบัติที่สามารถให้อุณหภูมิสูงกว่าหัวเผ่าอื่นๆ ได้ หัวเผ่าชนิดนี้จึงมักนำไปใช้ในงานเตาหลอมแก้ว หลอมโลหะ เตาให้ความร้อนซ้ำกับโลหะ (Metal Reheating) และเตาให้ความร้อนเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับขั้น (Ladle Reheating) [66]



รูปที่ 4-42 Oxy-Fuel Burner [66]

Oxy-Fuel Combustion สามารถแยก CO_2 ออกจากอากาศไอเสียที่เหลือด้วยกระบวนการแยก CO_2 จากอากาศเสียด้วยทางเคมีหรือกายภาพ โดยการดักจับนั้นก๊าซไอเสียส่วนหนึ่งจะไหลกลับเข้าสู่ห้องเผาไหม้เพื่อรักษาอุณหภูมิ และอีกส่วนหนึ่งจะถูกควบแน่นให้กลายเป็นคอนเดนเสทก่อนทำการบีบอัดและส่งไปยังระบบขนส่งและกักเก็บต่อไป



รูปที่ 4-43 กระบวนการทำงานของ Oxy-Fuel Combustion [67]

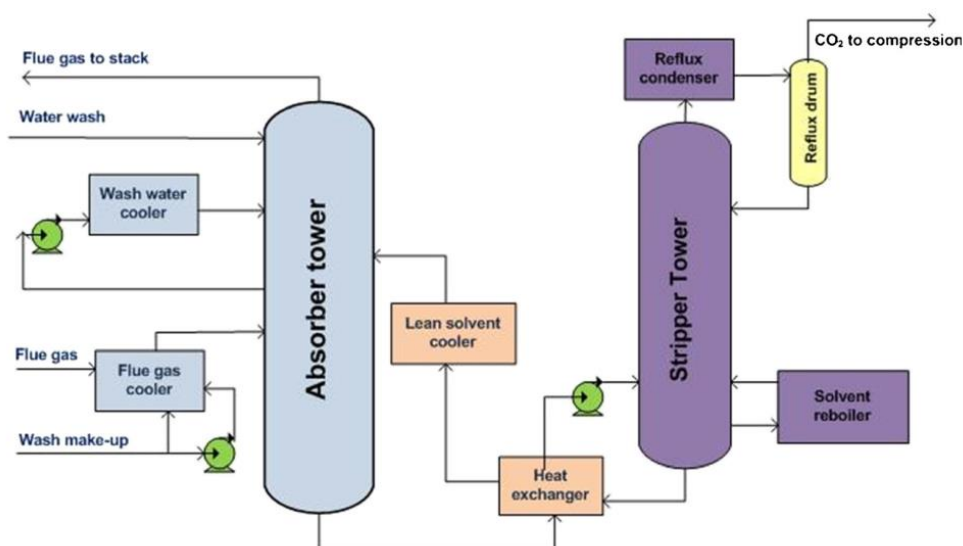
3) เทคโนโลยีดักจับ CO_2 หลังการเผาไหม้ (Post-Combustion capture)

กระบวนการดักจับ CO_2 หลังการเผาไหม้นั้น CO_2 จะปะปนกับก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ ดังนั้นกระบวนการดักจับ CO_2 หลังการเผาไหม้จะมุ่งเน้นไปที่การแยก CO_2 จากก๊าซไอเสีย ซึ่งเทคโนโลยีในการแยก CO_2 มีดังต่อไปนี้

(1) กระบวนการดักจับ CO_2 แบบดูดซึม (Absorption)

Amine Solvent Technology

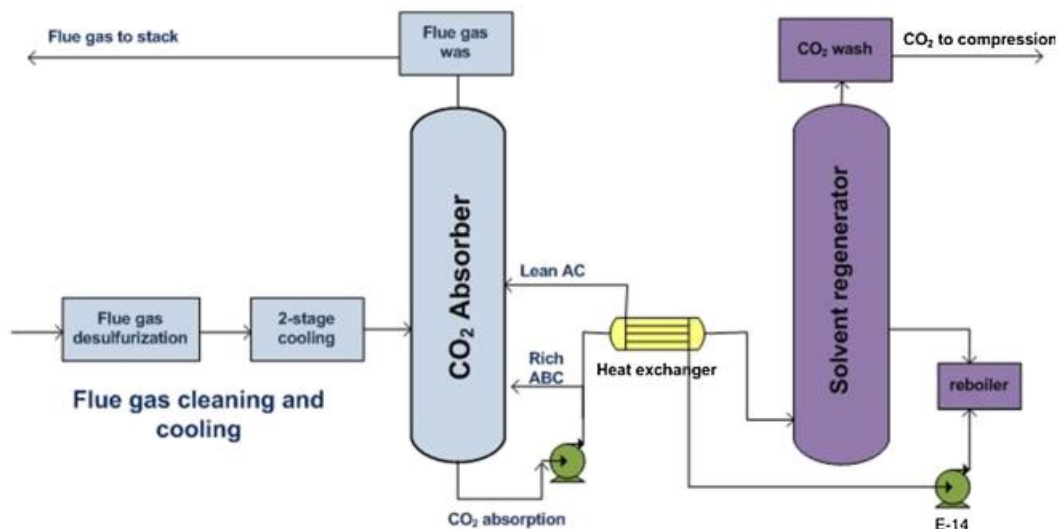
เทคโนโลยีตัวทำละลายทางเคมีที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันสำหรับการดักจับคาร์บอนได้แก่ ตัวดูดซึมสารเคมีที่มีเอมีน (Amine) เป็นพื้นฐาน สำหรับหลักการพื้นฐานของ Amine Solvent Technology CO_2 ในสถานะก๊าซจะละลายเป็นสารละลายของน้ำและสารประกอบของเอมีน โดยเอมีน จะทำปฏิกิริยากับ CO_2 ในสารละลายเป็นเพื่อสร้างโปรตรอนเอมีน (AH^+), ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และ คาร์บาเมต (ACO_2^-) เมื่อปฏิกิริยาเหล่านี้ดำเนินต่อไป CO_2 จะถูกขับออกจากสถานะก๊าซเข้าสู่สถานะของสารละลายเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากศักยภาพทางเคมีของสถานะสารละลายของเหลวที่อุณหภูมิดังกล่าว เมื่อสารละลายถึงจุดที่ CO_2 ไม่สามารถละลายต่อให้ สารละลายจะถูกดึงออกจากกระบวนการสัมผัสกับก๊าซและให้ความร้อนเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีย้อนกลับและปล่อย CO_2 ที่มีความบริสุทธิ์สูง จากนั้น



Aqueous ammonia-based absorption process

เป็นเทคโนโลยีที่วิธีการดำเนินการคล้ายคลึงกับ Amine Solvent Technology แต่อย่างไรก็ตามปฏิกิริยากับ CO_2 มีข้อดีที่ความร้อนของปฏิกิริยาดำเนินการต่ำกว่าปฏิกิริยาของเอมีน (ปฏิกิริยาของแอมโมเนียกับคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเป็นแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต) ส่งผลให้ประสิทธิภาพดีกว่าและค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเทคโนโลยีปฏิกิริยาเอมีน นอกจากนี้ Aqueous ammonia-based absorption process สามารถดักจับนอกเหนือจาก CO_2 ยังดักจับ SO_2 และ NO_2 ในกระบวนการเดียวกันอีกด้วย ซึ่งสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายและความซับซ้อนของระบบในการควบคุมมลพิษ นอกจากนี้กระบวนการนี้ยังสามารถสร้าง By-Product ที่เกิดขึ้นได้แก่ แอมโมเนียมไนเตรตและแอมโมเนียมซัลเฟตเพื่อสร้างปุ๋ย

ตามรูปที่ 4-43 กระบวนการนี้จะประกอบด้วย Scrubber และ Solvent regenerator ก่อนการดูดซับ CO_2 ก๊าซไอเสียจะถูกทำให้เย็นลงโดยใช้น้ำเย็นหรือชุดทำความเย็นแบบสัมผัสโดยตรง จากนั้นก๊าซไอเสียจะเข้าสู่ Scrubber ที่สภาวะใกล้จุดเยือกแข็ง ($0-10^\circ\text{C}$) ซึ่งก๊าซไอเสียที่ระบายความร้อนแล้วจะไหลขึ้นสู่ด้านบนโดยทวนกระแสไปยังสารละลายดูดซับ (แอมโมเนียมคาร์บอเนตและแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต) โดยการที่ทำให้ก๊าซไอเสียมีอุณหภูมิที่ต่ำจะสามารถทำให้ดูดซับ CO_2 สูงและลดแอมโมเนียที่หลุดออกจากกระบวนการได้ ในส่วนของ Solvent regenerator จะดำเนินการที่อุณหภูมิมากกว่า 120°C และความดันที่มากกว่า 2 MPa ซึ่งทำให้ความต้องการพลังงานลดลงสำหรับการบีบอัดและขนส่ง CO_2 [68]

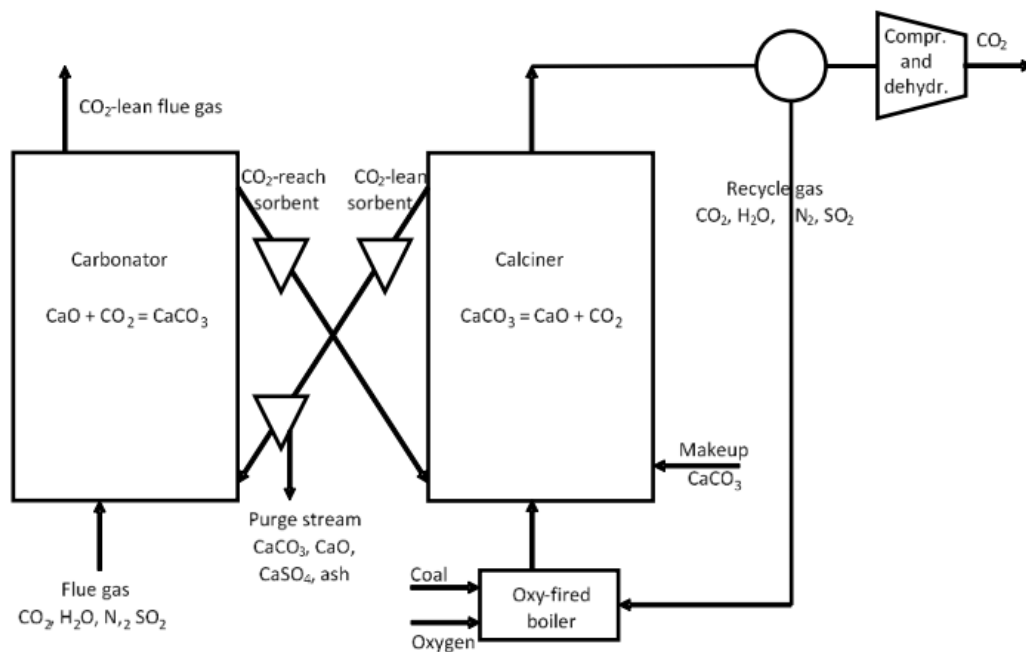


รูปที่ 4-45 กระบวนการทำงานของ Aqueous ammonia-based absorption process [68]

Carbonation/calcinations cycles

เทคโนโลยี Carbonation/calcinations cycles เป็นวิธีการดักจับ CO_2 ที่มีราคาไม่แพงสำหรับโรงไฟฟ้าทั่วไป ในกระบวนการนี้แคลเซียมเป็นตัวดูดซับที่มีบทบาทสำคัญ ซึ่งใช้ในกระบวนการ Carbonation/calcinations cycles โดยประสิทธิภาพของกระบวนการนี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวดูดซับที่ใช้ ประสิทธิภาพของกระบวนการนั้นจะแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารดูดซับ โดยประสิทธิภาพของระบบนั้นจะสังเกตได้จากรอบ Cycle ที่ที่จำนวนรอบมากจะแสดงได้ถึงประสิทธิภาพที่สูง

กระบวนการนี้จะเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างปูนขาวและ CO_2 ในการดักจับ CO_2 จากก๊าซไอเสีย เมื่อทำการปฏิกิริยากันขึ้นในช่วงที่อุณหภูมิสูงจากก๊าซไอเสีย ทำให้เกิดแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ที่อุณหภูมิระหว่าง $600\text{--}700^\circ\text{C}$ จากนั้นแคลเซียมคาร์บอเนตในขั้นตอน Carbonizer จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ทำการแยกที่เรียกว่า Calciner ซึ่งปฏิกิริยาจะทำการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 900°C ในสภาวะนี้จะทำให้เกิดการปล่อย CO_2 ที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งสามารถเข้าสู่ขั้นตอนการขนส่งต่อไป [69]



รูปที่ 4-46 กระบวนการทำงานของ Carbonation/calcinations cycles [69]

Amino acid salt solutions

เทคโนโลยีใช้หลักการเดียวกันกับการดูดซับ CO_2 ด้วยเอมีนหรือด้วยแอมโมเนีย โดยเปลี่ยนตัวดูดซับเป็นสารประกอบในกลุ่มกรดเกลืออะมิโน (amino Acid) โดยมีข้อดีมากกว่าใช้ตัวดูดซับประเภทเอมีน เนื่องจาก Amino acid มีสารประกอบระเหยง่ายค่อนข้างต่ำส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดักจับ CO_2

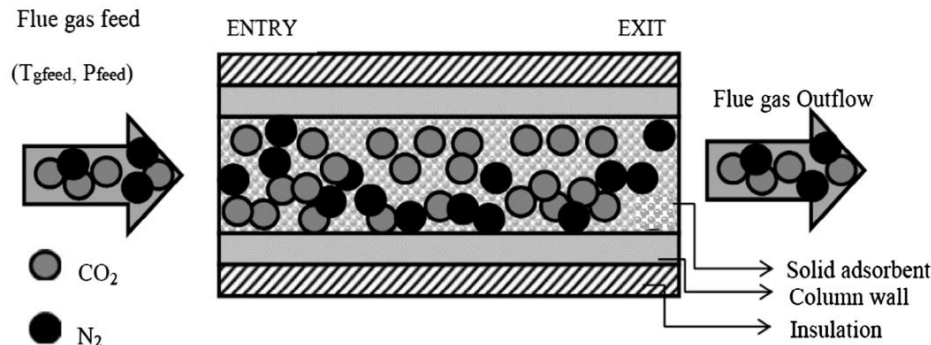
 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
--	--

มีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรดกลีโอะมิโนจำพวก Glycine, Sarcosine and Proline ที่เป็นสารประกอบกรดเกลือในกลุ่มโพแทสเซียมที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับ CO_2 ได้อย่างรวดเร็วในถังดักจับ [70]

(2) กระบวนการดักจับ CO_2 แบบดูดซับ (Adsorption)

เป็นเทคโนโลยีที่กระบวนการที่ CO_2 จะถูกนำเข้าไปหรือดูดซับจากก๊าซไอเสียเข้าสู่ตัวดูดซับ (Adsorbent) โดยวิธีการปฏิกิริยาทางเคมี และทำการปล่อยก๊าซไอเสียออกสู่ชั้นบรรยากาศต่อไป การ Dilute ตัวดูดซับเป็นขั้นตอนหนึ่งของเทคโนโลยีที่ทำการฟื้นฟู (Regenerated) ตัวดูดซับให้กลับมาใช้งานดักจับ CO_2 ใหม่ได้อีกครั้ง การดูดซับ CO_2 มักจะใช้สารประกอบเอมีนซึ่งมีข้อดีคือหาง่าย ราคาถูก และดูแลรักษาง่าย แต่ก็มีข้อเสียตรงที่ ใช้พลังงานที่สูงในการฟื้นฟูตัวดูดซับให้สามารถนำกลับมาใช้งานได้ อีกครั้ง ต้องมีการควบคุมการกัดกร่อนและตัวดูดซับมีการอ่อนไหวต่อก๊าซอื่นๆที่ไม่ใช่ CO_2 เช่นเดียวกัน

กระบวนการการแยกสารโดยการดูดซับตามรูปที่ 4-45 จะทำงานบนหลักการของความแตกต่างในคุณสมบัติการดูดซับและการคายของส่วนประกอบของส่วนผสม การดูดซับคือการยึดเกาะของไอออน อะตอม หรือ โมเลกุลจากของเหลว ก๊าซ หรือของแข็งที่ละลายสู่พื้นผิว ไอออน อะตอม หรือโมเลกุลที่เกาะติดกัน จะก่อตัวเป็นฟิล์มบนพื้นผิวของวัสดุที่ยึดติดและเรียกว่าตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) ในขณะที่วัสดุที่ยึดติดอยู่นั้นเรียกว่า ตัวดูดซับ (Adsorbent) กระบวนการ Adsorption จะมีความแตกต่างจาก Absorption เพราะในกระบวนการ Adsorption ของไหล (Absorbate) จะละลายโดยของแข็งหรือของเหลว (Absorbent) การดูดซับจะเกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของวัสดุทั้งหมด ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ 2 กระบวนการคือ การคาย (Desorption) คือปฏิกิริยาย้อนกลับของการดูดซับ และการดูดซับ (Absorption) โดยการดูดซับมีขั้นตอน 3 ขั้นตอนย่อยคือ คือ การเคลื่อนย้ายเชิงมหภาค (macrotransport) เป็นการเคลื่อนย้ายของสารถูกดูดซับผ่านน้ำเข้าสู่พื้นของสารดูดซับ การเคลื่อนย้ายเชิงจุลภาค (microtransport) เป็นการแพร่กระจายของสารถูกดูดซับเข้าหาช่องว่างภายในของพื้นที่ผิวสารดูดซับ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อยคือ การแพร่ผ่านชั้นฟิล์มของน้ำ (film diffusion) และ การแพร่สู่ช่องว่างหรือโพรง (pore diffusion) และการดูดซับ (adsorption) เป็นการเกาะยึดติดกันระหว่างสารถูกดูดซับและสารดูดซับ ซึ่งลักษณะการดูดซับที่เกิดขึ้นอาจอาศัยทั้งแรงทางกายภาพและแรงทางเคมี



รูปที่ 4-47 กระบวนการ Adsorption [71]

ในปัจจุบันเทคโนโลยี Adsorption สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 เทคโนโลยีหลักได้แก่

Pressure/Vacuum Swing Adsorption (PSA/VSA)

เป็นเทคโนโลยีการดูดซับ CO_2 ซึ่งจะทำงานภายใต้ความดันที่แตกต่างจากความดันบรรยากาศ โดยที่ Pressure Swing Adsorption (PSA) จะทำงานภายใต้ความดันที่สูงกว่าบรรยากาศ และ Vacuum Swing Adsorption (VSA) จะทำงานภายใต้ความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ

Temperature Swing Adsorption (TSA)

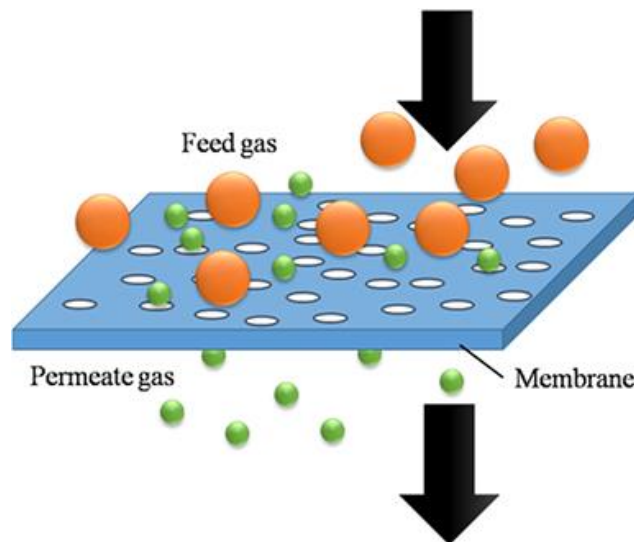
เทคโนโลยีนี้จะทำงานภายใต้อุณหภูมิที่สูง โดยอาศัยความร้อนจากก๊าซไอเสียเข้าไปกระตุ้นตัวดูดซับเพื่อทำการดูดซับ CO_2 จากนั้นจึงทำการลดอุณหภูมิของตัวดูดซับลงก่อนทำการดูดซับ CO_2 ใหม่อีกครั้ง

ใน 2 กระบวนการนี้ เทคโนโลยี PSA/VSA มีการใช้งานที่ต่ำกว่าเนื่องจากง่ายต่อการควบคุมและใช้งาน ใช้พลังงานที่ต่ำ และลงทุนที่ไม่สูง เมื่อเทียบกับ TSA [71]

(3) กระบวนการดักจับ CO_2 ด้วยเทคโนโลยีเมมเบรน (Membrane)

เทคโนโลยีการแยกก๊าซด้วยเมมเบรน (Membrane) เป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจในเทคโนโลยี Low Carbon Emission เนื่องจากสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรม นอกเหนือจากระบบอื่น เช่น ระบบดูดซับและระบบซึมซับ (Adsorption & Absorption) โดยการปล่อยก๊าซไอเสียเข้าสู่ระบบและการปล่อยก๊าซที่ผ่านการดักจับแล้วสามารถเกิดขึ้นได้พร้อมกัน เมมเบรนจะแทรกซึมส่วนประกอบที่ต้องการอย่างเฉพาะเจาะจงและแยกในสิ่งที่ไม่ต้องการได้ ส่งผลให้เกิดการแยกตัวของส่วนผสมของก๊าซ ในกระบวนการดักจับและกักเก็บคาร์บอน จะต้องแยก CO_2 ออกจากก๊าซไอเสียออกก่อนการขนส่งและการจัดเก็บในภายหลัง เทคโนโลยีเมมเบรนเป็นหนึ่งในวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการดักจับคาร์บอน

เมมเบรนจะทำหน้าที่เป็นตัวกรอง โดยยอมให้โมเลกุลบางตัวซึมผ่าน ในขณะที่กั้นโมเลกุลจำเพาะอื่นๆ ไม่ให้เข้าสู่เมมเบรนตามรูปที่ 4-4 เมมเบรนมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการแยกของเหลว เช่น Micro-filtration, Ultra-filtration, Reverse osmosis, Forward osmosis, Desalination และการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์

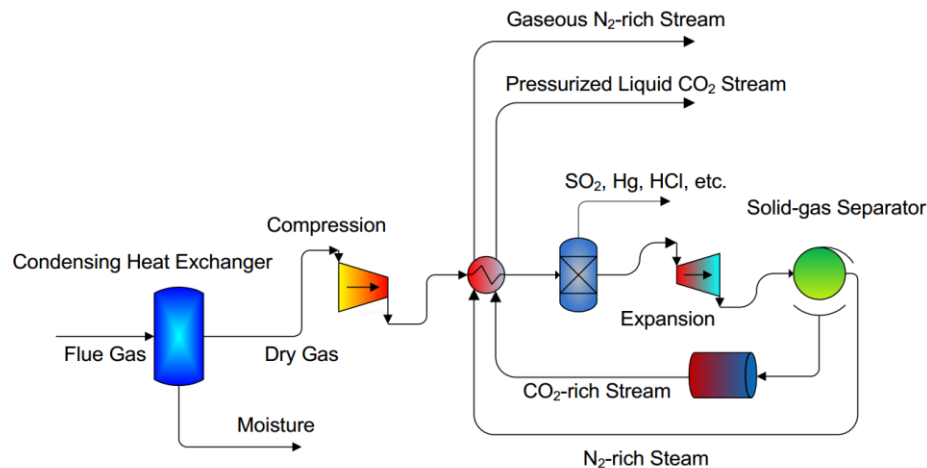


รูปที่ 4-48 กระบวนการแยกเมมเบรนของก๊าซไอเสีย [72]

การไหลผ่านของก๊าซเสียทั่วบริเวณเมมเบรนภายใต้ความแตกต่างของแรงดันต่อหน่วยผ่านความหนาของเมมเบรนเรียกว่าการซึมผ่าน และอัตราส่วนของการซึมผ่านของก๊าซไอเสียต่างๆ ผ่านเมมเบรนเดียวกันถูกกำหนดเป็นความสามารถในการคัดเลือกลักษณะการแยกก๊าซจะแตกต่างกันไปในแต่ละเมมเบรน [72]

(4) Cryogenic Distillation

กระบวนการดักจับ CO_2 โดยใช้วิธี Cryogenic จะทำให้ก๊าซไอเสียแห้งและเย็นลงจากที่มีอยู่ และทำการบีบอัด ทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดที่ CO_2 ก่อตัวเป็นของแข็งเล็กน้อย ขยายก๊าซเพื่อทำให้เย็นลงอีกและตกตะกอน ปริมาณ CO_2 ที่จะเป็นของแข็งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสุดท้าย การเพิ่มแรงดันสุดท้ายและวิธีการอุ่น CO_2 และก๊าซไอเสียที่เหลือจะถูกทำให้เย็นลงจน CO_2 อยู่ในรูปของของเหลว ประสิทธิภาพการดักจับ CO_2 นั้นจะขึ้นอยู่กับแรงดันและอุณหภูมิเป็นหลักเมื่อสิ้นสุดกระบวนการขยายตัว ในความดันที่ 1 ATM กระบวนการจับ CO_2 จะอยู่ที่ประมาณ 99% ที่อุณหภูมิที่ -211°F (-135°C) และ 90% ที่ -184°F (-120°C) [73]



รูปที่ 4-49 กระบวนการ Cryogenic carbon capture (CCC) process [73]

2. Carbon Transport

สำหรับ CO_2 ที่ไม่ได้รับการถูกกักเก็บทันทีหลังจากการดักจับ CO_2 แล้วนั้นจะต้องทำการขนส่งไปยังสถานที่ที่กักเก็บ โดยการขนส่ง CO_2 ที่ได้จากการดักจับแล้วนั้นจะมีวิธีการขนส่งด้วย ได้แก่ ทางท่อ (Pipeline) ทางเรือ (Ship) และ ทางรถบรรทุก (Tanker trucks) โดย CO_2 โดยก่อนทำการขนส่งนั้นจะต้องถูกขจัดสิ่งสกปรกและทำการบีบอัดเข้าสู่สถานะ Supercritical (80-150 bar, ของเหลว) ซึ่งมีวิธีการขนส่งดังนี้

1) ทางท่อ (Pipeline)

การขนส่งทางท่อเป็นการขนส่งที่มีการใช้งานที่สุดในโลก โดยมีปริมาณการขนส่ง CO_2 มากที่สุด โดยคาดว่าจะมีท่อส่งก๊าซหลายล้านกิโลเมตรทั่วโลกที่ขนส่งก๊าซต่างๆ รวมถึง CO_2

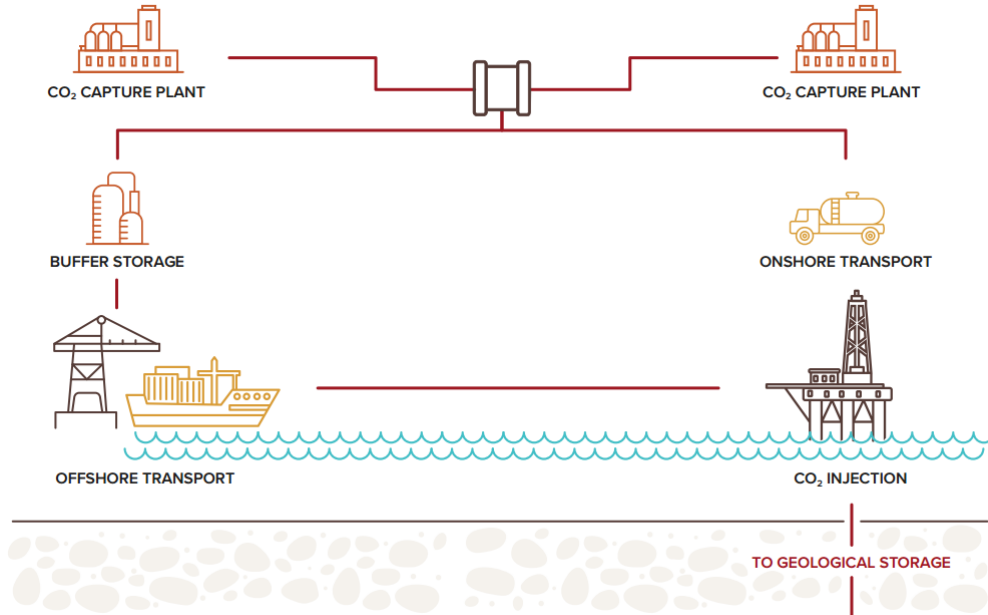
2) ทางเรือ (Ship)

การขนส่งทางเรือเป็นทางเลือกสำหรับการขนส่งข้ามภูมิภาคต่างๆทั่วโลก การขนส่ง CO_2 ได้เกิดขึ้นแล้วในพื้นที่ยุโรป โดยที่เรือขนส่ง CO_2 ที่มีคุณภาพจะขนส่งจากจุดแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่ไปยังแหล่งกักเก็บตามจุดต่างๆ

การขนส่ง CO_2 ขนาดใหญ่ซึ่งมีกำลังการผลิตในช่วง 10,000 ถึง 40,000 ลูกบาศก์เมตร มีแนวโน้มการขนส่งเหมือนกับการขนส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ซึ่งมีขนส่งระยะอย่างยาวนาน

3) ทางรถบรรทุกและระบบราง (Tanker Truck)

การขนส่ง CO_2 โดยรถบรรทุกและระบบรางสามารถขนส่งได้เพียงปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ 2 วิธีด้านบน โดยสามารถทำการเคลื่อนย้าย CO_2 ในพื้นที่ใกล้เคียงเนื่องจากค่าใช้จ่ายจะสูงกว่า 2 วิธีแรกเช่นกัน [74]



รูปที่ 4-50 กระบวนการขนส่ง CO₂ ด้วยวิธีการ Offshore และ Onshore [74]

3. Carbon Storage

การจัดเก็บ CO₂ นั้นมักจะมีการจัดเก็บทางธรณีวิทยาโดยการฉีดและบรรจุ CO₂ ลงไปสถานที่กักเก็บเช่น แหล่งกักเก็บน้ำมัน เป็นต้น Geosequestration เป็นกระบวนการรวบรวม CO₂ ให้กลายเป็นส่วนหนึ่งของหินและของเหลวในสถานที่กักเก็บ ตัวอย่างเช่น CO₂ สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำในสถานที่กักเก็บกลายเป็นไบคาร์บอเนต ปฏิกิริยาประเภทนี้ถือเป็นการกักเก็บถาวรในแง่ของ CO₂ ถูกแปรสภาพเป็นสารที่เป็นส่วนหนึ่งของแหล่งกักเก็บ ในทางตรงกันข้าม การจัดเก็บ CO₂ ในทางธรณีวิทยานั้น CO₂ ก็ยังคงติดอยู่ในสถานที่กักเก็บต่อไป

วิธีการกักเก็บ CO₂ สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามกลไกหลักได้แก่ 1) การฉีดและการกักเก็บภายใต้แรงดันหรือขอบเขตของโครงสร้าง ได้แก่ การกักเก็บทางธรณีวิทยา การกักเก็บในมหาสมุทรลึก 2) การใช้ทางด้านสารเคมี 3) การใช้การดูดซึมแบบใช้ออกซิเจนผ่านกระบวนการทางชีวภาพ อาทิ การสังเคราะห์แสงของแบคทีเรียหรือต้นไม้ เช่น การปลูกป่าและการดูดซับจากมหาสมุทร

1) วิธีการกักเก็บทางธรณีวิทยา (Geological Sequestration Methods)

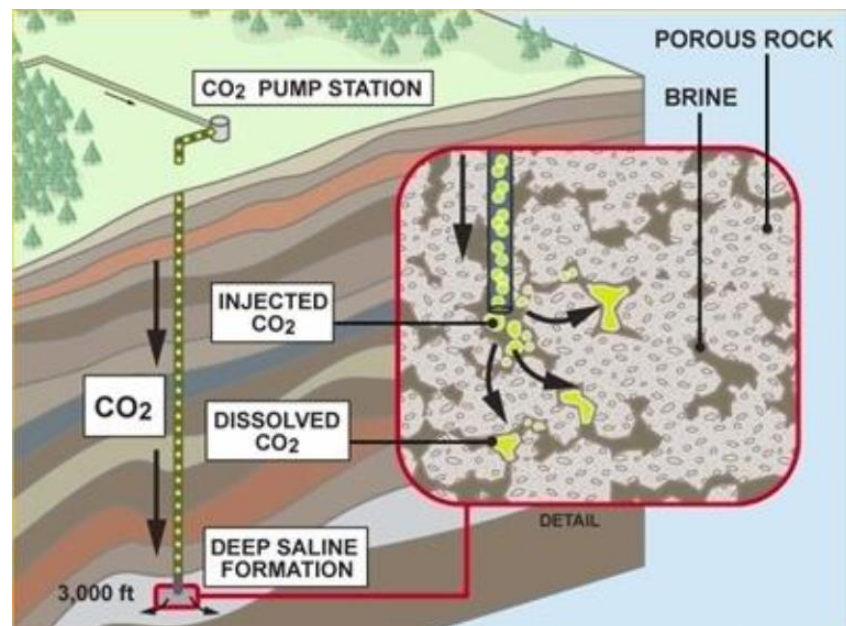
วิธีการกักเก็บ CO₂ ทางธรณีวิทยานั้นจะเกี่ยวข้องกับการดักจับ CO₂ และการบีบอัดเพื่อให้สะดวกต่อการขนส่งและการฉีดด้วยแรงดันสูง ในการกักเก็บทางธรณีวิทยา สถานที่กักเก็บที่เหมาะสม

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
--	---

มักจะเป็นบ่อน้ำมันหรือแหล่งก๊าซธรรมชาติที่อยู่ระหว่างการผลิตหรือหมดลงแล้ว โดยสถานที่กักเก็บจะเป็นส่วนที่รักษาความดันและอุณหภูมิของ CO₂ ให้อยู่ในสภาวะของเหลวต่อไป โดยวิธีการกักทางธรณีวิทยามีเทคโนโลยีดังนี้

(1) Deep Saline Injection

เป็นเทคโนโลยีในการกักเก็บ CO₂ โดยการฉีด CO₂ ลงในแอ่งตะกอนลึกที่ความลึกไม่ต่ำกว่า 800 เมตร ซึ่งความดันและอุณหภูมิเหมาะสมกับสถานะที่ของ CO₂ ที่ทำการฉีดลงไป โดยสถานะของ CO₂ จะต้องถูกทำการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวหรือ Supercritical ก่อนทำการฉีดลงไป แต่อย่างไรก็ตาม CO₂ ที่ทำการฉีดลงไปมีในแอ่งตะกอนลึกจะมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.5-0.9 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าพื้นผิวด้านบนดังนั้นควรทำให้มั่นใจในการปิดรอยรั่วที่อาจส่งผลต่อการรั่วไหลของ CO₂ ขึ้นสู่พื้นดิน โดยปัจจุบันเทคโนโลยีนี้เป็นที่นิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากค่าใช้จ่ายต่ำและไม่จำเป็นในการลงทุนด้านการขนส่ง CO₂ โดยคาดว่าความสามารถในการรับความจุในการกักเก็บ CO₂ ได้ประมาณ 300-10,000 GtCO₂ [64]

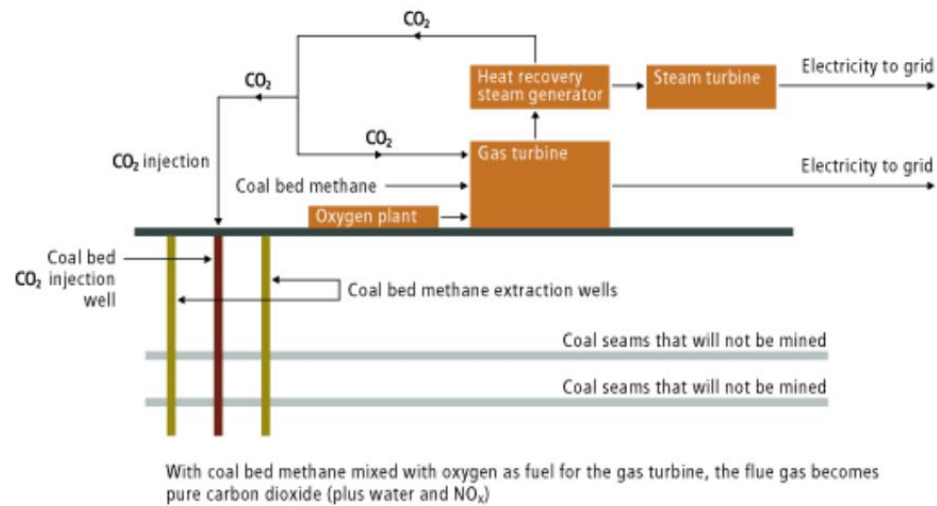


รูปที่ 4-51 กระบวนการทำงานของ Deep Saline Injection [43]

(2) Unmineable Coal Seams

เทคโนโลยีนี้เป็นการกักเก็บเข้าไปในชั้นของถ่านหินของเหมืองถ่านหินที่ยังไม่ได้รับการขุดเจาะหรือไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่ง CO₂ ที่ได้รับการฉีดเข้าไปในชั้นของถ่านหินจะถูกดูดซับเข้าตามรูพรุนของถ่านหิน ทำให้ CO₂ ที่ได้รับการฉีดเข้านั้นกลายเป็น ก๊าซมีเทนในชั้นถ่านหิน (Coal Bed Methane (CMB) [43]

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด



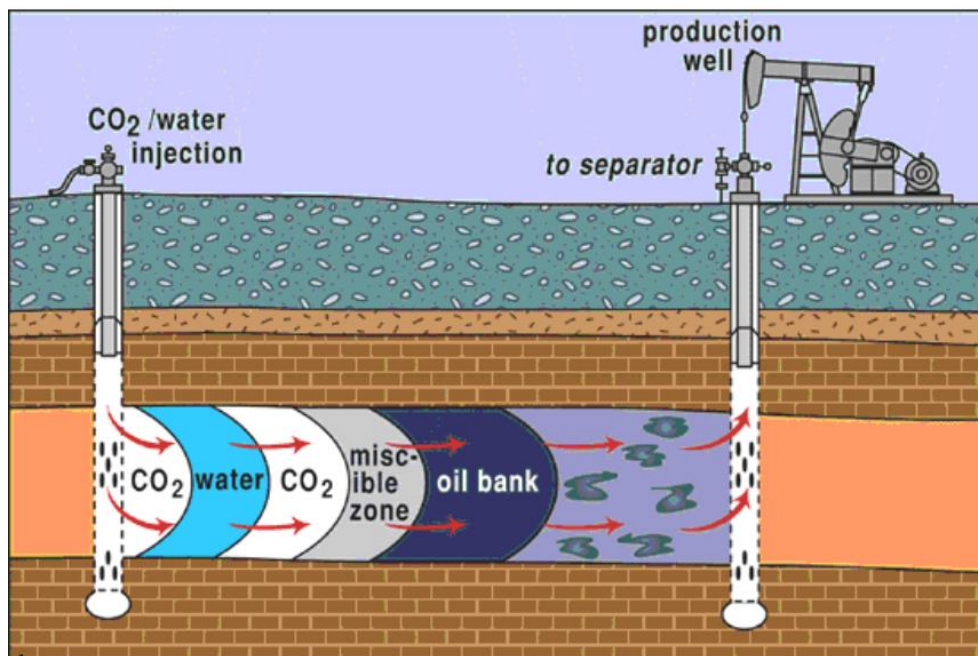
รูปที่ 4-52 กระบวนการทำงานของ Unmineable Coal Seams [43]

(3) Depleted oil and gas reservoirs

เป็นเทคโนโลยีที่มีมาตั้งแต่เริ่มต้น โดยการฉีด CO₂ เข้าไปแทนที่ในแหล่งน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติที่หมดแล้ว ซึ่งการฉีดก๊าซต่างๆ นั้นนอกจาก CO₂ แล้วยังมีก๊าซอื่นๆ อาทิ H₂S หรือก๊าซ By Product อื่นๆ ที่เกิดจากการกลั่นน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ [43]

(4) Enhanced Oil Recovery (EOR) and Gas Recovery (EGR)

เป็นเทคโนโลยีในการฉีดกักเก็บ CO₂ โดยตรงเข้าสู่แหล่งน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติ เพื่อช่วยในการผลิตน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติขึ้นจากหลุม โดยการเพิ่มแรงดันในแหล่งน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติด้วยการฉีด CO₂ ลงไป ส่งผลทำให้สามารถผลิตน้ำมันหรือ ก๊าซธรรมชาติที่สูงขึ้น [43]



รูปที่ 4-53 กระบวนการทำงานของ Enhanced Oil Recovery (EOR) [43]

2) วิธีการกักเก็บอื่น

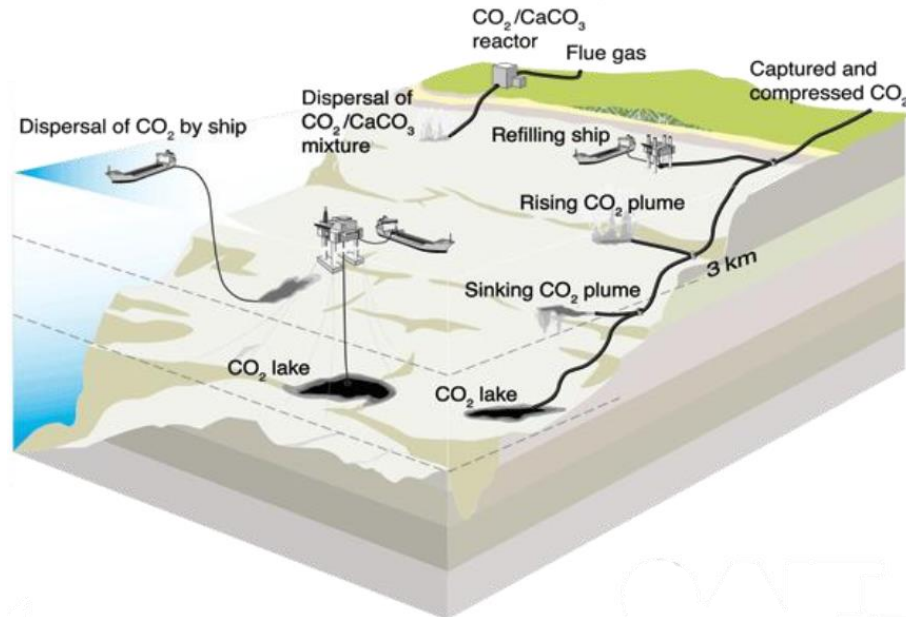
การกักเก็บนอกจากการกักเก็บในชั้นดินแล้วยังมีวิธีการกักเก็บอื่นๆ ดังนี้

(1) Ocean Fertilization

วิธีการกักเก็บนี้เป็นวิธีการทางธรรมชาติ โดยอาศัยสิ่งมีชีวิตบริเวณชั้นผิวของมหาสมุทรในการกักเก็บ CO₂ โดยสิ่งมีชีวิตบริเวณพื้นผิวของน้ำทะเลจะสามารถสังเคราะห์แสงและดึง CO₂ ในอากาศมาใช้ในกระบวนการดังกล่าวได้ [64]

(2) Deep Ocean Injection

กระบวนการนี้จะใช้มหาสมุทรเป็นตัวกลางในการกักเก็บ CO₂ โดยการฉีด CO₂ ลงไปที่ระดับความลึก 500-2,000 เมตรใต้มหาสมุทร จากนั้น CO₂ ที่ฉีดเข้าไปจะกระจายไปในน้ำทะเลและทำปฏิกิริยากับคาร์บอเนตส่งผลให้ตกลงสู่ก้นมหาสมุทร อีกรูปแบบหนึ่งคือการฉีด CO₂ ในรูปของเหลวที่มีความลึกมากกว่า 3,000 เมตร โดยที่ความแตกต่างระหว่างน้ำทะเลและ CO₂ ในรูปของเหลวจะทำให้ CO₂ ตกลงสู่ก้นมหาสมุทร [43]



รูปที่ 4-54 กระบวนการทำงานของ Deep Ocean Injection [43]

4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษของแต่ละเทคโนโลยี

จากผลการรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีกำจัดมลพิษของแต่ละอุปกรณ์/เทคโนโลยีข้างต้นนั้น ทางที่ปรึกษาได้ทำการสรุปประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษของแต่ละอุปกรณ์เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดได้ตามตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-3 สรุปประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษของแต่ละอุปกรณ์เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

กระบวนการ ใช้งานถ่าน หิน	ประเภทเทคโนโลยี	มลพิษก่อน การเผาไหม้	มลพิษหลังการเผาไหม้			
		Sulfur	TSP	SO _x	NO _x	CO
Pre- combustion	Jig	95-99% [17]	-	-	-	-
	Magnetic-separation	80% [18]	-	-	-	-
	Flotation	85% [19]	-	-	-	-
	Float/Sink Separation	90% [18]	-	-	-	-
	Cyclone	70-90% [21]	-	-	-	-
	Electrostatic Separation	80-90% [22]	-	-	-	-
	Molten - Caustic Leaching	90% [26]	-	-	-	-
	Biological กำจัดกำมะถันอินทรีย์	90% [27]	-	-	-	-

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

กระบวนการ ใช้งานถ่าน หิน	ประเภทเทคโนโลยี	มลพิษก่อน การเผาไหม้	มลพิษหลังการเผาไหม้			
		Sulfur	TSP	SO _x	NO _x	CO
	Biological กำจัดกำมะถันอินทรีย์	60-70% [28]	-	-	-	-
	Desulfurized Coal Water Mixture	45% [80]	-	-	-	-
Combustion	Pulverized Combustion	-	8% [38]	8% [38]	8% [38]	8% [38]
	Supercritical	-	26.67% [35]	26.67% [38]	26.67% [38]	26.67% [38]
	Ultra Supercritical	-	34% [38]	34% [38]	34% [38]	34% [38]
	Bubbling Fluidized Bed	-	-	70-90%[79]	-	-
	Circulating Fluidized Bed	-	-	98.5%[75]	-	-
	Burner Optimization	-	-	-	74%[44]	-
	Low NOx Burner	-	-	-	80-90%[46]	-
	Selective Catalytic Reduction	-	-	-	30-50%[47]	-
	Selective non-Catalytic Reduction	-	-	80-90%[36]	-	-
Post-Combustion	Cyclones	-	70-90% [78]	-	-	-
	Series Cyclones	-	80-95% [78]	-	-	-
	Parallel Cyclone	-	80-95% [78]	-	-	-
	Venturi Wet Scrubber	-	70-99%[76]	-	-	-
	Impingement tray scrubber	-	97% [76]	-	-	-
	Rod deck Wet Scrubber	-	70-99%[76]	-	-	-
	Packed bed Wet Scrubber	-	50-95% [77]	-	-	-
	Spray tower Wet Scrubber	-	90%[76]	-	-	-
	Electrostatic Precipitators (ESP)	-	99.9%[75]	-	-	-
	Fabric Filter	-	99.9%[75]	-	-	-
	Wet Scrubbers for SO ₂ control	-	-	99%[75]	-	-
	Spray Dry Scrubber for SO ₂ Control	-	-	95%[75]	-	-

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
--	--

4.6 การใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

4.6.1 สถานการณ์เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดของโลก

ความต้องการใช้พลังงานขั้นต้นประมาณ 27% มาจากถ่านหิน 38% ของการผลิตไฟฟ้ามาจากถ่านหิน และมากกว่า 70% ของการผลิตเหล็กของโลกใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ถ่านหินเป็นแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิลสำคัญที่อุดมสมบูรณ์และมีการใช้แพร่หลายมากที่สุดในโลก อย่างไรก็ตามในแต่ละปีการเผาไหม้ถ่านหินทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มากกว่า 14 พันล้านตันต่อปี ถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ ส่วนใหญ่นั้นมาจากการผลิตไฟฟ้า การพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีที่จะให้การใช้ถ่านหินที่เหลืออยู่ในปัจจุบันสามารถใช้งานต่อไปได้โดยไม่เกิดมลภาวะที่เป็นอันตรายต่อโลกนี้ในอนาคต

เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานไฟฟ้าถ่านหินที่เป็นแหล่งเชื้อเพลิงหลายแห่งใกล้จะเลิกใช้แล้วถูกนำมาทดแทนด้วยโรงไฟฟ้าที่ใหม่กว่าพร้อมกับนำเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดเข้ามาใช้ควบคู่ด้วย ซึ่งมีการคาดหวังกับเทคโนโลยีนี้ค่อนข้างสูงเนื่องจากสามารถลดมลภาวะที่เกิดขึ้นจากโรงงานพร้อมกับการสามารถใช้ถ่านหินควบคู่กับไปด้วย โดยเทคโนโลยีปัจจุบันที่ได้การคาดหวังมากที่สุดคือ เทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage) แต่การเติบโตของเทคโนโลยีปัจจุบันเป็นไปได้ช้าเนื่องจากค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงและขาดความมุ่งมั่นในการผลักดันให้เกิดการใช้จริงทั้งทางด้านนโยบายและการเงินจากทางภาครัฐ โดยในปี 2020 มีการดักจับและกักเก็บคาร์บอนทั้งสิ้นประมาณ 40 ล้านตันต่อปีจากทั่วโลก

ด้วยจากสถานการณ์การสนับสนุนทางด้านนโยบายและการเงินจากทางภาครัฐที่ไม่ได้รับการผลักดันเท่าที่ควร เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดจึงมุ่งเน้นในเทคโนโลยีที่ไม่มีการใช้เทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอนก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงไฟฟ้าถ่านหินมักใช้เทคโนโลยี Super Critical และ Ultra Super Critical ซึ่งมีประสิทธิภาพความร้อนที่ประมาณ 42-48% โดยเทคโนโลยีของ Ultra Super Critical นั้น มีต้นทุนค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยี Super Critical แต่ประสิทธิภาพสูงกว่าส่งผลให้ต้นทุนปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลงเหลือประมาณ 75% ของเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมดของเทคโนโลยี Super Critical และช่วยลดการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้น โดยเทคโนโลยีทั้ง Super Critical และ Ultra Super Critical มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในญี่ปุ่นและเกาหลี เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่มีการใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลกสามารถสรุปได้โดยดังนี้

- เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้โดยใช้วิธีการชำระล้าง เป็นแนวทางปฏิบัติมาตรฐานในประเทศที่พัฒนาแล้วมาระยะหนึ่ง ซึ่งสามารถช่วยลดการปล่อยเถ้าและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหิน
- การใช้เทคโนโลยี Electrostatic Precipitators (ESP) และ Fabric filter สามารถกำจัดเถ้าลอยออกจากก๊าซไอเสียได้ถึง 99%

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน รายงานฉบับสมบูรณ์	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
--	--

- การใช้เทคโนโลยี Flue Gas Desulfurization ในการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากก๊าซไอเสียสามารถลดการปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ถึง 97% โดยขึ้นอยู่กับประเภทของถ่านหิน โดยมีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศที่พัฒนาแล้ว
- การใช้ Low-NO_x Burner สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ได้ถึง 40% และหากมีการใช้เทคนิคเผาไหม้จะลดได้ถึง 70% ส่วนการใช้เทคโนโลยี Selective catalytic reduction สามารถลด NO_x ได้ประมาณ 90%
- การเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนของโรงไฟฟ้าจะสามารถลดการปล่อยมลพิษต่อ kWh ที่ผลิตได้ โดยคาดว่าจะสามารถทำได้ถึง 50% ในอนาคต
- ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินพิเศษ (UCC) จากกระบวนการแปรรูปถ่านหินซึ่งสามารถช่วยลดค่าถ่านหินให้ต่ำกว่า 0.25% และกักเก็บอยู่ในระดับที่ต่ำมาก [81]
-

4.6.2 สถานการณ์เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศไทย

ปัจจุบันสถานการณ์โรงไฟฟ้าถ่านหินในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้หม้อน้ำระบบ Subcritical ในการผลิตไอน้ำสำหรับปั่นกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยมี 1 แห่งที่ใช้ระบบ Supercritical และบางส่วนที่ใช้ระบบ Fluidized Bed Combustion ส่วนระบบอื่นๆ ได้แก่ระบบกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากก๊าซไอเสียและระบบ Electrostatic precipitator โดยมีการติดตั้งระบบ Ultra Supercritical และใช้งานได้จริงในโรงไฟฟ้าแม่เมาะของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต สำหรับในส่วนเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรมของไทยนั้น ส่วนใหญ่โรงงานอุตสาหกรรมจะใช้หม้อน้ำขนาดเล็กจึงไม่มีการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดเท่าที่ควร โดยสามารถพบหม้อน้ำชนิด Fluidized Bed Combustion ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางได้แต่ไม่มีการใช้แพร่กระจายมากนัก

ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2561-2580 (PDP2018) ที่จะมีแผนการเพิ่มขึ้นของโรงไฟฟ้าถ่านหินใหม่ประมาณ 1,740 เมกะวัตต์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการกระจายความเสี่ยงของเชื้อเพลิงที่ใช้การผลิตไฟฟ้า โดยนี่เป็นโอกาสของการผลักดันเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดให้แก่โรงงานไฟฟ้าที่กำลังจัดตั้งใหม่หรือปรับปรุงการรับรู้ของสาธารณชนในการรับรู้ด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

การดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดนั้นได้เริ่มต้นขึ้นในปี 2011 โดยผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน บริษัท Glow Energy โดยเป็นโรงไฟฟ้าที่เริ่มมีการใช้ระบบ Supercritical เพื่อเพิ่มคุณภาพของโรงไฟฟ้าและให้มีการใช้ถ่านหินน้อยลง รวมถึงการปรับปรุงทางด้านคุณภาพอากาศที่ออกจากปลายปล่องลดมลพิษจาก CO₂ หรือในโรงไฟฟ้า BLCP จังหวัดระยองที่เป็นโรงไฟฟ้าเอกชนเช่นเดียวกันที่เริ่มมีการใช้ระบบ Flue Gas desulfurization ในการกำจัด SO_x ในก๊าซไอเสีย มีการใช้ Low NO_x Burner เพื่อควบคุม NO_x จากการเผาไหม้

และระบบ Electrostatic precipitator ในการควบคุมฝุ่น รวมถึงนำเข้าถ่านหินที่มีกำมะถันต่ำจากอินโดนีเซียและออสเตรเลีย รวมทั้งสร้างศูนย์เรียนรู้ด้านถ่านหินเพื่อให้ความรู้แก่ชุมชนโดยรอบ [11]

4.6.3 ประสิทธิภาพการใช้ถ่านหินสะอาด

จากข้อมูลที่ได้รับรวบรวมมาข้างต้นพบว่า หลายประเทศได้มีการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในโรงไฟฟ้าที่มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้น ตารางที่ 4-4 ได้สรุปประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภทเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดตามประเทศต่างๆดังนี้

ตารางที่ 4-4 ประสิทธิภาพของแต่ละประเภทโรงไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดแต่ละประเภท

Country	Technology	Net capacity MWe	Efficiency %
OECD MEMBER Countries			
Belgium	Black supercritical	750	45%
	Black supercritical	1,100	45%
Czech Republic	Brown PCC	600	43%
	Brown Fluidized bed	300	42%
	Brown IGCC	400	45%
	Brown Fluidized bed w/biomass	300	42%
Germany	Black PCC	800	46%
	Brown PCC	1,050	45%
Japan	Black coal	800	41%
Korea	Black PCC	767	41%
	Black PCC	961	42%
Mexico	Black PCC	1,312	40%
Netherlands	Black USC PCC	780	46%
Slovak Republic	Brown supercritical FBC	300	40%

Country	Technology	Net capacity MWe	Efficiency %
United States	Black PCC	600	39%
	Black IGCC	550	39%
NON-OECD MEMBER Countries			
Brazil	Brown PCC	446	30%
China	Black ultra-supercritical PCC	932	46%
	Black supercritical	1,119	46%
	Black supercritical	559	46%
Russia	Black ultra-supercritical PCC	627	47%
	Black supercritical PCC	314	42%
South Africa	Black supercritical PCC	794	39%
Industry Contribution			
ESAA (Energy Supply Association of Australia)	Black supercritical Air-Cooled	690	39%
	Black supercritical Water-Cooled	698	41%
	Black ultra-supercritical Air-Cooled	555	41%
	Black ultra-supercritical Water-Cooled	561	43%
	Brown supercritical Air-Cooled	686	31%
	Brown supercritical Water-Cooled	694	33%
	Brown ultra-supercritical Air-Cooled	552	33%
	Brown ultra-supercritical Water-Cooled	558	35%

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 4 เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

Country	Technology	Net capacity MWe	Efficiency %
EPRI (Electric Power Research Institute)	Black supercritical PCC	750	41%
Eurelectric	Black coal	760	45%
	Brown coal	760	43%

บทที่ 5

การประชาสัมพันธ์โครงการ

การประชาสัมพันธ์โรงงานเข้าร่วมโครงการฯ ทางที่ปรึกษาฯ จะทำการรวบรวมจำนวนกลุ่มเป้าหมายเบื้องต้นในส่วน of โรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง โดยรายละเอียดการดำเนินงานของกิจกรรม ตามรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 ขั้นตอนการดำเนินงานในการรวบรวมข้อมูลโรงงาน/โรงไฟฟ้าใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน

โดยทางที่ปรึกษาฯ ได้ดำเนินการดังนี้

5.1 การรวบรวมจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้องสำหรับโครงการฯ

ที่ปรึกษาฯ จะทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่มีการถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า โดยได้รวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมโรงงานอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น ผลการรวบรวมข้อมูลพบว่า มีโรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงตามตารางที่ -1

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 5 การประชาสัมพันธ์โครงการ

ตารางที่ 5-1 ผลการรวบรวมข้อมูลโรงไฟฟ้าที่มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเบื้องต้น

กลุ่มเป้าหมาย	จำนวน (แห่ง)	แหล่งสืบค้นข้อมูล
โรงไฟฟ้า	25	สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.)
โรงงานอุตสาหกรรม	285*	- ฐานข้อมูลโรงงานอาคารควบคุม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) - กรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรอ.)

* จำนวนที่สืบค้น มีเฉพาะที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่ใช้หม้อน้ำเท่านั้น

โดยรายชื่อจะระบุตาม **ภาคผนวก ก รายชื่อโรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต**

5.2 การประชาสัมพันธ์โรงงานเข้าร่วมโครงการ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการเชิญชวนสถานประกอบการที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมายเพื่อเชิญชวนให้สถานประกอบการให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการฯ โดยที่ปรึกษาได้ดำเนินการออกแบบและจัดส่งสื่อประชาสัมพันธ์ต่างๆ ดังรูปที่ 5-2, 5-3 และภาคผนวก ข สื่อประชาสัมพันธ์โครงการ


**กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ
กระทรวงพลังงาน**

แบบสำรวจข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน การใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด และการเข้าร่วมโครงการ

โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

1. ข้อมูลทั่วไป

1.1) ชื่อโรงงาน/อาคาร
เลขทะเบียนโรงงาน

โรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.๒๕๓๕ ๔ ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
TSC-01

1.2) ชื่อผลิตภัณฑ์

1.3) สถานที่ตั้ง เลขที่ หมู่ ซอย ถนน

แขวง/ตำบล อำเภอ/เขต จังหวัด

รหัสไปรษณีย์ Web site E-mail

โทรศัพท์ โทรสาร

1.4) ประเภทอุตสาหกรรม (ระบุ)

1.5) ปริมาณผลผลิต (หน่วย) (ปีละครั้ง/รอบ)

1.6) ผู้ประกอบการ ตำแหน่ง

โทรศัพท์ อีเมล E-Mail

1.7) จำนวนพนักงานทั้งหมด คน

1.8) เวลาทำงาน

สำนักงาน ชม./วัน วัน/ปี

โรงงาน ชม./วัน วัน/ปี

2. ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง และค่าใช้จ้าง (ในรูปปี 2562)

ชนิดเชื้อเพลิงที่ 1 (ระบุ) รวม หน่วย /ปี

ชนิดเชื้อเพลิงที่ 2 (ระบุ) รวม หน่วย /ปี

ชนิดเชื้อเพลิงที่ 3 (ระบุ) รวม หน่วย /ปี

(หมายเหตุ : ไม่รวมหน่วยการวัดเชื้อเพลิง อาทิเช่น litre, m³, Ton, MMBTU เป็นต้น)

คำอธิบายย่อ: บริษัท แอสซีเอ็ม จำกัด

หน้า 1-4


**กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ
กระทรวงพลังงาน**

3. ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในกระบวนการผลิต

ประเภทถ่านหิน ชนิดอื่น
เอกสารรับรองเชื้อเพลิง ☐ มี ☐ ไม่มี
ค่าความร้อนถ่านหิน กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (kcal/kg)

4. ข้อมูลการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) กระบวนการผลิต

☐ ไม่มีการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
☐ มีการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

☐ ระบบการเผาไหม้ (ไม่ระบุ)

ค่าประสิทธิภาพของระบบ (ไม่ระบุ)

☐ ระบบชะล้างถ่านหิน (ไม่ระบุ)

ค่าประสิทธิภาพของระบบ (ไม่ระบุ)

☐ ระบบ/เทคโนโลยีดักจับคาร์บอน เทคโนโลยีทางอากาศ (Emission Capture System) จากการเผาไหม้ถ่านหิน (ไม่ระบุ)

ค่าประสิทธิภาพของระบบ (ไม่ระบุ)

☐ อื่นๆ

5. อุปกรณ์ที่ใช้บันทึกข้อมูล

☐ หนักๆ จำนวน ชนิด (รวม) Ton/hr

☐ เล็กๆ จำนวน ชนิด (รวม) C³

เอกสารรับรองความถูกต้องในการใช้หน่วยวัดที่ชี้แจงตามข้อ 5 นี้ว่าทราบจริง

☐ มี ☐ ไม่มี

6. โรงงานขององค์กรดำเนินการด้านกิจกรรมใดบ้าง

☐ ส่งรายงานการจัดการสิ่งแวดล้อมและการตรวจสอบรับรอง

☐ ระบบจัดการทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น Enterprise Resource Planning (ERP System)

☐ ISO 9001

☐ ISO 14001

☐ ISO 50001

☐ อื่นๆ (ไม่ระบุ)

คำอธิบายย่อ: บริษัท แอสซีเอ็ม จำกัด

หน้า 2-4

รูปที่ 5-2 แบบสำรวจข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน การใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดและการเข้าร่วมโครงการ

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 5 การประชาสัมพันธ์โครงการ



**กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ
กระทรวงพลังงาน**




โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิด
ประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนด
มาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด ประจำปีงบประมาณ 2564



สมัครฟรี !
ขยายเวลาถึง 31 กรกฎาคม 2564

วัตถุประสงค์ของโครงการ

- จัดทำและกำหนดมาตรฐานเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม
- ส่งเสริมและสนับสนุนการใช้ถ่านหินควบคู่กันเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมาตรฐานสูง
- ส่งเสริมให้น้ำมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดมาปฏิบัติงาน

ประโยชน์ที่สถานประกอบการจะได้รับ

- รายงานศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Report) ในกรณีอนุรักษ์พลังงานในระบบหม้อน้ำ
- บริการตรวจความปลอดภัยพร้อมออกเอกสารรับรองความปลอดภัยตามกฎหมาย




สนใจสมัครเข้าร่วมโครงการ
 บริษัท เบสทิน จำกัด
 cctproject.dmf@gmail.com
 09 8829 2214 (สิริอุตร)
 08 5147 2734 (รุส)

ดำเนินการโดย บริษัท เบสทิน จำกัด ภายใต้การดำเนินงานโครงการของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ

FREE
ไม่เสียค่าใช้จ่าย

รูปที่ 5-3 สื่อประชาสัมพันธ์โครงการฯ

โดยรายชื่อโรงงานที่ได้รับการประชาสัมพันธ์และเข้าร่วมโครงการฯ เป็นไปตาม ตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 รายชื่อโรงไฟฟ้า/โรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการ

ลำดับ	รายชื่อโรงไฟฟ้า/โรงงานอุตสาหกรรม	ได้รับเอกสารเข้าร่วมโครงการ	ปฏิเสธเข้าร่วมโครงการ
1	บริษัท ไทยลักซ์ เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด	✓	
2	บริษัท คอสมอส บรีวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	✓	
3	บริษัท สหฟาร์ม จำกัด	✓	
4	บริษัท ไทยวา จำกัด (มหาชน)	✓	
5	บริษัท ไทยซีตริกแอลกอฮอล์ จำกัด	✓	

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 5 การประชาสัมพันธ์โครงการ

ลำดับ	รายชื่อโรงไฟฟ้า/โรงงานอุตสาหกรรม	ได้รับเอกสารเข้าร่วมโครงการ	ปฏิเสธเข้าร่วมโครงการ
6	บริษัท ชินวงศ์ฟู้ด จำกัด	✓	
7	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี โรง4	✓	
8	บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	✓	
9	บริษัท มหาชัยคราฟท์เปเปอร์ จำกัด	✓	
10	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี โรง2	✓	
11	บริษัท อินเทคค์ ฟีด จำกัด	✓	
12	บริษัท เพ็ท โฟกัส จำกัด	✓	
13	บริษัท สยามทรีค เรเดียล จำกัด	✓	
14	บริษัท วีไทร์แอนดรีบบอร์ จำกัด (VTR) โรง 1 (บ้านแพ้ว)		✓
15	บริษัท วีไทร์แอนดรีบบอร์ จำกัด (VTR) โรง 2 (บ้านแพ้ว)		✓
16	บริษัท วีไทร์แอนดรีบบอร์ จำกัด (VTR) (บางปลา)		✓
17	บริษัท พรี่เมี่ยม เอ็นเนอร์ยี่ คอร์ปอเรชั่น จำกัด		✓
18	บริษัท เอลิท คราฟท์ เปเปอร์ จำกัด		✓
19	บริษัท กฤษณะมงคล จำกัด		✓
20	บริษัท เอฟเวอร์เรสต์เท็กซ์ไทล์(ประเทศไทย) จำกัด		✓
21	บริษัท เวิลด์นิตติ้ง เท็กซ์ไทล์ จำกัด		✓
22	บริษัท เอ็นไวรอนเม้นท์พัลพ์ แอนด์ เปเปอร์ จำกัด		✓
23	บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)		✓
24	บริษัท ป.สยามอุตสาหกรรมยาง จำกัด		✓
25	บริษัท เปียร์ทิพย์ บริวเวอรี่ (1991) จำกัด		✓
26	บริษัท โกลว์ พลังงาน จำกัด (มหาชน)		✓
27	บริษัท บีแอลซีพี เพาเวอร์ จำกัด		✓
28	บริษัท เก็คโค-วัน จำกัด		✓
29	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี		✓

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 5 การประชาสัมพันธ์โครงการ

ลำดับ	รายชื่อโรงไฟฟ้า/โรงงานอุตสาหกรรม	ได้รับเอกสารเข้าร่วมโครงการ	ปฏิเสธเข้าร่วมโครงการ
30	บริษัท ปิณิจพล พัลฟ์ อินดัสตรี จำกัด (มหาชน)		✓
31	บริษัท ดีสโตน อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด		✓
32	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)		✓
33	บริษัท โกลเด้นไลน์ บิสซิเนส จำกัด		✓
34	บริษัท อนุสรณ์มหาชัยซูริมิ จำกัด		✓
35	บริษัท เอเชียไฟเบอร์ จำกัด (มหาชน)		✓
36	บริษัท โอสิน จำกัด		✓
37	บริษัท ริเวอร์ปอร์ พัลพ แอนด์ เพเพอร์ จำกัด		✓
38	บริษัท วราฟู้ดแอนด์ดรีจ จำกัด		✓
39	บริษัท เครื่องกีฬา ยูนิเวอร์แซล (ไทย) จำกัด		✓
40	บริษัท เคมีภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัด		✓
41	บริษัท คิวพี (ประเทศไทย) จำกัด		✓
42	บริษัท ฟาร์อีสท์ปิ่นทองอุตสาหกรรม จำกัด		✓
43	บริษัท เฟรนด์ชิพ คอร์น สตาร์ช จำกัด		✓
44	บริษัท เจริญอุตสาหกรรม จำกัด		✓
45	บริษัท ไทยเคนเบเปอร์ จำกัด (มหาชน) กาญจนบุรี		✓
46	บริษัท ไทยยูเนียน ฟีดมิลล์ จำกัด (มหาชน)		✓
47	บริษัท ไทยเคนเบเปอร์ จำกัด (มหาชน) ปราจีนบุรี		✓
48	บริษัท ปิณิจพลไฟเบอร์คอนเทนเนอร์(วังน้อย) จำกัด		✓
49	บริษัท ยูไนเต็ดแพปรีค จำกัด		✓

โดยสามารถสรุปโรงงานที่เข้าร่วมโครงการได้ทั้งสิ้นจำนวน 13 แห่ง โดยแบบสำรวจข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน การใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดและการเข้าร่วมโครงการของแต่ละแห่ง จะระบุในภาคผนวก ค

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 5 การประชาสัมพันธ์โครงการ

จากรายชื่อโรงงานที่เข้าร่วมโครงการข้างต้นพบว่า ยังไม่ครบถ้วนตามขอบเขตการดำเนินงานข้อที่ 5.2 ที่ระบุจำนวนโรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงจำนวนไม่น้อยกว่า 20 แห่ง ดังนั้นทางที่ปรึกษาจึงได้ดำเนินการใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลภาครัฐอื่นๆ อาทิเช่น กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และสำนักงานกำกับกิจการพลังงาน เพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วน โดยได้ทำการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลโรงงานที่มีการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงจำนวนทั้งสิ้น 10 แห่ง ที่มีข้อมูลทุติยภูมิครบถ้วนตามที่โครงการต้องการ โดยรายชื่อโรงงานที่ได้รับการอนุเคราะห์ทางที่ปรึกษาจะทำการไม่ระบุชื่อโรงงานและใช้รหัสเป็นตัวแทนของแต่ละแห่ง เพื่อปกปิดข้อมูลตามความต้องการของหน่วยงานที่อนุเคราะห์ข้อมูล ทำให้ได้ข้อมูลและจำนวนโรงงานครบถ้วนตามขอบเขตการดำเนินงานของโครงการ โดยรายชื่อรหัสโรงงานและจังหวัดที่ตั้งของโรงงานที่ได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลเป็นไปตาม**ตารางที่ 5-3**

ตารางที่ 5-3 รายชื่อโรงงานที่ได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลเข้าร่วมโครงการ

ลำดับ	รหัสโรงงาน	จังหวัด
1	0001	สมุทรสาคร
2	0002	สมุทรสาคร
3	0003	สมุทรปราการ
4	0004	นครปฐม
5	0005	นนทบุรี
6	0006	นครปฐม
7	0007	สมุทรสาคร
8	0008	สมุทรสาคร
9	0009	สมุทรสาคร
10	0010	นครปฐม

บทที่ 6

ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงสำหรับนำมาประกอบการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด โดยได้ทำการแบ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับนำไปใช้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) ต่อไป สำหรับการรวบรวมข้อมูลดังนี้

6.1 ผลการรวบรวมข้อมูลทางด้านการใช้ถ่านหิน

ทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการด้านการใช้ถ่านหินของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ และโรงงานที่ได้รับข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยผลการรวบรวมสรุปได้ดังตารางที่ 6-1

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 6 ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ตารางที่ 6-1 ผลการรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้งานถ่านหินของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ปริมาณการใช้ (ถ่านหิน) kg/ปี	ราคา เฉลี่ยต่อ หน่วย (บาท/kg)	บริษัทที่จัด จำหน่าย ถ่านหิน	ประเภทถ่านหิน	ประเทศ นำเข้า	ขนาด ถ่านหิน (mm)	ค่า ความชื้น (%)	ค่าความ ร้อน (kcal/kg)
1	บริษัท ไทยลักซ์เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด	4,171,240	2.953	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	25.34	5,016.60
2	บริษัท คอสโมส บรีวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	7,680,390	1.73	-	บิทูมินัส (bituminous)	อินโดนีเซีย	-	33.5	4,244.91
3	บริษัท สหฟาร์ม จำกัด โรงงานอาหารสำเร็จรูป (ลพบุรี) (สหฟาร์มอินเตอร์ฟู้ดส์)	8,884,000	3.76	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	22.71	5,292.24
4	บริษัท ไทยวา จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 00007	8,849,250	2.525	-	บิทูมินัส (bituminous)	อินโดนีเซีย	-	33.05	4,288.14
5	บริษัท ไทยซีตริก แอซิด จำกัด	2,245,630	1.89	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	32.69	4,269.48
6	บริษัท ชินวงส์ จำกัด	10,204,760	2.3	-	บิทูมินัส (bituminous)	อินโดนีเซีย	10-30	32.69	5,500
7	โรงงาน เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี 4	6,742,910	3.577	-	บิทูมินัส (bituminous)	อินโดนีเซีย	25-50	30	5,700
8	บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	20,559,102.	3.90	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	25.57	4,918.98

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 6 ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ปริมาณการใช้ (ถ่านหิน) kg/ปี	ราคา เฉลี่ยต่อ หน่วย (บาท/kg)	บริษัทที่จัด จำหน่าย ถ่านหิน	ประเภทถ่านหิน	ประเทศ นำเข้า	ขนาด ถ่านหิน (mm)	ค่า ความชื้น (%)	ค่าความ ร้อน (kcal/kg)
9	บริษัท มหาชัยคราฟท์เปเปอร์ จำกัด	49,354,860	2.05	-	ซับบิทูมินัส (Sub - bituminous)	-	-	31.33	4,510.56
10	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)	18,067,000.00	4.28	-	บิทูมินัส (bituminous)	อินโดนีเซีย	-	25.23	6,000
11	บริษัท อินเทคค์ ฟีด จำกัด	8,489,000.00	-	-	-	-	-	27.89	4,792.54
12	บริษัท เพ็ท โฟกัส จำกัด	3,052,140.00	-	-	-	-	-	25.33	4,878.26
13	บริษัท สยามทรีค เรเดียน จำกัด				-	-	-	25.23	5,094.19
14	0001	9,551,000.00	3.1	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	10-25	22.5	4,494.26
15	0002	7,000,570.00	3.91	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	26.5	4,295.41
16	0003	1,383,490.00	2.1	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	25	3,736.14
17	0004	25,464,185.00	3.26	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	8	5,240.68
18	0005	7,735,540.00	2.67	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	25	3,708.41
19	0006	41,659,080.00	3.25	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	33.21	3,908.90

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 6 ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ปริมาณการใช้ (ถ่านหิน) kg/ปี	ราคา เฉลี่ยต่อ หน่วย (บาท/kg)	บริษัทที่จัด จำหน่าย ถ่านหิน	ประเภทถ่านหิน	ประเทศ นำเข้า	ขนาด ถ่านหิน (mm)	ค่า ความชื้น (%)	ค่าความ ร้อน (kcal/kg)
20	0007	9,684,790.00	3.90	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	25	6,302.58
21	0008	20,893,740.00	3.25	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	25	5,803.06
22	0009	4,939,520.00	3.43	-	ซับบิทูมินัส (Sub - bituminous)	-	-	15	4,900.57
23	0010	2,156,100.00	3.25	-	บิทูมินัส (bituminous)	-	-	33.21	5,803.06

จากตารางที่ 8-1 พบว่า โรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการส่วนมากมีการใช้ถ่านหินประเภทบิทูมินัส เป็นเชื้อเพลิงหลักจำนวนทั้งสิ้น 18 แห่ง โดยที่แห่งมีการใช้ซับบิทูมินัสจำนวนทั้งสิ้น 2 แห่ง และไม่พบข้อมูล จำนวน 3 แห่ง โดยทั้งนี้ทางที่ปรึกษา ได้ทำการรวบรวมผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชื้อเพลิง (Proximate Analysis as Wet Basis) เพื่อทำการใช้เป็นส่วนหนึ่งของการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด ในด้านของคุณลักษณะการนำเข้าถ่านหินต่อไป ตาม**ตารางที่ 6-2**

ตารางที่ 6-2 ผลการรวบรวมการวิเคราะห์องค์ประกอบของเชื้อเพลิง (Proximate Analysis as Wet Basis)

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	Proximate Analysis as Wet Basis			ค่าความร้อน (kcal/kg)
		%S	%Ash dry	%Total Moisture	
1	บริษัท ไทยลักซ์เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด	0.08	1.65	25.34	5,016.60
2	บริษัท คอสมอส บริวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	0.10	2.68	33.5	4,244.91
3	บริษัท สหฟาร์ม จำกัด โรงงานอาหารสำเร็จรูป (ลพบุรี) (สหฟาร์มอินเตอร์ฟู้ดส์)	0.49	2.21	22.71	5,292.24
4	บริษัท ไทยวา จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 00007	0.13	2.64	33.05	4,288.14
5	บริษัท ไทยซีตริก แอซิด จำกัด	0.19	2.52	32.69	4,269.48
6	บริษัท ชินวงส์ จำกัด	0.19	2.52	32.69	5,500
7	โรงงาน เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี 4	0.14	2.32	30	5,700
8	บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด	0.07	1.70	25.57	4,918.98
9	บริษัท มหาชัยคราฟท์เปเปอร์ จำกัด	0.45	2.61	31.33	4,510.56
10	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)	0.13	1.51	25.23	6,000
11	บริษัท อินเทคค์ ฟีด จำกัด	0.27	2.20	27.89	4,792.54
12	บริษัท เพ็ท โฟกัส จำกัด	0.08	1.59	25.33	4,878.26
13	บริษัท สยามทรีค เรดิเยน จำกัด	0.08	1.89	25.23	5,094.19
14	0001	0.11	1.74	22.5	4,494.26
15	0002	0.11	1.65	26.5	4,295.41
16	0003	0.39	1.50	25	3,736.14
17	0004	0.12	1.69	8	5,240.68
18	0005	0.39	1.38	25	3,708.41
19	0006	0.11	1.50	33.21	3,908.90
20	0007	0.12	1.38	25	6,302.58
21	0008	0.09	1.38	25	5,803.06

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	Proximate Analysis as Wet Basis			ค่าความร้อน (kcal/kg)
		%S	%Ash dry	%Total Moisture	
22	0009	0.12	1.56	15	4,900.57
23	0010	0.07	1.50	33.21	5,803.06

6.2 ผลการรวบรวมข้อมูลทางด้านประสิทธิภาพอุปกรณ์หม้อน้ำและอุปกรณ์เผาไหม้

ทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทางด้านประสิทธิภาพอุปกรณ์หม้อน้ำและอุปกรณ์เผาไหม้ โดยค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้และประสิทธิภาพหม้อน้ำต่างๆ อาทิ %ออกซิเจนที่ออกจากการเผาไหม้ ค่าอุณหภูมิก๊าซไอเสีย ค่า TDS น้ำโบล์ดวอนในหม้อน้ำ เป็นต้น ซึ่งค่าทั้งหลายเหล่านี้ส่งผลต่อประสิทธิภาพหม้อน้ำรวมถึงเป็นค่าที่หน่วยงานภาครัฐหลายหน่วยงาน มีคำแนะนำสำหรับการควบคุมให้มีค่าที่เหมาะสมต่อการใช้งานในอุปกรณ์หม้อน้ำ เพื่อทำให้มีประสิทธิภาพที่เหมาะสม โดยค่าตัวแปรเหล่านี้จะไปเป็นส่วนหนึ่งของการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด ในส่วนของประสิทธิภาพอุปกรณ์หม้อน้ำและอุปกรณ์เผาไหม้ต่อไป นี้ โดยระบุตาม **ตารางที่ 6-3**

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 6 ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ตารางที่ 6-3 ผลการรวบรวมข้อมูลทางด้านประสิทธิภาพอุปกรณ์หม้อน้ำและค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่อง ที่	ประเภทการเผา ใหม่	ประเภท หม้อน้ำ	ยี่ห้อ	พิกัด (Ton/hr)	อุณหภูมิไอ เสีย (Temp, °C)	ปริมาณ O2 ปลาย ปล่อง (%)	ค่า TDS ในหม้อ น้ำ (ppm)	Eff boiler (%)
1	บริษัท ไทยลักซ์เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด	1	Traveling Grate	ท่อน้ำ	-	10	-	-	-	-
2	บริษัท คอสมอส บรีวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	1	Inclined Reciprocating grate	Hybrid	-	-	-	-	-	-
3	บริษัท สหฟาร์ม จำกัด โรงงาน อาหารสำเร็จรูป (ลพบุรี) (สหฟาร์มอินเตอร์ฟู้ดส์)	1	Inclined Reciprocating grate	Hybrid	-	15	-	-	-	-
4	บริษัท ไทยวา จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 00007	1	Inclined Reciprocating grate	Hybrid	-	12	-	-	-	-
		2	Inclined Reciprocating grate	Hybrid	-	20	-	-	-	-
5	บริษัท ไทยซีตริก แอซิด จำกัด	1	Fluidized bed	Circul ating	-	10	-	-	-	-

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 6 ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่อง ที่	ประเภทการเผา ไหม้	ประเภท หม้อน้ำ	ยี่ห้อ	พิกัด (Ton/hr)	อุณหภูมิไอน้ำ เสีย (Temp, °C)	ปริมาณ O2 ปลาย ปล่อง (%)	ค่า TDS ในหม้อ น้ำ (ppm)	Eff boiler (%)
6	บริษัท ชินวงศ์ จำกัด	1	Underfeed Fixed grate	ท่อไฟ	-	8	-	-	-	-
		2	Underfeed Fixed grate	ท่อไฟ	-	8	-	-	-	-
		3	Underfeed Fixed grate	ท่อไฟ	-	10	-	-	-	-
7	โรงงาน เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี 4	1	Inclined Reciprocating grate	ท่อน้ำ	-	10	-	-	-	-
8	บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์ เนชั่นแนล จำกัด	1	Traveling Grate	ท่อน้ำ	-	25	-	-	-	-
		2	Traveling Grate	ท่อน้ำ	-	25	-	-	-	-
9	บริษัท มหาชัยคราฟท์เปเปอร์ จำกัด	1	Circulating	ท่อน้ำ	-	75	-	-	-	-
10	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)	1	Traveling Grate	ท่อน้ำ	-	20	-	-	-	-
		2	Traveling Grate	ท่อน้ำ	-	25	-	-	-	-

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 6 ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่อง ที่	ประเภทการเผา ไหม้	ประเภท หม้อน้ำ	ยี่ห้อ	พิกัด (Ton/hr)	อุณหภูมิไอ เสีย (Temp, °C)	ปริมาณ O2 ปลาย ปล่อง (%)	ค่า TDS ในหม้อ น้ำ (ppm)	Eff boiler (%)
11	บริษัท อินเทคค์ ฟีด จำกัด	1	Inclined Reciprocating grate	ท่อน้ำ	-	20	-	-	-	-
12	บริษัท เพ็ท โฟกัส จำกัด	1	Traveling Grate	ท่อน้ำ	-	20	-	-	-	-
13	บริษัท สยามทรีค เรเดียน จำกัด	1	Traveling Grate	ท่อน้ำ		25				
		2	Traveling Grate	ท่อน้ำ		25				
		3	Traveling Grate	ท่อน้ำ		25				
14	0001	1	Traveling Grate	ท่อน้ำ	Thai K Boiler	10	162	14.5	1760	77.31% (HCV), 83.16% (LCV) (Indirect)
15	0002	1	Traveling Grate	ท่อไฟ	-	10.5	194.1	6.2	1720	80.98% (HCV), 87.64% (LCV) (Indirect)

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 6 ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่อง ที่	ประเภทการเผา ไหม้	ประเภท หม้อน้ำ	ยี่ห้อ	พิกัด (Ton/hr)	อุณหภูมิไอ เสีย (Temp, °C)	ปริมาณ O2 ปลาย ปล่อง (%)	ค่า TDS ในหม้อ น้ำ (ppm)	Eff boiler (%)
		2	Traveling Grate	ท่อไฟ	-	10.5	181.2	6.7	1375	83.5% (HCV), 90.37% (LCV) (Indirect)
		3	Traveling Grate	ท่อไฟ	-	10.5	185.3	9.1	1670	80.5% (HCV), 87.13% (LCV) (Indirect)
16	0003	1	Traveling Grate	ท่อน้ำ	-	4	151.3	11.5	1250	75.69% (HCV), 82.11% (LCV) (Indirect)
17	0004	1	Inclined Reciprocating grate	Hybrid	Getabec	16	252.7	6.1	1300	80.09% (HCV), 86.56% (LCV) (Indirect)
		2	Inclined Reciprocating grate	Hybrid	Getabec	16	220.9	11.1	1000	76.98% (HCV), 83.20% (LCV) (Indirect)
		3	Inclined Reciprocating grate	Hybrid	Chaicharoen Lohakit	16	233	14.1	3570	68.36% (HCV), 73.88% (LCV) (Indirect)

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 6 ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่อง ที่	ประเภทการเผา ไหม้	ประเภท หม้อน้ำ	ยี่ห้อ	พิกัด (Ton/hr)	อุณหภูมิไอ เสีย (Temp, °C)	ปริมาณ O2 ปลาย ปล่อง (%)	ค่า TDS ในหม้อ น้ำ (ppm)	Eff boiler (%)
		4	Inclined Reciprocating grate	Hybrid	Chaicharoen Lohakit	16	233	14.1	1000	75.26% (HCV), 81.34% (LCV) (Indirect)
		5	Inclined Reciprocating grate	ท่อน้ำ	Shengguang Boiler	16	158.2	16.1	2500	71.46% (HCV), 77.23% (LCV) (Indirect)
18	0005	1	Underfeed Fixed grate	ท่อไฟ	Bulwarks	10	191.7	10	1910	77.80% (HCV), 85.03% (LCV) (Indirect)
		2	Underfeed Fixed grate	ท่อไฟ	Bulwarks	10	181.1	14.3	1910	70.39% (HCV), 76.93% (LCV) (Indirect)
19	0006	1	Fixed Grate	ท่อไฟ	Anchenbach	10	200.35	10.85	-	77.82% (HCV), 75.30% (LCV) (Indirect)
20	0007	1	Traveling Grate	ท่อไฟ	John Thompson	16	198.84	7.76	3490	81.42% (HCV), 88.01% (LCV) (Indirect)

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 6 ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่อง ที่	ประเภทการเผา ไหม้	ประเภท หม้อน้ำ	ยี่ห้อ	พิกัด (Ton/hr)	อุณหภูมิไอน้ำ (Temp, °C)	ปริมาณ O2 ปลาย ปล่อง (%)	ค่า TDS ในหม้อ น้ำ (ppm)	Eff boiler (%)
21	0008	1	Traveling Grate	ท่อไฟ	John Thompson	11	180.1	10.85	-	79.41% (HCV), 86.27% (LCV) (Indirect)
		2	Traveling Grate	ท่อไฟ	John Thompson	7	163.6	10.58		70.46% (HCV), 76.17% (LCV) (Indirect)
22	0009	1	Traveling Grate	ท่อน้ำ	Wuzi Huaguang Industrial Boiler	16	138.36	13.6	5150	82.51% (HCV), 87.74% (LCV) (Indirect)
		2	Traveling Grate	ท่อน้ำ	Wuzi Huaguang Industrial Boiler	16	126.71	14.9	4735	82.12% (HCV), 87.33% (LCV) (Indirect)
23	0010	1	Fixed Grate	ท่อไฟ	Anchenbach	8	177.2	3.61	-	80.82% (HCV), 88.56% (LCV) (Indirect)

6.3 ผลการรวบรวมข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ทางที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่ได้รวบรวมมาจากโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ และข้อมูลจากหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยการรวบรวมข้อมูลอุปกรณ์เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดทั้งทางด้านกำจัดฝุ่นละออง กำจัดก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ต่างๆ จะทำให้รับทราบข้อมูลทางด้านประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้ที่เกิดขึ้น โดยข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมไว้นั้นจะระบุใน **ตารางที่ 6-4**

ตารางที่ 6-4 ผลการรวบรวมข้อมูลอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับทางด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	CCT Pre-Combustion	CCT Combustion	CCT Post-Combustion
1	บริษัท ไทยลักซ์เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
2	บริษัท คอสมอส บริวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
3	บริษัท สหฟาร์ม จำกัด โรงงานอาหารสำเร็จรูป (ลพบุรี) (สหฟาร์มอินเตอร์ฟู้ดส์)	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
4	บริษัท ไทยวา จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 00007	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
5	บริษัท ไทยซีตริก แอซิด จำกัด	1	-	Circulating Fluidized bed	Water Film
6	บริษัท ชินวงส์ จำกัด	1	-	-	Singlecyclone, Wet Scrubber
		2	-	-	Singlecyclone, Wet Scrubber
		3	-	-	Singlecyclone, Wet Scrubber
7	โรงงาน เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี 4	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
8	บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber



ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	CCT Pre-Combustion	CCT Combustion	CCT Post-Combustion
		2			Multicyclone, Wet Scrubber
9	บริษัท มหาชัยคราฟท์เปเปอร์ จำกัด	1	-	Circulating Fluidized bed	Electrostatic precipitator
10	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
		2			Multicyclone, Wet Scrubber
11	บริษัท อินเทคส์ ฟีด จำกัด	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
12	บริษัท เพ็ท โฟกัส จำกัด	2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
13	บริษัท สยามทรีค เรเดียน จำกัด	1			Multicyclone, Wet Scrubber
		2			Multicyclone, Wet Scrubber
		3			Multicyclone, Wet Scrubber
14	0001	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
15	0002	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
		3	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
16	0003	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
17	0004	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber



ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	CCT Pre-Combustion	CCT Combustion	CCT Post-Combustion
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
		3	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
		4	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
		5	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
18	0005	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
19	0006	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
20	0007	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
21	0008	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
22	0009	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber
23	0010	1	-	-	Singlecyclone, Wet Scrubber

6.4 ผลการรวบรวมข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม

ทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้า โดยตัวแปรที่สำคัญที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินนั้นได้แก่ ฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate) ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of nitrogen) และ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) เพื่อนำค่าเหล่านี้มาทำการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานทางด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในส่วนของมาตรฐานทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป โดยผลการรวบรวมจะระบุใน **ตารางที่ 6-5**

ตารางที่ 6-5 ผลการรวบรวมข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้า

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	TSP (mg/m ³)	NO _x (ppm)	SO _x (ppm)
1	บริษัท ไทยลักซ์เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด	1	58.12	65.15	5.12
2	บริษัท คอสมอส บิรวเออรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	1	117.11	157	207
3	บริษัท สหฟาร์ม จำกัด โรงงานอาหารสำเร็จรูป (ลพบุรี) (สหฟาร์มอินเตอร์ฟู้ดส์)	1	32.9	56	0.4
4	บริษัท ไทยวา จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 00007	1	4.3	2.4	15
		2	117.11	157	25
5	บริษัท ไทยซีตริก แอซิด จำกัด	1	4.66	15.51	8.11
6	บริษัท ชินวงส์ จำกัด	1	57.72	27.9	1.29
		2	9.19	0.99	2.09
		3	67.64	3.13	2.81
7	โรงงาน เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี 4	1	43.562	160.535	0.001
8	บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	1	266	222	61
		2	300	260	68
9	บริษัท มหาชัยคราฟท์เปเปอร์ จำกัด	1	10.81	0.01	306.8
10	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)	1	119	77	36
		2	78	88	39
11	บริษัท อินเทคส์ ฟีด จำกัด	1	7.242	22.08	1.158
12	บริษัท เพ็ท โฟกัส จำกัด	1	126	145	86
13	บริษัท สยามทรีค เรเดียม จำกัด	1	-	-	-

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	TSP (mg/m ³)	NO _x (ppm)	SO _x (ppm)
		2	-	-	-
		3	-	-	-
14	0001	1	15.11	41.77	5.62
15	0002	1	-	-	-
		2	-	-	-
		3	-	-	-
16	0003	1	59.33	5.05	10.76
17	0004	1	79.31	71.95	114.47
		2	82.37	96.1	119.27
		3	267.63	152.11	512.73
		4	182.92	149.35	681.69
		5	116.2	131.37	176.63
18	0005	1	-	-	-
		2	-	-	-
19	0006	1	30.9	49	118
20	0007	1	49.63	5.87	1.74
21	0008	1	-	-	-
		2	-	-	-
22	0009	1	-	-	-
		2	-	-	-
23	0010	1	-	-	-

โดยผลการดำเนินงานของโรงงานแต่ละแห่งจะระบุในภาคผนวก ง รายงานรายแห่ง

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

บทที่ 7

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุผลตามวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับขอบเขตการดำเนินงาน โดยเนื้อหาในบทนี้เป็นผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) ทางที่ปรึกษาได้ดำเนินการศึกษาผลการดำเนินงานตาม**รูปที่ 7-1** ดังนี้



รูปที่ 7-1 เกณฑ์มาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (CCT) ที่เกี่ยวข้อง

เกณฑ์มาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (CCT) ที่เกี่ยวข้องนั้น จะแบ่งออกเป็น 4 มาตรฐานที่ส่งผลต่อการจัดทำมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (CCT) โดยผลการศึกษารวบรวมมาตรฐานต่างๆดังนี้

7.1 มาตรฐานด้านการนำเข้าถ่านหิน

การนำไปใช้ประโยชน์ของถ่านหินนั้นทั้งในการใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ในภาคอุตสาหกรรม หรือการนำไปเป็นผลิตภัณฑ์ในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ นั้นมักจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบของฝุ่น และซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยทั้งนี้การควบคุมผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นนั้นสามารถดำเนินการได้ทั้งก่อนการเผาไหม้เชื้อเพลิง ขณะเผาไหม้เพลิง และหลังการเผาไหม้เชื้อเพลิง ที่สามารถลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้

ปัจจุบันมีบางประเทศเริ่มที่จะลดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงตั้งแต่ก่อนการเผาไหม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่ามลสารที่อยู่ในเชื้อเพลิงถ่านหินตั้งแต่นำเข้ามาใช้ในประเทศ อาทิ ประเทศจีน สหรัฐอเมริกา หรือเกาหลีใต้ ที่มีการกำหนดเพดานมลสารที่อาจจะส่งผลกระทบต่อผลกระทบการเผาไหม้เชื้อเพลิง อาทิ ค่าเปอร์เซ็นต์กำมะถันในถ่านหิน หรือ ค่าเปอร์เซ็นต์ของกำมะถันในเชื้อเพลิงถ่านหิน ซึ่งสามารถสรุปได้ใน**ตารางที่ 7-1** ดังนี้

	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ตารางที่ 7-1 ผลการรวบรวมคุณลักษณะของถ่านหินที่มีการใช้งานในประเทศต่างๆ

ประเทศ	ประเภทถ่านหิน	ตัวชี้วัด	ปริมาณที่ระบุ	หมายเหตุ
จีน [83]	ลิกไนต์	ปริมาณเถ้า	<30%	As-Received basis
		กำมะถัน	<1.5%	
	อื่นๆ	ปริมาณเถ้า	<40%	
		กำมะถัน	<3%	
		ปรอท	<0.6 micrograms/g	
		สารหนู	<80 micrograms/g	
		ฟอสฟอรัส	<0.15%	
		คลอรีน	<0.3%	
		ฟลูออไรน์	<200 micrograms/g	
สหรัฐอเมริกา [84]	ทุกประเภท	กำมะถัน	<1%	As-Received basis
เกาหลีใต้ [85]	ทุกประเภท	กำมะถัน	<0.4%	As-Received basis
มาเลเซีย [86]	ทุกประเภท	กำมะถัน	<1%	As-Received basis

จากที่ได้ทำการรวบรวมข้างต้นพบว่า เริ่มมีหลายประเทศที่นำมามาตรฐานและข้อกำหนดที่ควบคุมการค่ามลสารที่อยู่ในเชื้อเพลิงถ่านหินที่จะถูกนำมาใช้งานของประเทศต่างๆ โดยกฎหมายหรือข้อบังคับต่างๆ จะควบคุมและบังคับทางผู้จัดจำหน่าย ผู้ขาย และผู้ใช้งานให้จำกัดมลสารที่อยู่ในเชื้อเพลิงถ่านหินตามตัวชี้วัดต่างๆ ที่ได้ทำการระบุไว้ โดยจะมีข้อสังเกตได้ว่า ประเทศสหรัฐอเมริกาและเกาหลีใต้จะมุ่งเน้นไปที่ปริมาณสารกำมะถันที่ปะปนในเชื้อเพลิงถ่านหิน แต่สำหรับประเทศจีนจะทำการระบุตัวชี้วัดหลายชนิดไว้ ในการจำกัดปริมาณค่าที่ได้ทำการรวบรวมไว้

นอกจากนี้ทางที่ปรึกษาได้รวบรวมกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการนำเข้าถ่านหินเข้าสู่ราชอาณาจักรไทย โดยกฎหมายที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

1) พระราชบัญญัติศุลกากร พุทธศักราช 2469 กฎหมายฉบับนี้ได้บัญญัติไว้ เพื่อควบคุมการขนส่งถ่านหินเข้ามาภายในประเทศไทย ซึ่งจะต้องมีท่าเรือเป้แหล่งในการขนย้ายถ่านหินหรือที่ใดๆ ที่รัฐมนตรีกระทรวงการคลังได้ประกาศไว้เป็นกฎกระทรวง และมีการกำหนดเขตศุลกากรขึ้น เพื่อใช้เป็นพื้นที่ในการเก็บภาษีนำเข้าสู่ประเทศไทย ไม่ได้มีการระบุการจำกัดคุณภาพหรือปริมาณที่สามารถนำเข้าได้สู่ประเทศ

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

2) พระราชบัญญัติการส่งออกป้อนนอกและนำเข้าในราชอาณาจักรซึ่งสินค้า พ.ศ. 2522 เนื้อหาหลักในกฎหมายดังกล่าว ห้ามมิให้ผู้ใดนำเข้าหรือส่งออกสินค้าที่ต้องขออนุญาตเว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์หรือบุคคลที่ได้รับมอบหมาย และในเนื้อหาให้มีการแจ้งระบุปริมาณ ชนิด คุณภาพ ระยะเวลา ราคาของสินค้าที่นำเข้าหรือส่งออก ซึ่งในที่นี้จะรวมถึงเชื้อเพลิงถ่านหินที่จะต้องนำเข้าหรือส่งออกสู่ประเทศด้วยเช่นกัน

จากการรวบรวมกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับถ่านหินนำเข้าสู่ประเทศไทยนั้นพบว่า กฎหมายของประเทศไทยเองนั้นมีการระบุสถานที่ในการขนย้ายถ่านหินเข้าสู่ประเทศไทย รวมถึงการขอใบอนุญาตต่างๆ ในการนำเข้า และระบุปริมาณ ชนิด คุณภาพ ราคาของถ่านหินที่จะนำเข้าสู่ประเทศไทยเช่นเดียวกัน ซึ่งในกฎหมายดังกล่าวนี้เป็นกฎหมายที่มุ่งเน้นไปในการจัดเก็บภาษีศุลกากรและการควบคุมสินค้าในประเทศเท่านั้น ยังไม่มีการระบุถึงคุณภาพหรือปริมาณของถ่านหินที่จะถูกนำเข้าสู่ประเทศไทย

นอกจากนี้ทางที่ปรึกษา ได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลปริมาณค่ามลสารของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการฯ โดยปริมาณค่ากำมะถันในเชื้อเพลิงตามตารางที่ 7-2

ตารางที่ 7-2 ผลการรวบรวมค่ากำมะถันในเชื้อเพลิงของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการฯ

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ค่ากำมะถันในเชื้อเพลิงที่ As Received basis
1	บริษัท ไทยลักซ์เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด	0.08
2	บริษัท คอสมอส บริวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	0.1
3	บริษัท สหฟาร์ม จำกัด โรงงานอาหารสำเร็จรูป (ลพบุรี) (สหฟาร์มอินเตอร์ฟู้ดส์)	0.49
4	บริษัท ไทยวา จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 00007	0.13
5	บริษัท ไทยชิตริก แอซิด จำกัด	0.19
6	บริษัท ชินวงส์ จำกัด	0.19
7	โรงงาน เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี 4	0.14
8	บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	0.07
9	บริษัท มหาชัยคราฟท์เปเปอร์ จำกัด	0.45
10	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)	0.13

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

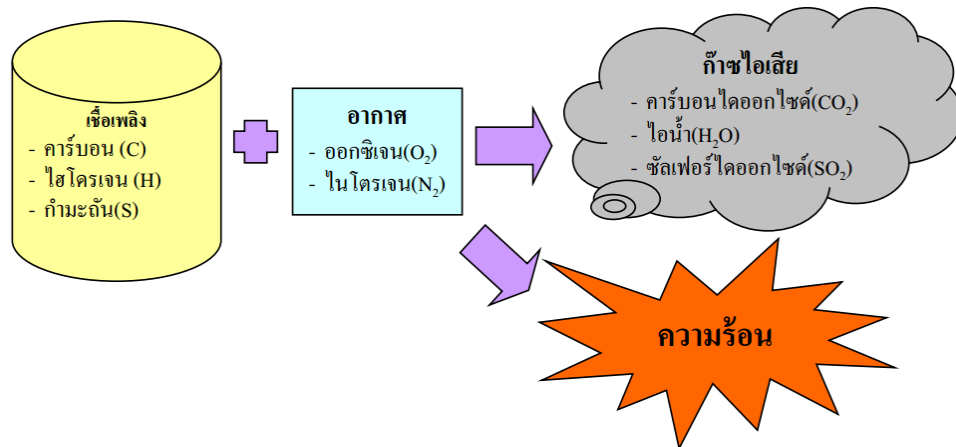
ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	ค่าก้ำมะถันในเชื้อเพลิงที่ As Received basis
11	บริษัท อินเทคค์ ฟีด จำกัด	0.27
12	บริษัท เพ็ท โฟกัส จำกัด	0.08
13	บริษัท สยามทรีค เรดิเยน จำกัด	0.08
14	0001	0.11
15	0002	0.11
16	0003	0.39
17	0004	0.12
18	0005	0.39
19	0006	0.11
20	0007	0.12
21	0008	0.09
22	0009	0.12
23	0010	0.07

จากตารางที่ 7-2 จะเห็นได้ว่า ปริมาณค่าก้ำมะถันในเชื้อเพลิงของโรงงานแต่ละแห่งนั้น มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าที่น้อยกว่า 1% ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานการนำเข้าถ่านหินของประเทศอเมริกาและมาเลเซีย ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าก้ำมะถันที่ปะปนในเชื้อเพลิงถ่านหินที่นำเข้ามาใช้ในประเทศนั้นมีค่อนข้างต่ำ ซึ่งส่งผลต่อมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินเช่นเดียวกัน ดังนั้นการกำหนดการจำกัดค่าก้ำมะถันในเชื้อเพลิงถ่านหินนำเข้า จะสามารถช่วยลดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้และส่งผลต่อภาพลักษณ์การใช้งานถ่านหินในประเทศ

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

7.2 มาตรฐานด้านประสิทธิภาพหม้อน้ำ

ประสิทธิภาพหม้อน้ำและอุปกรณ์เผาไหม้ที่ดีจะส่งผลต่อปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้งานลดลง โดยหลักการเผาไหม้นั้นจะเป็นไปตาม**รูปที่ 7-2**



รูปที่ 7-2 หลักการเผาไหม้เบื้องต้น

การเผาไหม้ คือ กระบวนการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนทำให้เกิดความร้อนออกมา องค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการเผาไหม้ คือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน ความร้อน และปฏิกิริยาทางเคมี โดยองค์ประกอบทั้งหมดนี้ต้องเกิดขึ้นในเวลาเดียวกันจึง จะทำให้เกิดการเผาไหม้ โดยทั่วไปแล้วออกซิเจนได้มาจากอากาศที่อยู่ในบริเวณของการเผาไหม้

จากรูปที่ 7-2 นั้นจะเห็นว่าปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ทั้งคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้อื่นๆนั้น ประสิทธิภาพการเผาไหม้จะส่งผลต่อปริมาณการปล่อยมลพิษ โดยยิ่งประสิทธิภาพการเผาไหม้ของอุปกรณ์นั้นสูงจะส่งผลต่อการป้อนเชื้อเพลิงที่ต่ำลงซึ่งส่งผลต่อปริมาณก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้นต่ำลงมาเช่นเดียวกัน ในทำนองเดียวกันหากประสิทธิภาพการเผาไหม้ของอุปกรณ์นั้นต่ำจะส่งผลให้ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิงและปริมาณการเกิดก๊าซไอเสียสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

ดังนั้นการปรับปรุงหรือควบคุมประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ที่สุด จะลดการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงตามมา โดยในปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่ได้แนะนำพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับการควบคุมประสิทธิภาพการเผาไหม้ อาทิ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงมีกฎหมายในควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ของหน่วยงานที่ใช้สำหรับควบคุมในความปลอดภัย และประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยสามารถสรุปค่าแนะนำและค่าตามกฎหมายของพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ตาม

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ตารางที่ 7-3 ค่าปริมาณก๊าซไอเสียที่ยอมรับได้ตามแนวทางปฏิบัติที่ดีและค่าควบคุมน้ำในหม้อน้ำ
ตามกฎหมาย

ตัวบ่งชี้	หน่วย	ค่ามาตรฐานจากการศึกษา
อากาศส่วนเกิน	%	15-60 (1)
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ในก๊าซไอเสีย	%	12-13 (1)
ปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสีย (O ₂)	%	7-10 (1)
ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	200 (1) และ 690 (3)
อุณหภูมิพื้นผิวหม้อน้ำ	°C	60 (2)
ค่า TDS ของน้ำในหม้อน้ำ	ppm	3,500 (2)
ค่ากรด-ด่างของน้ำป้อน	-	5.8 – 9.5 (2)
ค่าความกระด้างของน้ำป้อน	ppm	<10 ppm as CaCO ₃ (2)

- (1) ปริมาณค่าแนะนำจากคู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน) พ.ศ. 2561
(2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง คุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ พ.ศ. 2549
(3) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2549

จากข้อมูลตามตารางที่ 7-3 นั้นแสดงให้เห็นว่า ปริมาณอากาศส่วนเกินนั้นหม้อน้ำที่มีการใช้เชื้อเพลิง ถ่านหินควรมีการควบคุมให้อยู่ระหว่างที่ 15-60% ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซไอเสียควรอยู่ระหว่าง 12-13% ค่าปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสียควรอยู่ระหว่าง 7-10% และปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ใน ก๊าซไอเสียควรมีค่าไม่เกิน 200 ppm ซึ่งค่าเหล่านี้เป็นค่าที่ พพ. ได้มีการระบุเป็น**ค่าแนะนำ**แก่โรงงานอุตสาหกรรม หรือโรงไฟฟ้าที่มีการใช้ถ่านหินในอุปกรณ์หม้อน้ำ เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานและลดการใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน ในการเผาไหม้ได้

ในส่วนของ**ค่าที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมาย** อาทิ การควบคุมอุณหภูมิพื้นผิวของหม้อน้ำ ค่า TDS ของน้ำ ในหม้อน้ำและน้ำป้อน ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำป้อน และค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในก๊าซไอเสีย ที่มีค่าสูงกว่าปริมาณที่แนะนำจากทาง พพ. นั้น จะต้องปฏิบัติตามควบคุมค่าเหล่านี้ไม่ให้มีค่าเกินกว่าตาม ที่กฎหมายได้ระบุไว้ ซึ่งค่าเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของการหม้อน้ำของโรงงาน และมลพิษทางด้าน สิ่งแวดล้อมของโรงงานเอง

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า **ค่าแนะนำ** เป็นค่าที่หน่วยงานแนะนำมาเพื่อให้ทางสถานประกอบการเองให้เป็น ตัวเลขอ้างอิงในการควบคุมค่าต่างๆ เหล่านี้ให้เป็นไปตามที่หน่วยงานแนะนำ เพื่อลดการใช้พลังงานและลดมลพิษ ที่เกิดขึ้นจากทางสถานประกอบการเอง แต่ในส่วนของ **ค่าที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมาย** นั้น ทางสถานประกอบการ

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

จะต้องปฏิบัติและควบคุมไม่ให้ค่าต่างๆ เหล่านี้เกินปริมาณที่จำกัดไว้ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของทางสถานประกอบการ และการควบคุมมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของโรงงาน โดยตารางที่ 7-4 จะรวบรวมข้อมูลคำแนะนำและค่าที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมายของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ตารางที่ 7-4 ผลการรวบรวมข้อมูลปริมาณก๊าซไอเสียและค่าควบคุมน้ำในหม้อน้ำของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการฯ

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่อง ที่	อุณหภูมิ ไอเสีย (Temp, °C)	ปริมาณ O ₂ ปลาย ปล่อง (%)	ค่า TDS ใน หม้อน้ำ (ppm)	อุณหภูมิ พื้นผิว หม้อน้ำ (°C)	ค่าความ กระด้างของ น้ำในหม้อ น้ำ (ppm)	ค่ากรด- ด่างของ น้ำป้อน (pH)	ค่าคาร์บอน มอนอกไซด์ (CO) (ppm)
1	บริษัท ไทยลักซ์เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด	1	181	-	-	-	-	-	89.11
2	บริษัท คอสมอส บรีวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	1	86	-	-	-	-	-	93
3	บริษัท สหฟาร์ม จำกัด โรงงานอาหารสำเร็จรูป (ลพบุรี) (สหฟาร์มอินเตอร์ฟู้ดส์)	1	190	-	-	-	-	-	56
4	บริษัท ไทยวา จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 00007	1	44	-	-	-	-	-	120
		2	91	-	-	-	-	-	108
5	บริษัท ไทยชิทริก แอซิด จำกัด	1	125	-	-	-	-	-	-
6	บริษัท ชินวงส์ จำกัด	1	132.5	-	-	-	-	-	157.53
		2	128.8	-	-	-	-	-	269.79
		3	129	-	-	-	-	-	370.54
7	โรงงาน เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี 4	1	213	-	-	-	-	-	409.17
8	บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	1	86.63	-	-	-	-	-	663
		2	.93.42	-	-	-	-	-	254
9	บริษัท มหาชัยคราฟท์เปเปอร์ จำกัด	1	101	-	-	-	-	-	2.94
10	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)	1	154	-	-	-	-	-	323

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่อง ที่	อุณหภูมิ ไอเสีย (Temp, °C)	ปริมาณ O2 ปลาย ปล่อง (%)	ค่า TDS ใน หม้อน้ำ (ppm)	อุณหภูมิ พื้นผิว หม้อน้ำ (°C)	ค่าความ กระด้างของ น้ำในหม้อ น้ำ (ppm)	ค่ากรด- ด่างของ น้ำป้อน (pH)	ค่าคาร์บอน มอนอกไซด์ (CO) (ppm)
		2	161	-	-	-	-	-	104
11	บริษัท อินเทคค์ ฟีด จำกัด	1	61	-	-	-	-	-	55.599
12	บริษัท เพ็ท ไฟกัส จำกัด	1	142.17	-	-	-	-	-	409
13	บริษัท สยามทรีค เรเดียน จำกัด	1	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	-	-	-	-	-	-
		3	-	-	-	-	-	-	-
14	0001	1	162	14.5	1,760	-	-	-	61.86
15	0002	1	194.1	6.2	1,720	-	-	-	-
		2	181.2	6.7	1,375	-	-	-	-
		3	185.3	9.1	1,670	-	-	-	-
16	0003	1	151.3	11.5	1,250	-	-	-	311
17	0004	1	252.7	6.1	1,300	-	-	-	43.61
		2	220.9	11.1	1,000	-	-	-	284.86
		3	233	14.1	3,570	-	-	-	512.73
		4	233	14.1	1,000	-	-	-	683.17
		5	158.2	16.1	2,500	-	-	-	216.58

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่อง ที่	อุณหภูมิ ไอเสีย (Temp, °C)	ปริมาณ O2 ปลาย ปล่อง (%)	ค่า TDS ใน หม้อน้ำ (ppm)	อุณหภูมิ พื้นผิว หม้อน้ำ (°C)	ค่าความ กระด้างของ น้ำในหม้อ น้ำ (ppm)	ค่ากรด- ด่างของ น้ำป้อน (pH)	ค่าคาร์บอน มอนอกไซด์ (CO) (ppm)
18	0005	1	191.7	10	1,910	-	-	-	-
		2	181.1	14.3	1,910	-	-	-	-
19	0006	1	200.35	10.85	-	-	-	-	203
20	0007	1	198.84	7.76	3,490	-	-	-	-
21	0008	1	180.1	10.85	-	-	-	-	-
		2	163.6	10.58	-	-	-	-	-
22	0009	1	138.36	13.6	5,150	-	-	-	-
		2	126.71	14.9	4,735	-	-	-	-
23	0010	1	177.2	3.61	-	-	-	-	-

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

7.3 มาตรฐานอุปกรณ์ด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (CCT)

อุปกรณ์ด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology) ซึ่งที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมไว้ในบทที่ 4 โดยอุปกรณ์เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดจะแบ่งออกเป็น 3 ระยะได้แก่ ระยะก่อนการเผาไหม้ (Pre-Combustion) ระยะเผาไหม้ (Combustion) และระยะหลังการเผาไหม้ (Post-Combustion) ซึ่งพบว่า อุปกรณ์ด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดนั้นทั้งในประเทศและต่างประเทศยังไม่มีมาตรฐานในการกำกับชัดเจนของอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน เพื่อให้เป็นมาตรฐานทางด้านถ่านหินสะอาด โดยการกำกั้นนั้นจะดูที่ผลลัพธ์ของมลพิษที่ระบายออกจากการเผาไหม้ของโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น

ปัจจุบันหลายประเทศเริ่มมีการกำกับการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดให้เหมาะสมกับโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นกฎหมายหรือการกำกับการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงของประเทศนั้นๆ โดยจะมีการกำกับประสิทธิภาพรวม (Overall Efficiency) ของอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ทั้งระยะก่อนการเผาไหม้ ระยะเผาไหม้ และระยะหลังการเผาไหม้ที่ใช้ในการกำกับมลพิษที่สำคัญ อาทิ มลพิษฝุ่นละออง (TSP) มลพิษก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และมลพิษออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

โดยปัจจุบันมีการกำกับประสิทธิภาพโดยรวมของการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Desulfurization) ที่มีการเริ่มใช้ในหลายประเทศ อาทิทั้งใน เครือประเทศสหภาพยุโรป ประเทศตุรกี ซึ่งแสดงดังตารางที่ 9-5 ตารางที่ 7-5 การรวบรวมประสิทธิภาพโดยรวมของการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Desulfurization) [86]

ประเทศ	รายละเอียด	Overall Efficiency of Desulfurization (%)
เครือประเทศสหภาพยุโรป	ใช้งานก่อนปี 2003 ขนาด 50-100 MW	80
	หลังปี 2003 ขนาด 50-100 MW	92
	โรงงานใหม่หรือติดตั้งใหม่ ขนาด 50-100 MW	93
	ใช้งานก่อนปี 2003 ขนาด 100-300 MW	90
	หลังปี 2003 ขนาด 100-300 MW	92
	โรงงานใหม่หรือติดตั้งใหม่ ขนาด 100-300 MW	96
	ใช้งานก่อนปี 2003 ขนาด >300 MW	93
	หลังปี 2003 ขนาด >300 MW	93
	โรงงานใหม่หรือติดตั้งใหม่ ขนาด >300 MW	97
ประเทศตุรกี	ใช้งานก่อนปี 2006 ขนาด 50-100 MW	60

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ประเทศ	รายละเอียด	Overall Efficiency of Desulfurization (%)
	ใช้งานก่อนปี 2006 ขนาด 100-300 MW	75
	ใช้งานก่อนปี 2006 ขนาด 300-500 MW	90
	ใช้งานก่อนปี 2006 ขนาด >500 MW	92
	โรงงานใหม่หรือติดตั้งใหม่ ขนาด 100-300 MW	92
	โรงงานใหม่หรือติดตั้งใหม่ ขนาด >300 MW	95

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า ค่าประสิทธิภาพรวมของการกำจัดซัลเฟอร์ (Overall Efficiency of Desulfurization) ของประเทศที่ได้รวบรวมมาจะมีประสิทธิภาพโดยรวมขั้นต่ำอยู่ 60% จนถึง 97% ของระบบทั้งหมดในโรงงาน แต่อย่างไรก็ตามการกำจัดค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำของการกำจัดซัลเฟอร์มักจะอยู่ในประเภทของโรงไฟฟ้าขนาดกลางขึ้นไปที่มีขนาดมากกว่า 50 MW ขึ้นไป

โดยในปัจจุบันเองทางประเทศไทยยังไม่มีค่าการระบุแนวทางปฏิบัติที่ดีหรือกฎหมายที่ใช้ในการควบคุมปริมาณค่าประสิทธิภาพรวมของการกำจัดมลพิษ ทั้งในซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นละออง รวมถึงออกไซด์ของไนโตรเจน ในการควบคุมหรือแนะนำแก่ทางโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมเอง และในส่วน of โรงงานที่เข้าร่วมโครงการฯ ส่วนใหญ่เป็นโรงงานอุตสาหกรรม โดยผลการรวบรวมประสิทธิภาพโดยรวมของแต่ละระบบกำจัดมลพิษมีผลการรวบรวมตามตารางที่ 7-6

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ตารางที่ 7-6 ผลการรวบรวมระบบกำจัดมลพิษต่างๆของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการฯ

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	CCT Pre-Combustion	CCT Combustion	CCT Post-Combustion	Overall Eff of TSP (%)	Overall Eff of NOx (%)	Overall Eff of SOx (%)
1	บริษัท ไทยลักซ์เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
2	บริษัท คอสโมส บริวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
3	บริษัท สหฟาร์ม จำกัด โรงงานอาหารสำเร็จรูป (ลพบุรี) (สหฟาร์มอินเตอร์ฟู้ดส์)	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
4	บริษัท ไทยวา จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 00007	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
5	บริษัท ไทยซีตริก แอซิด จำกัด	1	-	Circulating Fluidized bed	Water Film	90%	0%	99%
6	บริษัท ชินวงส์ จำกัด	1	-	-	Singlecyclone, Wet Scrubber	97%	0%	0%

	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	CCT Pre-Combustion	CCT Combustion	CCT Post-Combustion	Overall Eff of TSP (%)	Overall Eff of NOx (%)	Overall Eff of SOx (%)
		2	-	-	Singlecyclone, Wet Scrubber	97%	0%	0%
		3	-	-	Singlecyclone, Wet Scrubber	97%	0%	0%
7	โรงงาน เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี 4	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	0%	0%	0%
8	บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		2			Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
9	บริษัท มหาชัยคราฟท์เปเปอร์ จำกัด	1	-	Circulating Fluidized bed	Electrostatic precipitator	99%	0%	99%
10	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		2			Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	CCT Pre-Combustion	CCT Combustion	CCT Post-Combustion	Overall Eff of TSP (%)	Overall Eff of NOx (%)	Overall Eff of SOx (%)
11	บริษัท อินเทคค์ ฟีด จำกัด	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
12	บริษัท เพ็ท ไฟกัส จำกัด	2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
13	บริษัท สยามทรีค เรเดียน จำกัด	1			Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		2			Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		3			Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
14	0001	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
15	0002	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	CCT Pre-Combustion	CCT Combustion	CCT Post-Combustion	Overall Eff of TSP (%)	Overall Eff of NOx (%)	Overall Eff of SOx (%)
		3	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
16	0003	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
17	0004	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		3	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		4	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		5	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
18	0005	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	CCT Pre-Combustion	CCT Combustion	CCT Post-Combustion	Overall Eff of TSP (%)	Overall Eff of NOx (%)	Overall Eff of SOx (%)
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
19	0006	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
20	0007	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
21	0008	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
22	0009	1	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
		2	-	-	Multicyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%
23	00010	1	-	-	Singlecyclone, Wet Scrubber	98%	0%	0%

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า หลายโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีระบบการกำจัดฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้เป็นหลัก อันเนื่องมาจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน ดังนั้นระบบกำจัดมลพิษที่นอกเหนือจากฝุ่นละออง อาทิ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และออกไซด์ของไนโตรเจน มักจะพบในโรงไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ มากกว่านั้นปริมาณกำมะถันในเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมค่อนข้างต่ำส่งผลให้ค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เผาไหม้ที่ระบายออกจากปลายปล่องค่อนข้างต่ำด้วยเช่นเดียวกัน

ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานอุปกรณ์ด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (CCT) นอกจากอุปกรณ์ในการบำบัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีนัยสำคัญแล้ว ทั้งจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ระบุในผลการรวบรวมในบทที่ 4 และ รวมถึงอุปกรณ์ เครื่องจักร หรือเทคโนโลยีอื่นๆที่สามารถลดการเกิดมลพิษจากการเผาไหม้ในอนาคตได้นั้น ยังต้องมีการระบุค่าประสิทธิภาพการกำจัดมลพิษโดยรวมขั้นต่ำของแต่ละมลพิษทั้งในฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และออกไซด์ของไนโตรเจน สำหรับโรงไฟฟ้าและโรงอุตสาหกรรมแยกตามขนาด เพื่อให้เป็นต้นแบบที่ดีของโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในอนาคต

7.4 มาตรฐานทางด้านสิ่งแวดล้อม

มาตรฐานทางด้านสิ่งแวดล้อม คือ ข้อบังคับ หรือ กฎหมายที่มีการบังคับใช้ในประเทศไทย ซึ่งพบว่า มีการแยกประเภททั้งโรงงานอุตสาหกรรม และโรงไฟฟ้าที่มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง รวมถึงการแยกขนาดของโรงไฟฟ้า โดยกฎหมายที่มีการบังคับใช้มีตาม **ตารางที่ 7-7**

ตารางที่ 7-7 ค่าจำกัดปริมาณมลพิษของสารเจือปนตามกฎหมายของประเทศไทย

ประเภทมลพิษ	หน่วย	ประเภทโรงงาน	ค่าปริมาณของสารเจือปน
ฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate: TSP)	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	320
		โรงไฟฟ้าเก่าทุกขนาด (2)	320
		โรงไฟฟ้าใหม่ <300 MW (2)	120
		โรงไฟฟ้าใหม่ 300-500 MW (2)	120
		โรงไฟฟ้าใหม่ >500 MW (2)	120
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 1-3 (2)	180
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 4-13 (2)	180
		โรงงานอุตสาหกรรม (1)	700

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ประเภทมลพิษ	หน่วย	ประเภทโรงงาน	ค่าปริมาณของสารเจือปน
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	พินส่วนในล้านส่วน (ppm)	โรงไฟฟ้าเก่าทุกขนาด (2)	700
		โรงไฟฟ้าใหม่ <300 MW (2)	640
		โรงไฟฟ้าใหม่ 300-500 MW (2)	450
		โรงไฟฟ้าใหม่ >500 MW (2)	320
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 1-3 (2)	1,300
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 4-13 (2)	320
ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x)	พินส่วนในล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	400
		โรงไฟฟ้าเก่าทุกขนาด (2)	400
		โรงไฟฟ้าใหม่ <300 MW (2)	350
		โรงไฟฟ้าใหม่ 300-500 MW (2)	350
		โรงไฟฟ้าใหม่ >500 MW (2)	350
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 1-3 (2)	500
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 4-13 (2)	500
พลวง	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	16
สารหนู	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	16
ทองแดง	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	24
ตะกั่ว	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	24
ปรอท	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	2.4
คลอรีน	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	24
ไฮโดรเจนคลอไรด์	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	160
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	พินส่วนในล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	80
คาร์บอนมอนอกไซด์	พินส่วนในล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	690

(1) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2559 และประกาศกระทรวงทรัพยากรพลังงานและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

(2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า พ.ศ. 2547

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

* - โรงไฟฟ้าเก่า หมายถึง โรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหรือใบอนุญาตขายโรงงานลำดับที่ 88 ก่อนวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2539

- โรงไฟฟ้าใหม่ หมายถึง โรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหรือใบอนุญาตขายโรงงานลำดับที่ 88 ตั้งแต่วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2539

โดยจะเห็นได้ว่าค่ามลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงถ่านหินของโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าเก่าทุกขนาดจะมีค่าจำกัดมลพิษที่ระบายออกจากปลายปล่องที่มีค่าเท่ากัน และโรงไฟฟ้าใหม่ทุกขนาดจะมีจำกัดมลพิษที่ระบายออกจากปลายปล่องให้น้อยกว่าเดิม แต่อย่างไรก็ตามการจำกัดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะนั้นมีค่ามากกว่าโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้าประเภทอื่นๆ โดยทางโครงการได้ทำการรวบรวมผลการเก็บข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการดังนี้

ตารางที่ 7-8 ผลการรวบรวมข้อมูลมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการฯ

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	TSP (mg/m3)	No _x (ppm)	SO _x (ppm)
1	บริษัท ไทยลักซ์เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด	1	58.12	65.15	5.12
2	บริษัท คอสโมสบริวเวอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด	1	117.11	157	207
3	บริษัท สหฟาร์ม จำกัด	1	32.9	56	0.4
4	บริษัท ไทยวา จำกัด (มหาชน)	1	4.3	2.4	15
		2	14	3.1	14
5	บริษัท ไทยชิตริก แอซิด จำกัด	1	4.66	15.51	8.11
6	บริษัท ชินวงศ์ฟู้ด จำกัด	1	57.72	27.9	1.29
		2	19.19	0.99	2.09
		3	67.64	3.13	2.81
7	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ลพบุรี 4	1	43.562	160.535	0.001
8	บริษัท บี.ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	1	266	222	61
		2	300	260	68

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ลำดับ	ชื่อสถานประกอบการ	เครื่องที่	TSP (mg/m3)	No _x (ppm)	SO _x (ppm)
9	บริษัท มหาชัยคราฟท์เปเปอร์ จำกัด	1	10.81	0.01	306.8
10	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)	1	119	77	36
		2	78	88	39
11	บริษัท อินเทคค์ ฟีด จำกัด	1	7.242	22.08	1.158
12	บริษัท เพ็ท โฟกัส จำกัด	1	126	145	86
13	บริษัท สยามทรีค เรเดียล จำกัด	1	-	-	-
		2	-	-	-
		3	-	-	-
14	รหัสโรงงาน 0001	1	15.11	41.77	5.62
15	รหัสโรงงาน 0002	1	-	-	-
		2	-	-	-
		3	-	-	-
16	รหัสโรงงาน 0003	1	59.33	5.05	10.76
17	รหัสโรงงาน 0004	1	79.31	71.95	114.47
		2	82.37	96.1	119.27
		3	267.63	152.11	512.73
		4	182.92	149.35	681.69
		5	116.2	131.37	176.63
18	รหัสโรงงาน 0005	1	-	-	-
		2	-	-	-
19	รหัสโรงงาน 0006	1	30.9	49	118
20	รหัสโรงงาน 0007	1	49.63	5.87	1.74
21	รหัสโรงงาน 0008	1	-	-	-
		2	-	-	-
22	รหัสโรงงาน 0009	1	-	-	-
		2	-	-	-
23	รหัสโรงงาน 0010	1	-	-	-

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 7 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

จากการรวบรวมผลการรวบรวมข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้าตามตารางที่ 7-8 นั้นจะพบว่าโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการฯ ได้มีค่าไม่เกินค่าจำกัดการปล่อยมลพิษตามกฎหมายที่ได้ระบุไว้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆสามารถดำเนินการลดมลพิษที่ออกจากปลายปล่องได้เป็นอย่างดี โดยค่า TSP มีค่าอยู่ระหว่าง 4.3 - 300 mg/m³ มีค่าเฉลี่ยที่ 84.60 mg/m³ ค่า SO₂ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.001- 681.69 ppm มีค่าเฉลี่ยที่ 100.21 ppm และค่า NO_x มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01- 260 ppm มีค่าเฉลี่ยที่ 77.24 ppm

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงสามารถจำกัดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ระบายออกจากปล่องของโรงงานอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดีตามกฎหมายที่ได้มีการจำกัดไว้ในประเทศ แต่อย่างไรก็ตามโรงงานหลายแห่งมีการระบายอากาศเสียจากปลายปล่องที่ดีหรือต่ำกว่ามาตรฐานที่จำกัดเป็นอย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งมีการคำนึงถึงการจำกัดมลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดี

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 8 แนวทางกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

บทที่ 8

แนวทางกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ในการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด จากทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมและวิเคราะห์สำหรับจัดทำมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศไทย โดยทางที่ปรึกษาได้ทำการจัดทำแนวทางกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดดังนี้

8.1 มาตรฐานด้านการนำเข้าถ่านหิน

ในการกำหนดมาตรฐานการนำเข้าถ่านหินของเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดนั้น ทางที่ปรึกษาเสนอให้มีการจำกัดปริมาณกำมะถันของเชื้อเพลิงที่ใช้ภายในประเทศ ซึ่งจะนำตัวเลขการจำกัดปริมาณกำมะถันของเชื้อเพลิงถ่านหินที่ใช้ภายในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศมาเลเซียเป็นตัวเลขอ้างอิงที่ปริมาณจำกัดที่ 1% ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ As received Basis โดยผลการเสนอตาม**ตารางที่ 8-1**

ตารางที่ 8-1 มาตรฐานด้านการนำเข้าถ่านหิน

ตัวชี้วัด	ประเภทถ่านหิน	ปริมาณ	หมายเหตุ
ปริมาณกำมะถัน	ทุกประเภท	<1%	As Received Basis

การจำกัดปริมาณกำมะถันของเชื้อเพลิงถ่านหินจะส่งผลให้ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินลดลง และส่งผลต่อคุณภาพอากาศของประเทศรวมถึงภาพลักษณ์ของการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในประเทศที่ดีขึ้น โดยให้มีการนำร่องการนำไปใช้โดยให้เป็นแนวทางปฏิบัติที่ดี (Code of Practice) ของการนำเข้า และนำไปใช้ประโยชน์ของเชื้อเพลิงถ่านหินในประเทศไทย สำหรับผู้จำหน่ายและนำเข้าถ่านหิน รวมถึงผู้ใช้ประโยชน์จากถ่านหินทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคการผลิตไฟฟ้า

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 8 แนวทางกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

8.2 มาตรฐานด้านประสิทธิภาพหม้อน้ำ

ประสิทธิภาพของหม้อน้ำ จะส่งผลต่อปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการที่ปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดต่ำลงเมื่อประสิทธิภาพของหม้อน้ำที่สูงขึ้น ในการกำหนดมาตรฐานด้านประสิทธิภาพหม้อน้ำที่ปรึกษาจะกำหนดให้เป็นไปตามกฎหมายที่การบังคับสำหรับในด้านความปลอดภัยและประสิทธิภาพของหม้อน้ำ รวมถึงตามข้อแนะนำต่างๆ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยผลการเสนอตาม**ตารางที่ 8-2**

ตารางที่ 8-2 มาตรฐานด้านประสิทธิภาพหม้อน้ำและอุปกรณ์เผาไหม้

ตัวบ่งชี้	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
อากาศส่วนเกิน	%	15-60 (1)
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)ในก๊าซไอเสีย	%	12-13 (1)
ปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสีย (O ₂)	%	7-10 (1)
ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	200 (1) และ 690 (3)
อุณหภูมิพื้นผิวหม้อน้ำ	°C	60 (2)
ค่า TDS ของน้ำในหม้อน้ำ	ppm	3,500 (2)
ค่ากรด-ด่างของน้ำป้อน	-	5.8 – 9.5 (2)
ค่าความกระด้างของน้ำป้อน	ppm	<10 ppm as CaCO ₃ (2)

(1) ปริมาณค่าแนะนำจากคู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน) พ.ศ. 2561

(2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง คุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ พ.ศ. 2549

(3) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2549

โดยให้มีการนำร่องไปใช้โดยให้เป็นแนวทางปฏิบัติที่ดี (Code of Practice) แก่โรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าที่มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงให้เป็นแนวทางในการปฏิบัติที่ดี โดยให้มีการแยกค่าออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ค่าบังคับใช้ตามกฎหมาย ที่มุ่งเน้นให้โรงงานปฏิบัติตามกฎหมายเป็นอย่างดีและค่าแนะนำที่ดีจากหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่มุ่งเน้นในการปฏิบัติที่ดียิ่งขึ้นและส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษที่ดีขึ้นต่อไป

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 8 แนวทางกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

8.3 มาตรฐานอุปกรณ์ด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (CCT)

อันเนื่องมาจากในอดีตจนถึงปัจจุบัน อุปกรณ์และเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด มีจำนวนค่อนข้างมาก และมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทุกประเภทอุปกรณ์ และเครื่องจักรดังตามผลการรวบรวมอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดตามบทที่ 4 ของรายงาน ฉบับนี้ รวมถึงในอนาคตอันใกล้เทคโนโลยีต่างๆ ที่สามารถกำจัดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหิน สามารถมีรูปแบบใหม่เพิ่มขึ้นนอกเหนือจากการรวบรวมของรายงานฉบับนี้

ดังนั้น ทางที่ปรึกษาเสนอให้มาตรฐานอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (CCT) ในภาคอุตสาหกรรมผลิตภาคผลิตไฟฟ้า ให้ควรเป็นไปตามคำจำกัดความในบทที่ 6 การจำกัดความของเทคโนโลยี ถ่านหินสะอาดของรายงานฉบับนี้ ที่เข้าข่ายตามคำจำกัดความดังกล่าวคือ

“เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด คือ เทคโนโลยีใดๆ ที่ใช้ในขั้นตอนก่อนการเผาไหม้ การเผาไหม้ หรือหลังการเผาไหม้ ที่สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือออกไซด์ของไนโตรเจนหรือมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ของโรงงานแห่งใหม่หรือโรงงานที่มีอยู่ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ของถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า ผลิตไอน้ำ หรือ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม”

รวมทั้งให้สามารถระบุประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้น และประเภทของมลพิษที่สามารถกำจัดได้ และเพื่อให้ทางกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติสามารถกำหนดอุปกรณ์และเครื่องจักรเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดได้ ทั้งในปัจจุบันและอนาคต เห็นควรให้แต่งตั้งคณะกรรมการวิชาการขึ้น เพื่อรวบรวม และขึ้นทะเบียนอุปกรณ์และเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับทางด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดทั้งในปัจจุบันและอนาคต เพื่อนำข้อมูลการขึ้นทะเบียน อุปกรณ์และเครื่องจักรนี้ ทางหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ดังกล่าวต่อไป อาทิ ในด้านการขอรับการส่งเสริมการลงทุนของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน เป็นต้น

8.4 มาตรฐานทางด้านสิ่งแวดล้อม

สำหรับมาตรฐานทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับทางด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดของประเทศไทย ทางที่ปรึกษาเสนอให้เป็นไปตามกฎหมายที่ได้มีการบังคับใช้ในประเทศ ของทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคการผลิตไฟฟ้า ทั้งนี้มาตรฐานให้เป็นไปตาม**ตารางที่ 8-3**

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 8 แนวทางการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ตารางที่ 8-3 มาตรฐานทางด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน/โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน

ประเภทมลพิษ	หน่วย	ประเภทโรงงาน	ค่าปริมาณของสารเจือปน
ฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate: TSP)	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	320
		โรงไฟฟ้าเก่าทุกขนาด (2)	320
		โรงไฟฟ้าใหม่ <300 MW (2)	120
		โรงไฟฟ้าใหม่ 300-500 MW (2)	120
		โรงไฟฟ้าใหม่ >500 MW (2)	120
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 1-3 (2)	180
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 4-13 (2)	180
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	พันส่วนในล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	700
		โรงไฟฟ้าเก่าทุกขนาด (2)	700
		โรงไฟฟ้าใหม่ <300 MW (2)	640
		โรงไฟฟ้าใหม่ 300-500 MW (2)	450
		โรงไฟฟ้าใหม่ >500 MW (2)	320
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 1-3 (2)	1,300
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 4-13 (2)	320
ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x)	พันส่วนในล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	400
		โรงไฟฟ้าเก่าทุกขนาด (2)	400
		โรงไฟฟ้าใหม่ <300 MW (2)	350
		โรงไฟฟ้าใหม่ 300-500 MW (2)	350
		โรงไฟฟ้าใหม่ >500 MW (2)	350
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 1-3 (2)	500
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 4-13 (2)	500
พลวง	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	16
สารหนู	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	16

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 8 แนวทางการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ประเภทมลพิษ	หน่วย	ประเภทโรงงาน	ค่าปริมาณของสารเจือปน
ทองแดง	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	24
ตะกั่ว	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	24
ปรอท	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	2.4
คลอรีน	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	24
ไฮโดรเจนคลอไรด์	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	160
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	พื่นส่วนใน ล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	80
คาร์บอนมอนนอกไซด์	พื่นส่วนใน ล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	690

(1) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2559 และประกาศกระทรวงทรัพยากรพลังงานและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

(2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า พ.ศ. 2547

* - โรงไฟฟ้าเก่า หมายถึง โรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหรือใบอนุญาตขยายโรงงานลำดับที่ 88 ก่อนวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2539

- โรงไฟฟ้าใหม่ หมายถึง โรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหรือใบอนุญาตขยายโรงงานลำดับที่ 88 ตั้งแต่วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2539

8.5 แนวทางการส่งเสริมเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศไทย [64]

การพัฒนาการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยนั้นยังไม่มีแผน นโยบาย การกำกับดูแล และการส่งเสริมอย่างจริงจัง จากผลการรวบรวมของทางที่ปรึกษาจากโครงการศึกษาจัดทำแผนที่นำทางและศักยภาพในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean coal Technology) ในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย [46] โดย บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและคณะ สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) นั้น การส่งเสริมเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดจะเป็นไปตาม**ตารางที่ 8-4** ดังนี้

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 8 แนวทางการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ตารางที่ 8-4 แนวทางการส่งเสริมเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศไทย

ยุทธศาสตร์	รายละเอียด
ยุทธศาสตร์ที่ 1	สร้างความเข้าใจกับสังคมและความเชื่อมั่นต่อสังคม
ยุทธศาสตร์ที่ 2	กำกับกิจการถ่านหินอย่างเป็นธรรมและโปร่งใส
ยุทธศาสตร์ที่ 3	เสริมสร้างแนวทางสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
ยุทธศาสตร์ที่ 4	วิจัย พัฒนา เพิ่มการพึ่งพาตนเองและเพิ่มประสิทธิภาพ การใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
ยุทธศาสตร์ที่ 5	เพิ่มศักยภาพบุคลากรในประเทศ

ยุทธศาสตร์ที่ 1 สร้างความเข้าใจกับสังคมและความเชื่อมั่นต่อสังคม

ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญในการพัฒนาการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศไทยคือความยอมรับจากประชาชน และคนในชุมชนบริเวณอุตสาหกรรม อาจเป็นเพราะภาพลักษณ์ในอดีต ดังนั้นเพื่อให้ประชาชนยอมรับ มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง สร้างความพึงพอใจให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

จุดประสงค์

- เพื่อให้ประชาชนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง
- เพิ่มโอกาสให้ประชาชนได้มีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่าย
- เพื่อให้สังคมเกิดความเชื่อมั่นในการดำเนินกิจการถ่านหิน
- เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมบนพื้นฐานความเข้าใจที่ถูกต้องต่อการใช้ถ่านหินในประเทศ

กลยุทธ์การดำเนินการ

- สร้างเครือข่ายองค์กรและเครือข่ายระดับท้องถิ่น
- สร้างช่องทางรับฟังปัญหา ข้อคิดเห็น ข้อร้องเรียนจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
- จัดตั้งสมาคมธุรกิจถ่านหิน (Thailand Coal Use Association)
- พัฒนาระบบติดตามประเมินผลที่เชื่อถือได้
- สร้างแผนสำหรับเหตุฉุกเฉินที่เกิดจากถ่านหิน

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 8 แนวทางกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ยุทธศาสตร์ที่ 2 กำกับกิจการถ่านหินอย่างเป็นธรรมและโปร่งใส

กำหนด เจ้าภาพ คณะทำงาน เพื่อให้มีกลุ่มคนผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ ทั้งด้านการกำกับดูแล การกำหนดนโยบายที่ชัดเจน เพื่อให้ภาครัฐและผู้ประกอบการเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน สะดวก รวดเร็ว และง่ายในการกำกับดูแล เช่น การเพิ่มช่องทางการการให้ข้อมูล การขอใบอนุญาต นอกจากนี้ควรมีการกำหนดคู่มือการปฏิบัติ (Code of Practice) คู่มือการควบคุม (Code of Conduct) และคู่มือต่างๆ เพื่อให้การกำกับเป็นไปอย่างโปร่งใสและเป็นธรรม

จุดประสงค์

- มีนโยบาย องค์กรกำกับดูแล กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับถ่านหินอย่างชัดเจน
- มีกระบวนการกำกับดูแลที่มีความน่าเชื่อถือและมีธรรมาภิบาล
- มีกระบวนการกำกับในกรณีฉุกเฉิน
- ผู้ประกอบการมีจรรยาบรรณ

กลยุทธ์การดำเนินการ

- จัดตั้งคณะทำงาน/กำกับดูแลการใช้ถ่านหินในประเทศไทยตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ
- กำหนดองค์กรกำกับดูแลการใช้ถ่านหินตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำที่ชัดเจนพร้อมเครือข่าย
- ปรับปรุง/แก้ไขนโยบาย กฎหมาย ระเบียบ การกำกับดูแลกิจการที่ครอบคลุมทุกชนิดถ่านหิน
- สร้างความเชื่อมั่นในการกำกับดูแลของภาครัฐ
- พัฒนามาตรฐาน/คู่มือ/ แนวทางการใช้ถ่านหินในประเทศ ผ่านกระบวนการการมีส่วนร่วม
- เพิ่มประสิทธิภาพการกำกับดูแลการประกอบกิจการถ่านหินและสอดคล้องกับมาตรฐาน การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ
- พัฒนาระบบรายงานติดตามผลการดำเนินงาน ตามหลักธรรมาภิบาล
- สำรวจความพึงพอใจของผู้ประกอบการถ่านหินและประชาชน เพื่อพัฒนาการกำกับกิจการถ่านหิน

ยุทธศาสตร์ที่ 3 เสริมสร้างแนวทางสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

นอกจากยุทธศาสตร์ที่ต้องกำกับกิจการถ่านหินแล้ว ประเทศไทยควรมีนโยบายสนับสนุน ส่งเสริมการแข่งขันการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศโดยมีการประสานงานกับสถาบันการเงินให้สนับสนุนการลงทุน มีการจัดตั้งกองประกวดเพื่อแข่งขันให้เกิดการพัฒนาการใช้ถ่านหินให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศด้านถ่านหิน (Coal Center of Excellence) เพื่อเป็นศูนย์รวมข้อมูลทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับถ่านหิน

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 8 แนวทางการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ในประเทศ เช่น ข้อมูลเชิงวิชาการ ข้อมูลเชิงนโยบายและการกำกับดูแล เป็นต้น นอกจากนั้นควรมีการประสานความร่วมมือระหว่างประเทศด้านถ่านหินด้วย

จุดประสงค์

- เพื่อให้มีแผนการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศไทย
- ประชาชนในท้องถิ่นได้รับประโยชน์จากการประกอบกิจการถ่านหินในท้องถิ่น
- ประชาชนมีโอกาสทางการศึกษามากขึ้น
- เพื่อให้ประเทศใช้ถ่านหินคุณภาพดี
- เพื่อให้เกิดความร่วมมือด้านการวิจัยและพัฒนา กับต่างประเทศ

กลยุทธ์การดำเนินการ

- พัฒนามาตรการสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
- ให้ผู้ประกอบการมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชน
- ผลักดันให้เกิดความร่วมมือด้านการพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดกับต่างประเทศ
- พัฒนาศูนย์ความเป็นเลิศการใช้ถ่านหินตลอดกระบวนการตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ (Coal Center of Excellent)
- จัดตั้งศูนย์รวมข้อมูลการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal One Stop Service)
- สร้างระบบบูรณาการการทำงานร่วมกันทั้งในภาครัฐและภาคเอกชน

ยุทธศาสตร์ที่ 4 วิจัย พัฒนาเพิ่มการพึ่งพาตนเองและเพิ่มประสิทธิภาพ การใช้เทคโนโลยีถ่านหิน

สะอาด

เพื่อให้เป็นไปตามวิสัยทัศน์ที่ได้กำหนดไว้ว่าต้องการลดมลพิษให้เทียบเท่ากับ Near Zero Emission ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทยนั้นเทคโนโลยีส่วนใหญ่ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นเทคโนโลยีที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ถ้าหากสามารถพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศได้ จะสามารถลดต้นทุน และลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศได้

จุดประสงค์

- ลดและแก้ปัญหาในปัจจุบันโดยอาศัยการพัฒนาเทคโนโลยี
- ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีต่างประเทศ
- ลดค่าใช้จ่าย/ต้นทุนในการนำเข้าเชื้อเพลิงถ่านหิน

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 8 แนวทางการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องจักรด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

กลยุทธ์การดำเนินการ

- มีแผนการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศ
- สนับสนุนความร่วมมือระหว่างประเทศด้านการวิจัย
- ผลักดันให้เกิดการนำเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดไปใช้ในเชิงพาณิชย์
- การผลักดันแนวคิดและส่งเสริมกิจกรรมด้านการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำและรักษาสิ่งแวดล้อม
- มีแผนการสนับสนุนการวิจัย พัฒนาเชิงสังคม
- ส่งเสริมการแข่งขันระหว่างอุตสาหกรรมเพื่อให้เกิดการพัฒนา การลงทุนเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด

ยุทธศาสตร์ที่ 5 เพิ่มศักยภาพบุคลากรในประเทศ

ปัจจัยที่สำคัญในการทำให้แผนพัฒนาเป็นไปอย่างราบรื่นสมบูรณ์คือ การพัฒนาบุคลากรที่เกี่ยวข้องในภาคต่างๆ และทุกๆ กระบวนการ รวมทั้งการสร้างหลักสูตรความเป็นเลิศในการใช้ถ่านหินที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำตั้งแต่ระดับประถมจนถึงอุดมศึกษา เพื่อเป็นการให้ความรู้และเพิ่มศักยภาพบุคลากรในประเทศ

จุดประสงค์

- พัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ และความเชี่ยวชาญด้านการใช้ถ่านหินในประเทศ

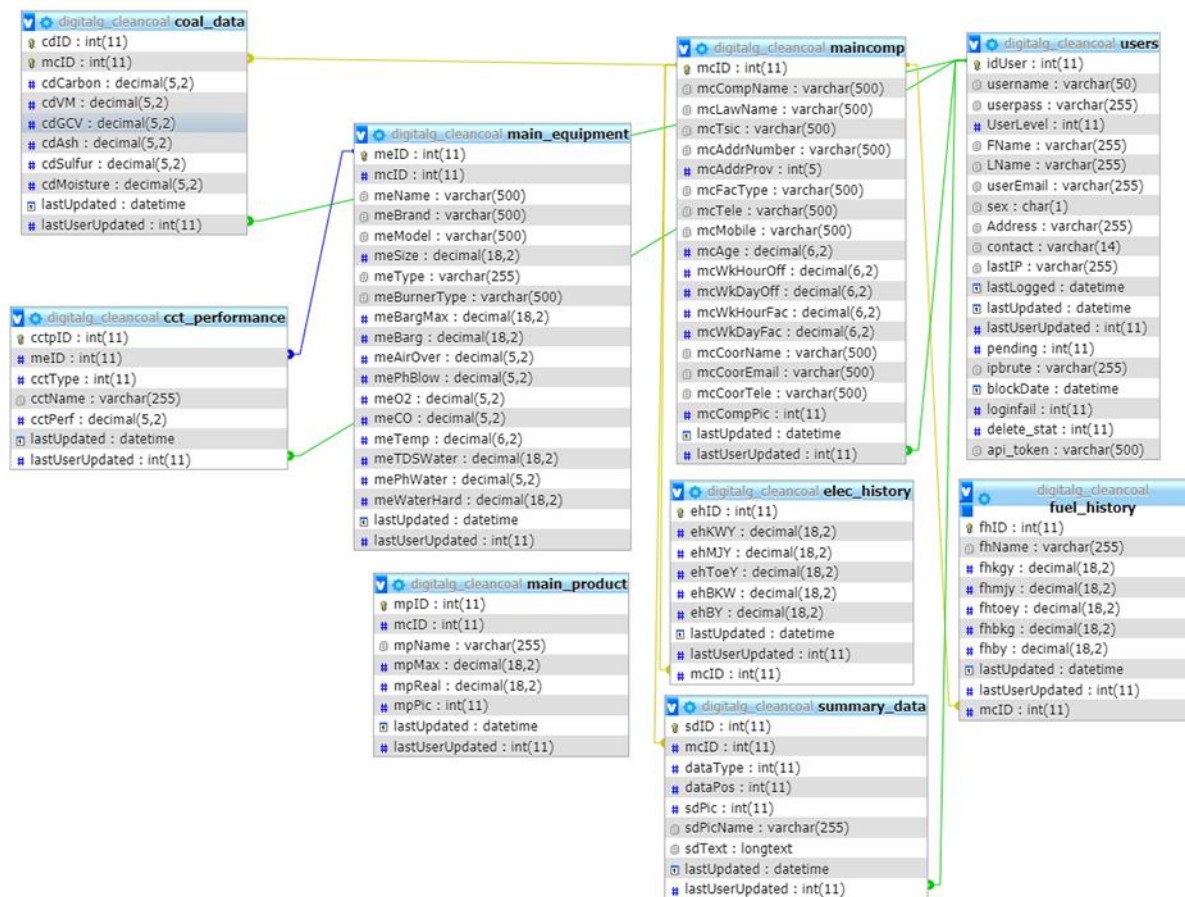
กลยุทธ์การดำเนินการ

- สร้างหลักสูตรความเป็นเลิศในการใช้ถ่านหินที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ
- จัดเวทีแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างภาครัฐและเอกชนทั้งในประเทศและต่างประเทศ
- พัฒนาบุคลากรและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับถ่านหินในทุกภาคส่วน
- จัดอบรมบุคลากรและมอบใบอนุญาตวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับถ่านหินในทุกด้าน

บทที่ 9

ผลการออกแบบระบบฐานข้อมูล

ทางที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำฐานข้อมูลของสถานประกอบการด้วยระบบ MySQL ซึ่งเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ดังมีรายละเอียดโครงสร้างของฐานข้อมูลดังต่อไปนี้



รูปที่ 9-1 แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 9 ผลการออกแบบระบบฐานข้อมูล

พจนานุกรมข้อมูล

cct_performance

จัดเก็บข้อมูลอุปกรณ์ด้านเทคโนโลยีฐานหินสะอาด (CCT) และสิ่งแวดล้อม

Column	Type	Null	Default	Comments
cctplID (Primary)	int(11)	No		Auto number
melID	int(11)	No		รหัสหม้อไอน้ำ
cctType	int(11)	No		ประเภทของข้อมูล (1 = TSP, 11 = SO ₂ , 21 = NO _x)
cctName	varchar(255)	No		ชื่อชนิดอุปกรณ์
cctPerf	decimal(5,2)	No		ประสิทธิภาพอุปกรณ์
lastUpdated	datetime	No		วัน-เวลา ที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด
lastUserUpdated	int(11)	No		ผู้ทำการแก้ไขข้อมูลล่าสุด

coal_data

จัดเก็บข้อมูลขององค์ประกอบของเชื้อเพลิงถ่านหิน (Proximate analysis)

Column	Type	Null	Default	Comments
cdID (Primary)	int(11)	No		Auto number
mcID	int(11)	No		รหัสสถานประกอบการ
cdCarbon	decimal(5,2)	No		คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon, FC)
cdVM	decimal(5,2)	No		สารระเหยเร็ว (Volatile Matter, VM)
cdGCV	decimal(5,2)	No		ค่าความร้อนสูง (Gross Calorific Value, GCV)
cdAsh	decimal(5,2)	No		ขี้เถ้า (Ash, A)
cdSulfur	decimal(5,2)	No		ซัลเฟอร์ (Sulfur, S)
cdMoisture	decimal(5,2)	No		ความชื้นรวม (Total Moisture, M)

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 9 ผลการออกแบบระบบฐานข้อมูล

Column	Type	Null	Default	Comments
lastUpdated	datetime	No		วัน-เวลา ที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด
lastUserUpdated	int(11)	No		ผู้ทำการแก้ไขข้อมูลล่าสุด

elec_history

จัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานประกอบการในปี 2563

Column	Type	Null	Default	Comments
ehID (Primary)	int(11)	No		Auto number
ehKWY	decimal(18,2)	Yes	NULL	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี)
ehMJY	decimal(18,2)	Yes	NULL	คิดเป็นพลังงานความร้อน (MJ/ปี)
ehToeY	decimal(18,2)	Yes	NULL	คิดเป็นน้ำมันดิบเท่ากับ (toe/ปี)
ehBKW	decimal(18,2)	Yes	NULL	ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท/kWh)
ehBY	decimal(18,2)	Yes	NULL	ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงต่อปี
lastUpdated	datetime	No		วัน-เวลา ที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด
lastUserUpdated	int(11)	No		ผู้ทำการแก้ไขข้อมูลล่าสุด
mcID	int(11)	No		รหัสสถานประกอบการ

fuel_history

จัดเก็บข้อมูลการใช้งานเชื้อเพลิงถ่านหินในปี 2561

Column	Type	Null	Default	Comments
fhID (Primary)	int(11)	No		Auto number
fhName	varchar(255)	Yes	NULL	ชื่อเชื้อเพลิง
fhkgy	decimal(18,2)	Yes	NULL	ปริมาณการใช้งานเชื้อเพลิง (kg/ปี)

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 9 ผลการออกแบบระบบฐานข้อมูล

Column	Type	Null	Default	Comments
fhmjy	decimal(18,2)	Yes	NULL	คิดเป็นพลังงานความร้อน (MJ/ปี)
fhtoey	decimal(18,2)	Yes	NULL	คิดเป็นน้ำมันดิบ (toe/ปี)
fhbkg	decimal(18,2)	Yes	NULL	ราคาเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท/kg)
fhby	decimal(18,2)	Yes	NULL	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
lastUpdated	datetime	No		วัน-เวลา ที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด
lastUserUpdated	int(11)	No		ผู้ทำการแก้ไขข้อมูลล่าสุด
mcID	int(11)	No		รหัสสถานประกอบการ

Maincomp

จัดเก็บข้อมูลของสถานประกอบการ

Column	Type	Null	Default	Comments
mcID (Primary)	int(11)	No		รหัสสถานประกอบการ
mcCompName	varchar(500)	Yes	NULL	ชื่อสถานประกอบการ
mcLawName	varchar(500)	Yes	NULL	ชื่อนิติบุคคล
mcTsic	varchar(500)	Yes	NULL	รหัส tsic-id
mcAddrNumber	varchar(500)	Yes	NULL	ที่อยู่สถานประกอบการ
mcAddrProv	int(11)	Yes	NULL	จังหวัด
mcFacType	varchar(500)	Yes	NULL	ประเภทของโรงงาน
mcTele	varchar(500)	Yes	-	เบอร์โทรศัพท์ที่ติดต่อได้
mcMobile	varchar(500)	Yes	-	โทรสาร
mcAge	decimal(6,2)	Yes	NULL	อายุของโรงงาน (ปี)
mcWkHourOff	decimal(6,2)	Yes	0.00	ชั่วโมงทำงาน/วัน (สำนักงาน)
mcWkDayOff	decimal(6,2)	Yes	0.00	วันทำงาน/ปี (สำนักงาน)

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 9 ผลการออกแบบระบบฐานข้อมูล

Column	Type	Null	Default	Comments
mcWkHourFac	decimal(6,2)	Yes	0.00	ชั่วโมงทำงาน/วัน (โรงงาน)
mcWkDayFac	decimal(6,2)	Yes	0.00	วันทำงาน/ปี (สำนักงาน)
mcCoorName	varchar(500)	Yes	NULL	ผู้ติดต่อประสานงาน
mcCoorEmail	varchar(500)	Yes	-	อีเมลผู้ติดต่อประสานงาน
mcCoorTele	varchar(500)	Yes	-	เบอร์โทรศัพท์ผู้ติดต่อประสานงาน
mcCompPic	varchar(500)	Yes	NULL	ที่อยู่ข้อมูลรูปภาพหน้าโรงงาน
lastUpdated	datetime	No		วัน-เวลา ที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด
lastUserUpdated	int(11)	No		ผู้ทำการแก้ไขข้อมูลล่าสุด

main_equipment

จัดเก็บข้อมูลของหม้อไอน้ำ

Column	Type	Null	Default	Comments
meID (Primary)	int(11)	No		รหัสหม้อไอน้ำ
mcID	int(11)	No		รหัสสถานประกอบการ
meName	varchar(500)	Yes	NULL	ชื่อหม้อไอน้ำ
meBrand	varchar(500)	Yes	NULL	ยี่ห้อ
meModel	varchar(500)	Yes	NULL	รุ่น
meSize	decimal(18,2)	Yes	NULL	พิกัด (ตัน/ชั่วโมง)
meType	varchar(255)	Yes	NULL	ประเภทหม้อไอน้ำ
meBurnerType	varchar(500)	No		เทคโนโลยีการเผาไหม้
meBargMax	decimal(18,2)	Yes	NULL	Pressure สูงสุด (Barg)
meBarg	decimal(18,2)	Yes	NULL	Pressure ใช้งาน (P) (Barg)
meAirOver	decimal(5,2)	No		อากาศส่วนเกิน

	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 9 ผลการออกแบบระบบฐานข้อมูล

Column	Type	Null	Default	Comments
mePhBlow	decimal(5,2)	No		ค่ากรด-ด่างของน้ำโบล์ดาวน์
meO2	decimal(5,2)	No		ปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสีย (O ₂)
meCO	decimal(5,2)	No		ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)
meTemp	decimal(6,2)	No		อุณหภูมิพื้นผิวหม้อน้ำ
meTDSWater	decimal(18,2)	No		ค่า TDS ของน้ำโบล์ดาวน์
mePhWater	decimal(5,2)	No		ค่ากรด-ด่างของน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำ
meWaterHard	decimal(18,2)	No		ค่าความกระด้างของน้ำป้อนเข้าหม้อน้ำ
lastUpdated	datetime	No		วัน-เวลา ที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด
lastUserUpdated	int(11)	No		ผู้ทำการแก้ไขข้อมูลล่าสุด

main_product

ข้อมูลผลิตภัณฑ์และกำลังการผลิตของสถานประกอบการ

Column	Type	Null	Default	Comments
mplID (Primary)	int(11)	No		Auto number
mcID	int(11)	No		รหัสสถานประกอบการ
mpName	varchar(255)	Yes	NULL	ชื่อผลิตภัณฑ์
mpMax	decimal(18,2)	Yes	NULL	กำลังการผลิตจริง
mpReal	decimal(18,2)	Yes	NULL	ผลผลิตจริง
lastUpdated	datetime	No		วัน-เวลา ที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด
lastUserUpdated	int(11)	No		ผู้ทำการแก้ไขข้อมูลล่าสุด

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 9 ผลการออกแบบระบบฐานข้อมูล

Provinces

จัดเก็บข้อมูลรายชื่อจังหวัด

Column	Type	Null	Default	Comments
id (Primary)	int(5)	No		Auto number
code	varchar(2)	No		Code จังหวัด
name_th	varchar(150)	No		ชื่อจังหวัด (ภาษาไทย)
name_en	varchar(150)	No		ชื่อจังหวัด (ภาษาอังกฤษ)

summary_data

จัดเก็บข้อมูลสรุปการวิเคราะห์ของโครงการ

Column	Type	Null	Default	Comments
sdID (Primary)	int(11)	No		Auto number
mcID	int(11)	No		รหัสโรงงาน
dataType	int(11)	No		ประเภทของข้อมูล (1 = ข้อมูลเชื้อเพลิงถ่านหิน, 2 = กระบวนการผลิต, 3 = ระบบเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (การทำความสะอาดโดยทางกายภาพ), 4 = ระบบเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (การทำความสะอาดโดยวิธีเคมี), 5 = ระบบเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ (การทำความสะอาดโดยทางชีวภาพ), 18 => ระบบเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะการเผาไหม้ (ระบบลำเลียงเชื้อเพลิง), 6 => ระบบเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะการเผาไหม้ (ส่วนผลิตไอน้ำ), 7 = ระบบเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะการเผาไหม้ (ส่วนส่งจ่ายไอน้ำ), 8 = ระบบเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะการเผาไหม้ (ส่วนอุปกรณ์ใช้น้ำ), 9 = ระบบเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะการเผาไหม้ (ส่วนนำความ

	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 9 ผลการออกแบบระบบฐานข้อมูล

Column	Type	Null	Default	Comments
				ร้อนกลับมาใช้ใหม่), 10 = ระบบเทคโนโลยีถ่านหิน สะอาดหลังการเผาไหม้ (ระบบดักจับซัลเฟอร์ไดออกไซด์), 11 = ระบบเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ (ระบบ ล้างเลียงซัลเฟอร์), 12 = ค่าการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมปลาย ปล่อง, 13 = มาตรฐานด้านการนำเข้าถ่านหิน, 14 = มาตรฐานด้านประสิทธิภาพหม้อน้ำและอุปกรณ์เผาไหม้, 15 = มาตรฐาน CCT และสิ่งแวดล้อม (TSP), 16 = มาตรฐาน CCT และสิ่งแวดล้อม (SO ₂), 17 = มาตรฐาน CCT และสิ่งแวดล้อม (NO ₂),
dataPos	int(11)	No		ลำดับของข้อมูล
sdPic	varchar(500)	Yes	NULL	ที่อยู่ไฟล์รูปภาพ
sdPicName	varchar(255)	Yes	NULL	ชื่อของรูปภาพ
sdText	longtext	Yes	NULL	ข้อมูลสรุปการวิเคราะห์
lastUpdated	datetime	No		วัน-เวลา ที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด
lastUserUpdated	int(11)	No		ผู้ทำการแก้ไขข้อมูลล่าสุด

Users

จัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งานสำหรับเข้าระบบ

Column	Type	Null	Default	Comments
idUser (Primary)	int(11)	No		รหัสผู้ใช้งาน
username	varchar(50)	No		ชื่อผู้ใช้งาน
userpass	varchar(255)	No		รหัสผ่าน
UserLevel	int(11)	No		ระดับผู้ใช้งาน
FName	varchar(255)	No		ชื่อ

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 9 ผลการออกแบบระบบฐานข้อมูล

Column	Type	Null	Default	Comments
LName	varchar(255)	No		นามสกุล
userEmail	varchar(255)	No		อีเมล
sex	char(1)	No		เพศ
Address	varchar(255)	No		ที่อยู่
contact	varchar(14)	No		เบอร์โทรศัพท์
lastIP	varchar(255)	No		ไอพีแอดเดรสที่เข้าใช้งานล่าสุด
lastLogged	datetime	No		วัน-เวลา ที่เข้าใช้งานล่าสุด
lastUpdated	datetime	No		วัน-เวลา ที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด
lastUserUpdated	int(11)	No		ผู้ทำการแก้ไขข้อมูลล่าสุด
pending	int(11)	No		สถานะการใช้งาน (0 = ระงับการใช้งาน, 1 = ปกติ)
ipbrute	varchar(255)	Yes	NULL	ไอพีแอดเดรสที่พยายามเข้าใช้งานไม่สำเร็จ
blockDate	datetime	Yes	NULL	วัน-เวลา ที่สิ้นสุดการปิดใช้งาน
loginfail	int(11)	Yes	NULL	จำนวนครั้งที่พยายามเข้าระบบไม่สำเร็จ
delete_stat	int(11)	Yes	1	สถานะผู้ใช้งาน (0 = ลบ, 1 = ปกติ)
api_token	varchar(500)	Yes	NULL	รหัสสำหรับการเชื่อมต่อ restful api

บทที่ 10

วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาทั้งหมดของโครงการฯ ที่ทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวม และการศึกษาได้ด้านเกี่ยวกับมาตรฐานเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดสำหรับประเทศไทย โดยสามารถวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

เกณฑ์มาตรฐานเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดสำหรับประเทศไทย

เกณฑ์มาตรฐานเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่ทางที่ปรึกษาได้เสนอให้มีการนำไปใช้ในประเทศไทยมีดังนี้

10.1 มาตรฐานด้านการนำเข้าถ่านหิน

ทางที่ปรึกษาเสนอให้มีการจำกัดปริมาณกำมะถันของเชื้อเพลิงถ่านหินนำเข้าจากต่างประเทศที่ใช้งานในประเทศไทย ตาม**ตารางที่ 12-1**

ตารางที่ 10-1 สรุปมาตรฐานด้านการนำเข้าถ่านหิน

ตัวชี้วัด	ประเภทถ่านหิน	ปริมาณ	หมายเหตุ
ปริมาณกำมะถัน	ทุกประเภท	<1%	As Received Basis

โดยการจำกัดปริมาณกำมะถันของเชื้อเพลิงถ่านหินนำเข้าจากต่างประเทศนั้น ทางที่ปรึกษาเสนอให้มีการนำร่องการนำไปใช้โดยให้เป็นแนวทางปฏิบัติที่ดี (Code of Practice) ของการนำเข้า และนำไปใช้ประโยชน์ของเชื้อเพลิงถ่านหินในประเทศไทย สำหรับผู้จำหน่ายและนำเข้าถ่านหิน รวมถึงผู้ใช้ประโยชน์จากถ่านหินทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคการผลิตไฟฟ้า โดยในขั้นตอนต่อไปจึงให้มีการพิจารณาการออกกฎหมายหรือข้อบังคับในการจำกัดปริมาณกำมะถันของเชื้อเพลิงถ่านหินในอนาคตต่อไป

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ให้มีการศึกษาในการจำกัดปริมาณสารอื่นๆ ที่ส่งผลต่อมลพิษด้านอากาศจากการเผาไหม้ อาทิ ปริมาณกำมะถัน สารหนู ฟอสฟอรัส เป็นต้น เพื่อให้ภาคประชาชนเชื่อมั่นทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อการใช้งานเชื้อเพลิงถ่านหินในประเทศ

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 12 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

10.2 มาตรฐานด้านประสิทธิภาพหม้อน้ำ

ทางที่ปรึกษาเสนอให้โรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้งานเชื้อเพลิงถ่านหิน ให้ปฏิบัติตามกฎหมายหรือข้อแนะนำที่ทางหน่วยงานอื่นได้ทำการเสนอแนะแล้วตาม**ตารางที่ 12-2**

ตารางที่ 10-2 สรุปมาตรฐานด้านประสิทธิภาพหม้อน้ำ

ตัวบ่งชี้	หน่วย	ค่ามาตรฐานจากการศึกษา
อากาศส่วนเกิน	%	15-60 (1)
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ในก๊าซไอเสีย	%	12-13 (1)
ปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสีย (O ₂)	%	7-10 (1)
ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ppm	200 (1) และ 690 (3)
อุณหภูมิพื้นผิวหม้อน้ำ	°C	60 (2)
ค่า TDS ของน้ำในหม้อน้ำ	ppm	3,500 (2)
ค่ากรด-ด่างของน้ำป้อน	-	5.8 – 9.5 (2)
ค่าความกระด้างของน้ำป้อน	ppm	<10 ppm as CaCO ₃ (2)

(1) ปริมาณค่าแนะนำจากคู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน) พ.ศ. 2561

(2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง คุณสมบัติของน้ำสำหรับหม้อน้ำ พ.ศ. 2549

(3) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2549

ในด้านมาตรฐานประสิทธิภาพหม้อน้ำนั้น ทางที่ปรึกษาเสนอให้มีการนำร่องไปใช้โดยให้เป็นแนวทางปฏิบัติที่ดี (Code of Practice) แก่โรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าที่มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงให้เป็นแนวทางในการปฏิบัติที่ดี โดยในการบังคับใช้ตามกฎหมายหรือคำแนะนำที่ดีต่างๆจากหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ให้เป็นไปตามการปฏิบัติตามแผนงานของหน่วยงานนั้นๆต่อไป

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ให้มีการประชุมทางวิชาการร่วมกับทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอาทิ กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น เพื่อปรับปรุงข้อมูลต่างๆให้ทันสมัยและเหมาะสมกับปัจจุบันมากที่สุด

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 12 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

10.3 มาตรฐานด้านอุปกรณ์เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (CCT)

ตามเส้นทางที่ศึกษาได้นำเสนอไปในบทที่ 10 ของรายงานฉบับนี้นั้น โดยอุปกรณ์เครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดนั้นมีการเพิ่มเติมและปรับปรุงให้ทันสมัยตลอดเวลา การรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดจากทางที่ศึกษาในบทที่ 4 ของรายงานฉบับนี้นั้น ไม่สามารถนำไปใช้ได้อนาคตได้ ดังนั้นทางที่ศึกษาเสนอให้กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติแต่งตั้งคณะกรรมการวิชาการขึ้น เพื่อรวบรวม และขึ้นทะเบียนอุปกรณ์และเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับทางด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดทั้งในปัจจุบันและอนาคต เพื่อนำข้อมูลการขึ้นทะเบียนอุปกรณ์และเครื่องจักรนี้ ทางหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ดังกล่าวต่อไป อาทิ ในด้านการขอรับการส่งเสริมการลงทุนของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

เพื่อให้มีการบังคับใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในประเทศไทย ทางที่ศึกษาเสนอให้มีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านประสิทธิภาพรวมของการกำจัดมลพิษ (Overall Efficiency of remove pollution) อาทิ ฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าถ่านหินขนาดเล็ก ในส่วนของโรงไฟฟ้าถ่านหินขนาดใหญ่ นั้นพบว่า ประเทศในเครือสหภาพยุโรป และประเทศตุรกีได้มีการบังคับใช้ประสิทธิภาพรวมการกำจัดมลพิษในส่วนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Overall Efficiency of Desulfurization) แต่เนื่องจากมีเพียงสองประเทศที่ทางที่ศึกษาได้การรวบรวมมาได้ในปัจจุบัน จึงอยากให้มีการศึกษาเพิ่มเติมและปรับปรุงข้อมูลดังกล่าวให้มีความทันสมัยและเหมาะสมแก่ประเทศไทย

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 12 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

10.4 มาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม

ทางที่ปรึกษาเสนอให้โรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าที่มีการเชื้อเพลิงถ่านหิน ปฏิบัติตามกฎหมายตาม **ตารางที่ 12-3**

ตารางที่ 10-3 สรุปมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน

ประเภทมลพิษ	หน่วย	ประเภทโรงงาน	ค่าปริมาณของสารเจือปน
ฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate: TSP)	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	320
		โรงไฟฟ้าเก่าทุกขนาด (2)	320
		โรงไฟฟ้าใหม่ <300 MW (2)	120
		โรงไฟฟ้าใหม่ 300-500 MW (2)	120
		โรงไฟฟ้าใหม่ >500 MW (2)	120
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 1-3 (2)	180
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 4-13 (2)	180
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	พันส่วนในล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	700
		โรงไฟฟ้าเก่าทุกขนาด (2)	700
		โรงไฟฟ้าใหม่ <300 MW (2)	640
		โรงไฟฟ้าใหม่ 300-500 MW (2)	450
		โรงไฟฟ้าใหม่ >500 MW (2)	320
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 1-3 (2)	1,300
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 4-13 (2)	320
ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x)	พันส่วนในล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	400
		โรงไฟฟ้าเก่าทุกขนาด (2)	400
		โรงไฟฟ้าใหม่ <300 MW (2)	350
		โรงไฟฟ้าใหม่ 300-500 MW (2)	350
		โรงไฟฟ้าใหม่ >500 MW (2)	350
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 1-3 (2)	500
		โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยผลิต 4-13 (2)	500

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 12 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

ประเภทมลพิษ	หน่วย	ประเภทโรงงาน	ค่าปริมาณของสารเจือปน
พลวง	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	16
สารหนู	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	16
ทองแดง	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	24
ตะกั่ว	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	24
ปรอท	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	2.4
คลอรีน	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	24
ไฮโดรเจนคลอไรด์	mg/m ³	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	160
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	พื่นส่วนในล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	80
คาร์บอนมอนอกไซด์	พื่นส่วนในล้านส่วน (ppm)	โรงงานอุตสาหกรรม (1)	690

(1) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2559 และประกาศกระทรวงทรัพยากรพลังงานและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

(2) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า พ.ศ. 2547

* - โรงไฟฟ้าเก่า หมายถึง โรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหรือใบอนุญาตขยายโรงงานลำดับที่ 88 ก่อนวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2539

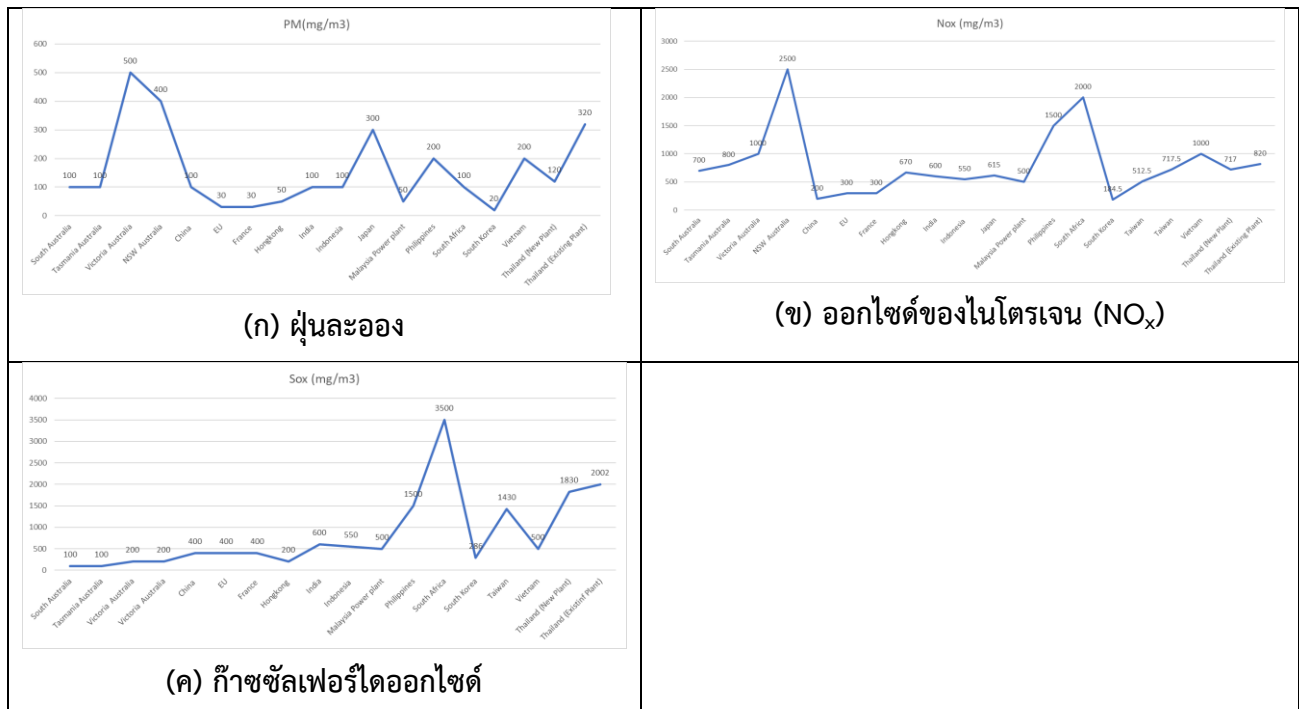
- โรงไฟฟ้าใหม่ หมายถึง โรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหรือใบอนุญาตขยายโรงงานลำดับที่ 88 ตั้งแต่วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2539

 กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน	โครงการบูรณาการงานด้านถ่านหินโดยรวมของประเทศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดมาตรฐานด้านเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด
รายงานฉบับสมบูรณ์	บทที่ 12 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

โดยทางที่ปรึกษาเสนอให้โรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าที่เชื้อเพลิงถ่านหินนั้นปฏิบัติตามกฎหมายที่ได้มีการระบุและบังคับใช้อย่างเข้มงวด

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

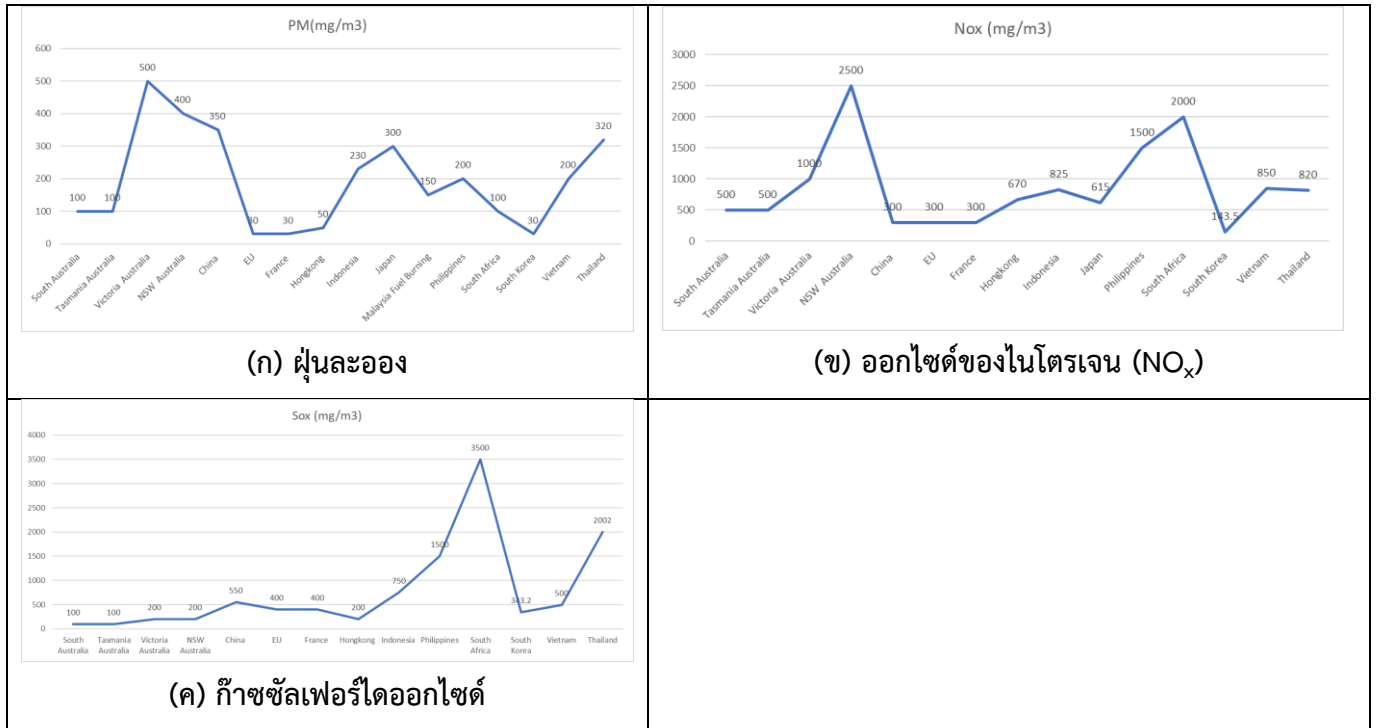
ทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมค่าจำกัดปริมาณการปล่อยมลพิษจากปลายปล่องของโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน ตามรูปที่ 13-1 และ รูปที่ 13-2 [77]



หมายเหตุ - ผลการรวบรวมใช้ค่าปริมาณข้อจำกัดสูงสุดสำหรับแต่ละมลพิษของประเทศนั้นๆ

- ปริมาณข้อจำกัดของแต่ละประเทศยังไม่มีมีการปรับให้เป็นค่ามาตรฐานเดียวกันตามข้อกำหนดของประเทศไทยที่อากาศส่วนเกินที่ 50% หรือปริมาณออกซิเจนส่วนเกินที่ 7%
- หน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

รูปที่ 10-1 สรุปข้อกำหนดในการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของต่างประเทศและประเทศไทย
สำหรับโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน



หมายเหตุ - ผลการรวบรวมใช้ค่าปริมาณข้อจำกัดสูงสุดสำหรับแต่ละมลพิษของประเทศไทย

- ปริมาณข้อจำกัดของแต่ละประเทศยังไม่มีมีการปรับให้เป็นค่ามาตรฐานเดียวกันตามข้อกำหนดของประเทศไทยที่อากาศส่วนเกินที่ 50% หรือปริมาณออกซิเจนส่วนเกินที่ 7%
- หน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

รูปที่ 10-2 สรุปข้อกำหนดในการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของต่างประเทศและประเทศไทย สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน

จากรูปที่ 12-1 และรูปที่ 12-2 นั้นจะพบว่า ในแต่ละรูปนั้นจะแสดงค่าจำกัดการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินของแต่ละประเทศนั้นๆ โดยเส้นสีฟ้าเป็นข้อจำกัดของการปล่อยมลพิษ และ เส้นประสีส้มจะเป็นค่าเฉลี่ยของทั้งแผนภูมิรูปภาพ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในส่วนกฎหมายของค่าจำกัดการปล่อยฝุ่นละอองและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของประเทศไทยนั้นมีความสูงกว่าค่าเฉลี่ยทั้งหมดทั้งในฝั่งกฎหมายของโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า แต่ในส่วนของการออกไซด์ของไนโตรเจนนั้นอยู่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย

ดังนั้นทางที่ปรึกษาเสนอให้มีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วน of โรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการเข้าข่ายเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดในด้านของการจำกัดปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินให้มีค่าต่ำกว่าค่าในปัจจุบัน เพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหิน รวมถึงการสร้างบรรทัดฐานที่ดีของโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหินที่ต้องการเป็นโรงงานที่ใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดสำหรับในการขอการสนับสนุนจากทางภาครัฐในการลงทุนเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดต่อไปในอนาคต

บรรณานุกรมภาษาอังกฤษ

- [1] U.S. Energy Information Administration. (2020). *Coal explained*. Retrieved 21/9/2021, from <https://www.eia.gov/energyexplained/coal/>
- [2] Ondela, M. (2014). *Petrophysical evaluation of fracture systems in coal bed methane (cbm) bearing coal seams in relation to geological setting, 3 exploration blocks, Botswana*. University of the western cape.
- [3] Hobart, M.K. (n.d.) *What Is Coal and How Does It Form?* Retrieved 11/6/2021, From <https://geology.com/rocks/coal.shtml>
- [6] Knight, P. (n.d.) *Thermal Power Plan*, Retrieved 11/6/2021 <https://slideplayer.com/slide/11820807/>
- [7] China Henan Fote Mining Machinery. (n.d.) *Introduction of Active Lime Production Line*. Retrieved <https://www.chinaftm.com/solutions/active-lime-production-line.html>
- [8] International Energy Agency. (2019). *The latest trends in energy and emissions in 2019. Global Energy Review 2019*. 2019 (n.d.), 26-43
- [9] International Energy Agency (2020) *Coal 2020. Coal 2020 Analysis and forecast to 2025*. 2020 (n.d.), 6-83
- [11] ASEAN Centre for Energy. *Regional Energy Policy ASEAN CLEAN COAL TECHNOLOGY (CCT) HANDBOOK FOR POWER PLANT Ver.2*. 2017, 2, 12
- [12] Luque, R., & Speight, J. G. (2015). *Gasification and synthetic liquid fuel production. Gasification for Synthetic Fuel Production*, 23. doi:10.1016/b978-0-85709-802-3.00001-1
- [13] Cornell Law School. (n.d.) *42 U.S. Code § 7651n - Clean coal technology regulatory incentives*. Retrieved 17/6/2021. from <https://www.law.cornell.edu/uscode/text/42/7651n>
- [15] Asian Institute of Technology. (2017). *Hand out of Clean Coal technology and Carbon capture and Storage*. 2017.
- [16] Liu, B. (n.d.) *CLEAN COAL TECHNOLOGIES. POINT SOURCES OF POLLUTION: LOCAL EFFECTS AND IT'S CONTROL – Vol. II*. (n.d.) 1-3
- [17] Wills, B.A., Barley, W. R. (1986). *Mineral Processing at a Crossroads Problems and Prospects*, 13-39, doi: 10. 1007/978-94-009-44763

- [18] Meyers, A.R., Laskowski, S.J., Walters, D.A. (n.d.). CoalPreparation. *Coal Preparation*, (n.d.), 1-28
- [19] Ge W., Eninas A., Araujo E., Song S. (2017). Magnetic matrices used in high gradient magnetic separation (HGMS): A review. *Results in Physics*.7,7,4278-4286
- [20] Mehrotra V.P., Sastry V.S.K., Morey W.B., (1983). REVIEW OF OIL AGGLOMERATION TECHNIQUES FOR PROCESSING OF FINE COALS/ *International Journal of Mineral Processing*. 11,11,175-210
- [21] Wheelock D.T., Markuszewski R. (1981). *Physical and chemical coal cleaning*, n.d., 370, doi: 10.1063/1.32949
- [23] Michaud D. (2016). *Sink and Float Separation*. Retrieved 18/6/2021, from <https://www.911metallurgist.com/blog/sink-float-separation-process>
- [24] FLSmidth. (n.d.) *Coal Classifying Cyclone Separator*. Retrieved 18/6/2021. from <https://www.energy-xprt.com/products/krebs-coal-classifying-cyclone-separator-518953>
- [25] Finseth D., Newby T., Elstrodt. (1993). Dry Electrostatic Separation of Fine Coal. *Processing and Utilization of High-Sulfur Coals V*, 1993(n.d.), 91
- [26] HEMANT B. GALA , R. D. SRIVASTAVA , KEE H. RHEE & RICHARD E. HUCKO (1989) An Overview of the Chemistry of the Molten-Caustic-Leaching Process. *Coal Preparation*.7:1-2,1-28, DOI: 10.1080/07349348908960538
- [27] Jatoi A., Aziz S. (2016). Biological Removal of Sulfur from Coal through Use of Microorganism. A Review. *4th International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development 2016 (EESD 2016)*.2016(n.d.), n.d.
- [28] Prayuenyong P. (2002) Coal biodesulfurization processes. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 2002 24(3):493-507
- [29] ABC Machinery. (n.d.). Coal Briquettes. Retrieved 19/6/2021,from <http://www.bestbriquettepress.com/faq/Coal-Briquetting-Process-Guide-You-to-Produce-Coal-Briquettes.html>
- [30] Hurkainen, M., Vainikka, P. (n.d.) Technology options for large-scale solid-fuel combustion. Finland/VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.

- [31] Technical Editor. (2018). *pulverized coal*. Retrieved 22/6/2021. from <https://www.polytechnichub.com/write-advantages-disadvantages-pulverized-coal/>
- [32] Putra, R., Alibazah, J., Umar, D. (2013). An Overview of Coal Water Mixture (CWM) as New Unconventional Energy Potency, and Indonesia Coal Fields for Case Studies, *Search and Discovery Article 2013* n.d. n.d.
- [33] National Energy Technology Laboratory. (n.d.). *gasification introduction*, Retrieved 25/6/2021, from <https://netl.doe.gov/research/Coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/intro-to-gasification>
- [34] National Energy Technology Laboratory. (n.d.). *DIRECT LIQUEFACTION PROCESSES*, Retrieved 25/6/2021, from <https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/direct-liquefaction>
- [35] Landner, R. W. (1988), The products of coal pyrolysis: Properties, Conversion and Reactivity, *Fuel Processing Technology*, 1988 (20), 207-222
- [36] Assignment point. (n.d.) *Karrick Process*, Retrieved 27/6/2021, from <https://www.assignmentpoint.com/science/chemistry/karrick-process.html>
- [37] State Utility Forecasting Group. (2007), *Clean Coal Technologies* n.d. 2007 n.d. n.d.
- [38] Nalbandian, H. (2009). Performance and Risks of Advanced Pulverized-coal Plants. *Energeia*. 2009 20(1) 2-6
- [39] Tavoulareas, S.E. (1991). FLUIDIZED-BED COMBUSTION TECHNOLOGY. *Energy Environ*. 1991 16 25-57
- [40] babcock. (n.d.) *Bubbling Fluidized-Bed (BFB) Boilers*, Retrieved 28/6/2021. from <https://www.babcock.com/products/bubbling-fluidized-bed-boilers>
- [41] muliduri. (n.d.) *Coal Fly Ash Used In Geoengineering Aerosols: Geophysicist Produces Conclusive Evidence* Retrieved 29/6/2021. from <http://muliduri.blogspot.com/2015/08/coal-fly-ash-used-in-geoengineering.html>
- [42] n.d. (2016) *COAL-FIRED POWER PLANTS:FLUIDIZED BED COMBUSTION*. Retrieved 30/6/2021. from <http://machineryequipmentonline.com/electrical-power-generation/coal-fired-power-plantsfluidized-bed-combustion/>

- [43] Asian Institute of Technology. (2017). เอกสารประกอบการสอน Clean Coal technology and Carbon capture and Storage. 2017
- [44] Bloomengineering. (n.d.). Low NOx Burners Retrieved 3/7/2021, from <https://www.bloomeng.com/low-nox-burners>
- [45] Power./.(2007). Pollution Control: Low-NOx Combustion Retrofit Options. Retrieved 3/7/2021. from <https://www.powermag.com/pollution-control-low-nox-combustion-retrofit-options/>
- [46] Sorrels, L.J. (2019) Selective Catalytic Reduction *RTI International*, n.d. n.d.
- [47] Sorrels, L.J. (2019) Selective non Catalytic Reduction *RTI International*, n.d. n.d.
- [48] Eastern Research Group, Inc. (2017) Dry Sorbent Injection for SO₂ HCl Control Cost Development Methodology. *IPM Model – Updates to Cost and Performance for APC Technologies 2017* n.d 1-15
- [50] n.d. (n.d.) *Cyclone technology*, Retrieved 5/7/2021. from <https://www.britannica.com/technology/cyclone-technology>
- [52] n.d., (n.d.) *FRP Wetscrubber Tank (BFG)*. Retrieved 6/7/2021, from http://www.bkkfiber.com/_m/article/content/content.php?aid=539631813
- [53] Gulf Coast Environmental System. (n.d.) *Venturi Scrubber*. Retrieved 6/7/2021, from <http://www.gcesystems.com/scrubbers-landing-page/venturi-scrubber.html>
- [54] C² Technologies, Inc. (n.d.) APTI 413: Control of Particulate Matter Emissions *ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY* United State of America: C² Technologies, Inc.
- [55] n.d. (n.d.) *Packed Bed Scrubber*. Retrieved 7/7/2021, from <https://www.nedermanmikropul.com/en-us/products/wet-scrubbers/packed-bed-scrubber>
- [56] n.d. (n.d.) *Spray tower* Retrieved 7/7/2021, from https://www.wikiwand.com/en/Spray_tower
- [57] n.d. (n.d.) *Electrostatic precipitator* Retrieved 7/7/2021, from <https://www.britannica.com/technology/electrostatic-precipitator>
- [59] n.d. (n.d.) *Pulse Jet Bag Filters: The Ultimate FAQ Guide* Retrieved 7/7/2021, from <https://www.filsonfilters.com/pulse-jet-bag-filters/>
- [61] n.d. (2019) *Determination of Flue Gas Desulfurization by Analyzing Limestone* Retrieved 8/7/2021, from <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17607>

- [62] n.d. (n.d.) Boiler Control System Chapter | VIII. *POWER PLANT INSTRUMENTATION AND CONTROL HANDBOOK* n.d. 585-624
- [63] n.d. (n.d.) *Spray Dry Scrubber*. Retrieved 7/7/2021, from <http://www.eandj-intl.com/power/dryFGD.html>
- [65] Institut für Verfahrenstechnik des Industriellen Umweltschutzes, (2010) Vergleich von MEA und einer ionischen Flüssigkeit als CO₂-Absorptionsmittel in einer Versuchsanlage, Retrieved 8/7/2021, from <https://pure.unileoben.ac.at/portal/files/2212069/AC08231396n01vt.pdf>
- [67] Government of Canada. (n.d.) *Near-Zero Emissions Oxy-Fuel Combustion* Retrieved 9/7/2021 from <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/energy-sources-distribution/clean-fossil-fuels/coal-co2-capture-storage/carbon-capture-storage/near-zero-emissions-oxy-fuel-combustion/4307>
- [68] Sabouni, R., Kazemian, H., Rohani S. (2014) Carbon dioxide capturing technologies: a review focusing on metal organic framework materials (MOFs) *Eviron Sci Pollut Res*. 2014. 21:5427–5449 DOI 10.1007/s11356-013-2406-2
- [69] Labus, K.(2021) Comparison of the Properties of Natural Sorbents for the Calcium Looping Process. *Materials* 2021, 14, 548. <https://doi.org/10.3390/ma14030548>
- [70] Song, J.H., Park, S., Kim, H., Gaur, A., Park W., Jin., Lee, J.S., (2012) Carbon dioxide absorption characteristics of aqueous amino acid salt solutions *International Journal of Greenhouse Gas Control* 11 (2012) 64–72
- [71] Mansour, B.R., Habib, A.M., Bamidele E.O., Basha, M., Qasem A.A.Q., Preedikakal, A., Laoui, T., Ali, M., (2016) Carbon capture by physical adsorption: Materials, experimental investigations and numerical modeling and simulations – A review. *Applied Energy*. 161 (2016) 225–255
- [72] Guozhao J., Ming Z., (2017) .Membrane Separation Technology in Carbon Capture, Recent Advances in Carbon Capture and Storage, Yongseung Yun, IntechOpen, DOI: 10.5772/65723 from: <https://www.intechopen.com/chapters/53169>
- [73] Baxter, L., Baxter, A., Burt, S. (n.d.) Cryogenic CO₂ Capture as a Cost-Effective CO₂ Capture Process. n.d.
- [74] Global CCS Institute. (n.d.) Transporting CO₂. n.d.
- [75] Chambers A. (2007). Recent Advances in Air Pollution Control Technologies for Coal-fired Power Plants. *Carbon and Energy Management*. n.d. (2016) 4-5

- [76] Mussatti D. (2002). Wet Scrubbers for Particulate Matter. *Particulate Matter Controls*. n.d. (2002). 9-16
- [77] Environmental Protection Agency. (n.d.) Air Pollution Control Factsheet. *EPA-452/F-03-015*. n.d (n.d.) 1-6
- [78] Environmental Protection Agency. (n.d.) Air Pollution Control Factsheet. *EPA-452/F-03-005*. n.d (n.d.) 1-5
- [79] n.d. (n.d.) Chapter 5 Fluidized Bed Combustion and Coal Gasification. N.d. 45-46
- [80] Yafei S., Xunyue L., Tonghua Sun, Jinping J. (2012) Recent advances of sodium borohydride reduction in coal water slurry desulfurization: integration of chemical and electrochemical reduction. *Royal Society of Chemistry*. DOI: 10.1039/C2RA20884A (Review Article) RSC Adv., 2012, 2, 8867-8882
- [81] World Nuclear Association. (2021). Clean Coal Technologies, Carbon Capture & Sequestration. Retrieved 12/7/2021. From <https://world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/clean-coal-technologies.aspx>
- [83] Coal Department National Energy Administration (NEA) China. (2018). Development of China's Clean Coal Technology. Retrieved 21/7/2021. From <https://energy.go.th/2015/wp-content/uploads/2018/03/Development-of-Chinas-Clean-Coal-Technology.pdf>
- [84] Cornell Law School. (2019) 340-228-0120 - Sulfur Content of Fuels: Coal. Retrieved 21/7/2021. From <https://www.law.cornell.edu/regulations/oregon/OR-Admin-Rule-340-228-0120>
- [85] International Centre of Sustainable Carbon. (2018). SULFUR LIMIT CHANGE COULD ALTER SOUTH KOREA'S DEMAND PROFILE FOR THERMAL COAL. Retrieved 3/8/2021. From <https://www.sustainable-carbon.org/sulfur-limit-change-could-alter-south-koreas-demand-profile-for-thermal-coal/>
- [86] International Centre of Sustainable Carbon. (2021). Emission Standard. Retrieved 4/8/2021. From <https://www.sustainable-carbon.org/library/emission-standards/>

บรรณานุกรมภาษาไทย

- [4] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (n.d.) เทคโนโลยีในการกำจัดมลสารทางอากาศโครงการโรงไฟฟ้าถ่านหินกระบี่. Retrieved https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1863&Itemid=244
- [5] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2563). สถานการณ์พลังงานปี 2562. รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย. 2563 2563 (n.d.) 13-196
- [10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2562). สถานการณ์ของประเทศไทยปี 2562. รายงานคุณภาพพลังงานของประเทศไทย 2562. 2562 (n.d.) 1-53
- [14] บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและคณะ. (2556) โครงการศึกษาจัดทำแผนที่นำทางและศักยภาพในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean coal Technology) ในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย 2556. 2556. 2-1
- [22] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (n.d.) การทำความสะอาดโดยวิธีทางกายภาพ (physical cleaning). Retrieved 18/6/2564, from http://projects-pdp2010.egat.co.th/projects1/index.php?option=com_content&view=article&id=3:coaltechnology&catid=1:introduction-of-coal
- [49] รัชชานนท์ เปี่ยมใจสว่าง./(2563). “ไซโคลน” เครื่องมือคัดแยกฝุ่นในภาคอุตสาหกรรม, วารสารสิ่งแวดล้อม. ปีที่ 24 (ฉบับที่ 4).
- [51] เจนจิรา มีแสง, (2557) ประสิทธิภาพของระบบป้องกันฝุ่นละอองจากกระบวนการผลิตของโรงโม่หินจากการตรวจวัดความทึบแสง : กรณีศึกษา ตำบลหน้าพระลานอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี/ปริญญาโทบริหารบัณฑิต./กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร
- [58] พรวิธ ฤทธินนท์. (n.d.) PM 2.5 กับอุตสาหกรรม. n.d. n.d.
- [60] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (n.d.) ความรู้เกี่ยวกับโรงไฟฟ้า Retrieved 7/7/2021, from http://maemoh.egat.com/index.php?option=com_content&view=category&id=9&Itemid=488
- [64] มนต์สันต์ ถนอมธรรม. (2553) การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการใช้ประโยชน์เทคนิคการดักจับและกักเก็บคาร์บอนซอร์เบชันศึกษาของแหล่งก๊าซธรรมชาตินอกชายฝั่งในประเทศไทย วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [66] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2012) ข้อมูลเทคโนโลยีเชิงลึกการใช้หัวเผาแบบ Oxy-Fuel (Oxy-Fuel Fired Burner) โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานระยะที่ 2 n.d. n.d.

[82] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2561). *คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (โรงงาน) พ.ศ. 2561*. Retrieved 20/7/2021. From http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Fac/Fac_13.pdf