การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง

Water Footprint Evaluation of Block Rubber Industry

จริยา รัตนบุญ

Jariya Rattanaboon

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง
ผู้เขียน นางสาวจริยา รัตนบุญ
สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

……..
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

……
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์)

คณะกรรมการสอบ

……..ประธานกรรมการ
(ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หันพงศ์กิตติกุล)

……...กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาริท เจาะจิตต์)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)

……...กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

….....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอแสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นางสาวจริยา รัตนบุญ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวจริยา รัตนบุญ)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง
ผู้เขียน จริยา รัตนบุญ
สาขา การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ในจังหวัดสงขลา การศึกษามุ่งเน้นไปที่การประเมินทั้งในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (ข้อมูลทุติยภูมิ) และการกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ที่มีการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 รวมทั้งมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ภายใต้การวิเคราะห์ประเมินผลจากข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการลงพื้นที่ภาคสนาม ร่วมกับข้อมูลทุติยภูมิ ผลการศึกษาพบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L โดยไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,960 ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง แบ่งออกเป็น วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด 5,555 ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง (93.20 %) การใช้น้ำทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง) 18.57 ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง (0.31 %) และการใช้น้ำทางอ้อม (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) 386.053 ลบ.ม./ตันยางแท่ง (6.48 %) ในส่วนของวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 โดยไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,582 ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง แบ่งออกเป็น วอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางแห้ง 7,455 ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง (98.33 %) การใช้น้ำทางตรง 34.11 ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง (0.44 %) และการใช้น้ำทางอ้อม 92.97 ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง (1.22 %) สำหรับเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้งโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.59 และ 800.58 ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง ตามลำดับ จากผลดังกล่าวข้างต้น วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 มาจากส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบเป็นสำคัญ โดยดูจากค่าปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ คิดเป็น 90 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ยางแท่ง รองลงมา คือ กระบวนการผลิตภายในโรงงาน คิดเป็น 1-6 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง โดยการใช้น้ำ 90 % ในกระบวนการผลิตยางแท่ง จะมีการใช้น้ำปริมาณมากในขั้นตอนของการล้างทำความสะอาดยางในกระบวนการผลิต จากผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ทำให้ผู้ผลิตยางแท่งได้ทราบถึงปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตยางแท่งที่มาจากส่วนต่างๆ ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น สามารถประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำขององค์กรเพื่อวางแผนแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่งได้ และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของ

ผลิตภัณฑ์ยางแท่งสามารถเป็นฐานข้อมูลให้กับอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ใช้วัตถุดิบเป็นยางแท่งในกระบวนการผลิตต่อไป

Thesis Title Water Footprint Evaluation of Block Rubber Industry

Author Jariya Rattanaboon

Major Program Environmental Management

Academic Year 2013

ABTRACT

This research aimed to evaluate the water footprint of block rubber STR 5L and STR 20 industries in Songkhla province. The study focuses on the assessment of raw materials production and direct and indirect water use in the processing including the water pollution caused by these processes. The evaluation was done using primary inventory data collected from the field area and secondary data. The results were found that the average water footprints of a block rubber STR 5L was 5,960 m^3/tonSTR 5L, which consisted of 5,555 m^3/tonSTR 5L from fresh latex water footprint (93.20 %), 18.57 m^3/tonSTR 5L from direct water use (direct blue water) (0.31 %) and 386.053 m^3/tonSTR 5L from indirect water use (indirect blue water) (6.48 %). The average water footprints of block rubber STR 20 were 7,582 m^3/tonSTR 20, which consisted of 7,455 m^3/tonSTR 20 from fresh latex water footprint (98.33 %), 34.11 m^3/tonSTR 20 from direct water use (0.44 %) and 92.97 m^3/tonSTR 20 from indirect water use (1.22 %). The grey water of block rubber STR 5L and STR 20 found were 124.59 and 800.58 m^3/tonSTR respectively. From the results in above, the most of water footprint originated from rubber plantation which was 90 % of total water footprint whereas the production process yielded 1-6 % of water footprint obtained. The highest water consumption in the block rubber manufacturing process was found in stage of rubber cleaning (90 % of direct water use). These results made the block rubber manufacturers to know clearly the amount of water used in the each part of production process. In addition, the water footprints of block rubber products could be used as the database for the forward industries that use block rubber as a raw material.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(9)
รายการตาราง	(14)
รายการตารางภาคผนวก	(17)
รายการภาพประกอบ	(18)
รายการภาพประกอบภาคผนวก	(20)
อธิบายศัพท์	(21)
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	41
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	41
1.6 ขอบเขตของงานวิจัย	43
2 วิธีการวิจัย	45
2.1 พื้นที่ศึกษา	45
2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	45
2.2.1 การกำหนดเป้าหมาย ขอบเขตการศึกษาและศึกษาลักษณะของกระบวนการผลิต (Goal and scope definition)	47
2.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	49
2.2.3 การเก็บตัวอย่างน้ำ	53
2.2.4 การวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูล และการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์	54
2.2.4.1 การจำแนกวัฏจักรชีวิตยางแท่ง	54
2.2.4.2 การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.5 การประเมินผลกระทบ (Impact assessment)	62
2.2.6 การแปรผลและการตีความ (Interpretation)	63
2.2.7 การสรุป และวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย	63
3 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	65
3.1 ข้อมูลทั่วไปโรงงานยางแท่ง	65
3.2 สภาพพื้นที่ตั้งของโรงงาน	66
3.3 กำลังการผลิต	67
3.4 กระบวนการผลิตยางแท่งประเภทต่างๆ การใช้น้ำ และจุดกำเนิดน้ำเสีย	69
3.4.1 กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L)	69
3.4.2 จุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L	70
3.4.3 กระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20)	74
3.4.4 จุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20	75
3.5 วัตถุดิบ ทรัพยากรต่างๆ ผลิตภัณฑ์ และของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต	78
3.5.1 วัตถุดิบ	78
3.5.1.1 น้ำยางสด	78
3.5.1.2 ยางก้อนถ้วย เศษยาง และยางแผ่นดิบ	79
3.5.2 น้ำใช้	80
3.5.3 ไฟฟ้า	82
3.5.4 เชื้อเพลิง	83
3.5.4.1 น้ำมันดีเซล	83
3.5.4.2 ก๊าซ LPG	83
3.5.5 สารเคมี	85
3.5.6 ผลิตภัณฑ์	87
3.5.7 ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต	88
3.5.7.1 เศษยาง	88
3.5.7.2 น้ำเสีย	89

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5.8 แหล่งกำเนิดน้ำเสียและปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น	90
3.5.8.1 กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L	90
3.5.8.2 กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20	91
3.5.9 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง	92
3.5.9.1 กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L	92
3.5.9.2 กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20	93
3.5.10 การจัดการน้ำเสีย	95
3.5.10.1 ระบบบำบัดน้ำเสียที่โรงงานนำมาใช้	95
3.5.10.2 การบำบัดเบื้องต้น	96
3.5.10.3 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่งที่ทำการศึกษา	96
3.6 ผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20	98
3.6.1 ข้อมูลบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตยางแท่ง	98
3.6.1.1 บัญชีรายการ โรงงานยางแท่ง STR 5L	99
3.6.1.2 บัญชีรายการ โรงงานยางแท่ง STR 20	102
3.6.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20	104
3.6.2.1 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ	104
3.6.2.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตยางแท่งภายในโรงงาน	106
3.6.3 เกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำเสีย (Grey water footprint)	119
3.6.4 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวม ของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แต่ละโรงงาน	122
3.6.4.1 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงานยางแท่ง STR 5L แต่ละโรงงาน	123
3.6.4.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานยางแท่ง STR 20 แต่ละโรงงาน	125

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6.5 สัดส่วนผลิตภัณฑ์ (Product fraction, P_f)	126
3.6.5.1 สัดส่วนผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L	126
3.6.5.2 สัดส่วนผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20	128
3.6.6 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ภายหลังการปันส่วน	129
3.6.6.1 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ภายหลังการปันส่วน	130
3.6.6.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ภายหลังการปันส่วน	133
3.6.7 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แบ่งเป็นการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด	139
3.6.7.1 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L	139
3.6.7.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20	141
3.7 แนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์และการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานยางแท่ง	144
3.7.1 แนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการเพาะปลูกยางพารา	144
3.7.2 แนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน	144
3.8 การประเมินผลกระทบ (Impact assessment)	147
3.8.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านทรัพยากรน้ำและชุมชน	147
3.8.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านการปนเปื้อนของสารเคมีในแหล่งน้ำ	147
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	149
4.1 บทสรุป	149
4.2 ข้อเสนอแนะ	152
4.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงงาน	152
4.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยเพิ่มเติม	154
บรรณานุกรม	155

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	161
ก ข้อกำหนดมาตรฐานยางแท่งไทย/มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	162
ข แบบสอบถามการเก็บข้อมูล	171
ค รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่งและกำลังการผลิต ในจังหวัดสงขลา/ราคาเฉลี่ยผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L, STR 20 และราคาเฉลี่ยของเศษยาง	195
ง ราคาเฉลี่ยผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L, STR 20 และราคาเฉลี่ยของเศษยาง	198
จ การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์	199
ฉ ภาพการศึกษาดูงานของกระบวนการผลิตยางแท่ง	207
ประวัติผู้เขียน	209

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1-1	พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทย ปี 2552-2554	4
1-2	ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ	7
1-3	จำนวนโรงงานแปรรูปยางพาราขั้นต้นจำแนกตามขนาด ประเภทผลิตภัณฑ์	11
1-4	แสดงประเภทและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมยางใน 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง	12
1-5	แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยาง STR 5L	18
1-6	แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยาง STR 20	22
1-7	พารามิเตอร์จากน้ำเสียโรงงานยางแท่ง STR 5L	23
1-8	พารามิเตอร์จากน้ำเสียโรงงานยางแท่ง STR 20	24
1-9	ลักษณะและตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากยางแท่ง	27
2-1	รายละเอียดของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแท่ง	50
2-2	ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสารขาเข้าในการผลิตยางแท่ง	51
2-3	รูปแบบการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์	59
3-1	จำนวนโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่เข้าร่วมเก็บข้อมูล ในจังหวัดสงขลา	66
3-2	ประเภทการผลิตผลิตภัณฑ์ยางของโรงงานที่ศึกษา	68
3-3	สัดส่วนการใช้น้ำยางสด ต่อผลผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของแต่ละโรงงานที่ทำการศึกษา	78
3-4	สัดส่วนการใช้ ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบต่อผลผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน ของแต่ละโรงงานที่ทำการศึกษา	79
3-5	สัดส่วนการใช้น้ำต่อผลผลิตยางแท่ง 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษา จำนวน 7 โรงงาน	80
3-6	สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อผลผลิตยางแท่ง 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษา จำนวน 7 โรงงาน	82
3-7	สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงต่อผลผลิตยางแท่ง 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษา จำนวน 7 โรงงาน	84

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
3-8	สัดส่วนการใช้สารเคมีต่อผลผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษา จำนวน 5 โรงงาน	85
3-9	สัดส่วนการใช้สารเคมีต่อผลผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษา จำนวน 2 โรงงาน	86
3-10	ปริมาณผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ของแต่ละโรงงานที่ทำการศึกษา	87
3-11	ปริมาณเศษยางที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20	88
3-12	ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20	89
3-13	แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยาง STR 5L	91
3-14	แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยาง STR 20	92
3-15	ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย และน้ำทิ้งของโรงงานยางแท่งที่ทำการศึกษา	94
3-16	ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่ทำการศึกษานำมาใช้	95
3-17	ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20	97
3-18	บัญชีรายการสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน	100
3-19	บัญชีรายการสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน	102
3-20	ปริมาณการใช้ทรัพยากรในโรงงานผลิตยางแท่งมาตรฐาน STR 20	104
3-21	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ จากการเพาะปลูกยางพารา ในจังหวัดสงขลา	105
3-22	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20	108
3-23	วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)	110
3-24	วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมี และเชื้อเพลิงมายังโรงงานของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)	112
3-25	วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)	115
3-26	วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมี และเชื้อเพลิงมายังโรงงานของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)	116

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
3-27	พารามิเตอร์และค่าเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้งของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20	120
3-28	รูปแบบการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์	122
3-29	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แต่ละโรงงาน ตามรูปแบบการประเมินกรณี 4	123
3-30	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แต่ละโรงงาน ตามรูปแบบการประเมินกรณี 4	125
3-31	ค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ (Product fraction) ยางแท่ง STR 5L	127
3-32	ค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ (Product fraction) ยางแท่ง STR 20	128
3-33	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ภายหลังการปันส่วนโดยใช้ราคาทั้งกรณีที่รวมเกรย์วอเตอร์ และไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง	131
3-34	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ภายหลังการปันส่วนโดยใช้ราคาทั้งกรณีที่รวมเกรย์วอเตอร์ และไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสีย	135
3-35	ตัวอย่างสรุปการจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L	146
3-36	ตัวอย่างสรุปการจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงงานผลิตยางแท่ง STR 20	146
4-1	สรุปวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 (กรณีไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง) ที่มาจากการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม	151

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก		หน้า
ก-1	รายละเอียดการกำหนดชั้นและขีดจำกัดสมบัติต่างๆของยางแท่งเอสทีอาร์ (STR)	163
ก-2	มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมและวิธีวิเคราะห์	164
ก-3	การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน	167
ก-4	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	168
ค-1	รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่ง สถานที่ตั้ง เบอร์โทรศัพท์และกำลังการผลิตในจังหวัดสงขลา	195
ง-1	ราคาเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 5 ปีย้อนหลัง (พ.ศ 2550-2554)	198
จ-1	บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน A	200
จ-2	บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน B	201
จ-3	บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน C	201
จ-4	บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน D	202
จ-5	บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน E	203

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1-1	แหล่งพื้นที่ปลูกยางของภาคใต้	5
1-2	ส่วนประกอบของน้ำยางสด	7
1-3	ภาพรวมผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแปรรูปยางพาราขั้นต้น	9
1-4	สัดส่วนการส่งออกยางของไทยแยกตามประเภท ปี 2554	10
1-5	ภาพรวมกระบวนการผลิตยางแท่ง	14
1-6	กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L) การใช้ทรัพยากรต่างๆ และของเสียที่เกิดขึ้น	17
1-7	กระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20) การใช้ทรัพยากรต่างๆ และของเสียที่เกิดขึ้น	21
1-8	ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L	25
1-9	ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตยางแท่ง STR 20	26
1-10	แผนภาพแสดงส่วนประกอบของวอเตอร์ฟุตพรินต์	31
1-11	แผนผังแสดงกระบวนการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์เดียว (P[p]) และมีขั้นตอนการผลิต k	32
1-12	แผนผังแสดงกระบวนการผลิตภัณฑ์ p ซึ่งใช้วัตถุดิบทั้งหมด y ชนิด และมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด z ชนิด	33
1-13	กรอบแนวคิดของงานวิจัย	44
2-1	แผนผังขอบเขตการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์	46
2-2	กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L) และน้ำประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้น	55
2-3	กระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20) และน้ำประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้น	57
3-1	แผนผังกระบวนการผลิตแสดงขั้นตอนการใช้น้ำและจุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L	72
3-2	ภาพแสดงการผลิตยางแท่ง STR 5L	73
3-3	แผนผังกระบวนการผลิตแสดงการใช้น้ำและจุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20	76
3-4	ภาพแสดงการผลิตยางแท่งยางแท่ง STR 20	77

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3-5	แสดงวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี เชื้อเพลิง ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และการขนส่งมายังโรงงาน	113
3-6	วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ และการขนส่งของ กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L	114
3-7	แสดงวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี เชื้อเพลิง ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 และการขนส่งมายังโรงงาน	117
3-8	วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ และการขนส่งของ กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20	118
3-9	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 รวมทั้ง วอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยาง (ไม่รวมเกรย์จากน้ำเสีย)	137
3-10	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบใช้ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซล ในกระบวนการผลิต	140
3-11	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด บลูวอเตอร์ทางตรง และบลูวอเตอร์ทางอ้อม ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบใช้ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิต	141
3-12	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แบบใช้ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซล ในกระบวนการผลิต	142
3-13	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด บลูวอเตอร์ทางตรง และบลูวอเตอร์ทางอ้อม ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แบบใช้ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิต	143

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพประกอบภาคผนวก		หน้า
ฉ-1	การศึกษาดูกระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L)	207
ฉ-2	การศึกษาดูกระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20)	208

บทที่ 1

บทนำ

1.1บทนำต้นเรื่อง

น้ำเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ มนุษย์ใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรม เป็นต้น น้ำเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่ความต้องการใช้น้ำกำลังเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆตามจำนวนประชากร และการเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้องการใช้น้ำสะอาดสำหรับผลิตอาหาร และพลังงานไฟฟ้า ถือได้ว่าน้ำเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับโลกใบนี้มาก หากเราแบ่งโลกออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน จะพบว่า 3 ใน 4 ส่วนของโลก คือ น้ำ โดยแบ่งออกเป็นน้ำจืดเพียงร้อยละ 2.5 เท่านั้น ส่วนที่เหลือร้อยละ 97.5 เป็นน้ำเค็ม และที่สำคัญ 2 ใน 3 ของปริมาณน้ำจืดที่มีอยู่ก็อยู่ในสภาพของน้ำแข็ง (MTEC, 2553) แต่ในปัจจุบันแหล่งน้ำสะอาดที่มีอยู่ต้องเผชิญกับปัญหามลภาวะทางน้ำที่เกิดจากมนุษย์ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้ปัญหาขาดแคลนน้ำทวีความรุนแรงมากขึ้นในหลายส่วนของโลก ประชากร 1 ใน 5 ของโลก กลับขาดแคลนน้ำสะอาดสำหรับการบริโภค ส่งผลให้คนเสียชีวิตจากการเจ็บป่วยจากโรคภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำ และการบริโภคน้ำที่ไม่สะอาด มีสารมลพิษปนเปื้อน สาเหตุสำคัญที่ทำให้ปัญหาเรื่องน้ำกลายเป็นวิกฤติโลก มิใช่เพียงอัตราการเติบโตของประชากรโลกเท่านั้น หากยังเกิดจากการสร้างความสะดวกสบาย และความหรูหราของมนุษย์เมื่อมีสถานะทางเศรษฐกิจดีขึ้นมีการอพยพเข้ามาสู่สังคมเมืองมากขึ้น อีกทั้งมลพิษทางน้ำที่เกิดจากการพัฒนาอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม อันขาดการจัดการที่มีประสิทธิภาพส่งผลให้ความรุนแรงของวิกฤติน้ำเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น การใช้น้ำอย่างประหยัดทั้งทางตรงและทางอ้อม และการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องเร่งด่วนที่ต้องรีบปฏิบัติโดยต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค ภาคธุรกิจ ภาครัฐ รวมถึงความร่วมมือระหว่างประเทศ

อุตสาหกรรมแปรรูปยางพารา ถือเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่ง ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดปัญหามลภาวะทางน้ำ และเกิดการร้องเรียนจากชุมชนที่พบได้บ่อยในปัจจุบัน ปัญหาที่ปรากฏส่วนใหญ่ คือ น้ำเสียที่ปล่อยทิ้งไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงาน ซึ่งมาจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตและการล้างเครื่องจักรต่างๆ (วันชัย แก้วยอด, 2540) ก่อให้เกิดการ

ใช้น้ำอย่างสิ้นเปลือง และทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณมาก และถือเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ อีกทั้งยังมีความสำคัญในแง่ของการจ้างงานและการส่งออก ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกอันดับหนึ่งในอุตสาหกรรมยางพารา (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2548) โดยประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 18,461,231 ไร่ (สถาบันวิจัยยาง, 2554) ทำให้อุตสาหกรรมยางพารามีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศโดยเฉพาะท้องถิ่นทางภาคใต้ เพราะภาคใต้เป็นแหล่งปลูกยางพาราที่สำคัญด้วยลักษณะพื้นที่และภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา ทำให้ภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 11,906,882 ไร่ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด คือ จังหวัดสุราษฎ์ธานี มีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 1,921,698 ไร่ รองลงมา คือ จังหวัดสงขลา มีพื้นที่ปลูกจำนวน 1,573,621 ไร่ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ปลูกจำนวน 1,484,084 ไร่ และจังหวัดตรังมีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 1,383,414 ไร่ ตามลำดับ (สถาบันวิจัยยาง, 2554) จากสถิติข้างต้น จังหวัดสงขลาเป็นพื้นที่หนึ่งทางภาคใต้ที่มีการปลูกยางพาราเป็นจำนวนมาก ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำสวนยางเป็นหลัก ทำให้มีโรงงานแปรรูปยางพาราประเภทต่างๆ เป็นจำนวนมาก โดยมีโรงงานอุตสาหกรรมยางพารากระจายตัวอยู่ในเขตจังหวัดสงขลารวม 114 โรง (นฤเทพ บุญเรืองขาว, 2550) ประกอบไปด้วย โรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน ยางสกิม (ยางสกิมเครพหรือยางสกิมบล็อก) อุตสาหกรรมยางแท่งเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปยางพาราประเภทหนึ่ง ที่มีกระบวนการผลิต 2 แบบ คือ กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด และกระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง เป็นการนำวัตถุดิบจากยางพารามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางแท่งเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไป ซึ่งจากสถิติปี 2555 พบว่าผลผลิตยางแท่งในประเทศไทย มีจำนวนทั้งสิ้น 1,505,651 เมตริกตัน (สถาบันวิจัยยาง, 2555) มีการผลิตมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานยางแท่ง ในจังหวัดสงขลา เพื่อเป็นแนวทางในการประเมิน และจัดการผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมท้องถิ่นและชุมชน ทำให้ทราบถึงการใช้น้ำทั้งทางตรง และทางอ้อมที่แฝงไปกับผลิตภัณฑ์หรือการจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Hoekstra *et al*., 2011) การที่สามารถคำนวณปริมาณน้ำเหล่านั้นได้ จะทำให้เข้าใจได้ดีขึ้นถึงสถานการณ์น้ำใช้ในภาพรวม และผลกระทบจากการใช้น้ำและการซื้อขายผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การทราบถึงวอเตอร์ฟุตพรินต์จะช่วยให้สามารถเข้าใจธุรกิจจากการประเมินค่าผลกระทบด้านการใช้น้ำและมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นต่อท้องถิ่นได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งทำให้บริษัทสามารถบริหารจัดการเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำได้อย่างเหมาะสม และหาแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการผลิต ในที่สุดก็จะนำไปสู่กระบวนการในการจัดการเรื่องการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกๆขั้นตอน นอกจากนี้ยังสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิด

จากการผลิตสินค้าต่อการใช้ทรัพยากรน้ำในระดับภาคได้จากฐานข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์นี้ ซึ่งจะทำให้เข้าใจปัญหาการขาดแคลนน้ำ และมลภาวะทางน้ำได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งนำไปสู่วิธีการแก้ไขปัญหาและการวางแผนการใช้ทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ ที่เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตสินค้าและห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) นอกเหนือไปจากที่เคยศึกษากันมาเฉพาะในส่วนของงบดุลของน้ำในระบบลุ่มน้ำในประเทศไทยเท่านั้น

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 ยางพารา

ยางพาราเป็นพืชยืนต้นที่ใช้เวลาในการปลูกนานถึง 6 ปี จึงจะสามารถกรีดน้ำยางได้ ปกติยางพาราจะออกสู่ตลาดเกือบทั้งปี โดยจะออกสู่ตลาดมากในช่วงปลายปีต่อเนื่องจนถึงต้นปี เนื่องจากเป็นช่วงปลายฤดูฝน ดินมีความชุ่มชื้น หลังจากนั้นผลผลิตจะลดลงในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนที่ต้นยางผลัดใบจะได้น้ำยางน้อยกว่าปกติ เนื่องจากสภาพอากาศก่อให้เกิดความกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของต้นยาง ชาวสวนจึงหยุดกรีดยางและผลผลิตจะกลับมาเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน จนกระทั่งในช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน การกรีดยางก็จะทำให้ยากลำบาก ประกอบกับน้ำฝนทำให้น้ำยางที่ได้มีคุณภาพต่ำ ดังนั้นชาวสวนยางจึงไม่นิยมกรีดยางในช่วงดังกล่าว โดยในปีหนึ่งๆ ชาวสวนจะกรีดยางได้เฉลี่ยประมาณ 120-180 วัน

1.2.2 พื้นที่ปลูกยางพารา

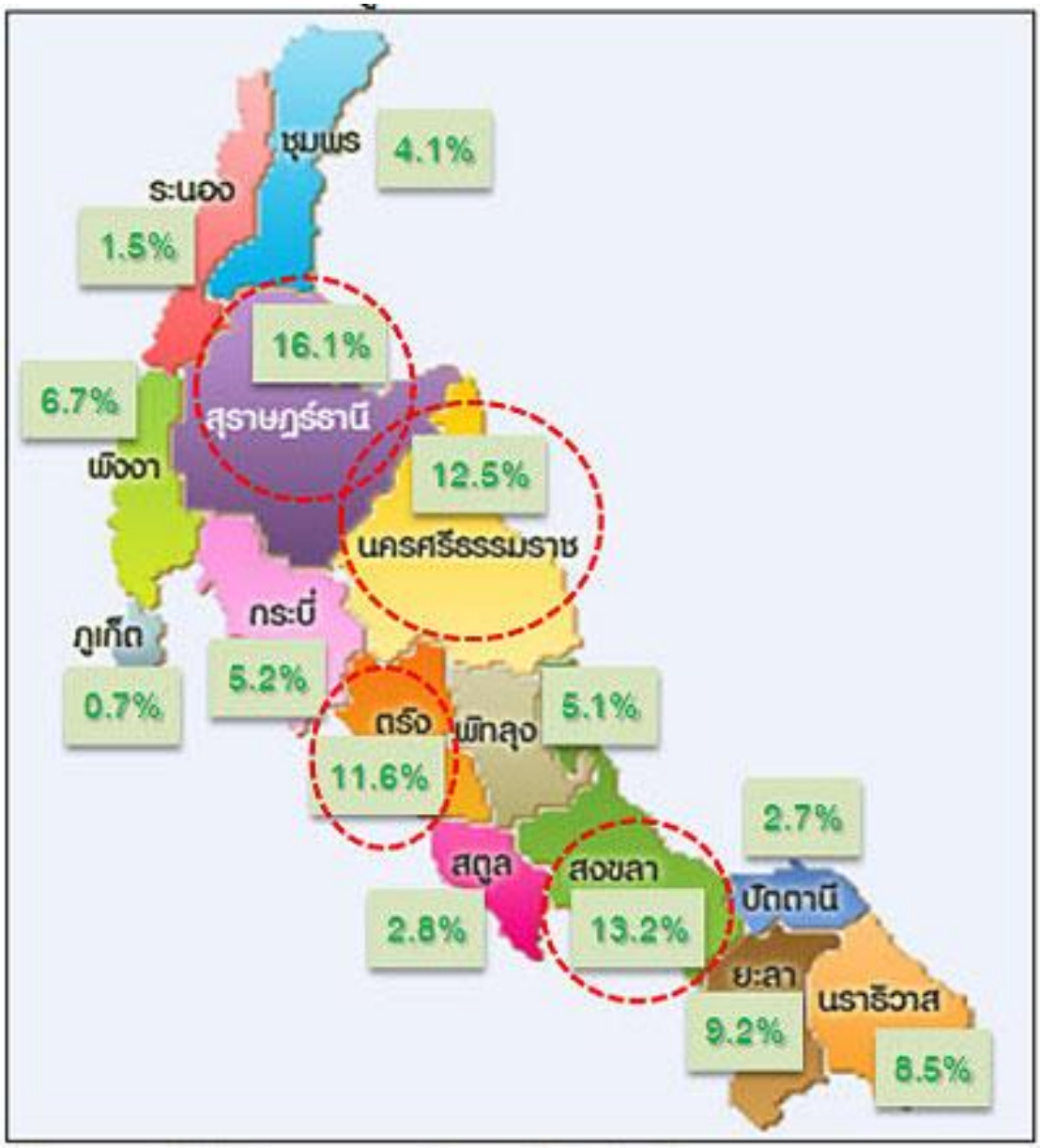
ยางพารามีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน ฝนตกชุก บริเวณลุ่มน้ำอะเมซอน ประเทศบราซิลและเปรู ทวีปอเมริกาใต้ ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน จึงมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา ประกอบกับไทยมีศักยภาพด้านการเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก ทำให้ในปัจจุบันพื้นที่ปลูกยางพาราได้ขยายไปทั่วทุกพื้นที่ของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ 2554 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งประเทศ 18,461,231 ล้านไร่ (สถาบันวิจัยยาง, 2554) มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จากปีที่ผ่านมา แบ่งออกเป็นแต่ละภาค ดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทย ปี 2552-2554

ภาค	พื้นที่ปลูกยางพารา (ไร่)		
	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554
ภาคเหนือ	693,812	853,852	867,402
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2,984,097	3,362,791	3,477,303
ภาคกลาง (ภาคตะวันออก)	2,063,418	2,174,993	2,209,644
ภาคใต้	11,512,990	11,928,375	11,906,882
รวมทั้งประเทศ	17,254,317	18,320,011	18,461,231

ที่มา : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2554)

จากตารางที่ 1-1 แหล่งปลูกยางพาราที่สำคัญของไทย คือ ภาคใต้ 14 จังหวัด ได้แก่ ชุมพร สุราษฎ์ธานี กระบี่ นครศรีธรรมราช นราธิวาส ปัตตานี ภูเก็ต สงขลา ระนอง สตูล พังงา พัทลุง ยะลา และตรัง เนื่องจากทำเลที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น สภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการปลูกยางพารา มากกว่าภาคอื่นๆ ในประเทศ ทั้งดิน ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความเร็วลม เป็นต้น โดยมีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุดประมาณ 11,906,882 ล้านไร่ (ร้อยละ 90) โดย จังหวัดสุราษฎ์ธานี มีแหล่งพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด คิดเป็น 16.1 % อันดับสอง ได้แก่ จังหวัดสงขลา 13.2 % รองลงมา ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 12.5 % และจังหวัดตรัง 11.6 % ตามลำดับ ดังภาพประกอบที่ 1-1 ตลอดจนรัฐบาลมีโครงการพัฒนาศักยภาพสถาบันเกษตรกร และยุทธศาสตร์พัฒนายางพารา โดยสนับสนุนการขยายเนื้อที่ปลูกยางพารา ทำให้เนื้อที่ปลูกยางพารา ของไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และได้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราไปยังภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง ซึ่งแนวโน้มการปลูกยางในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและขยายพื้นที่ไปยังภาคต่างๆ มากขึ้นเรื่อยๆ ดังจะเห็นได้จากข้อมูลพื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศปี 2552-2554 ที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี เพื่อรองรับแนวโน้มความต้องการใช้ยางพาราภายในประเทศและต่างประเทศที่เพิ่มขึ้น อันเป็นแรงขับเคลื่อนในการรองรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่สำคัญต่างๆ ตามมา เช่น อุตสาหกรรมแปรรูปยางพารา ยางยานพาหนะ ถุงมือยาง ผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้ทางเภสัชกรรม หลอดและท่อ เป็นต้น จึงนับว่ายางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพและสำคัญของไทย



ภาพประกอบที่ 1-1 แหล่งพื้นที่ปลูกยางพาราของภาคใต้

ที่มา : สถาบันวิจัยยาง รวบรวมโดยศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2556)

1.2.3 ความต้องการใช้น้ำของการปลูกยางพารา

การปลูกยางพาราโดยส่วนใหญ่ จะอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก โดยไม่ต้องอาศัยน้ำจากชลประทานสำหรับในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีที่เหมาะสม มีความชื้นที่เหมาะสม เช่น ทางภาคใต้ของประเทศไทย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีที่เหมาะสมไม่ควรน้อยกว่า 1500 มิลลิเมตรปี มีการกระจายของฝน 100-150 มิลลิเมตรต่อวัน และมีความชื้นสูง อุณหภูมิที่เหมาะสม อยู่ระหว่าง 26-30 องศาเซลเซียส (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2553) จะสามารถปลูกยางพาราได้ดี และ

เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นยางพาราทำให้ได้ผลผลิตที่สูง ยกเว้นการปลูกยางพาราในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีในปริมาณที่ไม่เหมาะสม และในสภาพพื้นที่แห้งแล้ง เช่น ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ต้องอาศัยน้ำจากระบบชลประทานมาช่วยในการเจริญเติบโตของต้นยางพารา เพื่อให้ได้ผลผลิตในปริมาณต้องการ

1.2.4 ลักษณะ ส่วนประกอบ และการแปรรูปน้ำยางสด

1.2.4.1 ลักษณะของน้ำยางสด

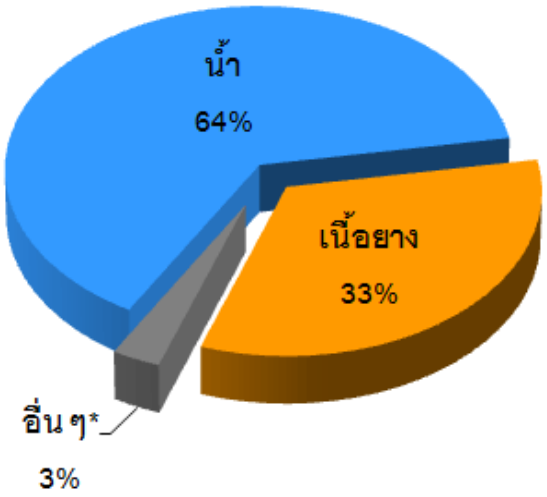
น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดจากต้นยาง มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนม จนถึงสีขาวปนเหลือง ข้นและข้น มีสภาพเป็นคอลลอยด์หรือสารแขวนลอย มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 ความหนืดของน้ำยางมีค่าประมาณ 12-15 เซนติพอยส์ (Centipoise) ซึ่งสีของน้ำยางจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ยาง และความหนืดของน้ำยางจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ยาง อายุต้นยาง การกรีดและฤดูกาล (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, 2546)

1.2.4.2 ส่วนประกอบของน้ำยางสด

ส่วนประกอบของน้ำยางสด ดังภาพประกอบที่ 1-2 แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

1) ส่วนที่เป็นเนื้อยาง (Dry rubber sheet) เป็นเนื้อยาง (33 %) ที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม เขียนเป็นสูตรเคมี คือ $(C_5H_8)_n$ เรียกชื่อทางเคมีว่า โพลีไอโซ พรีน (Polyisoprene) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 100,000 รูปร่างของอนุภาคยางเป็นรูปกลมหรือรูปลูกแพร์ ขนาด 0.05-5 ไมครอน มีประจุไฟฟ้าที่ผิวเป็นลบ

2) ส่วนที่ไม่ใช่ยาง (Non rubber content) เป็นน้ำ (64 %) และสารอื่นๆ ซึ่งพบว่า จะประกอบด้วย สารกลุ่มโปรตีน 1-1.2 % กลุ่มคาร์โบไฮเดรต 1 % เถ้า 1 % (สถาบันวิจัยยาง, 2550) และสารอนินทรีย์อื่นๆ (3 %) เช่น แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง แมงกานีส ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติได้แสดงไว้ในตารางที่ 1-2



ภาพประกอบที่ 1-2 ส่วนประกอบของน้ำยางสด

ที่มา : สถาบันวิจัยยาง “ข้อมูลวิชาการยางพารา ปี 2550” (2550)

ตารางที่ 1-2 ส่วนประกอบของน้ำยางสด

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)
ของแข็งทั้งหมด	36
เนื้อยางแห้ง	33
โปรตีน	1-1.5
เรซิน	1-2.5
เถ้า	1
น้ำตาล	1
น้ำ (ในปริมาณที่รวมแล้วเป็น)	100

ที่มา : ชอบ บุญช่วย (2541)

1.2.4.3 การแปรรูปน้ำยางสด

น้ำยางที่กรีดได้ประมาณร้อยละ 90 ถูกผลิตเป็นยางแผ่นดิบ เพื่อนำไปแปรรูปเป็นยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเครฟ และที่เหลือร้อยละ 10 จะถูกนำไปแปรรูปเป็นน้ำยางข้น ซึ่งน้ำยางสดสามารถนำมาแปรรูปได้ 2 วิธีการใหญ่ คือ วิธีแรก ทำเป็นยางดิบในรูปของของเหลวโดยการทำให้น้ำยางเข้มข้นขึ้นจนกลายเป็นน้ำยางข้น นอกจากจะได้น้ำยางข้นแล้วยังแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้แก่ ยางแท่ง ยางสกิมเครพ หรือสกิมบล็อก วิธีที่สอง คือ การทำน้ำยางดิบให้อยู่

ในรูปของยางแห้งโดยการทำให้น้ำยางจับตัวกันโดยใช้กรด แล้วทำเป็นยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางแผ่นรมควัน ยางเครพขาว หรือยางแท่ง

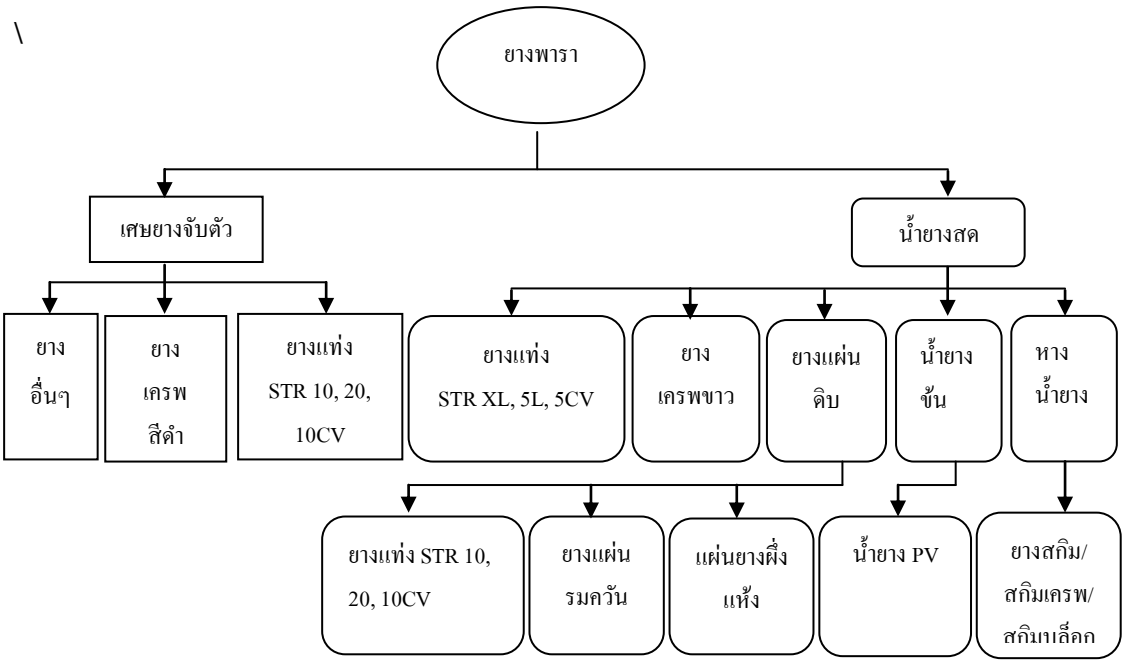
1.2.5 อุตสาหกรรมแปรรูปยางพารา

อุตสาหกรรมการแปรรูปยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศและภาคใต้ เป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดการจ้างงานและการสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมาก โดยอุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปขั้นต้นที่นำเอายางพาราสดมาแปรรูปให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและสะดวกในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางพาราต่อไป

1.2.5.1 ประเภทของอุตสาหกรรมแปรรูปยางพารา

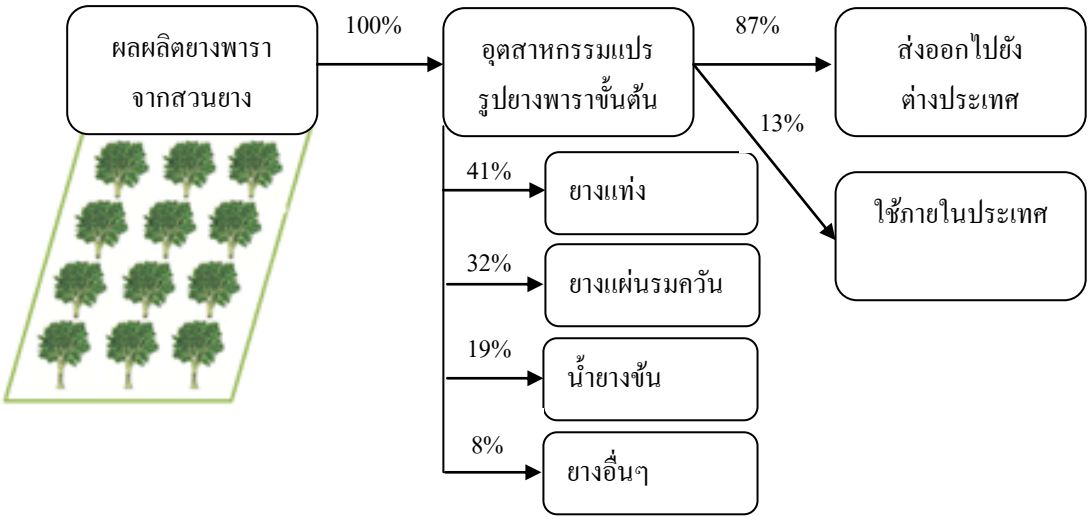
ยางพาราที่เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2544) คือ อุตสาหกรรมยางธรรมชาติ เป็นการแปรสภาพน้ำยางสด (Fresh latex) ได้แก่ น้ำยางข้น หรือยางลาเท็กซ์ และยางแห้ง (Scrap) ที่กรีดได้จากต้นยางพารามาแปรรูปให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและสะดวกในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ ต่อไป ได้แก่ ย่างแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเครพ ยางแผ่นผึ่งแห้ง และยางสกิม ดังภาพประกอบที่ 1-3 และประเภทที่สอง คือ เศษยางจับตัวหรือยางก้อนถ้วย เศษยางจากรอยกรีด เศษยางตามเปลือกไม้ และเศษยางที่ตกอยู่ตามพื้นดิน เป็นต้น

\



ภาพประกอบที่ 1-3 ภาพรวมผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแปรรูปยางพาราขั้นต้น
ที่มา : คู่มือการกำกับดูแลโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

ภาพประกอบที่ 1-3 ผลผลิตจากยางพาราจะถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นพื้นฐานหลักๆ ที่สำคัญ ได้แก่ น้ำยางข้น (Concentrated latex rubber) ยางแผ่นรมควัน (Ribbed smoke sheet, RSS) ยางแท่ง (Blocked rubber) และยางอื่นๆ คือ ยางแผ่นผึ่งแห้ง (Air dried sheet, ADS) และ ยางเครพ (Skimmed crepe rubber) ก่อนส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ หรือส่งต่อไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องภายในประเทศ ดังภาพประกอบที่ 1-4



ภาพประกอบที่ 1-4 สัดส่วนการส่งออกยางของไทยแยกตามประเภท ปี 2554
ที่มา : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2554)

เมื่อพิจารณาการแปรรูปยางพาราขั้นต้นของไทย ข้อมูลจาก สถาบันวิจัยยาง รวบรวมโดย ศูนย์วิจัยกสิกรไทย ปี 2554 พบว่า ผลผลิตยางพาราจากสวนยางร้อยละ 87 ของผลผลิตยางพาราทั้งหมด จะถูกส่งออกไปยังต่างประเทศในรูปของอุตสาหกรรมแปรรูปขั้นพื้นฐานต่างๆ ได้แก่ ยางแท่ง 41 % ยางแผ่นรมควัน 32 % น้ำยางข้น 19 % และยางอื่นๆ อีก 8 % ส่วนที่เหลือจะใช้ในประเทศร้อยละ 13 เพื่อผลิตเป็นถุงมือยาง ยางรถยนต์ และยางแปรรูปขั้นต้น นอกจากนี้ ยังมีการแปรรูปไม้ยางพาราเป็นเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งถือว่าเป็นโอกาสอีกช่องทางหนึ่ง สำหรับเกษตรกรชาวสวนยางที่จะมีรายได้มากขึ้น

1.2.5.2 จำนวนโรงงานแปรรูปยางพาราขั้นต้น

จากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2549) ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมยางสามารถจำแนกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้ คือ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น ยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน ยางสกิม (ยางสกิมเครพหรือยางสกิมบล็อก) จำนวนโรงงานแปรรูปยางพาราขั้นต้นปี พ.ศ. 2550 มีจำนวนทั้งสิ้น 784 โรงงาน โดยภาคใต้ มีจำนวนโรงงานแปรรูปยางพารามากที่สุด 667 โรงงาน แบ่งออกเป็น โรงงานขนาดเล็ก 591 โรงงาน โรงงานกลาง 62 โรงงาน และโรงงานขนาดใหญ่ 14 โรงงาน (ขนาดโรงงานจำแนกตามจำนวนเงินทุน และประเภทผลิตภัณฑ์) ดังแสดงตารางที่ 1-3 รองลงมา คือ ภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ

ตารางที่ 1-3 จำนวนโรงงานแปรรูปยางพาราขั้นต้นจำแนกตามขนาด ประเภทผลิตภัณฑ์

ประเภทผลิตภัณฑ์	จำนวนโรงงาน (แห่ง)	ขนาดโรงงาน		
		เล็ก (น้อยกว่า 50 ล้านบาท)	กลาง (50-200 ล้านบาท)	ใหญ่ (มากกว่า 200 ล้านบาท)
ผลิตยางแผ่นรมควัน*	612	599	20	3
ผลิตยางแท่ง STR 10/20	34	15	15	4
ผลิตยางแท่ง STR 5L	11	3	5	3
ผลิตน้ำยางข้น	85	57	24	4
ยางเครพ	37	25	11	1
อื่นๆ	5	5	-	-
รวม	784	694	75	15

หมายเหตุ * รวมสหกรณ์กองทุนการทำสวนยางซึ่งเป็นโรงงานขนาดเล็กผลิตยางแผ่น/แผ่นผึ่งแห้ง/แผ่นรมควัน

ที่มา : ฐานข้อมูลโรงงาน ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2550)

นฤเทพ บุญเรืองขาว (2550) ได้ทำการสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมยางใน จังหวัดภาคใต้ตอนล่างรวมทั้งจังหวัดสงขลา พบว่า 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่างมีจำนวนโรงงานอุสาหกรรมยางทั้งสิ้น 385 โรงงาน และประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมยางที่มีการประกอบการมากที่สุด คือ สหกรณ์กองทุนสวนยางจำนวน 263 โรง (63.3 %) โรงงานผลิตยางแผ่นรมควัน 50 โรง (13.3 %) โรงงานผลิตน้ำยางข้นจำนวน 21 โรง (5.45 %) โรงงานผลิตยางแท่งจำนวน 18 โรง (4.68) และโรงงานผลิตยางสกิมน้อยที่สุดคือจำนวน 7 โรง (1.82) สำหรับโรงงานที่ผลิตยางหลายชนิดร่วมกันมีจำนวนทั้งสิ้น 26 โรง (6.75) โดยมีโรงงานอุตสาหกรรมยางกระจายตัวอยู่ในเขตจังหวัดสงขลารวม 114 โรง ดังตารางที่ 1-4 แสดงประเภทและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมยางใน 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง

ตารางที่ 1-4 แสดงประเภทและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมยางใน 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง

จังหวัด	โรงงานน้ำยางข้น จำนวน (ราย)	โรงงานยางแท่ง จำนวน (ราย)	โรงงานยางสกิม จำนวน (ราย)	โรงงานยางแผ่นรมควัน จำนวน (ราย)	โรงงานที่ผลิตหลายชนิด จำนวน (ราย)	สหกรณ์สวนยาง จำนวน (ราย)	รวม
สงขลา	8	11	3	23	14	55	114
ตรัง	6	1	1	6	5	69	88
ปัตตานี	1	1	–	2	3	16	23
พัทลุง	–	2	1	6	1	50	60
นราธิวาส	–	1	–	3	–	35	39
สตูล	–	1	1	3	–	17	22
ยะลา	6	1	1	7	3	21	39
รวม	21	18	7	50	26	263	385

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2549)

1.2.6 อุตสาหกรรมยางแท่ง (ข้อมูลวิชาการยางพารา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2553)

ประเทศไทยเริ่มผลิตยางแท่งครั้งแรกเมื่อปี 2511 โดยมีชื่อเรียกว่ายางแท่ง ที ที อาร์ (TTR : Thai tested rubber) เพื่อให้สอดคล้องกับภาวะอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง และสอดคล้องกับการเรียกชื่อยางแท่งตามสากล สถาบันวิจัยยางจึงได้แก้ไขและปรับปรุงวิธีปฏิบัติของการบรรจุ หีบห่อ การควบคุมคุณภาพขีดจำกัดของสมบัติยางแท่งบางประการ ได้ตัดชั้นยางบางชั้น เพิ่มชั้นยาง CV (Constant viscosity) และเปลี่ยนชื่อเรียกเป็นยางแท่ง เอส ที อาร์ (STR : Standard thai rubber) โดยกำหนดให้ ประกอบด้วย ชั้นยาง 8 ชั้น ได้แก่ STR XL STR 5L STR 5 STR 5CV STR 10 STR 10 CV STR 20 และ STR 20CV ตามความสกปรกและสิ่งเจือปนที่เพิ่มขึ้น และความอ่อนตัวที่ลดลงตามลำดับ

1.2.6.1 ประเภทของยางแท่ง

ยางแท่ง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามชนิดของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งระดับชั้นของยางแท่งตามมาตรฐานยางแท่งไทยตามปริมาณสิ่งสกปรกและสิ่งเจือปนที่เพิ่มขึ้น และความอ่อนตัวที่ลดลง ฯลฯ มี 2 ประเภทหลักๆ คือ ยางแท่งคุณภาพดี ได้แก่ STR XL STR 5L STR 5CV และ STR 10CV ยางแท่งประเภทนี้ใช้น้ำยางสดเป็นวัตถุดิบและยางแท่งคุณภาพด้อยกว่า

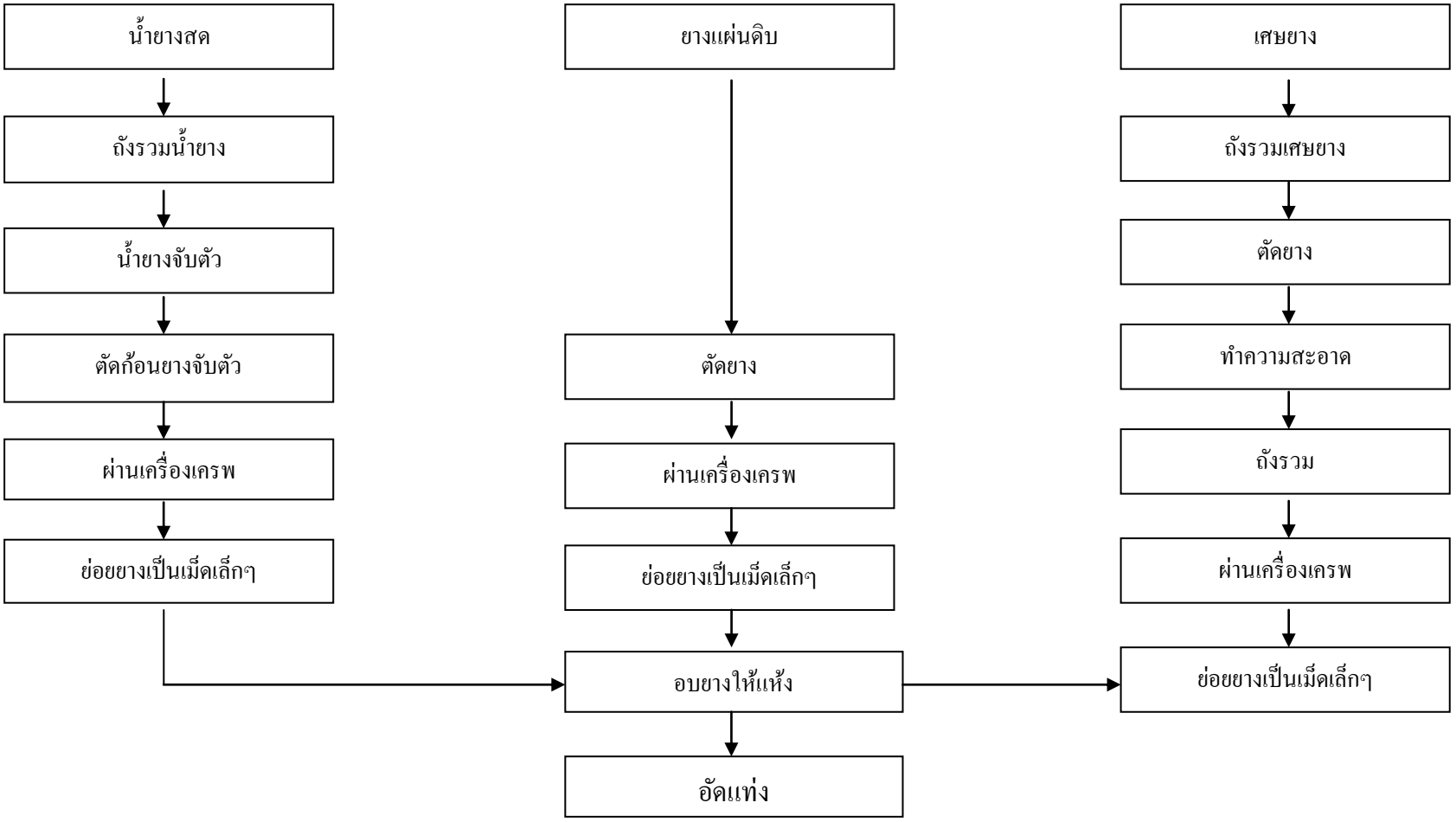
ได้แก่ STR 10 STR 20 จะใช้วัตถุดิบทั่วๆ ไป เช่น ยางคัตติ้ง ยางเครพ เศษยางชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ยางแท่งจะจำหน่ายพร้อมกับใบรับรองคุณภาพซึ่งจัดตามคุณสมบัติยางที่ทดสอบได้ การทดสอบคุณสมบัติยางแท่งเป็นการทดสอบ เชิงวิทยาศาสตร์ ทราบถึงปริมาณสิ่งปลอมปนที่แน่นอน ปริมาณความชื้น ดัชนีความอ่อนตัว ค่าความหนืดของยาง และอื่น ๆ ผู้ใช้สามารถตรวจสอบเปรียบเทียบได้ด้วยตัวเอง ทำให้ผู้ผลิตต้องรักษามาตรฐานการผลิตและแสดงผลการทดสอบ อย่างถูกต้อง (คู่มือการกำกับดูแลโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551)

1.2.6.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยางแท่ง

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตยางแท่งใช้ได้ทั้งน้ำยางสดที่ต้องทำให้จับตัวก่อน และยางแห้งที่จับตัวแล้ว เช่น ยางแผ่นดิบ ยางก้อนถ้วย เศษยางจับตัว และยางแห้งอื่นๆ โดยในการผลิตยางแท่งคุณภาพดีวัตถุดิบที่ใช้ คือ น้ำยางสด ส่วนการผลิตยางแท่งคุณภาพด้อย จะใช้วัตถุดิบจากยางเครพเปียก (Wet crepe) และยางที่ผ่านกระบวนการจับตัวแล้วรวมถึงยางแผ่นดิบ ยางก้อน และเศษยางก้นถ้วย ดังนั้น วัตถุดิบที่ใช้ผลิตยางแท่ง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ น้ำยางสด และยางแห้งที่จับตัวแล้ว

1.2.6.3 กระบวนการผลิตยางแท่ง

การผลิตยางแท่งจะผลิตจากยางเปียก (น้ำยางสด) และยางแห้ง (ยางก้อนถ้วย/เศษยาง และยางแผ่นดิบ) เป็นหลัก หลักสำคัญในการผลิตยางแท่ง คือ กระบวนการทำให้ยางเป็นชิ้นเล็กๆ โดยมีการใช้เครื่องตัดรีด และย่อยยางก้อนเป็นเม็ดหรือชิ้นเล็กๆ ล้างทำความสะอาด แล้วนำมาอบให้แห้งแล้วอัดให้เป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 33.33-35 กิโลกรัม กระบวนการผลิตยางแท่ง จะมีการใช้น้ำสูงในขั้นตอนการรับน้ำยางสด การจับตัวของก้อนยาง การรีดและกาตัดย่อยยาง โดยปริมาณการใช้น้ำในการผลิตยางแท่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.62 ลูกบาศก์เมตรต่อตันปริมาณผลิตภัณฑ์ (นฤเทพ บุญเรืองขาว, 2550) ซึ่งการผลิตยางแท่งนั้นมี 2 วิธี คือ การผลิตยางแท่งจากยางเปียก และการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง ดังภาพประกอบที่ 1-5



ภาพประกอบที่ 1-5 ภาพรวมกระบวนการผลิตยางแท่ง

ที่มา : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2544)

1) กระบวนการผลิตยางแท่งจากยางเปียก (น้ำยางสด)

เป็นการผลิตยางแท่งมาตรฐาน STR 5L โดยการนำน้ำยางสดมาผ่านกระบวนการเติมกรดให้เป็นก้อน ตัดก้อน รีดให้เป็นแผ่นพรุน ตัดย่อยเป็นชิ้นเล็ก อบ และอัดเป็นยางแท่ง กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสดโดยวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ น้ำยางสด สำหรับสารเคมีหลักที่ใช้ ได้แก่ กรดฟอร์มิค (Formic acid) โซเดียมซัลไฟด์ (Sodium sulfite) และโซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์ (Sodium metabisulfide) แผนผังกระบวนการผลิตดังภาพประกอบที่ 1-6 แสดงรายละเอียดดังนี้

1.1) เริ่มต้นจากการนำน้ำยางสดมาผ่านการกรองน้ำยางให้สะอาด เพื่อแยกสิ่งสกปรกออก เติมสารเคมีเพื่อรักษาสภาพน้ำยางด้วยสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ บางโรงงานอาจใช้สารละลายแอมโมเนีย หรือสารละลายแอมโมเนียร่วมกับกรดบอริค และเติมสารละลายโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ เพื่อช่วยป้องกันยางมีสีคล้ำ หลังจากนั้นพนักงานจะเก็บตัวอย่างน้ำยางมาทดสอบการปนเปื้อนของสาร TMTD/TZ ในน้ำยางสดพร้อมทั้งตรวจสอบค่าแอมโมเนียไม่ให้เกิน 0.06 % และเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง (Dry rubber content : DRC) มากกว่า 24 % ก่อนเทน้ำยางสดลงบ่อรองรับ และทำการปรับสภาพน้ำยางให้มีเปอร์เซ็นต์แอมโมเนียน้อยกว่า 0.04 % และเจือจางน้ำยางสดให้มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางที่ต้องการ คือ DRC เท่ากับ 30% โดยการเติมน้ำ

1.2) ทำให้น้ำยางจับตัวโดยการเติมสารละลายกรดฟอร์มิกในขั้นตอนการผสมกรด น้ำยางสดที่ผ่านการปรับสภาพหรือปรับเปอร์เซ็นต์น้ำยางแล้ว จะถูกเทลงในรางผสมกรดฟอร์มิก ความเข้มข้น 2 % แล้วพักทิ้งไว้ประมาณ 12-16 ชั่วโมง

1.3) การตัดย่อยยาง หลังจากที่ยางจับตัวเป็นก้อนแล้ว ก็จะนำเข้าสู่กระบวนการตัดย่อยยางอย่างหยาบ (Crusher) ให้ก้อนยางมีลักษณะเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ แล้วถูกส่งไปยังสายพานลำเลียงเข้าสู่รางแช่น้ำ เพื่อทำความสะอาดกรดแล้วส่งผ่านไปยังเครื่องรีดยาง

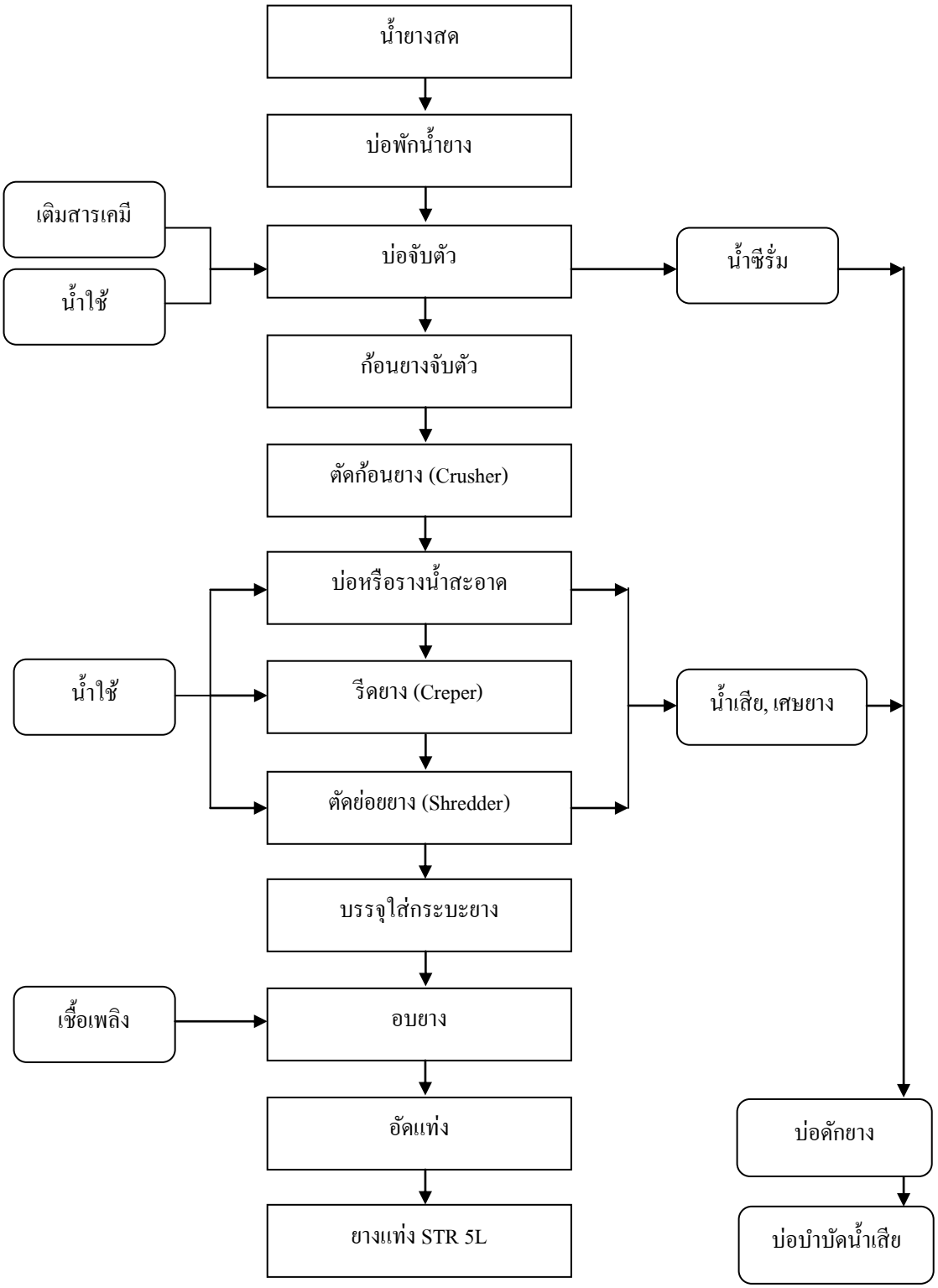
1.4) การรีดยาง เป็นการรีดเอาน้ำออกด้วยเครื่องจักรรีด (Creper) จนได้ยางแผ่นที่บางกว่าเดิม หรือเรียกว่า แผ่นเครพ ในขณะที่ยางผ่านเครื่องรีดจะต้องมีการฉีดน้ำหล่อเลี้ยงเพื่อชะล้างสิ่งสกปรกและป้องกันยางจับตัวเป็นก้อน หลังจากนั้นจะผ่านเข้าเครื่องสับฝอยเป็นชิ้นเล็กๆ อีกครั้ง

1.5) การตัดย่อยยางหรือสับฝอย นำแผ่นเครพที่ได้ลำเลียงเข้าสู่เครื่องตัดย่อยยาง ซึ่ง อาจเป็นชนิด เครพเปอร์ แฮมเมอร์มิล (Creper hammermill) หรือ เชร็คเดอร์ (Shredder) เพื่อตัดย่อยออกเป็นชิ้นเล็กๆ ในขณะที่ยางกำลังผ่านเครื่องตัดย่อย จะต้องทำการฉีดน้ำล้างเพื่อชำระสิ่งสกปรกที่อาจติดมากับยาง จากนั้นจึงนำยางบรรจุลงในกระบะเพื่อเข้าเตาอบ

1.6) การอบแห้ง ยางที่ผ่านการตัดย่อยแล้ว จะถูกปั๊มดูดขึ้นมายังเครื่องร่อนเพื่อถ่ายเทลงกระบะรองรับ เพื่อเข้าเตาอบแห้ง ด้วยอุณหภูมิที่ 115-130 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ3-3.5 ชั่วโมง จากนั้นจึงใช้ลมเย็นเป่ายางที่แห้งแล้วให้เย็นลง อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส กำหนดให้มีการควบคุมพารามิเตอร์ในการอบยาง เช่น อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น

1.7) การอัดแท่ง นำยางที่อบแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนักตามที่ต้องการ ซึ่งเท่ากับ 33.33 กก./ก้อน ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 330 x 670 x 170 มิลลิเมตร หรือ 35 กก. /ก้อน ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 330 x 670 x 190 มิลลิเมตร แล้วนำมาอัดแท่งให้มีขนาดตามมาตรฐาน (โดยกำหนดทุกๆ 10 แท่ง จะมีการตัดตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง เพื่อนำไปทดสอบที่ห้องตรวจสอบคุณภาพยาง) จากนั้นลำเลียงโดยสายพานเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุหีบห่อ

1.8) การบรรจุหีบห่อ บรรจุหีบห่อด้วยถุงพลาสติก โพลีเอททีลีน (Polyethylene) ชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density) นำไปเก็บไว้ในพาเลทเหล็กที่จัดเตรียมไว้เพื่อรอการส่งออกให้ลูกค้าต่อไป



ภาพประกอบที่ 1-6 กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L) การใช้ทรัพยากรต่างๆ และของเสียที่เกิดขึ้น

1.1) มลพิษ ของเสียต่างๆ จากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และการจัดการสิ่งแวดล้อม

การผลิตยางแท่ง STR 5L ก่อให้เกิดมลพิษและของเสียต่างๆ ดังนี้

1.1.1) มลพิษน้ำ

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีลักษณะคล้ายกับน้ำเสียจากการผลิตน้ำยางข้น เนื่องจากใช้วัตถุดิบตั้งต้นเป็นน้ำยางสด แหล่งกำเนิด กิจกรรมที่เกิดน้ำเสียและลักษณะทางเคมีของน้ำเสีย ดังตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1-5 แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L

แหล่งกำเนิด	มลพิษน้ำ	ลักษณะทางเคมี
1.การรับน้ำยางสด	- จากการล้างทำความสะอาดรถบรรทุก บ่อรับน้ำยาง และขณะถ่าย น้ำยางลงบ่อรับน้ำยางสด	
2.บ่อจับตัว	- น้ำซีรัม	ซีโอดี บีโอดี และ
3.จากเครื่องจักรในการผลิต	- รางทำความสะอาดมาซิเรเตอร์ เครพเปอร์ แฮมเมอร์มิล	ของ
	หรือเพเลไตเซอร์ หรือเชร็ดเดอร์	แข็งแขวนลอย
4.การล้างยางในการผลิต	- จากการล้างในการทำความสะอาดยาง	

ที่มา : คู่มือการกำกับดูแลโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

การจัดการมลพิษทางน้ำ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ส่วนใหญ่เป็นน้ำซีรั่มมีปริมาณรวมทั้งสิ้น 9.61 ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง (ที่มีกำลังการผลิต ยางแท่ง STR 5L 13 ตันต่อวัน) (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2551) ลักษณะน้ำเสียจะแปรปรวนขึ้นกับฤดูกาลและคุณภาพของน้ำยาง น้ำเสียรวมมีค่า pH ต่ำ (เป็นกรด) มีความเข้มข้นของ BOD_5 COD และสารแขวนลอยสูง นอกจากนี้ยังมีอนุภาคของเนื้อยางปนออกมากับน้ำเสียด้วย จากการศึกษาของวันชัย แก้วยอด (2540) ระบุว่าโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L มีอัตราน้ำเสียเกิดขึ้น 5.8-37.0 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์

1.1.2) มลพิษอากาศ

มลพิษอากาศที่เกิดจากการผลิตยางแท่ง STR 5L คือ กลิ่นเหม็นแอมโมเนียจากบ่อรับน้ำยางสดกลิ่นเหม็นจากกรดฟอร์มิกหรืออะซิติคจากกระบวนการทำให้น้ำยางจับตัวในบ่อรับน้ำยางและกลิ่นเหม็นจากบ่อบำบัดน้ำเสีย

การจัดการมลพิษอากาศ มลพิษอากาศที่เกิดจากการผลิตยางแท่ง STR 5L มีน้อย การจัดการมลพิษอากาศจึงควรจัดให้มีการระบายอากาศที่ดีเพื่อลดมลพิษจากกลิ่นแอมโมเนีย กลิ่นเหม็นจากบ่อบำบัดน้ำเสียให้เลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น ได้แก่ ระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์

1.1.3) สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

กากของเสียจากการผลิตยางแท่ง STR 5L ได้แก่ กากขี้แป้งและเศษยางที่จุดบ่อบำบัดน้ำเสีย กากขี้แป้ง สามารถกำจัดได้โดยการนำไปถมที่ในโรงงานอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ นอกจากนี้ยังมีเศษยางเล็กๆ ออกมาปะปนกับน้ำเสียจากขั้นตอนการรีดและตัดยาง เศษยางเหล่านี้สามารถแยกออกจากน้ำเสียโดยใช้ตะแกรงและสามารถนำกลับเข้ากระบวนการผลิตใหม่ได้ หรือนำไปจำหน่ายเพื่อเป็นยางเกรดต่ำได้

2) กระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง

เป็นการผลิตยางแท่งมาตรฐาน STR 20 จากยางแห้ง ได้แก่ เศษยาง ขี้ยาง ยางก้นถ้วย นอกจากนี้ในการผลิตมักนำยางแผ่นดิบมาใช้ผสมด้วย เพื่อให้ได้ยางแท่งมีมีคุณภาพมาตรฐานตามข้อกำหนดของ STR (Standard thai rubber specification) ซึ่งคุณภาพและชั้นยางจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของยางแห้ง และสัดส่วนระหว่างยางแห้งและยางแผ่นดิบที่ป้อนเข้ากระบวนการผลิต สำหรับสารเคมีหลักที่ใช้ ได้แก่ โซดาไฟ (Sodium hydroxide) กระบวนการหลักในการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง แบ่ง ออกเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ ขั้นแรกเพื่อทำความสะอาดขี้ยางขั้นแรก (Pre-cleaning line) ขั้นตอนการผสมเศษยางกับยางคุณภาพดีกว่าและตัดย่อย (STR line) และขั้นตอนการอบยาง ดังภาพประกอบที่ 1-7 แผนผังกระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง แสดงรายละเอียดดังนี้

2.1) การทำความสะอาดขี้ยางขั้นแรก

ยางแห้งหรือเศษยางต่างๆ จะถูกคัดแยกสิ่งแปลกปลอมที่ลานเก็บเศษยาง แล้วนำไปเก็บในโรงเก็บ เพื่อรอเข้ากระบวนการผลิต โดยยางจะถูกพรมน้ำให้นุ่มเพื่อสะดวกในการตัดย่อย แล้วล้างทำความสะอาด ในขั้นตอนการทำความสะอาดขั้นแรก ยางแห้งจะถูกนำไปใส่ลงในฮอปเปอร์แล้วส่งผ่านไปยังสายพานลำเลียงเพื่อทำการคัดแยกยางแห้งจากสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เป็นครั้งที่สอง ก่อนที่จะนำไปตัดหยาบที่เครื่องตัดยาง (Pre breaker) ยางแห้งที่ถูกตัดหยาบแล้วจะนำไปแช่ล้างครั้งแรกที่บ่อกวนล้าง (Circulating tank) แล้วนำมารีดเพื่อทำความสะอาดและส่งไปตัดหยาบครั้งที่สอง ยางที่ถูกตัดหยาบแล้วจะถูกนำมาแยกน้ำและตัวเนื้อยางที่

ตะแกรงแยกยาง (Vibrating screen) และผ่านลงไปในบ่อกวนล้างอีกครั้งหนึ่ง ยางแห้งที่ผ่านการกวนล้างครั้งที่สองจะนำไปรีดผ่านเครื่องเครพ (Creper) เรียกว่า แผ่นเครพ ก่อนที่จะนำไปเก็บรวมกัน เพื่อรอเข้าสู่กระบวนการผสมกับยางแผ่นดิบซึ่งเป็นยางแห้งคุณภาพดีกว่าและตัดย่อยต่อไป

2.2) ขั้นตอนการผสมเศษยางกับยางคุณภาพดีกว่าและตัดย่อย

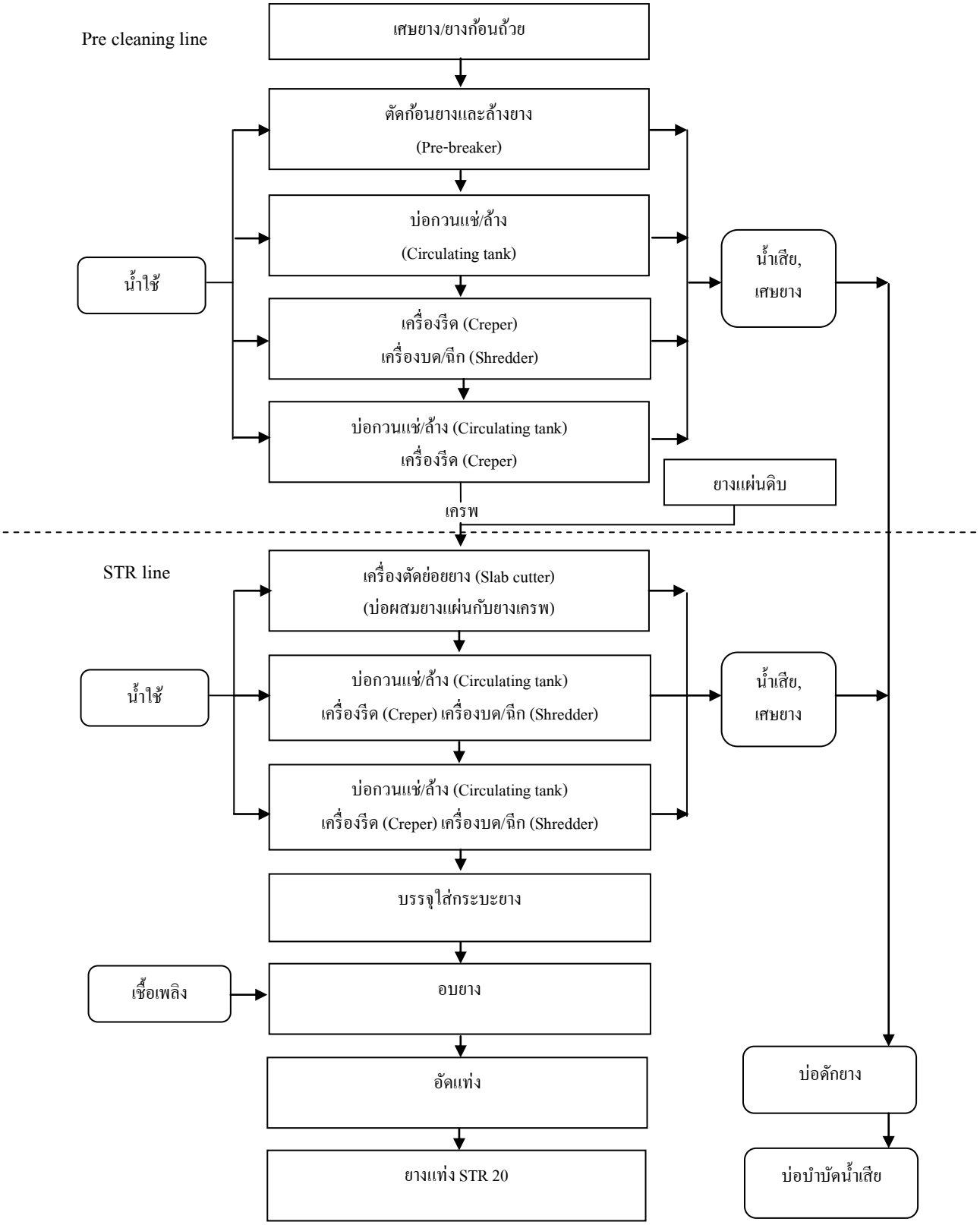
แผ่นเครพที่ผ่านการทำความสะอาดขั้นแรกแล้วจะถูกนำมาผสมกับยางแผ่นดิบในสัดส่วนต่างๆ เพื่อให้ได้คุณภาพมาตรฐานยางแท่งชั้นที่ต้องการ (โดยยางแท่ง STR 20 สัดส่วนผสมระหว่าง เศษยาง: ยางแผ่นดิบ (75: 25) ในบ่อผสม ยางที่ผสมกันแล้วจะผ่านการรีดด้วยเครื่องเครพ และอาจตัดหยาบอีกครั้งและลงบ่อกวนเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นผ่านเข้าสู่เครื่องเครพและเครื่องตัดย่อย (Size reduction machine เช่น shredder, pelletiser ฯลฯ) ยางที่ได้จะมีลักษณะเป็นชิ้นยางเล็กๆ (Crumb rubber) นำมาแยกน้ำอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะบรรจุลงในกระบะและเข้าเครื่องอบต่อไป

2.3) การอบยาง

ชิ้นยางเล็กๆ ถูกอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110-130 °C ในเตาอบนาน 3-4 ชั่วโมง โดยการเป่าลมร้อนเพื่อไล่ความชื้น เตาอบแยกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ เตาอบแบบใช้น้ำมันดีเซล และเตาอบแบบใช้ก๊าซ LPG (ในปัจจุบันโงงานส่วนใหญ่นิยมใช้เตาอบแบบใช้ก๊าซ LPG)

2.4) การอัดแท่งและบรรจุหีบห่อ

นำยางที่อบแล้วมาชั่งน้ำหนักตามที่ต้องการซึ่งเท่ากับ 33.33 กก. หรือ 35 กก. /ก้อน แล้วเข้าสู่เครื่องอัดแท่งโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิค ที่มีขนาดแรงอัดประมาณ 30-70 ตัน และอัดเป็นเวลา 5-10 วินาที ยางแท่งจะมีขนาดประมาณ 675 x 330 x 190 มิลลิเมตร (จะมีการตัดตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง เพื่อนำไปทดสอบที่ห้องตรวจสอบคุณภาพยาง) แล้วลำเลียงโดยสายพานเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุด้วยพลาสติกโพลีเอททีลีน (Polyethylene) จากนั้นนำไปเก็บไว้ในพาเลทเพื่อรอการส่งออกให้ลูกค้าต่อไป



ภาพประกอบที่ 1-7 กระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20) การใช้ทรัพยากรต่างๆ และของเสียที่เกิดขึ้น

2.1) มลพิษ ของเสียต่างๆ จากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 และการจัดการสิ่งแวดล้อม

การผลิตยางแท่ง STR 20 ก่อให้เกิดมลพิษและของเสียต่างๆ ดังนี้

2.1.1) มลพิษน้ำ

จากการศึกษาของวันชัย แก้วยอด (2540) ระบุว่าโรงงานผลิตยางแท่ง STR 20 มีอัตราน้ำเสียเกิดขึ้น 71.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยาง STR 20 ดังตารางที่ 1-6 ซึ่งน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีเศษใบไม้ กรวด ที่ติดมากับเศษยางก้นถ้วย ซึ่งมีค่าความสกปรกค่อนข้างสูง ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียมักประกอบด้วยตะแกรงดักเศษยาง บ่อตกตะกอน เพื่อกำจัดเศษยางและสารแขวนลอยออกจากน้ำเสียก่อนที่จะเข้าบ่อปรับเสถียร (Stabilization pond) หรือบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) โดยหลักการของระบบบำบัดน้ำเสียมีลักษณะคล้ายกับหลักการระบบบำบัดน้ำเสียของน้ำยางข้น

ตารางที่ 1-6 แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยาง STR 20

แหล่งกำเนิด	มลพิษน้ำ	ลักษณะทางกายภาพ/เคมี
1.การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	- น้ำชะจากน้ำฝน	น้ำชะกองวัตถุดิบ
2.การทำความสะอาดขั้นแรก	- น้ำทิ้งจากการล้างวัตถุดิบ (เศษยาง)	ซีโอดี บีโอดี
3.บ่อแช่/ล้าง	- น้ำทิ้งจากการล้างวัตถุดิบ	และสาร
4.เครื่องบด/ฉีก และเครื่องรีด	- น้ำทิ้งจากการล้าง	แขวนลอย
5.บ่อผสมยางเครพกับยางแผ่น	- น้ำทิ้งจากการล้าง	

ที่มา : คู่มือการกำกับดูแลโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

2.1.2) มลพิษอากาศ

แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ (กลิ่น) ได้แก่ บริเวณเทกองเศษยางก้นถ้วย ขี้ยาง เศษยาง กลิ่นที่เกิดจากการอบยางแท่ง การจัดการมลพิษอากาศ กลิ่นที่เกิดจากการอบยางบำบัดด้วยเครื่องด้วยระบบท่อดูดและบำบัดโดยระบบดูดซับ (Activated carbon) หรือระบบบำบัดอากาศแบบเปียก (Wet scrubber) ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ ซึ่งอาจใช้การหมุนเวียนน้ำเสียกลับมาใช้สเปรย์ได้ และต้องบำบัดน้ำเสียจาก Wet scrubber ก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ส่วนกลิ่นที่เกิดจากกองเศษยางก้นถ้วยนั้น อาจแก้ปัญหาโดยการจัดทำที่เก็บแบบมิดชิด หรือมีการปิดคลุมกองวัตถุดิบและมีการบริหารที่ดี เช่น จัดเตรียมวัตถุดิบให้พอดีกับกำลังการผลิต เป็นต้น

2.1.3) สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว จากการผลิตยางแท่ง STR 20 ได้แก่ เศษดินและเศษเปลือกไม้ ที่เกิดจากกระบวนการล้างทำความสะอาดในขั้นแรก การตัด และการแยกเนื้อยาง การจัดการกากของเสียจากกระบวนการผลิตยาง STR 20 ได้แก่ เศษดิน เศษใบไม้ และกิ่งไม้การจัดการโดยนำไปฝังกลบ ทำปุ๋ยหมัก หรือถมที่ดิน

1.2.7 ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมของอุตสาหกรรมยางแท่ง

ระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L และยางแท่ง STR 20 จะใช้ระบบบำบัดที่มีลักษณะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต ลักษณะของของเสียและน้ำเสียที่เกิดขึ้น

1.2.7.1 ลักษณะระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานยางแท่ง STR 5L

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ส่วนใหญ่เป็นน้ำซีรั่ม น้ำเสียรวมมีค่า pH ต่ำ (เป็นกรด) มีความเข้มข้นของ BOD_5 COD และสารแขวนลอยสูง ดังแสดงตารางที่ 1-7 นอกจากนี้ ยังมีอนุภาคของเนื้อยางปนออกมากับน้ำเสียด้วย จึงไม่ควรใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อหมักไร้อากาศ เนื่องจากจะมีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียต้องเป็นระบบที่ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น เช่น ระบบ UASB แอกทิเวทเต็ดสลัดจ์ ดังภาพประกอบที่ 1-8 นอกจากนี้ น้ำจากบ่อสุดท้ายสามารถนำมาใช้เป็นน้ำล้าง เพื่อลดการใช้น้ำสะอาด

ตารางที่ 1-7 พารามิเตอร์จากน้ำเสียโรงงานยางแท่ง STR 5L

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
1.ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./ตันยางแท่ง)	10
2.pH	4.5-5.5
3.บีโอดี (มก./ลิตร)	3,000-4,000
4.ซีโอดี (มก./ลิตร)	6,000-7,000
5.ของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร)	100-300

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

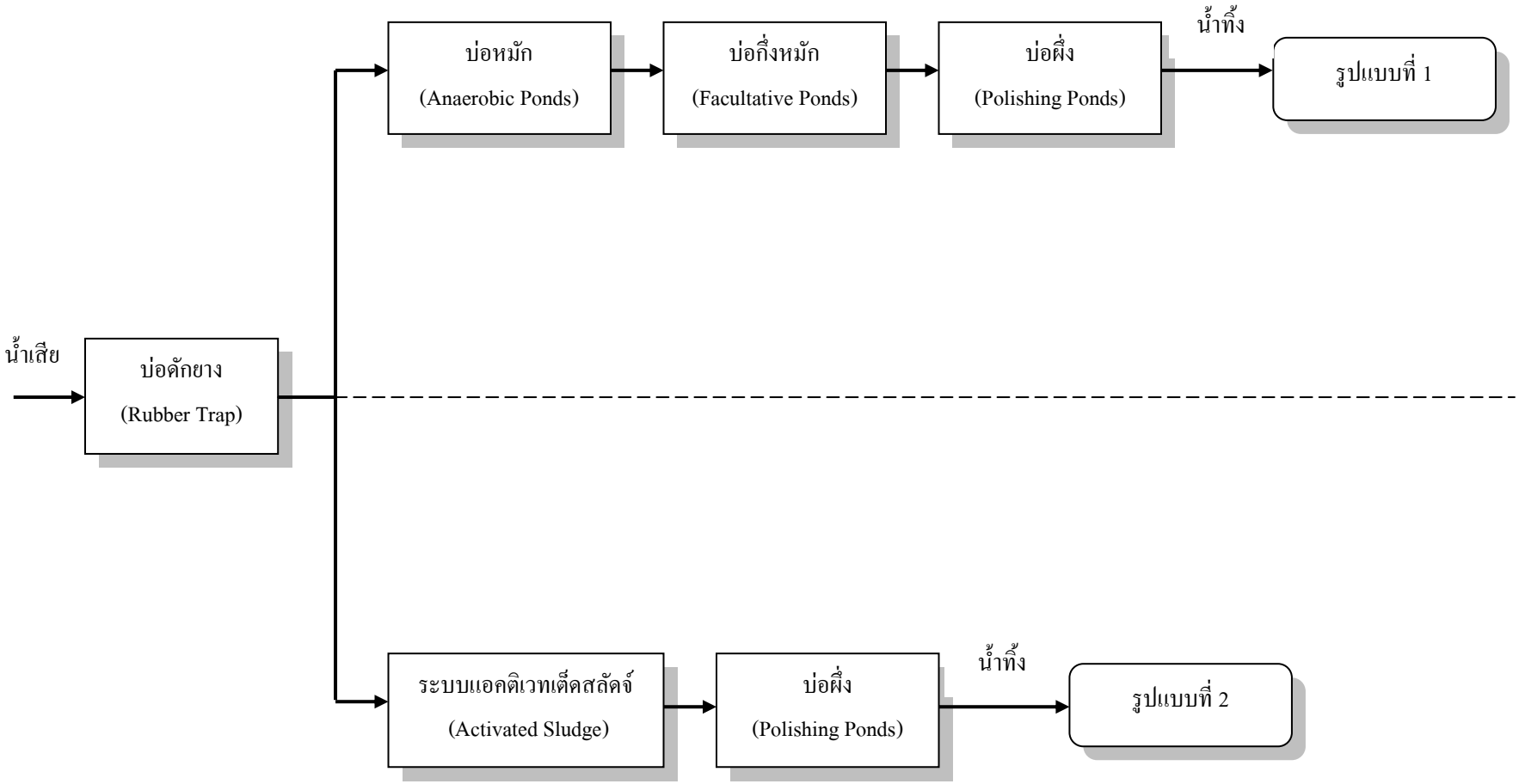
1.2.7.2 ลักษณะระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานยางแท่ง STR 20

โรงงานผลิตยางแท่ง STR 20 เป็นโรงงานที่ต้องใช้น้ำในการผลิตมาก รวมทั้งน้ำในการสเปรย์ในระบบกำจัดกลิ่น ฉะนั้นน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีเศษใบไม้ กรวด ที่ติดมากับเศษยางก้นถ้วย ซึ่งมีค่าความสกปรกค่อนข้างสูง ดังแสดงตารางที่ 1-8 ดังนั้น ระบบบำบัดน้ำเสียมักประกอบด้วยตะแกรงดักเศษยาง บ่อตกตะกอน เพื่อกำจัดเศษยางและสารแขวนลอยออกจากน้ำเสียก่อนที่จะเข้าบ่อปรับเสถียร (Stabilization pond) หรือ บ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) ดังภาพประกอบที่ 1-9 และน้ำทิ้งหลังจากการผ่านการบำบัดแล้ว สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตได้

ตารางที่ 1-8 พารามิเตอร์จากน้ำเสียโรงงานยางแท่ง STR 20

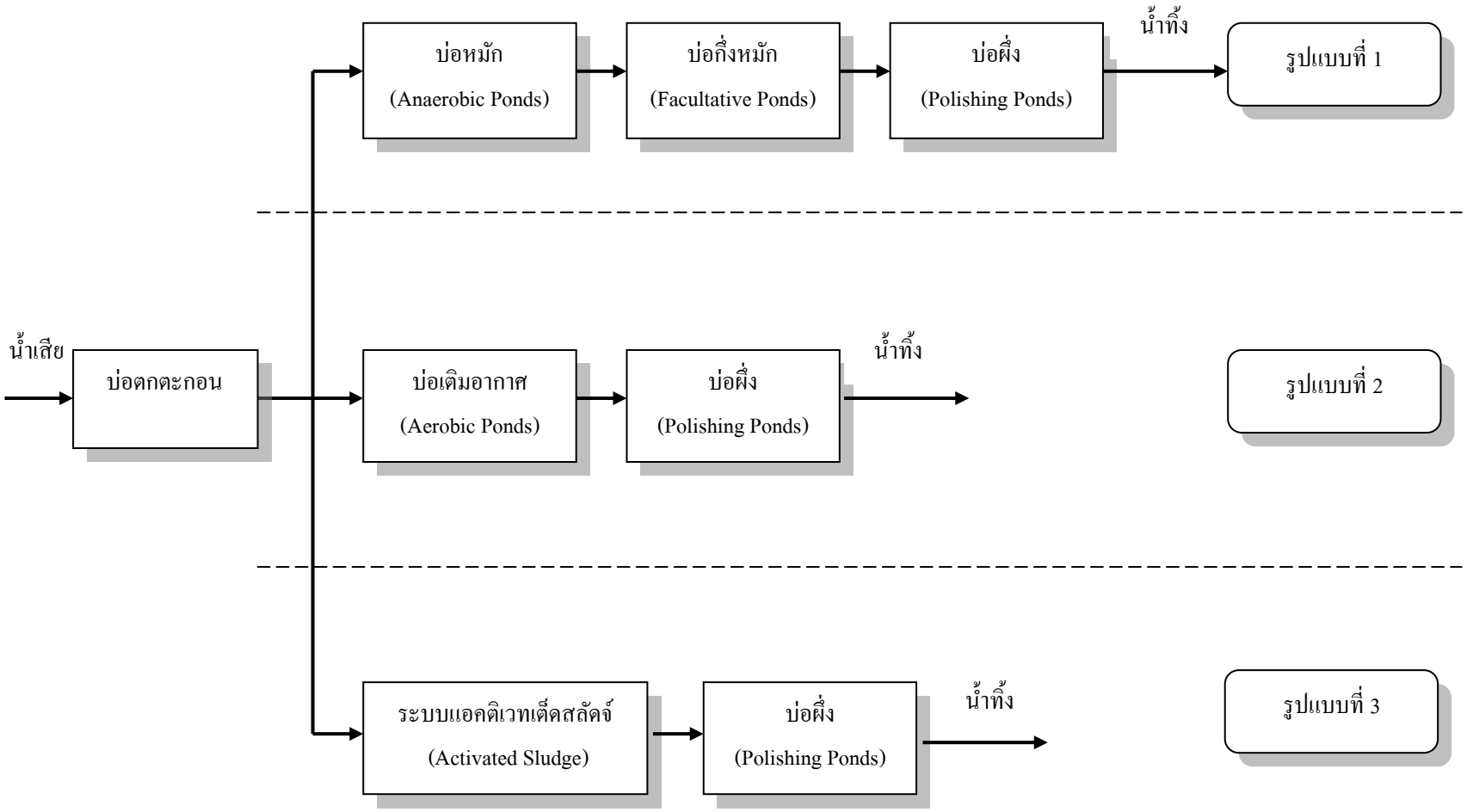
พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
1.ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ)	15
2.pH	7-8
3.บีโอดี (มก./ลิตร)	300-400
4.ซีโอดี (มก./ลิตร)	800-900
5.ของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร)	400-600

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)



ภาพประกอบที่ 1-8 ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L

ที่มา : คู่มือการกำกับดูแลโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)



ภาพประกอบที่ 1-9 ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตยางแท่ง STR 20

ที่มา : คู่มือการกำกับดูแลโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

ยางแท่งที่ทำจากยางแห้งจะมีสิ่งเจือปนมากกว่าการผลิตจากน้ำยางสด และมีความอ่อนตัวน้อยกว่าตามข้อกำหนดมาตรฐานยางแท่งไทย หมายถึง ยางแท่งที่ผลิตโดยระบุคุณภาพมาตรฐาน (Technically specified rubber) ซึ่งเป็นการผลิตแบบหนึ่งที่ยอมรับในวงการผู้บริโภคยางโดยทั่วไป มีชื่อเรียกว่า ยางแท่งเอสทีอาร์ (STR : Standard thai rubber) รายละเอียดการกำหนดชั้นและขีดจำกัดสมบัติต่างๆ ของยางแท่งเอสทีอาร์ (STR) ดังแสดงภาคผนวก ก-1 ซึ่งยางแท่งแต่ละประเภทจะมีลักษณะที่แตกต่างกันและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ อาทิเช่น ล้อเครื่องบิน ล้อยางเรเดียมทุกชนิด พื้นรองเท้า ยางรัดของ ลูกกอล์ฟ ฯลฯ แสดงดังตารางที่ 1-9

ตารางที่ 1-9 ลักษณะและตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากยางแท่ง

ประเภทผลิตภัณฑ์ยางแท่ง	ลักษณะ	การใช้ประโยชน์
1.STR XL STR 5L	เป็นยางที่สะอาด มีสีจาง ค่อนข้างแข็งมาก โดยเฉพาะยาง STR XL และ STR 5L ค่าความหนืด (Mooney viscosity) สูงและไม่ค่อยเหมาะสมในงานผลิตภัณฑ์ที่ต้องการแต่งเติมสี	- ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เภสัชกรรม การสัมผัสอาหาร - ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการแต่งเติมสีสัน เส้นด้ายยางยืด (Cut threads) กาวยาง เทปติดพื้นรองเท้า - และส่วนประกอบอื่นๆ เป็นต้น
2.STR 20	เป็นยางสีคล้ำ มักใช้กับงานที่ผสมกับสารตัวเติม เช่น พวกเขม่าดำ เพื่อเสริมความแข็งแรง	- ยางรถยนต์ ยางหล่อดอก ยางอะไหล่ ยางที่ใช้ในงานวิศวกรรม และใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป เป็นต้น
3.STR5 CV STR 10 4.CV STR 20CV	เป็นยางที่มีความหนืดคงที่ (Constant viscositty, CV) ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงบ้างตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานยาง CV ดังนั้นจึงดีกว่ายางทั่วไปที่มีความหนืดเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บรักษายาง	- ใช้งานเช่นเดียวกับยางแท่งและยางแผ่นรมควัน แต่ได้เปรียบกว่าเพราะมีความสะดวกในการควบคุมการรีดผสมกับสารเคมี ประหยัดพลังงานและเวลาในการบดผสม

ที่มา : หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา: อุตสาหกรรมน้ำยางข้น อุตสาหกรรมยางแท่งมาตรฐานเอสทีอาร์ 20 กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2544)

1.2.8 วอเตอร์ฟุตพรินต์ (Water footprint: WF)

1.2.8.1 ทฤษฎี และหลักการวอเตอร์ฟุตพรินต์

วอเตอร์ฟุตพรินต์ หรือ รอยเท้าน้ำ เป็นแนวคิดเกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำในการผลิตสินค้า และบริการอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนกระทั่งสินค้าถึงมือผู้บริโภค (Supply chain) เป็นเครื่องชี้วัดการใช้น้ำของผู้บริโภคหรือผู้ผลิตไม่ว่าจะเป็นทางตรง หรือทางอ้อม ดังนั้นวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสินค้าหรือบริการ จึงเป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการนั้นๆ ปริมาณน้ำที่ใช้สามารถวัดได้จากปริมาณน้ำที่ใช้ไปหรือปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมา ทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์ เป็นเครื่องชี้วัดที่ชัดเจน เพราะไม่ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาเท่านั้น หากแต่ยังแสดงให้เห็นถึงสถานที่และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำอีกด้วย (อังคณา สุวรรณกูฏ จากกรมวิชาการเกษตร, 2553)

วอเตอร์ฟุตพรินต์ยังต้องพิจารณาถึงแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้องจึงจะสามารถเปรียบเทียบได้ว่าการผลิตสินค้าในแต่ละแห่งมีผลกระทบต่อการใช้น้ำแตกต่างกันอย่างไร และแต่ละส่วนมีที่มาแตกต่างกันออกไป ซึ่งแบ่งออกเป็น

กรีนวอเตอร์ (Green water) คือ ปริมาณน้ำที่อยู่ในดินหรืออยู่ในรูปของความชื้นในดินที่ถูกนำไปใช้ในการผลิตสินค้าและบริการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตพืชผลทางการเกษตร การทำไม้ และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์

บลูวอเตอร์ (Blue water) คือ ปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในการเพาะปลูกทางการเกษตร หรือการผลิตสินค้าและบริการ ที่มาจากแหล่งน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำที่มาจากการชลประทาน

เกรย์วอเตอร์ (Grey water) คือ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำดีที่ใช้ในการเจือจางน้ำเสียจากกระบวนการผลิตให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

ดังนั้น วอเตอร์ฟุตพรินต์จึงมีทั้งปริมาณน้ำที่ใช้โดยตรงและโดยอ้อม ปริมาณน้ำที่ใช้ดังกล่าวต่างก็ประกอบด้วยน้ำทั้ง 3 ประเภท ทั้งนี้ บลูวอเตอร์และกรีนวอเตอร์เป็นปริมาณน้ำที่ใช้ หรือเรียกว่า Water consumption ส่วนเกรย์วอเตอร์เป็นปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น หรือเรียกว่า Water pollution

1.2.8.2 หน่วยวัดของวอเตอร์ฟุตพรินต์

หน่วยวัดของวอเตอร์ฟุตพรินต์มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อตัน โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ในพืช คำนวณจาก ปริมาณน้ำที่พืชใช้ (ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์)/ปริมาณผลผลิตของพืชนั้น

(ตันต่อเฮกตาร์) ส่วนวอเตอร์ฟุตพรินต์ในสัตว์คิดจากปริมาณน้ำทั้งหมดในการผลิต และให้อาหารสัตว์ น้ำดื่มของสัตว์ และน้ำที่ใช้ในการกิจกรรมเลี้ยงสัตว์อื่นๆ เช่น น้ำที่ใช้เพื่อทำความสะอาดคอกสัตว์ น้ำที่ใช้ในการระบายความร้อน เป็นต้น และสำหรับวอเตอร์ฟุตพรินต์ในผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์เป็นผลรวมของวอเตอร์ฟุตพรินต์การผลิตผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์ ตั้งแต่เริ่มกระบวนการจนกระทั่งสิ้นสุดได้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์นั้น

1.2.8.3 ประโยชน์และความสำคัญของวอเตอร์ฟุตพรินต์

การมีข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ถูกต้องจะช่วยให้ผู้บริโภคและภาคธุรกิจเข้าใจว่าจะต้องทำอย่างไรเพื่อให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างยั่งยืนและเป็นธรรมมากขึ้น ซึ่งสามารถแยกย่อยออกมาเป็น 4 ประเด็นดังนี้

1) สำหรับผู้ผลิต การนำกลยุทธ์ลดวอเตอร์ฟุตพรินต์มาใช้จะช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีและสร้างจุดแข็งให้กับบริษัทหรือผลิตภัณฑ์ เพราะแสดงว่าคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการมีความรับผิดชอบต่อสังคม การลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ในการผลิตสินค้ายังช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาขาดแคลนน้ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อภาคธุรกิจโดยตรง และยังเป็นการเตรียมความพร้อมในกรณีที่ภาครัฐออกกฎข้อบังคับเกี่ยวกับวอเตอร์ฟุตพรินต์ในอนาคต

2) สำหรับผู้บริโภค การระบุข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์บนฉลากสินค้าจะช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคตระหนักถึงความสำคัญของการใช้น้ำในการผลิตสินค้าแต่ละชนิด โดยผู้บริโภคอาจหันไปเลือกซื้อสินค้าที่มีวอเตอร์ฟุตพรินต์น้อยแทนสินค้าที่มีวอเตอร์ฟุตพรินต์มาก หรือ ผู้บริโภคอาจเลือกซื้อสินค้าแบบเดิมแต่เลือกจากแหล่งผลิตหรือวิธีการผลิตที่มีวอเตอร์ฟุตพรินต์ต่ำกว่าแทน การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคไปในสู่ทางเลือกของสินค้าที่มีวอเตอร์ฟุตพรินต์ต่ำ จะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำของโลกและนำไปสู่แนวทางการบริโภคที่ยั่งยืนมากขึ้น

3) ฉลากสิ่งแวดล้อม หากมีการกำหนดฉลากวอเตอร์ฟุตพรินต์บนสินค้าก็จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะกระตุ้นให้ผู้ผลิตพัฒนาการผลิตสินค้าไปในทิศทางที่เป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และเป็นการแสดงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าของผู้บริโภค สำหรับ “ฉลากแสดงร่องรอยของการใช้น้ำ” หรือ “Water Footprint” ถือว่าเป็นเรื่องใหม่ที่อาจจะกลายเป็นความท้าทายสำหรับอุตสาหกรรมอาหารในอนาคต การแสดงวอเตอร์ฟุตพรินต์บนฉลากสินค้า ในแง่หนึ่งอาจทำให้ภาคธุรกิจต้องลงทุนเพิ่มขึ้นเพื่อให้การผลิตสินค้ามีการใช้น้ำน้อยลง และมีน้ำเสียลดลง ซึ่งจะเป็นผลดีต่อทรัพยากรน้ำของโลก ในอีกแง่หนึ่งภาคธุรกิจอาจใช้วอเตอร์ฟุตพรินต์เป็นเครื่องมือในการสร้างจุดเด่นให้กับสินค้าหรือบริษัทว่ามีการคำนึงผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อมและมีความรับผิดชอบต่อสังคม ทำให้สินค้ามีความน่าสนใจมากขึ้นและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า (Value added) สินค้าที่มีวอเตอร์ฟุตพรินต์น้อยย่อมได้รับความสนใจมากกว่าสินค้าที่วอเตอร์ฟุตพรินต์มากเพราะมีการใช้น้ำ (Consumption) และทำให้เกิดน้ำสกปรก (Pollution) น้อยกว่า (สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ/สหภาพยุโรป, 2554)

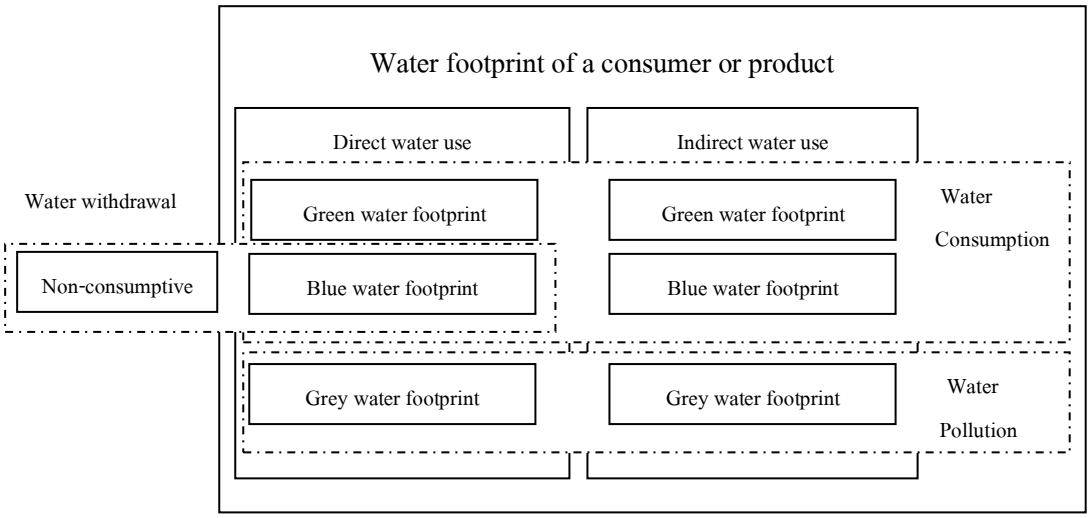
4) ลุ่มน้ำในประเทศ การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์เป็นทางเลือกหนึ่งที่เกิดขึ้นเพื่อให้ทุกคนได้ตระหนักถึงการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างขาดแคลนให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าสูงสุดในพื้นที่นั้นๆ เนื่องจากการคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินต์นอกจากทำให้เห็นภาพปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนมากขึ้นแล้ว ยังแสดงให้เห็นถึงเบื้องหลังของมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากพืชผลทางการเกษตรที่มีความต้องการใช้น้ำปริมาณมากในกระบวนการผลิต อีกทั้งยังเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำที่สำคัญ จึงได้มีการประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตต่อการใช้ทรัพยากรน้ำ ซึ่งจะทำให้เข้าใจปัญหาการขาดแคลนน้ำและมลภาวะทางน้ำได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งนำไปสู่วิธีการแก้ไขปัญหาที่เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตสินค้าตลอดห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) ได้ทั้งระบบ ในที่สุดก็จะนำไปสู่กระบวนการในการจัดการเรื่องการใช้น้ำในระดับภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกๆขั้นตอน จากฐานข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ นอกเหนือไปจากที่เคยศึกษากันมาเฉพาะในส่วนของงบดุลของน้ำในระบบลุ่มน้ำในประเทศไทยเท่านั้น ซึ่งวอเตอร์ฟุตพรินต์เป็นเครื่องชี้วัดที่ชัดเจน ที่จะแสดงถึงปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อลุ่มน้ำที่อาจจะเกิดขึ้น

ดังนั้น การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำต่างๆ ได้อย่างเหมาสมช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาขาดแคลนน้ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อภาคธุรกิจโดยตรง ซึ่งปัจจุบันได้มีการจัดทำบัญชีวัดการใช้น้ำระดับชาติ (National water footprint) ขึ้นในหลายๆประเทศ เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของสถิติที่เกี่ยวกับน้ำในระดับประเทศ (National water statistic) และใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวางแผนจัดการน้ำหรือบริเวณลุ่มน้ำต่างๆ (River basins) รวมถึงการมีข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ถูกต้องยังช่วยให้เกษตรกรและผู้วางนโยบายของประเทศสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกพืชที่ต้องการใช้น้ำมากในบริเวณใดมากกว่า ซึ่งจะทำให้การผลิตสินค้าเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2.9 การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ที่มีวัตถุดิบมาจากการเกษตรโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเพาะปลูก (Cultivation) การผลิต (Production) และการใช้ผลิตภัณฑ์ (Consumer) โดยในแต่ละส่วนนั้นจะต้องทำการประเมินทั้ง กรีนวอเตอร์ บลูวอเตอร์

และเกรย์วอเตอร์ และต้องพิจารณาครอบคลุมถึงปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์นั้น โดยมีแผนภาพของการดำเนินการแสดงดังภาพประกอบที่ 1-10



ภาพประกอบที่ 1-10 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของวอเตอร์ฟุตพรินต์ (Hoekstra *et al*., 2011)

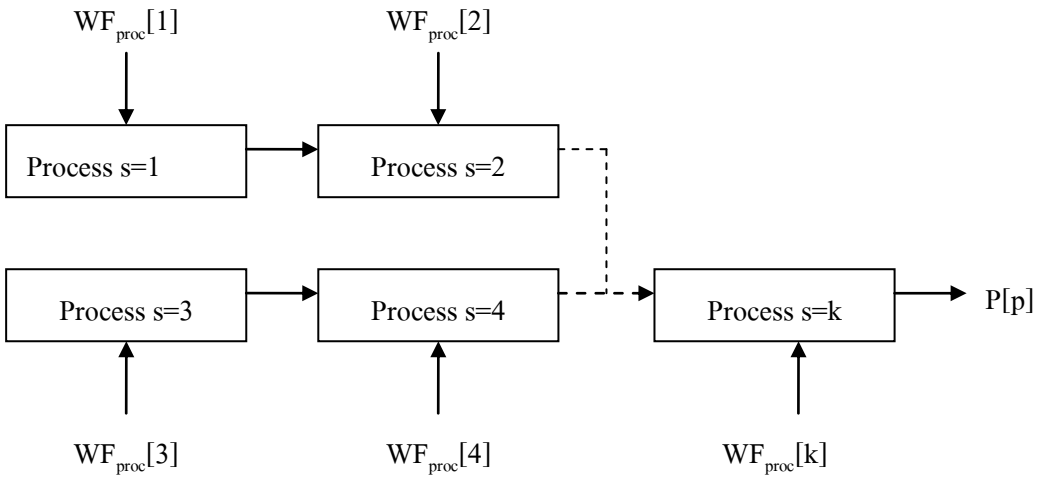
จากภาพประกอบที่ 1-10 แสดงให้เห็นว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ คือ ดัชนีที่ใช้ชี้วัดปริมาณน้ำใช้ (Fresh water) ทั้งทางตรง (Direct water) จากผู้ใช้น้ำหรือการผลิต และทางอ้อม (Indirect water) ซึ่งตรวจวัดตลอดวัฏจักรชีวิต โดยการดำเนินการแบ่งการใช้น้ำออกเป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย กรีนวอเตอร์ และบลูวอเตอร์ เป็นปริมาณน้ำที่นำมาใช้จากแหล่งต่างๆ หรือเรียกว่า Water consumption ส่วนเกรย์วอเตอร์เป็นปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตสินค้าและบริการ หรือเรียกว่า Water pollution (Hoekstra *et al.,* 2011)

1.2.9.1 การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการผลิต

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่งเฉพาะในส่วนของกระบวนการผลิต (Production) ซึ่งการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางพาราแท่งนั้น สามารถดำเนินการได้ 2 วิธี คือ The chain summation approach และ The step-wise accumulative approach

1) The chain summation approach

ใช้สำหรับกระบวนการผลิตใดๆ ที่ประกอบด้วยหลายกระบวนการผลิตย่อยแต่ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว ดังแสดงภาพประกอบที่ 1-11



ภาพประกอบที่ 1-11 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์เดียว (P[p]) และมีขั้นตอนการผลิต k

จากแผนผังข้างต้นวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ p ($WF_{prod}[p]$) จะหาได้จากสัดส่วนระหว่างผลรวมของวอเตอร์ฟุตพรินต์ในแต่ละกระบวนการผลิตกับปริมาณผลผลิต p วิธีคำนวณหาวอเตอร์ฟุตพรินต์จึงใช้วิธีการรวมแบบลูกโซ่ (The chain-summation approach) (Hoekstra *et al.*, 2011) ดังสมการ (1)

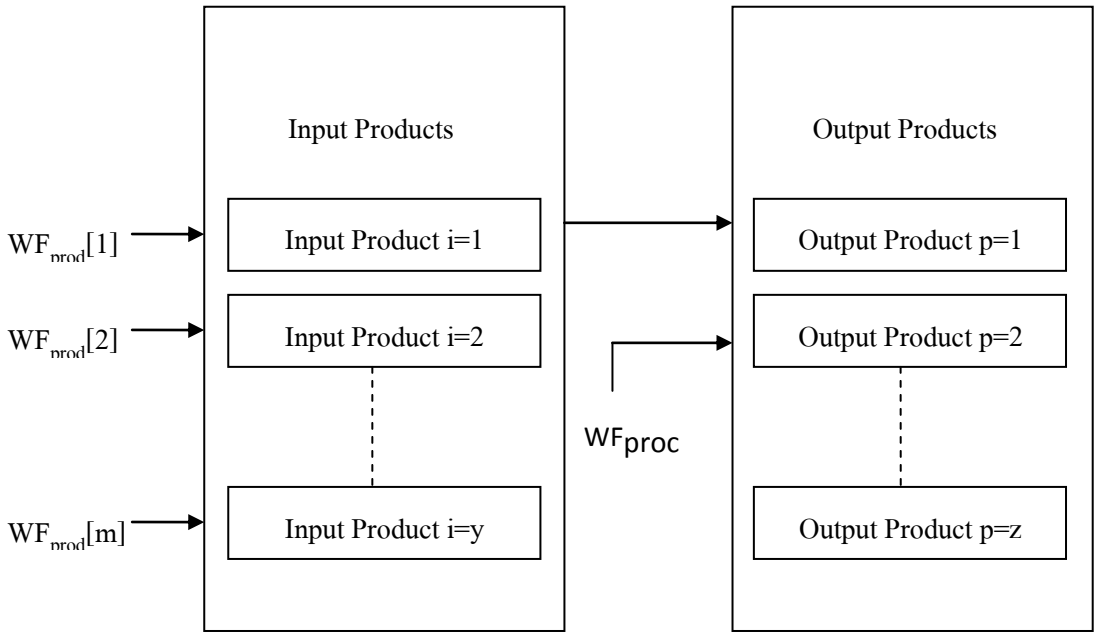
$$WF_{prod}[p] = \frac{\sum_{s=1}^{k} WF_{proc}[s]}{P[p]} \qquad \text{(1)}$$

โดย $WF_{proc}[s]$ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ในขั้นตอนการผลิตที่ s ใดๆ หน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา

$P[p]$ คือ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ หน่วยเป็นปริมาณต่อเวลา

2) The step-wise accumulative approach

เป็นการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์สำหรับกระบวนการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ผลิตภัณฑ์ การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์จะใช้วิธีการรวมสะสมในแต่ละขั้นตอน (The step-wise accumulative approach) ซึ่งทำได้โดยการรวมวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยให้น้ำหนักที่แตกต่างกันของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งหมด (โดยทั่วไปจะใช้ราคาของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆ ในการถ่วงน้ำหนัก) ดังแสดงภาพประกอบที่ 1-12



ภาพประกอบที่ 1-12 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตภัณฑ์ p ซึ่งใช้วัตถุดิบทั้งหมด y ชนิด และมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด z ชนิด (Hoekstra *et al*., 2011)

จากแผนภาพข้างต้น เป็นตัวอย่างแสดงการคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินต์ ของผลิตภัณฑ์ p ซึ่งใช้วัตถุดิบทั้งหมด y ชนิด และมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด z ชนิด ดังนั้นวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จะคำนวณได้ดังสมการ (2)

$$WF_{prod}[p] = \left(WP_{proc}[p] + \sum_{i=1}^{y} \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_v[p] \quad \text{-----} \rightarrow \textbf{(2)}$$

โดย $WF_{prod}[p]$ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ p (m^3/ton)

$WF_{prod}[i]$ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของวัตถุดิบ I (m^3/ton)

$WF_{proc}[p]$ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิต (ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม) ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของน้ำที่ใช้ต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ p (m^3/ton)

$f_p[p,i]$ คือ ค่าสัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์ (Product fraction)

$f_v[p]$ คือ สัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ (Value fraction

ค่าสัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์ หาได้จากมวลของผลิตภัณฑ์ p ต่อวัตถุดิบ i หรือเขียนเป็นสมการได้ดังสมการ (2.1)

$$f_p[p,i] = \frac{w[p]}{w[i]} \qquad \text{------►} \quad \textbf{(2.1)}$$

โดย $f_v[p]$ คือ สัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์
$w[p]$ คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ตัน)
$w[i]$ คือ ปริมาณวัตถุดิบ (ตัน)

และสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ คำนวณได้จากมูลค่าของผลิตภัณฑ์ p ต่อมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมด (p เท่ากับ 1-z) เขียนเป็นสมการได้ดังสมการ (2.2)

$$f_v[p] = \frac{price[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^{z} (price[p] \times w[p])} \qquad \text{------►} \quad \textbf{(2.2)}$$

โดย $f_v[p]$ คือ สัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์
$price[p]$ คือ มูลค่าหรือราคาของผลิตภัณฑ์ p ต่อหน่วยมวล

โดยปกติแล้ว ค่าสัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการผลิต ซึ่งจะต้องแน่ใจว่าวิธีการผลิตนั้นไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนค่าของสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์นั้นจะขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนแปลงนั้นมีสูง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์นั้นๆด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากตัวแปรนี้ ค่าสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ควรจะคำนวณจากมูลค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ในช่วงเวลา 5 ปีเป็นอย่างน้อย และสำหรับการรายงานค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตใดๆ (WF_{proc}) เป็นค่าที่รายงานถึงปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ เช่น ลูกบาศก์เมตรต่อตันของผลิตภัณฑ์ หรือลิตรต่อกิโลกรัม

1.2.8.2 การประเมินเกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ (Grey water footprint)

การประเมินเกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์จากน้ำทิ้ง โดยจะใช้ค่า BOD_5 เป็นพารามิเตอร์พื้นฐานในการคำนวณ สามารถคำนวณได้ดังสมการ (3)

$$Grey_{WF} = \frac{\left[\left(Q_{eff}\, x\, C_{eff}\right) - \left(Q_{abst} x\, C_{abst}\right)\right]}{\left(C_{\max} - C_{nat}\right)} \qquad \text{------►} \quad \textbf{(3)}$$

โดย Q_{eff} คือ อัตราการไหลของน้ำทิ้ง (น้ำเสียหลังบำบัด) (m^3/s)

C_{eff} คือ ความเข้มข้นของ BOD_5 ในน้ำทิ้ง (น้ำเสียหลังบำบัด) (mg/L)

Q_{abst} คือ อัตราการไหลของน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต (m^3/s)

C_{abst} คือ ความเข้มข้นของ BOD_5 ในน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต (mg/L)

$C_{\max}$ คือ ความเข้มข้นของ BOD_5 สูงสุดที่ยอมรับได้ (มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 (mg/L))

C_{nat} คือ ความเข้มข้นของ BOD_5 ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ (ในการคำนวณนี้ให้ค่าเป็น 0 mg/L)

ในงานวิจัยครั้งนี้ การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ จะใช้วิธีการรวมสะสมในแต่ละขั้นตอน เนื่องจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ให้ผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ยางแท่ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลัก และเศษยาง เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม โดยเศษยางสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับโรงงงานได้ ดังนั้น จึงใช้วิธีการประเมินแบบการรวมสะสมในแต่ละขั้นตอน ทำให้ได้มาซึ่งผลรวมของวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่งที่มีการปันส่วนให้กับผลิตภัณฑ์ร่วม (เศษยาง) ตามหลักการของวอเตอร์ฟุตพรินต์

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับโรงงานยางโดยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาทางด้านน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมยาง และปัญหาที่เกิดจากมลพิษที่เกิดขึ้นจากโรงงานยางที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำงานวิจัยบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางน้ำที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่งมาเป็นข้อมูลประกอบการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

1.3.1 ตรวจสอบการจัดการน้ำเสียและประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมยางพารา

วันชัย แก้วยอด (2540) ได้ทำการศึกษาการตรวจสอบการจัดการน้ำเสียโรงงานยาง โดยได้ทำการสำรวจโรงงานยาง ในจังหวัดสงขลา จำนวน 9 โรงงาน โดยการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิและปฐมภูมิ และการสอบถาม สัมภาษณ์และสังเกตการณ์จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูล พบว่า น้ำเสียที่เกิดจากการผลิตยางแท่ง STR 5L มีปริมาณแตกต่างกันมากระหว่าง 5.8-37.0 ลูกบาศก์เมตรต่อผลผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน จุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิต มี 3 จุด คือ 1.น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากรางจับตัวน้ำยาง ซึ่งประกอบด้วยน้ำซีรั่มจากน้ำยางสด น้ำกรดที่เติมลงไปเพื่อช่วยในการจับตัวและน้ำที่ผสมลงไปในน้ำยางสดในขั้นตอนการจับตัวของน้ำยาง 2.น้ำเสียจากการล้างรางยางและเครื่องจักรต่างๆ 3.น้ำเสียจากการรีดยางและบ่อพักน้ำยางหรือภาชนะบรรจุน้ำยางสด ค่าความสกปรกที่อยู่ในรูปของ BOD_5 และ SS ในน้ำเสียที่เกิดจาการผลิตยางแท่ง STR 5L ไม่สูงนัก มีค่าเฉลี่ย 3,922 มก./ล และ 709 มก./ล ตามลำดับ สำหรับน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตยางแท่ง STR 20 พบว่า มีปริมาณสูงถึง 71.6 ลูกบาศก์เมตรต่อผลผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน น้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจาการล้างยาง และค่าความสกปรกที่อยู่ในรูปของ BOD_5 มีค่าเท่ากับ 916 มก./ล และ SS มีค่าเท่ากับ 424 มก./ล ซึ่งพบว่ามีค่าไม่สูงนักเนื่องจากสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียจะเป็นสิ่งเจือปนประเภทเศษดินและของแข็งอื่นๆ ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายไม่ได้หรือย่อยสลายยากทำให้ค่า BOD_5 และ SS ของน้ำเสียเหล่านั้นมีค่าไม่สูงนัก

นฤเทพ บุญเรืองขาว (2550) ได้ทำการศึกษาการติดตามตรวจสอบประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมยางพาราในภาคใต้ตอนล่าง โดยวิธีการสำรวจภาคสนาม ใช้แบบสอบถามและการรวบรวมข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมยางพาราจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ พบว่ามีโรงงานอุตสาหกรรมยางพาราทั้งสิ้น 385 โรง โดยแบ่งออกเป็น ผลิตน้ำยางข้น 5.45 % ยางสกิม 1.82 % ยางแท่ง 4.68 % ยางแผ่นรมควัน 13.0 % โดยในกระบวนการผลิตยางแท่งจะมีการใช้น้ำสูงในขั้นตอนการรับน้ำยางสด การจับตัวของก้อนยาง การรีดยาง และการตัดย่อยยาง ปริมาณการใช้น้ำในการผลิตยางแท่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.62 ลูกบาศก์เมตรต่อตันปริมาณผลิตภัณฑ์ และพบว่า ยางแท่งชนิด STR 5L อัตราการใช้น้ำน้อยกว่ายางแท่งชนิด STR 20 กล่าวคือ STR 5L ใช้น้ำ 5.8-37.0 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ ส่วน STR 20 ใช้น้ำ 71.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ และเมื่อพิจารณาถึงแหล่งน้ำเสียจะเกิดจากน้ำเสียจากรางจับตัวน้ำยางหลังจากคัดแยกเนื้อนางออกไปแล้ว (ซีรั่ม) ซึ่งจะมีน้ำกรดที่ใช้ในการจับตัวผสมอยู่ในน้ำเสียด้วย น้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดรางยาง เครื่องจักร และน้ำเสียจากการรีดยางรวมถึงน้ำเสียจากการล้างบ่อพักน้ำยางหรือภาชนะบรรจุด้วย

และสำหรับการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ในปัจจุบันนี้ ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่ทั่วโลกให้ความสนใจและมีการศึกษาถึงปริมาณการใช้น้ำจากการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งนอกเหนือจากการการประเมินการใช้น้ำในการผลิตสินค้าและบริการ ยังมีการศึกษาถึงปริมาณการใช้น้ำของประชากรทั่วโลกในประเทศแต่ละประเทศ เป็นการแสดงให้เห็นว่าปริมาณการใช้น้ำในปัจจุบัน ทั้งทางด้านการผลิตสินค้า การเพาะปลูก รวมไปถึงการใช้น้ำของประชากรของแต่ละประเทศ ถือเป็นสิ่งสำคัญหากไม่มีการศึกษาถึงปริมาณการใช้น้ำ เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาการขาดแคลนน้ำ และหาแนวทางการป้องกันการขาดแคลนน้ำจืดที่สะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภค อาจจะส่งผลกระทบต่อความต้องการใช้น้ำในอนาคตได้ ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสำคัญของวอเตอร์ฟุตพรินต์ และการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ในการผลิตสินค้า และปริมาณการใช้น้ำของประชากรทั่วโลกในประเทศแต่ละประเทศ ดังตัวอย่างงานวิจัยดังต่อไปนี้

1.3.2 ความสำคัญของวอเตอร์ฟุตพรินต์

อังคณา สุวรรณกูฏ (2553) ได้กล่าวถึงการศึกษาของ ศาสตราจารย์ Arjen Y. Hoekstra แห่ง Twente Water Center, University of Twente เนเธอร์แลนด์ ที่ศึกษาเกี่ยวกับวอเตอร์ฟุตพรินต์ในอาหาร โดยนำเสนอข้อมูลในระดับโลกและระดับประเทศเป็นรายสินค้า ภายใต้กรอบแนวคิดการเข้ามามีส่วนร่วมในวอเตอร์ฟุตพรินต์ด้วย จากเดิมตีกรอบแนวคิดเฉพาะวอเตอร์ฟุตพรินต์ของประเทศนั้นๆ เท่านั้น หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการของประเทศนั้น ไม่ว่าสินค้าหรือบริการนั้นจะผลิตเพื่อการบริโภคในประเทศ หรือเพื่อการส่งออกก็ตาม โดยประเทศผู้นำเข้าสินค้าและบริการนั้นไม่มีส่วนรับผิดชอบกับปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ดังกล่าวแต่อย่างใด จึงมีการนำแนวคิดใหม่ที่มีการนำน้ำเสมือนมาคำนวณด้วย จะทำให้มองเห็นภาพรวมของวอเตอร์ฟุตพรินต์ในระดับโลกอย่างแท้จริง และสามารถนำข้อมูลที่ได้มาจัดการทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุด วอเตอร์ฟุตพรินต์ของแต่ละประเทศภายใต้แนวคิดใหม่นี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ภายใน หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ภายในประเทศเพื่อผลิตสินค้าและบริการสำหรับประชาชนในประเทศนั้นๆ และวอเตอร์ฟุตพรินต์ภายนอก หมายถึง ปริมาณน้ำใช้ที่นำมาจากในประเทศอื่น นำเข้ามาบริโภค เพื่อผลิตสินค้าและบริการให้ประเทศนั้นๆ ดังนั้น ปริมาณน้ำเสมือนที่ส่งออก (Virtual water export) มีค่าเท่ากับผลรวมระหว่างปริมาณน้ำใช้ โดยการศึกษาในช่วงปี 1997-2001 พบว่า ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโลก เท่ากับ 1,243 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี โดยประเทศที่มีวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงสุด 10 อันดับแรก (คิดเป็นสัดส่วนต่อจำนวนประชากร) ได้แก่

(1) สหรัฐเอมริกา 2,485 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี

(2) อิตาลี 2,332 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี

(3) ไทย 2,223 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี

(4) แคนาดา 2,049 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี

(5) ฝรั่งเศส 1,875 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี

(6) รัสเซีย 1,858 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี

(7) เยอรมนี 1,545 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี

(8) เม็กซิโก 1,441 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี

(9) ออสเตรเลีย 1,393 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี และ

(10) บราซิล 1,381 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี

สำหรับค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของประเทศไทยสูงถึงอันดับ 3 ของโลก ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้น้ำที่ขาดประสิทธิภาพ โดยมีการใช้น้ำต่อการผลิตสินค้า 1 หน่วยสูงมากเมื่อเปรียบเทียบประเทศอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้น้ำในการเกษตรสูงถึง 2,131 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี ซึ่งเกิดจากการผลิตเพื่อการส่งออกเป็นสำคัญ ทำให้มีผู้ใช้น้ำเสมือนในประเทศไทยเป็นจำนวนมาก จนอาจจะสร้างปัญหาให้กับประเทศไทยได้ในอนาคต นอกจากนี้ ยังได้คำนวณหาค่าเฉลี่ยในระดับโลกสำหรับปริมาณน้ำเสมือนที่ใช้ในการผลิตสินค้าต่อหน่วย มีหลายค่าที่น่าสนใจ เช่น

- เบียร์ 1 แก้ว (250 มิลลิลิตร) ใช้น้ำในกระบวนการผลิตทั้งหมด 75 ลิตร
- นม 1 แก้ว (200 มิลลิลิตร) ใช้น้ำ 200 ลิตร
- กาแฟ 1 แก้ว (140 มิลลิลิตร) ใช้น้ำ 140 ลิตร
- ไวน์ 1 แก้ว (125 มิลลิลิตร) ใช้น้ำ 120 ลิตร
- น้ำส้ม 1 แก้ว (200 มิลลิลิตร) ใช้น้ำ 170 ลิตร
- ไข่ 1 ฟอง (40 กรัม) ใช้น้ำ 135 ลิตร
- เสื้อยืดคอกลมทำจากเส้นใยฝ้าย 1 ตัว ใช้น้ำ 2,000 ลิตร
- กระดาษ ขนาด A4 ความหนา 80 แกรม 1 แผ่น ใช้น้ำ 10 ลิตร
- ไมโครชิป (2 กรัม) 1 ตัว ใช้น้ำ 32 ลิตร

ถึงแม้ว่าประเทศไทยมีน้ำปริมาณมากและไม่เดือดร้อนกับปัญหาสภาวะการขาดแคลนน้ำ แต่ประเทศไทยก็ต้องมีการทำวอเตอร์ฟุตพรินต์ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม เป็นแหล่งเกษตรกรรมที่สำคัญที่มีการส่งออกสินค้าเกษตรไปยังประเทศต่างๆ ทั่วโลก จึงต้องมีการใช้น้ำในปริมาณมากเพื่อใช้ในการทำการเกษตร อีกทั้งการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย ซึ่งจะต้องมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตและยังเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนมลพิษในแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้น้ำที่ขาดการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหา

กับประเทศไทยในด้านการขาดแคลนทรัพยากรน้ำดื่มน้ำใช้ที่สะอาด และทรัพยากรน้ำที่นำมาใช้ในภาคเกษตรและอุตสาหกรรมในอนาคตได้

นอกจากที่ได้กล่าวมาในข้างต้น สาเหตุหนึ่งของวิกฤตินำ้เกิดจากการผลิตพืชทดแทนพลังงาน ซึ่งจากรายงานการศึกษาของ ศาสตราจารย์ Arjen Y. Hoekstra ศึกษาการผลิตพืชพลังงานทดแทนในแต่ละชนิด โดยจะใช้น้ำจากแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น บลูวอเตอร์ และกรีนวอเตอร์ กล่าวคือ กรณีการผลิตเอทานอล 1 ลิตร จากอ้อย ใช้น้ำทั้งหมด 2,516 ลิตร แบ่งออกเป็น บลูวอเตอร์ 1,364 ลิตร กรีนวอเตอร์ 1,152 ลิตร และถ้าผลิตเอทานอล 1 ลิตร จากมันสำปะหลัง ใช้น้ำทั้งหมด 2,926 ลิตร แบ่งออกเป็น บลูวอเตอร์ 420 ลิตร กรีนวอเตอร์ 2,506 ลิตร หรือการผลิต Biodiesel 1ลิตร จากถั่วเหลือง ใช้น้ำ 13,676 ลิตร แบ่งออกเป็น บลูวอเตอร์ 7,512 ลิตร และกรีนวอเตอร์ 6,155 ลิตร ซึ่งคงต้องหาแนวทางอื่นๆ มาประกอบกันเพื่อให้การใช้น้ำมีประสิทธิภาพมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

1.3.3 ตัวอย่างการศึกษาวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จากพืชผลทางการเกษตรในประเทศไทยและต่างประเทศ

ชินาธิปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ (2554) ได้ทำการศึกษาวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง ในประเทศไทย โดยทำการประเมินการใช้น้ำตลอดห่วงโซ่ หรือวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย ทำการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณการใช้พื้นที่เพาะปลูก ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ซึ่งพบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง ปี 2551 มีค่าเท่ากับ 0.267 กิโลลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 0.03 ของปริมาณน้ำทั้งประเทศ โดยแบ่งออกเป็น วอเตอร์ฟุตพรินต์เขียว 0.185 กิโลลูกบาศก์เมตร และวอเตอร์ฟุตพรินต์น้ำเงิน 0.082 กิโลลูกบาศก์เมตร และพบว่า ปริมาณการใช้น้ำ ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนจะมีอัตราเพิ่มขึ้นทุกปี โดยจะต้องใช้น้ำถึง 2.605 กิโลลูกบาศก์เมตร หรือเพิ่มขึ้นถึงเกือบ 10 เท่า เมื่อสิ้นสุดแผน ในปี 2556 แต่หากมีการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังจาก 3.4 เป็น 8.0 ตันต่อไร่ จะส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำลดลงร้อยละ 57.4 ในแต่ปี โดยจะต้องใช้น้ำ 1.110 กิโลลูกบาศก์เมตร หรือเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่า เมื่อสิ้นสุดแผนในปี 2556

ลักขณา เจริญสุข และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพรินต์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย โดยอาศัยแนวคิดวอเตอร์ฟุตพรินต์ ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งในการวิเคราะห์และบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยผลผลิตของปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และภาคใต้ทั้งหมด 16

จังหวัด (ปี พ.ศ 2550-2554) ซึ่งมีความแตกต่างกันตามลักษณะของสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ จากผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพรินต์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลมีค่าเท่ากับ 2,139 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ส่วนใหญ่เกิดจากการคายระเหยของน้ำฝน 50% และเมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ พบว่า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือมีปริมาณการใช้น้ำสูงถึง 3.9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ภาคใต้ โดยจังหวัดที่มีการใช้น้ำมากที่สุด คือ พิษณุโลก มีค่าเท่ากับ 6,098 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และจังหวัดที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุด คือ จังหวัดสุราษฎ์ธานี มีค่าเท่ากับ 1,070 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดังนั้น แนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำที่เกิดขึ้นจึงควรมุ้งเน้นการศึกษาวิจัยและการพัฒนาระบบน้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อการพัฒนาทางด้านพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน

Chapagain และคณะ (2006) ศึกษาวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการผลิตฝ้าย ทำการศึกษาในประเทศแถบ EU25 และนอกแถบยุโรป ระยะเวลาการศึกษา 1997-2001 โดยแยกการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ การปลูกและการผลิต ในการเพาะปลูกจะใช้โปรแกรม CROPWAT และแบ่งการใช้น้ำออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ กรีนวอเตอร์, บลูวอเตอร์ และเกรย์วอเตอร์ โดยพบว่า การผลิตฝ้ายใช้น้ำทั้งสิ้นต่อปีประมาณ 42 % โดยมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยเท่ากับ 1,422 m^3/ton แบ่งออกเป็น บลูวอเตอร์ และกรีนวอเตอร์ 39 % โดยประเทศที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงที่สุด คือประเทศอาร์เจนตินา 2684 m^3/ton และประเทศที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ต่ำที่สุด คือประเทศจีน 799 m^3/ton

Chapagain และ Hoekstra (2007) ศึกษาวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการผลิตชาและกาแฟ โดยแยกการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การปลูกและการผลิต ทำการศึกษาในประเทศเนเธอร์แลนด์ ในส่วนของการเพาะปลูกจะคำนวณจากปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้และผลผลิตที่ได้ โดยใช้โปรแกรม CROPWAT ส่วนการผลิตมี 2 แบบ คือ แบบเปียกและแบบแห้ง จากการศึกษาพบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการปลูกชา 6,457 m^3/ton และกาแฟมีค่าเท่ากับ 15,130 m^3/ton ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการผลิตชาและกาแฟรวมเฉลี่ย 4,978 m^3/ton โดยแบ่งออกเป็นการผลิตแบบเปียกมีค่าเท่ากับ 22,530 m^3/ton และการผลิตแบบแห้งเท่ากับ 22,458 m^3/ton

Chapagain และ Hoekstra (2010) ศึกษาการประเมินปริมาณการใช้น้ำกรีนวอเตอร์ บลูวอเตอร์ และเกรย์วอเตอร์ ของข้าวในแถบท้องถิ่นพื้นที่สูง ที่มีชลประทาน โดยการใช้น้ำของการผลิตข้าวเป็นการประมาณโดยใช้การค้าระหว่างประเทศและข้อมูลการผลิตในประเทศ โดยในประเทศอินเดีย อินโดนีเซีย เวียดนาม ไทย พม่าและฟิลิปปินส์ กรีนวอเตอร์จะมีปริมาณมากกว่า บลูวอเตอร์อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ในประเทศสหรัฐอเมริกาและปากีสถาน จะมีการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์มากกว่ากรีนวอเตอร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้องและการค้าข้าวระหว่างประเทศ โดยการบริโภคข้าวในแถบประเทศ EU มีค่าเท่ากับ 2,731 km^2/year ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการระเหยของน้ำ

มีค่าเท่ากับ 2,279 mm^3 และผลจากการปนเปื้อนมลพิษทางน้ำทั่วโลก มีค่าเท่ากับ 178 mm^3 ส่วนใหญ่ในประเทศอินเดีย ไทย สหรัฐอเมริกาและปากีสถาน การใช้น้ำในการผลิตข้าวจะส่งผลกระทบค่อนข้างต่ำในแหล่งน้ำในประเทศอินเดีย เมื่อเทียบกับในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศปากีสถาน

Ercin และคณะ (2012) ศึกษาวอเตอร์ฟุตพรินต์ของนมถั่วเหลือง และเบอร์เกอร์ถั่วเหลือง เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อสัตว์ การศึกษามุ่งเน้นไปที่การประเมินการการใช้น้ำของการผลิตนมถั่วเหลือง ของโรงงานที่ผลิตในประเทศเบลเยียม และการผลิตเบอร์เกอร์ถั่วเหลืองของโรงงานในประเทศเนเธอร์แลนด์ ส่วนผสมที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ เป็นส่วนผสมจริงที่อยู่ในผลิตภัณฑ์และนำมาจากกรณีศึกษาจริง โดยถั่วเหลืองนำเข้ามาจากประเทศแคนนาดา ประเทศจีนและฝรั่งเศส พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของนมถั่วเหลือง 1 ลิตร มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยเท่ากับ 297 ลิตร และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเบอร์เกอร์ถั่วเหลือง 150 กรัม มีค่าเท่ากับ 158 ลิตร งานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าส่วนผสมเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณา โดยส่วนผสมที่มาจากการเกษตร จากกรณีของนมถั่วเหลือง คิดเป็น 62 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวม และในกรณีของเบอร์เกอร์ถั่วเหลือง คิดเป็น 74 % ดังนั้น การประเมินรายละเอียดของการเพาะปลูกถั่วเหลืองที่นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อทำให้ทรัพยากรน้ำจืด และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเบอร์เกอร์เนื้อวัว พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของเบอร์เกอร์เนื้อวัว มีปริมาณสูงกว่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จากนมถั่วเหลือง ซึ่งคิดเป็น 98 % โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเบอร์เกอร์เนื้อวัว 150 กรัม มีค่าเท่ากับ 2,350 ลิตร และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของนมวัว 1 ลิตร มีค่าเท่ากับ 1,050 ลิตร

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทำให้ผู้ผลิตยางแท่งได้ทราบถึงปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนมากขึ้น และสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตสินค้าต่อการใช้ทรัพยากรน้ำได้อีกด้วย หาแนวทางลดปริมาณน้ำเสีย และปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของโรงงานให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง

2.สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ใช้วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมยางแท่งต่อไป

3.ทำให้บริษัทและทางราชการสามารถบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำ และเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ทำให้ทุกคนได้ตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำที่มีอยู่อย่างขาดแคลน ให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าสูงสุดในพื้นที่นั้นๆ โดยการหาแนวทางในการลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต ได้จากฐานข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์นี้ ซึ่งอาจจะพิจารณาจากขั้นตอนที่มีการใช้น้ำมากที่สุดในกระบวนการผลิต ในที่สุดก็จะนำไปสู่การบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังเป็นการเตรียมความพร้อมในกรณีที่ภาครัฐออกกฎข้อบังคับเกี่ยวกับวอเตอร์ฟุตพรินต์ในอนาคต

4.การลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ในการผลิตสินค้ายังช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาขาดแคลนน้ำ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อภาคธุรกิจโดยตรง โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์จะแสดงถึงปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อลุ่มน้ำที่อาจจะเกิดขึ้น คือ ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำที่สำคัญที่มีอยู่ในประเทศไทยเพียงพอต่อการเกษตรหรือการผลิตสินค้าหรือไม่ และในอนาคตหากมีการขยายพื้นที่การเกษตร และการเพิ่มขึ้นของภาคธุรกิจในการผลิตสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในลุ่มน้ำต่างๆ จะเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำหรือไม่ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำในลุ่มน้ำที่มีอยู่ของพื้นที่ดังกล่าว ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในด้านต่างๆ ทั้งการอุปโภคบริโภค และการใช้น้ำในภาคธุรกิจ ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาการขาดแคลนน้ำได้ในอนาคต หรือทำให้เกิดสภาวะความเครียดน้ำขึ้น

5.การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ ยังสามารถนำไปเป็นตัวชี้วัดค่าดัชนีความเครียดน้ำ (Water stress index) หมายถึง ค่าดัชนีความเครียดของน้ำ ที่มาจากการวัดความขาดแคลนน้ำจืด (Fresh water) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความแห้งแล้งของพื้นที่นั้นเพิ่มขึ้น (วีกิพีเดีย สารานุกรมเสรีไทย, 2557) กล่าวคือ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยน้ำในแหล่งน้ำจืดต่างๆ ในปริมาณมาก ตัวอย่างเช่น น้ำบาดาล หากมีการหันไปใช้น้ำบาดาลกันเพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำบาดาลและปริมาณน้ำดีที่มีอยู่ในแหล่งน้ำจืดลดน้อยลง จึงส่งผลต่อความเครียดน้ำตามมา คือ ค่าดัชนีความเครียดน้ำจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ถ้าหากค่าความเครียดน้ำมาก (มีค่าเข้าใกล้ 1) แสดงว่า ปริมาณน้ำจืดในแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณเหลืออยู่น้อยหรือเข้าสู่ขั้นวิกฤติ ซึ่งต้องเร่งหาแนวทางการแก้ไข นอกจากนี้ ยังก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา เช่น ทำให้ปริมาณน้ำดีในแหล่งน้ำต่างๆ ลดน้อยลง และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้สามารถนำน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถนำวอเตอร์ฟุตพรินต์นี้มาใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

1.6 ขอบเขตของงานวิจัย

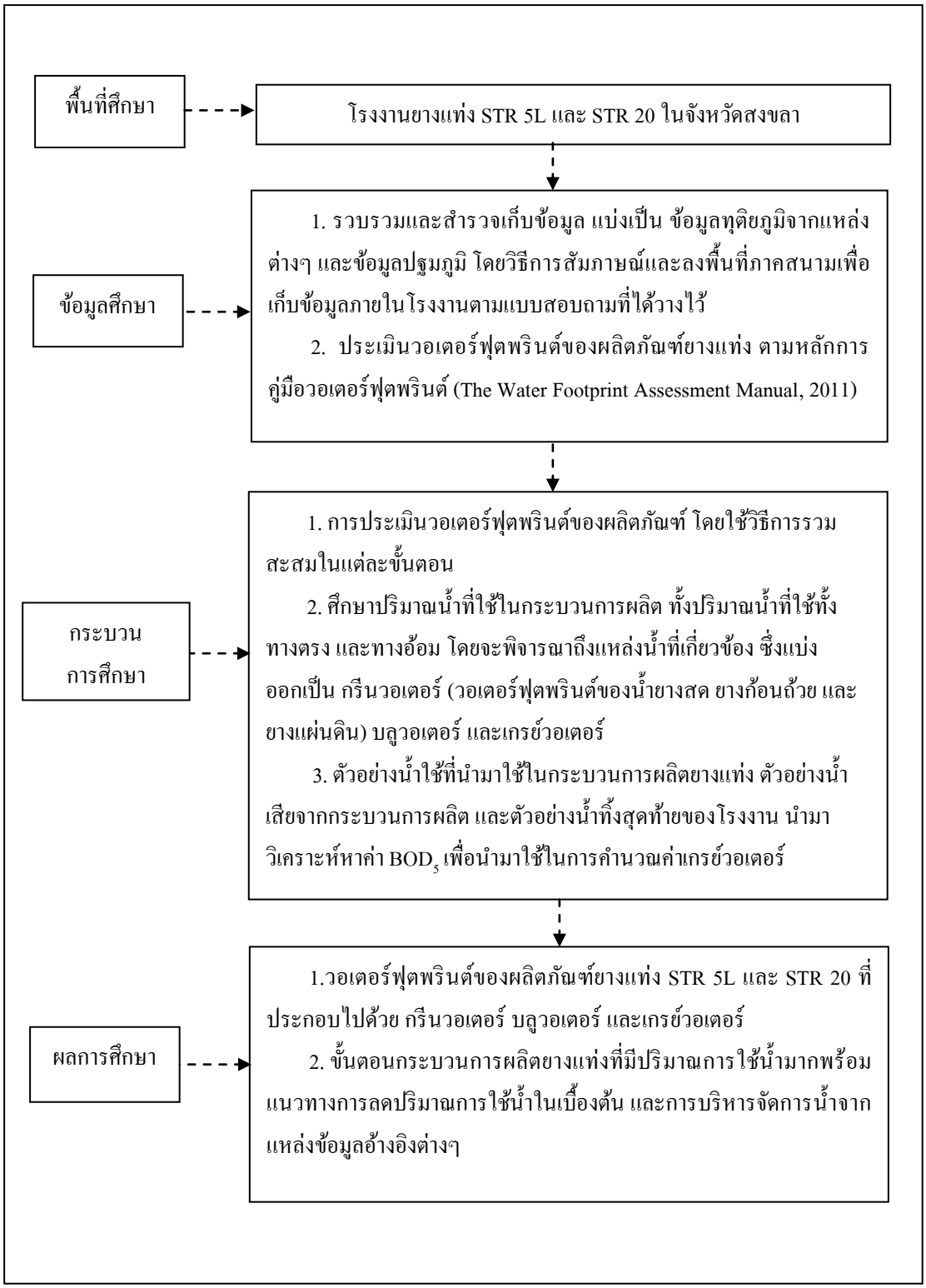
ทำการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานยางแท่ง ในจังหวัดสงขลา ได้แก่ การผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด คือ STR 5L และการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง คือ STR 20 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (จากแบบสอบถาม การสัมภาษณ์และการสำรวจภาคสนาม) และข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งๆ ที่เกี่ยวข้องกับโรงงานยางแท่ง และกระบวนการผลิตยางแท่ง ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของโรงงานยางแท่ง กระบวนการผลิตยางแท่ง ข้อมูลการขนส่งและปริมาณการใช้ทรัพยากร พลังงาน สารเคมีและเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต ลักษณะและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย โดยมุ่งเน้นศึกษาถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม ที่มีการพิจารณาถึงแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้อง (Source of water)ซึ่งแบ่งออกเป็น

กรีนวอเตอร์ คือ ปริมาณน้ำที่อยู่ในดินหรืออยู่ในรูปของความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ในขั้นตอนการเพาะปลูก (ซึ่งเมื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตภายในโรงงาน คือ ปริมาณน้ำที่ติดมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ หรือเรียกว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด วอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางก้อนถ้วย และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางแผ่นดิบ)

บลูวอเตอร์ คือ น้ำใช้ที่นำมาใช้ในการปลูกยางพารา และการผลิตยางแท่ง ที่มาจากแหล่งน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำที่มาจากการชลประทาน

เกรย์วอเตอร์ คือ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำดีที่ใช้ในการเจือจางน้ำเสียจากกระบวนการผลิตให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

เพื่อนำมาวิเคราะห์ประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานยางแท่ง และชี้ให้เห็นถึงขั้นตอนกระบวนการผลิตยางแท่งที่มีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุด พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางเบื้องต้นในการบริหารจัดการน้ำจากแหล่งข้อมูลอ้างอิงต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษารวบรวมมา ทั้งนี้กรอบแนวคิดของงานวิจัยในครั้งนี้แสดงดังภาพประกอบที่ 1-13



ภาพประกอบที่ 1-13 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ ข้อมูลส่วนใหญ่ที่นำมาใช้เก็บรวบรวมมาจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิจากผู้ประกอบการโรงงานแต่ละโรงงาน พนักงานผู้มีความรู้และบันทึกข้อมูลทางด้านต่างๆ ของโรงงาน จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามของผู้วิจัย โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ และข้อมูลทุติยภูมิจาก งานวิจัย เอกสารอ้างอิงต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ในจังหวัดสงขลา ซึ่งมีจำนวนโรงงานยางแท่งรวมทั้งหมด 17 โรงงาน โดยรายละเอียดรายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่ง แบ่งออกเป็นตามอำเภอ และกำลังการผลิตของแต่ละโรงงาน ในจังหวัดสงขลา ดังแสดงภาคผนวก ค-1 ในการศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลบนพื้นฐานของปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ต่อปี (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของผลิตภัณฑ์รวมในเขตที่ศึกษา) และข้อมูลย้อนหลังอย่างน้อย 5 ปี เช่น ข้อมูลราคายางแท่ง และเศษยาง ซึ่งเป็นเกณฑ์การกำหนดตามวิธีการของ Hoekstra และคณะ (2011)

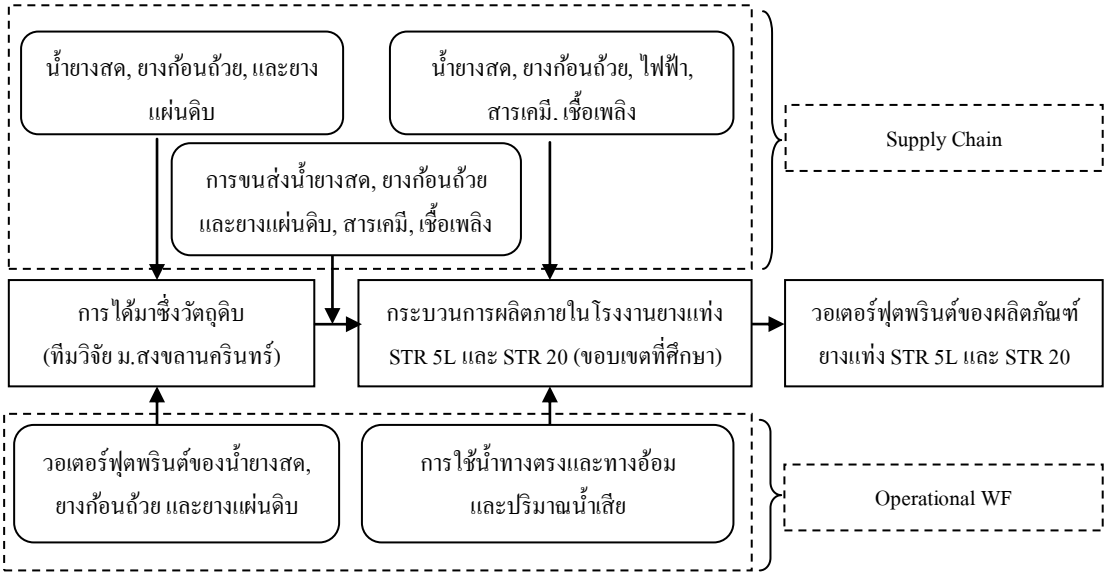
2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ทำการประเมินโดยใช้หลักการตามคู่มือประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ (Hoekstra *et al.,* 2011) ควบคู่กับหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment) ของผลิตภัณฑ์ ตามวิธีอนุกรมมาตรฐาน ISO 14000 ขอบเขตการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์โดยใช้รูปแบบระหว่างองค์กรธุรกิจกับองค์กรธุรกิจ (Businness-to-Business, B2B) จะครอบคลุมขั้นตอนวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- การได้มาซึ่งวัตถุดิบ ได้แก่ น้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ (จากการเพาะปลูกยางพารา และกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ)
- การขนส่งวัตถุดิบ สารเคมี และเชื้อเพลิงที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตมายังโรงงาน

- กระบวนการผลิตภายในโรงงาน และการบรรจุ (ขอบเขตการศึกษาสิ้นสุดแค่ภายในโรงงาน)

แผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะแสดงถึงขอบเขตการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาครั้งนี้ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2-1



ภาพประกอบที่ 2-1 แผนผังขอบเขตการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

จากภาพประกอบที่ 2-1 แสดงการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ในงานวิจัยฉบับนี้ ทำการศึกษาวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ประกอบไปด้วย-2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่ 1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ (น้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ) ทำให้ได้มาซึ่งวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ซึ่งเป็นวัตถุดิบของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ เป็นวัตถุดิบของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการอ้างอิงมาจากโครงการวิจัยการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ปาล์มน้ำมัน ไบโอดีเซล และยางพารา ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (2556) ส่วนที่ 2 คือ กระบวนการผลิตภายในโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ โดยมีการพิจารณาการใช้น้ำทั้งทางตรง คือ ปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง ซึ่งจัดเป็นการใช้น้ำประเภท บลูวอเตอร์ และการใช้น้ำทางอ้อม คือ ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ จากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ รวมไปถึงปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง ไฟฟ้า ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิต และการขนส่งทรัพยากรเหล่านั้นมายังโรงงาน (Supply chain) และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ซึ่งจัดเป็นน้ำประเภทเกรย์วอเตอร์ จากการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของ

ผลิตภัณฑ์ยางแท่งตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบและกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ที่มีการพิจารณาการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม หรือเรียกว่า Operational water footprint ทำให้ได้มาซึ่งวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 โดยในการศึกษาครั้งนี้ จะไม่นับรวม การประเมินในส่วนของการกระจายสินค้า การนำไปใช้งานและการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ยางแท่งจะถูกขนส่งไปยังสถานที่ต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ และถูกนำไปเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อื่นๆ หลากหลายผลิตภัณฑ์ ข้อมูลจึงมีความซับซ้อนยากต่อการได้มาซึ่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ประเมินผลในงานวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งเป็นการศึกษากระบวนการที่ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นศึกษาถึงกระบวนการผลิตที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน รวมถึงเพื่อหาแนวทางการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและแนวทางในการลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตยางแท่งต่อไป ขั้นตอนการประเมินวอแตอร์ฟุตพรินต์ของยางแท่งโดยการนำหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้ มีดังนี้

2.2.1 การกำหนดเป้าหมาย ขอบเขตการศึกษาและศึกษาลักษณะของกระบวนการผลิต (Goal and Scope Definition)

2.2.1.1 ศึกษากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และยางแท่ง STR 20

ทำการศึกษากระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 กระบวนการผลิต คือ กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด ได้แก่ ยางแท่ง STR 5L และกระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง จำพวก เศษยาง และยางก้อนถ้วย ได้แก่ ยางแท่ง STR 20 โดยผ่านกระบวนการผลิตขั้นตอนต่างๆ

2.2.1.2 การกำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ตามหลักการ LCA

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ ประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20

2.2.1.3 กำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope)

ขอบเขตที่นำมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ กระบวนการผลิตยางแท่งจากยาน้ำยางสด STR 5L และกระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง STR 20 ในพื้นที่จังหวัดสงขลา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม ที่พิจารณาถึงแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งออกเป็น กรีนวอเตอร์ (ซึ่งในที่นี้ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด วอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางก้อนถ้วย และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางแผ่นดิบ) บลูวอเตอร์ และเกรย์วอเตอร์ ตลอด

ห่วงโซ่ของการได้มาของยางแท่ง (ดังแผนภาพประกอบที่ 2-1 ข้างต้น) โดยวิเคราะห์จากบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกจากกิจกรรมต่างๆ ในกระบวนการผลิต โดยขั้นตอนกระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภทโดยสังเขป มีดังนี้

1) กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L

ขั้นตอนการผลิตโดยสังเขปแสดงในภาพประกอบที่ 2-2 มีขั้นตอนหลักๆ คือ นำน้ำยางสดมาผ่านการกรองแยกสิ่งสกปรก จากนั้นรวบรวมน้ำยางสดในถังรวมน้ำยาง ทำให้น้ำยางจับตัวด้วยกรดฟอร์มิค หรือสารเคมีอื่นๆ หลังจากที่ยางจับตัวเป็นก้อนแล้ว ก็จะนำเข้าสู่กระบวนการตัดย่อยยางอย่างหยาบ (Crusher) ให้ก้อนยางมีลักษณะเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ แล้วถูกส่งไปยังสายพานลำเลียงเข้าสู่รางแช่น้ำ เพื่อทำความสะอาดกรดแล้วส่งผ่านไปยังเครื่องรีดยาง (Creper) จนได้ยางแผ่นที่บางกว่าเดิม หรือเรียกว่า แผ่นเครพ หลังจากนั้นก็จะเข้าสู่เครื่องตัดย่อยยางเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งอาจเป็นชนิด เครพเปอร์ แฮมเมอร์มิล (Creper hammermill) หรือ เชร็คเดอร์ (Shredder) เพื่อตัดย่อยออกเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งในขณะที่ยางกำลังผ่านเครื่องรีดและเครื่องตัดย่อยยางจะต้องทำการฉีดน้ำล้างเพื่อชำระสิ่งสกปรกที่อาจติดมากับยางและป้องกันยางจับตัวเป็นก้อน จากนั้นจึงนำเม็ดยางหรือยางชิ้นเล็กๆ บรรจุลงในกระบะนำเข้าเตาอบ ด้วยอุณหภูมิที่ 115-130 ºC ใช้เวลาประมาณ 3-3.5 ชั่วโมง แล้วจึงใช้ลมเย็นเป่ายางที่แห้งแล้วให้เย็นลง อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส นำยางที่อบแห้งแล้วมาอัดเป็นเป็นแท่งและชั่งน้ำหนักให้มีขนาด 33.33. กก. หรือ 35 กก.ต่อก้อน (จะมีการตัดตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง เพื่อนำไปทดสอบที่ห้องตรวจสอบคุณภาพยาง) จากนั้นลำเลียงโดยสายพานเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุหีบห่อด้วยถุงพลาสติก บรรจุในพาเลทเหล็กหรือลังไม้เพื่อรอการส่งออกให้ลูกค้าต่อไป

2) กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20

ขั้นตอนการผลิตโดยสังเขปแสดงในภาพประกอบที่ 2-3 มีขั้นตอนหลักๆ คือ นำยางแห้ง จำพวก เศษยาง ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบเป็นวัตถุดิบในการผลิต มาแช่ล้างทำความสะอาด แล้วจึงนำมารีดและตัดย่อยยางให้เป็นชิ้นเล็กๆ พร้อมทั้งล้างทำความสะอาดสลับกันไปจนเนื้อยางสะอาดในระดับที่ต้องการ ซึ่งจำนวนเครื่องรีดยาง เครื่องตัดย่อยยาง และจำนวนครั้งในการทำความสะอาดจะขึ้นอยู่กับความสกปรกมากน้อยของยาง หลังจากนั้นยางก็จะถูกนำมาผ่านเครื่องรีดเครพ ทำได้เป็นยางเครพแล้วจึงนำมาผสมคลุกเคล้ากับยางแผ่นดิบที่มีความสะอาดพอสมควร ในบ่อผสมยางแผ่นดิบกับยางเครพ จากนั้นยางที่ผสมกันแล้วจะผ่านเครื่องรีดอีกครั้งและตัดย่อยยางเป็นชิ้นเล็กๆ ตามลำดับ ซึ่งในกรณีของการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง ในทุกขั้นตอน

จะต้องใช้น้ำฉีดชะล้างทำความสะอาดยางเป็นจำนวนมาก เนื่องจากวัตถุดิบเป็นยางแห้งซึ่งมีเศษดิน และสิ่งสกปรกอื่นๆ ปนเปื้อน หลังจากนั้นนำยางชิ้นเล็กๆ บรรจุใส่กระบะนำเข้าเตาอบแห้งที่อุณหภูมิ 110-130 °C นาน 3-4 ชั่วโมง โดยการเป่าลมร้อนเพื่อไล่ความชื้น นำยางที่อบแห้งแล้วมาอัดเป็นเป็นแท่งและชั่งน้ำหนักให้มีขนาด 33.33. กก. หรือ 35 กก./ก้อน (จะมีการตัดตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง เพื่อนำไปทดสอบที่ห้องตรวจสอบคุณภาพยาง) จากนั้นลำเลียงโดยสายพานเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุหีบห่อด้วยถุงพลาสติก บรรจุในพาเลทเหล็กหรือลังไม้เพื่อรอการส่งออกให้ลูกค้าต่อไป

2.2.1.4 หน่วยการทำงาน (Functional unit: FU)

ผู้วิจัยได้กำหนดหน่วยผลิตภัณฑ์เป็น 1 ตันยางแท่ง เพื่อใช้เป็นหน่วยวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพรินต์ และสำหรับหน่วยวัดของวอเตอร์ฟุตพรินต์มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อตัน

2.2.1.5 การกำหนดเกณฑ์ในการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์

จากการศึกษากระบวนการผลิตยางแท่ง รวมถึงคู่มือหลักการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ (Hoekstra *et al.,* 2011) และการศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตยางแท่งและการประเมินวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพรินต์ เช่น งานวิจัยของ นฤเทพ บุญเรืองขาว (2550) และ Chapagain และ Hoekstra (2007) พบว่า ประเด็นสำคัญในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ควรนำมาพิจารณา คือ

1) ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม คือ ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทั้งทางตรง คือ น้ำที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิต และการใช้น้ำทางอ้อม คือ น้ำที่ถูกนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิงและสารเคมี หรือเรียกว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อม ที่ประกอบไปด้วยน้ำประเภท กรีนวอเตอร์ บลูวอเตอร์และเกรย์วอเตอร์ และปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน เชื้อเพลิง ปริมาณเศษเหลือที่เกิดขึ้น รวมถึงน้ำเสียจากกระบวนการผลิต

2) ประเด็นด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ คือ การบริหารการจัดการน้ำในลุ่มน้ำที่มีอยู่ เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้น้ำในภาคธุรกิจในอนาคต โดยหาแนวทางการบริหารจัดการน้ำได้จากฐานข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์นี้

2.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) ข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากลงพื้นที่เก็บข้อมูล ซึ่งได้จากแบบสอบถาม (Questionnaire) ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ (Interview) ข้อมูลการคำนวณ (Calculation) เช่น ข้อมูล

ทั่วไปของโรงงาน ข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากร พลังงาน สารเคมี เชื้อเพลิง และของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตยางแท่ง ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมีและเชื้อเพลิงมายังโรงงาน และข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย ดังแสดงรายละเอียดของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตยางแท่ง ระยะเวลา 1 ปี ที่นำมาใช้ประกอบในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ แสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 รายละเอียดของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแท่ง

ข้อมูล	รายละเอียดของข้อมูล	หน่วย	ระยะเวลา
1.ข้อมูลวัตถุดิบ	- ปริมาณน้ำยางสด	ตัน	1 ปี
	- ปริมาณยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ	ตัน	1 ปี
2.ข้อมูลผลิตภัณฑ์	- ปริมาณยางแท่ง STR 5L	ตัน	1 ปี
	- ปริมาณยางแท่ง STR 20	ตัน	1 ปี
3.ข้อมูลวัสดุเศษเหลือ	- ปริมาณเศษยาง	ตัน	1 ปี
4.ข้อมูลการใช้น้ำ	- แหล่งน้ำและปริมาณน้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต	ลบ.ม.	1 ปี
5.ข้อมูลพลังงาน	- ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต	กิโลวัตต์-	1 ปี
	- แหล่งของพลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้	ชั่วโมง	
6.ข้อมูลเชื้อเพลิง	- ปริมาณก๊าซ LPG	กิโลกรัม	1 ปี
	- ปริมาณน้ำมันดีเซล	ลิตร	1 ปี
7.ข้อมูลสารเคมี	- ปริมาณสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต	กิโลกรัม	1 ปี
8.ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย	- ปริมาณน้ำเสีย, ปริมาณน้ำทิ้ง	ลบ.ม.	1 ปี
	- ระบบบำบัดที่โรงงานนำมาใช้	-	-
9.ข้อมูลการขนส่ง	- ปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการขนส่งมายังโรงงาน	ลิตร	1 ปี
ประกอบด้วย	- ระยะทางและประเภทรถที่ใช้ในการขนส่งมายังโรงงาน	กิโลเมตร	1 ปี
- การขนส่งน้ำยางสด, ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ	- ปริมาณที่บรรทุก	ลิตร	-
- การขนส่งสารเคมี			
- การขนส่งเชื้อเพลิง			
10.ตัวอย่างน้ำ	- น้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต	-	-
	- น้ำเสียจากกระบวนการผลิต (ก่อนบำบัด)	-	-
	- น้ำทิ้งสุดท้าย (หลังบำบัด)	-	-

2) ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมหรือตัวคูณการใช้น้ำ ที่ได้จากการรวบรวมจากเอกสารอ้างอิงหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature information) เช่น ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซล) ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิต และการขนส่งทรัพยากรต่างๆ มายังโรงงาน ซึ่งค่าตัวคูณการใช้น้ำดังกล่าว เป็นข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2556) ซึ่งได้ทำการศึกษาการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางพาราและได้มีการคำนวณค่าตัวคูณการใช้น้ำของสารขาเข้าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตยางแท่งจากโปรแกรม SimaPro 7.3.2; Ecoinvent 2.2 ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสารขาเข้าในการผลิตยางแท่ง

รายการ	วอเตอร์ฟุตพรินต์		
	กรีน วอเตอร์	บลู วอเตอร์	เกรย์ วอเตอร์
1. น้ำยางสด[1,2] (DRC 30%), (m^3/ton)	3,103	346	374
2. ยางก้อนถ้วย[1,2] (DRC 55%), (m^3/ton)	5,689	635	686
3. ยางแผ่นดิบ[1,2] (m^3/ton)	10,343	1,154	1,248
4. น้ำมันดีเซล[1,3] (Diesel, at refinery-RER S, (m^3/kg))	0	0.59	0
5. ก๊าซ LPG[1,3] (Liquefied petroleum gas, at service station/CH S, (m^3/kg))	0	0.753	0
6. ฟอร์มิค[1,3] (Formic acid, at plant/RER S, (m3/kg))	0	7.52	0
7. บอริค[1,3] (Boric acid, anhydrous, powder, at plant/RER S, (m^3/kg))	0	2.94	0
8. โซเดียมเมตตะไบซัลไฟต์[1,3] (Sodium persulfate, at plant/GLO S, (m^3/kg))	0	6.429	0
9. โซดาไฟ[1,3] (Sodium hydroxide, 50% in H_2O, production mix, at plant/kg/RER S, (m^3/kg))	0	7.98	0
10. HNS[1,3] (Hydroxylamine Neutral Sulphate, สารเขียว (m^3/kg))	0	9.31	0
11. ปูนขาว[1,3] (Lime, hydrated, packed, at plant/CH S, (m^3/kg))	0	2.44	0
12. กำมะถัน[1,3] (Sulphuric acid, liquid, at plant/RER S, (m^3/kg)) (สารทดแทน)	0	0.54	0
13. ไฟฟ้า[1,3] (Electricity, medium voltage, production NL, at grid/NL S, (m^3/kwh))	0	0.15	0

หมายเหตุ: [1]WF of raw material processing, [2]สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2556), [3]Emission Factor (MTEC) SimaPro 7.3.2; Ecoinvent 2.2

รายละเอียดข้อมูลและขั้นตอนการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องกับการปลูกยางพาราและค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ จากโครงการวิจัยการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการเพาะปลูกยางพาราของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อหาข้อมูลการได้มาซึ่งวัตถุดิบจากการ

เพาะปลูกยางพารา และนำข้อมูลมาใช้ประกอบในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตยางแท่ง

2) รวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 โดยรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิมาจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลจำนวน ประเภทของโรงงาน สถานที่ตั้ง กำลังการผลิตของแต่ละโรงงาน กระบวนการผลิตและข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จากเวปไซต์ของสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร สมาคมยางพาราแห่งประเทศไทย เอกสารทำเนียบอุตสาหกรรมในจังหวัดภาคใต้ตอนล่างและงานวิจัยที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมยางแท่ง เพื่อมาจัดแยกตามประเภท ขนาดโรงงาน บริเวณพื้นที่ตั้งของโรงงาน และนำข้อมูลเบื้องต้นมาใช้ประกอบในการออกแบบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลภายในโรงงาน และออกแบบแบบสอบถามการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

3) จัดทำแบบสอบถามและวิธีการเก็บข้อมูล จากข้อมูลทุติยภูมิที่ได้ทำการศึกษาและรวบรวมมาจากแหล่งต่างๆ เพื่อนำมาใช้ประกอบในการเก็บข้อมูลภาคสนามภายในโรงงาน โดยแบบสอบถามดังรายละเอียดในภาคผนวก ข จะประกอบไปด้วย 5 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่ตั้ง กำลังการผลิต ลักษณะพื้นที่โดยรอบโรงงาน เป็นต้น

- ส่วนที่ 2 ข้อมูลกระบวนการผลิต ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณการใช้สารเคมี เชื้อเพลิงและไฟฟ้า และปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต รวมถึงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต และปริมาณผลิตภัณฑ์

- ส่วนที่ 3 ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสีย ลักษณะของระบบบำบัด เป็นต้น

- ส่วนที่ 4 ข้อมูลคุณภาพน้ำ ประกอบด้วย ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต ข้อมูลคุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิต (ก่อนบำบัด) และคุณภาพน้ำทิ้งสุดท้ายของโรงงาน (หลังบำบัด)

- ส่วนที่ 5 ข้อมูลการขนส่ง ได้แก่ ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมี และเชื้อเพลิงต่างๆ มายังโรงงาน

- ส่วนที่ 6 ข้อมูลมาตรฐานอุตสาหกรรมและกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับโรงงาน ได้แก่ ระบบการจัดการที่เป็นมาตรฐานสากล ISO ต่างๆ ระบบการจัดการ Life cycle assessment (LCA) เป็นต้น

4) เข้าเยี่ยมชมโรงงงานเพื่อศึกษาดูกระบวนการผลิตยางแท่งด้วยตัวเอง และเก็บข้อมูลในเชิงลึกอย่างละเอียดตามแบบสอบถามที่ได้วางไว้ โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์จากพนักงานของโรงงานโดยตรง เกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการ

ผลิตทุกขั้นตอน รวมไปถึงน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่จะนำไปใช้วิเคราะห์การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง และเก็บตัวอย่างน้ำดิบ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้งสุดท้ายจากโรงงาน เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าเกรย์วอเตอร์

อย่างไรก็ตามการลงพื้นที่สำรวจโรงงานและการตอบแบบสอบถามของโรงงงานอาจได้ข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามแบบสอบถามที่ได้วางไว้ เนื่องจากข้อมูลบางส่วนทางโรงงานอาจให้ข้อมูลที่ละเอียดได้หรือบางข้อมูลที่โรงงานอาจต้องใช้ระยะเวลาในการรวบรวม ดังนั้น จึงต้องมีการสอบถามและลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลจากโรงงานอย่างต่อเนื่อง

2.2.3 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต น้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้งจากโรงงาน โดยทำการส่งวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำศูนย์ปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าบีโอดี ซึ่งใช้เป็นพารามิเตอร์พื้นฐานในการคำนวณหาค่าเกรย์วอเตอร์ในส่วนของน้ำเสีย เนื่องจากว่าบีโอดีเป็นพารามิเตอร์ที่ระบุในมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ของกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก-2 และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก-3 ถึง ก-4 ตามลำดับ

2.2.3.1 ตัวอย่างน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต

นำตัวอย่างน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต ทำการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ที่ระบุไว้ว่า แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และใช้เพื่อการอุตสาหกรรม

2.2.3.2 ตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้งสุดท้ายหลังบำบัด

นำตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้งสุดท้ายหลังบำบัด มาทำการวิเคราะห์ค่าบีโอดี แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่ทุกโรงงานต้องถือปฏิบัติและให้ความสำคัญของระบบบำบัด

น้ำเสียให้ได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณค่าเกรย์วอเตอร์ และเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดโดยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังออกจากระบบบำบัด

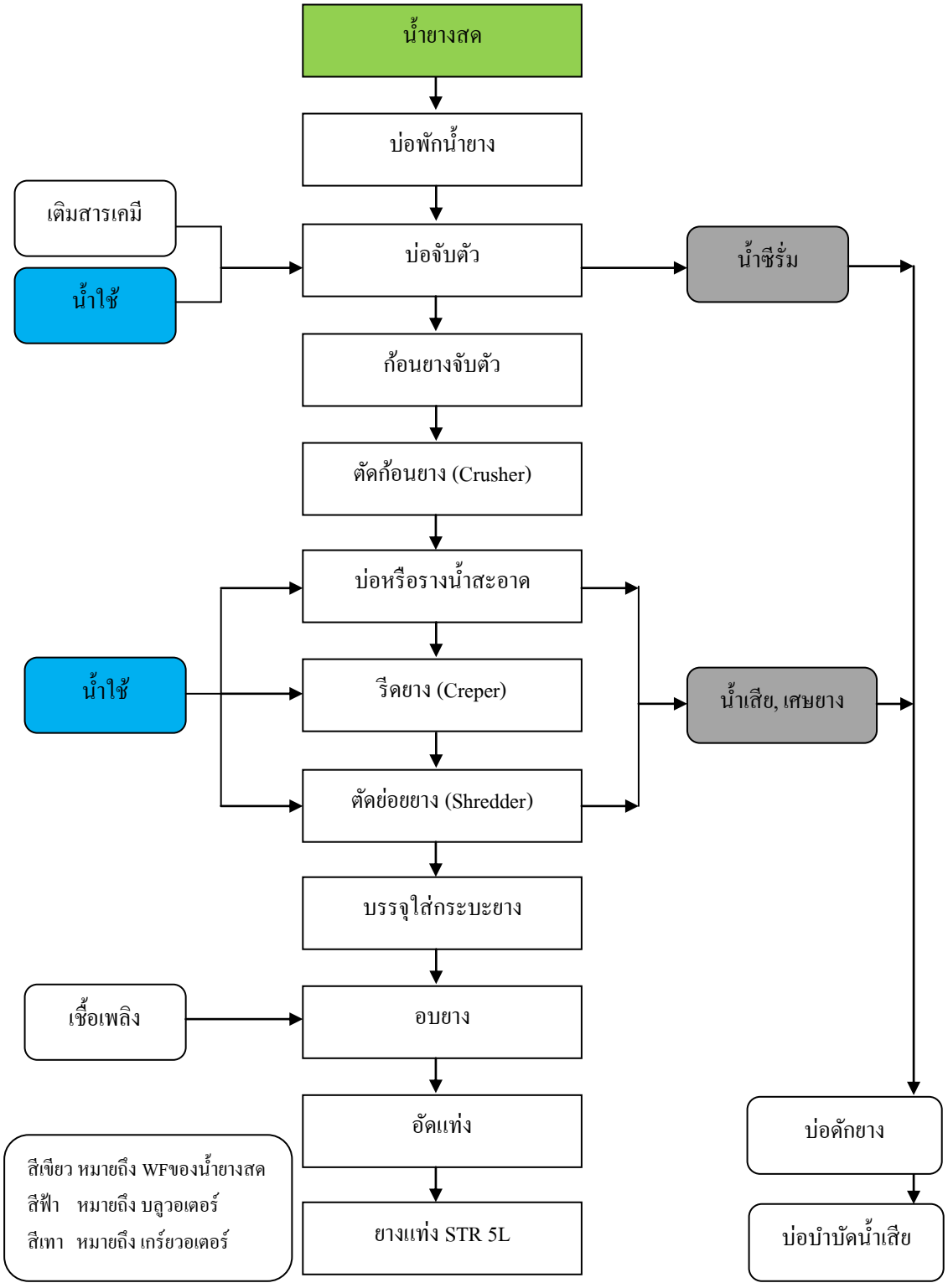
2.2.4 การวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูล (Life cycle inventory analysis) และการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์

2.2.4.1 การจำแนกวัฏจักรชีวิตยางแท่ง

โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ได้แก่

1) ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จากการเพาะปลูกยางพารา และกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ ซึ่งเป็นขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ ก่อนเข้าสู่โรงงานยางแท่ง ได้แก่ น้ำยางสด ยางก้อนถ้วย รวมถึงขั้นตอนกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ ซึ่งเป็นการแปรสภาพจากน้ำยางสดให้อยู่ในรูปของยางแผ่นดิบ เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่ง STR 20 ต่อไป ซึ่งในส่วนนี้ได้นำข้อมูลมาจากโครงการวิจัยการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ปาล์มน้ำมัน ไบโอดีเซล และยางพารา ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2556)

2) ขั้นตอนกระบวนการผลิตยางแท่งภายในโรงงาน เป็นขั้นตอนการแปรรูปวัตถุดิบ ทั้ง น้ำยางสด ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ ให้เป็นผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 โดยวัตถุดิบจะผ่านขั้นตอนกระบวนการผลิตต่าง ๆ ที่มีการใช้น้ำ สารเคมี เชื้อเพลิง ไฟฟ้า เป็นสารขาเข้า สารขาออก ได้แก่ ยางแท่งที่ผลิตได้ วัสดุเศษเหลือ และน้ำเสียที่เกิดขึ้น นำมาสรุปเป็นค่าเฉลี่ยในรูปแบบตารางบัญชีรายการข้อมูล (Inventory analysis) มาใช้เป็นองค์ประกอบในการคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินต์ ที่มีการพิจารณาปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ติดตัวผลิตภัณฑ์ยางแท่งออกไป ดังแผนภาพประกอบที่ 2-2 และ 2-3 แสดงกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ตามลำดับ ที่แสดงถึงการใช้น้ำ และทรัพยากรต่างๆ รวมทั้งสารขาออก ในกระบวนการผลิต



ภาพประกอบที่ 2-2 กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L) และการใช้น้ำประเภทต่างๆ

จากแผนภาพประกอบที่ 2-2 แสดงขั้นตอนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L) สามารถนำมาวิเคราะห์ขั้นตอนที่มีการใช้น้ำ ดังนี้

ขั้นตอนการรับน้ำยางสดจะมีการใช้น้ำเพื่อปรับสภาพน้ำยางสดให้มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางเท่ากับ 30% และฉีดไล่น้ำยางเพื่อป้องกันน้ำยางจับตัวเป็นก้อน ขั้นตอนนี้เป็นการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์ และมีน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสดจากการเพาะปลูก หรือเรียกว่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด

ขั้นตอนการจับตัวของน้ำยาง ในบ่อจับตัว จะมีการใช้กรดฟอร์มิคและสารเคมีต่างๆ เพื่อให้ก้อนยางจับตัว เมื่อน้ำยางจับตัวเป็นก้อน มีการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์ เพื่อช่วยในการลอยตัวของก้อนยาง เข้าสู่ขั้นตอนการตัดก้อนยางต่อไป

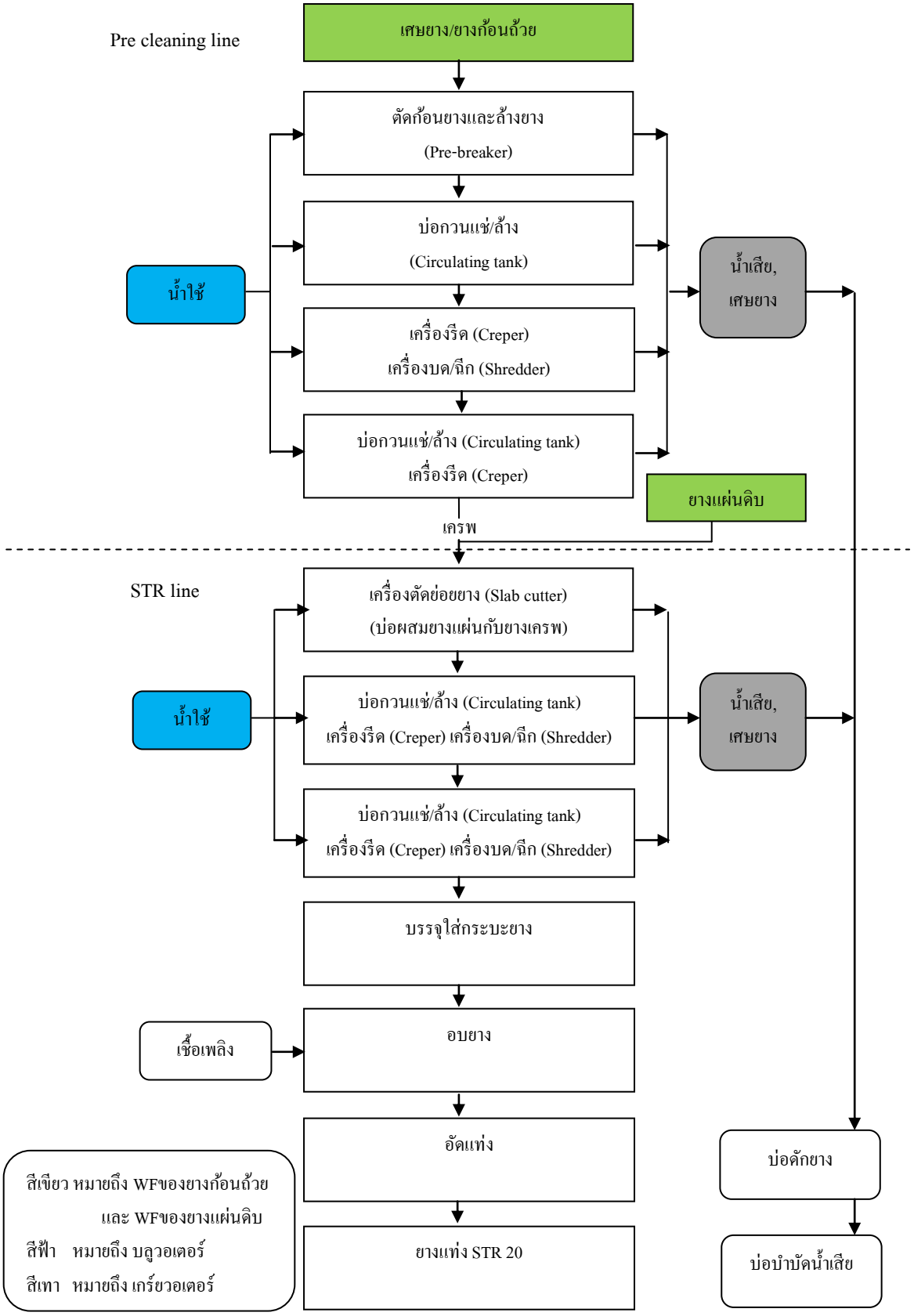
ขั้นตอนการตัดก้อนยางอย่างหยาบ (Crusher) ให้เป็นรูพรุน ขั้นตอนนี้ไม่มีการใช้น้ำ ก้อนยางที่ถูกตัดเป็นรูพรุนแล้ว จะถูกส่งไปยังสายพานลำเลียงเข้าสู่รางแช่น้ำหรือบ่อทำความสะอาด

ขั้นตอนการทำความสะอาดยาง ในบ่อแช่หรือรางน้ำสะอาด ขั้นตอนนี้จะมีการล้างทำความสะอาดกรด เป็นการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์

ขั้นตอนการรีดยาง (Creper) ให้เป็นแผ่นบาง ขั้นตอนนี้จะมีการใช้น้ำหล่อเลี้ยงตลอดเวลาเพื่อป้องกันยางจับตัวเป็นก้อนใหญ่ เป็นการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์

ขั้นตอนการตัดย่อยยาง (Shredder) ให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขั้นตอนนี้จะมีการใช้น้ำหล่อเลี้ยงตลอดเวลาเช่นกันเพื่อป้องกันยางจับตัวเป็นก้อนใหญ่ เป็นขั้นตอนที่มีการใช้น้ำและการล้างทำความสะอาดยางครั้งสุดท้ายในกระบวนการผลิตยางแท่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์ จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการอบแห้ง และอัดแท่งต่อไป

น้ำเสียจากทุกกระบวนการผลิตในขั้นตอนที่มีการใช้น้ำ จะไหลลงสู่บ่อดักยาง เพื่อดักตะกอนและเศษยางต่างๆ ออก จากนั้นก็จะไหลรวมลงสู่บ่อบำบัดน้ำเสีย เพื่อผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้ต่อไป ซึ่งปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตจัดเป็นน้ำประเภทเกรย์วอเตอร์



ภาพประกอบที่ 2-3 กระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20) และการใช้น้ำประเภทต่างๆ

และจากแผนภาพประกอบที่ 2-3 แสดงขั้นตอนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20) สามารถนำมาวิเคราะห์ขั้นตอนการที่มีการใช้น้ำ ดังนี้

ขั้นตอนการเตรียมยางแห้ง จำพวก ยางก้อนถ้วยและเศษยาง ซึ่งจะมีการฉีดพรมน้ำเพื่อให้ยาง และล้างทำความสะอาดยาง เพื่อเอาเศษดินที่ปนเปื้อนมากับยางแห้งเหล่านั้นออก ก่อนเข้าสู่กระบวนการตัดก้อนยางให้เป็นก้อนเล็กๆ (Slab cutter) ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงมีการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์ และมีน้ำที่ติดตัวมากับยางก้อนถ้วย เรียกว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางก้อนถ้วย

ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดก้อนยางในบ่อกวนแช่/ล้าง (Circulating tank) ขั้นตอนนี้จะมีการน้ำเพื่อล้างทำความสะอาดก้อนยาง เป็นการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์

ขั้นตอนการรีดยาง และตัดย่อยยาง (บด/ฉีก) ให้เป็นแผ่นเครพ ขั้นตอนนี้จะมีการใช้น้ำหล่อเลี้ยงอยู่ตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ยางจับตัวเป็นก้อนใหญ่ และจะลำเลียงยางที่ผ่านการตัดย่อยแล้วไปยังบ่อกวนแช่/ล้างอีกครั้ง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำสลับกันไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ยางชิ้นเล็กๆ และสะอาดเป็นที่น่าพอใจ จัดเป็นการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์ จากนั้นจะถูกส่งไปยังบ่อผสม

ขั้นตอนการตัดย่อยยางแผ่นดิบที่สะอาด (Pre breaker) แล้วลำเลียงไปยังบ่อผสมกับยางเครพ ขั้นตอนนี้จะมีการใช้น้ำในบ่อผสมซึ่งเป็นน้ำประเภทบลูวอเตอร์ และมีน้ำที่ติดตัวมากับยางแผ่นดิบ จากขั้นตอนกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ เรียกว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางแผ่นดิบ

ขั้นตอนการรีดยาง และตัดย่อยยาง (บด/ฉีก) ให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขั้นตอนนี้จะมีการใช้น้ำหล่อเลี้ยงอยู่ตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ยางจับตัวเป็นก้อนใหญ่ จากนั้นลำเลียงยางไปยังบ่อกวนแช่/ล้างอีกครั้ง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะกระทำสลับกันไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ยางชิ้นเล็กๆ และสะอาดเป็นที่น่าพอใจ จำนวนครั้งในการรีดยาง ตัดย่อยยางและทำความสะอาดยางของแต่ละโรงงาน จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของแต่ละโรงงาน ในขั้นตอนนี้มีการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์ จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการอบแห้ง และอัดแท่งต่อไป

น้ำเสียจากทุกกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนจะไหลลงสู่บ่อดักยาง เพื่อดักตะกอนและเศษยางต่างๆ จากนั้นก็จะไหลรวมลงสู่บ่อบำบัดน้ำเสีย เพื่อผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้ต่อไป ซึ่งปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตจัดเป็นน้ำประเภทเกรย์วอเตอร์

2.2.4.2 การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ตามหลักการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ หรือปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ และส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ซึ่งในส่วนของ

กระบวนการผลิตภายในโรงงาน ก็มีการใช้น้ำทั้งทางตรง หรือปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง) และการใช้น้ำทางอ้อม หรือปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ รวมถึงสารเคมี เชื้อเพลิง ไฟฟ้า และการขนส่งทรัพยากรเหล่านั้นมายังโรงงาน (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) โดยมีการพิจารณาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ แบ่งออกเป็น 4 กรณีย่อย ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 รูปแบบการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์

กรณี	การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระบวนการผลิตภายในโรงงาน	
		การใช้น้ำทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง)	การใช้น้ำทางอ้อม (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)
1	✓	x	x
2	✓	✓	x
3	✓	x	✓
4	✓	✓	✓

ตารางที่ 2-1 รูปแบบการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ มีรายละเอียดดังนี้

- กรณี 1 การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตยางแท่งที่คิดเฉพาะการได้มาซึ่งวัตถุดิบ หรือปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ ที่ได้จากการเพาะปลูกยางพารา และกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ โดยแบ่งออกเป็น วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่ง STR 5L และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่ง STR 20

- กรณี 2 การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์โดยรวมค่าการใช้น้ำทางตรงของโรงงาน คือ เป็นการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่คิดทั้งในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ คิดรวมกับปริมาณการใช้น้ำทางตรงในขั้นตอนกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ซึ่งจัดเป็นการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์ทางตรง

- กรณี 3 การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์โดยรวมค่าการใช้น้ำทางอ้อมของโรงงาน คือ เป็นการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่คิดทั้งในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ คิดรวมกับปริมาณการใช้น้ำทางอ้อม หรือปริมาณน้ำที่ติดตัวตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ซึ่งจัดเป็นวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อม หรือเรียกว่า บลูวอเตอร์ทางอ้อม

- กรณี 4 การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์คิดทั้งใน 2 ส่วน คือ ส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ที่มีการใช้น้ำทั้งทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง) และการใช้น้ำทางอ้อมภายในโรงงาน (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)

ผลการประเมินในแต่ละกรณีดังกล่าว เพื่อสามารถนำมาเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ให้เห็นถึงปริมาณการใช้น้ำที่มาจากในส่วนต่างๆ ทั้งในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อจะนำไปสู่การหาสาเหตุที่ส่งผลต่อค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ พร้อมทั้งหาแนวทางการแก้ไขปัญหาหรือปรับปรุงปริมาณการใช้น้ำได้อย่างตรงจุด ทั้งนี้ในการรายงานผลค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่งในงานวิจัยฉบับนี้ จะใช้รูปแบบการประเมินในกรณี 4 เพื่อให้ได้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่รวมการประเมินครอบคลุมทั้งในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตภายในโรงงานที่คิดการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม

1) วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง

จากทั้ง 2 กระบวนการผลิตที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น สามารถนำมาคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์กระบวนการผลิตของโรงงานยางแท่ง โดยจะใช้วิธีการรวมสะสมในแต่ละขั้นตอน ตามวิธีของ Hoekstra และคณะ (2011) ซึ่งจะใช้สำหรับกระบวนการผลิตที่ได้ผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยในกระบวนการผลิตยางแท่งจะประกอบด้วยหลายกระบวนการผลิตย่อย และมีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นมากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ ประกอบไปด้วย ยางแท่ง เป็นผลิตภัณฑ์หลัก และเศษยางเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ดังนั้นจึงใช้วิธีการรวมสะสมในแต่ละขั้นตอน มาใช้ในการคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง โดยมีสมการในการคำนวณ ดังนี้

ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง คำนวณได้จากสมการ (1)

$$WF_{prod}[p] = \left(WF_{proc}[p] + \sum_{i=1}^{y} \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_v[p] \quad \cdots\cdots\blacktriangleright \textbf{(1)}$$

โดย $WF_{prod}[i]$ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ p (m^3/ton)

$WF_{prod}[p]$ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของวัตถุดิบ i (m^3/ton)

$WF_{proc}[p]$ คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิต (ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม) ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของน้ำที่ใช้ต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ p (m^3/ton)

$f_p[p,i]$ คือ ค่าสัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์ (Product fraction)
$f_v[p]$ คือ สัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ (Value fraction)

ค่าสัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์ หาได้จากมวลของผลิตภัณฑ์ p ต่อวัตถุดิบ i หรือเขียนเป็นสมการได้ดังสมการ (1.1)

$$f_p[p,i] = \frac{w[p]}{w[i]} \qquad \text{.....} \blacktriangleright \textbf{(1.1)}$$

โดย $f_p[p,i]$ คือ สัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์
$w[p]$ คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ตัน)
$w[i]$ คือ ปริมาณวัตถุดิบ (ตัน)

และสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ คำนวณได้จากมูลค่าของผลิตภัณฑ์ p ต่อมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมด (p เท่ากับ 1-z) เขียนเป็นสมการได้ดังสมการ (1.2)

$$f_v[p] = \frac{price[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^{z} (price[p] \times w[p])} \qquad \text{.....} \blacktriangleright \textbf{(1.2)}$$

โดย $f_v[p]$ คือ สัดส่วนมูลค่าผลิตภัณฑ์
$price[p]$ คือ มูลค่าหรือราคาของผลิตภัณฑ์ (บาท/ตัน)
$w[p]$ คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ตัน)

2) เกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำเสีย

การประเมินเกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำเสีย โดยใช้ค่า BOD_5 เป็นพารามิเตอร์พื้นฐานในการคำนวณ สามารถคำนวณได้ดังสมการ (2)

$$Grey_{WF} = \frac{[(Q_{eff} \, x \, C_{eff}) - (Q_{abst} x \, C_{abst})]}{(C_{\max} - C_{nat})} \qquad \text{.....} \blacktriangleright \textbf{(2)}$$

โดย Q_{eff} คือ อัตราการไหลของน้ำทิ้ง (น้ำเสียหลังบำบัด) (m^3/s)

C_{eff} คือ ความเข้มข้นของ BOD_5 ในน้ำทิ้ง (mg/L)

Q_{abst} คือ อัตราการไหลของน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต (m^3/s)

C_{abst} คือ ความเข้มข้นของ BOD_5 ในน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต (mg/L)

C_{max} คือ ความเข้มข้นของ BOD_5 สูงสุดที่ยอมรับได้ (มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 (mg/L))

C_{nat} คือ ความเข้มข้นของ BOD_5 ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ (ในการคำนวณนี้ให้ค่าเป็น 0 mg/L เนื่องจากแหล่งน้ำธรรมชาติในบริเวณดังกล่าว ยังไม่มีการศึกษาที่รายงานถึงค่า BOD_5 ในแหล่งน้ำธรรมชาติดังกล่าวมาก่อน)

ในขั้นตอนกระบวนการผลิตภายในโรงงานนั้น การใช้น้ำที่เกิดขึ้นจะเป็นในส่วนของการใช้น้ำประเภทบลูวอเตอร์ ซึ่งประเมินเป็นปริมาณน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต และเกรย์วอเตอร์ ประเมินเป็นปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ไปสู่แหล่งน้ำดีในธรรมชาติ (Freshwater bodies) ที่ต้องการมารองรับมลสารปนเปื้อน (BOD_5) บนพื้นฐานของการป้องกันไม่ให้ส่งกระทบต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำนั้น หากมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ส่วนกรีนวอเตอร์ในกระบวนการผลิตไม่มีการเกิดขึ้น เป็นเพียงแต่ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบเท่านั้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ เรียกว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ

2.2.5 การประเมินผลกระทบ (Impact assessment)

เป็นการประเมินผลกระทบจากบัญชีรายการ ข้อมูลผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ และข้อมูลต่างๆที่รวบรวมได้ไปสู่การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็น

- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านทรัพยากรน้ำและชุมชน ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำ ปริมาณลุ่มน้ำที่มีอยู่ในท้องถิ่น การใช้น้ำและการขาดแคลนทรัพยากรน้ำ

- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านการปนเปื้อนของสารเคมีในแหล่งน้ำ จากน้ำทิ้งกระบวนผลิตยางแท่ง ซึ่งจากการศึกษาของวันชัย แก้วยอด (2540) ระบุว่า ปัญหาน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงาน ประกอบกับน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีการปนเปื้อนด้วยสารอาหาร SS SO_4^{2-} และสารอินทรีย์สูง

2.2.6 การแปรผลและการตีความ (Interpretation)

จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้ตามขั้นตอนของกระบวนการศึกษาที่ได้กล่าวมาข้างต้น ซึ่งเป็นไปตามวิธีการของ Hoekstra และคณะ (2011) ที่ต้องมีการศึกษาถึงปริมาณน้ำทั้งทางตรง คือ ปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง (บลูวอเตอร์) และการใช้น้ำทางอ้อม คือปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ รวมไปถึงปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง (เกรย์วอเตอร์) ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำดีที่ใช้ในการเจือจางน้ำเสียจากกระบวนการผลิตให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน จากนั้น นำค่าปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังกล่าวมาทำการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ โดยวิธี The step-wise accumulative approach ที่ได้กล่าวอ้างอิงไว้ในขั้นตอนการศึกษา แปรผลมาเป็นวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 จากนั้นนำผลและข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาตีความ เพื่อให้ได้ข้อสรุปผลจากการใช้น้ำทั้งในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตภายในโรงงานที่มีการใช้น้ำทั้งทางตรง และทางอ้อมที่แฝงไปกับผลิตภัณฑ์ยางแท่ง หรือการจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Hoekstra *et al*., 2011) การที่สามารถคำนวณปริมาณน้ำเหล่านั้นได้ หรือการทราบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของการผลิตยางแท่งจะทำให้เข้าใจได้ดีขึ้นถึงปริมาณน้ำที่ซ้อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้า และสามารถนำมาประเมินผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรน้ำในการผลิตสินค้า ซึ่งวอเตอร์ฟุตพริ้นต์จะแสดงให้เห็นถึงปริมาณการใช้น้ำที่มาจากส่วนต่างๆ จึงนำไปสู่การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านต่างๆ ทั้งทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำที่มีอยู่ หรือมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เพื่อนำไปสู่การบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำที่มีอยู่ของหน่วยงานรัฐหรือเอกชน เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในอนาคตของภาคธุรกิจ หาแนวทางในการลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต และปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของโรงงานให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง ได้จากฐานข้อมูลวอเตอร์ฟุตพริ้นต์นี้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นต์ของอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ใช้วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมยางแท่งต่อไป อีกทั้งวอเตอร์ฟุตพริ้นต์สามารถนำมาควบคุมการใช้น้ำในอนาคตของผลิตภัณฑ์นั้นได้ หรือสามารถนำมาตรวจสอบได้ว่ามีการปรับปรุงหรือพัฒนาอย่างไรแล้วบ้าง

2.2.7 การสรุป และวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดทั้งข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลปฐมภูมิและค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นต์จากการคำนวณ มาวิเคราะห์สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย พร้อมทั้งค้นหาข้อมูลที่เคยได้ศึกษามาก่อนหน้านี้มาสนับสนุนผลการศึกษาและใช้ในการวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย ในประเด็น ปริมาณการใช้น้ำของอุตสาหกรรมยางแท่ง ที่แสดงภาพรวมของปริมาณการใช้

น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตยางแท่ง เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ครอบคลุมในการตอบประเด็นปัญหาโดยเฉพาะให้ตอบรับกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ตามหลักการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ร่วมกับหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) มาใช้ในการศึกษานี้ ทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่ซ้อนเร้นอยู่ในผลิตภัณฑ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบสิ้นสุดถึงกระบวนการผลิตภายในโรงงานของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง เพื่อนำไปสู่แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำและลดมลพิษทางน้ำ โดยมีรายละเอียดการศึกษาวิจัย ดังนี้

ผู้วิจัยได้ทำการส่งหนังสือพร้อมแนบแบบสอบถามข้อมูลที่ต้องการ (ดังแสดงภาคผนวก ข) เพื่อขอรับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากโรงงานยางแท่งในจังหวัดสงขลา ประกอบไปด้วย โรงงานยางแท่ง STR 5L และโรงงานยางแท่ง STR 20 ซึ่งได้รับการตอบรับจากโรงงานทั้งหมด 7 โรงงาน และผลจากการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยวิธีการสัมภาษณ์ จากการสำรวจภาคสนาม และสืบค้นข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานและแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการเพาะปลูกยางพารา จากโครงการวิจัยการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ปาล์มน้ำมันไบโอดีเซล และยางพารา ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (2556) ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่ง และกระบวนการผลิตยางแท่ง จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม และสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร รวมถึงข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า จากโปรแกรม SimaPro 7.3.2, Ecoinvent 2.2 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เพื่อนำมาประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง โดยมีรายละเอียดการศึกษาวิจัย ดังนี้

3.1 ข้อมูลทั่วไปโรงงานยางแท่ง

จากการติดต่อประสานงานและศึกษาโรงงานยางแท่ง ในจังหวัดสงขลา จำนวน 17 โรงงาน (ดังตารางภาคผนวก ค-1) มีโรงงานเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ ทั้งหมด 7 โรงงาน (คิดเป็น 41.18 % ของจำนวนโรงงานยางแท่งทั้งหมด) ดังตารางที่ 3-1 โดยแบ่งออกเป็น โรงงานยางแท่ง STR 5L จำนวน 5 โรงงาน โรงงานยางแท่ง STR 20 จำนวน 2 โรงงาน ในพื้นที่จังหวัดสงขลาทั้งหมด ประกอบด้วย อำเภอจะนะ อำเภอบางกล่ำ อำเภอรัตภูมิ และอำเภอสะเดา โดยในการศึกษานี้ได้แบ่ง

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ออกเป็น 2 ประเภท คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20

ตารางที่ 3-1 จำนวนโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่เข้าร่วมเก็บข้อมูล ในจังหวัดสงขลา

ลำดับ	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต (ตัน/เดือน)	รหัสโรงงาน
1	ยางแท่ง STR 5L	800	A
2	ยางแท่ง STR 5L	200	B
3	ยางแท่ง STR 5L	140	C
4	ยางแท่ง STR 5L	250	D
5	ยางแท่ง STR 5L	85	E
6	ยางแท่ง STR 20	1,400	F
7	ยางแท่ง STR 20	4,500	G

จากตารางที่ 3-1 โรงงานยางแท่งที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 7 โรงงาน โดยรหัสโรงงานดังกล่าวข้างต้นจะเรียงลำดับตามการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภายในโรงงาน และแบ่งการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานยางแท่ง ออกเป็น 2 ประเภท คือ โรงงานยางแท่ง STR 5L และโรงงงานยางแท่ง STR 20 โดยโรงงานยางแท่ง STR 5L มีจำนวน 5 โรงงาน จะประกอบไปด้วย โรงงาน A มีกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L สูงกว่าโรงงานยางแท่ง STR 5L อื่นๆ คือ มีกำลังการผลิต 800 ตันต่อเดือน โรงงาน B C และ D มีกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L 200 140 และ 250 ตันต่อเดือน ตามลำดับ และโรงงาน E มีกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L น้อยที่สุด คือ 85 ตันต่อเดือน สำหรับโรงงานยางแท่ง STR 20 ซึ่งมีเพียง 2 โรงงาน และเป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิตสูงกว่าโรงงานยางแท่ง STR 5L ทั้ง 2 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน F และ G มีกำลังการผลิตยางแท่ง STR 20 1,400 และ 4,500 ตันต่อเดือน ตามลำดับ

3.2 สภาพพื้นที่ตั้งของโรงงาน

โรงงานอุตสาหกรรมยางแท่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โรงงาน A B C D และ E เป็นโรงงานยางแท่ง STR 5L ที่มีขนาดพื้นที่ไม่ใหญ่มากหนัก แต่โรงงาน F และ G เป็นโรงงานยางแท่ง STR 20 มีเนื้อที่โรงงานขนาดกว้างใหญ่ อาจเนื่องจาก โรงงานยางแท่ง STR 20 มีขั้นตอนกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนกว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีอุปกรณ์ จำนวนเครื่องจักร

จำนวนหลายตัว ดังนั้นจึงต้องมีบริเวณพื้นที่กว้างขวางกว่าโรงงานยางแท่ง STR 5L สภาพพื้นที่ตั้งส่วนใหญ่ของโรงงาน พบว่า โรงงานส่วนใหญ่ตั้งอยู่บนถนนสายหลักหรือสายรอง มีชุมชนล้อมรอบในรัศมีมากกว่า 1-10 กิโลเมตร รวมทั้งพื้นที่เกษตร ได้แก่ สวนยางพารา สวนผลไม้ ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น นอกจากนี้ พื้นที่ตั้งของโรงงานบางโรงงาน เช่น โรงงาน A อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำธรรมชาติ ลำคลอง หนอง บึง ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้กับแหล่งชุมชน ซึ่งถ้าหากโรงงานมีการปล่อยน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งออกจากโรงงาน ก็อาจจะส่งผลกระทบต่อสภาพแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ต่างๆ ในแหล่งน้ำจากโรงงาน และส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนรอบข้าง การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำในชุมชนเพื่อการเกษตร การเลี้ยงสัตว์ และอื่นๆ หากไม่ได้รับการดูแลหรือการจัดการที่ดีพอจากกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม แต่จากการสอบถามข้อมูลจากโรงงานโดยส่วนใหญ่ พบว่า โรงงานไม่ได้มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และบางโรงงาน เช่น โรงงาน A และ โรงงาน E มีการหมุนเวียนน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดมาใช้ในส่วนของการล้างทำความสะอาดพื้นในส่วนของกระบวนการผลิต และนำมาใช้รดน้ำต้นไม้บริเวณรอบๆ โรงงาน

3.3 กำลังการผลิต

โรงงานยางแท่งจำนวน 7 โรงงานที่ได้ดำเนินการศึกษานั้น คิดเป็น 41.18 % ของจำนวนโรงงานยางแท่งทั้งหมดในจังหวัดสงขลา มีกำลังการผลิตระหว่าง 85-4,500 ตันยางแท่งต่อเดือน ประกอบไปด้วย การผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด ประเภท STR 5L จำนวน 5 โรงงาน และการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง ประเภท STR 20 จำนวน 2 โรงงาน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณากำลังการผลิตของโรงงานยางแท่งแต่ละโรงงาน พบว่า มีกำลังการผลิตแตกต่างกันตามประเภทการผลิต โดยการผลิตยางแท่ง STR 20 ของโรงงาน F และ G จะมีกำลังการผลิตที่สูงทั้งสองโรงงาน ซึ่งมีกำลังการผลิตอยู่ระหว่าง 1,400-4,500 ตันยางแท่งต่อเดือน นอกจากนั้น ยังพบว่าโรงงานที่ผลิตยางแท่ง STR 20 มีขนาดกำลังการผลิตที่มากกว่าโรงงานยางแท่ง STR 5L ทั้งนี้อาจเนื่องจาก โรงงานที่ผลิตยางแท่ง STR 20 เป็นโรงงานที่ผลิตยางแท่งจากยางแห้ง จำพวกเศษยาง ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ มีการใช้ทรัพยากร เชื้อเพลิง พลังงานในขั้นตอนกระบวนการผลิต และจำนวนอุปกรณ์ที่มากกว่า มีขั้นตอนกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน ดังนั้น กำลังการผลิตของโรงงานประเภทนี้จึงค่อนข้างสูงเพื่อให้คุ้มค่ากับการลงทุนและขั้นตอนกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน นอกจากนี้ยังพบว่าโรงงานที่ผลิตยางแท่งจากยางแห้งจะไม่มีการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ ร่วมด้วย เช่น น้ำยางข้น เป็นต้น จะเป็นโรงงานที่ผลิตยางแท่งจากยางแห้งเพียงอย่างเดียว ส่วนโรงงานยางแท่งจากน้ำยางสด ได้แก่ โรงงาน A B C D และ E พบว่า มีกำลังการลิตยางแท่งที่ครอบคลุมหลายขนาด โดยมีกำลังการผลิตอยู่

ระหว่าง 85-800 ตันยางแท่งต่อเดือน ซึ่งนอกเหนือจากการผลิตยางแท่ง STR 5L แล้วยังมีการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆร่วมด้วย ได้แก่ การผลิตน้ำยางข้น หรือยางสกิมเครพ ดังตารางที่ 3-2 ดังนั้น จึงมีกำลังการผลิตที่ครอบคลุมหลายขนาด

ตารางที่ 3-2 ประเภทการผลิตผลิตภัณฑ์ยางของโรงงานที่ศึกษา

โรงงาน	ประเภทการผลิต	ผลิตยางแท่ง (คิดเป็น%)
A	ยางแท่งและน้ำยางข้น	30
B	ยางแท่ง, น้ำยางข้นและยางสกิมบล็อก	30
C	ยางแท่ง, น้ำยางข้นและยางสกิมบล็อก	40
D	ยางแท่ง	100
E	ยางแท่ง, น้ำยางข้นและยางสกิมบล็อก	50
F	ยางแท่ง	100
G	ยางแท่ง	100

จากตาราง 3-2 โรงงานที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ ร่วมด้วย นอกเหนือจากยางแท่งแล้ว จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและการเข้าศึกษาดูกระบวนการผลิตโดยตรง พบว่า ไลน์การผลิตมีการแยกส่วนการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทอย่างชัดเจน ส่วนข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรต่างๆ จากการสอบถามจากพนักงานตามแบบสอบถามที่ได้วางไว้ถึงปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรต่างๆ ที่โรงงานนำมาใช้ในการผลิตยางแท่งจริงๆ รวมถึงปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น โดยบางโรงงานมีการแบ่งแยกการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ในการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน แต่บางโรงงานกำหนดมาให้เป็นเปอร์เซ็นต์ปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรในการผลิตยางแท่ง รวมถึงปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น คือ โรงงาน A B C และ E ซึ่งโดยส่วนใหญ่ผลิตน้ำยางข้นเป็นหลัก โดยจะผลิตยางแท่งคิดเป็น 30-50 % ของการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ปริมาณการสั่งซื้อความต้องการของลูกค้า ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ที่ทางโรงงานกำหนดมาให้ดังกล่าวมาคำนวณเพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากร รวมถึงปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ในการผลิตยางแท่งที่แท้จริง

และจากการสอบถามข้อมูลการผลิตของโรงงานที่เข้าสำรวจเก็บข้อมูล พบว่า กำลังการผลิตยางแท่งของแต่ละโรงงานจะไม่เท่ากันตลอดทั้งปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลการเก็บเกี่ยวน้ำยางสด คือ ในช่วงฤดูฝนของทางภาคใต้ (เดือนกันยายน-ธันวาคม) และฤดูที่ต้นยางพารามีการผลัดใบซึ่งทำให้มีปริมาณน้ำยางน้อย (เดือนมีนาคม-พฤษภาคม) เกษตรกรจะกรีดยางน้อยลง ทำให้วัตถุดิบ

สำหรับการผลิตยางแท่งน้อยลงส่งผลให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ยางแท่งของโรงงานลดน้อยลงเช่นกัน หรือบางโรงงานอาจหยุดช่วงการผลิตในช่วงเดือนดังกล่าว โดยส่วนใหญ่จำนวนวันที่ทำการผลิตของโรงงาน 6-7 วันต่อสัปดาห์ จำนวนชั่วโมงที่ผลิตต่อวันจะแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 8-16 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 2 กะต่อวัน กะละ 8 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุดิบ ช่วงเวลาฤดูกาล และปริมาณการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ยางแท่งจากลูกค้า

3.4 กระบวนการผลิตยางแท่งประเภทต่างๆ การใช้น้ำ และจุดกำเนิดน้ำเสีย

จากการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลและการสำรวจภาคสนาม พบว่า โรงงานมีการผลิตยางแท่งมาตรฐาน (Standard Thai Rubber ; STR) 2 ประเภทหลักๆ คือ กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด หรือการผลิตยางแท่งคุณภาพดี ได้แก่ STR XL STR 5L STR 5CV และ STR 10CV ยางแท่งประเภทนี้เป็นการนำน้ำยางสดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางแท่ง และกระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้งหรือการผลิตยางแท่งคุณภาพด้อยกว่า ได้แก่ STR 10 และ STR 20 โดยการนำเศษยาง ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบมาแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ดังนั้นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยางแท่งสามารถใช้ได้ทั้งน้ำยางสดและยางแห้งที่จับตัวแล้ว โดยการผลิตยางแท่งทั้งสองประเภทมีกระบวนการผลิตหลักที่คล้ายกัน ทั้งทางด้านกรรมวิธีการผลิต อุปกรณ์และเครื่องจักรเทคโนโลยีที่ใช้ผลิต อาจมีแตกต่างกันบ้างตรงปริมาณการใช้วัตถุดิบ การใช้สารเคมี และกระบวนการผลิตแยกย่อยที่แตกต่างกันและซับซ้อนกว่า เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของโรงงานและประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต คุณสมบัติและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ยางแท่งที่ลูกค้าต้องการ นอกจากนี้ ยังพบว่า ขั้นตอนที่มีการใช้น้ำและจุดกำเนิดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตยางแท่งทั้งสองประเภทเหมือนกัน กล่าวคือ มีการใช้น้ำและจุดกำเนิดน้ำเสีย ในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดยาง การรีดยาง และการตัดย่อยยาง ในการศึกษานี้มุ่งเน้นเฉพาะกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 เท่านั้น ซึ่งขั้นตอนและรายละเอียดกระบวนการผลิตยางแท่งแต่ละประเภทสรุปได้ดังนี้

3.4.1 กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L)

ขั้นตอนการผลิตโดยสังเขปแสดงในภาพประกอบ 3-1 และ 3-2 มีรายละเอียดดังนี้

การรับน้ำยางสด เมื่อรับน้ำยางสดจากเกษตรกรจะมีการชั่งน้ำหนัก จากนั้นพนักงานจะเก็บตัวอย่างน้ำยางสดมาทดสอบการปนเปื้อนของสาร TMTD/TZ พร้อมทั้งตรวจสอบค่าแอมโมเนียไม่ให้เกิน 0.06 % และเปอร์เซ็นต์ DRC มากกว่า 24 % ก่อนเทน้ำยางลงบ่อรับรับน้ำยาง มีการกรองแยกสิ่งสกปรกที่อาจจะติดมากับน้ำยาง หลังจากนั้นปรับสภาพน้ำยางให้มี

เปอร์เซ็นต์แอมโมเนียน้อยกว่า 0.04 % และเปอร์เซ็นต์ DRC เท่ากับ 30 % โดยการนำน้ำยางสดมาเจือจางโดยการเติมน้ำให้มีเปอร์เซ็นต์ตามที่กำหนด

การจับตัวของน้ำยาง โดยการเติมกรดฟอร์มิค ความเข้มข้น 2 % น้ำยางที่ผ่านการปรับสภาพหรือปรับเปอร์เซ็นต์เนื้อยาง (% DRC) แล้ว จะถูกเทลงไปในรางผสมกรด แล้วพักทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง จากนั้นจะมีการใช้น้ำปริมาณมากเพื่อให้ก้อนยางลอยตัวและล้างกรด

การตัดก้อนยาง (Crusher) เป็นขั้นตอนการตัดก้อนยางที่จับตัวแล้วให้มีลักษณะเป็นรูพรุน

รางน้ำแช่ล้างทำความสะอาดและรีดยาง (Creper) ก้อนยางที่ถูกตัดเป็นรูพรุนแล้วจะถูกส่งไปตามรางน้ำเพื่อแช่ล้างทำความสะอาดอีกครั้ง แล้วส่งผ่านไปยังเครื่องรีดยาง เพื่อรีดเอาน้ำออกด้วยเครื่องจักรรีด จนได้ยางแผ่นที่บางกว่าเดิม ขั้นตอนนี้จะมีการหล่อน้ำตลอดเวลา เพื่อป้องกันยางจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่

การตัดย่อยยางหรือการสับฝอย ยางที่ผ่านการรีดแล้วจะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องตัดย่อยยางให้เป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งในขณะที่ยางกำลังผ่านขั้นตอนการรีดและตัดย่อยยางจะมีการฉีดน้ำหล่อตลอดเวลา เพื่อชำระสิ่งสกปรกที่อาจติดมากับยางและป้องกันยางจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่

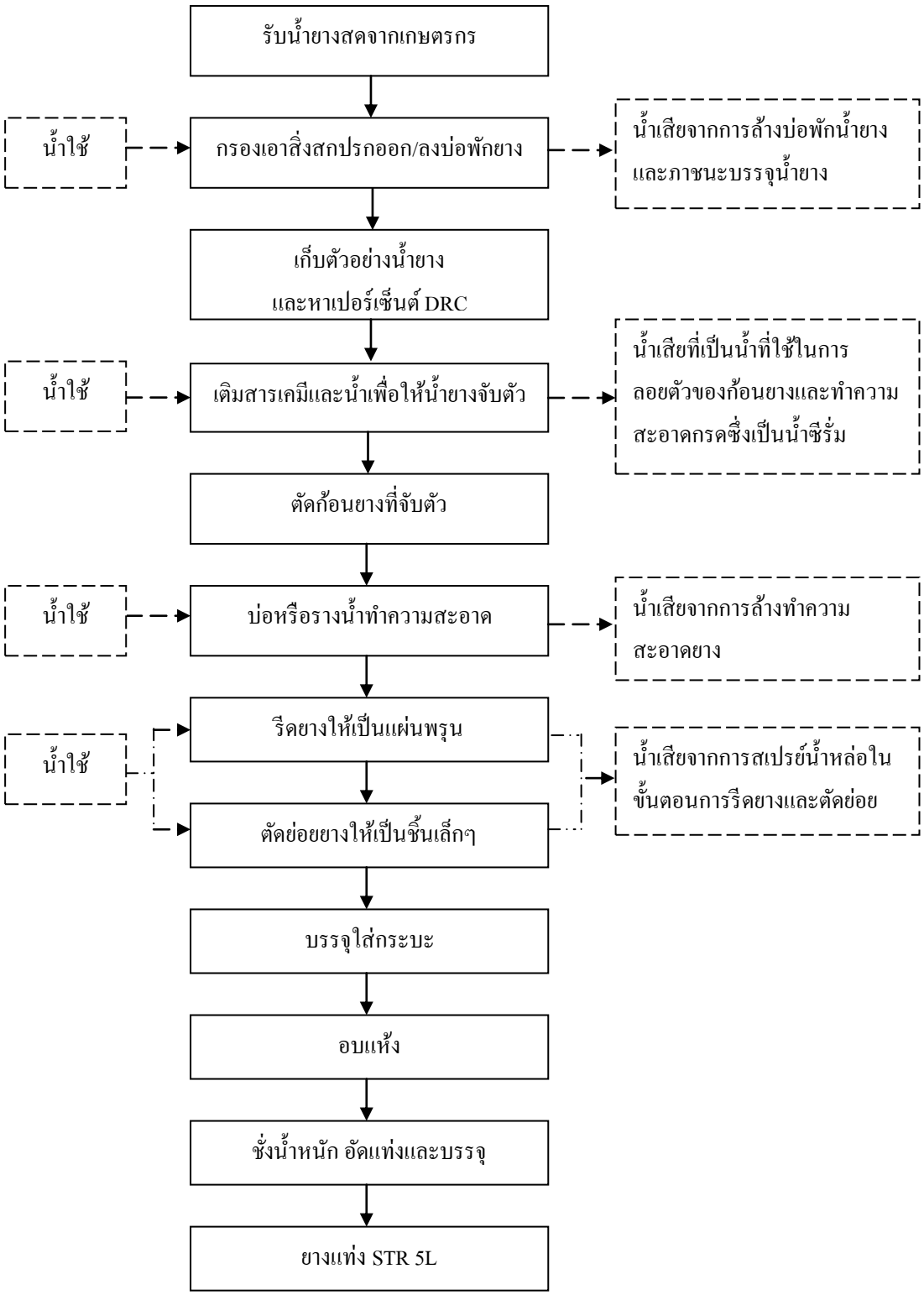
การอบแห้ง ยางที่ผ่านการตัดย่อยจนได้ชิ้นเล็กๆแล้ว จะบรรจุใส่กระบะเพื่ออบแห้งต่อไป ด้วยอุณหภูมิที่ 115-130 ºC ใช้เวลาประมาณ 3-3.5 ชั่วโมง โดยใช้น้ำมันดีเซลหรือก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงในการอบยาง

การอัดแท่งและบรรจุยางแท่ง นำยางที่อบแล้วซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งออกจากกระบะ เพื่อนำมาชั่งน้ำหนักตามที่ต้องการ คือ 33.33 หรือ 35 กิโลกรัมต่อก้อน จากนั้นเข้าสู่เครื่องอัดแท่งเพื่ออัดให้เป็นแท่ง แล้วลำเลียงไปตามสายพานเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุด้วยพลาสติกโพลีเอททีลีน (Polyethylene) เนื่องจากมีความเหนียว แข็งแรง ไม่ฉีกขาดง่าย แล้วนำไปเก็บไว้บนพาเลทหรือลังไม้ เพื่อรอการส่งออกให้แก่ลูกค้าต่อไป

3.4.2 จุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L

น้ำเสียที่เกิดจากการผลิตยางแท่ง STR 5L พบว่า มีปริมาณแตกต่างกันมากอยู่ระหว่าง 7.22-44.15 ลูกบาศก์เมตรต่อผลผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน จุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ดังภาพประกอบที่ 3-1 มี 4 จุด จุดแรก คือ ขั้นตอนการรับน้ำยางสด ซึ่งเป็นน้ำเสียจากการล้างภาชนะบรรจุยางและบ่อพักยาง จุดที่สอง ขั้นตอนของการจับตัวของน้ำยาง เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากบ่อจับตัวของน้ำยาง ซึ่งต้องใช้น้ำปริมาณมากเพื่อให้ยางลอยตัวและล้างทำความสะอาดกรด ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำซีรั่มจากน้ำยางสด น้ำกรดที่เติมลงไปเพื่อช่วยในการจับตัวและน้ำที่ผสมลงไป

ในน้ำยางสดในขั้นตอนของการจับตัวของเนื้อยาง จุดที่สาม คือ น้ำเสียที่เกิดจากการทำความสะอาดยาง หลังจากที่ตัดก้อนยางที่จับตัวแล้ว จะมีการทำความสะอาดก้อนยางในบ่อหรือรางน้ำสะอาดเพื่อทำความสะอาดกรดอีกครั้ง และจุดที่สี่ คือ น้ำเสียที่เกิดจากการรีดยางและตัดย่อยยางซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการสเปรย์น้ำตลอดเวลา เพื่อทำความสะอาดยางและป้องกันยางจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ ซึ่งในขั้นตอนนี้น้ำเสียจะมีเศษยางที่เกิดจากการรีดและตัดย่อยยาง ปนออกมากับน้ำเสียด้วย รามถึงน้ำเสียที่เกิดจาการล้างบ่อพักน้ำยางหรือภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำยางสด น้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดเครื่องจักร และน้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดพื้น ซึ่งบางโรงงานอาจมีการนำน้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ในส่วนของขั้นตอนนี้ เช่น โรงงาน A และ โรงงาน E ที่มีการนำน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดมาใช้ในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ และพื้นบริเวณโดยรอบโรงงาน



ภาพประกอบที่ 3-1 แผนผังกระบวนการผลิตแสดงขั้นตอนการใช้น้ำและจุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L

A.กรองเอาสิ่งสกปรกออก

B.บ่อรวมน้ำยาง

C.บ่อจับตัว

D.บ่อหรือรางน้ำสะอาด

E.เครื่องตัดก้อนยาง (Crusher)

F.เครื่องรีดยาง (Creper)

G.เครื่องตัดย่อยยางและสับฝอย (Sherdder)

H.บรรจุใส่กระบะยาง

I.อบแห้ง

J.เครื่องอัดแท่ง

K.บรรจุหีบห่อ/พาเลท หรือลังไม้

ภาพประกอบที่ 3-2 ภาพแสดงการผลิตยางแท่ง STR 5L

3.4.3 กระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20)

ขั้นตอนการผลิตโดยสังเขปแสดงในภาพประกอบ 3-3 และ 3-4 มีรายละเอียดดังนี้

การผลิตยางแท่งจากยางแห้ง โดยใช้สัดส่วนผสมระหว่าง เศษยางหรือยางก้อนถ้วย กับยางแผ่นดิบหรือยางแผ่นรมควันคุณภาพต่ำเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต

การเตรียมวัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต คือ เศษยาง ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบหรือยางแผ่นรมควันคุณภาพต่ำ โดยในขั้นตอนนี้จะมีการสเปรย์น้ำเพื่อชำระล้างสิ่งสกปรก เศษดิน ที่ปนเปื้อนติดมา และเพื่อให้ยางนิ่ม

การตัดย่อยยางและล้างยาง เป็นการนำเศษยาง ยางก้อนถ้วยเข้าสู่เครื่องตัดย่อย (Slab cutter) ให้เศษยางถูกตัดย่อยให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นลำเลียงไปยังบ่อกวน/แช่ล้าง เพื่อทำความสะอาดสิ่งสกปรกปนเปื้อนออก สลับกับการรีดยางและตัดย่อยให้มีขนาดเล็กลง จนได้เป็นแผ่นยางชิ้นเล็กๆ ซึ่งทางโรงงานเรียกว่า ยางเครพ ที่สะอาดและขนาดเล็กตามต้องการ

การผสมยางเครพกับยางแผ่นดิบ (โดยยางแท่ง STR 20 สัดส่วนผสมระหว่าง เศษยางกับยางแผ่นดิบ, 75: 25) ในขั้นตอนการเตรียมยางแผ่นดิบ จะเริ่มตั้งแต่การตัดยางแผ่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ และล้างทำความสะอาด หลังจากนั้นนำยางแผ่นดิบที่ผ่านการตัดและทำความสะอาดแล้วมาผสมกับยางเครพในบ่อกวนผสม ล้างทำความสะอาดอีกครั้ง (จะมีการกำหนดสัดส่วนของวัตถุดิบแต่ละประเภทที่นำมาผสม เพื่อให้ได้คุณภาพมาตรฐานของยางแท่งชั้นที่ต้องการ) จากนั้นเข้าเครื่องพรีเบรกเกอร์ ซึ่งเป็นขั้นตอนของการตัดย่อยวัตถุดิบระหว่างยางเครพกับยางแผ่นดิบที่ผสมกันแล้วให้มีขนาดเล็กลงและเพื่อให้ยางเครพกับยางแผ่นดิบเหล่านั้นได้ผสมเข้ารวมกันได้มากขึ้น

การรีดยางและตัดย่อยยาง เศษยางที่ถูกตัดย่อยแล้วจะถูกแช่ล้างในบ่อกวน/แช่ล้างก่อนที่จะนำไปรีดแล้วส่งต่อไปยังเครื่องตัดย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งในขณะที่ยางกำลังผ่านขั้นตอนการรีดและตัดย่อยยางจะมีการฉีดน้ำหล่อตลอดเวลา เพื่อชำระสิ่งสกปรกที่อาจติดมากับยางและป้องกันยางจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ จากนั้นอาจมีการลำเลียงไปยังบ่อกวน/แช่ล้างอีกครั้งทำสลับกับการีดยางและตัดย่อย จนได้ยางชิ้นเล็กๆและสะอาดตามที่ต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละโรงงงาน

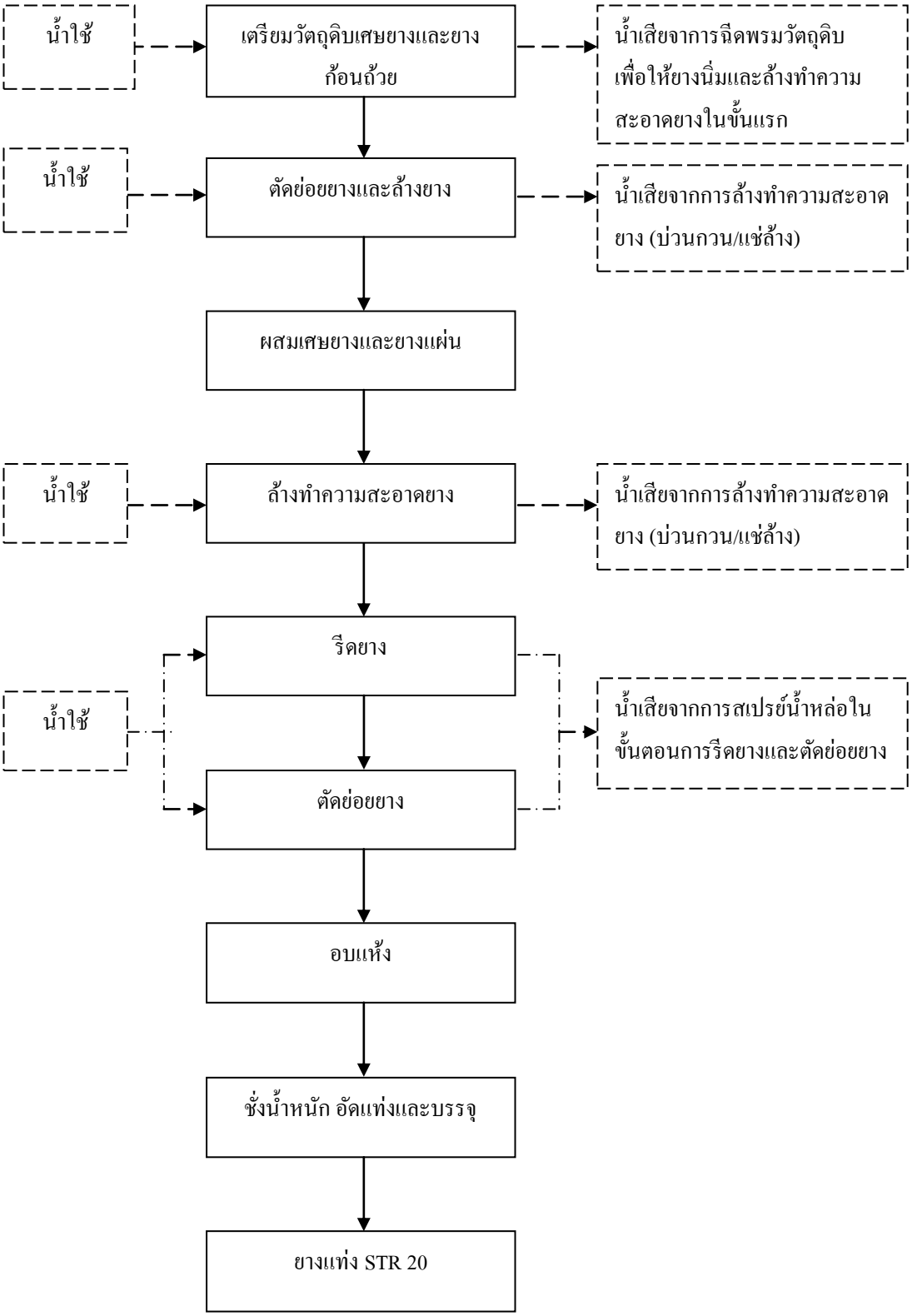
การอบแห้ง ยางที่ผ่านการตัดย่อยจนได้ชิ้นเล็กๆแล้ว จะบรรจุใส่กระบะเพื่ออบแห้งต่อไป ด้วยอุณหภูมิที่ 115-130 ºC ใช้เวลาประมาณ 3-3.5 ชั่วโมง โดยใช้น้ำมันดีเซลหรือก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงในการอบยาง

การอัดแท่งและบรรจุยางแท่ง นำยางที่อบแล้ว โดยพนักงานจะนำมาเช็คจุดขาวและสิ่งแปลกปลอม หากพบจุดขาวและสิ่งแปลกปลอมจะคีบออกจากก้อนยาง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักตามที่ต้องการ คือ 33.33 หรือ 35 กิโลกรัมต่อก้อน จากนั้นเข้าสู่เครื่องอัดแท่งเพื่ออัดให้เป็นแท่งแล้วลำเลียงไปตามสายพานเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุด้วยพลาสติกโพลีเอททีลีน (Polyethylene)

เนื่องจากมีความเหนียว แข็งแรง ไม่ฉีกขาดง่าย แล้วนำไปเก็บไว้ในพาเลทหรือลังไม้ เพื่อรอการส่งออกให้แก่ลูกค้าต่อไป

3.4.4 จุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20

น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 พบว่า มีปริมาณแตกต่างกันมากอยู่ระหว่าง 20.79-41.08 ลูกบาศก์เมตรต่อผลผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน โดยแผนผังกระบวนการผลิตแสดงการใช้น้ำและจุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ดังภาพประกอบที่ 3-3 พบว่า น้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจาการล้างทำความสะอาดยางทั้งในส่วนของการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบในขั้นแรก และการล้างทำความสะอาดยางในกระบวนการผลิต (บ่อกวน/แช่ล้าง) หลังผ่านการตัดย่อย ซึ่งต้องใช้น้ำปริมาณมากในการล้างทำความสะอาด เนื่องจากวัตถุดิบเป็นเศษยาง ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบจึงต้องมีการล้างทำความสะอาดหลายๆครั้ง เพื่อเอาเศษดินและสิ่งสกปรกออก จนได้เนื้อยางที่สะอาด และน้ำเสียจากขั้นตอนของการรีดยางและตัดย่อยยางซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องมีการสเปรย์น้ำหล่อตลอดเช่นเดียวกับกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L แต่พบว่า น้ำเสียที่เกิดจากขั้นตอนนี้มีปริมาณน้อย และมีเศษยางปนมากับน้ำเสียจากในขั้นตอนนี้ อย่างไรก็ตาม น้ำที่นำมาใช้ในการล้างยางในการผลิตยางแท่ง STR 20 ไม่จำเป็นที่ต้องเป็นน้ำที่สะอาดหรือมีคุณภาพดีมาก ซึ่งสามารถนำน้ำหมุนเวียนหรือน้ำทิ้งสุดท้ายจากระบบบำบัดมาใช้ได้ เช่น โรงงาน G ที่มีการนำน้ำหมุนเวียนมาใช้ในขั้นตอนของการล้างทำความสะอาดยางก้อนถ้วยและเศษยางในขั้นแรก ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตขั้นต่อไป ลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 โดยส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของเศษดินหรือเศษไม้ที่ติดมากับยางเศษยาง และยางก้อนถ้วย



ภาพประกอบที่ 3-3 แผนผังกระบวนการผลิตแสดงการใช้น้ำและจุดกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20

A.เตรียมวัตถุดิบ

B.เครื่องตัดก้อนยาง (Pre-breaker)

C.บ่อกวน/แช่ล้างทำความสะอาด

D.เครื่องรีดยาง (Creper)

E.เครื่องตัดย่อยยางยาง (Shredder)

F.บรรจุใส่กระบะยาง

G.อบแห้ง

H.เครื่องอัดแท่ง

I.ห่อบรรจุหีบห่อ/พาเลท หรือลังไม้

ภาพประกอบที่ 3-4 ภาพแสดงการผลิตยางแท่งยางแท่ง STR 20

3.5 วัตถุดิบ ทรัพยากรต่างๆ ผลิตภัณฑ์ และของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

3.5.1 วัตถุดิบ

การผลิตยางแท่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีทั้งน้ำยางสดและยางแห้ง จำพวก เศษยาง ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ

3.5.1.1 น้ำยางสด

การผลิตยางแท่ง STR 5L โดยการนำน้ำยางสดมาทำการเจือจางให้มีเปอร์เซ็นต์ยาง (% DRC) ด้วยการเติมน้ำให้มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งเท่ากับ 30% จากนั้นทำให้น้ำยางจับตัวโดยการผสมกรด เข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ต่อไป โดยปริมาณการใช้น้ำยางสดในการผลิตยางแท่ง STR 5L ของแต่ละโรงงาน ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 สัดส่วนการใช้น้ำยางสด ต่อผลผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของแต่ละโรงงานที่ทำการศึกษา

โรงงาน	อัตราการใช้น้ำยางสด (ตัน/ตันยางแท่ง STR 5L)
A	1.45
B	1.42
C	1.38
D	1.56
E	1.55
ค่าเฉลี่ย	1.46

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L ของแต่ละโรงงาน

จากตาราง 3-3 แสดงสัดส่วนการใช้น้ำยางสดในการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน พบว่า ในการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ใช้น้ำยางสดเฉลี่ย 1.46 ตัน โดยปริมาณการใช้น้ำยางสดของโรงงาน A B C D และ E มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 1.38-1.56 ตัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพกำลังการผลิตของแต่ละโรงงาน

3.5.1.2 ยางก้อนถ้วย เศษยาง และยางแผ่นดิบ

การผลิตยางแท่ง STR 20 จะใช้ยางแห้งเป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งเป็นส่วนของน้ำยางสดที่ผ่านการจับตัวเป็นก้อนแล้ว ได้แก่ ยางก้อนถ้วย เศษยาง และน้ำยางสดที่นำไปแปรรูปเป็นยางแผ่นดิบคุณภาพต่ำแล้ว นำมาผสมในอัตราส่วนที่ต้องการ (75:25) แล้วผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ต่อไป โดยปริมาณการใช้ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบในการผลิตยางแท่ง STR 20 ของโรงงาน F และ G ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 สัดส่วนการใช้ ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบต่อผลผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน ของแต่ละโรงงานที่ทำการศึกษา

โรงงาน	อัตราการใช้ยางก้อนถ้วย (ตัน/ตันยางแท่ง STR 20)	อัตราการใช้ยางแผ่นดิบ (ตัน/ตันยางแท่ง STR 20)	อัตรารวมการใช้ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ (ตัน/ตันยางแท่ง STR 20)
F	1.28	0.42	1.70
G	1.15	0.35	1.50
ค่าเฉลี่ย	1.18	0.37	1.55

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 20 ของแต่ละโรงงาน

จากตาราง 3-4 แสดงสัดส่วนการใช้ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบในการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน พบว่า ในการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน ใช้ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบเฉลี่ยรวม 1.55 ตัน แบ่งออกเป็น ยางก้อนถ้วย 1.18 ตัน และยางแผ่นดิบ 0.37 ตัน โดยปริมาณการใช้ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบของโรงงาน F และ G มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพกำลังการผลิตของแต่ละโรงงาน

ข้อมูลจากหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) ของกรมควบคุมมลพิษ (2550) ระบุไว้ว่า ในการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน จะใช้วัตถุดิบ เศษยาง ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ 1.44 ตัน ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวกับการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ค่าที่ได้ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก

3.5.2 น้ำใช้

จากการสำรวจโรงงานที่ทำการศึกษา พบว่า โรงงานยางแท่งมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตปริมาณมาก โดยแหล่งน้ำดิบหลักที่สำคัญที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานยางแท่ง คือ น้ำบาดาล โรงงานที่มีการนำน้ำบาดาลมาใช้ พบว่า ในแต่ละโรงงานมีปริมาณการใช้น้ำที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 สัดส่วนการใช้น้ำต่อผลผลิตยางแท่ง 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษาจำนวน 7 โรงงาน

โรงงาน	ประเภทการผลิต	อัตราการใช้น้ำ (ลบ.ม./ตันยางแท่ง)
A	ยางแท่ง STR 5L	9.86
B	ยางแท่ง STR 5L	8.97
C	ยางแท่ง STR 5L	45.23
D	ยางแท่ง STR 5L	36.13
E	ยางแท่ง STR 5L	38.39
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 5L	18.57
F	ยางแท่ง STR 20	65.45
G	ยางแท่ง STR 20	23.83
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 20	34.11

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง ของแต่ละโรงงาน

จากตาราง 3-3 กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีปริมาณการใช้น้ำที่แตกต่างกันมากอยู่ระหว่าง 93-340 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้น ค่าเฉลี่ยจึงคำนวณจากปริมาณการใช้น้ำของโรงงานนั้นๆ แต่ละโรงงาน คูณกับกำลังการผลิตยางแท่งของโรงงานนั้นๆ รวมกัน ทั้งหมดหารด้วยกำลังการผลิตรวมของยางแท่งแต่ละประเภท ทำให้ได้มาเป็นอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 18.57 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และพบว่า โรงงาน A และ B มีปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตน้อยที่สุด กล่าวคือ 9.86 และ 8.97 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ตามลำดับ เนื่องจากโรงงาน A และ B อาจมีการบริหารการจัดการน้ำที่ดี ควบคุมปริมาณการใช้น้ำในแต่ขั้นตอนได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม ไม่ให้มีการใช้น้ำอย่างสิ้นเปลือง จึงทำให้โรงงาน A และ B มีปริมาณการใช้น้ำน้อยกว่าโรงงานอื่นๆ สำหรับโรงงาน C D และ E อาจมีการใช้น้ำอย่างสิ้นเปลืองในบางขั้นตอนของกระบวนการผลิต เช่น ในขั้นตอนของการล้างทำคามสะอาดยาง จึงทำให้มีปริมาณการใช้น้ำสูงอยู่ระหว่าง 36.13-45.23 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง โดยกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L จะมีการใช้น้ำในขั้นตอนการรับน้ำยางสด การจับตัวของน้ำยาง การล้างทำความสะอาดยาง การรีดยางและการตัด

ย่อยยาง ซึ่งจากการสอบถามโรงงาน พบว่า ปริมาณการใช้น้ำ 90 % จะมาจากในส่วนของขั้นตอนการล้างทำความสะอาดยางในกระบวนการผลิต ซึ่งจากผลการศึกษาของ นฤเทพ บุญเรืองขาว (2550) ก็พบว่า อัตราการใช้น้ำของยางแท่ง STR 5L มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.62 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่งโดยจะมีการใช้น้ำในขั้นตอนการรับน้ำยางสด การจับตัวของก้อนยาง การรีดยางและการตัดย่อย ขั้นตอนที่มีการใช้น้ำมาก คือ ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดยาง

ส่วนกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีปริมาณการใช้น้ำที่มากกว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L โดยมีปริมาณการใช้น้ำอยู่ระหว่าง 4,000-4,472 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 34.11 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ซึ่งจากการสอบถามโรงงาน พบว่า โรงงาน G มีการนำน้ำหมุนเวียนและน้ำที่กักเก็บไว้ในตอนช่วงฤดูฝนมาใช้ร่วมกับน้ำบาดาล ในส่วนของการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบในขั้นแรก ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตในขั้นต่อไป จึงทำให้โรงงาน G มีปริมาณการใช้น้ำที่น้อยกว่าโรงงาน F ที่มีการใช้จากน้ำบาดาลเพียงอย่างเดียว ข้อมูลจากหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) ของกรมควบคุมมลพิษ (2550) ที่ระบุไว้ว่า ในการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน มีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 23 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง 1 ตัน กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ขั้นตอนที่มีการใช้น้ำจะคล้ายกับกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L โดยมีการใช้น้ำในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ การล้างทำความสะอาดยาง การรีดยางและการตัดย่อยยาง ซึ่งในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 จะมีการใช้น้ำที่มากกว่าการผลิตยางแท่ง STR 5L เนื่องจากวัตถุดิบ เป็นยางแห้ง จึงต้องมีการใช้น้ำปริมาณมากและการทำความสะอาดหลายๆ ครั้ง เพื่อทำความสะอาดเอาเศษดิน เศษไม้หรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ที่อาจปนเปื้อนมาออกไป

นอกจากนี้จากการสอบถามโรงงาน บางโรงงาน เช่น โรงงาน G มีการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจนมีคุณภาพดีในระดับหนึ่ง (น้ำจากบ่อบำบัดสุดท้าย) หรือน้ำฝนจากการกักเก็บเอาไว้ มาใช้ในบางขั้นตอนในกระบวนการผลิต เช่น ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ที่สามารถนำน้ำคุณภาพต่ำมาใช้ในการล้างยางหรือล้างวัตถุดิบในขั้นตอนแรกได้ นอกจากนั้นบางโรงงานก็ยังมีการนำน้ำมาล้างพื้นและใช้รดน้ำต้นไม้บริเวณรอบๆ โรงงาน เพื่อเป็น การลดปัญหาการขาดแคลนแหล่งน้ำดิบในหน้าแล้ง และเป็นการหมุนเวียนน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากว่าการนำน้ำหมุนเวียนมาใช้ในส่วนดังกล่าวมีปริมาณที่น้อยกว่าปริมาณน้ำบาดาลที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตจริงๆ และโรงงานส่วนน้อยเท่านั้นที่นำน้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ อีกทั้งไม่ได้มีการติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำหมุนเวียนที่แน่นอน จึงไม่ได้ทำการการศึกษาและรายงานผลในเชิงปริมาณของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ไว้ ณ.ที่นี้

3.5.3 ไฟฟ้า

กระบวนการผลิตยางแท่งมีการใช้ไฟฟ้าในแถบทุกขั้นตอน มีการใช้ไฟฟ้าในส่วนของการเดินเครื่องจักรต่างๆ ทั้งเครื่องรีด เครื่องตัดย่อยยาง เครื่องอัดแท่ง หรือใช้ไฟฟ้าในส่วนของการขับเคลื่อนสายพานในกระบวนการผลิต จึงทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละโรงงานยางแท่งค่อนข้างสูง โดยมีแหล่งไฟฟ้าที่มาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และจากการสำรวจโรงงานยางแท่งพบว่า มีปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมในกระบวนการผลิตยางแท่งเท่านั้น ไม่ได้มีการบันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้าแยกในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตที่ชัดเจนและบางโรงงานปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะรวมทั้งในส่วนของการบำบัดน้ำเสียด้วย ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อผลผลิตยางแท่ง 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษาจำนวน 7 โรงงาน

โรงงาน	ประเภทการผลิต	อัตราการใช้ไฟฟ้า (KWh./ตันยางแท่ง)
A	ยางแท่ง STR 5L	416.37
B	ยางแท่ง STR 5L	81.84
C	ยางแท่ง STR 5L	669.57
D	ยางแท่ง STR 5L	116.82
E	ยางแท่ง STR 5L	669.57
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 5L	348.71
F	ยางแท่ง STR 20	578.26
G	ยางแท่ง STR 20	227.45
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 20	314.09

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง ของแต่ละโรงงาน

จากตาราง 3-6 อัตราการใช้ไฟฟ้าของแต่ละโรงงานทั้งกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 มีความแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 81.84-669.57 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง 1 ตัน โดยโรงงานที่มีอัตราการใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ โรงงาน B ซึ่งเป็นโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L ทั้งนี้อาจเนื่องจาก โรงงาน B และ D มีการจัดการการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตที่ดี เลือกใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่ช่วยในการประหยัดไฟฟ้า เมื่อคิดเป็นอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย พบว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 มีอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง 1 ตัน ที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 348.71 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตันยางแท่ง และกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 314.09 71 กิโลวัตต์

ชั่วโมงต่อตันยางแท่ง ซึ่งข้อมูลจากหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) ของกรมควบคุมมลพิษ (2550) ระบุไว้ว่า ในการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 200 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง 1 ตัน

3.5.4 เชื้อเพลิง

จากการสำรวจโรงงานยางแท่งที่ศึกษา พบว่า เชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตในขั้นตอนของการอบยาง มีทั้ง น้ำมันดีเซลและก๊าซ LPG ดังนี้

3.5.4.1 น้ำมันดีเซล

โรงงานที่ยังมีการใช้น้ำมันดีเซลอยู่มีเพียง 3 โรงงาน คือ โรงงาน D และ E ซึ่งเป็นโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L และโรงงาน G เป็นโรงงานเป็นโรงงานผลิตยางแท่ง STR 20 ซึ่งในปัจจุบันนี้ พบว่า มีหลายโรงงานที่เปลี่ยนจากการใช้น้ำมันดีเซลมาใช้ก๊าซ LPG แทน ในส่วนของการอบยาง

3.5.4.2 ก๊าซ LPG

โรงงานที่หันมาเลือกใช้ก๊าซ LPG แทนน้ำมันดีเซล มีจำนวน 4 โรงงาน คือ โรงงาน A B และ C ซึ่งเป็นโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L และโรงงาน F เป็นโรงงานผลิตยางแท่ง STR 20 ดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงต่อผลผลิตยางแท่ง 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษาจำนวน 7 โรงงาน

โรงงาน	ประเภทการผลิต	อัตราการใช้เชื้อเพลิง	
		น้ำมันดีเซล (ลิตร/ตันยางแท่ง)	ก๊าซ LPG (กก./ตันยางแท่ง)
A	ยางแท่ง STR 5L	-	248.36
B	ยางแท่ง STR 5L	-	39.91
C	ยางแท่ง STR 5L	-	91.52
D	ยางแท่ง STR 5L	81.40	-
E	ยางแท่ง STR 5L	81.95	-
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 5L	81.54	186.40
F	ยางแท่ง STR 20	-	69.02
G	ยางแท่ง STR 20	27.20	-
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 20	27.20	69.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง ของแต่ละโรงงาน

จากตาราง 3-7 พบว่า มีหลายโรงงานที่หันมาเลือกใช้ก๊าซ LPG แทนน้ำมันดีเซล ในส่วนของการอบยาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าก๊าซ LPG มีต้นทุนที่ถูกกว่า หรือราคาที่ถูกกว่านั่นเอง ส่งผลให้หลายๆ โรงงานหันมาเลือกใช้ก๊าซ LPG แทนน้ำมันดีเซล ซึ่งมีราคาที่สูง เพื่อเป็นการลดต้นทุนในกระบวนการผลิต ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า อัตราการใช้น้ำมันดีเซลมีปริมาณอยู่ระหว่าง 27.20-81.95 ลิตรต่อตันยางแท่ง และอัตราการใช้ก๊าซ LPG มีปริมาณที่แตกต่างกันมากอยู่ระหว่าง 39.91-248.36 กิโลกรัมต่อตันยางแท่ง แบ่งออกเป็น

กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีอัตราการใช้ก๊าซ LPG ต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง 1 ตัน ที่มากกว่าอัตราการใช้น้ำมันดีเซล เนื่องจากว่า มีจำนวนโรงงานที่เลือกใช้ก๊าซ LPG มากกว่า กล่าวคือ ใช้ก๊าซ LPG เฉลี่ย 186.40 กิโลกรัมต่อตันยางแท่ง และใช้น้ำมันดีเซล 81.54 ลิตรต่อตันยางแท่ง โดยโรงงาน A มีปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ที่มากกว่าโรงงานอื่นๆ คือ 248.36 กิโลกรัมต่อตันยางแท่ง เนื่องจากโรงงาน A มีปริมาณการผลิตยางแท่งที่มากกว่าโรงงานอื่นๆ ดังนั้นจึงใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงในการอบยางมากที่สุด การศึกษาของ นฤเทพ บุญเรืองขาว (2550) พบว่า อัตราการใช้น้ำมันดีเซลในการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน มีค่าอยู่ระหว่าง 28.59-32.74 ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง

สำหรับกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ก็พบว่า อัตราการใช้ก๊าซ LPG ต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง 1 ตัน มากกว่า อัตราการใช้น้ำมันดีเซลเช่นกัน คือ มีการใช้ก๊าซ LPG 69.02 กิโลกรัมต่อตัน

ยางแท่ง และใช้น้ำมันดีเซล 27.20 ซึ่งเป็นผลมาจากการศึกษาตัวอย่างละหนึ่งโรงงงาน ซึ่งผลดังกล่าวใกล้เคียงกับข้อมูลจากหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) ของกรมควบคุมมลพิษ (2550) ที่ระบุไว้ว่า ในการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน มีปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 29.43 ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง 1 ตัน และใช้ก๊าซ LPG 42.98 กิโลกรัมต่อตันยางแท่ง

จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในปัจจุบันหลายๆ โรงงานเริ่มหันมาเลือกใช้ก๊าซ LPG แทนน้ำมันดีเซลดีเซลกันมากขึ้น จะเห็นได้จากจำนวนโรงงานที่เลือกใช้ก๊าซ LPG และปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ที่มากกว่า

3.5.5 สารเคมี

สารเคมีหลัก ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ได้แก่ กรดฟอร์มิคเพื่อช่วยให้น้ำยางจับตัว กรดบอริคเพื่อรักษาสภาพน้ำยางสดในขณะรวบรวมน้ำยางลงในบ่อพัก และสารเคมีอื่นๆ ได้แก่ โซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์ HNS หรือโรงงาน เรียกว่า สารเขียว (Hydroxylamine neutral sulphate) และโซดาไฟ ดังตางที่ 3-8 ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 โดยส่วนใหญ่ไม่มีการใช้สารเคมี แต่โรงงานยางแท่ง STR 20 ที่ทำการศึกษาได้มีการเติมสารเคมีบางตัวเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์ยางแท่งมีคุณสมบัติ และลักษณะที่ต้องการ ได้แก่ โซดาไฟ กำมะถัน และปูนขาว ดังตางที่ 3-9

ตารางที่ 3-8 สัดส่วนการใช้สารเคมีต่อผลผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษาจำนวน 5 โรงงาน

โรงงาน	อัตราการใช้สารเคมี (กก./ตันยางแท่ง)				
	ฟอร์มิค	บอริค	โซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์	HNS	โซดาไฟ
A	9.37	0.47	0.36	0.41	0.79
B	56.79	0.24	0.35	1.26	-
C	68.27	6.17	2.49	5.05	-
D	10.89	19.10	4.35	-	0.39
E	11.99	6.17	1.59	5.05	-
ค่าเฉลี่ย	22.86	4.21	1.24	1.36	0.70

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L ของแต่ละโรงงาน

ตารางที่ 3-9 สัดส่วนการใช้สารเคมีต่อผลผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษา จำนวน 2 โรงงาน

โรงงาน	อัตราการใช้สารเคมี (กก./ตันยางแท่ง)		
	กำมะถัน	โซดาไฟ	ปูนขาว
F	7.88	0.33	1.01
G	2.27	-	-
ค่าเฉลี่ย	3.65	0.33	1.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 20 ของแต่ละโรงงาน

จากตาราง 3-8 และ 3-9 จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีการใช้สารเคมีมากกว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบเป็นน้ำยางสด จึงต้องใช้สารเคมีเพื่อช่วยในการจับตัวของน้ำยางสดให้เป็นก้อนยาง และเพื่อช่วยในการรักษาสภาพของน้ำยางสดให้คงคุณภาพตามที่ต้องการ ดังนั้นในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L จึงมีการใช้สารเคมีที่มากกว่า โดยสารเคมีหลักๆ ที่นำมาใช้และใช้ในปริมาณที่มากกว่าสารเคมีอื่นๆ คือ กรดฟอร์มิค ที่ช่วยในการจับตัวของน้ำยางสด ซึ่งมีอัตราการใช้เฉลี่ย 22.86 กิโลกรัมต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง 1 ตัน โรงงานที่มีการใช้ฟอร์มิคอย่างสิ้นเปลือง หรือมีการใช้ที่มากกว่าโรงงานอื่นๆ คือ โรงงาน B และ C ซึ่งจากการศึกษาของ นฤเทพ บุญเรืองขาว (2550) พบว่า อัตราการใช้ฟอร์มิคเฉลี่ย 11.11 กิโลกรัมต่อตันยางแท่ง บอริค 2.23 กิโลกรัมต่อตันยางแท่ง และโซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์ 0.28 กิโลกรัมต่อตันยางแท่ง

สำหรับกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 โรงงาน F มีการใช้สารเคมีทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ กำมะถัน โซดาไฟ และปูนขาว แต่สำหรับโรงงาน G มีการใช้กำมะถันเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ปริมาณการใช้และชนิดของสารเคมีที่นำมาใช้ของแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเทคนิคขั้นตอนการผลิตหรือคุณสมบัติ ลักษณะของยางแท่งที่ต้องการ

สรุปการใช้ทรัพยากรในภาพรวมของกระบวนการผลิตยางแท่ง เริ่มต้นจากวัตถุดิบหลัก ได้แก่ น้ำยางสด ยางแห้ง (ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ) มีการใช้น้ำบาดาลหลักในกระบวนการผลิต สารเคมีต่างๆ ไฟฟ้า และเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล และก๊าซ LPG) เป็นทรัพยากรหลักที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง ทั้งยางแท่ง STR 5L และยางแท่ง STR 20

3.5.6 ผลิตภัณฑ์

การผลิตยางแท่ง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด ได้แก่ ยางแท่ง STR 5L และการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง (ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ) ได้แก่ ยางแท่ง STR 20 ปริมาณผลิตภัณฑ์ยางแท่งของโรงงานที่ทำการศึกษา ดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 ปริมาณผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ของแต่ละโรงงานที่ทำการศึกษา

โรงงาน	ประเภทการผลิต	ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ตันต่อวัน)
A	ยางแท่ง STR 5L	34.52
B	ยางแท่ง STR 5L	10.46
C	ยางแท่ง STR 5L	4.67
D	ยางแท่ง STR 5L	10.37
E	ยางแท่ง STR 5L	3.43
F	ยางแท่ง STR 20	61.53
G	ยางแท่ง STR 20	187.63

จากผลการเก็บข้อมูลปริมาณผลิตภัณฑ์ยางแท่งภายในโรงงาน ดังตารางที่ 3-10 พบว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์ยางแท่งมีความแตกต่างกันของแต่ละโรงงานอยู่ระหว่าง 3.43-187.63 ตันต่อวัน โดยผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L มีความแตกต่างกันของแต่ละโงงานอยู่ระหว่าง 3.43-34.52 ตันต่อวัน สำหรับปริมาณผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 มีความแตกต่างกันของแต่ละโรงงานอยู่ระหว่าง 61.53-187.63 ตันต่อวัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 มีปริมาณที่มากกว่าผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ทั้งนี้ การผลิตยางแท่งของทุกประเภทในแต่ละโรงงาน ปริมาณผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับขนาดกำลังการผลิตของแต่ละโรงงานเป็นหลัก และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะมากหรือน้อยแตกต่างกันไปตามฤดูกาล กล่าวคือในฤดูฝนและฤดูที่ต้นยางมีการผลัดใบจะทำให้การผลิตน้ำยางสดลดน้อยลงและผลผลิตจากยางพาราลดน้อยลงด้วย ทำให้ขาดแคลนวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางแท่ง หรือบางโรงงานมีการหยุดการผลิตในช่วงนี้ นอกจากนี้จากการสอบถามโรงงาน พบว่า การผลิตยางแท่ง STR 5L จากน้ำยางสด จะได้ผลผลิตยางแท่งประมาณ 30% โดยน้ำหนักของน้ำยางสดที่เป็นวัตถุดิบ กล่าวคือ ถ้าใช้น้ำยางสด 100 ตัน สำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L จะได้ผลผลิตยางแท่งประมาณ 30 ตัน

3.5.7 ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

3.5.7.1 เศษยาง

การผลิตยางแท่งนอกจากจะให้ผลผลิตผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ ยางแท่ง STR 20 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักแล้ว ยังมีเศษยางจากกระบวนการผลิตในขั้นตอนการรีดยางและตัดย่อยยาง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ปริมาณเศษยางของการผลิตยางแท่งแต่ละประเภท พบว่า มีปริมาณน้อยมาก โดยการผลิตยางแท่ง STR 5L มีปริมาณเศษยางอยู่ระหว่าง 0.045-0.684 ตันต่อวัน และการผลิตยางแท่ง STR 20 มีปริมาณเศษยางอยู่ระหว่าง 0.16-5.55 ตันต่อวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตและขั้นตอนกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน ซึ่งโรงงานที่ทำการศึกษา พบว่า โรงงานส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณเศษยางที่เกิดขึ้นเอาไว้ เนื่องจากเศษยางที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นชิ้นเล็กๆ ที่ไหลปะปนออกมากับน้ำเสียจากกระบวนการผลิต และไหลรวมกันไปยังบ่อดักยาง ปริมาณเศษยางที่ได้แต่ละโรงงานจึงเป็นค่าที่ได้จากการประมาณการของโรงงาน และโดยส่วนใหญ่โรงงานจะนำเศษยางเหล่านี้เข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่หรือนำไปขายเป็นยางเกรดต่ำเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

ตารางที่ 3-11 ปริมาณเศษยางที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20

โรงงาน	ประเภทการผลิต	ปริมาณเศษยาง (ตันต่อตันยางแท่ง)
A	ยางแท่ง STR 5L	0.020
B	ยางแท่ง STR 5L	0.020
C	ยางแท่ง STR 5L	0.008
D	ยางแท่ง STR 5L	0.001
E	ยางแท่ง STR 5L	0.020
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 5L	0.016
F	ยางแท่ง STR 20	0.003
G	ยางแท่ง STR 20	0.030
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 20	0.022

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง ของแต่ละโรงงาน

จากตาราง 3-11 อัตราการเกิดเศษยางของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีค่าอยู่ระหว่าง 0.001-0.020 ตันต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง คิดเป็นอัตราการเกิดเศษยางเฉลี่ย 0.016 ตันต่อตันยางแท่ง และสำหรับกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีอัตราการเกิดเศษยางเฉลี่ย 0.020 ตันต่อ

ตันยางแท่ง โดยโรงงาน D ซึ่งผลิตยางแท่ง STR 5L มีปริมาณเศษยางเกิดขึ้นน้อยกว่าโรงงานอื่นๆ คือ 0.001 ตันต่อตันยางแท่ง แสดงให้เห็นว่า โรงงาน D มีประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานที่ดีก่อให้เกิดเป็นของเสียหรือเศษยางน้อยที่สุด ทั้งที่มีกำลังการผลิตสูงกว่าโรงงาน E สำหรับกระบวนการผลิตยางแท่งSTR 20 โรงงาน F มีปริมาณเศษยางน้อยกว่าโรงงาน G คือ 0.003 ตันต่อตันยางแท่ง ทั้งนี้เนื่องจากโรงงาน F มีกำลังการผลิตที่น้อยกว่า จึงทำให้มีปริมาณเศษยางเกิดขึ้นน้อยกว่า จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปริมาณเศษยางที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตของแต่ละโรงงาน

3.5.7.2 น้ำเสีย

จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามและจากการรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยต่างๆ สิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง นอกเหนือจากผลผลิตยางแท่งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลัก และเศษยางเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ยังมีน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ซึ่งน้ำเสียโรงงานยางแท่งส่วนใหญ่มีกลิ่นเหม็น น้ำเสียโรงงานยางแท่ง STR 5L มีลักษณะเป็นน้ำซีรั่ม ที่เกิดจากสารเคมีที่ใช้ในการจับตัวของน้ำยาง ส่วนลักษณะน้ำเสียโรงงานยางแท่ง STR 20 น้ำเสียจะมีเศษดิน เศษกิ่งไม้ที่ติดมากับวัตถุดิบ ปะปนอยู่ในน้ำเสียที่มาจากขั้นตอนการล้างทำความสะอาดยาง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน ดังตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20

โรงงาน	ประเภทการผลิต	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./ต่อตันยางแท่ง)
A	ยางแท่ง STR 5L	8.68
B	ยางแท่ง STR 5L	7.22
C	ยางแท่ง STR 5L	44.15
D	ยางแท่ง STR 5L	31.84
E	ยางแท่ง STR 5L	31.19
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 5L	16.48
F	ยางแท่ง STR 20	41.08
G	ยางแท่ง STR 20	20.79
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 20	25.79

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง ของแต่ละโรงงาน

จาตาราง 3-12 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีปริมาณที่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 7.22-44.15 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง คิดเป็นอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ย 16.48 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 พบว่ามีปริมาณที่น้อยกว่า โดยอัตราการเกิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 เฉลี่ย 25.79 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ทั้งนี้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นของแต่ละโรงงานขึ้นอยู่กับกำลังปริมาณน้ำใช้ของแต่ละโรงงานเป็นสำคัญ จะเห็นได้จาก โรงงาน A และ B มีปริมาณการใช้น้ำน้อยกว่าโรงงานอื่นๆ จึงทำให้เกิดเป็นน้ำเสียที่น้อยกว่าโรงงานอื่นๆ เช่นเดียวกัน และโรงงาน F มีปริมาณการใช้น้ำสูงกว่าโรงงาน G จึงทำให้เกิดเป็นน้ำเสียที่มากกว่าโรงงาน G

จากผลการศึกษาของ วันชัย แก้วยอด (2540) ซึ่งพบว่า ปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีปริมาณที่แตกต่างกันมากอยู่ระหว่าง 5.8-37 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง สำหรับน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.50 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และข้อมูลจากหลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) ของกรมควบคุมมลพิษ (2550) ที่ระบุไว้ว่า น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน มีปริมาณน้ำเสียเฉลี่ย 9.61 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีปริมาณเฉลี่ย 16.15 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง

3.5.8 แหล่งกำเนิดน้ำเสีย และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น

3.5.8.1 กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L

การผลิตยางแท่ง STR 5L จากการสำรวจกลุ่มโรงงานที่มีการผลิตยางแท่ง STR 5L ทั้ง 5 โรงงาน พบว่า แหล่งน้ำเสียเกิดจากขั้นตอนที่มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิต คือ ในขั้นตอนการจับตัวของน้ำยางสด น้ำเสียเกิดจากรางจับตัวน้ำยาง โดยใช้น้ำในการลอยตัวของเนื้อยางเพื่อคัดแยกเนื้อยางออกไป หลังจากที่คัดแยกเนื้อยางออกไปแล้วน้ำเสียจึงเป็นลักษณะของน้ำซีรั่ม ซึ่งจะมีน้ำกรดที่ใช้ในการจับตัวผสมอยู่ในน้ำเสียด้วย น้ำเสียจากขั้นตอนการรีดยางและตัดย่อยยาง และน้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดยาง รางทำความสะอาดยาง เครื่องจักรรวมไปถึงน้ำเสียจาการล้างบ่อพักน้ำยางและภาชนะบรรจุยางต่างๆ และจากการเก็บข้อมูล พบว่า ปริมาณน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 5L ทั้ง 5 โรงงาน อยู่ระหว่าง 75.55-300 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ย 16.48 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง

ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551) ได้ระบุถึงลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ไว้ว่า มีลักษณะคล้ายกับน้ำเสียจากการผลิตน้ำยางข้น เนื่องจากใช้วัตถุดิบตั้งต้นเป็นน้ำยางสด แหล่งกำเนิดและกิจกรรมที่เกิดน้ำเสีย ดังตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-13 แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยาง STR 5L

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย	มลพิษทางน้ำ
1.การรับน้ำยางสด	- จากการล้างทำความสะอาดรถบรรทุกและบ่อรับน้ำยาง และขณะถ่ายน้ำยางลงบ่อรับน้ำยางสด
2.บ่อจับตัว	- น้ำซีรัม
3.จากเครื่องจักรในการผลิต	- รางทำความสะอาดมาซิเรเตอร์ เครพเปอร์ แฮมเมอร์มิล หรือเพเลไตเซอร์ หรือเชร็ดเดอร์
4.การล้างยางในการผลิต	- จากการล้างในการทำความสะอาดยาง

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

3.5.8.2 กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20

การผลิตยางแท่ง STR 20 จากการสำรวจกลุ่มโรงงานที่มีการผลิตยางแท่ง STR 20 ทั้ง 2 โรงงาน พบว่า น้ำเสียโดยส่วนใหญ่มาจากการล้างทำความสะอาดยางในขั้นตอนกระบวนการผลิต น้ำเสียจากบ่อกวนแช่ล้าง และน้ำเสียจากขั้นตอนการรีดยางและตัดย่อย จากการเก็บข้อมูล พบว่า ปริมาณน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 20 อยู่ระหว่าง 2,500-3,900 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นอัตราการเกิดน้ำเสียเฉลี่ย 25.79 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ปริมาณน้ำเสียจากการผลิตยางแท่ง STR 20 จะมีปริมาณที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำเสียของการผลิตยางแท่ง STR 5L เนื่องจากการผลิตยางแท่ง STR 20 ใช้ยางแห้งเป็นวัตถุดิบซึ่งมีเศษดินและสิ่งสกปรกอื่นๆ ปนเปื้อนสูง จึงต้องใช้น้ำปริมาณมากในการล้างทำความสะอาดยางหลายๆ ครั้ง จึงส่งผลให้เกิดปริมาณน้ำเสียจากการผลิตสูง ลักษณะของน้ำเสียจะมีเศษดิน เศษไม้ ปะปนอยู่

ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551) ได้ระบุถึงปริมาณน้ำเสียมีปริมาณเฉลี่ย 16.15 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง 1 ตัน และแหล่งกำเนิดของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ดังตารางที่ 3-14

ตารางที่ 3-14 แหล่งกำเนิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยาง STR 20

แหล่งกำเนิด	มลพิษทางน้ำ
1.การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	- น้ำชะจากน้ำฝน
2.การทำความสะอาดขั้นแรก	- น้ำทิ้งจากการล้างวัตถุดิบ (เศษยาง)
3.บ่อแช่/ล้าง	- น้ำทิ้งจากการล้างวัตถุดิบ
4.เครื่องบด/ฉีก และเครื่องรีด	- น้ำทิ้งจากการล้าง
5.บ่อผสมยางเครพกับยางแผ่น	- น้ำทิ้งจากการล้าง

หมายเหตุ : โรงงานที่สำรวจ (2550)

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

ในภาพรวมของการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตยางแท่ง ค่าดังกล่าวมีผลที่คล้ายกับการศึกษาของ วันชัย แก้วยอด (2540) ซึ่งได้รายงานว่า น้ำเสียจากการผลิตยางแท่ง มีปริมาณน้ำเสียรวมเฉลี่ย 12.5-32.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง

3.5.9 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง

3.5.9.1 กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง รวมไปถึงคุณสมบัติของน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดแล้ว โดยการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตซึ่งเป็นน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำเสียภายหลังที่ผ่านการบำบัดแล้ว มาวิเคราะห์ตัวแปรคุณภาพน้ำ คือ BOD_5 (ในการศึกษานี้จะใช้ BOD_5 เป็นพารามิเตอร์พื้นฐาน) ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 3-15 พบว่า น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่งแต่ละประเภท จะมีลักษณะทางเคมีที่แตกต่างกัน กล่าวคือ กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L พบว่า น้ำเสียมีส่วนประกอบของเนื้อยางที่หลุดออกมาปะปนกับน้ำเสียจากขั้นตอนการรีดยางและตัดย่อยยาง ที่มีส่วนประกอบของกรดและน้ำซีรั่มรวมอยู่ด้วย แต่เนื่องจากว่าน้ำเสียจาการผลิตยางแท่ง STR 5L มีการใช้น้ำปริมาณมากในการเจือจางน้ำยางสดเพื่อปรับสภาพน้ำยางสด ก่อนการจับตัวด้วยกรดและมีการใช้น้ำล้างยางที่จับตัวแล้วเพื่อทำความสะอาดกรด รวมทั้งการใช้น้ำฉีดไล่เนื้อยาง ทำให้ปริมาณน้ำเหล่านั้นไปเจือจางความสกปรกของน้ำเสียได้บางส่วน จึงทำให้ค่าความสกปรกที่อยู่ในรูปของ BOD_5 มีค่าระหว่าง 2,282.50-6,163 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว (น้ำทิ้งจากบ่อสุดท้าย) ของโรงงานยางแท่ง STR 5L จะมีค่าตัวแปรคุณภาพน้ำลดลง กล่าวคือ มีค่า BOD_5 อยู่ระหว่าง 15.35-47 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551) ซึ่งได้มีการระบุถึงลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L เอาไว้ว่า น้ำเสียส่วนใหญ่เป็นน้ำซีรัมมีปริมาณรวมทั้งสิ้น 9.61 ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง (ตัวอย่างข้อมูลจากโรงงานแห่งหนึ่งที่มีกำลังการผลิต ยางแท่ง STR 5L 13 ตันต่อวัน) ลักษณะน้ำเสียจะแปรปรวนขึ้นกับฤดูกาลและคุณภาพของน้ำยาง น้ำเสียรวมมีค่า pH ต่ำ (เป็นกรด) มีความเข้มข้นของ BOD_5 COD และสารแขวนลอยสูง นอกจากนี้ ยังมีอนุภาคของเนื้อยางปนออกมากับน้ำเสียด้วย

3.5.9.2 กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20

กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 พบว่า น้ำเสียจากการผลิตยางแท่ง STR 20 โดยมียางแห้งเป็นวัตถุดิบและในกระบวนการผลิตมีการใช้สารเคมีที่น้อยมาก ทำให้ลักษณะของน้ำเสียมีการปนเปื้อนของเศษดิน และเศษไม้มากกว่าการปนเปื้อนของสารเคมี จึงทำให้ค่า BOD_5 ในน้ำเสียจากการผลิตยางแท่ง STR 20 มีค่าไม่สูงนัก คือ มีค่าระหว่าง 433-521 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว (น้ำทิ้งจากบ่อสุดท้าย) ของโรงงานยางแท่ง STR 20 จะมีค่าตัวแปรคุณภาพน้ำลดลงเช่นกัน กล่าวคือ มีค่า BOD_5 อยู่ระหว่าง 109-134 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อมูลจากศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมภาคใต้ (2549) ซึ่งได้ทำการรวบรวมคุณภาพน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด พบว่า โรงงานที่ผลิตยางแท่งจำนวน 4 โรงงาน น้ำเสียก่อนการบำบัด มีค่า BOD_5 68-2,497 มิลลิกรัมต่อลิตร และสำหรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะมีค่าตัวแปรคุณภาพน้ำลดลง กล่าวคือ มีค่า BOD_5 อยู่ระหว่าง 4.2-96.7 มิลลิกรัมต่อลิตร

อย่างไรก็ตามลักษณะสมบัติของน้ำเสียโรงงานยางแท่งจะแตกต่างกันไปตามช่วงเวลาของการผลิต กำลังการผลิต และความสามารถในการจัดการและประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่นำมาใช้เป็นสำคัญ อย่างเช่น ในช่วงฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำฝนมาก ปริมาณน้ำฝนจะช่วยในการเจือจางน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกในน้ำเสียลดน้อยลง นอกจากนี้ยังพบว่า ความแตกต่างของคุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่งประเภทเดียวกันแต่ต่างโรงงาน ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างกันทางด้านเทคนิคการผลิตและรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการผลิตย่อยนั่นเอง

ตารางที่ 3-15 ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย และน้ำทิ้งของโรงงานยางแท่งที่ทำการศึกษา

โรงงาน	ประเภทการผลิต	จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	BOD_5 (mg/l)
A	ยางแท่ง STR 5L	น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	2,282.50
		น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดสุดท้าย	40
B	ยางแท่ง STR 5L	น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	6,163
		น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดสุดท้าย	36.77
C	ยางแท่ง STR 5L	น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	2,508
		น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดสุดท้าย	15.35
D	ยางแท่ง STR 5L	น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	3,208
		น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดสุดท้าย	47
E	ยางแท่ง STR 5L	น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	4,162
		น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดสุดท้าย	32.80
F	ยางแท่ง STR 20	น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	521
		น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดสุดท้าย	109
G	ยางแท่ง STR 20	น้ำเสียจากกระบวนการผลิต	433
		น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดสุดท้าย	134

สรุปข้อมูลลักษณะน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง หากพิจารณาลักษณะน้ำเสียที่สำคัญจากกระบวนการผลิตยางแท่ง พบว่า น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่ง ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนของน้ำเสียในกระบวนการผลิตยางแท่งที่ใช้วัตถุดิบจากน้ำยางสด (STR 5L) มีปริมาณความสกปรกจากการปนเปื้อนของ BOD_5 มากกว่าน้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่งที่ใช้ยางแห้งเป็นวัตถุดิบ (STR 20) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีการใช้สารเคมีเพื่อช่วยในการจับตัวของน้ำยางสด ลักษณะของน้ำเสียจึงเป็นน้ำซึ่งรั่มที่มาจากการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต ดังนั้น น้ำเสียจากกระบวนกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L จึงมีปริมาณการปนเปื้อนของ BOD_5 ในปริมาณที่สูง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ปี 2539 (ดังตารางภาคผนวก ก-2) ซึ่งกำหนดค่า BOD_5 ต้องไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มาเปรียบเทียบกับน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดแล้วของโรงงานยางแท่งที่ได้ทำการศึกษา พบว่า ยังคงมีความเข้มข้นของ BOD_5 ที่สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่โรงงานอุตสาหกรรมกำหนด อาจเนื่องมาจากว่าลักษณะน้ำเสียของโรงงานยางแท่งมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่สูงมากนั่นเองหรือประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่ได้มาตรฐาน ดังนั้น การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้น นำไปสู่การเลือกใช้เทคโนโลยีของระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อลดปริมาณมลสารต่างๆ ให้น้อยลงได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องยิ่งขึ้น

3.5.10 การจัดการน้ำเสีย

3.5.10.1 ระบบบำบัดน้ำเสียที่โรงงานนำมาใช้

จากการศึกษาโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 รวมทั้งหมด 7 โรงงาน โรงงานผลิตยางแท่งจะมีทั้งโรงงานขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่มีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นมากตามกำลังการผลิตและปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต ระบบบำบัดน้ำเสียที่โรงงานนำมาใช้จึงมีหลายระบบ ทั้งระบบบ่อไร้อากาศ บ่อเติมอากาศและระบบตะกอนเร่ง เพื่อให้เหมาะสมต่อการบำบัดตามคุณลักษณะของน้ำเสียแต่ละโรงงาน และประสิทธิภาพในการบำบัด รวมถึงเทคโนโลยีและงบประมาณในการลงทุนก่อสร้าง

ตารางที่ 3-14 แสดงระบบบำบัดน้ำเสียที่โรงงานยางแท่งแต่ละโรงงานนำมาใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะพบว่ามีทั้งระบบบำบัดที่อาศัยการบำบัดทางธรรมชาติเป็นหลัก และบางโรงงานที่มีการนำระบบบำบัดระดับสูงซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีในการบำบัด และจากการสอบถามจากทางโรงงาน พบว่า น้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดของโรงงานยางแท่งที่ทำการศึกษามีแหล่งรองรับเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ โดยไม่มีการปล่อยน้ำทิ้งออกนอกโรงงานหรือปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยบางโรงงานได้มีการนำน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดจากบ่อสุดท้ายมาใช้ประโยชน์ภายในโรงงาน อาทิเช่น โรงงาน A ใช้รดน้ำต้นไม้ ล้างทำความสะอาดพื้นบริเวณรอบๆ โรงงาน เป็นต้น รายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แต่ละโรงงานดังแสดงตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-16 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่ทำการศึกษานำมาใช้

โรงงาน	ประเภทการผลิต	ระบบบำบัดที่นำมาใช้	แหล่งรองรับน้ำทิ้ง
A	ยางแท่ง STR 5L	ระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge)	บ่อรองรับของโรงงาน
B	ยางแท่ง STR 5L	ระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge)	บ่อรองรับของโรงงาน
C	ยางแท่ง STR 5L	ระบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Banket)	บ่อรองรับของโรงงาน
D	ยางแท่ง STR 5L	ระบบ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Banket)	บ่อรองรับของโรงงาน
E	ยางแท่ง STR 5L	ระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge)	บ่อรองรับของโรงงาน
F	ยางแท่ง STR 20	บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)	บ่อรองรับของโรงงาน
G	ยางแท่ง STR 20	บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)	บ่อรองรับของโรงงาน

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สามารถจัดกลุ่มประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง ได้ 2 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มที่มีการใช้ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization pond) ร่วมกับบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) โรงงานที่มีการใช้ระบบบ่อเติมอากาศ โรงงานจะมีการใช้เครื่องเติมอากาศ (Aerators) ในบ่อเติมอากาศในรูปแบบที่แตกต่างกันทั้งขนาดและจำนวนของเครื่องเติมอากาศ

2) กลุ่มที่มีการใช้ระบบบำบัดที่เป็นเทคโนโลยีสูงมาใช้ ซึ่งได้แก่การใช้ระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) หรือ ระบบ UASB (Upflow anaerobic sludge banket)

3.5.10.2 การบำบัดเบื้องต้น

โรงงานยางแท่ง ทั้ง 7 โรงงาน มีการดำเนินการในขั้นแรกโดยการใช้บ่อดักยาง (Rubber trap) เพื่อการบำบัดในเบื้องต้น สำหรับดักเนื้อยาง เศษยาง ที่หลุดออกมาจากกระบวนการผลิตหรือการล้างอุปกรณ์ เครื่องมือ หรือภาชนะต่างๆ ที่ปะปนมากับน้ำเสีย โดยให้เนื้อยางเหล่านี้จับตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่อยู่ในบ่อดักยาง จากนั้นก็เก็บเกี่ยวขึ้นมาใช้ประโยชน์ต่อไป อาทิเช่น ขายเป็นเนื้อยางเกรดต่ำเพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆต่อไป หรือในส่วนของโรงงานที่ผลิตยางแท่ง STR 20 มีการนำเศษยางที่เกิดขึ้น กลับเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางแท่งอีกครั้ง ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตเป็นยางแห้ง จำพวกเศษยางต่างๆ แทนที่จะปล่อยให้เนื้อยางหลุดลอดลงไปในบ่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการลอยสะสมอยู่ในบ่อบำบัดน้ำเสีย ส่งผลให้ปริมาณการกักเก็บน้ำเสียในบ่อลดน้อยลงและอาจจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

3.5.10.3 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่งที่ทำการศึกษา

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่งต่างๆ ที่ทำการศึกษา โดยการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนบำบัด (น้ำเสียจากกระบวนการผลิต) และน้ำเสียหลังผ่านการบำบัด (น้ำทิ้งสุดท้าย) มาทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี ทางด้านปริมาณสารอินทรีย์ (BOD_5) เพื่อนำมาศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละโรงงาน ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์สรุปผลในส่วนของค่าเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสีย กล่าวคือ หากระบบบำบัดที่โรงงานนำมาใช้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ดี ทำให้ค่าการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ ที่อยู่ในรูปของ BOD_5 มีปริมาณการปนเปื้อนในน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดลดน้อยลงหรือเท่ากับปริมาณน้ำดีในแหล่งน้ำธรรมชาติ (20 mg/l) จะส่งผลให้ค่าเกรย์วอเตอร์ลดลงด้วยเช่นกัน และน้ำทิ้งหลังผ่านการบัดบัดเมื่อมีการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อมลพิษทางน้ำด้วยเช่นกัน ซึ่งรายละเอียดประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของแต่ละโรงงาน แสดงดังตารางที่ 3-17

ตารางที่ 3-17 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20

โรงงาน	ประเภทการผลิต	ตัวอย่างน้ำ		ประสิทธิภาพในการลดความสกปรก (BOD_5) (%)
		น้ำเสียก่อนบำบัด (BOD_5, mg/L)	น้ำเสียหลังบำบัด (BOD_5, mg/L)	
A	ยางแท่ง STR 5L	2,282.50	40	98.25
B	ยางแท่ง STR 5L	6,162	36.77	99.40
C	ยางแท่ง STR 5L	2,508	15.35	99.39
D	ยางแท่ง STR 5L	3,208	47	98.53
E	ยางแท่ง STR 5L	4,162	32.8	99.22
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 5L	3,664	34	98.96
F	ยางแท่ง STR 20	521	109	79.08
G	ยางแท่ง STR 20	433	134	69.05
ค่าเฉลี่ย	ยางแท่ง STR 20	477	121	74.63

หมายเหตุ : ในการศึกษานี้ทำการตรวจวิเคราะห์เฉพาะค่า BOD_5 เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์ที่ระบุไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมและเป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4

จากตารางที่ 3-17 แสดงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของแต่ละโรงงาน เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่แต่ละโรงงานที่นำมาเลือกใช้ในการบำบัดน้ำเสีย มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD_5 ในน้ำเสียมากน้อยแค่ไหน ซึ่งจากตาราง 3-17 พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดของโรงงานยางแท่ง STR 5L ได้แก่ โรงงาน A B C D และ E มีปริมาณการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในรูป BOD_5 ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงกว่าโรงงานยางแท่ง STR 20 ได้แก่ โรงงาน F และ G กล่าวคือ โรงงานยางแท่ง STR 5L มีปริมาณการปนเปื้อนของ BOD_5 เฉลี่ยเท่ากับ 3,664 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าโรงงานยางแท่ง STR 20 ที่มีปริมาณเฉลี่ย 477 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่า โรงงานยางแท่ง STR 5L มีวัตถุดิบเป็นน้ำยางสด ซึ่งต้องมีการใช้สารเคมี เช่น แอมโมเนีย ในการรักษาสภาพน้ำยางที่มาจากเกษตรกร ก่อนเข้าสู่โรงงาน และเมื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตภายในโรงงานก็มีการใช้กรดฟอร์มิคเพื่อให้น้ำยางจับตัว สำหรับในส่วนของโรงงานยางแท่ง STR 20 วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตเป็นยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบที่ผ่านการจับตัวแล้ว เมื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตจึงไม่มีการใช้สารเคมีเพื่อช่วยในการจับตัว จึงมีการปนเปื้อนของสารเคมีในปริมาณที่น้อย ดังนั้น น้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานยางแท่ง STR 5L จึงมีปริมาณการปนเปื้อนของ BOD_5 ในปริมาณที่สูงกว่าโรงงานยางแท่ง STR 20

และเมื่อพิจารณาน้ำเสียหลังผ่านการบำบัด พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 5L มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์ในรูป BOD_5 โดยเฉลี่ยเท่ากับ 34 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็น 98.96 % และระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 20 มีประสิทธิภาพในการลด BOD_5 โดยเฉลี่ยเท่ากับ 477 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 74.63 % จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 5L มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 20 สังเกตได้จากเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD_5 ของโรงงานยางแท่ง STR 5L ที่เฉลี่ยสูงถึง 98.96 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบบำบัดที่โรงงานนำมาเลือกใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และถึงแม้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียของแต่ละโรงงานจะมีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของ BOD_5 ในน้ำเสียได้มากกว่า 90 % แต่ยังพบว่าคุณภาพน้ำหลังผ่านการบำบัดของโรงงานโดยส่วนใหญ่ยังมีปริมาณการปนเปื้อนของ BOD_5 ในปริมาณที่สูงอยู่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด คือ ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะโรงงานยางแท่ง STR 20 ที่พบว่าน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดยังมีปริมาณการปนเปื้อนของ BOD_5 ที่สูงอยู่เฉลี่ยถึง 121 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากการสำรวจโรงงานที่ทำการศึกษายังพบว่าน้ำเสียของโรงงานยางแท่งยังส่งกลิ่นเหม็น

อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาดังกล่าว ได้แสดงให้เห็นว่า โรงงานยางแท่งยังประสบกับปัญหาด้านการบำบัดน้ำเสีย การเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม และปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่จะมาควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียอยู่ค่อนข้างมาก ดังนั้น โรงงานยางแท่งย่อมต้องการบุคลากรที่มีความรู้และมีทักษะทางด้านการควบคุมดูแลระบบบำบัดให้สารมารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับกระบวนการผลิต

3.6 ผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20

3.6.1 ข้อมูลบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตยางแท่ง (Inventory analysis)

การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตเป็นการจัดทำบัญชีรายการชนิด ปริมาณทรัพยากรและพลังงานที่เข้าและออกจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่แสดงสมดุลมวลต่อ 1 หน่วยผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วย ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ในระยะเวลา 1 ปี ได้แก่ ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ ปริมาณการใช้น้ำ พลังงาน สารเคมี และเชื้อเพลิงที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิต รวมถึงปริมาณผลิตภัณฑ์และของเสียที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรง และปริมาณน้ำทางอ้อมที่ติดตัวมากับทรัพยากรต่างๆ ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ซึ่งถือเป็นขั้นตอนแรกและสำคัญในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์

3.6.1.1 บัญชีรายการโรงงานยางแท่ง STR 5L

กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L สารขาเข้าได้แก่ น้ำยางสด น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต ไฟฟ้า เชื้อเพลิง และสารเคมีต่างๆ สารขาออกได้แก่ ยางแท่ง STR 5L เศษยาง และน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ดังตารางที่ 3-18 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ทั้งหมด 5 โรงงาน โดยบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของแต่ละโรงงานจะแสดงในภาคผนวก จ

ในการศึกษาครั้งนี้จะไม่คิดรวมการประเมินในส่วนของน้ำมันพืชที่ใช้ในขั้นตอนการอัดแท่ง เพื่อให้ยางก้อนมีความหล่อลื่นไม่ติดกับเครื่องอัดแท่ง และพลาสติกที่นำมาห่อหุ้มในขั้นตอนของการบรรจุผลิตภัณฑ์ เนื่องจากโรงงานที่ทำการศึกษา ทั้งโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลในส่วนดังกล่าว ดังนั้น ในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่งในครั้งนี้ จึงไม่คิดรวมในส่วนของข้อมูลดังกล่าว

ตารางที่ 3-18 บัญชีรายการสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าเฉลี่ยต่อตันยางแท่ง
<u>สารขาเข้า</u>		
ปริมาณน้ำยางสด (DRC 30%)	ตัน	1.46
ปริมาณการใช้น้ำ	ลบ.ม.	18.57
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	55.41
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง		
-ก๊าซ LPG	กิโลกรัม	186.40
-น้ำมันดีเซล	ลิตร	81.54
ปริมาณการใช้สารเคมี		
-กรดฟอร์มิค (Formic acid)	กิโลกรัม	23.74
-กรดบอริค (Boric acid)	กิโลกรัม	4.23
-โซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์ (Sodium metabisulfide)	กิโลกรัม	1.30
-HNS (Hydroxylamine neutral sulphate, สารเขียว)	กิโลกรัม	1.37
-โซดาไฟ (Sodium hydroxide)	กิโลกรัม	0.70
<u>สารขาออก</u>		
ผลิตภัณฑ์หลัก		
-ปริมาณยางแท่ง STR 5L	ตัน	1.00
ผลิตภัณฑ์ร่วม		
-ปริมาณเศษยาง	ตัน	0.016
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.	16.48

หมายเหตุ: เป็นค่าเฉลี่ยจากโรงงานยางแท่ง STR 5L ทั้งหมด 5 โรงงาน ที่ได้จากแบบสอบถามและการสอบถามจากโรงงาน และเป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L แต่ละโรงงาน

จากการจัดทำบัญชีรายการที่แสดงสมดุลมวลต่อ 1 ตันผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิ ที่ได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภายในโรงงานตามแบบสอบถาม โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูล ปี 2554 และได้ศึกษาดูกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ตารางที่ 3-18 พบว่า ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ของโรงงานที่ทำการศึกษา 5 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน A B C D และ E โดยใช้น้ำยางสดเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตยางแท่ง 1 ตันผลิตภัณฑ์ ใช้ปริมาณน้ำยางสดเฉลี่ยเท่ากับ 1.46 ตัน สารเคมีหลักๆ ที่โรงงานได้นำมาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อช่วยในการจับตัวของน้ำยาง คือ กรดฟอร์มิค หรือกรดบอริค ซึ่งมีปริมาณการใช้เฉลี่ยมากที่สุด คือ 23.74 และ 4.23 กิโลกรัมต่อ

ตันยางแท่ง ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีสารเคมีอื่นๆ ได้แก่ โซเดียมเมตตะไบซัลไฟต์ กำมะถัน และ HNS (hydroxylamine neutral sulphate) หรือโรงงาน เรียกว่า สารเขียว ในกระบวนการผลิตโดยส่วนใหญ่ ใช้ไฟฟ้าจากแหล่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคบริเวณใกล้เคียงในการเดินการผลิตที่มีปริมาณเฉลี่ยสูงถึง 55.41 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในส่วนของการอบยาง คือ น้ำมันดีเซล และก๊าซ LPG โดยในปัจจุบันก๊าซ LPG ถูกนำมาใช้แทนน้ำมันดีเซล ซึ่งพบว่ามีปริมาณเฉลี่ยสูงถึง 186.40 กิโลกรัมต่อตันยางแท่ง แต่มีบางโรงงานที่ยังมีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงอยู่ ได้แก่ โรงงาน D และ E มีปริมาณเฉลี่ย 81.54 ลิตรต่อตันยางแท่ง และใช้น้ำในขั้นตอนการจับตัวน้ำยาง การล้างทำความสะอาดยางและการรีดยาง ตัดย่อยยาง มีปริมาณเฉลี่ย 18.57 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง สำหรับสารขาออกในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลัก และเศษยางชิ้นเล็กๆ เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ที่มีปริมาณน้อยมากที่ปะปนออกมากับน้ำเสีย มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.016 ตันต่อตันยางแท่ง และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเฉลี่ย 16.48 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง

จากตาราง 3-18 จะเห็นได้ว่า โรงงานยางแท่ง STR 5L ทั้ง 5 โรงงาน จะมีข้อแตกต่างกันของการเลือกใช้ทรัพยากร 2 อย่าง คือ เชื้อเพลิงกับสารเคมี กล่าวคือ การเลือกใช้เชื้อเพลิงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ โรงงานที่มีการเลือกใช้น้ำมันดีเซลในการอบยาง มีจำนวน 2 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน D และ E โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 81.54 ลิตรต่อตันยางแท่ง (เฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L ของโรงงาน D และ E คิดเป็น 30.43 % ของการใช้เชื้อเพลิงรวมทั้งหมด และโรงงานที่ใช้ก๊าซ LPG มีจำนวน 3 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน A B และ C มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 186.40 กิโลกรัมต่อตันยางแท่ง (เฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L ของโรงงาน A B และ C คิดเป็น 69.56 % ของการใช้เชื้อเพลิงรวมทั้งหมด ข้อแตกต่างกันอย่างที่สอง คือ การใช้สารเคมี ซึ่งในแต่ละโรงงานมีการเลือกใช้สารเคมีที่แตกต่างกัน กล่าวคือ โรงงาน A และ D มีการใช้โซดาไฟเพิ่มเติมเข้ามาในกระบวนการผลิต ซึ่งแตกต่างจากโรงงานอื่นที่ไม่ได้มีการนำมาใช้ และโรงงาน D จะไม่มีการใช้ HNS ในกระบวนการผลิตเหมือนโรงงานอื่นๆ โดยข้อมูลดังกล่าว สามารถนำไปประกอบการวิเคราะห์หาจุดสำคัญที่ทำให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานยางแท่ง STR 5L แต่ละโรงงานมีค่าสูง และจะนำไปสู่แนวทางการแก้ไขสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงภายในโรงงานนั้นๆ ได้อย่างถูกต้องและตรงจุด

3.6.1.2 บัญชีรายการโรงงานยางแท่ง STR 20

กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 สารขาเข้าได้แก่ ยางแห้ง (ยางก้อนถ้วย, ยางแผ่นดิบ) น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต ไฟฟ้า เชื้อเพลิง และสารเคมีต่างๆ สารขาออกได้แก่ ยางแท่ง STR 20 เศษยาง และน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ดังตารางที่ 3-19 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน ของโรงงาน F และ G เป็นข้อมูลในปี 2554

ตารางที่ 3-19 บัญชีรายการสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน

พารามิเตอร์	หน่วย	โรงงาน F	โรงงาน G	ค่าเฉลี่ยต่อตันยางแท่ง
<u>สารขาเข้า</u>				
ยางแห้ง				
-เศษยาง, ยางก้อนถ้วย (DRC 55%)	ตัน	1.28	1.15	1.18
-ยางแผ่นดิบ	ตัน	0.42	0.35	0.37
ปริมาณการใช้น้ำ	ลบ.ม.	65.45	23.84	34.11
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	578.26	227.45	314.08
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง				
-LPG	กิโลกรัม	69.02	-	69.02
-น้ำมันดีเซล	ลิตร	-	27.20	27.20
ปริมาณการใช้สารเคมี				
-กำมะถัน	กิโลกรัม	7.88	2.27	3.65
-โซดาไฟ (Sodium Hydroxide)	กิโลกรัม	0.33	-	0.33
-ปูนขาว	กิโลกรัม	1.01	-	1.01
<u>สารขาออก</u>				
ผลิตภัณฑ์หลัก				
- ปริมาณยางแท่ง STR 20	ตัน	1.0	1.0	1.0
ผลิตภัณฑ์ร่วม				
-ปริมาณเศษยาง	ตัน	0.003	0.030	0.023
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.	41.08	20.95	25.79

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยจากโรงงานยางแท่ง STR 20 ทั้งหมด 2 โรงงาน ที่ได้จากแบบสอบถาม และการสอบถามจากโรงงาน และเป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 20 แต่ละโรงงาน

จากตารางที่ 3-19 ในการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน ของโรงงานที่ทำการศึกษา 2 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน F และ G พบว่า ใช้ยางก้อนถ้วย หรือเศษยาง และยางแผ่นดิบ เป็นวัตถุดิบในการผลิต ในอัตราส่วนผสมยางก้อนถ้วย: ยางแผ่นดิบ (75:25) โดยแบ่งออกเป็น ใช้ยางก้อนถ้วยปริมาณเฉลี่ย 1.18 ตัน และยางแผ่นดิบ 0.37 ตัน โดยส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้าจากแหล่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในการเดินการผลิตทั้งหมด ที่มีปริมาณเฉลี่ยสูงถึง 314.08 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันยางแท่ง และมีการใช้น้ำในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดยางและการรีดยาง ตัดย่อยยาง เช่นเดียวกับการผลิตยางแท่ง STR 5L ปริมาณน้ำเฉลี่ย 34.11 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง แต่ปริมาณการใช้น้ำจะสูงกว่าการผลิตยางแท่ง STR 5L เนื่องจากวัตถุดิบเป็นเศษยาง

จากการเก็บข้อมูลทั้งสองโรงงาน พบว่า มีข้อแตกต่างกันของการเลือกใช้เชื้อเพลิงและสารเคมี คือ โรงงาน F มีการใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงในขั้นตอนการอบยาง ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 69.02 กิโลกรัมต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 71.73 % ของการใช้เชื้อเพลิงรวมทั้งหมด) และโรงงาน G ใช้น้ำมันเซลเป็นเชื้อเพลิงในการอบยาง ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 27.20 ลิตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 28.26 % ของการใช้เชื้อเพลิงรวมทั้งหมด) สำหรับข้อแตกต่างของการใช้สารเคมี โดยโรงงาน F มีการใช้กำมะถัน โซดาไฟ และปูนขาว สำหรับโรงงาน G มีการใช้สารเคมีเพียงอย่างเดียว คือ กำมะถัน ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปประกอบการวิเคราะห์หาจุดสำคัญที่ทำให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานยางแท่ง STR 20 แต่ละโรงงานที่มีค่าสูง และจะนำไปสู่แนวทางการแก้ไขสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่สูงของโรงงานนั้นๆ ได้อย่างถูกต้องและตรงจุด สำหรับสารขาออกในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 เป็นผลิตภัณฑ์หลัก และเศษยางชิ้นเล็กๆ ที่มีปริมาณน้อยมากที่ปะปนออกมากับน้ำเสีย เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.022 ตันต่อตันยางแท่ง และปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเฉลี่ยถึง 25.79 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง

ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551) ที่ได้มีการศึกษาสมดุลมวลสารและพลังงานในการผลิตยางแท่ง STR 20 พบว่า การผลิตยางแท่ง 1 ตัน จะใช้วัตถุดิบ เศษยางจับตัว ยางแห้ง และยางแผ่นดิบ 1.44 ตัน สมดุลมวลสารและสมดุลพลังงานการผลิตยางแท่งมาตรฐาน STR 20 ดังตารางที่ 3-20

ตารางที่ 3-20 ปริมาณการใช้ทรัพยากรในโรงงานผลิตยางแท่งมาตรฐาน STR 20

การใช้ทรัพยากร	ปริมาณการใช้	ค่าเฉลี่ย
1.การใช้น้ำ (ลบ.ม./ตันแท่ง)	0.43-5.00	2.76
2.การใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว (ลบ.ม./ตันยางแท่ง)	11.62-20.15	14.11
3.การใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ตันยางแท่ง)	149.17-207.08	182.38
4.การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ตันยางแท่ง)*	25.00-36.73	29.43
5.การใช้ก๊าซ LPG (กิโลกรัม/ตันยางแท่ง)*	-	42.98

หมายเหตุ : *โรงงานเลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียว

ที่มา: หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) (2550)

จากผลการสำรวจดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า ปริมาณการใช้ทรัพยากรของสารขาเข้า และสารขาออกต่างๆ ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ทั้ง ปริมาณการใช้น้ำ การใช้ไฟฟ้า ปริมาณน้ำเสีย จะมีปริมาณที่สูงกว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ยกเว้นปริมาณการใช้สารเคมีที่การผลิตยางแท่ง STR 5L จะมีปริมาณที่สูงกว่า เนื่องจาก วัตถุดิบเป็นน้ำยางสด จึงต้องใช้สารเคมีในการจับตัวของน้ำยาง ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าว เป็นข้อมูลในเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลตามแบบสอบถามที่ได้วางไว้ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่พิจารณาในส่วนของปริมาณการใช้น้ำทางตรง และปริมาณน้ำทางอ้อมที่ติดตัวมากับทรัพยากรต่างๆ ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต

3.6.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20

วอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20 เป็นการประเมินการใช้น้ำต่อผลิตภัณฑ์ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาถึงแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้อง 3 ประเภท ได้แก่ วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ บลูวอเตอร์ (บลูวอเตอร์ทางตรงและบลูวอเตอร์ทางอ้อม) และเกรย์วอเตอร์ โดยในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ และส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ดังนี้

3.6.2.1 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ

วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ติดตัวมากับน้ำยางสด จากการเพาะปลูกยางพารา ทำให้ได้มาซึ่งน้ำยางสด โดยน้ำยางสดนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่ง STR 5L หรือนำมาแปรรูปเป็นยางแผ่นดิบ เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่ง STR 20 ต่อไป นอกจากการเพาะปลูกยางพาราจะ

ทำให้ได้มาซึ่งน้ำยางสดแล้ว ยังให้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกมากมาย อาทิเช่น เศษยาง และยางก้อนถ้วย ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่ง STR 20 เช่นกัน ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ จากการเพาะปลูกยางพารา ดังตารางที่ 3-21

ตารางที่ 3-21 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ จากการเพาะปลูกยางพารา ในจังหวัดสงขลา

ผลผลิตจากยางพารา	กรีนวอเตอร์ ฟุตพรินต์ (ลบ.ม.ต่อตันผลิตภัณฑ์)	บลูวอเตอร์ ฟุตพรินต์ (ลบ.ม.ต่อตันผลิตภัณฑ์)	เกรย์วอเตอร์ ฟุตพรินต์ (ลบ.ม.ต่อตันผลิตภัณฑ์)	วอเตอร์ ฟุตพรินต์รวม (ลบ.ม.ต่อตันผลิตภัณฑ์)
1.น้ำยางสด (DCR 30%)	3,103	346	374	3,824
2.ยางแผ่นดิบ	10,343	1,154	1,248	12,748
3.ยางก้อนถ้วย (DCR 55%)	5,689	635	686	7010
4.ไม้ยางพาราสดท่อน	35	316	38	389
5.กิ่งไม้ยางพารา	6	54	7	67

ที่มา : โครงการวิจัยการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ปาล์มน้ำมัน ไบโอดีเซล และยางพารา ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (2556)

จากผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ จากการเพาะปลูกยางพารา ในจังหวัดสงขลา เป็นค่าที่ได้จากการอ้างอิงมาจากทีมวิจัยวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการเพาะปลูกยางพารา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แสดงค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ หรือปริมาณน้ำที่ติดมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตในโรงงาน และไม่สามารถแยกเป็นค่าการใช้น้ำทางตรงและทางอ้อมได้ ซึ่งเมื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตภายในโรงงาน จัดเป็นปริมาณการใช้น้ำทางอ้อม เรียกว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ โดยในงานวิจัยนี้ ได้นำค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ซึ่งถือเป็นวัตถุดิบของการผลิตยางแท่ง STR 5L มาใช้ประกอบในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางแผ่นดิบ และยางก้อนถ้วย มาใช้ประกอบในการประเมินหาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ในขั้นตอนต่อไป

3.6.2.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตยางแท่ง ภายในโรงงาน

วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ในส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน สามารถแยกออกเป็น การใช้น้ำทางตรง และทางอ้อม ได้ดังนี้

1) วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางตรง (Direct water)

วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางตรง หรือ การใช้น้ำทางตรง คือ ปริมาณน้ำที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ซึ่งจัดเป็นน้ำประเภท บลูวอเตอร์ทางตรง ดังแสดงตารางที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น (ตารางที่ 3-5) ซึ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการประเมิน โดยค่าเฉลี่ยดังกล่าว ที่นำมาใช้ในการรายงานผลการประเมินในครั้งนี้ เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่งของแต่ละโรงงาน เนื่องจากแต่ละโรงงานมีกำลังการผลิตที่แตกต่างกันมาก ดังนั้น จึงต้องมีการเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่งของแต่ละโรงงาน โดยคำนวณจากปริมาณการใช้น้ำของโรงงานนั้นๆ แต่ละโรงงาน คูณกับกำลังการผลิตยางแท่งของโรงงานนั้นๆ รวมกัน ทั้งหมดหารด้วยกำลังการผลิตรวมของยางแท่งแต่ละประเภท เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่ออกมาสมจริง มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L พบว่า ค่าบลูวอเตอร์ทางตรง หรือปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ของแต่ละโรงงาน มีปริมาณแตกต่างกันมาก อยู่ระหว่าง 8.97-45.23 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง หรือเฉลี่ยเท่ากับ 18.57 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.31 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L โดยโรงงานที่มีบลูวอเตอร์ทางตรงสูงสุด คือ โรงงาน C 45.23 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง แสดงถึงปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตที่มีปริมาณมากกว่าโรงงานอื่นๆ ที่อาจจะต้องมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เพราะจะทำให้มีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นมากตามมา ส่งผลให้เกรย์วอเตอร์มีค่าสูงขึ้น และจะส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง ของโรงงานดังกล่าว มีปริมาณสูง ทั้งจากบลูวอเตอร์ทางตรงและเกรย์วอเตอร์ที่เพิ่มขึ้นตามมา (เมื่อพิจารณาเฉพาะกระบวนการผลิตภายในโรงงาน) โดยแนวทางในการแก้ไขหรือ ปรับปรุงการใช้น้ำ เราจะต้องมาพิจารณาในส่วนของกระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดการใช้น้ำในปริมาณมาก และโรงงานที่มีค่าบลูวอเตอร์ทางตรงน้อยที่สุด ได้แก่ โรงงาน B และ A มีค่าเท่ากับ 8.97 และ 9.87 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ตามลำดับ เป็นเพราะ โรงงาน B และ A มีการจัดการน้ำที่ดีในกระบวนการผลิต และมีการนำน้ำหมุนเวียนมาใช้ในกระบวนการผลิตร่วมกับน้ำบาดาลในบางส่วน ได้แก่ การล้างทำความสะอาดยาง ซึ่งกระบวนการผลิตยางแท่งจะมีการใช้น้ำในขั้นตอนการรับน้ำยางสด บ่อจับตัว การล้างยางในกระบวนการผลิต การรีดยางและตัดย่อยยาง

ในส่วนของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ของโรงงาน F และ G พบว่า บลูวอเตอร์ทางตรง ของทั้ง 2 โรงงาน มีปริมาณที่แตกต่างกันมาก คือ 65.45 และ 23.84 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.11 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.44 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) ทั้งนี้ โรงงานที่มีปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตน้อย คือ โรงงาน G เนื่องจาก โรงงาน G มีการนำน้ำหมุนเวียน และน้ำกักเก็บไว้ในช่วงฤดูฝน มาใช้ในกระบวนการผลิตร่วมกับน้ำบาดาล ในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดยาง ทั้งนี้ทั้งนั้น ยังมีอีกหลายสาเหตุ ที่ทำให้ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตมีความแตกต่างกันของแต่ละโรงงาน ทั้งในส่วนของการเลือกใช้อุปกรณ์ เครื่องจักรต่างๆ ในการผลิต ที่ช่วยในการประหยัดน้ำ เป็นต้น จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมอย่างละเอียด

จากผลการศึกษา ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต จะเห็นได้ว่า ทั้งสองกระบวนการผลิตมีการใช้น้ำมาจากแหล่งน้ำเดียวกัน คือ ใช้น้ำบาดาลเป็นหลัก และจากการสอบถามโรงงาน พบว่า 90 % ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 จะมาจากในส่วนของการล้างยางในกระบวนการผลิต ดังนั้น หากจะมีการปรับปรุงปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ภายในโรงงาน ควรมาพิจารณาในส่วนของการใช้น้ำในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดยางเป็นอันดับแรก โดยกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยที่สูงกว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ทั้งนี้เนื่องจาก วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตยางแท่ง STR 20 เป็นยางแห้ง จำพวกยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ ที่มีเศษดินและสิ่งสกปรกอื่นๆ ที่ติดมากับวัตถุดิบ ในกระบวนการผลิตจึงต้องใช้น้ำล้างปริมาณมาก รวมไปถึงการผลิตยางแท่ง STR 20 มีกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน และมีจำนวนอุปกรณ์เครื่องจักรในการผลิตที่มากกว่า จึงทำให้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีปริมาณการใช้น้ำ ที่มากกว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ซึ่งอาจจะส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 มีค่าสูงด้วย

2) วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อม (Indirect water)

วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อม หรือ การใช้น้ำทางอ้อม คือ ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ (น้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ) และปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับไฟฟ้า เชื้อเพลิง และสารเคมี รวมทั้ง วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมี และเชื้อเพลิงมายังโรงงาน ดังนี้

2.1) วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ

วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ จากขั้นตอนการเพาะปลูกยางพารา และกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ หรือ ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ ซึ่งเรียกว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด วอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางก้อนถ้วย และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางแผ่นดิบ เป็นข้อมูลที่ได้จากทีมวิจัยการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการเพาะปลูกยางพารา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ดังตารางที่ 3-22

ตารางที่ 3-22 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แต่ละโรงงาน

โรงงาน	วัตถุดิบ	วอเตอร์ฟุตพรินต์ (ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง)
A	น้ำยางสด	5,554
B	น้ำยางสด	5,421
C	น้ำยางสด	5,271
D	น้ำยางสด	5,964
E	น้ำยางสด	5,926
ค่าเฉลี่ย	น้ำยางสด	5,593
F	ยางก้อนถ้วย, ยางแผ่นดิบ	8,636
G	ยางก้อนถ้วย, ยางแผ่นดิบ	7,161
ค่าเฉลี่ย	ยางก้อนถ้วย, ยางแผ่นดิบ	7,525

หมายเหตุ: เป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่งของแต่ละโรงงาน

จากผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบของแต่ละโรงงาน พบว่า แต่ละโงงานมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดที่ใกล้เคียงกัน เมื่อคิดเป็นค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดสำหรับกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 5,593 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ถ้าพิจารณาแต่ละโรงงาน จะเห็นได้ว่าโรงงาน D และ E มีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสดสูงกว่าโรงงานอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าโรงงาน D และ E มีปริมาณการใช้น้ำยางสดในกระบวนการผลิตที่สูงกว่าโรงงานอื่นๆ

สำหรับวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่ง STR 20 ในอัตราส่วนผสมยางก้อนถ้วยต่อยางแผ่นดิบ 75:25 มีปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบเฉลี่ยรวมเท่ากับ 7,525 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ถ้าพิจารณาแต่ละโรงงาน จะเห็นได้ว่าโรงงาน F มีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบรวม

สูงกว่าโรงงาน G แสดงให้เห็นว่าโรงงาน F มีปริมาณการใช้ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ ในกระบวนการผลิตที่สูงกว่าโรงงาน G

จากผลดังกล่าววอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ มีค่าสูง ซึ่งมาจากขั้นตอนกระบวนการเพาะปลูกยางพาราที่มีการใช้น้ำในปริมาณมาก ทำให้น้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบที่เกิดจากการแปรรูปน้ำยางสดมีปริมาณน้ำที่ติดตัวมาสูง เมื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตภายในโรงงาน ส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ ซึ่งเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ของแต่ละโรงงาน มีปริมาณสูง นอกจากวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับวัตถุดิบแล้ว ยังมีวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมีและเชื้อเพลิง ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต รวมถึงการขนส่งทรัพยากรเหล่านั้นมายังโรงงาน

2.2) วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี เชื้อเพลิง และการขนส่ง (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)

วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี เชื้อเพลิง และการขนส่ง คือ ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง รวมถึงการขนส่งทรัพยากรต่างๆ มายังโรงงาน ซึ่งมีการใช้น้ำมันในยานพาหนะ ในการขนส่ง หรือเรียกว่า บลูวอเตอร์ทางอ้อม ซึ่งค่าตัวคูณการใช้น้ำของทรัพยากรต่างๆ เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากโปรแกรม SimaPro 7.3.2, Ecoinvent 2.2 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (2556) แบ่งออกเป็น

2.2.1) วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี เชื้อเพลิงและการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมี และเชื้อเพลิงมายังโรงงาน (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ดังตารางที่ 3-23 และตารางที่ 3-24 ตามลำดับ

ตารางที่ 3-23 วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)

โรงงาน	ประเภทการผลิต	ทรัพยากร	วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อม (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) (ลบ.ม./ตันยางแท่ง)
A	ยางแท่ง STR 5L	ไฟฟ้า	62.456
		สารเคมี	104.204
		เชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG)	187.015
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			353.675
B	ยางแท่ง STR 5L	ไฟฟ้า	12.275
		สารเคมี	96.942
		เชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG)	30.053
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			139.270
C	ยางแท่ง STR 5L	ไฟฟ้า	100.434
		สารเคมี	594.509
		เชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG)	68.914
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			763.857
D	ยางแท่ง STR 5L	ไฟฟ้า	17.522
		สารเคมี	514.275
		เชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)	40.823
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			572.620
E	ยางแท่ง STR 5L	ไฟฟ้า	100.435
		สารเคมี	151.600
		เชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)	41.098
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			293.133
บลูวอเตอร์ทางอ้อมเฉลี่ยรวมทั้ง 5 โรงงาน			385.342

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L ของแต่ละโรงงาน

จากตาราง 3-23 แสดงถึงปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L แต่ละโรงงาน จะเห็นได้ว่า มีข้อแตกต่างของการใช้ทรัพยากรที่เห็นได้ชัด คือ การใช้เชื้อเพลิง กล่าวคือ โรงงาน A B และ C ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง สำหรับโรงงาน D และ E จะใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของน้ำมันดีเซล จะมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ 40.82 และ 41.09 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ตามลำดับ และวอเตอร์

ฟุตพรินต์ทางอ้อมของก๊าซ LPG ของทั้ง 3 โรงงาน มีค่าที่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 68.91-107.01 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของแต่ละโรงงาน ซึ่งถ้าพิจารณาจากข้อมูลบัญชีรายการของแต่ละโรงงาน (ดังแสดงภาคผนวก จ) พบว่า โรงงาน A มีปริมาณการใช้ก๊าซ LPG สูงกว่าโรงงานอื่นๆ ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียวกัน มีค่าเท่ากับ 248.36 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง จึงทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของก๊าซ LPG โรงงาน A มีค่าสูงสุด และโรงงานที่มีปริมาณการใช้ก๊าซ LPG น้อยกว่าโรงงานอื่นๆ คือ โรงงาน B มีค่าเท่ากับ 39.91 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง จึงทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของก๊าซ LPG โรงงาน B มีค่าน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมเฉลี่ยรวมทั้ง 5 โรงงาน (ซึ่งค่าเฉลี่ยคำนวณมาจากวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมรวมของแต่ละโรงงานคูณกับกำลังการผลิตยางแท่งของโรงงานนั้นๆ รวมกัน หารด้วยกำลังการผลิตยางแท่งรวมของทั้ง 5 โรงงาน) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 385.342 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของโรงงาน C จะมีปริมาณสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก โรงงาน C มีปริมาณการใช้ไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG) ที่สูงกว่าโรงงานอื่นๆ สำหรับโรงงานที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG) ในกระบวนการผลิตน้อยที่สุด ได้แก่ โรงงาน B จึงส่งผลให้ปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงาน B มีค่าน้อยตามไปด้วย จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ปริมาณการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในกระบวนการผลิตเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึง ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับทรัพยากรต่างๆ เหล่านั้น และอาจส่งผลต่อวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่งของแต่ละโรงงาน

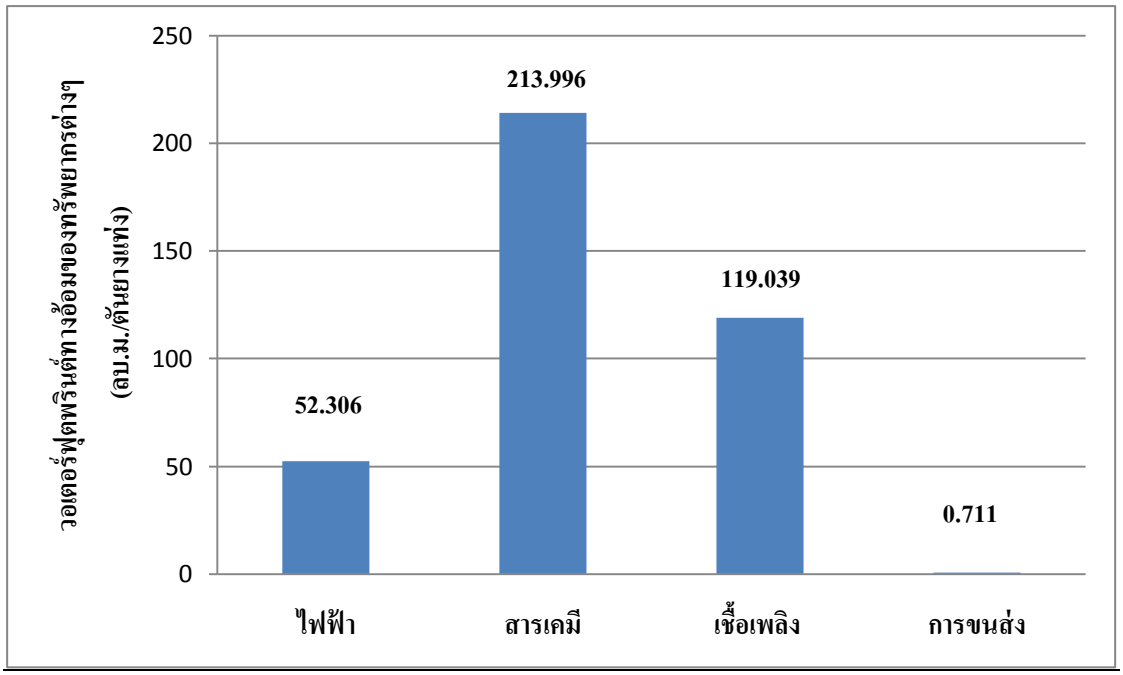
ตารางที่ 3-24 วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมี และเชื้อเพลิงมายังโรงงานของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)

โรงงาน	ประเภทการผลิต	การขนส่ง	วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อม (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) (ลบ.ม./ตันยางแท่ง)
A	ยางแท่ง STR 5L	การขนส่งน้ำยางสด	0.007
		การขนส่งสารเคมี	0.018
		การขนส่งเชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG)	0.810
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			0.835
B	ยางแท่ง STR 5L	การขนส่งน้ำยางสด	0.092
		การขนส่งสารเคมี	0.039
		การขนส่งเชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG)	0.141
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			0.272
C	ยางแท่ง STR 5L	การขนส่งน้ำยางสด	0.104
		การขนส่งสารเคมี	0.267
		การขนส่งเชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG)	0.318
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			0.689
D	ยางแท่ง STR 5L	การขนส่งน้ำยางสด	0.023
		การขนส่งสารเคมี	0.607
		การขนส่งเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)	0.233
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			0.863
E	ยางแท่ง STR 5L	การขนส่งน้ำยางสด	0.109
		การขนส่งสารเคมี	0.110
		การขนส่งเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)	0.231
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			0.450
บลูวอเตอร์ทางอ้อมเฉลี่ยรวมทั้ง 5 โรงงาน			0.711

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L ของแต่ละโรงงาน

จากตารางที่ 3-24 พบว่า การขนส่งน้ำยางสด สารเคมี และเชื้อเพลิง มายังโรงงานมีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมเฉลี่ยเท่ากับ 0.711 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง แต่ละโรงงานโดยส่วนใหญ่การขนส่งเชื้อเพลิงจะมีปริมาณมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ต้องอาศัยเชื้อเพลิงในขั้นตอนการอบยาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตของโรงงานด้วย จากข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง รวมไปถึงการขนส่งทรัพยากร

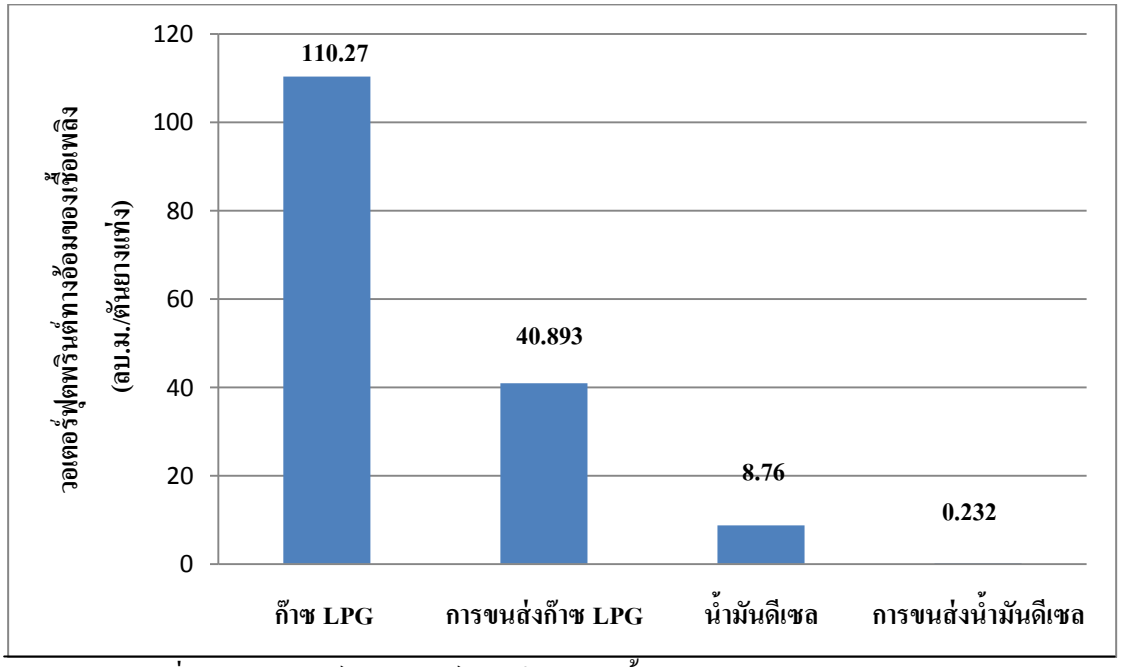
เหล่านั้นมายังโรงงาน นำมาเปรียบเทียบปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของทรัพยากรต่างๆ รวมถึงการขนส่งได้ดังภาพประกอบที่ 3-5



ภาพประกอบที่ 3-5 แสดงวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี เชื้อเพลิง ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และการขนส่งมายังโรงงาน

จากผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมี ไฟฟ้า เชื้อเพลิง และการขนส่งวัตถุดิบ ไฟฟ้า และเชื้อเพลิง มายังโรงงาน ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ดังตารางที่ 3-23 และตารางที่ 3-24 ตามลำดับ พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 385.342 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 6.47 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่งน้ำยางสด สารเคมี และเชื้อเพลิงมายังโรงงาน ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.711 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.011 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) และจากภาพประกอบที่ 3-5 พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของสารเคมี มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 213.996 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 55.53 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมทั้งหมด) เนื่องจากมีการใช้สารเคมีเพื่อช่วยในการจับตัวของน้ำยางสด รองลงมา ได้แก่ วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของเชื้อเพลิง และไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 119.039 (คิดเป็น 30.83 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมทั้งหมด) และ 52.306 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น13.54 % ของวอเตอร์

ฟุตพรินต์ทางอ้อมทั้งหมด) ตามลำดับ และเนื่องจากแต่ละโรงงาน มีการใช้เชื้อเพลิงในขั้นตอนการอบยางที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงแบ่งวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการใช้เชื้อเพลิงออกเป็น 2 ประเภท คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของน้ำมันดีเซล และวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของก๊าซ LPG รวมถึงการขนส่งเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ดังภาพประกอบที่ 3-6



ภาพประกอบที่ 3-6 วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ และการขนส่งของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L

จากภาพประกอบที่ 3-6 โรงงานที่ใช้น้ำมันดีเซล มีจำนวน 2 โรงงาน คือ โรงงาน D และ E และโรงงานที่ใช้ก๊าซ LPG โรงงาน มีจำนวน 3 โรงงาน คือ โรงงาน A B และ C โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับ LPG (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) มีค่าเท่ากับ 110.27 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 92.64 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมรวมเชื้อเพลิงทั้ง 2 ประเภท) ซึ่งมีค่าสูงกว่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับน้ำมันดีเซล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.76 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 7.35 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมรวมเชื้อเพลิงทั้ง 2 ประเภท) จากผลดังกล่าวก๊าซ LPG มีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องจากโรงงานยางแท่ง STR 5L ที่ทำการศึกษา พบว่า โรงงานโดยส่วนใหญ่เลือกใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงในการอบยาง จึงทำให้ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG มีปริมาณมากกว่า และจากข้อมูลที่อ้างอิง (ตารางที่ 2-2) พบว่า ในกระบวนการผลิตก๊าซ LPG มีปริมาณการใช้น้ำที่สูงกว่าการผลิตน้ำมันดีเซล (ตัวคูณการใช้น้ำ) ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 753 ลูกบาศก์เมตรต่อตันก๊าซ LPG แต่ในการผลิตน้ำมันดีเซล 1 ตัน จะใช้ปริมาณน้ำ

ที่น้อยกว่า คือเท่ากับ 590 ลูกบาศก์เมตรต่อตันน้ำมันดีเซล ส่งผลให้ตัวคูณการใช้น้ำของก๊าซ LPG จึงมีค่าสูงกว่า ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับก๊าซ LPG จึงมีปริมาณที่สูงกว่า ทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของก๊าซ LPG มีปริมาณที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลนั่นเอง สำหรับวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่งเชื้อเพลิงของทั้ง 2 ประเภท พบว่า การขนส่งก๊าซ LPG มีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่สูงกว่ามาก ซึ่งมาจากการที่ใช้ปริมาณก๊าซ LPG มากกว่านั่นเอง คือ 40.893 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และการขนส่งน้ำมันดีเซล เท่ากับ 0.232 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ตามลำดับ

2.2.2) วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี เชื้อเพลิง และการขนส่งยางก้อนถ้วย ยางแผ่นดิบ สารเคมี และเชื้อเพลิงมายังโรงงาน (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ดังตารางที่ 3-25 และตารางที่ 3-26 ตามลำดับ

ตารางที่ 3-25 วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)

โรงงาน	ประเภทการผลิต	ทรัพยากร	บลูวอเตอร์ทางอ้อม (ลบ.ม./ตันยางแท่ง)
F	ยางแท่ง STR 20	ไฟฟ้า	86.739
		สารเคมี	66.684
		เชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG)	51.972
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			205.395
G	ยางแท่ง STR 20	ไฟฟ้า	34.117
		สารเคมี	17.061
		เชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)	1.364
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			52.542
บลูวอเตอร์ทางอ้อมเฉลี่ยรวมทั้ง 2 โรงงาน			90.296

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 20 ของแต่ละโรงงาน

จากตารางที่ 3-25 แสดงวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 แต่ละโรงงาน พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์

ทางอ้อมเฉลี่ยรวมทั้ง 2 โรงงาน (ซึ่งค่าเฉลี่ยคำนวณมาจากวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมรวมของแต่ละโรงงานคูณกับกำลังการผลิตยางแท่งของโรงงานนั้นๆ รวมกัน หารด้วยกำลังการผลิตยางแท่งรวมของทั้ง 2 โรงงาน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.296 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของโรงงาน F จะมีปริมาณสูงกว่าโรงงาน G ทั้งในส่วนของ ไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง ทั้งนี้เนื่องจาก โรงงาน F มีปริมาณการใช้ไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง ในปริมาณที่มากกว่า โดยทั้ง 2 โรงงานมีข้อแตกต่างของการใช้สารเคมี และเชื้อเพลิง คือ โรงงาน F มีการนำสารเคมีมาใช้ในกระบวนการผลิตหลายชนิด ทั้ง กำมะถัน โซดาไฟ และปูนขาว สำหรับโรงงาน G มีการใช้สารเคมีเพียงชนิดเดียว สำหรับการใช้เชื้อเพลิงมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน แบ่งออกเป็น ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซล จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ปริมาณการใช้ทรัพยากรต่างๆ รวมไปถึงการเลือกใช้ทรัพยากรแต่ละประเภท ในกระบวนการผลิตเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึง ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับทรัพยากรต่างๆ เหล่านั้น และอาจส่งผลต่อวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่งของแต่ละโรงงาน

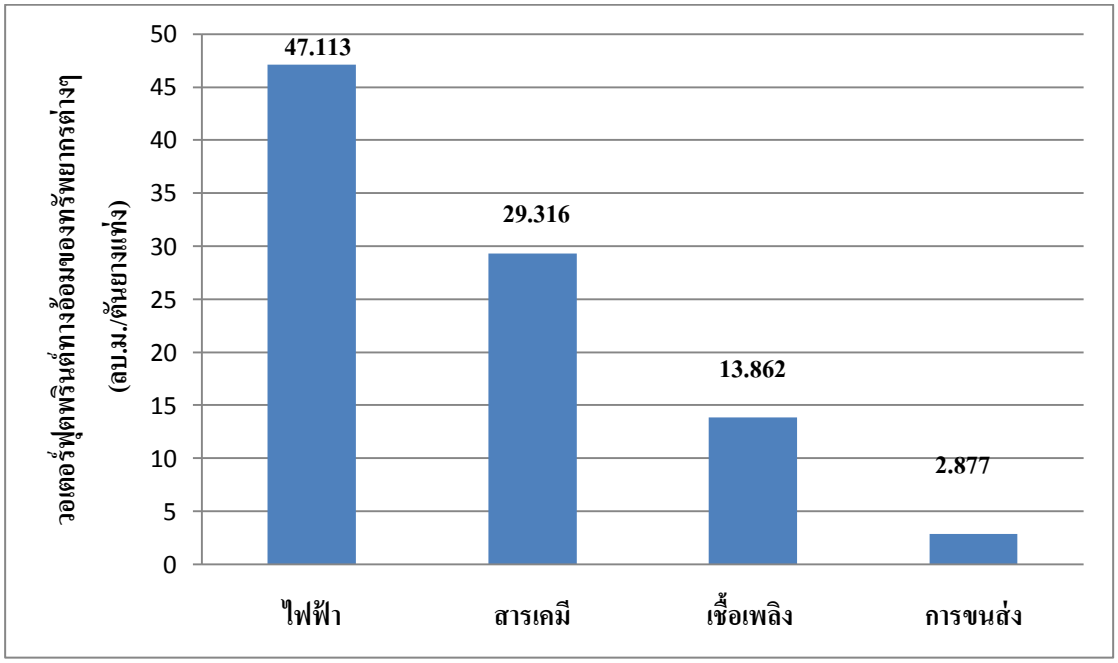
ตารางที่ 3-26 วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมีและเชื้อเพลิงมายังโรงงานของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)

โรงงาน	ประเภทการผลิต	การขนส่ง	บลูวอเตอร์ทางอ้อม (ลบ.ม./ตันยางแท่ง)
F	ยางแท่ง STR 20	การขนส่งยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ	3.166
		การขนส่งสารเคมี	0.012
		การขนส่งเชื้อเพลิง (ก๊าซ LPG)	0.225
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			3.403
G	ยางแท่ง STR 20	การขนส่งยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ	1.247
		การขนส่งสารเคมี	0.020
		การขนส่งเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)	0.008
บลูวอเตอร์ทางอ้อมรวม			1.275
บลูวอเตอร์ทางอ้อมเฉลี่ยรวมทั้ง 2 โรงงาน			2.877

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 20 ของแต่ละโรงงาน

จากตารางที่ 3-26 พบว่า การขนส่งน้ำยางสด สารเคมี และเชื้อเพลิง มายังโรงงานมีปริมาณบวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมเฉลี่ยเท่ากับ 2.877 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง โดยโรงงาน F

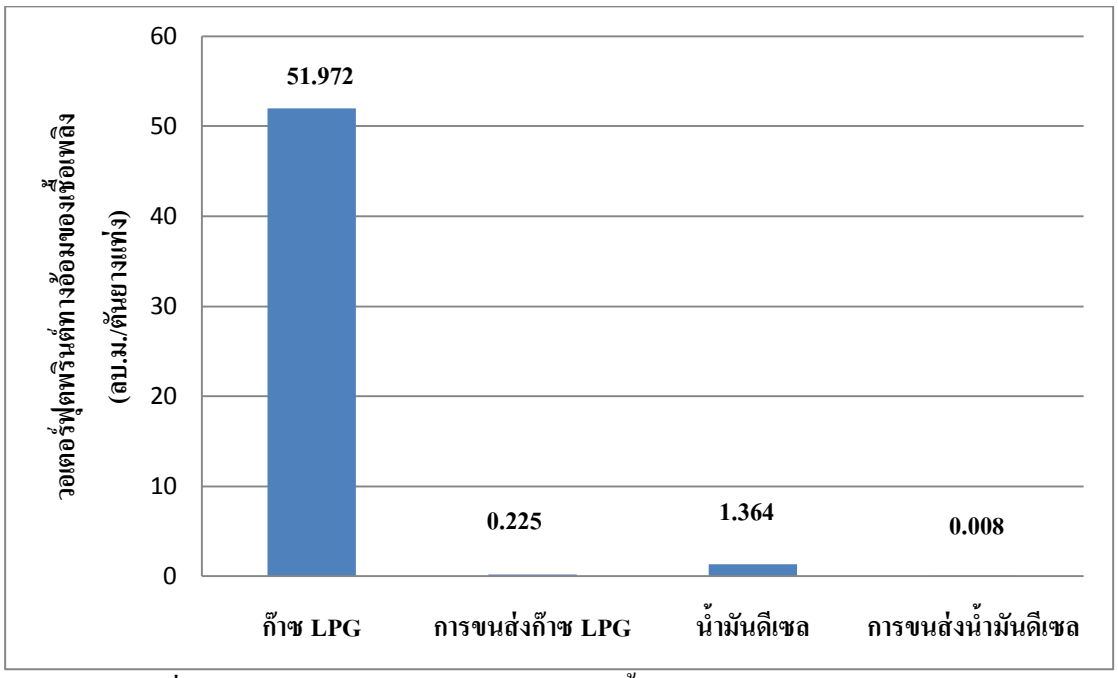
และ G มีวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่งยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบปริมาณมากที่สุด มีค่าอยู่ระหว่าง 1.247-3.166 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ใช้ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบเป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิต จากข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของไฟฟ้า สารเคมี และเชื้อเพลิง รวมไปถึงการขนส่งทรัพยากรเหล่านั้นมายังโรงงาน นำมาเปรียบเทียบปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของทรัพยากรต่างๆ รวมถึงการขนส่งได้ดังภาพประกอบที่ 3-7



ภาพประกอบที่ 3-7 แสดงวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า สารเคมี เชื้อเพลิง ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 และการขนส่งมายังโรงงาน

จากผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมี ไฟฟ้า เชื้อเพลิง และการขนส่งวัตถุดิบ ไฟฟ้า และเชื้อเพลิง มายังโรงงาน ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ดังตารางที่ 3-25 และตารางที่ 3-26 ตามลำดับ พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิงและไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่ง กล่าวคือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิงและไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 90.296 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 1.18 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) สำหรับวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.877 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.037 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) และจากแผนภาพ

ประกอบที่ 3-7 พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้า มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 47.113 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 50.57 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมทั้งหมด) เนื่องจากมีกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน จึงมีการใช้เครื่องจักรหลายตัวในกระบวนการผลิต ดังนั้น วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับไฟฟ้าจึงมีปริมาณสูง รองลงมา ได้แก่ วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของสารเคมี และเชื้อเพลิง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.316 (คิดเป็น 31.46 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมทั้งหมด) และ 13.862 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 14.87 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมทั้งหมด) ตามลำดับ และเนื่องจากแต่ละโรงงาน มีการใช้เชื้อเพลิงในขั้นตอนการอบยางที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงแบ่งวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการใช้เชื้อเพลิงออกเป็น 2 ประเภท คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของน้ำมันดีเซล และวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของก๊าซ LPG รวมถึงการขนส่งเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ดังภาพประกอบที่ 3-8



ภาพประกอบที่ 3-8 วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ และการขนส่งของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20

จากภาพประกอบที่ 3-8 โรงงานที่ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง คือ โรงงาน F และโรงงาน G ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับ LPG (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) มีค่าเท่ากับ 51.972 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 99.98 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมรวมเชื้อเพลิงทั้ง 2 ประเภท) ซึ่งมีค่าสูงกว่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับน้ำมันดีเซล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.364 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 2.62 % ของวอเตอร์ฟุต

พรินต์ทางอ้อมรวมเชื้อเพลิงทั้ง 2 ประเภท) จากผลดังกล่าวก๊าซ LPG มีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล ทั้งนี้ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ของโรงงาน F มีปริมาณที่สูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลของโรงงาน G อีกทั้งถ้าพิจารณาจากข้อมูลที่อ้างอิง (ตารางที่ 2-2) พบว่า ในกระบวนการผลิตก๊าซ LPG มีปริมาณการใช้น้ำที่สูงกว่าการผลิตน้ำมันดีเซล (ดังรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วในส่วนของการขนส่งเชื้อเพลิงของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L) ส่งผลให้วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของก๊าซ LPG มีปริมาณที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล สำหรับวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของการขนส่งเชื้อเพลิง พบว่า จากปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ที่มากกว่าการใช้น้ำมันดีเซลจึงทำให้การขนส่งก๊าซ LPG มีปริมาณสูงตามไปด้วย โดยการขนส่งก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซล มีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อม เท่ากับ 0.225 และ 0.008 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ตามลำดับ

จากผลการศึกษาดังกล่าว ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับก๊าซ LPG จะมีปริมาณที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล แต่โรงงานโดยส่วนใหญ่ก็หันมาเลือกใช้ก๊าซ LPG ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงในขั้นตอนการอบยาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ก๊าซ LPG มีราคาที่ถูกกว่า โดยในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าราคาน้ำมันดีเซลมีราคาเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น โรงงานยางแท่งโดยส่วนใหญ่จึงปรับเปลี่ยนมาใช้ก๊าซ LPG แทนน้ำมันดีเซล เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต

กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 จะมีการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในการเดินระบบเครื่องจักรทั้งระบบ และมีการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซลและก๊าซ LPG) ในขั้นตอนการอบยาง ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า ที่โรงงานนำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่งแต่ละปะเภท

ในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากพิจารณาการใช้น้ำทางตรงในกระบวนการผลิต ซึ่งจัดเป็นน้ำประเภท บลูวอเตอร์ทางตรง และการใช้น้ำทางอ้อมที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ ซึ่งจัดเป็นน้ำประเภท กรีนวอเตอร์ และการใช้น้ำทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า รวมถึงการขนส่งวัตถุดิบ เชื้อเพลิง และสารเคมี มายังโรงงาน ซึ่งจัดเป็นน้ำประเภท บลูวอเตอร์ทางอ้อม และค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่งในการศึกษานี้ แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีรวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสีย และกรณีที่ไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสีย ซึ่งผลการศึกษาจะแสดงดังหัวข้อต่อไป

3.6.3 เกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำเสีย (Grey water footprint)

เกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ฟุตพรินต์ของน้ำเสีย คือ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำดีที่ใช้ในการเจือจางน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน กล่าวคือ บีโอดีในน้ำเสียหลังบำบัดไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการประเมินมาจากการเก็บตัวอย่างน้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต น้ำเสียจากกระบวนการผลิต (ก่อนบำบัด)

และน้ำทิ้งสุดท้ายของโรงงาน (หลังบำบัด) ของแต่ละโรงงานที่ทำการศึกษา มาทำการตรวจวิเคราะห์หาคุณลักษณะทางเคมี ของค่า BOD_5 จากนั้นนำมาคำนวณตามสูตรการคำนวณที่กล่าวไว้ในวิธีวิจัย โดยในงานวิจัยนี้ ทำการตรวจวิเคราะห์เฉพาะค่าบีโอดี เท่านั้น เป็นพารามิเตอร์พื้นฐานในการนำมาคำนวณหาค่าเกรย์วอเตอร์ของน้ำเสีย เนื่องจากเป็นค่าที่มีในกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมและมาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ซึ่งแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 หมายถึง แหล่งน้ำที่รองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และสามารถนำมาใช้เพื่อการอุตสาหกรรมได้ โดยค่า C_{max} (คือ ความเข้มข้นของมลสารสูงสุดที่ยอมรับได้ในมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4) มีค่าเท่ากับ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และ C_{nat} (คือ ความเข้มข้นที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ) ซึ่งในการคำนวณนี้กำหนดให้ค่าเป็น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากที่ผ่านมาในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอยู่นั้น ยังไม่ได้มีการศึกษาหรือข้อมูลอ้างอิง ถึงคุณภาพน้ำเดิมในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น

เกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 พารามิเตอร์และค่าบีโอดีที่นำใช้ในการคำนวณและค่าเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้งที่ได้จากการคำนวณ แสดงดังตารางที่ 3-27 โดยวิธีการคำนวณจะแสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 3-27 พารามิเตอร์และค่าเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้งของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20

พารามิเตอร์	โรงงาน						
	ยางแท่ง STR 5L					ยางแท่ง STR 20	
	A	B	C	D	E	F	G
1.อัตราการไหลของน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต (ลบ.ม.ต่อวินาที), Q_{abst}	0.006	0.002	0.004	0.004	0.002	0.070	0.078
2.บีโอดีในน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต (มก.ต่อลิตร), C_{abst}	0.20	0.09	0.19	0.45	0.69	0.007	0.040
3.อัตราการไหลของน้ำทิ้งหลังบำบัด (ลบ.ม.ต่อวินาที), Q_{eff}	0.005	0.001	0.004	0.003	0.002	0.044	0.068
4.บีโอดีในน้ำทิ้งหลังบำบัด (มก.ต่อลิตร), C_{eff}	40	36.77	15.35	47	32.8	109	134
5.ค่าเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)	86.39	66.16	167.29	246.66	249.15	1,119.21	696.08
ค่าเฉลี่ย*	124.59					800.58	

หมายเหตุ: *เป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่งของแต่ละโรงงาน

จากการประเมินเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง ซึ่งจะประกอบไปด้วยข้อมูลอัตราการไหลของน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต และน้ำทิ้ง (น้ำเสียหลังบำบัด) ประกอบกับข้อมูลค่าบีโอดีในน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต และค่าบีโอดีในน้ำทิ้งหลังบำบัด จากการเก็บตัวอย่างน้ำจากโรงงาน มาทำการตรวจวิเคราะห์หาค่าบีโอดี จากผลการตรวจวัดจะเห็นได้ว่า ค่าบีโอดีในน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน มีค่าที่แตกต่างกันมาก อาจเป็นเพราะโรงงานแต่ละโรงงานตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ห่างไกลกัน และแหล่งน้ำที่นำมาใช้ คือ น้ำบาดาลที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ของโรงงานนั้นๆ ซึ่งแหล่งน้ำอาจจะอยู่ใกล้บ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงาน จึงทำให้บางโรงงานมีการปนเปื้อนของบีโอดีในน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตในปริมาณที่มากแตกต่างกันไปแต่ละโรงงาน โดยเมื่อนำมาคำนวณเป็นค่าเกรย์วอเตอร์ พบว่า เกรย์วอเตอร์ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.59 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 2.04 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบรวมเกรย์วอเตอร์) และเกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 800.58 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 9.55 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แบบรวมเกรย์วอเตอร์) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าเกรย์วอเตอร์ของโรงงานยางแท่ง STR 20 มีค่ามากกว่าโรงงานยางแท่ง STR 5L ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณน้ำเสียของโรงงงานยางแท่ง STR 20 ที่มีปริมาณมากกว่าที่เกิดมาจากการใช้น้ำในปริมาณมากในกระบวนการผลิต และการปนเปื้อนของบีโอดีในน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดยังมีปริมาณที่สูงมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 5L ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดการปนเปื้อนของบีโอดีในน้ำเสียได้ดีกว่าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยางแท่ง STR 20 จึงส่งผลให้ค่าเกรย์วอเตอร์ของโรงงานยางแท่ง STR 20 มีค่าสูงกว่าโรงงานยางแท่ง STR 5L ดังนั้น โรงงานยางแท่ง STR 20 จะต้องมาพิจารณาในส่วนของวิธีในการบำบัดน้ำเสียให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยลดปริมาณการปนเปื้อนของบีโอดีในน้ำเสียให้มีค่าลดน้อยลง

ในส่วนของค่าเกรย์วอเตอร์ฟุตพรินต์ เป็นส่วนที่จะต้องพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ เนื่องจากมีหลายประเด็นเข้ามาเกี่ยวข้อง ทั้งในแง่ของกฎหมายซึ่งหากมีการกำหนดไม่ให้มีการทิ้งน้ำออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ก็จะไม่มีเกรย์วอเตอร์เกิดขึ้น แต่ถ้าหากกฎหมายมีการกำหนดให้โรงงานสามารถการปล่อยน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ แต่ต้องผ่านการบำบัดน้ำเสียให้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ก็จะทำให้มีเกรย์วอเตอร์เกิดขึ้น ซึ่งถ้าหากมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจริง จะต้องมีการมาพิจารณาถึงระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดมากยิ่งขึ้น เพื่อไม่ให้น้ำทิ้งที่ปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

ข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์ดังกล่าวข้างต้น ทั้งที่มีการประเมินทั้งในส่วนของปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ จากการเพาะปลูกยางพารา และส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ที่มีการประเมินการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม ประกอบไปด้วย กรีนวอเตอร์ บลูวอเตอร์ (บลูวอเตอร์ทางตรง และบลูวอเตอร์ทางอ้อม) ซึ่งจะนำมาใช้ประกอบในการประเมินในส่วนของวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แต่ละโรงงาน และวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ทั้งกรณีรวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง และไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง ดังแสดงหัวข้อต่อไปนี้

3.6.4 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แต่ละโรงงาน

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์รวม ของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ตามหลักการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ โดยข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบในการประเมินในส่วนนี้ จะประกอบไปด้วย ข้อมูล 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง การได้มาซึ่งน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย จากการเพาะปลูกยางพารา และยางแผ่นดิบ จากกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ ส่วนที่สอง คือ ส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ซึ่งในส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน มีการใช้น้ำทั้งทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง) และการใช้น้ำทางอ้อม (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 จะเป็นค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ยังไม่ได้มีการปันส่วน และเป็นค่าที่ไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสีย เนื่องจากเป็นการแสดงถึงค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของแต่ละโรงงาน ที่มีการแสดงถึงค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่มาจากการใช้น้ำประเภทต่างๆ เพื่อหาจุดสำคัญของแต่ละโรงงานที่ทำให้เกิดการใช้น้ำในปริมาณสูง โดยพิจารณาจากการใช้น้ำประเภทต่างๆ ซึ่งอาจจะส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์รวม ของโรงงานนั้นมีค่าสูงตามขึ้นไปด้วย

โดยรูปแบบการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ แบ่งออกเป็น 4 กรณีย่อย ดังตารางที่ 3-28

ตารางที่ 3-28 รูปแบบการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์

กรณี	การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระบวนการผลิตภายในโรงงาน	
		การใช้น้ำทางตรง	การใช้น้ำทางอ้อม
1	✓	x	x
2	✓	✓	x
3	✓	x	✓
4	✓	✓	✓

หมายเหตุ : ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จาก 4 กรณี จะเป็นค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ยังไม่ได้มีการปันส่วนและไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง

จากตารางที่ 3-28 การประเมินตามรูปแบบดังกล่าวข้างต้น ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในวิธีวิจัย เพื่อให้สามารถนำมาเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ชี้ให้เห็นถึงปริมาณการใช้น้ำที่มาจากในส่วนต่างๆ ของแต่ละโรงงาน ทั้งในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ หรือ ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ จากการเพาะปลูกยางพารา และกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ และส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงานที่ประกอบไปด้วยการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น สามารถนำไปสู่แนวทางการแก้ไขและปรับปรุงการใช้น้ำได้อย่างตรงจุดและถูกต้องของโรงงานนั้นๆ

ทั้งนี้ ในการรายงานผลค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่งในงานวิจัยฉบับนี้ จะใช้รูปแบบการประเมินในกรณี 4 เพื่อให้ได้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่รวมการประเมินครอบคลุมทั้งในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ที่คิดการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม ผลการประเมินตามรูปแบบการประเมินของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ดังนี้

3.6.4.1 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงานยางแท่ง STR 5L แต่ละโรงงาน

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงานยางแท่ง STR 5L แต่ละโรงงาน ตามรูปแบบการประเมินกรณี 4 ผลการประเมิน ดังตารางที่ 3-29

ตารางที่ 3-29 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แต่ละโรงงาน ตามรูปแบบการประเมินกรณี 4

โรงงาน	การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระบวนการผลิตภายในโรงงาน		วอเตอร์ฟุตพรินต์รวม (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)
	วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ติดตัวมากับน้ำยางสด (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)	การใช้น้ำทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง) (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)	การใช้น้ำทางอ้อม (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)	
A	5,554	9.86	354.510	5,918
B	5,421	8.97	139.542	5,570
C	5,271	45.23	764.546	6,081
D	5,964	36.13	573.483	6,573
E	5,926	38.39	293.583	6,258
ค่าเฉลี่ย	5,593	18.57	386.053	5,997

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L ของแต่ละโรงงาน

จากผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงานยางแท่ง STR 5L ตามรูปแบบการประเมินกรณี4 ที่มีการพิจารณาวอเตอร์ฟุตพรินต์โดยรวมทั้งในส่วนของปริมาณน้ำที่ติด

ตัวมากับน้ำยางสด (วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด) และกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ที่มีการประเมินทั้งการใช้น้ำทั้งทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง) และทางอ้อมในกระบวนการผลิต (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) จากตารางที่ 3-29 พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงาน D มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงสุด เท่ากับ 6,573 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ซึ่งเมื่อมาพิจารณาเป็นแต่ละกรณี เพื่อหาจุดที่ทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงาน F มีค่าสูงกว่าโรงงานอื่นๆ ดังนี้

กรณี 1 วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่คิดเฉพาะการได้มาซึ่งน้ำยางสด หรือวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด พบว่า โรงงาน D มีปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสดมากที่สุด 5,964 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และมากกว่าโรงงานอื่นๆ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากข้อมูลบัญชีรายการ โรงงาน D มีปริมาณการใช้น้ำยางสดในกระบวนการผลิตสูงถึง 1.56 ตันต่อตันยางแท่ง ซึ่งมากกว่าโรงงานอื่นๆ

กรณี 2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่คิดรวมการได้มาซึ่งน้ำยางสด กับการใช้น้ำทางตรงในกระบวนการผลิต จะเห็นได้ว่า โรงงาน D มีปริมาณการใช้น้ำที่น้อยกว่าโรงงาน C และ E และเมื่อมาพิจารณากรณี 3

กรณี 3 วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่คิดรวมการได้มาซึ่งน้ำยางสด กับการใช้น้ำทางอ้อมในกระบวนการผลิตภายในโรงงาน พบว่า โรงงาน D มีการใช้น้ำทางอ้อมในกระบวนการผลิตที่น้อยกว่าโรงงาน C แสดงให้เห็นว่าโรงงาน D มีการใช้สารเคมี ไฟฟ้า และเชื้อเพลิง รวมถึงการขนส่ง ในปริมาณที่น้อยกว่าโรงาน C จากผลดังกล่าวข้างต้น ถึงแม้ว่าโรงงาน C จะมีปริมาณการใช้น้ำทางตรงและทางอ้อมในกระบวนการผลิตที่มากกว่าโรงงาน D แต่ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสดมีปริมาณที่น้อยกว่ามากเมื่อเทียบกับโรงงาน D ดังนั้น เมื่อคิดวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมทั้งในส่วนของปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด และกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ในกรณี 4 ทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงาน D มีค่าสูงกว่าโรงงานอื่นๆ ซึ่งสาเหตุสำคัญที่ทำให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงาน D มีค่าสูง เนื่องจากว่า โรงงาน D ใช้น้ำยางสดในการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ในปริมาณที่มากกว่าเมื่อเทียบกับโรงงานอื่นๆ คือ 1.56 ตัน ดังนั้น โรงงานจึงควรมีการปรับปรุงในขั้นตอนปริมาณการใช้น้ำยางสดให้น้อยลง ในการผลิตยางแท่ง 1 ตัน หรือโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ของโรงงานให้เพิ่มมากขึ้น เกิดเป็นของเสียให้น้อยที่สุด (เศษยาง)

3.6.4.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงานยางแท่ง STR 20 แต่ละโรงงาน

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงานยางแท่ง STR 20 แต่ละโรงงาน ตามรูปแบบการประเมินกรณี 4 ผลการประเมิน ดังตารางที่ 3-30

ตารางที่ 3-30 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แต่ละโรงงาน ตามรูปแบบการประเมินกรณี 4

โรงงาน	การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	กระบวนการผลิตภายในโรงงาน		วอเตอร์ฟุตพรินต์รวม (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)
	วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ติดตัวมากับยางแห้ง (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)	การใช้น้ำทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง) (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)	การใช้น้ำทางอ้อม (บลูวอเตอรทางอ้อม) (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)	
F	8,636	65.45	208.798	8,910
G	7,161	23.83	53.817	7,239
ค่าเฉลี่ย	7,525	34.11	92.093	7,651

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 20 ของแต่ละโรงงาน

จากตารางที่ 3-30 วอเตอร์ฟุตพรินต์โดยรวมทั้งในส่วนของปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับยางแห้ง หรือวอเตอ์ฟุตพรินต์ของยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ และกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ที่มีการประเมินทั้งการใช้น้ำทั้งทางตรง และทางอ้อมในกระบวนการผลิต พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงาน F มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงกว่าโรงงาน G มีค่าเท่ากับ 8,910 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ซึ่งเมื่อมาพิจารณาเป็นแต่ละกรณี เพื่อหาจุดที่ทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงาน D มีค่าสูงกว่าโรงงาน G ดังนี้

กรณี 1 วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่คิดเฉพาะการได้มาซึ่งยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ (ยางแห้ง) หรือวอเตอร์ฟุตพรินต์ของยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ พบว่า โรงงาน F มีปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับยางแห้ง 8,636 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ซึ่งมีปริมาณมากกว่าโรงงาน G ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากข้อมูลบัญชีรายการ โรงงาน F มีปริมาณการใช้ยางก้อนถ้วย (DRC 55 %) และยางแผ่นดิบในการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน เฉลี่ยรวม 1.74 ตัน ซึ่งมากกว่าโรงงาน G

กรณี 2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่คิดรวมการได้มาซึ่งวัตถุดิบกับการใช้น้ำทางตรงในกระบวนการผลิต จะเห็นได้ว่า โรงงาน F มีปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต 65.45 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ซึ่งมีปริมาณมากกว่าการใช้น้ำทางตรงของโรงงาน G และเมื่อมาพิจารณากรณี 3

กรณี 3 วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่คิดรวมการได้มาซึ่งวัตถุดิบกับการใช้น้ำทางอ้อมในกระบวนการผลิตภายในโรงงาน พบว่า โรงงาน F มีการใช้น้ำทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมีจากการ

ใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตหลายชนิด ไฟฟ้า และเชื้อเพลิงที่เกิดจากการใช้ก๊าซ LPG รวมถึงการขนส่งทรัพยากรต่างๆ มายังโรงงาน ในปริมาณที่มากกว่าโรงงาน G ซึ่งแตกต่างจากโรงงาน G ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และใช้สารเคมีเพียงชนิดเดียว จึงส่งผลให้วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของโรงงาน F มีปริมาณที่สูงกว่าโรงงาน G มาก จากผลดังกล่าวข้างต้น เมื่อคิดวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมทั้งในส่วนของปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ และกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ในกรณี 4 ทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงาน F มีค่าสูงกว่าโรงงาน G ซึ่งสาเหตุสำคัญมากจาก โรงงาน F ใช้ยางแห้งในการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน ในปริมาณมาก และมีการใช้ไฟฟ้า สารเคมี รวมถึงเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตปริมาณที่สูง ดังนั้น โรงงานจึงควรมีการปรับปรุงในขั้นตอนปริมาณการใช้ยางแห้งให้น้อยลง ในการผลิตยางแท่ง STR 20 1 ตัน และปริมาณการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในกระบวนการผลิตให้น้อยลง หรือโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ของโรงงานให้เพิ่มมากขึ้น เกิดเป็นของเสียให้น้อยที่สุด (เศษยาง)

ข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ดังกล่าวข้างต้น ที่มีการประเมินทั้งในส่วนของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ และส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ที่มีการประเมินการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งจะนำมาใช้ประกอบในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ต่อไป การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 จะต้องมีการหาสัดส่วนผลิตภัณฑ์ (Product fraction, f_p) ของผลิตภัณฑ์หลัก และผลิตภัณฑ์ร่วม เนื่องจากกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ให้ผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ คือ ยางแท่ง เป็นผลิตภัณฑ์หลัก และเศษยาง เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม

3.6.5 สัดส่วนผลิตภัณฑ์ (Product fraction, P_f)

3.6.5.1 สัดส่วนผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L

กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ใช้น้ำยางสดเป็นวัตถุดิบในการผลิต มีขั้นตอนหลักๆ คือ ขั้นตอนการจับตัวของน้ำยาง ทำให้ได้ซึ่งก้อนยางที่จับตัวแล้ว เข้าสู่ขั้นตอนการรีดยางและตัดย่อยยาง เพื่อให้ได้ยางชิ้นเล็กๆ ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้าย คือ การอบยางและอัดให้เป็นแท่งให้มีน้ำหนักขนาดก้อน 33.33-35 กิโลกรัมต่อยางแท่งหนึ่งก้อน ดังตารางที่ 3-31

ตารางที่ 3-31 สัดส่วนผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L

ขั้นตอนการผลิต	โรงงาน					ค่าเฉลี่ย
	A	B	C	D	E	
1.การจับตัวของน้ำยางสด	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2.การรีดยางและตัดย่อยยาง	0.986	0.986	0.994	0.995	0.999	0.992
3.การอบยาง*	0.698	0.715	0.729	0.645	0.642	0.686
4.การอัดแท่ง	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

หมายเหตุ : * ในขั้นตอนการอบยาง สัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์ลดน้อยลง แต่ไม่ได้มีการสูญเสียมวลผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่มีการระเหยหายไปของน้ำเท่านั้น

จากตารางที่ 3-31 กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย ขั้นตอนการจับตัวของน้ำยางสดจากการเติมกรดฟอร์มิค เพื่อให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน ขั้นตอนการรีดยางและตัดย่อยก้อนยางที่จับตัวแล้วให้เป็นเป็นชิ้นเล็กๆ ขั้นตอนการอบชิ้นยางเล็กๆ ในอุณหภูมิที่พอเหมาะ เพื่อแปรสภาพเป็นยางแห้ง และขั้นตอนสุดท้าย คือ การอัดแท่งให้มีขนาดก้อนยางตามที่ต้องการ โดยในแต่ละขั้นตอนมีสัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ในบางขั้นตอนมีการสูญเสียมวลผลิตภัณฑ์ออกไปในรูปแบบของเศษยาง ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งสัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์จะคำนวณมาจากปริมาณผลิตภัณฑ์ขาออกต่อปริมาณผลิตภัณฑ์เข้าในกระบวนการผลิต จากผลดังกล่าว พบว่า ในขั้นตอนของการรีดยางและตัดย่อยยางสัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.992 เนื่องจากในขั้นตอนดังกล่าวมีการสูญเสียมวลผลิตภัณฑ์ออกไปในรูปของเศษยาง จากการแปรสภาพก้อนยางให้เป็นชิ้นยางเล็กๆ โดยการผ่านการรีดและตัดย่อย ดังนั้น จึงมีการสูญเสียเนื้อยางออกไปในรูปของเศษยาง ที่ปะปนมากับน้ำเสีย สำหรับขั้นตอนการอบยางไม่ได้มีการสูญเสียมวลผลิตภัณฑ์ เนื่องจากขั้นตอนนี้ไม่มีเศษยางเกิดขึ้น หากแต่ขั้นตอนดังกล่าวทำให้เกิดการระเหยหายไปของน้ำเท่านั้น (คิดเป็น30-40 %) จากการแปรสภาพยางเปียกให้เป็นยางแห้ง โดยผ่านการอบแห้ง ทำให้ความชื้นลดลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.686 ดังนั้น สัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการอบยางจึงเท่ากับ 1.000 เนื่องจากไม่ได้มีการสูญเสียเนื้อยางออกไป เช่นเดียวกับขั้นตอนการจับตัวของน้ำยางสด และการอัดแท่ง

3.6.5.2 สัดส่วนผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20

กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ใช้ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต มีขั้นตอนหลักๆ 4 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นตอนการทำความสะอาดยางขั้นแรก ทำให้ได้เนื้อยางจากขั้นตอนนี้และส่งไปยังบ่อกวน/แช่ล้างอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการรีดยางออกมาเป็นยางเครพจากขั้นตอนนี้

2) ขั้นตอนการผสมเศษยางกับยางแผ่นดิบและตัดย่อย ยางเครพจะถูกนำมาผสมกับยางแผ่นดิบในบ่อผสมเศษยางกับยางแผ่นดิบ ยางที่ผสมกันแล้วจะผ่านการรีดยาง และตัดหยาบอีกครั้ง ทำให้ได้ยางชิ้นเล็กๆ จากขั้นตอนนี้

3) ขั้นตอนการอบยาง ยางชิ้นเล็กๆ จะถูกนำมาอบที่อุณหภูมิ 110-130 °C ในเตาอบนาน 3-4 ชั่วโมง โดยการเป่าลมร้อนเพื่อไล่ความชื้น

4) ขั้นตอนการอัดแท่งให้มีขนาดน้ำหนักก้อน 33.33-35 กิโลกรัมต่อยางแท่งหนึ่งก้อน ดังตารางที่ 3-32

ตารางที่ 3-32 สัดส่วนผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20

ขั้นตอนการผลิต	รายละเอียดขั้นตอนการผลิต	โรงงาน		ค่าเฉลี่ย
		F	G	
1.การทำความสะอาดยางขั้นแรก	ตัดย่อยยางอย่างหยาบ, บ่อกวน/แช่ล้าง, รีดยาง, ตัดหยาบ, ตะแกรงแยกยาง, บ่อกวน/แช่ล้าง, รีดยาง	1.000	1.000	1.000
2.การผสมเศษยางกับยางแผ่นดิบและตัดย่อย	รีดยาง, ตัดหยาบ, บ่อกวน/แช่ล้าง, รีดยาง, ตัดย่อย	0.998	0.976	0.981
3. การอบยาง*	อบยาง	0.605	0.816	0.761
4.การอัดแท่ง	อัดแท่ง	1.000	1.000	1.000

หมายเหตุ : ในกระบวนการอบยาง* สัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์ลดน้อยลง แต่ไม่ได้มีการสูญเสียมวลผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่มีการระเหยหายไปของน้ำเท่านั้น

กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีขั้นตอนคล้ายกับกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L แตกต่างกันตรงวัตถุดิบในการนำมาผลิต โดยกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ใช้วัตถุดิบที่เป็นยางแห้ง จำพวกยางก้อนถ้วย (DRC 55 %) และยางแผ่นดิบ จึงต้องมีการทำความสะอาดยางแห้งในขั้นแรก เพื่อเอาสิ่งสกปรกออก ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป จากตาราง 3-32 พบว่า ขั้นตอนที่มีการสูญเสียเนื้อยางออกไปในรูปแบบของเศษยางชิ้นเล็กๆ คือ ขั้นตอนการรีดยางและตัดย่อยยาง เช่นเดียวกับกระบวนการผลิตยงแท่ง STR 5L ทำให้สัดส่วนผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือเฉลี่ย 0.981 และ

สำหรับขั้นตอนการอบยางเช่นเดียวกับกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ที่เกิดจากการผ่านการอบแห้งทำให้ความชื้นลดลง ทำให้น้ำเกิดการระเหยหายไปของน้ำเท่านั้น (คิดเป็น 20-40 %) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.761 แต่ไม่ได้มีการสูญเสียเนื้อยางแต่อย่างใด ดังนั้น สัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการอบยางจึงเท่ากับ 1.000 เช่นเดียวกับขั้นตอนการทำความสะอาดยางในขั้นแรก และการอัดแท่ง เมื่อพิจารณาปริมาณเนื้อยางที่สูญเสียจากกระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภท พบว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีการสูญเสียเนื้อยางออกมาในรูปของเศษยางที่มากกว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีค่าเท่ากับ 0.023 และ 0.016 ตันต่อตันยางแท่ง ตามลำดับ

ซึ่งค่าสัดส่วนมวลผลิตภัณฑ์เหล่านี้ จะมีผลต่อการนำไปคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 สำหรับกระบวนการผลิตที่ให้ผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ จึงถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตยางแท่งภายในโรงงาน

3.6.6 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 (Total water footprint) ภายหลังการปันส่วน

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 จะใช้วิธีการประเมินแบบขั้นตอนสะสม (Step-wise accumulative approach) ตามหลักการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ ที่ต้องมีการพิจารณาการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในกระบวนการผลิต และพิจารณาถึงแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้อง 3 ประเภท คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ บลูวอเตอร์ และเกรย์วอเตอร์ จากนั้นนำข้อมูลมาเข้าสู่การประเมินแบบขั้นตอนสะสม ซึ่งสูตรในการคำนวณกล่าวไว้ในวิธีวิจัย

วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ตามรูปแบบการประเมิน 4 กรณี ที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น โดยรูปแบบที่นำมาใช้ในการรายงานผลวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่งในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้รูปแบบของกรณีที่ 4 ที่มีการประเมินการใช้น้ำทั้งในส่วนของปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ และในส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ที่พิจารณาทั้งปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ได้จะเป็นค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ที่มีการปันส่วนให้กับผลิตภัณฑ์หลัก คือ ยางแท่ง และผลิตภัณฑ์ร่วม คือ เศษยาง โดยใช้ราคาของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง และเศษยาง ในการปันส่วน และมีการแบ่งค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ ออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่หนึ่ง ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง (ใช้สำหรับในกรณีที่โรงงานไม่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ) รูปแบบที่สอง ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบรวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง (ใช้สำหรับในกรณีที่โรงงานมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่

แหล่งน้ำธรรมชาติ) โดยในการศึกษานี้ จะรายงานค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ในรูปแบบที่ไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง เนื่องจาก โรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่ทำการศึกษาไม่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ผลการประเมิน มีผลดังนี้

3.6.6.1 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ภายหลังการปันส่วน

วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ภายหลังการปันส่วนให้กับผลิตภัณฑ์ร่วม คือ เศษยาง โดยใช้ราคาเฉลี่ย 5 ปีย้อนหลัง ในปี พ.ศ 2550-2554 ซึ่งประกอบไปด้วย ราคาเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L มีราคาเท่ากับ 97.97 บาทต่อกิโลกรัม และราคาเฉลี่ยของเศษยาง 40 บาทต่อกิโลกรัม (ดังตารางภาคผนวก ง) จากนั้นนำมาปันส่วนโดยนำราคาของแต่ละผลิตภัณฑ์ (บาทต่อตัน) คูณกับปริมาณผลิตภัณฑ์นั้นๆ รวมกัน หารด้วยสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์นั้นๆ (Value fraction) รายละเอียดวิธีการคำนวณการปันส่วนแสดงในภาคผนวก จ โดยค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่นำมาปันส่วน คือ ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จากกรณี 4 เนื่องจากเป็นการประเมินการใช้น้ำตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ (วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด) จากการเพาะปลูกยางพารา รวมกับกระบวนการผลิตภายในโรงงานที่พิจารณาทั้งปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรง และทางอ้อม ผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ภายหลังการปันส่วน ดังตารางที่ 3-33 ทั้งกรณีที่รวมเกรย์วอเตอร์ และไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง

ตารางที่ 3-33 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ภายหลังการปันส่วนโดยใช้ราคา ทั้งกรณีที่รวมเกรย์วอเตอร์ และไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง (หน่วย: ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)

ผลิตภัณฑ์	โรงงานยางแท่ง STR 5L										ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ย*	
	A		B		C		D		E			
	ไม่รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	ไม่รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	ไม่รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	ไม่รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	ไม่รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	ไม่รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง
ยางแท่ง STR 5L (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)	5,871	5,955	5,525	5,590	6,062	6,228	6,570	6,817	6,206	6,455	5,960	6,083
เศษยาง (ลบ.ม.ต่อตันเศษยาง)	47.53	48.22	45.00	46.00	19.56	20.10	3.24	3.36	51.66	53.73	37.81	38.53

หมายเหตุ : *เป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 5L ของแต่ละโรงงาน และค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่นำมาปันส่วนคือค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จากกรณี 4

จากตารางที่ 3-33 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ภายหลังการปันส่วน กรณีไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,960 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และเมื่อมีการปันส่วนให้กับเศษยาง โดยปริมาณน้ำที่ติดตัวไปกับเศษยางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.81 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง (คิดเป็น 0.63 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณเศษยางที่เกิดขึ้นของแต่ละโรงงาน เมื่อพิจารณาแต่ละโรงงาน จะเห็นได้ว่า โรงงาน D มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงกว่าโรงงานอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 6,570 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง จากข้อมูลที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น (ตารางที่ 3-29) พบว่า โรงงาน D มีปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ที่เกิดจากการใช้น้ำยางสดในกระบวนการผลิตปริมาณที่สูงกว่าโรงงานอื่นๆ จากผลดังกล่าววอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ ปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในกระบวนการผลิต สำหรับวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยาง โรงงาน D มีค่าเท่ากับ 3.24 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโรงงานอื่นๆมาก ทั้งนี้เนื่องจากโรงงาน D มีปริมาณเศษยางที่เกิดขึ้นน้อยมาก คือ มีค่าเท่ากับ 0.001 ตันต่อตันยางแท่ง จึงทำให้ปริมาณน้ำที่ติดตัวไปกับเศษยางซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมมีปริมาณน้อยตามไปด้วย ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ดังกล่าวจะใช้สำหรับในกรณีที่โรงงานยางแท่ง STR 5L ไม่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หากในอนาคตโรงานมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งจะต้องผ่านการบำบัดน้ำเสียที่ดีก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาตินั้น ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L จะเป็นแบบกรณีรวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง ดังนี้

วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ภายหลังการปันส่วน กรณีรวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง ใช้สำหรับในกรณีที่โรงงานมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จากตารางที่ 3-33 พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,083 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยาง 38.53 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.64 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) จะเห็นได้ว่า เมื่อรวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้งปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR และเศษยาง จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณเกรย์วอเตอร์ที่เกิดขึ้น โดยเกรย์วอเตอร์ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีค่าเท่ากับ 124.59 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 2.04 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) และจากตารางที่ 3-33 พบว่า โรงงาน D มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงกว่าโรงงานอื่นๆ คือ มีค่าเท่ากับ 3,817 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง โดยเกรย์วอเตอร์ของโรงงาน D มีค่าเท่ากับ 246.66 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง จึงส่งให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบรวม

เกรย์วอเตอร์ของโรงงาน D มีค่าสูงกว่าโรงงานอื่นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณเกรย์วอเตอร์ของแต่ละโรงงาน สำหรับวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยางเพิ่มสูงขึ้นเป็น 3.36 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง

จากผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ทั้ง 2 กรณีข้างต้น โรงงาน D มีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงกว่าโรงงานอื่นๆ ทั้ง 2 กรณี ดังนั้น โรงงาน D ควรมีการพิจารณาในส่วนของปริมาณน้ำยางสดที่นำมาใช้ในการผลิตยางแท่ง และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น โดยในการศึกษาครั้งนี้การรายงานค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L จะรายงานค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง ทั้งนี้เนื่องจาก โรงงานยางแท่ง STR 5L ที่ทำการศึกษาทั้ง 5 โรงงาน ไม่ได้มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ดังนั้น วอเตอรฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L มีค่าเท่ากับ 5,960 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ซึ่งมาจากการใช้น้ำทางอ้อมที่ติดตัวมากับน้ำยางสด 5,555 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 93.20 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) รองลงมา คือ การใช้น้ำทางอ้อมในกระบวนการผลิตภายในโรงงานที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า รวมไปถึงการขนส่งทรัพยากรเหล่านั้นมายังโรงงงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 386.053 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 6.47 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) สำหรับการใช้น้ำทางตรงในกระบวนการผลิตพบว่ามีปริมาณน้อยที่สุด คือ 18.57 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.31 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) และเมื่อปันส่วนให้กับเศษยางปริมาณน้ำที่ติดตัวไปกับเศษยางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.81 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง (คิดเป็น 0.63 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) โดยจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลศึกษาดูกระบวนการผลิตด้วยตัวเอง และจากการสอบถามข้อมูลโดยตรงจากโรงงาน พบว่า จุดที่มีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุดในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ร้อยละ 80-90 จะอยู่ในขั้นตอนของการล้างทำความสะอาดยางในส่วนของบ่อจับตัว ซึ่งจะต้องมีการใช้น้ำเพื่อช่วยในการลอยตัวของก้อนยาง และล้างทำความสะอาดกรดในบ่อหรือรางน้ำสะอาด

3.6.6.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ภายหลังการปันส่วน

วอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ภายหลังการปันส่วนให้กับผลิตภัณฑ์ร่วม คือ เศษยาง โดยใช้ราคาเฉลี่ย 5 ปีย้อนหลัง ในปี พ.ศ 2550-2554 ซึ่งประกอบไปด้วยราคาเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ซึ่งมีราคาเท่ากับ 95.29 บาทต่อกิโลกรัม และราคาเฉลี่ยของเศษยาง มีราคาเท่ากับ 40 บาทต่อกิโลกรัม (ดังตารางภาคผนวก ง) จากนั้นนำมาปันส่วนโดยนำราคาของแต่ละผลิตภัณฑ์ (บาทต่อตัน) คูณกับปริมาณผลิตภัณฑ์นั้นๆ รวมกัน หารด้วยสัดส่วน

มูลค่าของผลิตภัณฑ์นั้นๆ (Value fraction) รายละเอียดวิธีการคำนวณการปันส่วนแสดงในภาคผนวก จ โดยค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่นำมาปันส่วน คือ ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จากกรณี 4 ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น ผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ภายหลังการปันส่วน ทั้งกรณีที่รวมเกรย์วอเตอร์ และไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง ดังตารางที่ 3-34

จากตารางที่ 3-34 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ภายหลังการปันส่วน กรณีไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,582 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และเมื่อมีการปันส่วนให้กับเศษยาง ปริมาณน้ำที่ติดตัวไปกับเศษยางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69.42 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง (คิดเป็น 0.91 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) จะเห็นได้ว่า โรงงาน F มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงกว่าโรงงาน G มีค่าเท่ากับ 8,900 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง จากข้อมูลที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น (ตารางที่ 3-30) พบว่า โรงงาน F มีปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับยางแห้ง ที่เกิดจากการใช้ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบในกระบวนการผลิต และปริมาณการใช้น้ำทางตรงและทางอ้อมในกระบวนการผลิตที่สูงกว่าโรงงาน G จึงทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงาน F มีค่าสูงกว่าโรงงาน G โดยวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ ปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในกระบวนการผลิต สำหรับวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยาง โรงงาน F มีค่าเท่ากับ 10.12 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าโรงงาน G มาก ทั้งนี้เนื่องจากโรงงาน F มีปริมาณเศษยางที่เกิดขึ้นน้อยกว่าโรงงาน G คือ มีค่าเท่ากับ 0.003 และ 0.030 ตันต่อตันยางแท่ง ตามลำดับ จึงทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยางโรงงาน F มีปริมาณน้อยกว่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยางโรงงาน G ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณเศษยางของแต่ละโรงงาน ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ดังกล่าวจะใช้สำหรับในกรณีที่โรงงานยางแท่ง STR 20 ไม่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

ตารางที่ 3-34 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ภายหลังการปันส่วนโดยใช้ราคา ทั้งกรณีที่รวมเกรย์วอเตอร์และไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำเสีย (หน่วย: ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)

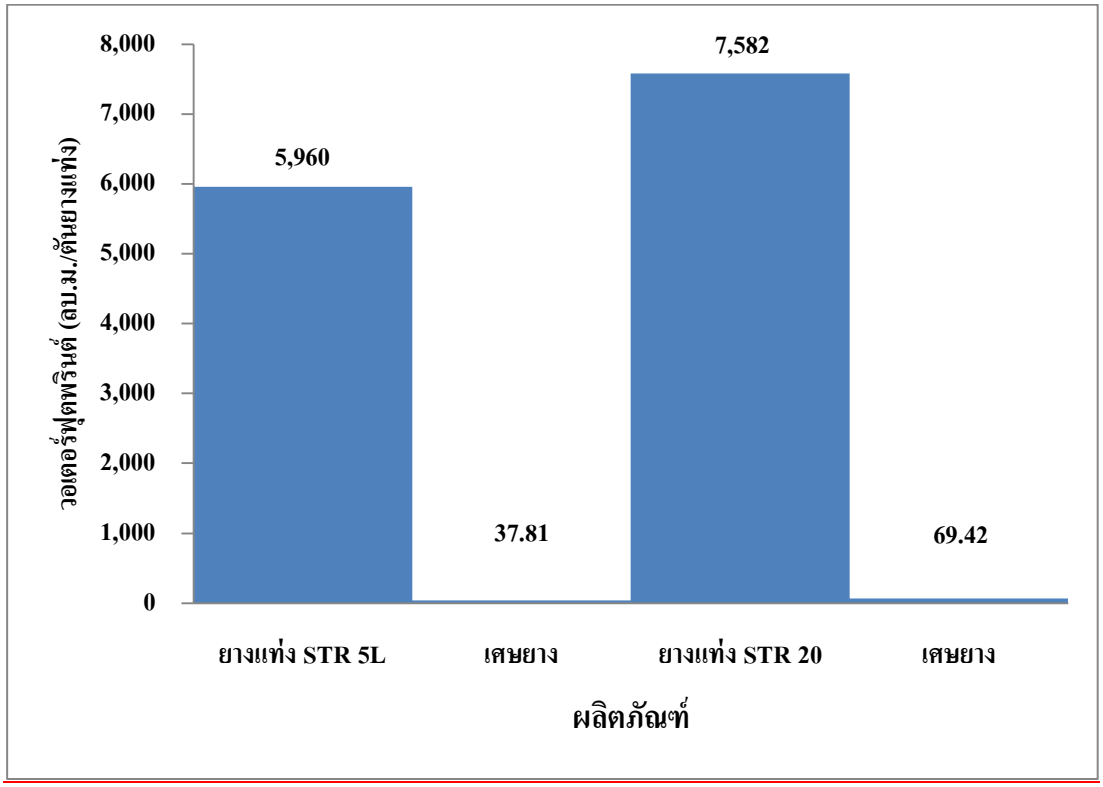
ผลิตภัณฑ์	โรงงานยางแท่ง STR 20					
	F		G		ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ย*	
	ไม่รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	ไม่รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	ไม่รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง	รวมเกรย์จากน้ำทิ้ง
ยางแท่ง STR 20 (ลบ.ม.ต่อตันยางแท่ง)	8,900	10,018	7,150	7,838	7,582	8,376
เศษยาง (ลบ.ม.ต่อตันเศษยาง)	10.12	11.39	88.87	97.41	69.42	75.85

หมายเหตุ : *เป็นค่าเฉลี่ยโดยถ่วงกับน้ำหนักกำลังการผลิตยางแท่ง STR 20 ของแต่ละโรงงาน และค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่นำมาปันส่วน คือ ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จากกรณี 4

วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ภายหลังการปันส่วน กรณีรวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง ใช้สำหรับในกรณีที่โรงงานมีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จากตารางที่ 3-34 พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8,376 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยาง 75.85 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.90 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) จะเห็นได้ว่า เมื่อรวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้งปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR และเศษยาง จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณเกรย์วอเตอร์ที่เกิดขึ้น โดยเกรย์วอเตอร์ของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีค่าเท่ากับ 800.58 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 9.55 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) และจากตารางที่ 3-34 พบว่า โรงงาน F มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงกว่าโรงงาน G คือ มีค่าเท่ากับ 10,018 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง โดยเกรย์วอเตอร์ของโรงงาน F มีค่าเท่ากับ 1,119 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง จึงส่งให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบรวมเกรย์วอเตอร์ของโรงงาน F มีค่าสูงกว่าโรงงาน G ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณเกรย์วอเตอร์ของแต่ละโรงงาน สำหรับวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยางเพิ่มสูงขึ้นเป็น 11.39 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง

จากผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ทั้ง 2 กรณีข้างต้น โรงงาน F ควรจะมีการพิจารณาในส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ทั้งปริมาณการใช้น้ำยางสด การใช้สารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า การใช้น้ำในกระบวนการผลิต และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น จากการที่มีค่าเกรย์วอเตอร์ในปริมาณที่สูง สำหรับการรายงานค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ในการศึกษาครั้งนี้ จะรายงานค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์แบบไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง ทั้งนี้เนื่องจาก โรงงานยางแท่ง STR 20 ที่ทำการศึกษาทั้ง 2 โรงงาน ไม่ได้มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ดังนั้น วอเตอรฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 มีค่าเท่ากับ 7,582 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ซึ่งมาจากการใช้น้ำทางอ้อมที่ติดตัวมากับยางแห้ง 7,455 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 98.33 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) รองลงมา คือ การใช้น้ำทางอ้อมในกระบวนการผลิตภายในโรงงานโรงงานที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า รวมไปถึงการขนส่งทรัพยากรเหล่านั้นมายังโรงงงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92.093 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 1.18 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) สำหรับการใช้น้ำทางตรงในกระบวนการผลิต พบว่ามีปริมาณน้อยที่สุด คือ 34.11 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.44 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) และเมื่อปันส่วนให้กับเศษยางปริมาณน้ำที่ติดตัวไปกับเศษยางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69.42 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง (คิดเป็น 0.91 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลศึกษาดูกระบวนการผลิตด้วยตัวเอง และจากการสอบถามข้อมูลโดยตรงจากโรงงาน

พบว่า จุดที่มีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุดในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ร้อยละ 90 จะอยู่ในขั้นตอนของการล้างทำความสะอาดยาง ซึ่งจะต้องมีการล้างทำความสะอาดยางหลายๆ ครั้ง (ในบ่อกวน/แช่ล้าง) เนื่องจากวัตถุดิบเป็นยางแห้ง จึงต้องมีการใช้น้ำปริมาณมากในการทำความสะอาดเอาเศษดิน เศษสิ่งสกปรกอื่น ๆ ที่อาจเจือปนมากับวัตถุดิบ เพื่อให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ยางแท่งที่สะอาดและเพิ่มคุณภาพให้กับผลิตภัณฑ์ จากเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้ปริมาณการใช้น้ำของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 (บลูวอเตอร์ทางตรง) และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น (เกรย์วอเตอร์) มีปริมาณที่สูงกว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ดังภาพประกอบที่ 3-9 เปรียบเทียบวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 รวมถึงวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยางที่เกิดขึ้น



ภาพประกอบที่ 3-9 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 รวมทั้งวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยาง (ไม่รวมแกรย์จากน้ำเสีย)

จากแผนภาพประกอบที่ 3-9 และจากผลการศึกษาวอเตอร์ฟุตพรินต์รวมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 มีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L มีค่าเท่ากับ 7,582 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยาง

แท่ง และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L มีค่าเท่ากับ 5,960 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ยางแท่ง ทั้งนี้อาจเนื่องจาก โรงงานยางแท่ง STR 20 มีกำลังการผลิตที่มากกว่า มีขั้นตอนการผลิตที่ประกอบด้วยหลายๆ ขั้นตอน และมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตที่มากกว่า เนื่องจากวัตถุดิบเป็นยางแห้ง และจะสังเกตเห็นว่า เมื่อพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง พบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่สูงทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ มากกว่า 90 % จะมาจากในส่วนของปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับวัตถุดิบจากขั้นตอนการเพาะปลูก และกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ (วอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ติดตัวมากับวัตถุดิบ) รองลงมา คือ เป็นการพิจารณาในส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน พบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่สูงจะมาจากในส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า คิดเป็น 1-6 % และการใช้น้ำทางตรงในกระบวนการผลิต 0.3-0.4 % ตามลำดับ

ดังนั้น การลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ในส่วนของการเพาะปลูก หรือวางแผนการเพาะปลูกยางพารา เป็นส่วนที่ควรจะพิจารณาเป็นอันดับแรก โดยเฉพาะการขยายเขตการเพาะปลูกยางพาราไปยังพื้นที่แห้งแล้ง ซึ่งจะต้องมีการนำน้ำจากชลประทาน มาช่วยในการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำของพืชเดิมที่มีอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว และอาจนำไปสู่ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรน้ำของลุ่มน้ำนั้นได้ หรือเกิดปัญหาความเครียดน้ำ (Water stress) ในพื้นที่ดังกล่าวเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา นอกเหนือจากผลกระทบต่อความต้องการใช้น้ำในการเพาะปลูกแล้ว ยังอาจส่งผลกระทบต่อความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค ของชุมชนในพื้นที่ใกล้เคียงอีกด้วย ส่วนการขยายและเพิ่มกำลังการผลิตของโรงงาน รวมไปถึงแนวคิดการสร้างโรงงานใหม่ในอนาคต มีผลกระทบต่อการใช้น้ำน้อยกว่าการเพาะปลูกมาก ซึ่งจะเห็นได้จาก ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตในส่วนของโรงงาน (บลูวอเตอร์ และเกรย์วอเตอร์) มีปริมาณที่น้อยกว่า และที่สำคัญ คือจะต้องมีการบำบัดน้ำเสียที่ดี ซึ่งการปรับลดค่าวอเตอร์ฟุพรินต์หรือปรับปรุงปริมาณการใช้น้ำในส่วนของการเพาะปลูก สามารถกระทำได้ยาก ดังนั้น ถ้าหากจะพิจารณาการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ในส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ซึ่งสามารถจะกระทำได้ง่ายกว่า จากการศึกษา พบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่สูงมาจากในส่วนของวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิต และเกรย์วอเตอร์ของน้ำเสียที่มีปริมาณสูง ที่มาจากการใช้น้ำในกระบวนการผลิตปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดปริมาณน้ำเสียมากขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้ ยังขึ้นอยู่กับลักษณะน้ำเสียของแต่ละโรงงาน และระบบบำบัดที่โรงงานนำมาเลือกใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้น ควรมาพิจารณาในขั้นตอนกระบวนการผลิตที่มีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุด ที่ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียมากที่สุด เพื่อเป็นหาแนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ในส่วนของกระบวนการผลิตภายในโรงงานได้อย่างตรงจุด หรืออาจจะแก้ไขได้โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของกำลังการผลิตให้เพิ่มให้มากขึ้น กล่าวคือ เพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ยาง

แท่งในการผลิตให้มากขึ้น และลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นให้น้อยลง ซึ่งจากงานวิจัยของ วันชัย แก้วยอด (2540) ที่ได้ทำการศึกษา การตรวจสอบการจัดการน้ำเสียโรงงาน กรณีศึกษาในจังหวัดสงขลา พบว่า น้ำเสียที่ปล่อยทิ้งไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงาน ส่วนใหญ่มาจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตและการล้างเครื่องจักรต่างๆ ก่อให้เกิดการใช้น้ำอย่างสิ้นเปลืองและทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณมาก

และเนื่องจากว่าโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ ใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตต่างชนิดกัน ได้แก่ น้ำมันดีเซลและก๊าซ LPG ดังนั้น จึงได้ทำการประเมินค่าวอเตอร์รุ่พรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ วอเตอร์รุ่พรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แบบใช้ก๊าซ LPG ในกระบวนการผลิต และวอเตอร์รุ่พรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แบบใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิต เพื่อเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์จากการใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกัน และเป็นการแสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ติดตัวไปกับผลิตภัณฑ์ยางแท่งที่มาจากการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด อีกทั้งยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อเป็นแนวทางในการปรับลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตยางแท่งภายในโรงงาน ดังแสดงหัวข้อต่อไปนี้

3.6.7 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แบ่งเป็นการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 จากการใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิด ได้แก่ วอเตอร์รุ่ตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แบบใช้ก๊าซ LPG ในกระบวนการผลิต และวอเตอร์รุ่พรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 แบบใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิต ดังนี้

3.6.7.1 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L

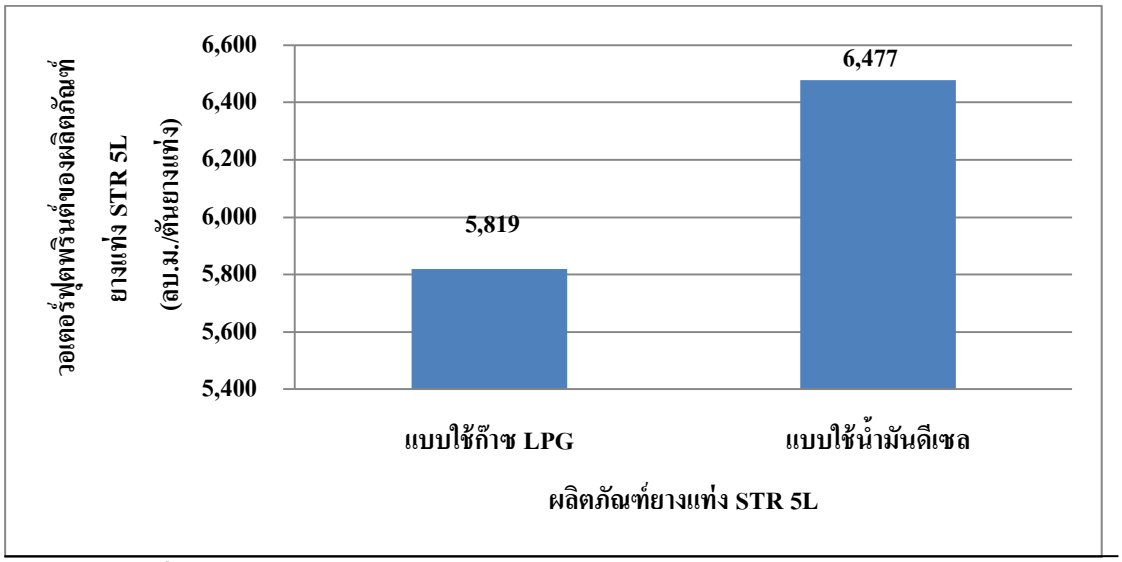
1) แบบใช้ก๊าซ LPG

โรงงานยางแท่ง STR 5L ที่ใช้ก๊าซ LPG ในกระบวนการผลิต มีจำนวน 3 โรงงานได้แก่ โรงงาน A B และ C ซึ่งมีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของก๊าซ LPG เฉลี่ยเท่ากับ 285.98 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และการขนส่งก๊าซ LPG มายังโรงงาน เฉลี่ยเท่ากับ 1.269 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง จากการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบใช้ก๊าซ LPG มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,819 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.87 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง

2) แบบใช้น้ำมันดีเซล

โรงงานยางแท่ง STR 5Lที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต มีจำนวน 2 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน D และ E ซึ่งมีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของน้ำมันดีเซล เฉลี่ยเท่ากับ 81.921 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และการขนส่งน้ำมันดีเซล มายังโรงงานเฉลี่ยเท่ากับ 0.464 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง จากการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบใช้น้ำมันดีเซล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,477 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.19 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง

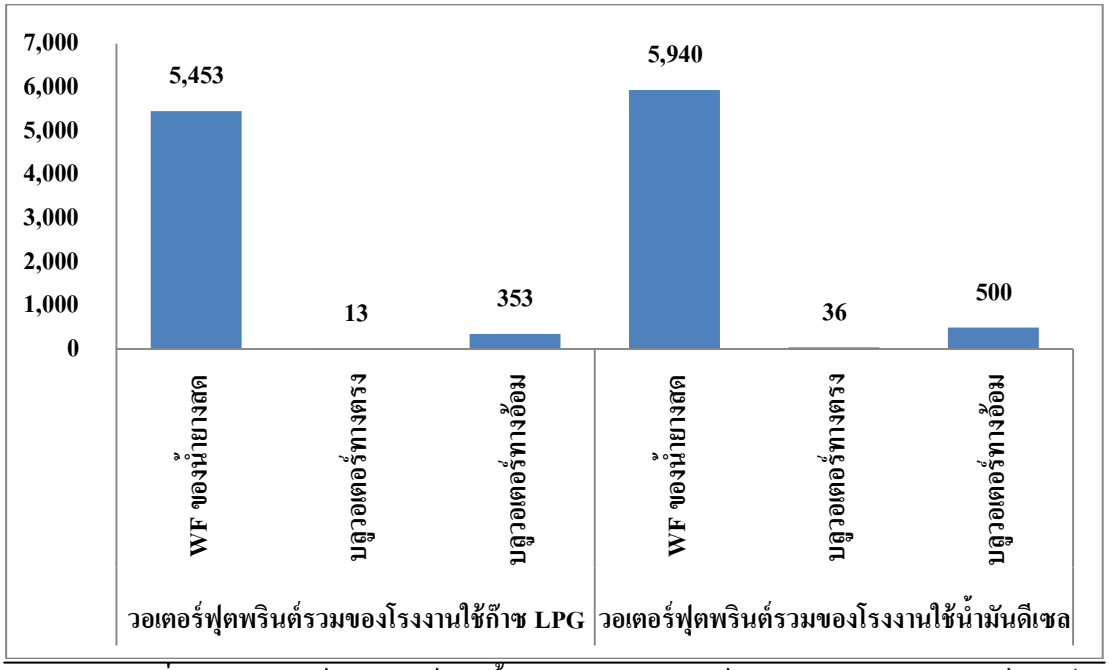
เมื่อนำมาเปรียบเทียบวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ทั้งแบบการใช้ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซล ดังภาพประกอบที่ 3-10



ภาพประกอบที่ 3-10 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบใช้ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิต

จากภาพประกอบที่ 3-10 พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิตมีค่าเท่ากับ 6,477 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ซึ่งมีค่ามากกว่าแบบการใช้ก๊าซ LPG ที่มีค่าเท่ากับ 5,819 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ถึงแม้ว่ามีปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับก๊าซ LPG และจำนวนโรงงานที่มีการใช้ก๊าซ LPG มีจำนวนมากกว่า อีกทั้ง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตก๊าซ LPG 1 ตัน หรือค่าตัวคูณการใช้น้ำมากกว่าค่าตัวคูณการใช้น้ำของน้ำมันดีเซล ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 753 ลูกบาศก์เมตรต่อตันก๊าซ LPG แต่ในการผลิตน้ำมันดีเซล 1 ตัน จะใช้ปริมาณน้ำที่น้อยกว่า คือเท่ากับ 590 ลูกบาศก์เมตรต่อตันน้ำมันดีเซล แต่ปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์

ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบใช้ก๊าซ LPG มีค่าน้อยกว่าแบบการใช้น้ำมันดีเซล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นอีกหลายปัจจัยที่ทำให้วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบใช้น้ำมันดีเซลมีค่ามากกว่าแบบการใช้ก๊าซ LPG เช่น ปริมาณการใช้น้ำยางสด ปริมาณการใช้น้ำ สารเคมี และไฟฟ้า ในกระบวนการผลิต ดังภาพประกอบที่ 3-11



ภาพประกอบที่ 3-11 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด บลูวอเตอร์ทางตรง และบลูวอเตอร์ทางอ้อมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบใช้ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิต (หน่วย: ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง)

จากภาพประกอบที่ 3-11 พบว่า โรงงานที่มีการใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิตมีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด บลูวอเตอร์ทางตรง และบลูวอเตอร์ทางอ้อมในกระบวนการผลิตที่สูงกว่าโรงงานที่ใช้ก๊าซ LPG ส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบการใช้น้ำมันดีเซลมีปริมาณที่สูงกว่าแบบการใช้ก๊าซ LPG

3.6.7.2 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20

1) แบบใช้ก๊าซ LPG

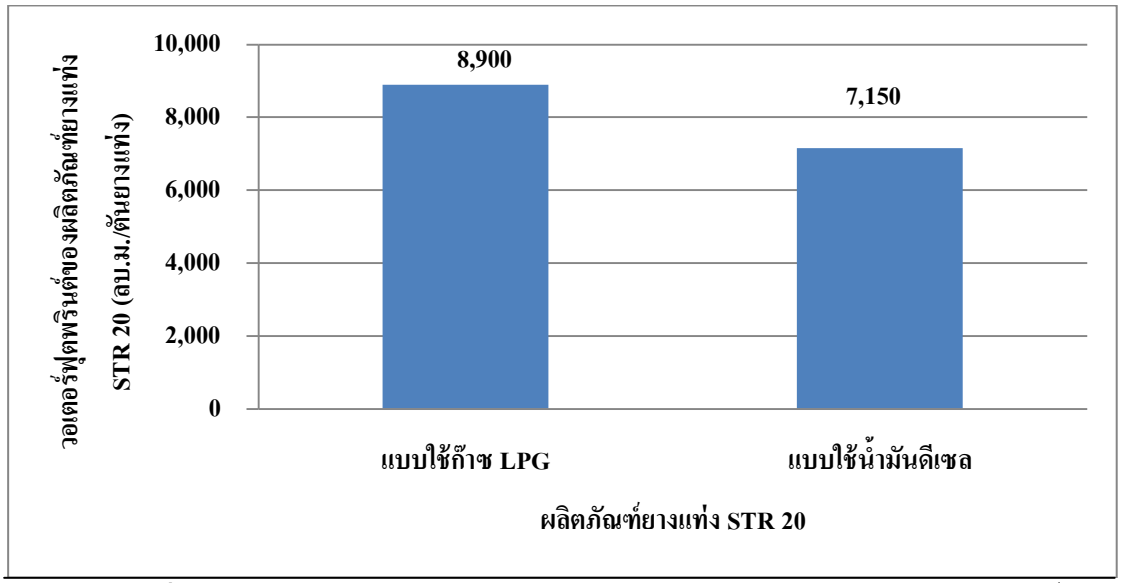
โรงานยางแท่ง STR 20 ซึ่งมีจำนวน 2 โรงงาน โดยแบ่งการใช้เชื้อเพลิงได้อย่างชัดเจน คือ โรงงานที่ใช้ก๊าซ LPG ในกระบวนการผลิต ได้แก่ โรงงาน F ซึ่งมีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของก๊าซ LPG เฉลี่ยเท่ากับ 51.972 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และการขนส่ง

ก๊าซ LPG มายังโรงงาน เท่ากับ 0.225 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง จากการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของโรงงาน F พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แบบใช้ก๊าซ LPG มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8,900 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.12 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง

2) แบบใช้น้ำมันดีเซล

โรงงานยางแท่ง STR 20 ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต ได้แก่ โรงงาน G ซึ่งมีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของน้ำมันดีเซล เฉลี่ยเท่ากับ 1.364 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และการขนส่งน้ำมันดีเซล มายังโรงงาน เฉลี่ยเท่ากับ 0.008 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง จากการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แบบใช้น้ำมันดีเซล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,150 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง และวอเตอร์ฟุตพรินต์ของเศษยาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.87 ลูกบาศก์เมตรต่อตันเศษยาง

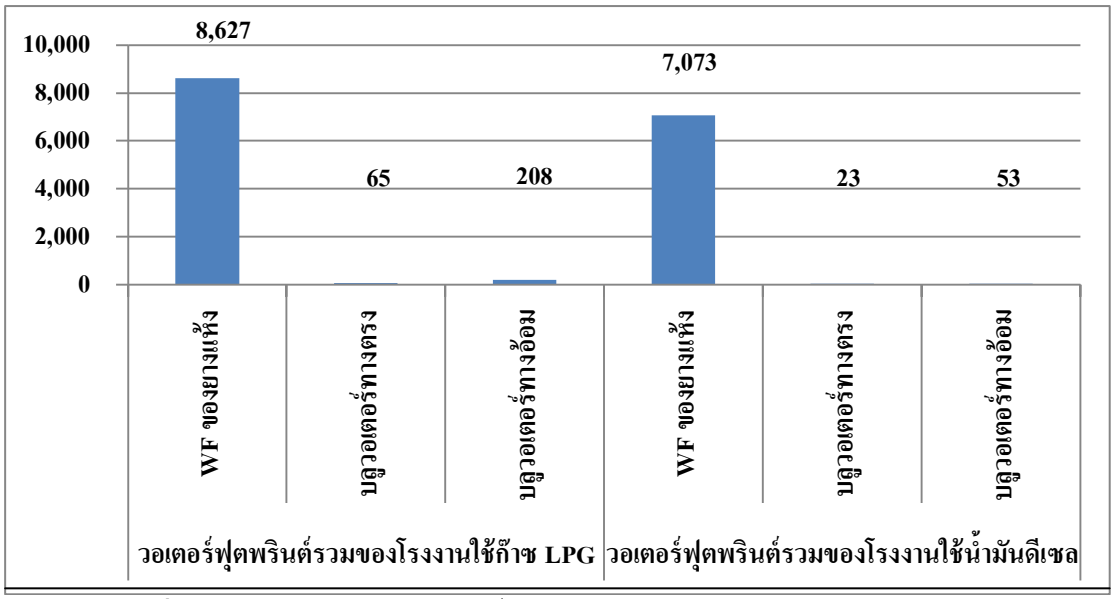
เมื่อนำมาเปรียบเทียบวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 ทั้งแบบการใช้ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซล ดังภาพประกอบที่ 3-12



ภาพประกอบที่ 3-12 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แบบใช้ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิต

จากภาพประกอบที่ 3-12 พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แบบใช้ก๊าซ LPG ในกระบวนการผลิตมีค่าเท่ากับ 8,900 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ซึ่งมีค่า

มากกว่าแบบการใช้น้ำมันดีเซล จากข้อมูลข้างต้น พบว่า ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG สูงกว่าปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล อีกทั้งค่าตัวคูณการใช้น้ำของก๊าซ LPG มากกว่าค่าตัวคูณการใช้น้ำของน้ำมันดีเซล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นอีกหลายปัจจัยดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น คือ ปริมาณการใช้ยางแห้ง ซึ่งเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต ปริมาณการใช้น้ำ สารเคมี และไฟฟ้า ในกระบวนการผลิต ดังภาพประกอบที่ 3-13



ภาพประกอบที่ 3-13 วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด บลูวอเตอร์ทางตรง และบลูวอเตอร์ทางอ้อมของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แบบใช้ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิต (หน่วย: ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง)

จากภาพประกอบที่ 3-13 พบว่า โรงงานที่มีการใช้ก๊าซ LPG ในกระบวนการผลิต (โรงงาน F) มีปริมาณการใช้ยางแห้ง ปริมาณการใช้น้ำ สารเคมี รวมถึงไฟฟ้า ในกระบวนการผลิตที่สูงกว่าโรงงาน G ที่ใช้น้ำมันดีเซลในกระบวนการผลิต จึงทำให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แบบการใช้ก๊าซ LPG มีปริมาณที่สูงกว่าแบบการใช้น้ำมันดีเซล

จากผลดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า การใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกันของแต่ละโรงงานในกระบวนการผลิต ไม่มีนัยสำคัญต่อค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตอีกหลายปัจจัย เช่น ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณการใช้น้ำ สารเคมี และไฟฟ้าในกระบวนการผลิต รวมไปถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของแต่ละโรงงาน ที่ส่งผลต่อค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ดังนั้นแนวทางการลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของ

ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ในกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ควรลดหรือควบคุมในส่วนของปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณการใช้น้ำ สารเคมี และไฟฟ้าในกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ

3.7 แนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ และการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานยางแท่ง

3.7.1 แนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ของการเพาะปลูกยางพารา

การลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ในส่วนของการเพาะปลูก ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอแนวทางการแก้ไขไว้ในขอบเขตกว้างๆ เนื่องจากต้องมีการศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ อย่างละเอียด โดยแนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ในส่วนของการเพาะปลูก อาจเลือกพื้นที่ปลูกยางในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง และมีฝนตกชุก เพื่อเป็นการลดปริมาณการใช้น้ำจากชลประทาน เช่น พื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งสามารถลดการใช้น้ำจากชลประทาน เพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของยางพาราได้ และอาจมีการพิจารณาในส่วนการนำปุ๋ยมาใช้ในการเพาะปลูก โดยการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์แทนปุ๋ยเคมี หรือปรับลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลง นำปุ๋ยอินทรีย์มาใช้ร่วมด้วย รวมถึงการเลือกพันธุ์ยางที่จะนำมาปลูกให้เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่เพาะปลูก แนวทางดังกล่าว เป็นเพียงแนวทางโดยรวมอย่างกว้างๆ ที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงหลักการและเหตุผล เพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขอย่างแท้จริงและถูกต้องตรงจุด

3.7.2 แนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตภายในโรงงาน

ถ้าพิจารณาเฉพาะในส่วนของโรงงาน พบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่สูงมาจากในส่วนของค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อม หรือปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า และเกรย์วอเตอร์ที่มีปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นมาก และความสกปรกของน้ำเสีย ดังนั้น จึงต้องหาแนวทางในการลดปริมาณน้ำเสียให้น้อยลง จากขั้นตอนกระบวนการผลิตยางแท่ง ที่ทำให้เกิดปริมาณน้ำเสียมากที่สุด โดยพิจารณาจากขั้นตอนที่มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตมากที่สุด และแนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อม จากขั้นตอนของการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในกระบวนการผลิต โดยการนำหลักเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในการแก้ไข แบ่งออกเป็น

3.7.2.1 การลดหรือควบคุมปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต

1) ลดปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด สารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า โดยการควบคุมหรือลดปริมาณการใช้น้ำยางสด หรือยางแห้ง จำพวก ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ ซึ่งเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตยางแท่ง และปริมาณการใช้สารเคมี เช่น กรดฟอร์มิค บอริค เป็นต้น รวมถึงการใช้ไฟฟ้า และเชื้อเพลิง ในปริมาณการใช้ที่เหมาะสม

2) ลดหรือควบคุมปริมาณการใช้น้ำล้างวัตถุดิบ จำพวกเศษยาง และยางก้อนถ้วยในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ให้เหมาะสม เช่น อาจจะใช้วิธีการชะล้างด้วยน้ำฝนที่สำรองกักเก็บเอาไว้ก่อน เพื่อเป็นการลดปริมาณน้ำในการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบในขั้นแรก ทำให้วัตถุดิบเศษยางและ ยางก้อนถ้วย มีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกลดน้อยลง ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตขั้นต่อไป

3) ลดหรือควบคุมปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตย่อยๆ ให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม เช่น ในขั้นตอนของการล้างทำความยางในบ่อหรือรางน้ำสะอาด หรือการใช้น้ำในการกำหนดการลอยตัวของก้อนยางในขั้นตอนของการจับตัวของน้ำยาง ในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ควรใช้ปริมาณน้ำที่พอเหมาะกับขนาดก้อนยาง และในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ในขั้นตอนของการล้างทำความสะอาดยางในบ่อกวน/แช่ล้าง ควรมีการกำหนดจำนวนครั้งในการล้างยางในบ่อกวน/แช่ล้าง ที่พอเหมาะ ซึ่งอาจจะสังเกตจากการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกที่ติดมากับยางแห้งต่างๆ ในแต่ละครั้งของการผลิต

3.7.2.2 การปรับปรุงเทคโนโลยีในกระบวนการผลิต

1) เลือกใช้เครื่องจักรที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตที่ช่วยประหยัดการใช้ไฟฟ้า ทำให้ลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ที่ติดตัวมากับไฟฟ้าในกระบวนการผลิตให้มีปริมาณลดน้อยลง

2) เลือกใช้อุปกรณ์ ที่ช่วยในการประหยัดน้ำ เช่น สายยาง ก๊อกน้ำ ที่ช่วยในการประหยัดน้ำ และควรมีการตรวจสอบสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการใช้น้ำ เช่น สายยาง ก๊อกน้ำ อย่างสม่ำเสมอ

3.7.2.3 การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงาน

การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงาน หรือการสร้างนโยบาย เพื่อสร้างจิตสำนึก และให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้น้ำอย่างประหยัดในกระบวนการผลิต หรือจัดฝึกอบรมให้แก่พนักงาน เพื่อลดพฤติกรรมการใช้น้ำอย่างสิ้นเปลือง

ซึ่งข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551) ได้มีการเสนอแนวทางการแก้ไขที่ต้นทางไว้ในคู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมยางพารา ดังนี้ คือ ในบ่อจับตัวควรควบคุมการใช้น้ำในการลอยตัวของก้อนยางให้เหมาะสมและขั้นตอนการล้างยางควรมีการหมุนเวียนน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นให้น้อยลง ดังตารางที่ 3-35 และ 3-36 แสดงการจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ตามลำดับ

ตารางที่ 3-35 ตัวอย่างสรุปการจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L

มลพิษ	จุดที่เกิด	ลักษณะของน้ำเสีย	ปริมาณ	การบำบัด/กำจัด	การแก้ไขที่ต้นทาง
มลพิษทางน้ำ	1.การรับน้ำยางสด	ซีโอดี บีโอดี และของแข็งแขวนลอย	0.15 ลบ.ม./วัน	บ่อดักยาง/ระบบลอยตัวด้วยอากาศตามด้วยระบบบำบัดแบบเอเอส/ระบบบ่อเติมอากาศ	ติดตั้งตะแกรงกรองสิ่งสกปรกในบ่อรับน้ำยางสด
	2.บ่อจับตัว		62.5 ลบ.ม./วัน		ควบคุมการใช้น้ำในการลอยตัวของก้อนยางให้เหมาะสม
	3.การล้างยางในการผลิต		57.9 ลบ.ม./วัน		หมุนเวียนน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่

หมายเหตุ (1) ตัวอย่างข้อมูลจากโรงงานแห่งหนึ่งที่มีกำลังการผลิต ยางแท่ง STR 5L 13 ตันต่อวัน

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

ตารางที่ 3-36 ตัวอย่างสรุปการจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงงานผลิตยางแท่ง STR 20

มลพิษ	จุดที่เกิด	ลักษณะ	ปริมาณ	การบำบัด/กำจัด	การแก้ไขที่ต้นทาง
มลพิษน้ำ	1.การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม	น้ำชะกองเศษยางและยางก้อนถ้วย	-	ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เช่น บ่อเติมอากาศหรือระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์	- คัดแยกสิ่งเจือปนออกจากวัตถุดิบก่อนนำมาเข้ากระบวนการผลิต
	2.การทำความสะอาดวัตถุดิบในขั้นแรก	ซีโอดี บีโอดี และสารแขวนลอย	70 ลบ.ม./วัน		-หมุนเวียนน้ำล้างในบ่อสุดท้ายกลับมาใช้ใหม่ในบ่อแรก
	3.บ่อแช่/ล้าง		1,630 ลบ.ม./วัน		- ติดตั้งตะแกรงรองรับเศษยางที่หกหล่นจากขั้นตอนการลำเลียง
	4.เครื่องบด/ฉีกและเครื่องรีด		-		-ควบคุมการใช้น้ำให้เหมาะสม
	5.บ่อผสมเครพกับยางแผ่น		486 ลบ.ม./วัน		

หมายเหตุ : ข้อมูลของโรงงานที่มีกำลังการผลิต 135 ตันต่อวัน

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

จากการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่มีการประเมินการใช้น้ำทั้งตรงและทางอ้อมในกระบวนการผลิตภายในโรงงาน นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง ทั้ง 2 ประเภท ก่อให้เกิดน้ำเสียเกิดขึ้นที่มีการปนเปื้อนของบีโอดีในปริมาณสูง จากการศึกษาดังกล่าวสามารถนำมาประเมินผลกระทบจากการใช้น้ำในกระบวนการผลิตยางแท่ง และประเมินผลกระทบจากน้ำเสียที่เกิดขึ้น ดังหัวข้อต่อไปนี้

3.8 การประเมินผลกระทบ (Impact assessment)

เป็นการประเมินผลกระทบจากบัญชีรายการ (Inventory data) ข้อมูลที่ได้จากผลการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ และข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้ไปสู่การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านต่าง ๆ และคนในชุมชน โดยแบ่งออกเป็น

3.8.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านทรัพยากรน้ำและชุมชน

เป็นผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำในชุมชน ปริมาณลุ่มน้ำที่มีอยู่ในท้องถิ่น การใช้น้ำและการขาดแคลนทรัพยากรน้ำ และผลกระทบต่อคนในชุมชน จากการจัดทำบัญชีรายการและผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20 จะเห็นได้ว่า กระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภท มีปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตปริมาณมาก โดยเฉพาะกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ซึ่งโรงงานโดยส่วนใหญ่ได้ใช้น้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำดิบหลักที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต หากจำนวนโรงงานยางแท่งในพื้นที่ชุมชนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำบาดาลและแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอยู่ในชุมชนไม่เพียงพอต่อความต้องการของคนในชุมชน หรือความต้องการใช้น้ำทั้งในส่วนของภาคเกษตรและภาคอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มการพัฒนาที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต นำไปสู่ปัญหาการขาดแคลนน้ำดื่มน้ำใช้ที่สะอาดสำหรับคนในชุมชนได้

3.8.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านการปนเปื้อนของสารเคมีในแหล่งน้ำ

เป็นผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ของการปนเปื้อนของสารเคมีในแหล่งน้ำธรรมชาติจากน้ำทิ้งกระบวนการผลิตยางแท่ง ซึ่งถ้าหากโรงงานมีการลักลอบปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ปริมาณการใช้น้ำที่สูงในกระบวนการผลิต ส่งผลให้มีปริมาณน้ำเสียทีมากเช่นกัน อีกทั้งน้ำทิ้งยังไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ส่งผลให้มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูงอยู่ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำในแหล่งน้ำนั้น และไม่สามารถนำน้ำมาใช้ประโยชน์สำหรับกิจกรรมอื่นๆ ได้อีก จากการศึกษาของวันชัย แก้วยอด

(2540) ระบุว่า ปัญหาน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงาน ประกอบกับน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีการปนเปื้อนด้วยสารอาหาร SS SO_4^{2-} และสารอินทรีย์สูง ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็น ทำให้แหล่งน้ำดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก และเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของคนในชุมชน

จากผลกระทบดังกล่าว วอเตอร์ฟุตพรินต์นอกจากจะทำให้ทราบถึงปริมาณการใช้น้ำรวมในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแท่งแล้ว ยังจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแท่ง รวมทั้งยังแสดงให้เห็นถึงเบื้องหลังของมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากพืชผลทางการเกษตรที่มีความต้องการใช้น้ำปริมาณมากในกระบวนการเพาะปลูก อีกทั้งยังเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำที่สำคัญ การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง จะช่วยให้สามารถเข้าใจธุรกิจจากการประเมินค่าผลกระทบต่อท้องถิ่นได้ดียิ่งขึ้น ทั้ง ผลกระทบต่อแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอยู่ในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งทำให้โรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 สามารถบริหารจัดการเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำได้อย่างเหมาะสม ในที่สุดก็จะนำไปสู่กระบวนการในการจัดการเรื่องการใช้น้ำในระดับภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกๆ ขั้นตอน จากฐานข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์นี้ นอกเหนือไปจากที่เคยศึกษากันมาเฉพาะในส่วนของงบดุลของน้ำในระบบลุ่มน้ำในประเทศไทยเท่านั้น ซึ่งวอเตอร์ฟุตพรินต์เป็นเครื่องชี้วัดที่ชัดเจน ที่จะแสดงถึงปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อลุ่มน้ำที่อาจจะเกิดขึ้น คือ ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำที่สำคัญที่มีอยู่ในประเทศไทยเพียงพอต่อการเกษตรหรือการผลิตสินค้าหรือไม่ และในอนาคตหากมีการเกษตรและการผลิตสินค้าที่เพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในลุ่มน้ำต่างๆ มีปริมาณที่เพียงพอต่อการใช้น้ำหรือไม่ และหากมีการเพิ่มขึ้นของภาคธุรกิจยางแท่งในการผลิตสินค้าในพื้นที่ดังกล่าว จะส่งผลต่อปริมาณน้ำในลุ่มน้ำพื้นที่ดังกล่าวหรือไม่ ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาการขาดแคลนน้ำได้ ดังนั้น การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำต่างๆ ได้อย่างเหมาสมช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาขาดแคลนน้ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อภาคธุรกิจโดยตรง ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือทั้งภาครัฐและภาคเอกชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ รวมทั้งแก้ไขปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้จากฐานข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์นี้หรือฐานข้อมูลอื่นๆ ที่มีอยู่ เพื่อรองรับการพัฒนาของภาคธุรกิจหรือเพิ่มขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่งในอนาคต

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

การนำเครื่องมือการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์มาผสมผสานกับเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment) โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20 การศึกษามุ่งเน้นไปที่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การได้มาซึ่งวัตถุดิบ หรือปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ (วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ) และส่วนที่ 2 กระบวนการผลิตภายในโรงงาน ที่มีการพิจารณาการประเมินการใช้น้ำทั้งทางตรง (บลูวอเตอร์ทางตรง) และการใช้น้ำทางอ้อม (บลูวอเตอร์ทางอ้อม) รวมทั้งมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนผลิตยางแท่ง (เกรย์วอเตอร์) ภายใต้การวิเคราะห์ประเมินผลจากข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการลงพื้นที่ภาคสนาม โดยวิธีการสัมภาษณ์ตามแบบสอบถามที่ได้วางไว้ ร่วมกับข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลต่างๆ จากการเก็บข้อมูลโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ในจังหวัดสงขลา ทั้งหมด 7 โรงงาน แบ่งออกเป็น โรงงานยางแท่ง STR 5L จำนวน 5 โรงงาน และโรงงานยางแท่ง STR 20 2 โรงงาน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประเมินผลตามหลักการวอเตอร์ฟุตพรินต์ ในหน่วย 1 ตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง พบว่ากระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L จากน้ำยางสด วอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยโดยไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง เนื่องจากโรงงานยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่ทำการศึกษาไม่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,960 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง แบ่งออกเป็น ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด 5,555 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 93.20 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) รองลงมา คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิงไฟฟ้า รวมถึงการขนส่งน้ำยางสด เชื้อเพลิง สารเคมี มายังโรงงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 385.34 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง(คิดเป็น 6.47 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) และการขนส่ง 0.711 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.011 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) ตามลำดับ และปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต 18.57 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.31 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L) (ดังตารางสรุปที่ 4-1) สำหรับเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.59 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 2.04

% ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L แบบรวมเกรย์วอเตอร์) กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L มีการใช้น้ำในขั้นตอนการรับน้ำยางสด บ่อจับตัว การรีดยาง ตัดย่อยยางและการล้างทำความสะอาดยางในกระบวนการผลิต ซึ่งขั้นตอนที่มีการใช้น้ำมากที่สุด (90 %) คือ ขั้นตอนการจับตัวของน้ำยาง และการล้างทำความสะอาดยางในกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 จากยางแห้ง (ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ) พบว่า วอเตอร์ฟุตพรินต์เฉลี่ยไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,582 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง แบ่งออกเป็น ปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับยางแห้ง 7,455 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 98.33 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) รองลงมา คือ วอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมที่ติดตัวมากับสารเคมี เชื้อเพลิง ไฟฟ้า รวมถึงการขนส่งวัตถุดิบ เชื้อเพลิง สารเคมี มายังโรงงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.29 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 1.18 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) และการขนส่ง 2.87 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.037 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) ตามลำดับ และปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต 34.11 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 0.44 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20) (ดังตารางสรุปที่ 4-1) สำหรับเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 800.58 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง (คิดเป็น 9.55 % ของวอเตอร์ฟุตพรินต์ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 แบบรวมเกรย์วอเตอร์) กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 มีการใช้น้ำในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดยาง การรีดยางและ ตัดย่อยยาง ซึ่งขั้นตอนที่มีการใช้น้ำมากที่สุด คือ ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดยางในกระบวนการผลิต (90 %)

เมื่อพิจารณาค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 จากการใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกันในกระบวนการผลิต คือ ก๊าซ LPG และน้ำมันดีเซล พบว่า การใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกันไม่มีนัยสำคัญต่อค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตอีกหลายปัจจัย เช่น ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณการใช้น้ำ สารเคมี และไฟฟ้าในกระบวนการผลิต รวมไปถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของแต่ละโรงงาน ที่ส่งผลต่อค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ดังนั้น แนวทางการลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ในกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ควรลดหรือควบคุมในส่วนของปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณการใช้น้ำ สารเคมี และไฟฟ้าในกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ

ตารางที่ 4-1 สรุปวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 (กรณีไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง) ที่มาจากการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม

ผลิตภัณฑ์	การใช้น้ำทางตรง (Direct water)		การใช้น้ำทางอ้อม (Indirect water)					
	บลูวอเตอร์ทางตรง	คิดเป็น (%)	วอเตอร์ฟุตพรินต์ของน้ำยางสด, ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ	คิดเป็น (%)	บลูวอเตอร์ทางอ้อม (สารเคมี, เชื้อเพลิง, ไฟฟ้า)	คิดเป็น (%)	การขนส่งทรัพยากรมายังโรงงาน	คิดเป็น (%)
ยางแท่ง STR 5L (ลบ.ม./ตันยางแท่ง)	18.57	0.31	5,555	93.20	385.342	6.47	0.711	0.011
ยางแท่ง STR 20 (ลบ.ม./ตันยางแท่ง)	34.11	0.44	7,455	98.33	90.296	1.18	2.877	0.037

หมายเหตุ : ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ไม่รวมเกรย์วอเตอร์จากน้ำทิ้ง

ดังนั้น การนำหลักการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ สามารถตอบโจทย์ปัญหาจากการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อมของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบสิ้นสุดถึงกระบวนการผลิตภายในโรงงาน เพื่อประเมินการใช้น้ำของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง พร้อมทั้งหาแนวทางการบริหารจัดการน้ำและปรับปรุงการใช้น้ำในกระบวนการผลิตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ทั้งนี้สามารถตอบโจทย์วัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้ได้อย่างครอบคลุม โดยผลวอเตอร์ฟุตพรินต์นอกจากจะทำให้ทราบถึงปริมาณการใช้น้ำรวมในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ยังจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในการผลิตยางแท่ง รวมทั้งยังแสดงให้เห็นถึงเบื้องหลังของมลพิษทางน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง สามารถเข้าใจธุรกิจจากการประเมินค่าผลกระทบต่อท้องถิ่นได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งทำให้โรงงานยางแท่งสามารถบริหารจัดการเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำได้อย่างเหมาะสม ในที่สุดก็จะนำไปสู่กระบวนการในการจัดการเรื่องการใช้น้ำในระดับภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกๆ ขั้นตอน รวมทั้งแก้ไขปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ ทั้งปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรน้ำที่สะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภค หรือการเกษตร รวมทั้งปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่ง ได้จากฐานข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินต์นี้ นอกเหนือไปจากที่เคยศึกษากันมาเฉพาะในส่วนของงบดุลของน้ำในระบบลุ่มน้ำในประเทศไทยเท่านั้น ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือทั้งภาครัฐและภาคเอกชน เพื่อรองรับการพัฒนาของภาคธุรกิจหรือเพิ่มขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรมในอนาคต

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงงาน

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า โรงงาน D ซึ่งเป็นโรงงานผลิตยางแท่ง STR 5L และโรงงาน F ซึ่งผลิตยางแท่ง STR 20 มีปริมาณวอเตอร์ฟุตพรินต์สูงกว่าโรงงาน อื่นๆ ดังนั้น ทั้ง 2 โรงงาน หากต้องการลดค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ในกระบวนการผลิตให้น้อยลง ควรจะมีการพิจารณาปรับปรุงในส่วนต่างๆ โดยมีแนวทาง ดังนี้

4.2.1.1 ลดปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับน้ำยางสด ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบ

- เพิ่มประสิทธิภาพของทรัพยากรที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง ได้แก่ น้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ ให้มีปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแท่งให้เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม และเหลือเป็นของเสียน้อยที่สุด

- ควบคุมหรือลดปริมาณการใช้ น้ำยางสด ยางก้อนถ้วย และยางแผ่นดิบ รวมไปถึงสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ให้มีปริมาณที่เหมาะสม

4.2.1.1 ลดปริมาณน้ำที่ติดตัวมากับสารเคมี ไฟฟ้า และเชื้อเพลิง (บลูวอเตอร์ทางอ้อม)

- -เพิ่มประสิทธิภาพของทรัพยากรที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง ได้แก่ สารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า ให้มีปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแท่งให้เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม
- ควบคุมหรือลดปริมาณการใช้ สารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ให้มีปริมาณที่เหมาะสม

4.2.1.3 ลดปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต (บลูวอเตอร์ทางตรง)

- โรงงาน D และ F ควรหาแนวทางการลด หรือควบคุมปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตย่อยๆ เช่น การใช้น้ำล้างยางในกระบวนการผลิต หรือการลอยตัวของก้อนยางในบ่อจับตัว ให้เหมาะสม และเป็นการลดปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตให้น้อยลง คือ พิจารณาจากขั้นตอนที่มีการใช้น้ำมากที่สุดและก่อให้เกิดน้ำเสียมากที่สุด
- โรงงาน D และ F ควรมีการหมั่นตรวจสอบเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ เช่น สายยาง หรือก๊อกน้ำ อย่างสม่ำเสมอ และเลือกใช้อุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดน้ำในกระบวนการผลิต
- โรงงาน D และ F ควรมีการจัดฝึกอบรม ให้ความรู้และสร้างจิตสำนึกให้แก่พนักงานอย่างสม่ำเสมอ ในการใช้น้ำในกระบวนการผลิตอย่างประหยัด และเห็นคุณค่าของการใช้น้ำให้คุ้มค่าในกระบวนการผลิตมากขึ้น

ผู้ประกอบการของโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่ทำการศึกษาสามารถนำค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ และหลักการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ร่วมกับการประเมินวัฏจักรชีวิต ไปประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มคุณภาพให้กับสินค้า ซึ่งหากโรงงานมีค่ากำไรสุทธิเพิ่มขึ้นควบคู่กับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง แสดงให้เห็นว่าโรงงานมีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตยางแท่งมากยิ่งขึ้น

4.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยเพิ่มเติม

- การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่งในงานวิจัยนี้ สิ้นสุดการประเมินเฉพาะในส่วนของกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นการประเมินแบบ Businness-to-business (B2B) เพื่อนำไปสู่การประเมินที่ครอบคลุมและบรรลุตามเป้าหมายการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) ดังนั้น ควรมีการพิจารณาทั้งในส่วนของการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์และการกำจัดซาก เพิ่มเติม
- อุตสาหกรรมยางแท่ง ถือเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปยางพาราหนึ่ง ที่สำคัญทางภาคใต้ ประกอบกับวัตถุดิบและโรงงานโดยส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้ ดังนั้น ควรมีการศึกษาวอเตอร์ฟุตพรินต์ของอุตสาหกรรมยางแท่ง ที่ครอบคลุมจังหวัดทั้งภาคใต้ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในระดับภาค
- การจัดทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ใช้วัตถุดิบจากยางแท่ง เช่น โรงงานอุตสาหกรรมยางรถยนต์ เป็นต้น เพื่อให้การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ครอบคลุมเนื่องถึงการนำไปใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ทำให้ได้มาซึ่งค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์โดยแท้จริง
- การทำงานวิจัยต่อเนื่องหลังผ่านการปรับปรุงและหาแนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ในกระบวนการยางแท่ง โดยการนำหลักการเทคโนโลยีสะอาดและการสร้าง Benchmarking มาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ทราบถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้โดยแท้จริง ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ หลังจากการได้ปฏิบัติตามแนวทางการลดวอเตอร์ฟุตพรินต์ทำให้การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์มีความน่าสนใจและดูสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
- การดำเนินงานต่อไปในอนาคต เพื่อให้มีการนำหลักการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโรงงานอื่นๆ ได้อย่างเป็นรูปธรรมนั้น แหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประเมินอย่างเป็นรูปธรรม เป็นระบบและต่อเนื่อง น่าเชื่อถือได้ รวมทั้ง ควรมีการเปิดเผยข้อมูลซึ่งกันและกัน เพื่อได้มีการนำข้อมูลไปทำงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง มีการส่งถ่ายข้อมูลเพื่อการจัดเก็บอย่างเป็นระเบียบและเป็นขั้นตอน เพื่อง่ายต่อการสืบค้นข้อมูลในครั้งต่อไป ซึ่งข้อมูลดังกล่าวไม่เพียงแต่จะเป็นประโยชน์สำหรับการนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลที่สำคัญของในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์เพียงอย่างเดียว แต่ยังใช้เป็นฐานข้อมูลที่สำคัญของประเทศสำหรับการรายงานผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งใช้เป็นฐานข้อมูลในเรื่องการบริหารจัดการน้ำในระดับภาคได้

บรรณานุกรม

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2539. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงาน อุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม. ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : กรมควบคุมมลพิษ.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2544. หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา: อุตสาหกรรมน้ำยางข้น อุตสาหกรรมยางแท่งมาตรฐาน เอสทีอาร์ 20. กรุงเทพมหานคร : กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2544. การแปรรูปยาง (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.diw.go.th/pl_data/rubber/6product/pro01.html (ข้าถึงเมื่อ 1 กรกฎาคม 2554).

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2549. ประเภทโรงงาน (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.diw.go.th/diw_web/html/vertionthai/data/data1.asp (ข้าถึงเมื่อ 1 กรกฎาคม 2554).

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2551. คู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมยางพารา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ :บริษัท ดี เอ็ม พริ้นติ้ง จำกัด.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. ร่างประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง การกำหนดมาตรฐานยางวิธีการมัด ยางและบรรจุหีบห่อเพื่อการส่งออก. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2537. ประกาศ ฉบับที่ 8 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537.

ชินาธิปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. 2554. วอเตอร์ฟุตพรินต์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง ในประเทศไทย. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

ชอบ บุญช่วย. 2541. การบำบัดน้ำเสียจากการทำยางพาราแผ่นโดยระบบไม่ใช้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นฤเทพ บุญเรืองขาว. 2549. การติดตามตรวจสอบประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมยางพารา ในภาคใต้ตอนล่าง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ลักขณา เจริญสุข, รัตชยุดา กองบุญ และเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. 2555. การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพรินต์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย. ในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรม และการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 1 ประจำปี 2555. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

วันชัย แก้วยอด. 2540. การตรวจสอบการจัดการน้ำเสียโรงงาน: กรณีศึกษาในจังหวัดสงขลา, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2556. ข้อมูลแหล่งพื้นที่ปลูกยางของภาคใต้ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.ksmecare.com/Article/82/29851/ธุรกิจยางพาราในภาคใต้ (เข้าถึงเมื่อ 19 กันยายน 2556).

ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2550. ข้อมูลจำนวนโรงงานแปรรูปยางพาราขั้นต้น (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.diw.go.th/diw_web/html/versionthai/service/service1.asp (เข้าถึงเมื่อ 30 กันยายน 2556).

สมาคมยางพาราไทย. 2556. ราคายางแท่ง STR 5L และ STR 20 (ออนไลน์). สืบค้นจาก http://www.thainr.com/th/index.php?detail=pr-offer&selectmonth=12 (เข้าถึงเมื่อ 30 สิงหาคม 2556).

สมัชชาธุรกิจเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. 2557. นิยามความเครียดน้ำ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://th.wikipedia.org/wiki/ความเครียดน้ำ (เข้าถึงเมื่อ 26 กุมภาพันธ์ 2557).

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2544. ภาพรวมอุตสาหกรรมยางแท่ง (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.rubberthai.com (เข้าถึงเมื่อ 25 มีนาคม 2544).

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. ข้อมูลวิชาการยางพารา ปี 2550 (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.rubberthai.com (เข้าถึงเมื่อ 22 ตุลาคม 2556).

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. ข้อมูลวิชาการยางพารา ปี 2553 (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.rubberthai.com (เข้าถึงเมื่อ 22 ตุลาคม 2556).

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. ข้อมูลสถิติพื้นที่ปลูกยางของประเทศไทย (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm (เข้าถึงเมื่อ 22 ตุลาคม 2556).

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2555. ข้อมูลผลผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทยแยกตามประเภท (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm (เข้าถึงเมื่อ 22 ตุลาคม 2556).

สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ/สหภาพยุโรป. 2554. ฉลากสิ่งแวดล้อม (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://news.thaieurope.net/content/view/3717/211/ (ข้าถึงเมื่อ 30 มีนาคม 2554).

สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ/สหภาพยุโรป. 2554. ประโยชน์ของ Water Footprint (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://news.thaieurope.net/content/view/3717/211/ (ข้าถึงเมื่อ 30 มีนาคม 2554).

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2548. อุตสาหกรรมที่สำคัญต่อเศรษฐกิจ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/para/used/index.php (ข้าถึงเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2554).

สำนักตลาดกลางยางพาราสงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2552. ทำเนียบโรงงานแปรรูปยางดิบ ปี 2552. สงขลา : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2556. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม: การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ปาล์มน้ำมัน ไบโอดีเซล และผลิตภัณฑ์ยางพารา.

เสาวนีย์ ก่อวุติกุลรังษี. 2546. การผลิตยางธรรมชาติ (Natural Rubber Productions). พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ : สำนักวิทยบริหารมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. 2547. การผลิตยางธรรมชาติ (Natural Rubber Productions). พิมพ์ครั้งที่ 4 แก้ไขปรับปรุง. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ : ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรีไทย. 2557. นิยามค่าดัชนีความเครียดน้ำ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://th.wikipedia.org/wiki/ค่าดัชนีความเครียดน้ำ (เข้าถึงเมื่อ 26 กุมภาพันธ์ 2557).

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2556. ข้อมูลแหล่งพื้นที่ปลูกยางของภาคใต้ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.ksmecare.com/Article/82/29851/ธุรกิจยางพาราในภาคใต้ (เข้าถึงเมื่อ 19 กันยายน 2556).

ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2550. ข้อมูลจำนวนโรงงานแปรรูปยางพาราขั้นต้น (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.diw.go.th/diw_web/html/versionthai/service/service1.asp (เข้าถึงเมื่อ 30 กันยายน 2556).

อังคณา สุวรรณกูฏ. 2553. ทฤษฎีวอเตอร์ฟุตพรินต์ (กรมวิชาการเกษตร) (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://it.doa.go.th/pibai/pibai/n13/v_4-may/ceaksong.html (เข้าถึงเมื่อ 26 มีนาคม 2554).

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G. and Gautam, R., 2006. The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. **Ecological Economics** 60: 186-203.

Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y., 2007. The water footprint of coffee and tea consumption in Netherlands. **Ecologycal Economics** 64: 109-118.

Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. 2010. The blue, green, and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. **Ecological Economics** 70: 749-758.

Ercin, A.E, Aldaya, M.M and Hoekstra, A.Y. 2012. The water footprint of soy milk and soy burger and equivalent animal products. **Ecological Indicators** 18: 392-402.

Ecoinvent Centre. 2011. Ecoinvent data v2.2. Categories for process. Ecoinvent centre. Swiss Centre for life Cycle Inventories 2011. Switzerland.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. 2011. Water footprint assessment manual. Water footprint network 2011. University of Twente, Enschede, The Netherlands.

MTEC. 2553. ข้อมูลวิกฤติปริมาณน้ำทั่วโลก (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.water footprint.org (เข้าถึงเมื่อ 6 มีนาคม 2554).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อกำหนดมาตรฐานยางแท่งไทย/มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

1.ข้อกำหนดมาตรฐานยางแท่งไทย

ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2548) เรื่อง การกำหนดมาตรฐานยางและวิธีการมัดยางและการบรรจุหีบห่อยางเพื่อการส่งออก ดังต่อไปนี้

1. ยางตามประกาศนี้ให้ หมายถึง ยางแท่งที่ผลิตโดยระบุคุณภาพมาตรฐาน (Technically specified rubber) ซึ่งเป็นการผลิตแบบหนึ่งที่ยอมรับในวงการผู้บริโภคยางโดยทั่วไป มีชื่อเรียกว่า ยางแท่งเอสทีอาร์ (STR: Standard thai rubber)

2. มาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์ ยางแท่งที่กำหนดในมาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์ มี ๘ ชั้นได้แก่

2.1 ยางแท่งเอสทีอาร์ XL (STR XL)

2.2 ยางแท่งเอสทีอาร์ 5L (STR 5L)

2.3 ยางแท่งเอสทีอาร์ 5 (STR 5)

2.4 ยางแท่งเอสทีอาร์ 5 CV (STR 5 CV)

2.5 ยางแท่งเอสทีอาร์ 10 (STR 10)

2.6 ยางแท่งเอสทีอาร์ 10 CV (STR 10 CV)

2.7 ยางแท่งเอสทีอาร์ 20 (STR 20)

2.8 ยางแท่งเอสทีอาร์ 20 CV (STR 20 CV)

3. สมบัติของยางแท่งเอสทีอาร์ รายละเอียดการกำหนดชั้นและขีดจำกัดสมบัติต่าง ๆ ของยางแท่งเอสทีอาร์ แสดงดังตารางภาคผนวก ก-1

ข้อมูลดังกล่าวนำเสนอเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์เท่านั้น โดยเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการทบทวนเอกสา

ตารางภาคผนวก ก-1 รายละเอียดการกำหนดชั้นและขีดจำกัดสมบัติต่างๆของยางแท่งเอสทีอาร์ (STR)

สมบัติ / ชั้นยางแท่ง	STR XL	STR 5L	STR 5	STR 5 CV	STR 10	STR 10 CV	STR 20	STR 20 CV
	น้ำยาง			น้ำยาง / ยางแผ่น		ยางก้อน / ยางแผ่น		
ปริมาณสิ่งสกปรก , % ไม่เกิน	0.02	0.04	0.04	0.04	0.08	0.08	0.16	0.16
ปริมาณเถ้า , % ไม่เกิน	0.40	0.40	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80
ปริมาณไนโตรเจน , % ไม่เกิน	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
ปริมาณสิ่งระเหย , % ไม่เกิน *	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ความอ่อนตัวเริ่มแรก , ไม่ต่ำกว่า	35	35	30	-	30	-	30	-
ดัชนีความอ่อนตัว , ไม่ต่ำกว่า	60	60	60	60	50	50	40	40
สี วัดด้วยโลวิบอนด์ , ไม่เกิน	4.0	6.0	-	-	-	-	-	-
ความหนืด ML (1/ + 4/) 100 0C	-	-	-	**	-	**	-	**
แถบสี	ฟ้า	เขียวอ่อน	เขียวอ่อน	ตัวอักษรขาว บนพื้นเขียวอ่อน	น้ำตาล	ตัวอักษรขาว บนพื้นน้ำตาล	แดง	ตัวอักษรขาว บนพื้นแดง

หมายเหตุ : * ขีดจำกัดของผู้ผลิตไม่เกิน 0.50 %

** ขีดจำกัดของผู้ผลิต คือ

STR 5CV มีค่าความหนืด 70 (+7,-5) ,60 (+7,-5) ,50 (+7,-5) และ 40 (+7,-5)

STR 10CV มีค่าความหนืด 60 (+7,-5)

STR 20CV มีค่าความหนืด 65 (+7,-5)

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2548)

2.มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ปัญหามลพิษทางน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรมยางโดยส่วนใหญ่มาจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตและน้ำล้างรวมถึงของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิต ซึ่งการปล่อยน้ำเสียหลังบำบัดลงสู่แหล่งน้ำนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดน้ำให้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเสียก่อน เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 พ.ศ 2539 ดังแสดงตารางภาคผนวก ก-2 ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการทบทวนเอกสาร

ตารางภาคผนวก ก-2 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมและวิธีวิเคราะห์

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1.ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2.ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	- ไม่เกิน 3,000 มก/ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. - น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเล ค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก.ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3.สารแขวนลอย (Suspended Solids)	- ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4.อุณหภูมิ (Temperature)	- ไม่เกิน 40 ^{o}C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5.สีหรือกลิ่น	- ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6.ซัลไฟด์ (Sulfide as H_2S)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate
7.ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	- ไม่เกิน 0.2 มก./ล	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid

ตารางภาคผนวก ก-2 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมและวิธีวิเคราะห์ (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
8.น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	- ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
9.ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Spectrophotometry
10.สารประกอบฟีนอล (Phenols)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี4-Aminoantipyrine
11.คลอรีนอิสระ(Free Chlorine)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Iodometric Method
12.สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	- ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13.ค่าบีโอดี (5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 ^{o}C (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	- ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Gas-Chromatography
14.ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	- ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl
15.ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	- ไม่เกิน 120 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion

ตารางภาคผนวก ก-2 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมและวิธีวิเคราะห์ (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
16.1. สังกะสี (Zn)	- ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	- Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
16.2. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)	- ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
16.3. โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium)	- ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
16.4. ทองแดง (Cu)	- ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	- Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
16.5. แคดเมียม (Cd)	- ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
16.6. แบเรียม (Ba)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
16.7. ตะกั่ว (Pb)	- ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
16.8. นิคเกิล (Ni)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
16.9. แมงกานีส (Mn)	- ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	

ที่มา : ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

3.มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

จากการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ ตามมาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 โดยบัญญัติให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นเป้าหมายในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิว ดังแสดงตารางภาคผนวก ก-3 และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังแสดงตารางภาคผนวก ก-4 ตามลำดับ ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการทบทวนเอกสาร

ตารางภาคผนวก ก-3 การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทแหล่งน้ำ	การใช้ประโยชน์
ประเภทที่ 1	ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ
ประเภทที่ 2	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ (3) การประมง (4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
ประเภทที่ 3	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การเกษตร
ประเภทที่ 4	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน (2) การอุตสาหกรรม
ประเภทที่ 5	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

หมายเหตุ: ประเภทที่ 1 = ดีมาก

ประเภทที่ 2 = ดี

ประเภทที่ 3 = พอใช้

ประเภทที่ 4 = เสื่อมโทรม

ประเภทที่ 5 = เสื่อมโทรมมาก

ตารางภาคผนวก ก-4 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ [1/]				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1.	สี กลิ่น และรส (Coloir Odour and Taste)		-	ธ	ธ /	ธ /	ธ /	-
2.	อุณหภูมิ (Temperature)		°ซ	ธ	ธ /	ธ /	ธ /	-
3.	ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	ธ	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	-
4.	ออกซิเจนละลาย (DO)[3/]	P20	มก./ล.(mg/l)	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5.	บีโอดี (BOD)	P80	มก./ล.(mg/l)	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6.	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. (MPN/100 ml)	ธ	5,000	20,000	-	-
7.	แบคทีเรียกลุ่มฟีโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. (MPN/100 ml)	ธ	1,000	4,000	-	-
8.	ไนเตรต (NO_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล. (mg/l)	ธ	5.0	5.0	5.0	-
9.	แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.5	0.5	0.5	-
10.	ฟีนอล (Phenols)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005	0.005	0.005	-
11.	ทองแดง (Cu)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.1	0.1	0.1	-
12.	นิคเกิล (Ni)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.1	0.1	0.1	-
13.	แมงกานีส (Mn)		มก./ล. (mg/l)	ธ	1.0	1.0	1.0	-
14.	สังกะสี (Zn)		มก./ล. (mg/l)	ธ	1.0	1.0	1.0	-
15.	แคดเมียม (Cd)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005* 0.05**	0.005* 0.05**	0.005* 0.05**	- -
16.	โคเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
17.	ตะกั่ว (Pb)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.05	0.05	0.05	-
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.002	0.002	0.002	-
19.	สารหนู (As)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.01	0.01	0.01	-
20.	ไซยาไนด์ (Cyanide)		มก./ล. (mg/l)	ธ	0.005	0.005	0.005	-

ตารางภาคผนวก ก-4 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ต่อ)

ลำดับ	คุณภาพน้ำ[2/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[3/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท5
21.	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)							
	- ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)		เบเคอเรล/ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
	- ค่ารังสีเบตา (Beta)		เบเคอเรล/ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

หมายเหตุ: 1/ หมายถึง การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการ ปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมง

(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2/ หมายถึง กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติและแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

3/ หมายถึง ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

หมายเหตุ: ธ หมายถึง เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ/ หมายถึง อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส

* หมายถึง น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** หมายถึง น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

^{o}ซ หมายถึง องศาเซลเซียส

P20 หมายถึง ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P80 หมายถึง ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. หมายถึง มิลลิกรัมต่อลิตร

มล. หมายถึง มิลลิลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

ซึ่งวิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA: American Public Health Association ,AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนด

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามการเก็บข้อมูล

แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนามภายในโรงงาน จัดทำขึ้นโดยรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่ข้องเกี่ยวกับโรงงานยางแท่ง จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยต่างๆ โดยได้รับการพิจารณาตรวจทานจากคณะกรรมการ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม จำนวน 3 ท่าน รายละเอียดแบบสอบถามดังนี้

ใบพิทักษ์สิทธิ์

ดิฉัน นางสาวจริยา รัตนบุญ นักศึกษาปริญญาโท คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ กำลังดำเนินการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ ของอุตสาหกรรมยางแท่ง (Water Footprint Evaluation of Block Rubber Industry) ในจังหวัดสงขลา ซึ่งท่านเป็นบุคคลที่มีคุณสมบัติและได้รับการคัดเลือกในการเป็นตัวแทนในการกรอกข้อมูลในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ดิฉันจึงใคร่ขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะได้นำไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามงานวิจัยที่ได้วางไว้ คำถามของท่านไม่มีถูกหรือผิด เพราะเป็นความคิดเห็น ความรู้สึกส่วนบุคคลและข้อเสนอแนะ ซึ่งจะถือเป็นความลับ โดยจะนำไปใช้ประโยชน์เพื่องานวิจัยเท่านั้น จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือตอบคำถามจากแบบสอบถามฉบับนี้

คำชี้แจง แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

ส่วนที่ 2: ข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงานและของเสียที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิตยางแท่ง

ส่วนที่ 3: ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย

ส่วนที่ 4: ข้อมูลคุณภาพน้ำ ประกอบด้วย คุณภาพน้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต คุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิต (ก่อนบำบัด) และคุณภาพน้ำทิ้ง (หลังบำบัด)

ส่วนที่ 5: ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมีและเชื้อเพลิงมายังโรงงาน

ส่วนที่ 6 : มาตรฐานอุตสาหกรรมและกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับโรงงาน

โดยในแต่ส่วนสามารถกาเครื่องหมาย/ได้มากกว่า 1 ข้อ

ขอขอบพระคุณที่กรุณาเสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วยค่ะ

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวจริยา รัตนบุญ)

นักศึกษาปริญญาโท คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

แบบสอบถามเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงานและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตยางแท่ง
ใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา
คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วัตถุประสงค์: เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ ของอุตสาหกรรมยางแท่ง

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

1.1 ชื่อผู้ให้ข้อมูล……
เบอร์โทรศัพท์……E-mail……

1.2 ชื่อหน่วยงาน/โรงงาน……

1.3 สถานที่ตั้งของโรงงาน:
เลขที่……หมู่ที่……ถนน……
ตำบล……อำเภอ……..จังหวัด……
เบอร์โทรศัพท์……โทรสาร……

1.4 ประเภทผลิตภัณฑ์
☐ ยางแท่งจากน้ำยางสด
☐ ยางแท่งจากยางแห้ง (ยางแผ่นดิบ ยางก้นถ้วย ขี้ยาง)
☐ อื่นๆ ระบุ……

1.5 กำลังการผลิตรวม……..(ตัน/เดือน) หรือ…….(ตัน/ปี)
โดยแบ่งออกเป็น:
☐ ยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L)…… (ตัน/วัน) หรือ…….. (ตัน/ปี)
☐ ยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20)…… (ตัน/วัน) หรือ……..(ตัน/ปี)
☐ อื่นๆ ระบุ……

1.6 เวลาประกอบการ: วันละ……ช.ม. ตั้งแต่เวลา……..ถึง……...
ประกอบการสัปดาห์ละ……..วัน
ช่วงเวลาที่โรงงานมีเวลาหยุด: ในเดือน……ถึงเดือน……
หยุดเฉลี่ยปีละ……วัน

1.7 พื้นที่ตั้งของโรงงาน มีลักษณะดังนี้ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)
☐ มีชุมชนล้อมรอบโรงงานในรัศมี 500 เมตร จากโรงงาน
☐ มีพื้นที่เกษตรกรรมล้อมรอบ ระบุ…… (เช่น สวนยางพารา สวนผลไม้)
☐ อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำธรรมชาติ ระบุชื่อคลอง/แม่น้ำ……...

ส่วนที่ 2: ข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงานและของเสียที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิตยางแท่ง ปี 2554

1. ข้อมูลวัตถุดิบ

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ ปี 2554

เดือน	น้ำยางสด		ยางก้อนถ้วย/เศษยาง		ยางแผ่นดิบ		หมายเหตุ
	ปริมาณ (ตัน)	ราคาเฉลี่ย (ตัน)	ปริมาณ (ตัน)	ราคาเฉลี่ย (บาท)	ปริมาณ (ตัน)	ราคาเฉลี่ย (บาท)	
มกราคม							
กุมภาพันธ์							
มีนาคม							
เมษายน							
พฤษภาคม							
มิถุนายน							
กรกฎาคม							
สิงหาคม							
กันยายน							
ตุลาคม							
พฤศจิกายน							
ธันวาคม							
รวม							
เฉลี่ย							

หมายเหตุ : หากไม่มีข้อมูลรายเดือนสามารถตอบเป็นข้อมูลรายปีได้ค่ะ

2.ข้อมูลผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2 ข้อมูลปริมาณผลิตภัณฑ์ ปี 2554

เดือน	ยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L)		ยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20)		ปริมาณรวมยางแท่ง STR 5L และ STR 20 (ตัน)	หมายเหตุ
	ปริมาณ (ตัน)	ราคาเฉลี่ย (บาท)	ปริมาณ (ตัน)	ราคาเฉลี่ย (บาท)		
มกราคม						
กุมภาพันธ์						
มีนาคม						
เมษายน						
พฤษภาคม						
มิถุนายน						
กรกฎาคม						
สิงหาคม						
กันยายน						
ตุลาคม						
พฤศจิกายน						
ธันวาคม						
รวม						
เฉลี่ย						

หมายเหตุ : หากไม่มีข้อมูลรายเดือนสามารถตอบเป็นข้อมูลรายปีได้ค่ะ

ชั่วโมงในการผลิตต่อวัน..... .....ประกอบการสัปดาห์ละ.....วัน

3.ข้อมูลวัสดุเศษเหลือและ ของเสียที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3 ข้อมูลปริมาณวัสดุเศษเหลือและของเสียที่เกิดขึ้น ปี 2554

เดือน	ยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L)		ยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20)		อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด (ลบ.ม/วัน)	หมายเหตุ
	เศษยาง (ตัน)	น้ำเสีย (ลบ.ม)	เศษยาง (ตัน)	น้ำเสีย (ลบ.ม)		
มกราคม						
กุมภาพันธ์						
มีนาคม						
เมษายน						
พฤษภาคม						
มิถุนายน						
กรกฎาคม						
สิงหาคม						
กันยายน						
ตุลาคม						
พฤศจิกายน						
ธันวาคม						
รวม						
เฉลี่ย						

4. ข้อมูลสารเคมี

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณสารเคมีที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง ปี 2554

เดือน	สารเคมี ระบุ…… (กิโลกรัม)	สารเคมี ระบุ…… (กิโลกรัม)	สารเคมี ระบุ…….. (กิโลกรัม)	สารเคมี ระบุ…….. (กิโลกรัม)	อื่นๆ ระบุ……. (กิโลกรัม)	หมายเหตุ
มกราคม						
กุมภาพันธ์						
มีนาคม						
เมษายน						
พฤษภาคม						
มิถุนายน						
กรกฎาคม						
สิงหาคม						
กันยายน						
ตุลาคม						
พฤศจิกายน						
ธันวาคม						
รวม						
เฉลี่ย						

5. ข้อมูลพลังงานไฟฟ้า

ซื้อไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า.....ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัด.....

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงาน.....KWh/year ระยะทางจากโรงไฟฟ้าถึงโรงงาน.....กิโลเมตร

ตารางที่ 5 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปี 2554

เดือน	กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L		กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20		หมายเหตุ
	ปริมาณไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล (kWh)	ปริมาณไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล (kWh)	
มกราคม					
กุมภาพันธ์					
มีนาคม					
เมษายน					
พฤษภาคม					
มิถุนายน					
กรกฎาคม					
สิงหาคม					
กันยายน					
ตุลาคม					
พฤศจิกายน					
ธันวาคม					
รวม					
เฉลี่ย					

6. ข้อมูลเชื้อเพลิง

ตารางที่ 6 ข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ปี 2554

เดือน	กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L			กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20			หมายเหตุ
	น้ำมันดีเซล (ลิตร)	ก๊าซ LPG (กิโลกรัม)	อื่นๆ ระบุ……...	น้ำมันดีเซล (ลิตร)	ก๊าซ LPG (กิโลกรัม)	อื่นๆ ระบุ……	
มกราคม							
กุมภาพันธ์							
มีนาคม							
เมษายน							
พฤษภาคม							
มิถุนายน							
กรกฎาคม							
สิงหาคม							
กันยายน							
ตุลาคม							
พฤศจิกายน							
ธันวาคม							
รวม							
เฉลี่ย							

7. ข้อมูลการใช้น้ำ

ตารางที่ 7.1 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ ปี 2554

เดือน	กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L			กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20			อัตราการไหลของน้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต (ลบ.ม/วัน)
	น้ำประปา (ลบ.ม.)	น้ำบาดาล (ลบ.ม.)	น้ำหมุนเวียน (ลบ.ม.)	น้ำประปา (ลบ.ม.)	น้ำบาดาล (ลบ.ม.)	น้ำหมุนเวียน (ลบ.ม.)	
มกราคม							
กุมภาพันธ์							
มีนาคม							
เมษายน							
พฤษภาคม							
มิถุนายน							
กรกฎาคม							
สิงหาคม							
กันยายน							
ตุลาคม							
พฤศจิกายน							
ธันวาคม							
รวม							
เฉลี่ย							

ตารางที่ 7.2 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต ปี 2554

เดือน	กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L				กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20				หมายเหตุ
	รับน้ำยางสด (ลบ.ม.)	รางทำความสะอาดยาง (ลบ.ม.)	รีดยาง (ลบ.ม.)	ตัดย่อยยาง (ลบ.ม.)	ทำความสะอาดวัตถุดิบ (ลบ.ม.)	บ่อแช่/ล้าง (ลบ.ม.)	รีดยาง (ลบ.ม.)	บด/ฉีกตัดย่อยยาง (ลบ.ม.)	
มกราคม									
กุมภาพันธ์									
มีนาคม									
เมษายน									
พฤษภาคม									
มิถุนายน									
กรกฎาคม									
สิงหาคม									
กันยายน									
ตุลาคม									
พฤศจิกายน									
ธันวาคม									
รวม									
เฉลี่ย									

ส่วนที่ 3: ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย

1.ปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้ง

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณน้ำเสียและน้ำทิ้ง ปี 2554

เดือน	ปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิต (ลบ.ม)		ปริมาณน้ำทิ้งสุดท้าย (ลบ.ม)		แหล่งรองรับน้ำทิ้ง	หมายเหตุ
	STR 5L	STR 20	STR 5L	STR 20		
มกราคม						
กุมภาพันธ์						
มีนาคม						
เมษายน						
พฤษภาคม						
มิถุนายน						
กรกฎาคม						
สิงหาคม						
กันยายน						
ตุลาคม						
พฤศจิกายน						
ธันวาคม						
รวม						
เฉลี่ย						

2.อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ

ตารางที่ 2 ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ

เดือน	อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบ (ลบ.ม)		หมายเหตุ
	STR 5L	STR 20	
มกราคม			
กุมภาพันธ์			
มีนาคม			
เมษายน			
พฤษภาคม			
มิถุนายน			
กรกฎาคม			
สิงหาคม			
กันยายน			
ตุลาคม			
พฤศจิกายน			
ธันวาคม			
รวม			
เฉลี่ย			

ระบบบำบัดที่โรงงานนำมาเลือกใช้.....

3.สารเคมีที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 3ข้อมูลปริมาณการใช้สารเคมีในระบบบำบัดน้ำเสีย ปี 2554

เดือน	สารเคมี ตัวที่ 1 ระบุ……	สารเคมี ตัวที่ 2 ระบุ……..	สารเคมี ตัวที่ 3 ระบุ……..	สารเคมี ตัวที่ 4 ระบุ……..	หมายเหตุ
มกราคม					
กุมภาพันธ์					
มีนาคม					
เมษายน					
พฤษภาคม					
มิถุนายน					
กรกฎาคม					
สิงหาคม					
กันยายน					
ตุลาคม					
พฤศจิกายน					
ธันวาคม					
รวม					
เฉลี่ย					

4.พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำเสีย ปี 2554

เดือน	กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L		กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20		หมายเหตุ
	ปริมาณไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล (kWh)	ปริมาณไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล (kWh)	
มกราคม					
กุมภาพันธ์					
มีนาคม					
เมษายน					
พฤษภาคม					
มิถุนายน					
กรกฎาคม					
สิงหาคม					
กันยายน					
ตุลาคม					
พฤศจิกายน					
ธันวาคม					
รวม					
เฉลี่ย					

หมายเหตุ: จำนวนชั่วโมงในการเดินระบบบำบัดต่อวัน……

ส่วนที่ 4: ข้อมูลคุณภาพน้ำ

1.คุณภาพน้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 4 ข้อมูลคุณภาพน้ำดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต

เดือน	pH	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	TKN (mg/l)	TP (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	NH_3 (mg/l)	หมายเหตุ
มกราคม									
กุมภาพันธ์									
มีนาคม									
เมษายน									
พฤษภาคม									
มิถุนายน									
กรกฎาคม									
สิงหาคม									
กันยายน									
ตุลาคม									
พฤศจิกายน									
ธันวาคม									
รวม									
เฉลี่ย									

2.คุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิต (ก่อนเข้าระบบบำบัด)

ตารางที่ 5 ข้อมูลคุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิต (น้ำเสียก่อนเข้าระบบ)

เดือน	pH	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	TKN (mg/l)	TP (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	NH_3 (mg/l)	หมายเหตุ
มกราคม									
กุมภาพันธ์									
มีนาคม									
เมษายน									
พฤษภาคม									
มิถุนายน									
กรกฎาคม									
สิงหาคม									
กันยายน									
ตุลาคม									
พฤศจิกายน									
ธันวาคม									
รวม									
เฉลี่ย									

3.คุณภาพน้ำทิ้ง (หลังบำบัด)

ตารางที่ 6 ข้อมูลคุณภาพน้ำทิ้ง (หลังบำบัด)

เดือน	pH	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	TKN (mg/l)	TP (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	NH_3 (mg/l)	หมายเหตุ
มกราคม									
กุมภาพันธ์									
มีนาคม									
เมษายน									
พฤษภาคม									
มิถุนายน									
กรกฎาคม									
สิงหาคม									
กันยายน									
ตุลาคม									
พฤศจิกายน									
ธันวาคม									
รวม									
เฉลี่ย									

ส่วนที่ 5 : ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ สารเคมีและเชื้อเพลิงมายังโรงงาน ปี 2554

1.ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน

1.1 กรณีเกษตรกรมาขายเองโดยตรงยังโรงงาน

ตารางที่ 1ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน ปี 2554

ลูกค้า	มาจาก จังหวัด	ระยะทางถึงโรงงาน (กิโลเมตร)	บรรทุก (โปรด ⁄ ในช่องวัตถุดิบที่บรรทุก)			รถที่ใช้ในการขนส่ง (โปรดระบุ เช่น 6 ล้อ, 4 ล้อ.....)	เชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง (โปรด ⁄ ในช่องเชื้อเพลิงที่ใช้)				ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว (ไป-กลับ) (ลิตร)	น้ำหนักบรรทุกรวมทั้งหมดต่อเที่ยว (กิโลกรัม)		% วัตถุดิบที่บรรทุกต่อปริมาตรรถ
			น้ำยางสด	ยางแผ่น	เศษยาง		ดีเซล	เบนซิน	แก๊สโซฮอลล์	อื่น ๆ		เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	
รายที่ 1										ระบุ……..				
รายที่ 2										ระบุ……..				
รายที่ 3										ระบุ……..				
รายที่ 3										ระบุ……..				
รายที่ 4										ระบุ……..				
รายที่ 5										ระบุ……..				
รายที่ 6										ระบุ……..				
รายที่ 7										ระบุ……..				
รายที่ 8										ระบุ……..				
รายที่ 9										ระบุ……..				
รายที่ 10										ระบุ……..				

หมายเหตุ : ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……..

ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……..

ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……..

ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……..

1.2 กรณีพ่อค้าคนกลางมาขายยังโรงงาน

ตารางที่ 2ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน ปี 2554

ลูกค้า	รับวัตถุดิบมาจากจังหวัด	ระยะทางถึงโรงงาน (กิโลเมตร)	บรรทุก (โปรด / ในช่องวัตถุดิบที่บรรทุก)			รถที่ใช้ในการขนส่ง (โปรดระบุ เช่น 6 ล้อ, 4 ล้อ.....)	เชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง (โปรด / ในช่องเชื้อเพลิงที่ใช้)				ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว (ไป-กลับ) (ลิตร)	น้ำหนักบรรทุกรวมทั้งหมดต่อเที่ยว (กิโลกรัม)		% วัตถุดิบที่บรรทุกต่อปริมาตรรถ
			น้ำยางสด	ยางแผ่น	เศษยาง		ดีเซล	เบนซิน	แก๊สโซฮอลล์	อื่น ๆ		เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	
รายที่ 1										ระบุ.....				
รายที่ 2										ระบุ.....				
รายที่ 3										ระบุ.....				
รายที่ 3										ระบุ.....				
รายที่ 4										ระบุ.....				
รายที่ 5										ระบุ.....				
รายที่ 6										ระบุ.....				
รายที่ 7										ระบุ.....				
รายที่ 8										ระบุ.....				
รายที่ 9										ระบุ.....				
รายที่ 10										ระบุ.....				
รายที่ 11										ระบุ.....				

หมายเหตุ : ปริมาตรรถ..... .....สามารถบรรทุกได้.....

ปริมาตรรถ..... .....สามารถบรรทุกได้.....

ปริมาตรรถ..... .....สามารถบรรทุกได้.....

ปริมาตรรถ..... .....สามารถบรรทุกได้.....

ปริมาตรรถ..... .....สามารถบรรทุกได้.....

2.ข้อมูลการขนส่งสารเคมีจากผู้ขายมายังโรงงาน

ตารางที่ 3ข้อมูลการขนส่งสารเคมีมายังโรงงาน ปี 2554

สารเคมี (โปรดระบุ)	สถานที่ซื้อ			รถที่ใช้ในการขนส่ง (โปรดระบุ เช่น 6 ล้อ, 4 ล้อ.....)	เชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง (โปรด / ในช่องเชื้อเพลิงที่ใช้)				ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว (ไป-กลับ) (ลิตร)	ปริมาณที่บรรทุกต่อเที่ยว (กิโลกรัม)		จำนวนครั้งใน การสั่งซื้อสารเคมีต่อปี	
	ชื่อร้านหรือบริษัท	อยู่ในจังหวัด	ระยะทางจากสถานที่ซื้อถึงโรงงาน (กิโลเมตร)		ดีเซล	เบนซิน	แก๊สโซฮอลล์	อื่นๆ		เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	จำนวนครั้ง	คิดเป็น %
1.....								ระบุ……..					
2.....								ระบุ……..					
3.....								ระบุ……..					
4.....								ระบุ……..					
5.....								ระบุ……..					
6.....								ระบุ……..					
7.....								ระบุ……..					
8.....								ระบุ……..					
9.....								ระบุ……..					
10.....								ระบุ……..					

หมายเหตุ: 1 กระสอบ หนัก……..กิโลกรัม 1 ถัง หนัก……กิโลกรัม

ปริมาตรรถ…….. ……..สามารถบรรทุกได้……. **ปริมาตรรถ…….. ……..สามารถบรรทุกได้…….**

ปริมาตรรถ…….. ……..สามารถบรรทุกได้……. **ปริมาตรรถ…….. ……..สามารถบรรทุกได้…….**

3.ข้อมูลการขนส่งเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4 ข้อมูลการขนส่งเชื้อเพลิงมายังโรงงาน ปี 2554

เชื้อเพลิง (โปรดระบุ)	สถานที่ซื้อ			รถที่ใช้ในการขนส่ง (โปรดระบุ เช่น 6 ล้อ, 4 ล้อ……)	เชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่ง (โปรด ⁄ ในช่องเชื้อเพลิงที่ใช้)				ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว (ไป-กลับ) (ลิตร)	ปริมาณที่บรรทุกต่อเที่ยว (กิโลกรัม)		จำนวนครั้งใน การสั่งซื้อวัตถุดิบต่อปี	
	ชื่อร้านหรือบริษัท	อยู่ในจังหวัด	ระยะทางจากสถานที่ซื้อถึงโรงงาน (กิโลเมตร)		ดีเซล	เบนซิน	แก๊สโซฮอลล์	อื่นๆ		เที่ยวไป	เที่ยวกลับ	จำนวนครั้ง	คิดเป็น %
1…….....								ระบุ…….....					
2……								ระบุ…….....					
3……								ระบุ…….....					
4……								ระบุ…….....					
5……								ระบุ…….....					
6……								ระบุ…….....					
7……								ระบุ…….....					
8……								ระบุ…….....					
9……								ระบุ…….....					
10……..								ระบุ…….....					

หมายเหตุ : ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……

ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……

ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……

ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……

ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……

ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……

ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……

ปริมาตรรถ…….. ……สามารถบรรทุกได้……

ส่วนที่ 6 : มาตรฐานอุตสาหกรรมและกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับโรงงาน

4.1) โรงงานได้รับระบบการจัดการที่เป็นมาตรฐานสากล ดังนี้

☐ มีระบบ ISO 9001 ใช้ระยะเวลาในการขอรับรอง……...ปี

☐ มีระบบ ISO 14001 ใช้ระยะเวลาในการขอรับรอง……ปี

☐ มีระบบ ISO 17025 ใช้ระยะเวลาในการขอรับรอง……ปี

☐ มีระบบ ISO 18000 ใช้ระยะเวลาในการขอรับรอง……ปี

☐ มีระบบการจัดการ Clean Technology ใช้ระยะเวลาในการขอรับรอง……ปี

☐ มีระบบการจัดการ Life Cycle Assessment (LCA) ใช้ระยะเวลาในการขอรับรอง……ปี

☐ มีระบบการจัดการ Water footprint ใช้ระยะเวลาในการขอรับรอง……ปี

☐ มีระบบการจัดการ Carbon footprint ใช้ระยะเวลาในการขอรับรอง……ปี

☐ อื่นๆ ระบุ…….. ใช้ระยะเวลาในการขอรับรอง……...ปี

☐ ไม่มีระบบใดๆ

4.2) ระบบการจัดการที่เป็นมาตรฐานสากล ที่ทางโรงงานได้เข้าร่วมและอยู่ในระหว่างการจัดทำ ได้แก่

☐ ISO 9001 ☐ Clean Technology

☐ ISO 14001 ☐ Life Cycle Assessment (LCA)

☐ ISO 17025 ☐ Water footprint

☐ ISO 18000 ☐ Carbon footprint

☐ อื่นๆ ระบุ…….

4.3) ผลประโยชน์ที่โรงงานจะได้รับหลังจากการปฏิบัติมาตรฐานดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้น คือ

☐ ค่าใช้จ่ายทางด้านการบำบัดของเสีย/ การจัดกิจกรรมต่างๆ ของโรงงาน ลดลง…….บาท/ปี

☐ ลดปัญหาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน

☐ ลดปริมาณการใช้พลังงานและทรัพยากรในกระบวนการผลิต (การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำ เป็นต้น) ให้น้อยลง

☐ ลดปริมาณน้ำเสียและน้ำทิ้งจากโรงงานที่จะส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอยู่รอบๆ โรงงาน ให้น้อยลง

☐ ทำให้มีการบริหารการจัดการน้ำในกระบวนการผลิตที่ดี

☐ ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต

☐ มีแนวโน้มว่าสามารถส่งสินค้าออกต่างประเทศได้มากขึ้น

☐ มีแนวโน้มว่าสามารถแข่งขันการค้ากับต่างประเทศได้

☐ ลดปัญหาการร้องเรียนจากชุมชนโดยรอบ

☐ อื่นๆ……..

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ได้จากการกรอกแบบสอบถามนี้จะใช้เฉพาะในงานวิจัยของการศึกษานี้เท่านั้น จะไม่มีการนำข้อมูล และชื่อของหน่วยงาน/ โรงงานไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงาน/ โรงงานก่อน

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูล

(ผศ.ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ภาคผนวก ค

รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมยางแท่งและกำลังการผลิต ในจังหวัดสงขลา

ตารางภาคผนวก ค-1 รายชื่อ โรงงานอุตสาหกรรมยางแท่ง สถานที่ตั้ง เบอร์โทรศัพท์และกำลังการผลิต ในจังหวัดสงขลา

ลำดับ	อำเภอ	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ	สถานที่ตั้ง/โทรศัพท์	กำลังการผลิต (ตัน/เดือน)
1	จะนะ	บริษัท จะนะน้ำยาง จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR 5L และน้ำยางข้น	ที่ตั้งโรงงาน : 8/3 หมู่ 5 ถ.สงขลา-ปัตตานี ต.บ้านนา อ.จะนะ จ.สงขลา 90130 โทรศัพท์ : 0-7420-7668-9 e-mail : peang@loxinfo.co.th	1,800
2	จะนะ	บริษัท แพนรับเบอร์อินดัสตรีส์ จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR, ยางแผ่นอบแห้งและยางแผ่นรมควัน	ที่ตั้งโรงงาน : 8/4 ถ.จะนะ-หนองจิก อ.จะนะ จ.สงขลา รหัสไปรษณีย์ 90130 โทรศัพท์ : 0-7420-7662-4	400
3	จะนะ	บริษัท จะนะ เอส.ที.อาร์. (ไทยแลนด์) จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน อ.จะนะ จ. สงขลา	2,400
4	จะนะ	บริษัท ฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด	ผลิตยางแท่ง XL, 5L, 5CV60, 5CV58, 5CV50 และน้ำยางข้น	ที่ตั้งโรงงาน : 75/1 ถ.จะนะ-หนองจิก ต.บ้านนา อ.จะนะ จ.สงขลา 90130 e-mail : clitex@loxinfo.co.th	5,000
5	บางกล่ำ	บริษัท ไทยฮั้วยางพารา จำกัด (มหาชน)	ผลิตน้ำยางข้น, หางน้ำยาง, ยางแผ่น/ยางก้อน และยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน : 5 หมู่ 10 ถ.สายเอเซีย ต.ท่าช้าง อ.บางกล่ำ จ.สงขลา 90110 โทรศัพท์ : 0-7432-8100-2 website : www.thaihua.com	4,800
6	บางกล่ำ	บริษัท เซาแลนด์รีซอร์ซ จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน : 130 ม. 4 ถ. สายเอเชีย ต. ท่าช้าง อ.บางกล่ำ จ.สงขลา 90110	6,000
7	สะเดา	บริษัท หวาไถ้รับเบอร์ จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน : 26/9 หมู่ 4 ถ.กาญจนวนิช ต.พังลา อ.สะเดา จ.สงขลา 90170 โทรศัพท์ : 0-7454-1345	1,300

ลำดับ	อำเภอ	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ	สถานที่ตั้ง/โทรศัพท์	กำลังการผลิต (ตัน/เดือน)
8	สะเดา	บริษัท บริดจสโตน เนเชอรัล รับเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน : 129/2 หมู่ 3 ถ.กาญจนวนิช ต.ปริก อ.สะเดา จ.สงขลา 90120	10,500
9	สะเดา	บริษัท ถาวรอุตสาหกรรมยางแท่ง จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR 20	ที่ตั้งโรงงาน : 33 ถ.กาญจนวนิช ต.สะเดา อ.สะเดา จ.สงขลา 90120 โทรศัพท์ 0-7441-1453-4	1,800
10	สะเดา	บริษัท เอวันรับเบอร์ จำกัด	ผลิตยางแผ่นรมควัน, ยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน : 58/1 ม.7 บ้านต้นสะท้อน ต.ปริก อ.สะเดา จ.สงขลา 90120 โทรศัพท์ 0-7441-4296-7	-
11	สะเดา	บริษัท มาล์เทครับเบอร์ จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR, น้ำยางข้น	ที่ตั้งโรงงาน : 3 ถ.ป่าดังเบซาร์ ต.สะเดา อ.สะเดา จ.สงขลา 90120 โทรศัพท์ : 0-7446-0656-9	4,500
12	จะนะ	บริษัท เซอดาแม็กซ์ จำกัก	ผลิตยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน : 58/1 หมู่ 7 ถ.ปริก-ท่าท้อน ต.ปริก อ.สะเดา จ.สงขลา 90120 โทรศัพท์ 0-7441-2911-3	--
13	สะเดา	บริษัท เทคไทยรับเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน : 122/4 หมู่ 5 ถ.คลองแงะ-นาทวี ต.พังลา อ.สะเดา จ.สงขลา 90170 โทรศัพท์ 0-7454-1088	-
14	รัตภูมิ	บริษัท ไฮเทครับเบอร์ เวนเจอร์ส จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน : 3 หมู่ 13 ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ จ.สงขลา 90180	-
15	รัตภูมิ	บริษัท ไทยเทครับเบอร์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน 150 หมู่ 13 ถ. สายเอเชีย ต. กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ จ.สงขลา 90180	10,000
16	รัตภูมิ	บริษัท ไทยกู๊ดแลนด์รับเบอร์ จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR	ที่ตั้งโรงงาน : 274 หมู่ 13 ถ.หนองช้อง-รัตภูมิ ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ จ.สงขลา 90180 โทรศัพท์ 0-7438-8985	264

ลำดับ	อำเภอ	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ	สถานที่ตั้ง/โทรศัพท์	กำลังการผลิต (ตัน/เดือน)
17	รัตภูมิ	บริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด	ผลิตยางแท่ง STR, น้ำยางข้น, สกิมบล็อก	ที่ตั้งโรงงาน : 225 หมู่ 5 เพชรเกษม ต.กำแพงเพชร อ.รัตภูมิ จ.สงขลา 90180 โทรศัพท์ 074-388971	-

ที่มา : ปรับปรุงมาจากทำเนียบโรงงานแปรรูปยางดิบ ปี 2552 สำนักงานตลาดกลางยางพารา สงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2552)

ภาคผนวก ง

ราคาเฉลี่ยผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L, STR 20 และราคาเฉลี่ยของเศษยาง

ราคาเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ที่เฉลี่ย 5 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ 2550-2554 ซึ่งจะนำราคาเฉลี่ยดังกล่าวมาใช้ในการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ภายหลังการปันส่วนให้กับผลิตภัณฑ์ยางแท่ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลัก และปันส่วนให้กับเศษยาง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม โดยเป็นข้อมูลทุติภูมิจากตลาดกลางยางพาราหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สำหรับราคาเศษยางจากกระบวนการผลิตยางแท่ง ซึ่งโรงงานจะนำไปขายต่อในราคาถูก โดยราคาที่ได้ดังกล่าวเป็นข้อมูลราคาจากการประมาณการจากโรงงาน เฉพาะในปี 2554 ราคาดังกล่าวแสดงในตารางภาคผนวก ง-1

ตารางภาคผนวก ง-1 ราคาเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L และ STR 20 5 ปีย้อนหลัง (พ.ศ 2550-2554) (หน่วย: บาท/กิโลกรัม)

ปี	ราคา ณ.ตลาดกลางยางพาราหาดใหญ่		ราคา
	ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L	ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20	เศษยาง
พ.ศ.2550	80.19	75.22	-
พ.ศ.2551	89.51	85.52	-
พ.ศ.2552	69.47	65.43	-
พ.ศ.2553	117.84	109.93	-
พ.ศ.2554	132.84	140.36	40
ราคาเฉลี่ย	97.97	95.29	40

หมายเหตุ: ราคาผลิตภัณฑ์ยางแท่ง เป็นราคา ณ.ตลาดกลางยางพาราหาดใหญ่

ราคาเศษยาง เป็นราคาที่ประมาณการจากทางโรงงานเฉพาะในปี 2554

ที่มา : สมาคมยางพาราไทย (2556)

ภาคผนวก จ

การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์

1.การจัดทำบัญชีรายการ (Inventory Data)

บัญชีรายการจากการจัดทำงานวิจัยนี้ โดยการทำสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตยางแท่ง ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภายในโรงงาน ตามแบบสอบถามการเก็บข้อมูล ดังนี้ ข้อมูลการใช้ทรัพยากรสารขาเข้า ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (ตัน/ปี) ปริมาณการใช้สารเคมี (กิโลกรัม/ปี) ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (Kwh/ปี) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม./ปี) และปริมาณสารขาออก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ยางแท่ง (ตัน/ปี) วัสดุเศษเหลือ (ตัน/ปี) และปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิต (ลบ.ม./ปี)

ปริมาณการใช้วัตถุดิบของกระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภท คือ ปริมาณการใช้น้ำยางสดในการผลิตยางแท่ง STR 5L และปริมาณการใช้ยางก้อนถ้วยและยางแผ่นดิบในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20

ปริมาณการใช้สารเคมีของกระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภท คือ ใช้กรดฟอร์มิค บอริค โซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์ ไฮดรอกซิลและโซดาไฟในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และปริมาณการใช้ โซดาไฟ ปูนขาวและกำมะถันในกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคของกระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภทปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของกระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภท ในส่วนของขั้นตอนการอบยางในกระบวนการผลิต คือ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล (ลิตร/ปี) และก๊าซ LPG (กิโลกรัม/ปี)

ปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลของกระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภท

ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตภัณฑ์ได้ของกระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภท คือ ยางแท่ง STR 5L และยางแท่ง STR 20

ปริมาณวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นของกระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภท คือ เศษยาง

ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่งทั้ง 2 ประเภท

ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลปฐมภูมิจากแบบสอบถามที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาจากการลงพื้นที่ภาคสนาม ต่อสมดุลมวล 1 หน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งบัญชีรายการของข้อมูลดังกล่าวข้างต้น แสดงแต่ละโรงงานดังตารางภาคผนวก จ-1 ถึงตารางภาคผนวก จ-5 เป็นบัญชีรายการของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L ประกอบไปด้วยโรงงาน A B C D และ E และตารางภาคผนวก จ-6 ถึงตาราง

ภาคผนวก จ-7 เป็นบัญชีรายการของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 20 ซึ่งจะประกอบไปด้วย โรงงาน F และโรงงาน G

ตารางภาคผนวก จ-1 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน A

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าเฉลี่ยต่อตันยางแท่ง
<u>สารขาเข้า</u>		
ปริมาณน้ำยางสด	ตัน	1.45
ปริมาณการใช้น้ำ	ลบ.ม.	9.86
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	416.37
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง		
-ก๊าซ LPG	กิโลกรัม	248.36
ปริมาณการใช้สารเคมี		
-ฟอร์มิค (Formic Acid)	กิโลกรัม	11.99
-บอริค (Boric Acid)	กิโลกรัม	0.47
-โซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์ (Sodium metabisulfide)	กิโลกรัม	0.36
-HNS (Hydroxylamine Neutral Sulphate, สารเขียว)	กิโลกรัม	0.41
-โซดาไฟ (Sodium Hydroxide)	กิโลกรัม	0.79
<u>สารขาออก</u>		
ผลิตภัณฑ์หลัก		
-ยางแท่ง STR 5L	ตัน	1.00
ผลิตภัณฑ์ร่วม		
-เศษยาง	ตัน	0.020
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.	8.68

ตารางภาคผนวก จ-2 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน B

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าเฉลี่ยต่อตันยางแท่ง
<u>สารขาเข้า</u>		
ปริมาณน้ำยางสด	ตัน	1.42
ปริมาณการใช้น้ำ	ลบ.ม.	8.97
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	81.84
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง		
-ก๊าซ LPG	กิโลกรัม	39.91
ปริมาณการใช้สารเคมี		
-ฟอร์มิค (Formic Acid)	กิโลกรัม	10.89
-บอริค (Boric Acid)	กิโลกรัม	0.24
-โซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์ (Sodium metabisulfide)	กิโลกรัม	0.35
-HNS (Hydroxylamine Neutral Sulphate, สารเขียว)	กิโลกรัม	1.26
<u>สารขาออก</u>		
ผลิตภัณฑ์หลัก		
-ยางแท่ง STR 5L	ตัน	1.00
ผลิตภัณฑ์ร่วม		
-เศษยาง	ตัน	0.020
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.	7.22

ตารางภาคผนวก จ-3 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน C

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าเฉลี่ยต่อตันยางแท่ง
<u>สารขาเข้า</u>		
ปริมาณน้ำยางสด	ตัน	1.38
ปริมาณการใช้น้ำ	ลบ.ม.	45.23
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	669.57
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง		
-ก๊าซ LPG	กิโลกรัม	91.52
ปริมาณการใช้สารเคมี		
-ฟอร์มิค (Formic Acid)	กิโลกรัม	68.27
-บอริค (Boric Acid)	กิโลกรัม	6.17

ตารางภาคผนวก จ-3 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน C (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าเฉลี่ยต่อตันยางแท่ง
-โซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์ (Sodium metabisulfide)	กิโลกรัม	2.49
-HNS (Hydroxylamine Neutral Sulphate, สารเขียว)	กิโลกรัม	5.05
<u>สารขาออก</u>		
ผลิตภัณฑ์หลัก		
-ยางแท่ง STR 5L	ตัน	1.00
ผลิตภัณฑ์ร่วม		
-เศษยาง	ตัน	0.008
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.	44.15

ตารางภาคผนวก จ-4 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน D

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าเฉลี่ยต่อตันยางแท่ง
<u>สารขาเข้า</u>		
ปริมาณน้ำยางสด	ตัน	1.56
ปริมาณการใช้น้ำ	ลบ.ม.	36.13
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	116.82
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง		
-น้ำมันดีเซล	กิโลกรัม	81.40
ปริมาณการใช้สารเคมี		
-ฟอร์มิค (Formic Acid)	กิโลกรัม	56.79
-บอริค (Boric Acid)	กิโลกรัม	19.10
-โซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์ (Sodium metabisulfide)	กิโลกรัม	4.35
-โซดาไฟ (Sodium Hydroxide)	กิโลกรัม	0.39
<u>สารขาออก</u>		
ผลิตภัณฑ์หลัก		
-ยางแท่ง STR 5L	ตัน	1.00
ผลิตภัณฑ์ร่วม		
-เศษยาง	ตัน	0.001
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.	31.84

ตารางภาคผนวก จ-5 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตยางแท่ง STR 5L 1 ตัน ของโรงงาน E

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าเฉลี่ยต่อตันยางแท่ง
<u>สารขาเข้า</u>		
ปริมาณน้ำยางสด	ตัน	1.55
ปริมาณการใช้น้ำ	ลบ.ม.	38.39
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	669.57
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง		
-น้ำมันดีเซล	กิโลกรัม	81.95
ปริมาณการใช้สารเคมี		
-ฟอร์มิค (Formic Acid)	กิโลกรัม	9.37
-บอริค (Boric Acid)	กิโลกรัม	6.17
-โซเดียมเมตตะไบซัลไฟด์ (Sodium metabisulfide)	กิโลกรัม	1.59
-HNS (Hydroxylamine Neutral Sulphate, สารเขียว)	กิโลกรัม	5.05
<u>สารขาออก</u>		
ผลิตภัณฑ์หลัก		
-ยางแท่ง STR 5L	ตัน	1.00
ผลิตภัณฑ์ร่วม		
-เศษยาง	ตัน	0.020
ปริมาณน้ำเสีย	ลบ.ม.	31.19

2.การคำนวณบลูวอเตอร์ (Blue water)

บลูวอเตอร์ คือ ปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในการเพาะปลูกทางการเกษตร หรือปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต ที่มาจากแหล่งน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำที่มาจากการชลประทาน ในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งคำนวณได้ ดังนี้

บลูวอเตอร์ = ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต (ลบ.ม./ปี)/ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ตัน/ปี)

ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภายในโรงงาน ตามแบบสอบถามการเก็บข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตยางแท่ง ปี 2554 ในหน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อปี

3.การคำนวณเกรย์วอเตอร์ (Grey water)

เกรย์วอเตอร์ คือ ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำดีที่ใช้ในการเจือจางน้ำเสียจากกระบวนการผลิตให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต และข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบในการคำนวณ ดังนี้

3.1 อัตราการไหลของน้ำทิ้ง (m^3/s)

3.2 ความเข้มข้นของ BOD_5 ในน้ำทิ้ง (น้ำเสียหลังบำบัด) (mg/L)

3.3 อัตราการไหลของน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต (m^3/s)

3.4 ความเข้มข้นของ BOD_5 ในน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต (mg/L)

3.5 ความเข้มข้นของ BOD_5 สูงสุดที่ยอมรับได้ในทางกฎหมาย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4 mg/L (มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4)

3.6 ความเข้มข้นที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ (ในการคำนวณนี้ให้ค่าเป็น 0 mg/L)

ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภายในโรงงานตามแบบสอบถาม ยกเว้นข้อมูลความเข้มข้นของมลสารสูงสุดที่ยอมรับได้และความเข้มข้นที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลต่างๆ แสดงตัวอย่างการคำนวณ 1 โรงงาน ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณเกรย์วอเตอร์ของโรงงาน A มีกำลังการผลิต 9,943.32 ตัน/ปี ทำงานเฉลี่ยใน 1 ปี 288 วัน วันละ 2 กะ กะละ 8 ชั่วโมง โดยอัตราการไหลของน้ำทิ้ง มีค่าเท่ากับ 0.005 m^3/s ความเข้มข้นของ BOD_5 ในน้ำทิ้ง 40 mg/L และอัตราการไหลของน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต มีค่าเท่ากับ 0.006 m^3/s ความเข้มข้นของ BOD_5 ในน้ำใช้ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต 0.2 mg/L ซึ่งอัตราการไหลสามารถคำนวณ ได้ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการไหลของน้ำเสีย โรงงาน A คำนวณจาก

อัตราการไหลของน้ำเสีย (m^3/s) = ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./ปี)/จำนวนวันทำงานใน 1 ปี/ชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน/60 นาที/60 วินาที

= 86,400 ลบ.ม./ปี/288 วัน/16 ชั่วโมง/60 นาที/60 วินาที

= 0.005 m^3/s

ดังนั้น อัตราการไหลของน้ำเสีย โรงงาน A มีค่าเท่ากับ 0.005 m^3/s เมื่อนำมาคำนวณหาค่าเกรย์วอเตอร์ ของโรงงาน A สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$Grey_{WF} = \frac{\left[\left(Q_{eff}\, x\, C_{eff}\right) - \left(Q_{abst}\, x\, C_{abst}\right)\right]}{\left(C_{\max} - C_{nat}\right)}$$

$$= \frac{(0.005\ m^3/s \times 40\ mg/L) - (0.006\ m^3/s \times 0.2\ mg/L)}{(4\ mg/L - 0\ mg/L)}$$

$$= 0.052\ m^3/s$$

ดังนั้น เกรย์วอเตอร์ของโรงงาน A ในหน่วย 1 ตันผลิตภัณฑ์ยางแท่ง มีค่าเท่ากับ (0.052 m^3/s×60 วินาที ×60 นาที×ชั่วโมงการทำงานต่อวัน (16 ชั่วโมงต่อวัน) ×วันทำงานต่อปี (288 วัน)/ 9,943.31 ตัน/ปี = 86.399 ลูกบาศก์เมตรต่อตันยางแท่ง

4.การคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์ (Product fraction)

ค่าสัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต เพื่อนำมาใช้ประกอบในการประเมินวอเตอร์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง เนื่องจากว่า นอกจากกระบวนการผลิตยางแท่ง มีผลิตภัณฑ์ยางแท่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักแล้ว ยังมีเศษยางที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมด้วย สามารถคำนวณได้จาก มวลของผลิตภัณฑ์ p ต่อวัตถุดิบ i ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณเป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จาการเก็บข้อมูลภาคสนามภายในโรงงาน ดังแสดงการคำนวณ ดังนี้

$$\text{สัดส่วนมวลของผลิตภัณฑ์} = \frac{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ขาออก}}{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ขาเข้า}}$$

5.การคำนวณสัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ (Value fraction)

สัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ คำนวณได้จากมูลค่าของผลิตภัณฑ์ p ต่อมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมด (p เท่ากับ 1-z) โดยในการศึกษานี้ได้ใช้ราคาเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ 5 ปีย้อนหลัง ซึ่งประกอบไปด้วย ราคาเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 5L ราคาเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง STR 20 และราคาเฉลี่ยของเศษยาง ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการทบทวนเอกสาร แทนเป็นสมการได้ดังนี้

สัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ = (ราคาเฉลี่ยผลิตภัณฑ์ยางแท่ง (บาท/ตัน)×ปริมาณผลิตภัณฑ์ยางแท่ง (ตัน))/ผลรวมราคาของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (บาท)

6.การคำนวณการปันส่วนวอเตอร์ฟุตพรินต์

เป็นการปันส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ให้กับผลิตภัณฑ์หลัก และผลิตภัณฑ์ร่วม สำหรับกระบวนการผลิตที่ให้ผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งนี้ กระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20 ให้ผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ยางแท่ง เป็นผลิตภัณฑ์หลัก และเศษยาง เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแท่ง และสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับโรงงานได้ ดังนั้น ในการปันส่วนจึงใช้ราคาในการปันส่วน โดยใช้ราคาเฉลี่ย 5 ปี ย้อนหลัง (พ.ศ 2550-2554) ดังนี้ ราคายางแท่ง STR 5L มีราคาเฉลี่ยเท่ากับ 97.97 บาท/กิโลกรัม ราคายางแท่ง STR 20 มีราคาเฉลี่ยเท่ากับ 95.92 บาท/กิโลกรัม และราคาเศษยาง 40 บาท/กิโลกรัม แสดงการคำนวณ ดังนี้

วอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง (ลบ.ม./ตัน) = ค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์รวม (ลบ.ม./ตัน) × สัดส่วนมูลค่าของผลิตภัณฑ์ยางแท่ง

7.การคำนวณปริมาณการใช้น้ำทางอ้อม หรือวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า โดยการหาค่าตัวคูณเฟคเตอร์ หรือวอเตอร์ฟุตพรินต์ของสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้า ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการทบทวนเอกสาร เพื่อทำให้ทราบค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของสารเคมี เชื้อเพลิง และไฟฟ้าที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณ 1 โรงงาน ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินต์ทางอ้อมของไฟฟ้า ของโรงงาน A ซึ่งมีกำลังการผลิต 9,943.32 ตัน/ปี มีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 4 140,112 Kwh/ปี โดยไฟฟ้ามีค่าวอเตอร์ฟุตพรินต์เท่ากับ 0.1.5 m^3/Kwh แสดงการคำนวณได้ดังนี้

วอเตอร์ฟุตพรินต์ของไฟฟ้า = (4 140,112 Kwh/ปี×0.15 m^3/Kwh)/ 9,943.32 ตัน/ปี

= 62.455 m^3/Kwh

ดังนั้น วอเตอร์ฟุตพรินต์ของไฟฟ้าที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่งของโรงงาน A มีค่าเท่ากับ 62.455 m^3/Kwh

ภาคผนวก ฉ

ภาพการศึกษาดูงานของกระบวนการผลิตยางแท่ง STR 5L และ STR 20

A.พื้นที่รับน้ำยางสดจากเกษตรกร กรองแยกสิ่งสกปรกออก

B.บ่อจับตัวของน้ำยาง

C.รางจับตัวของก้อนยาง

G.เครื่องตัดย่อยยาง (Shreder)

H.บรรจุใส่กระบะยาง

I.เตาอบยาง

j.ชั่งน้ำหนักให้มีขนาด 33.33-35 กก./ก้อน

K.เครื่องอัดแท่ง

L.การบรรจุหีบห่อ

ภาพภาคผนวก ฉ-1 การศึกษาดูกระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด (STR 5L)

A.วัตถุดิบ ยางก้อนถ้วย/เศษยาง

A.วัตถุดิบ ยางแผ่นดิบ

B.เครื่องตัดก้อนยางอย่างหยาบ

C.บ่อกวนแช่/ล้างทำความสะอาด

D.เครื่องรีดยาง (Creper)

E.เครื่องตัดย่อยยาง (Shreder)

F.บรรจุใส่กระบะยาง

G.เตาบยาง

H.ยางแท่งหลังผ่านการอบแห้ง

I.เครื่องอัดแท่ง

J.การบรรจุหีบห่อ

ภาพภาคผนวก ฉ-2 การศึกษาดูกระบวนการผลิตยางแท่งจากยางแห้ง (STR 20)