

รูปที่ 6.27 แสดงภาพถ่ายของยางแผ่นที่แห้งแล้วจากการรมในห้องรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุงในช่วงเดือนมค. 2548 จะเห็นว่าสีของแผ่นยางค่อนข้างคล้ำ สีของแผ่นยางจะนำไปเปรียบเทียบกับแผ่นยางที่รมในห้องรมที่ปรับปรุงแล้วในบทต่อไป



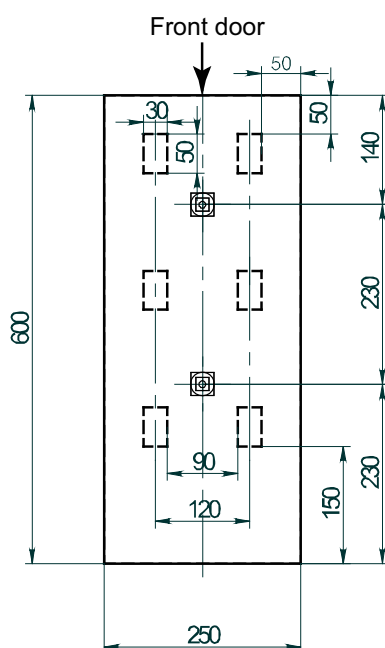
รูปที่ 6.27 ยางดีจากการรมโดยห้องที่ยังไม่ได้ปรับปรุง (ยางเข้า มค. 2548)

7. การปรับปรุงห้องรมยางและผลการทดลอง

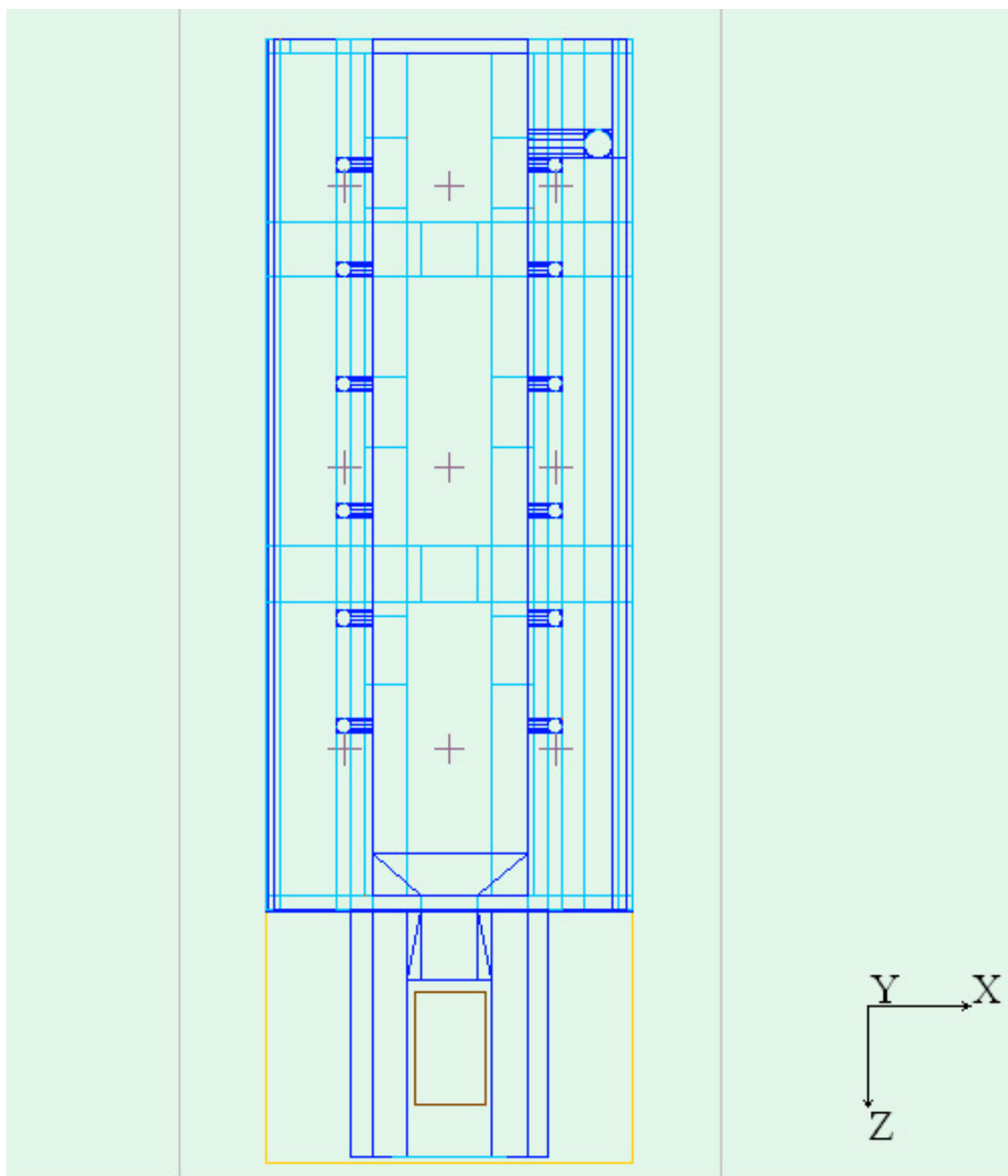
จากผลการทดลองในบทที่ผ่านมาพบว่ากรรมในห้องรมปกติของสหกรณ์โรงรม มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม่พื้ที่สู่มาก เนื่องจากการปล่อยแก๊สร้อนทิ้งทางท่อระบาย เพื่อเป็นตัวนำให้แก๊สส่วนหนึ่งไหลเข้าห้องรม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงห้องรมให้มีการใช้เชื้อเพลิงที่ลดลง โดยวิธีการหลักคือการนำแก๊สทั้งหมดที่ได้จากการเผาไหม้เข้าสู่ห้องรม แต่เพื่อลดปริมาณเขม่าที่จะทำให้ยางมีสีคล้ำมากจึงได้ออกแบบตัวดักจับอนุภาคแบบตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 5 และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความร้อนในห้องรมโดยการออกแบบให้แก๊สร้อนมีการกระจายที่สม่ำเสมอมากขึ้นซึ่งจะช่วยให้ยางสุกอย่างทั่วถึงในเวลาที่ลดลงและยางที่ได้มีคุณภาพที่ดีขึ้น จึงจำเป็นต้องออกแบบการไหลในห้องรมใหม่โดยเน้นการปรับเปลี่ยนที่ลงทุนน้อยที่สุด การออกแบบจะจำลองการไหลโดยใช้โปรแกรม FloVent เพื่อศึกษาตำแหน่ง ขนาด และจำนวนบานระบายความชื้นที่เหมาะสม ห้องรมที่ปรับปรุงแล้วจะให้แก๊สร้อนไหลเข้าห้องรมทั้งหมดโดยการปิดท่อระบายและทำการติดตั้งเครื่องดักจับอนุภาคแบบตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์ ที่ช่องทางเข้าของแก๊สร้อนที่พื้นห้องรมจำนวน 12 ตัว

7.1 การปรับปรุงการไหลในห้องรมยาง

จากการจำลองการไหลในห้องรมเปล่าจำนวน 20 ครั้งพบว่าลักษณะของบานระบายความชื้นที่ทำให้มีการกระจายอุณหภูมิที่ดีที่สุดแสดงในรูปที่ 7.1 โดยมีบานระบายความชื้นขนาด 30 cm x 50 cm จำนวน 6 บาน และรอบ ๆ เพดานด้านบนทำการปิดรอบด้าน ส่วนหลังคาจะมีช่องระบายแก๊ส ขนาดและตำแหน่งบานระบายความชื้นบนเพดาน แสดงในรูปที่ 7.1 ส่วนแผนผังห้องรมที่ปรับปรุงจากการจำลองด้วยโปรแกรม FloVent แสดงในรูปที่ 7.2 คุณสมบัติของห้องรมที่ปรับปรุงแล้วจะเหมือนในตารางที่ 6.1 ส่วนวัสดุที่ใช้ปิดด้านบนรอบเพดานคือกระเบื้องแผ่นเรียบหนา 4 mm



รูปที่ 7.1 ขนาดและตำแหน่งบานระบายความชื้นบนเพดาน



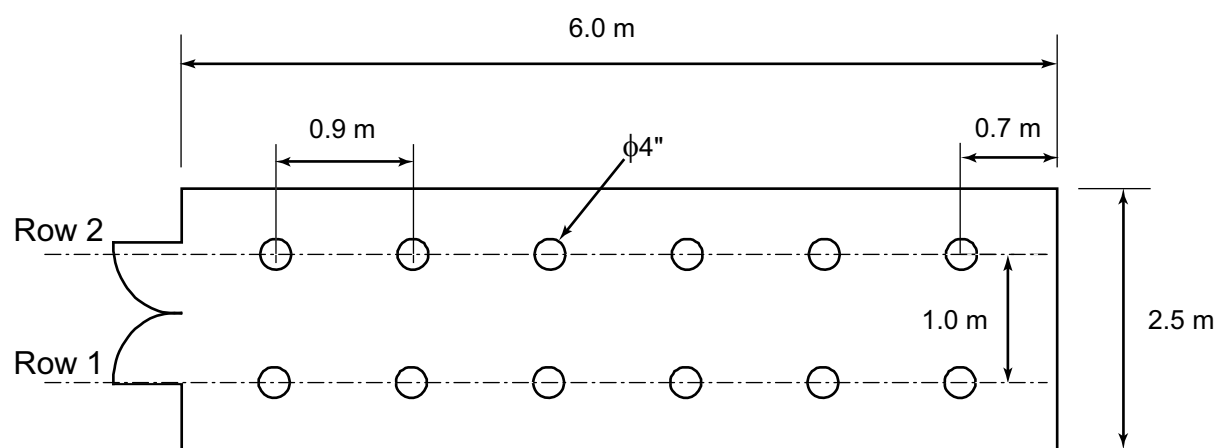
รูปที่ 7.2 แผนผังห้องรมยางปรับปรุงซึ่งจำลองด้วยโปรแกรม FloVent

7.1.1 ผลการกระจายอุณหภูมิที่ตำแหน่งของช่องปล่อยแก๊สร้อน

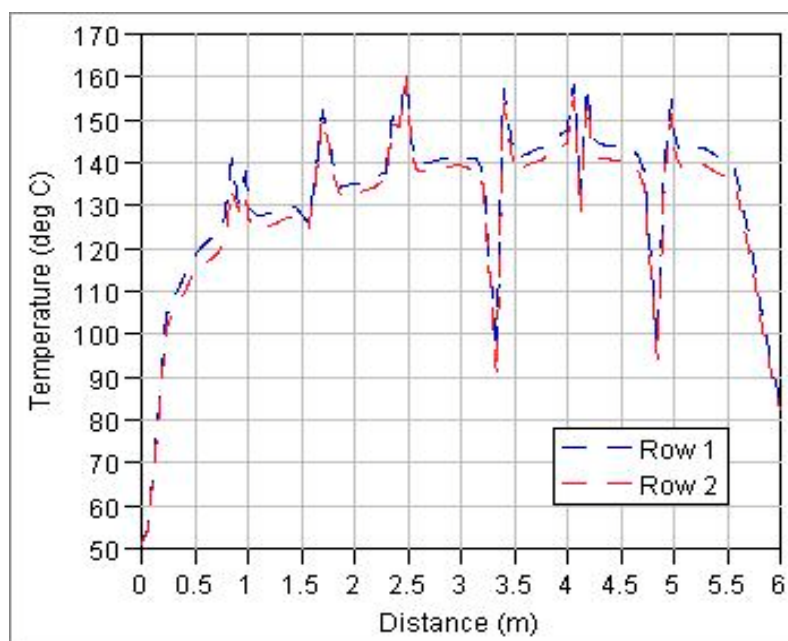
ตำแหน่งของช่องปล่อยแก๊สร้อนขนาด 4 inch เหมือนของห้องรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุงดังแสดงในรูปที่ 7.3 โดยห้องรมที่ทำการปรับปรุงจะปิดท่อระบายแก๊ส แต่ไม่ได้ทำการรื้อออก

ผลการจำลองอุณหภูมิที่ตำแหน่งตามแนวของช่องปล่อยแก๊สร้อนในห้องรมยางเหนือช่อง 5 cm แสดงในกราฟรูปที่ 7.4 ผลที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับห้องรมที่ไม่ได้ปรับปรุง แต่อุณหภูมิระหว่างหน้าห้องและหลัง

ห้องต่างกันประมาณ 20°C ซึ่งต่ำกว่ากรณีที่ไม่ได้ปรับปรุงประมาณ 5°C ส่วนความแตกต่างเล็กน้อยระหว่าง 2 แนวเกิดเนื่องจากในห้องยังมีท่อระบายแก๊สอยู่ เพียงแต่ปิดไว้ไม่ให้อากาศไหลออกเท่านั้นจึงเกิดความไม่สมมาตรขึ้น



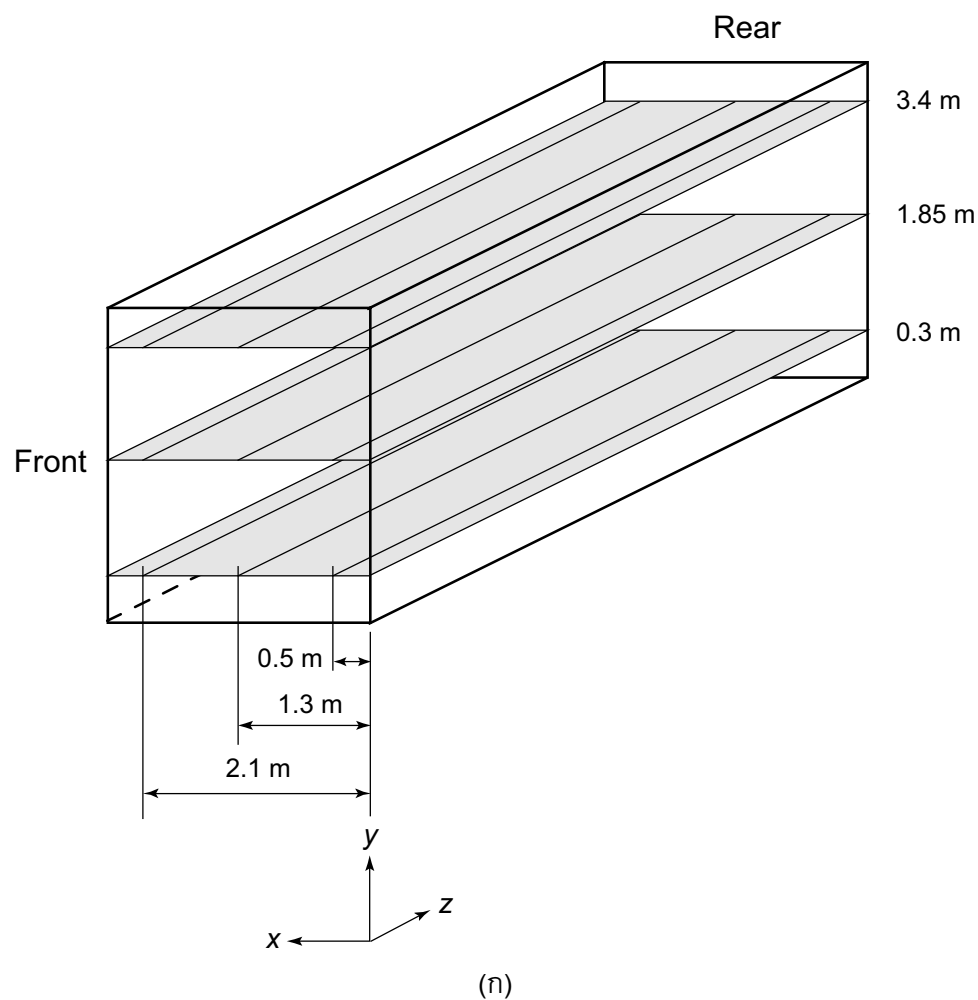
รูปที่ 7.3 ช่องปล่อยแก๊สร้อนและปล่องระบายแก๊สร้อนภายในห้องรมยาง



รูปที่ 7.4 อุณหภูมิของแก๊สร้อนที่แนวช่องปล่อยแก๊สร้อนแถวที่ 1 และ 2

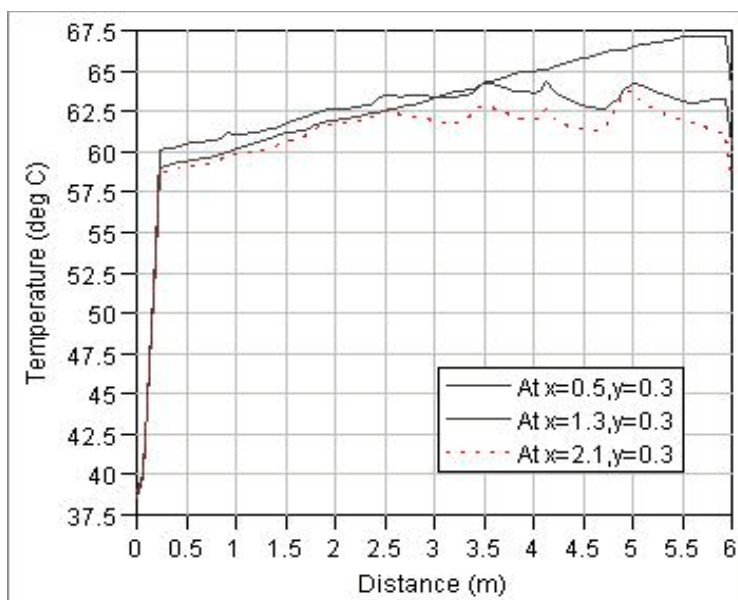
7.1.2 ผลการกระจายอุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความยาวของห้องที่ความต่ำแหน่งต่าง ๆ

การกระจายของอุณหภูมิตามความยาวของห้องจะพิจารณาที่ 3 ระนาบความสูงของห้องเหมือนของห้องรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 7.5 โดยที่แต่ละระนาบจะพิจารณาที่ 3 แนว คือแนวที่ตรงกับช่องระบายแก๊ส และแนวกลางห้อง



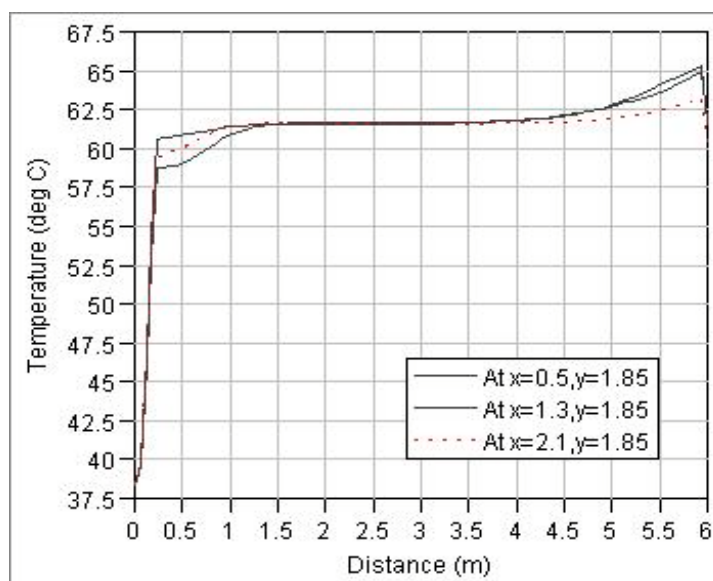
รูปที่ 7.5 ตำแหน่งที่ใช้วัดอุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความยาวของห้องรมยาง (ก) ภาพแสดงตำแหน่งในแนวตั้ง (ข) ภาพจากด้านบน

อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความยาวของห้องที่ระดับความสูงจากพื้นห้อง 0.3 m แสดงในรูปที่ 7.6 พบว่าอุณหภูมิของแก๊สร้อนบริเวณด้านหลังห้องสูงกว่าด้านหน้าห้องประมาณ $2-8^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากหน้าห้องไปหลังห้อง ไม่มีผลของบานระบายความชื้นเหมือนในห้องรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุง



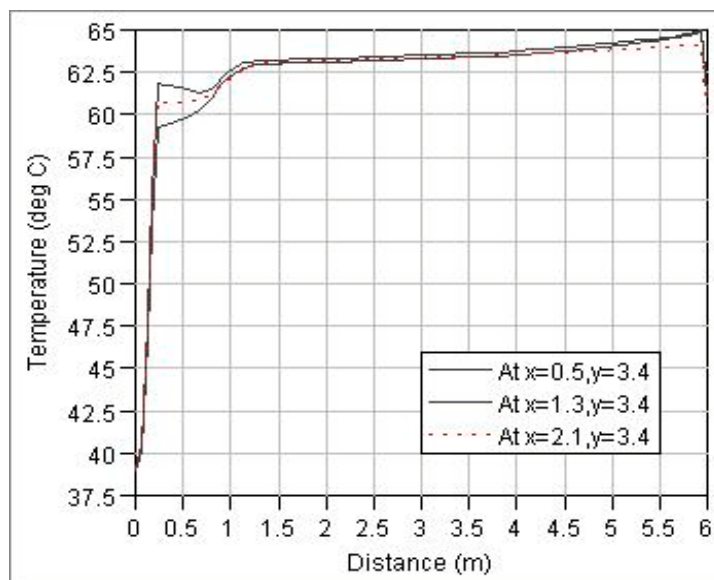
รูปที่ 7.6 อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความยาวของห้องที่ระดับความสูงจากพื้นห้อง 0.3 m

อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความยาวของห้องที่ระดับความสูงจากพื้นห้อง 1.85 m แสดงในรูปที่ 7.7 จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มเหมือนกับที่ระดับความสูง 0.3 m แต่ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างหน้าห้องและหลังห้องจะลดลงเหลือประมาณ 5°C



รูปที่ 7.7 อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความยาวของห้องที่ระดับความสูงจากพื้นห้อง 1.85 m

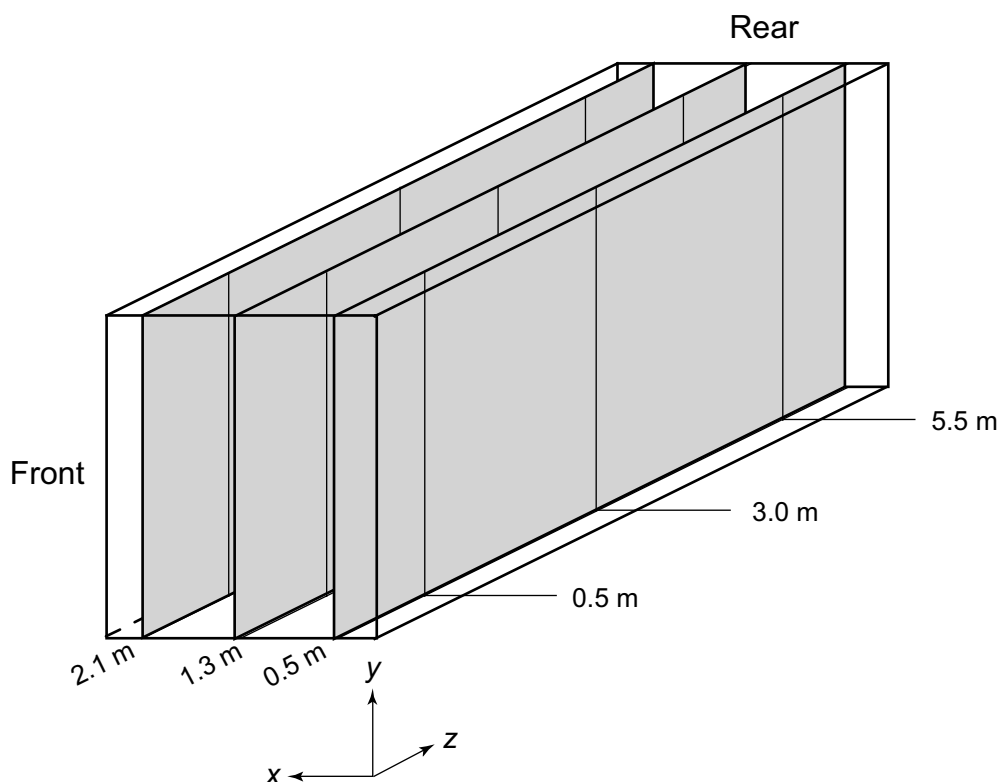
ส่วนอุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความยาวของห้องที่ระดับความสูงจากพื้นห้อง 3.4 m แสดงในรูปที่ 7.8 พบว่าอุณหภูมิโดยส่วนใหญ่ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องมีค่าใกล้เคียงกันมาก ยกเว้นที่ตำแหน่งตรงกับบานระบายความชื้นอุณหภูมิจะลดลงต่ำลงเล็กน้อย



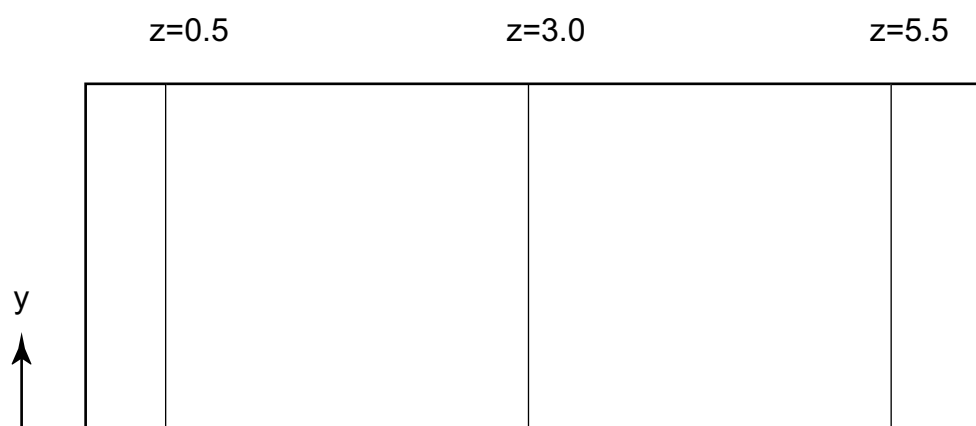
รูปที่ 7.8 อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความยาวของห้องที่ระดับความสูงจากพื้นห้อง 3.4 m

7.1.3 ผลการกระจายอุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความสูงของห้องที่ตำแหน่งต่าง ๆ

การกระจายของอุณหภูมิตามความสูงของห้องจะพิจารณาที่ 3 ระบายความกว้างของห้องเหมือนของห้องที่ยังไม่ได้ปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 7.9 โดยที่แต่ละระดับจะพิจารณาที่ 3 แนวความลึก คือแนวหน้าห้อง กลางห้อง และหลังห้อง



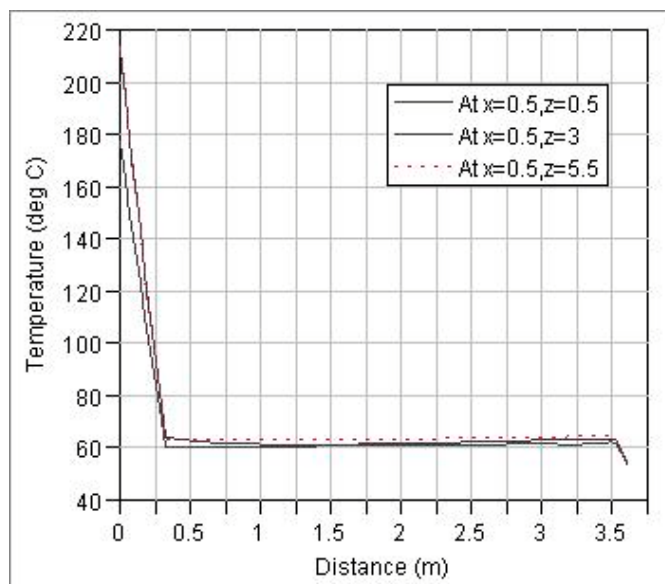
(ก)



(ข)

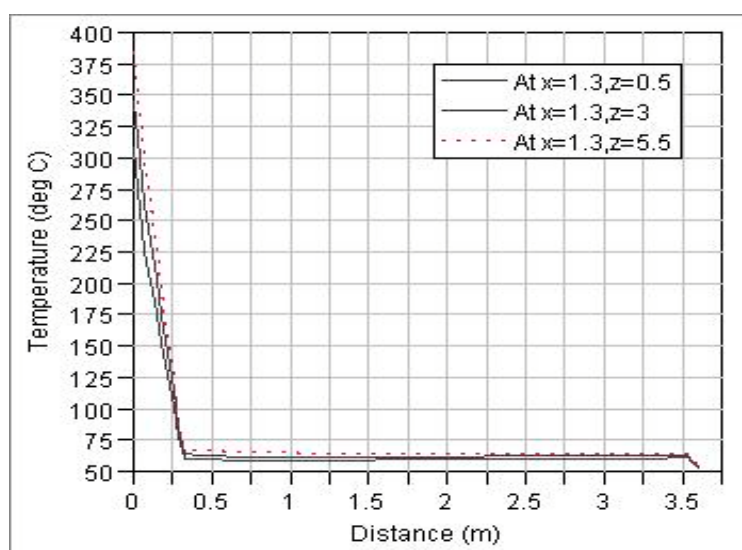
รูปที่ 7.9 ตำแหน่งที่ใช้วัดอุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความสูงของห้องรมยาง (ก) ภาพแสดงตำแหน่งในแนว กว้างของห้อง (ข) ภาพจากด้านข้าง

อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความสูงของห้อง ณ ระนาบด้านขวาของห้อง ($x = 0.5$ m) แสดงในรูปที่ 7.10 พบว่าอุณหภูมิของแก๊สร้อนบริเวณด้านล่างของห้องจะมีค่าสูงมากเหมือนของห้องรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุง และจะลดลงเหลืออุณหภูมิประมาณ 60°C ซึ่งค่อนข้างจะคงที่ อุณหภูมิใกล้เคียงกันมากแตกต่างกันเพียง $2-3^{\circ}\text{C}$



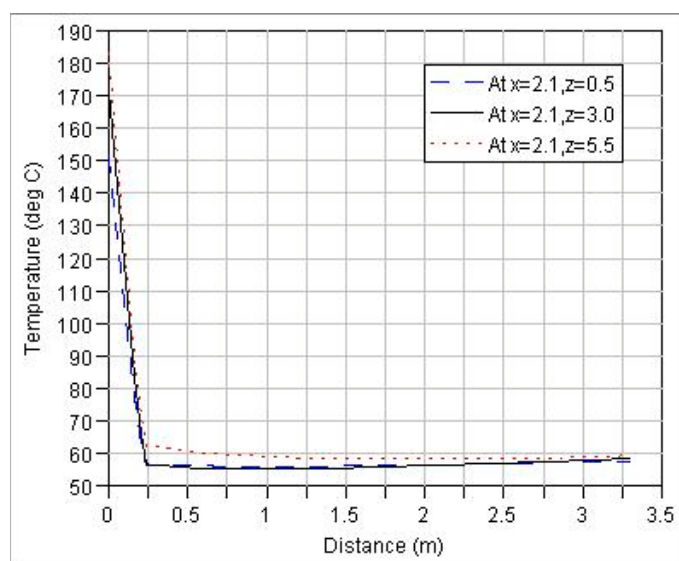
รูปที่ 7.10 อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความสูงของห้องที่ระยะห่างจากผนังห้อง 0.5 m

อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความสูงของห้อง ณ ระนาบกลางห้อง ($x = 1.3$ m) แสดงในรูปที่ 7.11 พบว่าอุณหภูมิของแก๊สร้อนบริเวณด้านล่างของห้องจะมีค่าสูงมากเช่นเดียวกัน และจะลดลงเหลืออุณหภูมิประมาณ 60°C ซึ่งค่อนข้างจะคงที่เช่นเดียวกัน



รูปที่ 7.11 อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความสูงของห้องที่ระยะห่างจากผนังห้อง 1.3 m

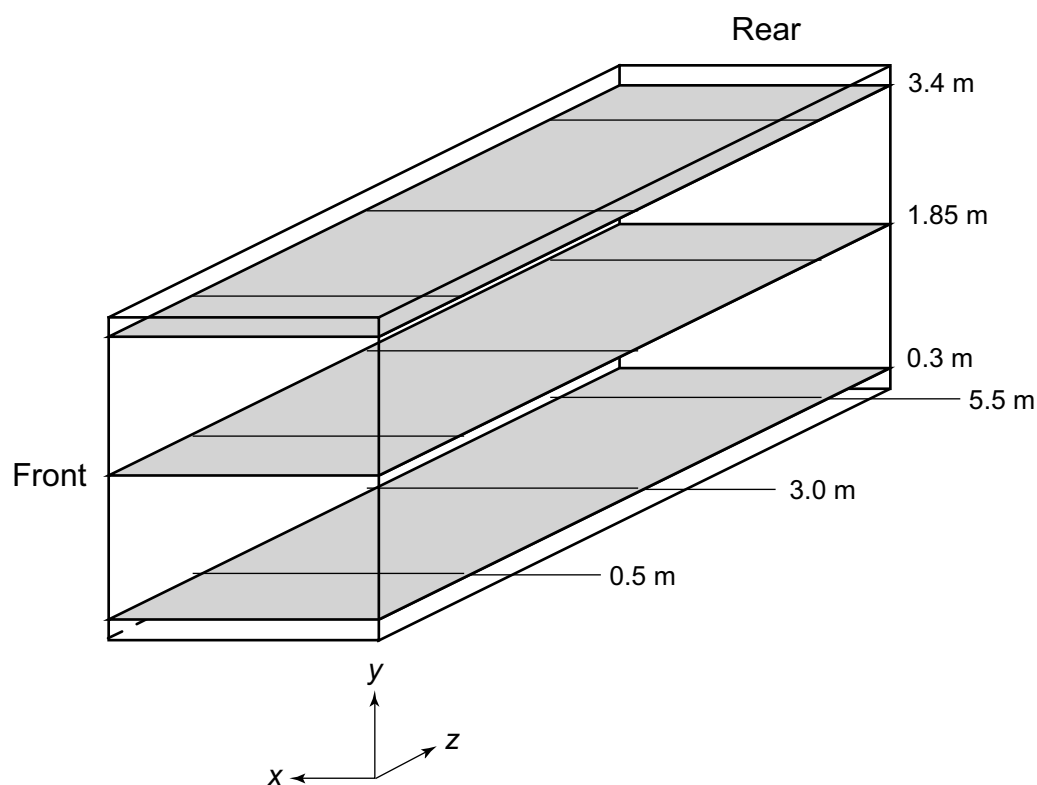
อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความสูงของห้อง ณ ระนาบด้านซ้ายของห้อง ($x = 2.1$ m) แสดงในรูปที่ 7.12 พบว่ามีลักษณะคล้ายกับกรณีที่ผ่านมา



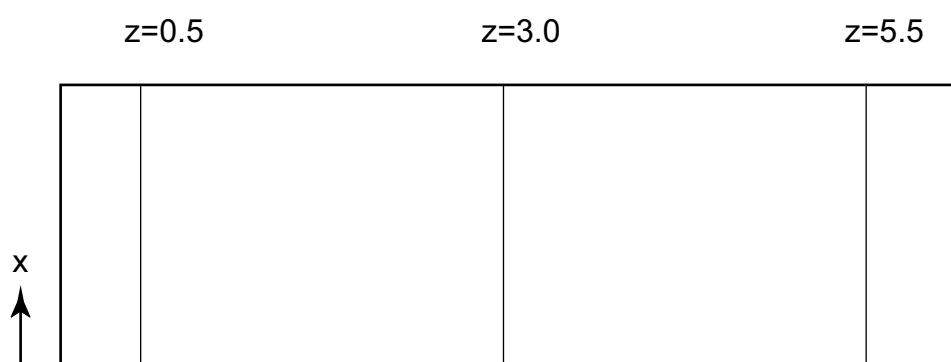
รูปที่ 7.12 อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความสูงของห้องที่ระยะห่างจากผนังห้อง 2.1 m

7.1.4 ผลการกระจายอุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความกว้างของห้องที่ตำแหน่งต่าง ๆ

การกระจายของอุณหภูมิตามความกว้างของห้องจะพิจารณาที่ 3 ระบายความสูงของห้อง ดังแสดงในรูปที่ 7.13 โดยที่แต่ละระดับจะพิจารณาที่ 3 แนวความลึก คือแนวหน้าห้อง กลางห้อง และหลังห้อง



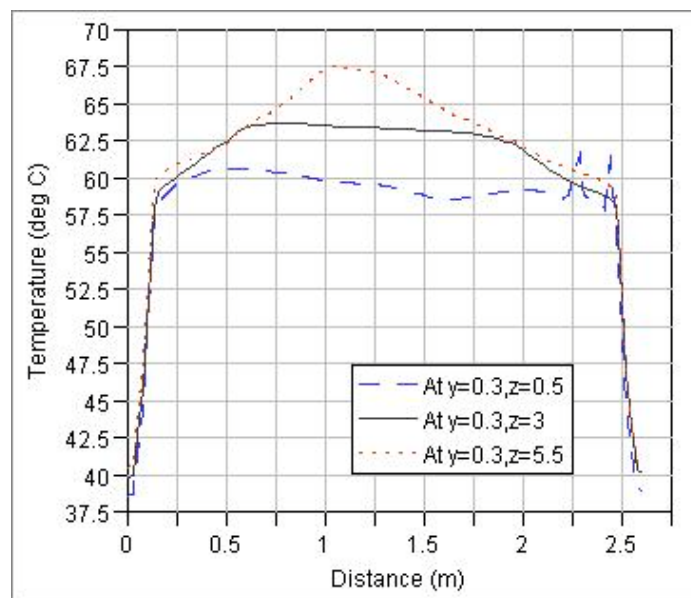
(ก)



(ข)

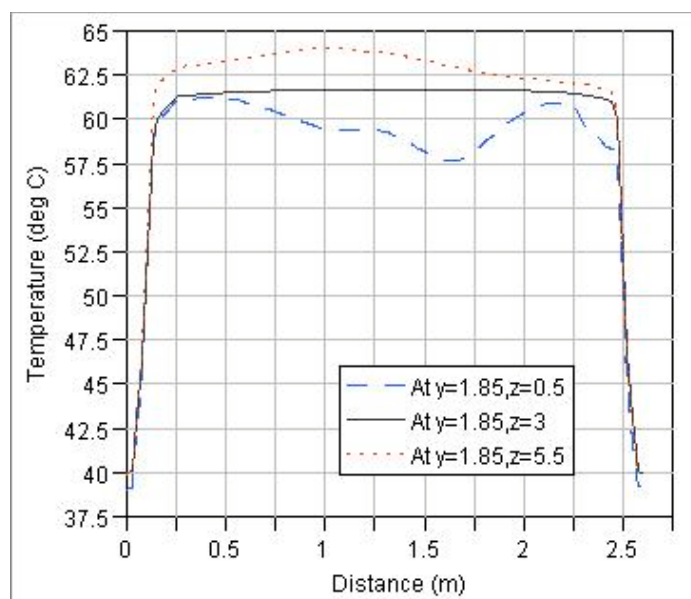
รูปที่ 7.13 ตำแหน่งที่ใช้วัดอุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความกว้างของห้องรมยาง (ก) ภาพแสดงตำแหน่งในแนว ยาวของห้อง (ข) ภาพจากด้านบน

อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความกว้างของห้อง ณ ระนาบต่ำสุดของห้อง ($y = 0.3$ m) แสดงในรูปที่ 7.14 พบว่าโดยส่วนใหญ่อุณหภูมิที่กระจายตามความกว้างของห้องมีค่าใกล้เคียงกันยกเว้นบริเวณกลางห้อง และเมื่อพิจารณาในแนวความลึกพบว่าบริเวณด้านหลังห้องมีอุณหภูมิสูงสุด



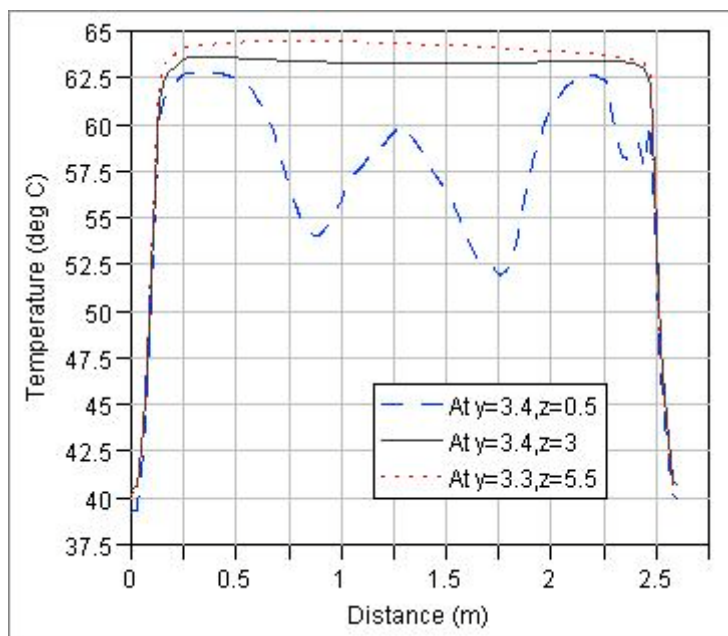
รูปที่ 7.14 อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความกว้างของห้องที่ระดับความสูงจากพื้นห้อง 0.3 m

อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความกว้างของห้อง ณ ระนาบความสูงตรงกลางของห้อง ($y = 1.85$ m) แสดงในรูปที่ 7.15 พบว่าโดยส่วนใหญ่อุณหภูมิที่กระจายตามความกว้างของห้องมีค่าใกล้เคียงกันต่างกันไม่เกิน 5°C



รูปที่ 7.15 อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความกว้างของห้องที่ระดับความสูงจากพื้นห้อง 1.85 m

อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความกว้างของห้อง ณ ระบายความสูงตรงกลางของห้อง ($y = 3.4$ m) แสดงในรูปที่ 7.16 พบว่าโดยส่วนใหญ่อุณหภูมิที่กระจายตามความกว้างของห้องมีค่าใกล้เคียงกันยกเว้นที่ ระบายหน้าห้อง ($z = 0.5$ m) อุณหภูมิจะลดต่ำลงที่ตำแหน่งใกล้บานระบายความชื้น ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้

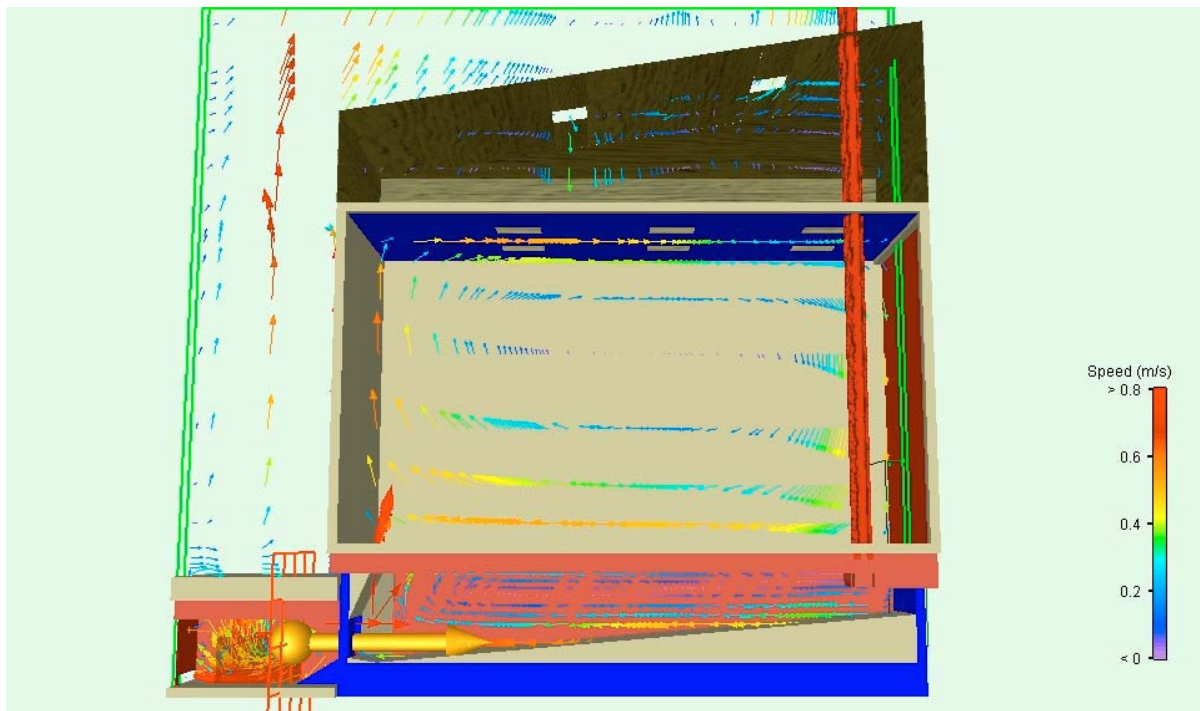


รูปที่ 7.16 อุณหภูมิของแก๊สร้อนตามความกว้างของห้องที่ระดับความสูงจากพื้นห้อง 3.4 m

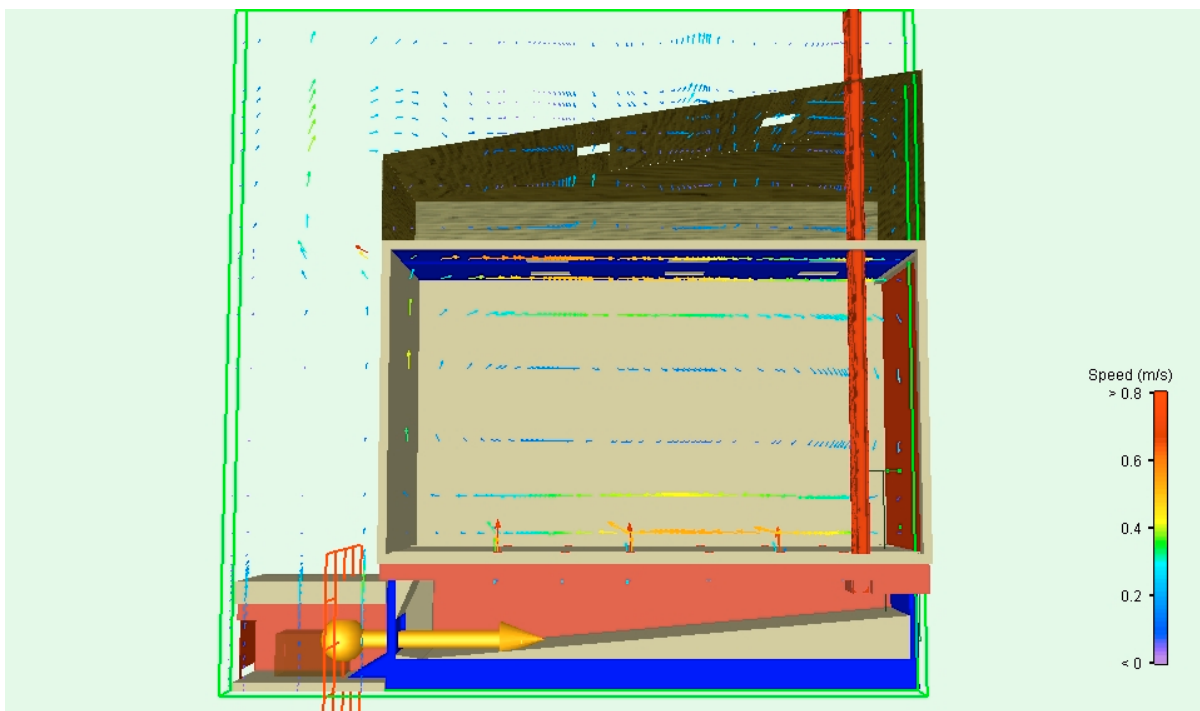
7.1.5 ผลการกระจายความเร็ว

เวกเตอร์ความเร็วที่ระบายต่าง ๆ ของห้องรมที่ปรับปรุง แสดงในรูปที่ 7.17-7.19 จะเห็นได้ว่าการไหลเวียนในห้องได้ดีพอสมควร แต่ยังมีกรไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่บานระบายความชื้นแต่ไม่มากนัก การปรับปรุงตามรูปแบบนี้น่าจะทำให้การไหลเวียนในห้องรมดีขึ้น

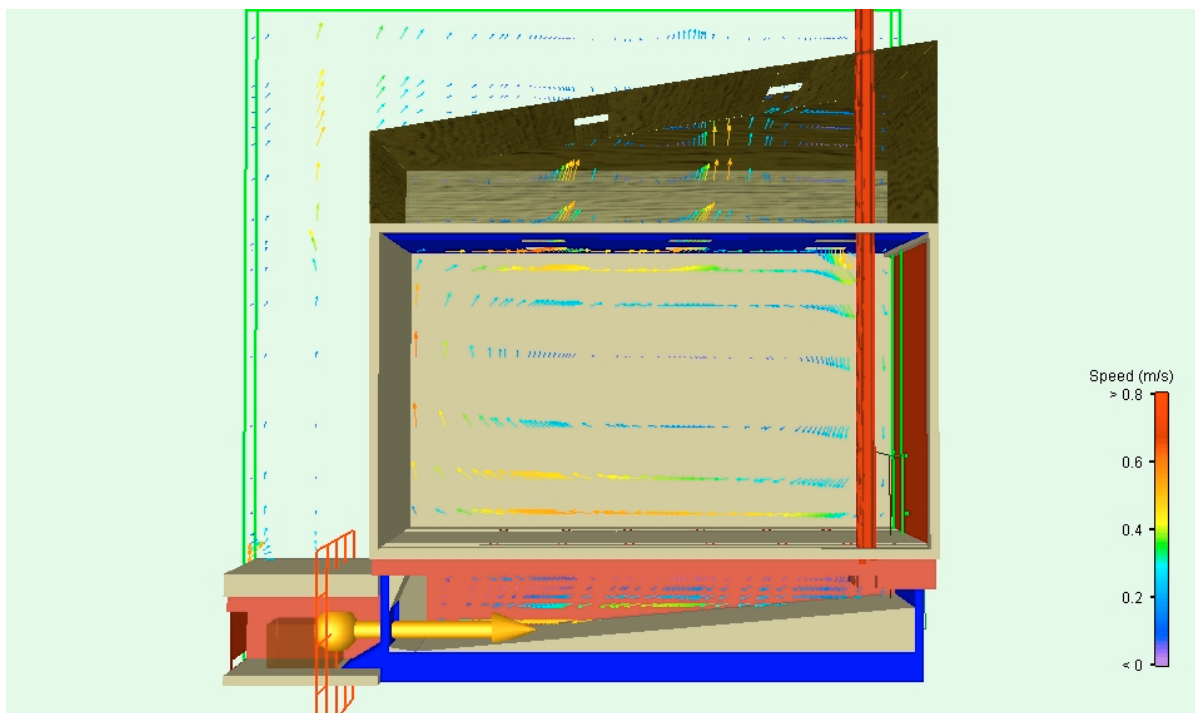
จากผลการปรับปรุงโดยการจำลองด้วยโปรแกรมคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล พบว่าการเพิ่มจำนวนบานระบายความชื้น ทำให้มีการกระจายอุณหภูมิและความเร็วสม่ำเสมอมากขึ้น แม้ว่าบางจุดจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างจากจุดอื่นค่อนข้างสูง แต่เป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เนื่องจากถ้าต้องการให้การกระจายอุณหภูมิสม่ำเสมอมากขึ้น ต้องออกแบบห้องใหม่ทั้งหมดซึ่งต้องลงทุนสูง ไม่เหมาะกับสภรณ์ที่มีทุนไม่สูงนัก นอกจากนี้ในการจำลองห้องที่ปรับปรุงแล้วต้องลดกำลังของแหล่งความร้อนลงจาก 20 kW เหลือ 15 kW เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิในห้องไว้ที่ประมาณ 60°C มิฉะนั้นอุณหภูมิจะสูงเกิน 70°C ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะประหยัดพลังงานได้ถึง 25% เนื่องจากการจำลองนี้พิจารณาเฉพาะห้องรมเปล่าและไม่ได้พิจารณาความชื้นซึ่งเป็นข้อจำกัดของโปรแกรม ดังนั้นการไหลในห้องรมจริงจะแตกต่างจากการจำลองนี้ค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามการปรับปรุงตามผลการจำลองนี้น่าจะให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นโดยรวม



รูปที่ 7.17 การไหลของแก๊สในห้องที่ระนาบกลางห้องตามความกว้าง



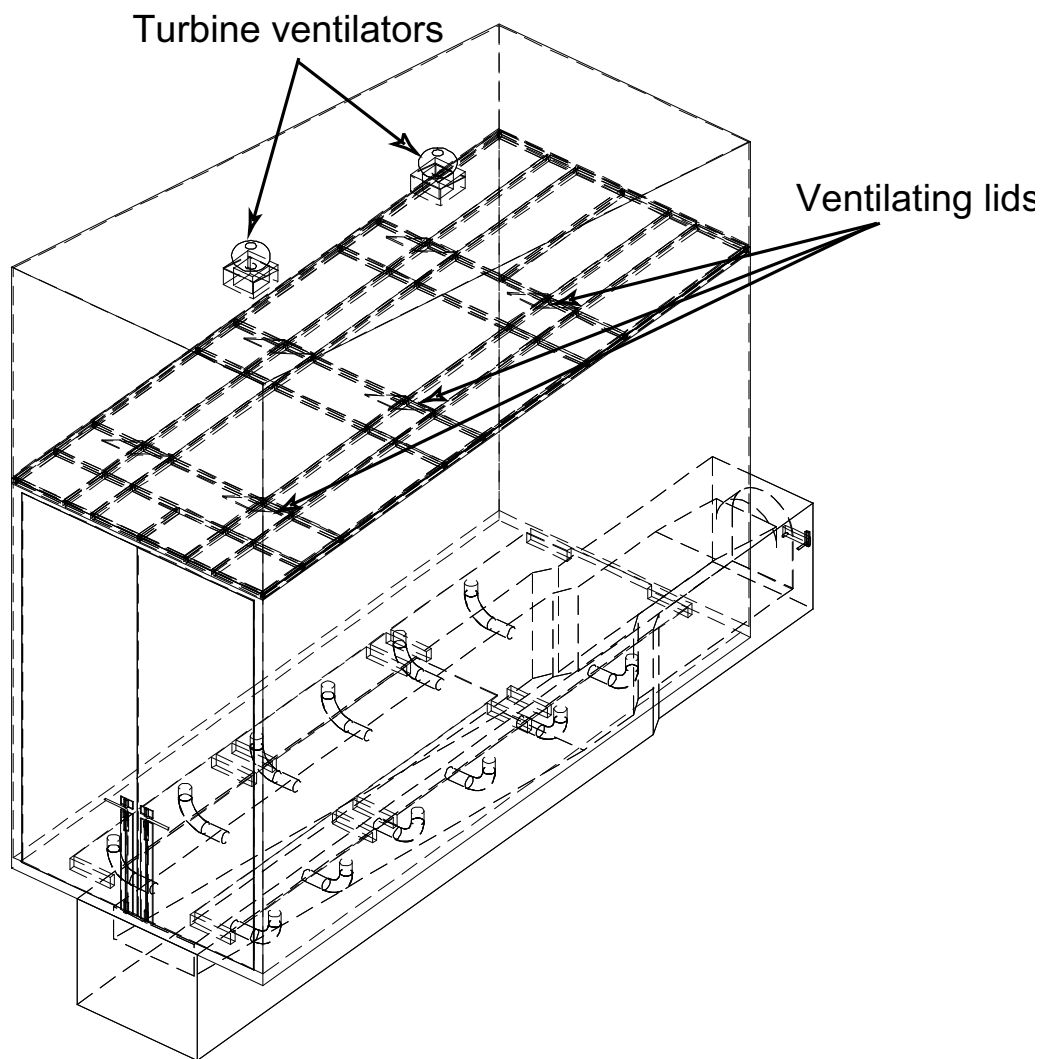
รูปที่ 7.18 การไหลของแก๊สในห้องที่ระนาบช่องปล่อยแก๊ส



รูปที่ 7.19 การไหลของแก๊สในห้องที่ระบายผ่านบานระบายความชื้น

7.2 ห้องรมปรับปรุง

จากผลการจำลองการไหลในห้องรมได้นำมาสู่การปรับปรุงห้องรมตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 7.20 โดยมีบานระบายความชื้นขนาด 30 cm x 50 cm จำนวน 6 บาน และทำการปิดรอบด้านบนของเพดานด้วยกระเบื้องแผ่นเรียบ ซึ่งนอกจากช่วยให้มีการกระจายอุณหภูมิที่ดีขึ้นแล้วยังช่วยป้องกันไม่ให้ควันไหลเข้าสู่บริเวณที่พนักงานทำงานซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพระยะยาว ส่วนหลังคาจะติดตั้งพัดลมดูดชนิดหมุนได้ด้วยตัวเอง (turbine ventilator) จำนวน 2 ตัวแทนช่องระบายแก๊ส เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการระบายความชื้นในการรมวันแรก รายละเอียดของแบบห้องรมที่ปรับปรุงแล้วอยู่ในภาคผนวก ค



รูปที่ 7.20 แผนผังห้องรมยางที่ทำการปรับปรุงแล้ว

ภาพถ่ายประตูห้องตัวอย่างของสหกรณ์สวนยางบ้านหัวถนน ที่ทำการปรับปรุงแล้วแสดงในรูปที่ 7.21 โดยทางสหกรณ์ได้เอื้อเฟื้อห้องรมหมายเลข 7 ให้ใช้ปรับปรุงและทดสอบ เนื่องจากประตูห้องรมเป็นบานเหล็กขนาดใหญ่มากจึงได้ทำการบุผนังด้านในด้วยฉนวนใยแก้วหนา 2 inch เพื่อลดปริมาณความร้อนที่สูญเสียผ่านประตู รูปที่ 7.22 แสดงภาพถ่ายรอบ ๆ ด้านบนของเพดานซึ่งถูกหุ้มปิดหมดด้วยกระเบื้องแผ่นเรียบ รูปที่ 7.23 แสดงตำแหน่งของบานระบายความชื้นบนเพดานซึ่งควบคุมการเปิด-ปิดด้วยการดึงเส้นลวดซึ่งอยู่ด้านหลังห้อง ส่วนพัดลมดูดอากาศชนิดหมุนได้ด้วยตัวเองแสดงในรูปที่ 7.24 รูปที่ 7.25 แสดงพื้นห้องรมยางที่ทำการปรับปรุงแล้วและได้ติดตั้งอุปกรณ์ดักจับอนุภาคนิดตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์ ในช่องปล่อยแก๊สทั้ง 12 ช่อง ส่วนที่เป็นแนวอิฐนั้นทำหน้าที่เป็นทางเดินสายไฟ (ข้างใน) และเป็นตัวป้องกันความร้อนจากแก๊สร้อนที่จะทำให้สายไฟเสื่อมรวมทั้งทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้าด้วย สายไฟที่ใช้เป็นสายไฟหุ้มเทียมนรถจักรยานยนต์ซึ่งทนศักย์ไฟฟ้าแรงสูงได้มากกว่า 15 kV แต่มีข้อเสียคือทนอุณหภูมิได้เพียง 90°C ดังนั้นสายไฟบางส่วนที่อยู่ใกล้ปล่องปล่อยแก๊สจะเสื่อมสภาพค่อนข้างเร็ว (2-3 เดือน) แผนผังการเดินสายไฟในห้องรมแสดงในรูปที่ 7.26 ส่วนรูปแสดงเตาเผาฟืนที่ทำการปรับปรุงเรียบร้อยแล้วแสดงในรูปที่ 7.27



รูปที่ 7.21 ประตูห้องรมยางที่ทำการปรับปรุงแล้ว



รูปที่ 7.22 ด้านบนรอบห้องรมยางที่ทำการปรับปรุงแล้ว



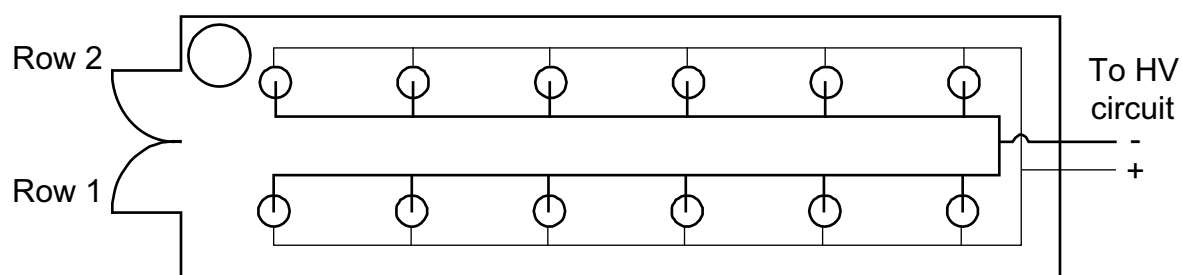
รูปที่ 7.23 เพดานห้องรมยางที่ทำการปรับปรุงแล้วแสดงตำแหน่งบานระบายความชื้น



รูปที่ 7.24 พัดลมดูดอากาศบนหลังคาห้องรมที่ปรับปรุงแล้ว



รูปที่ 7.25 พื้นห้องรมยางที่ทำการปรับปรุงแล้วโดยแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ดักจับอนุภาค



รูปที่ 7.26 แผนผังการเดินสายไฟในห้องรม



รูปที่ 7.27 เตาเผาฟืนที่ทำการปรับปรุงแล้ว

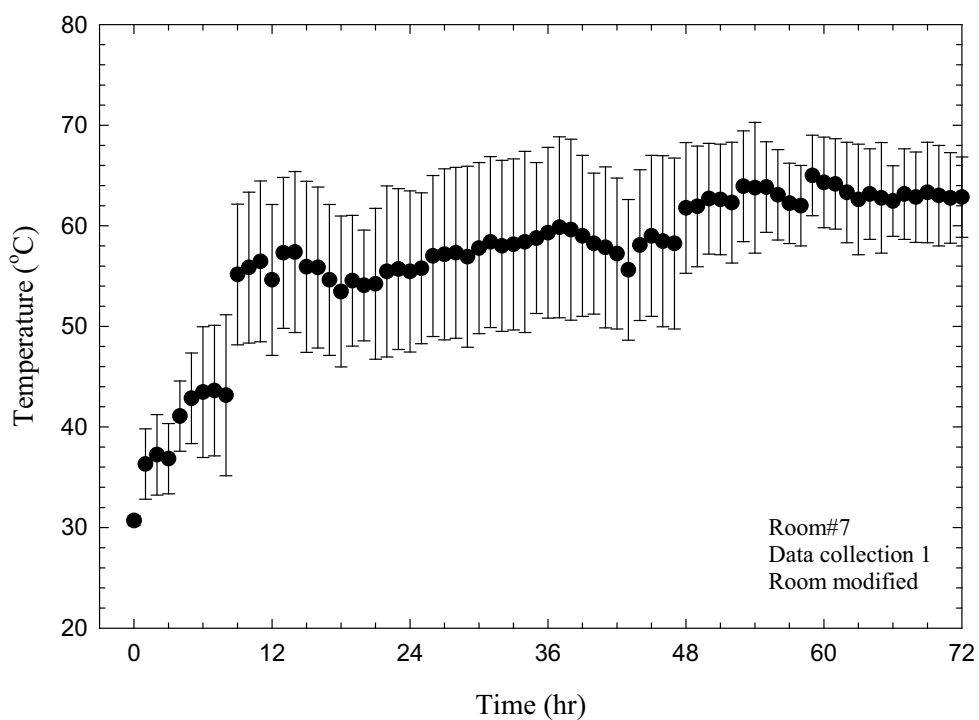
ต้นทุนในการปรับปรุงห้องรมแสดงในตารางที่ 7.1 จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงเฉพาะห้องรมเพียงอย่างเดียวลงทุนไม่เกิน 54,300 บาท แต่ถ้าติดตั้งระบบดักอนุภาคต้องลงทุนเพิ่มอีกประมาณ 22,300 บาท

ตารางที่ 7.1 ต้นทุนในการปรับปรุงห้องรมแต่ละห้อง

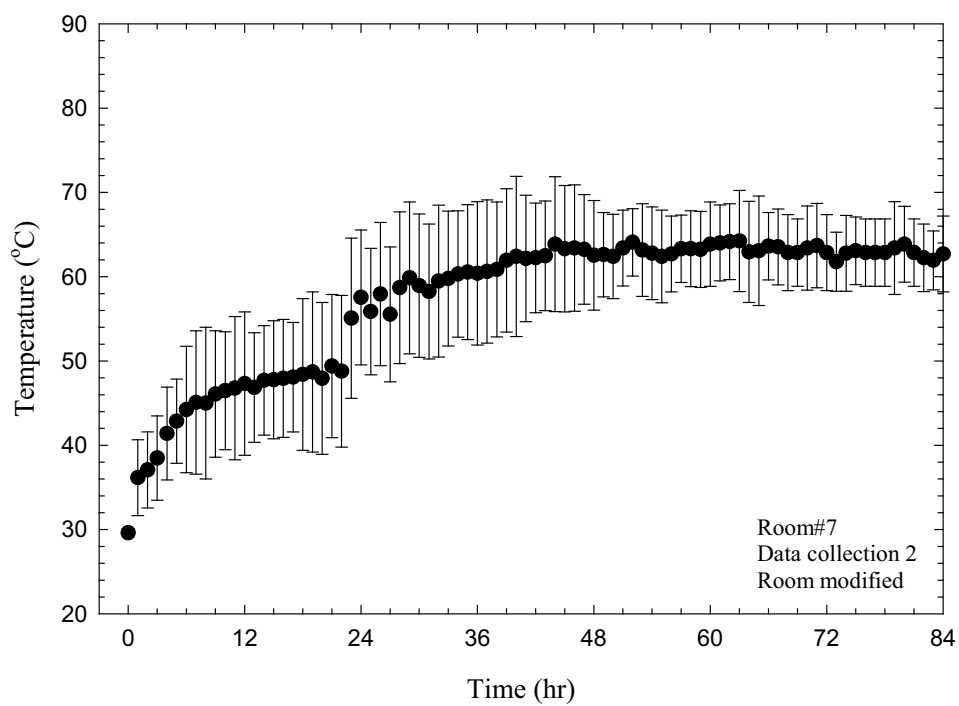
รายการ	ราคา (บาท)
1. ห้องรม	
เพดานและรอบห้องรม	44,000
พัดลมดูดชนิดหมุนด้วยตัวเอง 2 ตัว	4,300
แผ่นเหล็กพูน	6,000
รวม	54,300
2. ชุดดักเขม่า	
อุปกรณ์ดักเขม่า 12 ชุด	8,400
วงจรไฟฟ้าแรงสูง	3,700
Variac	4,200
สายไฟ	1,000
ค่าติดตั้ง	5,000
รวม	22,300
รวมทั้งสิ้น	76,600

7.3 การกระจายของอนุภาคนิวตรอนในห้องรมที่ปรับปรุงแล้ว

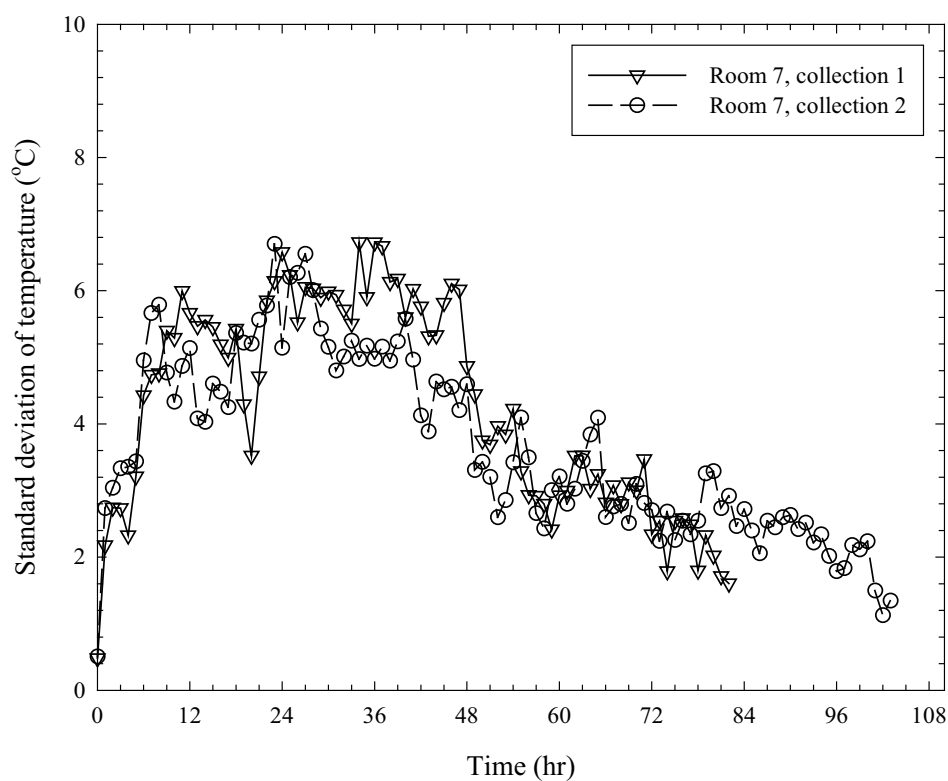
เพื่อศึกษาผลของการปรับปรุงต่อการกระจายอนุภาคนิวตรอนในห้องรมได้ทำการวัดอนุภาคนิวตรอนในห้องรมจำนวน 13 จุดโดยมีตำแหน่งการวัดเช่นเดียวกับในบทที่ 6 โดยใช้อุปกรณ์วัดชุดเดิมแต่ทำการวัดทุก ๆ ชั่วโมง ผลของการวัดอนุภาคนิวตรอนจำนวน 2 ครั้ง แสดงในรูปที่ 7.28 และ 7.29 โดยค่าที่แสดงเป็นอนุภาคนิวตรอนเฉลี่ยทั้ง 13 จุด ณ เวลาใด ๆ และค่าขอบเขต (bound) ของอนุภาคนิวตรอนซึ่งหมายถึงค่าสูงสุด-ต่ำสุด ณ เวลานั้น ๆ ส่วนรูปที่ 7.30 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอนุภาคนิวตรอนจากการวัดทั้ง 2 ครั้ง ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่าการควบคุมอนุภาคนิวตรอนเทียบกับเวลาดีกว่ากรณีห้องที่ยังไม่ได้ปรับปรุง อย่างไรก็ตามความแตกต่างของอนุภาคนิวตรอนในแต่ละจุดยังมีค่าสูง แต่เมื่อพิจารณาอนุภาคนิวตรอนเป็นจุด ๆ ในภาคผนวก ก พบว่าบริเวณกลางห้องจะมีอนุภาคนิวตรอนสูงกว่าบริเวณอื่น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอนุภาคนิวตรอนพบว่าการรบกวนแรกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่สูงเท่ากรณีที่ยังไม่ได้ปรับปรุงห้อง แต่โดยรวมแล้วไม่ได้แตกต่างกันมากนัก สาเหตุหนึ่งที่ทำให้อนุภาคนิวตรอนยังไม่สม่ำเสมอเกิดเนื่องจากพนักงานยังไม่คุ้นเคยกับการป้อนฝุ่นเพื่อควบคุมอนุภาคนิวตรอนในห้องรมที่ปรับปรุงแล้ว หากพนักงานมีความคุ้นเคยกับการรณในห้องใหม่นี้คาดว่าจะการกระจายอนุภาคนิวตรอนจะสม่ำเสมอมากขึ้น ในการรณคว้นได้ปรับขนาดช่องปล่อยแก๊สเข้าห้องรมโดยไม่ได้เปิดสุด เนื่องจากความร้อนจะสูงเกินไปหากเปิดสุด ในกรณีนี้อาจจะเนื่องจากขนาดช่องปล่อยแก๊สบริเวณตำแหน่งกลางห้องใหญ่เกินไป จึงต้องปรับลดอีก โดยในการรณครั้งหลังได้ปรับลดขนาดช่องปล่อยแก๊สบริเวณกลางห้องให้เล็กลงดังแสดงในรูปที่ 7.31 พบว่าการสุกของยางแผ่นทั่วถึงมากขึ้นและปริมาณยางดีเพิ่มสูงขึ้นมากจากการรณ 2 ครั้งสุดท้าย (ดูหัวข้อถัดไป)



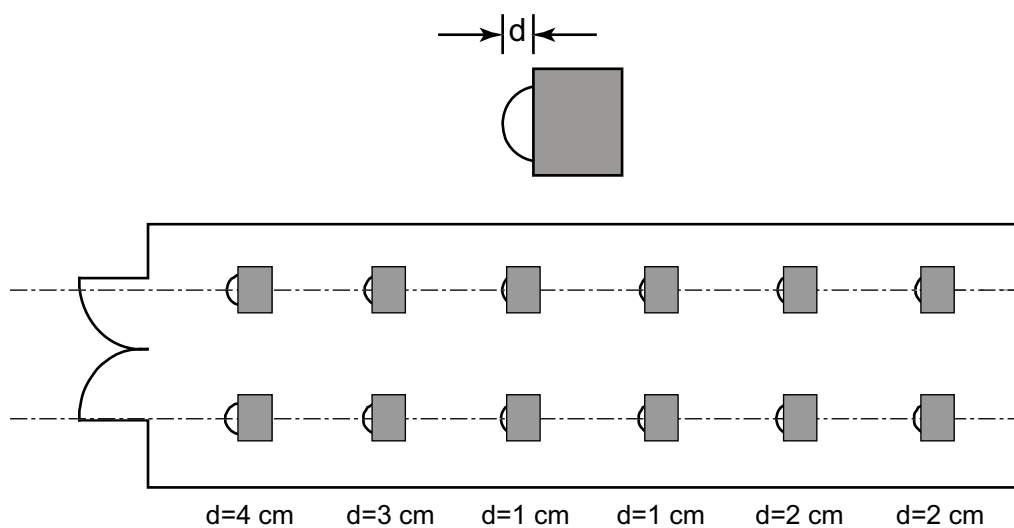
รูปที่ 7.28 อุณหภูมิในห้องรมยางสำหรับห้องรมปรับปรุงหมายเลข 7 ครั้งที่ 1



รูปที่ 7.29 อุณหภูมิในห้องรมยางสำหรับห้องรมปรับปรุงหมายเลข 7 ครั้งที่ 2



รูปที่ 7.30 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิในห้องรมจากการวัดอุณหภูมิทั้ง 2 ครั้ง



รูปที่ 7.31 ขนาดการเปิดช่องปล่อยแก๊สที่พื้นห้องรม

7.4 ปริมาณการใช้ไม้พิน

จากตารางที่ 7.2 ซึ่งแสดงปริมาณยางและปริมาณการใช้ไม้พินของห้องรมยางตัวอย่างของสหกรณ์สวนยางบ้านหัวถนน อ.สะเดา จ.สงขลา ที่ทำการปรับปรุงแล้วแต่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องดักอนุภาคเชิงไฟฟ้าสถิตย์ (ESP) ในช่วงเดือน มิ.ย. 2547 - พ.ย. 2547 ซึ่งเป็นช่วงเปิดกรีดยาง มีฝนตก และยางแผ่นดิบหนาประมาณ

4 mm เช่นเดียวกับข้อมูลในตารางที่ 6.3 พบว่า ปริมาณไม้พินที่ใช้เฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล 4 ครั้ง มีค่าประมาณ 701 กิโลกรัมต่อตันยางรวม หรือ 0.701 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมยางรวม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าห้องรมที่ไม่ได้ปรับปรุงถึง 57.4% และระยะเวลาที่ใช้ในการรมยางทั้งหมดเฉลี่ย 4.4 วัน ลดลงจากการรมในห้องรมที่ไม่ได้ปรับปรุงถึง 42.8% ส่วนปริมาณยางรวมที่ได้ในการรมยางแต่ละครั้งห้องรมประมาณ 1,277 กิโลกรัม ซึ่งได้เป็นยางดีเฉลี่ย 1,148 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 90% ของยางรวม ส่วนที่เหลือเป็นยางคัทตั้งเฉลี่ย 41 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 3% ของยางรวม ยางฟองเฉลี่ย 67 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 5% ของยางรวม และยางดิบเฉลี่ย 21 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 2% ของยางรวม จะเห็นได้ว่าคุณภาพของยางดีใกล้เคียงกับการรมในห้องรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุง

ส่วนตารางที่ 7.3 แสดงปริมาณยางและปริมาณการใช้ไม้พินของห้องรมยางตัวอย่างของสหกรณ์สวนยางบ้านหัวถนน อ.สะเตา จ.สงขลา ที่ทำการปรับปรุงแล้วโดยการทดลองมีทั้งการทดลองที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งเครื่องดักอนุภาคเชิงไฟฟ้าสถิตย์ (ESP) ในช่วงเดือน พย. 2547 - มค. 2548 พบว่า ปริมาณไม้พินที่ใช้เฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล 8 ครั้ง มีค่าประมาณ 586 กิโลกรัมต่อตันยางรวม หรือ 0.586 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมยางรวม ซึ่งลดลงจากการรมในห้องรมที่ไม่ได้ปรับปรุงในช่วงเวลาเดียวกันถึง 31.5% และระยะเวลาที่ใช้ในการรมยางทั้งหมดเฉลี่ย 4 วัน ส่วนปริมาณยางรวมที่ได้ในการรมยางแต่ละครั้งห้องรมประมาณ 1,319 กิโลกรัม ซึ่งได้เป็นยางดีเฉลี่ย 1,192 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 90% ของยางรวม ส่วนที่เหลือเป็นยางคัทตั้งเฉลี่ย 54 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 4% ของยางรวม ยางฟองเฉลี่ย 63 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 5% ของยางรวม และยางดิบเฉลี่ย 10 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 1% ของยางรวม จะเห็นได้ว่าคุณภาพของยางดีโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับการรมในห้องรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุงเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากห้องรมนี้เป็นห้องรมใหม่ดังนั้นในช่วงแรกพนักงานจำเป็นต้องปรับวิธีการป้อนพินใหม่ เมื่อพิจารณาการรม 2 ครั้งสุดท้ายพบว่าสามารถลดปริมาณยางคัทตั้ง และยางฟองลงได้ค่อนข้างมาก และมีสัดส่วนยางดีถึง 96% ยางคัทตั้ง 3% ยางฟองและยางดิบอย่างละ 1% เท่านั้น ดังนั้นสรุปได้ว่าการปรับปรุงการไหลในห้องรมสามารถช่วยให้คุณภาพของยางในการรมสม่ำเสมอมากขึ้น

กราฟปริมาณการเติมไม้พินในช่วงเวลาต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 7.32 ส่วนกราฟปริมาณการใช้ไม้พินสะสมแสดงในรูปที่ 7.33 พบว่ามีอัตราการเติมพินที่ต่ำกว่าห้องรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุง โดยเฉพาะในวันที่ 2-4 ซึ่งกราฟจะไม่เพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นแต่จะชันน้อยลงเรื่อย ๆ

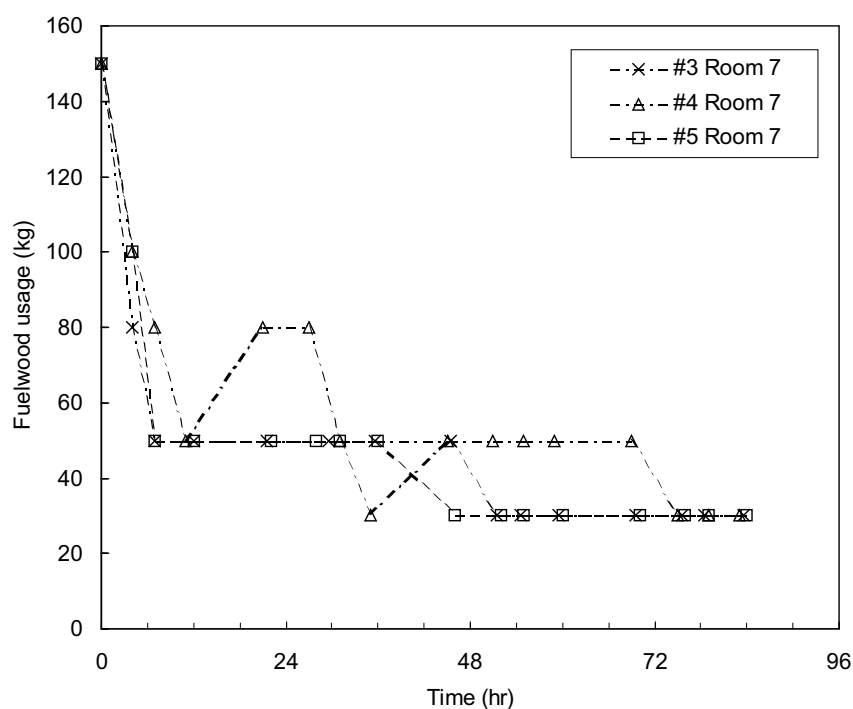
ตารางที่ 7.2 ปริมาณการใช้ไม้พินและปริมาณยางในการรมยางของสหกรณ์สวนยางบ้านหัวถนน อ.สะเตา จ.สงขลา ในช่วงเดือน กค. 2547 - พย. 2547 -- ห้องรมปรับปรุงแล้ว

ครั้งที่	ห้องรมที่	จำนวนวัน	ยางดี (กก)	ยางคัทตั้ง (กก)	ยางฟอง (กก)	ยางดิบ (กก)	เศษยาง (กก)	ปริมาณยางรวม (กก)	ปริมาณไม้พิน (กก)	ปริมาณไม้พินต่อปริมาณยาง (กก ไม้พินต่อตันยาง)	หมายเหตุ
1	7	4	995	29	70	31	0	1125	621	552	ไม่ได้ใช้ ESP
2	7	4	1105	50	59	0	0	1214	850	700	ไม่ได้ใช้ ESP
3	7	5	1264	40	25	52	0	1381	1015	735	ฝนตกหลังคารั่ว
4	7	4.5	1228	46	112	0	0	1386	1094	789	ฝนตกหลังคารั่ว
เฉลี่ย		4.4	1148	41	67	21	0	1277	895	701	
% ยาง			90	3	5	2	0	100			

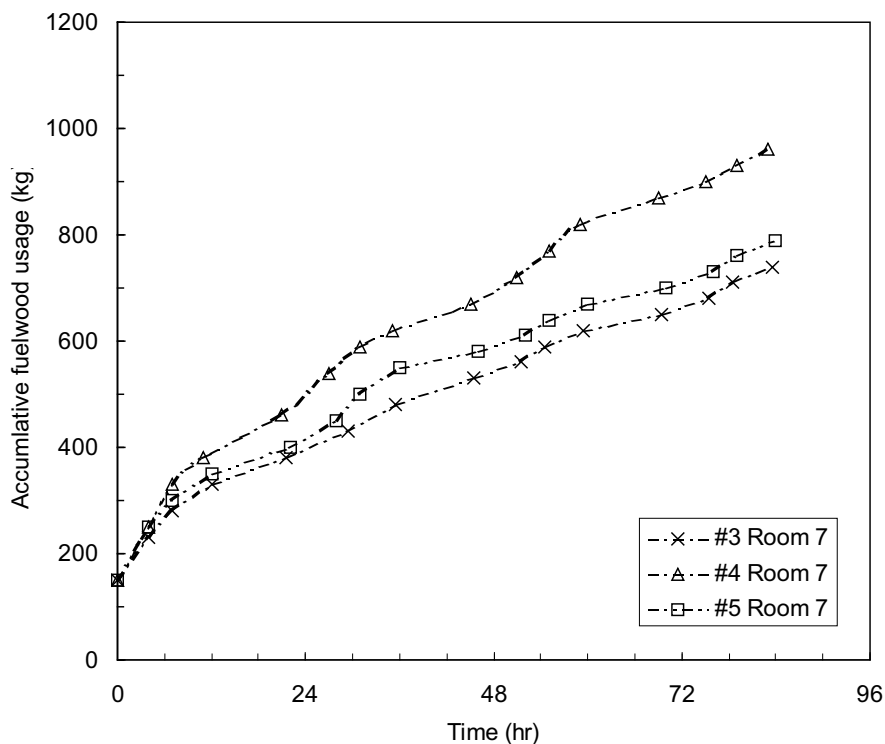
ตารางที่ 7.3 ปริมาณการใช้ไม้ฟืนและปริมาณยางในการรมยางของสหกรณ์สวนยางบ้านหัวถนน อ.สะเดา จ.สงขลา ในช่วงเดือน พย. 2547 - มค. 2548 -- ห้องรมปรับปรุงแล้ว

ครั้งที่	ห้องรม ที่	จำนวน วัน	ยางดี (กก)	ยางคัท ตั้ง (กก)	ยาง ฟอง (กก)	ยางดิบ (กก)	เศษยาง (กก)	ปริมาณ ยางรวม (กก)	ปริมาณ ไม้ฟืน (กก)	ปริมาณไม้ฟืนต่อ ปริมาณยาง (กก ไม้ฟืนต่อตันยาง)	หมายเหตุ
0*	7	4.5	1228	46	112	0	0	1386	1094	789	ใช้ ESP
1	7	3.5	950	71	70	0	0	1091	633	580	ใช้ ESP
2	7	4.5	1029	62	20	13	0	1124	742	660	ใช้ ESP
3	7	4	1148	58	200	20	0	1426	740	519	ไม่ได้ใช้ ESP
4	7	4	1400	45	0	15	0	1460	960	658	ไม่ได้ใช้ ESP
5	7	4	1434	35	26	0	0	1495	790	528	ไม่ได้ใช้ ESP
เฉลี่ย		4	1192	54	63	10	0	1319	773	586	
% ยาง			90	4	5	1	0	100			

หมายเหตุ * ข้อมูลชุดนี้ไม่ได้นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเนื่องจากบานระบายความชื้นในห้องรมไม่สามารถปิดได้ 1 บานทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนในส่วนนี้



รูปที่ 7.32 ปริมาณการเติมไม้ฟืนในช่วงเวลาต่าง ๆ ในการรมยางของสหกรณ์สวนยางบ้านหัวถนน อ.สะเดา จ.สงขลา ในช่วงเดือน พย. 2547 - มค. 2548 จำนวน 3 ครั้ง -- ห้องรมปรับปรุงแล้ว



รูปที่ 7.33 ปริมาณการใช้ไม้ฟืนสะสมในการรรมยางของสหกรณ์สวนยางบ้านหัวถนน อ.สะเดา จ.สงขลา ในช่วงเดือน พย. 2547 - มค. 2548 จำนวน 3 ครั้ง -- ห้องรรมปรับปรุงแล้ว

7.5 คุณภาพแผ่นยางในห้องที่ปรับปรุงโดยไม่ได้ติดตั้งเครื่องตากตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์

คุณภาพของแผ่นยางในที่นี้พิจารณาเฉพาะสีเท่านั้น ซึ่งสีของแผ่นยางรมควันจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว เช่นคุณภาพน้ำที่ใช้ (ถ้าน้ำไม่สะอาดสีของยางก็จะไม่ใส) ระยะเวลาที่ผึ่งรมก่อนรมควัน (ถ้าผึ่งรมเกิน 2 วันยางจะมีสีคล้ำ และอาจเกิดรา) เขม่าจากการเผาไหม้ไม้ฟืน (ถ้าเขม่ามากสียางก็จะคล้ำ) และตัวแปรอื่น ๆ ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะเขม่าจากการเผาไหม้ไม้ฟืน โดยตัดตัวแปรอื่นออก เนื่องจากใช้แหล่งน้ำเดียวกัน และควบคุมการผึ่งยางไว้ที่ 1 วัน (ประมาณ 16 ชั่วโมง) การทดลองของห้องที่ปรับปรุงแล้วจะทดลอง 2 ลักษณะคือการรมควันที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่า และการรมควันที่ติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่า ในหัวข้อนี้จะพิจารณาการทดลองโดยไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่า ยางตัวอย่างที่สุ่มมา 3 แผ่นจากการรม 3 ครั้ง แสดงในรูปที่ 7.34 - 7.36 พบว่าสีไม่ต่างจากยางที่รมได้โดยวิธีปรกติมากนักจากการสังเกตด้วยตาเปล่า เนื่องจากไม่มีมาตรฐานการวัดสี โดยรวมแล้วมีสีคล้ำกว่าเล็กน้อย แต่ยังขายได้ราคาเดิมคือยางชั้น 3



รูปที่ 7.34 ยางดีจากการรมโดยห้องที่ปรับปรุงแล้วแต่ไม่ได้ติดตั้งติดตั้งเครื่องตากตะกอนเชิงไฟฟ้าสฤติย์
(ยางเข้า 18 มค. 2548)



รูปที่ 7.35 ยางดีจากการรมโดยห้องที่ปรับปรุงแล้วแต่ไม่ได้ติดตั้งติดตั้งเครื่องตากตะกอนเชิงไฟฟ้าสฤติย์
(ยางเข้า 24 มค. 2548)



รูปที่ 7.36 ยางดีจากการรมโดยห้องที่ปรับปรุงแล้วแต่ไม่ได้ติดตั้งติดตั้งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์
(ยางเข้า 31 มค. 2548)

7.6 คุณภาพแผ่นยางในห้องที่ปรับปรุงโดยติดตั้งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์

สำหรับการทดลองโดยการติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่าจำนวน 3 ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะเปิดเครื่องให้ทำงานเฉพาะช่วง 30 นาทีแรกของการเติมฟืนเนื่องจากเป็นช่วงที่มีเขม่ามาก ยางตัวอย่างจากการรรมวันทั้ง 3 ครั้ง แสดงในรูปที่ 7.37 - 7.39 จะเห็นได้ว่ามีสีที่ค่อนข้างใสเมื่อเทียบกับยางที่รรมจากห้องที่ไม่ได้ปรับปรุงหรือห้องที่ปรับปรุงแล้วแต่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่า จากการเทียบสีด้วยมาตรฐาน Lovibond ซึ่งใช้เทียบสีของยางแท่ง (ทดลองวัดโดยห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยยางสงขลา) พบว่ายางที่รรมในห้องรรมปรับปรุงแล้วและติดตั้งเครื่องดักเขม่ามีค่าสีเท่ากับ 8.0 (ดังแสดงในตารางที่ 7.4) ซึ่งใสกว่ายางที่รรมโดยไม่ได้ติดตั้งเครื่องดักเขม่าซึ่งมีค่าสีอยู่ระหว่าง 10.0 จนถึงสูงกว่า 16.0 (ค่าสียิ่งต่ำสีจะยิ่งใส) อนึ่งค่าสีของยางที่อบในตู้อบก๊าซซึ่งไม่มีควันมีค่าสีเท่ากับ 5.0 ในรูปที่ 7.39 ได้แสดงตัวอย่างของยางฟองเนื่องจากความร้อนที่สูงเกินไปในบางจุดในการรรม สรุปได้ว่าการใช้อุปกรณ์ดักเขม่าช่วยให้ยางสีใสขึ้น อย่างไรก็ตามสีของยางจากการรรมในห้องที่ปรับปรุงแล้วแต่ไม่ได้ติดตั้งตัวดักเขม่าไม่ได้คล้ำไปกว่ายางจากการรรมโดยวิธีปรกติมากนัก

รูปที่ 7.40 แสดงภาพถ่ายของแผ่นยางจากการรรม 3 วิธีคือ ในรูป 7.40 (ก) เป็นยางจากการรรมโดยวิธีปรกติในห้องรรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุง รูป 7.40 (ข) เป็นยางจากการรรมในห้องที่ปรับปรุงแล้วแต่ไม่ได้ติดตั้งติดตั้งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์ และรูป 7.40 (ค) เป็นยางจากการรรมในห้องที่ปรับปรุงแล้วและติดตั้งติดตั้งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์



รูปที่ 7.37 ยางดีจากการรรมโดยห้องที่ปรับปรุงแล้วและติดตั้งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์
(ยางเข้า 20 พย. 2547)



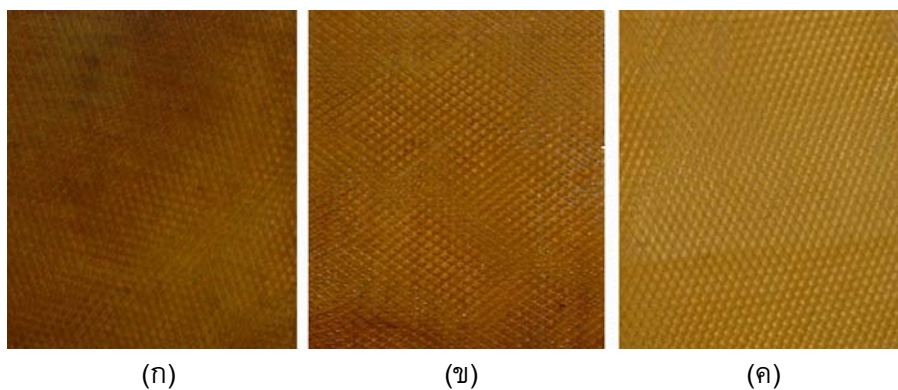
รูปที่ 7.38 ยางดีจากการรมโดยห้องที่ปรับปรุงแล้วและติดตั้งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์
(ยางเข้า 3 ธค. 2547)



รูปที่ 7.39 ยางฟองจากการรมโดยห้องที่ปรับปรุงแล้วและติดตั้งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์
(ยางเข้า 28 พย. 2547)

ตารางที่ 7.4 ค่าสีของยางแผ่นตามมาตรฐาน Lovibond

เงื่อนไขการยางรม	ค่าสีตามมาตรฐาน Lovibond
อบก๊าซ	5.0
ห้องรมไม่ได้ปรับปรุง	10.0 to >16.0
ห้องรมปรับปรุง -- ไม่ได้ติดตั้งตัวดักเขม่า	12.0
ห้องรมปรับปรุง -- ติดตั้งตัวดักเขม่า	8.0



รูปที่ 7.40 ยางจากการรม (ก) ปกติ (ข) ห้องที่ปรับปรุงแล้วแต่ไม่ได้ติดตั้งติดตั้งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์ (ค) ห้องที่ปรับปรุงแล้วและติดตั้งติดตั้งเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

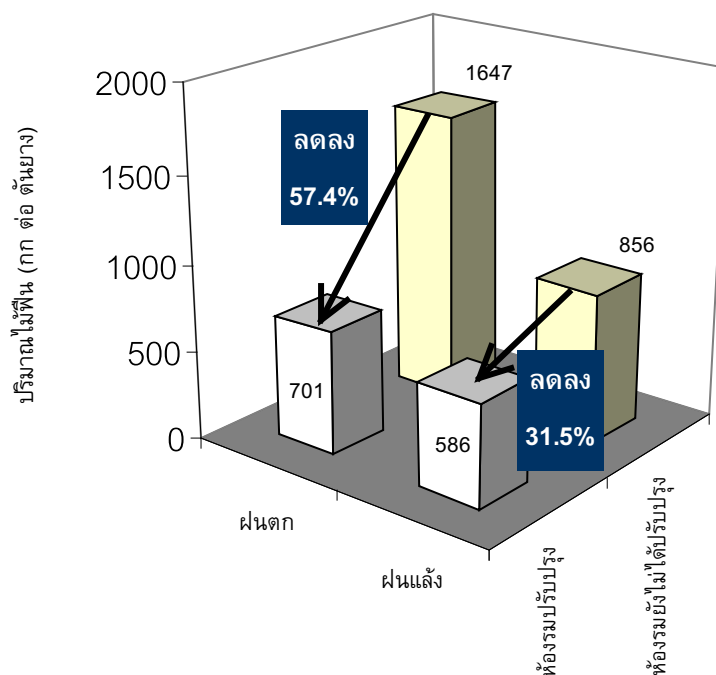
8.1 สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ที่ต้องการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืน และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความร้อนในห้องรมโดยการนำแก๊สร้อนจากการเผาไหม้ทั้งหมดมาใช้และออกแบบให้แก๊สร้อนมีการไหลที่สม่ำเสมอมากขึ้นซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการสูดดมอย่างทั่วถึงในเวลาที่ยาวนาน และยางที่ได้มีคุณภาพที่ดีขึ้นนั้น วิธีการวิจัยประกอบไปด้วยการศึกษาการกระจายของขนาดอนุภาคเขม่าควันเพื่อออกแบบระบบดักจับอนุภาคเขม่าควันที่เหมาะสมดังนั้นแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้ทั้งหมดจะถูกนำไปใช้รมยางโดยที่ยางที่ได้มีสีไม่คล้ำสามารถขายได้ในราคาปกติ และการปรับปรุงการไหลของแก๊สร้อนในห้องรมเพื่อให้การไหลในห้องสม่ำเสมอมากขึ้นโดยที่เป้าหมายคือเพิ่มสัดส่วนยางดีจากการรมและลดระยะเวลาการรม ผลของการวิจัยสรุปได้ดังนี้

การกระจายของขนาดอนุภาคเขม่าควัน จากการสุ่มตัวอย่างของแก๊สในห้องรมด้วยเครื่องเก็บตัวอย่าง Andersen sampler พบว่าค่า mass median aerodynamic diameter (MMAD) ซึ่งเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 50% ของค่าสะสมของสัดส่วนมวล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 micron หรือกล่าวได้ว่าอนุภาคเขม่าจะหนาแน่นในช่วงใกล้ 1 micron โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดเชิงเรขาคณิตเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 ส่วนความเข้มข้นของเขม่าจะเพิ่มขึ้นตามค่าความชื้นของไม้ฟืนที่ใช้ เนื่องจากไม้ฟืนที่มีความชื้นสูงจะทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ได้สูง และทำให้เกิดเขม่าปริมาณมาก

การดักจับอนุภาค ในการศึกษาการดักจับอนุภาคเขม่าซึ่งมีขนาดเล็กมากเบื้องต้นได้พิจารณาการกรองโดยใช้ตาข่ายสแตนเลสละเอียดขนาด mesh #200 และ 400 วางเรียงซ้อนกันหลายชั้น จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพที่ต่ำและมีความดันสูญเสียที่สูงไม่เหมาะแก่การใช้งาน เนื่องจากแก๊สจะไม่สามารถไหลผ่านด้วยการไหลแบบธรรมชาติแต่ต้องใช้การดูดให้อากาศไหลผ่านซึ่งสิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นจึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กลไกการตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์มาใช้ดักจับอนุภาค จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าประสิทธิภาพการดักจับสูงมากและความดันสูญเสียที่ต่ำ และจากการทดสอบในสภาพใช้งานจริงซึ่งมีความเข้มข้นของอนุภาคสูงพบว่าประสิทธิภาพการดักจับโดยรวมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 49% จากการใช้งาน 10 ชั่วโมง ซึ่งน่าจะเหมาะสมในการรมควันยางแผ่นที่ไม่ต้องการประสิทธิภาพที่สูงมากเนื่องจากไม่ต้องการกำจัดอนุภาคทั้งหมด

การปรับปรุงห้องรมยาง จากการจำลองการไหลในห้องรมเปล่าพบว่าการไหลที่ไม่สม่ำเสมอ และมีความแตกต่างของอุณหภูมิค่อนข้างสูง เมื่อใช้วิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหลในการหารูปแบบที่เหมาะสมพบว่า การเพิ่มบานระบายความชื้นและการปิดรอบห้องเหนือฝ้าเพดานช่วยให้ความเร็วและอุณหภูมิสม่ำเสมอมากขึ้น จากการทดสอบห้องรมที่ปรับปรุงแล้วเทียบกับห้องรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุงพบว่าปริมาณการใช้ไม้ฟืนลดลง โดยในช่วงเปิดกรีดและมีฝนตกสามารถลดการใช้ไม้ฟืนได้ถึง 57.4% ดังรูปที่ 8.1 และลดเวลาการรมจาก 7.7 วัน เหลือ 4.4 วัน หรือ 42.8% ส่วนในช่วงฝนแล้งสามารถลดการใช้ไม้ฟืนได้ 31.5% และระยะเวลาการรมไม่เปลี่ยนแปลงคือ 4 วัน จะเห็นได้ว่าสามารถลดปริมาณการใช้ไม้ฟืนได้ตามเป้าหมายคือมากกว่า 30% ส่วนเวลาการรมขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย การทดลองในห้องรมที่ปรับปรุงได้ทดลองทั้งติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่าและไม่ได้ติดตั้ง และไม่ได้เปิดท่อระบายควันดังนั้นจึงไม่ได้มีผลต่อปริมาณการใช้ไม้ฟืน แต่มีผลต่อสีของแผ่นยางโดยสีของแผ่นยางที่ผ่านการรมในห้องที่ติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่าจะมีสีที่ใสกว่าแผ่นยางที่รมโดยวิธีปกติในห้องที่ไม่ได้ปรับปรุง อย่างไรก็ตามแผ่นยางที่รมในห้องที่ปรับปรุงแล้วแต่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่ามีสีคล้ำกว่าเล็กน้อยแต่สามารถขายได้ในราคาปกติคืออย่างชั้น 3



รูปที่ 8.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของห้องรมที่ปรับปรุงแล้วและยังไม่ได้ปรับปรุง

8.2 อุปสรรค ข้อเสนอแนะและทางเลือก

อุปสรรคของโครงการและข้อเสนอแนะ

โครงการนี้เป็นโครงการวิจัยที่แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ทำในห้องปฏิบัติการ และส่วนที่ทำในภาคสนามในโรงรม ในส่วนการทดลองในห้องปฏิบัติการไม่มีอุปสรรคมากนัก สามารถควบคุมการทดลองได้เป็นอย่างดี ในส่วนที่ทำในโรงรมได้รับความร่วมมือจากประธานสหกรณ์เป็นอย่างดีในการเอื้อเฟื้อสถานที่ และความสะดวกต่าง ๆ แต่มีอุปสรรคดังนี้

1. ความเข้าใจของพนักงานโรงรม ซึ่งในระยะแรกพนักงานไม่ค่อยเข้าใจและไม่ได้รับความร่วมมือเท่าที่ควร แต่เมื่อได้คลุกคลีและอธิบายให้เข้าใจถึงวัตถุประสงค์ก็สามารถทำความเข้าใจได้ดีขึ้นและได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดี ดังนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุมชนโดยเฉพาะคน จะต้องมีความอดทน และพยายามทำความเข้าใจ รวมทั้งให้เขาเข้าใจว่าเรามาทำเพื่อประโยชน์โดยตรงของเขา

2. วัตถุดิบ คือน้ำยาง ซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาลเป็นอย่างมาก บางครั้งวางแผนการทดลองเป็นอย่างดีแต่เกิดฝนตก เกษตรกรไม่สามารถกรีดยางได้เนื่องจากน้ำยางที่มีน้ำฝนผสมเมื่อผลิตเป็นยางแผ่นจะเกิดฟองเล็ก ๆ มากมาย จึงต้องยกเลิกการทดลอง ส่วนในช่วงหน้าแล้งยางผลัดใบ ทำให้ไม่มีน้ำยางป้อนสหกรณ์จะต้องหยุดดำเนินการเป็นเวลาประมาณ 2 เดือน นอกจากนี้น้ำยางที่ได้จากสมาชิกมีคุณภาพไม่คงที่ทำให้เกิดความลำบากในการควบคุมตัวแปร อุปสรรคด้านวัตถุดิบเป็นสิ่งที่ยากต่อการแก้ไข โดยเฉพาะลมฟ้าอากาศ ที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้โครงการนี้ล่าช้า

3. สถานที่ คือโรงรมที่อยู่ค่อนข้างห่างไกล ประมาณ 40 กิโลเมตร จากสถานที่ทำงาน จึงขาดความสะดวก และสิ้นเปลืองค่าเชื้อเพลิงในการเดินทางค่อนข้างสูง แต่โรงรมนี้เป็นโรงรมที่มีศักยภาพมากที่สุดในขณะ

นั้นและสหกรณ์ก็มีความกะตือรือร้นในการร่วมโครงการวิจัย ดังนั้นหากเป็นไปได้ควรหาโรงรมที่อยู่ใกล้ที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ แต่ต้องพิจารณาความกะตือรือร้นในการร่วมโครงการวิจัยของสหกรณ์ด้วย

4. วัสดุฉนวนของอุปกรณ์ดักเขม่าชนิดตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์ ที่ต้องใช้เซรามิก เนื่องจากต้องการทนความร้อนสูงด้วย จึงต้องออกแบบและสร้างพิเศษ ช่างทำเซรามิกไม่มีความชำนาญ และเป็นงานปริมาณน้อยจึงใช้เวลานานในการสร้าง

5. การใช้ไฟฟ้าแรงสูงในห้องรม สำหรับใช้กับอุปกรณ์ดักเขม่าทำให้เกิดปัญหาพอสมควร ทำให้โครงการเกิดความล่าช้า เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าแรงสูงในห้องรมต้องใช้สายไฟฟ้าทนแรงดันสูง และสามารถทนอุณหภูมิในห้องรมได้ด้วย ซึ่งมีราคาแพงมาก ในที่นี้ได้ใช้สายไฟหุ้มเทียมนรตจักรยานยนต์ซึ่งมีราคาถูกหาได้ทั่วไป สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้สูง แต่ไม่สามารถทนอุณหภูมิเกิน 100°C จึงทำให้สายไฟบริเวณใกล้ช่องปล่อยแก๊สซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า 100°C เสื่อมเร็วต้องคอยเปลี่ยนทุก ๆ 2-3 เดือน แต่สายไฟที่ใช้มีราคาถูกมาก จึงไม่มีความสิ้นเปลืองในแง่การลงทุน

6. การสะสมของเขม่า จากการทดลองพบว่า มีทั้งเขม่า และทาร์ (tar) เกาะติดบนผนังข้าวเก็บอนุภาค ซึ่งสามารถทำความสะอาดได้อย่างต่อเนื่องหากมีระบบทำความสะอาดอัตโนมัติ เช่นระบบกวาดเชิงกล หรือระบบฉีดน้ำ เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้มีประสิทธิภาพในการดักอนุภาคสูงอยู่ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ที่ออกแบบในการทดลองนี้ไม่มีระบบทำความสะอาดเนื่องจากมีข้อจำกัดของพื้นที่ ซึ่งไม่เพียงพอกับการติดตั้งระบบทำความสะอาด ดังนั้นหากใช้งานเสร็จแต่ละครั้งจะต้องทำความสะอาดด้วยการฉีดน้ำและใช้แปรงขัดให้สะอาดก่อนการใช้งานครั้งต่อไป

ทางเลือกในการปรับปรุงห้องรม

จากผลการวิจัยขอเสนอแนวทางในการปรับปรุงห้องรม 2 ทางเลือกดังนี้

1. การปรับปรุงห้องรมแต่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่า เหมาะสำหรับสหกรณ์ทั่วไปเนื่องจากยางที่ได้แม้จะมีสีคล้ำกว่ายางที่รมโดยวิธีปรกติเล็กน้อยแต่สามารถขายได้ในราคาปรกติ ชั้น 3 เนื่องจากลงทุนไม่สูงนัก การปรับปรุงทำเฉพาะการเปลี่ยนเพดานให้มีบานระบายความชื้นจำนวน 6 บาน ทำการปิดรอบห้องเหนือเพดาน บุฉนวนที่ประตูเตา และติดตั้งพัดลมดูดอากาศชนิดหมุนด้วยตัวเองจำนวน 2 ตัว บริเวณใต้รถเข็นยางปูด้วยเหล็กพรมขนาด $1/4$ inch ค่าลงทุนห้องละ 54,300 บาท ถ้าปรับปรุงทั้ง 7 ห้องต้องลงทุนทั้งหมด 380,100 บาท เมื่อคิดสำหรับสหกรณ์ที่มีกำลังผลิต 500 ตันต่อปี และราคาไม้ฟืน 80 สตางค์ต่อกิโลกรัม จะสามารถประหยัดได้ 108,000 บาทต่อปี (คิดที่ลดปริมาณการใช้ไม้ฟืนได้ 31.5% หรือ 270 กกต่อตันยาง) ดังนั้นระยะคืนทุนเท่ากับ 3.5 ปี

2. การปรับปรุงห้องรมและติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่า เหมาะสำหรับอนาคตที่ต้องการควบคุมสียาง การลงทุนเพิ่มเติมจากข้อ 1 คือชุดอุปกรณ์ดักเขม่า 12 ชุด วงจรไฟฟ้าแรงสูง variac และสายไฟ ค่าลงทุนห้องละ 76,600 บาท ถ้าปรับปรุงทั้ง 7 ห้องต้องลงทุนทั้งหมด 536,200 บาท เมื่อคิดสำหรับสหกรณ์ที่มีกำลังผลิตเท่ากัน ระยะคืนทุนเท่ากับ 5 ปี อย่างไรก็ตามหากต้องการใช้อุปกรณ์ดักเขม่าควรปรับเปลี่ยนการดักเขม่าแก๊สร้อนด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ดักเขม่าหลังจากผ่านเตาเผาและก่อนเข้าห้องรม เพื่อให้สะดวกต่อการควบคุม ต้นทุนจะสูงขึ้นเนื่องจากอุปกรณ์ดักเขม่าจะมีขนาดใหญ่ (1 ตัว) และต้องรื้อเตาเผาและสร้างใหม่

คำแนะนำแก่โรงรมยางของสหกรณ์กองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง

1. การปรับปรุงห้องรม เนื่องจากกรรมยางของสหกรณ์ในปัจจุบัน ยังไม่ถูกวิธีนัก โดยทางสหกรณ์ไม่ได้ควบคุมการทำงานของพนักงานทำให้เกิดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้ได้พยายามปรับปรุงให้การใช้ห้องรมมีประสิทธิภาพมาก โดยการปรับการไหลของแก๊สร้อนให้ไหลเข้าในห้องเพียงอย่างเดียว อาจจะติดตั้งตัวดักเขม่าหากต้องการให้ยางแผ่นมีสีใสขึ้น แต่อย่างไรก็ตามต้องอาศัยความร่วมมือของพนักงานให้ทำงานอย่างถูกวิธีเพื่อลดการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง กล่าวคือป้อนไม้พินครั้งละน้อย ๆ ประมาณ 40 – 50 กก ต่อครั้ง ยกเว้น ในวันแรกอาจจะต้องใส่ไม้พินสูงถึง 100 กก การใช้ห้องรมอย่างต่อเนื่องจะช่วยลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพราะไม่จำเป็นต้องอุ่นห้องให้ร้อนทุกครั้ง

2. การบำรุงรักษา เมื่อใช้ห้องรมไปเป็นเวลานานหนึ่ง ห้องรมจะเกิดการชำรุด ดังนั้นการบำรุงรักษาที่ดีจะช่วยยืดอายุการใช้งานของห้องรม และช่วยให้ประสิทธิภาพในการรมสูงอยู่ตลอดเวลา และเมื่อเกิดการชำรุดจะต้องซ่อมแซมทันทีเพื่อไม่ให้ชำรุดมากขึ้น ตัวอย่างเช่น รอยร้าวที่เตา จำเป็นต้องซ่อมเพื่อลดการสูญเสียความร้อนจากการเผาไม้พิน รอยร้าวที่เพดานก็เช่นเดียวกันหากไม่มีการซ่อมแซมจะทำให้สูญเสียความร้อนอย่างมาก โดยเฉพาะในฤดูฝนซึ่งอาจเกิดการรั่วซึมเข้าสู่ห้องรม การหุ้มฉนวนที่ประตูจะช่วยทำให้สามารถลดการสูญเสียความร้อนผ่านบานประตูได้เป็นอย่างมาก

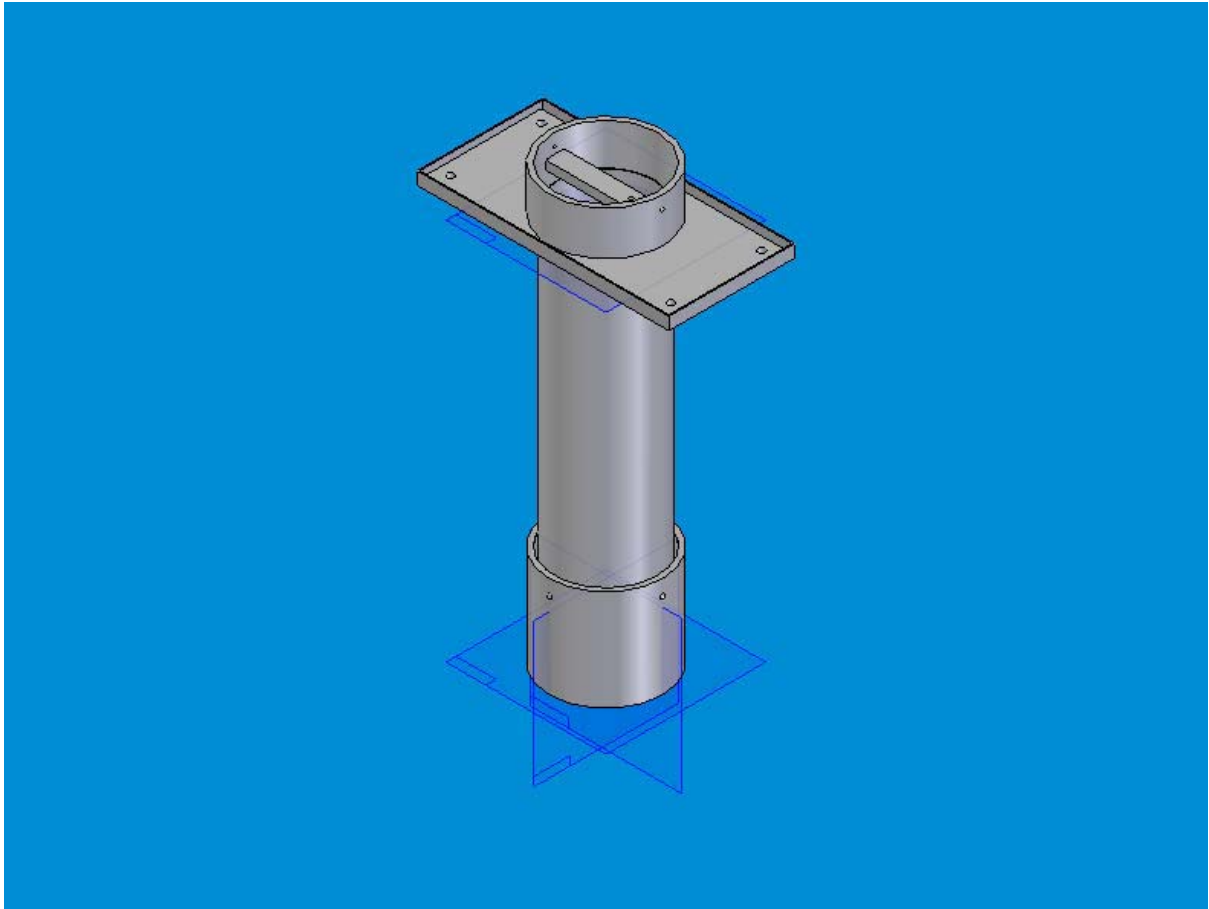
9. เอกสารอ้างอิง

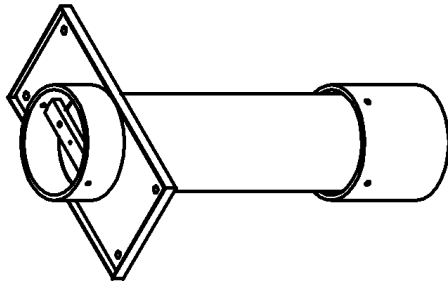
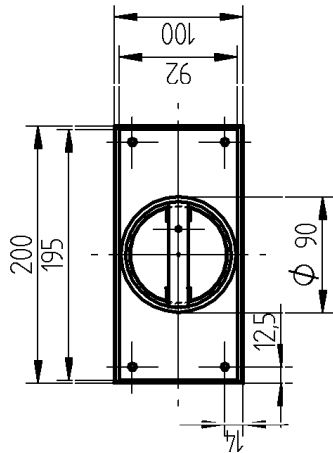
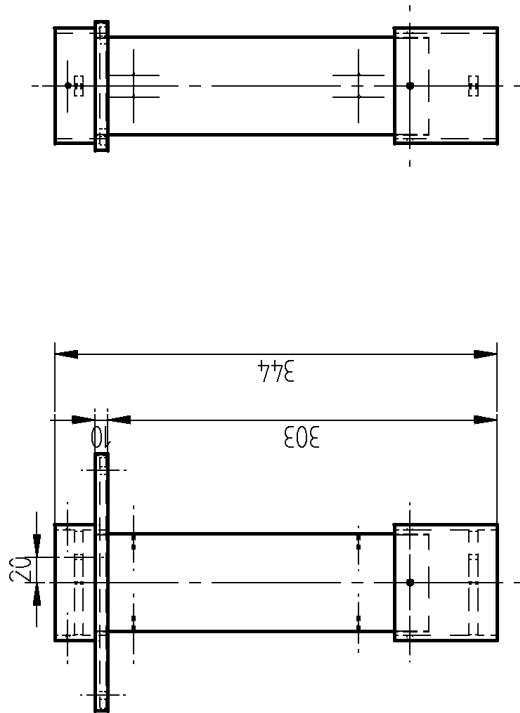
- คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2545) *คู่มือการรมยางแผ่น*.
- สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2545) *ผลผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทยแยกตามประเภท ปี พ.ศ. 2544*.
- สหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านหัวถนน (2547) *รายงานประจำปี พ.ศ. 2547*.
- ศิริกัลยา สุวจิตตนนท์ วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ชีดาโอะ คานาโอกะ และจุฑามาศ เกตุทัต (2542) *มลภาวะอากาศ* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร *คู่มือการผลิตยางแผ่นรมควัน* พ.ศ. 2529.
- Davidson, H. J. (2000). *Electrostatic Precipitation*. Document No. ME 5115., Department of Mechanical Engineering, University of Minnesota, USA, pp. 2-15.
- Flomerics (2003) *FloVent Manual* version 4.2, Singapore
- Kim, S. H. and Lee, K. W. (1999). Experimental study of electrostatic precipitator performance and comparison with existing theoretical prediction models, *J. Electrostatics.*, **48**, 3-25.
- Hinds, W. C. (1999). *Aerosol Technology*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Jedrusik, M.; Gajewski, J.B.and Swierczok, A.J. (2001). Effect of the particle diameter and corona electrode geometry on the particle migration velocity in electrostatic precipitators, *J. Electrostatics.*, **51-52**, 245-251.
- Jedrusik, M.; Swierczok, A.and Teisseyre, R. (2003). Experimental study of fly ash precipitation in model electrostatic precipitator with discharge electrodes of different design, *Power Tech.*, **135-136**, 295-301.
- Kalasee, W.; Tekasakul, S.; Otani, Y.and Tekasakul, P. (2003). Characteristics of soot Particles Produced from Rubberwood Combustion. *Proceedings of the 2nd Asian Particle Technology Symposium*, Penang, Malaysia, **Vol. 2**, 103-108.
- Kim, S.H.and Lee, K.W. (1999). Experimental study of electrostatic precipitator performance and comparison with existing theoretical prediction models, *J. Electrostatics.*, **48**, 3-25.

- Laskin, A. and Cowin, J.P. (2002). On deposition efficiency of point-to-plate electrostatic precipitator, *J. Aerosol Sci.*, **33**, 405-553.
- Prasertsan, S. (1993). Energy conservation in rubber smoking industry. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, Thailand.
- Versteeg H. K. and Malalasekera W. (1995). *An introduction to computational fluid dynamics : the finite volume method*. Longman, London.
- Zukeran, A.; Looy, P.C.; Berezin, A.A.; Chang, Jeh-Shih. and Ito, T. (1997). Enhancement of electrostatic precipitator ultrafine particle collection efficiency by precharge, *J. Aerosol Sci.*, **28**, 281-282.

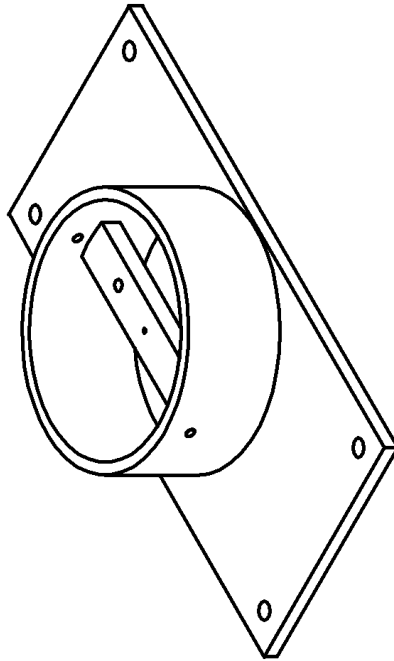
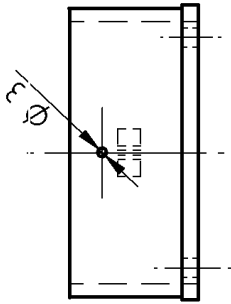
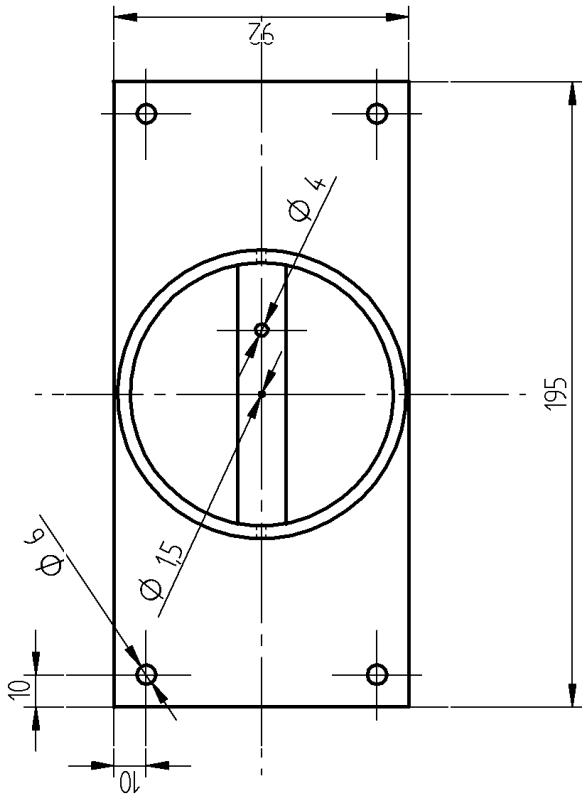
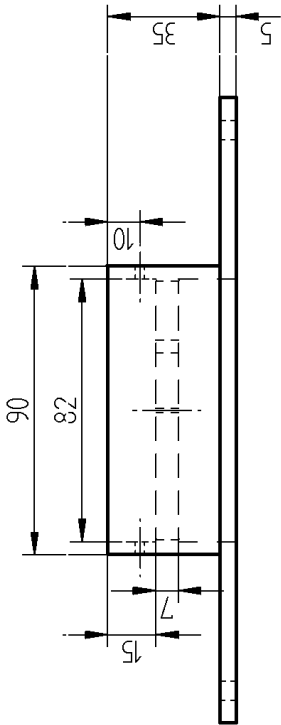
ภาคผนวก ก

แบบของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์

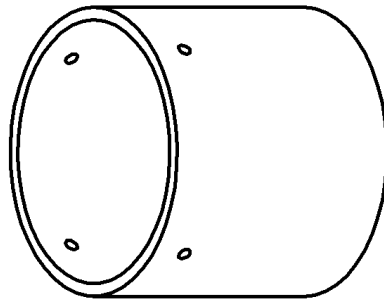
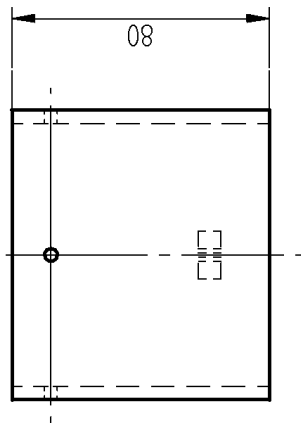
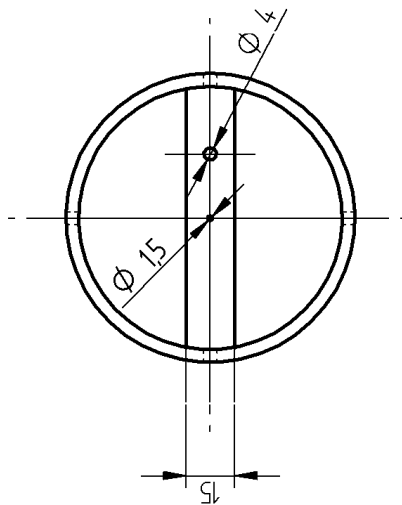
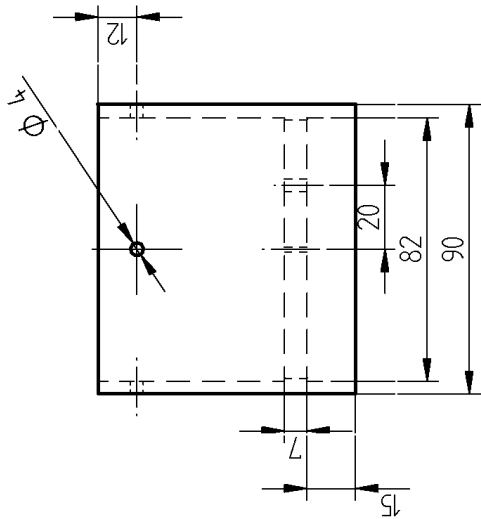




	NAME	DATE	PSU	
DRAWN	Weerachai K.	25/8/04	TITLE	
CHECKED	Peerapong T.	Unit: mm	Electrostatic-Middle	
MATERIAL : Stainless			SCALE 1:5	



	NAME	DATE	PSU	
DRAWN	Weerachai K.	25/8/04	TITLE Electrostatic - Top	
CHECKED	Peerapong T.	Unit: mm		
MATERIAL : Ceramics			SCALE	1:2



	NAME	DATE	PSU	
DRAWN	Weerachai K.	24/8/04	TITLE Electrostatic-Bottom	
CHECKED	Peerapong T.	Unit: mm		
MATERIAL : Ceramics		SCALE 1:2		

ภาคผนวก ข

อุณหภูมิในห้องรมที่ยังไม่ได้ปรับปรุง

ตารางบันทึกอุณหภูมิห้องรมยาง ห้อง 1 ครั้งที่ 1

สภ.บ้านทุ่งโพธิ์	ห้องรมปี 37	ห้องรมหมายเลข 1
มีการตากแห้ง 12 ชม.	ยางดิบ 1879.2 kg.	ยางดี 946 kg.
ยางคัดตึง 175.2 kg.	ยางฟอง/สีคล้ำ 46 kg.	ปริมาณไม้ฟืน 1313.6 kg.
		ค่าความชื้นไม้ฟืน 61.2 %

เวลา (hr)	อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในห้องรมยาง (°C)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	45	40	44	41	44	42	44	45	44	47	45	48	45
3	54	51	52	52	58	60	52	56	60	55	52	55	53
6	50	57	55	55	54	54	52	55	53	55	53	56	51
9	53	49	54	52	63	65	52	69	68	55	52	56	52
12	53	50	53	52	56	56	51	64	68	54	48	56	50
15	61	54	60	57	65	69	60	67	76	68	59	67	58
18	63	56	59	58	68	75	61	66	75	68	60	68	60
21	61	56	57	56	69	72	60	70	75	65	59	65	59
24	64	54	61	56	66	66	63	62	68	66	61	67	62
27	59	50	58	53	62	62	59	69	70	63	59	63	59
30	53	51	54	51	58	57	56	61	63	59	55	57	55
33	56	52	57	52	60	60	55	64	65	60	57	60	57
36	58	55	58	56	59	60	59	64	64	60	58	60	58
39	60	58	60	59	64	68	62	62	62	63	62	63	61
42	63	61	63	62	63	64	66	65	63	67	67	65	66
45	62	61	62	61	62	64	65	65	62	66	67	65	65
48	60	59	60	60	61	62	63	62	61	65	66	64	66
51	64	62	64	63	64	63	67	67	63	70	71	68	68
54	65	63	65	64	65	64	71	67	64	68	68	67	67
57	69	67	69	67	68	67	71	70	68	73	74	71	71
60	74	72	73	72	73	73	75	76	73	78	80	77	76
63	74	73	74	74	76	74	82	77	74	76	77	78	77
66	73	71	73	72	74	74	79	75	74	75	75	76	75
69	70	69	70	70	71	72	74	72	73	72	71	74	71

ตารางบันทึกอุณหภูมิห้องรมยาง ห้อง 1 ครั้งที่ 2

สภ.บ้านทุ่งโพธิ์	ห้องรมปี 37	ห้องรมหมายเลข 1
มีการตากแห้ง 12 ชม.	ยางดิบ 2106 kg.	ยางดี 648.8 kg.
ยางคัดทิ้ง 101.2 kg.	ยางฟอง/สีคล้ำ 213.2 kg.	ปริมาณไม้ฟืน 1167 kg.
		ค่าความชื้นไม้ฟืน 61.9 %

เวลา (hr)	อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในห้องรมยาง (°C)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	44	36	43	40	45	41	40	44	44	42	41	42	38
3	69	68	62	64	58	63	52	57	60	60	58	58	53
6	71	74	64	64	57	60	54	58	59	59	60	55	52
9	64	61	63	64	58	63	51	57	62	59	60	58	51
12	66	69	58	57	55	53	51	56	58	57	55	58	49
15	76	80	66	65	64	61	60	64	66	65	61	66	56
18	74	78	69	67	66	66	64	66	69	68	64	68	61
21	68	70	66	67	64	63	63	65	61	65	63	64	62
24	74	72	73	72	67	70	65	68	72	69	67	68	65
27	78	78	73	74	66	64	64	66	64	67	68	66	64
30	78	80	71	70	65	63	62	65	64	66	68	64	66
33	85	85	80	82	73	73	72	73	75	74	74	73	72
36	81	82	84	84	76	75	76	77	83	78	78	76	75
39	79	82	83	84	78	75	76	75	77	77	78	75	75
42	73	76	77	76	74	72	72	73	72	72	72	71	71
45	76	75	76	78	71	70	70	73	73	71	72	70	70
48	73	74	73	75	70	69	69	71	72	69	70	68	68
51	74	71	73	75	69	68	68	70	70	69	69	68	68
54	72	72	67	68	68	67	67	70	70	67	67	66	66
57	70	71	65	66	67	66	66	68	67	65	66	65	65
60	69	70	64	66	66	65	65	67	67	64	65	64	63
63	65	66	61	61	63	63	63	63	63	62	62	62	62
66	62	63	59	59	62	62	61	61	61	61	60	60	60
69	58	59	57	57	59	59	59	58	59	59	58	58	58

ตารางบันทึกอุณหภูมิห้องรมยาง ห้อง 2 ครั้งที่ 1

สภ.บ้านทุ่งโพธิ์	ห้องรมปี 37	ห้องรมหมายเลข 2
มีการตากแห้ง 12 ชม.	ยางดิบ 2138.4 kg.	ยางดี 525.9 kg.
ยางคัดทิ้ง 150 kg.	ยางฟอง/สีคล้ำ 538 kg.	ปริมาณไม้ฟืน 1546.6 kg.
		ค่าความชื้นไม้ฟืน 62.9 %

เวลา (hr)	อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในห้องรมยาง (°C)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	39	34	35	36	42	42	44	42	36	37	36	37	37
3	51	44	50	52	63	68	51	54	50	56	54	51	50
6	67	69	56	50	53	50	50	53	48	58	52	52	47
9	69	75	60	62	53	50	51	53	48	58	52	52	47
12	69	72	66	66	55	51	55	54	50	58	53	54	48
15	70	71	62	64	61	54	59	57	51	64	57	60	50
18	66	69	66	66	60	54	58	57	49	63	56	60	50
21	58	59	58	56	54	50	55	52	49	57	51	55	48
24	59	62	56	57	56	50	54	52	50	57	53	54	47
27	60	59	60	62	59	56	60	59	56	63	59	59	53
30	67	69	59	62	58	55	60	56	55	60	58	55	53
33	66	68	67	67	60	58	59	59	58	63	60	59	57
36	67	67	71	68	63	61	60	62	61	65	63	62	60
39	65	66	68	66	66	63	61	64	63	65	63	63	61
42	65	66	68	64	66	64	63	65	63	66	64	63	62
45	64	65	69	66	66	65	63	65	65	67	66	64	63
48	65	68	62	63	65	63	63	64	63	65	64	63	62
51	65	67	63	64	66	65	68	67	64	66	66	64	63
54	65	65	65	66	72	69	67	67	68	69	68	66	62
57	67	66	65	68	72	75	66	68	73	71	70	67	67
60	70	69	68	70	72	74	68	71	76	74	73	71	71
63	66	67	66	67	72	73	67	68	73	70	70	68	68
66	63	63	63	64	67	69	63	65	69	67	66	64	65
69	60	60	60	61	65	67	61	61	65	64	63	61	62
72	59	59	59	60	62	66	60	60	63	63	61	60	61
75	57	57	57	58	61	63	58	58	62	60	60	58	59

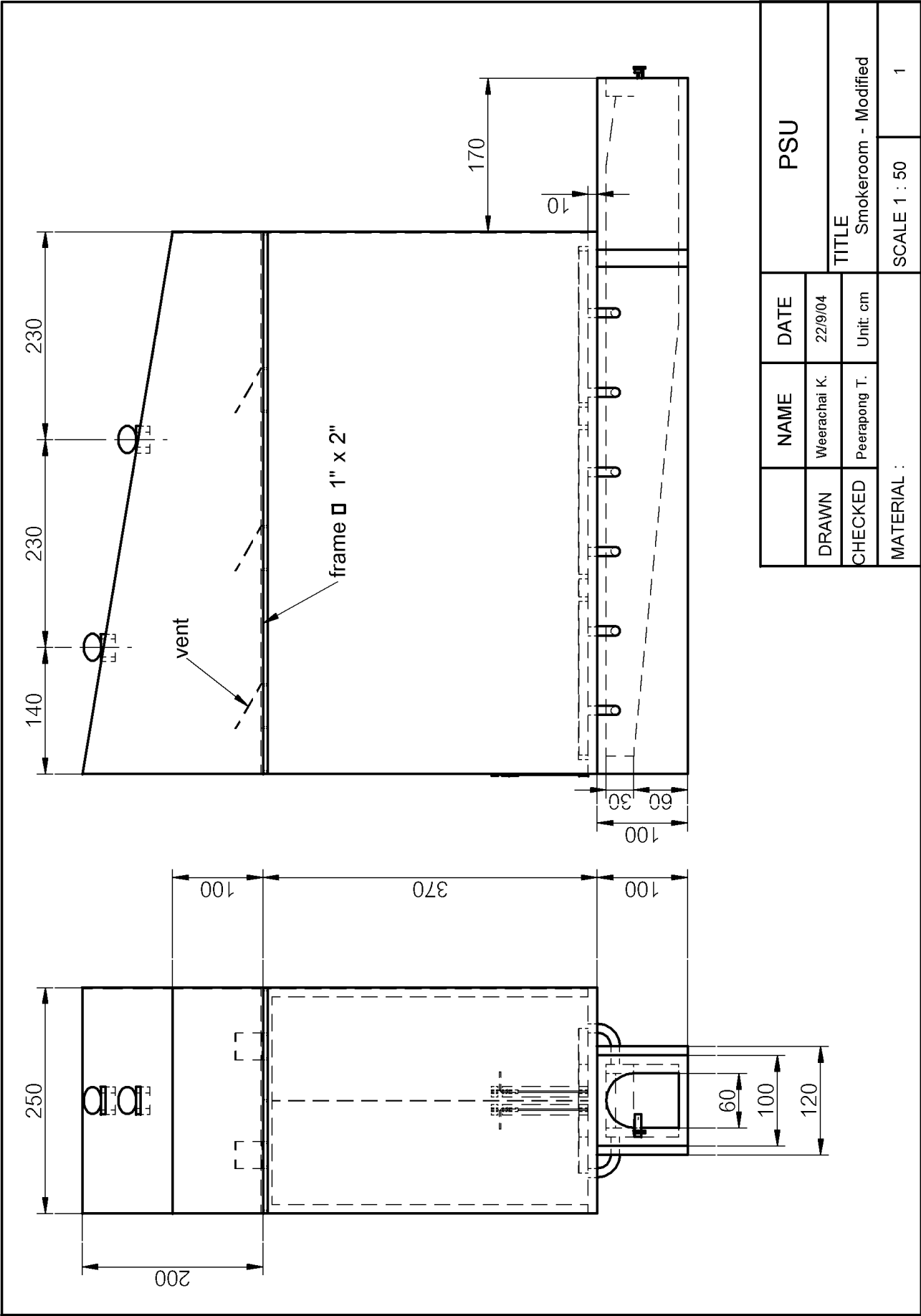
ตารางบันทึกอุณหภูมิห้องรมยาง ห้อง 2 ครั้งที่ 2

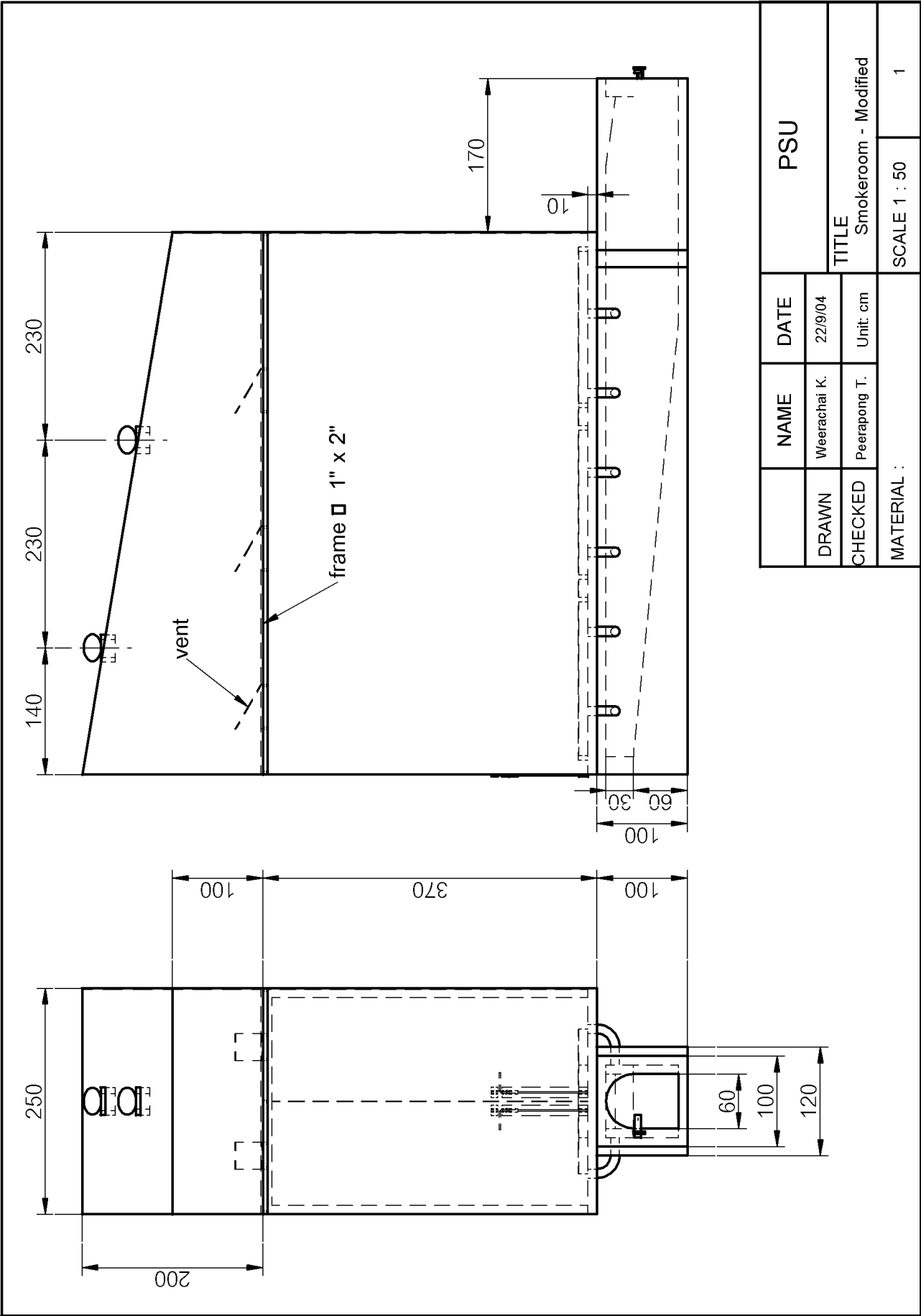
สภ.บ้านทุ่งโพธิ์	ห้องรมปี 37	ห้องรมหมายเลข 2
มีการตากแห้ง 12 ชม.	ยางดิบ 2008.8 kg.	ยางดี 841.4 kg.
ยางคัดทิ้ง 137.2 kg.	ยางฟอง/สีคล้ำ 40.2 kg.	ปริมาณไม้ฟืน 1236 kg.
		ค่าความชื้นไม้ฟืน 64.2 %

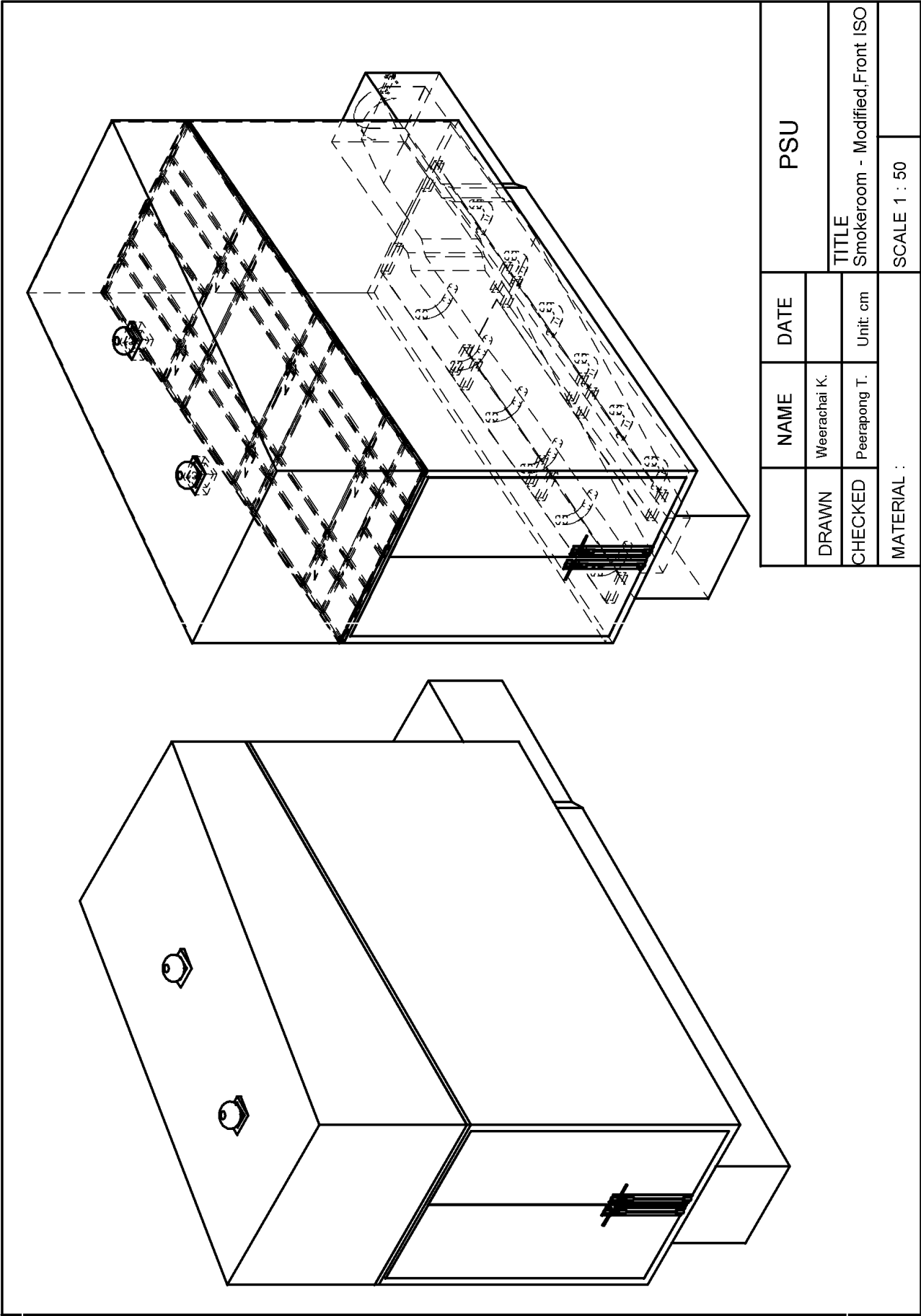
เวลา (hr)	อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในห้องรมยาง (°C)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	40	39	38	36	40	41	44	52	43	39	37	39	37
3	55	64	54	54	54	53	43	45	56	57	56	53	52
6	61	68	60	59	58	52	44	44	52	55	60	52	50
9	55	62	53	52	56	53	50	59	61	59	65	55	52
12	61	66	59	61	54	52	54	54	54	57	57	54	50
15	60	59	60	59	57	53	56	56	55	59	60	56	51
18	59	59	58	57	55	51	54	55	55	57	55	55	52
21	55	54	54	53	52	50	51	51	52	53	52	52	50
24	54	52	56	56	54	53	53	52	53	55	54	54	52
27	57	57	57	56	60	60	60	62	63	63	62	61	58
30	59	59	58	56	59	58	58	61	62	62	60	60	57
33	62	63	60	59	60	59	59	60	59	62	60	60	58
36	61	62	61	59	61	61	60	63	62	63	62	60	59
39	63	64	61	60	63	63	64	61	61	64	63	62	61
42	62	63	57	59	60	56	57	57	58	58	57	56	56
45	59	61	57	57	58	57	56	57	57	57	56	56	56
48	57	58	55	54	56	56	54	54	54	55	54	54	54
51	62	60	63	60	62	64	66	64	61	67	66	66	62
54	66	64	66	64	67	69	72	67	65	71	70	68	65
57	65	65	66	65	69	71	72	66	65	69	68	67	65
60	62	62	62	61	65	65	64	62	62	64	63	62	61
63	62	62	59	58	61	60	59	58	58	60	59	59	58
66	60	61	57	56	59	59	58	57	57	58	58	57	57
69	58	59	57	56	59	58	58	57	56	58	58	57	56

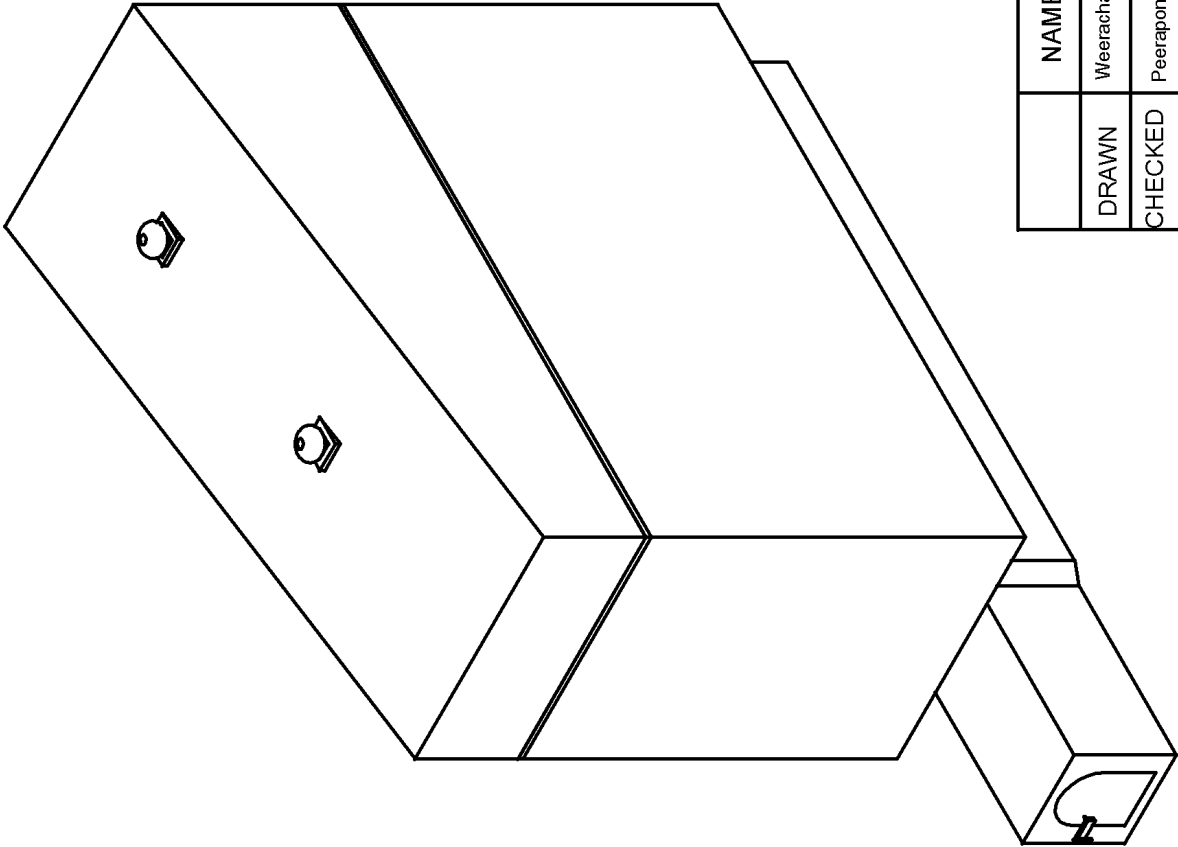
ภาคผนวก ค

แบบของห้องรมปรับปรุงแล้ว

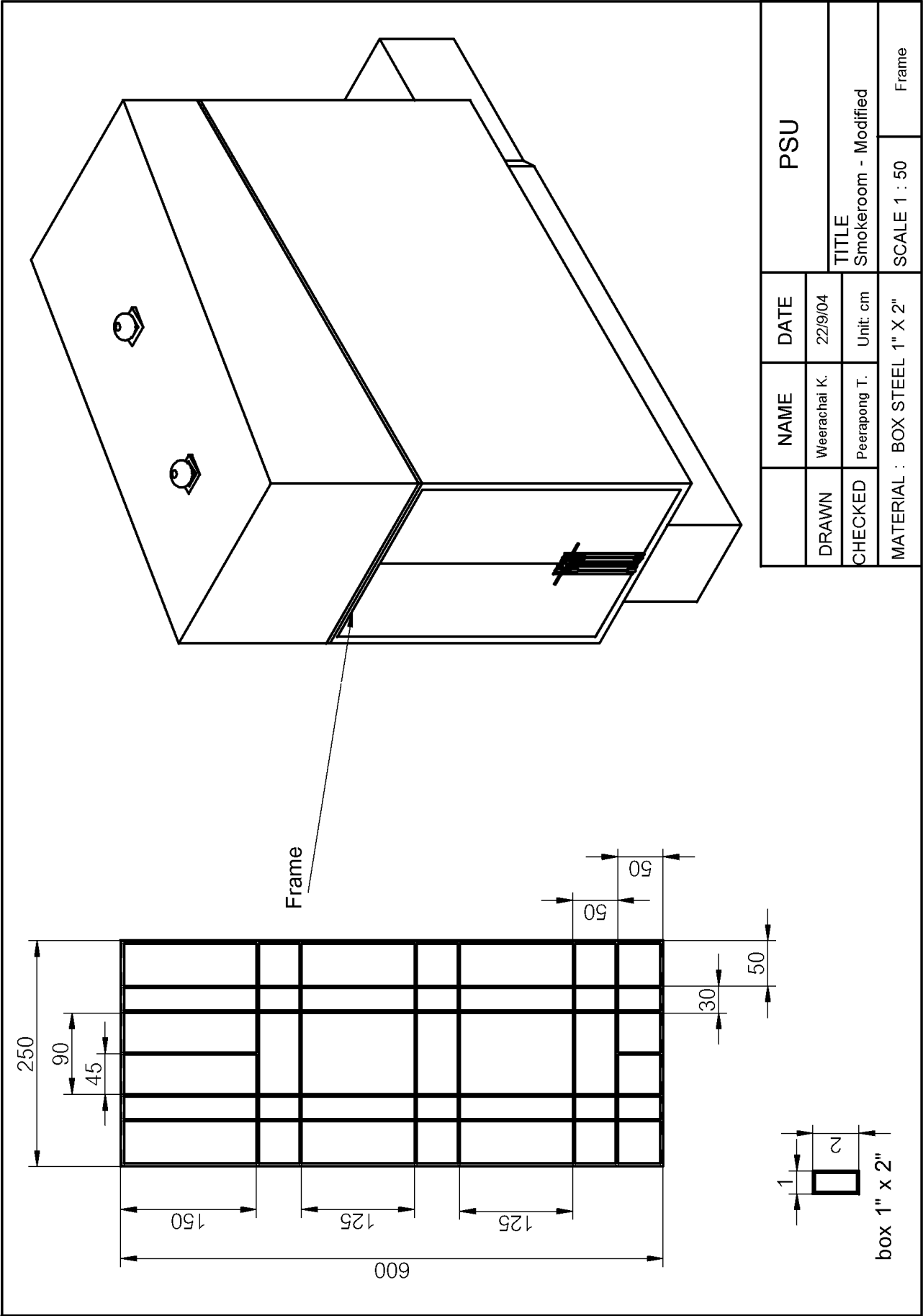


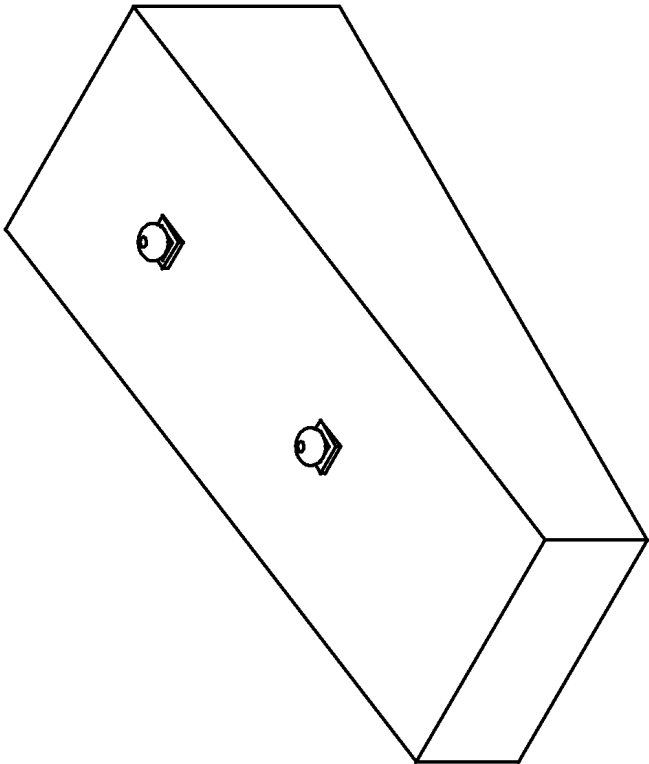
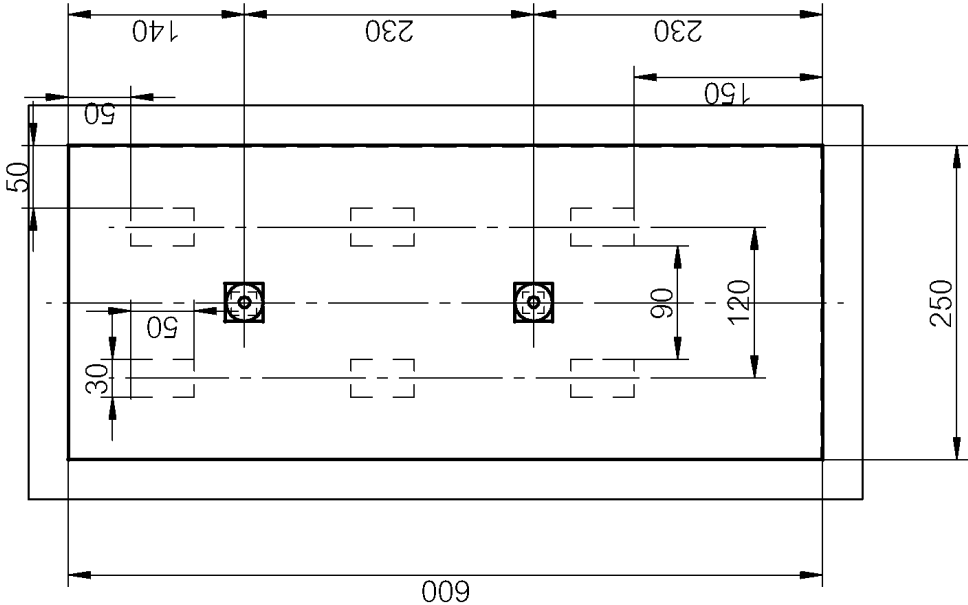




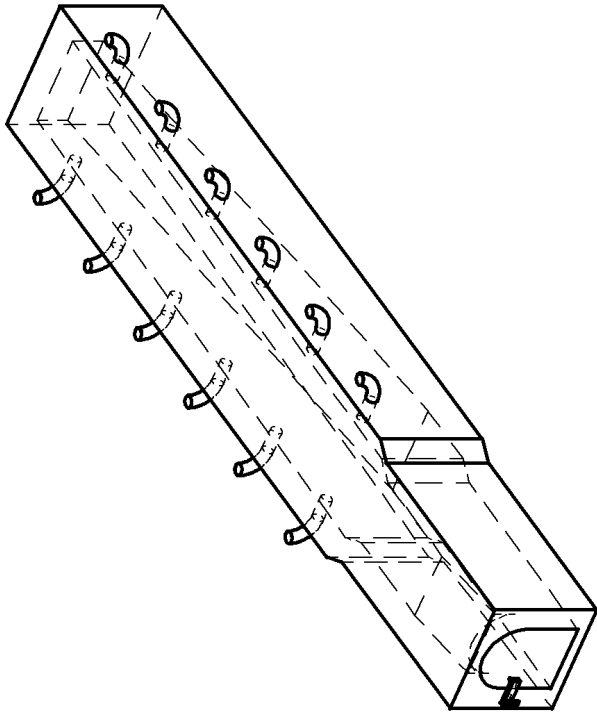
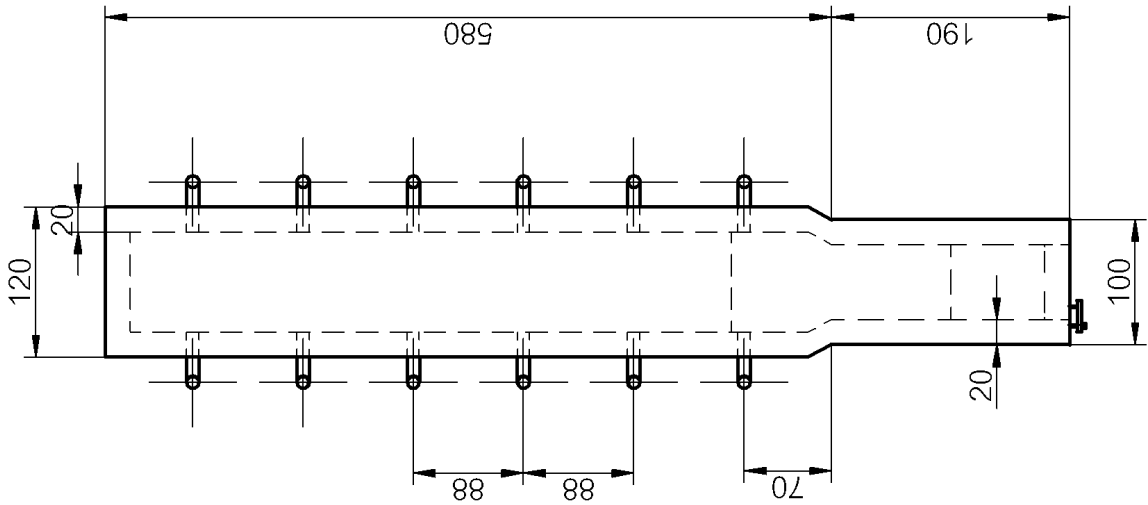


	NAME	DATE	PSU	
DRAWN	Weerachai K.	22/9/04	TITLE Smokerroom - Modified, Back ISO	
CHECKED	Peerapong T.	Unit: cm		
MATERIAL		SCALE 1 : 50		





	NAME	DATE	PSU	
DRAWN	Weerachai K.	22/9/04		
CHECKED	Peerapong T.	Unit: cm	TITLE	
MATERIAL :			Smokeroom - Modified	
			SCALE 1 : 50	Roof



	NAME	DATE	PSU	
DRAWN	Weerachai K.	22/9/04	TITLE	
CHECKED	Peerapong T.	Unit: cm	Smokerroom - Modified	
MATERIAL :		SCALE		Furnace / 2

ภาคผนวก ง

อุณหภูมิในห้องรมที่ปรับปรุงแล้ว

ตารางบันทึกอุณหภูมิห้องรมยาง ห้อง 7 ครั้งที่ 1

สภ.บ้านหัวถนน	ห้องรมปี 37	ห้องรมหมายเลข 7
มีการตากแห้ง 12 ชม.	ยางดิบเข้า 1429 kg.	ยางดี 950 kg.
ยางคัดตั้ง 71 kg.	ยางฟอง/สีคล้ำ 70 kg.	ยางดิบ 0 kg.
		ปริมาณไม้ฟืน 633 kg.

เวลา (hr)	อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในห้องรมยาง (°C)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	หน้าห้อง
0	31	31	31	31	30	31	30	30	31	30	31	31	31	29
1	36	35	35	36	37	38	38	41	39	35	34	34	34	33
2	36	36	36	36	40	40	40	42	40	35	35	34	34	34
3	35	35	36	36	39	39	40	41	41	35	34	34	34	35
4	39	40	40	41	42	43	43	46	44	39	39	39	39	39
5	41	41	41	41	46	46	46	48	47	41	41	39	39	39
6	41	41	40	40	46	46	47	52	51	41	41	39	40	38
7	40	40	40	40	47	47	47	53	51	41	41	40	40	38
8	42	40	42	41	46	47	45	53	50	40	40	37	38	37
9	54	54	51	51	61	60	61	62	63	52	50	49	49	49
10	54	54	52	52	62	61	61	62	64	53	52	49	50	47
11	55	55	51	51	63	63	63	64	64	53	53	51	48	47
12	53	52	52	51	60	61	62	62	61	50	51	47	48	45
13	56	55	54	54	64	62	63	65	64	55	52	50	51	48
14	56	54	53	54	63	63	61	67	65	53	54	52	51	49
15	57	56	54	54	61	60	59	63	64	54	50	47	48	45
16	54	55	53	54	60	60	60	63	64	55	52	48	48	45
17	53	53	53	52	60	59	58	62	61	54	51	47	47	44
18	53	52	51	51	59	59	59	60	60	51	50	45	45	43
19	55	53	54	54	60	60	60	57	56	54	52	47	47	48
20	56	53	51	51	55	57	55	59	61	54	51	50	50	49
21	54	51	48	49	58	58	58	59	63	55	53	50	49	48
22	55	51	50	50	60	60	61	63	66	54	53	49	49	49
23	54	50	50	51	60	62	62	65	65	53	53	50	49	49
24	53	52	52	51	54	64	65	65	65	50	51	50	49	46
25	53	52	52	51	58	63	64	65	65	51	51	50	50	46

26	56	55	56	52	54	64	64	67	63	55	53	51	51	47
27	56	56	53	53	54	65	64	67	66	54	54	50	51	47
28	56	54	55	52	57	65	64	68	65	55	52	51	51	47
29	56	54	54	52	57	64	64	68	63	55	53	50	50	46
30	56	55	55	52	61	65	64	68	65	54	54	51	51	51
31	57	54	54	54	60	66	63	69	67	56	54	52	53	51
32	56	56	55	52	61	65	62	69	65	55	53	53	52	51
33	57	57	55	53	60	64	64	68	65	56	53	53	51	51
34	56	54	53	53	63	66	64	70	68	55	53	52	52	51
35	58	53	54	54	64	64	65	68	67	57	53	53	54	50
36	57	54	54	54	65	66	65	71	69	54	54	54	54	54
37	57	56	55	54	66	63	65	72	71	56	55	54	54	54
38	58	58	56	53	66	65	64	71	67	55	54	54	54	54
39	57	55	53	53	66	63	65	69	68	56	54	54	54	54
40	56	57	53	53	65	64	63	67	65	54	54	53	53	53
41	58	55	53	51	65	63	64	67	65	53	54	52	52	51
42	58	54	52	52	63	62	63	66	65	54	53	51	51	49
43	57	52	50	51	61	60	60	63	64	52	52	50	51	49
44	59	55	56	52	63	62	63	67	65	55	53	53	52	52
45	58	56	56	55	65	64	63	68	68	56	54	52	52	52
46	58	54	55	53	64	63	64	69	67	56	52	53	52	52
47	57	55	54	53	62	62	64	69	68	55	53	52	53	52
48	60	57	59	58	67	66	65	70	69	59	59	57	57	55
49	62	59	59	58	67	66	65	69	68	59	59	57	57	55
50	64	60	62	61	66	67	64	68	68	60	60	57	58	55
51	63	61	61	60	66	66	64	69	68	60	60	58	58	55
52	63	61	61	60	67	65	63	69	68	59	60	57	57	54
53	64	62	62	61	68	67	66	70	70	61	61	59	60	54
54	63	61	63	62	68	67	66	71	70	61	60	58	59	56
55	64	61	62	62	67	67	67	68	69	62	61	60	60	58
56	63	62	60	61	66	64	65	69	67	61	62	60	60	59
57	63	60	60	61	64	64	65	67	67	60	60	59	59	58
58	63	60	60	60	63	65	64	67	66	60	60	59	59	58
59	64	63	65	65	66	67	66	69	69	64	64	61	62	58
60	64	64	64	62	66	67	67	69	68	63	62	60	60	58

61	65	63	64	62	66	68	65	69	68	62	62	60	60	57
62	63	62	62	61	66	68	65	69	68	61	60	59	59	56
63	62	62	63	62	65	67	64	67	68	60	59	57	58	56
64	63	63	63	62	64	66	65	68	68	61	60	59	59	56
65	63	62	63	62	65	66	64	67	68	60	60	57	59	56
66	62	62	61	62	65	66	65	66	66	60	59	59	59	56
67	63	61	63	63	65	67	65	67	68	61	60	59	59	55
68	63	61	62	62	65	65	64	67	68	61	60	60	59	56
69	62	62	63	63	65	66	66	68	68	62	60	58	60	56
70	63	62	63	62	64	64	66	69	67	60	60	59	60	56
71	62	60	61	60	66	68	66	66	68	61	60	59	59	56
72	63	62	63	61	65	64	64	66	67	61	62	60	59	56
73	63	61	63	63	64	65	65	67	66	61	61	59	59	56
74	63	63	63	62	64	64	64	65	65	63	60	60	60	55
75	62	61	63	60	63	65	66	66	67	63	62	59	60	55
76	60	63	63	60	63	63	63	67	65	62	61	58	58	56
77	61	60	62	59	62	62	64	65	65	61	60	57	58	56
78	59	57	60	59	61	61	60	63	62	60	59	57	58	55
79	57	58	59	59	61	62	62	63	62	56	58	58	57	55
80	60	58	60	58	61	62	62	62	60	58	58	57	56	55
81	57	57	58	57	60	60	62	60	60	59	57	57	57	55
82	58	57	57	57	59	59	60	61	60	57	58	56	56	55

ตารางบันทึกอุณหภูมิห้องรมยาง ห้อง 7 ครั้งที่ 1

ศกย.บ้านหัวถนน	ห้องรมปี 37	ห้องรมหมายเลข 7
มีการตากแห้ง 12 ชม.	ยางดิบเข้า 1517 kg.	ยางดี 1029 kg.
ยางคัดทิ้ง 62 kg.	ยางฟอง/สีคล้ำ 20 kg.	ยางดิบ 13 kg.
		ปริมาณไม้ฟืน 742 kg.

เวลา (hr)	อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในห้องรมยาง (°C)													หน้าห้อง
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
0	29	29	30	30	29	30	30	29	30	30	29	30	30	29
1	35	33	35	34	38	37	36	42	41	36	35	34	34	31
2	39	35	36	34	39	41	40	42	39	36	34	33	34	31
3	39	34	35	36	42	42	42	44	41	37	36	36	36	33
4	43	41	39	40	41	45	44	48	45	39	38	37	38	36
5	43	41	42	41	45	46	47	48	47	41	40	38	38	36
6	44	44	43	41	47	46	49	53	52	40	39	39	38	37
7	45	45	43	43	48	48	51	55	53	40	39	38	38	36
8	45	44	43	42	49	48	51	55	53	40	40	37	38	38
9	45	44	44	45	49	48	52	55	52	43	42	40	40	40
10	46	45	44	46	50	48	50	55	52	44	42	41	41	40
11	46	46	45	46	50	50	50	57	52	43	40	41	42	39
12	46	46	45	47	51	51	53	57	52	44	42	41	40	39
13	45	46	47	43	48	48	51	55	53	45	43	43	42	40
14	47	48	46	45	51	50	51	55	53	45	44	43	42	39
15	46	46	46	45	50	52	51	56	55	46	44	42	42	39
16	49	47	46	44	49	52	50	56	55	46	45	42	42	40
17	47	47	45	44	50	52	52	56	54	46	45	43	44	40
18	48	47	45	44	49	50	52	61	56	47	44	43	43	40
19	48	48	46	47	50	50	51	61	56	47	44	43	42	40
20	46	45	44	46	48	51	50	60	56	47	45	43	42	39
21	47	48	46	44	52	52	55	60	58	48	45	44	43	40
22	46	48	46	44	51	54	53	60	57	47	44	42	42	41
23	46	50	50	51	60	62	62	65	65	53	53	50	49	40
24	54	56	55	53	60	57	61	68	67	57	55	52	53	49
25	54	52	52	51	58	63	64	65	65	51	51	50	50	48

26	58	57	53	52	57	68	68	67	61	56	54	51	51	47
27	54	52	52	51	54	64	65	65	65	50	51	50	49	47
28	56	57	54	54	64	66	65	68	64	58	56	51	50	46
29	60	59	58	59	65	65	66	69	62	56	56	51	52	50
30	58	58	59	57	65	63	64	67	62	56	56	51	50	48
31	58	58	55	56	63	62	63	66	62	57	56	50	51	49
32	60	58	60	59	62	64	64	69	62	57	55	52	51	49
33	57	60	56	59	64	65	67	69	62	56	56	53	53	51
34	57	61	59	58	67	66	65	68	62	58	56	54	53	50
35	58	59	59	58	67	66	65	69	64	59	57	53	53	51
36	58	60	62	61	63	63	66	69	64	59	55	52	53	51
37	57	62	61	60	66	66	64	69	64	57	56	54	52	50
38	58	62	61	60	67	65	63	69	64	60	56	53	53	50
39	60	62	62	61	68	67	66	70	65	60	57	54	53	52
40	62	65	63	62	68	67	66	71	65	59	57	54	52	51
41	62	65	63	64	65	65	67	69	65	60	55	54	54	51
42	61	63	62	64	64	64	68	69	65	59	58	56	56	52
43	60	62	63	64	65	65	67	69	65	60	59	57	56	52
44	63	62	62	69	67	67	68	71	65	63	61	57	55	52
45	62	62	59	67	66	67	68	70	66	63	61	57	55	51
46	63	62	60	68	66	66	69	70	65	63	60	57	55	52
47	60	65	61	68	66	67	67	69	64	61	61	57	56	52
48	60	62	58	68	67	66	67	68	65	61	60	56	55	52
49	60	62	59	64	66	67	65	68	64	62	60	59	58	54
50	63	62	59	62	67	65	65	68	65	59	60	58	58	54
51	63	63	59	63	66	67	68	68	65	61	62	60	59	55
52	64	64	62	63	67	66	68	67	66	63	63	60	60	55
53	62	63	62	64	66	64	66	69	64	61	62	60	58	53
54	62	60	59	65	66	65	67	69	63	61	62	59	58	55
55	60	59	60	59	66	67	67	69	67	61	60	58	58	53
56	60	60	59	62	66	68	67	66	67	61	60	59	60	54
57	64	62	60	62	66	66	66	68	65	62	60	61	61	54
58	64	62	61	62	62	65	65	70	64	63	62	62	61	55
59	61	60	60	63	65	64	67	69	67	63	62	61	60	55
60	60	59	65	66	67	66	67	69	65	63	62	61	60	55

61	63	62	62	66	67	67	65	69	66	62	62	61	60	54
62	63	62	62	66	68	65	68	69	66	63	61	61	60	55
63	63	62	61	66	68	65	68	71	66	63	62	61	59	54
64	62	60	59	58	67	66	66	70	67	62	62	60	59	55
65	63	60	59	58	67	66	67	71	67	61	62	59	60	56
66	63	63	62	61	66	67	65	69	65	63	61	61	61	56
67	64	65	61	60	66	66	65	69	65	62	62	60	61	56
68	63	61	62	62	65	65	64	67	68	61	60	60	59	56
69	62	62	63	63	65	66	66	65	65	62	60	58	60	55
70	63	62	62	62	66	66	65	68	68	63	62	59	58	56
71	64	63	64	64	65	65	65	68	68	62	62	60	58	56
72	62	62	63	61	65	65	65	67	66	63	61	59	58	54
73	60	60	62	61	62	64	65	63	66	60	62	59	59	56
74	61	60	62	62	63	66	65	65	68	64	61	59	60	55
75	64	63	63	62	64	64	64	65	68	63	60	60	60	57
76	62	61	63	60	63	65	66	66	67	63	62	59	60	58
77	63	62	63	61	65	64	64	66	67	61	62	60	59	57
78	63	61	63	63	64	65	65	67	66	61	61	59	59	56
79	63	63	63	62	65	67	66	69	67	61	60	58	60	57
80	64	61	62	62	67	67	67	68	69	62	61	60	60	56
81	63	61	60	61	65	64	65	68	67	61	62	60	60	56
82	63	60	60	61	64	64	65	67	67	60	60	59	59	56
83	63	60	60	61	61	64	66	66	64	62	60	59	59	56
84	64	61	59	63	62	66	65	68	65	61	61	60	60	57
85	63	63	60	62	65	64	65	65	61	60	59	59	59	56
86	63	64	61	60	62	64	65	64	60	60	60	59	60	56
87	64	65	59	60	64	64	64	65	62	60	59	59	59	55
88	62	62	63	63	65	66	65	67	64	60	60	60	60	56
89	60	62	61	61	61	63	62	66	65	59	59	57	58	55
90	64	65	60	61	64	64	65	66	66	60	60	60	59	55
91	63	60	59	60	62	64	64	65	66	61	61	59	59	55
92	63	61	62	62	64	65	65	67	67	61	63	60	59	56
93	65	65	62	60	63	64	63	65	67	62	64	60	60	56
94	63	62	63	61	65	64	64	66	67	61	62	60	59	55
95	64	62	60	62	63	64	65	66	62	61	61	61	59	55

96	63	63	63	62	64	64	64	65	65	63	60	60	60	55
97	61	62	63	60	63	64	64	64	65	62	62	59	60	55
98	61	61	63	59	63	64	64	66	63	61	62	59	59	55
99	62	61	64	62	65	63	62	65	64	62	61	59	58	54
100	61	59	62	60	63	62	62	64	65	60	59	58	58	53
101	58	56	59	57	58	61	60	59	59	58	57	56	57	53
102	60	58	57	57	59	59	61	58	59	59	58	58	58	53
103	60	59	57	57	59	59	60	62	59	59	58	58	58	53

ภาคผนวก จ

ผลงานนำเสนอ

Kalasee, W.; Tekasakul, S.; Otani, Y. and Tekasakul, P. (2003). Characteristics of soot Particles Produced from Rubberwood Combustion. *Proceedings of the 2nd Asian Particle Technology Symposium*, Penang, Malaysia, **Vol. 2**, 103-108.

CHARACTERISTICS OF SOOT PARTICLES PRODUCED FROM RUBBERWOOD COMBUSTION

Wachara Kalasee¹, Surajit Tekasakul², Yoshio Otani³, Perapong Tekasakul¹

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering
Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkla 90112, Thailand

²Department of Chemistry, Faculty of Science, Prince of Songkla University
Hat Yai, Songkla 90112, Thailand

³Department of Chemistry and Chemical Engineering, Kanazawa University
2-40-20 Kodatsuno, Kanazawa 920-8667, Japan

Keywords: size distribution, mass concentration, Andersen impactor

ABSTRACT

Characteristics of soot particles resulting from combustion of rubberwood has been experimentally investigated. Rubberwood is widely used as a single fuel source in rubber smoking industry, particularly in southern Thailand. Exposure to excessive soot concentration of workers can result in health problem. An eight-stage Andersen impactor was used to characterize the size distribution and total mass concentration of the soot particles sampled from the rubber smoking rooms. It was found that the size of the particles deposited ranges from less than 0.43 micron to 4.7 micron. The results show that the average mass median aerodynamic diameter (MMAD) from seven samplings is 0.95 micron while the average geometric standard deviation is 2.51. The particle mass concentration of the particles depends strongly on the moisture content of the wood. It increases exponentially as the moisture content increases while its average value is 358 mg/m³.

INTRODUCTION

Biomass is a major renewable energy source in Thailand (Bhattacharya et al., 2000), particularly in the south where rubberwood has been extensively used both in industrial and community levels. Exhaust from the wood burning contains combustion gases, smoke and soot particles, and water vapor. As moisture

content of the wood is increased, a larger amount of water vapor is present. Smoke is composed of small particles resulting from incomplete combustion. These particles contain, mainly, carbon and other combustible materials which are present in sufficient quantity. Soot is an agglomeration of carbon particles impregnated with tar. It also results from incomplete combustion of carbonaceous materials (Ndiema et al., 1998). Excessive amount of soot particles in the gas can cause health problem to the workers who operate the smoking room in rubber smoke industry and need to enter the room periodically. Moreover, this can make the rubber sheets being dried darker than market requirement. This results in the downgrade of the rubber sheets and, hence, the price drop. In order to handle the soot particles properly, study of their characteristics is essential.

Studies of smoke and soot particle characteristics, especially the size distribution are rare for wood combustion; none has been done on the rubberwood in particular. Osán et al. (2002) investigated physical and chemical characteristics of combustion particles from a 400-kW boiler using wood as fuel. They used the method of single-particle electron probe microanalysis (EPMA). Most of particles sampled from the stack gas were found to be in the respirable size range (PM_{2.5}). Hedberg et al. (2002) characterized the emissions of chemical compounds emitted from birch wood combustion in a wood stove. Cyclone was used to remove particles larger than 2.5 micron. A differential mobility particle sizer (DMPS) was used to determine particle size distribution. The collected aerosols ranged between 3 and 920 nm; largest mass was found in particle around 500 nm. Average number concentration without dilution was about 10^8 cm^{-3} . Naeher et al. (2000) measured total suspended particulates (TSP) for both PM_{2.5} and PM₁₀ emitted from cookstove using wood as fuel. It was found that TSP for PM_{2.5} and PM₁₀ are 528 and 836 microgram/m³, respectively.

In this work, characteristics of soot particles resulting from rubberwood combustion have been studied. These include particle size distribution, and influence of moisture content of wood on the exhaust particle mass concentration.

SAMPLING METHOD

In the present work, we define soot particles as all particles emitted from the combustion. Soot particles from combustion of rubberwood was sampled at the rubber smoking room of a ribbed smoked sheet (RSS) rubber production plant in a village in Songkla province. Four identical rooms were selected for the sampling. There are total of seven smoking rooms in the plant. Rubberwood was burnt as received in a stove and hot gas was then naturally drawn into the smoking room from the floor where wet rubber sheets were hung on movable carts. Sampling was performed at the tube inlet that bring the combustion gas into the room. An eight-stage Andersen impactor (Dylec, Model AN-200) with

the cut-size of 0.43, 0.65, 1.1, 2.1, 3.3, 4.7, 7.0, 11.0 micron was used throughout the experiment. A backup filter was used to collect particles smaller than 0.43 micron. This is similar to the method used by Allouis et al. (2003) in the study of the distribution mode of particles from the combustion of power generation plant using heavy fuel oil. The sampling flow rate was set at 28.3 lpm according to its guideline. The sampling plates were cleaned in an ultrasonic bath, dried overnight in a desiccator, and weighed in an analytical balance prior to sampling. Each sampling was taken for ten minutes. After sampling, the plates containing particles were carefully placed in a desiccator prior to weighing in the same analytical balance in order to determine the mass of collected particles. The sampling gas temperature was ranging between 100-200°C, then Andersen impactor and tubing were insulated with glass fiber to prevent condensation. Total of seven samplings were performed.

RESULTS AND DISCUSSION

Particle mass size distributions of seven samplings are shown and compared in Figure 1. Each curve has the same trend where most of the particles are concentrated in the size range of <0.43 to 3.3 micron. Mass median aerodynamic diameter (MMAD) defined as the aerodynamic diameter at 50% cumulative oversize percentage of the particles was determined for each measurement and is shown in Table 1. The average value of 0.95 micron indicates that major amount of particles lies in the neighborhood near 1 micron. The geometric standard deviation (GSD) of the particles is defined as

$$GSD = \frac{d_{84.1\%}}{d_{50\%}} = \frac{d_{50\%}}{d_{15.9\%}} \quad (1)$$

TABLE 1 Summary of Measurements

Run #	Wood Moisture content (% dry basis)	Particle concentration (mg/m ³)	MMAD (μm)	GSD
1	-	271	1.0	2.50
2	-	279	0.7	2.86
3	107.5	1358	1.2	2.00
4	81.5	323	0.9	2.44
5	75.2	170	1.0	2.50
6	42.1	61	0.9	2.56
7	34.5	47	0.95	2.74

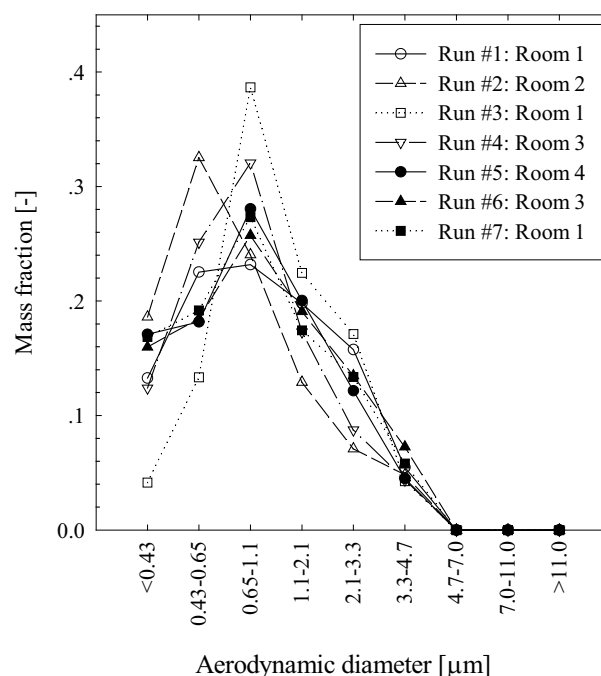


FIGURE 1 Size Distribution of Soot Particles from Seven Measurements

Here $d_{15.9\%}$, $d_{50\%}$ and $d_{84.1\%}$ are the diameters where the cumulative oversize percentage of the particles are 15.9, 50, and 84.1%, respectively. This value is shown in Table 1 for each measurement. Its average value is 2.51. Particle mass concentration is also shown in Table 1. It can be seen that for run #3, the particle concentration is very high. This results from a considerably high value of the moisture content of the wood that absorbed water from the rain since it was stored outdoor. The calculated value of average mass concentration is about 358 mg/m³ which is very high and can be detrimental to the health of the workers who operate in-and-out of the smoking room periodically. MMAD values are close to 1 in most cases and it increases when particle concentration is very high.

Influence of wood moisture on the particle mass concentration of the emission is shown in Figure 2. Moisture content of the wood was determined by drying several pieces of samples in an oven until totally dried. The mass concentration is enhanced exponentially as the moisture content of the wood is increased. This is not unexpected since the presence of water in the wood retards completeness of the combustion. As the water amount in the fuel is increased, combustion effectiveness is reduced as more heat is needed to vaporize the water. This water vapor may help the agglomeration of smoke particles to form soot. In general, moisture content of the fuelwood is lower than 60% (dry basis) but in some case

it can escalate due to the rainfall since most of the industries store fuelwood outdoor. The excessive amount of soot particles not only overdarkens the rubber sheet which results in a drop of price, but also risks the health of workers in the industries since soot particles contain carcinogenic substances, i.e. polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) (Ndiema et al. 1998, and Venkataraman, et al. 2002).

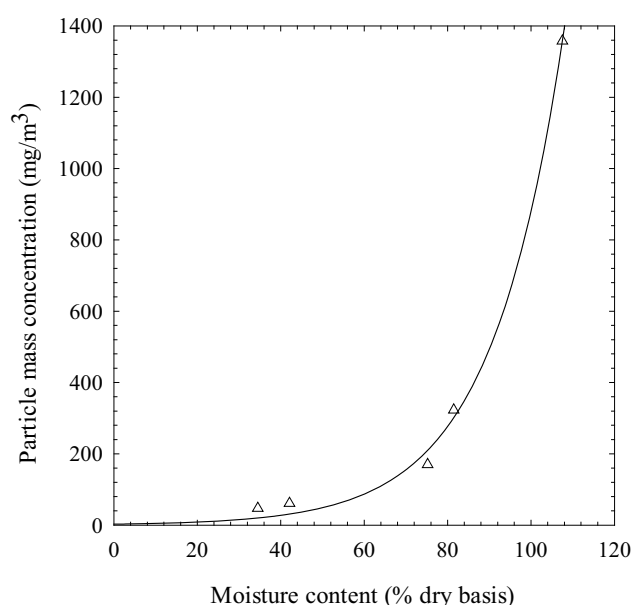


FIGURE 2 Particle Mass Concentration as a Function of Moisture Content

CONCLUSION

The concentration of the soot particles was found to be high and it is significantly enhanced as the moisture content of the wood is higher. This results from incomplete combustion. The emission level is well above value allowed for human exposure. Workers who must enter the smoking room need to protect themselves properly in order to avoid health problem. Particle size distribution is nearly normal with GSD of around 1 micron. If removal mechanism is being designed, this must be taken into account so that the soot particles can be removed effectively.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was financially supported by the Thailand Research Fund (TRF) through grant RDG4550051.

REFERENCES

- Allouis, C., Beretta, F. and D'Alessio, A. 2003. Structure of Inorganic and Carbonaceous Particles Emitted from Heavy Oil Combustion, *Chemosphere*, **51** (10): 1091-1096.
- Bhattacharya, S.C., Salam, P.A. and Sharma, M. 2000. Emissions from Biomass Energy Use in Some Selected Asian Countries, *Energy*, **25** (2): 169–188.
- Hedberg, E., Kristensson, A., Ohlsson, M., Johansson, C., Johansson, P., Swietlicki, E., Vesely, V., Wideqvist, U. and Westerholm, R. 2002. Chemical and Physical Characterization of Emissions from Birch Wood Combustion in a Wood Stove, *Atmos. Environ.*, **36** (30): 4823-4837.
- Naeher, L.P., Leaderer, B.,P. and Smith, K.R. 2000. Particulate matter and carbon monoxide in highland Guatemala: indoor and outdoor levels from traditional and improved wood stoves and gas stoves, *Indoor Air*, **10** (3): 200-205.
- Ndiema, C.K.W., Mpendazoe, F.M. and Williams, A. 1998. Emission of Pollutants from a Biomass Stove, *Energy Convers. Mgmt.*, **39** (13): 1357-1367.
- Osán, J., Alföldy, B., Török, S. and Grieken, R.V. 2002. Characterisation of Wood Combustion Particles Using Electron Probe Microanalysis, *Atmos. Environ.*, **36** (13): 2207-2214.
- Venkataraman, C., Negi, G., Sardar, S.B. and Rastogi, R. 2002. Size distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons in aerosol emissions from biofuel combustion, *J. Aerosol Sci.*, **33** (3): 503-518.

ภาคผนวก จ

การแสดงผลงาน มอ.วิชาการ 2547



ภาคผนวก ช

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่
ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์

เป้าหมาย	ผลที่ได้
1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงไม่พื้น ในการรมยางของสหกรณ์สวนยางด้วยการลงทุนที่ต่ำและสะดวกต่อการใช้งาน โดยให้แกสร้อนที่ผ่านการกรองเขม่าบางส่วนแล้วแลกเปลี่ยนความร้อนโดยตรงกับแผ่นยาง	1. ได้ต้นแบบห้องรมยางที่ปรับปรุงจากห้องรมเดิม สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ 31.5% โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งตัวดักเขม่า
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความร้อนในห้องรมโดยการออกแบบให้แกสร้อนมีการกระจายที่สม่ำเสมอมากขึ้นซึ่งจะช่วยให้ยางสุกอย่างทั่วถึงในเวลาที่ย่ลดลง และยางที่ได้มีคุณภาพที่ดีขึ้น	2. เวลาในการรมเท่าเดิมแต่ปริมาณยางดีเพิ่มขึ้น

กิจกรรม

แผน	ผลการดำเนินการ
1. ทำการทดลองวัดการกระจายของขนาดอนุภาคเขม่าควัน	1. สำเร็จ
2. สร้างชุดทดลองวัดสมรรถนะของตัวกรอง	2. สำเร็จ
3. สร้างหรือจัดหาตัวกรองชนิดต่าง ๆ	3. สำเร็จ
4. ทำการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของตัวกรองเหล่านั้นในห้องทดลอง	4. สำเร็จ
5. เลือกตัวกรองที่เหมาะสมแล้วออกแบบรูปร่างของตัวกรองที่นำไปใช้งานในโรงรม	5. สำเร็จ - อุปกรณ์ชนิดตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์
6. ปรับปรุงห้องรมพร้อมติดตั้งตัวกรองและทดสอบการใช้งาน ณ โรงรมที่ร่วมโครงการ	6. สำเร็จ
7. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับ สกย. ที่ร่วมโครงการและรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยให้ สกย. ทราบ	7. ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างสม่ำเสมอ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป้าหมาย	ผลที่ได้
1. ได้ต้นแบบห้องรมควันที่พัฒนาจากห้องรมเดิมของสหกรณ์กองทุนสวนยางจำนวน 1 ห้อง	1. ได้ต้นแบบห้องรมควันที่พัฒนาจากห้องรมเดิมของสหกรณ์กองทุนสวนยางจำนวน 1 ห้อง
2. ลดการใช้เชื้อเพลิงให้ได้ไม่ต่ำกว่า 30% และลดเวลาการรมได้ประมาณ 10-15% ยางที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น	2. ลดการใช้เชื้อเพลิงได้ 31.5% เวลาการรมเท่าเดิมยกเว้นในช่วงฤดูฝนลดได้ 57.4% และยางที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น เวลาการรมในฤดูฝนลดได้ 42.8% ในฤดูแล้งเวลาการรมเท่าเดิม
3. ห้องรมยางที่ได้จะเป็นต้นแบบให้ห้องรมยางของสหกรณ์กองทุนสวนยางอื่นกว่า 700 โรงทั่วประเทศนำไปปรับปรุงการรมยางเพื่อลดต้นทุนต่อไป	3. ต้องมีการประชาสัมพันธ์ให้ สกย.อื่น ๆ ได้รับความรู้ อย่างไรก็ตามขณะนี้ทาง สกย. ที่ร่วมโครงการ กำลังจะปรับปรุงห้องที่เหลือทั้งหมด 6 ห้องเพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง นอกจากนี้มีสกย. จากจังหวัดนครศรีธรรมราชได้มาดูห้องต้นแบบแล้ว

ผลที่ได้เพิ่มเติม

1. การนำเสนอผลงาน 2 ครั้ง

1.1 วรช กาลาสี ยุทธภูมิ พงศ์ปริยวาที วชิรพันธ์ ดัณฑประภา สุทธิรัตน์ สุวรรณจรัส ไพโรจน์ คีรีรัตน์ และพีระพงศ์ ทิมสกุล “การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงจากไม้พื้ในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์สวนยางภาคใต้” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17, ปราณบุรี, ตุลาคม 2546, หน้า 560-564.

1.2 Kalasee, W., Tekasakul, S., Otani, Y. and Tekasakul, P. " Characteristics of soot particles produced from rubberwood combustion " Proceedings of the Second Asian Particle Technology Symposium, Penang, Malaysia, December 17-19, 2003, Pages 103-108.

2. มีนักศึกษาระดับปริญญาโทในโครงการ 2 คน กำลังจะจบการศึกษาในเร็ว ๆ นี้

2.1 นายวรช กาลาสี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.2 นายไมตรี ดันติเชาวนันท์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์