



แนวทางการประเมิน

Water Footprint

ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร

Guideline of Food Products

GreenPrint Reduce CO₂ Emission 23.48%

เครื่องหมายรับรอง "งานพิมพ์สีเขียวรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม"

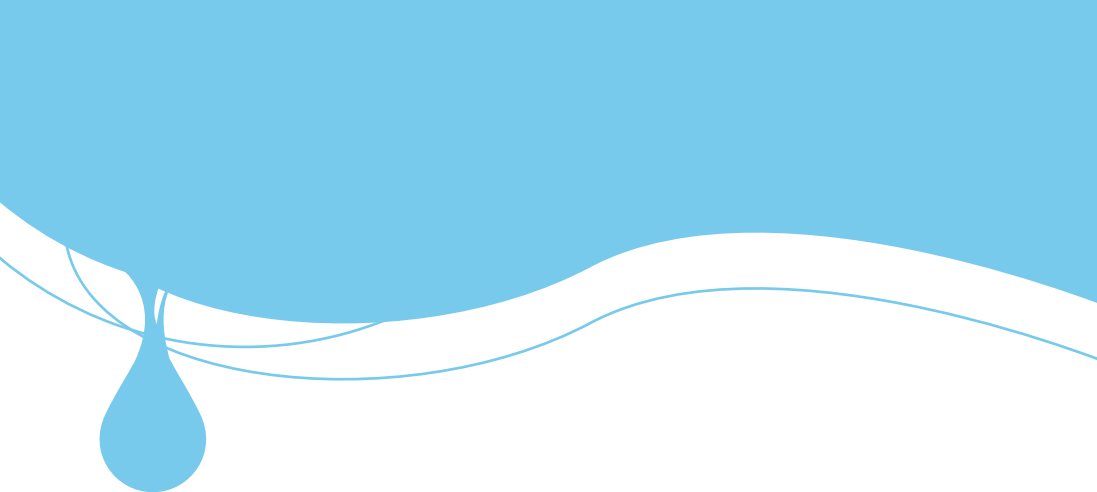
สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร

โครงการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนด้วย Water Footprint
ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการส่งออก ปีงบประมาณ 2558

คำนำ

อุตสาหกรรมอาหารของประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญในระดับโลก สร้างรายได้ให้กับประเทศและขับเคลื่อนเศรษฐกิจมาตั้งแต่อดีต อย่างไรก็ตาม การค้าระหว่างประเทศยังคงประสบปัญหาการกีดกันทางการค้า ด้วยมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมที่ประเทศคู่ค้า ให้ความสำคัญและความต้องการบริโภคสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น มีการแสดงผลกระทบทางด้านโลกร้อน หรือ Carbon Footprint ของผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นถึงการปลดปล่อย ก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ กระตุ้นให้ผู้บริโภคเลือกสินค้าที่มีค่า Carbon Footprint ต่ำ สร้างจิตสำนึกการรักษาสิ่งแวดล้อม ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทางอ้อม และช่วยลดสภาวะโลกร้อนที่ปัจจุบันเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อโลกอย่างเห็นได้ชัด

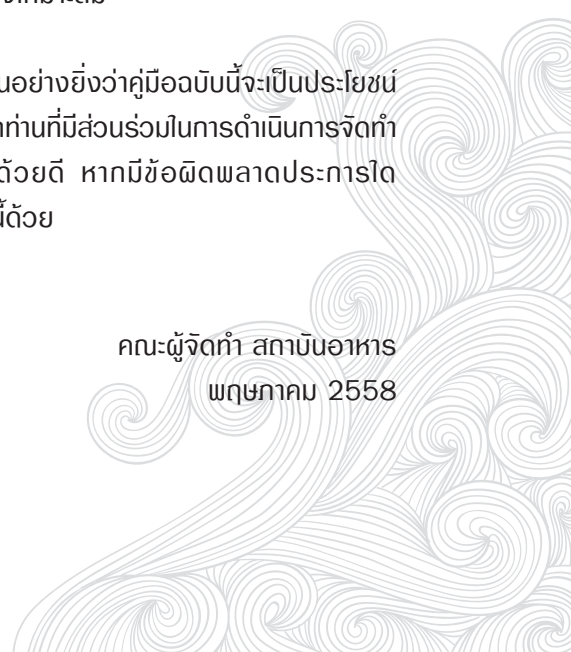
สำหรับทรัพยากรน้ำ เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่หลายประเทศในปัจจุบันให้ความสำคัญ เนื่องจากเกิดภาวะขาดแคลนน้ำในการอุปโภคบริโภค ดังนั้น การจัดทำดัชนีชี้วัดอย่าง Water Footprint จึงเป็นเครื่องมือหนึ่ง ที่ช่วยในการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้ “โครงการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนด้วย Water Footprint ในอุตสาหกรรม



อาหารเพื่อการส่งออก” ในปี 2558 ได้มีการพัฒนาคู่มือแนวทางการประเมิน Water Footprint ผลิตภัณฑสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร และตัวอย่างการประเมิน Water Footprint ผลิตภัณฑสำหรับอุตสาหกรรม การผลิตสับปะรดกระป๋อง เบียร์ และปลากระป๋อง โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม เพื่อกำหนดองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดทำ Water Footprint ของผลิตภัณฑ เพื่อให้บุคลากรในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร รวมถึงผู้ที่สนใจศึกษาหาความรู้เพิ่มพูนความเข้าใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เหมาะสม

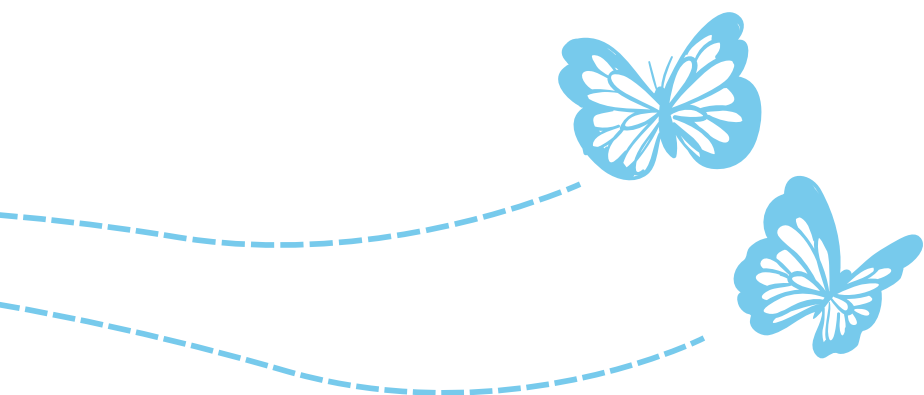
ทั้งนี้ คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการจัดทำ คู่มือฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ สถาบันอาหาร
พฤษภาคม 2558



สารบัญ

คำนำ	หน้า
1. บทนำ	8
1.1 ที่มาของ Water Footprint	10
1.2 สถานการณ์ Water Footprint ในต่างประเทศ	12
1.3 สถานการณ์ Water Footprint ในประเทศไทย	17
1.4 การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity)	24
1.5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการจัดทำ Water Footprint	27
2. อย่างไรจึงเรียกว่า “Water Footprint”	34
2.1 นิยามและองค์ประกอบของ Water Footprint	35
2.2 หลักการคำนวณ Water Footprint	42
2.3 ตัวอย่างการคำนวณหาค่า Water Footprint ในอุตสาหกรรมอาหาร	88
2.4 ประโยชน์ของ Water Footprint	108



หน้า

3. โปรแกรมการประเมิน Water Footprint อย่างง่าย	110
3.1 การติดตั้งโปรแกรม	111
3.2 องค์ประกอบของโปรแกรม	112

บรรณานุกรม

126

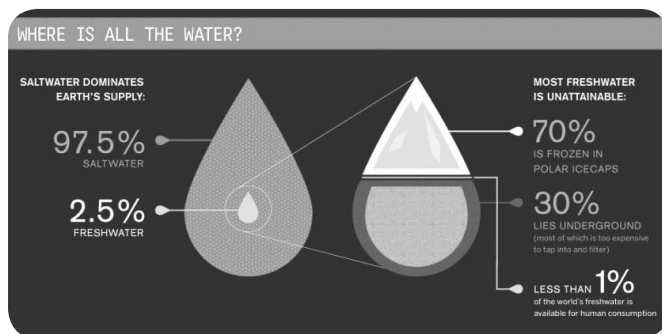


ບຸນນໍາ



บทนำ

น้ำจัดเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่สำคัญและมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศ โลกมีทรัพยากรน้ำจืดเพียงร้อยละ 2.5 ซึ่ง 2 ใน 3 ของทรัพยากรน้ำจืดอยู่ในรูปของน้ำแข็งขั้วโลก ทำให้เหลือทรัพยากรน้ำจืดที่สามารถนำมาใช้ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ไม่ถึงร้อยละ 1 รวมถึงปัจจุบันการเติบโตของประชากรและเศรษฐกิจเพิ่มสูงขึ้นในอัตราที่รวดเร็ว วิธีการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อการถอยร่นของแนวชายฝั่งทะเล ตลอดจนการปนเปื้อนของเกลือทะเลในชั้นน้ำบาดาล และแหล่งน้ำผิวดิน อันเป็นสาเหตุให้มาตรฐานคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้



ภาพที่ 1.1 ทรัพยากรน้ำจืดของโลก

(<http://aquadoc.typepad.com/waterwired/2012/09/infographic-where-is-all-the-water.html>, 2558)

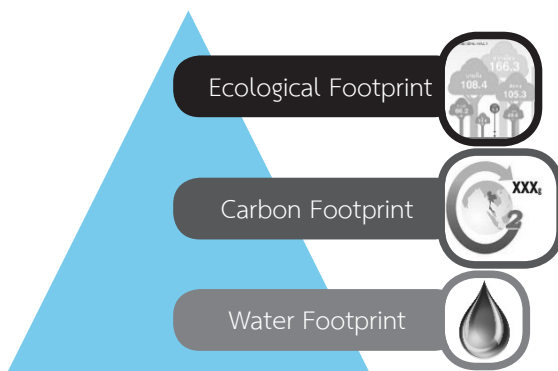
จากผลกระทบดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรน้ำสะอาดในหลายพื้นที่ของโลก โดยทั่วโลกมีปริมาณความต้องการการใช้น้ำสูงถึง 3.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในขณะที่ปริมาณทรัพยากรน้ำจืดทั่วโลกมีปริมาณน้ำสำรองอยู่เพียง 2 ล้านลูกบาศก์เมตรเท่านั้น ดังนั้น ทรัพยากรน้ำจึงจัดเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด การเล็งเห็นถึงความสำคัญและร่วมมือกันจัดการการใช้ทรัพยากรน้ำจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ใกล้ตัว โดยเฉพาะในประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตอาหารที่สำคัญของโลก มีความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรมากกว่าร้อยละ 65 ของ ความต้องการน้ำทั้งหมดซึ่งจัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำขนาดใหญ่

Water Footprint เป็นดัชนีชี้วัดหนึ่งที่เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการทรัพยากรน้ำ โดยมีหลายประเทศที่ได้ใช้ Water Footprint เพื่อชี้วัดปริมาณการใช้น้ำของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงระดับประเทศ อาทิ ประเทศเนเธอร์แลนด์ จีน และสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้ Water Footprint ยังถูกหยิบยกขึ้นเพื่อการรณรงค์ทางการค้าระหว่างประเทศจากประเทศในแถบยุโรป ฉะนั้น การจัดทำค่า Water Footprint จึงเป็นประโยชน์ทั้งในเชิงของ การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้กับประเทศ และเพิ่มโอกาสทางการตลาดคู่ค้าให้กับผู้ประกอบการอีกด้วย

1.1 ที่มาของ Water Footprint

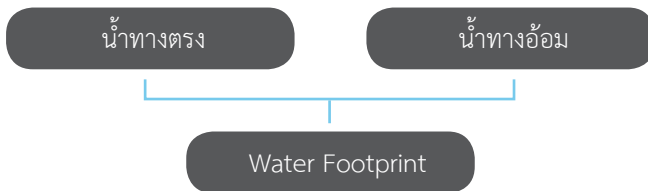
แนวคิดของการประเมินผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำริเริ่มโดยศาสตราจารย์นักวางแผนชุมชนแห่งมหาวิทยาลัยบริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา Prof. Mathis Wackernagel และ Prof. William Rees (Wackernagel และ Rees, 1996; Wackernagel และคณะ, 1997) โดยได้ให้นิยามของคำว่า “Ecological Footprint” ว่าเป็นการประเมินความต้องการทางด้านระบบนิเวศ (เฮกตาร์) ต่อจำนวนประชากรโลกเพื่อรองรับความต้องการทางด้านอุปโภค

บริโศค จนกระทั่งพัฒนามาเป็นคำว่า “Carbon Footprint” และพัฒนาต่อมาเป็นการวัด “Water Footprint” อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ส่วนใหญ่มีการใช้น้ำและทำให้น้ำปนเปื้อนมลพิษต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมจากภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม ภาคชุมชน ภาคครัวเรือน เป็นต้น



ภาพที่ 1.2 วิวัฒนาการของ Footprint ด้านสิ่งแวดล้อมประเภทต่าง ๆ

ต่อมา Water Footprint ได้ถูกนำมาใช้อย่างจริงจังมากขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2545 จากแนวคิดของศาสตราจารย์ Arjen Y. Hoekstra ชาวเนเธอร์แลนด์ (Hoekstra และคณะ, 2011) เนื่องจากการประเมินค่า Water Footprint แสดงให้เห็นถึงปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้า ทั้งน้ำที่ใช้ทางตรงและทางอ้อมเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์และสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตและการค้าต่อการใช้ทรัพยากรน้ำ นำไปสู่วิธีแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตสินค้าและตลอดห่วงโซ่อุปทาน



ภาพที่ 1.3 องค์ประกอบของ Water Footprint

1.2 สถานการณ์ Water Footprint ในต่างประเทศ

สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่มีปริมาณ Water Footprint สูงเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก เนื่องจากมีพื้นที่ขนาดใหญ่และมีจำนวนประชากรจำนวนมาก ซึ่ง Water Footprint ส่วนใหญ่มาจากการใช้น้ำทางภาคการเกษตร อุตสาหกรรม และการใช้น้ำ ในครัวเรือน (Hoekstra และ Chapagain, 2006) ความกว้างใหญ่ของประเทศทำให้ลักษณะอากาศและฝนตกต่างกันอย่างมากภายใน 1 ประเทศ โดยรัฐแคลิฟอร์เนียเป็นรัฐที่มีการศึกษา Water Footprint มาก เนื่องจากมีพื้นที่ใหญ่เป็นอันดับสามและมีประชากรและ GDP มากที่สุดในอเมริกา ที่ผ่านมา การประเมินค่า Water Footprint ยังไม่ค่อยมีการเผยแพร่ข้อมูล มีเพียงงานวิจัยของ Gleick และคณะ (2003) และปัจจุบันมีการศึกษาเพิ่มเติมโดย Fulton และคณะ (2014) โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิของ ปี พ.ศ. 2538 จากการสำรวจการใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรมระบุว่าไม่มีข้อจำกัด เนื่องจากไม่ได้คิดเรื่องประสิทธิภาพ โดยค่าดังกล่าวถือเป็นน้ำสีฟ้า ข้อมูล Water Footprint ด้านอุตสาหกรรมของสหรัฐอเมริกาจำกัดอยู่ที่งานวิจัยระดับประเทศของ Hoekstra และ Mekonnen, (2011) ซึ่งใช้ข้อมูลประมาณการระดับประเทศ สำหรับอุตสาหกรรมเกษตรและเลี้ยงสัตว์เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ จากการศึกษาค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์หลักเพื่อการบริโภคของ Hoekstra และ Chapagain, (2006)

ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าเนื้อวัวเป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและปศุสัตว์ที่มีค่าน้ำที่ติดมากับผลิตภัณฑ์สูงสุด ที่ 13,193 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน

ในทวีปยุโรปมีหลายประเทศที่ให้ความสนใจและตอบสนองต่อการศึกษาด้านน้ำอย่างจริงจัง โดยตัวอย่างการศึกษาของประเทศในทวีปยุโรปประกอบด้วยประเทศอังกฤษ ซึ่งได้เพิ่มขีดความสามารถในการวัดปริมาณน้ำในครัวเรือน เพื่อให้แน่ใจว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำเพียงพอต่อความต้องการในครัวเรือน รวมถึงพัฒนาการปรับคุณภาพน้ำให้มีความเป็นกลางเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม เสริมสร้าง และส่งเสริมแผนการใช้น้ำ

ลำดับถัดมา คือ ประเทศเนเธอร์แลนด์เป็นอีกประเทศที่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรง เนื่องจากภูมิประเทศมีอาณาเขตติดต่อกับทะเล และมีแหล่งน้ำจืดภายในประเทศจำกัด ดังนั้น อุตสาหกรรมอาหารภายในประเทศจึงจำเป็นต้องมีการลดการใช้น้ำภายในอุตสาหกรรม เพื่อการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยในปัจจุบันประเทศเนเธอร์แลนด์มีกระบวนการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในอุตสาหกรรมอาหาร ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการล้างทำความสะอาด หรือแม้กระทั่งการใช้น้ำทั้งหมดในกระบวนการ โดยหน่วยงานของรัฐบาลของเนเธอร์แลนด์มีการศึกษาวงจรการใช้น้ำในอุตสาหกรรมอาหารอย่างจริงจัง เพื่อให้อุตสาหกรรมอาหารสามารถลดการใช้น้ำได้ถึงร้อยละ 20-50 Van Oel และคณะ (2010) ชี้ให้เห็นว่าการใช้น้ำของประเทศเนเธอร์แลนด์มาจากภายนอกประเทศมากกว่าภายในประเทศ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งร้อยละ 11 ของค่า Water Footprint ของประเทศมาจากการใช้น้ำเสมือนภายในประเทศ (Internal water footprint) และร้อยละ 89 มาจากการใช้น้ำเสมือนภายนอกประเทศ (External water footprint) หากพิจารณาค่า Water Footprint เชิงผลิตภัณฑ์ปริมาณการใช้น้ำจากสินค้าทางการเกษตร สินค้าทางด้านอุตสาหกรรม และการใช้น้ำ

ภาคครัวเรือนภายในประเทศ คิดเป็นร้อยละ 67 31 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งในส่วน
ของสินค้าทางการเกษตรมาจากภาคปศุสัตว์ร้อยละ 31 พืชน้ำมันและผลิตภัณฑ์
น้ำมันจากพืช ร้อยละ 12 ผลิตภัณฑ์ชา กาแฟ ร้อยละ 8 ธัญพืช ร้อยละ 5 ฝ้าย
ร้อยละ 4 ผลไม้ ร้อยละ 3 และอื่น ๆ ร้อยละ 6

ลำดับที่สาม ประเทศเยอรมนีเป็นประเทศที่อุดมไปด้วยทรัพยากรน้ำ
โดยมีน้ำที่ใช้ได้กว่า 188 พันล้านลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณน้ำที่ใช้ได้ คือ ปริมาณ
น้ำในระดับภูมิภาคซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำฝนและการระเหยทั้งขาเข้าและ
ขาออก แม้ว่าเยอรมนีจะมีน้ำใช้เพียงพอสำหรับทั้งประเทศ แต่ก็มีบางพื้นที่ของ
ประเทศที่มีปริมาณน้ำบาดาลและน้ำผิวดินใช้จำกัด เนื่องจากพื้นที่ภูมิประเทศ
และความผันผวนของฤดูกาล เยอรมนีจึงมีนโยบายถ่ายโอนน้ำไปยังพื้นที่ที่
ขาดแคลนน้ำอีกด้วยและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเป็นแบบแบ่งพื้นที่
ลุ่มน้ำเพื่อให้มีปริมาณน้ำใช้อย่างยั่งยืน

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำใช้ในภาคอุตสาหกรรมของประเทศ
เยอรมนีลดลงอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ทั่วครึ่งหนึ่งของ Water Footprint ใน
ภาคเกษตรกรรมเกิดจากการนำเข้าพืชและผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภคภายใน
ประเทศ สินค้าที่มี Water Footprint ปริมาณมาก ได้แก่ กาแฟ โกโก้ oilseeds
ฝ้าย หมู ถั่วเหลือง เนื้อ นม ถั่ว เมล็ดทานตะวัน โดยอาหารส่วนใหญ่มาจาก
บราซิล ไชวอร์โคสต์ ฝรั่งเศส และเนเธอร์แลนด์ (waterfootprint.org, 2015)

ลำดับที่สี่ สหภาพยุโรป จัดทำแผนการดำเนินงานที่สอดคล้องกับความต้องการ
ของประเทศกลุ่มสหภาพยุโรป ที่เกี่ยวข้องกับแม่น้ำและชั้นหินอุ้มน้ำ
โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศแถบเมดิเตอร์เรเนียน คือ สเปน อิตาลี กรีซ และ
ตุรกี อีกทั้งยังส่งเสริมและอุดหนุนการเกษตรของสหภาพยุโรปเพื่อการรักษาน้ำ
อย่างยั่งยืน

ลำดับที่ห้า ประเทศไชปรัส ปัจจุบันมีความต้องการใช้น้ำสูงเพื่อการเพาะปลูกพืช ซึ่งรัฐบาลได้มีนโยบายในการจัดการโดยใช้น้ำชลประทานจากเงินอุดหนุนส่วนกลาง และจากลักษณะสภาพภูมิอากาศและทรัพยากรน้ำของประเทศ การปลูกพืชจะต้องมีการพัฒนาไปสู่การเกษตรฝนเลี้ยงและการใช้น้ำชลประทานที่มีประสิทธิภาพหรือใช้น้ำให้น้อยลงนั่นเอง เช่น ไม้ดอก พืชที่มีกลิ่นหอม และพืชฤดูหนาวซึ่งโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับน้ำฝน ดังนั้น รัฐบาลจึงควรโน้มน้าวให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนการทำการเกษตรดังกล่าว เป็นต้นว่า การจัดสรรทรัพยากรน้ำอย่างเหมาะสมซึ่งผู้กำหนดนโยบายจะต้องพิจารณาด้านทุนค่าเสียโอกาสของน้ำด้วย (UNEP DTIE, 2011)

สำหรับทวีปเอเชีย ประเทศที่ให้ความสนใจการศึกษาทางด้านน้ำเพิ่มมากขึ้นดังจะยกตัวอย่างคือ ประเทศจีน ประเทศอินเดีย และประเทศอินโดนีเซีย

ในส่วนของประเทศจีน ได้กำหนดนโยบายทางการเกษตรขึ้นใหม่ให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยทศวรรษที่ผ่านมา ประเทศจีนให้ความสำคัญในการลงทุนอย่างต่อเนื่องทางด้านงานวิจัยเทคโนโลยีทางการเกษตร เช่น การปรับปรุงระบบการชลประทานเป็นแบบแรงดันต่ำ การกักเก็บน้ำฝน ระบบน้ำหยด รวมถึงการคัดเลือกพันธุ์พืชที่ทนต่อความแห้งแล้ง ทำให้สามารถลดการสูญเสียน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำ นอกจากนี้ในด้านอุตสาหกรรมของประเทศจีน การศึกษา Water Footprint ได้รับความสำคัญเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะในเมืองที่มีการใช้น้ำมากอย่างมณฑลปักกิ่ง นอกจากนี้รูปแบบการบริโภคของประชากรในประเทศจีนที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีตที่เน้นการบริโภคพืชผักเป็นบริโภคเนื้อสัตว์มากขึ้น ซึ่งในการทำอุตสาหกรรมทางปศุสัตว์ มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตมากกว่าทางการเกษตร ส่งผลให้ Water Footprint ที่เกิดขึ้นมากตามไปด้วย ดังนั้น นโยบายการพึ่งตัวเองด้านอาหาร และการลดช่องว่างการพัฒนาระหว่างชนบทและเมืองหลวง สามารถนำไปสู่การปฏิรูปนโยบาย

ทางการเกษตร รวมถึงพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่จะปรับกลยุทธ์และปัจจัยที่อาจมี
บทบาทต่อความพร้อมของพื้นที่การเกษตร ความพร้อมด้านแรงงานหรือ
อาจจะเป็น ความมั่นคงด้านอาหารของชาติ

ประเทศอินเดียก็เช่นเดียวกันที่ในปัจจุบันได้มองว่าปัญหาทรัพยากร
น้ำและความสำคัญของการค้าไม่สอดคล้องกัน จึงนำเสนอโครงการเครือข่ายแม่น้ำ
(The river interlinking project) เพื่อลดการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ชนบทแต่
สำหรับแผนระยะยาวเพื่อลดการขาดแคลนน้ำในระดับประเทศและสร้างความ
เพียงพอด้านอาหารนั้น ควรเริ่มจาก การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำในพื้นที่
ฝั่งตะวันออกของประเทศ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ
สำหรับประเทศอินโดนีเซีย มีการปฏิรูประบบนโยบายน้ำระดับประเทศ และส่งเสริม
การค้าระหว่างจังหวัด คือ การค้าจากสถานที่ที่มีประสิทธิภาพด้านน้ำสูงไปยัง
ประสิทธิภาพน้ำต่ำ ซึ่งจะช่วยการปรับปรุงประสิทธิภาพของน้ำในสถานที่เหล่านี้นั้นที่มีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดความจำเป็น
ในการนำเข้าด้านน้ำและช่วยเพิ่มโอกาสในการส่งออก (UNEP DTIE, 2011)

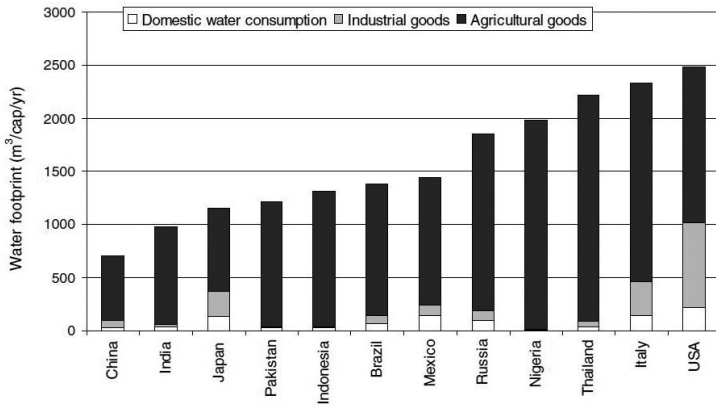
ลำดับสุดท้าย ประเทศสเปน คณะกรรมการทั่วไปของสเปนได้รับการ
อนุมัติกฎระเบียบที่มีภาวะวิเคราะห์ของรอยน้ำของภาคเศรษฐกิจและสังคมที่แตก
ต่างกันโดยมีเกณฑ์ทางเทคนิคสำหรับการพัฒนาของแผนจัดการลุ่มน้ำ พื้นที่
หลายแห่งในสเปนประสบความสำเร็จในกระบวนการทัศน์ “การเพิ่มผลผลิตพืชและ
ลดการจ้างงาน” และกำลังมุ่งหน้าไปยังเป้าหมายคือ “การได้ทั้งกำไรและการ
รักษาสິงแวดล้อมมากขึ้น”



1.3 สถานการณ์ Water Footprint ในประเทศไทย



แนวคิดเรื่องการจัดการ Water Footprint เริ่มเข้ามามีบทบาทต่อประเทศไทยได้ไม่นานมานี้ เนื่องจากในหลายประเทศทั่วโลกได้มีการกำหนดนโยบายและขอความร่วมมือในการรักษาทรัพยากรน้ำอย่างจริงจังจากสถานการณ์ขาดแคลนน้ำในหลายพื้นที่ จากการศึกษาพบว่า Water Footprint ของประเทศไทยมีการใช้ต่อคนมากเป็นอันดับ 3 อยู่ที่ 2,223 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี โดยค่า Water Footprint เฉลี่ยของโลก มีค่าเท่ากับ 1,243 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี แสดงดังภาพที่ 1.4 จะเห็นได้ว่าค่า Water Footprint เฉลี่ยต่อจำนวนประชากรของประเทศไทยมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของโลกมากถึงร้อยละ 44 ซึ่งน้ำส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมเกษตรเฉลี่ย 2,131 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี คิดเป็นอัตราส่วนมากกว่าร้อยละ 95 ของค่า Water Footprint เฉลี่ยทั้งหมดของประเทศ (Hoekstra และ Chapagain, 2007) และจากข้อมูลสนับสนุนโดย Dourte (2012) ก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันที่ว่าประเทศไทยใช้น้ำสำหรับภาคการเกษตรอยู่ในสัดส่วนที่สูงเป็นอันดับแรก ๆ ของโลก



ภาพที่ 1.4 ค่า Water Footprint โดยเฉลี่ยในแต่ละประเทศ
(Hoekstra และ Chapagain, 2007)

จากการศึกษาแนวโน้มการจัดทำ Water Footprint ในประเทศไทยพบว่า ปัจจุบันประเทศไทยมีการขาดดุลทางด้าน Water Footprint ในการส่งออกประมาณ 27,960 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ กล่าวคือประเทศไทยมี การส่งออกสินค้าต่าง ๆ โดยเฉพาะสินค้าทางการเกษตรมากกว่าการใช้สินค้าภายในประเทศ ทำให้ทรัพยากรน้ำในประเทศที่ใช้ผลิตสินค้าดังกล่าวถูกใช้เพื่อสนับสนุนสินค้าให้กับต่างประเทศมากกว่าในประเทศนั่นเอง ดังตารางที่ 1.1 (พรเทพ แก้วเชื้อ, 2556)

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่าง Water Footprint เฉลี่ยของสินค้าทางการเกษตร
(พรเทพ แก้วเชื้อ, 2556)

สินค้า	ค่าเฉลี่ย Water Footprint ของโลก (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)	ค่าเฉลี่ย Water Footprint ของประเทศไทย (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)
ยางพารา	13,747	7,952
ไก่แปรรูป	4,325	5,443
ข้าว	2,628	3,592
น้ำตาลทราย	1,666	2,049
มันสำปะหลัง	563	467

ในภาคอุตสาหกรรมของไทย มีหน่วยงานภาครัฐให้ความสนใจ เกี่ยว
กับ Water Footprint เช่น

💧 สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ได้มอบหมายให้สถาบันอาหารศึกษา
Water Footprint ในอุตสาหกรรมอาหารของไทย เช่น อุตสาหกรรมแป้งข้าว
ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง น้ำตาลทราย แป้งมันสำปะหลัง อุตสาหกรรม
เครื่องดื่ม เป็นต้น

💧 สถาบันอาหารได้เริ่มต้นโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารของไทย
ให้เป็นครัวคุณภาพของโลก กิจกรรมย่อยที่ 1 พัฒนาโรงงานอาหารของไทยเพื่อ
สร้างศักยภาพในการส่งออก โดยให้คำปรึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้
น้ำ Water Footprint ในปี พ.ศ. 2556

💙 กรมชลประทาน ได้มีการศึกษาแนวคิดในการบริหารจัดการน้ำสำหรับ
ข้าวในประเทศไทย

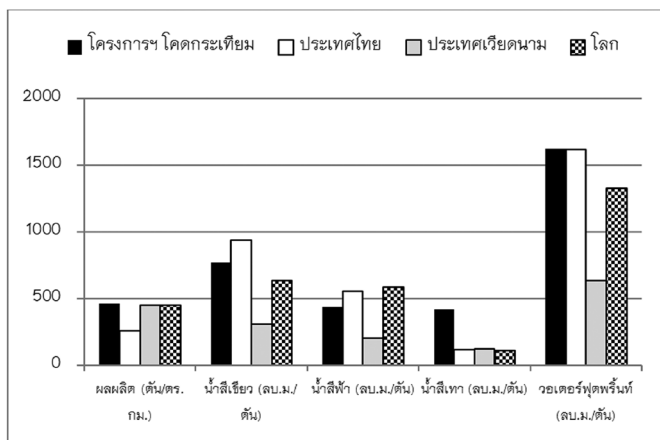
💙 สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) มีการจัดทำ
ยุทธศาสตร์เพื่อเตรียมความพร้อมในการรับมือจากผลกระทบด้าน
Water Footprint ของประเทศไทย

การศึกษาเพื่อหาค่า Water Footprint ในประเทศไทยก็ได้เริ่มมีการ
ศึกษามากขึ้น เช่น

💙 กรณีศึกษา Water Footprint ของข้าว มีการศึกษาโดย รมณี วังเมือง
และ ชีระวัฒน์ ธรรมนิยม (2555) ได้ศึกษาโรงงานผลิตแป้งข้าวตัวอย่าง ซึ่งตั้ง
อยู่ใน 2 ภูมิภาค คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก พบว่า
ค่า Water Footprint ของโรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่า Water
Footprint ของกระบวนการผลิตแป้งข้าวประมาณ 4.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตันแป้ง
ซึ่งมีค่าสูงกว่าแป้งข้าวของโรงงานภาคตะวันออกที่มี Water Footprint ของ
กระบวนการผลิตแป้งข้าวประมาณ 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน เนื่องจาก
กระบวนการผลิตและปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน จึงทำให้ค่า Water
Footprint สองโรงงานแตกต่างกัน

ในส่วนการศึกษาของ ชีระวัฒน์ ธรรมนิยม ได้ศึกษาค่า Water Footprint
ของข้าวที่ปลูกในเขตชลประทานโครงการโคกกระเทียมและพื้นที่ฝั่งซ้าย
คลองชัยนาท-ป่าสักนอกเขตชลประทาน พบว่า ค่าที่ได้ไม่ต่างกันมากนัก เนื่องจาก
ค่าที่ใช้คำนวณมีค่าใกล้เคียงกันแต่แตกต่างกันที่ช่วงเวลาการเพาะปลูกและ
ผลผลิตทางการเกษตรในแต่ละพื้นที่ พื้นที่ฝั่งซ้ายคลองชัยนาท-ป่าสักได้มีการใช้
น้ำจากโรงสูบน้ำเพิ่มเติม ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ค่า Water Footprint ใกล้

เคียงกัน เมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับค่า Water Footprint เฉลี่ยของประเทศไทย มีค่าเท่ากับ 1,617 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน (Chapagain และ Hoekstra, 2010) พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศเวียดนามซึ่งเป็นประเทศเพื่อนบ้าน (แสดงดังภาพที่ 1.5) พบว่า ประเทศเวียดนามมีค่า Water Footprint ต่ำกว่าประเทศไทย เนื่องจากผลผลิตต่อไร่ที่สูงกว่า จากข้อมูลของ Food and Agriculture Organization หรือ FAO ในปี พ.ศ. 2552 ประเทศเวียดนามมีผลผลิตข้าวเฉลี่ย 4.52 ตันต่อไร่ ในขณะที่ประเทศไทยมีผลผลิตข้าวเฉลี่ยอยู่ที่ 2.67 ตันต่อไร่ จึงส่งผลให้ข้าวของประเทศไทยมีค่า Water Footprint สูงกว่าประเทศเวียดนาม



ภาพที่ 1.5 ค่า Water Footprint ของข้าวไทย เวียดนาม และค่าเฉลี่ยโลก (ธีระวัฒน์ ธรรมนิยม, 2555)

งานวิจัยของ วราพร พันธุ์จันทร์ดี มีการศึกษาวัฏจักรชีวิตของมะม่วง และมังคุดในประเทศไทยเพื่อประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งแวดล้อม โดยนำมาวิเคราะห์ค่า Water Footprint ได้ดังแสดงในตาราง 1.2

ตารางที่ 1.2 Water Footprint ของมะม่วงและมังคุด
(วราพร พันธุ์จันทร์ดี, 2556)

ผลไม้	Water Footprint (ลูกบาทสมเมตรต่อตัน)			
	น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	ผลรวม
มะม่วง	72,976.62	8,987.82	5.22	81,969.66
มังคุด	49,855.47	1,865.87	4.54	51,725.88

พบว่า ค่า Water Footprint ของมะม่วงมีค่ามากกว่ามังคุดอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นผลมาจากพื้นที่การเพาะปลูกผลไม้ทั้งสองชนิดในประเทศไทยแต่ละภาคมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยมังคุดเหมาะสมที่จะปลูกในที่ที่มีฝนตกชุกตลอดทั้งปีแต่มะม่วงต้องมีช่วงเว้นของน้ำฝนเพื่อการออกดอก แต่ต้องป้องกันต้นมะม่วงระยะมีช่อดอกไม่ให้เกิดการขาดน้ำและสามารถติดผลได้ มะม่วงจึงมีการใช้น้ำจากการชลประทานหรือน้ำสีฟ้ามากกว่ามังคุดอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งพื้นที่เพาะปลูกของมะม่วงมีมากกว่ามังคุด จึงส่งผลให้การใช้ น้ำสีเขียว น้ำสีฟ้า และน้ำสีเทา มากขึ้นด้วย

💡 งานวิจัยของ พิระญณ์ งามสอาด มีการศึกษาวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) พิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งานจนถึงการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งแวดล้อม โดยนำมาวิเคราะห์ค่า Water Footprint ของการได้มาซึ่งข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องขนาด 12 ออนซ์ น้ำหนักสุทธิ 340 กรัม จำนวน 1 กระป๋อง มีค่า Water Footprint ทั้งหมด $277 \text{ LH}_2\text{O}$ คิดเป็น น้ำสีเขียว $200 \text{ LH}_2\text{O}$ ซึ่งเป็นผลมาจากน้ำในขั้นตอนการเพาะปลูกทั้งสิ้น เป็นน้ำสีฟ้า $47 \text{ LH}_2\text{O}$ และเป็น น้ำสีเทา $30 \text{ LH}_2\text{O}$ โดยเป็นค่า Water Footprint ในการได้มาซึ่งวัตถุดิบคิดเป็น ร้อยละ 97 ผลกระทบส่วนใหญ่มาจากการได้มาซึ่งข้าวโพดฝัก นอกจากนั้นเป็นผลกระทบของกระบวนการผลิต (พิระญณ์ งามสอาด, 2558)

💡 งานวิจัยของ ปฐมา ไพโรจน์ศักดิ์ ศึกษาวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) พิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งาน จนถึงการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์สละลอยแก้ว ซึ่งเป็นการแปรรูปสละสดที่เพาะปลูกในจังหวัดจันทบุรี และเนื่องจากอาเซียน ได้มีการจัดทำมาตรฐานของสละเพื่อการส่งออก (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556) ผู้วิจัยจึงสนใจในการวิเคราะห์ผลกระทบต่างๆ ของผลิตภัณฑ์สละต่อสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาค่า Water Footprint ของการได้มาซึ่งสละลอยแก้ว 1 ถ้วยน้ำหนักสุทธิ 450 กรัม มีค่า Water Footprint ทั้งหมด $337.97 \text{ LH}_2\text{O}$ คิดเป็นน้ำสีเขียว $217.49 \text{ LH}_2\text{O}$ ซึ่งเป็นผลมาจากน้ำในขั้นตอนการเพาะปลูกทั้งสิ้น เป็นน้ำสีฟ้า $86.68 \text{ LH}_2\text{O}$ และเป็นน้ำสีเทา $35.80 \text{ LH}_2\text{O}$ โดยเป็นค่า Water Footprint ในการได้มาซึ่งวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 99.68 ผลกระทบส่วนใหญ่มาจากการได้มาซึ่งน้ำตาล นอกจากนั้นเป็นผลกระทบของกระบวนการผลิต



1.4 การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity)



สถาบันการจัดการแหล่งน้ำสากล (International Water Management Institute) ได้แบ่งการขาดแคลนน้ำไว้ 2 ประเภท ได้แก่ การขาดแคลนน้ำเชิงกายภาพ และการขาดแคลนน้ำเชิงเศรษฐกิจ (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2558)

การขาดแคลนน้ำเชิงกายภาพ (Physical Water Scarcity) คือ สภาวะที่มีการใช้น้ำที่สูงกว่าระดับที่ยั่งยืน กล่าวคือ น้ำร้อยละ 75 ถูกนำไปใช้ในครัวเรือน ภาคการเกษตร หรือภาคอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้เกิดภาวะขาดแคลนน้ำในอนาคตอันใกล้

การขาดแคลนน้ำเชิงเศรษฐกิจ (Economic Water Scarcity) คือ สภาวะที่มีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำไม่เกินร้อยละ 25 แต่กลับทำให้เกิดสภาวะขาดแคลน เนื่องจากขาดการบริหารหรือขาดโครงสร้างพื้นฐานในการจัดการและกระจายการเข้าถึงแหล่งน้ำได้อย่างเท่าเทียม

หนึ่งในตัวชี้วัดสำหรับวิเคราะห์การขาดแคลนน้ำ คือ Water Scarcity Index เป็นค่าที่บ่งบอกเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้

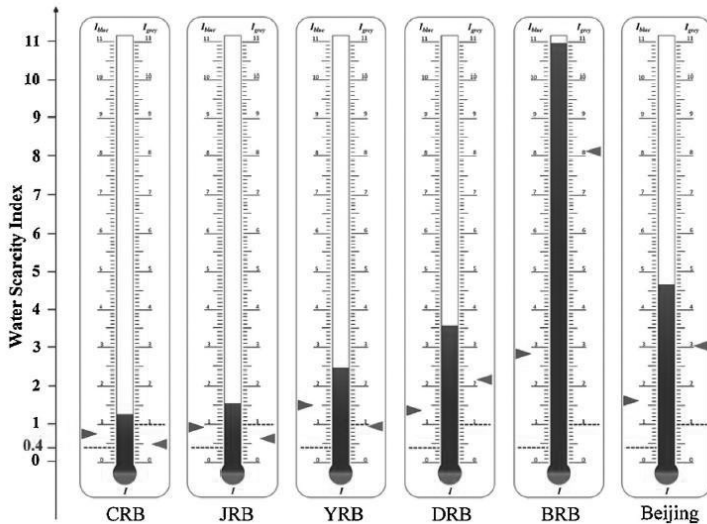
การคำนวณ Water Scarcity Index (I) อย่างง่ายหาได้จาก ผลรวมระหว่าง “สัดส่วนน้ำที่ถูกนำมาใช้กับน้ำจืดที่มีในพื้นที่ เรียกว่า Blue Water Index” และ “สัดส่วน Grey Water Footprint กับน้ำจืดที่มีในพื้นที่” เรียกว่า Grey Water Index (Zeng และคณะ, 2013)

$$I = \text{Blue Water Index} + \text{Grey Water Index}$$

$$I = \frac{\text{Water Withdrawal} + \text{Grey Water Footprint}}{\text{Freshwater resources}}$$

25

ยกตัวอย่างดังภาพที่ 1.6 เปรียบเทียบ Water Scarcity Index ของแต่ละมณฑลในประเทศจีน หาก Water Scarcity Index มาก แสดงว่าเกิดการขาดแคลนน้ำสะอาดในพื้นที่นั้น ๆ



ภาพที่ 1.6 Water Scarcity Index เปรียบเทียบแต่ละมณฑลของประเทศจีน
(Zeng และคณะ, 2013)

ในประเทศไทย Gheewala et al., (2014) คำนวณค่าความเครียด
ของน้ำ (Water stress index, WSI) โดยพิจารณาตามลุ่มน้ำ ดังภาพที่ 1.7



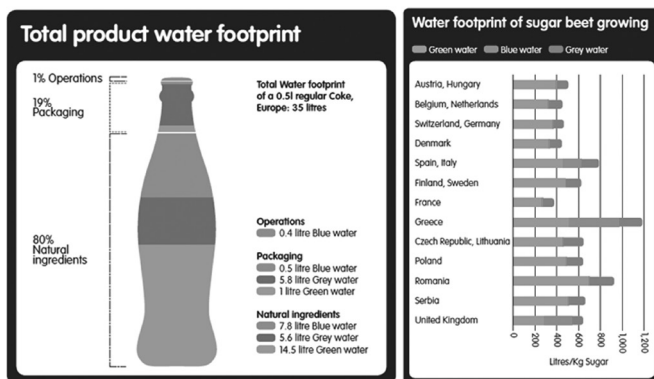
ภาพที่ 1.6 Water Scarcity Index เปรียบเทียบแต่ละมณฑลของประเทศจีน
(Zeng และคณะ, 2013)

ทั้งนี้ พบว่า ลุ่มน้ำมูลในกลุ่มอีสานตอนล่างมีค่าความเครียดของน้ำ
อย่างมาก (Extream) การศึกษาดังกล่าวระบุว่าควรนำ WSI มาประกอบ
การพิจารณา Water Footprint ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละลุ่มน้ำ

1.5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการจัดทำค่า Water Footprint

❀ บริษัท โคคา โคล่า จำกัด (Coca Cola)

บริษัท โคคา โคล่า จำกัด ในสหภาพยุโรปให้ความสำคัญกับการจัดทำค่า Water Footprint เพื่อกำหนดเป้าหมายเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำในกระบวนการผลิต โดยพบว่าใน ปี พ.ศ. 2555 บริษัทสามารถดำเนินการบำบัดน้ำเสียในกระบวนการผลิตได้ร้อยละ 98 นอกจากนี้ ยังได้จัดทำ Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ เครื่องดื่มโค้กบรรจุขวดพลาสติก ขนาด 500 มิลลิลิตร 1 ขวด ซึ่งมีค่า Water Footprint ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เท่ากับ 35 ลิตรต่อขวด โดยมาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การบรรจุ และการผลิต คิดเป็นร้อยละ 80 ร้อยละ 19 และร้อยละ 1 ตามลำดับ แบ่งเป็น น้ำสีเขียว 15.5 ลิตร น้ำสีฟ้า 8.7 ลิตร และน้ำสีเทา 11.4 ลิตร นอกจากนี้ บริษัท ยังได้มีการศึกษาค่า Water Footprint ของหัวบีทซึ่งเป็นหนึ่งในวัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตในแต่ละพื้นที่ ซึ่งให้เห็นว่าหัวบีทจากต่างพื้นที่ก็จะมีค่า Water Footprint ที่แตกต่างกันไปด้วย ดังภาพที่ 1.8

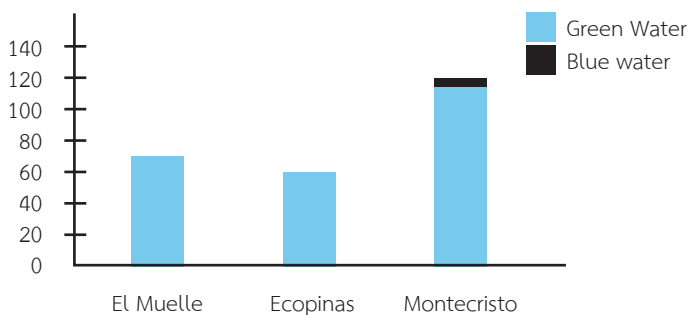


ภาพที่ 1.8 Water Footprint ของโค้กบรรจุขวด ขนาด 500 มิลลิลิตร
(Ulrike Sapiro, 2011)

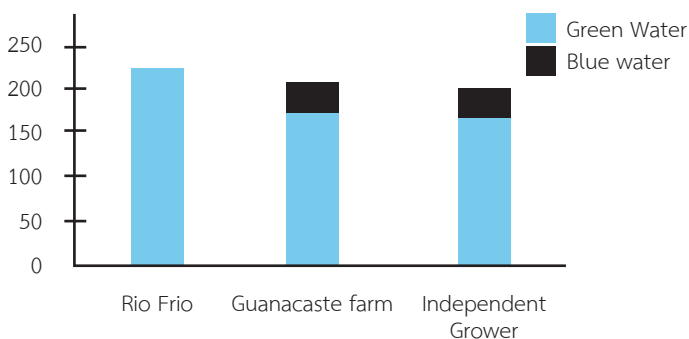
🌸 บริษัท โดล ฟู้ด จำกัด (Dole Food)

บริษัท โดล ฟู้ด จำกัด เป็นผู้ผลิตและจัดจำหน่ายผลไม้กระป๋องรายใหญ่รายหนึ่งและมีชื่อเสียงของโลก ร่วมกับ Water Footprint Network ทำการประเมิน Water Footprint ของสับปะรดและกล้วยของฟาร์มในประเทศคอสตาริกาและฮอนดูรัส โดยพิจารณาการปลูกและบรรจุ (Sikirica, 2011)

Green and Blue Water Footprint - Dole Pineapples



Green and Blue Water Footprint - Dole Bananas



ภาพที่ 1.9 น้ำสีเขียว และ น้ำสีฟ้า ของสับปะรดและกล้วย
(<http://dolecrs.com/performance/water-assessment/results/>, 2015)

บริษัท บลาซเซล จำกัด (Brazzle)

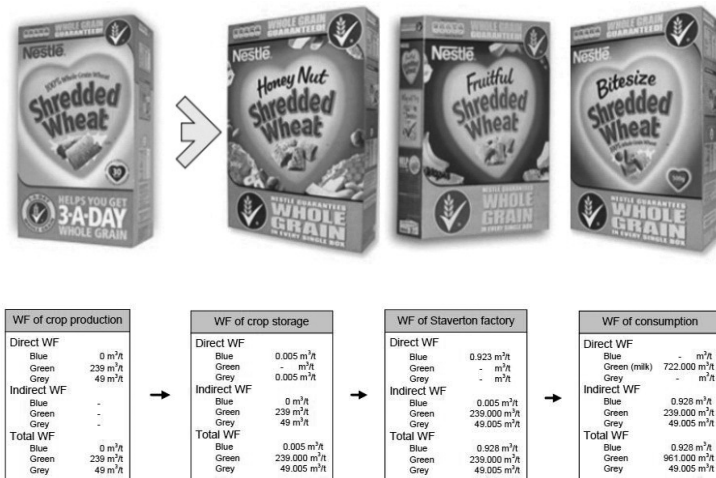
บริษัท บลาซเซล จำกัด ได้จัดทำ Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ชีสจากสาธารณรัฐเช็ก ในชื่อยี่ห้อ “Gran Moravia” ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ชีสยี่ห้อแรกที่มีการจัดทำ Water Footprint จากการศึกษา พบว่า ผลิตภัณฑ์ Gran Moravia 1 กิโลกรัม มีค่า Water Footprint เท่ากับ 2.067 ลิตร แบ่งเป็น น้ำสีเขียว 1.920 ลิตร น้ำสีฟ้า 0.087 ลิตร และน้ำสีเทา 0.062 ลิตร ดังภาพที่ 1.10



ภาพที่ 1.10 Water Footprint ของชีส Gran Moravia
(<http://www.brazzale.com>, 2014)

❀ บริษัท เนสเล่ จำกัด (Nestle)

ในปี พ.ศ. 2551 บริษัท เนสเล่ จำกัด ผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มชั้นนำของโลก ได้จัดตั้งโครงการนำร่องในการประเมิน Water Footprint ผลิตภัณฑ์อาหารจากธัญพืช “Bitesize shredded wheat” ทั้งนี้ ผลการศึกษาได้เผยแพร่ในปี พ.ศ. 2553 ซึ่งประเมิน Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การปลูกพืชจนกระทั่งการจัดการซากผลิตภัณฑ์ ทำให้ค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ “Bitesize shredded wheat” ตลอดวัฏจักรชีวิตมีค่าเท่ากับ 1,876 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็น น้ำสีเขียว 1,678 ลูกบาศก์เมตร น้ำสีฟ้า 1.861 ลูกบาศก์เมตร และน้ำสีเทา 196.015 ลูกบาศก์เมตร ดังภาพที่ 1.11



ภาพที่ 1.11 Water Footprint ของ Bitesize shredded wheat
(Chapagain และ Orr, 2010)

บริษัท ไรซิโอ จำกัด (Raisio)

บริษัท ไรซิโอ จำกัด ของประเทศฟินแลนด์ได้จัดทำฉลาก Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ “Elovena Oat Flake” (ภาพที่ 1.12) เป็นรายแรกของโลก โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีค่า Water Footprint เท่ากับ 101 ลิตรต่อ 100 กรัมผลิตภัณฑ์ โดยมาจากกระบวนการปลูกพืช กระบวนการผลิต และบรรจุภัณฑ์ เท่ากับร้อยละ 99.27 0.57 และ 0.16 ตามลำดับ



ภาพที่ 1.12 ฉลาก Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ “Elovena Oat Flake”
(KulawalSupesuntorn, 2012)

❁ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ประเทศนิวซีแลนด์และออสเตรเลีย

รัฐบาลของประเทศนิวซีแลนด์และออสเตรเลีย ได้ร่วมกันจัดทำฉลาก Water rating เพื่อเป็นเครื่องมือในการสื่อสารข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมและให้ผู้บริโภคทราบถึงปริมาณการใช้น้ำในการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นทางเลือกในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนช่วยในการรักษาทรัพยากรน้ำกับผู้บริโภค รวมถึงผู้ขาย



ภาพที่ 1.13 ฉลาก Water Footprint ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ประเทศนิวซีแลนด์และออสเตรเลีย
(Ministry for the Environment, 2010)



บริษัท SAB Miller จำกัด

ในปี พ.ศ. 2551 ซาบ มิลเลอร์ ได้มีการศึกษาตัวอย่างโรงงานผลิตเบียร์ที่อยู่ภายใต้การดูแลโดยเปรียบเทียบการผลิตเบียร์ที่มาจากผลผลิตทางการเกษตรใน 2 พื้นที่การเพาะปลูกที่มีความแตกต่างกัน โดยพิจารณาปริมาณ Water Footprint โดยรวม พบว่า เบียร์ที่ได้จากการเพาะปลูกในพื้นที่หนึ่งมีปริมาณ Water Footprint สูงกว่าอีกที่ถึงสามเท่า อีกทั้งผลการวิจัยของทั้งสองพื้นที่ก็ยังแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการผลิตและบรรจุเบียร์ รวมไปถึงการกำจัดของเสียส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อปริมาณ Water Footprint รวมทั้งหมด แต่ปริมาณ Water Footprint กว่าร้อยละ 90 เป็นผลมาจากเพาะปลูกพืชที่จะนำมาผลิตเบียร์ โดยปริมาณ Water Footprint ของเบียร์ที่ผลิตโดยใช้ผลผลิตทางการเกษตรจากพื้นที่ South Africa เท่ากับ 155 ลิตรน้ำต่อลิตรของผลิตภัณฑ์เบียร์ และเบียร์ที่ผลิตโดยใช้ผลผลิตทางการเกษตรจากพื้นที่ในแถบทวีปยุโรปเท่ากับ 45 ลิตรน้ำต่อลิตรของผลิตภัณฑ์เบียร์



**PILSNER
URQUELL:**
One of SABMiller's
four international
beer brands.



CASTLE LAGER:
South Africa's
iconic beer brand.

ภาพที่ 1.14 ผลิตภัณฑ์ของ SAB Miller ที่มีการทำ Water Footprint



อย่างไรจึงเรียกว่า
“Water Footprint”



อย่างไรจึงเรียกว่า “Water Footprint”

หากท่านผู้อ่านเคยได้ยิน หรือเคยผ่านตากับคำว่า “Water Footprint” แน่แน่นอนว่าสิ่งที่นี้เกิดขึ้นได้อย่างแรกจะต้องเป็นสิ่งที่เกี่ยวกับน้ำ เพราะจากภาษาอังกฤษ “Water” แปลว่า “น้ำ” แต่น้ำอะไรที่เกี่ยวข้องกับรอยเท้า (Footprint) และรอยเท้าที่ว่ามันจะเกี่ยวข้องกับตัวท่านได้อย่างไร มีประโยชน์อย่างไร และมีวิธีการคำนวณให้ได้มา ซึ่งค่า Water Footprint อย่างไร เราจะมาหาคำตอบไปพร้อมกันตามตัวอักษรและภาพที่ร้อยเรียงในคู่มือเล่มนี้

2.1 นิยามและองค์ประกอบของ Water Footprint



Water Footprint เป็น “ค่าชี้วัดการใช้น้ำของผู้ผลิตหรือผู้บริโภค ซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของ การผลิตสินค้าและบริการ” (Hoekstra และคณะ, 2009)

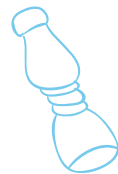
หลายคนมักตั้งคำถามว่า แล้วสิ่งที่เรียกว่า น้ำทางตรงและน้ำทางอ้อม แตกต่างกันอย่างไร กล่าวให้เข้าใจโดยง่าย คือ น้ำทางตรง (Direct water) คือ น้ำที่ใช้ในการผลิตให้เป็นผลิตภัณฑ์ หรือน้ำที่เราใช้จริง สัมผัสจริง และน้ำทางอ้อม (Indirect water) คือ น้ำที่ใช้ในการผลิตวัตถุดิบ หรือกิจกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ การผลิตผลิตภัณฑ์โดยตรง ซึ่งเรามักจะมองไม่เห็นน้ำในส่วนนี้ ยกตัวอย่างในชีวิต



ประจำวัน การดื่มกาแฟในตอนเช้า กลายเป็นกิจวัตรยอดนิยมของคนวัยทำงาน โดยปกติอาจดื่มกาแฟสด หรือกาแฟสำเร็จรูป จะมีการเติมน้ำ เติมกาแฟ และน้ำตาลหรือครีมเทียม ซึ่งเป็นตามรสชาติที่แต่ละคนต้องการ โดยน้ำที่นำมาใช้ในการชง และการล้างอุปกรณ์หลังใช้งาน อย่างนี้เรียกว่าน้ำทางตรงแต่ในการชงกาแฟก็จะมีการใช้วัสดุอื่น ๆ เช่น เมล็ดกาแฟ ผงกาแฟ น้ำตาล ครีมเทียม นมผง น้ำยาล้างจาน ฟองน้ำล้างจาน เป็นต้น ซึ่งวัสดุเหล่านี้ก็จะต้องมีกระบวนการผลิตซึ่งน้ำก็เป็นส่วนหนึ่งของการผลิต อย่างนี้จึงเรียกว่าน้ำทางอ้อม

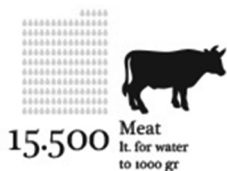


ตัวอย่างเช่น นางสาว ก ชงกาแฟกินในตอนเช้า ใช้น้ำในการชงกาแฟ 0.15 ลิตร ล้างอุปกรณ์ 0.5 ลิตร ผงกาแฟดำ 30 กรัม ถ้ากำหนดให้การผลิตผงกาแฟดำ 1 กรัม มีค่า Water Footprint เท่ากับ 0.1 ลิตร (ในการผลิตผงกาแฟดำ 1 กรัม มีความต้องการใช้น้ำ 0.1 ลิตร) รวมแล้วกิจกรรมการชงกาแฟของนางสาว ก มีค่า Water Footprint

$$\begin{aligned}
 &= \text{น้ำทางตรง} + \text{น้ำทางอ้อม} \\
 &= (\text{น้ำชงกาแฟ} + \text{น้ำล้างถ้วย}) + \text{น้ำผลิตผงกาแฟดำ} \\
 &= 0.15 + 0.5 + (0.1 \times 30) \\
 &= 3.65 \text{ ลิตร/ครั้ง}
 \end{aligned}$$


Water Footprint มีหลายประเภท ดังจะยกตัวอย่าง 3 ประเภทที่นิยมในการประเมินดังนี้

1. **Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ (Water footprint of a product)** หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น Water Footprint ของเนื้อวัว 1,000 กรัม เท่ากับ 15.5 ลิตร ซึ่งคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการ ดังนั้น ค่า Water Footprint ของเนื้อวัวก็คือ การใช้น้ำตั้งแต่การปลูกพืชเพื่อให้วัวได้ใช้เป็นอาหาร น้ำที่ใช้ในการบริโภควัวรวมถึงน้ำที่ใช้ในการแปรรูปเนื้อสัตว์นั่นเอง



Water Footprint ของเนื้อวัว 1,000 กรัม
เท่ากับ 15.5 ลิตร



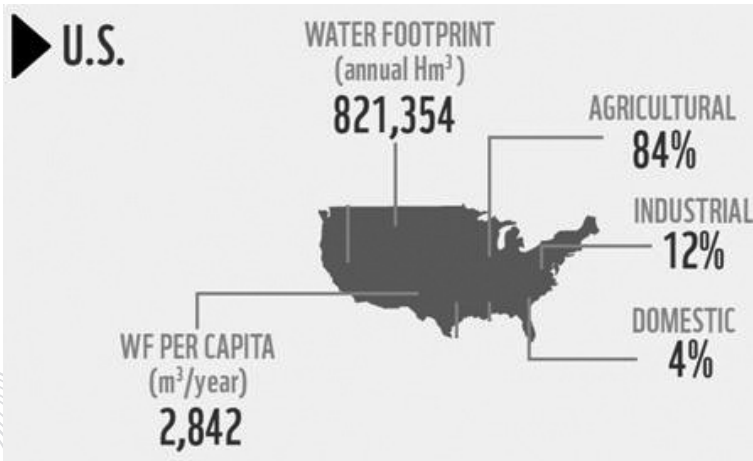
Water Footprint ของชีส 1,000 กรัม
เท่ากับ 5 ลิตร



Water Footprint ของข้าว 1,000 กรัม
เท่ากับ 2.5 ลิตร

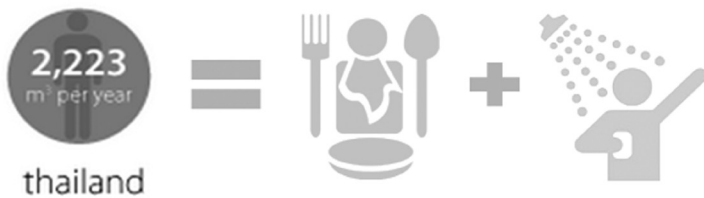
ภาพที่ 2.1 ตัวอย่าง Water Footprint ของผลิตภัณฑ์
(<http://www.brazzale.com>, 2014)

2. Water Footprint ของประเทศ (Water footprint of national consumption) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการตามความต้องการของประชากรภายในประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา มีค่า Water Footprint ของประเทศเท่ากับ 821,354 เฮกโตลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือ 82 ล้านลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็น Water Footprint จาก ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือน ร้อยละ 84 12 และ 4 ตามลำดับ (ดังภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่าง Water Footprint ของประเทศสหรัฐอเมริกา
(World Wildlife Fund, 2012)

3. Water Footprint ของผู้บริโภค (water footprint of consumer) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ผู้บริโภคบริโภคทั้งทางตรง และทางอ้อม เช่น ประเทศไทยมีค่า Water Footprint ต่อหัวประชากรเท่ากับ 2,223 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (ดังภาพที่2.3) นั่นหมายถึงตลอดระยะเวลา 1 ปี ประชาชน 1 คน จะมีความต้องการน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภค และบริโภคเฉลี่ย 2,223 ลูกบาศก์เมตร หรือ 6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่าง Water Footprint ของผู้บริโภค
(US Infrastructure, 2014)

Water Footprint ประกอบด้วยน้ำ 3 ส่วน ซึ่งแบ่งตามชนิดของ Water Footprint ตามแหล่งที่มา คือ น้ำสีเขียว น้ำสีฟ้า และน้ำสีเทา (Hoekstra และคณะ, 2011) มีรายละเอียดดังนี้



Green Water Footprint

หมายถึง ปริมาณน้ำฝน และน้ำที่อยู่ในรูปของ
ความชื้นในดินที่ถูกดึงไปใช้



Blue Water Footprint

หมายถึง ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติรวม
ทั้งแหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน อันได้แก่
น้ำบาดาล น้ำจากอ่างเก็บน้ำ แม่น้ำ น้ำจาก
ชลประทานที่ถูกดึงไปใช้



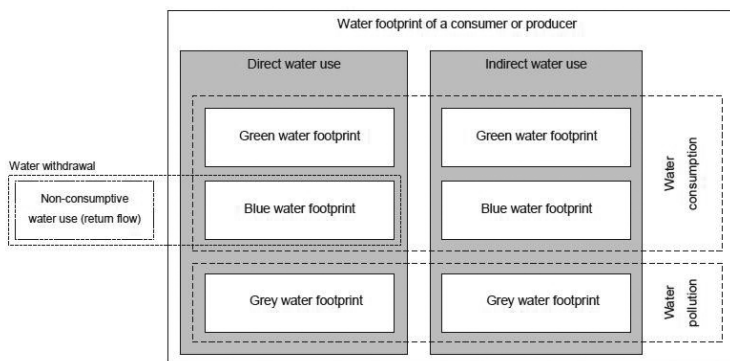
Grey Water Footprint

หมายถึง ปริมาณน้ำจืดที่จำเป็นต้องใช้ในการ
เจือจางสารมลพิษที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ
ซึ่งขึ้นอยู่กับมาตรฐานคุณภาพน้ำโดยรอบ

2.2 หลักการคำนวณ Water Footprint



การประเมิน Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ (Humbert S. 2009) อ้างอิงตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ISO : 14040 ซึ่งในปี พ.ศ. 2554 ได้ถูกพัฒนาเป็นคู่มือการประเมิน Water Footprint อย่างเป็นทางการ ภายใต้ชื่อ “Global Water Footprint Standard” ดังที่ได้กล่าวข้างต้น Water Footprint ประกอบด้วยน้ำ 3 ส่วนคือ น้ำสีเขียว น้ำสีฟ้า และ น้ำสีเทา แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 องค์ประกอบของ Water Footprint
(Hoekstra และคณะ, 2011)

สำหรับวิธีการในการคำนวณ Water Footprint แต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน เช่น Hoekstra และคณะ (2011) ได้แสดงวิธีการหาค่า Water Footprint ทั้งหมดที่เกิดจากการเพาะปลูกพืชหรือต้นไม้ (Total water footprint of process of growing crop or tree, $WF_{proc,crop}$) เกิดจากการรวมค่า Water Footprint 3 ส่วน คือ น้ำสีฟ้า น้ำสีเขียว และน้ำสีเทา ดังสมการที่ (1) โดยที่น้ำทั้งสามส่วนหาได้ดังสมการที่ (2) – (4)

$$WF_{proc,crop} = WF_{proc,blue} + WF_{proc,green} + WF_{proc,grey} \quad (1)$$

เมื่อ

$$WF_{proc,blue} = \frac{CWU_{Blue}}{Y} \quad (2)$$

$$WF_{proc,green} = \frac{CWU_{Green}}{Y} \quad (3)$$

$$WF_{proc,grey} = \frac{(\alpha \times AR) / (C_{max} - C_{natural})}{Y} \quad (4)$$

โดยที่	CWU	คือ	ปริมาณน้ำที่พืชใช้
	AR	คือ	อัตราการใช้น้ำในพื้นที่เพาะปลูก (กิโลกรัมต่อไร่)
	α	คือ	สัดส่วนการชะล้าง
	Cmax	คือ	ความเข้มข้นมากที่สุดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	Cnatural	คือ	ความเข้มข้นของมลพิษ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	Y	คือ	อัตราผลผลิตของพืช (ตันต่อปี)

ทั้งนี้ การคำนวณหาปริมาณ น้ำสีเขียว และน้ำสีฟ้า จากกระบวนการเพาะปลูกพืชนิยมใช้โปรแกรม CROPWAT ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดย FAO (Food and Agriculture Organization) เพื่อคำนวณหาความต้องการน้ำของพืชบนชุดดินต่าง ๆ ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และปริมาณน้ำที่ต้องการเพิ่มเติมเพื่อให้ดินอยู่ในสภาพความชื้นที่พืชต้องการ และการจัดชั้นความเหมาะสมของดินโดยอาศัยความชื้นเพียงอย่างเดียว โดยการคำนวณจากภูมิอากาศ พืช และดิน CROPWAT จะคำนวณการคายระเหยจริง (ETa: actual evapotranspiration) ศักยภาพในการคายระเหย (ETm: potential Evapotranspiration) ปริมาณน้ำฝนที่นำไปใช้ได้จริง (Effective rainfall) และค่าความต้องการน้ำของพืช (Crop water requirement) ตลอดจนเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตที่จะลดลงถ้าขาดน้ำ และแผนการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ CROPWAT เป็นแบบจำลองที่ต้องใช้ข้อมูล (Data input) ดังนี้

- 1 ข้อมูลภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสงอาทิตย์ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน
- 2 ข้อมูลพืช ได้แก่ ช่วงอายุของการเจริญเติบโต (Crop development stage) ค่าสัมประสิทธิ์ของพืช (Crop factors : Kc) ความยาวของรากพืช (Rooting depth) และการตอบสนองต่อการขาดน้ำของพืช (Yield response factors)
- 3 ข้อมูลดิน ได้แก่ ปริมาณน้ำในดิน ดินแต่ละชนิดมีปริมาณน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ได้ (Available water) ต่างกัน

สำหรับวิธีการประเมิน Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ISO 14040 ซึ่งเป็นวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณ โดยพิจารณาถึงการใช้ทรัพยากรพลังงาน และการปลดปล่อยของเสียในรูปแบบต่าง ๆ ครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งานผลิตภัณฑ์ การแปรรูปใช้ใหม่ และการจัดการซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน ดังภาพที่ 2.5 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานทรัพยากร และวัตถุดิบที่ใช้รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมเพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด



ภาพที่ 2.5 วัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์
(ISO 14040, 2006)

หากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมพิจารณาประเด็นด้านใดด้านหนึ่งก็จะถูกนิยาม และตั้งคำศัพท์เฉพาะเพื่อให้ง่ายต่อการสื่อสาร ดังนั้น การประเมินผลกระทบที่พิจารณาประเด็นทางด้านน้ำจึงถูกนิยามขึ้นว่า “Water Footprint” ซึ่งหลักการดำเนินงานจะเป็นไปตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ทั้งนี้ การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนที่สำคัญ ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต
(ISO 14040, 2006)

การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนแรก ประกอบไปด้วยประเด็นที่สำคัญ คือ

การกำหนดเป้าหมายของการศึกษา (Goal) เป็นขั้นตอนสำคัญที่สุด การตั้งเป้าหมายจะต้องชัดเจน โดยรวมถึงเหตุผลของการศึกษา ผลของการศึกษา การนำผลการศึกษาไปใช้ และ ผู้ให้ผลการศึกษา เช่น

- 🦋 เพื่อศึกษาจุดแข็ง และจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์
- 🦋 เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย
นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์
- 🦋 เพื่อการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ และเป็นข้อมูลสนับสนุนให้กับลูกค้า

การกำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope) เป็นการระบุสิ่งที่ต้องการ ประเมินผล และรายละเอียดภายในระบบ ซึ่งรวมถึงวิธีการประเมิน โดยการกำหนดขอบเขตต้องครอบคลุมถึงหน้าที่ของระบบ หน่วยหน้าที่ ระบบที่ต้องการ ศึกษา ขอบเขตของระบบ วิธีการลงบัญชี ข้อมูลที่ต้องการ สมมติฐานที่ใช้ ข้อจำกัดของการศึกษา และคุณภาพของข้อมูลเบื้องต้น เช่น

- 🦋 ผลิตภัณฑ์เป้าหมาย คือ ผลิตภัณฑ์อะไร
- 🦋 ข้อมูลที่จะต้องเก็บรวบรวม ประกอบด้วยอะไรบ้าง
- 🦋 งบประมาณ และระยะเวลาในการดำเนินงาน

การกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional Unit) หรือ ตัวอ้างอิง หรือหน่วยพื้นฐาน สำหรับจัดเก็บข้อมูลในส่วนของข้อมูลขาเข้า และข้อมูลออกจากระบบ หน่วยหน้าที่ของระบบ ซึ่งต้องมีการระบุอย่างชัดเจน และสามารถวัดค่าได้ ซึ่งประโยชน์ของการกำหนดหน่วยหน้าที่ คือ ทำให้สามารถเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตระหว่างผลิตภัณฑ์ เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดหน่วยหน้าที่ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ความคงทนของผลิตภัณฑ์ และคุณสมบัติพื้นฐานสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร การกำหนดหน่วยหน้าที่ด้วย “หน่วยการขาย” (Sell Unit) น่าจะเป็นหน่วยที่ชัดเจน ง่ายต่อความเข้าใจ และการนำไปใช้ประโยชน์ในการสื่อสารต่อผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น เช่น



- 🦋 น้ำสับประรดเข้มข้น บรรจุกระป๋อง ขนาดบรรจุ 500 มิลลิลิตร
- 🦋 ขาไก่ต้มสุกแช่แข็ง บรรจุซอง น้ำหนักสุทธิ 50 กรัม
- 🦋 สุราขาว 40 ดีกรี บรรจุขวด ขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร

ขอบเขตของระบบ (System Boundaries) เป็นขอบเขตของกระบวนการที่อยู่ภายใต้ระบบของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพิจารณา โดยขอบเขตที่นิยมใช้ในการประเมิน Water Footprint ได้แก่

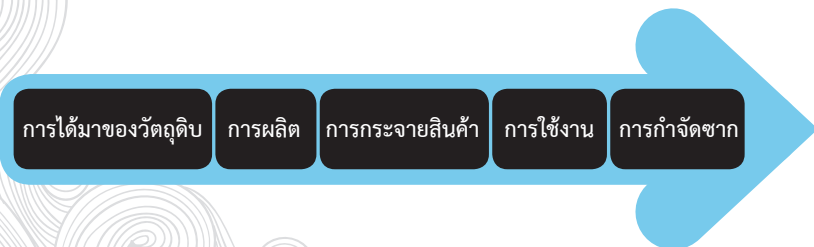
1. ขอบเขตแบบ Cradle-to-Gate

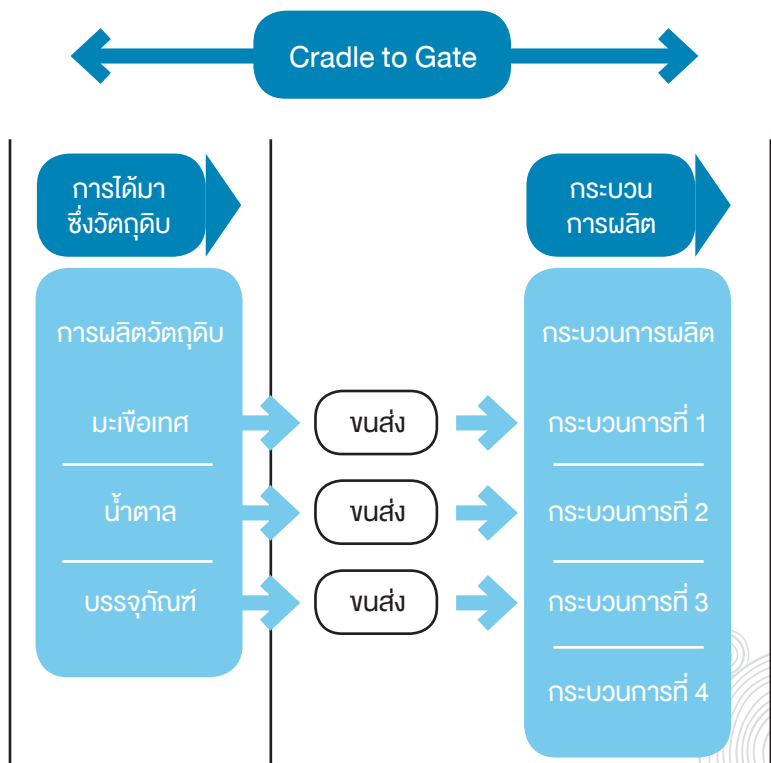
เป็นการประเมิน Water Footprint ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต จนถึงหน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงที่เป็นสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตรายต่อไป



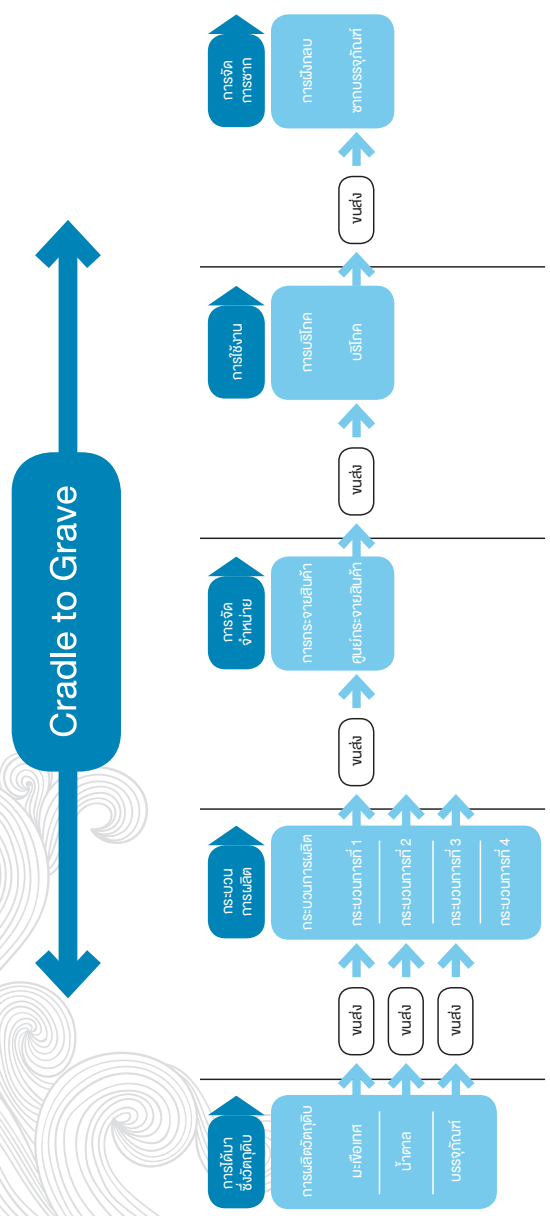
2. ขอบเขตแบบ Cradle-to-Grave

เป็นการประเมิน Water Footprint ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบการผลิต การขนส่ง กระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์





ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างแผนภาพวัฏจักรชีวิตในระบบที่พิจารณา
แบบ Cradle-to-Gate



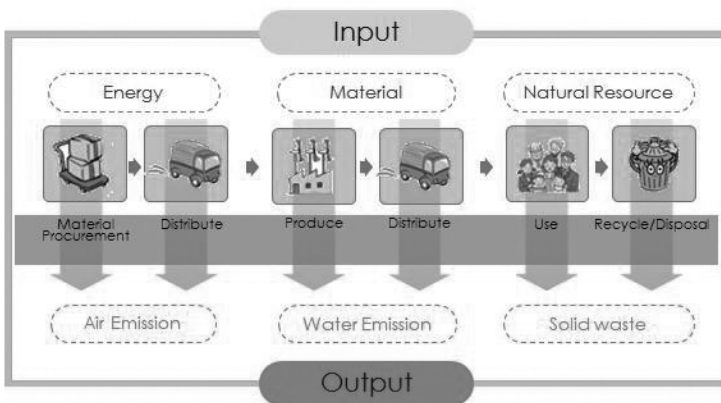
ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างแผนภาพวัฏจักรชีวิตในระบบที่พิจารณาแบบ Cradle-to-Grave

ตัวอย่างที่ 2.1 การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษา

หัวข้อ	รายละเอียด
ผลิตภัณฑ์ เป้าหมาย	 Coca-Cola บรรจุกระป๋อง 325 มิลลิลิตร
เป้าหมาย	เพื่อศึกษาจุดแข็ง และจุดอ่อนของการผลิตผลิตภัณฑ์ ที่เกี่ยวข้องกับค่า Water Footprint
ขอบเขตการศึกษา	Cradle-to-Grave (B2C) ครอบคลุม การได้มาซึ่งวัตถุดิบ >การผลิต >การจัดจำหน่าย >การใช้งาน >การกำจัดซากผลิตภัณฑ์
หน้าที่	เครื่องดื่มเพื่อบริโภค
หน่วยการทำงาน	น้ำอัดลมบรรจุกระป๋อง 325 มิลลิลิตร 1 กระป๋อง

การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

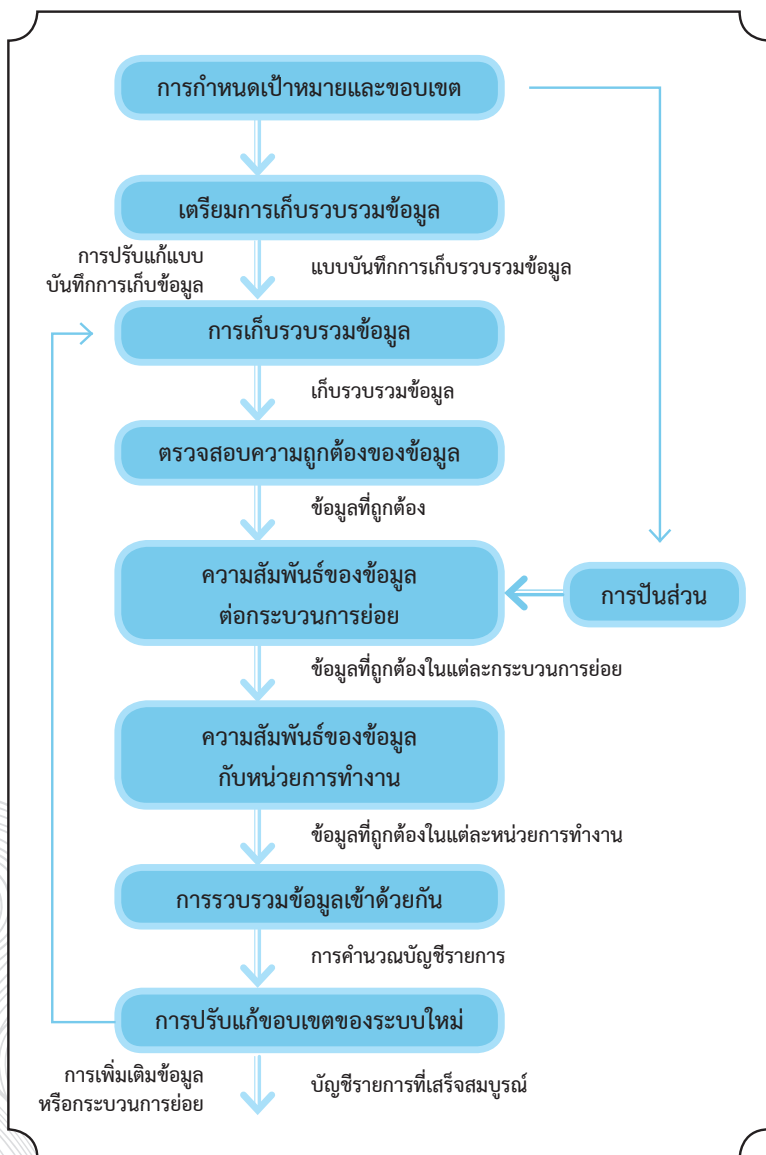
บัญชีรายการ คือ ข้อมูลบัญชีรายการ (Inventory data) ที่แสดงถึงปริมาณสารขาเข้า (Input) เช่น ทรัพยากร พลังงาน สาธารณูปโภค และสารขาออก (Output) เช่น ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์รวม มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศของเสีย รวมถึงรายการด้านสิ่งแวดล้อมทั้งหมดของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา (ภาพที่ 2.9)



ภาพที่ 2.9 ข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออก
ที่ควรพิจารณาสำหรับการประเมินผลกระทบ

การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) เป็นการเก็บรวบรวม และคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษา รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) การคำนวณหาปริมาณของสารเข้า และสารขาออกจากกระบวนการผลิตภัณฑ์ ต้องพิจารณาถึงทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ และการปล่อยของเสียออกสู่อากาศ น้ำ และดิน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ต่อไป

การรวบรวมข้อมูลนั้นยากที่จะทำให้ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด เนื่องจากต้องใช้เวลา และงบประมาณมาก การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมนั้นควรจะพิจารณาในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูล การคำนวณความถูกต้องของข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับระบบย่อย การกำหนดขอบเขตของระบบให้เหมาะสมขึ้น (Refining system boundaries) และการปันส่วน (Allocation) ขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการโดยทั่วไปแสดงดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ขั้นตอนโดยทั่วไปของการวิเคราะห์บัญชีรายการ

ตัวอย่างการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life cycle Inventory)
ของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

สารขาเข้า	หน่วย	สารขาออก	หน่วย
วัตถุดิบ (Raw Material Resources)		ผลิตภัณฑ์	
วัตถุดิบ	ตัน/ปี	ผลิตภัณฑ์หลัก	ตัน/ปี
สารเคมี	ตัน/ปี		
ทรัพยากรธรรมชาติ (Natural Resources)		ผลิตภัณฑ์ร่วม/ผลิตภัณฑ์พลอยได้	
ก๊าซธรรมชาติ	ล้านBTU/ปี	ผลิตภัณฑ์ร่วม /ผลิตภัณฑ์พลอยได้	ตัน/ปี
ถ่านหิน	ตัน/ปี		
น้ำมัน	ลิตร/ปี		
น้ำบาดาล	ลบ.ม./ปี		
น้ำประปา	ลบ.ม./ปี		
การใช้พลังงานไฟฟ้า (Energy Use)		การปล่อยมลสารทางอากาศ (Air Emissions)	
ไฟฟ้าที่ใช้ ในกระบวนการผลิต	kWh/ปี	อัตราการไหลของอากาศ มลสารทางอากาศ เช่น CO ₂ , CH ₄ , HCFCs, NOx, SOx และฝุ่น (Dust)	ลบ.ม./ชั่วโมง ppm, mg/L
ระบบสนับสนุนอื่น ๆ		การปล่อยมลสารทางน้ำ (Water Emissions)	
ระบบผลิตน้ำปราศจาก แร่ธาตุ ระบบผลิตไอน้ำ	ลบ.ม./ชั่วโมง ตัน/ชั่วโมง	อัตราการปล่อยน้ำเสีย มลสารทางน้ำ เช่น Total P และ Total N	ลบ.ม./ชั่วโมง mg/L
		การปล่อยมลสารทางดิน (Solid Emissions)	
		ของเสียที่เป็นของแข็งจากการผลิต กากตะกอนบำบัดน้ำเสีย	ตัน/ปี ตัน/ปี

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า และข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Emission Factor)

▶ 1) ข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า

เริ่มต้นจากการสร้างแผนภาพกระบวนการผลิต (Process Flow Diagram) เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาสารขาเข้า และสารขาออกที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นจึงสำรวจข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ วัตถุดิบ และพลังงาน รวมถึงการปลดปล่อยกากของเสีย มลสารทางอากาศ มลสารทางน้ำ ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เป้าหมาย ตั้งแต่การรับวัตถุดิบ การผลิต การบรรจุ การจัดจำหน่าย การใช้งาน ไปจนกระทั่ง การกำจัดซากผลิตภัณฑ์ ตามแต่ขอบเขตการศึกษาที่ได้กำหนดในเบื้องต้น ให้สอดคล้องกับแผนภาพการผลิตที่ได้จัดทำไว้ ซึ่งเรียกข้อมูลจากการเก็บจริงนี้ว่า ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) โดยการเก็บข้อมูลปฐมภูมินี้ควรกำหนดระยะเวลาที่ต้องการเก็บข้อมูลให้ชัดเจน เช่น เก็บข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ย้อนหลัง 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2557 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2557 เป็นต้น

1.1) ข้อมูลกระบวนการผลิต

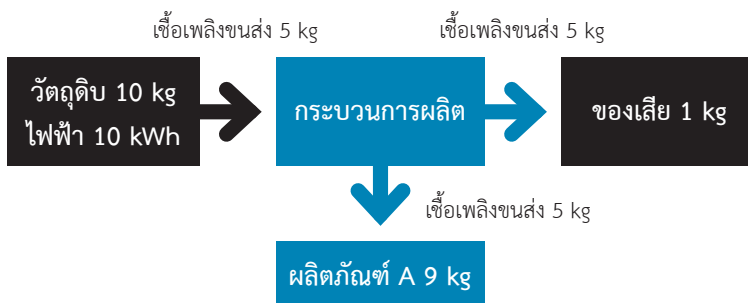
การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต สามารถพิจารณาได้ทั้งแบบหยาบและแบบละเอียด แบบหยาบ คือ การพิจารณากระบวนการผลิตในภาพกว้าง มองภาพกระบวนการผลิตเป็นกล่องใหญ่ 1 กล่อง ที่มีสารขาเข้าเข้า ณ ประตูทางเข้าโรงงาน และสารขาออก ที่สิ้นสุดกระบวนการผลิตของโรงงาน ดังภาพที่ 2.11

สำหรับการเก็บข้อมูลการผลิตแบบละเอียด คือ การพิจารณาที่ละเอียดกระบวนการย่อย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียด และครบถ้วน อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ในการบ่งชี้จุดที่มีการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรมากอีกด้วย ดังภาพที่ 2.12 ไม่ว่าจะเป็นการเลือกเก็บข้อมูลแบบหยาบ หรือแบบละเอียด ขึ้นอยู่กับความพร้อมของข้อมูลที่โรงงานได้มีการบันทึกไว้ หากเป็นการเริ่มต้นหรือเพื่อฝึกการเก็บข้อมูลควรเริ่มจากแบบหยาบ เพื่อให้คุ้นเคยกับการเก็บข้อมูล แต่หากโรงงานมีพร้อมทางด้านข้อมูลการเก็บข้อมูลแบบละเอียดก็ย่อมทำได้เช่นกัน

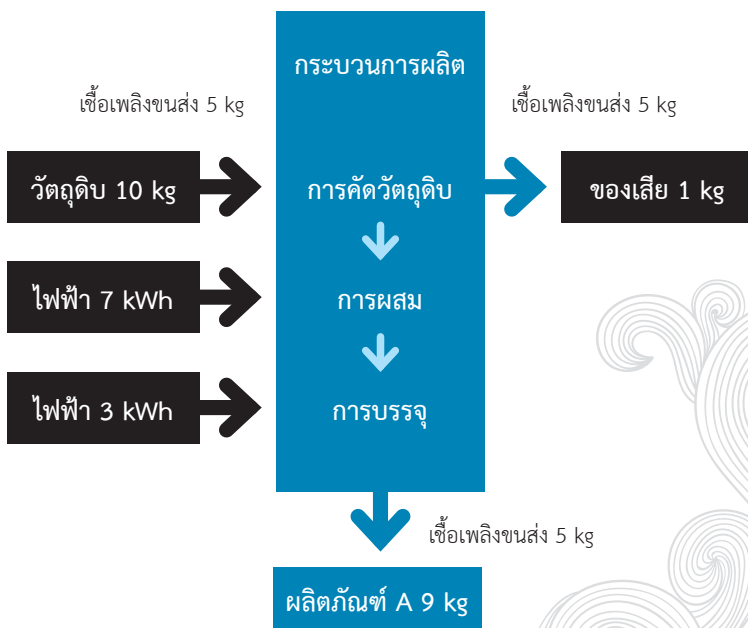
ตัวอย่างข้อมูลปฐมภูมิที่ต้องรวบรวมดังนี้

58

- ◆ ปริมาณวัตถุดิบหลักหรือสารตั้งต้นที่ใช้ในการผลิต
- ◆ ปริมาณวัสดุเสริมเพื่อสนับสนุนกระบวนการผลิตหลัก เช่น ถู้งมีือ สารเคมี และบรรจุภัณฑ์ (กล่องกระดาษ, เทปขาว, กาว, เชือก, เทปปิดกล่อง) เป็นต้น
- ◆ ปริมาณทรัพยากร เช่น ไฟฟ้า (ส่องสว่างในกระบวนการผลิต, ไฟฟ้าเครื่องจักร) น้ำ (น้ำบาดาล, น้ำประปาสำหรับล้างวัตถุดิบ, น้ำอ่อนสำหรับส่วนผสมวัตถุดิบ, น้ำประปาล้างเครื่องจักร) เชื้อเพลิง (LPG สำหรับรถโฟล์คลิฟท์) สารทำความสะอาด วัสดุสำหรับการซ่อมบำรุง (จารบี, น้ำมันเครื่อง, น้ำมันไฮดรอลิค) และไอน้ำ เป็นต้น
- ◆ ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต
- ◆ ข้อมูลการผลิตระบบสนับสนุน เช่น
 - ระบบการผลิตน้ำประปา
 - ระบบการผลิตน้ำอ่อน
 - ระบบการผลิตไฟฟ้า
 - ระบบการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างแผนภาพกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A แบบหยาบ



ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างแผนภาพกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A แบบละเอียด

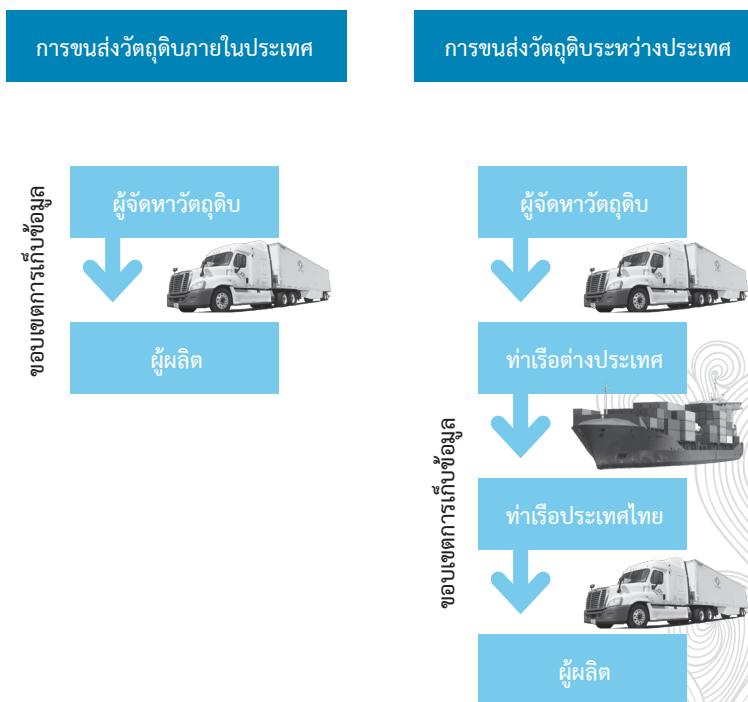
ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลจริงจาก การผลิตได้ สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) จากแหล่งข้อมูลอ้างอิงต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ เช่น

- ❖ ข้อมูลจากเอกสารรายงานการวิจัย บทความวิชาการ และวิทยานิพนธ์
- ❖ ข้อมูลอ้างอิงจากองค์การระหว่างประเทศ
- ❖ การคำนวณทางวิศวกรรม

เมื่อได้ข้อมูลของกระบวนการผลิตแล้ว ควรตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง ซึ่งความยากง่ายในการเก็บรวบรวมข้อมูลเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา และควรหลีกเลี่ยงการนับซ้ำ (Double counting) รวมทั้งเมื่อกระบวนการย่อยมีสารขาเข้าเข้าไปหลายชนิดหรือสารขาออกหลายชนิด จะต้อง มีขั้นตอนการปันส่วน (Allocation) มาเกี่ยวข้อง

1.2) ข้อมูลการขนส่ง และการกระจายสินค้า

การขนส่งเป็นขั้นตอนที่ถูกแทรกอยู่ในระหว่างช่วงวัฏจักรชีวิต ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน (ช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบ) การขนส่งวัสดุเสริมมายังโรงงาน (ช่วงการผลิต) การขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังศูนย์กระจายสินค้า หรือผู้บริโภค (ช่วงการกระจายสินค้า) การขนส่งซากผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ ไปกำจัด (ช่วงการกำจัดซาก) ซึ่งพิจารณาทั้งภายในและภายนอกประเทศ ดังภาพที่ 2.13–2.15



ภาพที่ 2.13 ขอบเขตการเก็บข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ และวัสดุเสริม

การขนส่งผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ

ขอบเขตการเก็บข้อมูล



การขนส่งผลิตภัณฑ์ระหว่างประเทศ

ขอบเขตการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 2.14 ขอบเขตการเก็บข้อมูลการขนส่งผลิตภัณฑ์

การขนส่งจากผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 2.15 ขอบเขตการเก็บข้อมูลการขนส่งจากผลิตภัณฑ์/บรรจุภัณฑ์

วิธีการเก็บข้อมูลการขนส่ง เนื่องจากประเทศไทยมีแนวทาง การประเมิน Carbon Footprint ที่เป็นรูปธรรม ดังนั้น การประเมิน Water Footprint ในที่นี้ จึงอ้างอิงหลักการเก็บข้อมูลให้เป็นไปในแนวทางเดียวกับการประเมิน Carbon Footprint โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ซึ่งมีกรอบการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิตเช่นเดียวกัน

ทั้งนี้ การเก็บข้อมูลการขนส่งสามารถดำเนินการโดยใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่ง ซึ่งเรียงลำดับวิธีการที่ต้องใช้จำนวนก่อน ดังนี้

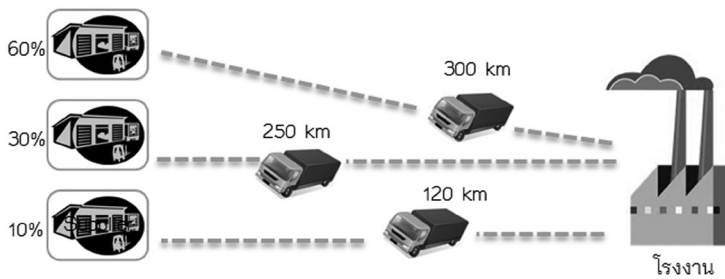
- (1) ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง และชนิดของเชื้อเพลิง
- (2) ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังข้อ (1) ให้ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุกพร้อมข้อมูลประเภทที่ใช้ขนส่ง แสดงดังตัวอย่างที่ 2.2

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบการเรียกประเภทพาหนะในการขนส่ง

ลำดับ	ประเภทรถขนส่งในงานวิจัย	ประเภทรถขนส่งจากกรมการขนส่งทางบก
1	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน	รถกระบะ 4 ล้อ
2	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก 8.5 ตัน	รถบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก
3	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน	รถบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่
4	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุก 10 ล้อ
5	รถกระบะบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ
6	รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกพ่วง 18 ล้อ
7	รถกระบะบรรทุกพ่วง 20 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกพ่วง 20 ล้อ
8	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกพ่วง 22 ล้อ
9	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน	รถกระบะแบบตู้ทึบ 4 ล้อ
10	รถตู้บรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก 1.5 ตัน	รถกระบะแบบตู้ทึบ 4 ล้อ ขนาดเล็ก
11	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก 8.5 ตัน	รถบรรทุกแบบตู้ทึบ 6 ล้อ ขนาดเล็ก
12	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ 11 ตัน	รถบรรทุกแบบตู้ทึบ 6 ล้อ ขนาดใหญ่
13	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกแบบตู้ทึบ 10 ล้อ
14	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกกึ่งพ่วงแบบตู้ทึบ
15	รถตู้บรรทุกพ่วง 18 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกพ่วงแบบตู้ทึบ
16	รถตู้บรรทุกเปิด 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกแบบตู้เปิด 10 ล้อ
17	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกขยะมูลฝอย
18	รถบรรทุกซีเมนต์ชนิดไม่ 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกเฉพาะกิจ
19	รถบรรทุกซีเมนต์ผง แบบบดล้วย 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกเฉพาะกิจ
20	รถบรรทุกซีเมนต์ผง แบบเต้าและถ้วย 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกเฉพาะกิจ
21	รถบรรทุกซีเมนต์ผง แบบเต้าและถ้วย 18 ล้อ 32 ตัน	รถบรรทุกเฉพาะกิจ
22	รถบรรทุกเฉพาะกิจ ติดเครน 10 ล้อ 16 ตัน	รถบรรทุกเฉพาะกิจ

ตัวอย่างที่ 2.2 การคำนวณระยะทางในกรณีที่มีการขนส่งจากหลายเส้นทางให้ใช้ระยะทางเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก เช่น มี Supplier หลายเจ้า, มี Dealer หลายเจ้า เป็นต้น

กำหนดให้ Supplier 1 มีสัดส่วนการขายวัตถุดิบ 60% มีระยะทางขนส่ง 300 km Supplier 2 มีสัดส่วนการขายวัตถุดิบ 30% มีระยะทางขนส่ง 250 km และ Supplier 3 มีสัดส่วนการขายวัตถุดิบ 10% มีระยะทางขนส่ง 120 km ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 ระยะทางการขนส่งวัตถุดิบจาก Supplier

สามารถคำนวณระยะทางการขนส่งวัตถุดิบเฉลี่ยเท่ากับ

$$\begin{aligned}\text{ระยะทางเฉลี่ย} &= (\text{สัดส่วนการขายวัตถุดิบของ Supplier 1} \times \\ \text{ถ่วงน้ำหนัก} &\quad \text{ระยะทางขนส่งจาก supplier ที่ 1}) + \\ &\quad (\text{สัดส่วนการขายวัตถุดิบของ Supplier 2} \times \\ &\quad \text{ระยะทางขนส่งจาก supplier ที่ 2}) + \\ &\quad (\text{สัดส่วนการขายวัตถุดิบของ Supplier 3} \times \\ &\quad \text{ระยะทางขนส่งจาก supplier ที่ 3}) \\ &= 300 \times 60\% + 250 \times 30\% + 120 \times 10\% \\ &= 180 + 75 + 12 \\ &= 267 \text{ km}\end{aligned}$$

1.3) ข้อมูลการใช้งาน

ข้อมูลการใช้งานผลิตภัณฑ์จะถูกพิจารณาไปด้วย หากมีการกำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษาแบบ Cradle-to-Grave ทั้งนี้ พิจารณาจากข้อมูลการใช้งานตามที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน หรือวิธีการใช้งานที่ระบุไว้ที่ผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป 1 ซอง น้ำหนักสุทธิ 60 กรัม จะต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อต้มน้ำให้ร้อน และใช้น้ำเพื่อปรุงอาหารให้สุก เป็นต้น



► 2) ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Emission Factor: EF)

ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำเป็นข้อมูลที่บ่งชี้ปริมาณ ความต้องการน้ำของรายการหนึ่ง ๆ เช่น ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า 1 kWh จะมีการใช้น้ำ 0.2 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ หรือ EF ของไฟฟ้า จะเท่ากับ 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อ 1 kWh หากโรงงานมีการใช้ไฟฟ้า 10 kWh เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ A 1 กิโลกรัม แสดงว่าผลิตภัณฑ์ A มีความต้องการใช้น้ำที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ $0.2 \times 10 = 2$ ลูกบาศก์เมตร เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันการสืบค้นข้อมูล EF สามารถหาได้จากแหล่งข้อมูลที่มีการเผยแพร่ทั่วไป เช่น

- ◆ ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยในประเทศ
- ◆ ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยต่างประเทศ
- ◆ ข้อมูลอ้างอิงจากองค์การระหว่างประเทศ เช่น <http://www.waterfootprint.org> เป็นต้น
- ◆ ฐานข้อมูลจากซอฟต์แวร์ต่างประเทศ เช่น Eco-invent, IDMAT, และ LCA Food DK เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการวัดจากงานวิจัย

รายการ	แหล่งสืบค้น	Emission Factor (m ³ H ₂ O/kg product)			
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	Total
มันสำปะหลัง, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	สามิตย์ดา เตียวต้อย และคณะ (2555). Water Footprint ของอ้อยและมันสำปะหลังสำหรับการผลิตเอทานอลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	0.3660	0.0140	0.0611	0.4411
มันสำปะหลัง, ภาคเหนือประเทศไทย	Rattikarn Kongboon*and Sate Sampattagul. (2012). The water footprint of sugarcane and cassava in northern Thailand. Procedia - Social and Behavioral Sciences 40 (2012) 451 – 460	0.1920	0.2320	0.0850	0.5090
อ้อย	Piyanon Kaenchan and Shabbir H. Gheewala. (2013). A Review of the Water Footprint of Biofuel Crop Production in Thailand. Journal of Sustainable Energy & Environment 4 (2013) 45-52	0.0950	0.0670	0.0000	0.1620
อ้อย, ภาคเหนือประเทศไทย	Rattikarn Kongboon*and Sate Sampattagul. (2012). The water footprint of sugarcane and cassava in northern Thailand.Procedia - Social and Behavioral Sciences 40 (2012) 451 – 460	0.0900	0.0870	0.0250	0.2020
น้ำตาลทราย	Aderson Soares Andrade Junior, et al. (2013). Agricultural water footprint of ethanol and sugar from sugar cane under fertigation production system	1.1750	0.1630	0.1550	1.4930

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของวัตถุดิบจากฐานข้อมูลซอฟต์แวร์ SimaPro

รายการ	ชื่อฐานข้อมูล	แหล่งฐานข้อมูล
ปุ๋ยฟอสฟอรัส	Diammonium phosphate, as P2O5, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent 2.2
ไกลโฟเสท	Glyphosate, at regional storehouse/RER U	Ecoinvent 2.2
ปุ๋ยซีไก่	Poultry manure, dried, at regional storehouse/CH U	Ecoinvent 2.2

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของยานพาหนะ

ชื่อฐานข้อมูล	แหล่งฐานข้อมูล	หน่วย	Emission Factor (m³)		
			น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	Total
เรือบรรทุก Container	รัตนวารรณ มั่งคั่ง และ แซมเบียร์ กิวาลา. (2556).	tkm	0.00	6.54E-06	2.77E-04
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 0% loading	รัตนวารรณ มั่งคั่ง และ แซมเบียร์ กิวาลา. (2556).	km	0.00	2.03E-04	2.03E-04
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% loading	รัตนวารรณ มั่งคั่ง และ แซมเบียร์ กิวาลา. (2556).	tkm	0.00	9.16E-05	9.16E-05

การเชื่อมโยงข้อมูล

พื้นฐานของข้อมูลขาเข้าขาออกบ่อยครั้งที่ได้จากโรงงานในหน่วยงานที่กำหนดเอง เช่น พลังงานในหน่วยเมกะจูลต่อเครื่องจักรต่อสัปดาห์หรือปริมาณของเสียต่อระบบการจัดการของเสีย เช่น ความเข้มข้นของมลพิษโลหะหนักในน้ำเสีย ซึ่งไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับหน่วยผลิตภัณฑ์ที่กำลังศึกษา ดังนั้นจึงต้องมีการเชื่อมโยงข้อมูลให้สอดคล้องกับหน่วยของกระบวนการผลิต ยกตัวอย่างการเชื่อมโยงข้อมูล ดังนี้

ตัวอย่างที่ 2.3 บันทึกข้อมูลของโรงงาน (กำหนดวันทำงาน 20 วัน/เดือน)

ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการผลิต	10	kWh/kg
ของเสียจากการผลิต	3	kg/วัน
วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิต	500	kg/เดือน
ผลิตภัณฑ์ A ที่ผลิตได้	22	kg/วัน

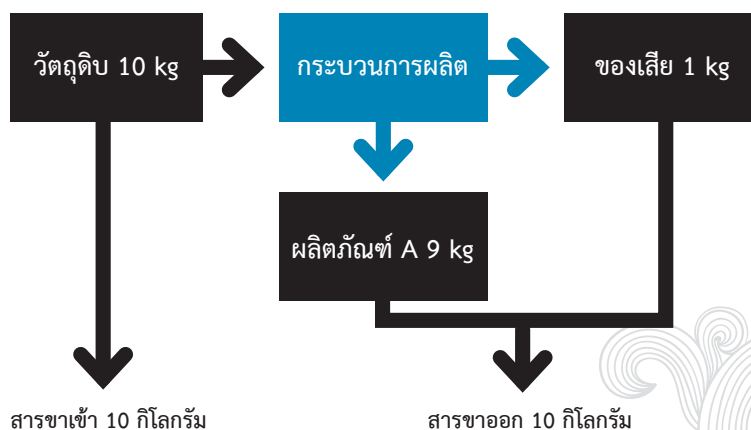
จากบันทึกข้อมูลโรงงาน สามารถสรุปบัญชีรายการการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อวัน ได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 บัญชีรายการของผลิตภัณฑ์ A

สารขาเข้า	ปริมาณ	สารขาออก	ปริมาณ
วัตถุดิบ (kg/วัน)	$= 500/20$ $= 25$	ผลิตภัณฑ์ (kg/วัน)	22
ไฟฟ้า (kWh/วัน)	$= 10 \times 22$ $= 220$	ของเสีย (kg/วัน)	3

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

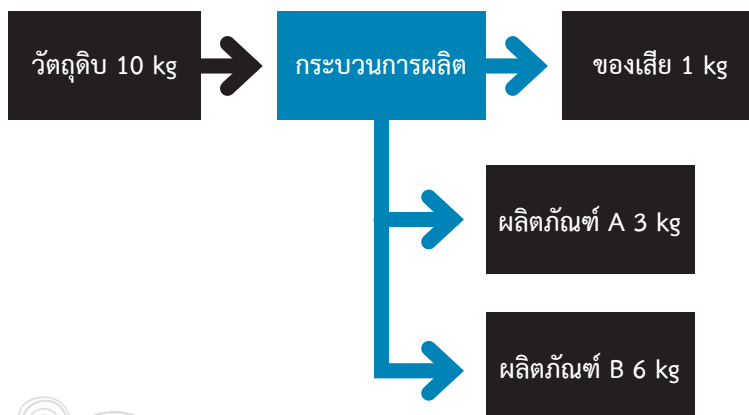
การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจะใช้หลักการที่มีความเหมาะสม อาทิ การสมดุลมวลสาร (Mass balance) การสมดุลพลังงาน (Energy balance) สมดุลปฏิกิริยาเคมี รวมถึงการเทียบเคียงข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน โดยมีหลักเกณฑ์ คือ สมดุลมวลขาเข้า และขาออก ซึ่งอาจกำหนดร้อยละความผิดพลาดเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น เช่น กำหนดให้ความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 10 ของปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด เป็นต้น



ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างการตรวจสอบสมดุลมวล
(Mass balance)

การปันส่วน (allocation)

เมื่อต้องการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของระบบที่มีความซับซ้อน กล่าวคือ กระบวนการผลิตหนึ่ง ๆ อาจมีผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ผลิตภัณฑ์ โดยใช้ วัตถุดิบ และทรัพยากรร่วมกัน ดังภาพที่ 2.18

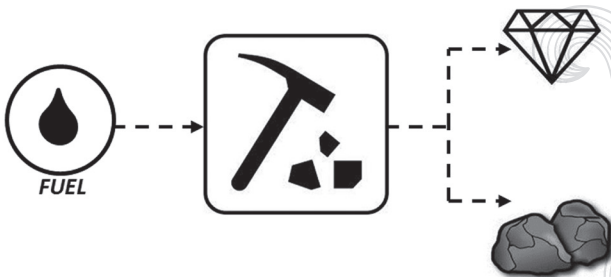


ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างระบบของผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน

วิธีการจัดการมี 2 วิธี คือ การเพิ่มขอบเขตของระบบ และการปันส่วน โดยการเพิ่มขอบเขตของระบบเหมาะสมกับข้อมูลที่สามารถเก็บข้อมูล แยกส่วนแต่ละกระบวนการย่อย ๆ ได้ แยกข้อมูลสารขาเข้าและขาออกของแต่ละผลิตภัณฑ์ได้ในทุกกระบวนการ ซึ่งส่วนมากจะทำได้ยากและมีความซับซ้อนมาก หากจะต้องทำการแยกแต่ละกระบวนการย่อย

ส่วนการปันส่วนเหมาะสมกับข้อมูลที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลแยกส่วนได้ เป็นทางเลือกที่ดีกว่าการเพิ่มขอบเขตของระบบเนื่องจากการลดปัญหาความซับซ้อนของระบบ และเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง กล่าวอีกนัยหนึ่ง การปันส่วน คือ การแบ่งบัญชีรายการสารขาเข้า สารขาออก ทรัพยากรการผลิต ไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายตามสัดส่วน เพื่อให้ได้ภาระสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย

ทั้งนี้ การปันส่วนสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น ปันส่วนโดยน้ำหนัก ปันส่วนโดยปริมาณพลังงาน ปันส่วนโดยมูลค่าผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งการเลือกวิธีการปันส่วนขึ้นกับความเหมาะสมของลักษณะแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์ A และผลิตภัณฑ์ B ราคาไม่แตกต่างกันมากนัก และกระบวนการผลิตเหมือนกัน การปันส่วนโดยมวลก็ดูจะเป็นวิธีที่เหมาะสม แต่หากผลิตภัณฑ์ A มีราคาสูงกว่าผลิตภัณฑ์ B มาก และเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ ชูความโดดเด่นให้กับบริษัท อีกทั้งสร้างรายได้ให้กับบริษัท การปันส่วนโดยมูลค่าผลิตภัณฑ์ก็น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า เป็นต้น



หากท่านเป็นเจ้าของเหมืองเพชร และต้องการจัดทำบัญชีรายการของการขุดเพชร ท่านจะเลือกวิธีปันส่วนให้กับเพชร และหินอย่างไร?

ตัวอย่างที่ 2.4 การปันส่วนโดยน้ำหนัก

จากภาพที่ 2.18 การผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ A น้ำหนัก 3 กิโลกรัม และผลิตภัณฑ์ B น้ำหนัก 6 กิโลกรัม จะต้องใช้วัตถุดิบรวม 10 กิโลกรัม และเกิดของเสียที่จะต้องกำจัด 1 กิโลกรัม

กรณีที่ 1 พิจารณาการใช้วัตถุดิบ และการเกิดของเสียจากการผลิตผลิตภัณฑ์ A สามารถคำนวณค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ A ได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{ค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ A} \\ &= \frac{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ A})}{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ A} + \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ B})} \times 10 \\ &= \frac{3 \text{ kg}}{(3 \text{ kg} + 6 \text{ kg})} \times 10 \\ &= 33.3\% \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{วัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ A} &= 10 \text{ kg} \times 33.3\% \\ &= 3.3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ของเสียที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์ A} &= 1 \text{ kg} \times 33.3\% \\ &= 0.3 \text{ kg} \end{aligned}$$



ภาพที่ 2.19 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ A หลังการปันส่วนโดยมวล

กรณีที่ 2 พิจารณาการใช้วัตถุดิบ และการเกิดของเสียจากการผลิตผลิตภัณฑ์ B สามารถคำนวณค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ B ได้ ดังนี้

ค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ B

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ B})}{(\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ A} + \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ B})} \times 100 \\
 &= \frac{6 \text{ kg}}{(3 \text{ kg} + 6 \text{ kg})} \times 100 \\
 &= 66.7\%
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 \text{วัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ B} &= 10 \text{ kg} \times 66.7\% \\
 &= 6.7 \text{ kg} \\
 \text{ของเสียที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์ B} &= 1 \text{ kg} \times 66.7\% \\
 &= 0.7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



ภาพที่ 2.20 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ B หลังการปันส่วนโดยมวล

ตัวอย่างที่ 2.5 การปันส่วนโดยมูลค่าผลิตภัณฑ์

กำหนดให้ ราคาผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ 200 บาท/กิโลกรัม
ราคาผลิตภัณฑ์ B เท่ากับ 50 บาท/กิโลกรัม

กรณีที่ 1 พิจารณาการใช้วัตถุดิบ และการเกิดของเสียจากการผลิต
ผลิตภัณฑ์ A สามารถคำนวณค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ A ได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{ค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ A} \\ &= \frac{(\text{มูลค่าผลิตภัณฑ์ A})}{(\text{มูลค่าผลิตภัณฑ์ A} + \text{มูลค่าผลิตภัณฑ์ B})} \times 100 \\ &= \frac{3 \text{ kg} \times 200 \text{ ฿/kg}}{(3 \text{ kg} \times 200 \text{ ฿/kg}) + (6 \text{ kg} \times 50 \text{ ฿/kg})} \times 100 \\ &= 66.7\% \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{วัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ A} &= 10 \text{ kg} \times 66.7\% \\ &= 6.7 \text{ kg} \\ \text{ของเสียที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์ A} &= 1 \text{ kg} \times 66.7\% \\ &= 0.7 \text{ kg} \end{aligned}$$



ภาพที่ 2.21 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์ A หลังการปันส่วนโดยมูลค่า

กรณีที่ 2 พิจารณาการใช้วัตถุดิบ และการเกิดของเสียจากการผลิตผลิตภัณฑ์ B สามารถคำนวณค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ B ได้ ดังนี้

ค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ B

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{มูลค่าผลิตภัณฑ์ B})}{(\text{มูลค่าผลิตภัณฑ์ A} + \text{มูลค่าผลิตภัณฑ์ B})} \times 100 \\
 &= \frac{6 \text{ kg} \times 200 \text{ ฿/kg}}{(3 \text{ kg} \times 200 \text{ ฿/kg}) + (6 \text{ kg} \times 50 \text{ ฿/kg})} \times 100 \\
 &= 33.3\%
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 \text{วัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ B} &= 10 \text{ kg} \times 33.3\% \\
 &= 3.3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ของเสียที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์ B} &= 1 \text{ kg} \times 33.3\% \\
 &= 0.3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



ภาพที่ 2.22 บัญชีรายการผลิตผลิตภัณฑ์ B หลังการปันส่วนโดยมูลค่า

การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment)

การประเมินผลกระทบ หรือการประเมินค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณได้ดังสมการด้านล่าง

$$\text{WFP} = \text{WFP}_{\text{การได้มาซึ่งวัตถุดิบ}} + \text{WFP}_{\text{การผลิต}} + \text{WFP}_{\text{การกระจายสินค้า}} + \text{WFP}_{\text{การใช้งาน}} + \text{WFP}_{\text{การกำจัดซาก}}$$

เมื่อ $\text{WFP}_i = \text{ผลรวมของ } (Q_i \times \text{EF}_i) \text{ ของแต่ละช่วงวัฏจักรชีวิต}$

โดยที่

WFP คือ ค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ มีหน่วยเป็น ลิตร (L) หรือ ลูกบาศก์เมตร (m^3)

WFP_i คือ ค่า Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ i ตลอดช่วงวัฏจักรชีวิต มีหน่วยเป็น ลิตร (L) หรือ ลูกบาศก์เมตร (m^3)

Q_i คือ ปริมาณวัตถุดิบ ทรัพยากร และวัสดุช่วยผลิตที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ i มีหน่วยเชิงกายภาพ เช่น น้ำหนัก (กิโลกรัม) หรือ ปริมาตร (ลิตร) เป็นต้น หรือข้อมูลการขนส่งในช่วงการขนส่ง

EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำหรือปริมาณการใช้น้ำของสาร i ในแต่ละช่วงการผลิต ซึ่งประกอบด้วย EF_{Blue} , EF_{Green} และ EF_{Grey} มีหน่วยเป็น ปริมาตรน้ำที่ใช้ต่อหน่วยเชิงกายภาพของรายการสาร เช่น L/kg , m^3/kWh หรือ m^3/kg เป็นต้น

การคำนวณ Water Footprint ของวัตถุดิบ วัสดุ และทรัพยากร

การคำนวณ Water Footprint จากวัตถุดิบ วัสดุ และทรัพยากร คำนวณได้โดยนำข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ วัสดุ และทรัพยากร ที่ใช้ในการผลิตคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ ดังตัวอย่างที่ 2.6

ตัวอย่างที่ 2.6 การผลิตผลิตภัณฑ์ A 1 kg ต้องใช้วัตถุดิบ 10 kg และไฟฟ้า สำหรับการผลิต 10 kWh

กำหนดค่า EF :

$$\begin{aligned} EF_{\text{วัตถุดิบ}} &= 3 \text{ m}^3/\text{kg} \\ &\quad (EF_{\text{Green}} 1 \text{ m}^3/\text{kg}, EF_{\text{Blue}} 1 \text{ m}^3/\text{kg}, EF_{\text{Grey}} 1 \text{ m}^3/\text{kg}) \\ EF_{\text{ไฟฟ้า}} &= 0.2 \text{ m}^3/\text{kWh} \\ &\quad (EF_{\text{Blue}} 0.2 \text{ m}^3/\text{kWh}) \end{aligned}$$

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ A 1 kg มี Water Footprint เท่ากับ

$$\begin{aligned} &= (Q_{\text{วัตถุดิบ}} \times EF_{\text{วัตถุดิบ}}) + (Q_{\text{ไฟฟ้า}} \times EF_{\text{ไฟฟ้า}}) \\ &= (10 \text{ kg} \times 3 \text{ m}^3/\text{kg}) + (10 \text{ kWh} \times 0.2 \text{ m}^3/\text{kWh}) \\ &= 32 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

หรือ ผลิตภัณฑ์ A 1 kg มีค่า Water Footprint แบ่งเป็น

$$\begin{aligned} \text{น้ำสีเขียว} &= (10 \text{ kg} \times 1 \text{ m}^3/\text{kg}) + (10 \text{ kWh} \times 0 \text{ m}^3/\text{kWh}) \\ &= 10 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำสีฟ้า} &= (10 \text{ kg} \times 1 \text{ m}^3/\text{kg}) + (10 \text{ kWh} \times 0.2 \text{ m}^3/\text{kWh}) \\ &= 12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำสีเทา} &= (10 \text{ kg} \times 1 \text{ m}^3/\text{kg}) + (10 \text{ kWh} \times 0 \text{ m}^3/\text{kWh}) \\ &= 10 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

การคำนวณ Water Footprint ในช่วงการขนส่ง

การประเมิน Water Footprint ในช่วงการขนส่งให้ประเมินจากข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ที่ได้จากการจดบันทึกจริงก่อน หากไม่มีข้อมูลจึงใช้วิธีประเมินในลำดับถัดไป ดังนี้

(1) ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง และชนิดของเชื้อเพลิง
ดังสมการ

$$WFP_{\text{การขนส่ง}} = Q_i \times EF_i$$

เมื่อ Q_i คือ ปริมาณเชื้อเพลิง มีหน่วยเชิงกายภาพ เช่น น้ำหนัก (กิโลกรัม) หรือปริมาตร (ลิตร)
 EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำหรือปริมาณการใช้น้ำของเชื้อเพลิงตามประเภทซึ่งประกอบด้วย EF_{Blue} , EF_{Green} และ EF_{Grey} มีหน่วยเป็นปริมาตรน้ำที่ใช้ต่อหน่วยเชิงกายภาพของรายการสาร เช่น m^3/kg หรือ m^3/l

(2) ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงดังข้อ (1) ให้ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของระยะทางคูณด้วยปริมาณสินค้าที่บรรทุก พร้อมข้อมูลประเภทที่ใช้ขนส่ง

$$WFP_{\text{การขนส่ง}} = \underbrace{(W_i \times D_i \times EF_i)_{\text{ขาไป}} + (W_i \times D_i \times EF_i)_{\text{ขากลับ}}}_{\text{ขนาดบรรทุกของชนิดรถ}}$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักการขนส่ง มีหน่วยตัน
 D_i คือ ระยะทางการขนส่ง มีหน่วยกิโลเมตร
 EF_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของยานพาหนะซึ่งประกอบด้วย EF_{Blue} , EF_{Green} และ EF_{Grey} มีหน่วยเป็น ตันกิโลเมตร (สำหรับการบรรทุกขาไป) และกิโลเมตร (สำหรับการบรรทุกขากลับ)

สำหรับการขนส่งเพื่อกระจายสินค้า หากไม่มีข้อมูลตามข้อ (1) และ (2) ให้คำนวณการขนส่งโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น คือ

- ◆ มีระยะทางการขนส่งเป็น 700 กิโลเมตร (กรุงเทพฯ - เชียงใหม่)
- ◆ พิจารณาทั้งเที่ยวไป และเที่ยวกลับ (เที่ยวไปคิดเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์เป้าหมายทั้งหมด ส่วนขากลับคิดเดินทางกลับด้วยรถเปล่า)
- ◆ รถบรรทุกกึ่งพ่วง 22 ล้อ ขนาด 32 ตัน (วิ่งปกติ)

แต่หากเป็นการประเมินแบบ Cradle-to-gate ให้คำนวณจนถึง ณ จุดที่ออกจากโรงงาน หากเป็นการประเมินแบบ Cradle-to-grave ให้คิดไปถึงจุดกระจายสินค้าหรือจุดขายหลัก

ในส่วนการเก็บข้อมูลการขนส่งจากผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์หลังการใช้งาน (ยกเว้นการประเมินแบบ Cradle-to-gate) ให้ใช้สถานการณ์ ดังนี้

- ◆ การขนส่งระยะทางเที่ยวละ 40 กิโลเมตร
 - ◆ รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน บรรทุกเต็ม
 - ◆ พิจารณาการขนส่งจากกลับที่เป็นรถบรรทุกขยะเปล่าด้วย
- การตรวจสอบระยะทางสามารถตรวจสอบได้จากเว็บไซต์ ดังต่อไปนี้

ตรวจสอบระยะทางระหว่างจังหวัดของประเทศไทย

- ◆ <http://map-server.doh.go.th/>
- ◆ <http://www.sisaket.go.th/amphur/distance1.html>
- ◆ <http://www.moohin.com/distance.shtml>
- ◆ <http://www.bcoms.net/temp/province.asp>

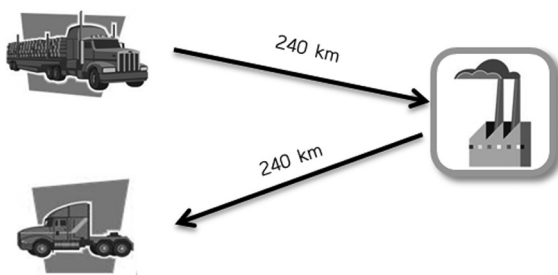
ตรวจสอบระยะทางระหว่างประเทศ

- ◆ <http://www.searates.com/>

ตัวอย่างที่ 2.7 การคำนวณ Water Footprint ในช่วงการขนส่งเที่ยวไป และเที่ยวกลับของวัตถุดิบ

กำหนดให้ การขนส่งวัตถุดิบใช้รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุก 16 ตัน
 เที่ยวไปมีการขนส่งเต็มคันรถ (100% Loading) $EF = 0.025 \text{ m}^3/\text{tkm}$
 และเที่ยวกลับไม่มีภาระบรรทุก (0% Loading) $EF = 0.055 \text{ m}^3/\text{tkm}$

วัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เป้าหมาย = 0.4 ตัน/ตันผลิตภัณฑ์



$WFP_{\text{การขนส่ง}} = WFP_{\text{การขนส่งเที่ยวไป}} + WFP_{\text{การขนส่งเที่ยวกลับ}}$

$$\begin{aligned} WFP_{\text{การขนส่งเที่ยวไป}} &= 0.4 \text{ t/t}_{\text{product}} \times 240 \text{ km} \times 0.025 \text{ m}^3/\text{tkm} \\ &= 2.4 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{product}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} WFP_{\text{การขนส่งเที่ยวกลับ}} &= \frac{0.4 \text{ t/t}_{\text{product}} \times 240 \text{ km} \times 0.055 \text{ m}^3/\text{tkm}}{16 \text{ ตัน}} \\ &= 0.3 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{product}} \end{aligned}$$

ดังนั้น Water Footprint ของการขนส่งวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ $2.7 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{product}}$

ข้อมูลเพิ่มเติม

การคำนวณ Water Footprint ของการขนส่งขาไป เป็นการประเมินผลกระทบตามน้ำหนักของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ขนส่ง (ตัน) ตามระยะทาง (กิโลเมตร) คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ การใช้น้ำของรถบรรทุกขาไป

สำหรับการขนส่งขากลับ เนื่องจากขากลับเป็นการวิ่งรถเปล่า ดังนั้น ต้องคำนวณผลกระทบการขนส่งขากลับตามระยะทางที่วิ่ง อย่างไรก็ตาม การคิดผลกระทบนั้นจะต้องแบ่งภาระผลกระทบตามสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ขนส่งไปเท่านั้น การคำนวณจึงพิจารณาจากสัดส่วนน้ำหนักวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ขนส่งขาไปหารด้วยน้ำหนักที่รถสามารถบรรทุกได้ คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของรถบรรทุกขากลับ

การคำนวณ Water Footprint ในการจัดการซาก

ข้อมูลการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ให้พิจารณาการจัดการด้วยวิธีฝังกลบ (Landfill) และยกเว้นวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้โดยประเมินตามอัตราการรีไซเคิล รายละเอียดดังตารางที่ 2.7 โดย Water Footprint จากการจัดการซากคำนวณได้ดังสมการ

$$\text{WFPการกำจัดซาก} = \text{ผลรวม} [Q_i \times (1 - \text{RR}_i) \times \text{EF}_i]$$

เมื่อ Q_i = คือ ปริมาณของเสีย หรือซาก มีหน่วยเชิงกายภาพ คือ น้ำหนัก (กิโลกรัม)

RR_i = อัตราการรีไซเคิลวัสดุประเภท i (ค่าในตารางที่ 2.7)

EF_i = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของการจัดการของเสียขั้นสุดท้ายของวัสดุประเภท i ซึ่งประกอบด้วย EF_{Green} , EF_{Blue} , และ EF_{Grey} มีหน่วยเป็น ปริมาตรน้ำที่ใช้ต่อหน่วยเชิงกายภาพของรายการสาร เช่น m^3/kg หรือ m^3/l เป็นต้น

กรณีทราบวิธีการจัดการของเสีย ให้นำปริมาณของเสียที่ถูกส่งไปกำจัด โดยวิธีการฝังกลบมาคำนวณหาค่า Water Footprint

ตารางที่ 2.7 อัตราการรีไซเคิลของเสียในภาคอุตสาหกรรม (กรมควบคุมมลพิษ รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย, 2555)

ประเภท	อัตราการรีไซเคิล* (ร้อยละ)
แก้ว	73
กระดาษ	64
พลาสติก	35
เหล็ก	94
อะลูมิเนียม	71
ยาง	22

* ในกรณีที่ทางโรงงานมีการจัดการของเสียโดยการรีไซเคิล และทราบอัตราส่วนการรีไซเคิลสามารถใช้แทนค่าในตารางได้

ตัวอย่างที่ 2.8 การคำนวณ Water Footprint จากการจัดการซากกำหนดให้ การผลิตผลิตภัณฑ์ A 1 kg เกิดของเสียประเภทพลาสติก 0.5 kg และของเสียประเภทกระดาษ 0.3 kg โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของการกำจัดของเสียแบบฝังกลบ $0.0005 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$\text{WFP}_{\text{การกำจัดซาก}} = \text{ผลรวม} [Q_i \times (1 - \text{RR}_i) \times \text{EF}_i]$$

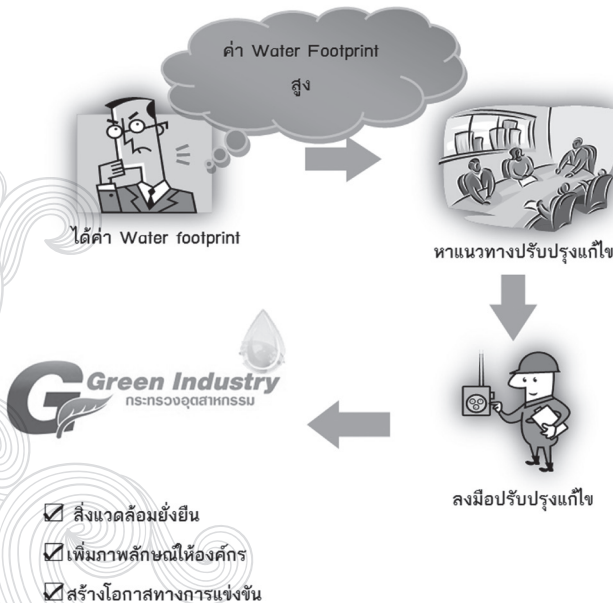
$$\begin{aligned} \text{WFP}_{\text{การกำจัดซาก}} &= [0.5 \text{ kg} \times (1 - 0.35) \times 0.0005 \text{ m}^3/\text{kg}] \\ &\quad + [0.3 \text{ kg} \times (1 - 0.64) \times 0.0005 \text{ m}^3/\text{kg}] \\ &= 0.0002 + 0.0001 \text{ m}^3 \\ &= 0.0003 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

ดังนั้น Water Footprint ของการกำจัดซากของเสียของผลิตภัณฑ์ A เท่ากับ 0.0003 m^3

การแปลผล (Interpretation)

ขั้นตอนการแปลผลเป็นการนำผลการศึกษาที่ได้รับจากการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และการประเมินผล Water Footprint มาเชื่อมโยงเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์สรุปผล และจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการประเมินรวมถึงจัดทำรายงานสรุปการแปลผล และขอบเขตของการศึกษาที่กำหนดไว้ เช่น

- 💧 กระบวนการย่อยใดของการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อค่า Water Footprint ผลิตรภัณฑ์มากที่สุด
- 💧 ช่วงวัฏจักรชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลกระทบต่อค่า Water Footprint ผลิตรภัณฑ์มากที่สุด



2.3. ตัวอย่างการคำนวณ Water Footprint ในอุตสาหกรรมอาหาร

บริษัทฯ ผลิตผัก และผลไม้กระป๋องแห่งหนึ่ง มีกำลังการผลิต 100 ตัน แบ่งเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ตามฤดูกาล ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 กำลังการผลิตผัก และผลไม้แปรรูปของบริษัทฯ

ชนิดผลไม้	กำลังการผลิต (ตัน)	สัดส่วนการผลิต (%)
สับปะรดกระป๋อง	50.0	50.0
ข้าวโพดกระป๋อง	30.0	30.0
เงาะกระป๋อง	20.0	20.0

มีกระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 แผนผังกระบวนการผลิตข้าวโพดกระป๋อง

*ข้อมูลที่แสดงดังตัวอย่างการหา Water Footprint ข้าวโพดหวานเป็นเพียงตัวเลขที่สมมติขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจในการศึกษา

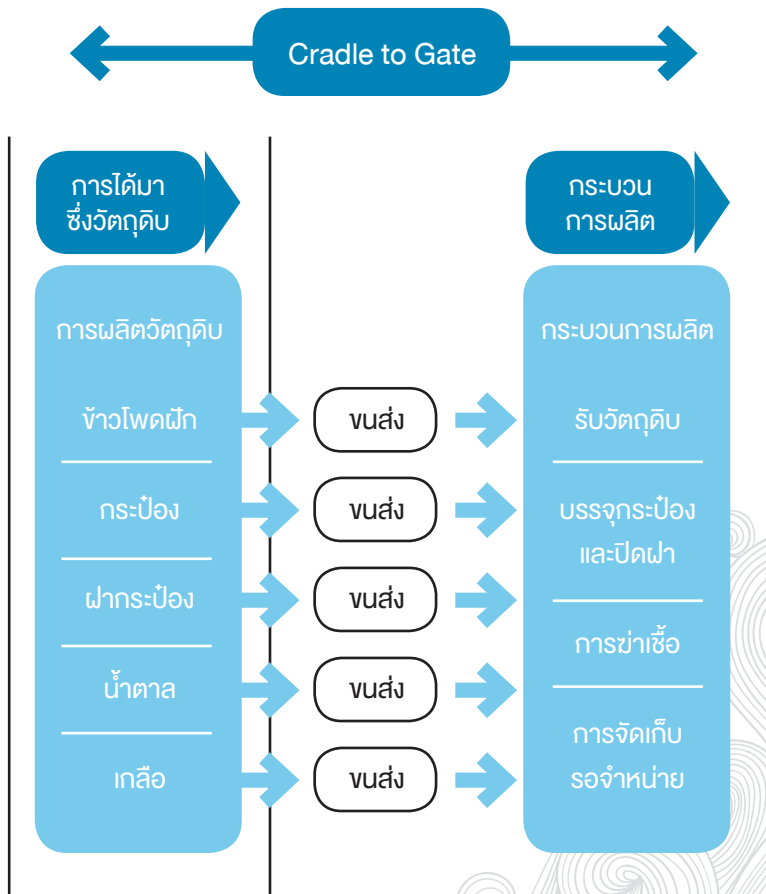
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา

1.1) กำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา

หัวข้อ	รายละเอียด
ผลิตภัณฑ์เป้าหมาย	ข้าวโพดหวาน บรรจุกระป๋อง น้ำหนักสุทธิ 400 กรัม
เป้าหมาย	เพื่อประเมินผลกระทบด้าน Water Footprint ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์
ขอบเขตการศึกษา	Cradle-to-Gate ครอบคลุม การได้มาซึ่งวัตถุดิบ > การผลิต
หน้าที่หลัก	บริโภคเพื่อให้พลังงานแก่ร่างกาย
หน่วยการทำงาน	1 กระป๋อง น้ำหนักสุทธิ 400 กรัม

1.2) สร้างแผนผังขอบเขตการศึกษา

การประเมินจะพิจารณาครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต และจัดเก็บพร้อมจำหน่าย ดังภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 ขอบเขตการประเมินการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง แบบ Cradle to gate

ขั้นตอนที่ 2 การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

2.1) รวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องตลอดช่วงเวลาที่มีการผลิต 1 ปีอย่างต่อเนื่อง แยกรายการกระบวนการ ดังนี้

- ▶ ปริมาณสารขาเข้า และสารขาออก ในหน่วยน้ำหนัก
กรณีมีข้อมูลในหน่วย ปริมาตร สามารถใช้ ความหนาแน่นของสาร มาคูณเพื่อปรับเป็นหน่วยน้ำหนัก
- ▶ ปริมาณน้ำที่ใช้ในหน่วยปริมาตร
- ▶ ข้อมูลการขนส่งประกอบด้วย ชนิดรถ และระยะทางระหว่าง บริษัท supplier กับโรงงาน

ทั้งนี้ จะเห็นว่าบริษัทมีผลิตภัณฑ์หลายตัว การเก็บข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออก ควรใช้ความระมัดระวังในการเก็บข้อมูล โดยต้องมั่นใจว่าเป็นข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษา ก่อนบันทึกข้อมูลหรือนำข้อมูลมาใช้

ตารางที่ 2.9 ข้อมูลสารขาเข้าของกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

ลำดับ	รายการ	หน่วยต่อปี	ปริมาณ (รายปี)	หมายเหตุ
สารขาเข้า				
การเตรียมวัตถุดิบ				
1	ข้าวโพดฝัก	กิโลกรัม	100	
2	ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมส่องสว่าง	kWh	200	
3	น้ำประปา	m ³	20	
4	ใบมีด	กิโลกรัม	2	
การบรรจุกระป๋องและปิดฝา				
1	กระป๋อง	กิโลกรัม	80	
2	ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	30	
3	น้ำตาล	กิโลกรัม	10	
4	เกลือ	กิโลกรัม	10	
5	น้ำอุ่น (ส่วนผสม)	m ³	10	
6	ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมส่องสว่าง	kWh	12	
การฆ่าเชื้อ				
1	ไอน้ำ	กิโลกรัม	40	
2	ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมส่องสว่าง	kWh	300	
การจัดเก็บเพื่อรอจำหน่าย				
1	LPG (โพลีคลิฟต์)	กิโลกรัม	10	
2	ไฟฟ้าส่องสว่าง	kWh	20	

ตารางที่ 2.10 ข้อมูลสารขาออกของกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

ลำดับ	รายการ	หน่วยต่อปี	ปริมาณ (รายปี)	หมายเหตุ
สารขาเข้า				
การเตรียมวัตถุดิบ				
1	(ผลิตภัณฑ์) ข้าวโพด	กิโลกรัม	30	
2	(ผลิตภัณฑ์ร่วม) เปลือกข้าวโพด	กิโลกรัม	30	
3	(ผลิตภัณฑ์ร่วม) ชั่งข้าวโพด	กิโลกรัม	20	
4	น้ำเสีย	m ³	2	
5	(ของเสีย) ใบมีด	กิโลกรัม	40	
การบรรจุกระป๋องและปิดฝา				
1	(ผลิตภัณฑ์) ข้าวโพดรวมซูป	กิโลกรัม	70	
2	(ของเสีย) กระป๋อง	กิโลกรัม	2	
การฆ่าเชื้อ				
1	(ผลิตภัณฑ์) ข้าวโพดรวมซูป	กิโลกรัม	70	
2	(ของเสีย) ไอระเหย	กิโลกรัม	40	
การจัดเก็บเพื่อรอจำหน่าย				
1	(ผลิตภัณฑ์) ข้าวโพดรวมซูป	กิโลกรัม	70	

ตารางที่ 2.11 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ และวัสดุของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

			ประเภทยานพาหนะ		
ลำดับ	รายการ	ระยะทาง (กม.)	บรรจุทุกเปิด	บรรจุทุกปิด	ขนาดบรรจุทุก
การเตรียมวัตถุดิบ					
1	ข้าวโพดฝัก	100	/		10 ล้อ 16 ตัน
2	ใบมีด	30	/		4 ล้อ 7 ตัน
การบรรจุกระป๋องและปิดฝา					
1	กระป๋อง	50	/		6 ล้อ 11 ตัน
2	ฝากระป๋อง	50	/		6 ล้อ 11 ตัน
3	น้ำตาล	120	/		6 ล้อ 11 ตัน
4	เกลือ	100	/		6 ล้อ 11 ตัน

ตารางที่ 2.12 ค่า Emission Factor การได้มาซึ่งวัตถุดิบ

รายการ	หน่วย	m ³ H ₂ O/หน่วย		
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา
ข้าวโพดฝัก	กิโลกรัม	0.30	0.20	0.30
ไฟฟ้า	kWh	0.00	0.05	0.00
น้ำประปา	m ³	0.00	0.10	0.00
ใบมีด	กิโลกรัม	0.15	0.25	0.15
กระป๋อง	กิโลกรัม	0.15	0.25	0.15
ฝากระป๋อง	กิโลกรัม	0.15	0.25	0.15
น้ำตาล	กิโลกรัม	0.40	0.45	0.40
เกลือ	กิโลกรัม	0.10	0.10	0.10
น้ำอ่อน (ส่วนผสม)	m ³	0.00	0.12	0.00
ไอน้ำ	กิโลกรัม	0.00	0.11	0.00

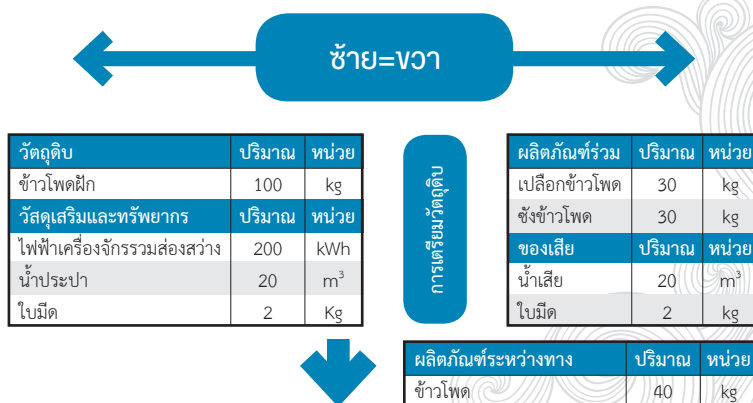
ตารางที่ 2.13 Emission Factor การบำบัด และการจัดการของเสีย

รายการ	หน่วย	m ³ H ₂ O/หน่วย		
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา
การบำบัดน้ำเสีย	m ³	0.000	0.092	0.000
การฝังกลบ	กิโลกรัม	0.000	0.030	0.000

ตารางที่ 2.14 Emission Factor ของ น้ำสีฟ้า สำหรับยานพาหนะแต่ละชนิด

ประเภทยานพาหนะ ที่ขนส่งวัสดุมาที่โรงผลิต	เที่ยวไป บรรทุกเต็ม ($\text{m}^3\text{H}_2\text{O}/\text{tkm.}$)	เที่ยวกลับ รถเปล่า ($\text{m}^3\text{H}_2\text{O}/\text{km.}$)
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน	0.10	0.20
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน	0.15	0.25
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน	0.20	0.35
รถขยะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน	0.20	0.20

2.2) สร้างแผนภาพกระบวนการผลิต และตรวจสอบสมดุลมวลสาร



วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋อง	80	kg
ฝากระป๋อง	30	kg
น้ำตาล	10	kg
เกลือ	10	kg
น้ำอ้อน (ส่วนผสม)	10	m3
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมสองส่ว	12	kWh

การบรรจุกระป๋องและปิดฝา

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋อง	1.5	kg

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพดรวมซูป	70	kg
(นน.รวมบรรจุภัณฑ์)	178.5	kg

วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไอน้ำ	40	kg
ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมสองส่ว	300	kWh

การฆ่าเชื้อ

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ไอระเหย	40	kg

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพดรวมซูป	70	kg
(นน.รวมบรรจุภัณฑ์)	178.5	kg

วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
LPG (โพลีคลิฟต์)	10	kg
ไฟฟ้าสองส่ว	20	kWh

การจัดเก็บ เพื่อรอจำหน่าย

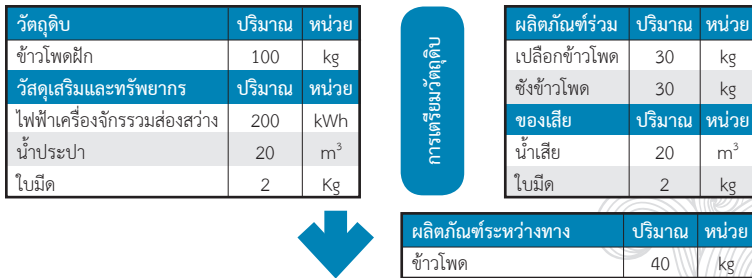
ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพดรวมซูป	70	kg
(นน.รวมบรรจุภัณฑ์)	178.5	kg
	175	กระป๋อง

ภาพที่ 2.25 แผนภาพการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

จะเห็นว่าข้อมูลรายปียังไม่ใช่ข้อมูลต่อหน่วยผลิตภัณฑ์หรือหน่วยขายที่เราสนใจ ต้องปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปของปริมาณต่อหน่วยขายเสียก่อน ด้วยการทำข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) แต่เนื่องจากในข้อมูลรายปี จะพบผลิตภัณฑ์ที่สามารถขายได้ หรือเรียกว่าผลิตภัณฑ์ร่วมอยู่ด้วย คือ เปลือกข้าวโพด และซังข้าวโพด ดังนั้น การจัดทำ LCI จะต้องมีการปันส่วนเข้ามาร่วมด้วยในกระบวนการที่เกิดผลิตภัณฑ์ร่วม โดยวิธีการปันส่วนที่เหมาะสม คือ การปันส่วนโดยมูลค่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เป็นข้าวโพดแกะเมล็ดแล้ว และผลิตภัณฑ์ร่วมมีราคาแตกต่างกัน

กระบวนการที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบ

แผนภาพข้อมูลรายปี: ก่อนการปันส่วน



ภาพที่ 2.26 แผนภาพข้อมูลก่อนการปันส่วนกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

การคำนวณค่าตัวประกอบการปันส่วน

ข้าวโพดแกละเมล็ด = 40 kg ราคา 40 บาท/kg

เปลือกข้าวโพด = 30 kg ราคา 1 บาท/kg

ซังข้าวโพด = 30 kg ราคา 2 บาท/kg

ค่าตัวประกอบการปันส่วนของข้าวโพดแกละเมล็ด

$$= \frac{(\text{มูลค่าข้าวโพดแกละเมล็ด})}{(\text{มูลค่ารวมของข้าวโพดแกละเมล็ด เปลือกข้าวโพด และซังข้าวโพด})} \times 100$$

$$= \frac{40 \text{ kg} \times 40 \text{ ฿/kg}}{(40 \text{ kg} \times 40 \text{ ฿/kg}) + (30 \text{ kg} \times 1 \text{ ฿/kg}) + (30 \text{ kg} \times 2 \text{ ฿/kg})} \times 100$$

$$= 94.67\%$$

การคำนวณบัญชีรายการหลังการปันส่วน

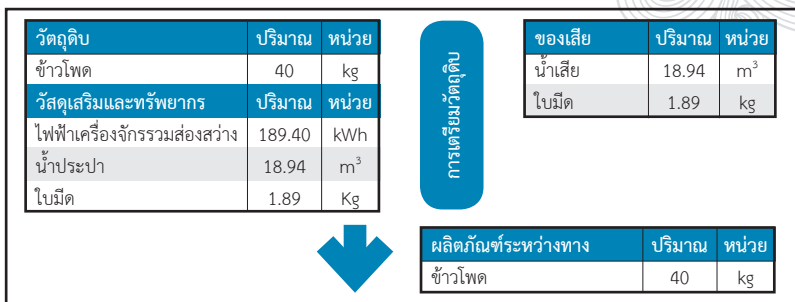
จะเห็นว่าในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบจะมีการใช้วัสดุเสริม และทรัพยากรเข้าสู่กระบวนการ แต่เนื่องจากในกระบวนการนี้มีผลิตภัณฑ์ร่วมเกิดขึ้น แสดงว่าวัสดุเสริม และทรัพยากรที่ใช้ไปนั้นไม่ได้ใช้เฉพาะตัวผลิตภัณฑ์เพียงอย่างเดียว จึงต้องทำการปันส่วนวัสดุเสริม และทรัพยากรเสียก่อน โดยการนำปริมาณสารขาเข้า และสารขาออกทุกตัวในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบมาคูณกับค่าตัวประกอบการปันส่วน

ยกตัวอย่าง : ไฟฟ้าเครื่องจักร และไฟฟ้าแสงสว่าง

= ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ x ค่าตัวประกอบการปันส่วนข้าวโพด

= 200 kWh x 94.67%

= 189.34 kWh



วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋อง	80	kg
ฝากระป๋อง	30	kg
น้ำตาล	10	kg
เกลือ	10	kg
น้ำอ่อน (ส่วนผสม)	10	m ³
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมสองส่ว	12	kWh

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋อง	1.5	kg

การบรรจุกระป๋องและปิดฝา

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพดรวมซูป	70	kg
(น.น.รวมบรรจุภัณฑ์)	178.5	kg

วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไอน้ำ	40	kg
ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมสองส่ว	300	kWh

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ไอร่เหย	40	kg

การฆ่าเชื้อ

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพดรวมซูป	70	kg
(น.น.รวมบรรจุภัณฑ์)	178.5	kg

วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
LPG (โฟล์คิลฟด์)	10	kg
ไฟฟ้าสองส่ว	20	kWh

การจัดเก็บเพื่อรอจำหน่าย

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพดรวมซูป	70	kg
(น.น.รวมบรรจุภัณฑ์)	178.5	kg
	175	กระป๋อง

ภาพที่ 2.27 แผนภาพการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องข้อมูลรายปี-หลังปีนส่วน

การปันส่วนถูกใช้ในการคำนวณช่วงการเตรียมวัตถุดิบ เนื่องจากกระบวนการนั้นนอกจากเกิดผลิตภัณฑ์หลัก คือ ข้าวโพดแกละเมล็ดแล้ว ยังเกิดผลิตภัณฑ์ร่วม คือ เปลือกข้าวโพดและซังข้าวโพด

ทั้งนี้ในกระบวนการถัดไป คือ การบรรจุและปิดฝา การฆ่าเชื้อ และการจัดเก็บ เป็นรายการสารขาเข้า-ขาออก ที่จำเพาะในการผลิตข้าวโพดกระป๋อง จึงไม่ต้องทำการปันส่วน อย่างไรก็ตามยังไม่ใช่หน่วยที่สนใจ คือ 1 กระป๋อง ขนาดบรรจุ 400 กรัม จึงต้องทำการแปลงข้อมูลอีกครั้งเพื่อให้เป็นตามหน่วยหน้าที่ (Functional Unit) ที่สนใจ

จะเห็นว่าการผลิตทั้งปี สามารถผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องได้จำนวน 175 กระป๋อง ดังนั้น หากต้องการทราบปริมาณต่อ 1 กระป๋อง จึงต้องนำ 175 หารในทุก ๆ สารขาเข้า และสารขาออกอีกครั้ง ผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 2.28

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพด	0.229	kg
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมสองส่ว	1.082	kWh
น้ำประปา	0.108	m ³
ไบโมีด	0.011	Kg

การเตรียมวัตถุดิบ

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
น้ำเสีย	0.108	m ³
ไบโมีด	0.011	kg

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพด	0.229	kg

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋อง	0.457	kg
ฝากระป๋อง	0.171	kg
น้ำตาล	0.057	kg
เกลือ	0.057	kg
น้ำอ่อน (ส่วนผสม)	0.057	m ³
วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมสองส่ว	0.069	kWh

การบรรจุกระป๋องและปิดฝา

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
กระป๋อง	0.009	kg

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพดรวมซูป	0.400	kg
(น.น.รวมบรรจุภัณฑ์)	1.020	kg

วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
ไอน้ำ	0.229	kg
ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมสองส่ว	1.714	kWh

การฆ่าเชื้อ

ของเสีย	ปริมาณ	หน่วย
ไอร่เหย	0.229	kg

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพดรวมซูป	0.400	kg
(น.น.รวมบรรจุภัณฑ์)	1.020	kg

วัสดุเสริมและทรัพยากร	ปริมาณ	หน่วย
LPG (โฟล์คลิฟด์)	0.057	kg
ไฟฟ้าสองส่ว	0.114	kWh

การจัดเก็บเพื่อรอจำหน่าย

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง	ปริมาณ	หน่วย
ข้าวโพดรวมซูป	0.400	kg
(น.น.รวมบรรจุภัณฑ์)	1.020	kg
	1	กระป๋อง

ภาพที่ 2.28 แผนภาพการผลิตข้าวโพดหวาน 1 กระป๋อง

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินค่า Water Footprint ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ต่อหน่วยหน้าที่

การประเมินค่า Water Footprint หลังจัดทำบัญชีรายการ (LCI) ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง คือ การคูณด้วยสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสาร
ขาเข้านั้น ในทุกกระบวนการ

ในการประเมินค่ามีส่วนสำคัญที่ต้องสังเกตเพิ่มเติม ดังนี้

(1) หน่วยของสารขาเข้า สารขาออก ต้องเป็นหน่วยเดียวกับของค่า
สัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

(2) ต้องมีค่าการขนส่งวัตถุดิบมาที่โรงงานผลิต และขนส่งขยะที่เกิด
ขึ้น ทั้งขาไป และขากลับ

ผลการหาค่า Water Footprint แสดงดังตารางที่ 2.15 - ตารางที่

2.18

ตารางที่ 2.15 ระดับ Water Footprint ของสารเข้าในการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

ช่วงวัฏจักรชีวิต	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	EF (m ³ H ₂ O /หน่วย)				ค่า Water Footprint (m ³ H ₂ O)		รวม
				น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	
การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	ข้าวโพด	0.229	kg	0.30	0.20	0.30	0.069	0.046	0.069	0.183
	กระป๋อง	0.457	kg	0.15	0.25	0.15	0.069	0.114	0.069	0.251
	ฝากระป๋อง	0.171	kg	0.15	0.25	0.15	0.026	0.043	0.026	0.094
	น้ำตาล	0.057	kg	0.40	0.45	0.40	0.023	0.026	0.023	0.071
	เกลือ	0.057	kg	0.10	0.10	0.10	0.006	0.006	0.006	0.017
	น้ำอุ่น (ส่วนผสม)	0.057	m ³	0.00	0.12	0.00	0.000	0.007	0.000	0.007
	รวม		รวม				0.191	0.241	0.191	0.624
การเตรียมวัตถุดิบ										
การผลิต	ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมส่องสว่าง	1.082	kWh	0.00	0.05	0.00	0.000	0.054	0.000	0.054
	น้ำประปา	0.108	m ³	0.00	0.10	0.00	0.000	0.011	0.000	0.011
	ใบมีด	0.011	kg	0.15	0.25	0.15	0.002	0.003	0.002	0.006
	การบรรจุกระป๋องและปิดฝา									
	ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมส่องสว่าง	0.069	kWh	0.00	0.05	0.00	0.000	0.003	0.000	0.003
การฆ่าเชื้อ										
	ไอน้ำ	0.229	kg	0.00	0.11	0.00	0.000	0.025	0.000	0.025
	ไฟฟ้าเครื่องจักรรวมส่องสว่าง	1.714	kWh	0.00	0.05	0.00	0.000	0.086	0.000	0.086
	การจัดเก็บเพื่อรอจำหน่าย									
	LPG (ฟอสซิลฟัด)	0.057	kg	0.00	0.11	0.00	0.000	0.006	0.000	0.006
	ไฟฟ้าส่องสว่าง	0.114	kWh	0.00	0.05	0.00	0.000	0.006	0.000	0.006
รวม							0.002	0.194	0.002	0.197

ตารางที่ 2.16 ระดับ Water Footprint ของสารขาออกที่เป็นของเสียในการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

ช่วงวัฏจักรชีวิต	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	EF (m ³ H ₂ O/หน่วย)		ค่า Water Footprint (m ³ H ₂ O)		รวม
				น้ำเสีย	น้ำเสีย	น้ำเสีย	น้ำเสีย	
การผลิต	การเตรียมวัตถุดิบ		m ³	0.000	0.092	0.000	0.010	0.010
	น้ำเสีย (ของเสีย) ใบมีด	0.108	kg	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000
	การบรรจุกระป๋องและปิดฝา (ของเสีย) กระป๋อง	0.011	kg	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000
รวม						0.000	0.011	0.011
รวมระดับ Water Footprint การผลิต “ข้าวโพดหวาน 1 กระป๋อง”						0.193	0.446	0.832

ตารางที่ 2.17 ระดับ Water Footprint จากการขนส่ง

การบรรทุก					EF (m³H₂O/หน่วย)		ค่า Water Footprint (m³H₂O)				
ช่วงวัฏจักรชีวิต	รายการ	ปริมาณวัสดุดิบ (kg)	ระยะทางต่อเที่ยว (km)	พาหนะ	เที่ยวไป (tkm)	เที่ยวกลับ (km)	100%	0%	เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	รวม
					L	L	L	L	L	L	
 การผลิต (ของเสีย) ไม่มีดี (ของเสีย) กระบะป๋อง	ข้าวโพด	0.229	100	กระบะ 10 ล้อ 16 ตัน	2.29E-04	1.43E-03	0.20	0.35	4.58E-03	5.01E-04	5.08E-03
	กระป๋อง	0.457	50	กระบะ 6 ล้อ 11 ตัน	2.29E-04	2.08E-03	0.15	0.25	3.43E-03	5.19E-04	3.95E-03
	ฝากระป๋อง	0.171	50	กระบะ 6 ล้อ 11 ตัน	8.55E-03	7.77E-04	0.15	0.25	1.28E-03	1.94E-04	1.48E-03
	ซึ่งวัสดุดิบน้ำตาล	0.057	120	กระบะ 6 ล้อ 11 ตัน	6.84E-03	6.22E-04	0.15	0.25	1.03E-03	1.55E-04	1.18E-03
	เกลือ	0.057	100	กระบะ 6 ล้อ 11 ตัน	5.70E-03	5.18E-04	0.15	0.25	8.55E-04	1.30E-04	9.85E-04
รวม											
 การผลิต (ของเสีย) ไม่มีดี (ของเสีย) กระบะป๋อง	ใบมีด	0.108	30	กระบะ 4 ล้อ 7 ตัน	3.25E-03	4.64E-04	0.10	0.20	3.25E-04	9.28E-05	4.17E-04
		0.011	40	รถขยะ 10 ล้อ 16 ตัน	4.33E-04	2.71E-05	0.20	0.20	8.66E-05	5.41E-06	9.20E-05
		0.009	40	รถขยะ 10 ล้อ 16 ตัน	3.43E-04	2.14E-05	0.20	0.20	6.86E-05	4.29E-06	7.29E-05
รวม											
รวมระดับ Water Footprint จากการขนส่ง “ข้าวโพดหวาน 1 กระบะป๋อง”											

หมายเหตุ: *คำนวณระยะทางตามระยะห่างของผู้ตั้งบริษัท supplier กับโรงงานผลิต

ตารางที่ 2.18 สรุประดับ Water Footprint ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง น้ำหนักสุทธิ 400 กรัม

ช่วงวัฏจักรชีวิต	ระดับ Water Footprint ของภาคใต้น้ำและการใช้ประโยชน์			ระดับ Water Footprint ของภาคการผลิต			ผลรวม (m ³ H ₂ O)
	น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา	
การได้มาของวัตถุดิบ	0.191	0.241	0.191	1.12E-02	1.50E-03	1.27E-02	2.53E-02
การผลิต	0.002	0.204	0.002	4.80E-04	1.02E-04	5.82E-04	1.16E-03
รวม	0.193	0.446	0.193	1.17E-02	1.60E-03	1.33E-02	2.65E-02

2.4 ประโยชน์ของ Water Footprint



สำหรับผู้บริโภค

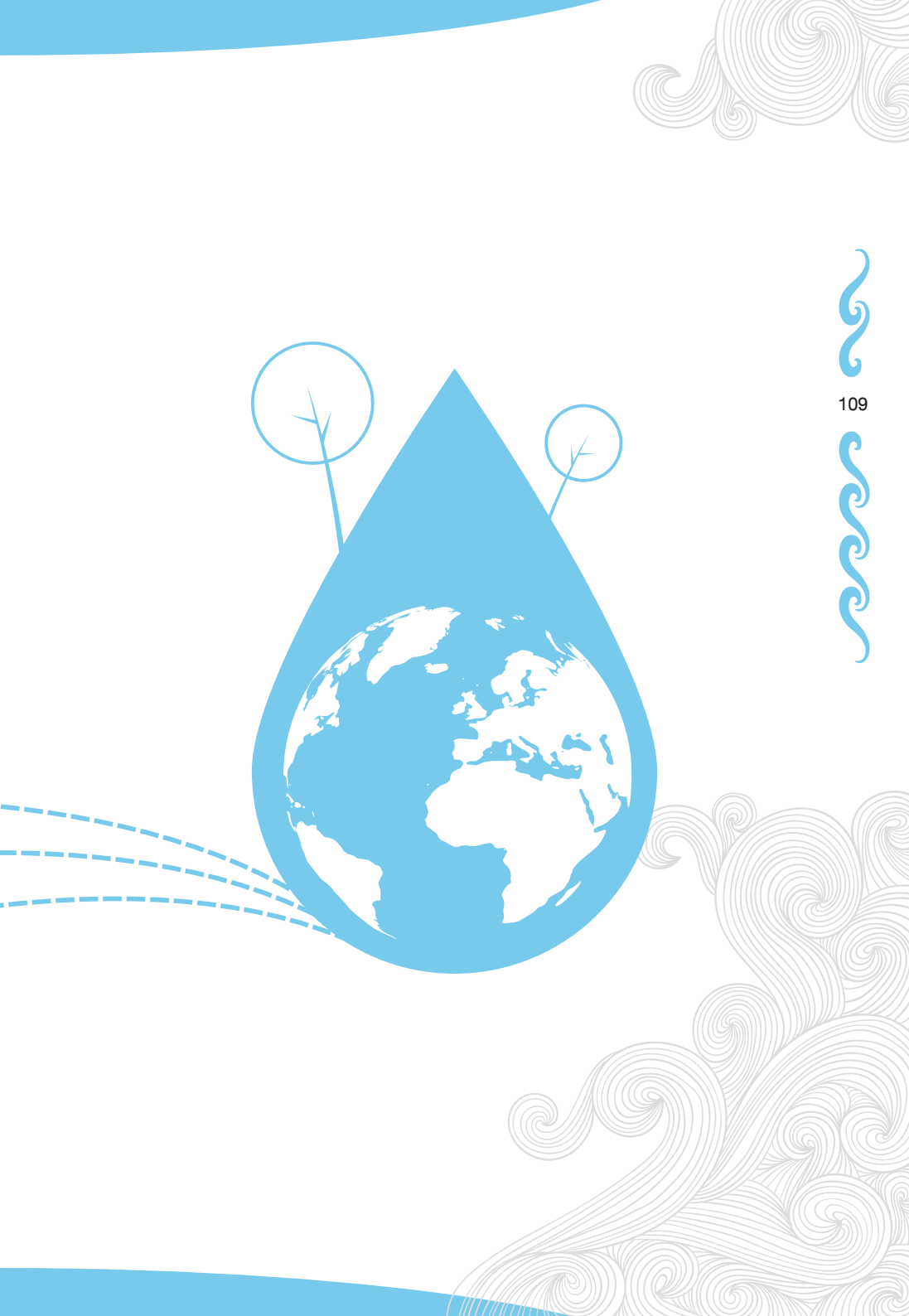
มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภค โดยเลือกสินค้าที่มีค่า Water Footprint ต่ำ เนื่องจากผู้บริโภคมีการตระหนักถึงความสำคัญของการใช้น้ำ และเพื่อนำไปสู่การบริโภคอย่างยั่งยืน

สำหรับผู้ผลิต

ข้อดีเชิงปัจจัยภายใน Water Footprint จะช่วยสร้างความตระหนักให้กับผู้ผลิต รวมถึงสามารถหาโอกาสในการลดการใช้น้ำในกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำภายในโรงงาน และลดต้นทุนทางด้านทรัพยากรอีกด้วย สำหรับข้อดีเชิงปัจจัยภายนอก Water Footprint จะช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กร เสริมสร้างจุดแข็งให้กับผลิตภัณฑ์ และยังเป็นข้อได้เปรียบทางการค้าสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการส่งออกไปยังประเทศที่มีมาตรการในการตระหนักถึงสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ หากผู้ประกอบการชาวไทย โดยเฉพาะภาคการส่งออกแสดงถึงความสนใจ และให้ความสำคัญกับการดูแลสิ่งแวดล้อม อาทิ การแสดงค่า Water Footprint ก็จะมีโอกาสในการส่งออกสินค้าไปยังต่างประเทศมากขึ้น และไม่ถูกคู่แข่งรายอื่นแย่งส่วนแบ่งทางการตลาดไป อีกทั้งยังลดข้อกีดกันทางการค้าที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้

สำหรับประเทศ

การจัดทำ Water Footprint นอกจากเป็นการแสดงถึงความตระหนักทางด้านสิ่งแวดล้อมของผู้ผลิตแล้ว ยังเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีทางด้านสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศในสายตาของชาวโลก นำไปสู่การจัดทำฐานข้อมูลบัญชี Water Footprint ระดับชาติ (National Water Footprint) ซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบของสถิติที่เกี่ยวกับน้ำในระดับประเทศ และใช้ข้อมูลสนับสนุนสำหรับการวางแผนจัดการน้ำหรือบริเวณลุ่มน้ำ ช่วยให้เกษตรกร และผู้วางนโยบายของประเทศสามารถเลือกพื้นที่ในการเพาะปลูกพืชที่มีความต้องการน้ำที่แตกต่างกันได้อย่างถูกต้อง ก่อให้เกิดการผลิตสินค้าเกษตรที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดความยั่งยืน (Sustainability Indicator) เพื่อกำหนดนโยบายการค้า และการลงทุนทั้งในระดับประเทศ และระดับโลก



โปรแกรม
สำเร็จรูปเบื้องต้น
ในการคำนวณ
Water Footprint

โปรแกรมสำเร็จรูปเบื้องต้น ในการคำนวณ Water Footprint

โปรแกรมในการคำนวณ Water Footprint เป็น application ที่ประยุกต์มาจากโปรแกรม Excel เพื่อใช้ในการคำนวณ Water Footprint ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เบื้องต้น และแสดงผลในรูปของตัวเลข และกราฟเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

3.1 การติดตั้งโปรแกรม

การติดตั้งโปรแกรม สามารถเข้าใช้งานโปรแกรมได้ที่ <http://calprogramwfp.nfi.or.th/> โดยต้องลงทะเบียนเพื่อสร้าง Username และ Password สำหรับใช้งาน

ภาพที่ 3.1 หน้าจอแสดงผลก่อนเข้าสู่โปรแกรม

3.2 องค์ประกอบของโปรแกรม

การติดตั้งโปรแกรม สามารถเข้าใช้งานโปรแกรมได้ที่ <http://calprogramwfp.nfi.or.th/> โดยต้องลงทะเบียนเพื่อสร้าง Username และ Password สำหรับใช้งาน

องค์ประกอบของโปรแกรมจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ หน้าหลัก การกรอกข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ และส่วนแสดงผล ดังนี้

3.2.1 การกรอกข้อมูลเบื้องต้น

1) การลงทะเบียน

คลิกที่ CREATE ACCOUNT เพื่อทำการลงทะเบียนก่อน จากนั้นจะพบหน้าต่างเพื่อกรอกข้อมูล และลงทะเบียน ในกรณีผู้ใช้ได้ลงทะเบียนแล้ว แต่ลืมรหัสผ่าน สามารถกู้รหัสผ่านได้ ผ่านการแจ้งด้วยปุ่ม Forgot password เพื่อทำการ reset password ใหม่

The screenshot shows the login interface of the NFI system. The header includes the Ministry of Industry logo and the NFI logo. The main content area contains a 'Sign In' form with fields for 'E-mail' and 'Password'. A 'CREATE ACCOUNT' button is located at the top right of the form. A 'Forgot password?' link is positioned below the password field. Two blue arrows are overlaid on the image: one pointing to the 'CREATE ACCOUNT' button and another pointing to the 'Sign In' button.

Water Footprint

Ministry of Industry

nfi

Registration

Email Address

Password

Confirm Password

Security Question

Answer

Company Name

Total product sale in recent years (kg)

Address

Province

District

SubDistrict

Zip code

Telephone

Register

ภาพที่ 3.2 หน้าจอแสดงการลงทะเบียน

เมื่อทำการลงทะเบียนเสร็จแล้วผู้ใช้งานต้องทำการ Login เพื่อเข้าสู่การกรอกข้อมูลผลิตภัณฑ์ โดยใช้ E-mail และ password ที่ใช้ในการลงทะเบียน และกด sign in

Water Footprint

Ministry of Industry

nfi

Sign in

E-mail

Password

Forgot password?

Sign in

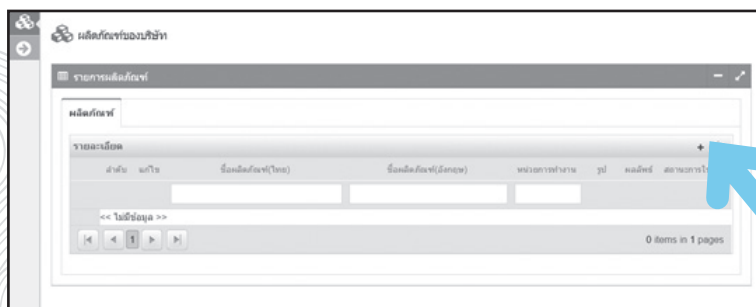
ภาพที่ 3.3 หน้าจอการเข้าสู่ระบบ

2) การกรอกข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

ส่วนของการกรอกข้อมูลให้ผู้ใช้งานทำการกรอกข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำการประเมินค่า Water Footprint โดยคลิกที่ปุ่ม “เพิ่ม” ดังภาพที่ 3.4 และ 3.5 จะปรากฏหน้าต่างให้กรอกข้อมูลของผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- ➔ ชื่อภาษาไทย และภาษาอังกฤษ
- ➔ ขอบเขตการประเมิน
- ➔ หน่วยการทำงาน
- ➔ น้ำหนักรวม
- ➔ น้ำหนักสุทธิ
- ➔ วันที่เริ่มพิจารณาข้อมูล และวันที่สิ้นสุดการพิจารณาข้อมูล
- ➔ ยอดผลิตของผลิตภัณฑ์ในปีล่าสุด

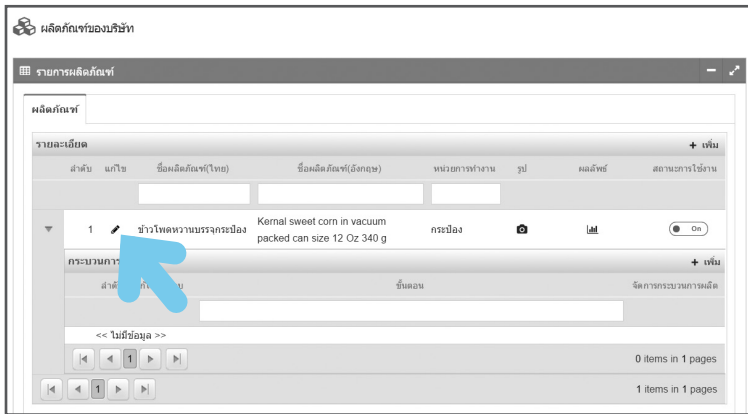
เมื่อทำการบันทึกข้อมูลเสร็จสิ้น ให้กดปุ่ม “บันทึก”



ภาพที่ 3.4 หน้าจอสำหรับเพิ่มข้อมูล

ภาพที่ 3.5 หน้าจอสำหรับกรอกรายละเอียดข้อมูลผลิตภัณฑ์

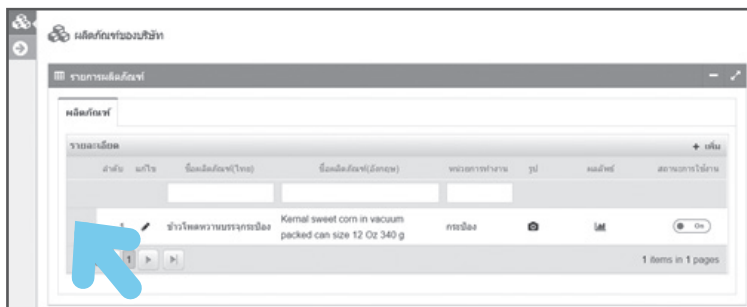
เมื่อทำการบันทึกค่าแล้ว จะพบรายชื่อของผลิตภัณฑ์ที่เราบันทึกเมื่อทำการประเมิน ซึ่งสามารถทำการแก้ไขข้อมูลได้ภายหลัง โดยกดปุ่มตรงรูปดินสอหน้ารายชื่อ



ภาพที่ 3.6 หน้าจอสำหรับกรอกรายละเอียดข้อมูลผลิตภัณฑ์

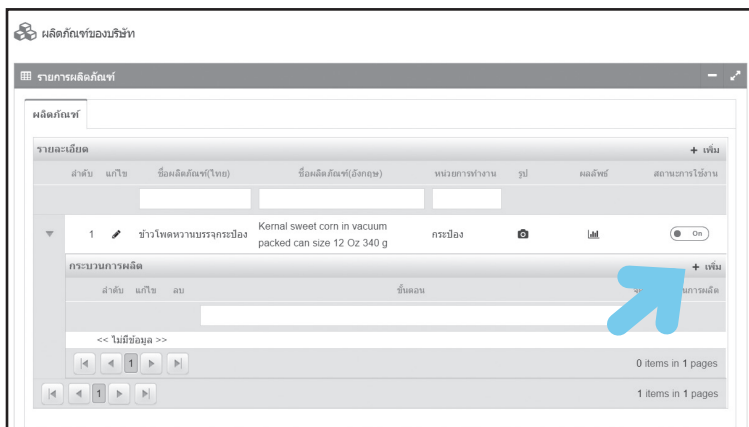
การกรอกข้อมูลกระบวนการ

เมื่อทำการเพิ่มรายชื่อของผลิตภัณฑ์ที่เราทำการประเมินแล้ว จะเข้าสู่การกรอกข้อมูลรายกระบวนการ โดยกดปุ่มลูกศรหน้ารายชื่อแล้ว จะเข้าสู่การกรอกข้อมูลรายกระบวนการ โดยกดปุ่ม “เพิ่ม”



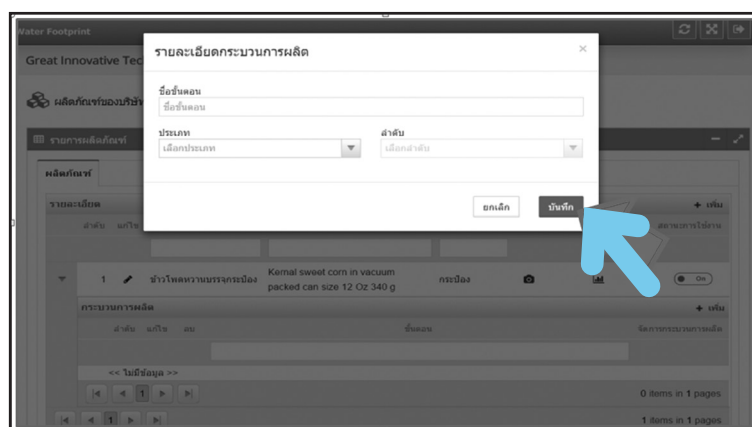
117

ภาพที่ 3.7 หน้าจอการเข้าสู่การกรอกข้อมูลกระบวนการ



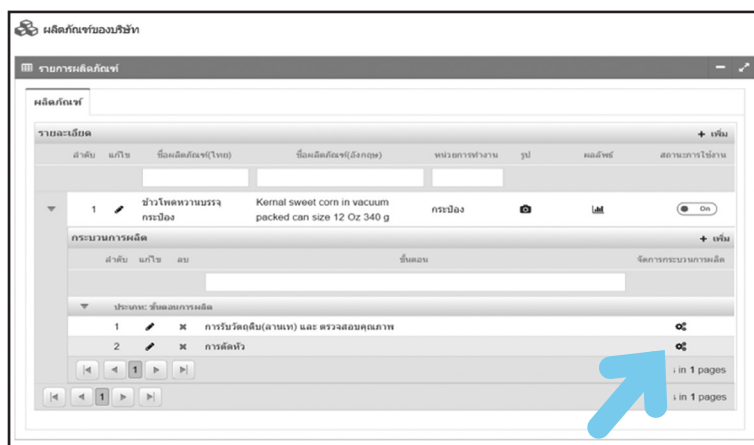
ภาพที่ 3.7 หน้าจอการเข้าสู่การกรอกข้อมูลกระบวนการ (ต่อ)

ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง การกรอกข้อมูลในแต่ละกระบวนการให้ทำการกรอกชื่อขั้นตอน และประเภทของกระบวนการ คือ การผลิตหรือระบบสาธารณูปโภค และกดบันทึก



ภาพที่ 3.8 หน้าจอกรอกรายละเอียดกระบวนการผลิต

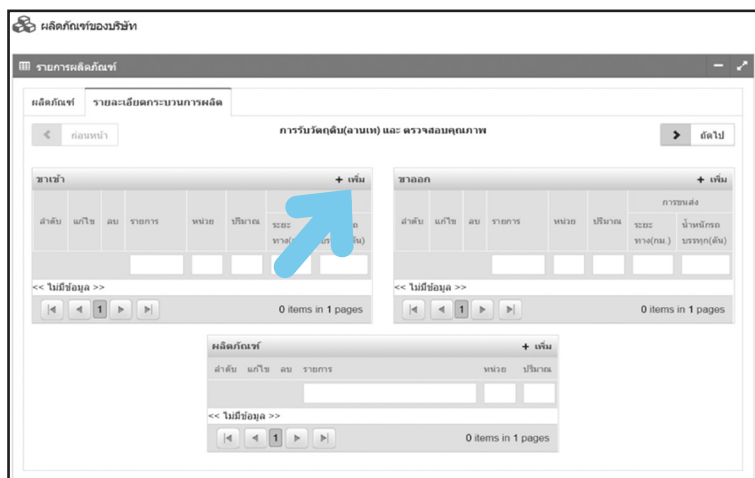
เมื่อทำการเพิ่มขั้นตอนก็จะพบรายละเอียดการแต่ละขั้นที่ทำการกรอกข้อมูลไป ซึ่งการเพิ่มข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกของแต่ละกระบวนการให้ทำการคลิกที่ปุ่มฟันเฟือง ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 หน้าจอการกรอกข้อมูลสารขาเข้า ขาออก

จากนั้นจะพบหน้าต่างให้กรอกข้อมูลดังภาพที่ 3.10 ซึ่งจะแบ่งออกเป็นสารขาเข้ากระบวนการปรากฏทางด้านซ้ายสารขาออกจากกระบวนการปรากฏทางด้านขวา และผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าสู่กระบวนการถัดไปปรากฏทางด้านล่าง ซึ่งการกรอกข้อมูลให้ทำการกดที่ปุ่ม “เพิ่ม” ในแต่ละช่องและซึ่งจะพบหน้าต่างในการกรอกข้อมูลประกอบไปด้วย

- ➔ ประเภท ว่าเป็นวัตถุดิบหรือทรัพยากรเสริม
- ➔ ชื่อรายการ
- ➔ ปริมาณซึ่งสามารถใส่ตัวเลขหรือเลือกจากกระบวนการเสริมของรายการนั้น ๆ ได้
- ➔ หน่วย ซึ่งจะถูกบังคับเป็นหน่วยกิโลกรัม
- ➔ การปันส่วน
- ➔ Emission Factor ซึ่งจะถูกเลือกมาจากรฐานข้อมูลกลางหรือข้อมูลของบริษัท
- ➔ วัฏจักรชีวิต
- ➔ วัฏจักรชีวิตอื่น ๆ
- ➔ การขนส่ง โดยทำการเลือก Emission Factor จากรฐานข้อมูลกลางตามรูปแบบการขนส่งที่เราขนส่ง และระยะทางที่ขนส่ง



ภาพที่ 3.10 หน้าจอการกรอกข้อมูลสารเข้า สารออก

ในกรณีที่ปริมาณมาจากระบวนการเสริมจะต้องทำการกรอกข้อมูลเพิ่มเติม โดยจะกรอกลักษณะคล้ายๆกันกับการกรอกในกระบวนการผลิต

การเลือก Emission Factor จะถูกเลือกมาจากรฐานข้อมูลกลางหรือข้อมูลของบริษัทก็ได้ โดยทำการเลือกข้อมูลจากการกดปุ่มแผ่นขยาย เพื่อทำการค้นหาก่อน

3) ส่วนแสดงผล

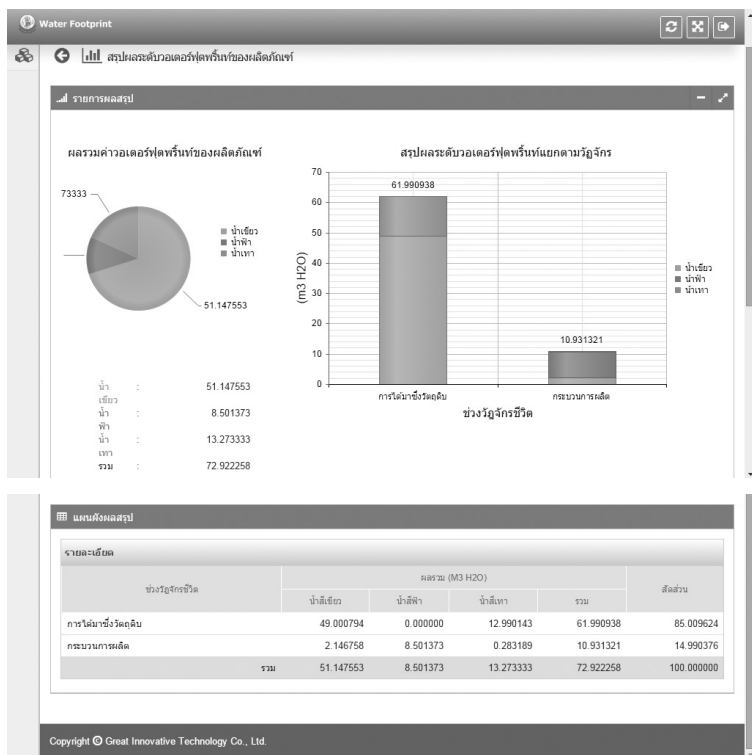
เมื่อทำการกรอกข้อมูลทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว สามารถตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการประเมิน โดยการแสดงผลค่า Water Footprint ให้ทำการคลิกที่รูปภาพของรายชื่อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ



ภาพที่ 3.11 หน้าจอการเข้าสู่ส่วนแสดงผล

จะปรากฏรูปการแสดงผลค่าต่างๆ ดังภาพที่ 3.12 ซึ่งประกอบไปด้วย

- ➔ ค่า Water Footprint : ซึ่งแยกรายละเอียดของน้ำ น้ำสีเขียว น้ำสีฟ้า และน้ำสีเทา
- ➔ ตารางสรุปค่า Water Footprint ในแต่ละช่วงวัฏจักรชีวิต



ภาพที่ 3.12 หน้าจอแสดงผลค่า Water Footprint

3.2.2 ข้อจำกัดของการใช้โปรแกรม

- ➔ เนื่องจากโปรแกรมมีการเชื่อมโยงค่า Emission Factor ส่วนกลางซึ่งต้องมีการใช้ internet และบันทึกผลบน server ดังนั้น ผู้ใช้งานต้องใช้งานบนพื้นฐานของ internet เสมอ
- ➔ ผลลัพธ์ที่ต่างกันต้องทำการกรอกข้อมูลใหม่ทุกครั้งในแต่ละผลิตภัณฑ์ และต้องทำการแยกประเภทของวัฏจักรชีวิตที่ชัดเจน โดยหน่วยของการกรอกข้อมูลจะถูกบังคับเป็นกิโลกรัมเสมอ
- ➔ ค่า Emission Factor ของบริษัท ผู้ใช้ต้องทำการเพิ่มและอัปเดตค่าเอง กรณีที่ผู้ใช้มีค่า Emission Factor ภายในบริษัทเอง
- ➔ ค่าที่นำมากรอกข้อมูลควรเป็นค่าของผลิตภัณฑ์ที่สนใจเพียงอย่างเดียว กล่าวคือ ป็นส่วนมาเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่สนใจแล้ว



បន្ទាបបុគ្គល

บรรณานุกรม

ธีระวัฒน์ ธรรมนิยม และทิพย์ปภา สุขุมาลชาติ (2555).

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา
โคกกะเทียม. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ
ครั้งที่ 17 ปี 2555 จังหวัดอุดรธานี

ปฐมา ไพโรจน์ศักดิ์. (2557).

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วในจังหวัดจันทบุรี.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ผริดา คุณีพงษ์, บุรี บุญสมภพพันธุ์ เสรี, จิณิฉรินทร์ และ ผุสดี เพื่องวงษ์. (2541).

คู่มือการให้น้ำแก่พืชเศรษฐกิจในดินไร้ที่จังหวัดลพบุรี.
เอกสารวิชาการเล่มที่ 431. กลุ่มวิจัยและประเมินกำลังผลิของดิน
กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์. 32 น.

พรเทพ แก้วเชื้อ. (2556).

การพัฒนารอยเท้าน้ำ ในประเทศไทย. วิศวกรรมลาดกระบัง ปีที่ 30
ฉบับที่ 2 มิถุนายน 2556, 13-18.

พีระญาณ์ งามสอาด. (2558).

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง
ในจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร,

สืบค้นเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2558 จาก <http://www.seub.or.th/>

รมณี วังเมือง. (2555).

การเปรียบเทียบร่องรอยการใช้น้ำและการประเมินวัฏจักรชีวิต
ที่เกี่ยวข้องกับน้ำแปงข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนวรรณ มั่งคั่ง, แซบเบียร์ กิวาลา, Perret, S., ธภัทร ศิลาเลิศรักษา,
ปรียาภัทร นิลสลบ และ ณัฐพล ชัยยวรรณาการ. 2556.

รายงานฉบับสมบูรณ์ฟุตพริ้นท์น้ำของพืชอาหาร อาหารสัตว์
และพลังงาน เพื่อจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ.

วรารพร พันธุ์จันทร์ดี. (2556).

การประเมินวัฏจักรชีวิตของมะม่วงและมังคุดในประเทศไทย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สานิตย์ดา เตียวต้อย และคณะ (2555).

Water Footprint ของอ้อยและมันสำปะหลังสำหรับการผลิต
เอทานอลในภาคตะวันออกประเทศไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2556).

แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.

สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2557 จาก www.tgo.or.th

Aderson Soares Andrade Junior, et al. (2013).

Agricultural water footprint of ethanol and sugar from sugar cane under fertigation production system

Brazzle Company,

Gran Moravia is the first cheese in the world to set its Water Footprint, Gran moravia Water Footprint
สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 จาก
<http://www.brazzale.com/gran-moravia-is-the-first-cheese-in-the-world-to-set-its-water-footprint/?lang=en>

Hoekstra, A.Y. and A.K. Chapagain. 2006.

Water Footprints of Nations: Water Use by People as a Function of Their Consumption Pattern. Water Resources Management. 21(1): 35-48.

Hoekstra, A. Y. and Chapagain, A. K. (2007).

Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern, Water Resource Manage 21: 35-48

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., and Mekonnen, M.M. (2009).

Water Footprint Assessment Manual State of the Art 2009.



Hoekstra, A.Y., Arjen, Y., Chapagain, A.K., K.Ashok, Aldaya, M., Maite and Mesfin, M. (2011).

“The water footprint Assessment manual: setting the global standard,” Earthscan

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. and Mekonnen, M. M. (2011).

The Water Footprint Assessment Manual: Setting the global standard, Earthscan, 203

Humbert, S., (2009).

ISO standard on Water Footprint: Principles, Requirements and Guidelines. Water footprint: requirements and guidelines. UNEP Water Accounting and Efficiency Stocktaking workshop 23 November 2009.

Kaenchan, P. and Gheewala, S. H., (2013).

A Review of the Water Footprint of Biofuel Crop Production in Thailand. Journal of Sustainable Energy & Environment 4 (2013) 45-52

Kongboon, R. and Sampattagul, S., (2012).

The water footprint of sugarcane and cassava in northern Thailand. Procedia - Social and Behavioral Sciences 40 (2012) 451 – 460

Ministry for the Environment, (2010).

An introduction to the New Zealand: Water Efficiency Labelling Scheme. New Zealand Government, New Zealand.

Sab miller and WWF (2008).

Water Footprint identifying and addressing water risks in the value chain.

Supesuntorn, K., (2012).

Sustainable Use of Water in the Food and Beverage Sector through Product Water Footprint Labeling: WITH EMPIRICAL EVIDENCE FROM THAILAND. Centre for Sustainability Management (CSM), Lüneburg.

Ulrike Sapiro, (2011).

Towards sustainable sugar sourcing in Europe: Water footprint sustainability assessment (WFSA). S.A. Coca-Cola Services N.V., Belgium. UNEP DTIE, (2011). Water Footprint and Corporate Water Accounting for Resource Efficiency,

UNEP DTIE, (2011).

Water Footprint and Corporate Water Accounting for Resource Efficiency, United Nations Environment Programme



United Nations Environment Programme,

UNICEF and World Health Organization. (2012). Progress on Drinking Water and sanitation 2012 update, the United States of America.

US Infrastructure, (2014).

The Global Water Footprint (Business Infographics).

สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน 2557 จาก

<http://www.designinfographics.com/>

business-infographics.com/the-global-water-footprint

Wackernagel, M., and Rees, W., (1996)

Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island

Wackernagel M, Onisto L, Linares AC, Falfan ISL, Garcia JM, Guerrero IS, Guerrero MGS (1997)

Ecological footprints of nations: how much nature do they use? How much nature do they have? Centre for Sustainability Studies, Universidad Anahuac de Xalapa, Mexico

World Wildlife Fund, (2012).

The Water footprint of Mexico in the context of North America

Zeng, Z., J. Liu and H.H.G. Savenije. 2013.

A Simple Approach to Assess Water Scarcity
Integrating Water Quantity and Quality. Ecological
Indicators. 34(441-449).



ผู้เขียน

ผศ.ดร.จีมา	ศรลัมพ์
ผศ.ดร.หาญพล	พึงรัมย์
ดร.ปุณณมี	สัจจกมล
ดร.ไพรัช	อุศุภรัตน์

กองบรรณาธิการ

คุณพรศิริ	ศิลปนาฏ
คุณธนาภรณ์	สว่างวงศ์

พิมพ์ครั้งที่ สิงหาคม 2558 จำนวน 400 เล่ม
ISBN

ผู้จัดพิมพ์

สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม
2008 ซอยอรุณอมรินทร์ 36 ถนนอรุณอมรินทร์
แขวงบางยี่ขัน เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700
โทรศัพท์ 02 886 8088 / โทรสาร 02 886 8105
www.nfi.or.th

ภายใต้

โครงการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนด้วย Water Footprint ในอุตสาหกรรม
อาหารเพื่อการส่งออก
เว็บไซต์โครงการ : fic.nfi.or.th/waterfootprint
ห้ามมิให้ผู้จัดทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์
อักษรจากสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

คณะกรรมการ

ประธานกรรมการ

คุณนพมาศ ชัยนุกูล
ผู้อำนวยการสำนักนโยบายอุตสาหกรรมรายสาขา 1

กรรมการ

1. คุณสันธนา หิริศักดิ์สกุล
ผู้เชี่ยวชาญด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันภาคอุตสาหกรรม
2. คุณศิริกาญจน์ เหลืองสกุล
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
3. คุณณัฏฐิญา เนตยสุภา
นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการพิเศษ
4. คุณบวร กิติไพศาลนนท์
นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
5. คุณธารทิพย์ ศรีสันติสุข
นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
6. คุณชัตติยา วิสารัตน์
นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ



คณะทำงาน

136

- | | | |
|------------------|----------------|------------------------|
| 1. คุณพรศิริ | ศิลปนาฏ | สถาบันอาหาร |
| 2. คุณธนาภรณ์ | สว่างวงศ์ | สถาบันอาหาร |
| 3. ผศ.ดร.จีมา | ศรีลัมพ์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 4. ดร.ปณณมี | สังจกมล | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 5. ดร.ไพรัช | อุศุภรัตน์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 6. ผศ.ดร.หาญพล | พึงรัมย์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 7. คุณปฐมมา | ไพโรจน์ศักดิ์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 8. คุณพงศกร | ศรีวรรณ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 9. คุณพีระญาณ | งามสอาด | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 10. คุณสุสิพร | กิตติยาภรณ์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 11. คุณสุวรรณา | ผิงบางแก้ว | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 12. คุณหทัยา | ทรงนรินทร์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 13. คุณอมรรัตน์ | สุนทรภรัตน์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 14. คุณเกศคุณ | พูลสวัสดิ์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 15. คุณกรชนก | แก้วประเสริฐสม | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 16. คุณกิตติพงษ์ | รุ่งน้อย | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 17. คุณนิชา | สุโขตมโชติ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 18. คุณมนต์ชัย | จิตติปัญญากุล | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 19. คุณยศวดี | ว่องธนากร | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 20. คุณวริศ | บุญหมื่นไวย | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 21. คุณศรีสุพรรณ | เพิ่มพูน | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 22. คุณสุพศิน | ลดาวัลย์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |

NOTE

Handwriting practice lines consisting of 20 horizontal dashed blue lines.





สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม

2008 ซอยอรุณอมรินทร์ 36 ถนนอรุณอมรินทร์

แขวงบางยี่ขัน เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700

Ins : 0-2886-8088 แฟกซ์ : 0-2883-5853 www.nfi.or.th