บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 นิยามและคำจำกัดความของคำศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย (Terminology)

Emergy

ย่อมาจาก "Energy Memory" ใช้ในการวิเคราะห์ค่าพลังงานสะสมรวม ซึ่งเป็นพลังงานสะสมในวัสดุนั้นๆ พิจารณาจากพลังงานที่สะสมมาก่อนหน้าที่จะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์นั้นๆโดยที่ ค่า Emergy ของวัสดุนั้นๆ ได้มาจาก

Product	x	Transformity	=	Emergy

เมื่อ Product = มวลหรือพลังงานสะสมของผลิตภัณฑ์นั้นๆหน่วยเป็นจูล หรือ กรัม

Transformity = ค่า Transformity ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ(sej/J) หรือ (sej/g)

Emergy = ค่า Emergy ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ (sej)

ค่า Transformity

ค่าคงที่ของ Emergy ต่อหนึ่งหน่วยพลังงาน ของวัสดุหนึ่งๆมีหน่วยเป็น Solar emjoules / joule (sej/J)

ค่า Emergy/gram

เป็นค่า Transformity รูปแบบหนึ่ง คือ Emergy ต่อหนึ่งหน่วยมวลวัสดุ มีหน่วยเป็น Solar emjoules / gram (sej/g)

Emergy/Money Ratio

เป็นค่าที่แสดงสัดส่วนความมั่งคั่งทางด้านเศรษฐกิจของประเทศหนึ่งๆ โดยค่า Emergy / Money Ratio จะประเมิน มาจากระบบเศรษฐกิจของประเทศที่มีกระบวนการหรือระบบที่จะประเมินนั้นๆ เกิดขึ้น

คำนวณมาจาก

Total Emergy use	x	GNP	=	Emergy / Money Ratio

Total Emergy use	=	Emergy ทั้งหมดในระบบของประเทศ (sej/yr)
Gross National Product ;GNP	=	ผลผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (฿)
Emergy / Money Ratio	=	ค่าสัดส่วนความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ

Embaht

เป็นค่าการสะสมของปริมาณเงินในวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ในระบบโดยค่า Embaht ได้มาจาก

Emergy of Product / Emergy per Money Ratio = Embaht

เมื่อ

Emergy of Product	=	ค่า Emergy ของผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ (sej)
Emergy / Money Ratio	=	ค่าสัดส่วนทางเศรษฐกิจของประเทศ (sej/฿)
Embaht	=	ค่าที่ใช้การสะสมของเงินในวัสดุหรือผลิกภัณฑ์หนึ่งๆ (Em฿)

Renewable Resource; R

ทรัพยากรที่มีคุณสมบัติที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น วัสดุธรรมชาติ ดิน หิน ทราย ปูน เป็นต้น

Non-renewable Resource; N

ทรัพยากรที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือทรัพยากรที่มีอัตราการเกิดใหม่ยาวนาน เช่น แร่ธาตุ ป่าไม้ เป็นต้น

Yield; Y

ผลที่ได้จากระบบในที่นี้คือค่า Emergy ของระบบนั้นๆ

Market; M

ค่า Emergy ของสินค้าที่ใส่เข้าไปในระบบ

Services; S

ค่า Emergy ของบริการที่ใส่เข้าไปในระบบ

Emergy yield ratio (EYR)

แสดงค่า Emergy ของระบบ / Emergy ที่ต้องการใช้ในระบบ ค่า EYR จะสูงเมื่อวัสดุประเภท renewable ที่ใช้มี Emergy มาก โดยจะส่งผลให้ทราบถึงความคุ้มทุนที่ได้รับจากการลงทุนในทรัพยากร ยิ่งค่ามากแสดงถึงความคุ้มทุนมาก

Emergy investment ratio (IR)

เป็นค่า emergy ของเศรษฐกิจ / emergy ของ สภาพแวดล้อม ซึ่งจะเป็นตัวชี้วัดความชัดเจนของความสัมพันธ์ในกระบวนการต่อ competing process ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี แสดงถึงต้องมีการลงทุนด้านทรัพยากรมากในกระบวนการนั้น

Emergy Sustainability Index(ESI)

เป็นค่าดัชนี emergy ของความสามารถด้าน Sustainability ของระบบที่นำมาประเมิน ค่ายิ่งมากยิ่งดี

Environmental Loading (ELR)

เป็นค่าดัชนี emergy ของภาระของระบบนั้นต่อสิ่งแวดล้อม เป็น สัดส่วนการใช้ Nonrenewable ต่อ Renewable resource โดยค่ายิ่งน้อยยิ่งดีแสดงถึงมีการใช้วัสดุที่เป็นภาระต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

Renewability (R)

เป็นค่า emergy ของเศรษฐกิจ/ emergy ของ สภาพแวดล้อม ซึ่งจะเป็นตัวชี้วัดความชัดเจนของความสัมพันธ์ในกระบวนการนำกลับไปใช้ใหม่ของระบบค่ามากแสดงถึงความสามารถในการนำกลับไปใช้ใหม่ได้มาก

EIFS

EIFS ;Exterior Insulation and Finish System เป็นระบบผนังภายนอกที่มีความสามารถกันความร้อนจากภายนอกได้ พร้อมโครงสร้างและสีสำเร็จ

2.2 การประเมิน Emergy ของ วัสดุและกระบวนการ (Emergy Analysis of Products and Processes)

"EMERGY เป็นพลังงานที่มีอยู่ที่ถูกใช้ไปทั้งทางตรงและทางอ้อมในช่วงกระบวนการเปลี่ยนแปลงเพื่อผลิต ผลิตภัณฑ์หรือบริการหนึ่งๆ (Odum,1996)"

การวิเคราะห์ Emergy เป็นเทคนิคของการวิเคราะห์โดยการประเมินค่าพลังงานและความต้องการวัสดุที่ใส่เข้าไปในกระบวนการ (Inputs) ในรูปแบบพลังงานหนึ่ง 1 หน่วย ซึ่งในที่นี้คือ solar energy เนื่องจากในการประเมินจำเป็นต้องทำให้พลังงานทุกอย่างอยู่ในรูปเดียวกันเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ดังนั้น ในการประเมิน emergy ต้องทำให้พลังงานที่ใช้ทั้งในขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงในการผลิตผลิตภัณฑ์และบริการอยู่ในหน่วยพื้นฐานเดียวกัน ปริมาณดังกล่าวเรียกว่า emergy ซึ่งมีหน่วยในการวัด คือ emjoules โดยเมื่อแสดงในรูปของ solar emergy จะมีหน่วยเป็น solar emjoules (sej) solar emjoules (ตัวย่อ sej.) ค่า solar emjoules จะใช้เป็นหน่วยพื้นฐานใน

การคำนวณ Emergy โดย emjoules มาจาก emergy joule และใช้เพื่อให้มีความแตกต่างกับ ค่า joules ของพลังงานที่มีอยู่

ค่า Solar Transformities และ ค่า Emergy per Gram

Solar transformity เป็นค่า solar emergy ที่ต้องการใช้เพื่อให้เกิดพลังงาน 1 joule ของผลิตภัณฑ์ หรือ บริการ โดยแสดงอยู่ในรูป solar emjoule per joule (sej/J) ค่า Transformity มาจากการเทียบตำแหน่งของผลิตภัณฑ์ จากการจัดลำดับความสำคัญของทรัพยากรโลก ค่า transformity ที่มีค่าสูง แสดงถึงมีการใช้พลังงานในการทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มาก

ค่า transformity เป็นค่า emergy ต่อ joule ของพลังงาน แต่สำหรับวัสดุการแสดงค่า transformity ในรูป emergy per gram (sej/g) จะทำให้ง่ายในการคำนวณมากกว่า ในการวิจัยทั้ง ค่า transformity และ ค่า Emergy per Gram จะถูกใช้ในการประเมินค่า emergy ที่ต้องการของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้จาก

	Product	x	Transformity	=	Emergy

เมื่อ product = ค่าของผลิตภัณฑ์ที่ใส่เข้าไป (จูล(J) หรือ กรัม (g))

Transformity = ค่า transformity ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ (sej/J หรือ sej/g)

Emergy = ค่า emergy ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ (sej)

ค่า transformity และค่า emergy per gram ของแต่ละวัสดุและผลิตภัณฑ์ได้จากการคำนวณในการวิจัยที่ผ่านมา ค่าที่ได้ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับ emergy ที่เข้าไปในกระบวนการ ซึ่งแต่ละกระบวนการไม่จำเป็นต้องเท่ากันแม้ว่าจะเป็นวัสดุหรือผลิตภัณฑ์เดียวกัน เนื่องจากอาจจะมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้น ค่า transformity จึงเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากการวิจัยที่ผ่านๆ มา โดยค่า transformities และ emergy per gram ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้มีดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงรายชื่อวัสดุประเภทและค่า Solar Transformity (sej/หน่วย) ที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อมูล	หน่วย	ค่า Solar Transformity (sej/หน่วย)	หมายเหตุ (References)
1. ดิน	g	2.00E+09	(Odum, 1996, p.310)
2. น้ำ	J	4.80E+04	(Odum, 1996, p.120)
3. หิน	g	1.00E+09	(Odum, 1996, p.187)
4. ทราย	g	1.00E+09	(Odum, 1996, p.310)

ข้อมูล	หน่วย	ค่า Solar Transformity (sej/หน่วย)	หมายเหตุ (References)
5. ปูนซีเมนต์	g	2.31E+09	updated (haukoos, 1995, Table A-13,p.172)
6. ปูนขาว	g	2.31E+09	updated (haukoos, 1995, Table A-13,p.172)
7. ไม้อิฐมอญ	g	8.79E+08	(Buranakarn, 1998, Table 3-4)
8. อิฐสกรีนบล็อค	g	2.32E+09	(Buranakarn, 1998, Table C-13)
9. อิฐบล็อค	g	1.35E+09	(Haukoos, 1995, Table A-15, p.177-179) w/ services
10. กระเบื้องยาง	g	1.35E+09	(Haukoos, 1995, Table A-15, p.177-179) w/ services
11. กระเบื้องเคลือบ	g	6.32E+09	(Buranakarn, 1998, Table 3-11)
12. กระเบื้องซีเมนต์	g	2.86E+09	(Buranakarn, 1998, Table 3-13)
13. สีฝุ่น	g	2.31E+09	updated (haukoos, 1995, Table A-13,p.172)
14. ขี้ผึ้ง	g	1.52E+10	(Buranakarn, 1998, Table C-14)
15. ใยแก้ว	g	8.00E+08	(Haukoos,1995,Table A-6,p.155-156)
16. พรม	g	4.47E+09	(Haukoos, 1994) w/ services
17. สีพลาสติก	J	3.80E+06	(Odum et al., 1987a, p.159)
18. สีน้ำมัน	g	1.52E+10	(Buranakarn, 1998, Table C-14)
19. สีกันสนิม	g	1.52E+10	(Buranakarn, 1998, Table C-14)
20. สารเคมี	g	1.52E+10	(Buranakarn, 1998, Table C-14)
21. น้ำยากันซึม	g	3.80E+08	(Brown et al., 1992, Table A1)
22. พีวีซี	g	3.80E+08	(Brown et al., 1992, Table A1)
23. ยาง	g	6.32E+09	(Buranakarn, 1998:Table 3-11)
24. พลาสติก	g	4.30E+09	(Odum et al., 1987a, p. 159)
25. สเตนเลส	g	3.28E+09	(Buranakarn, 1998:Table C-8)
26. อลูมิเนียม	g	9.00E+09	(McGrane, 1994, appendix table 1, p.100)
27. สังกะสี/ทองแดง	g	1.27E+10	(Buranakarn, 1998:Table 3-6)
28. กระจก	g	6.77E+10	(Odum et al., 1987a, p. 159)
29. ประตู	g	1.90E+09	(Buranakarn, 1998:Table C-12)
30. หน้าต่าง	฿	Money Ratio ของปีนั้นๆ	(แผนภูมิที่ 3.1) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
	฿	Money Ratio ของปีนั้นๆ	(แผนภูมิที่ 3.1) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
31. ไฟฟ้า	฿	Money Ratio ของปีนั้นๆ	(แผนภูมิที่ 3.1) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
32. ประปา	฿	Money Ratio ของปีนั้นๆ	(แผนภูมิที่ 3.1) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
33. เครื่องกล	฿	Money Ratio ของปีนั้นๆ	(แผนภูมิที่ 3.1) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
34. เบ็ดเตล็ด	฿	Money Ratio ของปีนั้นๆ	(แผนภูมิที่ 3.1) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
35. แรงงาน	฿	Money Ratio ของปีนั้นๆ	(แผนภูมิที่ 3.1) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

Emergy-Money Ratio

เป็นค่าที่วัดการบริการที่ใส่เข้าไปในระบบ หรือ กระบวนการที่เกี่ยวกับมนุษย์ ดังนั้นในการประเมิน จึงต้องนำ emergy ของการบริการเข้ามาคิดด้วย ค่า emergy-money ratio ประเมินมาจากระบบเศรษฐกิจของประเทศที่มีกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้น คำนวณมาจาก

total emergy used (sej/yr) / Gross National Product (฿) = emergy-money ratio(sej/฿)

เมื่อ

total emergy used = emergy ทั้งหมดที่ใช้ในระบบเศรษฐกิจประเทศ(sej/yr)

Gross National Product = ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติของประเทศนั้นๆ (Baht;฿)

emergy-money ratio = ค่า emergy ที่ใช้ประเมินการบริการเทียบกับเม็ดเงิน(sej/฿)

เมื่อได้ค่า emergy-money ratio แล้ว นำไปคูณกับจำนวนเงิน จะได้ค่า emergy ของการบริการนั้น

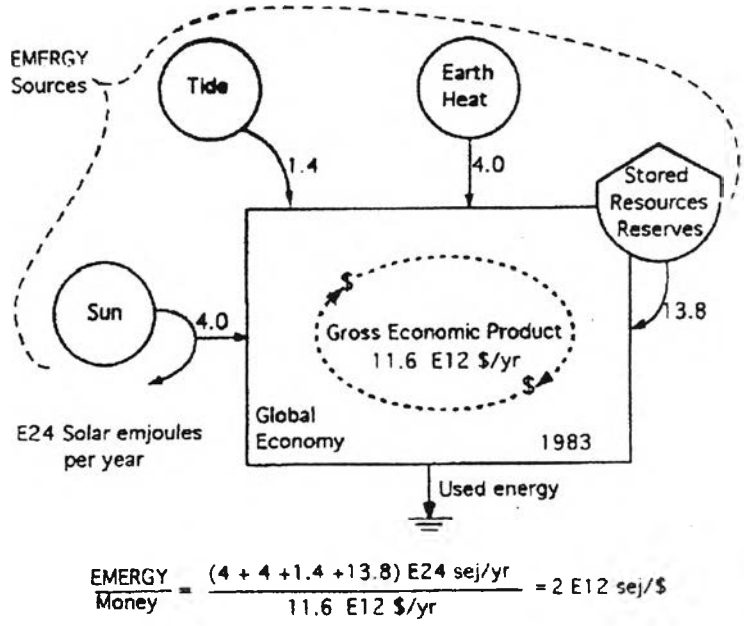
emergy-money ratio(sej/฿) x costs of service(฿) = emergy of service(sej)

เมื่อ emergy-money ratio = ค่า emergy ที่ใช้ประเมินการบริการเทียบกับเม็ดเงิน(sej/฿)

costs of service = ราคาหรือค่าของการบริการนั้นๆ(Baht;฿)

Emergy = ค่า emergy ของการบริการนั้นๆ (sej)

World Ratio of Emergy per Money



รูปที่ 2.1 ค่า Emergy/Money ratio ของระบบโลก

สำหรับระบบที่เป็นระบบของโลกเราสามารถหาค่า Emergy/Money Ratio ของโลกได้โดย

the world Emergy flow (sej/yr) / the World Gross National Product ($) = the World Emergy-money ratio(sej/$)

เมื่อ the world emergy flow = emergy ทั้งหมดที่ใช้ในระบบเศรษฐกิจโลก (sej/yr)

the World Gross National Product = ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติของโลก (Dollars;$)

the World emergy-money ratio = ค่า emergy ที่ใช้ประเมินการบริการเทียบกับเม็ดเงิน (sej/$)

เช่น การหาค่า emergy/money ratio ของโลกในปี 1980 โดยเทียบจำนวนเงินเป็นดอลล่าร์สหรัฐฯ

$$\frac{9.44 \times 10^{24} \text{ sej/yr renewable} + 10.8\times10^{24} \text{ sej/yr nonrenewable}}{10.1\times10^{12} \text{ \$/yr world gross economic product}} = 2.0\times10^{12} \text{ sej/\$}$$

Emdollar (EM$) and Embaht (Em฿)

ถ้าการไหลของ emergy ในระบบ เป็นสัดส่วนของความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ เราสามารถอ้างได้ว่าสัดส่วนของระบบที่ซื้อพลังงานมาจากการไหลของ emergy เช่น ถ้าการเกษตรมีค่าเป็น 10% ของ งบประมาณ emergy ทั้งหมดในแต่ละปี เราสามารถอ้างได้ว่าในการซื้อพลังงานเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติมาจากการเกษตร

สัดส่วนของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติต่อ การไหลของ Emergy เรียกว่า Emdollar หรือตัวย่อ Em$ หรือ Embaht ตัวย่อ Em฿

Emergy of Product (sej) / Emergy per Money Ratio (sej/฿) = Embaht (Em฿)

เมื่อ Emergy of Product = ค่า Emergy ของผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ (sej)

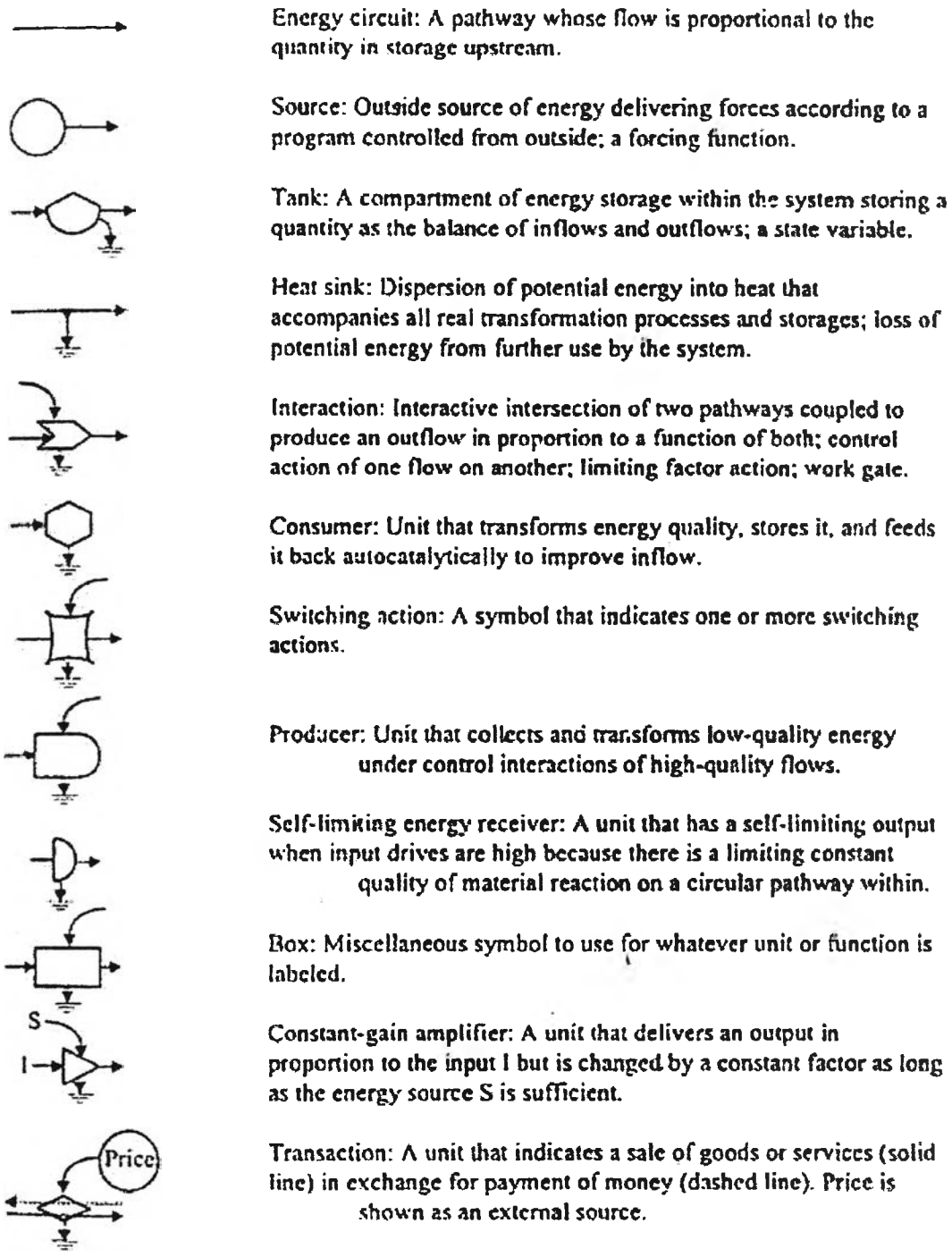
Emergy / Money Ratio = ค่าสัดส่วนทางเศรษฐกิจของประเทศ (sej/฿)

Embaht = ค่าที่ใช้การสะสมของเงินในวัสดุหรือผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ (Em฿)

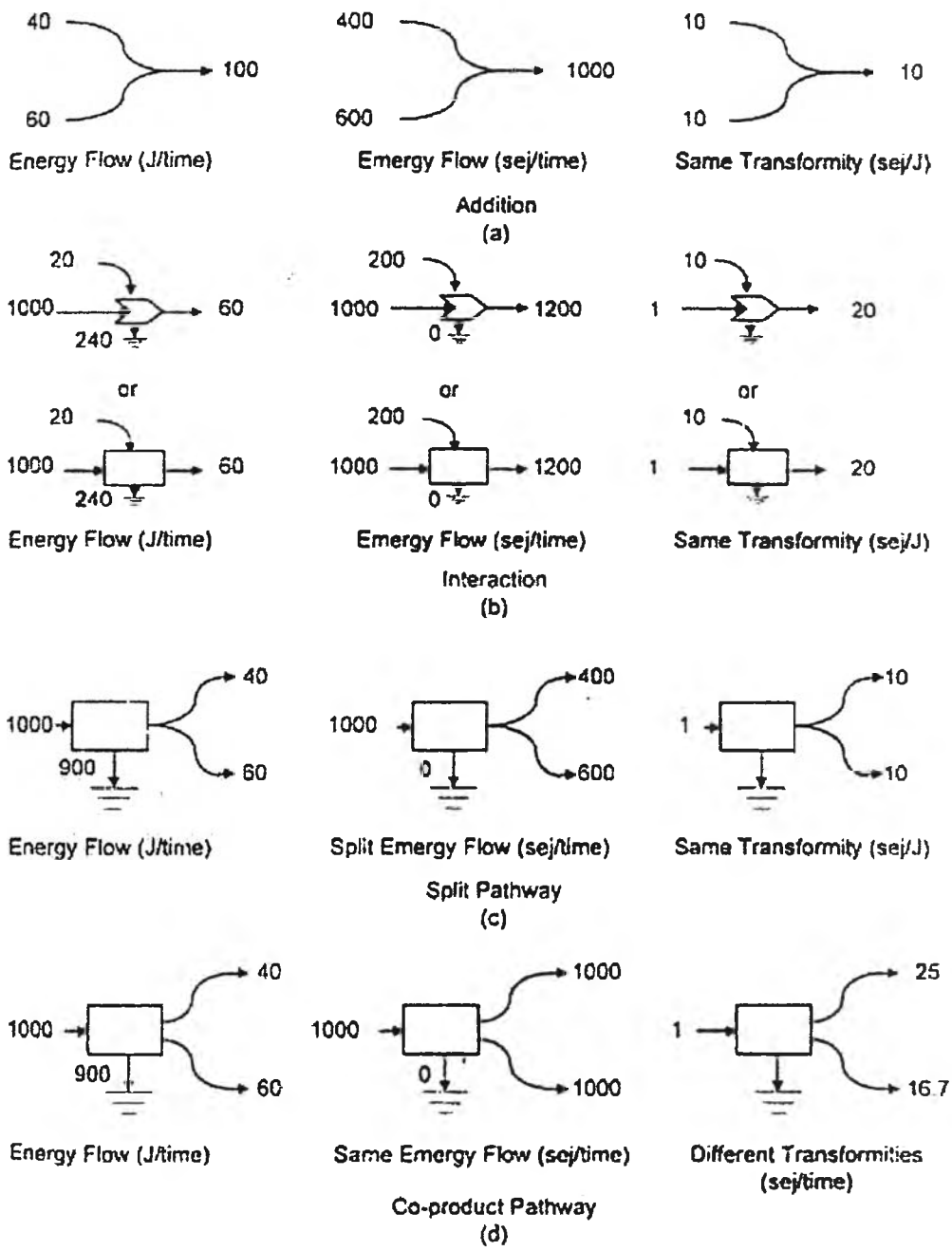
Emergy Systems Diagrams และ Conventions

ในการเขียนไดอะแกรมของระบบการประเมิน emergy สัญลักษณ์จะแสดงถึงส่วนประกอบของระบบตั้งแต่แหล่งที่มา การไหล และการสะสมในระบบของพลังงาน การวางรูปแบบ

และการเชื่อมต่อสัญลักษณ์จะแสดงถึง ลักษณะการไหล ทิศทางการเคลื่อนที่และกระบวนการของพลังงานของระบบ การไหลของวัสดุและพลังงานในระบบจะแสดงด้วยเส้นทึบในไดอะแกรม การวางรูปแบบไดอะแกรมทั้ง แหล่งที่มา การไหล และการสะสมในระบบจะมีทิศทางด้านซ้ายไปด้านขวา และ เริ่มต้นจากค่า transformity น้อยกว่าไปยังค่า transformity มากกว่า ทิศทางการไหลสามารถเพิ่มหรือลดได้ หรือเกิดปฏิสัมพันธ์กัน เพื่อก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงขึ้น



รูปที่ 2.2 แสดงสัญลักษณ์ในการเขียนไดอะแกรมการไหลของพลังงานในภาษาระบบพลังงาน (energy system language) ที่มา: Odum. 1996



รูปที่ 2.3 แสดงความแตกต่างของการไหลของพลังงานในแต่ละวัสดุที่แตกต่างกัน แบ่งเป็น กระบวนการที่มีค่า transformity เหมือนกันและกระบวนการที่มีค่า transformity แตกต่างกัน ที่มา: Odum, 1996

การเขียน ไดอะแกรมในภาษาระบบพลังงาน (Energy System Diagramming)

เป็นการเขียนไดอะแกรมเพื่ออธิบายรูปแบบข้อมูลพลังงานในระบบหรือกระบวนการ และความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น ไดอะแกรมระบบนี้ใช้เพื่อสร้างตารางประเมิน emergy มีขั้นตอนการเขียนดังนี้ (Buranakam, 1998)

1. การระบุ ขอบเขตของระบบด้วยกรอบสี่เหลี่ยม
2. การระบุแหล่งที่มาของพลังงานหรือวัสดุที่สำคัญแสดงในไดอะแกรมจะต้องมีปริมาณอย่างน้อย 5 เปอร์เซนต์ของขอบเขตระบบทั้งหมด
3. ภายในกรอบสี่เหลี่ยม ระบุองค์ประกอบหลักที่สำคัญของระบบ เพื่อแสดงถึงขนาดของระบบ
4. ทำรายการของทิศทางการไหล ความสัมพันธ์ กระบวนการ การผลิต และการบริโภค รวมทั้งการไหลของเงินและการซื้อขายแลกเปลี่ยนด้วย
5. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนไดอะแกรมมาจากรูป 2.2 ข้างต้น

การประเมิน emergy

นำไดอะแกรมของระบบมาสร้างตารางที่ใช้ในการประเมิน โดยแหล่งข้อมูลที่มาใส่ภายในขอบเขตของระบบแต่ละตัวเป็นหัวข้อที่จะนำมาใส่ในตาราง ทิศทางการไหลของวัสดุและพลังงานจะใช้ต่อ 1 ปีเป็นมาตรฐาน และตารางที่ใช้จะต้องใช้ตารางในรูปแบบเดียวกันทุกการศึกษา ประกอบด้วยตารางที่มี 6 หัวข้อเรื่องดังตัวอย่าง (Odum,1996)

1	2	3	4	5	6
Footnote	Item	Input resource (J,g,฿)	Solar Emergy per unit (sej/J ,sej/g, sej/฿)	Solar Emergy (sej)	Embaht (Em฿/yr.)

1. Footnote (หมายเหตุ) เป็นรายชื่อของแต่ละลำดับแสดงแหล่งของข้อมูลที่ใช้และการคำนวณละเอียดที่ท้ายตาราง
2. Item (รายการ) เป็นชื่อของสิ่งที่นำมาประเมินโดยแสดงตามที่เห็นใน ไดอะแกรมของระบบ
3. Input resource (วัตถุดิบที่ input) จะให้เป็นหน่วยทางกายภาพ เช่น เป็นจูล, กรัม, บาท ข้อมูลที่ได้มาจาก ผู้ผลิต เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลทางสถิติ โดยข้อมูลจะแสดงเป็นข้อมูลต่อปี การคำนวณและอ้างอิงแสดงที่หมายเหตุแต่ละรายการ

4. Solar emergy per unit (Solar emergy ต่อหน่วย) ใช้ sej/J ถ้าเป็นพลังงาน sej/g ถ้าเป็นมวลสาร และ sej/฿ ถ้าเป็นเงิน ข้อมูลจากข้อ 3. จะถูกคูณกับ Solar Transformities ในข้อ 4. เพื่อให้ได้ค่า solar emergy (sej/yr.) ในข้อที่ 5.
5. Solar emergy (sej) ค่า solar emergy ของ input resource แต่ละตัวที่ประเมินมาจากข้อที่3. คูณกับข้อที่ 4.
6. Emvalue คือ ค่า Emdollar หรือ Embaht ที่คำนวณจากการหาร solar emergy ในข้อที่ 5. ด้วย solar emergy per money ratio ของปีนั้นๆ โดย solar emergy per money ratio คำนวณ จาก

Annual solar emergy values**ของประเทศ** / GDP **ในปีนั้น** ๆ

การประเมินSolar Emergy จากระบบโลก

ในตารางประเมินอาจจะมีทรัพยากรที่จัดว่าเป็นทรัพยากรของระบบโลก เช่น ทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ ดิน อากาศ น้ำ เนื่องจากค่าTransformity ได้มีการจัดทำขึ้นเป็น Baseline[1] อยู่แล้ว ในการคำนวณในตารางจึงใช้ค่าที่เป็น baseline ได้เลยเนื่องจากเป็นค่าที่มากที่สุดที่สามารถคิดได้ การที่คำนวณเพิ่มในตารางประเมินอีกครั้งหนึ่งจึงเป็นการคำนวณ 2 ครั้ง (Double-count)

การซื้อขายที่กลับเข้ามาในระบบ

การซื้อขายที่กลับเข้ามาในระบบ ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆที่ต้องนำมาทำการประเมิน

ส่วนที่ 1 คือ ค่า Emergy ที่เป็นค่าพลังงานที่เข้ามาในระบบ

ส่วนที่ 2 คือ ค่า Emergy ของการบริการ

ยกตัวอย่างเช่น เมื่อมีการนำเชื้อเพลิงเข้ามาใช้ในระบบ ค่า Emergy ของพื้นที่ในระบบนั้น จะมาจากค่า Emergy ของเชื้อเพลิงเอง(ซึ่งมาจาก ค่าพลังงาน x ค่า transformity) บวกกับ ค่า Emergy ที่เป็นการบริการที่เกี่ยวข้องอันได้แก่ การบริการในการทำเหมือง กรบวนการต่างๆ และการขนส่ง (ซึ่งมาจากมูลค่าของเงิน x ค่า Emergy/Money Ratio)

การประเมินมูลค่าการบริการ

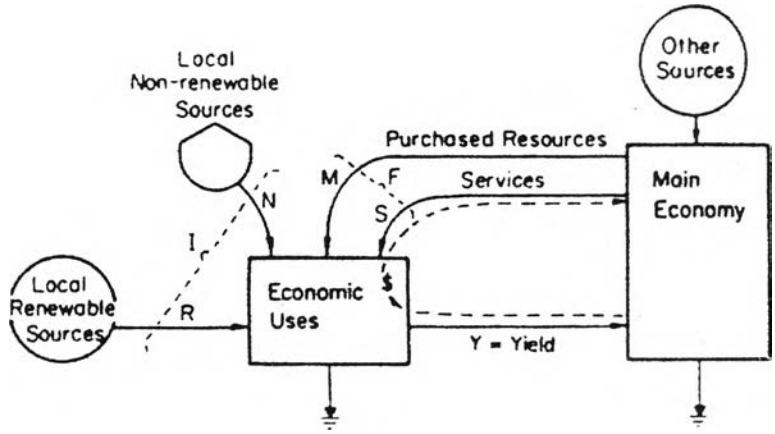
มูลค่าของเงินที่แทนการบริการและ แสดงในรายการตารางประเมินหัวข้อที่ 3 เป็นค่ามูลค่าจริง ค่า ในหัวข้อที่ 4 คือ ค่า Emergy/Money Ratio ที่มาจากขอบเขตของระบบนั้นๆในปีนั้นๆ

---

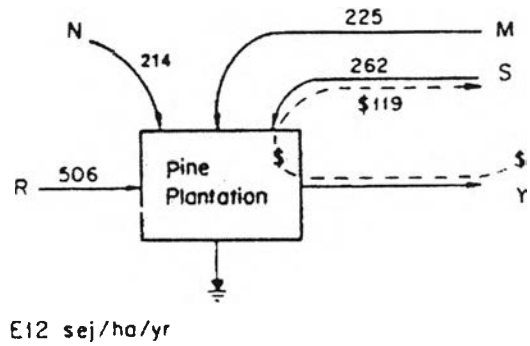
[1] Odum,1996 , Chapter 3 ,Figure3.7, p.51

การจัดสร้างค่า Emergy และ ค่า Emdollar เป็นไดอะแกรมสรุป

ภายหลังจากได้ทำการวิเคราะห์ตารางประเมิน Emergy เสร็จสิ้น ก็นำมาจัดสร้างเป็นไดอะแกรมสรุปโดยแบ่งเป็น Emergy Diagram และ Emvalue Diagram



Emergy Diagram



Emvalue Diagram

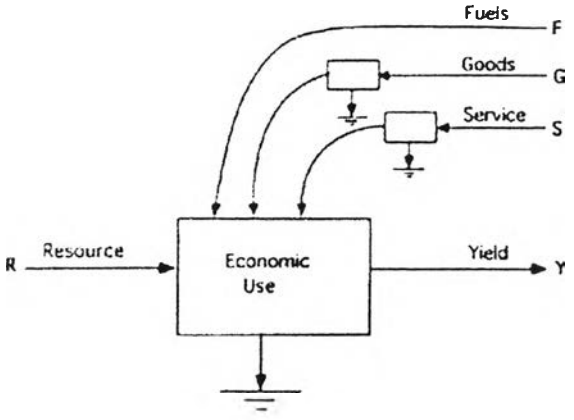
รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมสรุป

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบจากตารางประเมิน

การเปรียบเทียบการไหลของพลังงานและวัสดุที่สะสมอยู่ในระบบจะแสดงให้เห็นว่าทรัพยากรตัวใดที่มีความสำคัญหรือเป็นตัวหลักที่จะสนับสนุนระบบทั้งหมด (เป็นปัจจัยหลัก)และในกรณีที่ตัวที่เป็นตัวหลักเป็นมีส่วนประกอบมากกว่าหนึ่ง การเปรียบเทียบจะแสดงให้เห็นว่าเป็นสัดส่วนกันอย่างไร โดยการเปรียบเทียบจะใช้หลักในการ หาผลรวมและการจัดทำเป็นสัดส่วน

การจัดทำดัชนี Emergy

การจัดทำดัชนี Emergy จัดทำขึ้นภายหลังการประเมิน เพื่อให้เป็นภาพรวมของสิ่งที่ประเมิน และช่วยในการตัดสินใจ โดยสร้างขึ้นเป็นไดอะแกรม 3 แขน (3-Arms Diagram)



รูปที่ 2.5 ลักษณะการเขียน ไดอะแกรม 3 แขน

ประกอบด้วย

- ทรัพยากรธรรมชาติที่ใส่เข้าไปในระบบ (Environment Input)
  แบ่งออกเป็น 2 แหล่งที่มา คือ Renewable และ Non-renewable
- การซื้อขายที่กลับเข้ามาในระบบ (Purchased Feedbacks)
  แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การซื้อวัสดุที่กลับเข้ามาในระบบ และการบริการ
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้ (Output Products)

และนำมาทำการคำนวณ ผลที่ได้จะประกอบด้วย

- Solar Transformity ของผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน มาจาก
  Total solar emergy inputs / energy of the yeild = sej/J
- Emergy Yield ratio ของผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน
  Yield Output Emergy flow / Sum of feedback Emergy from the economy = $Y/\Sigma F$
- Exchange ratio
  Solar Emergy flow of the yield product/solar emergy of the money paid by the buyer = Y/of paid

2.3 การคำนวณ EMERGY ของรัฐและประเทศ (EMERGY of States and Nation)

การประเมิน Emergy ของรัฐและประเทศ และทรัพยากรพื้นฐานเป็นการประเมินค่า Emergy ในมุมมองมหภาคเกี่ยวกับทรัพยารธรรมชาติ และช่วยในการวางแผนนโยบายสำหรับ

ประเทศ การประเมิน emergy ของประเทศ เริ่มต้นด้วยการสร้างไดอะแกรมของระบบ จากนั้นจึงสร้างไดอะแกรมสรุป เพื่อแสดงหมวดหมู่ของสิ่งที่เกี่ยวข้องทั้งภายในและภายนอก จะทำการคำนวณเป็นดัชนีเพื่อสรุปเป็นข้อเสนอแนะเพื่อให้ได้นโยบายที่เหมาะสมและค่า empower ที่ได้ประโยชน์สูงสุดสำหรับประเทศ

ตารางที่ 2.2 แสดงรายการข้อมูลที่จำเป็นในการประเมิน Emergy ของประเทศ

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ Emergy ของประเทศ

1. แผนที่การใช้ที่ดินแบบหยาบ
2. ตารางพื้นที่แสดงพื้นที่ป่า, พื้นที่ปศุสัตว์, พื้นที่กสิกรรม, พื้นที่เมือง, พื้นที่ไหล่ทวีป (ทะเล)
3. ความสูงเฉลี่ย
4. GNP (Gross National Product) หรือ Total Income (รายได้สุทธิ)
5. Annual Insulation
6. การใช้เชื้อเพลิง
7. ประชากร ย้ายเข้า, ย้ายออก
8. มูลค่าการนำเข้า
9. ปริมาตร, ปริมาณการนำเข้าหลัก
10. มูลค่าการส่งออก และประเทศคู่ค้าที่สำคัญ
11. ปริมาตร, ปริมาณการส่งออก
12. การแลกเปลี่ยนเงินเกี่ยวกับการค้า(การกู้ยืม, การลงทุน, อัตราดอกเบี้ย, การโอนการจ่ายเงิน, ความช่วยเหลือทางการเงินจากต่างประเทศ, การชดเชยทางทหาร ค่าปฏิกรณ์สงคราม)
13. ปริมาณน้ำฝน, Percent Runoff, ระดับแหล่งน้ำหลัก
14. การไหลของแม่น้ำ, เข้า-ออก ประเทศ
15. ปริมาณการระเหยของน้ำ
16. กระแสลม ร้อน-หนาว
17. การพังทลายของดิน
18. องค์ประกอบของดิน, เพาะปลูก/ ป่า
19. เปอร์เซ็นต์ของเศรษฐกิจในภาคต่าง ๆ
20. การผลิตไฟฟ้า,ใช้, นำเข้า, ส่งออก
21. ความยาวของชายฝั่งและคลื่น
22. ความสูงของระดับน้ำ
23. ความลึกของระดับน้ำ

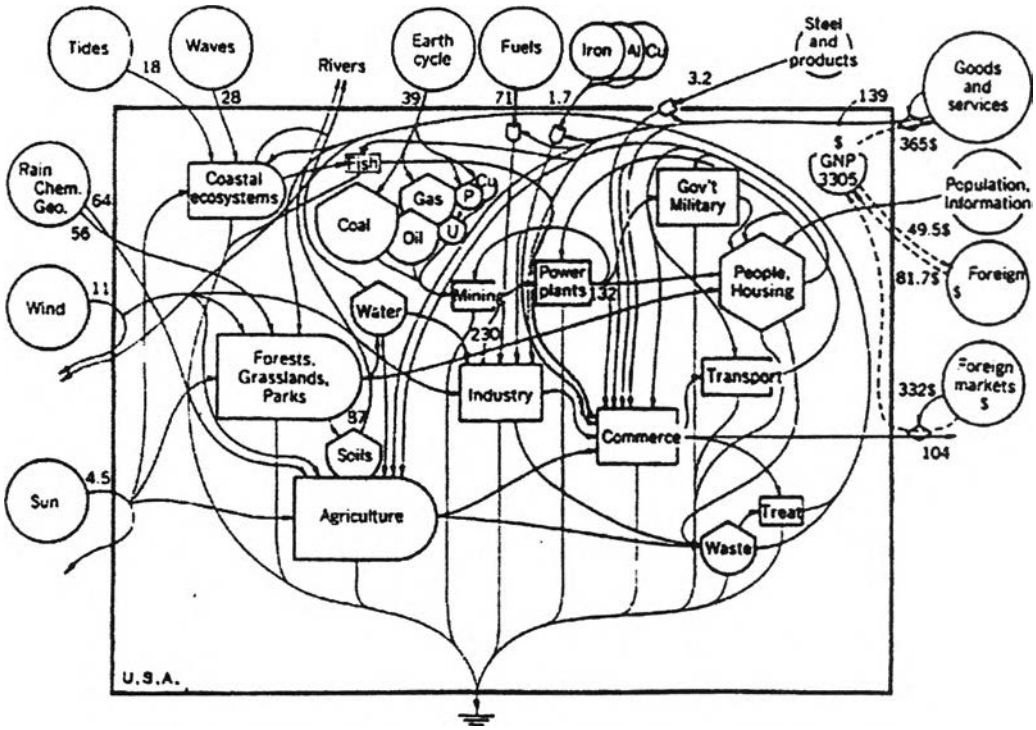
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

24. ความสูงของคลื่น

25. สถิติทางเศรษฐกิจของประเทศ

เมื่อได้ข้อมูลมาแล้ว นำมาจัดให้อยู่ในรูปของตารางแสดงค่า emergy flow แยกออกเป็น Emergy input และ Emergy output ซึ่งใช้ประกอบกับรูปที่ 10.2 และ จัดทำเป็นตารางเป็นค่า emergy storage ค่า emergy จะถูกสรุปรวมใน ไดอะแกรมสรุป รูปที่ 10.3 และจัดทำเป็นตารางสรุปรวมต่อไป

การไหลของ Emergy ผ่านขอบเขตของระบบ



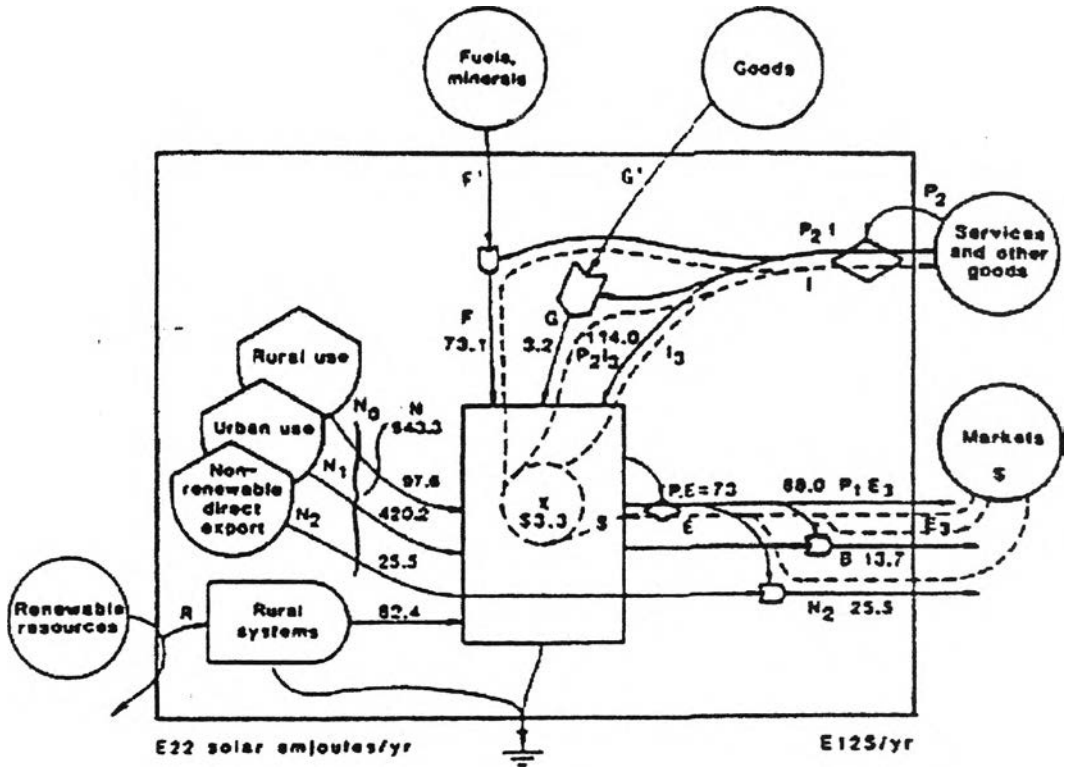
รูปที่ 2.6 แสดงไดอะแกรมของประเทศ สหรัฐอเมริกา และประเทศอื่นๆทั่วไปที่มีลักษณะการไหลของทรัพยากรดังกล่าว

เริ่มด้วยการสร้างขอบเขตของระบบ สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา ขอบเขตที่ใช้ในการประเมินคือ ขอบของไหล่ทวีปในมหาสมุทรโดยรอบ และขอบเขตบนคือ 100 เมตรจากระดับพื้นดิน และพื้นน้ำ และขอบเขตล่าง 2 เมตรจากระดับผิวดินหรือพื้นของทะเลและทำเลสาบ ต่อมาจึงระบุและประเมินทิศทางการไหลของระบบผ่านขอบเขต

- The environmental flows ได้แก่ ดวงอาทิตย์ ลม ฝน แม่น้ำ กระแสน้ำ คลื่น และกระบวนการทางธรณีวิทยา
- วัตถุดิบนำเข้า เช่น แร่ธาตุ

- การนำเข้าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น อาหาร เส้นใย และไม้
- การนำเข้าเครื่องจักรและอุปกรณ์
- การนำเข้าแรงงานและสินค้า
- การนำเข้าอุปกรณ์ทางการทหาร
- การไหลเข้าของข้อมูลข่าวสาร
- การแลกเปลี่ยนเงินตรา
- การแลกเปลี่ยนทางการศึกษา

ไดอะแกรมสรุป (Summary Diagram)



รูปที่ 2.7 เป็นไดอะแกรมสรุปแสดงการไหลเข้าและออกของพลังงานและวัสดุในประเทศ

ซึ่งไดอะแกรมนี้รวมถึงการไหลของเงินและผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ รวมพลังงานทุกระดับที่ไหลเข้า เพื่อเป็น emergy ของระบบมีเนื้อหาดังนี้

<u>ด้านซ้ายของไดอะแกรม</u> เป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่ใส่เข้าไปในระบบ ได้แก่

- ทรัพยากร Renewable, R

- ทรัพยากร Non-renewable ที่เกิดขึ้นภายในกรอบสี่เหลี่ยมที่เป็นขอบเขตของระบบ ทั้ง N_0,N_1 และ N_2
    - N_0 คือ ทรัพยากรท้องถิ่น เช่น ดิน และชีวมวลของป่าไม้ (Wood biomass) เมื่อเป็นทรัพยากรที่มีอัตราการใช้สูงกว่าอัตราที่เกิดขึ้นใหม่
    - N_1 คือ ทรัพยากรเชื้อเพลิงและแร่ธาตุสำรอง ที่มีอัตราการเกิดขึ้นใหม่ยาวนานกว่าช่วงกระบวนการทางธรณีวิทยา
    - เส้นทางส่งออก N_2 คือ การไหลของทรัพยากรทางผ่านที่ไหลผ่านระบบโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือการใช้ เช่น แร่ธาตุที่ผ่านการทำเหมืองและส่งออกเลยในรูปวัตถุดิบ

ค่า Emergy ของ วัสดุหรือพลังงานที่ไหลผ่านระบบจะไม่ถูกนำมาคิดรวมในค่า Emergy รวมของระบบที่เป็นตัวแทนของระบบเศรษฐกิจ

<u>ด้านบนและด้านขวาของไดอะแกรม</u> จะแสดงการนำเข้า ได้แก่

- ค่า Emergy ของน้ำมันเชื้อเพลิง F
- ค่า Emergy ของสินค้าที่มีการบริการเพิ่มเติม เกี่ยวข้อง G
- ค่า Emergyการนำเข้าบริการทั้งหมด P_2I
- ค่า Emergy ของการบริการเป็นค่าที่มาจาก เงินดอลล่าร์ของการนำเข้า I
- ค่า Emergy/Money Ratio P_2 จากประเทศที่มีการนำเข้าสินค้าเข้ามา

จากรูป จะเห็นว่าค่าเงินที่จ่ายสำหรับการนำเข้าเป็นการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ โดยดูจากค่า Emergy/Money Ratio ของประเทศที่มีการนำเข้าสินค้า

ในไดอะแกรมจะแสดงการไหลของเงินเป็นเส้นประ เส้นทางการไหลของเงิน 2 เส้นทาง

- เส้นทางที่ 1 แสดงการไหลของเงินทีมาจากการบริการที่ใช้ไปในการนำเข้าเชื้อเพลิงและสินค้าซึ่งเลี้ยวกลับและถูกรวมเข้าไปในค่าการบริการทั้งหมด P_2I
- เส้นทางที่ 2 ค่า I_3 เป็นค่าการไหลของเงินดอลล่าร์ของการบริการอื่นๆที่นอกเหนือจากเส้นทางแรก และเส้นทางนี้มีค่า Emergy เท่ากับ P_2I_3

<u>มุมด้านขวาล่าง</u> จะแสดงเส้นทางการส่งออกของเชื้อเพลิง, สินค้าและบริการเหมือนกับส่วนของการนำเข้า ประกอบด้วย

- ค่า Emergy ของสินค้า B
- ค่า Emergy ของแร่ธาตุและเชื้อเพลิงส่งออก N_2 ในส่วนนี้รวมถึง ค่า emergy ของการบริการที่ต้องการในช่วงกระบวนการจัดส่งด้วย

เส้นทางการไหลของเงินเข้ามาในระบบจาก ตลาด ทางด้านขวาซึ่งสำหรับการส่งออกจะเป็นเส้นประและวนกลับมาบรรจบรวมกันเป็น

- ค่าเงินดอลล่าร์ทั้งหมดที่ได้จากการส่งออก E ซึ่งจะต่อเนื่องกับ
- วงกลมของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ X
- ค่า Emergy รวมทั้งหมดของการส่งออกการบริการ =การส่งออกแสดงในรูป ดอลล่าร์ (E) x ค่า Emergy / Money ratio (P1) ของประเทศที่ทำการส่งออก (P_1E)
- ค่า E_3 เป็น เงินที่ได้รับจากการส่งออกอื่นๆที่นอกเหนือจากเชื้อเพลิงและสินค้าที่มี emergy สูง
- ค่า Emergy ของการแลกเปลี่ยนในการขาย ของการส่งออก E_3 คือ P_1E_3

การไหลของ Emergy รายปีของประเทศอเมริกา (Annual Emergy Flows of The United States)

ภายหลังจากวาดไดอะแกรมสรุปแล้ว นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างตารางประเมิน Emergy เพื่อดูการไหลของวัสดุและพลังงาน และการเก็บสะสมวัสดุและพลังงานภายในประเทศ ส่วนตารางสรุป ใช้เพื่อสร้างไดอะแกรมสรุป Emergy (รูปที่ 2.7) และจัดสร้างเป็น ดัชนีประชาชาติ (National Indices) เป็นตารางสุดท้าย

ในการสร้างตารางประเมิน Emergy วัสดุหรือพลังงานที่ยังไม่มีค่า Emergy ในการประเมินจะต้องการข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุหรือพลังงานนั้น คือ

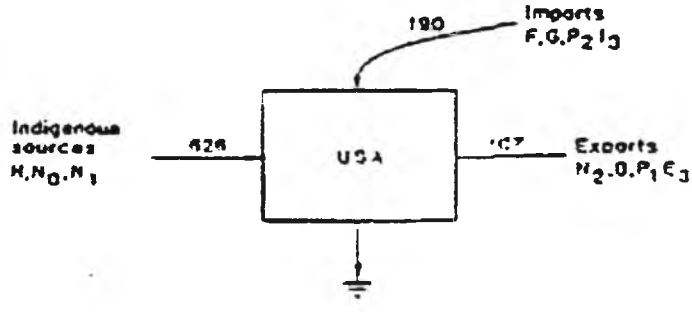
- ค่าน้ำหนักของวัสดุ(weight) หรือความจุพลังงาน (energy content) เพื่อประเมินค่า Emergy ของพลังงาน
- ค่าเงินที่ใช้ เพื่อประเมินค่าของ Emergy ของการบริการที่เกี่ยวข้อง

ยกตัวอย่างดังไดอะแกรมสรุป รูปที่ 2.7 สังเกตได้ว่า การนำเข้าเชื้อเพลิงและสินค้ามีค่า emergy 2 ค่า ค่าหนึ่งรวมการบริการที่เกี่ยวข้องกับวัสดุและพลังงานแล้ว (F และ G) และอีกค่าหนึ่งหักลบค่าการบริการออกแล้ว (F' และ G') ดังนั้นในการประเมิน emergy ของการนำเข้าสามารถทำได้ 2 วิธีคือ นำค่า F'และ G' บวกเข้ากับ ค่าการบริการทั้งหมด (P_2I) หรือ นำค่า F และ G บวกเข้ากับ ค่าการบริการอื่นๆ (P_2I_3) เนื่องจากค่าการบริการที่เกี่ยวข้องกับการนำเข้าเชื้อเพลิงและสินค้า มักมีค่าน้อยความแตกต่างระหว่างค่า F,G และ ค่า F',G' จึงมีไม่มากนัก

ในขณะเดียวกันค่าการบริการทั้งหมดของการส่งออก เท่ากับ P_1E ในขณะที่ค่าการบริการอื่นๆนอกเหนือจากค่าบริการที่เกี่ยวข้องกับการส่งออกสินค้า และ เชื้อเพลิงและแร่เชื้อเพลิง คือ

P_1E_3 โดยที่ สินค้าส่งออก (B) และเชื้อเพลิงและแร่เชื้อเพลิง N_2 ต่างมีค่า Emergy ที่ประกอบด้วยค่าของการบริการด้วย

การสรุปผลต่อไป และค่า Emergy/ Money Ratio



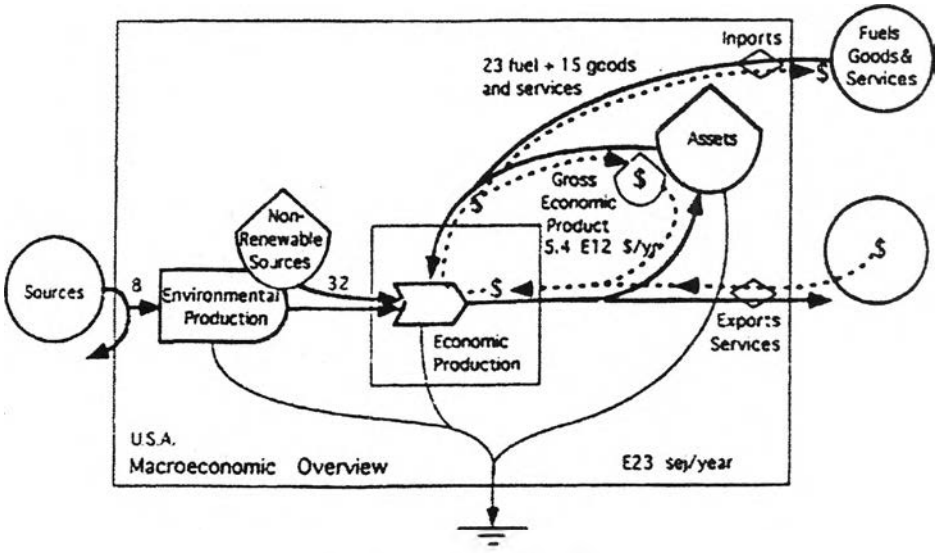
รูปที่ 2.8 แสดงการสรุปผลในรูปไดอะแกรม 3 แขน (3-Arms Diagram)

จากที่แสดงในระบบในรูปที่ 2.7 รูป 2.8 จะสามารถสรุปผลได้ในรูปไดอะแกรม 3 แขน เพื่อแสดง

1. การใช้ทรัพยากรท้องถิ่น
2. การนำเข้า
3. การส่งออก

ค่า Emergy / Money Ratio มาจากการคำนวณ โดยการบวกค่าการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นกับค่าการนำเข้าและหารด้วยค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติที่แสดงในรูปค่าเงินของประเทศนั้นๆ อ้างอิงตามตลาดการแลกเปลี่ยนเงินตราขณะนั้น

ค่า U ของตารางสรุปดัชนีประชาติ จะถูกหารด้วยค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ X เพื่อให้ได้ค่า Solar Emergy/Money Ratio (P_1) การส่งออกจะไม่ถูกนำมาหักลบเนื่องจากค่า Emergy ที่ใช้ไปภายในประเทศเท่านั้นที่จะนำมาคิดเป็นค่า Empower ของชาตินั้นๆ



$$\frac{\text{EMERGY flow}}{\text{Money flow}} = \frac{(8 + 32 + 23 + 15)\ \text{E23 sej/yr}}{5.4\ \text{E12 \$/yr}} = 1.44\ \text{E12 sej/\$ 1992}$$

รูปที่ 2.9 เป็นการเขียนไดอะแกรมสรุปเกี่ยวกับการไหลของวัสดุและพลังงานของประเทศ อีกแบบหนึ่ง

การไหลของเงินผ่านขอบเขตของระบบ

เพิ่มเติมจากการแลกเปลี่ยนการค้าในรูปที่ 2.5 ต้องมีการการคำนวณค่าการไหลของเงินทั้งหมดที่ผ่านเข้ามาในขอบเขตของระบบ ซึ่งจะสามารถหาข้อมูลมาได้จากข้อมูลสถิติทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งจะรวมเข้าไปใน ไดอะแกรมด้วยเส้นประ ได้แก่

- ค่าเงินที่ไหลเข้าและออกประเทศจากการท่องเที่ยวของชาวต่างชาติ
- ค่าการแลกเปลี่ยนเงินตราจากผู้อพยพเข้าและออกและธุรกรรมการโอนเงิน
- ค่าเงินที่กู้ยืมหรือการลงทุนจากทั้งในและต่างประเทศและค่าการชำระหนี้สินและดอกเบี้ย
- ค่าการช่วยเหลือระหว่างประเทศ
- ค่าใช้จ่ายในการช่วยเหลือทางการทหาร
- การซื้อขายแลกเปลี่ยนในธุรกิจ
- ค่าเงินที่เปลี่ยนแปลง (Money Shift) จากการได้กำไร(profit earning) ของบริษัทข้ามชาติ

การใช้ข้อมูลทางการเงินในการประเมินค่าสินค้าและบริการขาเข้า

การประเมิน Emergy ของการไหลในรูปการบริการที่เข้ามาในขอบเขตของระบบ จะใช้อัตราเงินของประเทศนั้นๆที่เป็นแหล่งที่มาของการบริการ ข้อมูลเกี่ยวกับการนำเข้าบริการจะอยู่ในรูปของเงินที่ใช้ไปในแต่ละปี x ค่า Emergy/Money Ratio ของประเทศที่นำเข้าบริการเข้ามา (ตารางที่ 10.7) ยกตัวอย่างเช่น ค่า Emergy ขาเข้าที่แสดงถึงการซื้อสินค้าจากประเทศบราซิลในปี 1980 ในรูปของเงินดอลล่าร์ จะนำมาคูณกับค่า Emergy/Money Ratio ของปีนั้น คือ $8.4x10^{12}$ sej/$

สำหรับการประเมินเป็นรัฐหรือภูมิภาคย่อยลงมาของประเทศ จะแสดงเป็นกรอบขอบะขตที่เล็กลงและมีการบวกค่าเงินที่เกี่ยวข้องกับส่วนรัฐบาลกลาง ค่าภาษีและค่าใช้จ่ายอื่นๆในงบประมาณเข้าไปด้วย

2.4 หลักเกณฑ์การถอดแบบหาปริมาณวัสดุตั้งต้นเพื่อการประเมิน

1.งานขุดดินฐานรากและถมดิน คิดเผื่อกันดินพังและทำงานสะดวก 30%

ดิน 1 ลบ.ม. หนัก 1,280 กก.

2. งานวัสดุรองพื้นหรือปรับระดับ คิดเผื่อการยุบตัวเนื่องจากการบดอัดด้วยแรงคน

2.1 งานถมทราย เผื่อ 25%

ทรายแห้ง 1 ลบ.ม. หนัก 1,650 กก.

ทรายเปียก 1 ลบ.ม. หนัก 2,100 กก.

2.2 งานถมดิน เผื่อ 30%

2.3 งานถมลูกรัง เผื่อ 35%

2.4 งานถมอิฐหัก เผื่อ 25%

3.งานไม้แบบหล่อคอนกรีต

3.1 ไม้แบบหนา 1" เนื้อที่ 1 ตารางเมตร ใช้ไม้ปริมาตรประมาณ 1 ลูกบาศก์ฟุต

ไม้ 1 ลบ.ฟ. หนัก 24 กก.

ไม้ 1 ลบ.ม. หนัก 800 กก.

3.2 ไม้เคร่ายึดไม้แบบ คิด 30% ของปริมาณไม้แบบ

3.3 ไม้ค้ำยันไม้แบบ

3.3.1 ไม้ค้ำยันท้องคานและงานประเภทคานคิด 1 ตัน/ความยาว 1 เมตร

3.3.2 ไม้ค้ำยันท้องพื้นและงานประเภทพื้นคิด 1 ตัน/ตารางเมตร

4. การลดปริมาณไม้แบบหล่อคอนกรีต เนื่องจากใช้งานได้หลายครั้ง

4.1 อาคารชั้นเดียว ลด 20% ใช้ 80%

4.2 อาคาร 2 ชั้น ลด 30% ใช้ 70%

4.3 อาคาร 3 ชั้น ลด 40% ใช้ 60%

4.4 อาคาร 4 ชั้นขึ้นไป ลด 50% ใช้ 50%

การลดปริมาณไม้แบบหล่อคอนกรีต ลดลงเฉพาะปริมาณวัตถุไม้แบบเคร่า ยึดไม้แบบและไม้ค้ำยัน ส่วนค่าแรงคิดเต็มปริมาณไม้แบบหล่อคอนกรีตทั้งหมด

5. การเผื่อเหล็กเสริม เนื่องจากต้องทบต่อ งอปลาย ดัดคอม้า และเสียเศษใช้งานไม่ได้ของเหล็กเสริมแต่ละขนาดทั้งเหล็กเส้นกลมผิวเรียบและเหล็กเส้นกรมผิวข้ออ้อยตามเกณฑ์ ดังนี้

เหล็กเสริม เหล็กเสริมขนาด

6 มม. เผื่อ 5%	19 มม. เผื่อ 13%
9 มม. เผื่อ 7%	20 มม. เผื่อ 13%
10 มม. เผื่อ 7%	22 มม. เผื่อ 14%
12 มม. เผื่อ 9%	25 มม. เผื่อ 15%
15 มม. เผื่อ 11%	28 มม. เผื่อ 15%
16 มม. เผื่อ 11%	

<u>หมายเหตุ</u> สำหรับน้ำหนักเหล็กมาจาก <u>ตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกร.</u> กรุงเทพฯ:ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์.

6. ลวดผูกเหล็กเสริม คิด 30 กิโลกรัม/เหล็กเสริม 1 เมตริกตัน

7. ปริมาณตะปูของงานประเภทต่าง ๆ

7.1 งานวางคาน ตง และปูพื้นไม้ ใช้ 0.20 กก./ตารางเมตร

7.2 งานติดตั้งโครงหลังคาไม้

7.2.1 ทรงเพิงแหงน ใช้ 0.20 กก./ตารางเมตร

7.2.2 ทรงจั่ว ใช้ 0.20 กก./ตารางเมตร

7.2.3 ทรงปั้นหยา ใช้ 0.25 กก./ตารางเมตร

7.2.4 ทรงไทย ใช้ 0.30 กก./ตารางเมตร

8. ปริมาณวัสดุมวลรวมของคอนกรีตส่วนผสมต่าง ๆ (เผื่อเสียหายแล้ว)

ในส่วนผสมของคอนกรีต

- น้ำ 1 ลิตร หนัก 1 กก.
- หิน 1 ลบ.ม. หนัก 1,600 กก.

- ถ้าเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 0.10 ม.ตามมาตรฐาน 1 ตร.ม. ประกอบด้วยเหล็กเสริม 120 กก.

8.1 คอนกรีตส่วนผสม 1:3:5 (คอนกรีตหยาบ)

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 252 กก.
- ทรายหยาบ 0.62 ลูกบาศก์เมตร
- หิน 1-2 0.97 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 180 ลิตร

8.2 คอนกรีตส่วนผสม 1:2:4

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 336 กก.
- ทรายหยาบ 0.54 ลูกบาศก์เมตร
- หิน 1-2 1.03 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 180 ลิตร

คอนกรีตตามมาตรฐานกรมโยธาธิการ

คอนกรีต ค.1 (STRENGTH) 180 กก./ตารางเซนติเมตร

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 304 กก.
- ทรายหยาบ 0.43 ลูกบาศก์เมตร
- หิน 1-2 0.85 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 180 ลิตร

คอนกรีต ค.2 (STRENGTH) 240 กก./ตารางเซนติเมตร

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 336 กก.
- ทรายหยาบ 0.60 ลูกบาศก์เมตร
- หิน 1-2 1.09 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 180 ลิตร

คอนกรีต ค.3 (STRENGTH) 300 กก./ตารางเซนติเมตร

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 367 กก.
- ทรายหยาบ 0.66 ลูกบาศก์เมตร
- หิน 1-2 0.92 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 180 ลิตร

คอนกรีต ค.4 (STRENGTH) 350 กก./ตารางเซนติเมตร

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 420 กก.
- ทรายหยาบ 0.50 ลูกบาศก์เมตร

- หิน 1-2 0.98 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 180 ลิตร

หมายเหตุ คอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ใช้น้ำผสมประมาณ 180 ลิตร ปริมาณวัสดุนี้ เผื่อการเสียหายแล้ว

9.ปริมาณวัสดุมวลรวมของงานผนังก่อด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ

ในการคำนวณวัสดุก่อ

- อิฐมอญ 1 แผ่น หนัก 0.82 กก.
- คอนกรีตบล็อค1 ก้อน หนัก 10.30 กก.
- คอนกรีตบล็อคระบายอากาศ 1 ก้อน หนัก 16.70 กก.

9.1 ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น (1 ตารางเมตร)

- อิฐมอญ 138 แผ่น
- ปูนซีเมนต์ผสม 16 กก.
- ปูนขาว 10.29 กก.
- ทรายหยาบ 0.05 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 10 ลิตร

9.2 ผนังก่ออิฐเต็มแผ่น (1 ตารางเมตร)

- อิฐมอญ 276 แผ่น
- ปูนซีเมนต์ผสม 34 กก.
- ปูนขาว 20.59 กก.
- ทรายหยาบ 0.086 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 20 ลิตร

9.3 ผนังคอนกรีตบล็อก ขนาด 0.07x0.19x0.39 (1 ตารางเมตร)

- คอนกรีตบล็อก 13 ก้อน
- ปูนซีเมนต์ผสม 6.75 กก.
- ปูนขาว 3.87 กก.
- ทรายหยาบ 0.03 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 5 ลิตร

9.4 ผนังคอนกรีตบล็อก ขนาด 0.09x0.19x0.39 (1 ตารางเมตร)

- คอนกรีตบล็อก 13 ก้อน
- ปูนซีเมนต์ผสม 9.47 กก.
- ปูนขาว 5.43 กก.

- ทรายหยาบ 0.04 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 5 ลิตร

9.5 ผนังคอนกรีตบล็อก ชนิดระบายอากาศขนาด 0.09x0.19x0.39 (1 ตารางเมตร)

- คอนกรีตบล็อก 13 ก้อน
- ปูนซีเมนต์ผสม 9.47 กก.
- ปูนขาว 5.43 กก.
- ทรายหยาบ 0.04 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 5 ลิตร

10.ปูนทรายส่วนผสมระหว่างซีเมนต์และทรายหยาบ อัตราส่วน 1:3 ใช้วัสดุดังนี้ (เผื่อวัสดุเสียหายแล้ว)

10.1 ปูนทรายรองพื้นสำหรับปูวัสดุแผ่นสำเร็จรูป/1 ตารางเมตร (หนา 5 ซม.)

- ปูนซีเมนต์ผสม 20 กก.
- ทรายหยาบ 0.11 ลูกบาศก์เมตร- น้ำ 6 ลิตร

10.2 ปูนทรายรองพื้นสำหรับผนังบุด้วยวัสดุแผ่นสำเร็จ/1 ตารางเมตร (หนา 3 ซม.)

- ปูนซีเมนต์ 12 กก.
- ทรายหยาบ 0.07 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 4 ลิตร

10.3 ปูนทรายงานฉาบผิวซีเมนต์ขัดมันและขัดหยาบ/1 ตารางเมตร (หนา 2 ซม.)

- ปูนซีเมนต์ 11 กก.
- ทรายหยาบ 0.03 ลูกบาศก์เมตร
- ปูนขาว 7.70 ลิตร
- น้ำ 3 ลิตร

10.4 ปูนทรายรองพื้นผนังทรายล้างหรือหินล้าง/1 ตารางเมตร (หนา 3 ซม.)

- ปูนซีเมนต์ 12 กก.
- ทรายหยาบ 0.027 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 4 ลิตร

10.5 ปูนทรายรองพื้นผนังทรายล้างหรือหินล้างหินขัด/1 ตารางเมตร (หนา 5 ซม.)

- ปูนซีเมนต์ 20 กก.
- ทรายหยาบ 0.045 ลูกบาศก์เมตร
- น้ำ 6 ลิตร

11. งานตกแต่งผิงผนังและพื้นงานช่างปูน

11.1 งานปูนฉาบ/1 ตารางเมตร

- ปูนซีเมนต์ผสม 8.42 กก.
- ทรายละเอียด 0.03 ลูกบาศก์เมตร
- ปูนขาว 7.70 กก.
- น้ำ 3 ลิตร

11.2 งานทำหินล้าง/1 ตารางเมตร

- ซีเมนต์ขาว 8.4 กก.
- ทรายละเอียด 0.03 ลูกบาศก์เมตร
- หินเกล็ด 22 กก.
- สีฝุ่น 0.05 ลิตร
- น้ำ 5 ลิตร

11.3 งานหินขัด

- ซีเมนต์ขาว 6.30 กก.
- ทรายละเอียด 0.026 ลูกบาศก์เมตร
- หินเกล็ดสีต่าง ๆ 22 กก.
- น้ำ 6 ลิตร
- สีฝุ่น 0.50 กก.
- ขี้ผึ้งลงพื้น 0.03 กก.

<u>หมายเหตุ</u> หินเกล็ด 1 ลูกบาศก์เมตร หนัก 1,600 กก.

12. ปริมาณวัสดุของงานฝาผนังและฝ้าเพดานและพื้นไม้/1 ตารางเมตร

12.1 ฝาไม้ 1/2"x6" ตีทับเกล็ด เคร่าไม้ 1 1/2"x3" @ 0.5 ม. c/c

- ไม้ฝา 0.725 ลูกบาศก์ฟุต
- ไม้เคร่า 0.25 ลูกบาศก์ฟุต
- ตะปู 0.15 กก.

12.2 ฝาวัสดุแผ่นสำเร็จรูป 2 ด้าน เคร่าไม้ 1 1/2"x3" @ 0.40x0.60 ม.

- วัสดุแผ่นสำเร็จรูป 2 ตารางเมตร
- ไม้เคร่า 0.515 ลูกบาศก์ฟุต
- ตะปู 0.20 กก.

12.3 ฝ้าเพดานไม้ 1/2" ตีชนเซาะร่องตัววี เคร่า 1 1/2"x3"@ 0.40 ม. c/c

- ไม้ฝาเพดาน 0.55 ลูกบาศก์ฟุต

- ไม้เคร่า 0.42 ลูกบาศก์ฟุต
- ตะปู 0.20 กก.

12.4 ไม้หนา 1" เข้าลิ้น/1 ตารางเมตร

- ใช้ไม้พื้น 1.15 ลูกบาศก์ฟุต

หมายเหตุ วัสดุทั้งหมดคิดเผื่อเสียหายแล้ว

การคิดไม้เคร่า

การหาจำนวนไม้โดยใช้ระยะห่างของไม้เคร่าหารด้วยด้านกว้างและด้านยาวของเนื่อที่ ๆ จะติดตั้งไม้เคร่าดังนี้

- ถ้าหารลงตัวให้เพิ่มอีก 1 ท่อน
- ถ้าหารไม่ลงตัวให้เพิ่มไม้อีก 2 ท่อน เช่น

ด้านกว้าง 3.50 ม. ใช้ระยะระหว่างเคร่า 0.60 ม. ใช้ไม้ 3.5/0.6 = 5 5/6 ต้องใช้ 5+2 = 7 ท่อน

ด้านยาว 4.80 ม. ใช้ระยะระหว่างเคร่า 0.60 ม. ใช้ไม้ 4.8/0.6 = 8 ต้องใช้ 8+1 = 9

วิธีคิดโดยใช้ตัวไม้และระยะขนาดต่าง ๆ / ตารางเมตร

ไม้เคร่า 1 1/2"x3" 0.60 : ใช้ไม้ 0.513 ลูกบาศก์ฟุต

ไม้เคร่า 1 1/2"x3" 0.40 : ใช้ไม้ 0.616 ลูกบาศก์ฟุต

ไม้เคร่า 2"x3" 0.60 : ใช้ไม้ 0.547 ลูกบาศก์ฟุต

ไม้เคร่า 2"x3" 0.40 : ใช้ไม้ 0.774 ลูกบาศก์ฟุต

ไม้เคร่า 2"x4" 0.60 : ใช้ไม้ 0.729 ลูกบาศก์ฟุต

ไม้เคร่า 2"x4" 0.40 : ใช้ไม้ 1.032 ลูกบาศก์ฟุต

วัสดุมุงหลังคา

ในการคำนวณน้ำหนัก ดูจากตารางน้ำหนักของผู้ผลิต[2]

หลังคาทรงจั่ว

ตารางที่ 2.3 แสดงระยะการติดตั้งและปริมาณวัสดุมุงหลังคาทรงจั่ว

ลำดับที่	ชนิดกระเบื้อง	ระยะ ระแนง, แป	ปริมาตรระแนง, แป1 1/2'x3"	ต่อตารางเมตร 2"x3"	(ลูกบาศก์ฟุต) 1 1/2"x1 1/2"	จำนวนกระเบื้องแผ่นต่อตารางเมตร

[2] แผ่นพับประชาสัมพันธ์ รายการวัสดุก่อสร้างเครือปูนซีเมนต์ไทย

1	ลอนคู่ 0.50x1.20	1.00	0.15	0.18	-	2.37
2	ลอนเล็ก 0.54x1.50	0.65	0.164	0.22	-	1.9
3	ลอนใหญ่ 1.02x1.20	1.00	0.15	0.18	-	1.18
4	โมเนีย 0.33x0.425	0.32-0.35	-	-	0.185	10.5
5	เซ็นจูเรียน 0.33x0.425	0.32-0.35	-	-	0.185	10.5

หลังคาทรงปั้นหยา

ตารางที่ 2.4 แสดงระยะการติดตั้งและปริมาณวัสดุมุงหลังคาทรงปั้นหยา

ลำดับที่	ชนิดกระเบื้อง	ระยะระแนง , แป	ปริมาตรระแนง, แป1 1/2"x3"	ต่อตารางเมตร 2"x3"	(ลูกบาศก์ฟุต) 1 1/2"x1"	จำนวนกระเบื้องแผ่นต่อตารางเมตร
1	ลอนคู่ 0.50x1.20	1.00	0.153	0.197	-	2.41
2	ลอนเล็ก 0.54x1.50	0.65	0.17	0.19	-	1.75
3	ลอนใหญ่ 1.02x1.20	1.00	0.153	0.197	-	1.20
4	โมเนีย 0.33x0.425	0.32-0.35	-	-	0.19	12
5	เซ็นจูเรียน 0.33x0.425	0.32-0.35	-	-	0.19	12

การคิดไม้พื้นและตง ต่อตารางเมตร

ตารางที่ 2.5 แสดงการคำนวณไม้พื้นและตง ตอตารางเมตร

ระยะ 0.50 ม.	ปริมาตรต่อตารางเมตร	ปริมาตรพื้นต่อตารางเมตร	รวมปริมาตร ตง+พื้น	หมายเหตุ
1 1/2"x5"	0.428 ลูกบาศก์ฟุต	1.10 ลูกบาศก์ฟุต	1.528 ลูกบาศก์ฟุต	ไม้พื้น 1 ตารางเมตร เพิ่มร้อยละ 10 โดยคิดเป็นไม้ 1.10 ลูกบาศก์ฟุต
1 1/2"x6"	0.513 ลูกบาศก์ฟุต	1.10 ลูกบาศก์ฟุต	1.613 ลูกบาศก์ฟุต	
1 1/2"x8"	0.684 ลูกบาศก์ฟุต	1.10 ลูกบาศก์ฟุต	1.784 ลูกบาศก์ฟุต	
2"x6"	0.684 ลูกบาศก์ฟุต	1.10 ลูกบาศก์ฟุต	1.784 ลูกบาศก์ฟุต	

2.5 ข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทย ที่ใช้ในการประเมิน Emergy / Money Ratio

2.5.1 ลักษณะทางกายภาพ

ที่ตั้ง	ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้		
	ละติจูดที่ 14 องศาเหนือและลองติจูดที่ 100 องศาตะวันออก		
ขนาดพื้นที่	พื้นที่รวมของประเทศ	514,000	ตารางกิโลเมตร
	พื้นที่ดิน	511,770	ตารางกิโลเมตร
	พื้นน้ำ	2,230	ตารางกิโลเมตร
ขอบเขตประเทศ	ความยาว	4,863	กิโลเมตร
ติดกับ	พม่า	1,800	กิโลเมตร
	กัมพูชา	803	กิโลเมตร
	ลาว	1,754	กิโลเมตร
	มาเลเซีย	506	กิโลเมตร
ความยาวชายฝั่ง		3,219	กิโลเมตร

อาณาเขตทางทะเล

- ไหล่ทวีป ที่ความลึก 200 เมตร หรือที่ร่องน้ำลึก
- เขตการค้าเสรี ที่ 200 นาโนเมตร
- เขตน่านน้ำ ที่ 12 นาโนเมตร

I20191005

สภาพพื้นที่ ที่ราบลุ่มภาคกลาง และภูเขาโดยรอบ

ระดับความสูงของประเทศ

จุดต่ำสุด	อ่าวไทย ที่ระดับ	0	เมตร
จุดสูงสุด	ดอยอินทนนท์	2,576	เมตร

2.5.2 สภาพภูมิอากาศ ลักษณะภูมิอากาศ ร้อนชื้น มีฝนตกชุก มีเมฆมาก

- ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ช่วงกลางเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายน
- ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เดือนพฤศจิกายน ถึง ช่วงกลางมีนาคม

2.5.3 ลักษณะการใช้ที่ดิน

ประกอบด้วย	พื้นที่เพาะปลูก	34 %	
	พื้นที่ทำการเกษตรกรรม	6 %	
	พื้นที่ปศุสัตว์	2 %	
	พื้นที่ป่าไม้	26 %	
	พื้นที่อื่นๆ	13 %	(ข้อมูลประมาณการ,1993)
	พื้นที่ชลประทาน	44,000	ตารางกิโลเมตร