

การตรวจสอบความโปร่งแสงของยางแผ่นผึ่งแห้งโดยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ Detection of the Transparency of Air Dried Sheet Rubber Using Solar Cell Module

กิตติพงศ์ อัจฉาญา¹ ชลธิ์ โพธิ์ทอง¹ และ วรวัฒน์ เสี่ยงมิบูล^{2*}

¹นักศึกษา ²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาเทคนิคการวัดความโปร่งแสงของยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 2) ระดับแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ย และ 3) สร้างสมการพยากรณ์ระดับแรงดันเอาต์พุตของเครื่องวัดความโปร่งแสง กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ ยางแผ่นผึ่งแห้งมาตรฐาน 652 แผ่น ซึ่งได้จากวิธีการเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ มัลติมิเตอร์ และเครื่องตรวจสอบความโปร่งแสง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ t-test และ f-test ผลการวิจัยปรากฏ ดังนี้ 1) เครื่องตรวจสอบความโปร่งแสงยางแผ่นผึ่งแห้งโดยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าความผิดพลาด 5.96% 2) ระดับแรงดันเฉลี่ยของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่สอดคล้องกับระดับคุณภาพ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 3.41, 2.80, 2.49 และ 1.91 โวลต์ ตามลำดับ 3) ระดับการประเมินคุณภาพและความหนาสามารถพยากรณ์ระดับแรงดันของยางแผ่นผึ่งแห้งได้ร้อยละ 86.5

Abstract

The purposes of the research were; 1) to develop the detection of the transparency of air dried rubber sheet (ADS) using solar cell module, 2) to find the average voltage according to the standard ADS grade market level, and 3) to construct predictive equation of output voltage of the transparency machine. Samples of this study, obtained by a purposive sampling technique, was the standard ADS of 652 sheets. The instruments consisted of a multi-meter and transparency machine. For statistical analysis, t-test (independent samples) and f-test (one-way ANOVA) were employed. The findings revealed that: 1) The ADS transparency machine consists of solar cell module at the error of 6% 2) The average voltage according to the standard ADS classify market level of 1, 2, 3 and 4 are 3.41, 2.80, 2.49 and 1.91 V. respectively 3) The market level and thickness of ADS altogether were the variables that could predict the output voltage of the transparency machine at 86.5 %

คำสำคัญ : ความโปร่งแสง ยางแผ่นผึ่งแห้ง แผงพลังงานแสงอาทิตย์

Keywords : Transparency, Air Dried Sheet Rubber, Solar Cell Module

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ wor_nui@yahoo.com โทร. 08 1390 4153

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตและส่งออกยางแปรรูปจากยางธรรมชาติรายใหญ่ (Dej chanchaiwong, 2011) ทั้งยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน และยางแผ่นผึ่งแห้ง ด้วยกระบวนการแปรรูปที่ไม่ซับซ้อนและสามารถแปรรูปได้โดยเกษตรกรส่งผลให้ยางแผ่นผึ่งแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ยางแปรรูปที่เกษตรกรนิยมผลิตกันทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อนุสรณ์ แรมลีและมนัส วงศ์คำชาว, 2554) อย่างไรก็ตามเนื่องจากการแปรรูปโดยเกษตรกรส่งผลให้คุณภาพของยางแผ่นผึ่งแห้งมีคุณภาพที่แตกต่างกันจึงมีกระบวนการคัดแยกตามมาตรฐานยางแผ่นผึ่งแห้งโดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายคุณภาพที่ได้รับการฝึกอบรม เพื่อประเมินชั้นคุณภาพของยางแผ่นผึ่งแห้งตั้งแต่ระดับ 1 ถึง 5 (ปรีดีเปรม ทศนกุล, 2550) โดยชั้นคุณภาพระดับที่ 1 จะถูกรับซื้อในราคาที่สูง ขณะที่ชั้นคุณภาพระดับที่ 5 จะถูกรับซื้อในราคาต่ำที่สุด

ปัจจัยที่สำคัญต่อการวินิจฉัยระดับชั้นคุณภาพยางแผ่นผึ่งแห้ง คือ ความสะอาดและความชื้น ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยสายตาของเจ้าหน้าที่ฝ่ายคุณภาพที่ได้รับการฝึกอบรม โดยยางแผ่นผึ่งแห้งที่ไม่มีสิ่งเจือปนและมี ความชื้นน้อยจะมีความใสและโปร่งแสงส่งผลให้แสงสามารถทะลุผ่านได้ในปริมาณมากจะถูกกำหนดให้มีชั้นคุณภาพระดับที่ 1 ขณะที่ยางแผ่นผึ่งแห้งที่มีสิ่งเจือปนมากและมีความชื้นมากจะมีความใสน้อย มีสีเข้ม และโปร่งแสงน้อย ส่งผลให้แสงสามารถทะลุผ่านได้ในปริมาณน้อยจะถูกกำหนดให้มีชั้นคุณภาพระดับที่ 5 อย่างไรก็ตามระดับชั้นคุณภาพยางแผ่นผึ่งแห้งที่ถูกประเมินโดยความโปร่งแสงด้วยเจ้าหน้าที่ฝ่ายคุณภาพอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนเป็นเหตุให้เกษตรกรไม่ได้รับความเป็นธรรมในการซื้อ-ขาย หรืออาจได้ราคาต่ำกว่าที่ควรจะเป็นและสูญเสียรายได้ของตนเองเป็นจำนวนมาก (จักรี เลื่อนราม, 2547)

ปัจจุบันการวัดปริมาณแสงนิยมใช้เซนเซอร์ตรวจจับแสง (Light Sensor) ที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ยกตัวอย่างเช่น เซนเซอร์ตรวจจับแสงประเภทสารกึ่งตัวนำ ได้แก่ เซนเซอร์แบบวงจรรวมที่ออกแบบสำหรับตรวจจับความสว่างแบบจุดใช้สำหรับระบบปรับแสงอัตโนมัติ (Ambient-light sensor ICs) (Joe smith, 2009) เซนเซอร์แบบโฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric sensors) (Hidam Kumarjit Singh, 2011) ที่ออกแบบสำหรับตรวจจับความสว่างแบบจุดเช่นกันซึ่งนิยมใช้ในเชิงพาณิชย์โดยเฉพาะการตรวจจับเพื่อรักษาความปลอดภัย และการประยุกต์ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic cells, Solar cells) ตรวจจับปริมาณแสงเพื่อติดตามแสงอาทิตย์แบบอัจฉริยะ (Jun HU, 2013) นอกจากนี้แล้วเซนเซอร์ตรวจจับแสงประเภทอื่นที่นิยมใช้ ได้แก่ ความต้านทานชนิดที่ไวต่อแสง (Light Dependent Resistors , LDR) คือ เซนเซอร์ที่อาศัยหลักการความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสง (A.L. Fitch, 2012) อย่างไรก็ตามเซนเซอร์ตรวจจับแสงส่วนใหญ่มีลักษณะการตรวจจับแบบจุดซึ่งหากต้องการตรวจจับแสงเป็นบริเวณกว้าง เช่น ตรวจจับความโปร่งแสงทุกจุดบนยางแผ่นผึ่งแห้งจะต้องใช้เซนเซอร์ต่อกันจำนวนมาก ขณะที่การประยุกต์ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีเซนเซอร์จำนวนมากสามารถตรวจจับปริมาณแสงเป็นบริเวณกว้างจึงเหมาะสำหรับการวัดปริมาณแสงที่ส่องผ่านยางแผ่นผึ่งแห้งได้ตลอดทั้งแผ่น

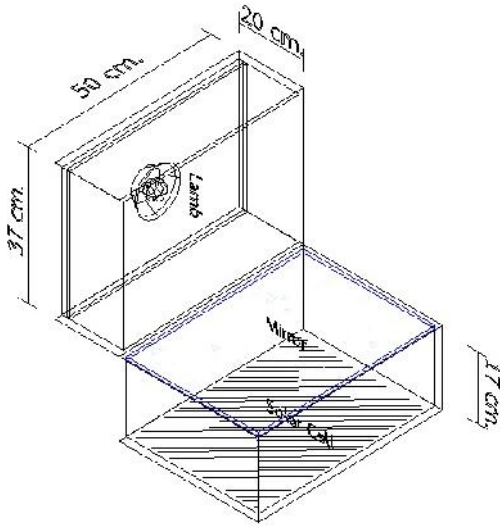
บทความนี้จะนำเสนอการประยุกต์ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อตรวจสอบความโปร่งแสงของยางแผ่นผึ่งแห้ง ช่วยเพิ่มความถูกต้องให้กับการประเมินความโปร่งแสงของยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยเจ้าหน้าที่ฝ่ายคุณภาพ และเป็นแนวทางใช้แทนการคัดแยกตามมาตรฐานยางแผ่นผึ่งแห้งโดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายคุณภาพที่ได้รับการฝึกอบรม

2. วิธีการทดลอง

ขอบเขตของการวิจัยประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ยางแผ่นผึ่งแห้งของผู้รับซื้อในเขตจังหวัดยโสธร มุกดาหาร และบุรีรัมย์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ยางแผ่นผึ่งแห้ง จำนวน 652 แผ่น ได้จากวิธีการเจาะจง และตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ความหนาของยางแผ่นผึ่งแห้ง ระดับชั้นคุณภาพ และแรงดันเอาต์พุต

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย อุปกรณ์วัดความหนา (Digital Vernier Caliper Micrometer) และเครื่องวัดความโปร่งแสงของยางแผ่นผึ่งแห้งขนาด 37x50x37 เซนติเมตร ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย ส่วนให้แสงสว่าง 180-200 ลูเมนส์ และส่วนเซนเซอร์ที่ประยุกต์ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์ โดยการทดสอบความสัมพันธ์

เชิงเส้นตรง (Linearity) (อุมารินทร์ แสงพานิช, 2545) ระหว่างระดับแรงดันเอาต์พุทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อระดับความสว่าง (Illuminance) อินพุทเปลี่ยนแปลง ซึ่งได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.9961 และค่าความผิดพลาดสูงสุด 5.96%



รูปที่ 1 เครื่องวัดความโปร่งแสงของแผงผิ๊งแห้ง

รูปที่ 2 การวัดความโปร่งแสงของแผงผิ๊งแห้ง

การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล วัดค่าความหนา และแรงดันเอาต์พุทของเครื่องวัดความโปร่งแสงของแผงผิ๊งแห้งที่ประยุกต์ใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์ทำหน้าที่เซนเซอร์ เมื่อนำแผงผิ๊งแห้งกันระหว่างส่วนให้แสงสว่างและส่วนเซนเซอร์ ดังรูปที่ 2

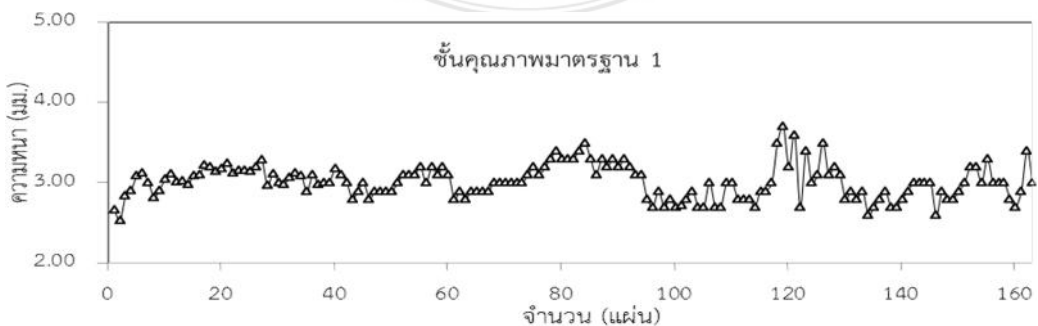
การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร วิเคราะห์ความสัมพันธ์พหุคูณและสมการพยากรณ์ด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน

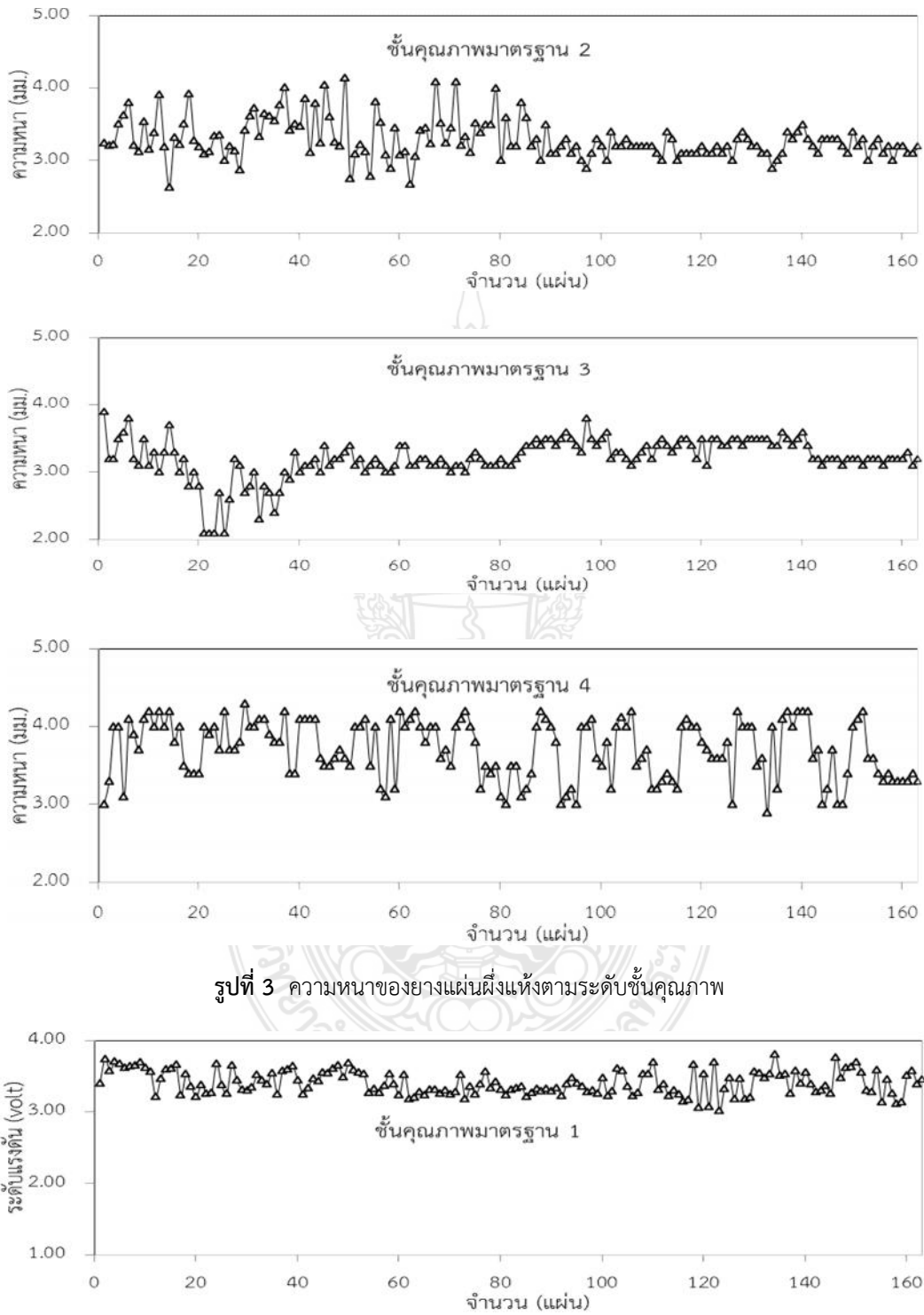
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อระดับแรงดันเอาต์พุทของเครื่องวัดความโปร่งแสงของแผงผิ๊งแห้ง ดังนี้

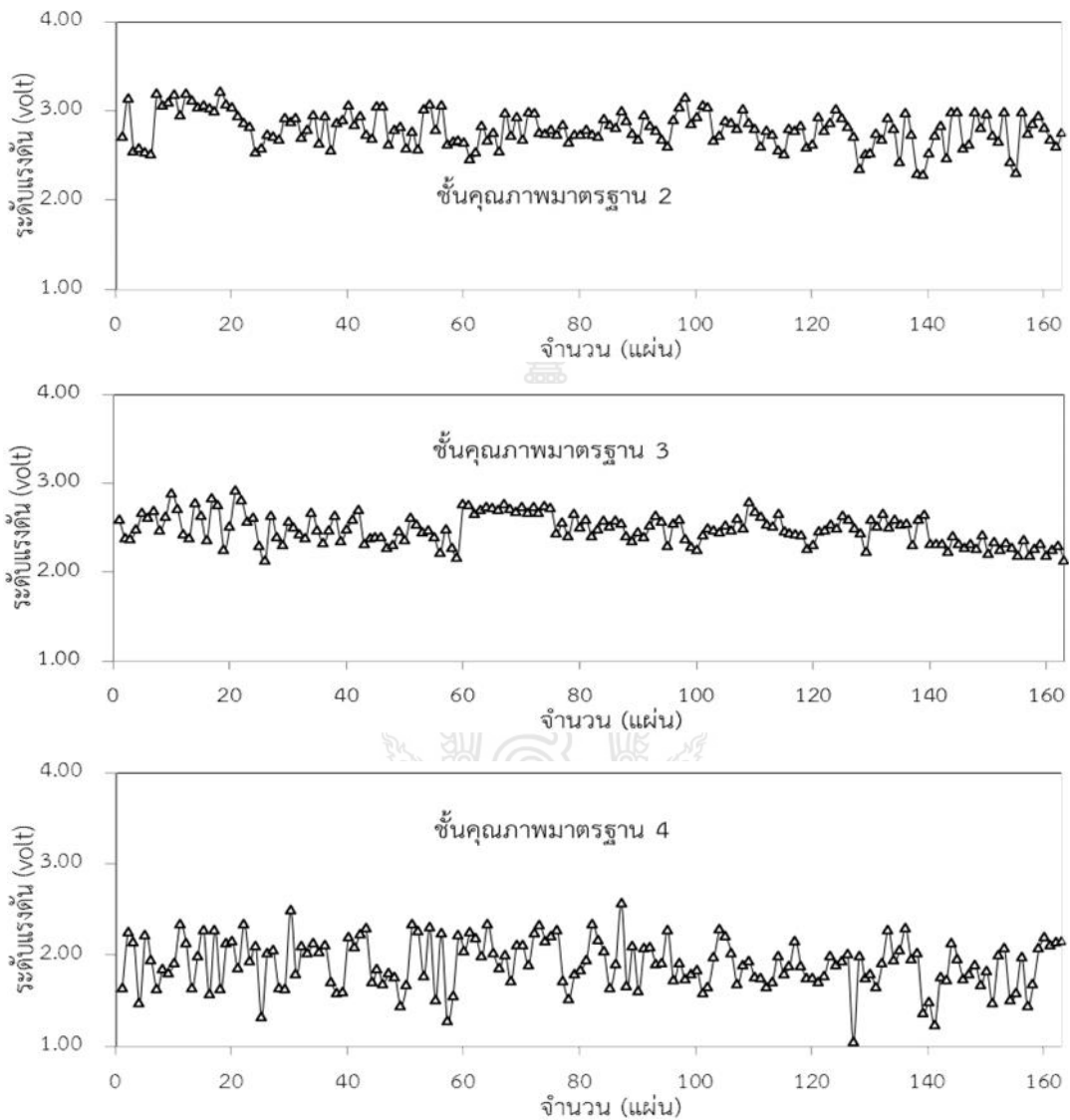
3.1 ผลการวิเคราะห์ความหนาของแผงผิ๊งแห้ง และระดับแรงดันเอาต์พุทของเครื่องวัดความโปร่งแสงของแผงผิ๊งแห้งตามระดับชั้นคุณภาพ

จากการวัดความหนาของแผงผิ๊งแห้ง และระดับแรงดันเอาต์พุทของเครื่องวัดความโปร่งแสงของแผงผิ๊งแห้งของกลุ่มตัวอย่างแผงผิ๊งแห้ง 652 แผง ได้ผลการวัด ดังรูปที่ 3 และ 4





รูปที่ 3 ความหนาของยางแผ่นผึ่งแห้งตามระดับชั้นคุณภาพ



รูปที่ 4 ระดับแรงดันเอาต์พุตของเครื่องวัดความโปร่งแสงยางแผ่นผึ่งแห้ง

จากรูปที่ 3 และ 4 สามารถวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของความหนาของยางแผ่นผึ่งแห้ง และระดับแรงดันเอาต์พุตของเครื่องวัดความโปร่งแสงยางแผ่นผึ่งแห้ง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของความหนาของยางแผ่นผึ่งแห้งและระดับแรงดันเอาต์พุต

	ความหนา (มม.)				ระดับแรงดัน (V.)			
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	SD.	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	SD.
คุณภาพมาตรฐานระดับ 1	3.70	2.53	3.01	0.21	3.80	3.02	3.41	0.17
คุณภาพมาตรฐานระดับ 2	4.14	2.63	3.29	0.27	3.21	2.28	2.80	0.19
คุณภาพมาตรฐานระดับ 3	3.90	2.10	3.20	0.30	2.92	2.13	2.49	0.17
คุณภาพมาตรฐานระดับ 4	4.30	2.90	3.70	0.37	2.57	1.05	1.91	0.27

จากค่าสถิติพื้นฐานในตารางที่ 1 ความหนาและระดับแรงดันเอาท์พุท พบว่า ความหนาเฉลี่ยของยางแผ่นฝั่งแห่งคุณภาพมาตรฐานระดับ 4 มีความหนาสูงสุดและความหนาที่น้อยที่สุด คือ คุณภาพมาตรฐานระดับ 1 โดยมี ความหนาเฉลี่ยระหว่าง 3.01 ถึง 3.70 มม. ขณะที่ระดับแรงดันเฉลี่ยของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่สอดคล้องกับระดับคุณภาพ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 3.41, 2.80, 2.49 และ 1.91 โวลต์ ตามลำดับ โดยระดับแรงดันเฉลี่ยของยางแผ่นฝั่งแห่งคุณภาพมาตรฐานระดับ 1 มีระดับแรงดันสูงสุด ส่วนคุณภาพมาตรฐานระดับ 4 มีระดับแรงดันน้อยที่สุด เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลระหว่างความหนาของยางแผ่นฝั่งแห่ง และชั้นคุณภาพมาตรฐานที่ตลาดรับซื้อแตกต่างกันส่งผลต่อระดับแรงดันของยางแผ่นฝั่งแห่งตามทีตลาดรับซื้อแตกต่างกัน เนื่องจากความหนาเพิ่มขึ้นการทะลุผ่านของแสงจะน้อยลง ขณะที่การสะท้อนแสงจะเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อปริมาณแสงที่ตกกระทบบนแผงพลังงานแสงอาทิตย์มีผลลงเป็นผลให้แรงดันที่ได้มีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ อติศร เพ็ชรจรรยา (2549) ศึกษาสภาพการสะท้อนแสงของฟิล์มที่ความหนาต่างๆกัน ซึ่งจากการทดลอง พบว่าเมื่อความหนาของแผ่นฟิล์มเพิ่มมากขึ้นในทุกๆชั้น ส่งผลให้การสะท้อนของแสงเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน Hidam Kumarjit Singh (2011) ความโปร่งแสงและความสะอาดที่มากส่งผลต่อค่าความสว่างที่ได้สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาความโปร่งแสงของยางแผ่นฝั่งแห่งซึ่งทำได้โดยการส่องผ่านแสงแล้วสังเกตความสะอาดของยางแผ่นฝั่งแห่งทั่วทั้งแผ่นโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินระดับชั้นคุณภาพแล้วนำแผ่นยางดังกล่าววัดค่าแรงดันเอาท์พุทด้วยเครื่องวัดความโปร่งแสง พบว่า ในชั้นคุณภาพระดับต่ำ ค่าแรงดันที่ได้จะสูง และค่าแรงดันจะลดลงเมื่อระดับคุณภาพเพิ่มขึ้น เนื่องจาก หากยางแผ่นฝั่งแห่ง มีความโปร่งแสงและสะอาดจะทำให้แสงส่องผ่านได้มาก ส่งผลต่อระดับแรงดัน ซึ่งสอดคล้องกับ โชคชัย ศรีดาวเรือง (2553) ที่ศึกษาลักษณะแผงพลังงานแสงอาทิตย์ภายใต้เงื่อนไข การบังเงาบางส่วนเสมือนการลดค่าความเข้มแสงในสัดส่วนที่เท่ากัน และจากการศึกษาพบว่า ความเข้มแสงมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นต่อแรงดันไฟฟ้า

3.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลระหว่างความหนาและระดับคุณภาพของยางแผ่นฝั่งแห่งที่ส่งผลต่อระดับแรงดันเอาท์พุทของเครื่องวัดความโปร่งแสง

โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 การสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2)

ตัวแปร	R	R^2	Adj. R^2	SE_{est}
ระดับคุณภาพ	0.929	0.863	0.863	0.21433
ระดับคุณภาพ, ความหนา	0.930	0.865	0.864	0.21290

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวพยากรณ์ (b) ค่าคงที่ของสมการพยากรณ์ (a) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (SE_b)

ตัวแปร	b	SE_b	Std.b	t	P
ค่าคงที่ (a)	4.086	0.076		53.458	0.000
ระดับคุณภาพ (Grade)	-0.464	0.009	-0.897	-50.823	0.000
ความหนา (Thickness)	-0.082	0.026	-0.055	-3.126	0.002

จากตารางที่ 2 พบว่า ระดับคุณภาพและความหนาสามารถร่วมกันพยากรณ์ระดับแรงดันเอาท์พุทของเครื่องวัดความโปร่งแสงที่วัดความโปร่งแสงของยางแผ่นฝั่งแห่งที่ระดับคุณภาพที่แตกต่างกันได้ร้อยละ 86.5% (R^2) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์ (SE_{est}) เท่ากับ 0.21290

จากตารางที่ 3 พบว่า ระดับคุณภาพและความหนาสามารถพยากรณ์ระดับแรงดันเอาต์พุตของเครื่องวัดความโปร่งแสงที่วัดความโปร่งแสงของยางแผ่นผึ่งแห้งที่ระดับคุณภาพที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยระดับคุณภาพ (Std.b=-0.897) มีอิทธิพลต่อระดับแรงดันเอาต์พุตมากกว่าความหนาของแผ่นยางผึ่งแห้ง (Std.b=-0.055) และสามารถเขียนสมการพยากรณ์ระดับแรงดันของยางแผ่นผึ่งแห้งตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นได้ ดังนี้

$$\text{ระดับแรงดัน(Volt)} = -0.897(\text{ระดับคุณภาพ}) - 0.055(\text{ความหนา})$$

จากสมการพยากรณ์ ระดับคุณภาพมีค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าตัวแปรความหนา และสามารถพยากรณ์ระดับแรงดันของยางแผ่นผึ่งแห้งได้ร้อยละ 86.5 เป็นผลมาจากการประเมินคุณภาพโดยการสังเกตความโปร่งแสงและความสะอาดของแผ่นยางผึ่งแห้งจากผู้เชี่ยวชาญ สอดคล้องกับ ปรัชญา บำรุงกุล (2553) ที่ศึกษาการนำระบบประมวลผลภาพมาใช้ในการหาค่าความโปร่งแสงและความสะอาดของแผ่นยาง หลักขณะเด่นในการคัดแยกคุณภาพแผ่นยาง เนื่องจากตามมาตรฐานการคัดแยกแผ่นยางนั้นจะดูจาก ความใสและปริมาณจุดต่างที่เกิดจากรา เช่นเดียวกับ สมจิตต์ ศิขรินมาศ (2539) ศึกษาวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจเลือกขายยางแผ่นผึ่งแห้งผ่านตลาดกลางยางพาราและตลาดท้องถิ่นของเกษตรกรชาวสวนยาง ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของราคา

4. สรุป

การประยุกต์ใช้แผนผังงานแสงอาทิตย์เพื่อตรวจสอบความโปร่งแสงของยางผึ่งแห้งโดยการสร้างเครื่องวัดความโปร่งแสงของแผ่นยางผึ่งแห้งที่มีค่าความผิดพลาดสูงสุด 5.96% สามารถเพิ่มความถูกต้องให้กับการประเมินความโปร่งแสงของแผ่นยางด้วยเจ้าหน้าที่ฝ่ายคุณภาพ ที่ความหนาเฉลี่ยของแผ่นยางผึ่งแห้ง 3.01-3.70 มม. ให้ค่าระดับแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ยที่สอดคล้องกับระดับคุณภาพ 1 2 3 และ 4 เท่ากับ 3.41, 2.80, 2.49 และ 1.91 โวลต์ ตามลำดับ ขณะที่ระดับการประเมินคุณภาพและความหนาสามารถพยากรณ์ระดับแรงดันของยางแผ่นผึ่งแห้งได้ร้อยละ 86.5 โดยระดับการประเมินคุณภาพด้วยเจ้าหน้าที่ฝ่ายคุณภาพเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับแรงดันเอาต์พุตของเครื่องวัดความโปร่งแสงด้วยแผนผังงานแสงอาทิตย์มากกว่าความหนาของแผ่นยางผึ่งแห้ง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัททองเจริญกิจรับเบอร์จำกัด หจก.สุราษฎร์ยางพารามุกดาหาร สหกรณ์การเกษตรคูเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

6. เอกสารอ้างอิง

- จักรี เลื่อนราม และคณะ. 2547. การจัดการคุณภาพและข้อกำหนดมาตรฐานยางไทย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- โชคชัย ศรีดาวเรือง. 2553. การวิเคราะห์ลักษณะเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้เงื่อนไขการบังเงาบางส่วน. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เดชนิติธร อัมปรีดาและวันชัย ทรัพย์สิงห์. 2554. แผนเซลล์แสงอาทิตย์จำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แบบทันเวลา. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบผลงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4
- ปรัชญา บำรุงกุล. 2553. ระบบคัดแยกคุณภาพแผ่นยางพาราโดยการประมวลผลภาพ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สมจิตต์ ศิขรินมาศ และคณะ. 2539. ผลกระทบจากการตั้งตลาดกลางยางแผ่นดิบต่อชาวสวนยางและร้านค้ายางท้องถิ่น. วารสารยางพารา ฉบับ อีเล็กทรอนิกส์ 7.

- อดิศร เพ็ชรจรรยา. 2549. การเคลือบฟิล์มบางไดโอดิเล็กทริกแบบหลายชั้นสำหรับการสะท้อนแสงสูง. วิทยานิพนธ์
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อนุสรณ์ แรมลีและมนัส วงศ์คำชาว. 2554. สถานการณ์ยางพาราภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ปี 2551-2554.
วารสารยางพาราฉบับอิเล็กทรอนิกส์ 7
- อุมารินทร์ แสงพานิช. 2545. การศึกษาคูณภาพกำลังไฟฟ้าของระบบโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย
ไฟฟ้าที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- A.L. Fitch et.al. 2012. Realization of an Analog Model of Memristor Based on Light Dependent
Resistor, **Circuits and Systems (ISCAS), 2012 IEEE International Symposium on** : 1139-
1142
- Dej chanchaiwong et.al. 2011. Drying Kinetics of Un smoked Rubber Sheet by Forced and Natural
Convection. **IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research
(CHUSER 2011)** : 189-195.
- Hidam Kumarjit Singh et.al. 2011. A New Non-Intrusive Optical Technique to Measure Transparent
Liquid Level and Volume. **IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 11, NO. 2** : 391-398.
- J.A.Muaddi. 2012. An Optimal Solar Cell for Under Water Measurement. **Applied Solar Energy,
2012, Vol. 48, No. 1** : 20-23.
- Joe Smith. 2009. Ambient Light Sensing (ALS). **INTELLIGENT OPTO SENSOR DESIGNER'S
NOTEBOOK NUMBER 26** : 1-9.
- Jun HU et.al. 2013. An intelligent photosensitive tracker for concentrating PV system. **International
Conference on Measurement, Information and Control (MIC)** : 917-921