รหัสโครงการ [SUT7-703-47-12-35]

รายงานการวิจัย

การประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล
(Raw Material and Technology Assessment of Biocoal Production)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรชัย อาจหาญ

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

พรรษา ลิบลับ	พินิจ จิรัคคกุล	ทิพย์สุภินทร์ หินซุย
ณัฐพงษ์ ประภาการ	สุภัทร หนูแย้ม	สาวิตรี คำหอม
ธนธัช มุขขันธ์	ปภัส ชนะโรค	พจนาลัย ชาวห้วยหมาก
ศรัลย์ ปานศรีพงษ์	นัยวัฒน์ สุขทั่ง	วิเชียร ดวงสีเสน
กิตติยาภรณ์ รองเมือง	กฤษกร รับสมบติ	นิวัตน์ คงกะพี้
กงจักร ลมวิชัย	คงเดช พะสีนาม	ธราวุธ บุญน้อม

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2547

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

สิงหาคม 2553

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย (ประเภทเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อสนับสนุนการสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547) สำหรับโครงการนี้ และขอขอบคุณบุคลากรในหน่วยปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ร่วมกันทำงานวิจัยชิ้นนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ
หัวหน้าโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตพลังงานทดแทนในโรงงานอุตสาหกรรมและในธุรกิจร้านอาหาร ซึ่งวัสดุดังกล่าวมีข้อจำกัด คือ ต้นทุนการขนส่งสูงเนื่องจากความหนาแน่นต่ำ คุณภาพของวัสดุไม่คงที่ และปริมาณวัสดุบางอย่างมีอยู่อย่างจำกัด จากปัญหาและสาเหตุดังกล่าว จำเป็นที่จะต้องศึกษารูปแบบการใช้พลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เหมาะสม โดยทำการประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้ คือ 1) การประเมินวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านชีวมวล 2) การทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวล และ 3) การประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล จากผลการศึกษาพบว่าแกลบที่ได้มาจากกระบวนการสีข้าว และกากอ้อยที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาลถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนในโรงงานทั้งหมด ส่วนเปลือกและกากมันสำปะหลังมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านชีวมวลอัดแท่งได้มากที่สุด เนื่องจากไม่มีการใช้ประโยชน์และมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับกากอ้อยและแกลบ ในส่วนของการทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวลพบว่าวัสดุชีวมวลทั้ง 4 ชนิด ซึ่งประกอบไปด้วย แกลบ เปลือกและกากมันสำปะหลัง และกากอ้อย มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้ และเมื่อนำวัสดุชีวมวลไปผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นจะทำให้คุณสมบัติในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงดีขึ้น เช่น ความชื้นลดลง ค่าความร้อนเพิ่มขึ้น และสารระเหยลดลง(ควันน้อย) และจากการประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล พบว่ากรรมวิธีในการผลิตถ่านชีวมวล เทคโนโลยีของเตาเผาถ่าน และเครื่องอัดแท่งนั้นมีการออกแบบและพัฒนากันมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแต่ละแบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันตามปัจจัยต่างๆทั้งในด้านระบบปฏิบัติการ ต้นทุน กำลังการผลิต ประสิทธิภาพ และอายุการใช้งาน ซึ่งทุกเทคโนโลยีสามารถประยุกต์ใช้ได้กับวัสดุชีวมวลทุกชนิด ในการเลือกเทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งชีวมวลนั้นควรจะพิจารณาให้เหมาะสมกับต้นทุนที่มีอยู่ และปัจจัยในด้านต่างๆควบคู่กันไป

Abstract

At present, although agricultural residues are widely used as renewable energy in industries and food restaurant business. There are difficulties of getting such biomass in that the cost of transport is quite high. This is attributed to their low bulk density and non-uniformity in quality. This problem requires approaches for appropriate use of agricultural residues as renewable energy. Biomass charcoal is one of alternative approaches to solve this problem. Therefore, this study aimed to evaluate raw materials and technology in biomass charcoal production. The study consisted of 1) evaluation of raw material potential for biomass charcoal production, 2) examination of raw material and biomass charcoal properties and 3) evaluation of technology in biomass charcoal production. The study revealed that nowadays rice husk derived from rice mill process and bagasse obtained from sugar production process are mostly used in factories to generate heat for production processes. Cassava root skin and pulp show the highest potential for producing biomass charcoal briquettes because they are greatly produced and still unused. For the examination of biomass properties, the four types of biomass including rice husk, cassava skin, cassava pulp and bagasse showed high potential for use as fuel. Moreover, when they were processed by carbonization, their properties with respect to fuel quality were improved, e.g. less moisture, greater heating value and less volatile (less smoke). The evaluation of biomass charcoal production technology indicated that process of biomass charcoal production, charcoal kiln technology and charcoal briquetting machine have been continuously developed. Each of them has different pros and cons in terms of operation system, cost, capacity, efficiency and longevity. All of technologies can be applied to all types of biomass. To select technologies of biomass charcoal production, one should decide based on the available cost together with other influential factors.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	5
บทที่ 2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ชีวมวล(Biomass)	7
2.2 ถ่านไม้(Charcoal) และกรรมวิธีการผลิต	8
2.3 ถ่านชีวภาพอัดแท่ง	13
2.4 เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง	15
2.5 การประเมินคุณภาพของถ่านชีวภาพอัดแท่ง	19
2.6 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านและแหล่งที่มา	21
บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย	23
3.1 วิธีการประเมินวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านชีวมวล	23
3.2 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวล	27
3.3 วิธีการประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล	29

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	30
4.1 ผลการประเมินวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านชีวมวล	30
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวล	33
4.3 ผลการประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล	39
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	53
5.1 การประเมินวัตถุสำหรับผลิตถ่านชีวมวล	53
5.2 การทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวล	53
5.3 การประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล	54
บรรณานุกรม	56
ภาคผนวก	60
ภาคผนวก ก ข้อมูลความต้องการใช้ถ่านชีวมวลของร้านเนื้อย่าง	61
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านชีวมวล	65
ภาคผนวก ค โครงการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศจังหวัดนครราชสีมา	70
ประวัตินักวิจัย	125

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงผลของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิต่อสมบัติเม็ดถ่าน	12
2.2	คุณภาพถ่านที่ได้จากวัตถุดิบบางชนิด โดยการเผาด้วยเตาอิฐ	20
2.3	คุณภาพของถ่านขณะติดไฟ	20
2.4	ความหนาแน่นและน้ำหนักถ่านที่ใช้ประเมินคุณภาพถ่าน	21
3.1	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2545	24
3.2	จำแนกพื้นที่ในการปลูกพืชที่สามารถเป็นวัสดุชีวมวลในจังหวัดนครราชสีมา	24
4.1	ปริมาณแกลบของโรงสีข้าวขนาดกลางและขนาดใหญ่ในจังหวัดนครราชสีมา ในปี 2543-2545	30
4.2	ปริมาณกากมันสำปะหลังของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมาในปี 2543-2545	31
4.3	ปริมาณเปลือกมันสำปะหลังของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมาในปี 2543-2545	31
4.4	ปริมาณกากอ้อยของโรงงานผลิตน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมา ในปี 2543-2545	32
4.5	สมบัติโดยละเอียดของวัสดุชีวมวล	33
4.6	สมบัติโดยละเอียดของถ่านที่เตรียมจากวัสดุชีวมวล	34
4.7	ร้อยละผลผลิตถ่านที่เตรียมจากวัสดุชีวมวลชนิดต่างๆโดยวิธีการเตรียมด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูงแบบท่อ	34
4.8	สมบัติแบบประมาณของวัสดุชีวมวลชนิดต่างๆ	35
4.9	สมบัติแบบประมาณถ่านชีวมวลชนิดต่างๆโดยการเตรียมด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูงแบบท่อ	36
4.10	สมบัติแบบประมาณของวัสดุชีวมวลชนิดต่างๆ โดยการเตรียมด้วยเครื่อง Carbonizer MES 20 CP	37
4.11	ค่าความร้อนของถ่านชีวมวล	38
4.12	ความหนาแน่นของถ่านชีวมวล	39
4.13	เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีการเผาถ่านแบบต่างๆ	51
4.14	ตารางเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีเครื่องอัดแท่งชีวมวล	52

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.15	ตารางเปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตถ่านอัดแท่ง	52
ก1	ข้อมูลการใช้ถ่านชีวมวลของร้านเนื้อย่าง อ.เมือง จ.นครราชสีมา	63
ค1	แสดงรายชื่ออำเภอ จำนวนตำบล หมู่บ้านและเนื้อที่ของจังหวัดนครราชสีมา	78
ค2	แสดงรายชื่อเทศบาล และเนื้อที่เทศบาล จังหวัดนครราชสีมา	81
ค3	แสดงพื้นที่การกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน เขตผังเมืองรวมเมืองโนนสูง	83
ค4	แสดงพื้นที่การกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน เขตผังเมืองรวมเมืองบัวใหญ่	84
ค5	รายชื่อและพื้นที่โครงการที่มีการจัดทำรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม นครราชสีมา	85
ค6	พื้นที่ปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตรและจำนวนพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา	88
ค7	แสดงรายชื่อสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาการเกษตร และสถานีวัดปริมาณน้ำฝน จังหวัดนครราชสีมา	90
ค8	สถิติปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ และค่าการระเหยของน้ำ จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2544	93
ค9	ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	94
ค10	ผลการตรวจวัดคุณภาพเสียงภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	95
ค11	ทิศทางความลาดเอียงของภูมิประเทศ จังหวัดนครราชสีมา	96
ค12	ค่าระดับความสูงของพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา	97
ค13	ค่าความลาดชันของภูมิประเทศจังหวัดนครราชสีมา	98
ค14	พื้นที่ลุ่มน้ำหลักในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา	99
ค15	พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ จังหวัดนครราชสีมา	99
ค16	พื้นที่แหล่งน้ำ จังหวัดนครราชสีมา	100
ค17	หน่วยหินน้ำบาดาล และพื้นที่สะสมตัวของหินให้น้ำบาล จังหวัดนครราชสีมา	101
ค18	แสดงเนื้อที่ของหน่วยหิน ในจังหวัดนครราชสีมา	103
ค19	แสดงคำอธิบายชนิด หน่วย และอายุของหินในจังหวัดนครราชสีมา	104
ค20	แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา	108

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค21	พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา	120
ค22	พื้นที่อุทยานแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา	122
ค23	การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าสงวนแห่งชาติ	122
ค24	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2527 และ ปี พ.ศ. 2543	123

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและความหนาแน่น	16
2.2	เครื่องอัดแบบลูกสูบ(Piston Presses)	16
2.3	เครื่องอัดแบบสกรู (Screw Presses)	17
2.4	เครื่องอัดแบบเม็ด (Pellet Presses)	17
2.5	กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง	19
3.1	พื้นที่ปลูกข้าวและที่ตั้งโรงสีข้าวในจังหวัดนครราชสีมา (ข้อมูล landused ปี 2543 กรมพัฒนาที่ดิน)	25
3.2	พื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมา (ข้อมูล landused ปี 2543 กรมพัฒนาที่ดิน)	25
3.3	พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและที่ตั้งโรงงานมันสำปะหลังประเภทต่างๆ ในจังหวัดนครราชสีมา(ข้อมูล landused ปี 2543 กรมพัฒนาที่ดิน)	26
3.4	สมดุลมวลจากกระบวนการสีข้าวในโรงสีข้าว (กรมส่งเสริมการใช้พลังงานจากชีวมวลของประเทศไทย)	27
3.5	สมดุลมวลจากกระบวนการผลิตน้ำตาลในโรงงานน้ำตาล (กรมส่งเสริมการใช้พลังงานจากชีวมวลของประเทศไทย)	28
4.1	ร้อยละผลผลิตถ่านชีวมวลชนิดต่างๆโดยวิธีการเตรียมด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูงแบบท่อ	35
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนของถ่านกับอุณหภูมิของการคาร์โบไนซ์	38
4.3	เตาหลุมกรมป่าไม้	40
4.4	เตาแบบก่ออิฐ (Brick Beehive Klin)	41
4.5	เตาแบบก่ออิฐ(เตาอิวาเตะ)	41
4.6	เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร (เตาถังเดี่ยว)	42
4.7	เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร (เตาถังคู่)	42
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและความหนาแน่น	43
4.9	กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง	44

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10	เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงของสวนจิตรดา	45
4.11	กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง ด้วยกระบวนการผลิตแบบ B-C และ C-B มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	46
4.12	การผลิตถ่านอัดแท่ง ด้วยเครื่องอัดจากต่างประเทศ Satake Corporation Co.,Ltd. Japan	47
4.13	ผังกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบ	49
ก1	แผนที่ตั้งร้านเนื้อย่างบริเวณ อ.เมือง จ.นครราชสีมา	62

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในภาวะปัจจุบัน สถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศของเรานั้นกำลังอยู่ในช่วงวิกฤติ เนื่องมาจากวิกฤตการณ์ทางการเมืองในต่างประเทศ หรือแม้กระทั่งการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศที่มีแนวโน้มในการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุจูงใจให้นักวิจัยจำนวนมากหันมาทำการค้นคว้าและวิจัยหาแหล่งพลังงานใหม่มาทดแทนที่เหมาะสมในประเทศไทย อันสอดคล้องกับนโยบายพลังงานของประเทศ

เมื่อมาพิจารณาพื้นฐานของประเทศไทยที่เป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร(ชีวมวล หรือ Biomass) หลงเหลือจากการกระบวนการผลิตมากมายมหาศาลไม่ว่าจะเป็นเศษไม้ ฟางข้าว ชานอ้อย แกลบและกากปาล์ม และยังมีเศษวัสดุเหลือใช้อีกไม่น้อยที่ยังไม่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดภาระที่ต้องทำลายหรือกำจัดทิ้ง ดังนั้นการนำวัสดุเหล่านี้มาใช้ในการผลิตพลังงานจึงเป็นการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรที่เหมาะสมกับภูมิประเทศไทย และยังช่วยขจัดปัญหาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้แก่เกษตรกรอีกด้วย

ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้ฯ ในการผลิตพลังงานทดแทนซึ่งสามารถพบเห็นได้ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรม ในธุรกิจร้านอาหาร

ในโรงงานหรืออุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลเกษตรเช่น โรงสี (ข้าว และ ข้าวโพด) หรือ โรงน้ำตาล พบว่ามีการนำเศษวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิต เช่น แกลบ ซังข้าวโพด หรือ ชานอ้อย มาใช้ผลิตพลังงานทดแทนถ่านหินหรือน้ำมันปิโตเลียม โดยนำมาผลิตพลังงานในรูปแบบต่างๆ เช่น เผาให้ความร้อนเพื่อใช้ในกระบวนการลดความชื้นเมล็ดพืชหรือวัตถุดิบ หรือผลิตไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นต้น อย่างไรก็ดีการนำวัสดุเหลือใช้ฯมาผลิตพลังงานทดแทนถูกจำกัดอยู่ภายในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีวัสดุดังกล่าวเพียงเท่านั้น ซึ่งมีสาเหตุอย่างน้อย 2 ประการ ที่ทำให้เกิดข้อจำกัดดังกล่าว คือ 1) ต้นทุนการขนส่ง และ 2) คุณภาพของวัสดุเหลือใช้ฯไม่คงที่

ในการขนส่งวัสดุเหลือใช้ฯ ซึ่งปรกติจะมีความหนาแน่นต่ำ (Low bulk density) ทำให้ต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยต่อน้ำหนักจะใช้สูงกว่าสินค้าทั่วไป ในส่วนของคุณภาพของวัสดุเหลือใช้ฯ นั่นก็คือคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่น การกระจายตัวของขนาด (Size distribution) ความชื้น (Moisture content) ซึ่งมีผลต่อค่าพลังงานความร้อนสะสม (Energy content) ปริมาณของระเหย (Volatile matter content) ปริมาณเถ้า (Ash content) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะมีค่าไม่สม่ำเสมอ ทำให้การควบคุมอุณหภูมิหรืออัตราการป้อนเชื้อเพลิงนั้นทำได้ยาก มีผลทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์หรือสินค้าได้

ในส่วนที่เป็นร้านอาหาร จะใช้วัสดุเหลือใช้ฯในอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งไม่เหมือนโรงงานอุตสาหกรรม กล่าวคือ จะใช้ถ่านที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ฯเรียกว่า ถ่านอัดแท่ง หรือถ่านบาบีคิว หรือถ่านชีวมวล ซึ่งมีขั้นตอน การผลิตโดยสังเขปคือ ใช้วัสดุ เช่น กะลามะพร้าว หรือ ขี้เลื่อย หรือ แกลบ หรือ ซังข้าวโพด มาเผาให้เป็นถ่าน แล้วทำการผสมตัวประสานอัดขึ้นรูปให้เป็นแท่ง นำมาใช้ทดแทนถ่านไม้ที่กำลังหายาก ซึ่งกำลังได้รับความนิยมสูงในร้านอาหารประเภทปิ้ง-ย่าง หรือร้านบาร์บีคิว

จากการสำรวจราคาซื้อ-ขายถ่านชีวมวลในปัจจุบัน พบว่าอยู่ในราคา กิโลกรัมละ 10 –12 บาท ซึ่งเทียบกับถ่านไม้ยังแพงกว่าอยู่ประมาณ 2 เท่า แต่ทว่าความสูงของราคาไม่มีผลต่อตัวเลขความต้องการถ่านชีวมวลของธุรกิจร้านอาหารดังกล่าวนั้นเลย อันเนื่องมาจากข้อดีคือ มีความชื้นต่ำทำให้ควันน้อย มีความหนาแน่นมากทำให้จุดติดนาน แม้จะยังไม่มีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตและความต้องการถ่านชีวมวลในตลาดขณะนี้ แต่หากดูตัวเลขปริมาณการใช้ถ่านไม้ในประเทศพบว่าความต้องการเชื้อเพลิงในรูปถ่านนั้นมีค่ามหาศาลเลยทีเดียว ครั้นมองในภาพรวมด้านการรักษา และอนุรักษ์สภาพแวดล้อมแล้ว หากสามารถส่งเสริมให้ชาวบ้านใช้ถ่านชีวมวล ทดแทนถ่านไม้เราก็สามารถลดการตัดไม้ทำลายป่าลงได้

จากปัญหาและสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น จำเป็นที่จะต้องจัดปรับปรุงรูปแบบการใช้พลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ฯในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ใช้ได้เข้าถึงวัสดุเหล่านั้นมากขึ้น โดยการแปรรูปวัตถุดิบที่มีอยู่ให้เหมาะสมกับการใช้งานที่หลากหลาย เพิ่มทางเลือกให้แก่ประชาชนในการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้ม ประกอบอาหาร หรือผู้ประกอบการในการใช้เชื้อเพลิงผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นการพัฒนารูปแบบของการใช้พลังงานจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ส่งเสริมให้มีการนำพลังงานหมุนเวียนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาใช้อย่างแพร่หลาย เกิดตลาดของสินค้าและบริการที่ช่วยและสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงาน

แนวทางการจัดการดังกล่าว ผู้วิจัยขอเสนอการส่งเสริมให้เกิดการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ฯต่างๆให้เป็นถ่านชีวมวล และทำการส่งเสริมให้นำไปใช้ทั้งในอุตสาหกรรมและครัวเรือน นอกเหนือจากคุณสมบัติที่ดีของถ่านชีวมวลดังกล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังสามารถช่วยแก้ปัญหาต้นทุนการขนส่งและสามารถควบคุมคุณภาพของเชื้อเพลิงที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ฯ ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติทางกายภาพ ขนาด ความหนาแน่น และ ความชื้น ตลอดจนคุณสมบัติทางเคมี ที่มีผลต่อการให้ความร้อนได้อีกด้วย

จากการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมา ได้รับการยืนยันแล้วว่าพบว่าการใช้ประโยชน์จากถ่านชีวมวล สามารถนำไปใช้ประโยชน์ที่หลากหลายไม่ว่าจะในอุตสาหกรรมหรือในครัวเรือน โดยทั่วไปนิยามของถ่านชีวมวลคือวัตถุที่เกิดจากกระบวนการ Pyrolysis หรือ Carbonization ของวัสดุที่หลงเหลือจากการเกษตรและป่าไม้ (Bhattacharya, 1988) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีมาช้านาน ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบเป็นแผ่น เป็นผง หรือแม้กระทั่งอยู่ในรูปของแท่งหรือก้อน ซึ่งเป็นการนำถ่านป่นที่ทำมา

มะพร้าวที่มีลักษณะเป็นแผ่นมาทำให้ป่นแล้วนำมาทำเป็นก้อนโดยใช้ยางพืชเป็นตัวประสานโดยเราเรียกว่า Charcoal briquettes พบที่ประเทศอินเดียในปี ค.ศ.1917 ซึ่งต่อมามีการพัฒนากระบวนการผลิตการอัดแท่งออกมาเรื่อยๆในช่วงปี ค.ศ. 1921-1939 ดังตัวอย่างเช่น Auriol (1939) ศึกษาวิจัยโดยนำแป้งมาใช้เป็นตัวประสานทำให้เป็นแท่ง เป็นต้น ต่อมาหลังสงครามโลกครั้งที่สองได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลโดยใช้ขี้เลื่อยใช้มาอัดเป็นแท่ง ซึ่งเราเรียกว่าแท่งชีวมวล (Briquetted Biomass) ก่อนที่จะผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่าน โดยมีการนำถ่านชีวมวลนี้มาใช้กันอย่างแพร่หลายต่อมาไม่ว่าจะเป็นประเทศญี่ปุ่นหรือสหรัฐอเมริกาก็ตาม (Shibata, 1986)

ในประเทศไทยเองก็ได้มีการนำเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลมาใช้และเป็นที่นิยมอยู่ในระยะหนึ่ง โดยเริ่มจากมีผู้นำเข้าเครื่องอัดแท่งแบบเกลียวอัดจากประเทศไต้หวันเข้ามา 4 เครื่อง ในปี ค.ศ. 1978 โดยมีโรงงานอยู่ที่จังหวัดปทุมธานี โดยทำการอัดแท่งขี้เลื่อยโดยขายเป็นแท่งชีวมวล หรือขี้เลื่อยอัดแท่งให้กับโรงงานอบผ้าที่จังหวัดสมุทรปราการ นับว่าเป็นโรงงานผลิตแท่งชีวมวลแห่งแรกของประเทศไทย (Bhattacharya, 1985) แต่ทว่าราคาของแท่งชีวมวลดังกล่าวราคาค่อนข้างแพงกว่าไม้การใช้แท่งชีวมวลจึงไม่เป็นที่นิยม ทางโรงงานผลิตแท่งชีวมวล จึงทำเพิ่มกระบวนการเผาเพื่อทำให้เป็นถ่านชีวมวลในปี ค.ศ. 1982 แล้วนำไปขายในตลาดสี่มุมเมืองซึ่งได้รับความนิยมมากเนื่องมาจากราคาถ่านชีวมวลจากขี้เลื่อยนั้นถูกกว่าถ่านไม้

การเติบโตของธุรกิจผลิตถ่านชีวมวลในขณะนั้นเป็นเพราะความต้องการใช้ถ่านชีวมวลจำนวนมาก ในค่ายเขมรอพยพที่เขาอีด่าง จังหวัดปราจีนบุรี หรือสระแก้วในปัจจุบัน ทำให้เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลได้รับความสนใจทั้งภาครัฐบาลและเอกชน ซึ่งต่อมาหลังการยุบค่ายฯ ในปี ค.ศ. 1984 ธุรกิจการผลิตถ่านชีวมวลเริ่มซบเซาลง โรงงานผลิตถ่านชีวมวลเหลืออยู่ไม่มาก และมีเครื่องอัดแท่งถ่านที่ใช้งานอยู่ประมาณ 20 กว่าเครื่องเท่านั้น ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ เครื่อง V.S. Machine ที่โรงสีของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรดาซึ่งซื้อเอาไว้ใช้งานและยังคงใช้งานมาจนถึงปัจจุบัน โดยมีกำลังผลิตอยู่ที่ 72 ตันต่อปี

สำหรับสถานการณ์ด้านการวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลในอดีตค่อนข้างที่จะได้รับความสนใจมาก นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 – 1988 และค่อนข้างจะหาพบยากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จนมาถึงปัจจุบันสถานการณ์การใช้พลังงานทดแทนจากชีวมวลเริ่มที่จะมีบทบาทมากยิ่งขึ้นแม้จะไม่เป็นที่นิยมในหมู่นักวิจัยเหมือนกับ Solar Energy หรือ Biogas ก็ตามแต่ก็มีงานวิจัยหลายชิ้นออกมาเป็นเกี่ยวข้องกับพลังงานทดแทนนี้ เช่น การนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นเชื้อเพลิง (แท่งเชื้อเพลิงเขียว) ที่ดำเนินการโดยกรมป่าไม้ การวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวาในบริเวณบึงมักกะสัน และ การศึกษาวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงเขียวผสมกับขี้เลื่อยจากถุงเพาะเห็ดภายหลังจากที่เก็บดอกเห็ด ที่ดำเนินการโดยโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรดา แต่อย่างไรก็ดีแท่งชีวมวลหรือแท่งเชื้อเพลิงเขียวเหล่านี้ ยังมีขีดจำกัดอยู่มากในเรื่องของการใช้งานกล่าวคือจะมีควันขณะเผาไหม้

จำเป็นต้องจากนำไปผ่านกระบวนการ Carbonization เพื่อเผาให้เป็นถ่านชีวมวล สามารถลดปริมาณควันเหมาะและแก่การใช้งานเป็นอย่างมาก ประกอบกับกระแสความต้องการที่จะนำมาทดแทนถ่านไม้นั้นมีสูง ทำให้ประชาชนให้ถ่านชีวมวลได้รับความสนใจจากประชาชนอย่างมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ประเมินสถานภาพวัตถุดิบ (วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร) ทั้งปริมาณและคุณภาพ ในจังหวัดนครราชสีมาเพื่อเป็นการวางแผนการนำวัสดุเหลือใช้มาผลิตเป็นถ่านชีวมวล โดยจัดลำดับความมีศักยภาพ (Ranking) ของวัตถุดิบที่เหมาะสม สำหรับใช้ประกอบในการตั้งโรงงานผลิตถ่านชีวมวลต้นแบบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. ประเมินสถานภาพของเทคโนโลยีการผลิตและกำลังผลิตถ่านชีวมวลที่มีอยู่ในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาความเป็นไปได้ในด้านวิศวกรรม การเงิน และธุรกิจ ที่จะทำการวิจัยในขั้นต่อไป

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการประเมินสถานภาพของวัตถุดิบ ซึ่งเน้นที่จะประเมินวัตถุดิบที่มีอยู่ในภาคอุตสาหกรรมเท่านั้น เนื่องจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเล็งผลทางการพาณิชย์เป็นหลัก ซึ่งการรวบรวมวัตถุดิบจากภาคอุตสาหกรรมมีความไปได้มากที่สุด ดังนั้นการสำรวจในภาคเกษตรกรรมจะไม่รวมอยู่ในงานวิจัยนี้

ส่วนการประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลดังกล่าว เป็นการเน้นการเข้าถึงข้อมูลเพื่อที่จะนำมาใช้ในการวางแผนการผลิต ให้มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำ โดยสนใจการเผาและนำไปอัดเป็นแท่งเป็นหลัก ซึ่งเรียกว่า Carbonization-Briquetting (C-B) option ด้วยเหตุผลที่ว่า

ขั้นตอนการผลิตถ่านชีวมวลมีขั้นตอนใหญ่ๆอยู่ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการอัด (Densification หรือ Briquetting) และขั้นตอนการเผา (Pyrolysis หรือ Carbonization) ซึ่งทั้งสองขั้นตอนสามารถเลือกปฏิบัติก่อนหรือหลังได้ตามเทคโนโลยีที่เลือกใช้ กล่าวคือการอัดแล้วนำไปเผา Briquetting-Carbonization (B-C) option จะมีข้อดีคือเป็นกระบวนการที่ง่าย และเศษวัสดุที่ผ่านการอัดแท่งแล้วสามารถนำไปเผาด้วยวิธีเผาถ่านแบบเก่าได้ ส่วนข้อเสียก็คือ ต้องใช้กำลังในการอัดสูงใช้พลังงานมาก และเกิดการสึกหรอในเครื่องอัด อีกทั้งก่อนที่นำไปเผาถ่านก็เก็บเอาไว้ในที่ที่มีความชื้นต่ำเพราะความชื้นจะทำลายแรงยึดเกาะของเศษวัสดุ ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือ Carbonization-Briquetting (C-B) option ซึ่งมีข้อดีคือ ใช้พลังงานในการผลิตต่ำ และไม่มีการตกหล่นของถ่านที่เป็นผง ส่วนข้อเสียคือเป็นกระบวนการที่ยุ่งยาก และมีฝุ่นฟุ้งกระจาย

จากประสบการณ์ของผู้วิจัยเอง พบว่าระบบ B-C แม้ว่าจะไม่ซับซ้อน ราคาถูก แต่การทำในระดับ Commercial scale นั้นมีปัญหาพอสมควรกล่าวคือ ในขั้นตอนการเผา ซึ่งปรกติจะมีการเสียหายเกิดขึ้น โดยมีการแตกหรือป่น ดังนั้นก็ต้องนำมาอัดซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นการผลิตถ่านชีวมวลแบบ C-B เป็นทางเลือกที่ดี เพราะสามารถขยายกำลังการผลิตได้โดยใช้เครื่องจักรทางอุตสาหกรรมเข้ามา ในขณะเดียวกันการลงทุนในระบบนี้จะสูงมาก ดังนั้นจำเป็นต้องทำการประเมินสถานภาพของวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล ให้ดีเสียก่อน เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการลงทุน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) การประเมินวัตถุดิบ และ 2) การประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล

1. การประเมินวัตถุดิบ จะทำให้ทราบสถานภาพของวัตถุดิบ (วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร) ที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ผลิตเป็นถ่านชีวมวล ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยเชิงพาณิชย์ ไม่ว่าจะเป็นประชาชนทั่วไปหรือผู้ประกอบการในภาคธุรกิจ

1.1 ในด้านปริมาณ จะทำให้ทราบถึงปริมาณของวัตถุดิบที่เหลือจากกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมเกษตร นำมาเป็นข้อมูลการตัดสินใจเลือกใช้วัตถุดิบใดๆ มาผลิตเป็นถ่านชีวมวล

1.2 ในด้านคุณภาพ จะทำให้ทราบถึงคุณภาพการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ของถ่านชีวมวลที่ผลิตจากวัตถุดิบแต่ละชนิดเป็นการจัดเกรดการใช้ประโยชน์โดยใช้คุณภาพ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานสะสม (Energy content) ความชื้น (Moisture content) ขนาดและการกระจายตัว (Size and distribution) ความหนาแน่น (Bulk density) ปริมาณของระเหย (Volatile matter content) ปริมาณเถ้า (Ash content) เป็นต้น

2. การประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล จะทราบถึงสถานภาพและความเหมาะสมของกระบวนการผลิต ซึ่งแต่ละวัตถุดิบจะใช้กระบวนการที่แตกต่างกันออกไป ผลที่ได้จากการตรวจสอบเอกสาร และการแจกแจงเทคโนโลยีและเทคนิคต่างๆ จะได้ข้อสรุปออกมาในส่วนที่เป็นข้อดี ข้อเสีย ปัญหา เพื่อเป็นข้อเสนอแนะ นำไปปรับปรุงหาวิธีการที่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตและลดต้นทุนเพื่อนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์โดยมีเป้าหมายที่จะสร้างต้นแบบโรงงานผลิตถ่านชีวมวลต้นแบบของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อเป็นการสาธิตและเผยแพร่ถ่านชีวมวลให้เป็นที่รู้จักแก่ประชาชนทั่วไป อีกทั้งพัฒนาระบบโรงงานและผลิตภัณฑ์ให้เข้าสู่มาตรฐานอุตสาหกรรมรับรอง

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีวมวล(Biomass)

ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ เช่น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น แกลบ ได้จากการสีข้าว เปลือกชานอ้อยที่ได้จากการผลิตน้ำตาลทราย เศษไม้ที่ได้จากการแปรรูปไม้ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัสเป็นส่วนใหญ่ และบางส่วนได้จากสวนป่าที่ปลูกไว้ กากปาล์มที่ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบออกจากผลปาล์มสด กากมันสำปะหลังที่ได้จากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซังข้าวโพดที่ได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำเมล็ดออก กาบและกะลามะพร้าวที่ได้จากการนำมะพร้าวมาปลอกเปลือกออกเพื่อนำเนื้อมะพร้าวไปผลิตกะทิ และน้ำมันมะพร้าว ส่าเหล้าที่ได้จากการผลิตแอลกอฮอล์

ชีวมวล สามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานได้ เพราะในขั้นตอนของการเจริญเติบโตนั้น พืชได้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ พร้อมทั้งใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้ได้ผลิตผลแป้งและน้ำตาล แล้วกักเก็บไว้ตามส่วนต่างๆของพืช ดังนั้นเมื่อนำพืชมาเป็นเชื้อเพลิงก็จะได้พลังงานออกมา ประเทศไทยเป็นแหล่งชีวมวลขนาดใหญ่ สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนพลังงานจากธรรมชาติได้

องค์ประกอบของชีวมวลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

1) ความชื้น (Moisture) หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในชีวมวล ซึ่งส่วนมากจะมีความชื้นค่อนข้างสูง เพราะเป็นผลผลิตทางการเกษตร ถ้าต้องการนำชีวมวลเป็นพลังงานโดยการเผาไหม้ความชื้นไม่ควรเกิน 50 เปอร์เซ็นต์

2) ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ Volatiles matter ซึ่งจะระเหยออกมาจากชีวมวลได้ขณะที่โดนความร้อน มีองค์ประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน มีองค์ประกอบของธาตุ (C, H, N, O, S) แตกต่างกันไป และอีกส่วนหนึ่งคือ Fixed Carbon ทั้งสองส่วนจะลุกไหม้ได้ง่าย

3) ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ คือขี้เถ้า (Ash) ส่วนใหญ่จะมีประมาณ 1 -3 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นแกลบและฟางข้าว จะมีสัดส่วนขี้เถ้าประมาณ 10 -20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะมีปัญหาในการเผาไหม้และกำจัดพอสมควร

2.2 ถ่านไม้(Charcoal) และกรรมวิธีการผลิต

2.2.1 ถ่านไม้(Charcoal)

ถ่าน(Char หรือ Charcoal) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำอินทรีย์วัสดุมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนในที่อับอากาศจนได้ผลิตภัณฑ์สีดำมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ถ่านที่ได้จากอินทรียวัตถุสามารถจำแนกตามวิธีการผลิตได้ 2 ชนิด ได้แก่

1) ถ่านขาวหรือถ่านแข็ง (White or hard artificial char) ผลิตโดยใช้ความร้อนที่ประมาณ 1,000 – 1,100 °C แล้วนำถ่านที่กำลังลุกไหม้อยู่ออกมาดับนอกเตา โดยใช้ขี้เถ้าผสมดินและน้ำประมาณ 10 – 20% ขี้เถ้าดังกล่าวจะติดแน่นอยู่ที่ผิวถ่านเป็นสีขาวปนเทา จึงเรียกว่า ถ่านขาว มีสมบัติแข็งกว่าถ่านดำ เนื้อถ่านสุกเท่ากันและมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเท่ากันทั้งแท่ง จุดติดไฟยากแต่ลุกไหม้ได้นาน มีการผลิตถ่านขาวอยู่เพียง 3 ประเทศ คือ จีน เกาหลี และญี่ปุ่น

2) ถ่านดำหรือถ่านเนื้ออ่อน (Black of soft artificial char) ผลิตโดยใช้ความร้อนที่ประมาณ 400 – 700 °C แล้วปิดเตาไม่ให้อากาศเข้า ปล่อยถ่านไว้ในเตาจนกว่าจะเย็นเอง ถ่านที่ได้จะมีสีดำ จึงเรียกว่า ถ่านดำ มีความแข็งน้อยกว่าถ่านขาว และถ้าไม้เปลี่ยนเป็นถ่านอย่างรวดเร็ว (Rapid carbonization) จะได้ถ่านดำที่มีความแข็งน้อยกว่าถ่านดำที่ได้จากการให้ไม้เปลี่ยนเป็นถ่านช้าๆ (Slow carbonization) ถ่านดำจะสุกไม่เท่ากันทั้งแท่ง ปริมาณคาร์บอนเสถียรของถ่านที่ได้รับความร้อนสูงกว่าจะมีมากกว่าถ่านที่ได้รับความร้อนต่ำกว่า

จำแนกตามชนิดของวัตถุดิบ เช่น ถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้โกงกาง ถ่านไม้ไผ่ ฯลฯ ถ่านไม้แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะแตกต่างกันไป ถ่านที่ผลิตจากไม้เนื้อแข็ง ก็จะได้ถ่านไม้ที่มีความแข็งมากกว่าถ่านไม้ที่ผลิตจากไม้เนื้ออ่อน

จำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ เช่น ถ่านเชื้อเพลิง ถ่านกรองน้ำ ถ่านปรับสภาพดิน ถ่านผสมอาหารสัตว์ ฯลฯ

2.2.2 กรรมวิธีการผลิตถ่านไม้ (Charcoal)

ขั้นตอนนี้เป็นการแปรสภาพอินทรียวัตถุให้เป็นถ่าน ทำได้โดยนำวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาเผาในสภาวะที่มีออกซิเจนอยู่น้อยกว่าปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้สำหรับการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในระยะแรก ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจนจะสลายออกมาก่อนในรูปของก๊าซทำให้ได้ถ่านที่มีสัดส่วนของคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูงขึ้น เมื่อการคาร์ไบไนซ์สูงขึ้นสารอินทรีย์จะแตกสลายและหลุดออกมาในรูปของน้ำมันดิน (Tar) และสารอื่นๆเป็นจำนวนมาก สีของวัตถุดิบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำเนื่องจากปฏิกิริยาคาร์โบไนซ์เซชัน(Carbonization) ของเซลลูโลสและลิกนินเป็นหลัก เซลลูโลสจะสูญเสียมากที่สุดในช่วงนี้ ถ่านที่ได้มีความสามารถในการดูดซับต่ำเพราะมีพื้นที่ผิวและรูพรุนน้อย และยังคงมีน้ำมันดินบางส่วนตกค้างอยู่ในรูพรุน หรือเกาะอยู่ตามผิว

กลไกในการทำให้เป็นถ่านสามารถอธิบายได้โดยระยะแรกวัตถุดิบจะถูกทำให้แห้งโดยการไล่น้ำออกไปจนกระทั่งอุณหภูมิสูงถึง 170 °C อินทรียวัตถุบางส่วนเริ่มแตกสลายพร้อมกับมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ กรดน้ำส้มออกมา จากนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 270-280 °C จะมีการแตกสลายของสารอินทรีย์เกิดเป็นน้ำมันดิน เมทธานอล และสารอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมาก เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 350 °C สีของไม้เริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำ โดยปฏิกิริยาคาร์โบไนซ์เซชันของเซลลูโลส และลิกนินเป็นหลัก ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดจาก Radical เป็นสำคัญ โดยมวลของเซลลูโลสจะสูญเสียมากที่สุดอย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิ 300-400 °C ส่วนมวลของลิกนินจะค่อยๆ สูญเสียอย่างช้าๆ เมื่อเทียบกับเซลลูโลส จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 400 °C การสูญเสียมวลส่วนใหญ่ยังไม่สามารถขจัดไฮโดรเจน และออกซิเจนออกจากวัสดุได้หมดทำให้ได้ถ่านที่มีคุณภาพไม่ดี ถ้าทำถ่านที่อุณหภูมิ 600 °C พบว่าปริมาณร้อยละของคาร์บอนของถ่านที่ได้เพิ่มขึ้นแต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 600 °C จะทำให้ได้ผลผลิตต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 400 °C มาก ดังนั้นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเพื่อให้ได้ผลผลิต และประสิทธิภาพในการแปรสภาพวัตถุดิบให้เป็นถ่านสูงสุดก็คือ ช่วงอุณหภูมิ 400-600°C และควรควบคุมความสม่ำเสมอของความร้อนและอุณหภูมิของการคาร์โบไนซ์ให้คงที่จึงจะได้ถ่านที่มีคุณภาพดี ถ่านที่ได้จากการเผาในขั้นตอนนี้สามารถนำไปใช้เป็นตัวดูดซับหรือเป็นเชื้อเพลิงได้ จากผลการศึกษาโดย Rmteke, Wate and Moghe (1989) ซึ่งได้ทำศึกษาการคาร์โบไนซ์ไม้ 19 ชนิดในช่วงอุณหภูมิ 400-1000°C พบว่าผลผลิตที่ได้เป็นถ่านในขั้นนี้มีถึง 25-30% (based on oven-dry raw material) ได้ค่าการดูดกลืนเมทธิลลีนบลู 11-74 mg/g ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในกรณีที่ไม่ต้องการคุณสมบัติดูดซับที่ดีมากนัก หรืออาจใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เพราะไม่มีควัน และจุดติดไฟง่ายแต่มีข้อเสียคือเผาไหม้รวดเร็ว จากผลการศึกษาคาร์โบไนซ์แกลบที่ช่วงอุณหภูมิ 400-800 °C นาน 0.5-6 ชั่วโมงโดยคณิต กฤษณังกูร และจงจิตร์ หิรัญลาภ (2527) พบว่าถ่านที่ได้มีความสามารถในการดูดซับต่ำมาก เนื่องจากมีองค์ประกอบของซิลิกาสูง แต่เมื่อสกัดซิลิกาออกทำให้ถ่านมีสมบัติในการดูดซับดีขึ้น นอกจากนี้ Ruiz and Rolz (1971) ได้ทำการศึกษาโดยนำชานอ้อยมาคาร์โบไนซ์ในช่วงอุณหภูมิ 300-500 °C นาน 60-70 นาที ซึ่งพบว่าถ่านที่ได้มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เป็นกลางเหมาะสำหรับการดูดสีในน้ำตาล และจากผลการศึกษาค่าความร้อน (gross calorific value) ของชานอ้อยโดย Bhattcharya and Shrestha (1990) พบว่าชานอ้อยมีค่าความร้อนเพียง 4322 kcal/kg (18066 kJ/kg) แต่เมื่อนำชานอ้อยมาคาร์โบไนซ์ที่อุณหภูมิ 500°C นาน 4 ชั่วโมงทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 6834.66 kcal/kg (28569 kJkg) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงได้

การคาร์โบไนซ์เซชันเป็นกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) รูปแบบหนึ่งที่จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ในรูปของชาร์ (Char) ที่เป็นของแข็งมากกว่าน้ำมันทาร์ (Tar) และก๊าซ อาจกล่าวได้ว่าการคาร์โบไนซ์เป็นการเพิ่มปริมาณเคาร์บอนให้สูงขึ้น ทำได้ง่ายๆ โดยการเผาในที่อับอากาศที่อุณหภูมิ 200-500°C ปฏิกิริยาไพโรไลซิสต้องการความร้อนทั้งโดยทางอ้อม (รีทอร์ท) และทางตรงที่ได้จากการออกซิเดชันเพียงบางส่วน หรือจากปฏิกิริยาอื่นๆ ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องปฏิกรณ์

Read and Jantzen (1979) อ้างถึงใน บุญชัย ตระกูลมหาชัย (2537) ได้อธิบายถึงความแตกต่างของกระบวนการไพโรไลซิส ก๊าซซิฟิเคชัน และการเผาไหม้ ว่าพื้นฐานของกระบวนการเหล่านั้น คือ ปริมาณอากาศที่ใช้มีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อเพลิง โดยกระบวนการไพโรไลซิสจะใช้อากาศน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของอากาศที่ใช้ทางทฤษฎีการเผาไหม้ ส่วนก๊าซซิฟิเคชันจะใช้อากาศระหว่าง 25-50 เปอร์เซ็นต์ และการเผาไหม้จะใช้อากาศตั้งแต่ 100 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เมื่อชีวมวลเกิดการสลายตัวทางความร้อนจะเกิดอนุกรมของปฏิกิริยาต่างๆ ได้ก๊าซที่มีพลังงานปานกลาง น้ำมันที่มีองค์ประกอบซับซ้อนและชาร์ ซึ่งปฏิกิริยาของการะบวนการไพโรไลซิส พวกชีวมวลสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.1 ถึง 2.4

$$\text{Biomass} + \text{Heat} \longrightarrow \text{Char} + \text{pyrolytic oil (high- and moderate-molecular weight organic liquid)} + \text{other condensables in form of oxygenated oganics} + CO_2 + H_2 + CH_4 + \text{others} \quad (2.1)$$

$$\text{Organic liquid} + \text{Heat} \longrightarrow \text{Aromatic organic} + \text{low-molecular weight organic liquid} + \text{char} + CH_4 + CO_2 + CO + H_2 + H_2O + \text{other} \quad (2.2)$$

$$CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2 \text{ (endothermic, i.e. require heat input)} \quad (2.3)$$

$$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2 \text{ (Slightly exothermic, i.e. produce heat)} \quad (2.4)$$

การไพโรไลซิสแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การไพโรไลซิสแบบช้า และแบบรวดเร็ว การไพโรไลซิสแบบช้าจะเกิดสมดุลในบริเวณช่วงแคบ (Local equilibrium) โดยอัตราการให้ความร้อนจะช้าพอที่จะทำให้เกิดความสมดุลตามอุณหภูมิ ในกรณีนี้ปริมาณและการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับแนวของอุณหภูมิเดิม (Temperature history) ส่วนการไพโรไลซิสแบบรวดเร็วจะไม่คำนึงถึงปฏิกิริยาที่เกิดในช่วงการให้ความร้อนแต่การไพโรไลซิสจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิคงที่ของช่วงอุณหภูมิสุดท้าย

ถ่านชาร์ที่ได้จากการคาร์โบไนซ์เซชันควรจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

- มีสีดำตลอด (Uniformly black)
- เมื่อหักดูส่วนที่หักจะมีผิวที่มันเงา (Shiny surface)
- ปลายที่หักจะแหลมคม (Sharp)
- ปราศจากผงฝุ่นและขี้เถ้า

ซึ่งในธรรมชาติไม่พบคุณสมบัติที่ต้องการทั้งหมด ดังนั้นต้องทำการคาร์โบไนซ์ให้เกิดการสลายตัวด้วยความร้อนเป็นการไล่ทาร์ แล้วเปลี่ยนเป็นโค้ก การคาร์โบไนซ์ให้ได้ถ่านที่มีคุณสมบัติที่ต้องการทำได้โดยปรับสภาวะในการไพโรไลซิสให้เหมาะสม โดยมีตัวแปรคือ

ก. อุณหภูมิของการคาร์โบไนซ์

กระบวนการคาร์โบไนซ์ เป็นการกลั่นสลายของสารอินทรีย์เพื่อเพิ่มสัดส่วนคาร์บอนของสารอินทรีย์ ขณะเดียวกันก็ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวและก๊าซออกมาด้วย โดยจะเกิดการหักออกตรงบริเวณที่พันธะที่อ่อนหรือหมู่ที่หลุดออกได้ง่ายทำให้กลุ่มโมเลกุลวงแหวนแตกออกจากกันเป็นกลุ่มๆ จำนวนมาก โดยสร้างวงแหวนอะโรมาติกหลักที่เหลือกลายเป็นโครงสร้างของถ่านชาร์ โดยการจัดเรียงตัวของคาร์บอนอะตอมจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิที่เผา

สิ่งที่สำคัญที่สุดของกระบวนการนี้คืออุณหภูมิสุดท้ายของการคาร์โบไนซ์ เพราะมีความสัมพันธ์กับพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะเคมีในวัตถุดิบออกมาเป็นสารระเหย ที่อุณหภูมิสูงถ่านชาร์จะมีการจัดระเบียบของโครงสร้างมากกว่า เช่น ถ่านหินเกรดสูงจะหดตัวมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการคาร์โบไนซ์เป็นผลทำให้ปริมาตรทั้งหมดของรูพรุนเล็กๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นแรกของการคาร์โบไนซ์ลดลง และเม็ดถ่านหินมีความแข็งมากขึ้น อย่างไรก็ตามถ่านชาร์ที่ได้จากการคาร์โบไนซ์ที่อุณหภูมิ 300°C มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาน้อยกว่าถ่านจากการคาร์โบไนซ์ที่อุณหภูมิ 600°C ซึ่งการลดลงของความว่องไวในการทำปฏิกิริยาจะมากขึ้นเมื่อค่าคาร์บอนคงตัวลดลง

ข. อัตราการให้ความร้อน

ผลกระทบของอัตราการให้ความร้อนเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อปริมาณและองค์ประกอบของสารระเหยที่ได้จากการไพโรไลซิส แต่เดิมสภาวะในการให้ความร้อนถูกแบ่งด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียสต่อนาที อันเป็นช่วงที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยสารระเหยออกอย่างรวดเร็ว ดังนั้นอัตราการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วจะมีผลต่างของอุณหภูมิมากกว่า 103 – 105 องศาเซลเซียสต่อวินาที

ถ้าอัตราการให้ความร้อนสูง ปริมาณสารระเหยจะถูกปลดปล่อยอย่างรวดเร็ว ผลก็คือจะได้ถ่านที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ ความว่องไวในการทำปฏิกิริยาสูงกว่าถ่านที่ได้จากการให้ความร้อนด้วยอัตราที่ต่ำกว่าเนื่องจากถ่านที่ได้จากการคาร์โบไนซ์ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิสูง คาร์บอนจะเรียงตัวเป็นระเบียบน้อย ทำให้เกิดช่องว่างมากเป็นรูพรุนขนาดใหญ่ เมื่อนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้น ตัวกระตุ้นจะเข้าไปทำปฏิกิริยาได้ง่าย ความสำคัญของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิต่อคุณสมบัติของเม็ดถ่านแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงผลของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิต่อสมบัติเม็ดถ่าน

Heating rate (OC.min-1)	Mechanical Strength of granules (%)	Bulk density of granules (g .cm-3)	Pore volumes of granules, (cm3.g-1)			
			Total	Micro	Meso	Macro
1	93.0	0.71	0.24	-	-	-
5	94.0	0.70	0.22	0.12	0.01	0.09
8	94.1	0.72	0.23	-	-	-
20	91.5	0.62	0.28	-	-	-
Stepwise growth	60.0	0.28	1.09	0.11	0.03	0.95

ที่มา : Jankowska (1991) อ้างถึง บุญชัย ตระกูลมหาชัย (2537)

ค. ตัวกลางของปฏิกิริยา (Medium of reaction)

ตัวกลางของปฏิกิริยาจะมีผลกระทบต่อปฏิกิริยา ถ้าก๊าซและไอที่เกิดระหว่างการไพโรไลซิสถูกพาออกไปอย่างรวดเร็วโดยก๊าซที่เป็นตัวกลาง เช่น ก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซจากการเผาไหม้ ถ้าตัวกลางเป็นก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ปริมาณที่เป็นถ่านจะน้อยกว่าตัวกลางที่เป็นไนโตรเจนซึ่งเป็นก๊าซที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยาการเผาไหม้ของคาร์บอน แต่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับตัวกระตุ้นสูงกว่า (Ignasiak, 1972 and Pererii, 1973 อ้างถึงใน บุญชัย ตระกูลมหาชัย, 2537) พบว่าการคาร์โบไนซ์โดยใช้อากาศเป็นตัวกลางในเตาเผาแบบฟลูอิไดซ์เบดจะใช้พลังงานต่ำเพราะความร้อนจากการเผาไหม้ของสารระเหยจะให้ความร้อนกับเตาฟลูอิไดซ์เบด จุดมุ่งหมายหลักของกระบวนการคาร์โบไนซ์เซชันก็เพื่อผลิตให้ได้ถ่านที่มีรูพรุน และการจัดเรียงของคาร์บอนอะตอมให้เป็นระเบียบมากกว่าวัตถุดิบ ซึ่งปัจจัยทั้งสองมีผลต่อความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับตัวกระตุ้น (Jankowska, 1991 อ้างถึงใน บุญชัย ตระกูลมหาชัย, 2537)

นอกจากตัวแปรข้างต้นแล้วจากผลการศึกษาโดย Darmstatt, et.al.(2000) พบว่าความชื้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อสมบัติของถ่านที่เตรียมได้ และทำการศึกษาโดยนำ mable bark และ softwood bark ที่มีความชื้นร้อยละ 6 และ 42 มาคาร์โบไนซ์ภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 775 °K พบว่าร้อยละของผลผลิตที่ได้จากการคาร์โบไนซ์เท่ากับร้อยละ 30 สำหรับ mable bark และระหว่างร้อยละ 23-28 สำหรับ softwood bark โดยความชื้นมีผลต่อร้อยละผลผลิตเป็นอย่างมาก และถ่านที่เตรียมได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะระหว่าง 200 – 300 ตารางเมตรต่อกรัมซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์

การคาร์โบไนซ์จะมีการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ 2 ช่วง คือ ช่องอ่อนตัว (Softening period) และช่วงหลังการอ่อนตัว (After softening period) ในช่วงการอ่อนตัวควรให้ความร้อนด้วยอัตราที่ต่ำ เพื่อให้ก๊าซหลุดออกมาจากโพรงภายในได้ โดยไม่สลายตัวหรือเปลี่ยนรูปเป็นของแข็งอุดแน่นภายในโพรง นอกจากนี้ยังพบว่าถ่านที่ได้จะแน่นและแข็งด้วย (Bansal et.al, 1988 อ้างถึงใน บุญชัย ตระกูลมหาชัย, 2537)

2.3 ถ่านชีวภาพอัดแท่ง

นิยามของถ่านชีวภาพ (Biocoal) คือ วัตถุที่เกิดจากกระบวนการ Pyrolysis หรือ Carbonization ของวัสดุที่หลงเหลือจากการเกษตรและป่าไม้(Biomass) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีมาช้านาน ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบเป็นแผ่น เป็นผง หรือแม้กระทั่งอยู่ในรูปของแท่งหรือก้อนที่เรียกว่าถ่านอัดแท่ง(Charcoal briquettes) จากการสืบค้นประวัติของถ่านชีวภาพ พบว่าที่ประเทศอินเดียในปี ค.ศ.1917 มีการนำถ่านป่นที่ทำมาจากเปลือกมะพร้าวที่มีลักษณะเป็นแผ่นมาทำให้ป่นแล้วนำมาทำเป็นก้อนโดยใช้ยางพืชเป็นตัวประสาน และต่อมีการพัฒนากระบวนการผลิตการอัดแท่งออกมาเรื่อยๆในช่วงปี ค.ศ. 1921-1939 ดังตัวอย่างเช่น การศึกษาวิจัยโดยนำแป้งมาใช้เป็นตัวประสานทำให้เป็นแท่งเป็นต้น ต่อมาหลังสงครามโลกครั้งที่สองได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพโดยใช้ขี้เลื่อยใช้มาอัดเป็นแท่ง ซึ่งเราเรียกว่าแท่งชีวมวล (Briquetted Biomass) ก่อนที่จะผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านชีวภาพ โดยมีการนำถ่านชีวภาพนี้มาใช้กันอย่างแพร่หลายต่อมาไม่ว่าจะเป็นประเทศญี่ปุ่นหรือสหรัฐอเมริกาก็ตาม

ในประเทศไทยเองก็ได้มีการนำเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพมาใช้และเป็นที่นิยมอยู่ในระยะหนึ่ง โดยเริ่มจากมีผู้นำเข้าเครื่องอัดแท่งแบบเกลียวอัดจากประเทศไต้หวันเข้ามา 4 เครื่อง ในปี ค.ศ. 1978 โดยมีโรงงานอยู่ที่จังหวัดปทุมธานี โดยทำการอัดแท่งขี้เลื่อยโดยขายเป็นแท่งชีวมวล หรือขี้เลื่อยอัดแท่งให้กับโรงงานอบผ้าที่จังหวัดสมุทรปราการนับว่าเป็นโรงงานผลิตแท่งชีวมวลแห่งแรกของประเทศไทย แต่ทว่าราคาของแท่งชีวมวลดังกล่าวราคาค่อนข้างแพงกว่าไม้ การใช้แท่งชีวมวลจึงไม่เป็นที่นิยม ดังนั้นทางโรงงานผลิตแท่งชีวมวลจึงเปลี่ยนไปผลิตถ่านชีวภาพจากแท่งชีวมวลในปี

ค.ศ. 1982 แล้วนำไปขายในตลาดสี่มุมเมืองซึ่งได้รับความนิยมมากเนื่องมาจากราคาถ่านชีวภาพนั้นถูกกว่าถ่านไม้ นอกจากนี้ทางสถานประกอบการดังกล่าวยังทำการดัดแปลงเครื่องอัดแท่งชีวมวลแบบใหม่โดยพัฒนามาจากเครื่องที่นำเข้ามาจากไต้หวันเพื่อจำหน่าย และเป็นที่นิยมนำมาใช้ในโรงงานผลิตถ่านชีวภาพมาก โดยรู้จักกันในนามของ V.S. Machine ซึ่งสามารถขายได้ถึง 200 กว่าเครื่อง ได้รับส่วนแบ่งการตลาดไปถึง 2 ใน 3

การเติบโตของธุรกิจผลิตถ่านชีวภาพในขณะนั้นเป็นเพราะความต้องการใช้ถ่านชีวภาพจำนวนมาก ในค่ายเขมรอพยพที่เขาอีด่าง จังหวัดปราจีนบุรี หรือสระแก้วในปัจจุบัน ทำให้เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพได้รับความสนใจทั้งภาครัฐบาลและเอกชน ซึ่งต่อมาหลังการยุบค่ายฯ ในปี ค.ศ. 1984 ธุรกิจการผลิตถ่านชีวภาพเริ่มซบเซาลง จากการสำรวจของ Reines พบว่ามีโรงงานผลิตถ่านชีวภาพเหลืออยู่ไม่มาก และมีเครื่องอัดแท่งถ่านที่ใช้งานอยู่ประมาณ 20 กว่าเครื่องเท่านั้นเองซึ่งหนึ่งในนั้นคือ เครื่อง V.S. Machine ที่โรงสีของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรดา ซื้อเอาไว้ใช้งานซึ่งยังคงใช้งานมาจนถึงปัจจุบัน โดยมีกำลังผลิตอยู่ที่ 72 ตันต่อปี ในส่วนของบริษัทนั้นมีบริษัท S.P. Energy ที่ยังคงผลิตเครื่องอัดแท่งชีวมวลอย่างต่อเนื่อง แต่ส่วนใหญ่แล้วจะผลิตเอาไว้ใช้เองในโรงงาน

สำหรับสถานการณ์ด้านการวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพในอดีตค่อนข้างที่จะได้รับความสนใจมาก นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 – 1988 และค่อนข้างจะหาพบยากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จนมาถึงปัจจุบันสถานการณ์พลังงานจากถ่านชีวภาพเริ่มที่จะมีบทบาทมากยิ่งขึ้นแม้จะไม่เป็นที่นิยมในหมู่นักวิจัยเหมือนกับ Solar Energy หรือ Biogas ก็ตามแต่ก็มีงานวิจัยหลายชิ้นที่เกี่ยวข้องกับถ่านชีวภาพในส่วนของแท่งชีวมวลออกมา คือ การนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นเชื้อเพลิง (แท่งเชื้อเพลิงเขียว)ที่ดำเนินการโดยกรมป่าไม้ การวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวาในบริเวณบึงมักกะสัน และ การศึกษาวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงเขียวผสมกับขี้เลื่อยจากถุงเพาะเห็ดภายหลังจากที่เก็บดอกเห็ด ที่ดำเนินการโดยโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรดา แต่อย่างไรก็ดีแท่งชีวมวลเหล่านี้ ยังมีขีดจำกัดอยู่มากในเรื่องของการใช้งานกล่าวคือจะมีควันขณะเผาไหม้จากนำแท่งชีวมวลผ่านกระบวนการ Carbonization เพื่อผลิตเป็นถ่านชีวภาพ สามารถลดปริมาณควันเหมาะและแก่การใช้งานเป็นอย่างมาก อีกความต้องการที่จะนำมาทดแทนถ่านไม้ในปริมาณมาก และเป็นสิ่งที่ประชาชนกำลังให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ส่วนสถานการณ์การวิจัยที่เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตถ่านชีวภาพและการอัดแท่งชีวมวลในประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างบ้านเรา พบว่ากำลังเป็นที่สนใจ ทำให้ทราบถึงแนวโน้มถึงความสำคัญของถ่านชีวภาพที่จะมาเป็นพลังงานในการหุงต้มในต้นศตวรรษที่ 21 นี้

2.4 เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง

2.4.1 เทคโนโลยีการอัดแท่งชีวมวล

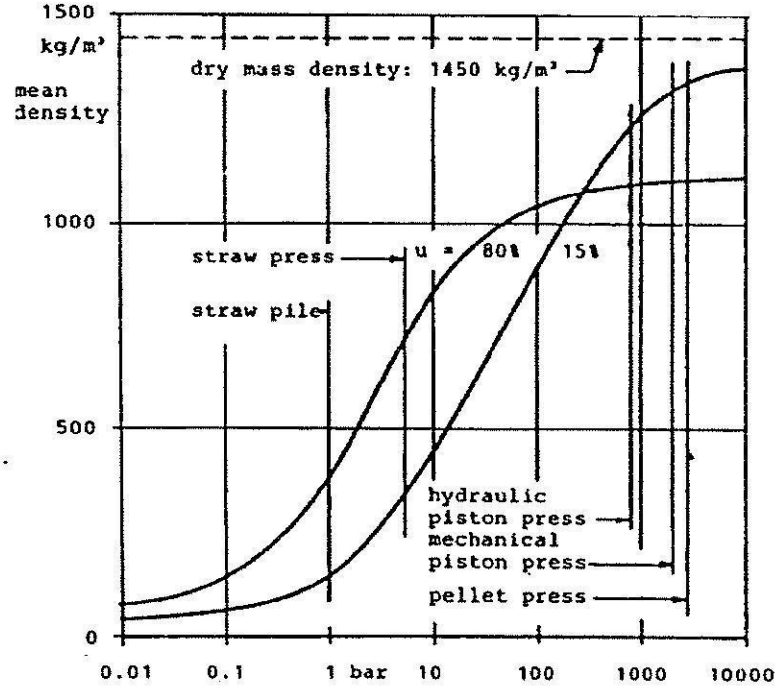
การอัดแท่ง (Densification) เป็นการลดปริมาตรและเป็นการจับตัวเป็นกลุ่มก้อนกันของชีวมวลที่มีการกระจายตัวกันอย่างหลวมๆ การอัดแท่งชีวมวลสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น อัดเป็นเม็ดหรือแท่งเล็กๆ(Pelleting) อัดเป็นลูกบาศก์(Cubing) อัดเป็นแท่ง(Extruded log) อัดเป็นฟ่อน (Baling) ส่วนใหญ่การนำชีวมวลไปใช้ผลิตเป็นพลังงานนั้น จะอัดให้เป็นแท่ง (Briquette) และเป็นชิ้น (pellets) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล และลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ และแรงดันที่ใช้ในการอัดแท่งมีผลต่อความหนาแน่นของแท่งชีวมวล โดยเราสามารถอัดแท่งได้โดยถ้าทำการอัดภายใต้แรงดันที่ต่ำ 0.2 – 5 MPa ซึ่งจะทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคมีค่าลดลง และ เมื่อเพิ่มแรงกดให้สูงมากกว่า 100 MPa จะทำให้ผนังเซลล์ของเซลลูโลสสลายตัวและจับตัวกันใหม่มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเลือกใช้วิธีการอัดภายใต้แรงดันต่ำหรือสูงนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล และลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของแท่งชีวมวล ขึ้นอยู่กับ 1) ประเภทของชีวมวล และ 2) เครื่องมือและอุปกรณ์การอัด สำหรับการอัดที่แรงดันสูงสุดจะได้ความหนาแน่นสูงสุดของชีวมวลอัด คือ 1,200 – 1,400 kg/m^3 โดยวิธีการอัดที่มีความหนาแน่นสูงสุดคือ วิธีการอัดเป็นเม็ดหรือแท่งเล็กๆ (Pelleting) จะมีความหนาแน่นที่ 1,450 – 1,500 kg/m^3 และวิธีที่น้อยที่สุดคือวิธีอัดแบบใช้สกรูอัด ดังแสดงเอาไว้ในรูปที่ 2.1

ความหนาแน่นปรากฏของแท่งชีวมวลจะมีค่ามากกว่าความหนาแน่นบรรจุ เนื่องมาจากการเรียงตัวบรรจุอย่างไม่ชิดติดกันของวัสดุชีวมวล โดยขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยคือ ขนาดและรูปร่างของวัสดุชีวมวล โดยความหนาแน่นบรรจุส่วนใหญ่จะอยู่ประมาณ 600 - 700 kg/m^3 หรือน้อยกว่านั้น และที่น้อยที่สุดคือ ชานอ้อยและฟ่างจะมีค่าประมาณ 40 kg/m^3

ลักษณะการจับตัวกันของชีวมวลในขณะถูกอัดสามารถอธิบายได้โดยขึ้นกับระดับแรงดันที่ใช้ในการอัด และความร้อนที่ให้หรือที่เกิดขึ้นขณะทำการอัด กรณีระดับแรงดันที่ใช้สูงๆซึ่งเกิดความร้อนและมีผลต่อการสลายตัวขององค์ประกอบทางเคมี ที่มีอยู่ในผนังเซลล์ของชีวมวลไปเป็นตัวประสานตามธรรมชาติ และ พบว่า Lignin เป็นตัวประสานตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นขณะให้ความร้อน 130-190°C ซึ่งนักวิจัยบางท่านไม่เห็นด้วย โดยพบว่าอิทธิพลที่มีผลต่อการรวมตัวของชีวมวลก็คือ Pectin

ส่วนกรณีระดับแรงดันต่ำๆ จะมีการผสมตัวประสานเข้าไปในชีวมวลขณะอัดซึ่ง เช่น แป้ง มัน หรือ โมลาส เป็นต้น



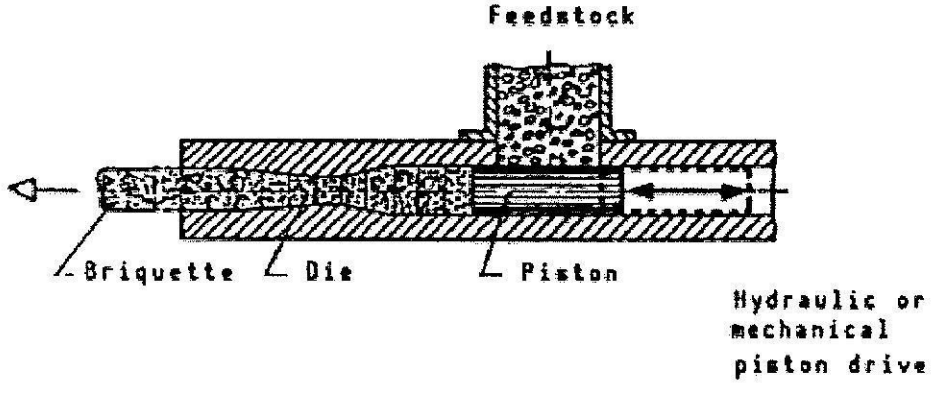
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและความหนาแน่น

2.4.2 เครื่องอัดแท่งชีวมวลชนิดต่างๆ

โดยทั่วไปเครื่องอัดแท่งชีวมวลสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1) เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Presses)

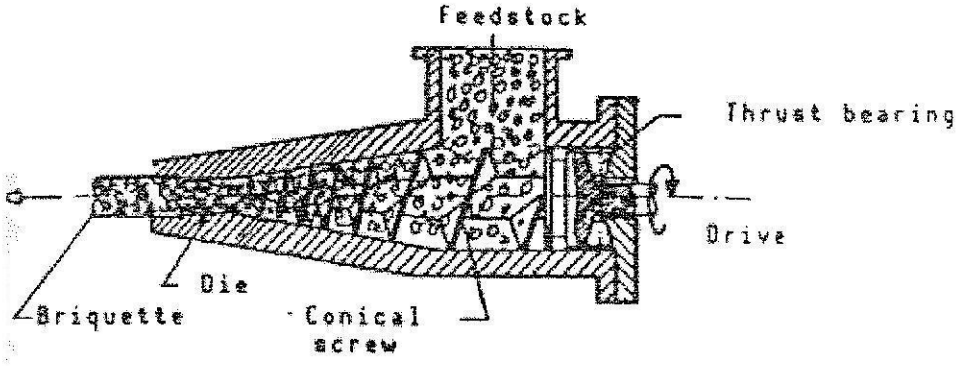
ลูกสูบจะทำหน้าที่อัดชีวมวลเข้าสู่กระบอกอัดและถูกอัดออกมาทางหัวดาย (Die) โดยส่งกำลังด้วยฟลายวีลและคับปลิง ดังแสดงเอาไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Presses)

2) เครื่องอัดแบบสกรู (Screw Presses)

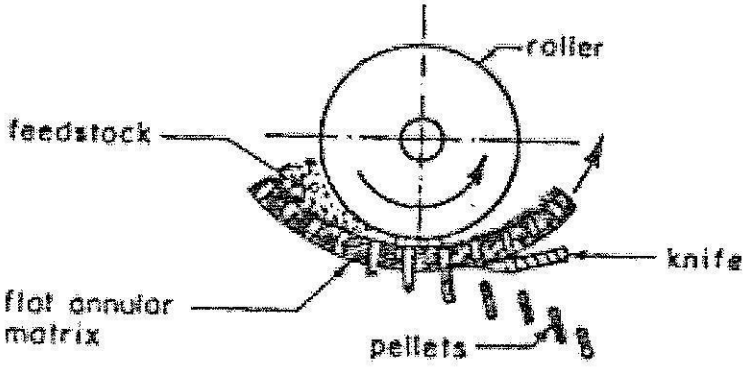
การลำเลียงวัสดุเข้าสู่เกลียวอัดจะทำให้วัสดุถูกกดอัดอย่างต่อเนื่องให้มีปริมาตรเล็กลงโดยใช้สกรูแบบกรวย และอาจใช้แหล่งความร้อนจากภายนอกเพื่อช่วยในการสลายลิกนินด้วยก็ได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เครื่องอัดแบบสกรู (Screw Presses)

3) เครื่องอัดแบบเม็ด (Pellet Presses)

การอัดลักษณะนี้จะใช้ลูกกลิ้งหมุนกดทับวัสดุชีวมวลผ่านหน้าแปลนที่ถูกเจาะเป็นรูเล็กๆเอาไว้ โดยวัสดุจะถูกอัดออกมาผ่านรูเหล่านั้นเมื่อลูกกลิ้งวิ่งกดทับผ่าน ซึ่งหัวดายจะมีลักษณะเป็นแผ่นจานหรือแผ่นวงแหวน ดังแสดงเอาไว้ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เครื่องอัดแบบเม็ด (Pellet Presses)

2.4.3 กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง

ขั้นตอนการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่งมีอยู่สองขั้นตอนใหญ่ๆอยู่ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการอัด (Densification หรือ Briquetting) และขั้นตอนการเผา (Pyrolysis หรือ Carbonization) ซึ่งทั้งสองขั้นตอนสามารถเลือกปฏิบัติก่อนหรือหลังได้ตามเทคโนโลยีที่เลือกใช้

1) การอัดแล้วนำไปเผา หรือ Briquetting-Carbonization (B-C) option

มีข้อดีคือเป็นกระบวนการที่ง่าย และชีวมวลที่ผ่านการอัดแท่งแล้วสามารถนำไปเผาด้วยวิธีเผาถ่านแบบเก่าได้ ส่วนข้อเสียก็คือ ต้องใช้กำลังในการอัดสูงใช้พลังงานมาก และเกิดการสึกหรอในเครื่องอัด อีกทั้งก่อนที่นำไปเผาถ่านก็เก็บเอาไว้ในที่ที่มีความชื้นต่ำเพราะความชื้นจะทำลายแรงยึดเกาะของเศษวัสดุ กระบวนการผลิตแบบ B-C แสดงไว้ในรูปที่ 2.5 (ก)

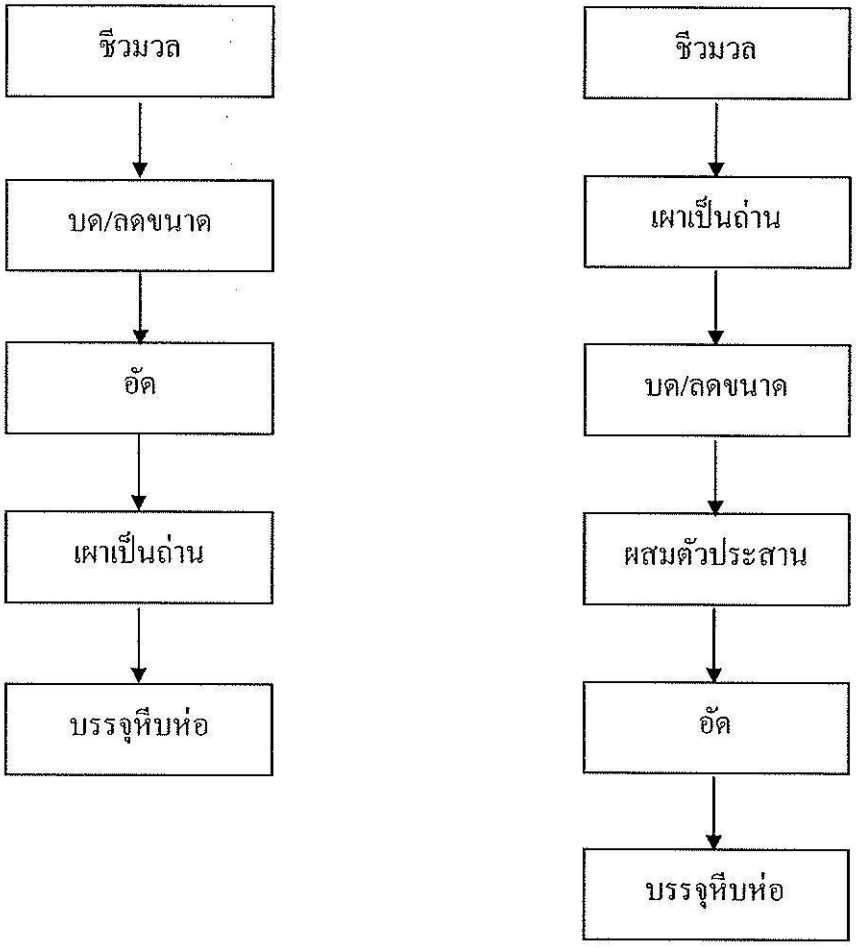
ในกระบวนการผลิตแบบ B-C ขั้นตอนการอัดถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เป็นขั้นตอนการเพิ่มความหนาแน่น และขึ้นรูปชีวมวลให้เป็นแท่งซึ่งสามารถแบ่งวิธีการอัดออกได้เป็น 2 วิธี คือ การอัดร้อนความดันสูง (Hot and high pressure densification) และ การอัดเย็นความดันต่ำ (Cold and low pressure densification) ซึ่งจำแนกตามสภาวะการอัดแท่ง

การอัดร้อนความดันสูง เป็นการอัดที่ก่อกำเนิดในสหรัฐอเมริกาประมาณ 57 ปีที่แล้ว โดยมี R.T. Bowling เป็นผู้ค้นคิด เครื่องอัดประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ ได้แก่ เกลียวหรือสกรู กระบอกดาย รวมทั้งระบบให้ความร้อนกระบอกดาย และการระบายความร้อนเฟืองทด สำหรับวัสดุที่ใช้อัดแท่งเชื้อเพลิงต้องผ่านการบดและมีความชื้นระหว่าง 7 – 12 เปอร์เซ็นต์หากสูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้การอัดไม่ได้ผล การอัดแห้งจะใช้แรงอัดสูงประมาณ 75.84 – 117.21 MPa

การอัดเย็นความดันต่ำ เป็นการอัดที่สามารถทำได้กับชีวมวลสดหรือแห้งก็ได้ กรณีการอัดชีวมวลสด ถือกำเนิดในประเทศไทยโดยกรมป่าไม้เรียกว่าการอัดด้วยเทคนิคเชื้อเพลิงเขียวหรือการอัดเปียก เครื่องอัดประกอบด้วย เกลียว กระบอกเกลียว และกระบอกดาย แตกต่างจากการอัดร้อนความดันสูง ตรงที่ไม่มีทั้งระบบให้ความร้อนและระบายความร้อน วัสดุที่จะอัดแท่งเชื้อเพลิงจะผ่านการตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยไม่จำเป็นต้องลดความชื้นหรือให้เหลือความชื้นที่จุดพอดี การอัดเปียกใช้จะใช้แรงอัดต่ำ แต่มีข้อเสียเรื่องของความชื้น และความหนาแน่นหรือการยึดเกาะของชีวมวลหลังการอัด กรณีที่ชีวมวลแห้งมีหลักการอัดที่คล้ายคลึงกัน แต่จำเป็นต้องใช้ตัวประสานจากภายนอกมาช่วยในการอัดให้แน่นขึ้น

2) การเผาแล้วนำไปอัด หรือ Carbonization-Briquetting (C-B) option

มีข้อดีคือ ใช้พลังงานในการผลิตต่ำ และไม่มีการตกหล่นของถ่านที่เป็นผง ส่วนข้อเสียคือ เป็นกระบวนการที่ยุ่งยาก และมีฝุ่นฟุ้งกระจาย กระบวนการผลิตแบบ B-C แสดงไว้ในรูปที่ 2.5 (ข) กระบวนการผลิตแบบ C-B ในขั้นตอนอัด โดยทั่วไปจะใช้การอัดด้วยวิธี การอัดเย็นความดันต่ำ (Cold and low pressure densification)



(ก) กระบวนการผลิตแบบ B-C (ข) กระบวนการผลิตแบบ C-B

รูปที่ 2.5 กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง

2.5 การประเมินคุณภาพของถ่านชีวภาพอัดแท่ง

ในปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพถ่านชีวภาพอัดแท่ง อย่างไรก็ตามเราสามารถนำมาตรฐานและการประเมินคุณภาพของถ่านมาใช้ได้ ซึ่งการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องในครั้งนี้นำมาจากงานของ (ธีระชัย จันทรเสนา, 2528)

การประเมินคุณภาพของถ่านจะใช้ปริมาณขององค์ประกอบที่สำคัญ 3 อย่างของถ่านเป็นหลักในการประเมินคุณภาพถ่าน ได้แก่ คาร์บอนคงตัว สารที่ระเหยได้ และขี้เถ้า โดยถ่านที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง แต่มีสารที่ระเหยได้และปริมาณขี้เถ้าต่ำ ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณภาพที่ได้จากการเผาถ่านไม้ชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณภาพถ่านที่ได้จากวัตถุดิบบางชนิด โดยการเผาด้วยเตาอิฐ

วัตถุดิบ	ผลผลิตถ่าน (%)	ปริมาณขององค์ประกอบในถ่าน (%)			ค่าความร้อนถ่านอบแห้ง (kCal / kg)
		คาร์บอนคงตัว	สารระเหย	เถ้า	
เศษไม้จากโรงเลื่อย	31.3	80.5	15.2	4.3	6796
กะลามะพร้าว	-	77.4	18.8	4.5	6610
ไม้กระถินยักษ์	-	72.1	26.6	1.3	6555

สำหรับการประเมินคุณภาพถ่านที่ใช้หุงต้มในครัวเรือน ประเมินได้จากคุณสมบัติของถ่านเรียงตามลำดับความสำคัญได้ดังนี้

1) การแตกประทุขณะติดไฟ ถ่านที่แตกปะทุขณะติดไฟอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผิวหนังหรือเสื้อผ้าที่สวมใส่ ก่อให้เกิดความสกปรกและอาจเป็นสาเหตุของเพลิงไหม้ได้ การประเมินคุณภาพของถ่านที่เกี่ยวกับการแตกประทุขณะติดไฟนี้แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณภาพของถ่านขณะติดไฟ

ลักษณะของถ่านขณะติดไฟ	คุณภาพของถ่าน
ไม่มีการแตกปะทุเลย	ดีมาก
ปะทุบ้างเล็กน้อยในช่วงนาทีแรกที่ติดไฟ	ดี
ปะทุนาน 2 – 3 นาที	ปานกลาง
ปะทุมากจนกระทั่งถ่านลุกแดงทั้งก้อน (ประมาณ 5 นาที หรือมากกว่า)	ต่ำ

2) น้ำหนักถ่าน ถ่านที่หนักจะเป็นที่ต้องการของผู้ใช้มาก เพราะจะลุกไหม้ให้ความร้อนได้นาน เนื่องจากเตาถ่านสำหรับหุงต้มในครัวเรือน มีความจุน้อยดังนั้นหากใช้ถ่านที่เบาจะจุถ่านน้ำหนักน้อยอาจจะต้องเติมถ่านบ่อยๆ ในระหว่างหุงต้มซึ่งเป็นการไม่สะดวก น้ำหนักถ่านอาจดูได้จากความหนาแน่นของถ่านซึ่งแบ่งออกได้ดังตารางที่ 2.4

3) ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรจะมีควัน และกลิ่นฉุนในขณะลุกไหม้ สำหรับถ่านที่มีควันอาจเนื่องมาจากไม้กลายเป็นถ่านได้ไม่หมด เพราะอุณหภูมิที่ใช้เผาต่ำเกินไปซึ่งจะทำให้การเผาถ่านมีสารระเหยมากกว่า 15% ซึ่งในกรณีเช่นนี้ปริมาณคาร์บอนคงตัวในถ่านจะต่ำ (น้อยกว่า 65%) ซึ่งถ่านที่มีสมบัติเช่นนี้เมื่อติดไฟจะทำให้เกิดควัน

4) ความแข็งและการป่นของถ่าน ถ่านที่ป่นจะไม่เป็นที่ต้องการของผู้ใช้เท่าไรนัก เพราะเป็นการไม่สะดวกในการใช้ ถ่านที่มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือการป่นเป็นผงระหว่างการทุบหรือบรรจะภาชนะ ระหว่างขนส่ง ระหว่างการเก็บ และเคลื่อนย้ายต่างๆ ความแข็งของถ่านขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ ชนิดของเตาเผา และกรรมวิธีการเผาถ่าน

ตารางที่ 2.4 ความหนาแน่นและน้ำหนักถ่านที่ใช้ประเมินคุณภาพถ่าน

	น้ำหนักถ่าน		
	หนัก	ปานกลาง	เบา
ความแน่น (g / cm^3)	มากกว่า 0.45	0.35 – 0.45	น้อยกว่า 0.35
น้ำหนักต่อกระสอบ (kg)	มากกว่า 40	30 - 40	น้อยกว่า 30
ตัวอย่างชนิดไม้	สีเสียดแก่น โกงกาง สนทะเล สนปฏิพัทธ์	กระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส สะแก กระถินณรงค์	เลี่ยน นนทรี มะกอก

5) ค่าความร้อนของถ่าน ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพสูงดี แต่สำหรับการใช้ถ่านเพื่อการหุงต้มในครัวเรือนนั้น ถ่านที่ถือว่ามีคุณภาพดีที่สุดนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านที่มีค่าความร้อนสูงสุด แต่จะต้องมีสมบัติด้านอื่นๆ ที่ดีของถ่านดังที่กล่าวมาแล้วครบถ้วน

2.6 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านและแหล่งที่มา

วัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านจะต้องนำมาผ่านกระบวนการเผาให้เป็นก้อนถ่านหรือเป็นถ่านกระสอบที่มีขายกันอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดก่อน วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นถ่านสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทได้แก่วัตถุดิบที่นิยมนำมาผลิตถ่านแท่งประเภท “อัดเย็น” ได้แก่ ถ่านจากกะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส ไม้เบ็ญจพรรณ ข้อไผ่ ไม้เฟอร์นิเจอร์และถ่านหิน เป็นต้น แต่ก็มีวัตถุดิบอีกหลายประเภทที่สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งแบบอัดร้อน เช่น ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด ชานอ้อย ขี้กบ ขุยมะพร้าว ทางมะพร้าว เป็นต้น

วัตถุดิบในการผลิตถ่านมีอยู่ทั่วไปแต่ควรคำนึงถึงแหล่งที่มาของวัตถุดิบเป็นหลักสำคัญ ตัวอย่างแหล่งที่มาของวัตถุดิบประเภทไม้ยางพารา กะลาปาล์ม และกะลามะพร้าว มีอยู่มากในแถบจังหวัดภาคใต้ เริ่มตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี กระบี่ ระนอง พังงา สตูล นครศรีธรรมราชและถึงจังหวัดสุดแดนของประเทศ ส่วนภาคตะวันออก ได้แก่จังหวัด ระยอง จันทบุรี ตราด และชลบุรี ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีอยู่มากในแถบจังหวัด ขอนแก่น อุบลราชธานี ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และนครราชสีมา เป็นต้น ในส่วนของภาคกลางมีปริมาณน้อย ในส่วนของไม้ยูคาลิปตัสนั้นจะมีมากทางภาคอีสาน เขตจังหวัดชายทะเล และภาคกลาง เป็นต้น

บทที่ 3
เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือและวิธีการวิจัยที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยในหัวข้อเรื่องการประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ 1) การประเมินวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านชีวมวล 2) การทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวล 3) การประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 วิธีการประเมินวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านชีวมวล

ในการประเมินวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในเขตจังหวัดนครราชสีมาเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการจัดลำดับศักยภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งชีวมวลนั้น สามารถทำได้โดยการใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศพื้นฐานและข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรของจังหวัดนครราชสีมาเป็นข้อมูลพื้นฐาน เช่น ปริมาณพื้นที่เพาะปลูก และปริมาณผลผลิต เป็นต้น จากนั้นทำการประมาณปริมาณวัสดุที่เหลือใช้จากโรงงานแปรรูปผลผลิตเกษตรจากข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลกระบวนการผลิตทั่วไป แล้วนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาทำการจัดลำดับศักยภาพของวัตถุดิบสำหรับผลิตถ่านชีวมวล

3.1.1 การศึกษาฐานข้อมูลสารสนเทศพื้นฐานจังหวัดนครราชสีมา

จังหวัดนครราชสีมาเป็นอีกหนึ่งจังหวัดที่ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศทางด้านสิ่งแวดล้อมระดับจังหวัด ซึ่งมีการจัดทำชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่จากการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่างๆ เช่น ข้อมูลขอบเขตการปกครอง ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ ธรณีวิทยา แหล่งน้ำ ทรัพยากรดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ป่าไม้ แหล่งท่องเที่ยว โครงสร้างพื้นฐานและข้อมูลอื่นๆ ที่จัดทำขึ้นโดยหน่วยงานต่างๆที่รับผิดชอบเฉพาะด้าน ซึ่งในการศึกษาวิจัยมีการใช้ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือ Land used ตามตารางที่ 3.1 เป็นพื้นฐานในการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 3.1 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2545

ประเภทการใช้ที่ดิน	ขนาดพื้นที่	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่
เนื้อที่ทั้งหมด	20,494	12,808,728
เนื้อที่ป่าไม้	3,272	2,045,250
เนื้อที่ทำการเกษตร	12,432	7,769,872
เนื้อที่อื่นๆ	4,790	2,993,606
รวม	40,988	25,617,456

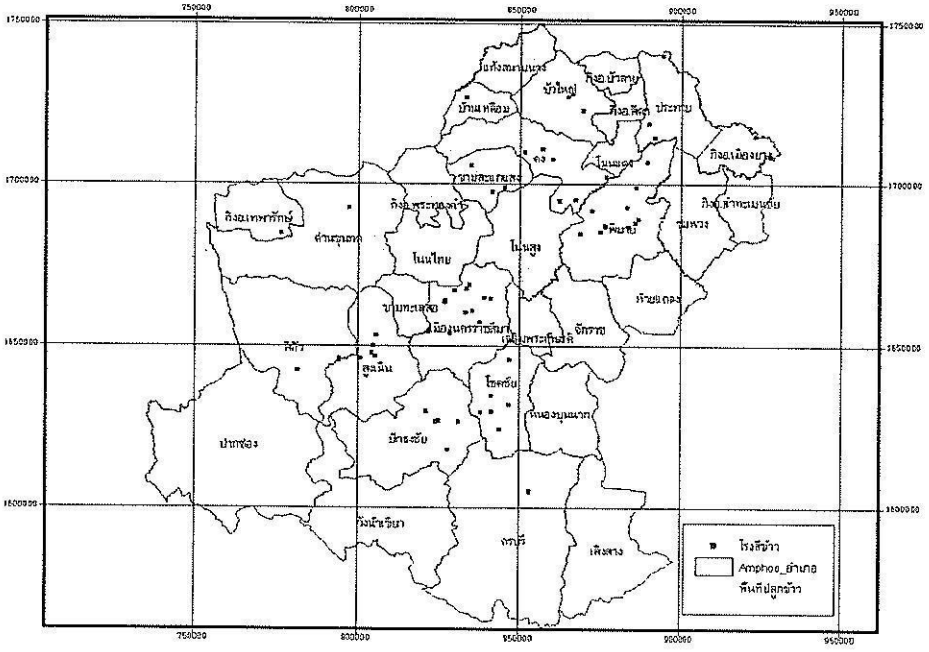
ที่มา : สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2545

และหากพิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาทั้งหมดจำนวน 7,769,872 ไร่ สามารถจำแนกพื้นที่ดินตามประเภทพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและมีปริมาณการเพาะปลูกสูงเป็นอันดับต้นๆของจังหวัดนครราชสีมาซึ่งประกอบไปด้วยมันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย และข้าว ได้ดังตารางที่ 3.2 และสามารถศึกษาตำแหน่งพื้นที่ปลูกพืชและที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับข้าว มันสำปะหลัง และอ้อยได้ตามรูปที่ 3.1 ถึง 3.3 และเนื่องจากในส่วนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่าวัตถุดิบที่นำเข้าโรงงานส่วนใหญ่มีแต่เฉพาะเมล็ดข้าวโพดเท่านั้น โดยซังข้าวโพดจะถูกแยกออกและกระจัดกระจายอยู่ตามแปลงเพาะปลูก จึงไม่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ ซึ่งเน้นการพิจารณาวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปในภาคอุตสาหกรรมเท่านั้น

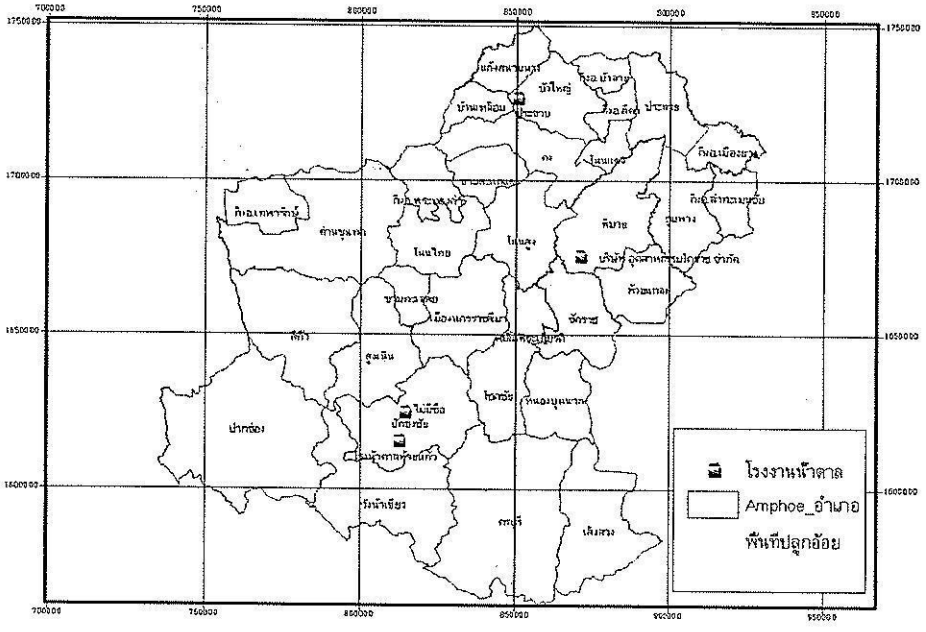
ตารางที่ 3.2 จำแนกพื้นที่ในการปลูกพืชที่สามารถเป็นวัสดุชีวมวลในจังหวัดนครราชสีมา

ประเภทพืช	พื้นที่(ไร่)	ผลผลิต(ตัน)
1. มันสำปะหลัง	1,320,722	3,796,432
2. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	966,690	465,143
3. อ้อย	483,412	4,375,615
4. ข้าว	23,029	10,675
รวม	2,793,853	8,647,865

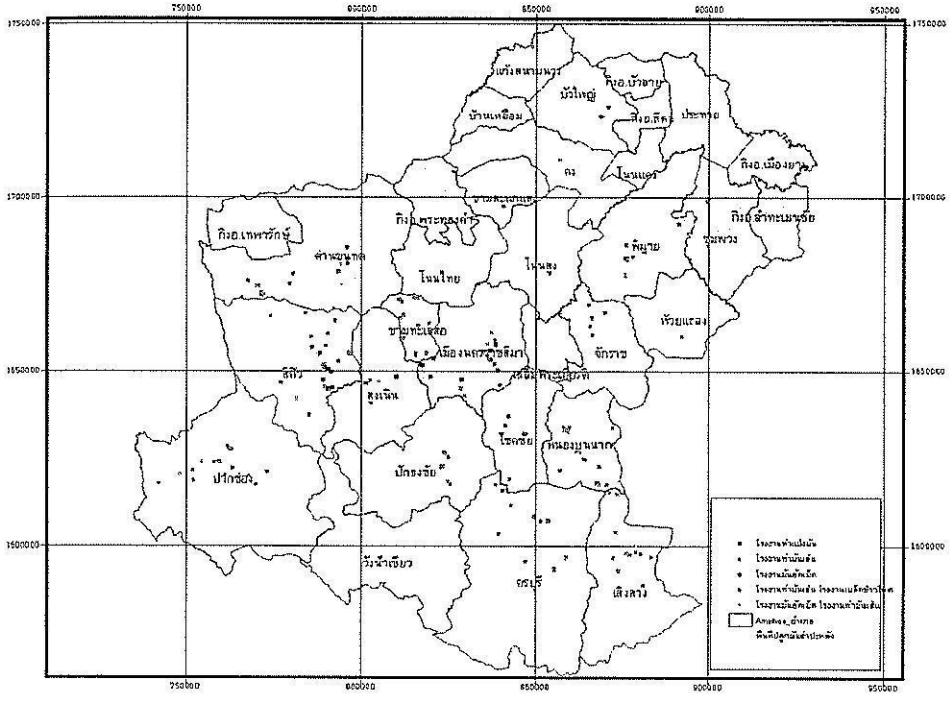
ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545



รูปที่ 3.1 พื้นที่ปลูกข้าวและที่ตั้งโรงสีข้าวในจังหวัดนครราชสีมา
(ข้อมูล landused ปี 2543 กรมพัฒนาที่ดิน)



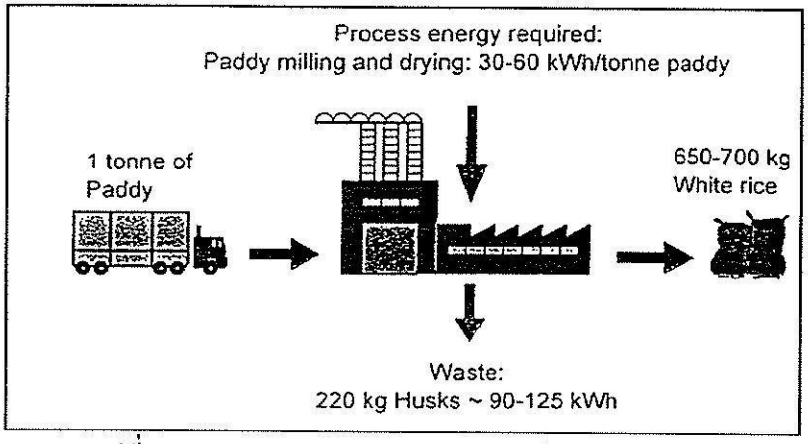
รูปที่ 3.2 พื้นที่ปลูกอ้อยและที่ตั้งโรงงานน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมา
(ข้อมูล landused ปี 2543 กรมพัฒนาที่ดิน)



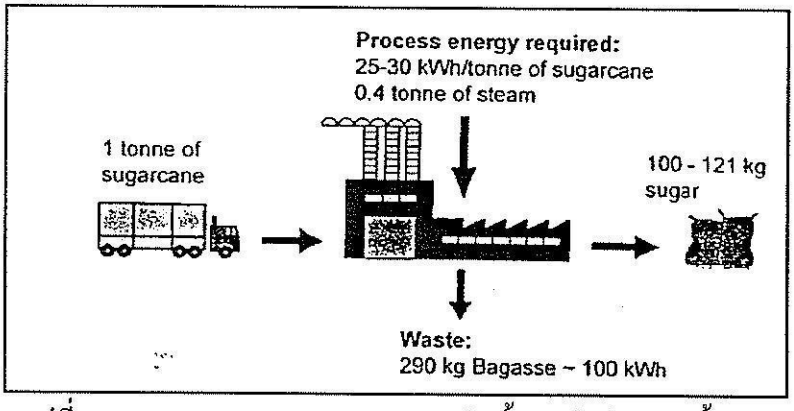
รูปที่ 3.3 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและที่ตั้งโรงงานมันสำปะหลังประเภทต่างๆ ในจังหวัดนครราชสีมา(ข้อมูล landused ปี 2543 กรมพัฒนาที่ดิน)

3.1.2 การประมาณวัสดุเหลือใช้จากโรงงานแปรรูปผลผลิตเกษตร

ในการประมาณวัสดุเหลือใช้จากโรงงานแปรรูปผลผลิตเกษตรจะใช้ข้อมูลกระบวนการผลิตพื้นฐานทั่วไปของอุตสาหกรรมโรงสีข้าว โรงงานน้ำตาล และโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง โดยจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลพบว่าในอุตสาหกรรมโรงสีข้าวมีแกลบที่ออกมาจากกระบวนการผลิตเท่ากับ 22% โดยน้ำหนัก (ตามรูปที่ 3.4) ส่วนโรงงานน้ำตาลพบว่ามีกากอ้อยเหลือออกมาจากกระบวนการผลิตเท่ากับ 29% โดยน้ำหนัก (ตามรูปที่ 3.5) และโรงงานแปรรูปมันสำปะหลังสามารถหาปริมาณเปลือกมันและกากมันได้จาก CCR Factor ที่ได้จากการสำรวจข้อมูลโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมาเท่ากับ 3.40% และ 13.10% ตามลำดับ



รูปที่ 3.4 สมดุลมวลจากกระบวนการสีข้าวในโรงสีข้าว
(กรมส่งเสริมการใช้พลังงานจากชีวมวลของประเทศไทย)



รูปที่ 3.5 สมดุลมวลจากกระบวนการผลิตน้ำตาลในโรงงานน้ำตาล
(กรมส่งเสริมการใช้พลังงานจากชีวมวลของประเทศไทย)

3.2 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวล

ในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบคุณสมบัติของวัตถุดิบชีวมวลและถ่านชีวมวล เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติต่างๆของวัสดุเหลือใช้ฯที่แสดงถึงความเหมาะสมในการนำมาใช้ผลิตเป็นถ่านชีวมวล โดยจะทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ทั้ง 2 กรณี คือ ก่อนและหลังกระบวนการ Carbonization ด้วยวิธี Proximate analysis และ Ultimate analysis ในแต่ละตัวอย่างวัตถุดิบ เพื่อที่จะหาค่าพลังงานสะสม (Energy Content) ความชื้น (Moisture Content) ขนาดและการกระจายตัว (Size and Distribution) ความหนาแน่น (Bulk Density) ปริมาณของระเหย (Volatile Matter Content) ปริมาณเถ้า(Ash - Content) เป็นต้น ส่วนในกรณีของ Ultimate Analysis จะทำการส่งไปทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) เครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2) โถดูดความชื้น (Desiccator)

3) ตู้อบ Memmert

4) เครื่องบด

5) ตะแกรงแยกขนาด (Sieve)

6) เตาเผาอุณหภูมิสูงแบบท่อ (Tube furnace) Carbolite

3.2.2 วัตถุดิบ

แกลบ กากอ้อย กากมันสำปะหลัง และเปลือกมันสำปะหลัง

3.2.3 การวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบและถ่านที่เตรียมได้

1) วิเคราะห์การกระจายขนาดของวัตถุดิบ

โดยวิธีการวิเคราะห์

2) วิเคราะห์สมบัติแบบ Ultimate

ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ด้วยเครื่อง Carbon, Hydrogen, Nitrogen and Sulfur Analyzer CHNS-932 ก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ให้บดตัวอย่างให้มีลักษณะเป็นผง (ขนาดเล็กกว่า 150 ไมโครเมตร)

3) วิเคราะห์สมบัติแบบประมาณ (Proximate analysis) ประกอบไปด้วย

- ปริมาณความชื้น ตามมาตรฐาน ASTM D1762 – 84
- ปริมาณสารระเหย ตามมาตรฐาน ASTM D1762 – 84
- ปริมาณเถ้าตาม มาตรฐาน ASTM D1762 – 84
- ปริมาณคาร์บอนคงตัว (By difference)

4) ความหนาแน่น

งานวิจัยนี้ทำการวัดความหนาแน่นของตัวอย่างในรูปแบบของ Apparent (Bulk) Density (ความหนาแน่นกองวัสดุปรากฏ)

5) ค่าความร้อน

งานวิจัยนี้วิเคราะห์ค่าของตัวอย่างในหน่วยกิโลจูลต่อกิโลกรัมของสารตัวอย่าง (kJ/kg) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน GALLENKAMP Autobomb

3.3 วิธีการประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล

การประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลทำได้โดยการรวบรวมหลักการ ทฤษฎี และ Know how ของการผลิตถ่านชีวมวลด้วยวิธีการต่างๆที่เหมาะสมกับวัตถุดิบหนึ่งๆ โดยสรุปออกมาในส่วนที่เป็นข้อดี และข้อเสีย ปัญหา และข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปปรับปรุงหาวิธีการที่สามารถนำมาใช้กับวัตถุดิบแต่ละชนิดได้อย่างเหมาะสม

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในบทนี้จะเป็นการรายงานผลและอภิปรายผลการทดลองที่ได้จากขั้นตอนและวิธีการตามบทที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วย 3 หัวข้อ คือ 1) ผลการประเมินวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านชีวมวล 2) ผลการทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวล 3) ผลการประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการประเมินวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านชีวมวล

4.1.1 แกลบ

จากผลการสำรวจพบว่าจังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีจำนวนโรงสีข้าวมากที่สุดในประเทศไทยโดยโรงสีขนาดกลางและขนาดใหญ่ในจังหวัดนครราชสีมาจะมีจำนวน 73 โรง และมีกำลังการผลิต 5,767 ตันต่อวัน ซึ่งจากข้อมูลจะพบว่าปริมาณแกลบนั้นมีผลจากผลผลิตข้าวในแต่ละปีโดยแกลบที่ออกมาจากกระบวนการสีข้าวในปี 2543-2545จะมีปริมาณ 386,724.36 ตัน 427,930.58 ตัน และ 313,100.70 ตัน ตามลำดับดังแสดงใน ตารางที่ 4.1 แต่แกลบที่ได้ออกจากกระบวนการผลิตทั้งหมดในโรงสีข้าวขนาดกลางและขนาดใหญ่จะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนผลิตทั้งหมด

ตารางที่ 4.1 ปริมาณแกลบของโรงสีข้าวขนาดกลางและขนาดใหญ่ในจังหวัดนครราชสีมา ในปี 2543-2545

ปริมาณแกลบ(ตัน)	ปี 2543	ปี 2544	ปี 2545
	386,724.36	427,930.58	313,100.70

4.1.2 กากมันสำปะหลัง

ผลจากการสำรวจข้อมูลพบว่าจังหวัดนครราชสีมามีโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศไทย มีจำนวนถึง 21 โรงงาน มีกำลังการผลิต 3,010 ตันต่อวัน จากข้อมูลจะพบว่าปริมาณกากมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดในแต่ละปี ซึ่งข้อมูลใน 2543-2545 จะมีปริมาณกากมันสำปะหลัง 453,358.00 ตัน 561,468.75 ตัน และ 491,481.22 ตัน ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.2 การใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังพบว่ามีการนำไปใช้เป็นเพียงส่วนผสมในอาหารสัตว์เท่านั้น ซึ่งจากรายงานของ ทรงศักดิ์ วัฒนชัยเสรีกุล และคณะ (2544) กล่าวไว้ว่าหากมีการนำกากมันสำปะหลังมาผสมในอาหารสัตว์จะต้องเพิ่มปริมาณโปรตีนและสารอาหารอื่นเข้าไป เนื่องจากกากมันสำปะหลังมีคุณค่าทางอาหารต่ำ ส่วนการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตเป็นปุ๋ยหมักเพื่อการเกษตรยังมีน้อยมาก (เสวียน เปรมประสิทธิ์ และคณะ, 2548) และยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตเชื้อเพลิงอย่างเป็นรูปธรรม

ตารางที่ 4.2 ปริมาณกากมันสำปะหลังของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา ในปี 2543-2545

ปริมาณกากมันสำปะหลัง(ตัน)	ปี 2543	ปี 2544	ปี 2545
	453,358.00	561,468.75	491,481.22

4.1.3 เปลือกมันสำปะหลัง

จากข้อมูลจะพบว่าปริมาณเปลือกมันสำปะหลังจะมีอยู่ ลักษณะคือเปลือกที่ได้จากการร่อนดินออก และเปลือกที่ได้จากการล้างและการปอกหัวมันสำปะหลัง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับผลิตหัวมันสำปะหลังสดในแต่ละปี ซึ่งข้อมูลใน 2543-2545 จะมีปริมาณเปลือกมันสำปะหลัง 117,665.00 ตัน 145,724.71 ตัน และ 127,560.01 ตัน ตามลำดับดังแสดงใน ตารางที่ 4.3 ส่วนการใช้ประโยชน์ของเปลือกมันสำปะหลังนั้นจะคล้ายกันกับข้อมูลการใช้ประโยชน์กากมันสำปะหลัง และยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตเชื้อเพลิงเช่นกัน

ตารางที่ 4.3 ปริมาณเปลือกมันสำปะหลังของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา ในปี 2543-2545

ปริมาณเปลือกมันสำปะหลัง(ตัน)	ปี 2543	ปี 2544	ปี 2545
	117,665.00	145,724.71	127,560.01

4.1.4 กากอ้อย

ผลจากการเข้าสำรวจปริมาณกากอ้อยที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมาซึ่งได้เข้าไปสำรวจในโรงงาน 3 แห่ง พบว่า ปริมาณกากอ้อยที่มีในพื้นที่นครราชสีมาจะขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตในปีนั้นๆ โดยจากข้อมูลพบว่าในปี 2543-2545 โรงงานน้ำตาลทั้ง 3 แห่งจะมีปริมาณกากอ้อยรวมกัน 284,393.27 ตัน 225,133.38 ตัน และ 364,358.8 ตัน ตามลำดับ โดยแสดงรายละเอียดปริมาณกากอ้อยของแต่ละโรงงานใน ตารางที่ 4.4 ซึ่งกากอ้อยเหล่านี้ทางโรงงานได้นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนภายในโรงงานทั้งหมด

ตารางที่ 4.4 ปริมาณกากอ้อยของโรงงานผลิตน้ำตาลในจังหวัดนครราชสีมา ในปี 2543-2545

บริษัทผลิตน้ำตาล ในจังหวัดนครราชสีมา	**ปริมาณกากอ้อย(ตัน)**		
	ปี 2543	ปี 2544	ปี 2545
บ.อุตสาหกรรมอ่างเวียน จำกัด	90,236.48	60,778.45	114,440.65
บ.อุตสาหกรรมโคราช จำกัด	121,101.44	101,882.66	153,022.95
บ.เอ็น.วาย.ซูการ์ จำกัด	73,055.35	62,472.27	96,895.20
รวมทั้งหมด	284,393.27	225,133.38	364,358.8

จากข้อมูลข้างต้นจะทำการพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ปี โดยพบว่าวัตถุดิบที่ออกมาจากโรงงานที่มากที่สุดคือ แกลบ กากอ้อย กากมันสำปะหลัง และเปลือกมันสำปะหลังตามลำดับ แต่กากอ้อย และแกลบ ในส่วนของโรงงานเองได้มีการนำไปใช้ประโยชน์เกือบทั้งหมดจึงทำให้ไม่สามารถประเมินได้ว่าวัตถุดิบทั้งสองน่าจะนำมาเป็นวัตถุดิบ ส่วนวัตถุดิบที่น่าจะมีศักยภาพในการนำมาแปรรูปเป็นถ่านแท่งชีวมวลในงานวิจัย คือ กากและเปลือกมันสำปะหลัง แต่ข้อจำกัดของวัตถุดิบทั้งสองนี้คือ เรื่องความชื้นของวัตถุดิบดังนั้นในการนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งควรจะมีขั้นตอนในการปรับสภาพให้เหมาะสมก่อนนำมาอัดแท่งเพื่อที่จะได้ใช้วัตถุดิบที่เกิดจากกระบวนการผลิตได้อย่างคุ้มค่าและมีถ่านอัดแท่งชีวมวลที่มีคุณสมบัติที่ดีต่อไป

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกวัสดุชีวมวลที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปผลผลิตเกษตรในโรงงานอุตสาหกรรม 4 ชนิด ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและมีปริมาณการผลิตสูงในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งประกอบไปด้วย แกลบ เปลือกและกากมันสำปะหลัง และกากอ้อย โดยทำการทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวลที่ผ่านกระบวนการคาร์โบไนซ์ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 300-600°C ภายใต้สภาวะการไหลของไนโตรเจน 100 °C/min อัตราการให้ความร้อน 10 °C/min นาน 60 นาที นอกจากนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านชีวมวลที่เตรียมได้จากเตาเผาอุณหภูมิสูงแบบท่อภายในห้องปฏิบัติการกับถ่านชีวมวลที่เตรียมด้วยเครื่องผลิตถ่านชีวมวล Carbonizer MES20 CP (Maywa Co., Ltd.) ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 สมบัติโดยละเอียด (Ultimate Analysis)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยละเอียดของวัสดุชีวมวลและถ่านที่เตรียมได้แสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6 จากผลการทดลองพบว่าถ่านที่เตรียมได้จากวัสดุชีวมวลทุกชนิดมีสัดส่วนของคาร์บอนเพิ่มขึ้น ขณะที่สัดส่วนของไฮโดรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการให้ความร้อนทำให้เกิดการสลายตัวของโครงสร้างวัสดุชีวมวลซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นไฮโดรเจน และออกซิเจน (Jagtogen and Derbyshire, 1998) สำหรับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนนั้นยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่าการเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มเป็นอย่างไร

การเพิ่มอุณหภูมิคาร์โบไนซ์ให้สูงขึ้นส่งผลให้ถ่านแกลบที่มีสัดส่วนของคาร์บอนในถ่านเพิ่มขึ้น แต่สัดส่วนของธาตุอื่นๆลดลง เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิคาร์โบไนซ์ให้สูงขึ้นทำให้สารระเหยสลายตัวหลุดออกจากโครงสร้างของวัสดุชีวมวลได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.5 สมบัติโดยละเอียดของวัสดุชีวมวล

วัสดุชีวมวล	สัดส่วนของธาตุ(ร้อยละ)				
	C	H	N	O	S
แกลบ	40.08	5.00	0.34	39.59	ND
เปลือกมันสำปะหลัง	39.82	6.58	0.82	41.53	0.035
กากมันสำปะหลัง	42.46	6.01	0.39	49.64	0.07
กากอ้อย	47.11	5.94	0.28	47.55	0.01

ตารางที่ 4.6 สมบัติโดยละเอียดของถ่านที่เตรียมจากวัสดุชีวมวล

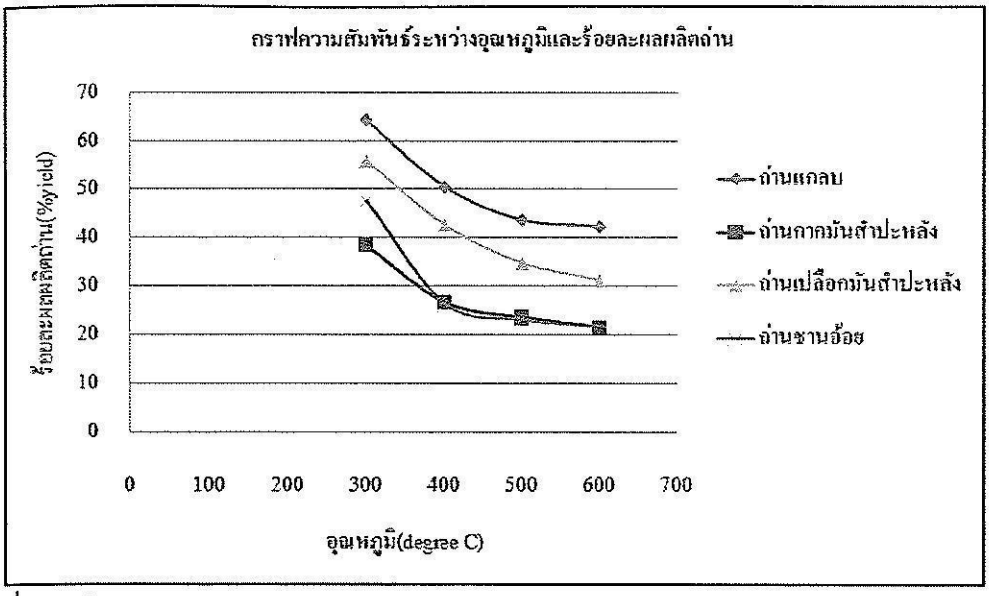
ถ่านชีวมวล	สัดส่วนของธาตุ(ร้อยละ)				
	C	H	N	O	S
ถ่านเปลือกมันสำปะหลัง	64.87	2.25	1.02	7.41	0.050
ถ่านกากมันสำปะหลัง	74.45	3.20	0.88	12.11	0.059
ถ่านชานอ้อย	79.63	2.63	0.64	5.29	0.035
ถ่านแกลบ (300°C)	42.41	3.50	0.43	20.89	0.032
ถ่านแกลบ (400°C)	43.22	2.69	0.60	14.92	0.024
ถ่านแกลบ (500°C)	45.41	2.17	0.42	8.48	0.013
ถ่านแกลบ (600°C)	47.32	1.89	0.44	4.93	0.028

4.2.2 ร้อยละผลผลิตถ่าน (%Yield)

ผลการวิเคราะห์ร้อยละผลผลิตถ่านแสดงในตารางที่ 4.7 จากผลการทดลองพบว่าร้อยละผลผลิตถ่านที่เตรียมจากวัสดุชีวมวลทุกชนิดลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงของการเพิ่มอุณหภูมิคาร์โบไนซ์จาก 300-500°C เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิคาร์โบไนซ์ให้สูงขึ้นทำให้สารระเหยสลายตัวหลุดออกจากโครงสร้างของวัสดุชีวมวลได้มากขึ้นดังที่ได้อธิบายไว้ในข้างต้นส่งผลให้ร้อยละผลผลิตถ่านลดลง นอกจากนี้พบว่าเมื่ออุณหภูมิคาร์โบไนซ์เพิ่มขึ้นจาก 500 ไปเป็น 600°C ร้อยละผลผลิตถ่านเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อาจเป็นไปได้ว่าอุณหภูมิ 500°C เป็นอุณหภูมิที่ทำให้สารระเหยตัวหลุดออกจากโครงสร้างของวัสดุชีวมวลได้เกือบทั้งหมดทำให้การเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นมากกว่า 500°C ทำให้ร้อยละผลผลิตถ่านเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของร้อยละผลผลิตถ่านที่ช่วงอุณหภูมิต่างๆเป็นไปตามรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.7 ร้อยละผลผลิตถ่านที่เตรียมจากวัสดุชีวมวลชนิดต่างๆ โดยวิธีการเตรียมด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูงแบบท่อ

ถ่านชีวมวล	ร้อยละผลผลิต			
	300°C	400°C	500°C	600°C
ถ่านแกลบ	64.32	50.40	43.61	42.23
ถ่านกากมันสำปะหลัง	38.28	26.50	23.43	21.34
ถ่านเปลือกมันสำปะหลัง	55.86	42.52	34.64	31.12
ถ่านกากอ้อย	47.38	26.27	22.95	21.64



รูปที่ 4.1 ร้อยละผลผลิตถ่านชีวมวลชนิดต่างๆโดยวิธีการเตรียมด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูงแบบท่อ

4.2.3 สมบัติแบบประมาณ (Proximate analysis)

ผลการศึกษาสมบัติแบบประมาณของวัสดุชีวมวล แสดงในตารางที่ 4.8 วัสดุชีวมวลแต่ละชนิดมีสมบัติแบบประมาณในสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไปโดยมีองค์ประกอบของคาร์บอนระหว่างร้อยละ 10-16 ซึ่งกากอ้อยเป็นวัสดุชีวมวลที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนคงตัวต่ำที่สุด ส่วนแกลบเป็นวัสดุชีวมวลที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนคงตัวสูงที่สุดในตารางที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณของถ่านชีวมวล พบว่าถ่านชีวมวลมีสัดส่วนของคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น ขณะที่สัดส่วนของสารระเหยลดลง การเพิ่มอุณหภูมิคาร์โบไนซ์ให้กับวัสดุชีวมวลทุกชนิดพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิของการคาร์โบไนซ์ทำให้สัดส่วนของคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้นแต่สารระเหยลดลง นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิของการคาร์โบไนซ์ยังทำให้สัดส่วนของเถ้าสูงขึ้น

ตารางที่ 4.8 สมบัติแบบประมาณของวัสดุชีวมวลชนิดต่างๆ

วัสดุชีวมวล	ความชื้น (%)	สมบัติแบบประมาณ(%)		
		สารระเหย	เถ้า	คาร์บอนคงตัว
แกลบ	7.03	65.41	19.14	15.45
กากมันสำปะหลังตากแห้ง	13.39	84.41	4.50	11.09
เปลือกมันสำปะหลัง	4.94	84.00	1.55	9.51
กากอ้อย	2.77	86.09	3.08	10.83

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณของถ่านชีวมวลที่เตรียมด้วยเครื่อง Cabonizer MES 20 CP แสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าถ่านชีวมวลที่เตรียมจาก Carbonizer MES 20 CP มีร้อยละสาระเหยลดลง และมีร้อยละคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวัตถุดิบที่ใช้ เมื่อเปรียบเทียบสมบัติแบบประมาณของถ่านที่เตรียมจากเตาทั้งสองชนิดพบว่าสมบัติแบบประมาณแตกต่างกันทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก ความชื้น ขนาดของวัตถุดิบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการคาร์โบไนซ์ เป็นต้น

ตารางที่ 4.9 สมบัติแบบประมาณถ่านชีวมวลชนิดต่างๆ โดยการเตรียมด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูงแบบท่อ

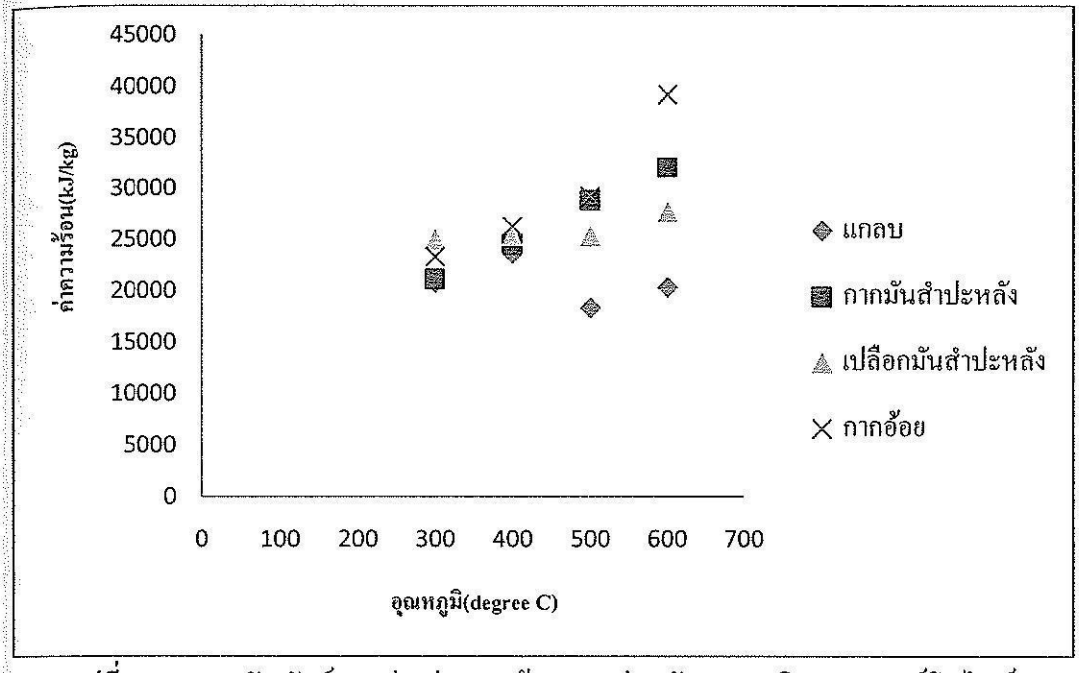
อุณหภูมิ(°C)	คุณสมบัติ	คุณสมบัติแบบประมาณของถ่านชีวมวล(ร้อยละ)			
		ถ่านแกลบ	ถ่านกากมันสำปะหลัง	ถ่านเปลือกมันสำปะหลัง	ถ่านกากอ้อย
300	ความชื้น	4.41	4.20	3.22	1.09
	สารระเหย	31.02	47.86	45.00	62.35
	เถ้า	33.87	1.53	18.18	4.78
	คาร์บอนคงตัว	35.11	50.61	36.63	32.87
400	ความชื้น	3.65	4.26	2.51	0.20
	สารระเหย	22.83	31.70	28.00	38.08
	เถ้า	37.91	4.41	28.18	6.70
	คาร์บอนคงตัว	39.25	63.89	43.82	55.22
500	ความชื้น	3.94	3.76	2.59	1.19
	สารระเหย	14.37	15.74	17.04	23.58
	เถ้า	41.56	6.42	37.63	7.53
	คาร์บอนคงตัว	44.08	77.84	45.33	68.89
600	ความชื้น	4.64	3.04	2.68	1.38
	สารระเหย	8.52	19.76	9.89	16.53
	เถ้า	43.59	7.57	29.73	9.61
	คาร์บอนคงตัว	47.89	72.67	60.38	73.86

ตารางที่ 4.10 สมบัติแบบประมาณของวัสดุชีวมวลชนิดต่างๆ โดยการเตรียมด้วยเครื่อง Carbonizer MES 20 CP

ถ่านชีวมวล	ร้อยละความชื้น	สมบัติแบบประมาณ (ร้อยละ)		
		สารระเหย	เถ้า	คาร์บอนคงตัว
ถ่านแกลบ (650°C)	1.63	12.51	33.79	53.70
ถ่านกากมันสำปะหลัง (550°C)	3.46	33.64	7.72	58.63
ถ่านเปลือกมันสำปะหลัง (500°C)	4.60	23.90	26.58	49.52
ถ่านกากอ้อย (650°C)	3.38	11.65	6.02	82.33

4.2.4 ค่าความร้อน

จากผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของวัสดุชีวมวลและถ่านชีวมวลแสดงไว้ในตารางที่ 4.11 การนำวัสดุชีวมวลมาเตรียมให้เป็นถ่านชีวมวลทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้น จากกราฟรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของการคาร์โบไนซ์กับค่าความร้อนของถ่านพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิคาร์โบไนซ์ทำให้ค่าความร้อนของถ่านชีวมวลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากสัดส่วนของคาร์บอนคงตัวในถ่านชีวมวลเพิ่มขึ้น เมื่อคาร์บอนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในถ่านชีวมวลเกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์จะให้ค่าความร้อนถึง 7900 แคลอรี่ต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านชีวมวลที่ได้จากการเตรียมด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูงในห้องปฏิบัติการกับถ่านชีวมวลที่เตรียมด้วย Cabonizer MES 20 CP พบว่าค่าความร้อนของถ่านชีวมวลแต่ละชนิดที่เตรียมจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากความชื้นและขนาดของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมจากเตาทั้งสองชนิดแตกต่างกัน



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนของถ่านกับอุณหภูมิของการคาร์โบไนซ์

4.2.5 ความหนาแน่น (Bulk density)

ความหนาแน่นของวัสดุและถ่านชีวมวลเป็นสมบัติที่ใช้บ่งบอกความหนักเบาของถ่าน ซึ่งโดยทั่วๆไปถ่านที่หนักจะเป็นที่ต้องการของผู้ใช้มากเพราะจะลุกไหม้ให้ความร้อนได้นาน จากตารางที่ 4.12 แสดงความหนาแน่นของถ่านชีวมวลจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ พบว่าอุณหภูมิของการคาร์โบไนซ์และชนิดของวัตถุดิบมีผลต่อค่าความหนาแน่นของถ่านชีวมวล

ตารางที่ 4.11 ค่าความร้อนของถ่านชีวมวล

ชีวมวล	ค่าความร้อน					
	วัตถุดิบ	300°C	400°C	500°C	600°C	Carbonizer
แกลบ	16588	20780	23616	18317	20320	18716
กากมันสำปะหลัง	16157	21120	24498	28756	32011	21255
เปลือกมันสำปะหลัง	18873	24983	25297	25272	27645	22946
กากอ้อย	19088	23282	26228	29171	39124	-

ตารางที่ 4.12 ความหนาแน่นของถ่านชีวมวล

ชีวมวล	ความหนาแน่น (Bulk Density)					
	วัตถุดิบ	300°C	400°C	500°C	600°C	MES 20 CP
แกลบ	0.4903	0.6691	0.6668	0.6448	0.6751	0.5318
กากมันสำปะหลัง	0.6427	0.2920	0.2398	0.3280	0.4041	0.3538
เปลือกมันสำปะหลัง	0.4867	0.2973	0.3577	0.3758	0.4038	0.3569
กากอ้อย	0.2604	0.2088	0.2885	0.3010	0.2983	0.2653

หมายเหตุ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์มีขนาดเล็กกว่า 150 ไมโครเมตร

จากผลการทดลองทั้งหมดในข้างต้นพบว่าถ่านที่เตรียมได้จากวัสดุชีวมวลทั้ง 4 ชนิดสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ เนื่องจากมีค่าความร้อนมากกว่า 20, 000 กิโลจูลต่อกิโลกรัมซึ่งบางสภาวะของการเตรียมทำให้ได้ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงกว่า 25,000 kJ/kg ซึ่งสูงกว่าค่าความร้อนของถ่านหินที่มีค่าความร้อน 5,860 kcal/kg หรือประมาณ 24495 kJ/kg (ฝ่ายวิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย อ้างถึงใน บริษัทแมเนเจอร์ มาร์เก็ตติ้ง จำกัด) ซึ่งโดยทั่วๆใช้เป็นเชื้อเพลิง แต่สมบัติของถ่านเชื้อเพลิงที่ดีมิใช่เพียงให้ค่าความร้อนสูง แต่ควรมีสมบัติอื่นๆที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน เช่น ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับการเดินป่าควรมีน้ำหนักเบาแต่ให้ค่าความร้อนสูงเพื่อง่ายต่อการพกพา ดังนั้นกากอ้อยจึงน่าจะเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงดังกล่าว เป็นต้น ผลการทดลองในส่วนนี้จึงเป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานในการเลือกใช้ถ่านชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงสำหรับงานประเภทต่างๆได้

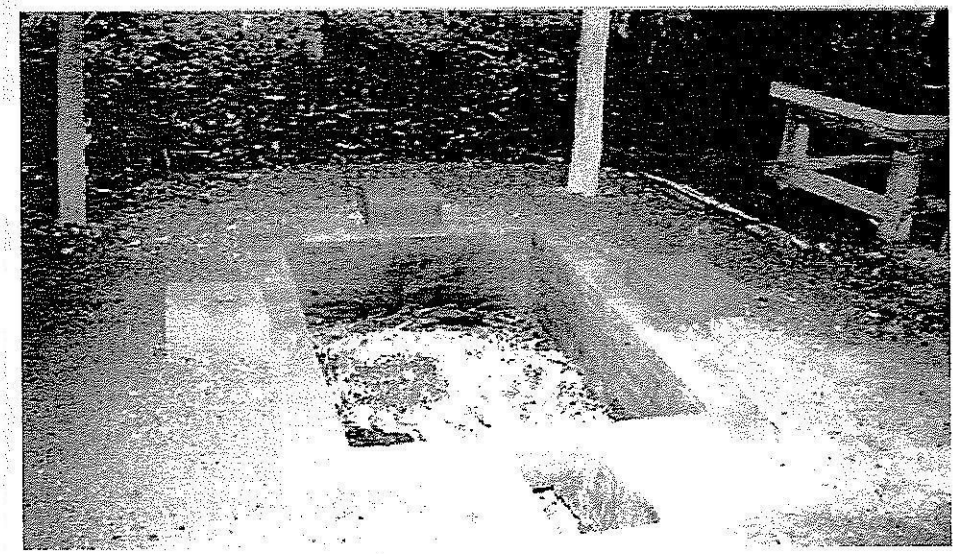
4.3 ผลการประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล

การประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลในงานวิจัยนี้จะทำได้โดยการศึกษาและรวบรวมหลักการ ข้อมูลทางด้านเทคนิค และวิธีการของการผลิตถ่านชีวมวลแบบต่างๆ โดยจะทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้มาสรุปเป็นข้อดีและข้อเสีย เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหาเฉพาะของแต่ละเทคโนโลยี เพื่อนำไปปรับปรุงหรือหาวิธีการที่นำไปใช้กับวัตถุดิบแต่ละชนิดได้อย่างเหมาะสมต่อไป ซึ่งผลการประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลประกอบไปด้วย 1) เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง 2) กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และ 3) การประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลที่เหมาะสม ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

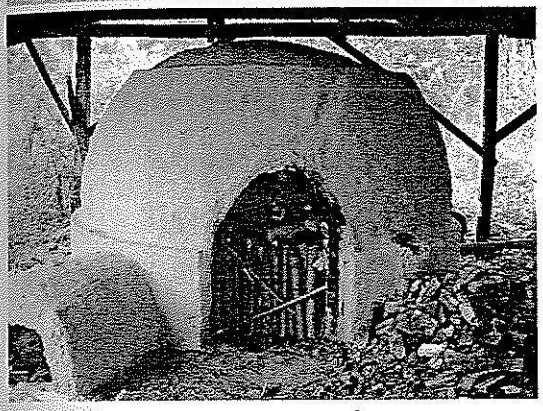
4.3.1 เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง

1) เทคโนโลยีการเผาถ่าน (Carbonization)

เทคโนโลยีการผลิตถ่านอาศัยกระบวนการสลายตัวด้วยความร้อนในสภาวะที่อับอากาศ เราเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Carbonization กระบวนการเกิด Carbonization มีขั้นตอน คือ ดูดความร้อนเพื่อไล่ความชื้น และสารระเหย (Volatile) ในเชื้อเพลิงชีวมวล มีอุณหภูมิตั้งแต่ 100- 250°C จะได้ผลิตภัณฑ์คือ ไอน้ำ แก๊ส CO และ CO_2 คายความร้อนกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ อุณหภูมิตั้งแต่ 250-300°C จะได้ Pyroligneous Acid หรือ ที่เรียกว่าน้ำส้มควันไม้ และ เมื่ออุณหภูมิตั้งแต่ 300-400°C ปริมาณสารระเหยที่อยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวลจะระเหยออกจนหมด จะมีคาร์บอนหรือถ่านชาร์ การผลิตถ่านในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์ที่หาได้ตามท้องถิ่น เป็นเทคโนโลยีง่ายๆ มีองค์ประกอบไม่ซับซ้อนเช่นเตาหลุม(พื้นดิน และคอนกรีต) เตาแบบดินเหนียวก่อ (Mud Beehive Klin) เตาแบบก่ออิฐ (Brick Beehive Klin) และปัจจุบันประยุกต์ ใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตรทำเตาเผาถ่าน

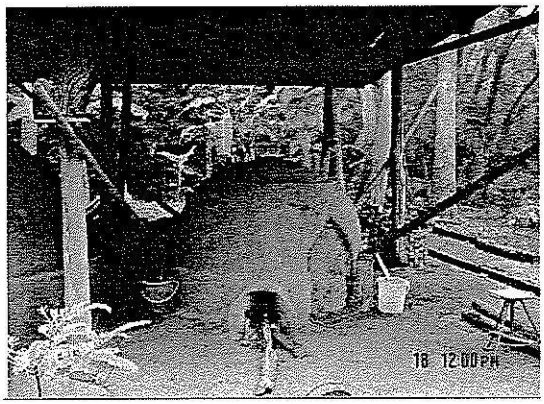


รูปที่ 4.3 เตาหลุมกรมป่าไม้

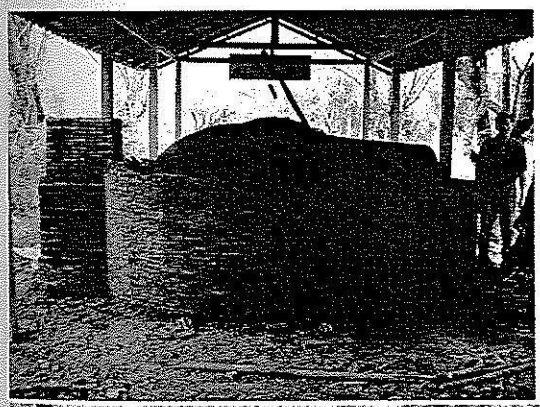


ข้อมูลจำเพาะของเตาอิฐก่อ (ขนาด 2.0 ลบ.ม.)

ระบบปฏิบัติการ	เผาทางอ้อม
ค่าใช้จ่ายในการสร้างเตา	6,000 - 8,000 บาท
อายุการใช้งาน	3 ปี ขึ้นไป
ปริมาณไม้เข้าเตา	1,000 -1,500กิโลกรัม
ปริมาณถ่านที่ได้	200 - 375 กิโลกรัม
ระยะเวลาในการเผาถ่านถึงเก็บถ่าน	7 วัน
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน	20 - 25 %
การเก็บน้ำส้มควันไม้	เก็บได้

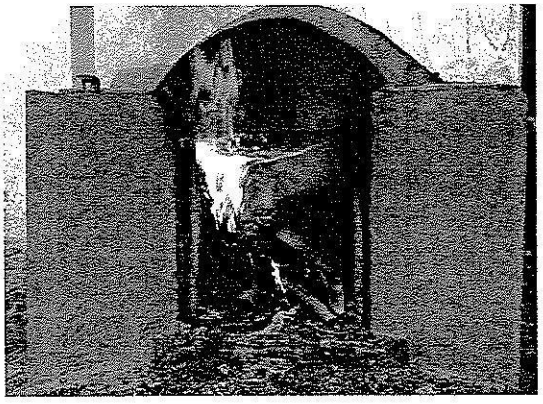


รูปที่ 4.4 เตาแบบก่ออิฐ (Brick Beehive Klin)

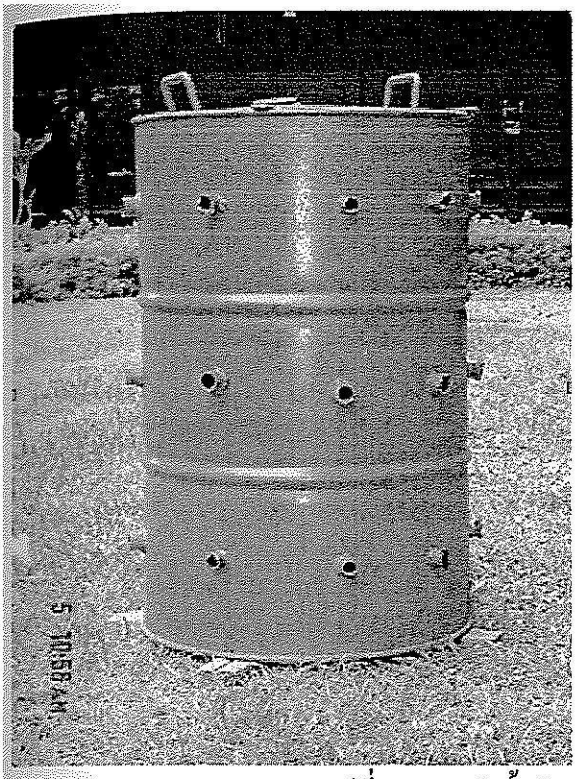


ข้อมูลจำเพาะของเตาอิวาเตะ (ขนาด 2.0 ลบ.ม.)

ระบบปฏิบัติการ	เผาทางอ้อม
ค่าใช้จ่ายในการสร้างเตา	17,000 - 25,000 บาท
อายุการใช้งาน	3 ปี ขึ้นไป
ปริมาณไม้เข้าเตา	1,000 - 1,500กิโลกรัม
ปริมาณถ่านที่ได้	100 - 300 กิโลกรัม
ระยะเวลาในการเผาถ่านถึงเก็บถ่าน	7 วัน
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน	10 - 20 %
การเก็บน้ำส้มควันไม้	เก็บได้



รูปที่ 4.5 เตาแบบก่ออิฐ(เตาอิวาเตะ)



ข้อมูลจำเพาะของเตาถังเดี่ยว

ระบบปฏิบัติการ	เผาตรง
ค่าใช้จ่ายในการสร้างเตา	500 - 800 บาท
อายุการใช้งาน	2 - 3 ปี ขึ้นไป
ปริมาณไม้เข้าเตา	100 กิโลกรัม
ปริมาณถ่านที่ได้	12 - 20 กิโลกรัม
ระยะเวลาในการเผาถ่านถึงเก็บถ่าน	1 วัน
ปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน	12 - 20 %
การเก็บน้ำส้มควันไม้	เก็บไม่ได้

รูปที่ 4.6 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร (เตาถังเดี่ยว)

ข้อมูลจำเพาะของเตาถังคู่

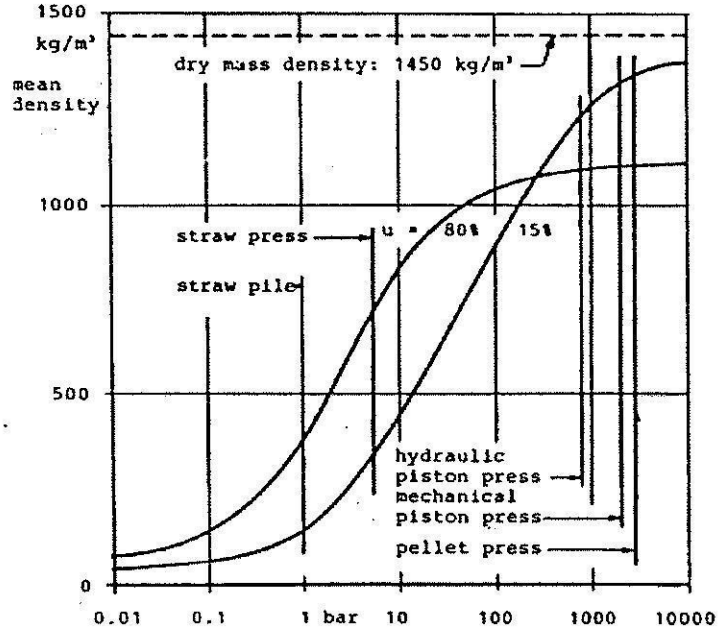
ระบบปฏิบัติการ	เผาตรง
ค่าใช้จ่ายในการสร้างเตา	1,000 บาท
อายุการใช้งาน	2 - 3 ปี ขึ้นไป
ปริมาณไม้เข้าเตา	200 - 250 กิโลกรัม
ปริมาณถ่านที่ได้	25 - 50 กิโลกรัม
ระยะเวลาในการเผาถ่านถึงเก็บถ่าน	1 - 2 วัน
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน	12 - 20 %
การเก็บน้ำส้มควันไม้	เก็บไม่ได้

รูปที่ 4.7 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร (เตาถังคู่)

2) เทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่ง

การอัดแท่ง (Densification) เป็นการลดปริมาตร และเป็นการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนกันของชีวมวลที่มีการกระจายตัวกันอย่างหลวมๆ การอัดแท่งชีวมวลสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น อัดเป็นเม็ดหรือแท่งเล็กๆ (Pelleting) อัดเป็นแท่ง (Extruded Log or Briquetting) อัดเป็นลูกบาศก์ (Cubing) อัดเป็นฟ่อน (Baling) ส่วนใหญ่การนำชีวมวลไปใช้ผลิตเป็นพลังงานนั้น จะอัดให้เป็นเม็ดหรือแท่งเล็กๆ และเป็นชิ้น ส่วนการอัดเป็นลูกบาศก์หรืออัดเป็นฟ่อน จะนิยมอัดเพื่อมีวัตถุประสงค์ในการลดพื้นที่ในการขนส่ง จากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า แรงดันที่ใช้มีผลต่อความหนาแน่นของแท่งชีวมวล เราสามารถอัดแท่งได้โดยทำการอัดภายใต้แรงดันที่ต่ำ 0.2-5 MPa ซึ่งจะทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคมีค่าลดลง และ เมื่อเพิ่มแรงกดให้สูงมากกว่า 100 MPa จะทำให้ผนังเซลล์ของเซลลูโลสสลายตัวและจับตัวกันมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเลือกใช้วิธีการอัดภายใต้แรงดันต่ำหรือสูงนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล และลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์

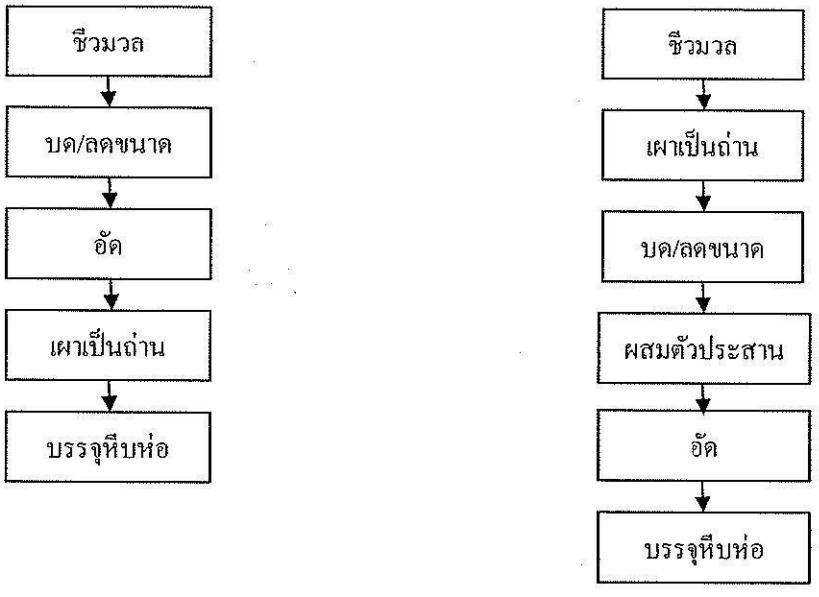
ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของแท่งชีวมวล ขึ้นอยู่กับ 1) ประเภทของชีวมวล และ 2) เครื่องมือและอุปกรณ์การอัด สำหรับการอัดที่แรงดันสูงสุดจะได้ความหนาแน่นสูงสุดของชีวมวลอัดคือ 1,200 - 1,400 kg/m^3 โดยวิธีการอัดที่มีความหนาแน่นสูงสุดคือ วิธีการอัดเป็นเม็ดหรือแท่งเล็กๆ (Pelleting) จะมีความหนาแน่นที่ 1,450 - 1,500 kg/m^3 และวิธีที่น้อยที่สุดคือวิธีอัดแบบใช้สกรูอัด ดังแสดงเอาไว้ในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและความหนาแน่น

ลักษณะการจับตัวกันของชีวมวลในขณะถูกอัดสามารถอธิบายได้โดยขึ้นกับระดับแรงดันที่ใช้ในการอัด และความร้อนที่ให้หรือที่เกิดขึ้นขณะทำการอัด กรณีระดับแรงดันที่ใช้สูงๆซึ่งเกิดความร้อนและมีผลต่อการสลายตัวขององค์ประกอบทางเคมี ที่มีอยู่ในผนังเซลล์ของชีวมวล ไปเป็นตัวประสานธรรมชาติ และพบว่า Lignin เป็นตัวประสานธรรมชาติที่เกิดขึ้นขณะให้ความร้อน 130-190°C ซึ่งนักวิจัยบางท่านไม่เห็นด้วย โดยพบว่าอิทธิพลที่มีผลต่อการรวมตัวของชีวมวลก็คือ Pectin ส่วนกรณีระดับแรงดันต่ำๆ จะมีการผสมตัวประสานเข้าไปในชีวมวลขณะอัด เช่น แป้งมัน หรือ โมลาส เป็นต้น

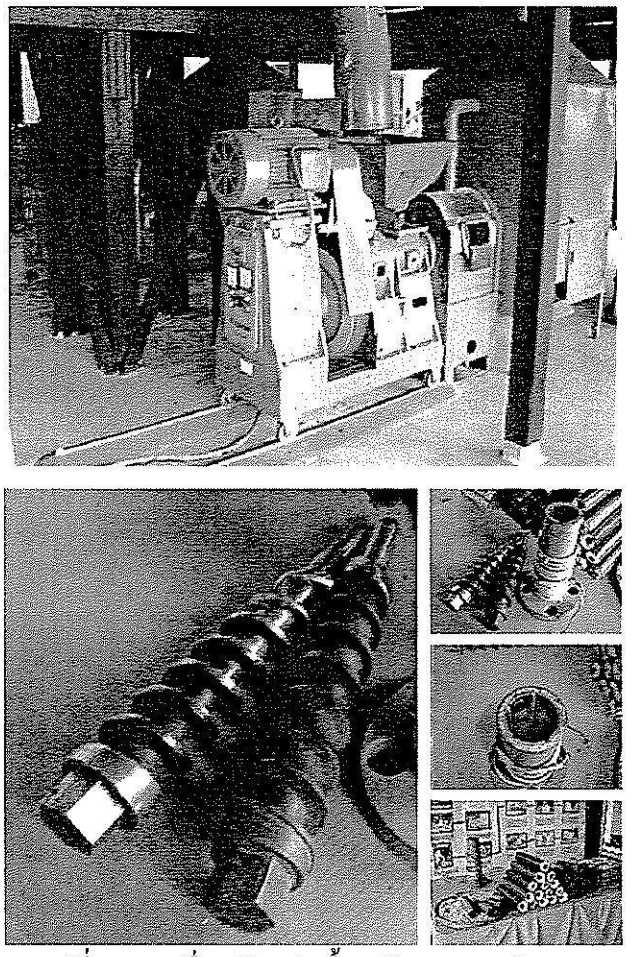
กรรมวิธีการผลิตถ่านอัดแท่งมีขั้นตอนหลักๆ คือ การอัด (Densification หรือ Briquetting) การเผา (Carbonization) การบดลดขนาด (Size Reduction) การผสมตัวประสาน (Mixing and Binding) ซึ่งกระบวนการผลิต และลำดับขั้นตอนการผลิตจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ โดยทั่วไปจะมี 2 เทคนิค คือ การอัดแล้วนำไปเผา (Briquetting-Carbonization (B-C) option) หรือ การเผาแล้วนำไปอัด (Carbonization-Briquetting (C-B) option) ดังแสดงไว้ในแผนภูมิรูปที่ 4.9



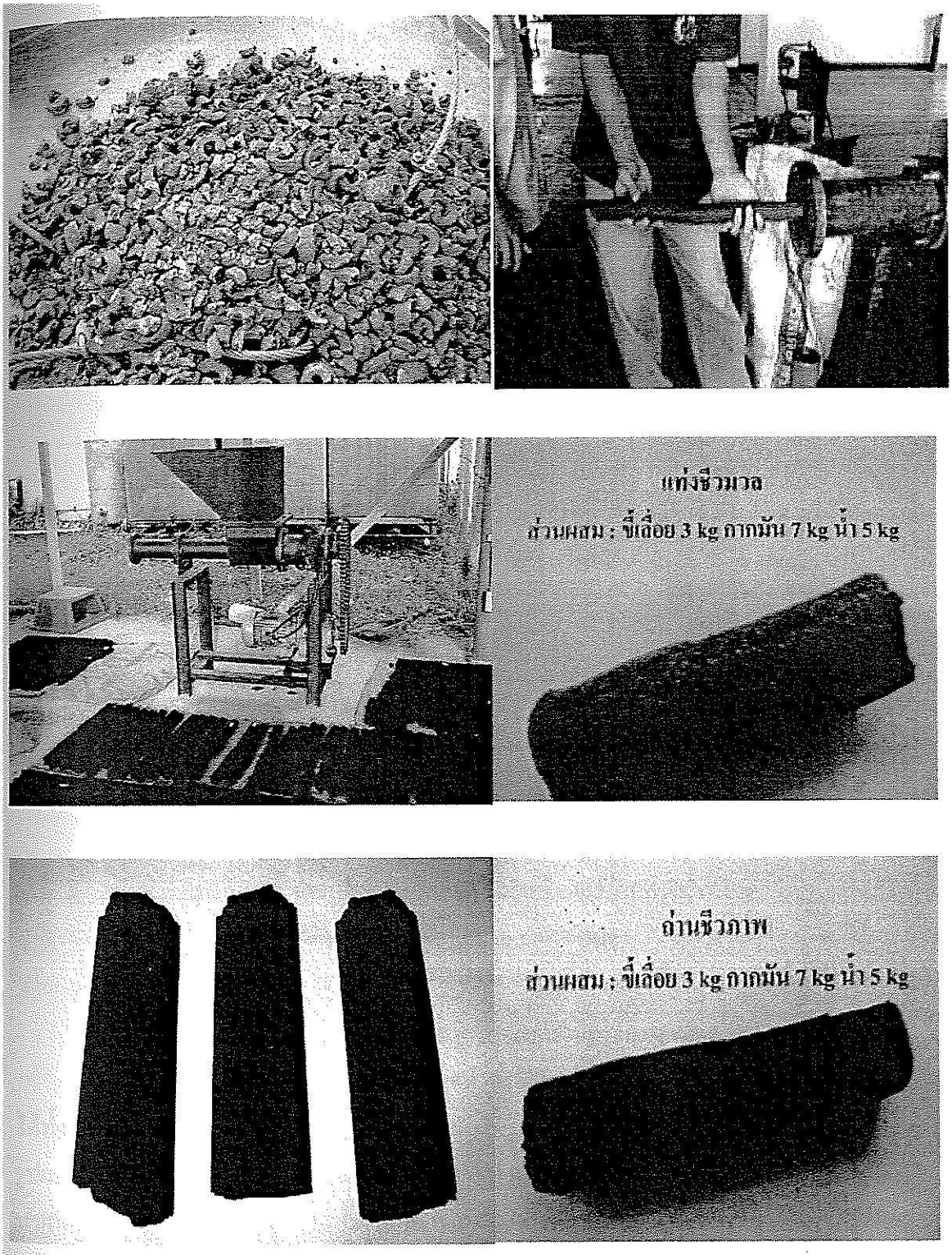
(ก) กระบวนการผลิตแบบ B-C (ข) กระบวนการผลิตแบบ C-B

รูปที่ 4.9 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง

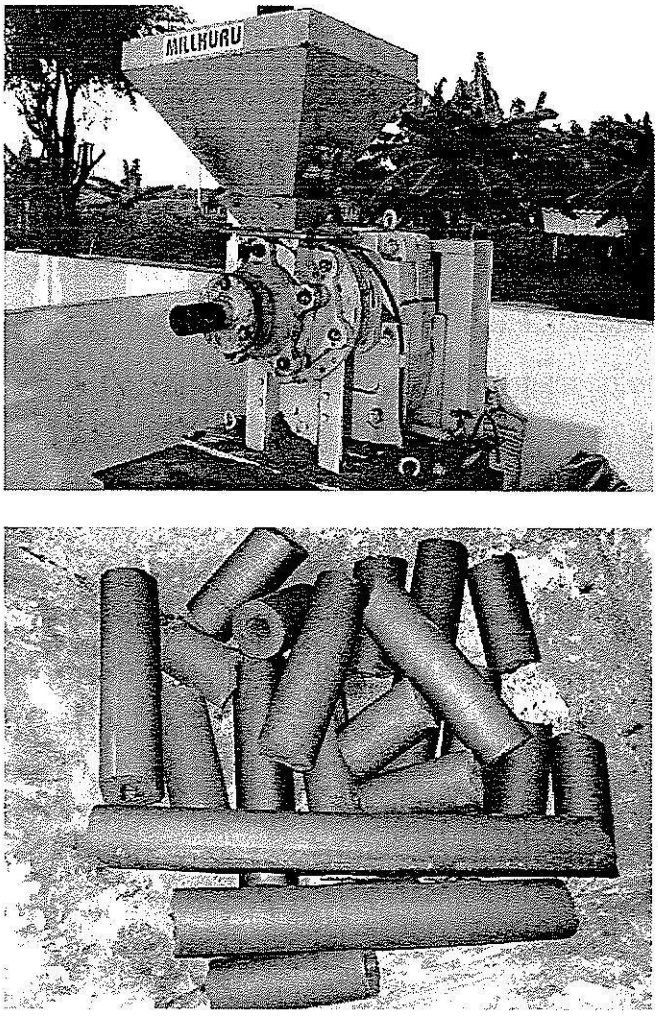
การอัดแล้วนำไปเผา มีข้อดีคือเป็นกระบวนการที่ง่าย และชิ้วมวลที่ผ่านการอัดแท่งแล้วสามารถนำไปเผาด้วยวิธีเผาถ่านแบบดั้งเดิมได้ ส่วนข้อเสีย คือ ใช้กำลังในการอัดสูงใช้พลังงานมาก และเกิดการสึกหรอในเครื่องอัด ในกระบวนการผลิตแบบ B-C ขั้นตอนการอัดถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เป็นขั้นตอนการเพิ่มความหนาแน่น และขึ้นรูปชิ้วมวลให้เป็นแท่งโดยใช้วิธีการอัดที่เรียกว่า การอัดร้อนความดันสูง (Hot and High Pressure Densification) หลังจากนั้นจะนำชิ้วมวลอัดแท่งไปเผาถ่าน และนำผลผลิตถ่านไปใช้งานเป็นลำดับต่อไป ส่วนการเผาแล้วนำไปอัด มีข้อดีคือ ใช้พลังงานในการผลิตต่ำ เนื่องจากการอัดจะใช้แรงดันและอุณหภูมิที่ต่ำ หรือเรียกว่า การอัดเย็นความดันต่ำ (Cold and Low Pressure Densification) ส่วนข้อเสียคือ เป็นกระบวนการที่ยุ่งยาก และมีขั้นตอนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจำเป็นต้องใช้ตัวประสาน หรือ Binder อย่างไรก็ดีบางครั้ง เครื่องอัดเครื่องเดียวกันสามารถ อัดได้ทั้ง 2 วิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงชิ้วมวล หรือวัสดุที่ใช้อัด เครื่องอัดถ่านชนิดต่างๆและผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งในปัจจุบันแสดงไว้ใน รูปที่ 4.10 ถึง 4.12



รูปที่ 4.10 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงของสวนจิตรดา



รูปที่ 4.11 กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง ด้วยกระบวนการผลิตแบบ B-C และ C-B มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.12 การผลิตถ่านอัดแท่ง ด้วยเครื่องอัดจากต่างประเทศ

Satake Corporation Co.,Ltd. Japan

4.3.2 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่างๆล้วนแล้วแต่สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลได้ทั้งสิ้น เนื่องจากมีองค์ประกอบซึ่งสามารถลุกไหม้ได้ แต่รูปแบบของวัสดุเหลือใช้ฯดังกล่าวมีรูปแบบไม่เหมาะสม คือ มีความหนาแน่นต่ำ ความชื้นสูง และขนาดอนุภาคเล็กเกินไป เป็นต้น ดังนั้นหากมีการนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อเพิ่มความหนาแน่น ลดความชื้น และเป็นการเพิ่มขนาดของก้อนชีวมวลขึ้น ก็จะทำให้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีประสิทธิภาพสูงได้ วิธีการแปรรูปไปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่นิยมทำมากและเกิดประสิทธิภาพสูงสุดก็คือ การนำมาอัดแท่ง (Briquette) ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะศึกษาถึงกระบวนการโดยทั่วไปในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุชีวมวลต่างๆ ประกอบไปด้วย แกลบ กากมันสำปะหลัง และกากอ้อย เพื่อให้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลที่เหมาะสมต่อไป ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) เทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบ

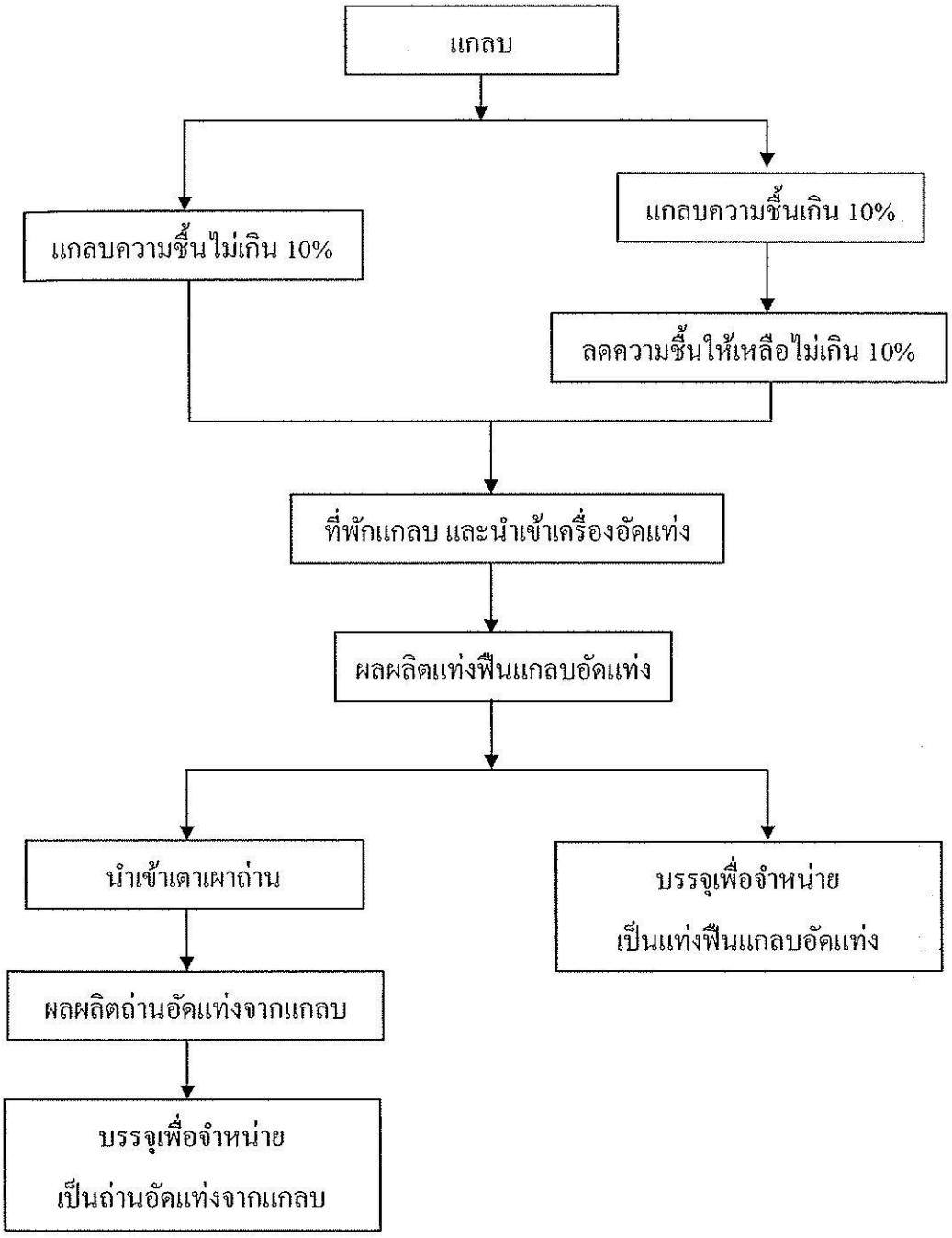
แกลบที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งจากแกลบได้ต้องเป็นแกลบที่มีความชื้นต่ำ (ความชื้นไม่เกิน 10%) และจากการทดสอบหาคุณสมบัติแบบประมาณพบว่า มีคาร์บอนคงตัว 15.45% ปริมาณเถ้า 19.14% และสารระเหย 65.41% และจากการศึกษาข้อมูลทั่วไปพบว่าแกลบที่มีความชื้นสูงไม่มีคุณสมบัติพอที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้ เนื่องจากเครื่องอัดด้วยกระบวนการอัดร้อนจะไม่สามารถใช้อัดให้เป็นแท่งได้ ซึ่งในการผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบจะเครื่องอัดแบบเกลียวที่สามารถอัดแกลบออกมาเป็นแท่งฟืนได้ แล้วนำไปเผาต่อเป็นถ่านอัดแท่งจากแกลบ ขั้นตอนและกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบทั่วๆไป สามารถดูได้ดังรูปที่ 4.13

ข้อเสียของแกลบอัดแท่ง คือ ไม่สามารถรักษาสภาพให้เป็นแท่งอยู่ได้ เมื่อถูกน้ำหรือความชื้นจะแปรสภาพเป็นแกลบเหมือนเดิม แต่หากมีการนำแกลบที่อัดแล้วไปเผาให้เป็นถ่านก็จะสามารถคงสภาพเป็นแท่งได้คงเดิม ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมที่สุดคือ อัดแกลบให้เป็นแท่งก่อนแล้วนำไปเผาเป็นถ่านอัดแท่ง โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบนั้น มีตัวแปรต่างๆที่สำคัญที่ทำให้คุณภาพของแท่งฟืนแกลบที่ได้แตกต่างกันดังต่อไปนี้

1) ความชื้น ถ้าหากแกลบมีความชื้นมากเกินไป ไอน้ำที่เกิดขึ้นเมื่อแกลบได้รับความร้อนมีผลทำให้แกลบขยายตัว ทำให้แท่งฟืนแกลบ แตกร่วน แต่ถ้าหากว่าความชื้นน้อยเกินไปจะมีผลทำให้แกลบเกาะกันเป็นแท่งได้ยาก ผิวของแท่งมีรอยแตกร้าว โดยทั่วไปปริมาณความชื้นที่ใช้ควรจะให้ความชื้นอยู่ระหว่าง 8-12%

2) อุณหภูมิ ถ้าหากว่าใช้อุณหภูมิสูงเกินไป ทำให้ผิวหน้าของแท่งฟืนไหม้เกรียม การเกาะตัวกันของแกลบไม่เป็นเนื้อแน่นดีเท่าที่ควร และถ้าหากว่าใช้อุณหภูมิ ต่ำ ความแข็งของแท่งฟืนที่ได้ก็จะต่ำด้วยเช่นกัน ที่สำคัญต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ และการใช้เชือกฉนวนพันรอบเครื่องทำความร้อนจะช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียความร้อนสู่บรรยากาศได้

3) ความดัน ความดันในกระบอกอัดขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเกลียวอัด ความสูงของเกลียว ความเร็วของสกรู ตลอดจนระยะห่างระหว่างผนังกระบอกอัดกับสกรู เมื่อแกลบถูกสกรูหมุนดันให้ติดกับกระบอกอัด ซึ่งรับความร้อนมาจากเครื่องทำความร้อน จะทำให้เกิดการเกาะตัวกัน และแรงเสียดทานระหว่างกระบอกอัดกับการเคลื่อนตัวของแท่งฟืน ทำให้การอัดตัวของแกลบแน่นยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.13 ผังกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบ

2) เทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งจากกากมันสำปะหลัง

จากผลการทดสอบคุณสมบัติกากมันสำปะหลังพบว่ามีความชื้น 13.39% คาร์บอนคงตัว 11.09% ปริมาณเถ้า 4.50% สารระเหย 84.41% ซึ่งปริมาณคาร์บอนคงตัวดังกล่าวนี้เป็นแนวโน้มของผลผลิตถ่านที่จะเกิดขึ้นหลังจากทำการเผา หรือ Carbonization แล้ว แต่อย่างไรก็ดีพบว่าปริมาณเถ้าของขี้เลื่อย และแกลบมีค่อนข้างสูง ซึ่งมีผลทำให้เกิดขี้เถ้าปริมาณมากขณะนำถ่านไปใช้งาน เมื่อพิจารณาถึงค่าความร้อนจากผลการทดลองพบว่ามีความเหมาะสมและมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านชีวภาพได้ ในการอัดแท่งกากมันสำปะหลังอาจมีการผสมส่วนผสมชีวมวลอื่นๆเพื่อเป็นการเพิ่มคุณสมบัติที่ดี เช่น แกลบ หรือ ขี้เลื่อย เป็นต้น

กากมันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบที่สามารถอัดให้เป็นแท่งได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพกากมันสำปะหลังอัดแท่ง จะพบว่ามีความอ่อนนุ่มคล้ายดินเหนียวอันเป็นผลมาจากแป้งและความชื้นที่สะสมอยู่ในกากมันสำปะหลัง ดังนั้นอาจมีการเพิ่มความแข็งแรงให้กับกากมันสำปะหลังอัดแท่ง โดยทำการผสมวัสดุอื่นๆลงไปในสัดส่วนต่างๆ เมื่อทำการอัดแท่งมันสำปะหลังเรียบร้อยแล้วก็นำแท่งชีวมวลไปเผาหรือผ่านกระบวนการคาร์บอนไซเซชั่น (Carbonization) เพื่อให้กลายเป็นถ่านอัดแท่งจากกากมันสำปะหลัง

3) เทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งจากกากอ้อย

แท่งเชื้อเพลิงกากอ้อยซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่ดี โดยจากการทดสอบคุณสมบัติแบบประมาณ พบว่ามีความชื้นประมาณ 2.77% สารระเหย 86.09% ปริมาณเถ้า 3.09% และคาร์บอนคงตัว 10.83% ในการอัดแท่งกากอ้อยเพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งนั้นอาศัยความเหนียวของยางในวัสดุเป็นตัวเชื่อมประสานและมีความชื้นพอดี ซึ่งจะใช้เครื่องอัดแบบเกลียวหรือสกรู และสามารถทำได้ทั้งกับวัสดุสดและแห้ง(แต่ถ้าวัสดุมีความชื้นปานกลางจะอัดได้สะดวกและรวดเร็ว) กระบวนการอัดแท่งเชื้อเพลิงจะใช้กากอ้อย ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ได้จากโรงงานน้ำตาล และอาจมีการผสมวัสดอื่นๆเพื่อให้คุณสมบัติดีขึ้นก็ได้ แท่งเชื้อเพลิงจากกากอ้อยนั้นจะมีความชื้นสูง (สูงกว่า 100 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นก่อนนำไปใช้ก็จะต้องทำให้แห้งด้วยการตากแดดโดยตรงหรืออาจใช้แหล่งความร้อนเหลือทิ้งอื่นๆในการลดความชื้น จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นให้กลายเป็นถ่านชีวภาพอัดแท่ง

4.3.3 การประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวลที่เหมาะสม

ในหัวข้อนี้จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลของเทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่ง โดยทำการสังเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวออกมาเป็นข้อดีและข้อเสีย เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหา และเป็นข้อเสนอแนะในการเลือกใช้เทคโนโลยีในการผลิตถ่านชีวมวลที่เหมาะสม ซึ่งประกอบไปด้วย 1) เทคโนโลยีการเผาถ่าน และ 2) เทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่ง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการเผาถ่าน วิธีการและอุปกรณ์ในการเผาชีวมวลอัดแท่งนั้นมีหลายวิธีตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีและข้อเสียต่างกันตามรายละเอียดดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีการเผาถ่านแบบต่างๆ

เทคโนโลยีการเผาถ่าน	ข้อดี	ข้อเสีย
1. เตาหลุม	- ต้นทุนถูก ก่อสร้างได้ง่าย	- ประสิทธิภาพต่ำมาก
2. เตาแบบก่ออิฐ (Brick Beehive Klin)	- กำลังการผลิตสูง - อายุการใช้งานยาวนาน	- ก่อสร้างค่อนข้างยาก
3. เตาแบบก่ออิฐ (เตาอิวาเตะ)	- กำลังการผลิตสูง - ก่อสร้างได้ไม่ยาก - อายุการใช้งานยาวนาน	- ต้นทุนการก่อสร้างสูง
4. เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร (ถังเดี่ยว)	- ราคาถูก สามารถทำได้ง่าย - อายุการใช้งานยาวนาน	- กำลังการผลิตต่ำ - เก็บน้ำส้มควันไม้ไม่ได้
5. เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร (ถังคู่)	- ราคาถูก สามารถทำได้ง่าย - อายุการใช้งานยาวนาน - กำลังการผลิตค่อนข้างสูง	- เก็บน้ำส้มควันไม้ไม่ได้

2) การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งโดยการนำข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งวิธีต่างๆมาสังเคราะห์เป็นข้อดีและข้อเสีย เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกเทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งที่เหมาะสมกับชนิดของวัสดุชีวมวล ซึ่งประกอบไปด้วยการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีเครื่องอัดแท่งชีวมวล ดังตารางที่ 4.14 และเปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตถ่านอัดแท่งดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 ตารางเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีเครื่องอัดแท่งชีวมวล

เทคโนโลยีเครื่องอัดแท่งฯ	ข้อดี	ข้อเสีย
1. สวนจิตรดา	- ประหยัดพลังงานไฟฟ้า (ใช้ความร้อนจากการเผาแกลบแทนขดลวดความร้อน)	- สกรูด้านหน้าสึกหรอเร็ว
2. มทส.	- ราคาถูก - กลไกของเครื่องไม่ยุ่งยากซับซ้อน	- ไม่มีระบบอัดด้วยความร้อน
3. เครื่องอัดแท่งจากต่างประเทศ(Satake Corporation Co., Ltd. Japan)	- ประสิทธิภาพสูง - วัสดุที่ใช้แข็งแรง ทนทาน	- ราคาแพง - ชิ้นส่วนอะไหล่หายาก และมีราคาสูง

ตารางที่ 4.15 ตารางเปรียบเทียบกรรมวิธีการผลิตถ่านอัดแท่ง

กรรมวิธี	ข้อดี	ข้อเสีย
1. Briquetting-Carbonization (B-C) option	- กรรมวิธีง่าย(ขั้นตอนน้อย) - สามารถนำแท่งชีวมวลไปเผาถ่านแบบวิธีดั้งเดิมได้	- ใช้กำลังในการอัดสูง - เกิดการสึกหรอในเครื่องอัด
2. Carbonization-Briquetting (C-B) option	- ใช้พลังงานในการอัดน้อย	- มีขั้นตอนมากกว่า B – C - จำเป็นต้องใช้ตัวประสาน - เกิดฝุ่นฟุ้งกระจายได้ง่าย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 การประเมินวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านชีวมวล

ปริมาณแกลบที่ได้มาจากกระบวนการสีข้าวในปี 2543-2545 มีปริมาณ 386,724.36 ตัน 427,930.58 ตัน และ 313,100.70 ตัน ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาและประเมินพบว่าแกลบที่ได้จากกระบวนการสีข้าวในโรงสีข้าวขนาดกลางและขนาดใหญ่ จะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนผลิตทั้งหมด ส่วนผลการศึกษาและประเมินปริมาณกากอ้อยที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาล พบว่ามีปริมาณกากอ้อยรวมกัน 284,393.27 ตัน 225,133.38 ตัน และ 364,358.8 ตัน ในปี 2543-2545 ตามลำดับ ซึ่งกากอ้อยเหล่านี้ทางโรงงานได้นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนในโรงงานทั้งหมด จึงทำให้ความเป็นไปได้ในการนำแกลบและกากอ้อยมาผลิตเป็นถ่านชีวมวลอัดแท่งนั้นเป็นไปได้น้อยมาก ในส่วนของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังจะได้ผลพลอยได้ออกมาเป็นเปลือกและกากมันสำปะหลัง โดยกากมันสำปะหลังที่ได้มีปริมาณ 453,358.00 ตัน 561,468.75 ตัน และ 491,481.22 ตัน ในปี 2543 – 2545 ตามลำดับ ส่วนเปลือกมันที่หลุดร่อนออกมาจากกระบวนการร่อนดินและล้างน้ำจะได้ปริมาณเปลือกมันสำปะหลังประมาณ 117,665.00 ตัน 145,724.71 ตัน และ 127,560.01 ตัน ในปี 2543-2545 ตามลำดับ ซึ่งการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่จะนำไปเป็นอาหารสัตว์และปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นกากและเปลือกมันสำปะหลังน่าจะมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านชีวมวลอัดแท่งได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับแกลบและกากอ้อย เนื่องจากมีปริมาณเหลือจากกระบวนการผลิตมากที่สุดและยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตพลังงาน

5.2 การทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านชีวมวล

วัสดุชีวมวลทั้ง 4 ชนิด ซึ่งประกอบไปด้วย แกลบ เปลือกและกากมันสำปะหลัง และกากอ้อย ถูกนำมาทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ประกอบไปด้วยคุณสมบัติโดยละเอียด (Ultimate-Analysis) คุณสมบัติแบบประมาณ (Proximate Analysis) ร้อยละผลผลิตถ่าน (%Yield) ค่าความร้อน (Heating Value) และค่าความหนาแน่นกองวัสดุ (Bulk Density) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการประเมินศักยภาพในการผลิตเป็นถ่านชีวมวลอัดแท่งต่อไป

5.2.1 คุณสมบัติโดยละเอียดและปริมาณผลผลิตถ่าน

องค์ประกอบโดยละเอียดของวัสดุชีวมวลและถ่านมีคุณสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล ส่วนถ่านชีวมวลทุกชนิดมีสัดส่วนของคาร์บอนเพิ่มขึ้น ขณะที่สัดส่วนของไฮโดรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ลดลง เนื่องมาจากการสลายตัวของโครงสร้างวัสดุชีวมวลเนื่องจากความร้อน ซึ่งเป็นผลให้ร้อยละผลผลิตถ่านของชีวมวลทุกชนิดลดลง โดยจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิของการคาร์บอนไนซ์ที่ 300-500°C ส่วนช่วงอุณหภูมิการคาร์บอนไนซ์จาก 500 - 600°C ร้อยละผลผลิตถ่านเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และพบว่าร้อยละของผลผลิตถ่านจากแกลบมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ เปลือกมันสำปะหลัง กากอ้อย และกากมันสำปะหลัง ตามลำดับ

5.2.2 คุณสมบัติแบบประมาณ ค่าความร้อน และความหนาแน่นกองวัสดุ

คุณสมบัติแบบประมาณของวัสดุชีวมวลแต่ละชนิดพบว่ามีสัดส่วนคาร์บอนคงตัว สารระเหย และเถ้าแตกต่างกันออกไป โดยมีองค์ประกอบของคาร์บอนระหว่างร้อยละ 10-16 ซึ่งแกลบเป็นวัสดุชีวมวลที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนคงตัวสูงที่สุด รองลงมาคือ กากมันสำปะหลัง และกากอ้อย ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณของถ่านชีวมวล พบว่าถ่านชีวมวลมีสัดส่วนของคาร์บอนคงตัวและเถ้าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิคาร์บอนไนซ์เพิ่มขึ้น ในขณะที่สัดส่วนของสารระเหยจะลดลง และจากผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนพบว่าการนำวัสดุชีวมวลมาผ่านกระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชั่นให้เป็นถ่านชีวมวลจะทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิของการคาร์โบไนซ์ที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้แนวโน้มค่าความร้อนของถ่านชีวมวลเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องมาจากสัดส่วนของคาร์บอนคงตัวในถ่านชีวมวลเพิ่มขึ้น โดยจากผลการทดสอบพบว่าค่าความร้อนของกากอ้อยมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ เปลือกมันสำปะหลัง แกลบ และกากมันสำปะหลัง ตามลำดับ ขณะที่ค่าความหนาแน่นกอง(Bulk Density)ของวัสดุชีวมวลและถ่านชีวมวลนั้น พบว่าอุณหภูมิของการคาร์โบไนซ์และชนิดของวัตถุดิบมีผลต่อค่าความหนาแน่นที่เปลี่ยนแปลงไป

5.3 การประเมินเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล

กรรมวิธีในการผลิตถ่านชีวมวลจะแบ่งออกเป็น 2 เทคนิค คือ การอัดแล้วนำไปเผา (Briquetting - Carbonization (B-C) option) และการเผาแล้วนำไปอัด (Carbonization - Briquetting (C-B) option) ซึ่งทั้งสองเทคนิคมีข้อดีข้อเสียต่างกัน คือ การอัดแล้วนำไปเผา มีข้อดีคือเป็นกระบวนการที่ง่าย และชีวมวลที่ผ่านการอัดแท่งแล้วสามารถนำไปเผาด้วยวิธีเผาถ่านแบบดั้งเดิมได้ ส่วนข้อเสีย คือ ใช้กำลังในการอัดสูงใช้พลังงานมาก และเกิดการสึกหรอในเครื่องอัด ส่วนกระบวนการผลิตแบบ C-B มีข้อดีคือ ใช้พลังงานในการผลิตต่ำ ส่วนข้อเสียคือ มีหลายขั้นตอนและเกิดฝุ่นฟุ้งกระจายได้ง่าย

เทคโนโลยีของเตาเผาถ่านและเครื่องอัดแท่งนั้นมีการออกแบบและพัฒนากันมาอย่างต่อเนื่อง โดยรูปแบบของเตาเผาถ่านมีหลายแบบประกอบไปด้วย เตาเผาแบบหลุม เตาแบบก่ออิฐ และเตาแบบถังน้ำมัน 200 ลิตร ส่วนเทคโนโลยีของเครื่องอัดแท่งที่นำมาใช้ในการประเมินนั้นประกอบไปด้วย เครื่องอัดชีวมวลสวนจิตรดา เครื่องอัดแท่งชีวมวลที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และเครื่องอัดแท่งชีวมวลจากต่างประเทศ (Satake Corporation Co. Ltd.) ซึ่งเทคโนโลยีแต่ละแบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันตามปัจจัยต่างๆทั้งในด้านระบบปฏิบัติการ ต้นทุน กำลังการผลิต ประสิทธิภาพ และอายุการใช้งาน ซึ่งทุกเทคโนโลยีสามารถประยุกต์ใช้ได้กับวัสดุชีวมวลทุกชนิด แต่การเลือกเทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งชีวมวลนั้นควรจะพิจารณาให้เหมาะสมกับต้นทุนที่มีอยู่ และปัจจัยในด้านต่างๆที่กล่าวถึงข้างต้นควบคู่กันไป

บรรณานุกรม

กรมป่าไม้ วิจัยพลังงานงานจากป่า, 2546. เตาเผาถ่านแบบหลุมกรมป่าไม้ แหล่งที่มา : http://www.forest.go.th/Research/Res/energy.html. 10 ธันวาคม 2546.

คณิต กฤษณังกูร และจงจิตร์ หิรัญลาภ. (2527). การทำ Activated Carbon จากแกลบ. วารสารวิทยาศาสตร์.ปีที่ 38, ฉบับที่ 5-6, หน้า 12-13.

โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรดา เชื้อเพลิง, 2546. เครื่องอัดแท่งแกลบ. แหล่งที่มา : http://kumis.cpc.ku.ac.th/nk40/nk/data/12/project1.htm. 10 ธันวาคม 2546.

ทรงศักดิ์ วัฒนชัยเสรีกุล และเพ็ญจิตร ศรีนพคุณ. (2544). การผลิตอาหารสัตว์จากกากมันสำปะหลังโดยใช้ถังหมักแบบหมุน. วิศวกรรมสาร มก. 12(3), 65-69.

ธีรชัย จันทรเสนา. 2528. การผลิตถ่านและคุณภาพของถ่านจากไม้ป่าชายเลนโดยใช้เตาอิฐขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. 78 หน้า

บุญชัย ตระกูลมหาชัย. (2537). การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาตาลโตนดในฟลูอิไดซ์เบด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิไล สันติโสภาศรี, กล้าณรงค์ ศรีรอด, เอ็จ สโรบล และสุรีรัตน์ หทัยรักษ์ธรรม. (2546). สถานภาพของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรและการใช้ประโยชน์. รายงานการวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร. 365 หน้า

เสวียน เปรมประสิทธิ์, ชาวไร่ กาญจโนมัย, สุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์, เพื่อนจิตต์ บุญจันทร์ และสุชาดา บัวพันธ์. 2548. การเพิ่มมูลค่าของข้าวลีบ กากมัน ขี้เถ้าแกลบ และกากตะกอนน้ำเสีย โดยการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อผลิตผักปลอดสารพิษ. รายงานการวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา. กรุงเทพมหานคร. 192หน้า.

Agra, I.B., (1982). Pyrolysis of Pelletized Sawdust, Energy Recovery and Utilization of Solid. Wastes, Nagoya, pp. 75 – 84.

Antal, M.J, JR. (1985). Mathematical Modelling of Biomass Pyrolysis Phonomena. Fuel, Vol.64, pp.1483-1486.

Arsenault, R.H., Grandbois, M.A., Chornet, E. and Timbers, G.E. (1980), Pyrolysis of Agricultural Residue in a Rotary Kiln. Thermal Conversion of Solid Wastes from Biomass. American Chemical Society. pp.337-350.

Auriol, R.F., Maire, J. and Maurand, P. (1939). Production of Charcoal Agglomerates. Chemical Abstract. Vol. 33. Pp. 5614.

Barofti, I. (1987). Utilization of Compacted Biomass for Energy Production in Hungary. Paper Presented at the 1st FAO/CNRE Workshop on " Handling and Processing of Biomass for Energy ". Hamburg.

Bhattacharya, S.C. et al. (1985). Densified Biomass in Thailand, Status and Problem. Biomass, Vol 8, pp.255-266.

Bhattacharya, S.C. et al. (1988), State of the Art for biocoal Technology. AIT-GTZ Biocoal Project. AIT, Bangkok.

Bhattacharya, S.P. (1988). A Study on Sawdust Biocoal. Masters Thesis. AIT, Bangkok.

Bhattacharya, S.C., Bhatia, R., Islam, N. and Shah, N. (1985). Densified Biomass in Thailand: Potential, Status and Problems. Biomass, Vol.8 pp.225-226

Bhattacharya, S.C., Saunier, G.Y., Shah, N. and Islam, N. (1984). Densification of Biomass Residues in Asia. Bio-Energy 84.

Bhattacharya, S.C., and Yeasmin, H. (1984). Effect of Densification Pressure and Temperature on the Properties of Densified Biomass. AIT, Unpublished.

Bhattacharya, S.C., Shrestha, R. M., Wongvicha, P., Ngamkajornvivat, S. (1988a). Cost and Availability of Selected Residues in Thailand. AIT-GTZ Biocoal Project. AIT, Bangkok.

Bhattacharya, S.C., Bhattacharya, S.P. and Srikanthan, S. (1988b). Biomass Densification: A Study of Process and Product Quality Improvement. AIT, Unpublished.

Bhattacharya, S.C. and Shrestha, R.M. (1990). Biocoal: Technology and Economics. Asian Instituted of Technology.

Boley, C.C., and Rice, N. (1949), Methods of Evaluating Briquette Quality. Proceeding of Coal briquetting Conference. pp.31-47.

Brandt, H. (1987). Health Impacts of Burning Rice Husk Briquettes in Traditional Stoves. University of Twente 22nd April.

Breag, G.R., Harker. A.P. and Smith, A.E. (1985). Batch Carbonization of Coconut Shell and Wood with Recovery of Waste Heat. Energy from Biomass-3, pp.849-859.

Caree. J., Herber, J., Lacrosse, L. and Schenkel, Y. (1987). Briquetting Agricultural And Wood Residues: Experiment Gained with a Heatd Die Cylindrical Screw Press. Paper Presented at the 1st FAO/CNRE Workshop on " Handling and Processing of Biomass for Energy ". Hamburg.

Darmstatt, H., Pantea, D., Sümmchen, L., Roland, U., Kaliaguine, S. and Roy, C.(2000). Surface and bulk chemistry of charcoal obtained by vacuum pyrolysis of bark: influence of feedstock moisture content. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 53. 1-17.

Deepchand, K. (1987). A Note on the Pyrolysis Behavior of Sugar Cane Fibrous Products. Biological Wastes. Vol.20, pp.203-208.

Eriksson, S. and M. Prior. (1990). The Briquetting of Agricultural Wasted for Fuel. FAO Environment and Energy Paper 11. FAO, Rome.

Estudillo, C.P., Briones, L.P., Cabral, R.R. and Toray, W.G. (1984). Equipment and Process for the Production of Smoke-Free Charcoal from Sawdust. NSTA Technology Journal, Oct.-Dec., pp.58-68.

Foley, G. (1986). Charcoal Briquetting. Charcoal Making in Developing Countries. Earthscan. pp.155-157.

Gopalachari, N.C. (1985). Briquettes from Organic Wastes as Fuel for Curing Virginia Tobacco. Changing Villages, Vol.7, No.3, pp.189-195.

Hislop, D. (1986). Residue Briquetting in the Gambia. Appropriate Technology. Vol.13, No.2, pp.22-23.

Joseph, S. and Hislop, D. (1985). Residue Briquetting in Developing Countries. Energy from Biomass 3, pp.1064-1068.

Johannes, H. (1982). Direction for Manufacturing Bio-Briquettes and Hybrid Stoves. Renewable Energy Review Journal, Vol.4, No.1, pp. 66-71.

Krist-Spit, C.E. and Wentink, G. (1985). The Acceptabillity of Briquettes from Biomass Residues in Asian Domestic Cooking Stove. TNO, Netherland Ref. Nr 85-065.

Koullas, D.P. and Koukios, E.G. (1987). Briquetting of Wheat Straw. Paper Presented at First Workshop of FAO/CNRI on Handling and Processing of Biomass for Energy, Hamburg,FRG, 14-15 September.

Kubinsky, E.J. (1986). Densifying Wood Waste: Machinery Comparison. Forest Industries, August 1986. pp. 28-30

Lequeux, P., Carre, J., Hebert, J. and Lacrosse, L. (1988). Biomass Densification. Commission of the European Communities, Directorate General for Development.

Martin, J. (1985). Production of Biomass Fuel Briquettes in Developing Countries. Changing Villages, Vol.17, No.13, pp.215-239.

Pitakarnop, N. (1983). Production and Evaluation of Rice Husk Briquettes in Thailand. Agricultural Wastes and Solar Technologies for Energy Needs in Farms. FAO. pp.120-128.

Rakesh, B.C.K. and Stewart, D.F. (1986). An Investigation of the Kinetics of Coconut Shell Pyrolysis. Resources and Conservation, Vol.12, ESP. pp.137-139.

Reed, T.B. and Bryant, B. (1978). Densified Biomass: A New Form of Fuel. Solar Energy Research Institute. Golden, Colorado, USA.

Ramteke D.S., Wate S.R., Moghe C.A. (1989). Comparative adsorption studies of distillery waste on activated carbon. Indian J Env Health 31(1):17–24.

Ruiz, M., Rolz, C. (1971). Activated carbon from sugar cane bagasse. Industrail and engineering chemistry product research and development. 4(10) : 429-432.

Shibata, T. (1986). Wood Based Densified Fuels. Farming in Japan, Vol.20, No.1, pp.35-41.

Singh, A. and Singh y. (1982). Briquetting of Paddy Straw. Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America, December, Vol.13,No.4, pp.42-44.

Singh, D. and Kashyap, M.M. (1985). Mechanical and Combustion Characteristics of Paddy Rice Husk Briquettes. Agricultural Wastes, Vol.13, pp.189-196.

Smith, A.E., Flynn, G., and Breag, G.R. (1985). A Profile of the Briquetting of Agricultural and Forestry Residues. Changing Villages, Vol.7, No.3, Shanthi Printers, India.

ภาคผนวก

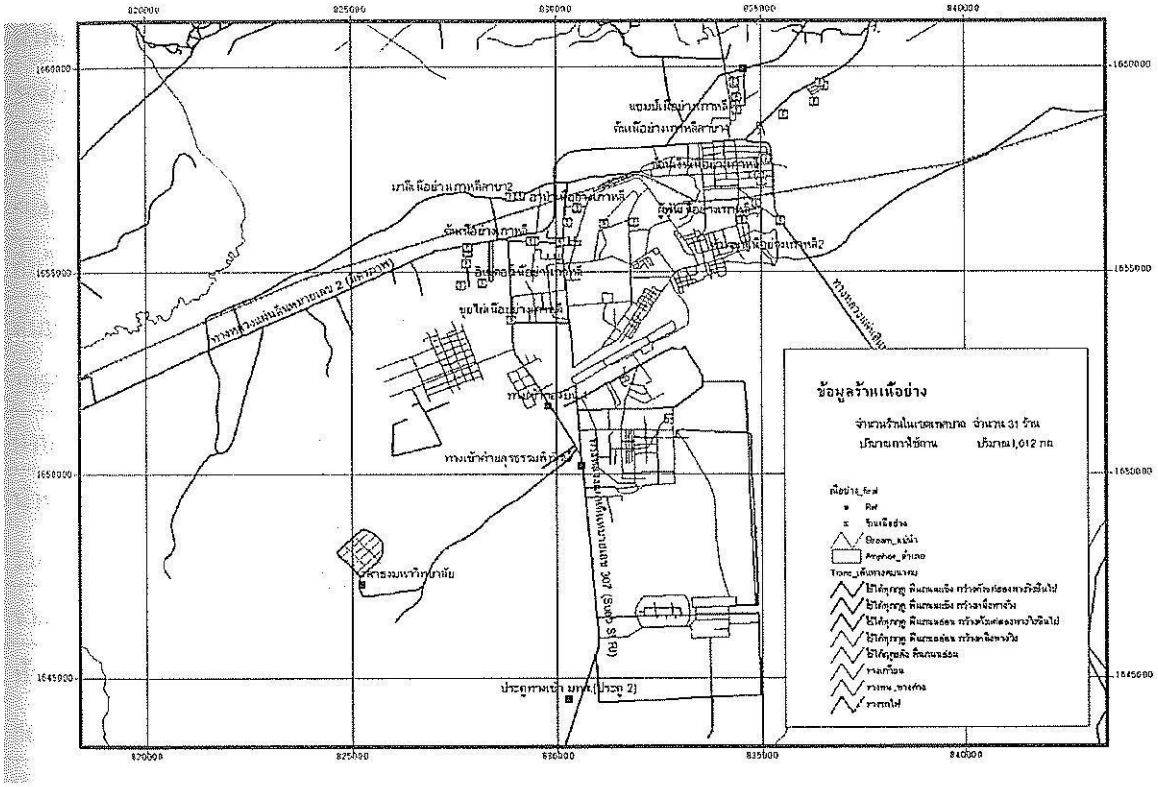
ภาคผนวก ก

ข้อมูลความต้องการใช้ถ่านชีวมวลของร้านเนื้อย่าง

ข้อมูลความต้องการใช้ถ่านชีวมวลของร้านเนื้อย่าง
บริเวณเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา

1. ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งร้านเนื้อย่างในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา

ข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจข้อมูลร้านเนื้อย่างในเขต อ.เมือง จ.นครราชสีมา รวมทั้งสิ้น จำนวน 31 ร้าน โดยทำการบันทึกพิกัดและกำหนดลงบนแผนที่ ดังรูปที่ ก1 พร้อมทั้งทำการสำรวจข้อมูลความต้องการใช้ถ่านชีวมวลต่อวัน จำนวนโต๊ะ และที่อยู่ร้านเนื้อย่าง ดังตารางที่ ก1



รูปที่ ก1 แผนที่ตั้งร้านเนื้อย่างบริเวณ อ.เมือง จ.นครราชสีมา

ตารางที่ ก1 ข้อมูลการใช้ถ่านชีวมวลของร้านเนื้อย่าง อ.เมือง จ.นครราชสีมา

ชื่อ - ที่อยู่	จำนวนโต๊ะ (โต๊ะ)	จำนวนถ่านชีวมวลที่ใช้ (กระสอบ/วัน)	ปริมาณถ่านชีวมวลที่ใช้ (kg/วัน)
ขุยไผ่เนื้อย่างเกาหลี	35	-	-
ห้องอาหารโซนีเนื้อย่างเกาหลี 806/8 ถ.ช้างเผือก ต.ในเมือง	50	1	16.5
แชมป์เนื้อย่างเกาหลี 57 ถ.ช้างเผือก ต.ในเมือง	30	0.25	4.125
นำพลเนื้อย่างเกาหลี 594/7 ถ.ช้างเผือกซอย 6 ต.ในเมือง	45	0.5	8.25
ก้านเพชรเนื้อย่างเกาหลี 594/7 ถ.ช้างเผือกซอย 6 ต.ในเมือง	22	0.5	8.25
อิ่มไม่อั้นเนื้อย่างเกาหลีสาขา 1	66	4	66
ต้นเนื้อย่างเกาหลีสาขา 2 1067/17 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง	68	3	49.5
กาบทองเนื้อย่างเกาหลีสาขา 2	50	1	16.5
นำขบวนเนื้อย่างเกาหลีสาขา 4 1143/46 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง	45	2.5	41.25
จ่าเตรียมเนื้อย่างเกาหลี	12	1.5	24.75
หัวทะเลเนื้อย่างเกาหลี 2 66/3 ถ.ท้าวสุระ ต.ในเมือง	50	2	33
น้องจ๊ะเอ๋เนื้อย่างเกาหลี	23	1	16.5
ผู้พันเนื้อย่างเกาหลี ถ.ไชยนรงค์ ต.ในเมือง	50	1	16.5
นำขบวนเนื้อย่าเกาหลี สาขา 5 399/1-3 ถ.มหาดไทย ต.ในเมือง	50	7	115.5
ช้อนเงินเนื้อย่างเกาหลี 25 ถ.กุดั่น ต.ในเมือง	70	6	99

ตารางที่ ก1 ข้อมูลการใช้ถ่านชีวมวลของร้านเนื้อย่าง อ.เมือง จ.นครราชสีมา(ต่อ)

ชื่อร้าน - ที่อยู่	จำนวนโต๊ะ (โต๊ะ)	จำนวนถ่านชีวมวลที่ใช้ (กระสอบ)	ปริมาณถ่านชีวมวลที่ใช้ (kg)
เขียวเสวยเนื้อย่างเกาหลี ถ.สัพสิต ต.ในเมือง	80	- (ถ่านอัด 3 กล่อง)	-
บันทวันทน์เนื้อย่างเกาหลี 2282/1 ถ.มุขมนตรี ต.ในเมือง	20	1	16.5
มาลีเนื้อย่างเกาหลีสาขา 2	21	-	-
นำขบวนเนื้อย่างเกาหลี สาขา 2	50	5	82.5
อร่อยไม่เลิกเนื้อย่างเกาหลี	30	2	33
แมกไม้เนื้อย่างเกาหลี	24	3	50
ฉัตรทิพย์เนื้อย่างเกาหลี	18	-	-
อินเตอร์เนื้อย่างเกาหลี ถ.คลองส่งน้ำ	18	1	16.5
อาอี๋เนื้อย่างเกาหลี 3091 ถ.สืบสิริ ต.ในเมือง	50	2	33
ต้นเนื้อย่างเกาหลี 3077/6 ถ.สืบสิริ ต.ในเมือง	60	4	66
นำขบวนเนื้อย่างเกาหลีสาขา 3 616/1 ถ.สืบสิริ ต.ในเมือง	65	3	49.5
กาบทองเนื้อย่างเกาหลีสาขา 1	24	-	-
อาป๋าเนื้อย่างเกาหลี ถ.สืบสิริ ซอย 3 ต.ในเมือง	60	2	33
อาอี๋เนื้อย่างเกาหลี สาขาโฮมแลนด์ 397/22 ถ.เดชอุดม ซอย 6 ต.ในเมือง	70	2	33
นำขบวนเนื้อย่างเกาหลี สาขาหนองไผ่ล้อม 831/13 ถ.เดชอุดม ซอย 7/2 ต.ในเมือง	60	4	66
รวม			**1,012**

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านชีวมวล

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านชีวมวลและวัตถุดิบ

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติแบบประมาณ (Proximate Analysis)

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture)

วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในสารตัวอย่างโดยวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3173 มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

1.1.1 อุ่นเตาเผาให้ร้อนที่อุณหภูมิ 750°C

1.1.2 อบถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น

1.1.3 ชั่งสารตัวอย่างที่มีขนาด –100 mesh หนักประมาณ 1 กรัมใส่ในถ้วยกระเบื้อง

1.1.4 อบสารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 105 °C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณความชื้นในสารตัวอย่างโดย

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \qquad \text{(ก-1)}$$

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash)

วิเคราะห์หาปริมาณเถ้าในสารตัวอย่างโดยวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3174 มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

1.2.1 เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น

1.2.2 ชั่งสารตัวอย่างหนักประมาณ 1 กรัมใส่ในถ้วยกระเบื้อง หรือใช้สารตัวอย่างที่ผ่านการหาความชื้นแล้ว

1.2.3 เผาสารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 750°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (เปิดฝาถ้วยกระเบื้องขณะเผา) คำนวณปริมาณเถ้าในสารตัวอย่างโดย

$$\text{ร้อยละเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างเริ่มต้น}} \qquad \text{(ก-2)}$$

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

วิเคราะห์หาปริมาณสารระเหยในสารตัวอย่างโดยวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3175 มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

1.3.1 เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 950°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น

1.3.2 ชั่งสารตัวอย่างหนักประมาณ 1 กรัมใส่ในถ้วยกระเบื้องหรือใช้สารตัวอย่างที่ผ่านการหาปริมาณความชื้นแล้ว

1.3.3 เผาสารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 950°C เป็นเวลา 7 นาที (ขณะเผาให้ปิดฝาถ้วยกระเบื้อง) แล้วนำออกจากเตาเผาทันที ตั้งทิ้งไว้ในสภาพบรรยากาศประมาณ 20 นาทีแล้วนำไปตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น

1.3.4 บันทึกน้ำหนักตัวอย่างหลังเผา ทำซ้ำกระทั่งสารตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่

1.3.5 คำนวณปริมาณสารระเหยในตัวอย่าง

$$\text{ร้อยละสารระเหย} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}} \qquad (ก\text{-}3)$$

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนคงตัว(Fixed Carbon)

ปริมาณคาร์บอนคงตัวในสารตัวอย่างคำนวณจาก

$$\text{คาร์บอนคงตัว} = 100 - \text{ร้อยละความชื้น} - \text{ร้อยละเถ้า} - \text{ร้อยละสารระเหย} \qquad (ก\text{-}4)$$

หรือคำนวณจาก

$$\text{คาร์บอนคงตัว} = 100 - \text{ร้อยละเถ้า} - \text{ร้อยละสารระเหย} \qquad (ก\text{-}5)$$

2. การวิเคราะห์ค่าความร้อน (Heating Value)

การวิเคราะห์ค่าความร้อนของสารตัวอย่างในงานวิจัยนี้ เป็นการหาค่าความร้อนที่ตัวอย่างปล่อยออกมาในหน่วยกิโลจูลต่อกิโลกรัมของสารตัวอย่าง (kJ/kg) โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ค่าความร้อน GALLENKAMP Autobomb มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 อัดสารตัวอย่างที่มีน้ำหนักประมาณ 1 กรัมให้เป็นเม็ดด้วยอุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่าง

2.2 ผูกตัวอย่างด้วยด้าย จากนั้นให้ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอีกครั้ง

2.3 บรรจุภาชนะโลหะลงในแหวนยึด แล้วติดลวดต้านทานนิโครม (Nickle Chromium) ระหว่างอิเล็กโทรด (Electrode) ทั้งสองข้างของตัวบอมบ์ (Bomb)

2.4 นำตัวอย่างในข้อ 2.2 มาผูกแขวนไว้กับลวดในข้อ 2.3 โดยให้ตัวอย่างอยู่ในภาชนะโลหะ

2.5 นำตัวอย่างในข้อ 2.4 บรรจุลงในถังปฏิกิริยา (Reactor) แล้วปล่อยก๊าซออกซิเจน เข้าไปในถังปฏิกิริยาโดยให้มีค่าความดันไม่เกิน 35 บาร์

2.6 บรรจุถังปฏิกิริยาบรรจุใน Water Jacket ที่อยู่ในมือเครื่องทดสอบค่าความร้อน โดยให้บันทึกน้ำหนักของน้ำที่บรรจุใน Water Jacket ก่อนทำการวิเคราะห์

2.7 ต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับถังปฏิกิริยา จากนั้นให้กดปุ่มทดสอบ (Test) เพื่อตรวจสอบวงจรไฟฟ้าว่าถูกติดตั้งอย่างสมบูรณ์

2.8 กดปุ่มเผาไหม้ (Fire) บันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่

2.9 คำนวณหาค่าความร้อนที่ปล่อยออกมาด้วยสมการ

$$\text{Heating Value} = MC_p\Delta T \qquad \text{(ก-5)}$$

เมื่อ M = จำนวนโมลของน้ำ

C_p = ความจุความร้อนของน้ำ (J/mol.K)

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิ ($^{\circ}C$ หรือ K)

เนื่องจากค่าความร้อนของด้ายที่ใช้ผูกตัวอย่างกับลวดต้านทานมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าความร้อนที่ได้จากสารตัวอย่างดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการคำนวณ

2.1 ความหนาแน่น

งานวิจัยนี้วัดความหนาแน่น ของวัตถุดิบและถ่านที่เตรียมได้ โดย

3.1 บดและคัดขนาดสารตัวอย่างให้มีการกระจายของขนาดอยู่ในช่วงเดียวกันทุกตัวอย่าง

3.2 บรรจุสารตัวอย่างลงในกระบอกตวงขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้มือเคาะที่กระบอกตรวงเบาๆเพื่อให้สารตัวอย่างจัดเรียงตัวแน่น แล้วทำการบันทึกน้ำหนักของสารตัวอย่างที่ใช้

3.3 คำนวณความหนาแน่นของสารตัวอย่างด้วยสมการ

ความหนาแน่น = น้ำหนักของสารตัวอย่าง/ปริมาตรของสารตัวอย่าง (ก-6)

ภาคผนวก ค

โครงการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ จังหวัดนครราชสีมา

โครงการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ จังหวัดนครราชสีมา

1. หลักการและเหตุผลของโครงการ

การพัฒนาประเทศเท่าที่ผ่านมายังขาดข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เชิงพื้นที่อันเป็นหลักฐานชี้นำอย่างเพียงพอและถูกต้องตรงกับสภาวะทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ตรงกับความเป็นจริง เนื่องจากไม่ได้มีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบมาก่อน ข้อมูลต่างๆ จึงกระจายอยู่ตามหน่วยงานที่รับผิดชอบเฉพาะด้าน ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ อีกทั้งการมีส่วนร่วมของประชาชนในการที่จะรับรู้ถึงข้อมูลมีอย่างจำกัดและไม่เป็นธรรม ดังนั้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เกี่ยวกับพื้นที่จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะสามารถแสดง ตำแหน่งที่ตั้งของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังใช้เปรียบเทียบวิเคราะห์ ปละประเมินสถานภาพสิ่งแวดล้อม ตามช่วงเวลาที่แตกต่างกันได้ สามารถศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและตรวจสอบปัญหาที่ต้องการทราบและที่ต้องการแก้ไขอย่างมีประสิทธิภาพ

ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นผู้ดำเนินการให้มีการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรายจังหวัด ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญๆ เช่น ข้อมูลขอบเขตการปกครอง ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ ธรณีวิทยา แหล่งน้ำ ทรัพยากรดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ป่าไม้ แหล่งท่องเที่ยว โครงสร้างพื้นฐานและข้อมูลอื่นๆ ที่จัดทำโดยหน่วยงานต่างๆ ที่รับผิดชอบเฉพาะด้าน มาจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) โดยในปีงบประมาณ 2545 ได้มอบหมายให้ บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด เป็นผู้ดำเนินการในโครงการ “การศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดนครราชสีมา”

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมระดับจังหวัดด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2) เพื่อให้มีระบบข้อมูลดิจิตอลที่มีรายละเอียดทั้งด้านตำแหน่ง ทิศทางและพื้นที่ พร้อมทั้งมีฐานข้อมูลทั้งด้านกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม ฯลฯ ประกอบเพื่อสะดวกในการเรียกค้นวิเคราะห์และจัดพิมพ์รายงาน

3) เพื่อให้มีการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายระบบข้อมูล GIS ที่สะดวก ทันสมัย ง่ายต่อการเรียกใช้

4) เพื่อให้มีข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบเดียวกัน ในการใช้วิเคราะห์แก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมเหมาะสม

5) เพื่อให้มีการบริการ แลกเปลี่ยนข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก

3. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ครอบคลุมถึงการจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จำนวน 10 กลุ่มชั้นข้อมูล หรือ 10 Theme ดังนี้

Theme 1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งพร้อมทั้งขอบเขตการปกครองและขอบเขตพื้นที่ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม (Political Boundary) ด้วยพิกัดภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยรายละเอียด

- ขอบเขตการปกครอง แสดงเส้นแบ่งเขตประเทศ
- ขอบเขตจังหวัด
- ขอบเขตอำเภอ
- ขอบเขตตำบล
- ขอบเขตเทศบาล
- ตำแหน่งหมู่บ้าน
- พร้อมรายละเอียดข้อมูลประกอบ เป็นต้น

Theme ที่ 1.1 แสดงขอบเขตพื้นที่ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม (ถ้ามี) เช่น

- พื้นที่คุ้มครองสิ่งแวดล้อม
- พื้นที่ควบคุมพิเศษ
- เขตประกาศผังเมือง
- พื้นที่ถือครองของรัฐ

Theme ที่ 2 ลักษณะภูมิอากาศ (Meteorology and Climate) ลักษณะจุดตรวจวัดทางอุตินิยมวิทยาและข้อมูลประกอบ เช่น

- ปริมาณน้ำฝน
- อุณหภูมิ
- ความเร็วลม

Theme ที่ 3 ลักษณะภูมิประเทศและทิศทาง (Topography , DTM and Aspect) แสดงเส้นชั้นความสูงและจุดอ้างอิงระดับความสูงของพื้นที่

Theme ที่ 4 ทรัพยากรน้ำ (Water and water Quality) แสดงขอบเขตลุ่มน้ำ แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์จัดทำขึ้น รวมทั้ง ตำแหน่งสถานีวัดคุณภาพน้ำ

Theme ที่ 5 ทรัพยากรแร่ธาตุและโครงสร้างทางธรณีวิทยา (Geology and Mining) แสดงลักษณะทางธรณีวิทยา การทำเหมืองแร่ เขตสัมปทานต่างๆ รวมทั้งลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา

Theme ที่ 6 ทรัพยากรดิน (Soil) แสดงขอบเขต, ประเภท และลักษณะดินชนิดต่างๆ

Theme ที่ 7 ทรัพยากรป่าไม้ (Forest and Forestry) แสดงขอบเขตและชนิดของป่าไม้ รวมทั้งข้อมูลแสดงขอบเขตอุทยานแห่งชาติ, วนอุทยาน, ป่าสงวนแห่งชาติ, เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า, เขตห้ามล่าสัตว์ป่า รวมทั้งพื้นที่ป่าปลูกและการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าไม้

Theme ที่ 8 การใช้ที่ดิน(Land Use) แสดงการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ เช่น เมืองอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ป่าไม้ และอื่นๆ โดยจัดทำไม่น้อยกว่า 2 ช่วงเวลา ดังนี้

8.1 จัดทำข้อมูลปีที่ใกล้เคียงที่สุดกับปี 2545

8.2 จัดทำข้อมูลย้อนหลัง 3-5 ปี จากระยะเวลาในข้อ 8.1

Theme ที่ 9 แหล่งท่องเที่ยว แหล่งสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ และศิลปะกรรม (Tourism sit Natural and Cultural Heritage) แสดงแหล่งท่องเที่ยว และสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ และศิลปกรรมอันควรอนุรักษ์ ทั้งนี้แยกข้อมูลเป็น 2 coverage ตามแหล่งข้อมูล ได้แก่

9.1 สำนักงานนโยบายและแผนพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

9.2 การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย

Theme ที่ 10 โครงสร้างพื้นฐานและสาธารณูปโภค (Infrastructure and Public Facilities)

- แสดงโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน ทางรถไฟ ท่าเรือ ท่าอากาศยาน ไฟฟ้า ประปา โทรศัพท์ และที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรม
- แสดงแหล่งสาธารณูปโภค เช่น โรงพยาบาล โรงเรียน วัด สถานีอนามัย สถานีดับเพลิง

ซึ่งรายละเอียดทั้ง 10 Theme ประกอบด้วยโครงสร้างฐานข้อมูลพร้อม Data Dictionary ตามที่กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมกำหนด และมีการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัย ด้วยการให้ข้อมูลเบื้องต้นจากภาพถ่ายดาวเทียม หรือภาพถ่ายทางอากาศที่เป็นปัจจุบัน พร้อมทั้งมีการตรวจสอบตำแหน่งพื้นที่จริงด้วย GPS เพื่อความถูกต้องของข้อมูลด้านพิกัด โดยเฉพาะข้อมูล Theme ที่ 4 , 8 และ 10

4. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.1 คำจำกัดความของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หรือ GIS (Geographic Information) เป็นเครื่องมือที่ประกอบด้วยองค์ประกอบด้านคอมพิวเตอร์ (hardware) และโปรแกรมต่างๆ (software) ที่ช่วยให้การเก็บรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลต่างๆ เป็นระบบเดียวกัน และองค์ประกอบด้านข้อมูลหรือฐานข้อมูล(database) ที่จัดเก็บในรูปของข้อมูลตัวเลขรหัส (digital format) ข้อมูลที่ใช้งานเป็นข้อมูลที่อ้างอิงค่าพิกัดภูมิศาสตร์เสมอ(geo referenced data) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถอำนวยความสะดวกในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล การสอบถามข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างแบบจำลอง และการแสดงผลข้อมูลได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว ทั้งในรูปของแผนที่ แผนภูมิ และตาราง เพื่อประโยชน์ด้านการวิเคราะห์ข้อมูล การวางแผน การตัดสินใจ และการจำลองคาดการณ์สถานการณ์จริงก่อนที่จะนำไปปฏิบัติงาน

ความสามารถในการทำการวิเคราะห์ข้อมูลของ GIS ที่สำคัญ ได้แก่ การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่หลายๆ แผนที่ดิน แผนที่การใช้ที่ดิน แผนที่ป่าไม้ แผนที่แสดงบริเวณเขตป่าสงวน มาซ้อนกัน ซึ่งจะได้แผนที่แสดงหน่วยของที่ดิน (Land Unit Map) ซึ่งแสดงหน่วยของที่ดินแต่ละหน่วยว่าเป็นประเภทไหนลักษระของดินเป็นอย่างไร การใช้ที่ดินปัจจุบันคืออะไร อยู่ในป่าสงวนหรือไม่ อยู่ห่างจากถนนเท่าใด ซึ่งจากข้อมูลต่างๆ ที่อยู่ในแต่ละหน่วยดินนี้ จะทำให้เราสามารถถามคำถามที่มีความสลับซับซ้อนจาก GIS

4.2 องค์ประกอบขอระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.2.1 องค์ประกอบด้านอุปกรณ์

การจัดเก็บข้อมูล การแก้ไข การสอบถาม(query) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ การสร้างแบบจำลอง และการแสดงผลข้อมูล ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต้องอาศัยองค์ประกอบด้านอุปกรณ์ 2 ส่วนคือ

1. GIS hardware system เป็นปุปกรณ์คอมพิวเตอร์และองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่มีความสามารถในด้าน

- การนำเข้าข้อมูล จัดเก็บข้อมูล หรือแปลงข้อมูลจากระบบอนลอกให้เป็นระบบดิจิตอล องค์ประกอบดังกล่าว ได้แก่ เครื่องพิวเตอร์ (PC , workstation , NT , minicomputer , notebook) เครื่องนำเข้าและแปลงข้อมูล (เครื่องแปลงค่าพิกัดข้อมูล (digitizer) , เครื่องวาดภาพ (scanner))
- การพิมพ์ผลลัพธ์ N ในรูปแบบแผนที่หรือตาราง ได้แก่ เครื่อง printer , plotter

2. GIS software เป็นโปรแกรมต่างๆ ที่มีคุณสมบัติหลักๆ ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การนำเข้าข้อมูล การบริหารข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแสดงผลข้อมูล การสอบถามข้อมูล และการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัย

4.2.2 องค์ประกอบด้านข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถสรุปได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. ข้อมูลประเภทแผนที่ เป็นข้อมูลที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง ประกอบด้วย แผนที่ภูมิประเทศ(topographic map) และแผนที่เฉพาะเรื่อง (thematic map) ซึ่งมีหลากหลายประเภท เช่น ลักษณะการใช้ดิน ธรณีวิทยา ประเภทชุดดิน ประเภทป่าไม้ เขตการปกครอง ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ เขตชลประทาน เป็นต้น แผนที่แต่ละประเภทมีมาตราส่วนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับรายละเอียดและวัตถุประสงค์ของผู้จัดทำ

2. ภาพถ่ายทางอากาศ เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่มีประโยชน์มาก มีมาตราส่วนขนาดใหญ่เป็นส่วนมาก ตั้งแต่มาตราส่วน 1:4,000 – 1:50,000 แต่ภาพถ่ายทางอากาศมีข้อจำกัดในเรื่องของความไม่ทันสมัยของข้อมูล และในบางครั้งมีไม่ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการ

3. ข้อมูลดาวเทียม เป็นข้อมูลที่มีความทันสมัย สามารถใช้ศึกษาการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ต่างๆ บนพื้นผิวโลกได้ในบริเวณกว้าง และมีความถี่ของการรับข้อมูลเร็วและสม่ำเสมอ ข้อมูลดาวเทียมมีทั้งข้อมูลที่เป็นมาตราส่วนเล็ก เช่น ข้อมูลดาวเทียม NOAA (ขนาดจุดภาพ 1.1 กิโลเมตร) และข้อมูลมาตราส่วนใหญ่ เช่น ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT (ขนาดจุดภาพ 30 เมตร) SPOT (ขนาดจุดภาพ 10 และ 20 เมตร) ข้อมูลดาวเทียมรัสเซีย (ขนาดจุดภาพ 2 เมตร) เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลดาวเทียมยังมีคุณสมบัติเป็นข้อมูลหลายช่วงคลื่น (multi-spectral data) จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวางหลายด้าน เช่น ด้านเกษตรกรรม การใช้ที่ดินผังเมือง ธรณีวิทยาและเหมืองแร่ อุตุนิยมวิทยา ประมง รวมทั้งการติดตามภัยพิบัติต่างๆ เช่น ไฟป่า น้ำท่วม ผลกระทบจากพายุหมุนในเขตร้อน เป็นต้น

4. ข้อมูลเศรษฐกิจ-สังคม และข้อมูลบรรยายอื่นๆ เป็นข้อมูลที่มีการจัดเก็บโดยอ้างอิงในเชิงพื้นที่ตามเขตหรือหน่วยพื้นที่ที่กำหนด เช่น ตามเขตการปกครอง (จังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน) เขตสำรวจเฉพาะเรื่อง (สำมะโนการค้า เขตสำรวจปริมาณจราจร) ตัวอย่างข้อมูลประเภทนี้ เช่น จำนวนประชากร ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม ราคาที่ดิน จำนวนสถานบริการสาธารณสุข จำนวนและอัตราผู้ป่วยโรคเอดส์ เป็นต้น

4.2.3 โครงสร้างของข้อมูล

ข้อมูลต่างๆ ที่กล่าวมา สามารถจัดเก็บในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

- ข้อมูลแบบ vector เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งมีการกำหนดค่าพิกัด เป็นค่าพิกัด x , y และ สามารถสร้างองค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ จุด (point) เส้น (line หรือ arc) และพื้นที่รูปปิด (polygon) สำหรับข้อมูลทางเศรษฐกิจสังคม สามารถสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ โดยอาศัยหน่วยพื้นที่เฉพาะ เช่น เขตการปกครอง ตำแหน่งหมู่บ้าน หรือเขตสำรวจ
- ข้อมูลแบบ rester เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีโครงสร้างเป็นตารางกริด โดยกำหนดค่าพิกัดเป็นแถว (row , line) และสดมภ์ (column , pixel)

2. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ(attribute data)เป็นข้อมูลที่อธิบายคุณสมบัติ หรือคุณลักษณะเฉพาะเรื่องในด้านต่างๆ ทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม การใช้ที่ดิน ชนิดของป่าไม้ ฯลฯ โดยมีความเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ สามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปของพื้นที่หรือแผนที่ได้

ผลการศึกษาโครงการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนครราชสีมา

การศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนราชสีมา ทั้ง 10 ชุดข้อมูล ได้ผลการศึกษา ดังนี้

Theme 1 ตำแหน่งที่ตั้ง ขอบเขตการปกครอง และพื้นที่ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม (Political Boundary)

1. ขอบเขตพื้นที่ปกครอง

แบ่งได้เป็น ระดับอำเภอ ระดับตำบล และระดับเทศบาล จากข้อมูล Digital file จัดหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ 20,784.38 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,990,237.50 ไร่ และข้อมูลจากสำนักงานจังหวัดจังหวัดนครราชสีมา มีเนื้อที่ประมาณ 20,494.58 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,809,112.50 ไร่ โดยแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 26 อำเภอ 6 กิ่งอำเภอ 287 ตำบล และประกอบด้วย 1 เทศบาลนคร 45 เทศบาลตำบล ดังรายละเอียดในตารางที่ ค1-ค2

ตารางที่ ค1 แสดงรายชื่ออำเภอ จำนวนตำบล หมู่บ้านและเนื้อที่ของจังหวัดนครราชสีมา

รหัสประจำอำเภอ	ชื่ออำเภอ	จำนวนหน่วยการปกครอง			เนื้อที่ [1]			เนื้อที่ [2]
		ตำบล *	หมู่บ้าน *	หมู่บ้าน**	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ	ตารางกิโลเมตร
2101	เมืองนครราชสีมา	25*	216	220	773.49	483,431.25	3.72	765.33
2102	ขามทะเลสอ	5	46	46	206.36	128,975.00	0.99	215.40
2103	ขามสะแกแสง	7	70	67	331.59	207,243.75	1.60	324.34
2104	คง	10	150	155	671.87	419,918.75	3.23	667.32
2105	ครบุรี	12	120	123	1,896.23	1,185,143.75	9.12	1,678.76
2106	จักราช	8	102	102	588.94	368,087.50	2.83	544.76
2107	ชุมพวง	9	125	126	637.84	398,650.00	3.07	546.49
2108	โชคชัย	10	112	114	546.38	341,487.50	2.63	424.41

ตารางที่ ค1 แสดงรายชื่ออำเภอ จำนวนตำบล หมู่บ้านและเนื้อที่ของจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

รหัสประจำอำเภอ	ชื่ออำเภอ	จำนวนหน่วยการปกครอง			เนื้อที่ [1]			เนื้อที่ [2]
		ตำบล *	หมู่บ้าน *	หมู่บ้าน* *	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ	ตารางกิโลเมตร
0109	ด่านขุนทด	16	192	193	1,444.05	902,531.25	6.95	1,402.89
2110	โดนไทย	10	129	129	537.80	336,125.00	2.59	533.64
2111	โนนสูง	16*	181	183	694.99	434,368.75	3.34	711.14
2112	บัวใหญ่	10	119	120	529.48	330,925.00	2.55	407.65
2113	ประทาย	13	137	139	532.64	332,900.00	2.56	590.14
2114	ปักธงชัย	16	192	193	1,004.80	628,000.00	4.84	1,350.08
2115	ปากช่อง	12	192	195	1,883.96	1,177,475.00	9.07	1,779.13
2116	พิมาย	12	177	182	900.80	563,000.00	4.33	866.60
2117								
2118	สูงเนิน	11	108	106	751.94	469,962.50	3.62	768.50
2119	ห้วยแถลง	10	116	116	523.40	327,125.00	2.52	510.02
2120	เสิงสาง	6	76	77	914.95	571,843.75	4.40	1,014.30
2121	บ้านเหลื่อม	4	36	37	212.07	132,543.75	1.02	218.88
2122	หนองบุนนาก	9	102	102	542.76	339,225.00	2.61	590.45
2123	แก้งสนามนาง	5	53	53	316.55	197,843.75	1.52	308.00
2124	โดนแดง	5	58	58	167.82	104,887.50	0.81	190.85
2125	วังน้ำเขียว	5	75	75	1,175.42	734,637.50	5.66	1,079.00
2126	กิ่งอ.เมืองยาง	4	44	44	266.79	166,743.75	1.28	256.00
2127	กิ่งอ.เทพารักษ์	4	58	58	371.70	232,312.50	1.79	384.00
2128	กิ่งอ.พระทองคำ	5	68	57	358.32	223,950.00	1.72	319.00

ตารางที่ ค1 แสดงรายชื่ออำเภอ จำนวนตำบล หมู่บ้านและเนื้อที่ของจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

รหัสประจำอำเภอ	ชื่ออำเภอ	จำนวนหน่วยการปกครอง			เนื้อที่ [1]			เนื้อที่ [2]
		ตำบล *	หมู่บ้าน *	หมู่บ้าน**	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ	ตารางกิโลเมตร
2129	กิ่งอ.ลำทะเมนชัย	4	53	53	278.06	173,787.50	1.34	266.00
2130	เฉลิมพระเกียรติ	5	53	53	248.44	155,275.00	1.20	271.50
2131	กิ่งอ.สีดา	5	44	45	161.86	101,162.50	0.78	157.00
2132	กิ่งอ.บัวลาย	4	42	41	169.11	105,693.75	0.81	128.00
รวม		289*	3,399	3,424	20,784.38	12,990,237.50	100.00	20,494.58

ที่มา : เนื้อที่[1] - คำนวณจากฐานข้อทูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนครราชสีมา (Digital file)

เนื้อที่ [2] - จากสำนักงานจังหวัดนครราชสีมา (บรรยายสรุปจังหวัดนครราชสีมา) ปีพ.ศ. 2545

หมายเหตุ * -ข้อมูลจำนวนตำบลจากทำเนียบปกครองที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ที่ทำการปกครองจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2545 (หน้า 2-6 ถึง 2-7) รายงานจำนวนตำบลตามโครงสร้างการบริหารราชการส่วนภูมิภาคมีจำนวน 287 ตำบล เนื่องจากไม่นับรวม ตำบลที่อยู่ในเขตเทศบาล ส่วนการรายงานผลการศึกษาจามข้อมูล Digital file ในตารางนี้จะมีจำนวน 289 ตำบล เนื่องจากนับรวมตำบลในเมืองเขตเทศบาลตำบลโดนสูงทั้งตำบล ตามแผนที่แนวเขตการปกครองอำเภอ ตำบล เทศบาล และตำแหน่งหมู่บ้าน มาตราส่วน 1;50,000 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ มีการสำรวจครั้งล่าสุดเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2542 และจากข้อมูลที่มีการปรับปรุงเพิ่มเติม ปี พ.ศ. 2545 ไว้ในข้อมูลนี้ด้วย

** - ข้อมูลจำนวนหมู่บ้านจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ (www.nso.go.th) , มิถุนายน พ.ศ. 2545 มีจำนวนหมู่บ้านทั้งหมด 3,399 หมู่บ้าน

*** - ตำแหน่งหมู่บ้านจากฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ตั้งหมู่บ้าน (Digital file) นำเข้าจากแผนที่แนวเขตการแกครองอำเภอ ตำบล เทศบาล และตำแหน่งหมู่บ้าน มาตราสาวน 1; 50,000 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ มีการสำรวจครั้งล่าสุดเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2542 และจากข้อมูลที่มีการปรับปรุงเพิ่มเติมปี พ.ศ. 2545 มีจำนวน 3,424 หมู่บ้าน และเอกสารประมวลข้อมูลเกี่ยวกับชื่อและเขตการปกครองของท้องถิ่น ปี พ.ศ. 2543 จังหวัดขอนแก่น

- ฐานข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน(กชช.2ค) ปี พ.ศ. 2544 ของกรมการพัฒนาชุมชน มีข้อมูลหมู่บ้านที่สำรวจ จำนวน 3,284 หมู่บ้าน เนื่องจากไม่มีการสำรวจข้อมูลของหมู่บ้านที่อยู่ในเขตเทศบาล ดังนั้นการเชื่อมโยงข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้านกับตารางฐานข้อมูลจะไม่ปรากฏฐานข้อมูล กชช.2ค ครบทุกหมู่บ้าน

ตารางที่ ค2 แสดงรายชื่อเทศบาล และเนื้อที่เทศบาล จังหวัดนครราชสีมา

รหัสประจำเทศบาล	ชื่อเทศบาล	อำเภอ/กิ่งอำเภอ	เนื้อที่	
			ตารางกิโลเมตร	ไร่
2101M001	เทศบาลนครราชสีมา	เมืองนครราชสีมา	35.16	21,975.00
2101M002	เทศบาลตำบลจอหอ	เมืองนครราชสีมา	2.65	1,656.25
2101M003	เทศบาลตำบลโคกกรวด	เมืองนครราชสีมา	3.34	2,087.50
2102M004	เทศบาลตำบลขามทะเลสอ	ขามทะเลสอ	5.97	3,731.25
2103M005	เทศบาลตำบลขามสะแกแสง	ขามสะแกแสง	1.52	950.00
2103M006	เทศบาลตำบลหนองหัวฟาน	ขามสะแกแสง	6.68	4,175.00
2104M007	เทศบาลตำบลเมืองคง	คง	1.40	875.00
2104M008	เทศบาลตำบลเทพาลัย	คง	5.43	3,393.75
2105M009	เทศบาลตำบลแชะ	ครบุรี	1.98	1,237.50
2105M010	เทศบาลตำบลไทรโยง-ไชยวาล	ครบุรี	5.88	3,675.00
2105M011	เทศบาลตำบลจระเข้หิน	ครบุรี	6.70	4,187.50
2106M012	เทศบาลตำบลจักราช	จักราช	3.91	2,443.75
2107M013	เทศบาลตำบลชุมพวง	ชุมพวง	8.94	5,587.50
2108M014	เทศบาลตำบลโชคชัย	โชคชัย	4.57	2,856.25
2108M015	เทศบาลตำบลด่านเกวียน	โชคชัย	10.44	6,525.00
2109M016	เทศบาลตำบลด่านขุนทด	ด่านขุนทด	5.05	3,165.25
2109M017	เทศบาลตำบลหนองกราด	ด่านขุนทด	10.12	6,325.00

ตารางที่ ค2 แสดงรายชื่อเทศบาล และเนื้อที่เทศบาล จังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

รหัสประจำเทศบาล	ชื่อเทศบาล	อำเภอ/กิ่งอำเภอ	เนื้อที่	
			ตารางกิโลเมตร	ไร่
2110M018	เทศบาลตำบลโนนไทย	โนนไทย	0.93	581.25
2111M019	เทศบาลตำบลโคกสวาย	โนนไทย	13.84	8,650.00
2111M020	เทศบาลตำบลโนนสูง	โนนสูง	7.04	4,400.00
2111M021	เทศบาลตำบลตลาดแค	โนนสูง	5.20	3,250.00
2111M022	เทศบาลตำบลมะค่า	โนนสูง	5.99	3,743.75
2112M023	เทศบาลตำบลบัวใหญ่	บัวใหญ่	9.86	6,162.50
2113M024	เทศบาลตำบลประทาย	ประทาย	6.26	3,912.50
2114M025	เทศบาลตำบลเมืองปัก	ปักธงชัย	2.71	1,693.75
2114M026	เทศบาลตำบลตะขบ	ปักธงชัย	16.86	10,537.50
2115M027	เทศบาลตำบลปากช่อง	ปากช่อง	16.39	10,243.75
2115M028	เทศบาลตำบลกลางดง	ปากช่อง	12.89	8,056.25
2116M029	เทศบาลตำบลพิมาย	พิมาย	1.66	1,037.50
2117M030	เทศบาลตำบลสีคิ้ว	สีคิ้ว	11.30	7,062.50
2117M031	เทศบาลตำบลบัวขาว	สีคิ้ว	6.90	4,312.50
2117M032	เทศบาลตำบลคลองไผ่	สีคิ้ว	8.48	5,300.00
2118M033	เทศบาลตำบลสูงเนิน	สูงเนิน	7.84	4,900.00
2118M034	เทศบาลตำบลกุกจิก	สูงเนิน	5.32	3,325.00
2119M035	เทศบาลตำบลห้วยแถลง	ห้วยแถลง	3.88	2,425.00
2119M036	เทศบาลตำบลหินดาด	ห้วยแถลง	7.14	4,462.50
2120M037	เทศบาลตำบลเสิงสาง	เสิงสาง	13.22	8,262.50
2120M038	เทศบาลตำบลโนนสมบูรณ์	เสิงสาง	4.10	2,562.50
2121M039	เทศบาลตำบลบ้านเหลื่อม	บ้านเหลื่อม	3.38	2,112.50
2124M040	เทศบาลตำบลโนนแดง	โนนแดง	5.76	3,600.00
2125M041	เทศบาลตำบลศาลเจ้าพ่อ	วังน้ำเขียว	3.34	2,087.50
2128M042	เทศบาลตำบลพระทองคำ	กิ่งอ.พระทองคำ	7.56	4,725.00

ตารางที่ ค2 แสดงรายชื่อเทศบาล และเนื้อที่เทศบาล จังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

รหัสประจำเทศบาล	ชื่อเทศบาล	อำเภอ/กิ่งอำเภอ	เนื้อที่	
			ตารางกิโลเมตร	ไร่
2129M043	เทศบาลตำบลหนองบัววง	กิ่งอ.ทะเมนชัย	8.25	5,156.25
2130M044	เทศบาลตำบลท่าช้าง	เฉลิมพระเกียรติ	8.75	5,468.75
2131M045	เทศบาลตำบลสีดา	กิ่งอ.สีดา	12.54	7,837.50
2132M046	เทศบาลตำบลหนองบัวลาย	กิ่งอ.บัวลาย	4.06	2,537.50
รวม	341.19	213,243.75		

ที่มา : *เนื้อที่คำนวณจากฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนครราชสีมา (Digital file)

2. ขอบเขตการกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตผังเมือง

จังหวัดนครราชสีมาประกอบด้วยเขตผังเมืองรวม 2 ผัง คือ ผังรวมเมืองโนนสูง (กฎกระทรวงฉบับที่ 440 พ.ศ. 2543) และผังเมืองรวมเมืองบัวใหญ่ กฎกระทรวงฉบับที่ 392 พ.ศ. 2541) ซึ่งจังหวัดนครราชสีมามีพื้นที่อยู่ในเขตผังเมืองรวม(ทั้ง 2 ผัง) ประมาณ 56.61 ตารางกิโลเมตร หรือ 35,381.25 ไร่ และมีการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภทท้ายกฎกระทรวง ดังรายละเอียดในตารางที่ ค3-ค4

ตารางที่ ค3 แสดงพื้นที่การกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน เขตผังเมืองรวมเมืองโนนสูง

รหัส	เขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน	เนื้อที่*		
		ตารางกิโลมตร	ไร่	ร้อยละ
1	ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	2.40	1,500.00	10.70
2	ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.39	237.50	1.69
3	ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	0.12	75.00	0.53
4	ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ	0.15	93.75	0.67
5	ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม	16.16	10,100.00	72.01
6	ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม	2.39	1,493.75	10.65

ตารางที่ ค3 แสดงพื้นที่การกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน เขตผังเมืองรวมเมืองโนนสูง (ต่อ)

รหัส	เขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน	เนื้อที่*		
		ตาราง กิโลมตร	ไร่	ร้อยละ
7	ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา	0.18	112.50	0.80
8	ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา	0.19	118.75	0.85
9	ที่ดินประเภทสถาบันราชการ การสาธารณูปโภค และสาธารณูปการ	0.41	256.25	1.83
10	ที่ดินประเภทโครงการคมนาคมและขนส่ง	0.06	37.50	0.27
รวม		22.44	14,025.00	100.00

ที่มา : *เนื้อที่คำนวณจากฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนครราชสีมา (Digital file)

ตารางที่ ค4 แสดงพื้นที่การกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน เขตผังเมืองรวมเมืองบัวใหญ่

รหัส	เขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน	เนื้อที่*		
		ตาราง กิโลมตร	ไร่	ร้อยละ
1	ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย	4.92	3,075.00	14.40
2	ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.84	525.00	2.46
3	ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	0.20	125.00	0.59
4	ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า	1.59	993.75	4.65
5	ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ	0.38	237.50	1.11
6	ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม	22.83	14,268.75	66.81
7	ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม	2.03	1,268.75	5.94

ตารางที่ ค4 แสดงพื้นที่การกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน เขตผังเมืองรวมเมืองบัวใหญ่ (ต่อ)

รหัส	เขตการใช้ประโยชน์ที่ดิน	เนื้อที่*		
		ตาราง กิโลมตร	ไร่	ร้อยละ
8	ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา	0.33	206.25	0.97
9	ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา	0.50	312.50	1.46
10	ที่ดินประเภทสถาบันราชการ การสาธารณูปโภค และสาธารณูปการ	0.55	343.75	1.61
รวม		34.17	21,356.25	100.00

ที่มา : *เนื้อที่คำนวณจากฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนครราชสีมา (Digital file)

3. ขอบเขตพื้นที่โครงการที่มีการจัดทำรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จังหวัดนคราราชสีมามีโครงการที่ทำการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม จำนวน 22 โครงการ จากข้อมูลรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และกรมทรัพยากรธรณี ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ค5

ตารางที่ ค5 รายชื่อและพื้นที่โครงการที่มีการจัดทำรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมนครราชสีมา

EIA_PRJ_NO	ชื่อโครงการ	เจ้าของโครงการ	เนื้อที่[1]		เนื้อที่[2]
			ตาราง กิโลเมตร	ไร่	(ไร่-งาน-วา)
1	โครงการอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ อ.แก้งสนามนาง	บริษัทอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ที เอ็น จำกัด	0.57	365.25	573-1-48
2	เหมืองแร่หินเกลือ	บริษัท ไทยอาซาฮี เคมีภัณฑ์ จำกัด	0.16	100.00	102-3-9
3	โครงการทำเหมืองแร่เกลือหินด้วยวิธีเหมืองละลายแร่	บริษัท เกลือพิมาย	0.53	331.25	297-1-15

ตารางที่ ค5 รายชื่อและพื้นที่โครงการที่มีการจัดทำรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมนครราชสีมา (ต่อ)

EIA_PRJ_NO	ชื่อโครงการ	เจ้าของโครงการ	เนื้อที่[1]		เนื้อที่[2]
			ตาราง กิโลเมตร	ไร่	(ไร่-งาน-วา)
4	โครงการระบบส่งไฟฟ้า 230 kv. พื้นที่ศึกษาที่ 1	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	2.01	1,256.25*	77-2-0**
5	โครงการระบบส่งไฟฟ้า 230 kv. พื้นที่ศึกษาที่ 2	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	1.13	706.25*	13-3-0**
6	หินบะซอลท์เพื่อการก่อสร้าง	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ทิพวัลย์กลกิจ	0.25	156.25	153-3-66
7	โครงการระบบส่งไฟฟ้า 230 kv. พื้นที่ศึกษาที่ 3	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	2.14	1,337.50*	46-1-0**
8	เหมืองแร่หินแกรนิต	ชาติชาย ศรีกุลเรืองโรจน์	0.06	37.50	-
9	โครงการจัดสรรที่ดินเฟรนด์ชิพ เมโดวส์ คันทรีคลับ	บริษัท เฟรนด์ชิพ เมโดวส์ คันทรีคลับ จำกัด	1.98	1,237.50	1,180-0-54
10	โครงการทำเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์ เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยวิธีเหมืองหาบ	นายประเสริฐ ศรีหิรัญรัตน์	0.29	181.25	167-2-21
11	โครงการทำเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์ เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยวิธีเหมืองหาบ	บริษัท โรงโม่หินโชคชัย จำกัด	0.21	131.25	142-1-02

ตารางที่ ค5 รายชื่อและพื้นที่โครงการที่มีการจัดทำรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมนครราชสีมา (ต่อ)

EIA_PRJ_NO	ชื่อโครงการ	เจ้าของโครงการ	เนื้อที่[1]		เนื้อที่[2]
			ตาราง กิโลเมตร	ไร่	(ไร่-งาน-วา)
12	โครงการทำเหมืองหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์ เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยวิธีเหมืองหาบ	บริษัท โรงโม่หินโชคชัย จำกัด	0.34	212.50	208-3-78
13	เหมือแร่หินปูน	บริษัท เกษมอุตสาหกรรม จำกัด	0.07	43.75	42-1-80
14	หินปูนเพื่อทำปูนขาว	นางภัทรพร จูภาวัง	0.10	62.50	65-1-03
15	เหมืองแร่หินอ่อน	นางนงลักษณ์ ขันธิราช	0.12	75.00	74-0-78
16	เหมืองแร่หินอ่อน	นางละมัย อินทร์ศร	0.09	56.25	55-3-11
17	เหมืองแร่หินอ่อน	บริษัท หิมาลัยหินอ่อน	0.10	62.50	61-2-49
18	เหมืองแร่หินอ่อน	สุทัศน์ อันทานนท์	0.09	56.25	54-1-2
19	เหมืองแร่หินอ่อน	ห้างหุ้นส่วนจำกัด แม่น้ำหินอ่อนและแกรนิต	0.03	18.75	20-2-23
20	เหมืองแร่หินอ่อน	นายไพรินทร์ ศิริเพ็ญพงศ์	0.06	37.50	36-2-75
21	เหมืองแร่หินอ่อน	นางอัญชัน สิทธิสาร	0.03	18.75	19-3-23
22	เหมืองแร่หินอ่อน	นายพิชิต สว่างวิบูลย์พงศ์	0.06	37.50	34-1-66
รวม			10.42	6,512.50	

ที่มา : เนื้อที่[1] เนื้อที่คำนวณจากฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนครราชสีมา (Digital file)

เนื้อที่[2] จากเอกสารโครงการที่มีการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของโครงการทั่วไป สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2545 และเอกสารรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการทำเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณีปี พ.ศ. 2545

หมายเหตุ : * พื้นที่ศึกษาจะเป็นแนวกว้างข้างละ 500 เมตร จากแนวกึ่งกลาง (center line) ของระบบส่งไฟฟ้าทั้งสองด้าน

** เป็นข้อมูลของพื้นที่ดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งจะเป็นแนวกว้างข้างละ 20 เมตร จากแนวกึ่งกลาง(center line) ของระบบส่งไฟฟ้าทั้งสองด้าน

4. ขอบเขตพื้นที่ปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร

พื้นที่ปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตรจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 393 แปลง จากพื้นที่ป่า 43 แห่ง ได้ข้อมูลจากสำนักงานปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร มีรายละเอียดตามตารางที่ ค6

ตารางที่ ค6 พื้นที่ปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตรและจำนวนพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา

พื้นที่ป่าที่ได้รับการจัดสรรเป็นพื้นที่ปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร	จำนวนแปลง	พื้นที่รวม	
		ตารางกิโลเมตร	ไร่
ที่จำแนกฯ ป่าเขาซับประดู่และป่าเขามะกอก	1	194.08	121,301.64
ที่จำแนกฯ ป่าท่าช้าง-หินดาษ	3	5.39	3,367.29
ที่จำแนกฯ ป่านครราชสีมา-ปักธงชัย-โชคชัย	8	95.77	59.855.34
ที่จำแนกฯ ป่ารถไฟสีคิ้ว-สูงเนิน-โคกกรวด	2	62.07	38,791.04
ที่จำแนกฯ ป่าหนองแต้ง-จักราช	4	5.59	3,491.01
ที่จำแนกฯ ป่าเขาใหญ่	1	47.28	29,551.28
ที่จำแนกฯ ป่าครบุรี	5	61.79	38,619.50
ที่จำแนกฯ ป่าโครงการรถไฟมวกเหล็ก	1	125.13	78,206.28
ป่าเขาจอมทอง	1	8.05	5,029.21
ป่าเขาซับประดู่และป่าเขามะกอก	3	21.83	13,643.29
ป่าเขาภูหลวง	7	577.67	361,042.92
ป่าเขาภูหลวง-ป่าวังน้ำเขียวตอนล่าง(นม.3)	1	23.89	14,930.11
ป่าเขาภูหลวง(Y)-ป่าวังน้ำเขียวตอนล่าง(นม.3)	1	75.91	47,441.34
ป่าเขาเสียดอ้า ป่าเขานกยูงและป่าเขาอ่างหิน	33	38.00	23,750.85
ป่าครบุรี	5	299.52	187,197.44
ป่าโคกหลวง	7	750.46	469,037.88

ตารางที่ ค6 พื้นที่ปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตรและจำนวนพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

พื้นที่ป่าที่ได้รับการจัดสรรเป็นพื้นที่ปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร	จำนวนแปลง	พื้นที่รวม	
		ตารางกิโลเมตร	ไร่
ป่าโครงการรถไฟเมืองคงและป่าบัวใหญ่	3	17.24	10,773.80
ป่าดงกระสังและป่าลำพญากลาง	6	584.61	365,383.45
ป่าดงชุมพวง(ป่า F)	1	222.47	139,043.94
ป่าดงพญาเย็น	7	254.35	158,969.57
ป่าดงอีจานใหญ่	4	1,032.10	645,065.59
ป่าท่าช้างและป่าหนองกระทิง	1	71.54	44,712.40
ป่าท่าช้างและป่าหินดาษ	6	346.58	216,613.98
ป่าทำนบเขมร	4	6.12	3,823.72
ป่านครราชสีมา ป่าปักธงชัยและป่าโชคชัย	2	107.64	67,277.53
ป่านครราชสีมาและป่าโชคชัย	1	18.57	11]603.14
ป่านครราชสีมาและปาสปังธงชัย	1	61.62	38,511.38
ป่าปากช่องและป่าหมูสี	1	22.03	13,767.45
ป่าพิมาย	5	451.46	282,164.21
ป่าพิมายแปลงสอง	8	106.67	66,670.03
ป่ามาบกราด	7	21.58	13,488.28
ป่าเมืองไผ่ จ.บุรีรัมย์	1	47.06	29,413.96
ป่าวังน้ำเขียว	1	12.20	7,627.87
ป่าวังน้ำเขียวตอนบน (นม.2)	2	95.25	59,529.40
ป่าสูงเนิน	1	226.51	141,566.86
ป่าหนองเต็งจักราชแปลงสอง	2	21.06	13,163.93
ป่าหนองแวงและป่าดงพญาเย็นแปลงสอง	4	159.77	99,858.11
ป่าห้วยยาง(นม.1) ป่า F	1	38.80	24,248.98
ป่าหินเหล็กไฟ	1	64.60	40,375.03
ป่าอ่างเก็บน้ำลำฉมวก	3	54.76	34,227.26
ป่าอ่างเก็บน้ำบ้านห้วยยาง	1	20.86	13,035.20

ตารางที่ ค6 พื้นที่ปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตรและจำนวนพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

พื้นที่ป่าที่ได้รับการจัดสรรเป็นพื้นที่ปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร	จำนวนแปลง	พื้นที่รวม	
		ตารางกิโลเมตร	ไร่
ไม่ใช่พื้นที่ สปก.	198	14,288.80	8,930,501.54
ไม่ใช่พื้นที่ป่า สปก.	37	0.02	14.62
รวม	393	20,746.70	12,966,687.65

Theme 2 ลักษณะภูมิอากาศ (Meteorology and Climate)

1. ที่ตั้งสถานีอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

จังหวัดนครราชสีมา มีสถานีอุตุนิยมวิทยา จำนวน 37 สถานี แบ่งเป็นสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ ของกรมอุตุนิยมนิยมวิทยา 2 สถานี สถานีอุตุนิยมวิทยาการเกษตร 1 สถานี นอกนั้นเป็นสถานีวัดปริมาณน้ำฝนอีก 34 สถานี รายละเอียดในตารางที่ ค7 และตารางที่ ค8

ตารางที่ ค7 แสดงรายชื่อสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาการเกษตร และสถานีวัดปริมาณน้ำฝน จังหวัดนครราชสีมา

รหัสสถานี	รายชื่อสถานี	ตำแหน่งที่ตั้ง	
		LATITUDE (องศา-ลิปดา-ฟิลิปดา)	LONGITUDE (องศา-ลิปดา-ฟิลิปดา)
431201	สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศนครราชสีมา	14°59'21"	102°05'51"
431301	สถานีอุตุนิยมวิทยาการเกษตรปากช่อง	14°39'59"	101°18'39"
431401	สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศโชคชัย	14°49'19"	102°11'58"
431001	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนพิมาย	15°13'41"	102°29'09"
431002	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนบัวใหญ่	15°34'14"	102°25'13"
431003	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนด่านขุนทด	15°12'37"	101°45'48"
431004	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนสูงเนิน	14°53'12"	101°49'49"
431005	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนปักธงชัย	14°37'24"	101°51'19"
431006	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนครบุรี	14°32'43"	102°11'27"

ตารางที่ ค7 แสดงรายชื่อสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาการเกษตร และสถานีวัดปริมาณน้ำฝน จังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

รหัสสถานี	รายชื่อสถานี	ตำแหน่งที่ตั้ง	
		LATITUDE (องศา-ลิปดา-ฟิลิปดา)	LONGITUDE (องศา-ลิปดา-ฟิลิปดา)
431007	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนจักราช	15°01'51"	102°24'58"
431008	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนคง	15°26'50"	102°19'40"
431009	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนห้วยแถลง	15°00'20"	102°34'04"
431010	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนชุมพวง	15°20'55"	102°44'23"
431011	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนประทาย	15°32'17"	102°43'09"
431012	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนขามสะแกแสง	15°24'44"	102°12'47"
431013	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนเสิงสาง	14°24'60"	102°28'05"
431014	สถานีวัดปริมาณน้ำฝน ปท. โนนไทย	15°14'21"	102°02'05"
431015	สถานีวัดปริมาณน้ำฝน ปท.สีคิ้ว	14°51'10"	101°34'25"
431016	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนสำนักงานเกษตรอำเภอปากช่อง	14°42'41"	101°24'05"
431017	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนโนนสูง	15°11'24"	102°16'00"
431018	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนสถานีทดลองพืชไร่	14°55'00"	101°37'36"
431019	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนสถานีทดลองข้าวพิมาย	15°159'31"	102°35'44"
431020	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนสวนป่ากลางดง อำเภอปากช่อง	14°34'56"	101°24'34"
431021	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนโรงเรียนบ้านท่าหลวง อำเภอพิมาย	15°15'24"	102°31'48"
431022	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนนิคมสร้างตนเองพิมาย	15°18'54"	102°32'05"
431023	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนหน่วยป้องกันรักษาป่าที่ นม.3 อำเภอ	14°31'24"	101°57'55"
431024	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนโรงเรียนบ้านศาลเจ้าพ่อ		
431025	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนหนองบุนนาก	14°43'06"	102°20'24"

ตารางที่ ค7 แสดงรายชื่อสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาการเกษตร และสถานีวัดปริมาณน้ำฝน จังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

รหัสสถานี	รายชื่อสถานี	ตำแหน่งที่ตั้ง	
		LATITUDE (องศา-ลิปดา-ฟิลิปดา)	LONGITUDE (องศา-ลิปดา-ฟิลิปดา)
431026	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนแก้งสนามนาง	15°40'29"	102°13'36"
431027	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนศูนย์พัฒนาหมู่บ้านชนบทซับใต้	14°33'41"	101°13'27"
431028	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนสถานีวิจัยผลผลิตของป่า	14°38'15"	101°30'56"
431029	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนวังน้ำเขียว	14°24'05"	101°52'27"
431030	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่	14°29'09"	101°25'57"
431031	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนศูนย์เทคโนโลยีราชมงคล	14°59'48"	102°08'57"
431032	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนกิ่งอำเภอเมืองยาง	15°26'15"	102°51'48"
431033	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนกิ่งอำเภอเทพารักษ์	15°17'06"	101°30'54"
431036	สถานีวัดปริมาณน้ำฝนสถานีวิจัยพืชลำตะคอง	14°31'24"	101°31'35"

ที่มา : ฝ่ายข้อมูล กรมอุตุนิยมวิทยาปี พ.ศ. 2545

ตารางที่ ค8 สถิติปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ และค่าการระเหยของน้ำ จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2544

เดือน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน 26 สถานี (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียล)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ค่าการระเหยของน้ำ (มิลลิเมตร)
มกราคม	8.2	25.0	66.3	127.6
กุมภาพันธ์	16.0	26.3	63.1	134.1
มีนาคม	57.2	28.9	62.6	172.8
เมษายน	114.7	29.3	69.7	160.4
พฤษภาคม	156.4	28.8	74.8	157.2
มิถุนายน	109.2	29.0	73.3	155.4
กรกฎาคม	118.9	28.5	74.3	148.0
สิงหาคม	175.2	28.1	76.4	133.8
กันยายน	181.7	27.3	80.4	120.3
ตุลาคม	127.2	27.0	79.8	120.1
พฤศจิกายน	28.0	25.1	74.1	119.5
ธันวาคม	0.6	23.7	67.3	130.7
เฉลี่ย	1,093.3	27.3	71.8	140.0

ที่มา : คำนวณจากฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนครราชสีมา (Digital file)
ข้อมูลนำเข้าจากฝ่ายข้อมูล กรมอุตุนิยมวิทยาปี พ.ศ. 2545

2. ที่ตั้งจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศ

การตรวจวัดมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา โดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ช่วงระหว่างวันที่ 16-28 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 ได้สรุปผลการตรวจวัดได้ว่าสภาวะมลพิษทางอากาศในช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัดนั้น ไม่มีสารมลพิษชนิดใดใน 10 ชนิดที่ได้ทำการตรวจวัด มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานในบรรยากาศของประเทศไทย(พ.ศ. 2538) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ชนิด ไมโครเมตรเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ซึ่งตรวจพบว่ามีค่าความเข้มข้นค่อนข้างสูง โดยเฉพาะวันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2544 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานอยู่เพียงประมาณหนึ่งในสามเท่านั้น และยังพบว่าในแต่ละชั่วโมงก็ยังพบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นขนาดเล็กอยู่ในระดับค่อนข้างสูงโดยเฉพาะช่วงเวลากลางคืน ณ บริเวณอนุสาวรีย์ท้าวสุรนารี นอกจากฝุ่นขนาดเล็กแล้วยังมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซโอโซนที่มีค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง สูงสุดอยู่ในระดับค่อนข้างสูง

แต่ยังคงต่ำกว่าค่ามาตรฐานโดยประมาณ 12-17 เท่า และ 1.9-2.4 เท่าตามลำดับ ส่วนก๊าซชนิดอื่นๆ ยังคงต่ำกว่าค่ามาตรฐานค่อนข้างมากจัดอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย แสดงรายละเอียดในตารางที่ ค9

ตารางที่ ค9 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด	CO (ppm)	CH_4 (ppm)	NON_CH_4 (ppm)	THC (ppm)	MHC (ppm)	NO (ppm)	NO_2 (ppm)	NO_x (ppm)	SO_2 (ppm)	O_3 (ppm)	TSP (ppm)	PM10 (mg/cm^3)	Pb (ppm)
โรงแรม เค.เอส พาวิลเลี่ยน	1.1	3.1	NA	3.4	-	0.013	0.170	0.026	ND	7.2	NA	0.05	NA
อนุสาวรีย์ท้าวสุรนารี	0.9	2.1	NA	2.3	-	0.006	0.044	0.052	ND	41.0	NA	0.05	NA

ที่มา : ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนครราชสีมา (Digital file) ข้อมูลนำเข้าจากเอกสารรายงานผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2544

หมายเหตุ ND = Non detectable (มีค่าต่ำกว่า Lower detection limit หรือ ไม่สามารถตรวจวัดได้)

NA = No data / ไม่มีข้อมูลจากแหล่งข้อมูล

3. ที่ตั้งจุดตรวจวัดคุณภาพเสียง

ในส่วนของการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง จาก 11 จุดวัด ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่าค่าระดับเสียงอยู่ในช่วง 53-70 เดซิเบลเอ และ 83-102 เดซิเบลเอ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป และระดับเสียงสูงสุดของประเทศที่กำหนดค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไว้ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ และ 115 เดซิเบลเอ สำหรับระดับเสียงสูง ยังไม่พบจุดตรวจวัดใดที่มีค่าระดับเสียงเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด ถึงแม้ว่าค่าระดับเสียงที่เกิดจากการตรวจวัดทั้ง 11 จุดตรวจ ยังไม่เกินมาตรฐาน แต่ระดับเสียงที่จุดตรวจวัดโรงเรียนอนุบาลเทศบาลนครราชสีมา และโรงเรียนเทศบาล 2 (สมอราย) มีค่าค่อนข้างสูงในช่วงเวลากลางวันที่มีการเรียนการสอน ซึ่งเสียงที่เกิดขึ้นนี้อาจมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ในส่วนของการตรวจวัดระดับเสียงริมถนนนั้น ค่าระดับเสียงเฉลี่ยมีค่าค่อนข้างสูง คือในช่วง 74-80 เดซิเบลเอ ซึ่งค่าระดับเสียงนี้อาจมีผลกระทบกับผู้ที่อาศัยอยู่ริมถนนเป็นเวลานาน ทำให้เป็นอันตรายต่อระบบการได้ยินได้ แสดงรายละเอียดในตารางที่ ค10

ตารางที่ ค10 ผลการตรวจวัดคุณภาพเสียงภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	วันที่ทำการตรวจวัด	ช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด	ค่าระดับเสียงเฉลี่ย หน่วยเอซิเบล
21201	โรงเรียนอนุบาลนครราชสีมา	23-27/07/2544	00.00-24.00	69.0
21202	โรงเรียนเทศบาล 2 (สมอราย)	23-27/07/2544	00.00-24.00	70.0
21203	สถานบริบาลเด็กปฐมวัย	23-27/07/2544	00.00-24.00	62.0
21204	ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน	23-27/07/2544	00.00-24.00	63.0
21205	โรงพยาบาลจิตเวช	23-27/07/2544	00.00-24.00	66.0
21206	โรงพยาบาลเซนต์เมรี่	23-27/07/2544	00.00-24.00	57.0
21207	สำนักงานสิ่งแวดล้อมเขต 5	23-27/07/2544	00.00-24.00	53.0
21208	ชุมชนมหาชัย	23-27/07/2544	00.00-24.00	58.0
21209	ชุมชนสามัคคี	23-27/07/2544	00.00-24.00	53.0
21210	ชุมชนสำโรงจันทร์	23-27/07/2544	00.00-24.00	59.0
21211	ชุมชนหนองบัวรอง	23-27/07/2544	00.00-24.00	68.0
21212	ถนนสุรนารายณ์	23-27/07/2544	00.00-24.00	76.0
21213	ถนนช้างเผือก	23-27/07/2544	00.00-24.00	74.0
21214	ถนนมิตรภาพ(ไปขอนแก่น)	23-27/07/2544	00.00-24.00	79.0
21215	ถนนมิตรภาพ(เข้านครราชสีมา)	23-27/07/2544	00.00-24.00	76.0
21216	ถนนมุขมนตรี	23-27/07/2544	00.00-24.00	78.0
21217	ถนนมิตรภาพ(ไปบุรีรัมย์)	23-27/07/2544	00.00-24.00	79.0

ที่มา : เอกสารรายงานผลการตรวจวัดระดับเสียงในเขตเทศบาลนครราชสีมา ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2544

Theme 3 ลักษณะภูมิประเทศและทิศทาง (Topography , DTM and Aspect)

1. เส้นชั้นความสูงและจุดอ้างอิงระดับความสูงของพื้นที่

ระยะห่างของเส้นชั้นความสูง ระยะ 20 เมตร และจุดอ้างอิงระดับความสูงของพื้นที่

2. ทิศทางความลาดเอียง

ทิศทางความลาดเอียง(Aspect) คือ ทิศทางการหันของพื้นผิวภูมิประเทศเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยคำนวณจากทิศเหนือที่ 0 องศา เป็นหลัก ตามเข็มนาฬิกามาทางทิศตะวันออก คือ 90 องศา ลงมาทางทิศใต้ คือ 180 องศา และทางตะวันตก 270 องศา ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่ของจังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นที่ราบ

ตารางที่ ค11 ทิศทางความลาดเอียงของภูมิประเทศ จังหวัดนครราชสีมา

ทิศทางที่ทำมุมหันเข้าดวงอาทิตย์	จำนวนพื้นที่	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่
Flat plain(-1)	4,964.42	3,102,760.52
North (337.5-22.5)	2,303.97	1,439,982.21
Northeast (22.5-67.5)	2,569.30	1,605,815.55
Northwest (292.5-337.5)	1,701.50	1,063,436.36
South (15735-202.5)	1,710.65	1,069,157.17
Southeast (112.5-157.5)	2,091.62	1,307,263.05
Southwest (202.5-247.5)	1,398.50	874,059.46
East (67.5-112.5)	2,555.74	1,597,334.65
West (247.5-292.5)	1,488.68	930,422.15

3. ระดับความสูงของภูมิประเทศ

ระดับความสูงของพื้นที่ (Elevation) แบ่งช่วงระดับความสูงทุกๆ 100 เมตร

ตารางที่ ค12 ค่าระดับความสูงของพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

ค่าระดับความสูงของพื้นที่	จำนวนพื้นที่	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่
100	20.59	12,871.44
200	7,907.12	4,941,951.40
300	7,788.92	4,868,074.88
400	2,011.07	1,256,918.84
500	1,509.71	943,571.46
600	725.05	453,157.69
700	480.57	300,353.87
800	233.99	146,246.12
900	66.44	41,527.13
1000	27.38	17,113.44
1100	11.15	6,970.88
1200	1.38	861.88
1300	0.94	590.56
1400	0.04	23.00

4. ความลาดชันของภูมิประเทศ

ความลาดชัน(Slop) จำแนกโดยค่าพิสัยของร้อยละความลาดชันของสภาพภูมิประเทศ โดยจำแนกออกเป็น 8 ระดับ ซึ่งสภาพทั่วไปของจังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นที่ราบ

ตารางที่ ค13 ค่าความลาดชันของภูมิประเทศจังหวัดนครราชสีมา

ช่วงค่าความลาดชัน	จำนวนพื้นที่	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่
0-5%	1,788.19	1,092,616.24
10-15%	530.27	331,417.27
15-20%	419.30	262,064.55
20-25%	325.56	203,476.50
25-30%	257.93	161,205.94
30-35%	199.62	124,762.14
5-10%	887.70	554,810.00
Greater than 35%	575.81	359,878.49

Theme 4 ทรัพยากรน้ำ (Water and Water Quality)

1. เขตลุ่มน้ำ

จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ครอบคลุม 5 ลุ่มน้ำหลัก ประกอบด้วย ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำชี ลุ่มน้ำป่าสัก ลุ่มน้ำปราจีนบุรี และลุ่มน้ำบางปะกง รายละเอียดดังตารางที่ ค14

ตารางที่ ค14 พื้นที่ลุ่มน้ำหลักในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

ลุ่มน้ำ	จำนวนลำน้ำสาขา	จำนวนพื้นที่	
		ตารางกิโลเมตร	ไร่
ลุ่มน้ำมูล	17	19,002.07	11,876,293.58
ลุ่มน้ำชี	4	852.84	533,024.59
ลุ่มน้ำป่าสัก	4	780.67	487,916.02
ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	15	128.39	80,240.89
ลุ่มน้ำบางปะกง	5	20.45	12,780.07
รวม		20,784.42	12,990,255.15

2. ขอบเขตชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ

จังหวัดนครราชสีมามีสภาพป่าที่อุดมสมบูรณ์ จึงมีชั้นคุณภาพลุ่มน้ำตั้งแต่ชั้น 1A ไปจนถึง 5 B ซึ่งแต่ละชั้นคุณภาพน้ำ พื้นที่ดังตารางที่ ค15

ตารางที่ ค15 พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ จังหวัดนครราชสีมา

ลำดับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	พื้นที่	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1A	1,497.66	936,035.53
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1B	278.91	174,320.40
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 2	32.05	20,034.03
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 2A	265.71	166,071.66
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 2B	113.57	70,984.37
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 3	146.59	91,619.48
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 3A	487.70	304,814.35
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 3B	394.41	246,503.44
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 4	331.74	207,334.65
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 4A	1,073.93	671,207.94
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 4B	4,403.60	2,752,250.44

ตารางที่ ค15 พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ จังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

ลำดับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	พื้นที่	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 5	140.87	88,040.94
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 5A	270.87	169,295.99
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 5B	11,329.17	7,080,713.30
พื้นที่แหล่งน้ำ	19.78	12,359.67

3. ขอบเขตพื้นที่แหล่งน้ำ

จังหวัดนครราชสีมามีพื้นที่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ และที่สร้างขึ้นรวมทั้งหมด 183.42 ตารางกิโลเมตร มีรายละเอียดตามตารางที่ ค16

ตารางที่ ค16 พื้นที่แหล่งน้ำ จังหวัดนครราชสีมา

พื้นที่แหล่งน้ำ	จำนวน	จำนวนพื้นที่	
		ตารางกิโลเมตร	ไร่
ห้วย หนอง คลอง บึง มีน้ำตลอดปี	2,965	76.62	47,889.88
ห้วย หนอง คลอง บึง ไม่มีน้ำตลอดปี	282	9.75	6,093.60
อ่างเก็บน้ำ	154	67.60	42,247.92
คลองชลประทาน	33	0.47	294.11
แม่น้ำสายหลัก	130	28.12	17,577.22
พื้นที่แหล่งน้ำที่ไม่มีน้ำ	30	0.86	535.84
รวม		183.42	114,638.57

4. ขอบเขตชั้นน้ำบาดาล

แหล่งน้ำบาดาลในจังหวัดนครราชสีมา มีการสะสมตามหน่วยหินชนิดต่างๆ กัน จำนวนแหล่งน้ำบาดาลตามลักษณะภูมิประเทศ มีรายละเอียดตามตารางที่ ค17

ตารางที่ ค17 หน่วยหินน้ำบาดาล และพื้นที่สะสมตัวของหินให้น้ำบาดาล จังหวัดนครราชสีมา

หน่วยหินน้ำบาดาล	จำนวนแหล่ง	พื้นที่	
		ตารางกิโลเมตร	ไร่
หน่วยหินห้วยหินลาด	1	73.13	45,705.64
หน่วยหินโคกกรวด	6	4,059.89	2,537,433.55
หน่วยหินมหาสารคาม	5	8,051.73	5,032,330.56
หน่วยหินตะกอน	3	224.96	140,599.59
หน่วยหินภูกระดึง	3	391.05	244,405.36
หน่วยหินภูพาน	7	927.48	579,675.22
หน่วยหินพระวิหาร	2	2,523.41	1,577,129.14
หน่วยหินราชบุรี	1	911.21	569,504.39
หน่วยหินอัคนีเชิงซ้อน	3	861.58	538,487.18
หน่วยหินเสาขรัว	2	818.94	511,839.78
กลุ่มหินอัคนี	1	679.71	424,816.88
การสะสมตามดินตะกอน	6	1,119.52	699,700.05
การสะสมตามที่ราบขั้นบันได	3	141.88	88,675.77
รวม		20,784.49	12,990,303.11

5. พื้นที่โครงการพัฒนาแหล่งน้ำและจุดตรวจวัด จังหวัดนครราชสีมามีพื้นที่ชลประทาน 946.07 ตารางกิโลเมตร หรือ 591,288.42 ไร่ เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง 132 แห่ง อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก 370 แห่ง ที่ตั้งบ่อน้ำบาดาล มีจำนวนบ่อบาดาลจำนวน 4,181 บ่อ และตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ มีจำนวน 40 จุดตรวจวัด

Theme 5 ทรัพยากรแร่ธาตุและโครงสร้างทางธรณีวิทยา (Geology and Mining)

1. ขอบเขตพื้นที่ลักษณะของหน่วยธรณีวิทยา

แผนที่ธรณีวิทยา หมายถึง แผนที่แสดงการจัดหมวดหมู่ของหิน และการลำดับชั้นหมวดหินที่จำแนกตามอายุและชนิดของหินประกอบกัน

จากข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากร ลักษณะทางธรณีวิทยาของจังหวัดนครราชสีมา ประกอบด้วยชุดหินโคราชซึ่งเกิดขึ้นระหว่างปลายยุคไทรแอสซิก (Triassic) จนถึงยุคครีเทเชียส (Cretaceous) หรือระหว่าง 135-225 ล้านปีมาแล้ว และมีบางแห่งเป็นชุดหินราชบุรี ซึ่งส่วนใหญ่ทางทิศตะวันตกของอำเภอปากช่อง เป็นหินที่เกิดในยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferour) และยุคเพอร์เมียน (Permian) หรือประมาณ 270-350 ล้านปีมาแล้ว นอกจากหินชั้นและหินแปรดังกล่าวแล้ว ยังพบหินอัคนีซึ่งเกิดในยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) หรือประมาณ 70 ล้านปีมาแล้ว ได้แก่ หินบะซอลท์ ซึ่งพบทางแถบตะวันออกบริเวณอำเภอครบุรี เสิงสางและหนองบุนนาก

พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด โดยเฉพาะทางทิศเหนือ ทิศตะวันตก และตอนกลางของจังหวัด พบว่าเป็นพื้นที่ตะกอนน้ำพา (ALLUVIAL DEPODITE) มากที่สุด มีเนื้อที่ประมาณ 5,980.37 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 28.77 ของพื้นที่จังหวัด ซึ่งเกิดในยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ถึงยุคปัจจุบัน (Recent) มีอายุ 2-3 ล้านปี รองลงมาคือ หน่วยหินมหาสารคาม (MAHA SARAKHAM) มีเนื้อที่ประมาณ 3,675.62 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 17.68 ของพื้นที่จังหวัด คำอธิบายหน่วยหินต่างๆ เรียงตามลำดับชั้นกินที่เริ่มตั้งแต่หินอายุน้อยสุดไปหาชุดหินที่มีอายุมากที่สุด ที่พบในจังหวัดนครราชสีมา แสดงในตารางที่ ค18 - ค19

2. ตำแหน่งและแนวโครงสร้างทางธรณีวิทยา

โครงสร้างธรณีวิทยา แสดงลักษณะของแนวเส้นตรงและเส้นโค้ง ได้แก่ แนวรอยเลื่อน แนวรอยแตก และแนวรอยคดโค้งรูปแบบต่างๆ (ประทุนคว่ำ ประทุนหงาย และตลบกลับ) พร้อมทั้งแสดงตำแหน่งที่ระบุทิศทางของโครงสร้าง (Strike Direction) และค่าของมุมเทของชั้นหิน (Dip Angle) และแสดงตำแหน่งของชนิแร่ที่พบ

ลักษณะเส้นโครงสร้างทางธรณีวิทยา ที่พบบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ รอยเลื่อน รอยคดโค้งรูปประทุนคว่ำ รอยคดโค้งรูปประทุนหงาย ตำแหน่งที่พบซากดึกดำบรรพ์ แหล่งสะสมแร่ทองแดง แหล่งสะสมศิลาแลง เหมือง(ตะกั่ว) ที่หยุดดำเนินการ เหมือง(พลวง)ที่หยุดดำเนินการ แหล่งหิน และแหล่งหินบะซอลต์

3. พื้นที่สัมปทานและประทานบัตรเหมืองแร่

จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ที่เป็นแปลงประทานบัตรเหมืองแร่ จำนวน 71 แปลง และแปลงคำขอประทานบัตรเหมืองแร่ จำนวน 13 แปลง

ตารางที่ ค18 แสดงเนื้อที่ของหน่วยหิน ในจังหวัดนครราชสีมา

สัญลักษณ์	หน่วย(FORMATION)	เนื้อที่*		
		ตาราง กิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
Qa	ALLUVIAL DEPOSITS(ตะกอนน้ำพา)	5,980.37	3,737,731.25	28.77
Qt	TERRACE DEPOSITS(ตะกอนตะพักลุ่มน้ำ)	643.41	402,131.25	3.10
KTms	MAHA SARAKHAM(หน่วยหินมหาสารคาม)	3,675.62	2,297,2625.50	17.68
Kkk	KHOK KRUAT(หน่วยหินโคกกรวด)	2,766.47	1,729,043.75	13.31
Jpp	PHU PHAN(หน่วยหินภูพาน)	852.32	532,700.00	4.10
Jsk	SAO KHUA(หน่วยหินเสาขรัว)	974.90	609,312.50	4.69
Jpw	PHRA WIHAN(หน่วยหินพระวิหาร)	2,361.32	1,475,825.00	11.36
TRhl	HUAI HIN LAT(หน่วยหินห้วยหินลาด)	103.38	64,612.50	0.50
TRht	HINTANG HORNBLENDITE(หินฮอร์เบลนไดต์เขาหินตั้ง)	14.29	8,931.25	0.07
TRs	SOI WOI INTRUSIVES(หน่วยหินอัคนีเขาสอยวอย)	498.54	311,587.50	2.40
Bs	OKIVINE BASALT(หินโอลิวีน บะซอลต์เป็นส่วนใหญ่)	1,017.28	635,800.00	4.89
Pkd	KHAO KHAD(หน่วยหินเขาขาด)	555.98	347,487.50	2.68
Pn	NONG PONG(หน่วยหินหนองโป่ง๗	255.72	159,825.00	1.23
Ppa	PANG ASOK(หน่วยหินปางอโศก)	97.76	61,100.00	0.47
Ps	SAP BON(หน่วยหินซับบอน)	196.42	122,762.50	0.95

ตารางที่ ค18 แสดงเนื้อที่ของหน่วยหิน ในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

สัญลักษณ์	หน่วย(FORMATION)	เนื้อที่*		
		ตาราง กิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
PTRp	PHRA NGAM DIORITE(หน่วยหินไดโอไรต์ เขาพระงาม)	42.33	26,456.25	0.20
PTRku	KHAO YAI VOLCANICS(หน่วยหินภูเขาไฟเขาใหญ่)	233.49	145,931.25	1.12
W	WATER BODY(พื้นที่แหล่งน้ำ)	51.57	32,231.25	0.25
รวม		20,784.39	12,990,243.75	100.00

ที่มา : เนื้อที่คำนวณจากฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนครราชสีมา (Digital file)

ตารางที่ ค19 แสดงคำอธิบายชนิด หน่วย และอายุของหินในจังหวัดนครราชสีมา

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วยหิน	ชุด	อายุ
Qa	ตะกอนน้ำพา กรวด ทราย ทรายแป้ง และดิน	ALLUVIAL DEPOSITS(ตะกอนน้ำพา)	ไม่ระบุ	ควอเทอร์นารี มหายุคซีโนโซอิก
Qt	ตะกอนตะพักลุ่มน้ำ กรวด ทราย ทรายแป้ง และดิน	TERRACE DEPOSITS(ตะกอนตะพักลุ่มน้ำ)	ไม่ระบุ	ควอเทอร์นารี มหายุคซีโนโซอิก
KTms	หินโคลน หินดินดาน หินทรายแป้ง และหินทรายเม็ดละเอียด สีน้ำตาลแกมแดง แดง และแดงอิฐ มีเกลือหินและอิแวรพอไรต์อื่นในช่วงล่าง	MAHA SARAKHAM(มหาสารคาม)	โคราช	ช่วงล่างเทอร์เชียรี (มหายุคซีโนโซอิก) ช่วงบนครีเทเชียส (มหายุคมีโซโซอิก)

ตารางที่ ค19 แสดงคำอธิบายชนิด หน่วย และอายุของหินในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วยหิน	ชุด	อายุ
Kkk	หินทราย หืนทรายแป้ง หินดนินดาน และหินกรวดมนเม็ดปูน สีน้ำตาลแกมแดงเทา ขาวแกมเทา และน้ำตาล มียิปซั่มในช่วงบน	KHOK KRUAT (โคกกรวด)	โคราช	ช่วงบน-ช่วงล่างครีเทเชียส (มหายุคมีโซโซอิก)
Jpp	หินทรายและหินทรายปนกรวดมน ชั้นหนาและมีรอยชั้นขวางสีเทาอมน้ำตาล สีเทาอมชมพูและสีส้มมีหินทรายแป้งและหินดินดานสีน้ำตาลอมแดงปนด้วย	PHU PHAN(ภูพาน)	โคราช	ช่วงบน-ช่วงล่างจูเรสซิกมหายุคมีโซโซอิก
Jsk	หินทราย สีน้ำตาลแกมแดง เนื้อปนไมก้า หินทรายแป้ง สีน้ำตาลแกมเทา และสีน่ำตาลแกมแดง หินดินดาน สีน้ำตาลแกมม่วงและแดงอิฐเนื้อปนไมก้า และหินกรวดมนเม็ดปูน	SAO KHUA (เสาขรัว)	โคราช	ช่วงบน-ช่วงล่างจูเรสซิกมหายุคมีโซโซอิก
Jpw	หินทราย สีขาวและสีชมพู ออร์ โทควอร์ตซิดิก ในช่วงของชั้นหินมักมีกรวดปน ชั้นหนามากมีชั้นขวาง พบหินดินดานและหินกรวดมนสีน้ำตาลแกมแดง และเทาแทรกสลับบ้าง	PHRA WIHAN (พระวิหาร)	โคราช	ช่วงบน-ช่วงล่างจูเรสซิกมหายุคมีโซโซอิก
Jpk	หินดินดาน สีน้ำตาล สีน้ำตาลแกมแดงและแดงแกมม่วง เนื้อปนไมก้า หินทรายแป้งและหินทราย สีน้ำตาลและเทา เนื้อปนไมก้า มีรอยชั้นขวางขนาดเล็ก และมีชั้นหินกรวดมนเม็ดปูนแทรกสลับบ้าง	PHU KRADUND (ภูกระดึง)	โคราช	ช่วงบน-ช่วงล่างจูเรสซิกมหายุคมีโซโซอิก

ตารางที่ ค19 แสดงคำอธิบายชนิด หน่วย และอายุของหินในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วยหิน	ชุด	อายุ
TRhl	หินกรวดมน สีเทาและน้ำตาลแกมแดง หินทรายและหินทรายแป้ง สีเทา สีเหลืองแกมเทาและน้ำตาลแกมแดง หินดินดานสีเทาปนเนื้อปูน หินโคลน หินปูน สีเทาปนเนื้อดิน	HUAI HIN LAT (ห้วยหินลาด)	โคราช	ยุคไทรแอสซิกช่วงบน มหายุคมีโซโซอิก
TRht	หินฮอร์เบลนไดต์ ชนิดเนื้อปานกลางถึงเนื้อหยาบ	HINTANG HORNBLENDITE(หินฮอร์เบลนไดต์เขาหินตั้ง)	ไม่ระบุ	ช่วงบน ไทรแอสซิก มหายุคซีโนโซอิก
TRs	หินอัคนีแยกประเภทไม่ได้ ประกอบด้วยหินแกรโนไดโอไรต์ หินฮอร์นแบรนด์ แกรนิต หินไบโอไทต์แกรนิต หินควอตไซต์ไดโอไรต์ และหินไซโนไดโอไรต์ บางแห่งเป็นหินแกรนิตที่ถูกบีบ	SOI WOI INTRUSIVES (อัคนีเขาสอยวอย)	ไม่ระบุ	ช่วงบน ไทรแอสซิก มหายุคพาลีโอโซอิก
Bs	หินโอลิวีน บะซอลต์เป็นส่วนใหญ่	OKIVINE BASALT(หินโอลิวีนบะซอลต์เป็นส่วนใหญ่)	ไม่ระบุ	เทอร์เชียรี มหายุคพาลีโอโซอิก
Pkd	หินปูนสีดำ เทาเข้มจนถึงเทาอ่อน บางแห่งเป็นหินปูนตกผลึกใหม่ หินปูนเนื้อเดียวกับหินโดโลไมต์ มักมีหินเชิร์ตที่เป็นกระเปาะและเป็นชั้นดีแทรก บางส่วนคั่นสลับด้วยหินดินดาน หินทราย และหินภูเขาไฟบ้างเล็กน้อย บางแห่งเป็นหินอ่อน และหินแคลก์-ซิลิเกต	KHAO KHAD (เขาขาด)	ราชบุรี	ช่วงบนเพอร์เมียน มหายุคพาลีโอโซอิก

ตารางที่ ค19 แสดงคำอธิบายชนิด หน่วย และอายุของหินในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วยหิน	ชุด	อายุ
Pn	หินปูนสีดำถึงเทาดำ ลักษณะมีลายเป็นแถบหยาบและกับหินเชิร์ตเป็นชั้นดี หินดินดาน หินทรายปนทัฟฟ์สีขี้ม้าเทาแกมน้ำตาล น้ำตาลแกมเทา และมีหนังลูกวัวอ่อน บางแห่งเป็นหินฮอร์นแฟลล์ หินชนวน หินควอร์ตไซต์ ส่วนมากมีซากไครนอยด์ ฟูซูลิน และปะการัง	NONG PONG(หนองโป่ง)	ราชบุรี	ช่วงล่าง-ช่วงกลาง เพอร์เมียน มหายุคพาลีโอโซอิก
Ppa	หินดินดาน หินดินดานกึ่งหินชนวน และหินชนวนชั้นบางสีเทา ขี้ม้า น้ำตาล และน้ำตาลแกมแดงเรื่อ มีชั้นกินทรายและหินปูนแทรกเป็นกระเปาะบ้าง บางแห่งเป็นหินฮอร์นเฟลส	PANG ASOK (ปางอโศก)	ราชบุรี	ช่วงล่าง-ช่วงกลาง เพอร์เมียน มหายุคพาลีโอโซอิก
Ps	หินทราย หินซิลต์ หินดินดาน หินดินดานปนเชิร์ต และหินเชิร์ทสีเทา น้ำตาลอ่อนๆ ชั้นบางๆ สลับด้วยหินปูนสีเทา บางแห่งเป็นหินฟีลไลต์ และหินชีสต์	SAP BON(ซับบอน)	ราชบรี	ช่วงล่าง-ช่วงกลาง เพอร์เมียน มหายุคพาลีโอโซอิก
PTRku	หินภูเขาไฟแยกประเภทไม่ได้ ประกอบด้วยหินไลโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินทัฟฟ์ ที่มีส่วนประกอบของไรโดไลต์ และแอนดีไซต์กับหินกรวดภูเขาไหและหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ	KHAO YAI VOLCANICS (หินภูเขาไฟเขาใหญ่)	ไม่ระบุ	ยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก มหายุคพาลีโอโซอิก
PTRp	หินไดโอไรต์ และหินฮอร์นเบลนไดโดไรต์	PHRA NGAM DIORITE(หินไดโอไรต์ เขาพระงาม)	ไม่ระบุ	ยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก มหายุคพาลีโอโซอิก

ที่มา : แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1: 250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี ปี พ.ศ. 2520 – พ.ศ.2527

Theme 6 ทรัพยากรดิน (Soil)

ขอบเขตชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา มีจำนวน 134 ชุดดิน ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละชุดดินครอบคลุมพื้นที่เป็นดังตารางที่ ค20

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษาอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
11	ชุดดินบรบือ	Borabu series : Bb	130.45	81,531.25	0.63
12	ชุดดินบ้านจ้อง	Ban Chong series : Bg	2.12	1,325.00	0.01
24	ชุดดินบุรีรัมย์	Buri Ram series : Br	7.34	4,587.50	0.04
25	ชุดดินบุณฑริก	Buntharik series : Bt	4.33	2,706.25	0.02
48	ชุดดินเชียงใหม่	Chiang Mai series : Cm	0.48	300.00	0.00
50	ชุดดินจัตุรัส	Chatturat series :Ct	689.56	430,975.00	3.32
51	ชุดดินโชคชัย	Chok Chai series : Cc	527.36	329,600.00	2.54
54	ชุดดินชุมแสง	Chum Saeng sereis : Cs	53.09	33,181.25	.26
55	ชุดดินจันทึก	Chum Tuk series :Cu	53.92	33,700.00	0.26
56	ชุดดินชัยภูมิ	Chaiyaphum series :Cy	36.35	22,718.75	0.18
76	ชุดดินดงยางเอน	Don Yang En series : Don	4.01	2,506.25	0.02
78	ชุดดินดอนไร่	Don Rai series :Dr	1.51	943.75	0.01
80	ชุดดินด่านซ้าย	Dan Sai series :Ds	9.62	6,012.50	0.05
106	ชุดดินหินซ้อน	Hin Son series : Hs	7.20	4,500.00	0.04
126	ชุดดินกุลาร้องไห้	Kula Ronghai series : Ki	830.63	519,143.75	4.00
136	ชุดดินกำแพงแสน	Kamphang Saen series : Ks	36.17	22,606.25	0.17
137	ชุดดินโคราช	Khorat series : Kt	1409.18	880,737.50	6.78
139	ชุดดินเขาใหญ่	Khao Yai series : Ky	8.58	5,362.50	0.04
153	ชุดดินลี้	Li series : Li	13.24	8,275.00	0.06
155	ชุดดินลำนารายณ์	Lam Narai series : Ln	86.99	54,368.75	0.42

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
156	ชุดดินเลย	Loei series : Lo	25.61	16,006.25	0.12
158	ชุดดินลำสนธิ	Lam Sonthi series : Ls	41.70	26,062.50	0.20
159	ชุดดินลาดหญ้า	Lat Ya series : Ly	4.01	2,506.25	0.02
161	ชุดดินหล่มสัก	Lom Sak series : La	34.90	21,812.50	0.17
162	ชุดดินลพบุรี	Kop Buri series : La	34.10	21,312.50	0.16
164	ชุดดินลำพญากลาง	Lam Phya Klang series : Lg	3.24	2,025.00	0.02
173	ชุดดินหมวกเหล็ก	Muak Lek series : Ml	245.40	153,375.00	1.18
175	ชุดดินแม่ริม	Mae rim seried : Mr	7.44	4,650.00	0.04
196	ชุดดินนครพนม	Nakorn Phanom series : Nn	8.24	5,515.00	0.04
201	ชุดดินนครปฐม	Nakorn Phatom series : Np	10.77	6,731.25	0.05
237	ชุดดินปากช่อง	Pak Chong series : Pc	238.34	148,962.50	1.15
240	ชุดดินพิมาย	Phimai series : Pm	1,054.60	659,125.00	5.07
241	ชุดดินเพ็ญ	Phen series : Pn	100.70	62,937.50	0.48
242	ชุดดินโพนงาม	Phon Ngam series : Png	70.89	44,306.25	0.34
245	ชุดดินโพนพิสัย	Phon Phisai series : Pp	85.21	53,256.25	0.41
253	ชุดดินภูสะนะ	Phu sana series : Ps	26.56	16,600.00	0.13
273	ชุดดินราชบุรี	Ratchaburi series : Rb	383.07	239,418.75	1.84
274	ชุดดินร้อยเอ็ด	Roi et seires : Re	1,282.37	801,481.25	6.17
276	ชุดดินเรณู	Renu series : Rn	182.56	114,100.00	0.88
303	ชุดดินสมอทอด	Samo Thod series : Sat	0.36	225.00	0.00
308	ชุดดินสีคิ้ว	Sikhiu series : Si	326.78	204,237.50	1.57
318	ชุดดินสุรินทร์	Surin series : Su	234.69	146,681.25	1.13
320	ชุดดินสีทน	Si Thon series : St	2.92	1,825.00	0.01
323	ชุดดินสตึก	Sa Tuk series : Suk	1,093.31	689,318.75	2.26

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษาอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
329	ชุดดินสระบุรี	Saraburi series : Sb	95.97	59,981.25	0.46
330	ชุดดินสูงเนิน	Sung Noen series : Sn	363.84	227,400.00	1.75
348	ชุดดินตาคลี	Takhi series : Tk	108.67	67,918.75	0.52
356	ชุดดินท่าตูม	Tha Tum series : Tt	33.81	21,131.25	0.16
359	ชุดดินท่ายาง	Tha yang seires : Ty	33.33	20,831.25	0.16
366	ชุดดินท่าตะโก	Tha Tako series : To	5.70	3,562.50	0.03
368	ชุดดินทับกวาง	Thap Kwang seires : Tw	53.14	33,212.50	0.26
371	ชุดดินอุบล	Ubon series : Ub	63.13	39,456.25	0.30
372	ชุดดินอุดร	Udon series : Ud	150.27	93,918.75	0.72
391	ชุดดินวัฒนา	Wathana series : Wa	87.77	54,856.25	0.42
394	ชุดดินวังชมพู	Wang Chompu series : Wc	26.04	16,275.00	0.13
396	ชุดดินวาริน	Warin series : Wn	1,210.51	756,568.75	5.82
397	ชุดดินวังสะพุง	Wang Saphung series : Ws	0.93	581.25	0.00
412	ชุดดินยโสธร	YaSothon series : Yt	791.43	494,643.75	3.81
413	ชุดดินยางตลาด	Yang Talat series : Yl	1.89	1,181.25	0.01
2040	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินบ้านจ้องและมวกเหล็ก	Ban Chong/Muak Lek association : Bg/Ml	2.75	1,718.75	0.01
2092	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินโชคชัยและสุรินทร์	Chok Chai/Surin association : Ci/Su	124.50	77,812.50	0.06
2095	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินเชียงใหม่และกำแพงแสน	Ching Mai/Kamphang Saen association : Cm/Ks	5.25	3,281.25	0.03

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษาอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
2179	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินหินซ้อนและบ้านจ้อง	Hin Son/Ban Chong association : Hs/Bg	3.29	2,056.25	0.02
2180	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินหินซ้อน ลำนารายณ์ และจัตุรัส	Hin Son/Lam Narai/Chatturat association : Hs/Ln/Ct	41.19	25,743.75	0.20
2253	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินกำแพงแสนและนครปฐม	Kamphang Saen/Nakon Pathom association : Ks/Np	11.73	7,331.25	0.06
2266	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินโคราชและน้ำพอง	Korat/Nam Phong association : Kt/Ng	11.75	7,343.75	0.06
2267	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินโคราช น้ำพอง และบุญฑริก	Korat/Nam Phong/Buntharik association : Kt/Ng/Bt	2.96	1,850.00	0.01
2269	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินโคราชและโพนพิสัย	Korat/Phon association : Kt/Pp	1.77	1,106.25	0.01
2272	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินโคราชและร้อยเอ็ด	Korat/Roi Et association : Kt/Re	86.85	54,281.25	0.42
2273	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินโคราชและเรณู	Korat/Renu Et association : Kt/Rn	2.76	1,725.00	0.01

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษาอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
2281	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินโคราชและวาริน	Korat/Warin association : Kt/Wn	43.77	27,356.25	0.21
2287	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินเขาใหญ่และจัตุรัส	Khao Yai/Chatturat association : Ky/Ct	0.81	506.25	0.00
2289	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินเขาใหญ่และหินซ้อน	Khao Yai/Hin Son association : Ky/Hs	2.20	1,375.00	0.01
2304	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินลพบุรีและตาคลี	Lop Buri/Takhli association : Ky/Hs	1.95	1,218.75	0.01
2306	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินลี้และบ้านจ้อง	Li/Ban Chong association : Li/Bg	58.01	36,256.25	0.28
2326	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินเลยและภูสะนะ	Phu Sana association : Lo/Ps	22.56	14,100.00	0.11
2334	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินลาดหญ้าและทับกวาง	Lat Ya/Thap Krang association : Ly/Tw	9.63	6,018.75	0.05
2337	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินลาดหญ้า ท่ายางและเขาใหญ่	Lat Ya/Tha Yang/Khao Yai Association	78.44	49,025.00	0.38

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษาอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
2356	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินมวกเหล็ก ลี้ และบ้านจ้อง	Muak Lek/Li/Ban Chong association : Mi/Li/Bg	34.43	21,518.75	0.17
2469	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินปากช่องประเภทที่มีหินปะปนและบ้านจ้อง	Phon Phisai/Phen association : Pp/Pn	1.95	1,218.75	0.01
2499	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดิน โพนพิสัย และเพ็ญ	Phon Phisai/Phen association : Pp/Pn	1.52	950.00	0.01
2503	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดิน โพนพิสัย และวาริน	Phon Phisai/Warin association : Pp/Wn	2.78	1,737.50	0.01
2539	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินร้อยเอ็ดที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างและร้อยเอ็ด	Roi Et, basic/Roi Et Phon association : Re-b/Re	11.98	7,487.50	0.06
2547	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินร้อยเอ็ดและร้อยเอ็ดทีมีเกลือมาก	Roi Et/Roi Et, Saline Phon association : Re/Re-sa	37.57	23,481.25	0.18
2614	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินสีคิ้วและสูงเนิน	Si Khiu/Sung Noen association : Si/Sn	26.21	16,381.25	0.13

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษาอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
2644	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินสตึกและโคราช	Sa Tuk/ Korst association : Suk/Kt	48.75	30,468.75	0.23
2647	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินสตึกและโพนพิสัย	Sa Tuk/Phon Phisai association : Suk/Pp	22.85	14,281.25	0.11
2693	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินตาคลีที่มีสีน้ำตาลปนแดงและวังชมพู	Takhli, reddish brown/Wang Chompu association:Tk-rb/wc	14.50	9,062.50	0.07
2694	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินตาคลีที่มีหินมากและตาคลี	Takhli, stony/Takhli association : Tk-rb/Wc	2.28	1,425.00	0.01
2723	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินทับกวางและมวกเหล็ก	Thap Kwang/Muak Lek association : Tw/Ml	14.45	9,031.25	0.07
2735	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินท่ายางและมวกเหล็ก	Tha Yang/Muak Lek association : Ty/Ml	1,540.23	962,643.75	7.41
2757	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินอุดรและร้อยเอ็ดที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง	Udon/Roi Et, basic association : Ud/Re-b	186.97	116,856.25	0.90
2803	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินวารินและน้ำพอง	Warin/Nam Phong association : Wn/Ng	72.89	45,556.25	0.35

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษาอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
2806	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินวารินและสตึก	Warin/Sa Tuk association : Wn/Suk	52.40	32,750.00	0.25
2807	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินวารีน สตึก และน้ำพอง	Warin/Sn Tuk/Nam Phong association : Wn/Suk/Ng	296.23	185,143.75	1.43
2808	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินวาริน สตึก และร้อยเอ็ด	Warin/Sa Tuk/Roi Et association : Wn/Suk/Re	2.11	1,318.75	0.01
2826	หน่วยสัมพันธ์ของชุดดินยโสธรและวาริน	Yasothon/Warin association : Yu/Wn	11.41	7,131.25	0.06
3062	ชุดดินเชียงของที่มีปฏิกิริยาเป็นกลาง	Chang Khong , neutral variant : Cg-n	37.14	23,212.50	0.18
3075	ดินจัตุรัสที่มีจุดประ	Chattural , mottled variant : Ct-m	26.07	16,293.75	0.13
3167	ดินกุลาร้องไห้ที่มีก้อนกรวดในดินด่าง	Kula Ronghai , gravelly variant : Ki-gr	16.18	10,112.50	0.08
3242	ดินลำนารายณ์ที่มีหน้าดินบนสีดำ	Lam Narai dark surface variantb : Ln-d	127.21	79,506.25	0.61

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษาอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
3341	ดินพิมายที่มีปูน	Phimai, calcareous variant : Pm-ca	0.47	293.75	0.00
3376	ดินร้อยเอ็ดที่เป็นด่าง	Roi Et, basic variant : Re-b	287.73	179,831.25	1.38
3377	ดินคล้ายชุดดินร้อยเอ็ด แต่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว	Roi Et, clayey variant : Re-c	0.67	418.75	0.00
3379	ดินร้อยเอ็ดที่มีดินลูกรังเป็นดินล่าง	Roi Et, concretionary variant : Re-cn	4.91	3,068.75	0.02
3382	ดินร้อยเอ็ดที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วน	Roi Et, loamy variant : Re-l	629.60	393,500.00	3.03
3385	ดินร้อยเอ็ดที่มีเกลือสูง	Roi Et, Saline variant : Re-sa	237.11	148,193.75	1.14
3492	ดินตาคลีที่มีจุดประ	Takhli, motted variant : Tk-m	1.94	1,212.50	0.01
3493	ดินตาคลีที่มีน้ำตาลปนแดง	Takhli, reddish brown variant : Tk-rb	15.33	9,581.25	0.07
3561	ดินวัฒนาที่มีสีน้ำตาล	Wathana brow variant : Wa-gr	98.52	61,575.00	0.47
4076	ชุดดินจันทึกประเภทเป็นดินตื้น	Chum Tuk, Shallow phase : Cu-sh	3.72	2,325.00	0.02
4212	ชุดดินลพบุรีประเภทที่อยู่ในที่ต่ำ	Lop Buri, low phase : Lb-lo	0.39	243.75	0.00

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษาอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
4287	ชุดดินนครพนมประเภทที่อยู่บนที่สูง	Nakon Phanom,high phase : Nn-h	24.17	15,106.25	0.12
4314	ชุดดินปากช่องประเภทที่มีหินปะปน	Pak Chong ,stony phase : Pc-st	152.95	95,593.75	0.74
4324	ชุดดินโพนงามประเภทที่มีความลึกปานกลาง	Phon Ngam moserately deep phase : Png-md	8.81	5,506.25	0.04
4359	ชุดดินร้อยเอ็ดประเภทที่อยู่บนที่สูง	Roi Et, shallow aphase : Re-h	127.23	79,518.75	0.61
4393	ชุดดินสีคิ้วประเภทที่เป็นดินตื้น	Si Khiu, shallow phase : Si-sh	5.42	3,387.50	0.03
4436	ชุดดินตาคลีประเภทที่มีหินปะปน	Takhii, stony phase : Tk-st	69.07	43,168.75	0.33
5001	หน่วยผสมของดินตะกอนลำน้ำหลายชนิดปะปนกัน	Alluvial Comples : AC	524.83	328,018.75	2.53
5031	หน่วยผสมของชุดดินบรบือ	Borabu Complex : Bb-C	65.01	40,631.25	0.31

ตารางที่ ค20 แสดงชุดดินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

หมายเลขชุดดิน	ชื่อชุดดินภาษาไทย	ชื่อชุดดินภาษาอังกฤษ	เนื้อที่*		
			ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
5281	สภาพพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน	Slope Complex : SC	1,346.79	841,743.75	6.48
7123	พื้นที่มีหินกรวด	Gravelly land : GI	9.13	5,706.25	0.04
7202	เขตทหาร	Military area	29.73	18,581.25	0.14
7270	พื้นที่หินโผล่	Rock land	0.83	518.75	0.00
7272	พื้นที่หินโผล่ ไม่มีพืชขึ้น	Rock Outcrop	0.81	506.25	0.00
7305	พื้นที่ลุ่ม	Swamp	0.36	225.00	0.00
7323	พื้นที่เมือง	Town	35.82	22,387.50	0.17
7342	ดินที่ยังไม่ได้กำหนดชื่อหน่วยที่ C2	Unnamed Soil C2 : UC2	4.83	3,018.75	0.02
7344	ไม่มีชื่อ	Unnamed Soil unit 1 Soils	29.64	18,525.00	0.14
7361	บริเวณแหล่งน้ำ	River, Canel , Lake or pond Intermittent pond & wet spot	163.84	102,400.00	0.79
9999	ไม่มีข้อมูล	No data	68.76	42,975.00	0.33
รวม	20,784.44	12,990,275.00	100.00		

ที่มา : เนื้อที่คำนวณจากฐานข้อทูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จังหวัดนครราชสีมา (Digital file)

หมายเหตุ - คำนิยามของหน่วยแผนที่ดิน

ชุดดิน (Soil series) คือ หน่วยการจำแนกดินระดับต่ำสุดของการจำแนกดิน ตามระบบอนุกรมวิธาน โดยถือลักษณะสัณฐานของดินเป็นหลัก ได้แก่ สี เนื้อดิน ปฏิกิริยาดิน การระบายน้ำของดิน เป็นลักษณะที่สามารถตรวจวัดได้ในสนามดินคล้าย (Soil variant) คือหน่วยของการจำแนกดินที่รวบรวมดินซึ่งมีลักษณะแตกต่าง พอที่จะแยกเป็นชุดดินใหม่ได้ แต่เกิดขึ้นมีปริมาณไม่มากพอจึงแยกไว้เป็นดินอีกหน่วยหนึ่ง โดยใช้ชื่อของชุดดินที่มีลักษณะใกล้เคียงที่สุดกำกับด้วยลักษณะสำคัญ แสดงความแตกต่างกับชุดดินนั้นๆ

หน่วยสัมพันธ์ (Soil association) เป็นหน่วยที่ดินที่ประกอบไปด้วยดินอย่างน้อยสองชนิด ซึ่งเกิดขึ้นในภูมิประเทศที่ติดต่อกัน และมีความแตกต่างกันในระดับของพื้นที่ที่เกิดขึ้น ดินดังกล่าวมี ศักยภาพในการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ในการทำแผนที่ไม่สามารถแยกอบเขตของดินแต่ละชนิดออกจากกันได้ เนื่องจากมาตราส่วนของแผนที่ไม่อำนวยจึงรวมดินเหล่านั้นไว้ในขอบเขตหรือหน่วยของแผนที่เดียวกัน

ประเภทดิน (Soil Phase) หน่วยของแผนที่ดิน ซึ่งได้แบ่งย่อยลงไปจากชุดดินเดียวกัน โดยยึดลักษณะที่มีอิทธิพลต่อการใช้ประโยชน์ และการบำรุงรักษาดินเป็นหลักในการจำแนก เป็นต้นว่า ความลาดชันของพื้นที่ ความลึกของดิน การกัดกร่อน และอื่นๆ

หน่วยผสมของดิน (Soil complex) หมายถึง ที่ดินที่ได้รวมดินอย่างน้อย 2 ชนิด ซึ่งเกิดปะปนกันอย่างสลับซับซ้อนยากต่อการแยกขอบเขตออกจากกัน และดินแต่ละชนิดที่พบในหน่วยแผนที่ดินเดียวกัน มีศุกยภาพในการใช้ประโยชน์และการจักดาดรที่แตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกันก็ได้

Theme 7 ทรัพยากรป่าไม้ (Forest and Forestry)

แสดงขอบเขตและชนิดของป่าไม้ รวมทั้งข้อมูลแสดงขอบเขตอุทยานแห่งชาติ , วนอุทยาน , ป่าสงวนแหล่งชาติ , เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า , เขตห้ามล่าสัตว์ป่า รวมทั้งพื้นที่ปลูกป่าและการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าไม้

1. ขอบเขตป่าสงวนแห่งชาติ

ตารางที่ ค21 พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

ชื่อป่าสงวนแห่งชาติ	พื้นที่	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่
ป่าเขาจอมทอง	95.01	59,383.78
ป่าเขาซับประดู่ ป่าเขามะกอก	45.01	28,189.65
ป่าเขาเตียน ป่าเขาเขื่อนลั่น	33.62	21,009.81
ป่าเขาภูหลวง	957.43	598,395.44
ป่าเขาเสียดอ้า ป่าเขานกยูง ป่าเขาอ่างหิน	105.47	65,918.85
ป่าครบุรี	1,663.81	1,039,878.38
ป่าโคกหลวง	752.29	470,179.14
ป่าโครงการรถไฟเมืองคง ป่าบัวใหญ่	17.33	10,830.86
ป่าดงกระสัง ป่าลำพญากลาง	651.18	406,989.64
ป่าดงพญาเย็น	418.23	261,391.63
ป่าดงอีจานใหญ่	1,032.64	645,400.02
ป่าท่าช้าง ป่าหนองกระทิง	102.98	64,364.44
ป่าท่าช้าง ป่าหินดาษ	348.00	217,498.87
ป่าทำนบเขมร	36.04	22,525.07
ป่านครราชสีมา ป่าโชคชัย	33.99	21,246.62
ป่านครราชสีมา ป่าปักธงชัย	68.08	42,548.39

ตารางที่ ค21 พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

ชื่อป่าสงวนแห่งชาติ	พื้นที่	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่
ป่านครราชสีมา ป่าปักธงชัย ป่าโชคชัย	125.90	78,687.91
ป่าปากช่อง ป่าหมูสี	130.66	81,663.63
ป่าพิมาย	453.62	283,510.58
ป่าพิมาย แปลงที่สอง	106.00	66,624.27
ป่ามาบกราด	22.57	14,106.03
ป่าวังน้ำเขียว	20.07	12,544.93
ป่าสูงเนิน	267.24	167,023.10
ป่าหนองแต้ง ป่าจักราช	132.29	82,683.82
ป่าหนองแต้ง ป่าจักราช แปลงที่สอง	21.52	13,449.67
ป่าหนองแวง ห่าดงพญาเย็น แปลงที่สอง	184.88	115,550.77
ป่าหินเหล็กไฟ	75.06	46,914.06
ป่าอ่างเก็บน้ำลำฉมวก	54.62	34,136.98
ป่าอ่างเก็บน้ำห้วยบ้านยาง	32.28	20,177.22
รวมพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ	7,988.50	4,992,823.60
พื้นที่กันออกจากเขตป่า	197.85	123,658.07

ที่มา : กรมป่าไม้ พ.ศ. 2546

2. ขอบเขตป่าอนุรักษ์

ตารางที่ ค22 พื้นที่อุทยานแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

ชื่ออุทยานแห่งชาติ	พื้นที่	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่
อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่	339.31	212,066.67
อุทยานแห่งชาติทับลาน	1,929.32	1,205,822.05

ที่มา : กรมป่าไม้ พ.ศ. 2546

3. ขอบเขตประเภทการใช้ที่ดินในเขตป่าสงวนแห่งชาติ

ตารางที่ ค23 การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าสงวนแห่งชาติ

ชื่อป่าสงวนแห่งชาติ	พื้นที่	
	ตารางกิโลเมตร	ไร่
เขตพื้นที่ป่าเหมาะสมต่อการเกษตร	161.46	100,909.84
เขตพื้นที่ป่าเพื่อเศรษฐกิจ	2,289.35	1,430,843.40
เขตพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์	5,537.71	3,461,070.32
เขตพื้นที่ป่านอกเขตการควบคุมของกรมป่าไม้	197.85	123,658.07

ที่มา : กรมป่าไม้ พ.ศ. 2546

Theme 8 การใช้ที่ดิน (Land Use)

จากการสำรวจลักษณะดินโดยกรมพัฒนาที่ดิน จังหวัดนครราชสีมามีข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2527 และ พ.ศ. 2543 รายละเอียดการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ตามตารางที่ ค24

ตารางที่ ค24 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2527 และ ปี พ.ศ. 2543

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี พ.ศ. 2527		ปี พ.ศ. 2543	
	พื้นที่		พื้นที่	
	ตาราง กิโลเมตร	ไร่	ตาราง กิโลเมตร	ไร่
พื้นที่เกษตรกรรม	13,319.64	8,324,799.00	16,035.52	1,002,214.05
พื้นที่ป่าไม้	5,616.09	3,510,032.24	3,535.37	2,209,548.76
พื้นที่เขตเมือง	515.15	321,960.05	826.94	516,883.08
พื้นที่รกร้างว่างเปล่า	1,003.15	626,996.78	172.65	107,914.03
พื้นที่แหล่งน้ำ	79.38	49,621.21	202.45	12,076.23

ที่มา : กรมป่าไม้ พ.ศ. 2546

Theme 9 แหล่งท่องเที่ยว แหล่งสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ และศิลปกรรม (Tourism site Natural and Cultural Heritage)

1. แหล่งท่องเที่ยว แหล่งสิ่งแวดล้อมธรรมชาติและศิลปกรรม ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดนครราชสีมา มีจำนวน 203 แห่ง

2. แหล่งท่องเที่ยว แหล่งสิ่งแวดล้อมธรรมชาติและศิลปกรรม ของการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย จังหวัดนครราชสีมา 58 แห่ง

Theme 10 โครงสร้างพื้นฐานและสาธารณูปโภค (Infrastructure and Public Facilities)

- ตำแหน่งโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ จำนวน 1,615 โรงงาน

- ตำแหน่งสถานบริการสาธารณสุข ประกอบโรงพยาบาลของรัฐ 33 แห่ง โรงพยาบาลเอกชน 13 แห่ง และสถานีอนามัย 350 แห่ง

- สถานที่สำคัญ จำนวน 405 แห่ง ได้แก่ หน่วยงานราชการ แหล่งท่องเที่ยว สนามบิน สนามกีฬา เป็นต้น

- ตำแหน่งสถานศึกษา ทั้งหมด 1,348 แห่ง แบ่งเป็น โรงเรียนระดับประถมศึกษา 862 แห่ง โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 370 แห่ง โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น-ปลาย 87 แห่ง สถานบันอุดมศึกษา 5 แห่ง และสถาบันทางด้านอาชีวศึกษา 6 แห่ง

- เส้นทางคมนาคมและตำแหน่งสะพาน ตำแหน่งข้อมูลอุบัติเหตุ

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ
การศึกษา	:	Ph.D. (Agricultural and Forestry Engineering) University of Tsukuba, Japan. พ.ศ. 2544
	:	วศ.ม.(วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2540
	:	วท.บ.(เกษตรกลวิธาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2537
ประสบการณ์โดยสรุป	:	ประสบการณ์ 14 ปี ในการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน ปี 2537-2543 (7 ปี) วิจัยและพัฒนา การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นต้นกำลังในรถแทรกเตอร์เกษตร โดยการพัฒนาต้นแบบรถแทรกเตอร์พลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 15 hp ซึ่งเป็นวิทยานิพนธ์ระดับปรญญาโท-เอก ปี 2544-ปัจจุบัน (7 ปี) เน้นการวิจัยและพัฒนาด้านพลังงานชีวมวล/ชีวภาพ โดยการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน อาทิ การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวมวล (Biomass Gasification) การพัฒนาเทคโนโลยีการก่อสร้างระบบผลิตแก๊สชีวภาพ การพัฒนาระบบการใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวมวลและแก๊สชีวภาพ การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลใช้กับแก๊สชีวมวลและแก๊สชีวภาพ การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Feedstock Technology) การพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพืชพลังงาน เช่น ไม้โตเร็วสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง

ประวัติการทำงาน

ปัจจุบัน	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
	:	หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
	:	หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
	:	รักษาการรองผู้จัดการฟาร์มมหาวิทยาลัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา

พ.ศ. 2548 - 2550	:	รักษาการหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
พ.ศ. 2544- 2549	:	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา

ผลงานด้านวิชาชีพ

พ.ศ. 2544 – ปัจจุบัน

โครงการออกแบบและทดสอบเครื่องอัดแท่งชีวมวลสำหรับผลิตถ่านชีวภาพ (วิจัย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการออกแบบและทดสอบระบบกกลูกสุกรในโรงเรือนอนุบาล โดยใช้แก๊สชีวภาพ (วิจัย: สกว. และ บริษัท โฟร์ที จำกัด) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการออกแบบเตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบสองทางออกสำหรับการผลิตกระแส ไฟฟ้าและการอบแห้ง (วิจัย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

การประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล (วิจัย: มหาวิทยา ลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

การประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง (วิจัย : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการพัฒนาต้นแบบสถานีผลิตไฟฟ้าและความร้อนขนาดเล็กโดยใช้เตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบสองทางออก (วิจัย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการหน่วยงานที่ปรึกษาในเครือข่ายฯ โครงการส่งเสริมการผลิตแก๊สชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดกลาง (ระยะที่ 3) ฟาร์มขนาดกลาง (ผู้ว่าจ้าง: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ สนพ.) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

- ฟาร์มเรืองศิริ จ. ขอนแก่น 1000 m^3
- ฟาร์มคุณประยุทธ์ จ. ชลบุรี 1000 m^3
- ฟาร์มสุกรจักรกริช จ. ชลบุรี 1000 m^3
- ฟาร์มพนัสพันธุ์สัตว์ จ. ชลบุรี 1000 m^3
- ฟาร์มบูรพา จ. ร้อยเอ็ด 1000 m^3
- ฟาร์มธงชัย จ. บุรีรัมย์ 400 m^3
- ไทยฟาร์ม จ. บุรีรัมย์ 500 m^3
- ฟาร์มกุดรัง จ. มหาสารคาม 1000 m^3

โครงการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ น้ำมันพืชใช้แล้วสำหรับนำมาใช้ผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ในจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดเชียงใหม่ (วิจัย: Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชน้ำมันสำหรับผลิตน้ำมันไบโอดีเซล -ปาล์มน้ำมัน ทานตะวัน สบู่ดำ - (วิจัย: Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (วิจัย: Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการศึกษาการสมบัติน้ำมันรำข้าวสำหรับผลิตน้ำมันไบโอดีเซล (ผู้ว่าจ้าง: บริษัท เจียเม้ง จำกัด) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการทำนายผลผลิตอ้อยโดยใช้เครือข่ายใยประสาทประดิษฐ์ (ผู้ว่าจ้าง: บริษัท เอ็น.วาย. ชูการ์ จำกัด) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานแบบบูรณาการ ระดับจังหวัด ปี 2547– บุรีรัมย์ – (ผู้ว่าจ้าง: สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 5 (นครราชสีมา) กระทรวงพลังงาน) ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน / ผู้ประสานงานโครงการ)

โครงการ การปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำแบบหลายเกณฑ์ : กรณีศึกษาในลุ่มน้ำมูลตอนบน (วิจัย: โครงการวิจัยการเกษตรเชิงพาณิชย์ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), สวก. ตำแหน่ง หัวหน้าคณะทำงานด้านการหาศักยภาพการผลิตของพืช)

โครงการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานแบบบูรณาการ ระดับจังหวัดปี 2548 – ชัยภูมิ มหาสารคาม ศรีสะเกษ – (ผู้ว่าจ้าง : สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 5 (นครราชสีมา) กระทรวงพลังงาน) ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน / ผู้ประสานงานโครงการ)

โครงการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านการซ่อมแซมบำรุงรักษาสภาพน้ำและคุณภาพน้ำลำตะคองบริเวณเขื่อนมะขามเฒ่าถึงเขื่อนข่อยงาม (ผู้ว่าจ้าง : สำนักชลประทานที่ 8 (นครราชสีมา) กรมชลประทาน) ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรและการใช้ประโยชน์ที่ดิน/ ผู้ประสานงานโครงการ

โครงการออกแบบและทดสอบระบบกกลูกสุกรในโรงเรือนคลอดโดยใช้ความร้อนเหลือทิ้ง ากเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพ (วิจัย:- มทส. และ บริษัท เอสพีเอ็ม จำกัด) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการพัฒนาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน (วิจัย: บริษัทซาตาเก้ (ประเทศไทย) จำกัด และ SATAKE CORPERATION CO.,LTD JAPAN) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการบูรณาการงานด้านพลังงานกับแผนยุทธศาสตร์จังหวัด ปี 2549 (ผู้ว่าจ้าง: สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 5 (นครราชสีมา) กระทรวงพลังงาน) ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน / ผู้ประสานงานโครงการ)

โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล (วิจัย: กองทุนอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

โครงการศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก สำหรับชุมชน (วิจัย: สำนักงานคณะกรรมการวิขัยแห่งชาติ) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

ผลงานตีพิมพ์

1) ***Arjharn W.***, M. Koike, T. Takigawa,. A. Yoda, H. Hasegawa and B. Bahalayodhin. *Preliminary Study on the Applicability of an Electric Tractor (Part 1) – Energy Consumption and Drawbar Pull Performance* – Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery, 63(3), 130-137, 2001.

2) ***Arjharn W.***, M. Koike, T. Takigawa,. A. Yoda, H. Hasegawa and B. Bahalayodhin. *Preliminary Study on the Applicability of an Electric Tractor (Part 2) – Effect of Battery allocation on the Tractive Performance* – Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery, 63(5), 92-99, 2001.

3) Hasegawa, H., Koike, M., Yoda, A., ***Arjharn, W.*** and Sato, S. 2001. *Studies on the Development of Supporting Technology for Rice in View of Environmental (Part 1) - Field Trial for Weed Control by Using Rice Bran Pellets* -. Proceedings of 37th Annual Meeting of the Kanto Regional Unit of JSAM, 4-5.

4) กรัชพล ปรารถนารักษ์, ระวิ โปร่งสี และ ***วีรชัย อาจหาญ***. 2545. *การออกแบบและทดสอบระบบทำความร้อนสำหรับกกลูกสุกรในโรงเรือนอนุบาลโดยใช้ก๊าซชีวภาพ.* วารสารสำนักวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 4-5.

5) Jantasiri, J. and **W. Arjharn**. 2003. *Design and Testing of the Heating System for Swine Nursery House Using Biogas*. Proceedings of 2003 Annual Meeting of the Thai Society of Agricultural Engineering, 643-650,

6) จิระกุล จันทศิริ และ ***วีรชัย อาจหาญ.*** 2547. การออกแบบและทดสอบระบบทำความร้อนสำหรับกกลูกสุกรในโรงเรือนอนุบาล โดยใช้ก๊าซชีวภาพ. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 10(3). 300-306

7) เจนวิทย์ วรรณพีระ, ณัฐยา พูนสุวรรณ, ศรัลย์ ปานศรีพงษ์ และ **วีรชัย อาจหาญ.** 2547. *การเตรียมและวัดสมบัติถ่านจากวัสดุชีวมวล.* การประชุมวิชาการครั้งที่ 5 ประจ ำปี 2547, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 469-474.

8) พจนาลัย ชาวห้วยหมาก, ธีระสุต สุขกำเนิด และ ***วีรชัย อาจหาญ.*** 2547. *การใช้คลื่นอัลตร้าโซนิกในการปรับปรุงกระบวนการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชั่นของปาล์มน้ำมัน.* การประชุมวิชาการครั้งที่ 5 ประจำปี 2547, สมาคมวิศวกรรมเกษตแห่งประเทศไทย. 432-438.

9) Saran Pansiripong, Sarawut Panthon and Weerachai Arjharn. (2006). Chassis dynamometer emission test of diesel engine using various % blend of biodiesel. Proceedings of 2003 Annual Meeting of the, Thai Society of Agricultural Engineering, 155-160.

10) Niwat Kongkapee, Saran Pansiripong and Weerachai Arjharn. (2006). Performance characteristics of the diesel engine using various % blend of biodiesel . Proceedings of 2003 Annual Meeting of the, Thai Society of Agricultural Engineering, 161-166.

11) Pojanalai Chowhouimak, Terasut Sookkumnerd and Weerachai Arjharn. (2006). Chassis dynamometer emission test of diesel engine using various % blend of biodiesel. Proceedings of 2003 Annual Meeting of the, Thai Society of Agricultural Engineering, 147-154.