หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2

# สวนอุตสาหกรรมเชิงเศรษฐศาสตร์ (ECO-INDUSTRIAL PARK : EIP)

## 2.1 EIP คืออะไร

เนื่องจากการตื่นตัวทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน การผลิตที่สะอาดจึงเป็นจุดที่ดึงดูดให้ผู้ประกอบการหันมาสนใจมากขึ้น แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการเพิ่มการดูแล การกำจัดขยะอย่างถูกวิธี การนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ การพยายามลดการใช้พลังงานโดยการทดแทนด้วยเทคโนโลยีเป็นต้น ซึ่งจะเดินสวนทางกับผลตอบแทนที่ทางผู้ประกอบการ จะได้รับ แต่สำหรับระบบอุตสาหกรรมแบบใหม่นี้ ทั้งผลตอบแทนต่อผู้ประกอบการและต่อสังคมจะเดินไปในทางเดียวกัน

EIP เป็นแนวทางใหม่ในการพัฒนาทั้งทางด้าน เศรษฐศาสตร์ สังคม และอุตสาหกรรม รวมไปถึงการจัดการด้วย ซึ่งอุตสาหกรรมที่เข้ามาอยู่ร่วมในนิเวศน์ หรือนิคมแบบนี้ จะเป็นหน่วยหนึ่งของระบบซึ่งต้องดำเนินงานภายใต้การร่วมมือกัน เป็นการรวมกลุ่มอุตสาหกรรมที่สอดคล้องเพื่อให้เกิดการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดขยะและมลพิษ โดยเกิดผลตอบแทนมากที่สุด

***ECO : ECONOMIC***

- Progressive economic development strategy
- Improve economic performance (save operating cost)

Economic เป็นเป้าหมายสำคัญในระบบสวนอุตสาหกรรมแบบใหม่นี้ เนื่องจากการจัดการ ได้มุ่งเน้นที่จะลดค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้นในระยะยาว ไม่ว่าจะเป็น ค่าวัตถุดิบ ซึ่งมีราคาสูงขึ้นเนื่องจากหาได้ยากขึ้น ค่าขนส่ง ค่ากำจัดขยะ ค่าพลังงานซึ่งมีแนวโน้มจะสูงขึ้นทั้งสิ้น ดังนั้นจึงใช้ Economic เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินว่าควรจะจัดการอย่างไรจึงจะคุ้มค่าที่สุด

***INDUSTRIAL***

- Group of compatible companies that have links to share information
- Interaction and collaboration

โรงงานผู้ผลิต หรือบริษัทที่ให้บริการต่างๆ ที่จะเข้ามาร่วมในระบบสวนอุตสาหกรรมแบบนี้จะต้องมีความเหมาะสม คล้องจองกันในทางที่จะนำไปสู่การพัฒนาศักยภาพทางเศรษฐกิจร่วมกัน โดยองค์กรต่างๆ ภายในนิคมจะต้องมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องต่อกัน (interlinkage) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตให้แก่กันเพื่อให้ทั้งระบบเกิดความคล่องตัวในการบริหาร

***PARK***

- Large Scale
- Ecology System : Symbiosis
- Food Chain : Linkage

แนวคิดในการออกแบบรูปแบบสวนอุตสาหกรรมนี้ได้อาศัยหลักการของนิเวศน์วิทยา คือการอยู่ร่วมและช่วยเหลือกันของแต่ละอุตสาหกรรมซึ่งแตกต่างกัน โดยที่การไหลของทรัพยากร (พลังงานและวัสดุต่างๆ) จะคล้ายคลึงกับห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศน์ นั่นคือผลผลิตพลอยได้ (By Product) หรือของเสีย (Waste) ซึ่งไม่มีค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของโรงงานอุตสาหกรรมหนึ่ง จะเป็นวัตถุดิบ (Input/Raw Material) ของอีกอุตสาหกรรมหนึ่ง ซึ่งในระบบสวนอุตสาหกรรมที่สมบูรณ์ (Maturity) จะมี Input เป็นพลังงานแสงอาทิตย์

> ***EIP*** *คือกลุ่ม (Community) ของผู้ผลิต (Manufacturer) และธุรกิจบริการ (Service Business) ที่เน้นศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อมผ่านการบริหารร่วมกันทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร (พลังงาน น้ำ วัสดุ) ผลจากการทำงานร่วมกัน กลุ่มธุรกิจนี้จะพบว่าผลประโยชน์โดยรวมจะมากกว่าการที่บริหารแยกแต่ละบริษัท*

**2.2 ความต้องการและขนาดตลาด**

การพิจารณาในส่วนของตลาดนิคมอุตสาหกรรม จะพิจารณาได้จาก 2 ส่วนคือ การเกิดการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมกับความต้องการความคล่องตัวในการดำเนินงาน และการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคมในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและลดค่าใช้จ่ายในการจัดการ

ในการลงทุนสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน นอกจากผลตอบแทนแล้ว ผู้ลงทุนมักจะคำนึงถึงความสะดวกรวดเร็ว ความพร้อมของระบบสาธารณูปโภค การคมนาคม แต่เดิมนั้นการลงทุนมักจะพิจารณาถึงพื้นที่ในแง่ของการตลาด ต่อมาได้มีการพัฒนาที่ดินสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม (นิคมอุตสาหกรรม) ซึ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการ ไม่ว่าจะเป็นระบบสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน การดำเนินการขอรับการส่งเสริมการลงทุน (BOI) การบริการตรวจรับรองแบบก่อสร้างโรงงาน และบริการเสริมอื่นๆ รวมถึงการที่ภาครัฐได้เล็งเห็นถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการดำเนินการอุตสาหกรรม จึงได้มีประกาศเขตอุตสาหกรรมแยกออกจากเขตที่อยู่อาศัย ในปัจจุบันภาครัฐได้มีมาตรการในหลายๆด้าน ซึ่งช่วยผลักดันให้ผู้ลงทุนกิจการโรงงานอุตสาหกรรม นิยมมาใช้บริการของนิคมมากขึ้น จึงส่งผลให้นิคมอุตสาหกรรมเติบโตและขยายตัวขึ้น ทั้งในส่วนของรัฐบาลและเอกชน เช่น นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ หรือนิคมอุตสาหกรรมพิจิตร (อยู่ในระหว่างการก่อสร้าง) เป็นต้น

ในส่วนของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้มีเป้าหมายในการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมให้มีในทุกๆจังหวัด ปัจจุบันนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มีนิคมอุตสาหกรรมอยู่ 23 แห่ง (ของการนิคมฯ 100% จำนวน 7 แห่ง และการนิคมฯ ร่วมกับภาคเอกชน จำนวน 16 แห่ง) และมีนิคมอุตสาหกรรมที่อยู่ในระหว่างการศึกษา และ การก่อสร้างจำนวน 33 แห่ง ทั่วประเทศ

- <u>*การตื่นตัวในด้านสิ่งแวดล้อม*</u>

  ในส่วนของความรับผิดชอบที่มีต่อสังคมส่วนรวม เนื่องจากทุกฝ่ายได้ตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมและตื่นตัวให้ความสำคัญมากขึ้น ปัญหาดังกล่าว ได้แก่

  - มลภาวะทั้งด้านน้ำเสีย อากาศเสีย ขยะของเน่าเสีย
  - ขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ และพลังงาน

  ซึ่งได้มีองค์กร/หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (ในภาคอุตสาหกรรม) ดังนี้

  1. การนิคมอุตสาหกรรม
  2. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ
  3. กรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม
  4. การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (IEAT)

4. กรมควบคุมมลพิษ (PCD) กระทรวงวิทยาศาสตร์
5. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

การนิคมอุตสาหกรรมได้เริ่มต้นที่เรื่องของขยะของแข็ง และน้ำเสีย โดยได้จัดทำโครงการ waste management ขึ้น รวมทั้งการมีนโยบายให้ความช่วยเหลือกับโรงงานในนิคมฯในการที่จะขอใบรับรอง ISO 14000 ด้วย

สำหรับ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช) กองอนุรักษ์ พลังงานทดแทน ก็ได้มีนโยบายในการสนับสนุนให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน โดยออกมาในรูปของพระราชบัญญัติอาคารควบคุม , พรบ.โรงงานควบคุมซึ่งทางรัฐบาลได้จัดให้มีกองทุนสำหรับช่วยเหลือเจ้าของกิจการ ในการปรับปรุง เพื่อลดการใช้พลังงานในกิจการ รวมถึงการให้เงินทุนสำหรับการวิจัยเพื่อลดพลังงานด้วย

ในส่วนของกรมโรงงาน ก็ได้มีการตรวจสิ่งแวดล้อมโรงงานอยู่เป็นประจำแต่ก็ไม่สามารถตรวจได้ทั่วถึง เนื่องจากปริมาณกำลังคนไม่พอเพียง จึงได้ให้มีการจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถตรวจแทนกรมโรงงานได้

ทางด้านกรมควบคุมมลพิษนั้น ได้มุ่งเน้นไปที่ส่วนอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมนัก เช่น การควบคุมคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเล การกำหนดแหล่งกำเนิดมลพิษ เช่นที่ดินจัดสรร เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องควบคุมเป็นต้น ในส่วนของอุตสาหกรรม ทางกรมจะเข้าไปตรวจเพิ่มเมื่อได้รับการร้องเรียนเท่านั้น

สำหรับสำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ออกพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ปี 2535 ซึ่งมีข้อที่สำคัญคือในเรื่องของผู้ที่ทำลายสิ่งแวดล้อมต้องผู้ออกค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมให้กลับมาเหมือนเดิม (Polluter Pay Principal, 3P)

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่า ตลาดการพัฒนาที่ดินเพื่อการอุตสาหกรรมยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าสามารถพัฒนาที่ดินเพื่อการอุตสาหกรรมที่สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิต (ลดค่าใช้จ่ายพลังงาน และวัตถุดิบ) และลดค่าใช้จ่ายโสหุ้ย (ค่ากำจัดขยะอุตสาหกรรม ค่าบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น) ดังเช่น EIP ก็น่าจะได้รับความสนใจจากผู้ลงทุนจำนวนมาก

- *บทบาทของสวนอุตสาหกรรมเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อประเทศ*

เนื่องจากสวนอุตสาหกรรมนี้มีข้อดีหลายๆข้อ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการพัฒนาแบบยั่งยืน สภาพแวดล้อมจะถูกรบกวนน้อยลง ประเทศชาติจะได้รับผลดีคือปัญหา สิ่งแวดล้อม ปัญหาขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ จะลดลงอย่างมาก ซึ่งหากการพัฒนาขยายวงกว้างออกไป ครอบคลุมถึงที่อยู่อาศัย และพื้นที่สาธารณะด้วย ก็จะทำให้เมืองทั้งเมืองเป็นเมืองที่สะอาด น่าอยู่ ดังนั้นหากจะมีการนำสวนอุตสาหกรรมแบบใหม่นี้มาพัฒนาใช้กับประเทศไทย ก็น่าจะทำให้ผู้บริหารประเทศให้การสนับสนุนการการวิจัย หรือจัดทำแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สวนอุตสาหกรรมนี้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และ เพื่อให้ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งซึ่งสามารถแข่งขันกับนานาประเทศได้ เนื่องจากต้นทุนต่ำกว่าและผ่านมาตรการหรือข้อกำหนดต่างๆ ซึ่งเป็น เงื่อนไขทางการค้า ทางรัฐบาลควรได้กำหนดบทบาทในการพัฒนาสวนอุตสาหกรรมนี้อย่างเด่นชัด

**2.3 ข้อมูลทางเทคนิค**

ในการออกแบบสวนอุตสาหกรรมนั้นมีสิ่งที่ต้องพิจารณาคือ

- การไหลของพลังงาน
- การไหลของวัสดุ
- ความสูญเสียและการแพร่กระจายสู่บรรยากาศ
- ความสอดคล้องของอุตสาหกรรมในเชิงเศรษฐศาสตร์

ซึ่งจากข้อมูลจะทำให้สามารถที่จะกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรมที่จะเข้ามาอยู่ในสวนอุตสาหกรรมหนึ่งๆ ได้ ซึ่งขนาดของสวนอุตสาหกรรมนั้น (ความยาวของสายพลังงานและวัสดุ) จะใช้ เศรษฐศาสตร์เป็นตัวกำหนด

*เทคโนโลยีสำหรับสวนอุตสาหกรรม*

1. ระบบสารสนเทศ : ระบบโครงข่ายการเชื่อมโยงเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล ข่าวสาร
2. การใช้น้ำ : กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่
3. การใช้พลังงาน : Cogeneration System, กระบวนการนำพลังงานกลับมาใช้, หาแหล่งกำเนิดอื่น
4. เทคนิคการ Recovery , Reuse, Recycle และการใช้สิ่งทดแทน
5. การตรวจติดตามด้านสิ่งแวดล้อม

6. การคมนาคมขนส่ง

## 2.4 การบริหารสวนอุตสาหกรรมเชิงเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากการพัฒนาสวนอุตสาหกรรมนี้ เป็นงานซึ่งเกี่ยวข้องกับหลายหน่วยงาน การบริหารองค์กรจึงเป็นเรื่องที่ยุ่งยากพอสมควร ซึ่งควรจะเป็นสวนอุตสาหกรรมที่พัฒนาโดยรัฐบาล เพื่อให้สามารถขยายผลไปในชุมชนที่ใหญ่ขึ้นได้ในอนาคต

## 2.5 การพัฒนาสวนนิเวศน์อุตสาหกรรมเชิงเศรษฐศาสตร์ในต่างประเทศ

### *2.5.1 Brownsville Eco-Industrial Project (1994)*

เป็นการพัฒนาโครงข่ายของการแลกเปลี่ยนขยะ วัตถุดิบ ระหว่างผู้ผลิตซึ่งจะช่วยเพิ่มผลกำไรและเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาสิ่งแวดล้อม แนวคิดพื้นฐานของการพัฒนาคือ หลักเศรษฐศาสตร์ อุตสาหกรรมเลียนแบบสิ่งมีชีวิต ( Industrial Symbios, IS)

ขั้นตอนของโครงการจะแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ เฟสแรก Indigo Development and the Research Triagle Institue โดยการสนับสนุนด้านการเงินจาก Environment Protection Agency (EPA) ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ เฟสที่ 2 Brownsville Economic Development counoil และ Port of Brownsville จัดจ้างบริษัทที่ปรึกษาวิเคราะห์ถึงปัจจัยนำเข้า (Input) / ผลลัพธ์ที่ได้ (Output) ระดับภูมิภาคและสรุปว่าโครงการมีความเป็นไปได้ จึงจัดจ้าง TMAC ( The Texas Manufacturing Assistance Center ) ให้พัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านความต้องการด้านความต้องการ วัตถุดิบ ของเสีย และ ระบบสนับสนุนการผลิต ของผู้ผลิตในท้องถิ่น จากนั้นสร้าง Computer Model สำหรับค้นหาฐานข้อมูลและจับคู่ความต้องการ วัตถุดิบ กับ ของเสีย ผลที่ได้คือโครงข่ายซึ่งมีความซับซ้อนของการแลกเปลี่ยน ในเฟสที่ 3 เป็นการนำโครงข่ายแลกเปลี่ยนมาใช้กับผู้ร่วมโครงการ โดยเริ่มจาก 35 บริษัทก่อน จากนั้นจึงเพิ่มไปมากกว่า 150 บริษัทในภูมิภาค โดยให้มีการระบุศักยภาพของผู้จัดหา/ผู้ซื้อ ตรวจสอบถึงคุณภาพ ปริมาณและความน่าเชื่อถือของ Waste Stream และประมาณค่าใช้จ่ายส่วนที่ประหยัดได้ให้กับผู้ร่วมโครงการ

*2.5.2 Baltimore, Maryland, USA*

**EIP: Fairfield**

ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของเมือง Baltimore มีพื้นที่ 2,200 เอเคอร์ (5,500ไร่ ) ประกอบด้วยผู้ผลิตขั้นต้นที่มีกระบวนการผลิตเกี่ยวกับปิโตรเลียม และอินทรีย์เคมี และผู้ผลิตรายย่อย ซึ่งสนับสนุนผู้ผลิตรายใหญ่ เช่น ผู้ผลิตกล่อง , รถบรรทุก เป็นต้น

Fairfield EIP นี้มีวงจรหลักคือ สารประกอบอินทรีย์เคมี (Organic Compund ) ซึ่งกลยุทธ์ในการเลือกองค์กรที่จะเข้ามาอยู่ในนิคมนี้ได้แก่

- มีการผลิตในแบบเดียวกับที่เป็นอยู่ในนิเวศน์นี้ ( เคมี, ฟิล์ม, กล้อง เป็นต้น )
- มีเทคโนโลยีด้านสิ่งแวดล้อม
- เป็นผู้นำกลับมาใช้ (recyler) และสามารถแลกเปลี่ยนของเสียได้

*2.5.3 Cape Charles, Virginia, USA*

ตั้งอยู่ที่เมือง Northampton พื้นที่ 570 เอเคอร์ (1,425 ไร่) วัตถุประสงค์ของการพัฒนา EIP คือ

- จัดสร้างรูปแบบการพัฒนาระดับชาติ ซึ่งสร้างธุรกิจ, พลเมือง, เศรษฐกิจ, ทรัพยากรธรรมชาติ และวัฒนธรรม
- สร้างงาน พร้อมการฝึกอบรม
- ปกป้องทรัพยากรธรรมชาติและทำให้เพิ่มขึ้น รวมทั้งการรักษาวัฒนธรรม การอนุรักษ์ และการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สนับสนุนธุรกิจเอกชน และการพัฒนาอุตสาหกรรม ฟื้นฟูเศรษฐกิจขึ้นมาใหม่
- พัฒนาระบบสาธารณูปโภคสำหรับอุตสาหกรรมในยุคหน้า โดยพิจารณาถึงผลกำไร , ทรัพยากร , ประสิทธิภาพ , นิเวศน์วิทยาอุตสาหกรรม (Indurtial Ecology) และ การป้องกันมลภาวะ

*2.5.4 Brownsville, Texas, USA*

ตั้งอยู่ที่รอยต่อของประเทศอเมริกากับแมกซิโกมุ่งไปที่การนำพลาสติกมารีไซเคิล และการนำภาชนะบรรจุกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ในการเลือกผลพลอยได้จากการผลิตของอุตสาหกรรมหนึ่ง และของเสียให้ตรงกับความต้องการ

(Input) ของอีกอุตสาหกรรม ดังนั้นในแต่ละอุตสาหกรรมจะถูกบ่งชี้ถึงโอกาสในการแลกเปลี่ยนของเสียซึ่งจะช่วยผู้จะวางแผนในการเลือกอุตสาหกรรมที่จะเข้ามาร่วม

### *2.5.5 Chattanooga, Tennessee, USA*

เมื่อปี 1969 เมือง Chattanooga เป็นเมืองซึ่งขึ้นชื่อว่าเป็น " America's most polluted city" แต่เมื่อไม่นานมานี้ เมืองนี้เป็นเมืองซึ่งได้รับการยกย่องในเรื่องของการพัฒนาแบบยั่งยืน เมื่อ 3 ปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาไปสู่ EIP ซึ่ง PSCD ได้ชี้บ่งว่า เมืองนี้มีอยู่ 4 แห่งที่สามารถจะก้าวสู่ EIP ได้

- Brownfied Beclamation Park / Anchor Glass site พื้นที่อุตสาหกรรม 13 เอเคอร์ ( 32.5 ไร่ )
- Mixed-Use Greenfield Park/Lookout Valley Site พื้นที่ 775 เอเคอร์ (1,937.5 ไร่)
- Eco-Industrial Park / Volunteer Army Ammunition Plant พื้นที่ 6,800 เอเคอร์ (17,000 ไร่ ) รวมเรื่องของ Warehouse, Distribution, Industrial Activity, Incubator และ Technical Education Center
- Environmental Technology Complex / South Central Business District. พื้นที่ 100 เอเคอร์ ( 250 ไร่ : เริ่มจาก Zero Emission Industries, Incubator และ Housing)

### *2.5.6 Kalunbrog Prototype Industrial Ecosystem, Denmark*

เป็นสวนอุตสาหกรรมที่พัฒนามากว่า 20 ปี เป็นสวนอุตสาหกรรมที่ถือว่าเป็นต้นแบบของสวนอุตสาหกรรมเชิงเศรษฐศาสตร์ สำหรับรายละเอียดจะแสดงในท้ายบท

### *2.5.7 โครงการอื่นที่อาจเป็นไปได้*

1. Aluminum Kombibat : Korean Institute of Science and Technology ( KIST ) เพื่อแก้ปัญหาที่กรุงโซลต้องกำจัด coal ash ( เถ้าถ่านหิน ) เป็นจำนวนหลายล้านตันต่อปี เนื่องจากมีการใช้ถ่านหิน ในกระบวนการผลิต Aluminum และ Cement
2. Lignite- Burning Power Plant Modified Via PYREG : Poland

3. PYREG (Pyrolysis of Recycled Gas Stream) พัฒนามาจาก PYGAS (Pyrolysis in the Gas stream)
4. System Integrated with ENECHEM and Additional Plant for Xylite Processing

## 2.6 สรุปบริเวณซึ่งถูกพัฒนาเป็น EIP

**CANADA**

Burnside Industrial Park, Nova Scotia

Bruce Energy Center, Ontario

Port Industrial District, Ontario

**UNITED STATES**

Brownsville, Texas

Baltimore, Maryland

Cape Charles, Virginia

Chattanooga, Tennessee

Trenton, New Jersey

Tucson, Arizona

Plattsburgh, New York

Burlington, Vermont

**DENMARK**

Kalundborg

**SWEDEN**

Linkoping

**FRANCE**

Sophie Esterel

Chalon-Sur-Saone

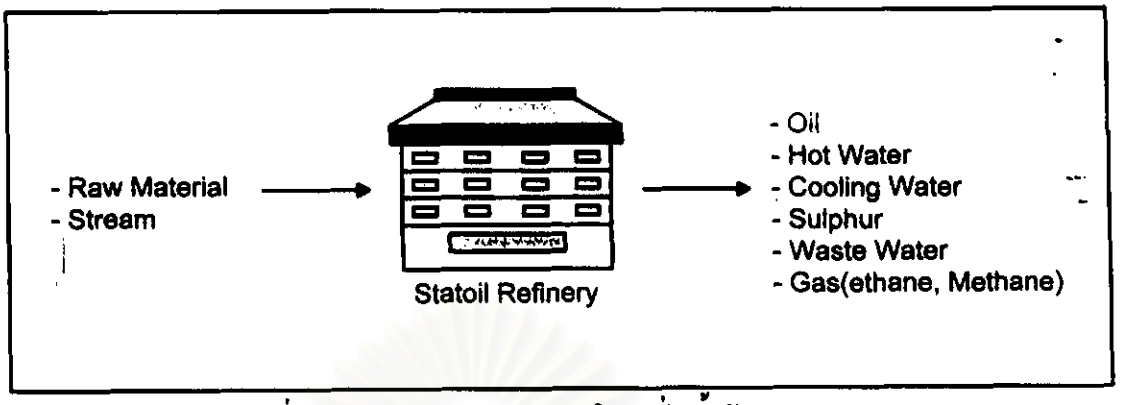
Reseau Haute Saone

## 2.7 ตัวอย่างการพัฒนาระบบอุตสาหกรรมเฉียนแบบนิเวศน์วิทยา

### 2.7.1 KALUNDBORG

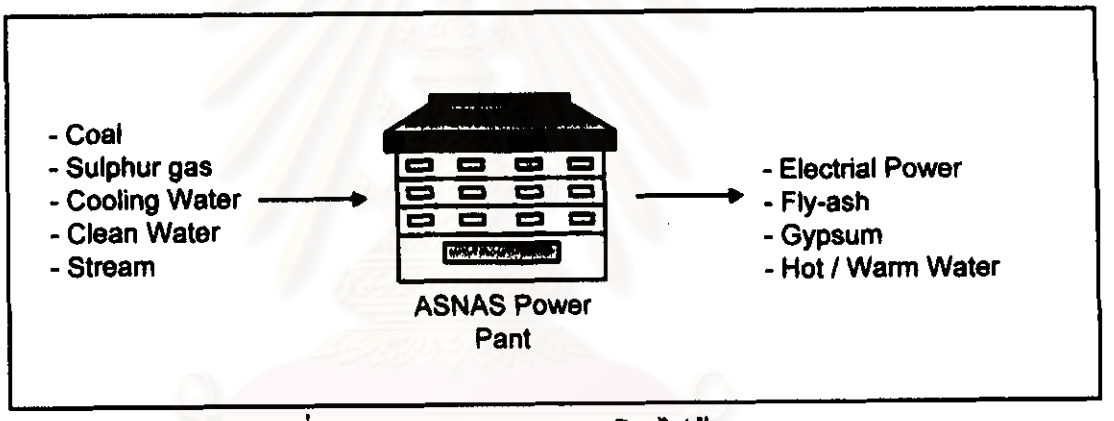
Kalundborg เดนมาร์ก เป็นระบบอุตสาหกรรมที่ประกอบด้วยอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ 4 แห่ง และเมืองๆหนึ่ง ซึ่งใช้แหล่งวัตถุดิบและพลังงานร่วมกัน นำของเสียกลับมาใช้ใหม่ ระบบอุตสาหกรรมแบบพึ่งพากันจะช่วยลดผลกระทบของอุตสาหกรรมที่มีต่อ สิ่งแวดล้อม และในเวลาเดียวกันก็ช่วยลดความต้องการพลังงานและวัตถุดิบ Kalundborg จัดเป็นต้นแบบของระบบนิเวศอุตสาหกรรม

- *Input* และ *Output* ของโรงกลั่นน้ำมัน *Statoil*



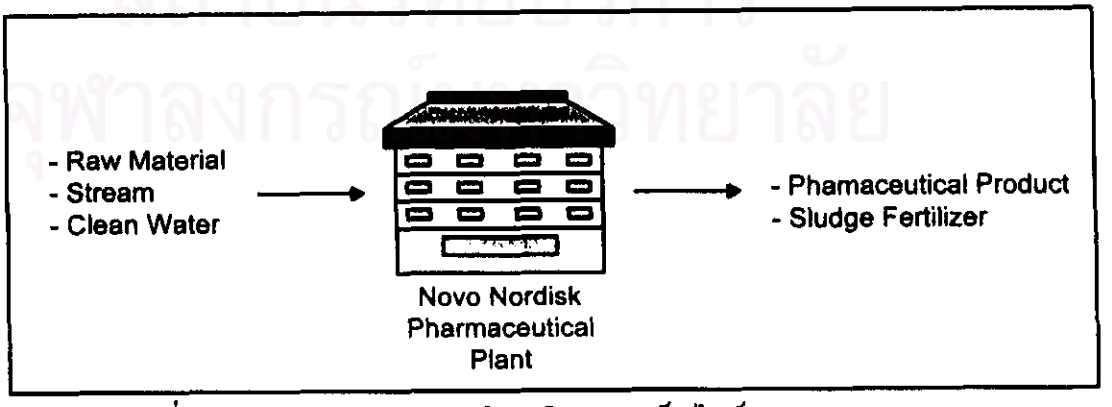

รูปที่ 2.1 Input และ Output ของโรงกลั่นน้ำมัน Statoil

- *Input* และ *Output* ของโรงไฟฟ้า



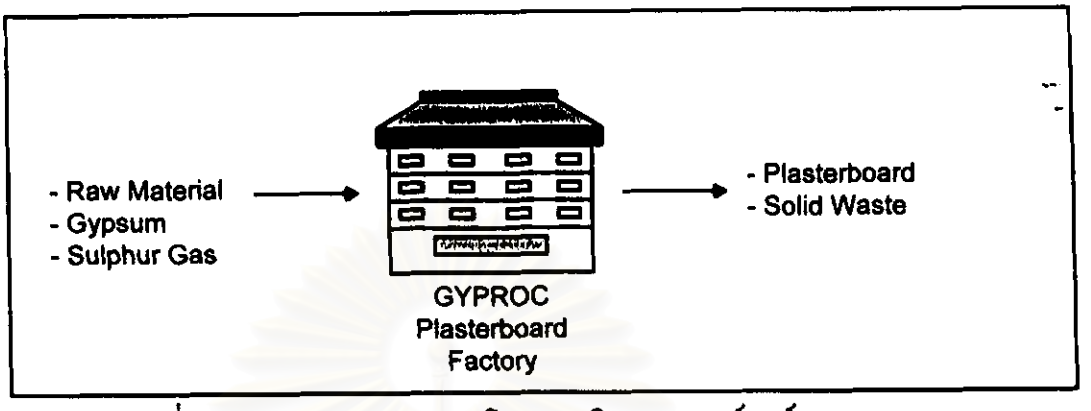

รูปที่ 2.2 Input และ Output ของโรงไฟฟ้า Asnas

- *Input* และ *Output* ของโรงผลิตยาและเอ็นไซม์




รูปที่ 2.3 Input และ Output ของโรงผลิตยาและเอ็นไซม์ Novo Nordisk

- *Input* และ *Output* ของโรงงานผลิต *Plasterboard*




รูปที่ 2.4 Input และ Output ของโรงงานผลิตพลาสเตอร์บอร์ด Gypoc

**แนวคิดของระบบการพึ่งพา**

ระบบอุตสาหกรรมแบบพึ่งพากันใน Kalundborg คือการร่วมมือกันระหว่าง อุตสาหกรรม ต่างๆ อุตสาหกรรมหลักๆของ Kalundborg 4 แห่งคือ โรงไฟฟ้า Asnas โรงกลั่นน้ำมัน Statoil โรงผลิตยาและเอมไซม์ Novo Nordisk และโรงผลิต Plasterboard Gyproc ซึ่งมีการนำเอาของเสียและแหล่งพลังงานมาใช้ประโยชน์ และนำเอาผลผลิต พลอยได้กลับไปใช้เป็นวัตถุดิบใหม่

ในช่วง 25 ปีที่ผ่านมา ระบบการพึ่งพามีการพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยปราศจากการออกแบบในส่วนที่สำคัญ บริษัทจะหาวิธีประหยัดโดยใช้ ผลผลิตพลอยได้และพยายาม ลดต้นทุนต่างๆ ให้ต่ำที่สุดเพื่อให้สอดคล้องกับกฎระเบียบเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่เคร่งครัดขึ้น ถึงแม้ว่าระบบอุตสาหกรรมแบบพึ่งพาที่กล่าวถึงนี้จะเป็นสิ่งที่สนับสนุนระบบนิเวศน์อุตสาหกรรม ระบบอุตสาหกรรมของ Kalundborg ไม่ได้อยู่บนปรัชญาข้อนี้ แต่จะเป็นเรื่องของการดำเนินธุรกิจและความสำนึกรับผิดชอบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามการเชื่อมโยงของบริษัทในท้องถิ่น (รวมทั้งบางบริษัทที่อยู่ไกลออกไป) ซึ่งทำให้มีการ เคลื่อนย้ายวัตถุดิบและพลังงานเป็นแบบวงจรปิด เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับระบบนิเวศน์อุตสาหกรรม

โรงไฟฟ้าจะเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมด้วยการเปลี่ยนถ่านหินไปเป็นพลังงานที่มีประโยชน์ โดยการขายความร้อนส่วนเกินไปให้แก่เมืองเทศบาลและความร้อนบางส่วนที่เกินก็ใช้ในการให้ความร้อนกับฟาร์มเลี้ยงปลาของโรงไฟฟ้าเอง ด้วย นอกจากนี้โรงไฟฟ้ายังขาย Steam ไปให้ Statoil และ Novo Nordisk, ขายยิปซัมจาก $SO_2$ Scrubber ไปให้ Gyproc และขายเถ้าถ่านไปให้บริษัทที่ดำเนินงานเกี่ยวกับการก่อสร้าง

โรงกลั่นน้ำมันจะขายก๊าซให้ Asnas และ Gyproc เพื่อใช้เป็นพลังงานแทนที่จะเผาก๊าซทิ้งไป และส่งน้ำหล่อเย็นไปให้ Asnas เพื่อลดปริมาณความต้องการน้ำของโรงไฟฟ้า ในขณะเดียวกันโรงกลั่นน้ำมันก็ขายซัลเฟอร์บริสุทธิ์จากโรงกำจัดกำมะถันไปให้ผู้ผลิตกรดซัลฟูริก ส่วน Novo Nordisk จะผลิตตะกอนออแกนิก ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้จำนวนมาก และส่งไปให้เกษตรกรเพื่อทำเป็นปุ๋ยเสริม

ในตอนเริ่มต้นการดำเนินการแบบนี้เป็นแนวทางที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด และ สอดคล้องกับ กฎระเบียบต่างๆ Gyproc ผลิต Plasterboard โดยใช้ Scrubber จากโรงไฟฟ้า และก๊าซเชื้อเพลิงจากโรงกลั่นน้ำมัน

การเชื่อมโยงแต่ละอันจะแสดงให้เห็นประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับบริษัทที่มีส่วนร่วม ในขณะเดียวกันจะลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรคงคลัง ในขณะที่บริษัทที่มีส่วนร่วม จะได้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมของระบบการพึ่งพากัน ในแง่ที่จะเป็นสิ่งผลักดันให้มีการพัฒนาตัวเองจากมุมมองของนโยบายบริษัท ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรควรจะทำให้เกิดการจูงใจในการสร้างเครื่องส่งเสริมให้มีการร่วมมือกัน

ผลที่ได้รับจากระบบอุตสาหกรรมแบบพึ่งพากัน คือ การลดมลพิษต่างๆ ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมมีค่าลดลงแปรผกผันกับจำนวนบริษัทที่มีส่วนร่วม แนวทางเหล่านี้ทำให้มองเห็นถึงระบบนิเวศน์อุตสาหกรรมที่มีปริมาณวัตถุดิบจำกัดในการผลิต และปริมาณของเสียก็จำกัด โดยที่วัตถุดิบและพลังงานจะถูกนำมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

**ประโยชน์ของระบบอุตสาหกรรมแบบพึ่งพากัน**

ใน Kalundborg มีการเชื่อมโยงกันทางกายภาพประมาณ 11 การเชื่อมโยง มีการจัดการด้านการไหลของวัตถุดิบและพลังงานซึ่งพัฒนามากกว่าการจัดการตามปกติในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ประโยชน์ของการจัดการแบบพึ่งพากันมี 4 ประเภทที่เห็นได้ชัด คือ

- ลดการใช้ทรัพยากรที่ต้องใช้ โดยเฉพาะน้ำ, ถ่านหิน, น้ำมัน, ยิปซัม, ปูน เป็นต้น
- ลดมลพิษด้านความร้อน, สารเคมี, ลด $CO_2$ และ $SO_2$ ในอากาศ, ลดสิ่งสกปรกที่เกิดจากบริเวณกำจัดของเสีย
- เพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานที่มีประโยชน์ การจัดลำดับชั้นของพลังงานทำให้ประสิทธิภาพของการเผาถ่านเพิ่มขึ้นจาก 40% เป็น 90% (สูงสุด) ก๊าซจากโรงกลั่นน้ำมันถูกนำมาใช้ประโยชน์แทนที่จะเผาทิ้งไป
- ได้ประโยชน์จากการใช้วัตถุที่เมื่อก่อนเป็นแค่ของเสีย ต้นทุนในการกำจัดของเสียหมดไป และ by-product ที่ได้จะถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบให้กับอีกบริษัทหนึ่ง
- บริษัทที่มีส่วนร่วม 4 บริษัทใหญ่ๆ ได้ลดปริมาณความต้องการน้ำลงไป 20 - 25% ขึ้นกับปริมาณใช้ของแต่ละบริษัท Statoil ได้ประเมินครั้งล่าสุดพบว่าลดลง 1.2 ล้าน ลูกบาศก์เมตรต่อปี คือจาก 4.8 เหลือ 3.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี Novo Nordisk มีระบบบำบัดน้ำเสียที่สมบูรณ์ ได้บำบัดน้ำเสียอีก 900,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี เพื่อให้มีน้ำเพียงพอสำหรับการนำไปใช้ใหม่ในระบบการพึ่งพา
- การใช้น้ำมันลดลงประมาณ 19,000 ตันต่อปี เนื่องจากนำความร้อนจากโรงไฟฟ้ามาใช้แทน ในการให้ความร้อนในเมือง และใช้ก๊าซจากโรงกลั่นน้ำมันแทนการใช้น้ำมันที่ Gyproc และ Novo Nordisk
- การใช้ถ่านหินลดลง 30,000 ตันต่อปี หรือประมาณ 2% ของความต้องการของโรงไฟฟ้า โดยการใช้ก๊าซจากโรงกลั่นน้ำมันแทน
- การปล่อยก๊าซ $CO_2$ สู่อากาศลดลง 130,000 ตันต่อปี หรือประมาณ 3% เนื่องจากใช้ก๊าซจากโรงกลั่นน้ำมันแทนการใช้ถ่านหินในห้องต้มของโรงไฟฟ้า

- การปล่อยก๊าซ $SO_2$ สู่อากาศลดลง 25,000 ตันต่อปี หรือประมาณ 58% เนื่องจากใช้ Scrubber เป็นวัตถุดิบที่โรงไฟฟ้าและ Statoil ความจริงอาจจะสูงกว่า 58 % อีก
- การเปลี่ยนผลผลิตพลอยได้ให้เป็นวัตถุดิบไม่เพียงแต่เป็นการลดมลพิษและลดความต้องการพื้นที่ในการกำจัดของเสียเท่านั้น แต่ยังช่วยให้ไม่ต้องใช้วัตถุดิบที่ยังบริสุทธิ์อยู่เลย Gyproc เป็นผู้ผลิต Plasterboard ได้รับยิปซัมประมาณ 80,000 ตัน หรือ 2 ใน 3 ของความต้องการทั้งปี ซึ่งเป็น by-product ของ Scrubber ของโรงไฟฟ้า นอกจากนี้ยังได้รับก๊าซจากโรงกลั่นน้ำมันเพื่อใช้แทนน้ำมันที่เป็นเชื้อเพลิงในห้องอบ
- การเปลี่ยนของเสียเป็นวัตถุดิบในรูปแบบอื่นๆ อีก ได้แก่ เถ้าถ่าน 135,000 ตันต่อปี ซัลเฟอร์ 2,800 ตันต่อปี ไนโตรเจน 800 ตันต่อปี และฟอสฟอรัส 400 ตันต่อปี ในรูปของปุ๋ยตะกอนชีวภาพ
- นอกจากนี้ยังมีประโยชน์อื่นๆอีก เช่น การฝึกอบรมพนักงาน ในอดีตบริษัทต้องส่งพนักงานไปอบรมพิเศษยัง Copenhagen เนื่องจากมีพนักงานที่จะเข้าอบรมน้อย ผู้สอนจึงไม่เดินทางมาที่ Kalundborg ระบบการพึ่งพากันทำให้บริษัทสามารถหาความเหมาะสมระหว่างความต้องการการอบรมของพนักงานและการทำให้ต้นทุนการอบรมมี ประสิทธิภาพ ประโยชน์อื่นๆ คือเรื่องความปลอดภัยของพนักงาน

**ลำดับเหตุการณ์ของระบบการพึ่งพา**

1959 โรงไฟฟ้า Asnas เริ่มเปิดดำเนินงาน

1961 โรงกลั่นน้ำมัน Statoil เริ่มเปิดดำเนินงาน ต่อท่อน้ำจากทะเลสาบ Tisso

1972 Gyproc A/S ก่อตั้ง ต่อท่อก๊าซจากโรงกลั่นน้ำมัน Statoil

1973 โรงไฟฟ้า Asnas ดึงน้ำจากทะเลสาบ Tisso ผ่านทางท่อ หลังการขยายกิจการ

1976 Novo Nordisk เริ่มส่งตะกอนที่ได้จากโรงงานไปให้เกษตรกรโดยรถบรรทุก

1979 โรงไฟฟ้า Asnas เริ่มจัดส่งเถ้าถ่านไปยังผู้ผลิตซีเมนต์รวมทั้ง Aalborg Portland

1981 โรงไฟฟ้า Asnas ผลิตความร้อนให้กับเทศบาลของ Kalundborg

1982 โรงไฟฟ้า Asnas ส่ง Steam ไปยัง Statoil และ Novo Nordisk

1987 Statoil ต่อท่อน้ำหล่อเย็นไปยังถังต้มของโรงไฟฟ้า Asnas

1989 Novo Nordisk ใช้น้ำจืดจากทะเลสาบ Tisso แทนที่จะใช้น้ำบาดาล

1990 โรงกลั่น Statoil เริ่มส่งซัลเฟอร์ในรูปของเหลวร้อนให้กับ Kemira ใน Jutland

1991 Statoil ส่งน้ำเสียที่บำบัดแล้วไปยังโรงไฟฟ้า Asnas เพื่อให้พอกับปริมาณความต้องการใช้น้ำ (แต่ไม่ได้ใช้กับถังต้ม)

1992 Statoil ต่อท่อก๊าซเชื้อเพลิงไปยังโรงไฟฟ้า Asnas หลังจากมีโรงงานกำจัดกำมะถัน ในก๊าซ

1993 Asnas ส่งยิปซัมให้ Gyproc หลังจากติดตั้ง Scrubber

**รายละเอียดการเชื่อมโยงแบบพึ่งพากัน**

| | |
|---|---|
| <u>การเชื่อมโยง</u> | โรงกลั่น Statoil ต่อท่อก๊าซไปยัง Gyproc A/C |
| <u>ต้นทุนในการเชื่อมโยง/ผู้จ่าย</u> | Gyproc จ่ายค่าก๊าซ |
| <u>ปีเริ่มต้น</u> | 1972 |
| <u>ผู้มีส่วนร่วม</u> | Statoil ไปยัง Gyproc |
| <u>การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน</u> | Gyproc ได้รับก๊าซ 900 กก.ต่อชม. จาก Statoil ก๊าซจาก Statoil ประกอบด้วย อีเทนและมีเทน สิ่งเจือปนอื่นๆ ถูกจำกัดออกไป 90 - 95% Gyproc จะเปลี่ยนไปใช้ระบบสำรองก๊าซแบบบิวเทน เมื่อโรงกลั่นน้ำมันหยุดส่งก๊าซ |
| <u>เหตุผล/แรงจูงใจ</u> | ใช้จุดไฟในเตาเผาซึ่งใช้อบแห้งยิปซัม เนื่องจากมีราคาถูกกว่าใช้น้ำมัน และอุปกรณ์ต่างๆดูแลรักษาง่ายกว่า |
| <u>ทางเลือกอื่นๆ</u> | ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในเตาเผา และเผาก๊าซทิ้ง ทั้งสองวิธีเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะป้องกันปัญหาการหยุดส่งก๊าซจาก Statoil จึงมีการติดตั้งระบบสำรองก๊าซแบบบิวเทน |

| | |
|---|---|
| ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม | สัดส่วนของส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ Statoil ผลิตได้ไม่สำคัญ เนื่องจากในทุกกรณีก็จะได้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยอีเทนและมีเทนที่มีอัตราส่วนเปลี่ยนไปเล็กน้อยทุกครั้ง ดังนั้นก๊าซที่ได้ออกมาก็จะมีคุณภาพดีเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไปเล็กน้อย การไหลของก๊าซไปยัง Gyproc เป็นการไหลแบบต่อเนื่องตลอดเวลา จะมีเพียงบางครั้งที่ปริมาตรลดลงถ้าทางโรงกลั่นน้ำมันเปลี่ยนแปลงส่วนผสมผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้โรงกลั่นน้ำมันจะหยุดทำงาน 4 - 5 สัปดาห์ทุกๆ 4 ปี โดยแจ้งล่วงหน้าให้ Gyproc ทราบล่วงหน้าเสมอ Gyproc ต้องการก๊าซเพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาเผาอย่างต่อเนื่อง เพื่อผลิต Plasterboard เริ่มต้นจากนำ Mush ที่เปียกมาอบให้แห้งจนแข็งสม่ำเสมอ ก๊าซจาก Statoil จะเบามากจึงยากต่อการทำให้เป็นของเหลว การเก็บรักษาจึงยาก Gyproc จึงพยายามเก็บก๊าซจาก Statoil ในปริมาณที่น้อยที่สุด แต่จะมีระบบก๊าซสำรองแบบบิวเทน บิวเทนมีสภาพเป็นของเหลวอยู่แล้วจึงจัดเก็บได้ง่ายและ Gyproc สามารถใช้บิวเทนได้ไม่จำกัด ถึงแม้จะมีการหยุดส่งก๊าซจาก Statoil การผลิตก็จะไม่หยุดชะงัด การเปลี่ยนไปใช้ระบบก๊าซสำรองแบบบิวเทนทำได้ง่ายและรวดเร็ว |
| การเชื่อมโยง | Novo Nordisk จัดส่งตะกอนที่บำบัดแล้ว (NovoSlam) โดยรถบรรทุกและท่อไปให้เกษตรกรเพื่อใช้เป็นปุ๋ยเสริม |
| ต้นทุนในการเชื่อมโยง/ผู้จ่าย | เกษตรกรไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ สามารถประหยัดเงินได้ถึง 50,000 USD.ต่อปี Novo เป็นผู้สร้างท่อส่งเครือข่ายยาว 40 ไมล์ และจ่าย |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



เงิน 3 ล้าน USD.ต่อปี ในการส่งตะกอน การดำเนินงานนี้ยังคงมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าการกำจัดของเสียตามปกติ ภายใต้กฎระเบียบอันเข้มงวดที่ออกมาในปี 1970 ในปีที่มีการผ่านระเบียบข้อนี้มา การส่งตะกอนที่บำบัดแล้วไปใช้เป็นปุ๋ยเป็นวิธีที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด ค่าใช้จ่ายในการจัดส่งโดยใช้รถบรรทุกเท่ากับ 7 USD.ต่อลูกบาศก์เมตร และ 3.5 USD.ต่อ ลูกบาศก์เมตร โดยใช้ท่อ

<u>ปีเริ่มต้น</u> 1976

<u>ผู้มีส่วนร่วม</u> Novo Nordisk, เกษตรกรประมาณ 1,000 คน, ผู้ประกอบการรถบรรทุก

<u>การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน</u> Novo Nordisk ผลิตตะกอนได้ประมาณ 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งจะต้องนำไปกำจัดทิ้ง ทางเลือกในการกำจัดทางกลศาสตร์ ได้แก่ การอบให้แห้งและฝังกลบส่วนที่ยังคงเป็นของแข็งและแปรสภาพตะกอนให้เป็นก๊าซชีวภาพ แต่อุปกรณ์ที่มีอยู่ทำได้เพียงกระจายตะกอนให้เป็นปุ๋ย ดังนั้นจึงเป็นทางเลือกเพียงทางเดียวในการกำจัด บริษัทได้ทำสัญญาในการกระจายความรับผิดชอบไปให้บริษัทอื่นๆ ด้วย สิ่งที่เกษตรกรต้องทำคือ การขอและรับตะกอน ตะกอนเหล่านี้จะไม่มีส่วนประกอบของโลหะหนัก

<u>เหตุผล/แรงจูงใจ</u> การผลิตเอมไซม์และอินซูลินในขบวนการหมักจะได้ผลพลอยได้ที่สำคัญคือ ไนโตรเจน, น้ำหรือตะกอน กลางปี 1970 ตะกอนเหล่านี้จะถูกผสมกับน้ำเสียและปล่อยลงสู่ทะเล ปัจจุบัน Novo ได้แจกจ่ายตะกอนเหล่านี้โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายแก่เกษตรกร เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงต้นทุนในการกำจัด ในปี 1976 กฎระเบียบในการปล่อยสารออแกนิกได้เคร่งครัดขึ้นเพื่อ ลด

ค่า BOD ด้วยเหตุนี้ Novo Nordisk จึงต้องหาทางเลือกอื่นๆ ในการกำจัดตะกอน และวิธีแจกจ่ายตะกอนให้เกษตรกรทำเป็นปุ๋ยเป็นวิธีที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

ทางเลือกอื่นๆ

ตามปกติ Novo ใช้วิธีการกำจัดซึ่งใช้ต้นทุนสูง ทางเลือกอื่นคือ ใช้เป็นอาหารหมูและใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตก๊าซชีวภาพอาจเป็นทางเลือกที่ลงทุนน้อยและน่าสนใจ แต่ตอนนี้บริษัทได้ลงทุนสร้างโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่สำหรับการแจกจ่ายตะกอน ดังนั้น Novo Nordisk จึงต้องทำการแจกจ่ายตะกอนต่อไป บริษัทไม่ได้มีโครงสร้างสำหรับการกำจัดตะกอนจำนวนมาก และถ้าไม่สามารถกำจัดตะกอนได้ การผลิตจะต้องหยุด

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เกษตรกรได้ปุ๋ยมาโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมี ความห่วงใยของบริษัท Novo Nordisk คือเรื่องความปลอดภัยในการกำจัด บริษัทสามารถหารายได้จากตะกอน แต่เลือกที่จะไม่ทำเพื่อที่จะให้มั่นใจว่าเกษตรกรจะยอมรับ ตะกอนนี้ต่อไปอย่างต่อเนื่อง Novo Nordisk ผลิตตะกอนประมาณ 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยไม่มีทางเลือกอย่างอื่นในการกำจัด มีเพียงการแจกจ่ายไปเป็นปุ๋ยเท่านั้นบริษัทมีพื้นที่ในการเก็บตะกอนได้เพียง 3 วันของการผลิต และการผลิตจะต้องหยุดที่ต้นทุน 1.67 ล้าน USD. ถ้าตะกอนมีปริมาณเกินกว่าพื้นที่จะรับได้ Novo Nordisk ใช้พนักงาน 3 คน ทำงานเต็มเวลาในการจัดการส่งตะกอนไปยังทุ่งนา การ จัดส่งแบบนี้เป็นที่ต้องการมากของเกษตรกรในช่วงที่มีอากาศแห้ง แต่จะน้อยลงเมื่อพื้นดินเปียก เพราะว่าอุปกรณ์ในการขนย้ายจะทำลายพื้นดิน เกษตรกร 1000 คน ต้องการ

| | |
|---|---|
| | ตะกอนแบบไม่ต่อเนื่อง และไม่ทุกวัน ดังนั้น การจัด ตารางส่งจึงเป็นเรื่องสำคัญ นอกจากนี้ Novo Nordisk ยังได้รับประโยชน์จากภาพพจน์ การรักษาสิ่งแวดล้อม |
| การเชื่อมโยง | โรงไฟฟ้า Asnas ขายเถ้าถ่านให้ผู้ผลิตซีเมนต์ รวมทั้งขายเพื่อใช้ในการก่อสร้างและถนน |
| ต้นทุนในการเชื่อมโยง/ผู้จ่าย | Asnas สร้างไซโลสำหรับเก็บเถ้าถ่านพร้อมอุปกรณ์ขนถ่าย, ขายให้ Aalborg Portland A/S |
| ปีเริ่มต้น | 1979 |
| ผู้มีส่วนร่วม | โรงไฟฟ้า Asnas, Aalborg Portland, อื่นๆ |
| การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน | เถ้าถ่าน 170,000 ตัน และหินที่เหลือจากการเผา 30,000 ตัน เป็นของเสียที่เกิดจากโรงไฟฟ้า |
| เหตุผล/แรงจูงใจ | ประหยัดที่จะใช้ของเสียจาก Asnas และเพื่อหลีกเลี่ยงต้นทุนในการกำจัด |
| ทางเลือก | ฝังกลบ |
| ผลกระทบต่อผู้มีส่วนร่วม | เถ้าถ่านไปยังผู้ผลิตซีเมนต์ |
| การเชื่อมโยง | โรงไฟฟ้า Asnas ผลิตความร้อนให้เทศบาล Kalundborg ความร้อนจากโรงหล่อน้ำเย็นจะถูกส่งไปในเมืองสู่บ้านอาศัย และตึกต่างๆโดยผ่านท่อ |
| ต้นทุนในการเชื่อมโยง/ผู้จ่าย | เทศบาลจ่ายเงินให้ Asnas ที่ราคาตามดัชนีของตลาดถ่านหิน และคิดค่าใช้จ่ายจากประชาชนที่ใช้บริการ ต้นทุนในการให้ความร้อนวิธีนี้จะถูกกว่าการใช้น้ำมันเพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน เทศบาลจะลงทุนเฉพาะส่วนหลักๆในกรณีที่ต้นทุนสูง และงบประมาณที่จ่ายให้เมืองมีจำนวนน้อย การติดตั้งท่อในบ้านมีราคาสูง เจ้าของบ้านต้องเป็นผู้ออกค่าใช้จ่าย ในระยะเริ่มแรกจะมีเพียงผู้ที่มีกำลังเงินพอที่จะลงทุนเท่านั้น แต่ในอนาคต ปี 2005 ตั้งเป้าไว้ว่าทุก |

| | |
|---|---|
| | บ้านต้องมีท่อนี้ ผู้พักอาศัยกู้เงินมาลงทุน และเงินกู้เหล่านี้ได้รับการประกันจากเทศบาล |
| ปีเริ่มต้น | 1981 |
| ผู้มีส่วนร่วม | โรงไฟฟ้า Asnas, เทศบาลและประชาชนใน Kalundborg |
| การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน | เทียบเท่ากับ Steam 225,000 ตันต่อปี ประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากถ่านหิน เพิ่มขึ้นจาก 40% เป็นมากกว่า 90% ความร้อนจากการใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงถูกใช้น้อยลง ทำให้ปริมาณความต้องการน้ำมันลดลง |
| เหตุผล/แรงจูงใจ | Asnas จำเป็นต้องประหยัด โดยการใช้ความร้อนจากของเสียช่วยลดต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าเพื่อให้สามารถแข่งขันกับโรงไฟฟ้าอื่นๆ ได้ ในอดีตเมืองจะใช้ความร้อนที่ได้จากน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง เมื่อมีวิกฤติการณ์น้ำมันทำให้เกิดความไม่แน่นอน จึงได้หันมาใช้ความร้อนจากโรงไฟฟ้าแทน ประชาชนก็ได้รับอากาศที่บริสุทธิ์ เนื่องจากตอนนี้จะไม่มีควันจำนวนมากจากน้ำมันเตา ซึ่งไปทำให้อากาศสกปรก |
| ทางเลือก | ความร้อนจากน้ำมัน |
| ผลกระทบต่อผู้มีส่วนร่วม | Asnas ได้จ่ายความร้อนให้กับบ้านเรือนเกือบ 5,000 หลังคาเรือน รวมทั้งตึกต่างๆด้วย จำกัดการใช้น้ำมันไปได้ 3,500 หลังคาเรือนที่ใช้ระบบน้ำมันทำความร้อน และทำให้ลดการใช้น้ำมันไปได้ 19,000 ตันต่อปี ผู้ต้องการความร้อนมากกว่า 90% รู้จักวิธีนี้ และในปี 2005 จะมีผู้หันมาใช้วิธีนี้ทั้งหมด Asnas ไม่จำเป็นต้องใช้หม้อต้มน้ำทั้งห้าในการทำความร้อนให้พอต่อความต้องการ และในฤดูร้อน อาจจะปิดดำเนินงานได้ เนื่องจากไม่มีความต้องการความร้อนอีกในฤดูนี้ |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | |
|---|---|
| <u>การเชื่อมโยง</u> | Asnas จัดส่ง Steam ไปยัง Novo Nordisk และ Statoil |
| <u>ต้นทุนการเชื่อมโยง/ผู้จ่าย</u> | ท่อส่ง Steam ยาว 2 ไมล์ เชื่อมต่อกัน 3 โรงงาน, Novo ช่วยค่าใช้จ่าย, Statoil จ่ายค่า Steam |
| <u>ปีเริ่มต้น</u> | 1982 |
| <u>ผู้มีส่วนร่วม</u> | Asnas, Novo Nordisk, Statoil |
| <u>การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน</u> | Statoil ได้รับ Steam 40% ของความต้องการจาก Asnas ประมาณ 140,000 ตันต่อปี Novo Nordisk ได้รับไอน้ำครบตามความต้องการทั้งหมดจาก Asnas ประมาณ 215,000 ตันต่อปี Steam นี้ใช้ทำความร้อนให้ท่อและถังที่ Statoil ในขณะที่ Novo Nordisk ใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนและความดัน |
| <u>เหตุผล/แรงจูงใจ</u> | สำหรับ Novo Nordisk การสร้างท่อส่งและซื้อ Steam จาก Asnas จะลงทุนต่ำกว่าการซ่อมแซมหรือปรับปรุงหม้อน้ำใหม่ สำหรับ Statoil ก็มีเหตุผลทำนองเดียวกัน สำหรับ Asnas การจัดการแบบนี้เป็นอีกโอกาสหนึ่งในการประหยัดโดยการใช้ความร้อนที่ไม่ต้องการของโรงงานเอง |
| <u>ทางเลือก</u><br>(1982) | สำหรับ Novo, ปรับปรุงและซ่อมหม้อต้มน้ำ |
| <u>เกณฑ์การเลือก</u> | Novo - ประหยัดเงิน ท่อส่งราคาถูกกว่าการปรับปรุงหม้อต้มน้ำ |
| <u>ผลกระทบต่อผู้มีส่วนร่วม</u> | ลดการปล่อยน้ำหล่อเย็นลงใน Kalundborg ทาง . Novo ให้ความไว้วางใจต่อกระบวนการของ Asnas และต้องการความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างบริษัททั้งสอง Novo Nordisk มีประสบการณ์มานานจึงไม่มีปัญหากับ Steam จาก Asnas และมีรายงานว่าท่อส่งคุ้มทุนไปแล้วภายใน 2 ปี ประหยัดต้นทุนไปได้ 1 ล้านUSD.ต่อปีสำหรับปีแรกๆ แต่ในไม่ช้า |

| | |
|---|---|
| | Asnas จะขึ้นราคาค่า Steam ทำให้ Novo ประหยัดได้น้อยลง ตามข้อตกลง Asnas ต้องจ่าย Steam อย่างสม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าอาจจะซื้อได้ถูกกว่าจากนอร์เวย์และสวีเดน |
| การเชื่อมโยง | Statoil ต่อท่อน้ำหล่อเย็นไปยังหม้อต้มน้ำของโรงไฟฟ้า Asnas |
| ต้นทุนการเชื่อมโยง/ผู้จ่าย | การลงทุนท่อส่ง แบ่งค่าใช้จ่ายเท่าๆกันระหว่าง Asnas และ Statoil, Asnas จ่ายค่าน้ำ แต่จะช่วยประหยัดการใช้น้ำจากทะเลสาบ |
| ปีเริ่มต้น | 1987 |
| ผู้มีส่วนร่วม | Statoil, Asnas |
| การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน | น้ำจากทะเลสาบ Tisso ไปยัง Statoil และ Asnas แต่จะถูกแทนที่ด้วยน้ำหล่อเย็นที่นำมาใช้ใหม่ประมาณ 700,000 ลูกบาศก์เมตร หรือประมาณ 75% ของความต้องการน้ำจืดของ Asnas |
| เหตุผล/แรงจูงใจ | Statoil : ชุมชนต่อต้านการปล่อยมลพิษลงสู่ fjord ,<br>Asnas : ใช้น้ำจากทะเลสาบ Tisso มีต้นทุนสูง และต้องมีจิตสำนึกไม่ให้น้ำในทะเลสาบขาดแคลน |
| ทางเลือก | Statoil : ปล่อยลงสู่ fjord , Asnas : ใช้น้ำจืดจากทะเลสาบ Tisso |
| ผลกระทบต่อผู้มีส่วนร่วม | ลดการใช้น้ำโดย Asnas, ลดการปล่อยน้ำเสีย |
| การเชื่อมโยง | โรงไฟฟ้า Asnas และฟาร์มเลี้ยงปลา |
| ปีเริ่มต้น | 1989 |
| ผู้มีส่วนร่วม | โรงไฟฟ้า Asnas, ฟาร์มเลี้ยงปลา |
| การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน | ความร้อนที่ไม่ต้องการของโรงไฟฟ้าไปยังฟาร์มเลี้ยงปลาขนาด 25 ตันต่อปี |
| เหตุผล/แรงจูงใจ | เพิ่มคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์จากความร้อนที่ไม่ |

| | |
|---|---|
| | ต้องการ |
| ผลกระทบต่อผู้มีส่วนร่วม | ฟาร์มเลี้ยงปลาของโรงไฟฟ้า Asnas มีอยู่ 57 บ่อ น้ำหนักปลา 250 ตันต่อปี ปลาชอบน้ำอุ่นๆ จะทำให้โตเร็ว ตะกอนจากฟาร์มปลาถูกขายเพื่อเป็นปุ๋ย |
| การเชื่อมโยง | Statoil ส่งซัลเฟอร์ในรูปของเหลวร้อนจากโรงกำจัดกำมะถันไปยัง Kemira |
| ต้นทุนการเชื่อมโยง/ผู้จ่าย | ขายซัลเฟอร์เหลวให้ Kemira, ขนย้ายโดยใช้ รถบรรทุกชนิดพิเศษ |
| ปีเริ่มต้น | 1990 |
| ผู้มีส่วนร่วม | Statoil, Kemira |
| การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน | โรงกำจัดกำมะถันของ Statoil จะให้ซัลเฟอร์เหลวร้อนและมีสีเหลือง |
| เหตุผล/แรงจูงใจ | Statoil สร้างโรงกำจัดมะถันเองในปี 1990 ภายใต้แรงกดดันจากชุมชนที่ให้ลดปริมาณก๊าซ $SO_2$ ในขณะเผาก๊าซทิ้ง ซัลเฟอร์เหลวได้จากโรงกำจัดกำมะถันและขายไปในรูปก๊าซบริสุทธิ์ |
| ผลกระทบต่อผู้มีส่วนร่วม | โดยการแยกส่วนประกอบต่างๆ ของของเสีย Asnas สามารถขายส่วนประกอบต่างๆนี้ได้ |
| การเชื่อมโยง | Asnas ใช้น้ำเสียที่บำบัดแล้วจาก Statoil สำหรับทำความสะอาดหรืออื่นๆ (แต่ไม่ใช้สำหรับหม้อต้มน้ำ) |
| ต้นทุนการเชื่อมโยง/ผู้จ่าย | Asnas จ่ายค่าท่อส่ง แต่ไม่ต้องเสียค่าน้ำ ทำให้ลดการใช้น้ำจืดจากทะเลสาบ |
| ปีเริ่มต้น | 1991 |
| ผู้มีส่วนร่วม | Statoil, Asnas |
| การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน | ปริมาณน้ำเสียที่บำบัดแล้วสูงถึง 900,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และสามารถจ่ายได้อย่างต่อเนื่อง แต่ Asnas จะใช้เพียง 200,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งน้อยกว่าปริมาณที่ Statoil คาดไว้ |

| | |
|---|---|
| | น้ำเสียที่บำบัดแล้วจะปล่อยลงสู่คลองส่งน้ำ โดยที่ Asnas สามารถต่อท่อนำน้ำไปใช้ได้ |
| เหตุผล/แรงจูงใจ | แรงกดดันจากชุมชนและกฎระเบียบต่างๆทำให้ Statoil ต้องลงทุนสร้างโรงบำบัดทางชีวภาพ เพื่อทำให้น้ำมีความสะอาดเพียงพอที่ Asnas จะนำไปใช้ได้ เทคโนโลยีการควบคุม มลพิษทำให้สามารถนำของเสียแล้วมาใช้ใหม่ได้ |
| ทางเลือก | Asnas ได้น้ำจืดจากทะเลสาบ Tisso โดยผ่านท่อส่ง, Statoil ปล่อยน้ำเสียที่บำบัดแล้วลงสู่ทะเล |
| ผลกระทบต่อผู้มีส่วนร่วม | ลดปริมาณการใช้น้ำและการปล่อยน้ำเสีย |
| การเชื่อมโยง | ก๊าซจาก Statoil ไปยัง Asnas |
| ต้นทุนการเชื่อมโยง/ผู้จ่าย | Asnas จ่ายค่าก๊าซ Statoil จ่ายประมาณ 83.5 ล้าน สำหรับระบบการส่งก๊าซออก แต่คาดว่าจะคุ้มทุนภายใน 4 ปี Asnas ประหยัดถ่านหินไปได้ 30,000 ตันต่อปี |
| ปีเริ่มต้น | 1992 |
| ผู้มีส่วนร่วม | Statoil, Asnas |
| การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน | ผลพลอยได้จากขบวนการปิโตรเลียมจะประกอบด้วยซัลเฟอร์จำนวนมากซึ่งจะถูกกำจัดออกไปในโรงกำจัดกำมะถัน แต่จะยังคงสภาพเป็นก๊าซอยู่ นำไปใช้ในบ้านเพื่อเป็นเชื้อเพลิง และขายเป็นเชื้อเพลิงให้โรงไฟฟ้า Asnas (และขายให้ Gyproc ด้วยในปี 1972 ตามที่กล่าวแล้ว) ซัลเฟอร์จะถูกส่งไปให้ Kemira, Asnas สามารถประหยัดถ่านหินไปได้ 30,000 ตันต่อปี ซึ่งเป็นผลจากเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ |
| เหตุผล/แรงจูงใจ | Statoil : โรงกำจัดกำมะถันถูกสร้างมาเพราะแรงกดดันจากชุมชนและกฎระเบียบที่ให้ลดปริมาณการปลดปล่อย $SO_2$ สู่อากาศ ในขณะที่มีการเผาก๊าซทิ้ง , Asnas : การเผาถ่านหินน้อยลงทำให้ $CO_2$ ปล่อยสู่อากาศน้อยลงด้วย |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | |
|---|---|
| ผลกระทบต่อผู้มีส่วนร่วม | Statoil ลดการปล่อย $SO_2$ และ $CO_2$ สู่อากาศ การ Scrubbing ของเสียทำให้สามารถขายได้แทนที่จะกำจัดทิ้ง |
| การเชื่อมโยง | ยิปซัมจาก Asnas ไปยัง Gyproc |
| ต้นทุนการเชื่อมโยง/ผู้จ่าย | เครื่องกำจัดกำมะถัน (Scrubber) ราคา 115 ล้าน USD. จะกำจัดซัลเฟอร์ออกไปได้ 90% ถึง แม้ว่าจะขายยิปซัมได้ แต่ต้นทุนค่าเครื่องกำจัดกำมะถัน ก็ยังไม่คุ้มทุน |
| ปีเริ่มต้น | 1993 |
| ผู้มีส่วนร่วม | Asnas, Gyproc |
| การไหลของวัตถุดิบ/พลังงาน | การกำจัดกำมะถันโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะสามารถจับแคลเซียมซัลไฟด์ (ยิปซัม อุตสาหกรรม)ได้ด้วยอัตรา 80 - 85,000 ตันต่อปี หรือประมาณ 2 ใน 3 ของความต้องการของ Gyproc, Gyproc ยังได้รับยิปซัมจากโรงงานไฟฟ้าในประเทศเยอรมัน และยังใช้ยิปซัมจากหินธรรมชาติมาผสมกับยิปซัมที่ได้จากเครื่องกำจัดกำมะถันเหล่านี้ด้วย |
| เหตุผล/แรงจูงใจ | การตกลงกันระหว่างโรงไฟฟ้าในเดนมาร์ก |
| กับ | รัฐบาลในการลดปริมาณซัลเฟอร์ที่ปล่อยสู่อากาศ การใช้ผลพลอยได้จากเครื่องกำจัดกำมะถันเป็นเหตุผลสำคัญของ Asnas ถึงแม้ว่าจะได้ต้นทุนคืนเพียงเล็กน้อย นอกจาก Gyproc จะได้ยิปซัมจาก Asnas แล้ว ยังได้รับจากโรงไฟฟ้าอื่นๆด้วย ภายใต้สัญญาระยะยาวในราคาซึ่งต่ำกว่าการนำเข้ายิปซัมธรรมชาติ |
| ทางเลือก | Gyproc ซื้อยิปซัมธรรมชาติซึ่งนำเข้ามาจากบ่อเหมืองแร่ในสเปนในราคาที่สูงกว่าและ/หรือใช้ยิปซัมที่ได้จากเครื่องกำจัดกำมะถันจากโรงไฟฟ้าอื่นๆ ที่ไกลออกไป |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | |
|---|---|
| <u>เกณฑ์การคัดเลือก</u> | ราคาต่ำ, คุณภาพดี |
| <u>ผลกระทบต่อผู้มีส่วนร่วม</u> | ยิปซัมเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง มีการปรึกษากันระหว่าง 2 บริษัท และ Asnas ได้รับข้อกำหนดสำหรับคุณสมบัติยิปซัม Gyproc ได้ทำการทดสอบยิปซัมจากโรงไฟฟ้าในเยอรมันมาก่อนรวมทั้งที่อื่นด้วย ปรากฏว่าคุณภาพไม่ดี Gyproc จึงจะรับยิปซัมจาก Asnas ภายใต้สัญญา 10 ปี |

**2.7.1.5 การพัฒนาระบบการพึ่งพา**

แม้ว่าระบบอุตสาหกรรมใน Kalundborg จะไม่ได้พัฒนาในแนวทางที่เป็นการประยุกต์ของระบบนิเวศน์อุตสาหกรรม ในระยะแรกๆของการเชื่อมโยงมีแนวโน้มที่จะขายของเสียออกไปโดยไม่มีการบำบัดของเสียนั้นก่อนรูปแบบการดำเนินการแบบนี้จะรวมถึงการเริ่มต้นขายก๊าซของ Statoil, การขายเถ้าถ่านของ Asnas, หินจากการเผาถ่านหิน, ความร้อนและไอน้ำ รวมทั้งการใช้น้ำหล่อเย็นในการให้ความร้อนกับบ่อเลี้ยงปลา การจัดการเหล่านี้มีพื้นฐานอยู่บนการจัดเส้นทางใหม่ของของเสีย โดยไม่มีการหาทางเลือกอื่นๆที่มีประโยชน์มากกว่า การเชื่อมโยงในระยะต่อมาหรือเมื่อไม่นานมานี้ มีแนวโน้มที่จะขึ้นอยู่และเติบโตโดยตรงกับเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ การ เชื่อมโยงเหล่านี้ไม่ได้ทำให้กระบวนการของเสียตามปกติง่ายขึ้น แต่จะเปลี่ยนไปใช้กระบวนการและการกำจัดที่มีผลดีต่อสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ในระบบพึ่งพาซึ่งประกอบด้วยการเชื่อมโยงเหล่านี้เป็นผลโดยตรงและขึ้นอยู่กับการควบคุมมลพิษเหล่านี้

แรงกดดันจากชุมชนและจากกฎระเบียบต่างเกี่ยวกับการกำจัดมลพิษด้านความร้อนของ Fjord เป็นพลังผลักดันที่สำคัญในการทำให้โรงไฟฟ้าใช้น้ำหล่อเย็นจากโรงกลั่นน้ำมัน การเปลี่ยนกฎระเบียบเกี่ยวกับมลภาวะของน้ำทำให้ Novo Nordisk ใช้การบำบัดและแจกจ่ายตะกอนเพื่อทำให้ต้นทุนการกำจัดต่ำที่สุด การ Scrubbing $SO_2$ ของโรงไฟฟ้า และการกำจัดกำมะถันของโรงกลั่นทำให้ของเสียกลายเป็นก๊าซซัลเฟอร์ และยิปซัม และแรงกดดันในการบรรเทามลพิษทางน้ำทำให้โรงกลั่นน้ำมันต้องลงทุนสร้างโรงบำบัดน้ำเสีย ซึ่งปัจจุบันน้ำมีความสะอาดเพียงพอที่จะให้โรง ไฟฟ้าใช้ได้

กฎระเบียบทางสิ่งแวดล้อมที่เคร่งครัดซึ่งเป็นแรงผลักดันสำหรับการเชื่อมโยงในปัจจุบันนั้น จะเป็น *มาตรฐานการปฏิบัติ* ไม่ใช่ *มาตรฐานเทคโนโลยี* มาตรฐานการปฏิบัติมีความคล่องตัวมากกว่ามาตรฐานเทคโนโลยี สำหรับการควบคุมมลพิษในแง่ของการสนับสนุนและเปิดโอกาสให้มีการพัฒนา

### 2.7.2 ต้นแบบ EIP สำหรับ BROWNSVILLE, TAXUS / MATAMOROS, MEXICO (A PROTOTYPE EIP FOR BROWNSVILLE, TAXUS / MATAMOROS, MEXICO)

Indego ได้ทำการศึกษาอุตสาหกรรมใน Brownsville, Texas และ Matamoros, Mexico ถึงศักยภาพในการเข้าสู่ EIP โดยได้จัดทำ Prototype EIP ซึ่งมีสมาชิก 12 บริษัท ได้แก่

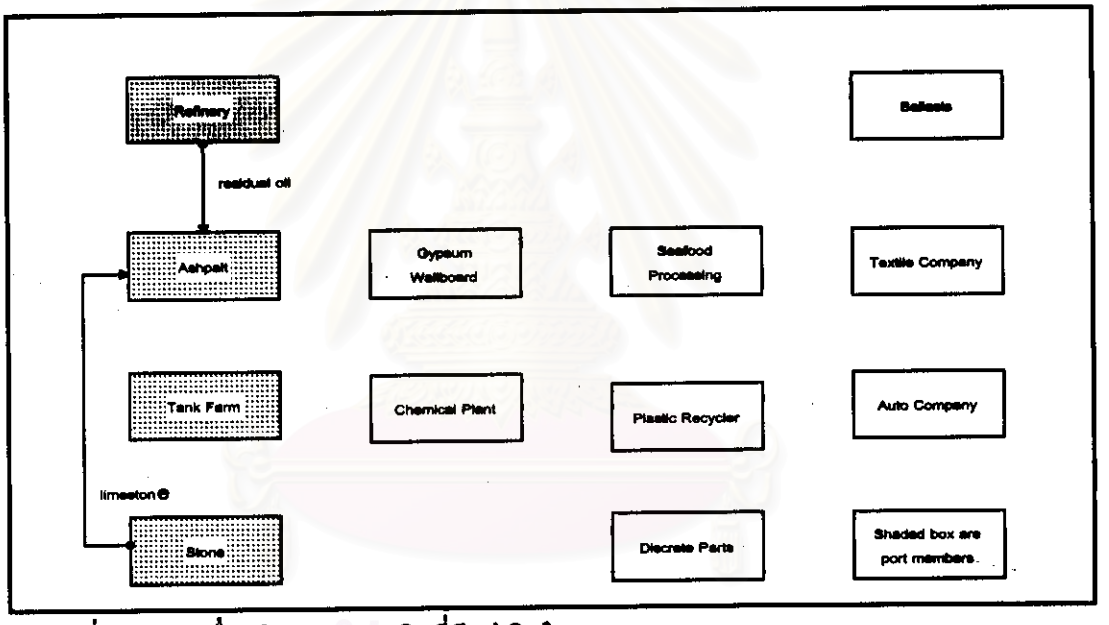
- สมาชิกซึ่งตั้งอยู่ใน Port (EIP Port Members)
  1. ***Refinery*** โรงกลั่นน้ำมัน ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ แนปทา (Naphtha) น้ำมันดีเซล และ น้ำมันเหลือค้าง
  2. ***Stone Company*** บริษัทจะนำ Limestone เข้ามาและขาย Stone ให้กับโรงงานทำ Asphalt
  3. ***Asphalt Company*** ใช้ Residual Oil และ Limestone ในการผลิต Asphalt สำหรับทำถนน
  4. ***Tank Farms*** สำหรับบรรจุของเหลวซึ่งมาทางเรือ และจะถูกบรรจุส่งไปยังบริษัทต่างๆ

- สมาชิกที่จำลองเข้ามาตั้งใน EIP (Remote Members)
  5. ***Discrete parts manufacturer*** บริษัทนี้จะผลิตชิ้นส่วนพลาสติกและโลหะ
  6. ***Textile Plant*** ผลิตเกี่ยวกับเครื่องนุ่งห่ม
  7. ***Auto parts manufacturer*** บริษัทนี้จะใช้โมลฉีดพลาสติก การขึ้นรูปโลหะโดยการ Stamp การขึ้นรูปโลหะผง ในการทำชิ้นส่วน
  8. ***Plastic recycler*** บริษัทนี้จะรับพลาสติก 12 ชนิด มาทำการบดแล้วส่งออก รวมทั้งทำเพลเลทจากเศษพลาสติกด้วย

9. ***Seafood processor and storage warehouse*** โรงงานอาหารทะเลและคลังจัดเก็บ
10. ***Chemical plant*** โรงงานนี้ผลิต Anhydrous Hydrogen Fluoride ซึ่งจะได้ By product ที่สำคัญคือ $CaSO_4$
11. ***Manufacturer of Magnetic Ballasts*** ผลิตบัลลาสต์ไฟฟ้าและแม่เหล็ก
12. ***Gypsum wallboard company*** โรงงานนี้เป็นสมาชิกเดียวที่ไม่ได้ตั้งอยู่ใน Brownsville และ Matamoros

**โดยในการจำลอง ได้มีขั้นตอนดังนี้**

1. Baseline เป็นการศึกษาอุตสาหกรรมที่มีอยู่และการเชื่อมโยงที่มี

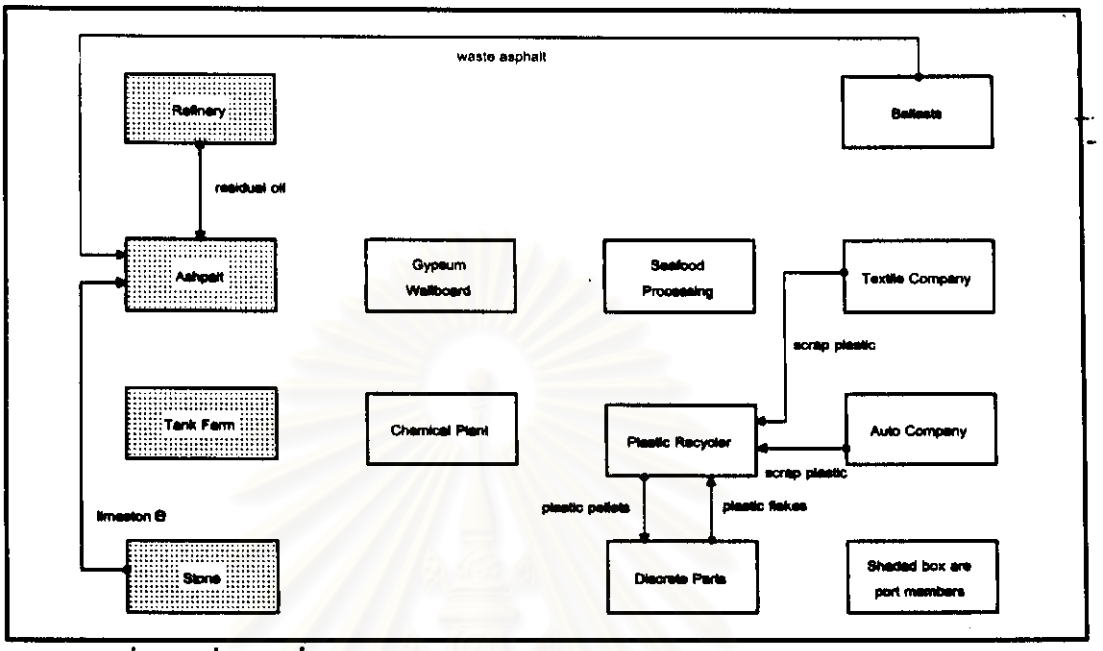



รูปที่ 2.5 การเชื่อมโยงของสมาชิกที่มีอยู่เดิมใน Brownsville,Texas และ Matamoros, Mexico

*การเชื่อมโยง* บริษัทผลิต Asphalt รับ Residual Oil จากโรงกลั่นน้ำมัน และ limestone จาก บริษัทขายหิน

2. Pollution Prevention มีการนำเทคนิก การ Recycle มาใช้ รวมถึงการใช้ของที่มีคุณภาพต่ำลง เพื่อลดปริมาณมลภาวะ เช่นการนำน้ำกลับมาใช้ โดยคุณภาพต่ำลง

3. Industrial Symbiosis + Pollution Prevention มีการจำลองความสัมพันธ์ทางนิเวศน์วิทยาขึ้นระหว่างสมาชิก ของ EIP



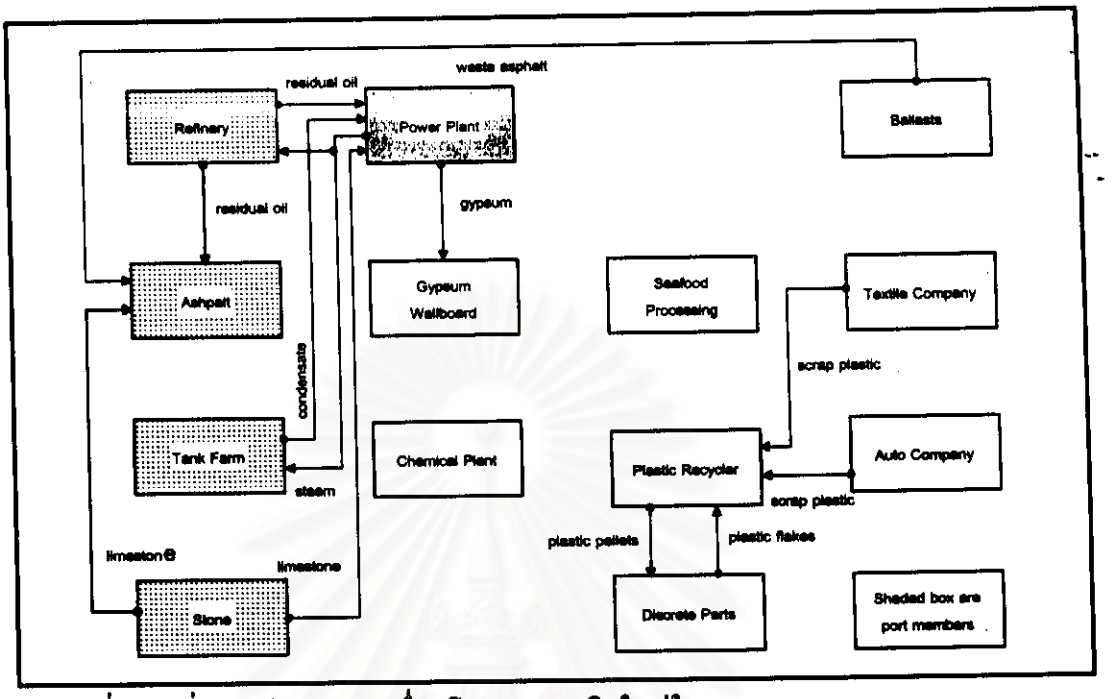

**รูปที่ 2.6 เพิ่มการเชื่อมโยงของสมาชิกใน Brownsville,Texas และ Matamoros, Mexico**

การเชื่อมโยง

- บริษัทผลิต Asphalt รับ Residual Oil จากโรงกลั่นน้ำมัน และ limestone จาก บริษัทขายหิน
- บริษัทผลิตบัลลาสต์ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ขาย Waste Asphalt ให้กับบริษัทผลิต Asphalt
- อุตสาหกรรม Textile Auto part และ Discrete Part ขายเศษพลาสติก ให้กับ โรงงาน Recycler Platic ซึ่งจะนำไปผลิตเพลเลทส่งกลับมาขายให้กับ บริษัทผลิต Discrete Part

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. New EIP members ในขั้นนี้จะมีการลงทุนเพื่อสร้างธุรกิจใหม่ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเชิงนิเวศน์วิทยาสำหรับอุตสาหกรรม




รูปที่ 2.7 เพิ่มสมาชิกและการเชื่อมโยงของสมาชิกใหม่ใน Brownsville,Texas และ Matamoros, Mexico

*การลงทุน* Power Plant ชนิดเผาไหม้ Orimulsion™ ซึ่งต้องมีท่อส่ง Stream ไปยังสมาชิกที่ต้องการ

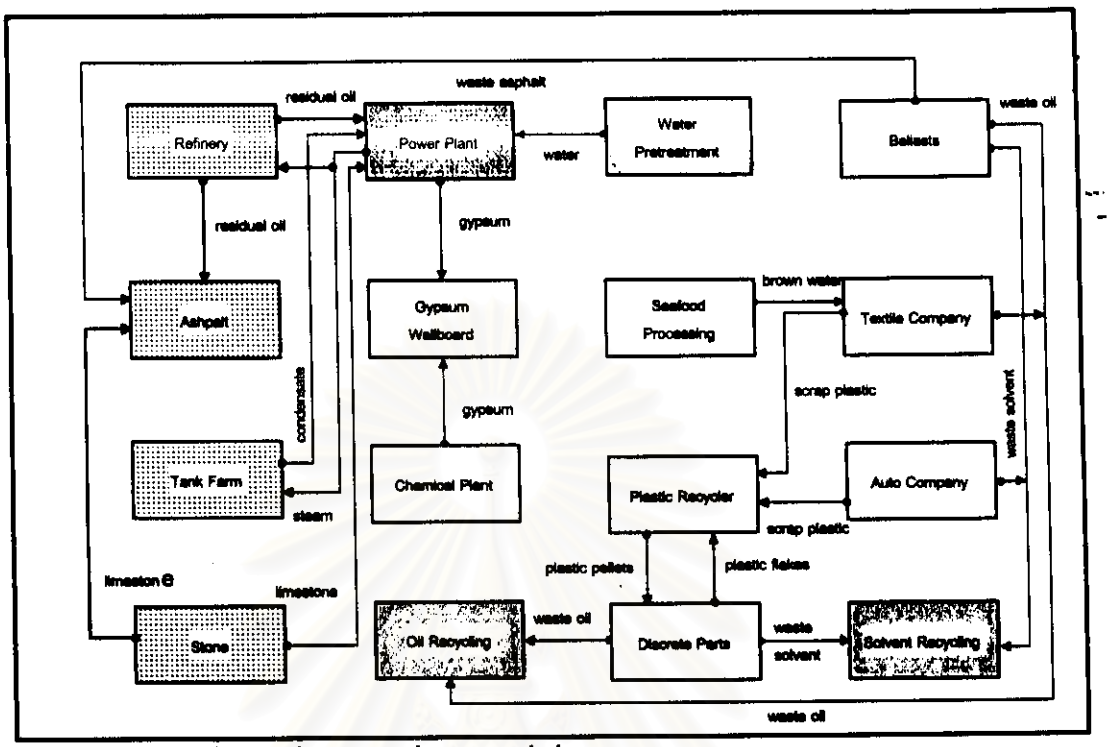
*สมาชิกจำลอง* โรงงานผลิต Gypsum wallboard

*การเชื่อมโยง* นอกจากการเชื่อมโยงในรูปที่แล้ว ได้เพิ่มเติมการเชื่อมโยง คือ

- Power Plant ได้ส่ง Stream ไปให้กับ โรงกลั่นน้ำมัน และ Tank Farm ในขณะที่ โรงกลั่นส่งน้ำมันเหลือค้างและไอน้ำกลั่นตัว
- Tank Farm ส่งไอน้ำกลั่นตัว และ บริษัทหิน ส่งหินอ่อนมาให้โรงไฟฟ้า
- โรงไฟฟ้าส่ง ยิปซัม มาให้ บริษัทผลิต wallboard จากยิปซัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. Join EIP service สำหรับ EIP จะมีระบบซึ่งมีหน้าที่บริการสมาชิก เพื่อให้การเชื่อมโยงหรือห่วงโซ่วัสดุ เกิด Economic มากที่สุด




**รูปที่ 2.8 เพิ่มสมาชิกซึ่งทำหน้าที่เพิ่มคุณภาพให้กับผลพลอยได้และของเสีย**

*การลงทุน* Water treatment Plant, Solvent Recycler, Waste Oil Recycler

*สมาชิกจำลอง* ได้แก่สมาชิกที่เหลือทั้งหมด

*การเชื่อมโยง*

- ผลิตบัลลาสต์ไฟฟ้าและแม่เหล็ก บริษัทผลิต Discrete Part และบริษัท Textile ส่ง Waste oil มาที่ Waste Oil Recycler
- ผลิตบัลลาสต์ไฟฟ้าและแม่เหล็ก บริษัทผลิต Discrete Part ส่ง Waste Solvent มาที่ Solvent Recycler
- Water treatment Plant ส่งน้ำให้กับโรงไฟฟ้า และอื่นๆ

จากนั้นคำนวณผลจากการจำลอง ว่า EIP ให้ผลประโยชน์เพียงใด ระยะเวลาคืนทุนและ ROI เป็นเท่าไร เนื่องจากไม่สามารถกำหนดค่าของรายได้ที่เปลี่ยนแปลงไปว่าจะจัดสรรอย่างไร (ขึ้นกับข้อตกลง) จึงใช้การเปรียบเทียบระหว่างรายได้ที่เปลี่ยนไปรวมต่อปีของทุกๆบริษัทกับการลงทุนและ ค่า O&M ในแต่ละขั้นของการเลียนแบบระบบนิเวศน์ (Symbiosis) ซึ่งค่าที่ได้นี้จะเรียกว่า **ผลประโยชน์ของ Symbiosis** และหาค่า ROI ได้จาก

$$ROI = \sum_{i=0}^{n} \frac{\Delta\pi_{t+1}}{(1+r)^i} = 0 \qquad \Delta\pi_{t+1} = \text{ผลประโยชน์สุทธิ (B-C)}$$