บทที่ 4

การศึกษาภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้น
จากการปรับสภาพแวดล้อมของห้องเรียนธรรมชาติ

ในการศึกษาภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นจากการปรับสภาพแวดล้อมของห้องเรียนธรรมชาติ ได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ ทำการออกแบบ ก่อสร้างแบบจำลอง ทำการบันทึกผลข้อมูลและวิเคราะห์ผล โดยสามารถแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

4.1 กำหนดหลักเกณฑ์เพื่อใช้เป็นข้อกำหนดในการออกแบบทางการวิจัย

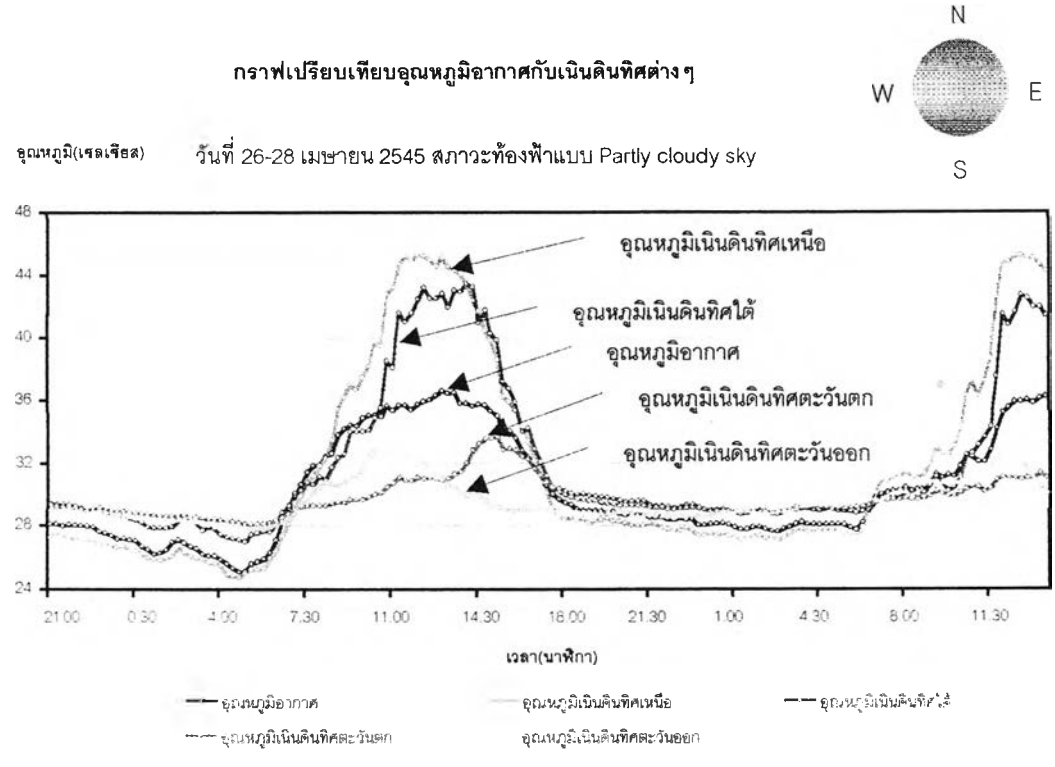
4.1.1 การกำหนดตัวแปรทางธรรมชาติที่ใช้ในการออกแบบ ตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญทางธรรมชาติที่มีผลต่อการปรับสภาพแวดล้อม สามารถจัดแบ่งประเภทของตัวแปรที่มีอิทธิพลสำคัญ คือ สภาพภูมิประเทศและรูปทรงแผ่นดิน (Topography and Landform) พืชพันธุ์ (Vegetation) แหล่งน้ำ (Water Body) ลม (Wind) ดินและวัสดุผิวดิน (Soils and Pavement)

แต่ทั้งนี้จากข้อจำกัดทางด้านสถานที่ตั้งที่ใช้ในการวิจัย มีพื้นที่ของสถานที่จำกัดอีกทั้งตัวแปรแหล่งน้ำที่เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการปรับสภาพแวดล้อมนั้น ต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่อย่างน้อย 60 เมตร และต้องมีความลึก 1.50 เมตร (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) จึงจะมีผลทางด้านอุณหภูมิต่อการปรับสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงใช้ตัวแปรในการออกแบบเพื่อการวิจัยคือ

1. สภาพภูมิประเทศและรูปทรงแผ่นดิน (Topography and Landform)
2. พืชพันธุ์ (Vegetation) โดยแบ่งออกเป็น
    2.1. ต้นไม้ (Tree)
    2.2. พืชคลุมดิน (Ground Covering)
3. ลม (Wind)
4. ดินและวัสดุผิวดิน (Soils and Pavement) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. **สภาพภูมิประเทศและรูปทรงแผ่นดิน** (Topography and Landform)

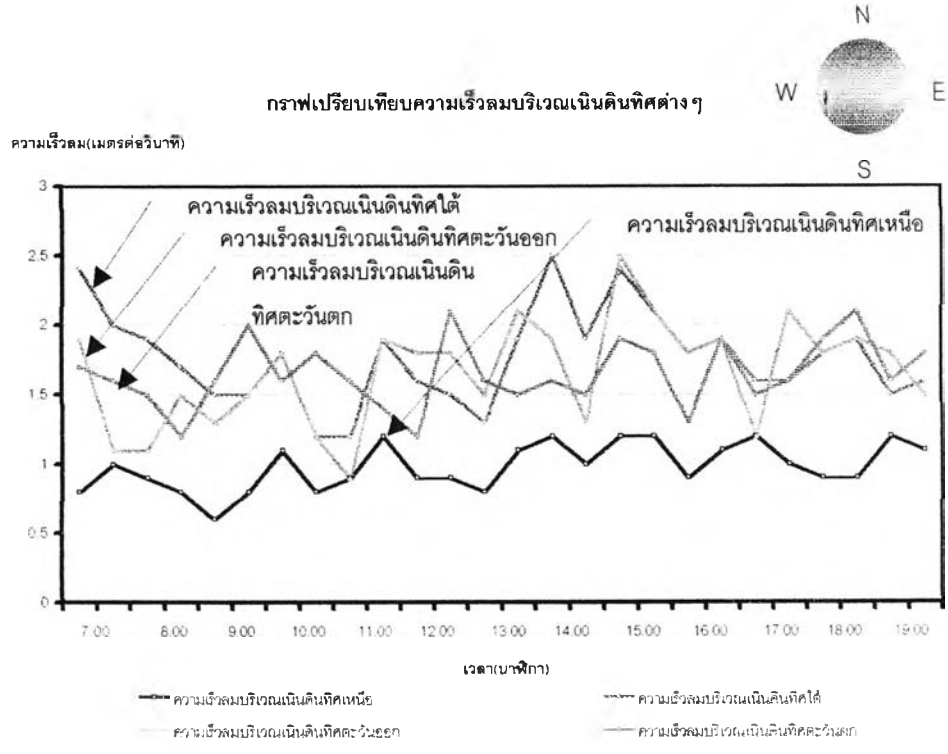
เป็นสิ่งที่ใช้ควบคุมทิศทางลมและเป็นแหล่งความเย็นให้กับห้องเรียนธรรมชาติ อีกทั้งยังสามารถป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกห้องเรียนธรรมชาติและทำหน้าที่เสมือนผนังห้องเพื่อควบคุมเสียงภายในห้องเรียนธรรมชาติ



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิอากาศกับเนินดินทิศทางต่างๆ

จากแผนภูมิ พบว่าอุณหภูมิของเนินดินทิศเหนือและทิศใต้ จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน ทั้งนี้เกิดจากการได้รับอิทธิพลจากรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ซึ่งกระทำกับระนาบเอียงของเนินดินนั้นโดยตรง ในขณะที่อุณหภูมิของเนินดินทางทิศตะวันออกและตะวันตกจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน เป็นเพราะระนาบเอียงของเนินดินนั้นไม่อยู่ในทิศทางที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งอุณหภูมิที่เกิดขึ้นของเนินดินในทิศทางต่างๆนั้น แสดงให้เห็นว่า ความลาดเอียงของเนินดินในแต่ละทิศทาง มีผลต่ออุณหภูมิที่เกิดขึ้นมากกว่าหรือน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์นั้น

เมื่อพิจารณาทางด้านการควบคุมทิศทางลมของแต่ละทิศทาง



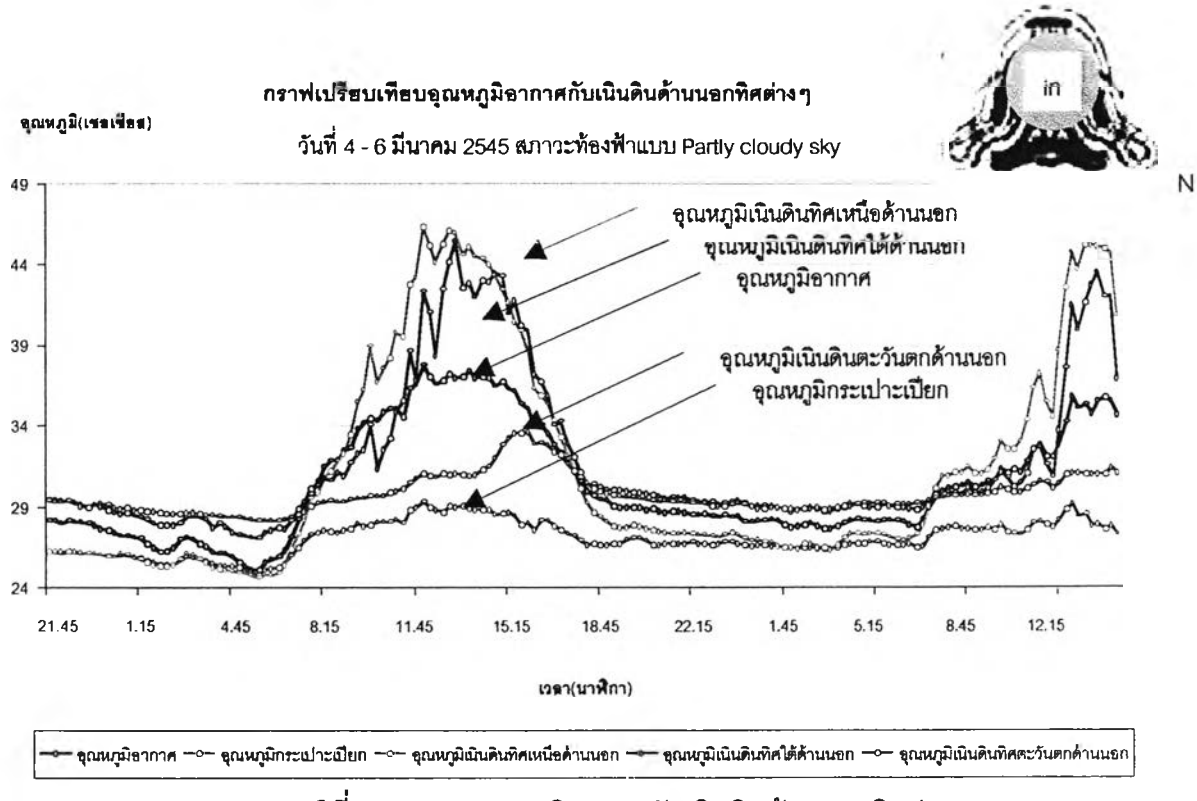
วันที่ 26 เมษายน 2545 สภาวะท้องฟ้าแบบ Partly cloudy sky

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงความเร็วลมบริเวณเนินดินทิศต่างๆ

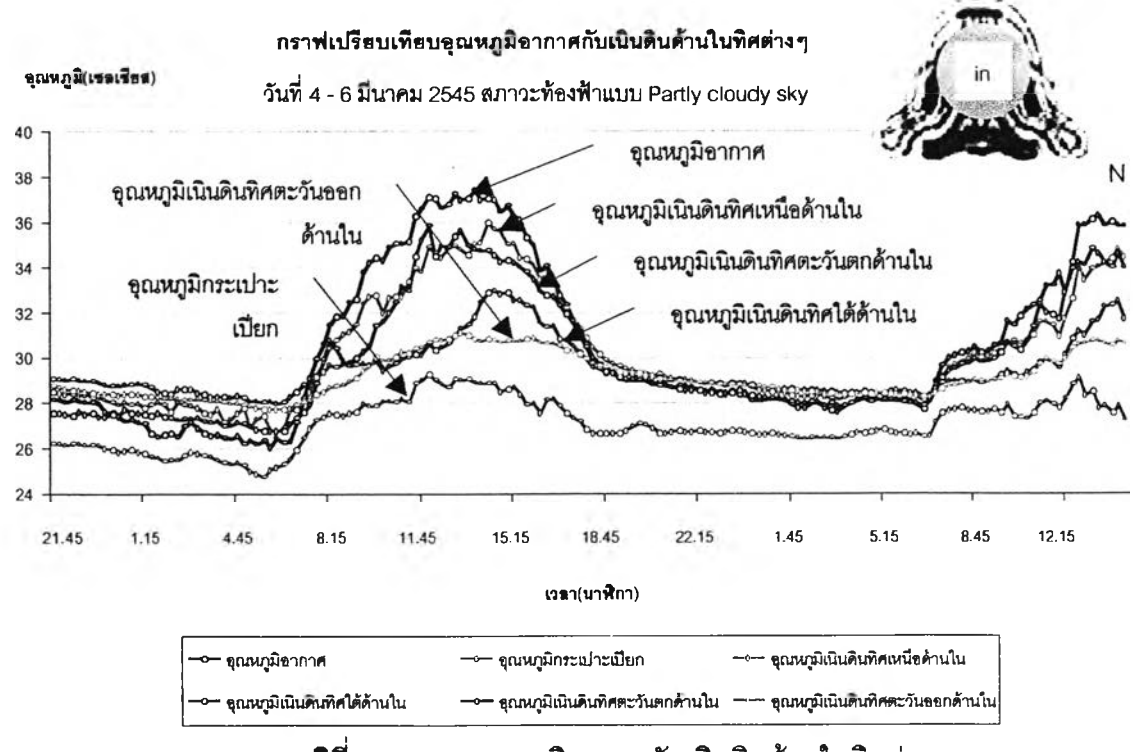
จากแผนภูมิ พบว่า ความเร็วลมที่เกิดขึ้น เป็นผลโดยตรงจากทิศทางของลมประจำฤดูนั้น โดยในช่วงที่บันทึกข้อมูลนั้น เป็นช่วงฤดูร้อน ซึ่งมีทิศทางลมส่วนใหญ่อยู่ทางด้านใต้จึงส่งผลให้ความเร็วลมที่เกิดขึ้นทางด้านทิศใต้ซึ่งอยู่ในแนวปะทะลม จะมีความเร็วลมที่สูงตลอดเวลา ส่วนทางด้านทิศเหนือ ซึ่งถูกบดบังจากเนินดิน จึงทำให้ความเร็วลมที่เกิดขึ้นลดน้อยลงเมื่อเทียบกับเนินดินในทิศทางอื่นๆ ส่วนความเร็วลมที่เกิดขึ้นบริเวณเนินดินทางทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตกนั้นอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับความเร็วลมที่เกิดขึ้นบริเวณเนินดินด้านทิศใต้ ทั้งนี้เนื่องจากแนวของเนินดินอยู่ในทิศทางที่ขนานกับทิศทางของลมประจำฤดู

ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ทิศทางของเนินดินมีผลต่อความเร็วลมที่พัดผ่านในแต่ละทิศทางและสามารถนำมาใช้ในการควบคุมทิศทางของลมประจำฤดูได้

และเมื่อนำเนินดินมาใช้ในการวิจัย โดยออกแบบให้เนินดินล้อมรอบในทุกทิศทาง และเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่เกิดขึ้น



แผนภูมิที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิอากาศกับเนินดินด้านนอกทิศต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิอากาศกับเนินดินด้านในทิศต่างๆ

จากแผนภูมิ พบว่า เนินดินด้านนอก ทางทิศเหนือและทิศใต้นั้น มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวันทั้งนี้เนื่องจากการได้รับอิทธิพลจากรังสีความร้อนที่มาจากดวงอาทิตย์จากความลาดชันของเนินดินโดยตรง ในขณะที่เนินดินทางด้านทิศตะวันตกและตะวันออกนั้นจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางวันและสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางคืน ส่วนเนินดินด้านในทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออกและตะวันตก จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเกือบตลอดเวลาทั้งนี้เนื่องจากเนินดินที่อยู่ด้านในนั้นไม่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์โดยเกิดจากความลาดเอียงของพื้นที่ๆไม่ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเนินดินด้านใน สามารถใช้เป็นแหล่งความเย็นให้กับภายในห้องเรียนธรรมชาติได้ และการออกแบบลักษณะความลาดชันของเนินดินนั้นแบ่งออกเป็น 4 ทิศ คือ

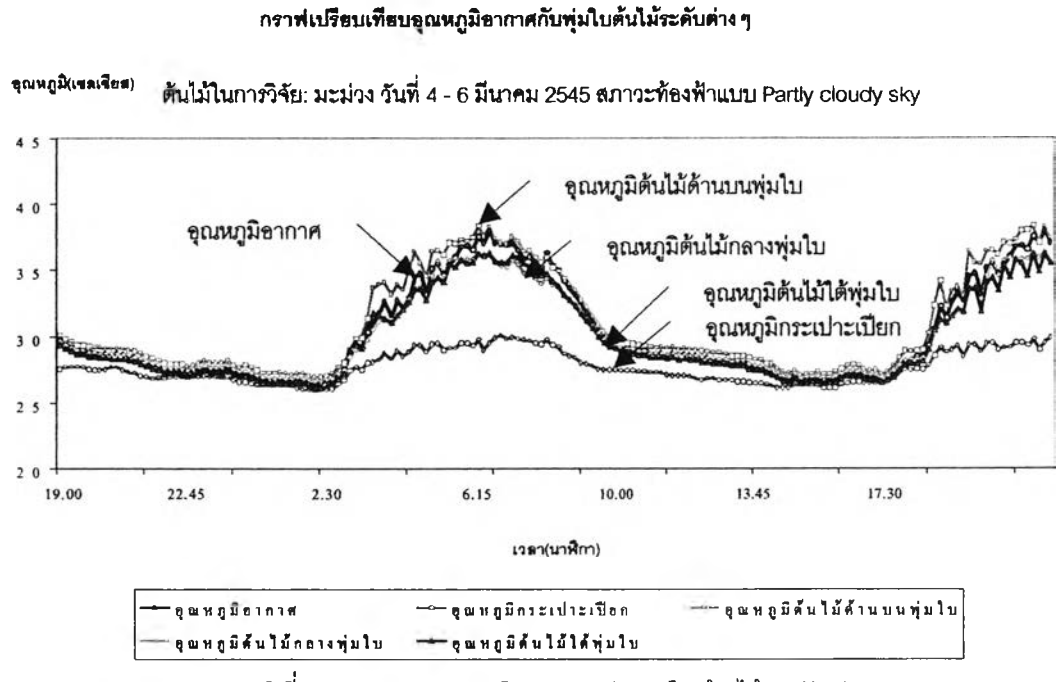
ทิศเหนือ เป็นทิศที่ใช้สำหรับควบคุมทิศทางลมประจำฤดูหนาวจึงมีความสูงของเนินดินมากที่สุด แต่ขณะเดียวกัน ต้องมีลักษณะความลาดชันที่ไม่ก่อให้เกิดการรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ จึงใช้ความลาดชัน 30 องศา ซึ่งเป็นระดับความลาดชันสูงสุดที่เนินดินสามารถคงตัวอยู่ได้ และมีความสูงที่ 2.50 เมตร โดยเป็นระดับความสูงของส่วนเวที 0.30 เมตรที่ใช้สำหรับผู้บรรยายทางด้านหน้า รวมกับระยะที่ใช้ในการติดตั้งกระดานดำติดตั้งสูงจากเวที 0.80 เมตร มีความกว้าง 1.20 เมตร เพื่อใช้ในการเรียนการสอน ส่วนระยะที่เหลือ เป็นระยะของรางที่ทำหน้าที่ยึดกระดานดำ

ทิศใต้ เป็นทิศที่ใช้สำหรับควบคุมทิศทางลมประจำฤดูร้อนในขณะเดียวกัน ลักษณะความลาดชันของเนินดินต้องมีพื้นที่ผิวในการรับรังสีจากดวงอาทิตย์ให้น้อยที่สุด ดังนั้น จึงออกแบบให้มีความชันที่ 30 องศา ในขณะเดียวกันต้องมีความสูงเพียงพอที่จะสร้างความเป็นส่วนตัวให้กับผู้ใช้งานภายในห้องเรียนธรรมชาติ ซึ่งภายในห้องเรียนธรรมชาติ ประกอบด้วยที่นั่ง 7 ระดับ โดยมีความต่างแต่ละระดับที่ 0.15 เมตร รวมกับระดับสายตาจากระดับความสูงของเวที จึงมีความสูงของเนินดินที่ 1.80 เมตร

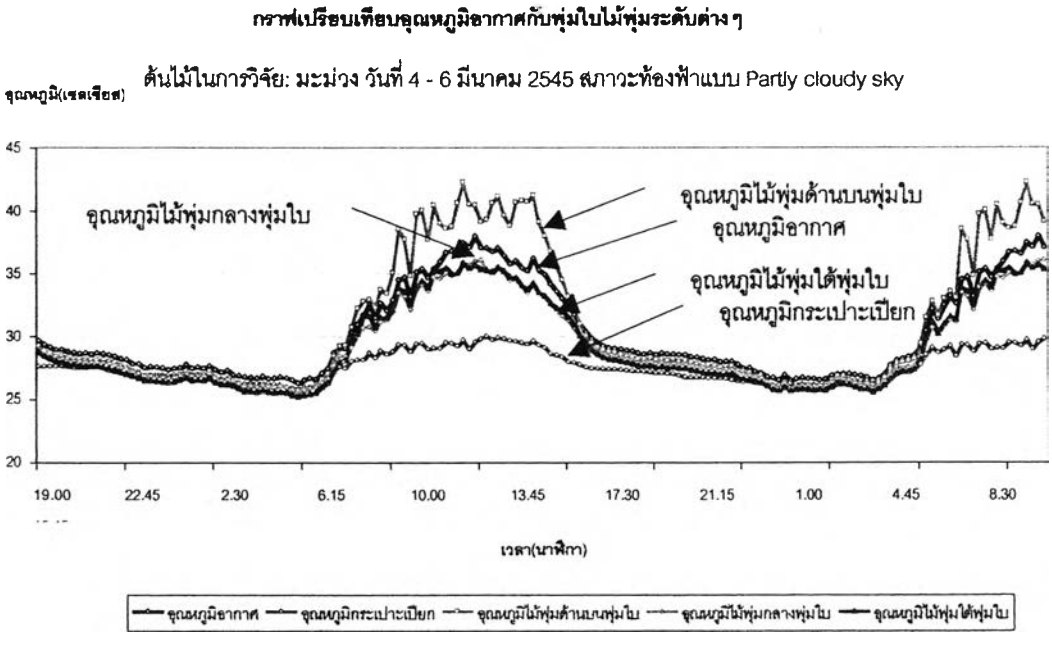
ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เป็นทิศทางที่ใช้เนินดินสำหรับควบคุมทิศทางลมจากทางด้านข้างในขณะเดียวกัน ความสูงของเนินดิน ต้องไม่ก่อให้เกิดความรู้สึกไม่ปลอดภัย จึงพิจารณาความสูงของเนินดินที่ระดับ 1.50 เมตร ซึ่งเป็นระดับสายตา และเป็นระดับที่สามารถสร้างความเป็นสัดส่วนให้เกิดกับภายในห้องเรียนธรรมชาติด้วย ส่วนความลาดชันของเนินดินที่ใช้นั้น ใช้ลักษณะของความลาดชันที่ก่อให้เกิดพื้นที่ในการรับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์น้อยที่สุดเช่นเดียวกัน จึงใช้ความลาดชันของเนินดิน 30 องศา

2. **พืชพันธุ์** (Vegetation) โดยแบ่งออกเป็น

2.1. **ต้นไม้** (Tree) ทำหน้าที่ลดอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ภายในห้องเรียนธรรมชาติโดยตรง



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิอากาศกับพุ่มใบต้นไม้ระดับต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิอากาศกับพุ่มใบไม้พุ่มระดับต่างๆ

จากแผนภูมิ พบว่า ในเวลากลางวันที่ระดับบนของพุ่มใบ มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศและค่อยๆลดต่ำลงจากระดับของพุ่มใบที่อยู่ใต้ลงไป ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถของต้นไม้ในการกลั่นกรองรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยจะเห็นได้ว่า ที่ระดับกลางของพุ่มใบนั้น มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

ต้นไม้จึงสามารถนำมาใช้เพื่อลดอิทธิพลที่เกิดจากรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ แต่ทั้งนี้ จะต้องขึ้นกับขนาดของต้นไม้, รูปทรงและความหนาแน่นของทรงพุ่ม โดยทรงพุ่มที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำหน้าที่เสมือนหลังคาบ้านที่กลั่นกรองรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์คือ ทรงพุ่มทรงร่ม, ทรงพุ่มกลม และทรงพุ่มรูปไข่ทางแนวนอน ในขณะที่ต้นไม้จะต้องมีความสูงมากพอที่สามารถใช้ประโยชน์บริเวณใต้พุ่มใบ ซึ่งความสูงที่เหมาะสมจะขึ้นกับขนาดความกว้างยาวโดยรวมของห้องเรียนธรรมชาติและการใช้ประโยชน์จากร่มเงาของต้นไม้ที่สามารถป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ในมุมต่ำในช่วงเวลาใช้งาน 8.00-16.00 น. ได้

จึงออกแบบห้องเรียนธรรมชาติให้มีการใช้ต้นไม้ 2 ระดับ คือ

ระดับบน ทำหน้าที่ลดรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่จะเข้าสู่ภายในห้องเรียนธรรมชาติในเวลากลางวัน และสามารถถ่ายเทรังสีความร้อนกลับคืนสู่ท้องฟ้าได้อย่างรวดเร็ว จึงใช้ต้นจามจุรี มาใช้ที่ระดับบน โดยมีรายละเอียด คือ ขนาดความสูง 12.00 เมตร ความสูงจากลำต้นถึงใต้พุ่มใบที่ 7.00 เมตร ลักษณะพุ่มแผ่กว้างทรงร่ม มีทรงพุ่มโปร่งกว้าง 12.00 เมตร มีคุณสมบัติหุบใบในเวลากลางคืนซึ่งทำให้การถ่ายเทความร้อนสามารถถ่ายเทได้มากขึ้น มาใช้ที่ระดับบน

ส่วนต้นไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างแบบจำลองในระดับบนนั้น ใช้ต้นมะม่วงในการก่อสร้างแบบจำลองแทนต้นจามจุรี โดยพิจารณาถึงขนาดและรูปทรงที่ได้ทำการลดมาตราส่วนลงมาเท่าที่หาได้ในท้องตลาด และทำการตัดแต่งให้มีความใกล้เคียงกับรูปทรงของต้นไม้ที่ใช้ในการออกแบบ

ระดับกลางจะเป็นต้นไม้ที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงสว่างภายในห้องเรียนธรรมชาติให้มีความสม่ำเสมอและทำหน้าที่ลดรังสีความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์อีกชั้นหนึ่ง จึงใช้ต้นพิกุล โดยมีรายละเอียดคือ ขนาดความสูง 6.00 เมตร ความสูงจากลำต้นถึงใต้พุ่มใบที่ 3.50 เมตร ลักษณะพุ่มแผ่กว้าง มีทรงพุ่มค่อนข้างแน่นกว้าง 6.00 เมตร

ต้นไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างแบบจำลองในระดับกลางนั้น ใช้ต้นมะม่วงในการก่อสร้างแบบจำลองแทนต้นพิกุล โดยโดยพิจารณาถึงขนาดและรูปทรงที่ได้ทำการลดมาตราส่วนลงมาเท่าที่หาได้ในท้องตลาด และทำการตัดแต่งให้มีความใกล้เคียงกับรูปทรงของต้นไม้ที่ใช้ในการออกแบบ

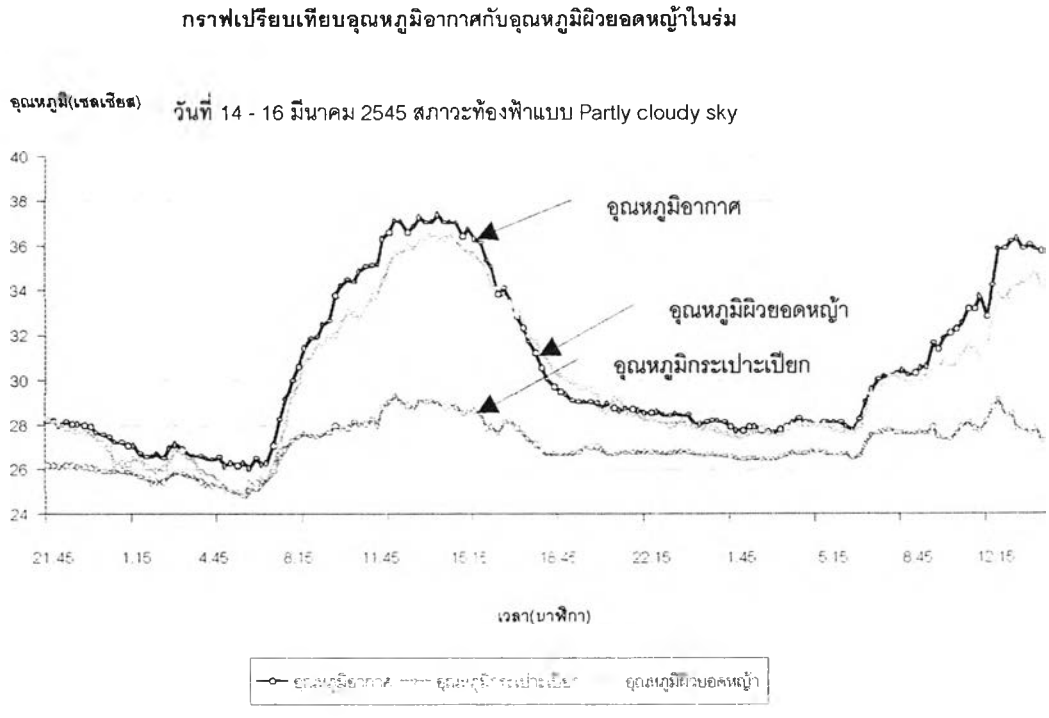
นอกเหนือจากนี้ ยังใช้ต้นไม้ในการออกแบบเพื่อผลในการควบคุมทิศทางลมและปริมาณแสงสว่าง คือ

ทางด้านทิศเหนือ ใช้ต้นไม้ที่มีทรงพุ่มกลมทึบตลอดทั้งต้นเพื่อทำหน้าที่ในการควบคุมทิศทางลมในฤดูหนาว โดยในการออกแบบใช้ต้นแก้วซึ่งเป็นไม้ไม่ผลัดใบที่มีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่ม 1.50 เมตร ส่วนในการก่อสร้างแบบจำลองนั้น ต้นแก้วขนาดที่ใช้ในการก่อสร้างแบบจำลองที่มีอยู่ในท้องตลาดนั้นยังไม่มีความทึบมากพอ จึงพิจารณาเลือกใช้ต้นไทรทองที่มีรูปทรงใกล้เคียงกันและมีความหนาแน่นของทรุงพุ่มมากกว่า

ทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ใช้ต้นไม้ลำต้นสูงไม่ผลัดใบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นและทรงพุ่ม 1.50 เมตรเพื่อทำหน้าที่บดบังทิศทางของแสงอาทิตย์ที่มีมุมต่ำในช่วงเวลาใช้งาน ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ปริมาณแสงสว่างที่เข้าสู่ห้องเรียนธรรมชาตินั้นมีมากเกินไปจนเกิดความไม่สม่ำเสมอขณะใช้งาน อีกทั้งเป็นการป้องกันรังสีความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์ทางด้านตะวันออกและตะวันตกของห้องเรียนธรรมชาติบางส่วนด้วย โดยต้นไม้ที่ใช้ในการออกแบบนั้นสามารถออกแบบเลือใช้ได้ตามความเหมาะสม ส่วนต้นไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างแบบจำลองนั้น ใช้ต้นโกสน ซึ่งมีขนาดของทรงพุ่มและความสูงของลำต้นใกล้เคียงกับต้นไม้ที่ใช้ในการออกแบบ

ทางด้านทิศใต้ ใช้ไม้พุ่มลำต้นสูงไม่ผลัดใบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นและทรงพุ่ม 1.50 เมตร เพื่อให้ลมประจำฤดูร้อนพัดผ่านใต้พุ่มใบของต้นไม้ยังผลให้เป็นลมเย็นที่พัดพาเข้าสู่ห้องเรียนธรรมชาติ นอกเหนือจากนี้ยังใช้เพื่อทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ปริมาณแสงสว่างที่เข้าสู่ห้องเรียนธรรมชาตินั้นมีมากเกินไปจนเกิดความไม่สม่ำเสมอขณะใช้งาน อีกทั้งเป็นการป้องกันรังสีความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์ทางด้านใต้ของห้องเรียนธรรมชาติบางส่วนด้วย โดยต้นไม้ที่ใช้ในการออกแบบนั้นสามารถออกแบบเลือใช้ได้ตามความเหมาะสม ส่วนต้นไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างแบบจำลองนั้น ใช้ต้นไทรทอง ซึ่งทำการตัดแต่งให้มีขนาดของทรงพุ่มและความสูงของลำต้นใกล้เคียงกับต้นไม้ที่ใช้ในการออกแบบ

2.2. **พืชคลุมดิน** (Ground Covering) ทำหน้าที่ลดอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ให้กับสิ่งที่ปกคลุมและทำหน้าที่กักเก็บความเย็นให้กับสิ่งที่ปกคลุมด้วย ซึ่งในที่นี้ คือ การใช้พืชคลุมดินในการออกแบบให้ปกคลุมเนินดิน

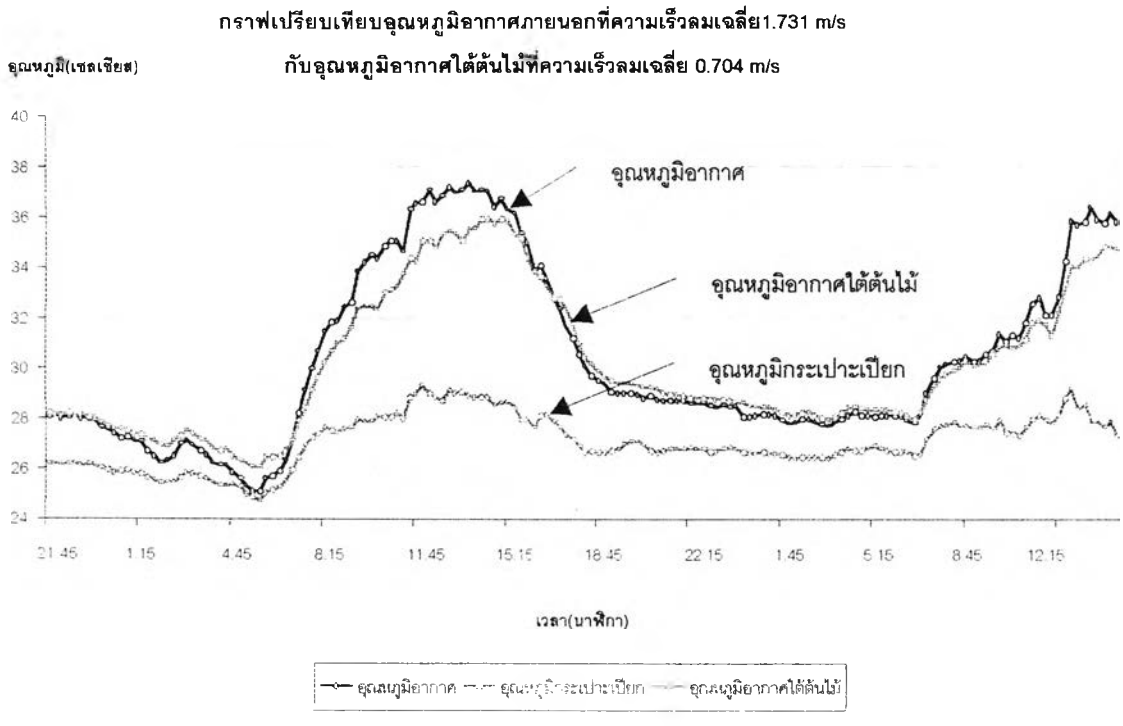


แผนภูมิที่ 4.7 แสดงอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิวยอดหญ้า

จากแผนภูมิ พบว่าอุณหภูมิผิวยอดหญ้าซึ่งเป็นพืชคลุมดินนั้น จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในเวลากลางวันตลอดเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การนำพืชคลุมดินมาใช้ปกคลุมพื้นที่เนินดินภายในห้องเรียนธรรมชาตินั้น เป็นการช่วยลดอิทธิพลของรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผลโดยตรงต่อเนินดินได้ระดับหนึ่ง และยังเป็นการเพิ่มแหล่งความเย็นให้กับภายในห้องเรียนธรรมชาติอีกทางหนึ่งด้วย

ในการออกแบบจึงใช้หญ้าซึ่งสามารถยึดเกาะผิวหน้าของสิ่งที่ปกคลุมได้ดีเป็นพืชคลุมดิน และในการก่อสร้างแบบจำลอง ได้ใช้หญ้าเป็นพืชคลุมดินเช่นเดียวกัน

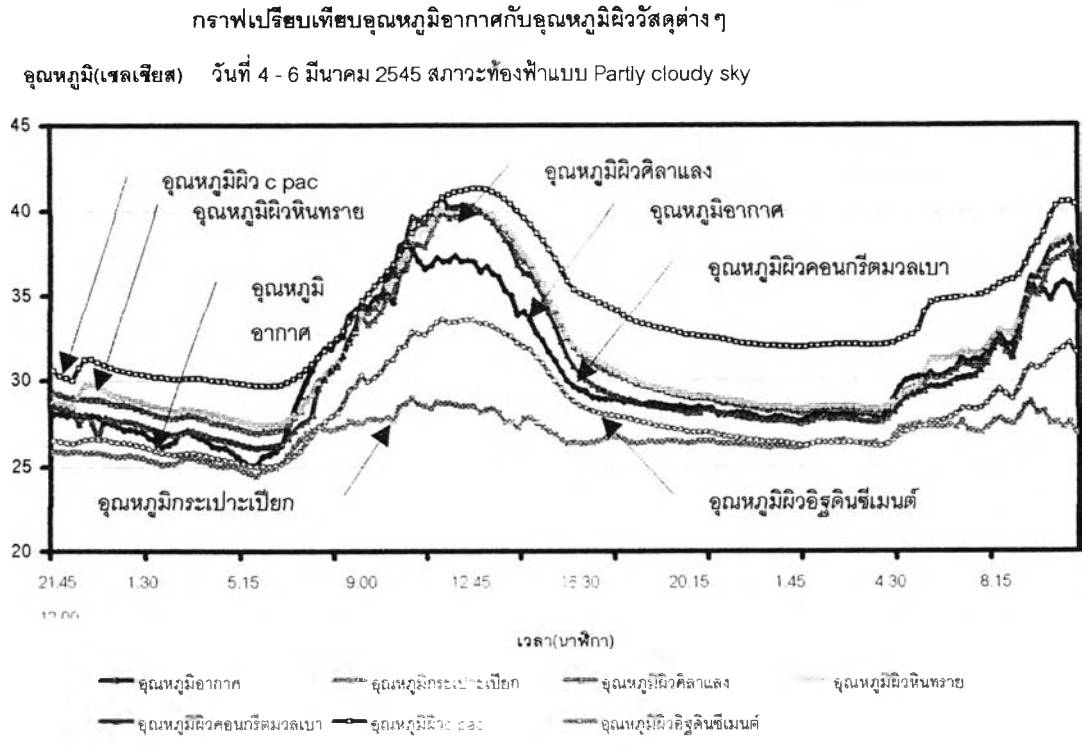
3. ลม (Wind) ทำหน้าที่เพิ่มหรือลดอุณหภูมิซึ่งก่อให้เกิดความรู้สึกร้อนหรือเย็น



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ที่มีความเร็วลม

จากแผนภูมิ พบว่า ที่ใต้ต้นไม้นั้น ความเร็วลมจะลดลงบางส่วนทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการควบคุมทิศทางและความเร็วลมของต้นไม้ ซึ่งก่อให้เกิดผลโดยตรงต่อภาวะน่าสบาย ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วลมที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดความรู้สึกสบายมากกว่าความเร็วลมที่มากหรือน้อยจนเกินไป ในขณะเดียวกับที่ความสามารถในการควบคุมทิศทางและความเร็วลมนั้น จะมีผลอย่างยิ่งในฤดูหนาว ซึ่งเป็นลมประจำฤดูที่ต้องควบคุมไม่ให้เข้าสู่ภายในห้องเรียนธรรมชาติในช่วงเวลาที่มีอากาศหนาวเย็น ดังนั้น ความเร็วลม จึงเป็นสิ่งที่เกื้อหนุนให้เกิดภาวะน่าสบายมากขึ้นหรือลดลงได้ ในการออกแบบจึงจำเป็นต้องควบคุมทิศทางลมให้สามารถพัดผ่านเข้าสู่ภายในห้องเรียนธรรมชาติ ในช่วงที่มีอุณหภูมิอากาศสูง โดยที่ลมที่พัดผ่านนั้นต้องเป็นลมเย็นที่พัดผ่านจากใต้ต้นไม้สู่ห้องเรียนธรรมชาติโดยใช้ระดับของต้นไม้ที่ทำหน้าที่กรองรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และทำให้อุณหภูมิอากาศลดต่ำลงที่ระดับล่างลงไปของพุ่มใบ และในฤดูหนาว ต้องสามารถป้องกันลมเข้าสู่ห้องเรียนธรรมชาติในช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิต่ำได้เช่นเดียวกัน

4. ดินและวัสดุผิวดิน (Soils and Pavement) ทำหน้าที่เป็นแหล่งความเย็นให้กับห้องเรียนธรรมชาติ



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิววัสดุต่างๆ

จากแผนภูมิ เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกับวัสดุผิวของวัสดุต่างๆที่นำมาเก็บข้อมูลเพื่อเลือกใช้ในการออกแบบนั้นพบว่า อุณหภูมิผิวของอิฐดินซีเมนต์นั้นจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัตินี้ เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุผิวภายในห้องเรียนธรรมชาติ เพราะสามารถใช้เป็นแหล่งความเย็นให้กับห้องเรียนธรรมชาติ

4.1.2 เขตสบายและภาวะความสบายทางด้านความร้อน ตัวแปรที่มีผลสำคัญ (Fanger, 1970, Foster, 1994 และ Beer, 1998) คือ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ

ดังนั้น จึงใช้ตัวแปรเหล่านี้ในการวิจัยภาวะความสบายทางด้านความร้อน จากผลการออกแบบและจัดสร้างแบบจำลองในการวิจัยต่อไป

4.1.3 กำหนดหลักเกณฑ์เพื่อใช้เป็นข้อกำหนดในการออกแบบทางการวิจัย

จากการศึกษาถึง ภาวะความสบายของมนุษย์ แบ่งออกเป็น ภาวะความสบายทางด้านการมอง (Visual comfort) ภาวะความสบายทางด้านความร้อน (Thermal comfort) ภาวะความสบายทางด้านการได้ยิน (Audio comfort) และภาวะความสบายทางด้านกายภาพ (Physical related comfort)

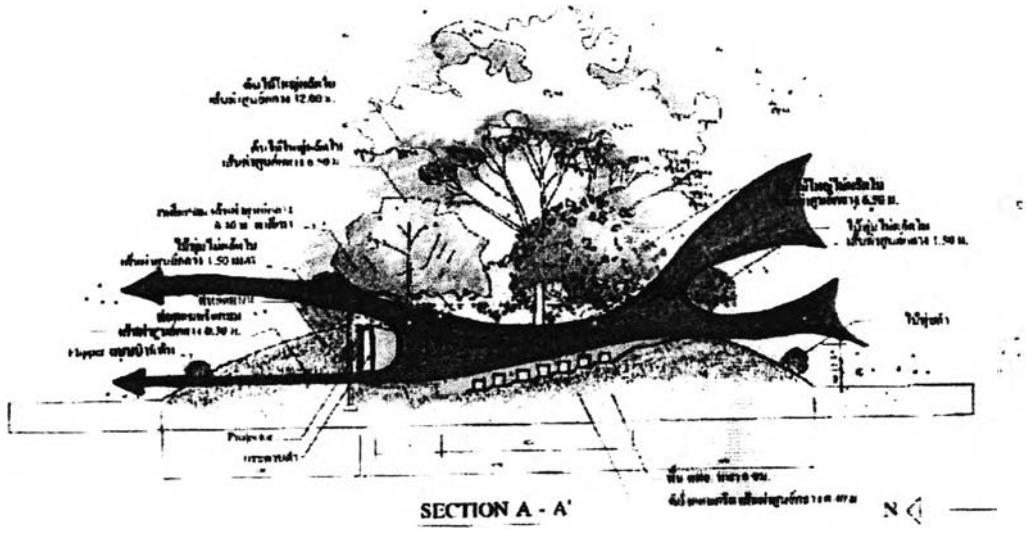
จากการศึกษา (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) พบว่า ความต้องการของมนุษย์ในด้านความสบายในปัจจุบันเพื่อให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีตั้งอยู่บนพื้นฐาน 7 ประการ คือ ความรู้สึกร้อน-หนาวที่พอเหมาะ (Thermal comfort) แสงสว่างที่เหมาะสมและพอเพียง (Lighting comfort) คุณภาพเสียงที่เหมาะสม (Acoustical comfort) ทัศนวิสัยที่สบายตา (Visual comfort) คุณภาพอากาศภายในที่ดี (Indoor Air Quality) ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน (Security and Safety) และเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology)

จึงกำหนดเกณฑ์และแนวคิดในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติ โดยใช้เกณฑ์ภาวะความสบายที่เป็นรูปธรรม ดังนี้

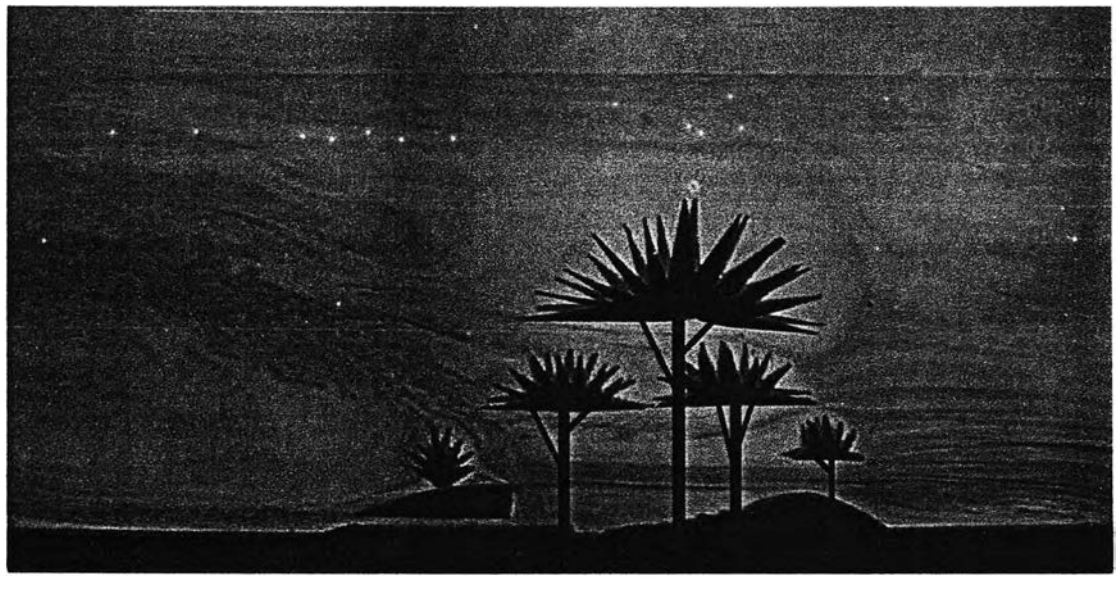
1. **ภาวะความสบายทางด้านความร้อน** (Thermal comfort) จากการศึกษา (Fanger, 1967) พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อภาวะความสบายทางด้านความร้อน (Thermal comfort) มี 6 ตัวแปร โดยสามารถแบ่งแยกประเภทได้ดังนี้ คือ ตัวแปรทางด้านบุคคล ได้แก่ อัตราการเผาผลาญอาหาร (Metabolism) และเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clothing) ตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ (Ambient air temperature) อุณหภูมิผิวโดยรอบ (Mean radiant temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) และความเร็วลม (Wind speed)

จึงใช้ตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อม เป็นตัวแปรหลักในการวิจัย โดยใช้ขอบเขตของภาวะน่าสบายแบบธรรมชาติ (สุนทร บุญญาธิการ,2544) ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ 20-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30-80 %และความเร็วลม 0-500 fpm และใช้เป็นแนวทางในการใช้ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ในการกำหนดแนวคิดในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติ โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1. ฤดูร้อน ซึ่งมีอากาศร้อนทั้งที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรงและที่เกิดจากการเก็บความร้อนของวัสดุต่างๆ ซึ่งในสภาวะดังกล่าว จึงจำเป็นต้องใช้ความเร็วลม และการป้องกันการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มาช่วย ดังนั้น จึงควรออกแบบให้ใช้พืชพันธุ์ไม้ในการป้องกันการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์และเกิดกระแสลมพัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติซึ่งมีทิศทางลมประจำอยู่ในแนวเหนือ-ใต้



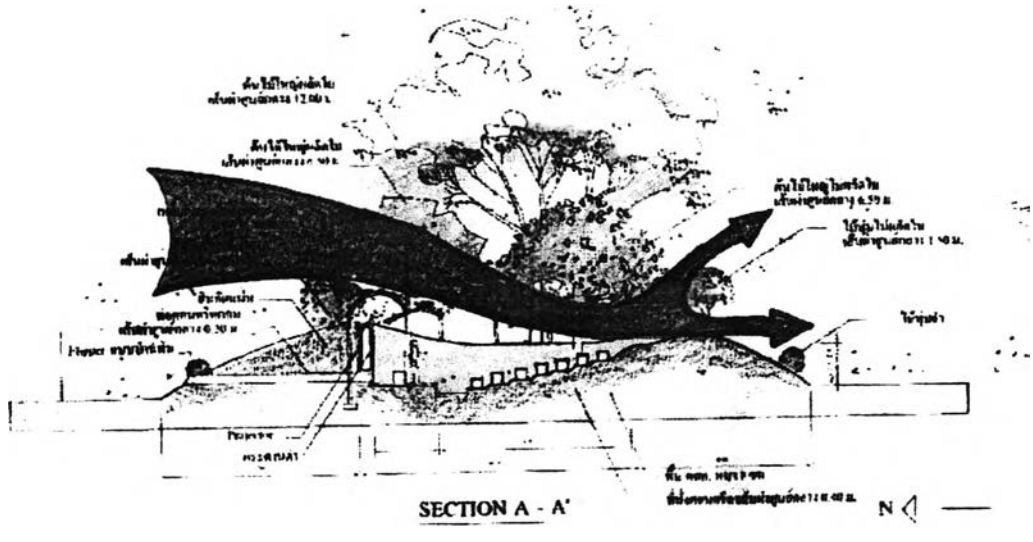
ภาพที่ 4.1 แสดงแนวคิดในการออกแบบให้ลมในฤดูร้อนพัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติ



ภาพที่ 4.2 แสดงผลแบบจำลองโต๊ะน้ำในฤดูร้อนโดยให้ลมพัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติ

2. ฤดูหนาว จากการศึกษาข้อมูลสภาพอากาศในฤดูหนาวของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าตั้งแต่ช่วงเวลาเย็นไปจนกระทั่งถึงช่วงเวลาสายๆของอีกวันหนึ่ง จะมีอากาศหนาวเย็น แต่ในช่วงเวลาสายๆจนถึงช่วงเวลาบ่ายจะมีอากาศร้อน จึงจำเป็นต้องเลือกชนิดของพืชพันธุ์ไม้ ที่มีการผลัดใบบางส่วนในฤดูหนาว เพื่อใช้ประโยชน์ในการให้ร่มเงาในขณะเดียวกับที่สามารถก่อให้เกิดการแผ่รังสีเข้าสู่ภายในห้องเรียนธรรมชาติได้บ้าง และเมื่อถึงช่วงเวลาสายซึ่งอากาศเริ่มมีความร้อน จึงจำเป็นต้องอาศัยร่มเงาของต้นไม้ในระดับที่สูงกว่ามาช่วยบดบังเพื่อไม่ให้เกิดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มากเกินไป ดังนั้น จึงแบ่งแนวคิดในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติในฤดูหนาวออกเป็น 2 กรณี คือ

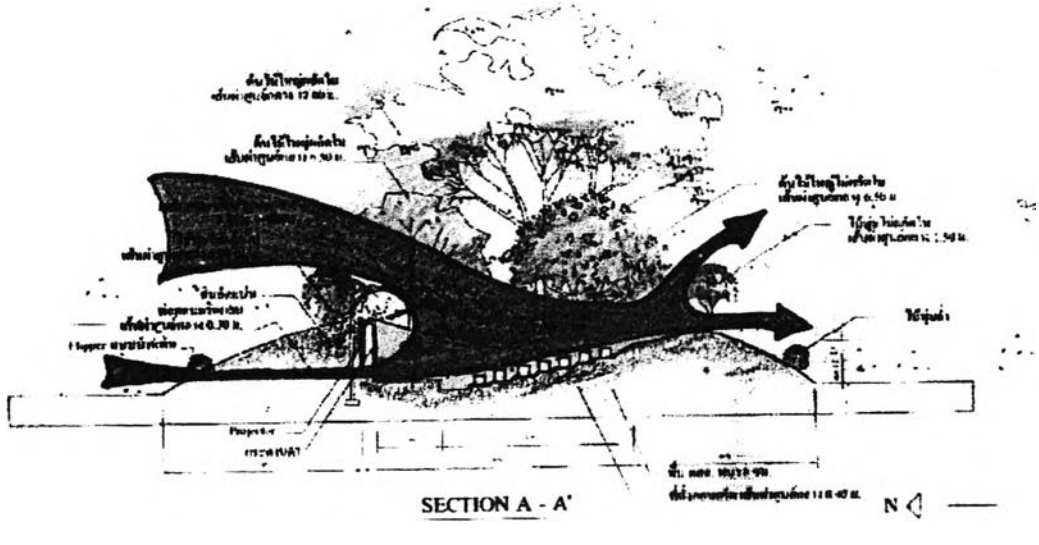
2.1 ช่วงเวลากลางคืน



ภาพที่ 4.3 แสดงแนวคิดในการออกแบบเพื่อป้องกันลมฤดูหนาว
พัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติช่วงเวลากลางคืน

ภาพที่ 4.4 แสดงผลแบบจำลองโต๊ะน้ำในฤดูหนาวช่วงเวลากลางคืน
โดยป้องกันไม่ให้ลมพัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติ

2.2 ช่วงเวลากลางวัน



ภาพที่ 4.5 แสดงแนวคิดในการออกแบบ
เพื่อให้ลมฤดูหนาวพัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติช่วงเวลากลางวัน

ภาพที่ 4.6 แสดงผลแบบจำลองโต๊ะน้ำในฤดูหนาวช่วงเวลากลางวัน
โดยให้ลมพัดผ่านภายในห้องเรียนธรรมชาติ

2. **ภาวะความสบายทางด้านแสงสว่าง** (Lighting comfort) ได้ใช้เกณฑ์ ดังนี้

-จากขอบเขตของภาวะน่าสบายแบบธรรมชาติ (สุนทร บุญญาธิการ,2544) ระดับการส่องสว่างเฉลี่ยที่เหมาะสม คือ 5-500 fc

-จากมาตรฐานค่าความส่องสว่างที่ใช้สำหรับกิจกรรมภายนอกอาคาร การบรรยาย

โดยใช้มาตรฐานของ IES ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของความส่องสว่างสำหรับพื้นที่และการทำงานต่างๆ (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540: 1-6) มีรายละเอียด คือ

ย่านความส่องสว่าง(fc)	ชนิดพื้นที่ใช้งาน
20-50	ทางเดินและพื้นที่ทำงานภายนอก
50-150	ทางเดินภายในและการแวะผ่านระยะเวลาสั้นๆ
100-200	ห้องที่ไม่ได้ใช้งานแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานๆ
200-500	งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น งานในโรงงานที่มีชิ้นงานขนาดใหญ่
300-700	งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น งานสำนักงาน
500-1000	งานที่ใช้สายตามาก เช่น งานเขียนแบบ

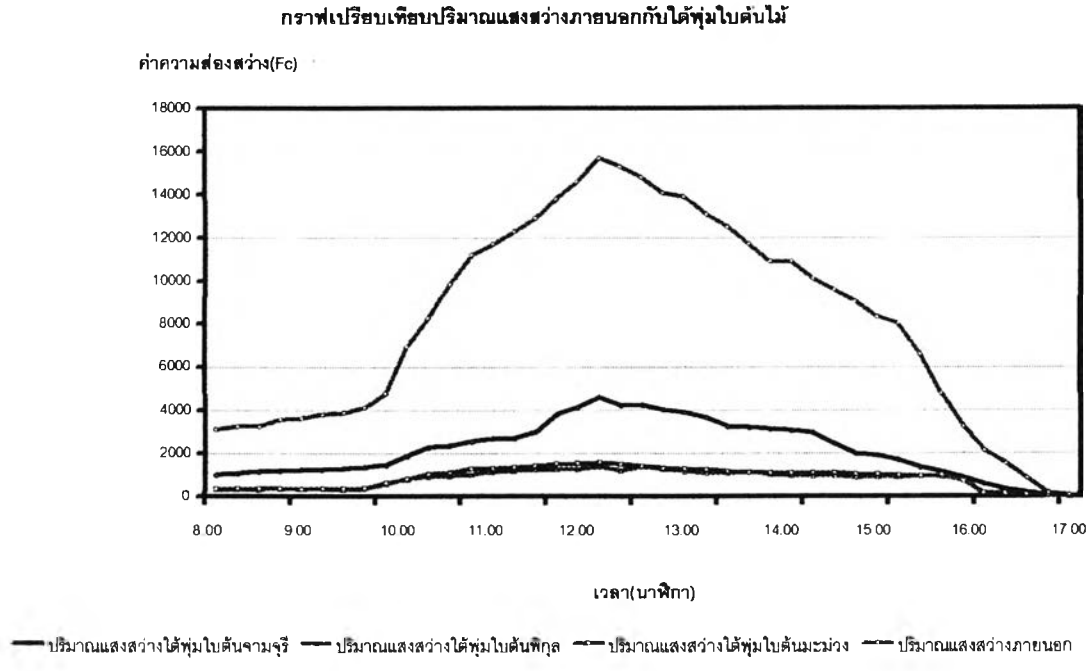
ตารางที่ 4.1 มาตรฐานของ IES
ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของความส่องสว่างสำหรับพื้นที่และการทำงานต่างๆ
ที่มา: ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540: 1-6

โดยการออกแบบห้องเรียนธรรมชาตินี้ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมปริมาณแสงสว่างที่เป็นหลักคือ ต้นไม้ ทั้งต้นไม้ใหญ่ (Tree) และไม้พุ่มสูง (Treelet) โดยทำหน้าที่ในการลดปริมาณแสงสว่างจากท้องฟ้า

จากการเก็บข้อมูลปริมาณแสงของต้นไม้ที่นำมาออกแบบโดยเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่าง ดังตารางต่อไปนี้

21-Jan-45	ปริมาณการส่องสว่าง (Fc)								
เวลา(น.)	จามจุรี	พิกุล	มะม่วง	ภายนอก	เวลา	จามจุรี	พิกุล	มะม่วง	ภายนอก
8.00	1014	342	365	3100	13.00	4220	1356	1421	14800
8.15	1089	357	365	3250	13.15	4010	1279	1320	14100
8.30	1170	338	378	3250	13.30	3890	1166	1281	13900
8.45	1197	380	382	3560	13.45	3650	1098	1250	13100
9.00	1245	365	351	3610	14.00	3240	1102	1172	12500
9.15	1251	359	388	3780	14.15	3210	1135	1126	11700
9.30	1306	326	372	3850	14.30	3120	1020	1095	10900
9.45	1357	369	409	4120	14.45	3070	989	1098	10900
10.00	1458	596	652	4780	15.00	2960	956	1105	10100
10.15	1892	810	823	6950	15.15	2450	985	1123	9580
10.30	2290	925	1045	8250	15.30	1983	893	1024	9050
10.45	2360	968	1123	9850	15.45	1896	927	1030	8320
11.00	2550	1012	1287	11200	16.00	1694	896	998	8010
11.15	2690	1129	1305	11700	16.15	1351	965	946	6570
11.30	2710	1205	1356	12300	16.30	1132	901	975	4760
11.45	2980	1238	1423	12900	16.45	875	750	723	3250
12.00	3790	1275	1524	13800	17.00	569	161	158	2130
12.15	4120	1251	1560	14600	17.15	356	130	131	1537
12.30	4580	1358	1569	15700	17.30	176	101	97	859
12.45	4210	1204	1496	15300	17.45	54	43	51	158
					18.00	28	24	19	78

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณการส่องสว่างใต้ร่มเงาของต้นไม้และภายนอก
ที่นำมาใช้ในการออกแบบค่าความส่องสว่าง



แผนภูมิที่ 4.10 แสดงปริมาณแสงสว่างภายนอกกับใต้พุ่มใบต้นไม้

จากการเก็บข้อมูล พบว่า ต้มจามจุรี ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่,ทรงร่มและมีพุ่มโปร่ง สามารถกรองแสงได้ 73.15% ในขณะที่ต้นมะม่วงซึ่งเป็นต้นไม้ที่มีทรงพุ่มแน่น สามารถกรองแสงได้ 89.07 % และต้นพิกุลซึ่งเป็นต้นไม้ที่มีทรงพุ่มแน่น สามารถกรองแสงได้ 90.16 %

การใช้ต้นจามจุรี เป็นต้นไม้ใหญ่ที่มีขนาดทรงพุ่มแผ่กว้างและโปร่งอยู่เหนือต้นไม้ที่มีพุ่มแน่นอื่นจะทำให้ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นสามารถลดลงจนใกล้เคียงกับเกณฑ์ขอบเขตของภาวะน่าสบายแบบธรรมชาติ ซึ่งมีระดับการส่องสว่างเฉลี่ยที่เหมาะสม คือ 5-500 fc ได้ จึงใช้เป็นเป็นแนวคิดในการออกแบบค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อห้องเรียนธรรมชาติ

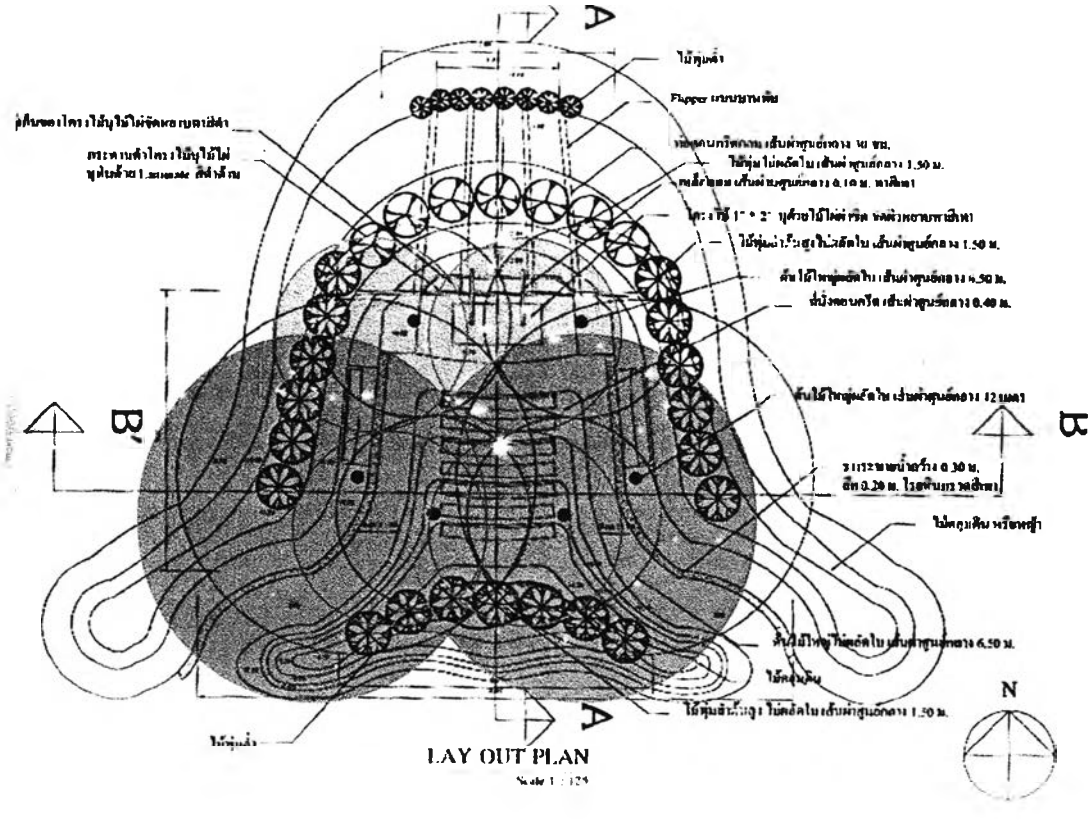
นอกเหนือไปจากการเลือกชนิดของต้นไม้ที่ใช้ในการออกแบบแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการหนึ่งคือลักษณะการให้ร่มเงา เพื่อเหตุผลในการป้องกันการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในฤดูร้อน และปล่อยให้เกิดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เข้าสู่ภายในห้องเรียนธรรมชาติในบางเวลา

ดังนั้น สิ่งที่ควรนำมาพิจารณาคือ Shading ของต้นไม้ ซึ่งใช้ Sun Chart ที่ตำแหน่ง 14 องศาเหนือ (เป็นตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างและสถานที่ๆทำการเก็บข้อมูลทางการวิจัย คือ กรุงเทพมหานคร) โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

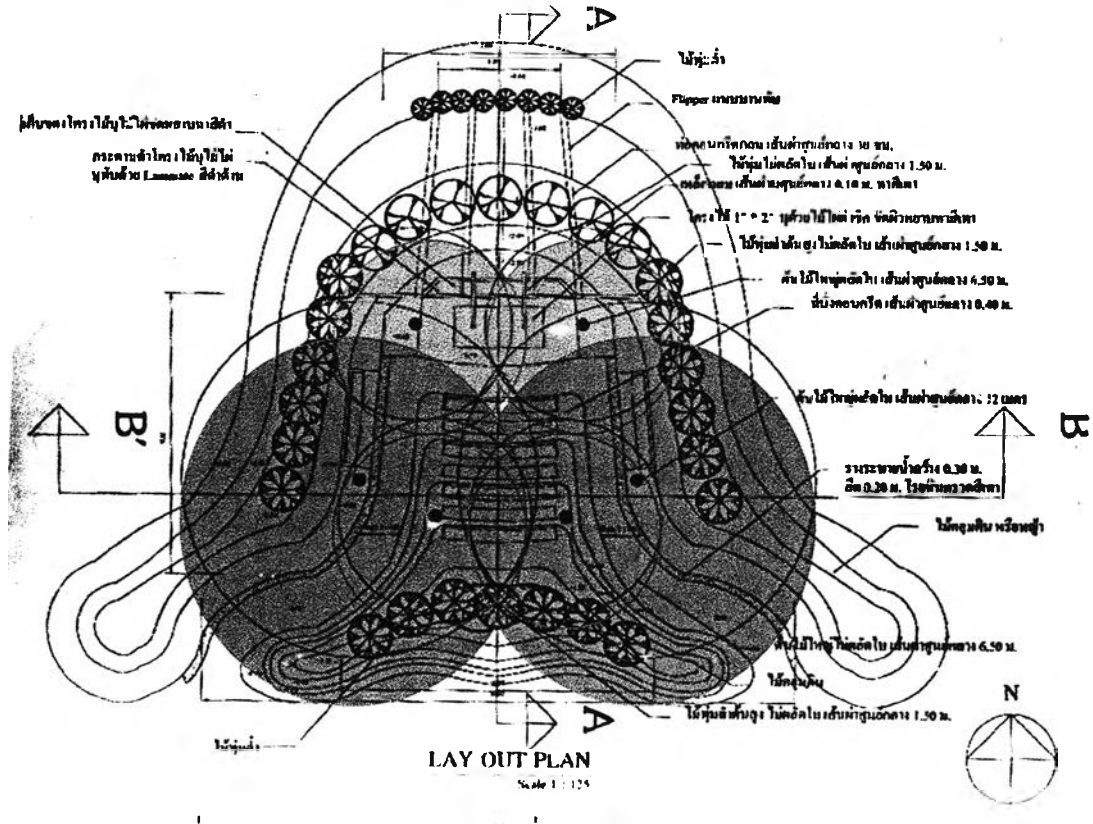
1. ในฤดูร้อน โดยใช้ช่วงเวลาในการเรียนการสอนเป็นหลัก คือช่วงเวลา 8.00-16.00 น. และใช้วันที่ 21 มิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์อ้อมทางทิศเหนือมากที่สุดมาใช้ในการออกแบบ ดังรายละเอียดที่แสดงต่อไปนี้

วันที่	เวลา (น.)	มุมอะซิมุท (Solar Azimuth)	มุมยกขึ้น (Solar Altitude)
21 มิถุนายน	8.00	อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทำมุมในแนวราบ 109 องศากับทิศใต้	33 องศา
21 มิถุนายน	12.00	อยู่ทางทิศเหนือ ทำมุมในแนวราบ 180 องศากับทิศใต้	81 องศา
21 มิถุนายน	16.00	อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทำมุมในแนวราบ 109 องศากับทิศใต้	33 องศา

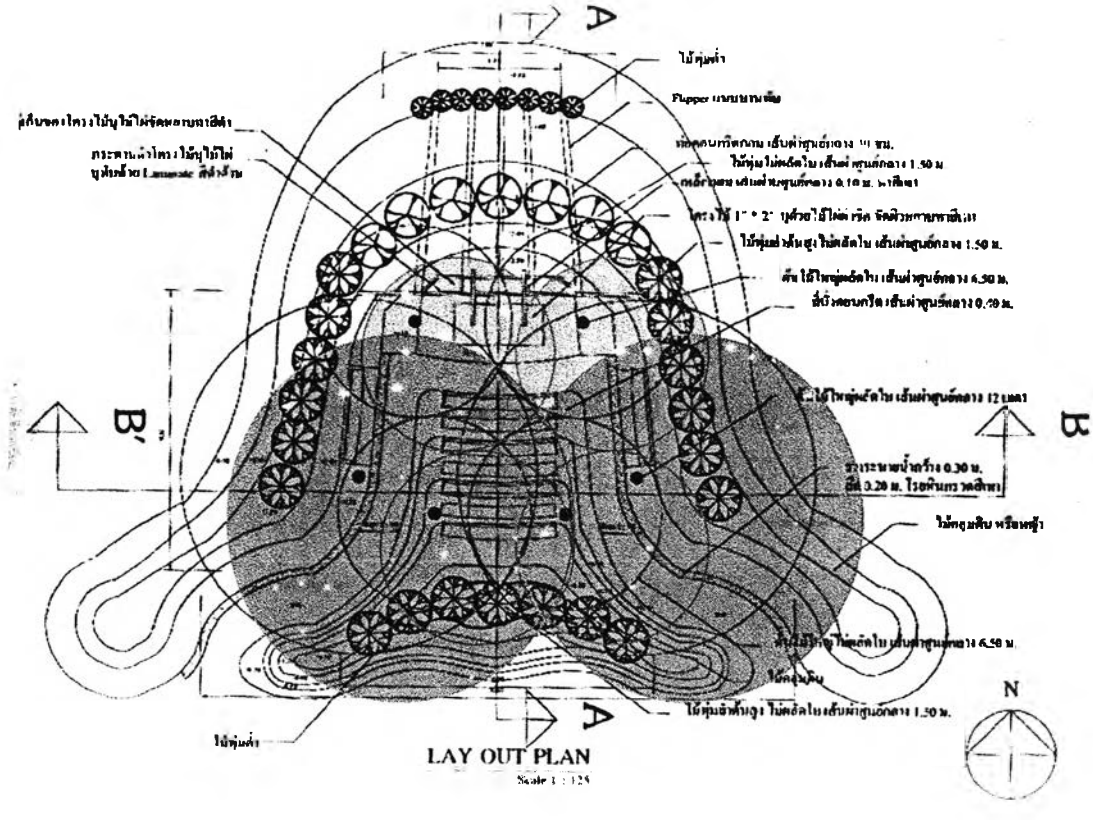
ตารางที่ 4.3 แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อวันที่ 21 มิถุนายน



ภาพที่ 4.7 แสดง Shading ของวันที่ 21 มิถุนายน เวลา 8.00 น.



ภาพที่ 4.8 แสดง Shading ของวันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12.00 น.

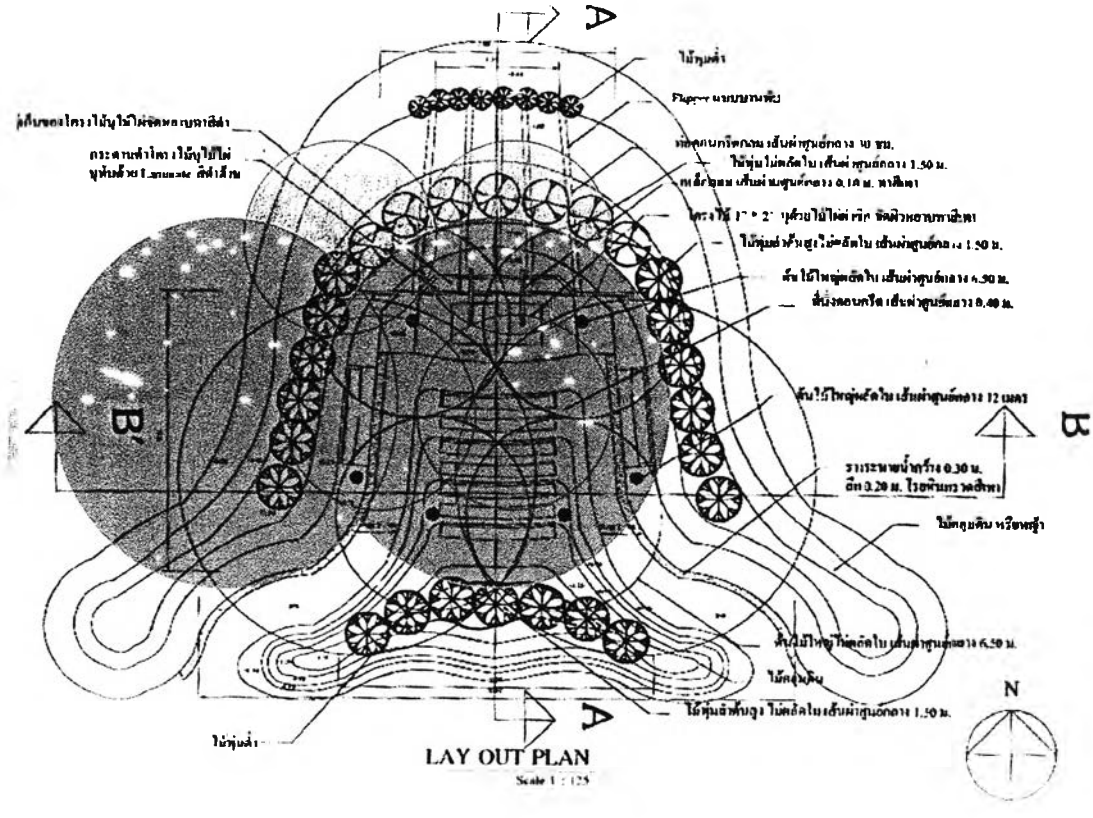


ภาพที่ 4.9 แสดง Shading ของวันที่ 21 มิถุนายน เวลา 16.00 น.

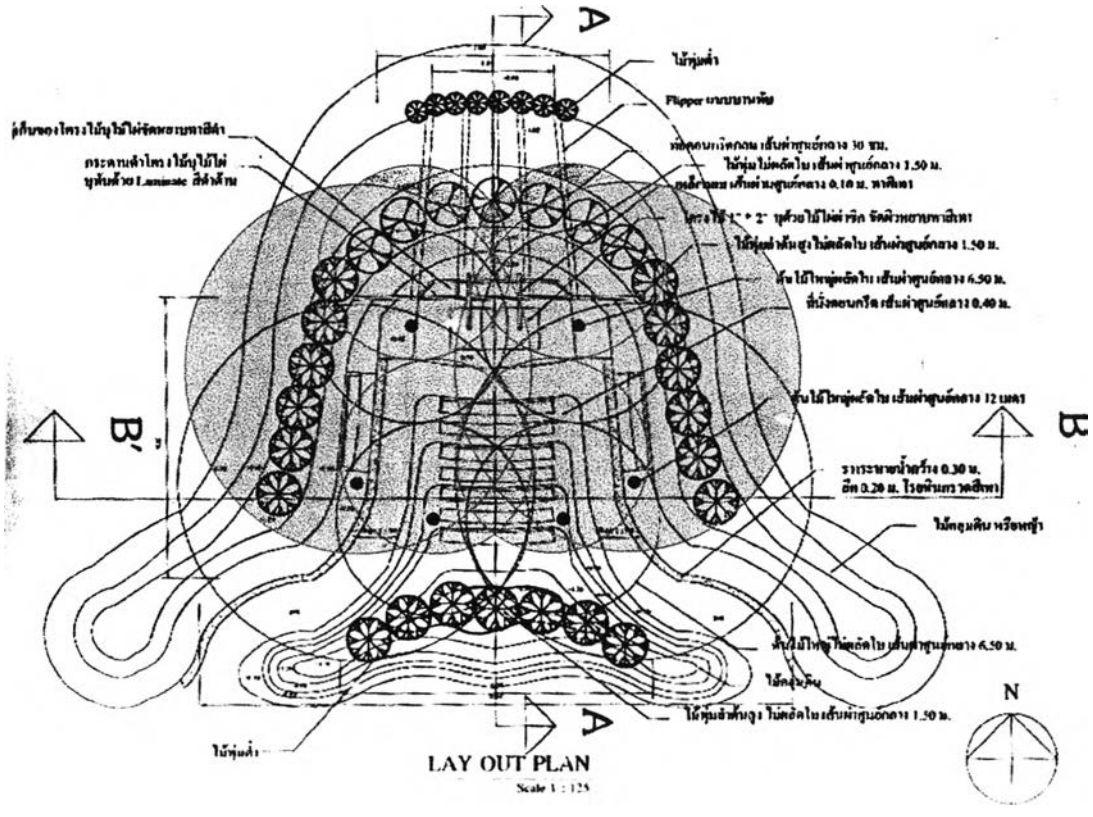
2. ในฤดูหนาว โดยใช้ช่วงเวลาในการเรียนการสอนเป็นหลัก คือช่วงเวลา 8.00-16.00 น. และใช้วันที่ 21 ธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์อ้อมทางทิศใต้มากที่สุดมาใช้ในการออกแบบ ดังรายละเอียดที่แสดงต่อไปนี้

วันที่	เวลา (น.)	มุมอะซิมุท (Solar Azimuth)	มุมยกขึ้น (Solar Altitude)
21 ธันวาคม	8.00	อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทำมุมในแนวราบ 66 องศากับทิศใต้	20 องศา
21 ธันวาคม	12.00	อยู่ทางทิศใต้ ทำมุมในแนวราบ 0 องศากับทิศใต้	50 องศา
21 ธันวาคม	16.00	อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทำมุมในแนวราบ 66 องศากับทิศใต้	20 องศา

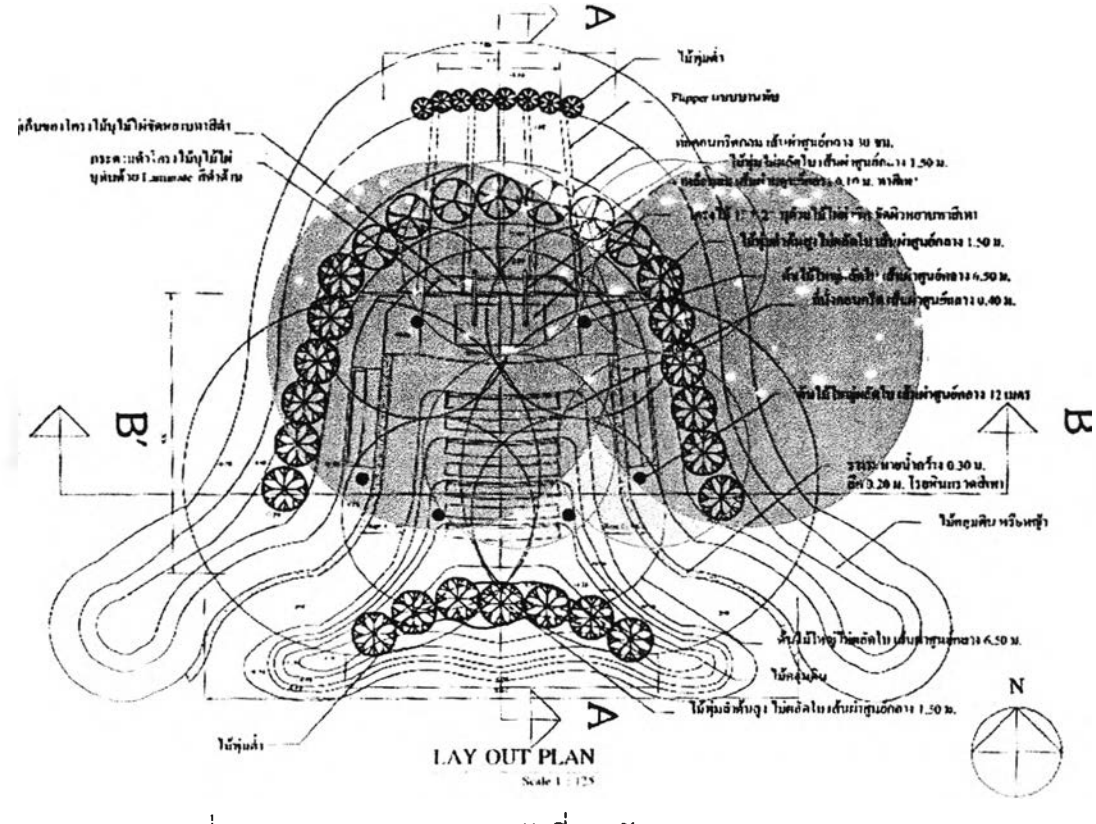
ตารางที่ 4.4 แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อวันที่ 21 ธันวาคม



ภาพที่ 4.10 แสดง Shading ของวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 8.00 น.



ภาพที่ 4.11 แสดง Shading ของวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12.00 น.



ภาพที่ 4.12 แสดง Shading ของวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 16.00 น.

การให้ Shading นี้ จำเป็นต้องให้บริเวณที่เป็นส่วนภายในห้องเรียนธรรมชาติ ได้รับร่มเงาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อความ Uniform ของแสง คือ มีแสงสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ใช้งานและในขณะเดียวกันส่วนของวัสดุปูพื้นยังไม่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงอีกด้วย

3. **ภาวะความสบายทางด้านการมอง** (Visual comfort) จากตารางที่แสดงเกณฑ์ความจ้าของแสงสำหรับลักษณะของการเห็นในระดับต่างๆ

ลักษณะการมองเห็น	ความจ้า(ฟุตแลมเบิร์ต)
การมองเห็นทำได้ยากที่สุด	420
การมองเห็นทำได้ยาก	120-420
การมองเห็นค่อนข้างยาก	42-120
การมองเห็นธรรมดา	18-42
การมองเห็นสามารถทำได้ง่าย	ต่ำกว่า 18

ตารางที่ 4.5 แสดงความจ้าของแสงสำหรับลักษณะของการเห็นในระดับต่างๆ

ที่มา: พิบูลย์ ดิษฐอุดม, 2540

สามารถสรุปได้ว่า ความจ้าที่อยู่ในภาวะความสบายทางสายตา(Visual comfort) ควรอยู่ในช่วง น้อยกว่า 18 ฟุตแลมเบิร์ต

จากตารางแสดงอัตราส่วนความจ้าของแสงระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ๆอยู่ใกล้เคียง มีรายละเอียดคือ

ประเภทของงาน	อัตราส่วน
ระหว่างชิ้นงานกับผนังที่สว่างกว่าซึ่งอยู่ไกลออกไป	1:10
ระหว่างชิ้นงานกับผนังที่มืดกว่าซึ่งอยู่ไกลออกไป	10:1
ระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ข้างเคียงซึ่งสว่างกว่า	1:3
ระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ข้างเคียงซึ่งมืดกว่า	3:1
ระหว่างดวงโคมกับพื้นที่ข้างเคียง	20:1
พื้นที่ทั่วไป	40:1
การเน้นเฉพาะวัตถุ	50:1

ตารางที่ 4.6 แสดงอัตราส่วนความจ้าของแสงระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ๆอยู่ใกล้เคียง
ที่มา: พิบูลย์ ดิษฐอุดม, 2540

ดังนั้น อัตราส่วนของความส่องสว่างของพื้นที่ใช้งานและบริเวณใกล้เคียงหรือรอบข้างที่ไม่ก่อให้เกิด Discomfort Glare (แสงบาดตาแบบไม่สบายตา) มีอัตราส่วนดังนี้

ระหว่างพื้นที่ใช้งานกับผนังที่สว่างกว่าซึ่งอยู่ไกลออกไป ควรมีอัตราส่วนความจ้าของแสงมากกว่า 1:10

ระหว่างพื้นที่ใช้งานกับพื้นที่ข้างเคียงซึ่งสว่างกว่า ควรมีอัตราส่วนความจ้าของแสงมากกว่า 1:3

จากตารางค่าการสะท้อนในส่วนต่างๆที่แนะนำให้ใช้งานของ IES (Illuminating Engineering Society of North America) มีรายละเอียด คือ

ส่วนต่าง ๆของห้อง	เปอร์เซ็นต์การสะท้อน
ฝ้าเพดาน	70-90
ผนัง	40-60
พื้น	30-50
หน้าโต๊ะและเก้าอี้	35-50

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการสะท้อนในส่วนต่างๆที่แนะนำให้ใช้งานของ IES

ที่มา: IES (Illuminating Engineering Society of North America)

จะเห็นได้ว่า สำหรับห้องทั่วไปนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้ค่าการสะท้อนตามที่แนะนำ ทั้งนี้เพราะ ภายในห้องจะมีความสว่างไม่เพียงพอ จึงต้องใช้ค่าการสะท้อนที่มีค่าสูงซึ่งสามารถใช้การให้สีเพื่อช่วยควบคุมความสว่างของพื้นที่แต่ละส่วนที่ต้องการนั้น แต่สำหรับห้องเรียนธรรมชาติ ซึ่งแหล่งกำเนิดของแสงสว่างคือดวงอาทิตย์ จึงต้องพิจารณาการเลือกใช้วัสดุที่เป็นสีธรรมชาติที่มีค่าการสะท้อนใกล้เคียงกับค่าที่แนะนำ จึงควรพิจารณาจากค่าการสะท้อนแสงของสีตามธรรมชาติของวัสดุต่างๆรวมถึงคุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุชนิดนั้นๆด้วย

จาก Approximate Reflection Factors (Stein Benjamin, Reynolds John S, 1992· p1066)

Medium Value Colors					
White	80-85	%	Brown	20-40	%
Light gray	45-70	%	Green	25-50	%
Dark gray	20-25	%	Olive	20-30	%
Ivory white	70-80	%	Azure blue	50-60	%
Ivory	60-70	%	Sky blue	35-40	%
Pearl gray	70-75	%	Pink	50-70	%
Buff	40-70	%	Cardinal red	20-25	%
Tan	30-50	%	Red	20-40	%

ตารางที่ 4.8 แสดง Approximate Reflection Factors

ที่มา: Stein Benjamin, Reynolds John S, 1992: p1066

จากตาราง จะเห็นได้ว่าค่าการสะท้อนของสีของวัสดุตามธรรมชาติสามารถเทียบกับส่วนต่างๆของห้องได้ดังนี้

White	80-85	%	เหมาะสำหรับเป็นสีฝ้าเพดาน
Light gray	45-70	%	เหมาะสำหรับเป็นสีผนังห้องและสีฝ้าเพดาน
Dark gray	20-25	%	เหมาะสำหรับการใช้งานบริเวณที่มืด
Ivory white	70-80	%	เหมาะสำหรับเป็นสีฝ้าเพดาน
Ivory	60-70	%	เหมาะสำหรับเป็นสีฝ้าเพดาน
Pearl gray	70-75	%	เหมาะสำหรับเป็นสีฝ้าเพดาน
Tan	30-50	%	เหมาะสำหรับเป็นสีพื้น
Brown	20-40	%	เหมาะสำหรับเป็นสีพื้น
Green	25-50	%	เหมาะสำหรับเป็นสีผนังห้อง
Olive	20-30	%	เหมาะสำหรับการใช้งานบริเวณที่มืด

จากแนวทางในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติ จะพบว่า ส่วนที่ทำหน้าที่ฝ้าเพดาน ก็คือ พืชพันธุ์ไม้ ซึ่งมีสีเขียว จึงไม่สามารถเลือกได้ แต่ในสภาพธรรมชาติ ซึ่งมีปริมาณของแสงอาทิตย์มากอยู่แล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากกว่าคือ ความสามารถในการลดการสะท้อนของแสงและความสามารถในการป้องกันการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์มากกว่า จึงควรเลือกจากคุณสมบัติของพืชพันธุ์ไม้จากด้านที่กล่าวมามากกว่า และจากการวัดค่าความส่องสว่างบริเวณใต้ร่มเงา พบว่า ปริมาณของแสงสว่างมีเพียงพออยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยการสะท้อนโดยใช้สีอีก

ส่วนที่ทำหน้าที่ผนังจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้ไม้คลุมดินซึ่งมีสีเขียว ซึ่งถูกพิจารณาจากคุณสมบัติทางด้านอื่นๆมากกว่าคุณสมบัติทางด้านการสะท้อน แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าการสะท้อนของสีของพืชพันธุ์ไม้แล้ว จะพบว่าอยู่ในช่วง 25-50 % ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานต่างหน้าที่ของผนังห้องและในส่วนที่ใช้วัสดุธรรมชาติ สามารถเลือกพิจารณาได้มากกว่า แต่ต้องคำนึงถึงการทำความสะอาดด้วย จึงควรใช้วัสดุที่มีสีเทาจนถึงสีเทาอ่อน ซึ่งมีค่าอยู่ประมาณ 25-70 % นอกจากนี้แล้ว ยังสามารถใช้สีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้ม ซึ่งมีค่าอยู่ประมาณ 25-50 % ได้ และสีของวัสดุธรรมชาตินี้เอง ที่สามารถนำมาพิจารณาในการเลือกใช้เป็นสีของพื้นและสีของที่นั่งภายในห้องเรียนธรรมชาติได้ด้วย

ดังนั้น ค่าต่างๆที่เลือกใช้ในห้องเรียนธรรมชาติ ประกอบด้วย

ส่วนหลังคาหรือส่วนฝ้าเพดาน ใช้พืชพันธุ์ไม้ ซึ่งมีสีเขียวและมีค่าการสะท้อนของสี 25-50 %

ส่วนผนัง ใช้พืชคลุมดิน ซึ่งมีสีเขียวและมีค่าการสะท้อนของสี 25-50 %

และใช้วัสดุสีธรรมชาติ มีค่าการสะท้อนของสี 25-70 % โดยสีที่สามารถใช้ได้ คือสีเทาจนถึงสีเทาอ่อนซึ่งมีค่าอยู่ประมาณ 25-70 % และสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้ม ซึ่งมีค่าอยู่ประมาณ 25-50 %

ส่วนพื้นใช้วัสดุสีธรรมชาติ มีค่าการสะท้อนของสี 25-70 % โดยสีที่สามารถใช้ได้ คือสีเทาจนถึงสีเทาอ่อนซึ่งมีค่าอยู่ประมาณ 25-70 % และสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้ม ซึ่งมีค่าอยู่ประมาณ 25-50 %

ส่วนของที่นั่งควรใช้สีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้ม ซึ่งมีค่าการสะท้อนของสีอยู่ประมาณ 25-50 % หรือใช้สีเทา ซึ่งมีค่าการสะท้อนของสีไม่เกิน 70 %

โดยสีต่างๆของวัสดุที่เลือกใช้นี้ ไม่มีการกำหนดอย่างตายตัว ทั้งนี้ เพื่อความหลากหลายในการพิจารณาเพื่อการเลือกใช้

จากตาราง Albedo (Reflect Ratio) ของวัสดุต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

วัสดุ	Reflect Ratio(%)
Soils	5-75
–Moist gray	10-20
-Moist dark cultivated	5-15
Vegetation	5-30
-Grass	20-30
-Green field	3-15
-Brown grassland	25-30
-Woods	5-20
Water	5-95
- High sun angle	5
-Low sun angle	95
Urban surface	10-50
-Concrete	10-50
-Brick	20-50
-Stone	20-35

ตารางที่ 4.9 แสดง Albedo (Reflect Ratio) ของวัสดุต่างๆ

ที่มา: Microclimatic Landscape Design, 1995

จากการออกแบบห้องเรียนธรรมชาตินี้ สิ่งที่ต้องพิจารณาทางด้าน Visual ซึ่งประกอบด้วย

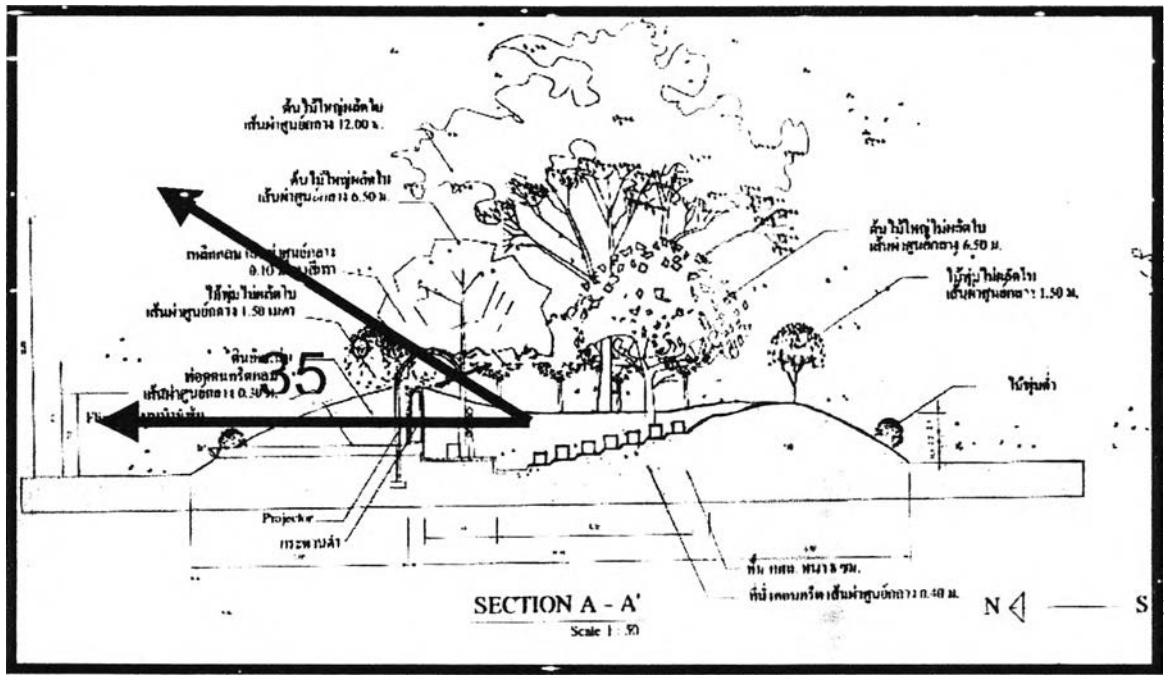
ระหว่างพื้นที่ใช้งานกับผนังที่สว่างกว่าซึ่งอยู่ไกลออกไป ควรมีอัตราส่วนความจ้าของแสงมากกว่า 1:10

ระหว่างพื้นที่ใช้งานกับพื้นที่ข้างเคียงซึ่งสว่างกว่า ควรมีอัตราส่วนความจ้าของแสงมากกว่า 1:3

โดยพิจารณา ดังนี้

1. ค่าความจ้าของท้องฟ้าที่อยู่ไกลออกไปเทียบกับต้นไม้ที่ทำหน้าที่แทนผนังห้อง ซึ่งควรมีอัตราส่วนความจ้าของแสงมากกว่า 10:1

จากแสงอาทิตย์มีค่าความส่องสว่างที่ 10,000-15,000 fc
ต้นไม้ มีค่าการสะท้อน 5-30 %
ดังนั้น ต้นไม้จะมีค่าความจ้าที่เกิดขึ้น 500-3,000 FL
เทียบเป็นอัตราส่วนความจ้า ได้ 20:1-5:1 ซึ่งอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้



ภาพที่ 4.13 แสดงมุมมองที่เกิดขึ้นจากภายในห้องเรียนธรรมชาติสู่ภายนอกทางทิศเหนือ

2. ค่าความจ้าของที่นั่งหรือพื้นที่ใช้งานกับพื้นซึ่งเป็นพื้นที่ข้างเคียงที่มีความสว่างกว่า ควรมีอัตราส่วนความจ้าของแสงมากกว่า 1:3

ค่าความส่องสว่างใต้ต้นไม้ที่ 4,500 fc (จากการวัดจริง)

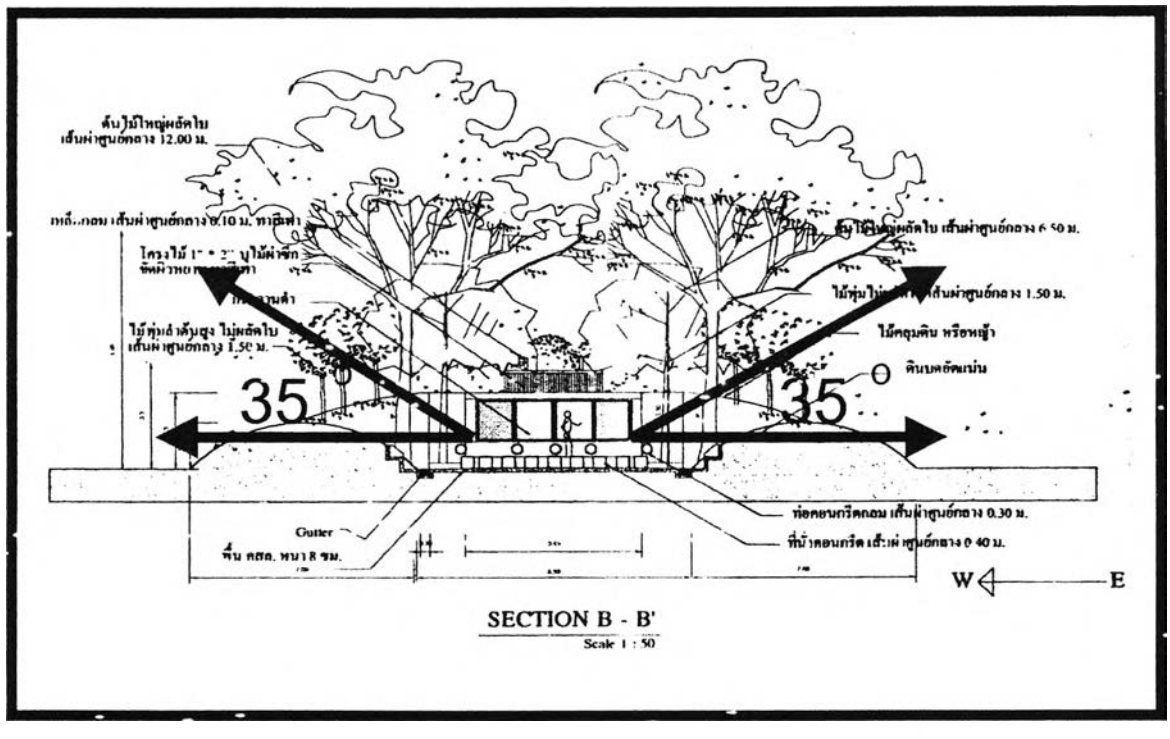
พื้นมีค่าการสะท้อน 20-50

ดังนั้น ค่าความจ้าของพื้น คือ 900-2,250 FL

ต้นไม้ มีค่าการสะท้อน 5-30 %

ดังนั้น ต้นไม้จะมีค่าความจ้าที่เกิดขึ้น 45-675 FL

เทียบเป็นอัตราส่วนความจ้า ได้ 1:20-1:3.3 ซึ่งอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้



ภาพที่ 4.14 แสดงมุมมองที่เกิดขึ้นจากภายในห้องเรียนธรรมชาติสู่ภายนอก ทางทิศตะวันออกและตะวันตก

4. ภาวะความสบายทางด้านการได้ยิน (Acoustical comfort) จากตารางแสดงระดับเสียงทั่วไป

Sound Pressure Level (dbA)	Typical Sound	Subjection Impression
100	เสียงจากถนนที่จอแจ,เสียงเครื่องตัดหญ้า	เสียงดังมาก ,พูดคุยไม่รู้เรื่อง
90	โรงงานที่มีเสียงอึกทึก	
80	เสียงในสำนักงานที่อึกทึก,โรงงานทั่วไป	เสียงดัง,เกิดความน่ารำคาญ, ต้องใช้เสียงดังในการสนทนา
70	เสียงในถนนทั่วไป, ห้างสรรพสินค้า	
60	เสียงในบ้านที่อึกทึก,เสียงคุยปรกติ,เสียงเฉลี่ยในสำนักงาน	เสียงรบกวนปรกติ, การสนทนาทำได้โดยง่าย
50	สำนักงานทั่วไป,โรงพยาบาล,บ้านทั่วไป,ถนนที่เงียบ	
40	สำนักงานส่วนตัว,บ้านที่เงียบ	สามารถสังเกตได้ว่าเงียบ
30	การสนทนาเบาๆ	

ตารางที่ 4.10 แสดงระดับเสียงทั่วไป

ที่มา: Stein Benjamin, Reynolds John S,1992: p1340

จากตารางจะเห็นได้ว่า ระดับเสียงรบกวนจะอยู่ในช่วง 50-60dbA ซึ่งควรลดลงมาจนใกล้กับ 40 dbA จึงจะถือได้ว่ามีความเงียบเพียงพอต่อการเรียนการสอนซึ่งต้องใช้สมาธิ

และจะพบว่า ที่มาของเสียงรบกวน โดยทั่วไปจะมีดังนี้คือ

-เสียงจากถนนที่มียวดยานคับคั่ง ซึ่งมี Sound Pressure Level ที่ 100 dbA

-เสียงจากถนนทั่วไป ซึ่งมี Sound Pressure Level ที่ 70 dbA

-เสียงจากถนนที่เงียบ ซึ่งมี Sound Pressure Level ที่ 50 dbA

-เสียงพุดคุยกันปรกติ ซึ่งมี Sound Pressure Level ที่ 60 dbA

จาก ระยะทางที่กันเสียงได้ จะหาได้จากอัตราส่วนระหว่างกำลังสองของความสูงของที่กันเสียงกับระยะห่างของแหล่งกำเนิดเสียงกับที่กันเสียงนั้น (Architectural Acoustic, p 49)

จะพบว่า แหล่งกำเนิดของเสียง ยิ่งอยู่ไกลจากที่กันเสียงมากเพียงใด ความสามารถในการกันเสียงของที่กันเสียงนั้นยิ่งลดลงตามไปด้วย ซึ่งหมายความว่า ในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาตินั้น จำเป็นต้องให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ใกล้กับห้องเรียนธรรมชาติมากที่สุด หรือใช้ลักษณะของการกันเสียง 2 ชั้น ก็จะช่วยลดระดับความดังของเสียงรบกวนลง และเช่นเดียวกัน สำหรับถนนที่มียวดยานคับคั่ง ถึงแม้จะมีการใช้ที่กันเสียงแล้ว แต่ระดับของเสียงที่ไม่สามารถกันได้ ยังมีระดับที่สูงมาก ดังนั้น จึงควรออกแบบโดยใช้ลักษณะของการวาง Zone ของส่วนที่ต้องการกันเสียงให้อยู่ห่างออกไปโดยมีอาคาร หรือสิ่งก่อสร้างอื่นบดบังไว้จากแหล่งกำเนิดเสียงนั้นๆอีกชั้นหนึ่ง ก็จะช่วยให้เสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงนั้น ลดลงมากจนเข้าสู่ระดับเสียงรบกวนที่อยู่ในเกณฑ์

จากตารางแสดง มาตรฐานและวิธีการวัดระดับเสียงจากยานพาหนะทางบก

	ประเภทของยานพาหนะ	ระดับเสียง dbA
1	จักรยานยนต์ 2ล้อ,3ล้อและ4ล้อ	85
2	รถยนต์นั่ง (ที่ไม่เกิน 7คน)	85
3	รถยนต์บรรทุกที่มีน้ำหนักรถไม่เกิน1,600กิโลกรัม	85
4	รถยนต์บรรทุกที่มีน้ำหนักเกิน1,600กิโลกรัม	90
5	รถยนต์โดยสาร (ที่นั่งเกิน 7คน)	90

ตารางที่ 4.11 แสดงมาตรฐานและวิธีการวัดระดับเสียงจากยานพาหนะทางบก

หมายเหตุ: วัดที่ระยะ7.5เมตรจากท้ายรถ รายละเอียดการทำงานของเครื่องยนต์ขณะทดสอบขึ้นอยู่กับประเภทรถยนต์ และชนิดของเครื่องยนต์

ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว สำหรับอาคาร เราสามารถป้องกันหรือควบคุมเสียงรบกวนได้ไม่ยาก เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปิด และสามารถใช้วัสดุอื่นๆที่มีคุณสมบัติต่างๆที่เหมาะสม ทั้งในด้านของการสะท้อนและการดูดซับของเสียง โดยสำหรับเสียงภายนอกอาคารเราสามารถลดเสียงรบกวนได้ด้วยวิธีต่าง ๆ ต่อไปนี้

-ใช้ระยะทาง (Distance)

-หลีกเลี่ยงบริเวณที่เสียงกระทบได้โดยตรง (Avoid Zone of Directional Sound)

-ทำแผงหรือผนังกั้นเสียง

-โดยการวางผังอาคาร โดยให้ส่วนที่ไม่ต้องการความเงียบมากมาเป็นส่วนกันเสียง (Acoustic Zone)

สำหรับห้องเรียนธรรมชาติ ซึ่งเป็นพื้นที่โล่งและมีข้อจำกัดทางด้านการกันเสียงมากกว่าในอาคาร จึงมีลักษณะการกันเสียง คือ การจัดวางที่ตั้งของห้องเรียนธรรมชาติ และการใช้ Buffer ซึ่งมีทั้งการใช้ผนังกันเสียงในรูปของกำแพงหรือเนินดิน หรือแม้กระทั่งใช้ตัวอาคาร เป็นหลัก

ในการพิจารณาทางด้านเสียงเพื่อให้เกิดภาวะน่าสบายทางด้านเสียงนั้น จึงแบ่งภาวะน่าสบายทางด้านเสียง ออกเป็น 2 กรณี คือ

1. เสียงรบกวนจากภายนอก

1.1 อยู่ใกล้กับถนนทั่วไป เทียบได้กับที่ตั้งของห้องเรียนธรรมชาติอยู่ในพื้นที่ทั่วไป พิจารณาที่ระดับเสียง 70 dbA และพิจารณา Source เสียงที่ความสูง 60 เซนติเมตร อยู่ห่างจากห้องเรียนธรรมชาติ 6.50 เมตรและมีความสูงของเนินดิน 1.50 เมตร (ตามขนาดของเนินดิน) จะพบว่าระยะของเงาเสียงจะอยู่ภายในเนินดิน ซึ่งมีความยาวของเงาเสียงที่ 0.7 เมตร ส่วนระยะที่เสียงลดได้ภายในห้องเรียนธรรมชาติจะอยู่ในช่วง 62-65 dbA ซึ่งเป็นระยะที่อยู่ถัดจากเงาเสียงออกไป

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ความสารถในการกันเสียงของห้องเรียนธรรมชาตินั้น จะต้องใช้การกันเสียง 2 ชั้น โดยใช้ที่กันเสียงที่อยู่ติดกับต้นกำเนิดเสียงก่อน ซึ่งสำหรับในการออกแบบ ควรใช้เนินดินหรือกำแพงกันเสียงที่ระดับหนึ่งก่อน ซึ่งหมายถึง ต้องมีการวางผังร่วมกับในส่วนอื่นๆ เช่น อาคารที่ไม่ต้องมีการกันเสียงมากนัก หรือแม้กระทั่งใช้อาคารเรียนเป็นตัวกันเสียงโดยตรง ซึ่งจะทำให้ระยะห่างที่เกิดขึ้น สามารถเพิ่มความสามารถในการกันเสียงได้

จาก $H^2/r = R$ เมื่อ H = ความสูงของที่กันเสียง

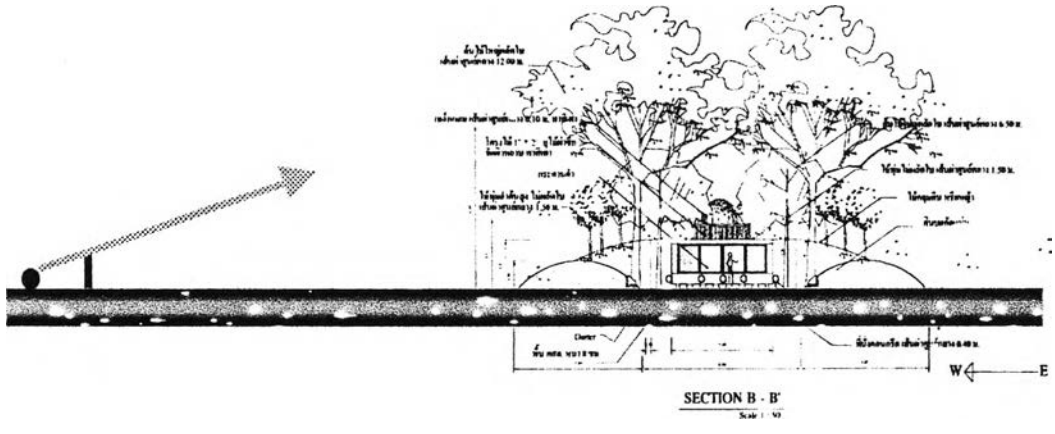
r = ระยะห่างจากที่กำเนิดเสียง

R = ระยะที่กันเสียงได้ดีที่สุด(เงาเสียง)

โดยมีระยะกันเสียงที่ดีที่สุดจะอยู่ในเขตเงาของเสียงซึ่งสามารถลดเสียงได้ 9-15 dbA และเมื่อเสียงเดินทางผ่านที่กันเสียงแล้วจะเกิดการหักเหและถูกดูดซับเสียงลง 5-8 dbA (Architectural Acoustic, p 49)

ซึ่งความสูงของอาคารยิ่งมากและอยู่ใกล้จากที่กำเนิดเสียงมากเพียงใด ยิ่งสามารถเพิ่มระยะทางในการกันเสียงนั้น

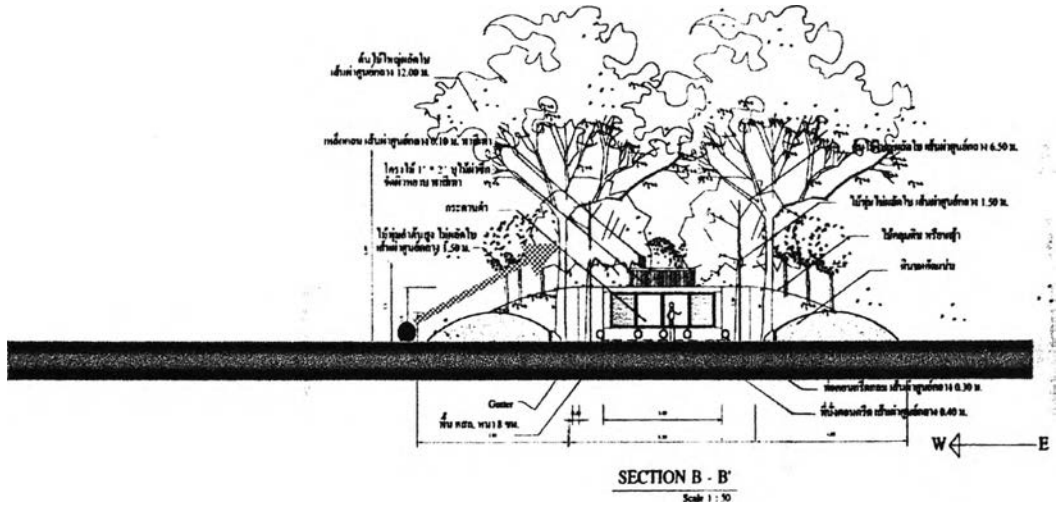
ดังนั้น จากการมีที่กันเสียงชั้นที่หนึ่ง จากที่กำเนิดเสียง เสียงที่กลายเป็นที่กำเนิดเสียงที่เข้าสู่ห้องเรียนธรรมชาติคือ 62-65 dbA เมื่อผ่านเนินดินที่เป็นการกันเสียงชั้นที่ 2 เสียงจะลดลง เหลือ 54-57 dbA ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าเสียงรบกวนปรกติ ซึ่งสามารถยอมรับได้



ภาพที่ 4.15 แสดงการลดเสียงรบกวนของห้องเรียนธรรมชาติ
จากถนนทั่วไปที่มีระดับเสียง 70 dbA

1.2 ในกรณีที่เป็นเสียงพูดคุยที่เป็นเสียงรบกวนจากภายนอก ซึ่งอยู่ที่ระดับ 60 dbA จะพบว่าความสารถในการป้องกันเสียงธรรมชาติจากห้องเรียนธรรมชาติ

นำมาแทนค่าในสูตร จะได้เสียงรบกวนภายในห้องเรียนธรรมชาติ อยู่ในช่วง 52-55 dbA ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าเสียงรบกวนปรกติ ซึ่งสามารถยอมรับได้



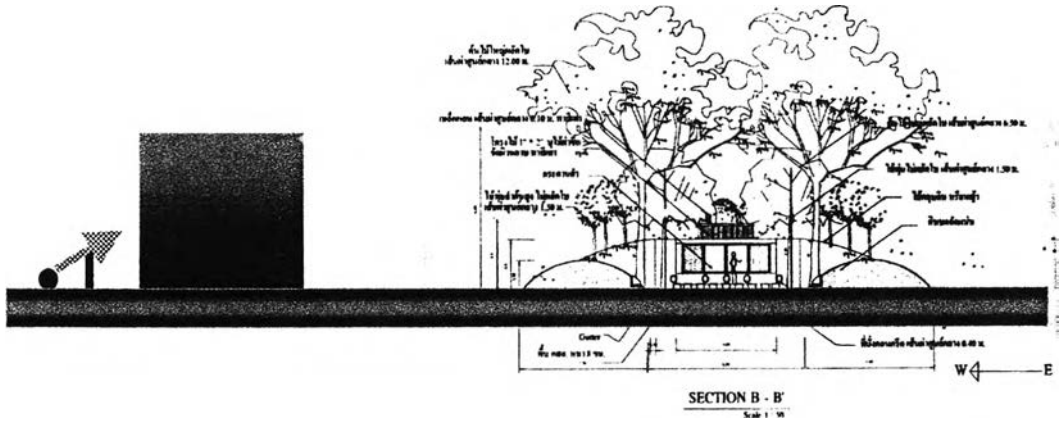
ภาพที่ 4.16 แสดงการลดเสียงรบกวนของห้องเรียนธรรมชาติ
จากเสียงพูดคุยที่มีระดับเสียง 60 dbA

1.3 อยู่ใกล้กับถนนที่มียวดยานคับคั่ง เทียบได้กับที่ตั้งของห้องเรียนธรรมชาติอยู่ในเมือง โดยพิจารณาที่ระดับเสียง 100 dbA

จากการแทนค่าในสูตรจะพบว่า ความสารถในการกันเสียงสามารถลดเสียงลงได้เพียง 5-8 dbA ดังนั้น ในกรณีที่ต้องใช้งาน ต้องใช้การวาง Zone และการทำที่กันเสียงประกอบกับใช้ตัวอาคารอื่นในการป้องกันเสียงในชั้นแรกก่อน

ซึ่งจากการใช้ที่กันเสียงบริเวณแหล่งกำเนิดเสียง(โดยมากเป็นเนินดินหรือกำแพง) จะทำให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 92-95 dbA จากนั้นใช้ตัวอาคารทำหน้าที่ต่อ ซึ่งอาคารมีความสูงอย่างน้อย 6 เมตร (ผนังรวมกับหลังคา) ซึ่งทำให้ความสูงของที่กันเสียงโดยใช้อาคารนี้มีมาก ทำให้เสียงสามารถลดลงเหลือ 84-87 dbA และทำให้ระยะของเงาเสียงอยู่ที่ เกิดขึ้น มีระยะโดยประมาณที่ 36-12เมตร (ที่อาคารอยู่ห่างจากกำแพงกันเสียง 1-3 เมตร) ซึ่งจากระยะของเงาเสียงที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้ในการวางตำแหน่งห้องเรียนธรรมชาติได้ ทำให้ระดับเสียงที่เกิดขึ้น อยู่ในช่วง 69-72 dbA

ส่วนระยะที่อยู่นอกเงาเสียงจะมีระดับเสียงที่ 72-79 dbA ซึ่งเมื่อเข้าสู่ห้องเรียนธรรมชาติจะผ่านเนินดินอีกชั้นหนึ่ง ทำให้ระดับเสียงลดลงอยู่ที่ช่วง 64-71 dbA ซึ่งอยู่ในระดับเสียงรบกวนปรกติ



ภาพที่ 4.17 แสดงลดเสียงรบกวนของห้องเรียนธรรมชาติ
จากถนนที่มียวดยานพลุกพล่านที่มีระดับเสียง 100 dbA

2. **เสียงภายในห้องเรียนธรรมชาติ** จากเสียงรบกวนที่เกิดภายนอกห้องเรียนธรรมชาติ ที่มีการป้องกันทำให้ระดับเสียงที่รบกวนต่างๆอยู่ในเกณฑ์ปรกติที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นจึงพิจารณาทางด้านเสียงภายในห้องเรียนธรรมชาติ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

2.1 เสียงของผู้บรรยาย ซึ่งอยู่ในช่วง 60 dbA ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเป็นเสียงที่เกิดทางด้านหน้าของห้องเรียนธรรมชาติไปสู่บริเวณอื่น จากลักษณะของห้องเรียนธรรมชาติที่มีลักษณะโอบล้อมทางด้านข้างซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับห้อง จึงสามารถสะท้อนเสียงได้ในระดับหนึ่ง ส่วนทางด้านบน เหนือผู้บรรยาย ซึ่งมีเพียงพืชพันธุ์ไม้ที่ไม่สามารถควบคุมเสียงได้ จึงจำเป็นต้องสร้างแผงสะท้อนเสียงทางด้านบนเหนือผู้บรรยาย เพื่อสามารถทำให้เสียงอยู่ในขอบเขตของการสะท้อนสู่ผู้ฟังได้

นอกจากนี้แล้ว ยังต้องคำนึงถึงระยะห่างระหว่างผู้บรรยายและผู้ฟัง โดยใช้การคำนวณระยะห่างระหว่างที่นั่งแถวแรกกับขอบเวที

จากสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$d = r(2.5h - 1)$$

เมื่อ d = ระยะที่สามารถอยู่ในระนาบได้

r = ระยะทางระหว่างแถวนั่ง

h = ความสูงของตำแหน่งความสูงของต้นเสียง

จากสูตร สามารถกำหนดระยะห่างระหว่างที่นั่งแถวแรกกับขอบเวทีโดยกำหนดให้เวทีมีความสูง 30 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างแถวนั่ง 80 เซนติเมตร โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

1. กรณีที่ผู้พูดนั่ง	h	=1.20+0.30	เมตร
แทนค่าสูตรได้	d	= 0.80(2.5*1.50-1)	
		=2.20	เมตร
2. กรณีที่ผู้พูดยืน	h	=1.70+0.30	เมตร
แทนค่าสูตรได้	d	= 0.80(2.5*2.00-1)	
		=3.20	เมตร

ดังนั้นสรุปได้ว่าระยะห่างระหว่างที่นั่งแถวแรกกับขอบเวที ไม่ควรมีระยะเกิน 2.20 เมตร

2.2 เสียงพูดโต้ตอบของผู้ฟัง ซึ่งอยู่ในช่วง 60 dbA เช่นกัน ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ที่เกิดลักษณะดังกล่าว โดยทั่วไปแล้วจำเป็นต้องออกแบบให้เกิดการสะท้อนของเสียงที่ดีสู่ผู้บรรยายเช่นเดียวกัน โดยใช้ลักษณะของการเล่นระดับของพื้นให้เกิดความลาดเอียงและทำหน้าที่คล้ายผนังห้องในการสะท้อนเสียงจากการโต้ตอบของผู้ฟังไปสู่ผู้บรรยาย

4.2 การออกแบบ จัดทำแบบจำลองและก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

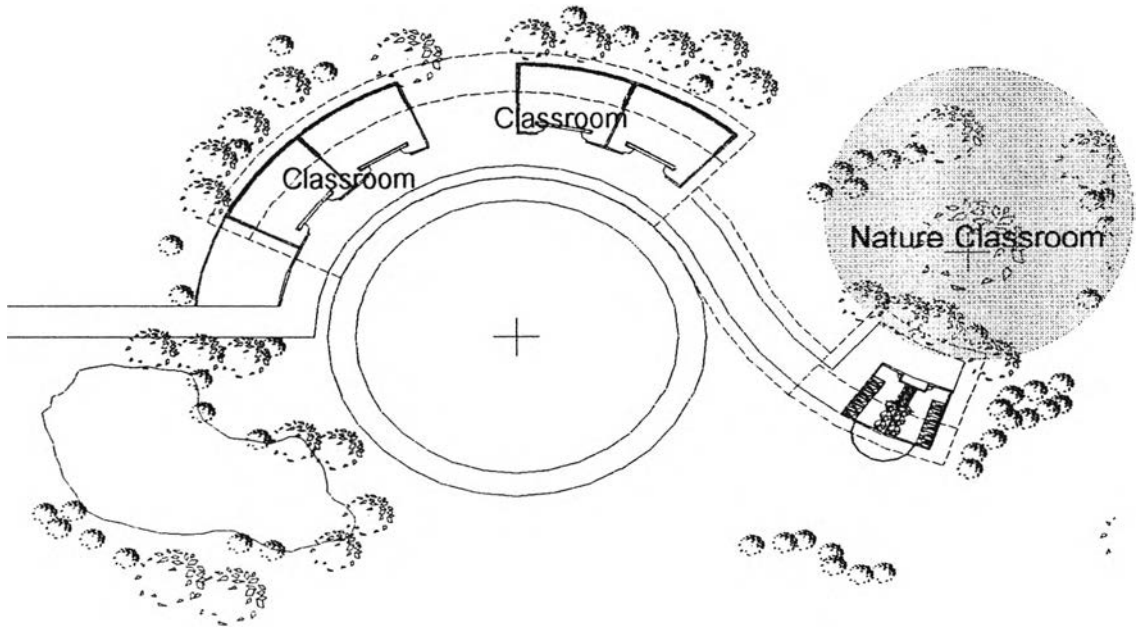
จากการพิจารณาภาวะความสบายทางด้านต่างๆและใช้เป็นแนวทางในการกำหนดแนวคิดเพื่อทำการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติเพื่อใช้ในการวิจัยนั้นได้มีการปรับปรุงและพัฒนาแบบเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการทำแบบจำลองทางการวิจัย โดยการปรับปรุงนั้นจะอยู่ในรูปของการพัฒนาแนวคิดเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและส่งผลต่อการประเมินผลภาวะาสบายที่ดีเพื่อให้สามารถเอื้อประโยชน์ต่อห้องเรียนธรรมชาติที่ใช้ในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1. แนวทางในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติ ซึ่งเป็นการออกแบบปรับปรุงและแก้ไขรายละเอียดต่างๆของห้องเรียนธรรมชาติ
2. การออกแบบๆจำลองเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขทางด้านรูปแบบ
3. การออกแบบเพื่อใช้ในการจัดสร้างแบบจำลองในการวิจัย

1. แนวทางในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติ ซึ่งเป็นการออกแบบปรับปรุงและแก้ไขรายละเอียดต่าง ๆของห้องเรียนธรรมชาติ

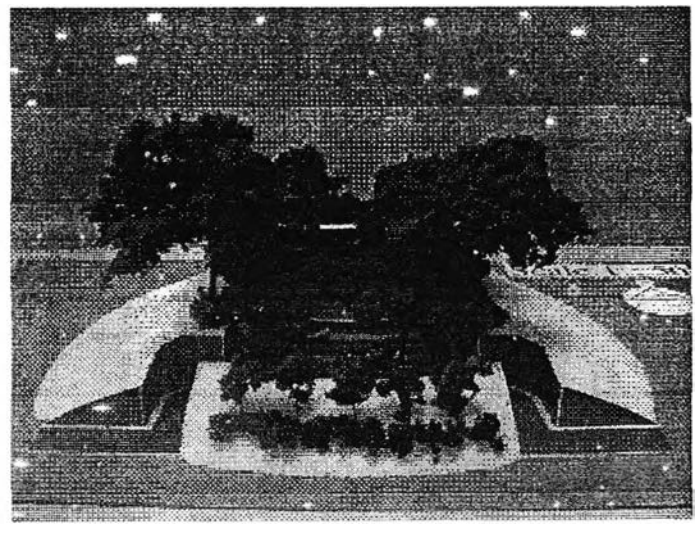
ภาพที่ 4.18 แสดงแนวทางแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติ



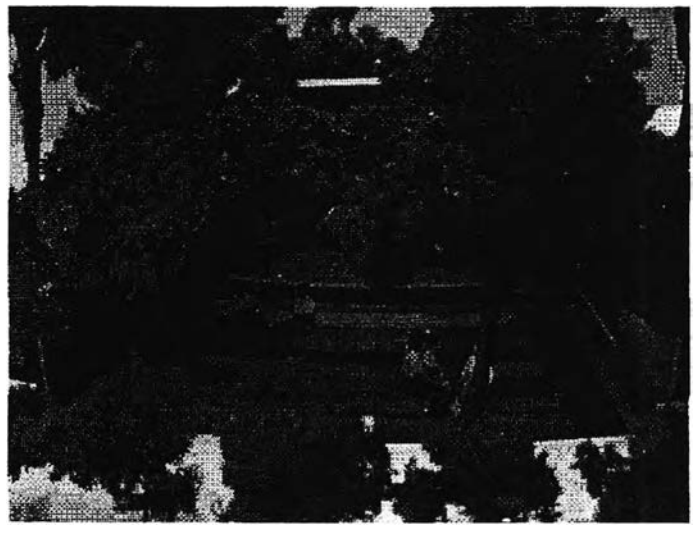
ภาพที่ 4.19 แสดงแนวทางในการออกแบบห้องเรียนธรรมชาติ

2. การออกแบบ ๆจำลองเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขทางด้านรูปแบบ

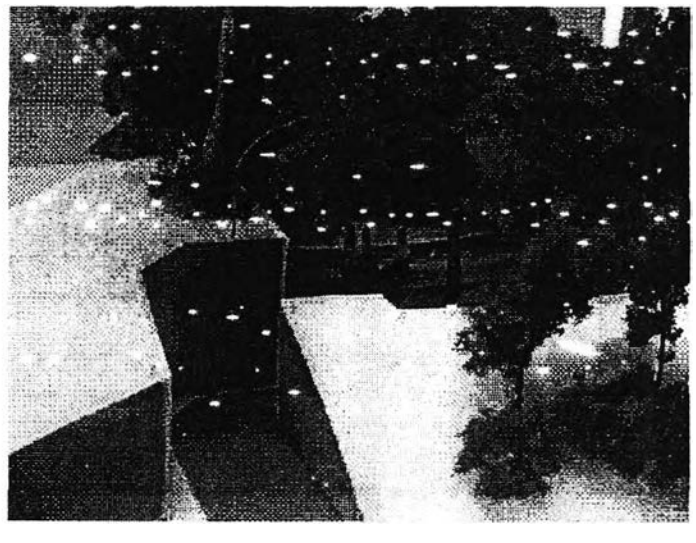
แบบที่ 1



ภาพที่ 4.20 แสดงตัวอย่างแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติ



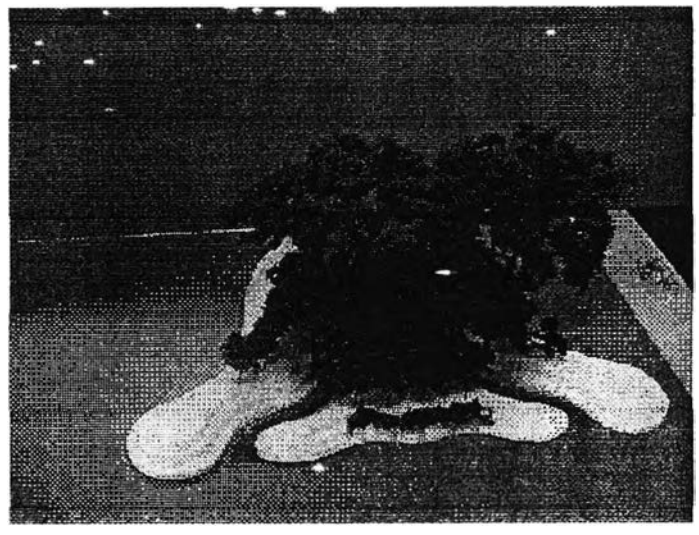
ภาพที่ 4.21 แสดงตัวอย่างภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติบริเวณที่นั่งผู้ฟัง



ภาพที่ 4.22 แสดงตัวอย่างภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติบริเวณทางเข้า

ภาพที่ 4.23 แสดงตัวอย่างภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติ
บริเวณผู้ฟังและที่นั่งด้านข้าง

แบบที่ 2

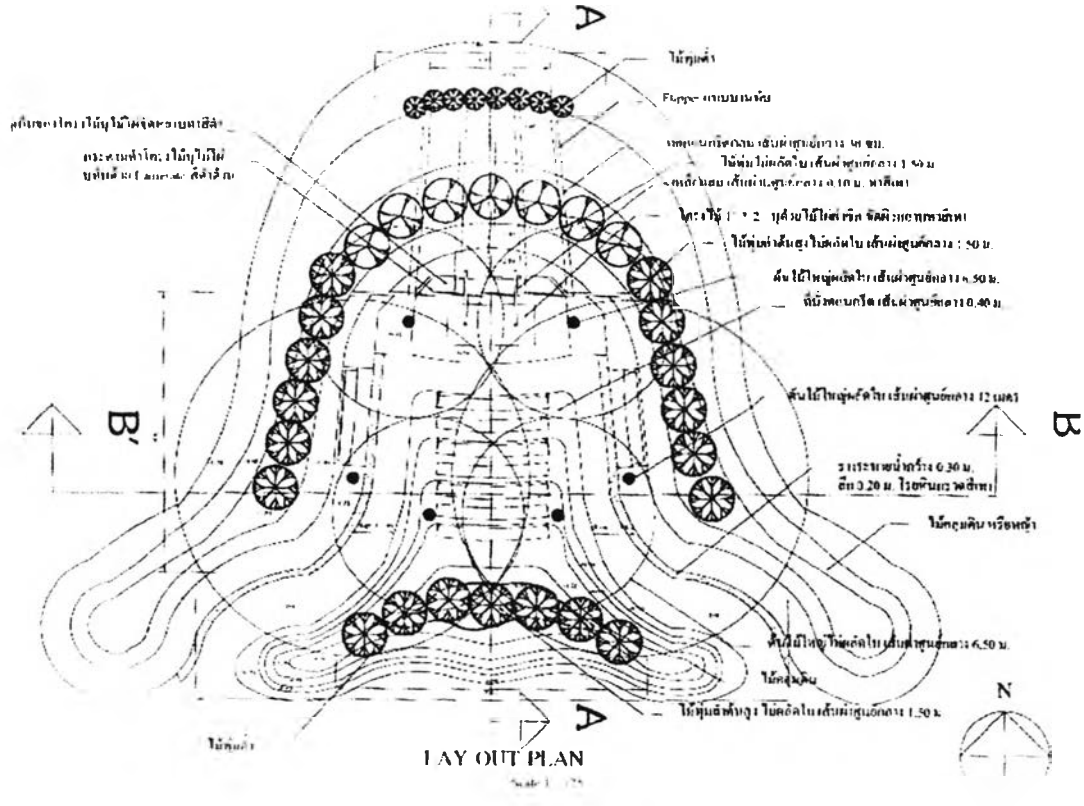


ภาพที่ 4.24 แสดงตัวอย่างแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติ
ที่ได้รับการแก้ไข

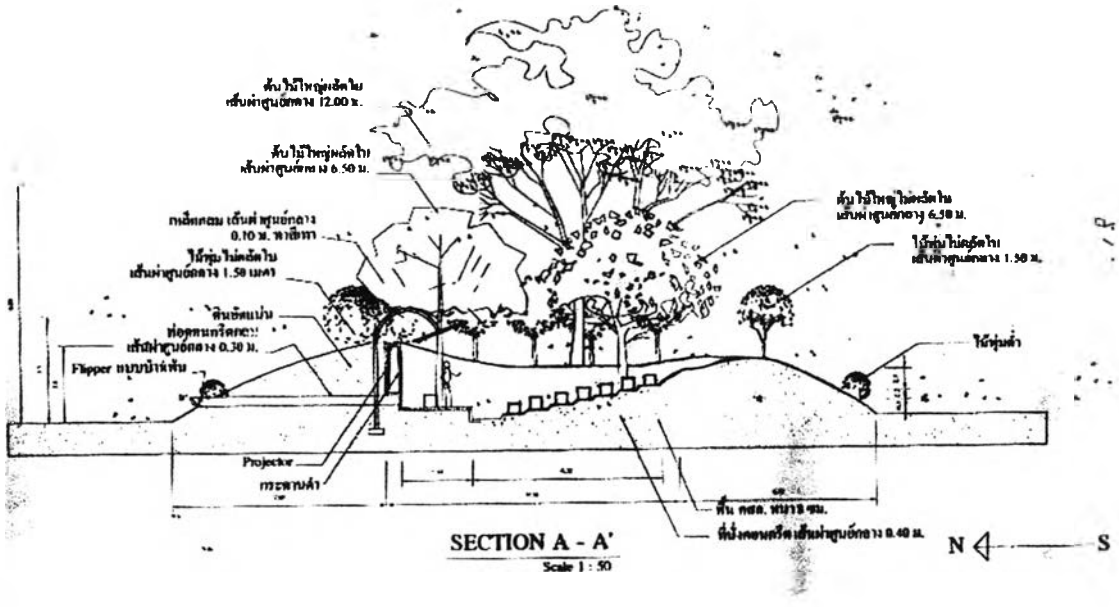
ภาพที่ 4.25 แสดงตัวอย่างภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติ
บริเวณด้านหน้าที่ได้รับการแก้ไข

ภาพที่ 4.26 แสดงตัวอย่างภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติ
บริเวณด้านหน้า

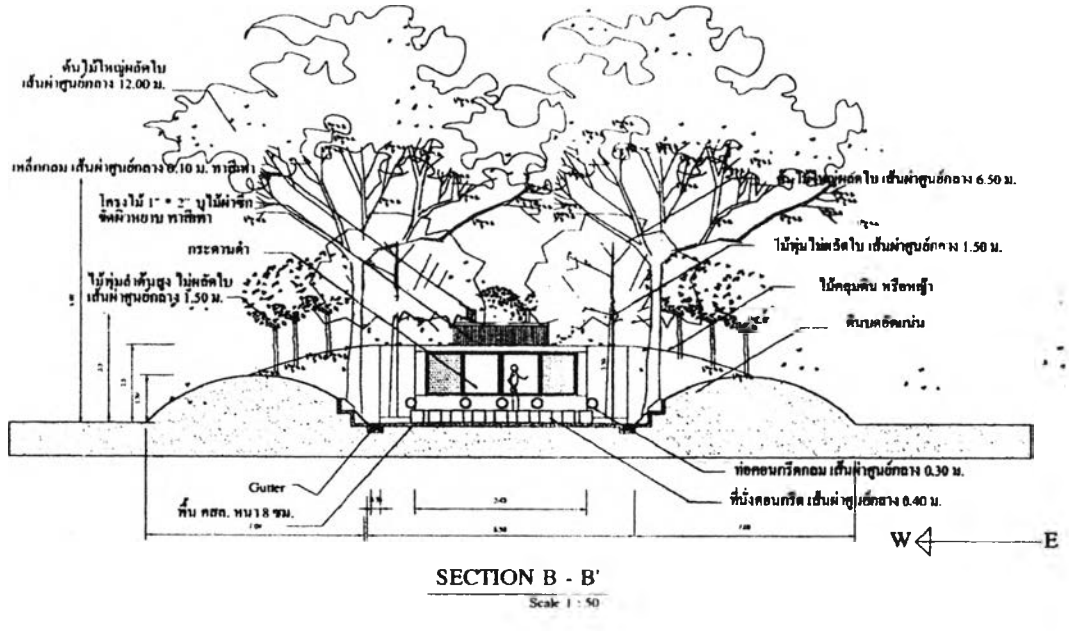
3. การออกแบบเพื่อใช้ในการจัดสร้างแบบจำลองในการวิจัย



ภาพที่ 4.27 แสดงผังแบบห้องเรียนธรรมชาติที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองในการวิจัย



ภาพที่ 4.28 แสดงภาพตัดตามยาวแบบห้องเรียนธรรมชาติ
ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองในการวิจัย

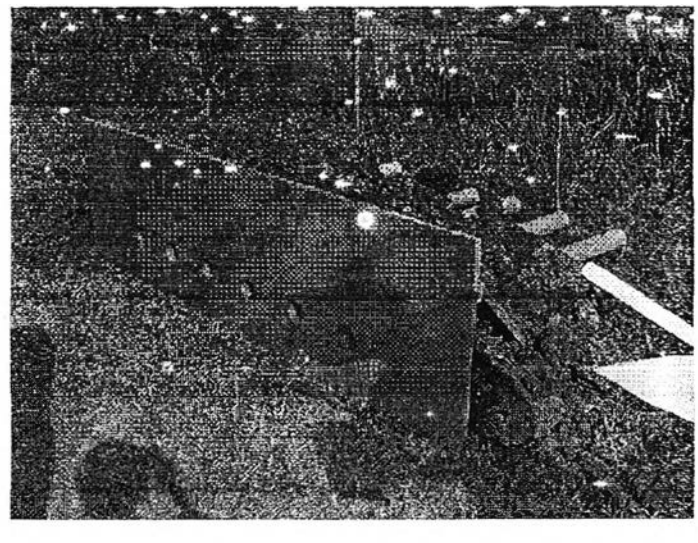


ภาพที่ 4.29 แสดงภาพตัดตามขวางแบบห้องเรียนธรรมชาติ
ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองในการวิจัย

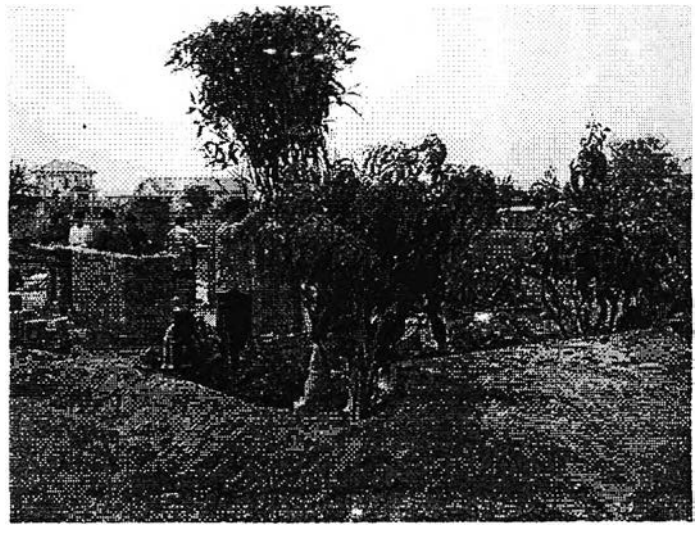
การจัดสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

โดยจัดทำแบบจำลองขนาด 1 : 4 ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 41 ตารางเมตร

ภาพที่ 4.30 แสดงการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย



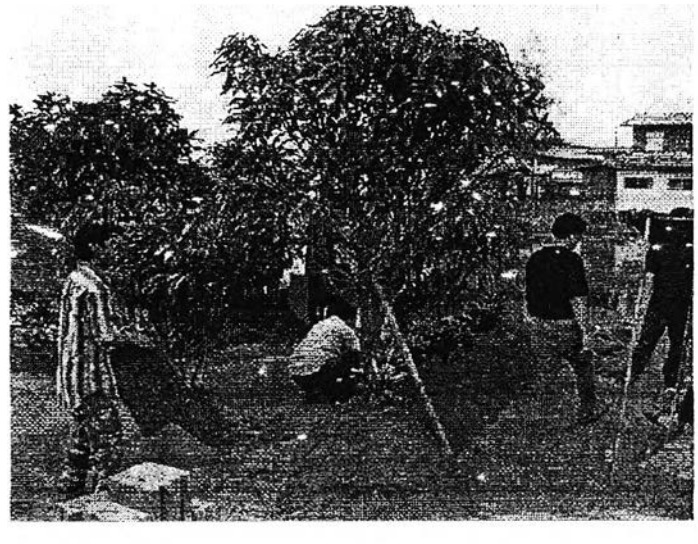
ภาพที่ 4.31 แสดงการเตรียมดินในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 4.32 แสดงการปรับระดับดินในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

ภาพที่ 4.33 แสดงการปลูกพืชคลุมดินในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

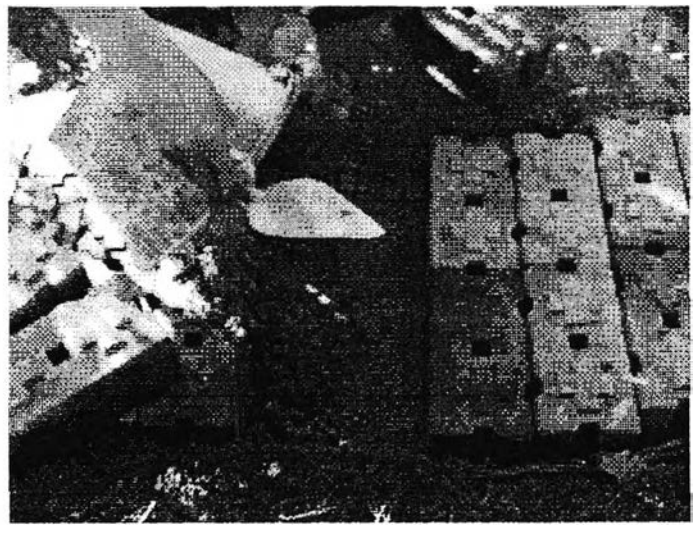
ภาพที่ 4.34 แสดงปลูกต้นไม้ในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย



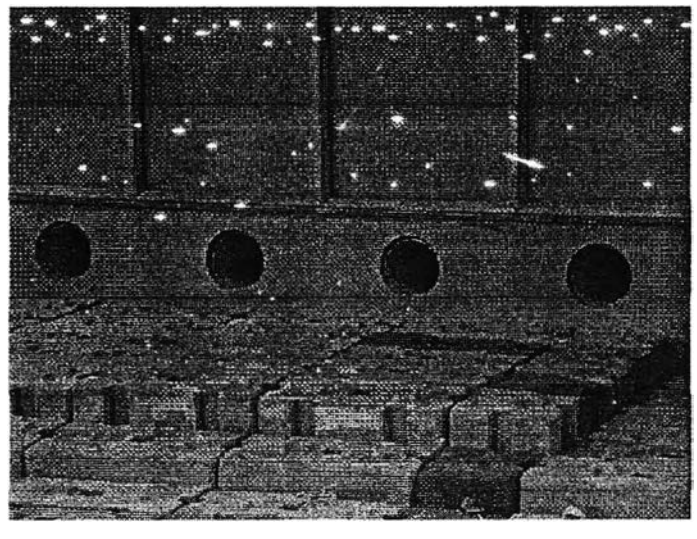
ภาพที่ 4.35 แสดงการปลูกต้นไม้ในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

ภาพที่ 4.36 แสดงการปลูกต้นไม้ในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

ภาพที่ 4.37 แสดงการเตรียมปรับระดับพื้นในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

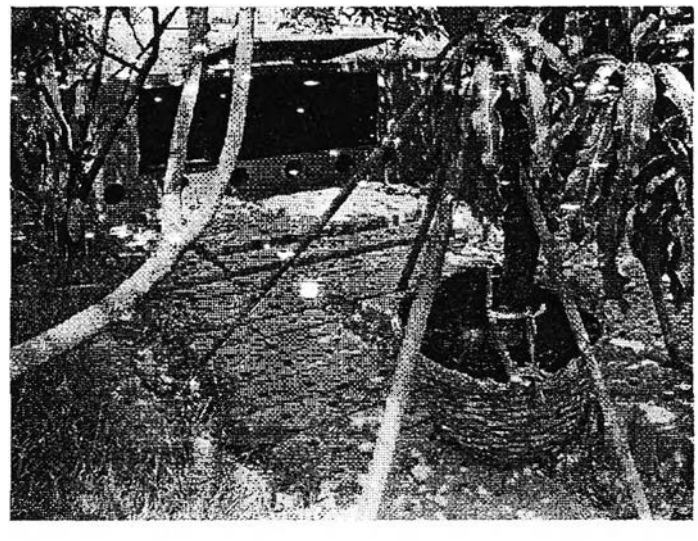


ภาพที่ 4.38 แสดงการรองพื้นด้วยแผ่นพลาสติคและปรับระดับพื้น
ในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย



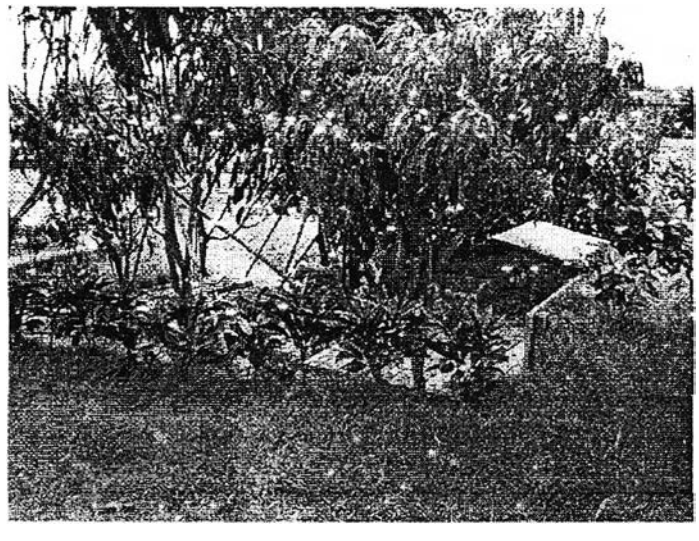
ภาพที่ 4.39 แสดงการจัดสร้างกระดานดำในก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

ภาพที่ 4.40 แสดงการเก็บรายละเอียดในการก่อสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 4.41 แสดงสภาพภายในแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

ภาพที่ 4.42 แสดงสภาพภายนอกแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 4.43 แสดงแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

ภาพที่ 4.44 แสดงภายในแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิจัย

4.3 การทำ Pilot test, Calibrate เครื่องมือให้มีความเที่ยงก่อนการเก็บข้อมูลและติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดตามจุดต่าง ๆที่กำหนด

ซึ่งเป็นการเตรียมเครื่องมือเพื่อใช้วัดผลการวิจัย โดยเครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย

ความชื้นสัมพัทธ์

-ใช้เครื่องมือ Hobo และสาย Transferในการเก็บข้อมูล ทำการ Calibrate เครื่องมือให้มีความเที่ยงโดยการวัดผลข้อมูลบริเวณเดียวกัน จากนั้นทำการปรับแก้ให้ผลที่ได้ตรงกัน เพื่อใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันในการวิจัย

ความเร็วลม

-ใช้เครื่องมือบันทึกผลความเร็วลมชนิดต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูล และทำการ Calibrate เครื่องมือให้มีความเที่ยงโดยการวัดผลข้อมูลบริเวณเดียวกัน จากนั้นทำการปรับแก้ให้ผลที่ได้ตรงกันจากโปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันในการวิจัย

ค่าปริมาณแสงอาทิตย์

-ใช้เครื่องมือ Illumination meter ในการเก็บข้อมูลและทำการ Calibrate เครื่องมือให้มีความเที่ยงโดยการวัดผลข้อมูลบริเวณเดียวกัน จากนั้นทำการปรับแก้ให้ผลที่ได้ตรงกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ก่อนที่ใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันในการวิจัย

อุณหภูมิ

-ใช้เครื่องมือ Hoboและสาย Transfer ในการเก็บข้อมูลและทำการ Calibrate เครื่องมือให้มีความเที่ยงโดยการวัดผลข้อมูลบริเวณเดียวกัน จากนั้นทำการปรับแก้ให้ผลที่ได้ตรงกันเพื่อใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันในการวิจัย

-ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ Manual ชนิด Microprocessor Thermometer (Type J-K-T Thermocouple) Model HH21 ของ Omega

-เครื่องมือ Selector Switch for Thermocouples ขนาด 16 Channels 5 ตัว ของ Omega

- สายสัญญาณ (Thermocouple) Type K สำหรับใช้ติดกับเครื่องมือ Selector Switch

และทำการ Calibrate เครื่องมือให้มีความเที่ยงโดยการใช้หัว Sensor ทั้งหมดแช่อยู่ในน้ำเย็นและค่อยๆเพิ่มความร้อนขึ้นเรื่อยๆเป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้ช่วงที่สามารถบันทึกอุณหภูมิได้นั้นอยู่ในช่วงที่กว้างเพียงพอสำหรับการบันทึกข้อมูล จากนั้นนำไปเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่ออ่านผลข้อมูลที่ได้ และใช้วิธี Regression Analysis เพื่อปรับแก้ค่าข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน จากนั้นจึงสามารถนำไปใช้ในการวัดผลทางการวิจัยได้ โดยผลการวิจัยที่ได้นั้น จะต้องนำมาแปลงค่าผ่านสมการใน Regression Analysis อีกครั้ง จึงจะได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง

จากนั้นทำการติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดตามจุดต่างๆที่กำหนด โดยเครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย

-เครื่องวัดปริมาณแสงอาทิตย์, อุณหภูมิ, ความชื้นและความเร็วลมตามจุดต่างๆ

-เครื่องมืออ่านค่าวัดปริมาณแสงอาทิตย์, อุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วลมตามจุดต่างๆ

โดยจุดที่ทำการติดตั้งข้อมูล มีรายละเอียด ดังนี้

1. ข้อมูลที่โล่ง ที่อยู่ภายนอกห้องเรียนธรรมชาติ ประกอบด้วย

อุณหภูมิ

-อุณหภูมิอากาศ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับห้องเรียนธรรมชาติ
-อุณหภูมิกระเปาะเปียกเพื่อใช้เปรียบเทียบกับห้องเรียนธรรมชาติ

ความชื้นสัมพัทธ์

-ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับห้องเรียนธรรมชาติ

ค่าปริมาณแสงอาทิตย์

-ค่าปริมาณแสงอาทิตย์ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับห้องเรียนธรรมชาติ

ความเร็วลม

-ความเร็วลม เพื่อใช้เปรียบเทียบกับห้องเรียนธรรมชาติ

2. ข้อมูลภายในห้องเรียนธรรมชาติ ประกอบด้วย

อุณหภูมิ

-อุณหภูมิอากาศ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับที่โล่งภายนอกห้องเรียนธรรมชาติ

-อุณหภูมิกระเปาะเปียก เพื่อใช้เปรียบเทียบกับที่โล่งภายนอกห้องเรียนธรรมชาติ

ความชื้นสัมพัทธ์

-ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับที่โล่งภายนอกห้องเรียนธรรมชาติ

ค่าปริมาณแสงอาทิตย์

-ค่าปริมาณแสงอาทิตย์ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับที่โล่งภายนอกห้องเรียนธรรมชาติ

ความเร็วลม

-ความเร็วลม เพื่อใช้เปรียบเทียบกับที่โล่งภายนอกห้องเรียนธรรมชาติ

3. ข้อมูลรายละเอียด ประกอบด้วย

-พืชพันธุ์ไม้ โดยต้นไม้ที่ใช้ มีจุดประสงค์เพื่อวัดอุณหภูมิที่อยู่ใต้พุ่มเงาของต้นไม้

-พืชคลุมดิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดอุณหภูมิบริเวณผิวของพืชคลุมดินที่ปกคลุมเนินดิน

-มวลของดิน โดยแบ่งเป็นเนินดินในทิศทางต่างๆ โดยมีจุดประสงค์ในการวิจัยเพื่อวัดอุณหภูมิผิวเนินดินในทุกๆทิศทาง

จากจุดประสงค์ในการเก็บข้อมูลต่างๆที่กำหนด จึงทำการติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ, ความชื้น, ความเร็วลมและปริมาณแสงอาทิตย์ตามจุดต่างๆเพื่อทำการทดลอง โดยตำแหน่งของเครื่องมือที่ติดตั้งเพื่อทำการวิจัย มีดังนี้

1. ค่าความชื้นสัมพัทธ์ จำนวน 2 จุด ประกอบด้วย

-วัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์บริเวณห้องเรียนธรรมชาติ 1 จุด

-วัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอยู่ในอากาศ 1 จุด

2. ค่าอุณหภูมิ จำนวน 20 จุด ประกอบด้วย

-วัดอุณหภูมิของอากาศภายนอก 1 จุด
-วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศภายนอก 1 จุด
-วัดอุณหภูมิอากาศภายนอกจากเครื่องมือ Globe 1 จุด

-วัดอุณหภูมิอากาศภายในแบบจำลองห้องเรียนธรรมชาติ 1 จุด
-วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกภายในห้องเรียนธรรมชาติ 1 จุด
-วัดอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติจากเครื่องมือ Globe 1 จุด

-วัดอุณหภูมิอากาศต้นไม้ด้านบนพุ่มใบ 1 จุด
-วัดอุณหภูมิอากาศต้นไม้กลางพุ่มใบ 1 จุด
-วัดอุณหภูมิอากาศต้นไม้ใต้พุ่มใบ 1 จุด

-วัดอุณหภูมิอากาศไม้พุ่มด้านบนพุ่มใบ 1 จุด
-วัดอุณหภูมิอากาศไม้พุ่มกลางพุ่มใบ 1 จุด
-วัดอุณหภูมิอากาศไม้พุ่มใต้พุ่มใบ 1 จุด

-วัดอุณหภูมิอากาศเนินดินทิศเหนือด้านนอก 1 จุด
-วัดอุณหภูมิอากาศเนินดินทิศเหนือด้านใน 1 จุด

-วัดอุณหภูมิอากาศเนินดินทิศใต้ด้านนอก 1 จุด
-วัดอุณหภูมิอากาศเนินดินทิศใต้ด้านใน 1 จุด

-วัดอุณหภูมิอากาศเนินดินทิศตะวันตกด้านนอก 1 จุด
-วัดอุณหภูมิอากาศเนินดินทิศตะวันตกด้านใน 1 จุด

-วัดอุณหภูมิอากาศเนินดินทิศตะวันออกด้านนอก 1 จุด

-วัดอุณหภูมิอากาศเนินดินทิศตะวันออกด้านใน 1 จุด

3.ค่าปริมาณแสงอาทิตย์ จำนวน 4 จุด ประกอบด้วย

-ค่าปริมาณแสงอาทิตย์บริเวณที่โล่งภายนอกห้องเรียนธรรมชาติ 1 จุด
-ค่าปริมาณแสงอาทิตย์บริเวณใต้พุ่มต้นไม้ในห้องเรียนธรรมชาติ 1 จุด
-ค่าปริมาณแสงอาทิตย์บริเวณกลางพุ่มต้นไม้ในห้องเรียนธรรมชาติ 1 จุด
-ค่าปริมาณแสงอาทิตย์บริเวณเวทีด้านหน้าของห้องเรียนธรรมชาติ 1 จุด

4. ค่าความเร็วลม จำนวน 2 จุด ประกอบด้วย

-ค่าความเร็วลมบริเวณที่โล่งภายนอกห้องเรียนธรรมชาติ 1 จุด
-ค่าความเร็วลมภายในห้องเรียนธรรมชาติ 1 จุด

4.4 การเก็บข้อมูลจริง

โดยการเก็บข้อมูลแต่ละชุด ในชุดหนึ่งๆใช้ระยะเวลาติดต่อกันอย่างน้อย 36 ชั่วโมง และนำข้อมูลที่เก็บบันทึกทั้งหมดมาเปรียบเทียบเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นนำผลที่ได้มาแปรผล ในรูปของกราฟแสดงความสัมพันธ์และการประมวลผลผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการประเมินภาวะน่าสบายจากการปรับสภาพแวดล้อมของห้องเรียนธรรมชาติ

ในการเก็บข้อมูลการวิจัย ได้แบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 กรณี คือ

4.4.1 ในฤดูหนาว โดยเก็บผลการวิจัยใน 2 สภาวะ คือ

1. ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น
2. ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น

4.4.2 ในฤดูร้อน โดยเก็บผลการวิจัยใน 2 สภาวะ คือ

1.ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น
2. ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น

จากนั้น ทำการเปลี่ยนความหนาแน่นของพุ่มใบต้นไม้ภายในห้องเรียนธรรมชาติให้มีความโปร่งขึ้น เพื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยที่มีพุ่มใบของต้นไม้ที่หนาแน่นกว่า โดยเก็บผลการวิจัยใน 2 สภาวะ คือ

1. ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น
2. ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น

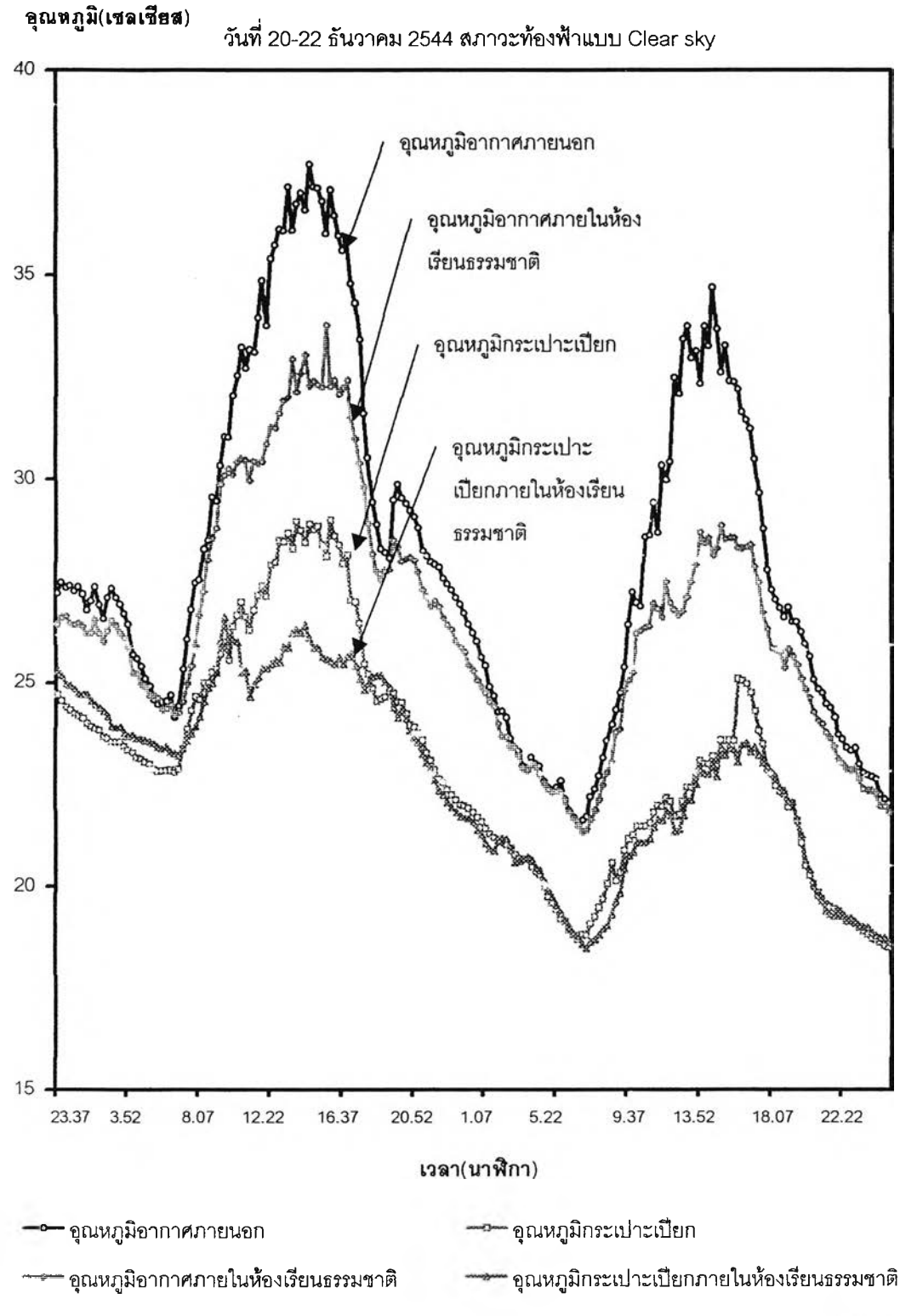
โดยสามารถทำการเปรียบเทียบผลจากการวิจัยที่ได้ ในกรณีต่างๆดังต่อไปนี้

4.4.1 ในฤดูหนาว โดยเก็บผลการวิจัยใน 2 สภาวะ คือ

1. ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น

กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ

ฤดูหนาวกรณีไม่ให้ความชื้นผิวพื้น

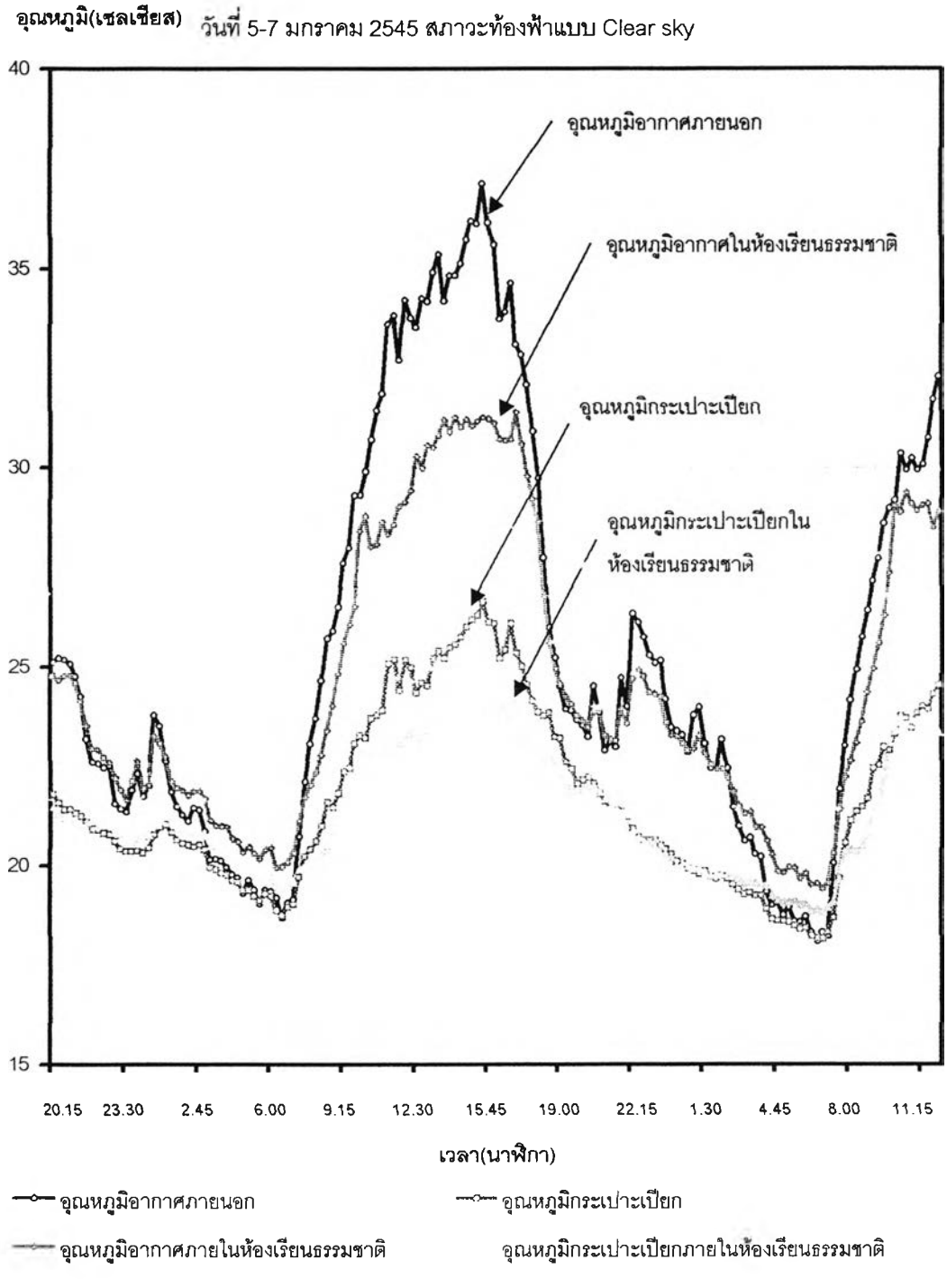


แผนภูมิที่ 4.11 เปรียบเทียบอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูหนาวกรณีไม่ให้ความชื้นผิวพื้น

2 ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น

กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ

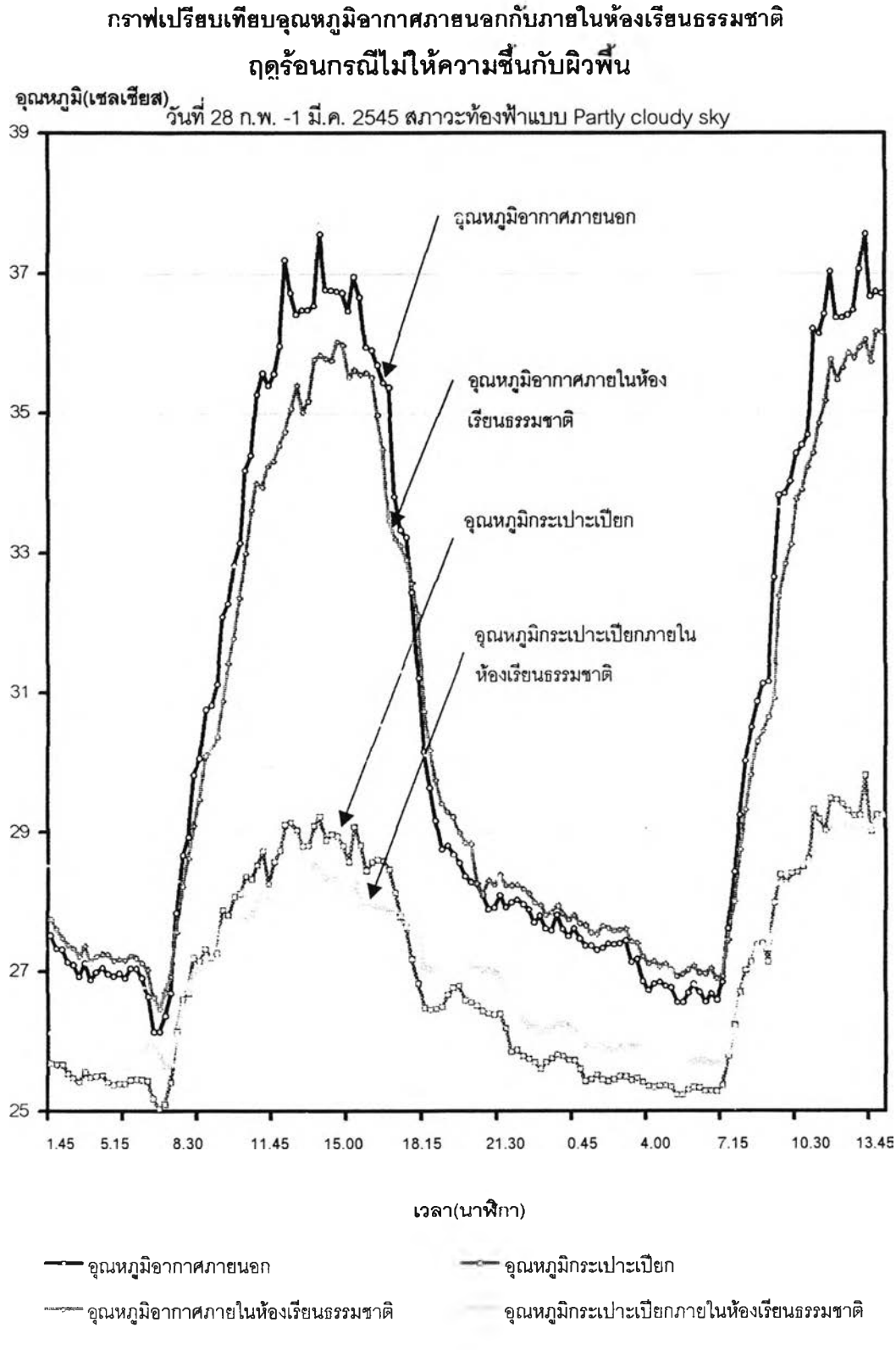
ฤดูหนาวกรณีให้ความชื้นผิวพื้น



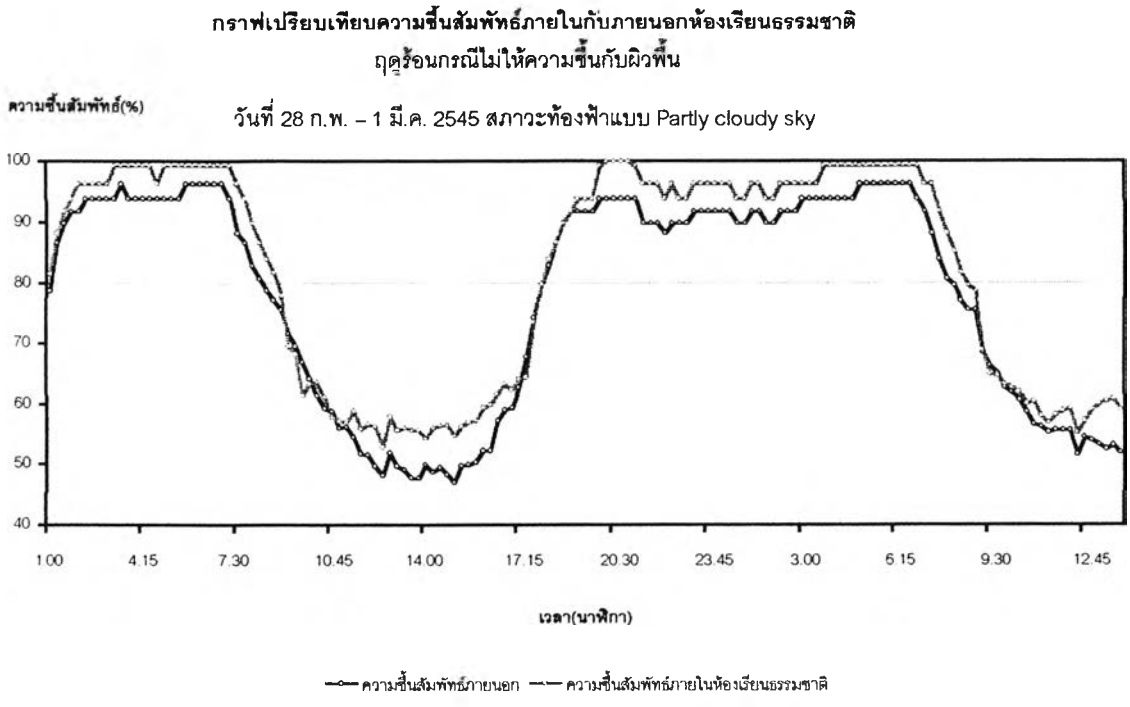
แผนภูมิที่ 4.12 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ ฤดูหนาวกรณีให้ความชื้นผิวพื้น

4.4.2 ในฤดูร้อน โดยเก็บผลการวิจัยใน 2 สภาวะ คือ

1. ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น



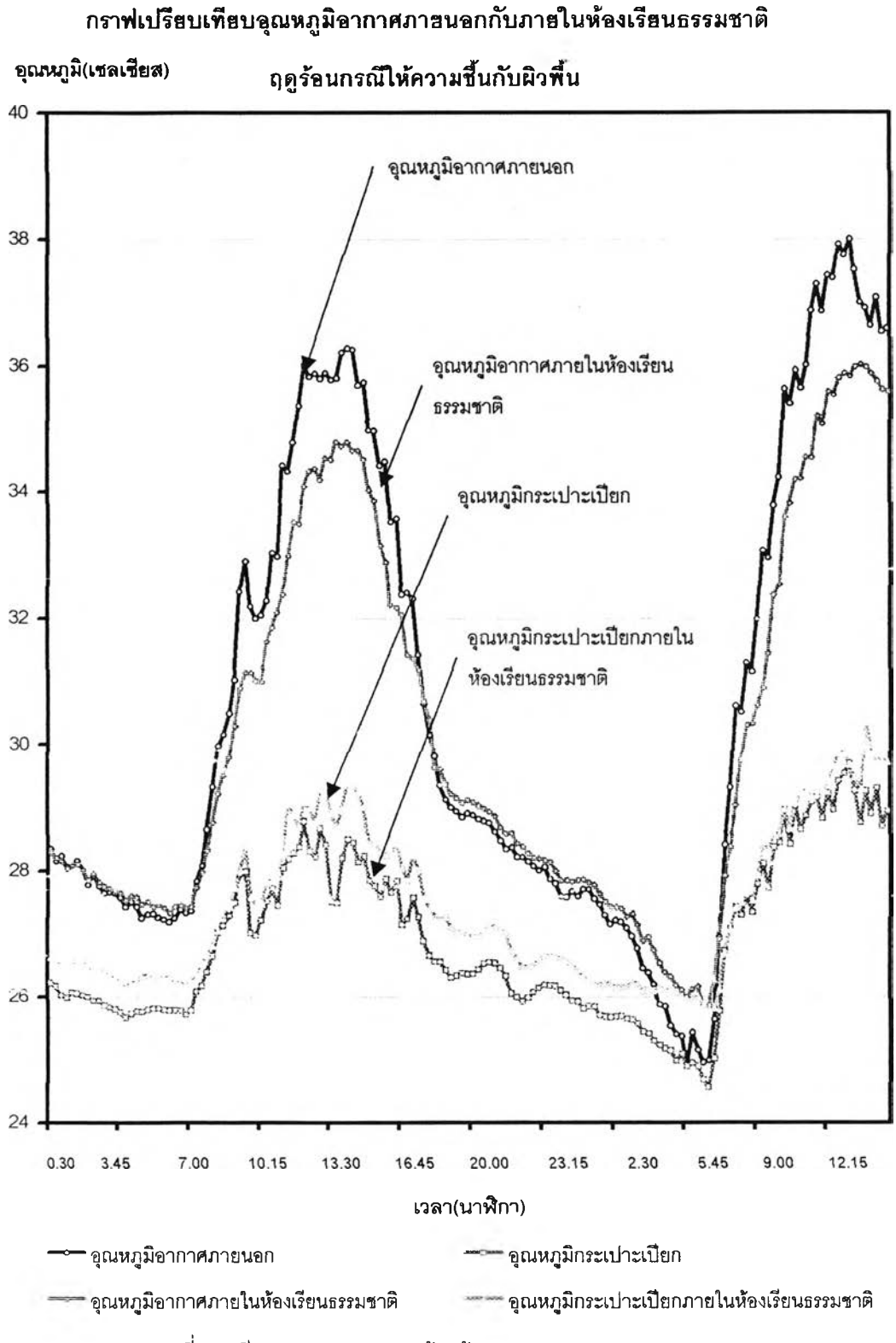
แผนภูมิที่ 4.13 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ ฤดูร้อนกรณีไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น



แผนภูมิที่ 4.14 เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ ฤดูร้อนกรณีไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น

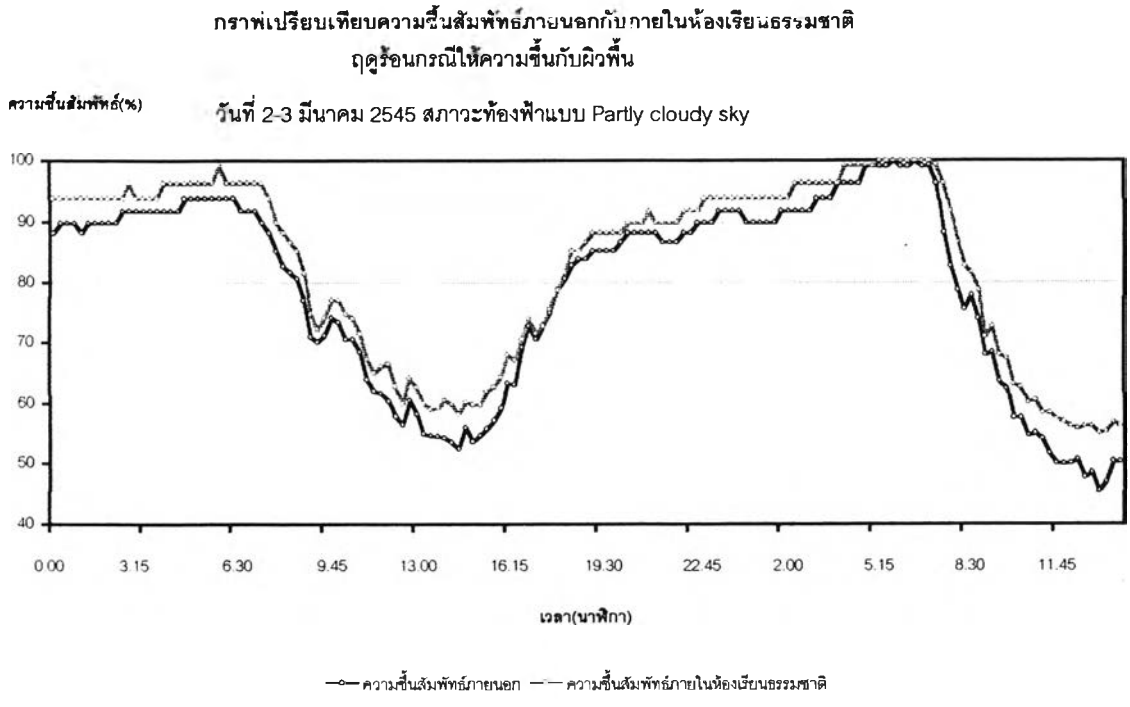
จากแผนภูมิ พบว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกในช่วงเวลากลางวัน จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติเกือบตลอดเวลา โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส แต่แนวโน้มความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันลดน้อยลง ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลนั้น อยู่ในช่วงปลายฤดูหนาวซึ่งมีอุณหภูมิอากาศที่สูงในช่วงเวลากลางวัน ส่วนในเวลาเย็นจนถึงเวลากลางคืน อุณหภูมิภายในห้องเรียนธรรมชาติกลับสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิของอากาศทั้งนี้เพราะการเกิดการหน่วงความร้อนของวัสดุพื้นภายในห้องเรียนธรรมชาติที่เกิดในเวลากลางวันและคายความร้อนในเวลากลางคืนสู่ท้องฟ้า โดยผ่านชั้นของพุ่มใบ ซึ่งทำให้การถ่ายเทความร้อนดังกล่าวทำได้ช้าลง เช่นเดียวกันกับปริมาณความชื้นที่อยู่ภายในห้องเรียนธรรมชาติในช่วงเวลากลางวันนั้นมีค่าใกล้เคียงกับภายนอกในช่วงเวลาเที่ยงซึ่งได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ในขณะที่เวลากลางคืนกลับมีการสะสมของความชื้น ซึ่งเกิดจากการคายน้ำของพืชประกอบกับความชื้นที่สะสมอยู่ภายในผิววัสดุที่คายออกมา จึงทำให้ปริมาณความชื้นสูงขึ้น

2. ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น



วันที่ 2-3 มีนาคม 2545 สภาวะท้องฟ้าแบบ Partly cloudy sky

แผนภูมิที่ 4.15 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ ฤดูร้อนกรณีให้ความชื้นกับผิวพื้น



แผนภูมิที่ 4.16 เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ ฤดูร้อนกรณีให้ความชื้นกับผิวพื้น

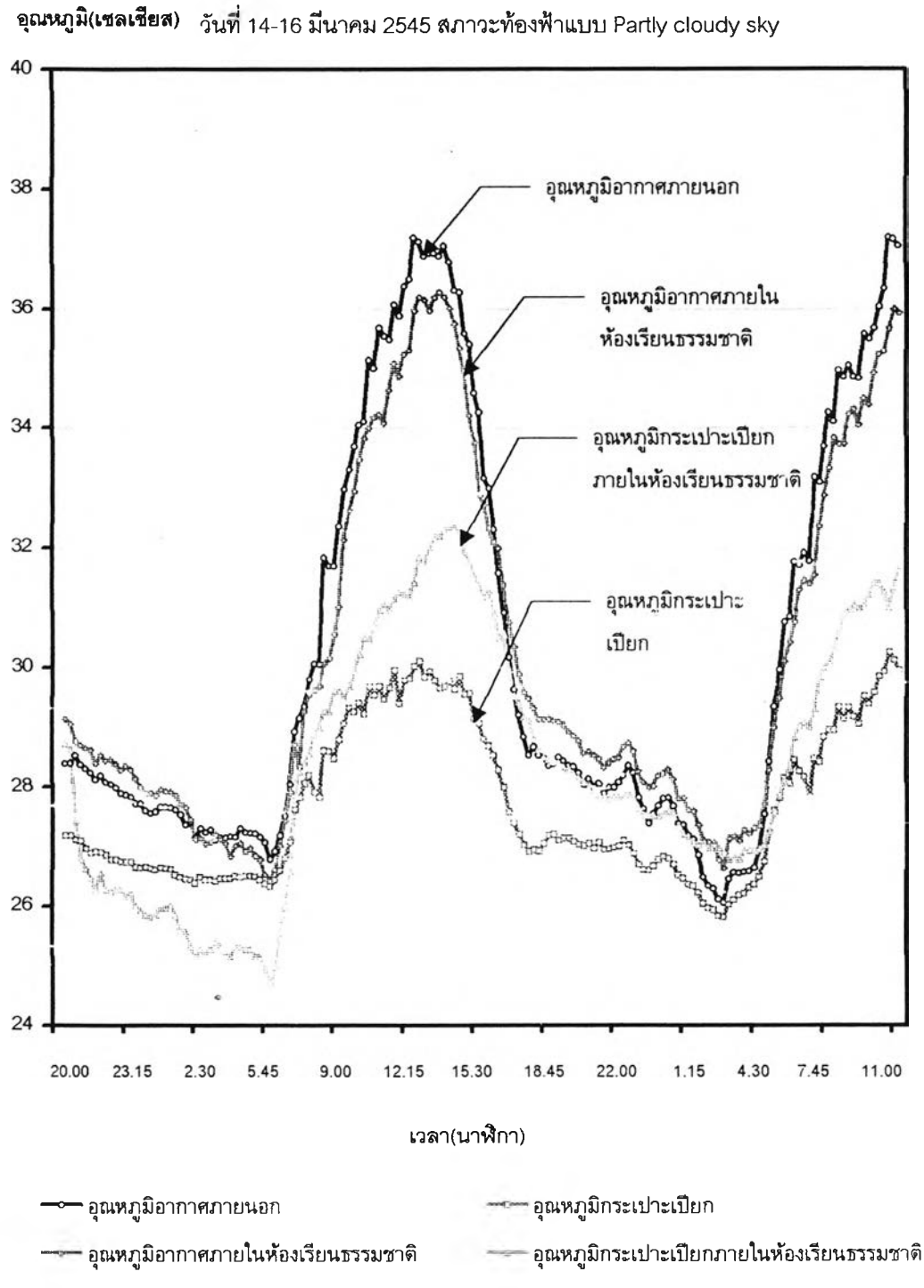
จากแผนภูมิ พบว่าจากการใช้ความชื้นจากผิวพื้น เพื่อช่วยในการทำความเย็นให้กับภายในห้องเรียนธรรมชาตินี้เอง ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติลดต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศเกือบตลอดเวลา ถึงแม้จะยังไม่เห็นผลชัดเจนนัก ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของแรงลมที่พัดผ่านห้องเรียนธรรมชาติ ที่ส่งผลให้ความเย็นที่ได้รับนั้นมีน้อยมาก แต่สิ่งที่ยังคงทำหน้าที่ในการกลั่นกรองความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์ได้ดีคือ ต้นไม้ ซึ่งส่งผลที่เห็นเป็นรูปธรรมต่ออุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติมากกว่า

แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ความชื้นจากผิวพื้นในการให้ความเย็นภายในห้องเรียนธรรมชาตินั้น ได้ส่งผลให้ความชื้นภายในห้องเรียนธรรมชาติ มีปริมาณที่สูงกว่าภายนอกเกือบตลอดเวลา และจะยิ่งมากขึ้นในเวลากลางคืน ทั้งนี้เนื่องมาจากการกักเก็บความชื้นภายใต้พุ่มใบของต้นไม้ ซึ่งเป็นอุปสรรคที่ทำให้ยากแก่การถ่ายเทไปสู่ในบริเวณใกล้เคียงที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า

จากผลการวิจัยที่ได้ ได้ทำการเปลี่ยนความหนาแน่นของพุ่มใบต้นไม้ภายในห้องเรียนธรรมชาติให้มีความโปร่งขึ้น เพื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยที่มีพุ่มใบของต้นไม้หนาแน่นกว่า โดยเก็บผลการวิจัยใน 2 สภาวะ คือ

1. ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น

กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ
ฤดูร้อนกรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น



แผนภูมิที่ 4.17 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ
ฤดูร้อนกรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น

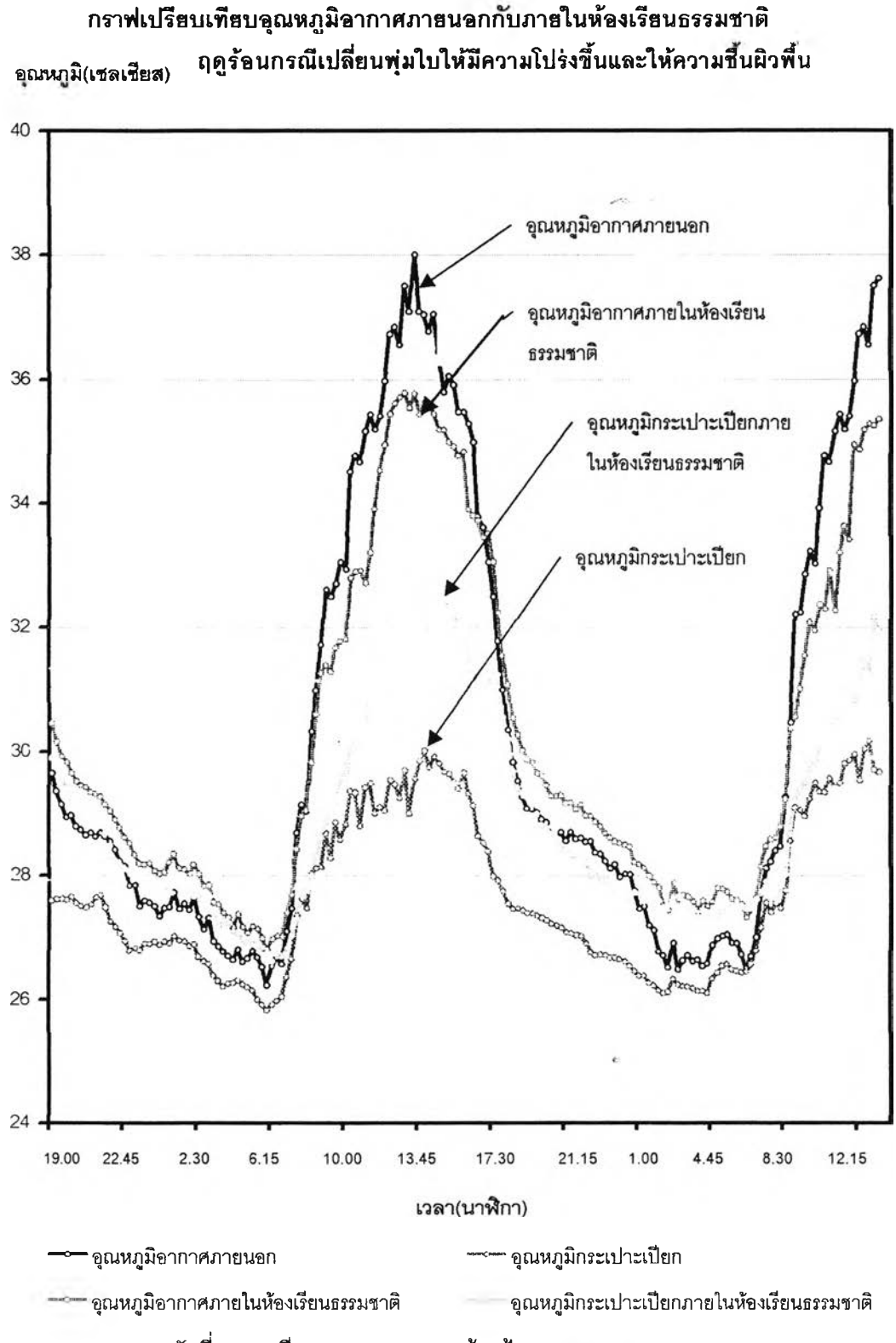
แผนภูมิที่ 4.18 เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ
ฤดูร้อนกรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งมากขึ้นและไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น

จากแผนภูมิ พบว่าทรงพุ่มที่โปร่งขึ้นนั้น ส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติ ส่งผลให้ความต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติมีส่วนต่างสูงสุดมากกว่า 1 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดขึ้นในเวลาเที่ยง ส่วนในช่วงเวลาอื่นๆของช่วงกลางวัน อุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ มีค่าใกล้เคียงกัน ถึงแม้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติจะต่ำกว่าในตลอดช่วงเวลาดังกล่าวก็ตาม

ส่วนในเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติ ยังคงสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอก ทั้งนี้เกิดจากอุปสรรคของพุ่มใบที่ยังคงสกัดกั้นการถ่ายเทความร้อนกลับคืนสู่ท้องฟ้า ซึ่งไม่อาจเทียบได้กับในที่โล่งที่ไม่มีการสกัดกั้นดังกล่าว

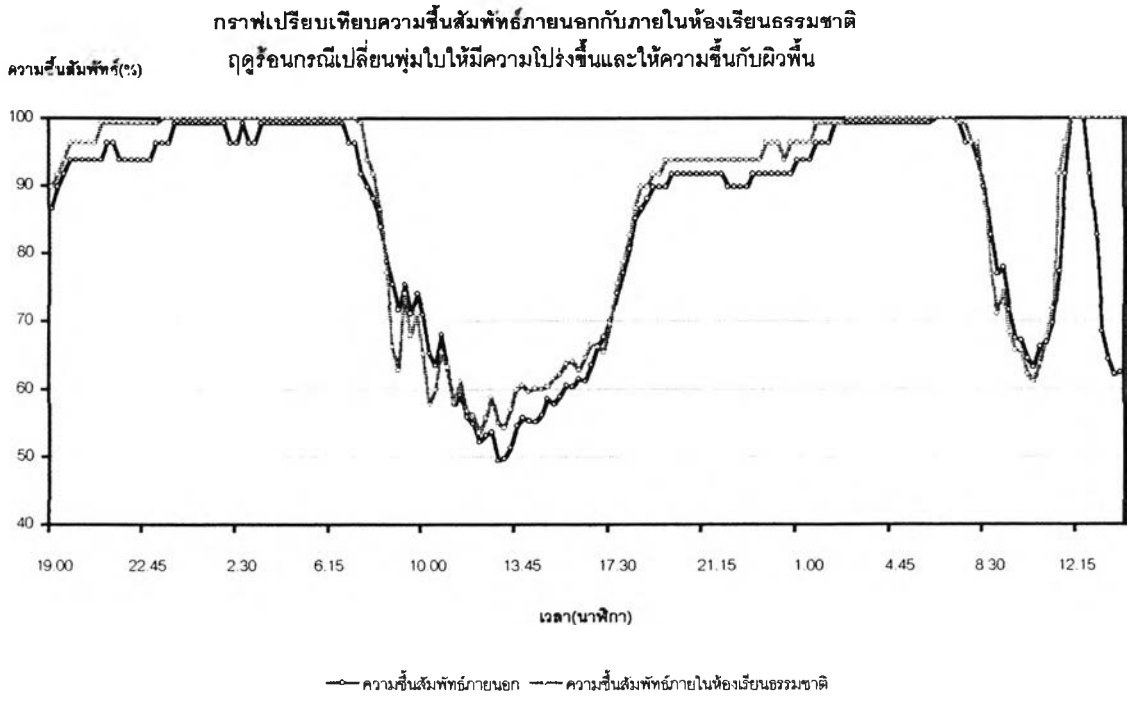
ส่วนปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนธรรมชาติยังคงมีมากกว่าภายนอกในช่วงเวลากลางคืน และจะค่อยๆลดต่ำลงในช่วงเวลาเช้า ซึ่งเป็นผลจากการเริ่มได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ในการทำให้ปริมาณความชื้นในอากาศลดลง จากนั้นจึงเพิ่มขึ้นอีก อันเกิดจากการคายน้ำของพืชที่ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติลดลงจากการดึงเอาความร้อนมาใช้ในการทำให้น้ำระเหย

2. ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น



วันที่ 16-18 มีนาคม 2545 สภาวะท้องฟ้าแบบ Partly cloudy sky

แผนภูมิที่ 4.19 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ ฤดูร้อนกรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น



วันที่ 16-18 มีนาคม 2545 สภาวะท้องฟ้าแบบ Partly cloudy sky

แผนภูมิที่ 20 เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ
ฤดูร้อนกรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น

จากแผนภูมิ พบว่า การใช้ความชื้นกับผิวพื้นเพื่อใช้เป็นแหล่งความเย็นให้แก่ห้องเรียนธรรมชาตินั้น ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติโดยรวมให้มีอุณหภูมิลดลง แม้ว่าจะมีการปรับพุ่มใบของต้นไม้ให้โปร่งก็ตาม ซึ่งทำให้เกิดความต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติในช่วงเวลากลางวันโดยเฉพาะในช่วงเวลาเที่ยงวันที่จะมีผลต่างของอุณหภูมิสูงสุดมากกว่า 2 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวจะเป็นการเพิ่มความชื้นให้กับอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติ ส่งผลให้ปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากกว่าภายนอกห้องเรียนธรรมชาติอยู่ตลอดเวลาทั้งในช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน

จากแผนภูมิที่แสดงอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เป็นตัวแปรที่ก่อให้เกิดความร้อนหนาวของสภาพอากาศที่ส่งผลต่อภาวะความสบายทางด้านความร้อนที่เกิดขึ้น จะพบว่า นอกเหนือไปจากตัวแปรดังกล่าว สิ่งที่มีอิทธิพลต่อภาวะความสบายทางด้านความร้อน ยังประกอบไปด้วยความเร็วลมและอุณหภูมิถ่วงเฉลี่ยของพื้นที่ผิวโดยรอบ โดยที่

-อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิถ่วงเฉลี่ยของพื้นที่ผิวโดยรอบ จะเป็นตัวแปรที่เพิ่มภาวะความร้อนให้กับสภาพอากาศ ซึ่งหมายความว่าตัวแปรทั้ง 2 นี้ ยิ่งมีค่ามากเท่าใดยิ่งมีผลต่อภาวะความร้อนมากขึ้นเท่านั้น โดยอุณหภูมิอากาศนั้น ควรอยู่ในช่วง 20-32 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในขอบเขตภาวะความสบายแบบธรรมชาติ (สุนทร บุญญาธิการ, 2544)

จากแผนภูมิ พบว่า อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนธรรมชาตินั้น ในฤดูหนาว มีอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00น.-3.00น.และช่วง 8.00น.-9.30น. มีอุณหภูมิอยู่ในขอบเขตภาวะน่าสบาย (20-30 องศาเซลเซียส) ส่วนในช่วงเวลา 3.00น.-8.00น. มีอุณหภูมิต่ำกว่าขอบเขตภาวะน่าสบาย (ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส) และในช่วงเวลา 9.30น.-18.00น.มีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงและอยู่นอกเขอบเขตภาวะน่าสบาย (สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส)

ในฤดูร้อน จะมีอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลาตั้งแต่ 19.00น.-8.30น. ที่มีอุณหภูมิอยู่ในขอบเขตภาวะน่าสบาย (20-30 องศาเซลเซียส) และในช่วงเวลา 8.30น.-19.00น. จะมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงและอยู่นอกเขอบเขตภาวะน่าสบาย (สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส)

-ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อภาวะความร้อนเช่นเดียวกันโดยยิ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ยิ่งส่งผลต่อภาวะความร้อนสูงเช่นเดียวกัน แต่อิทธิพลดังกล่าว จะส่งผลต่อภาวะความร้อนไม่มากนัก แต่ทั้งนี้ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ดังกล่าว ควรมีค่าประมาณ 30-80 % จึงอยู่ในขอบเขตภาวะความสบายแบบธรรมชาติ (สุนทร บุญญาธิการ, 2544)

จากแผนภูมิพบว่า ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอยู่ภายในห้องเรียนธรรมชาติ จะสูงกว่าภายนอกทั้งในฤดูร้อนและในฤดูหนาว โดยจะมีมากที่สุดในกรณีที่มีการให้ความชื้นกับผิวพื้นเพื่อสร้างความเย็นให้กับภายในห้องเรียนธรรมชาติ

ดังนั้น การให้ความชื้นกับผิวพื้น ควรมีช่วงเวลาเช่นเดียวกัน คือในฤดูหนาว ควรให้ความชื้นแก่ผิวพื้นในช่วงเวลา 9.00น.-18.00 น. ส่วนในฤดูร้อน สามารถให้ความชื้นกับผิวพื้นได้ในช่วงเวลา 8.30น.-19.00น. แต่หลังจากนั้นไม่ควรให้ความชื้นกับผิวพื้น

-ส่วนความเร็วลมนั้น จะเป็นตัวแปรที่เพิ่มภาวะความเย็นให้กับสภาพอากาศ และถ้ายิ่งมีความเร็วลมมากเพียงใด ยิ่งเป็นการเพิ่มภาวะความเย็นให้กับสภาพอากาศมากขึ้นเท่านั้น

โดยในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง สิ่งที่สามารถช่วยลดภาวะความร้อนได้คือ ความเร็วลม แต่ทั้งนี้ความเร็วลมที่เกิดขึ้นนั้น ไม่ควรเกินขอบเขตภาวะความสบายแบบธรรมชาติ ซึ่งมีความเร็วลมอยู่ในช่วง 0-500 fpm หรือ 0- 9.145 Km/ Hr หรือ 0-152.392 m/s (สุนทร บุญญาธิการ. 2544)

และความเร็วลมที่เกิดขึ้นในฤดูหนาวและในฤดูร้อนนั้น มีหน้าที่ทางการใช้งานเพื่อเพิ่มหรือลดขอบเขตภาวะน่าสบายที่แตกต่างกัน โดยในฤดูหนาว ตั้งแต่เวลา 8.30น.-19.00น. จะเป็นช่วงเวลาที่ต้องการลมเพื่อให้อากาศเข้าสู่ภาวะน่าสบาย แต่นอกเหนือจากเวลาดังกล่าว จะต้องมีการป้องกันลมไม่ให้เข้าสู่ภายในห้องเรียนธรรมชาติ ส่วนในฤดูร้อน สามารถใช้ความเร็วลมได้ตลอดเวลา

ซึ่งจากตัวแปรต่างๆที่เกิดขึ้น สามารถนำมาประมวลผลภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นได้จากการเก็บข้อมูลการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1.ในฤดูหนาว โดยเก็บผลการวิจัยใน 2 สภาวะ คือ

1.1 ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น
1.2 ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น

2.ในฤดูร้อน โดยเก็บผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

2.1 กรณีใช้พุ่มใบที่มีทรงพุ่มค่อนข้างแน่น (พุ่มใบเดิม) แบ่งออกเป็น 2 สภาวะ คือ

1. ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น
2. ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น

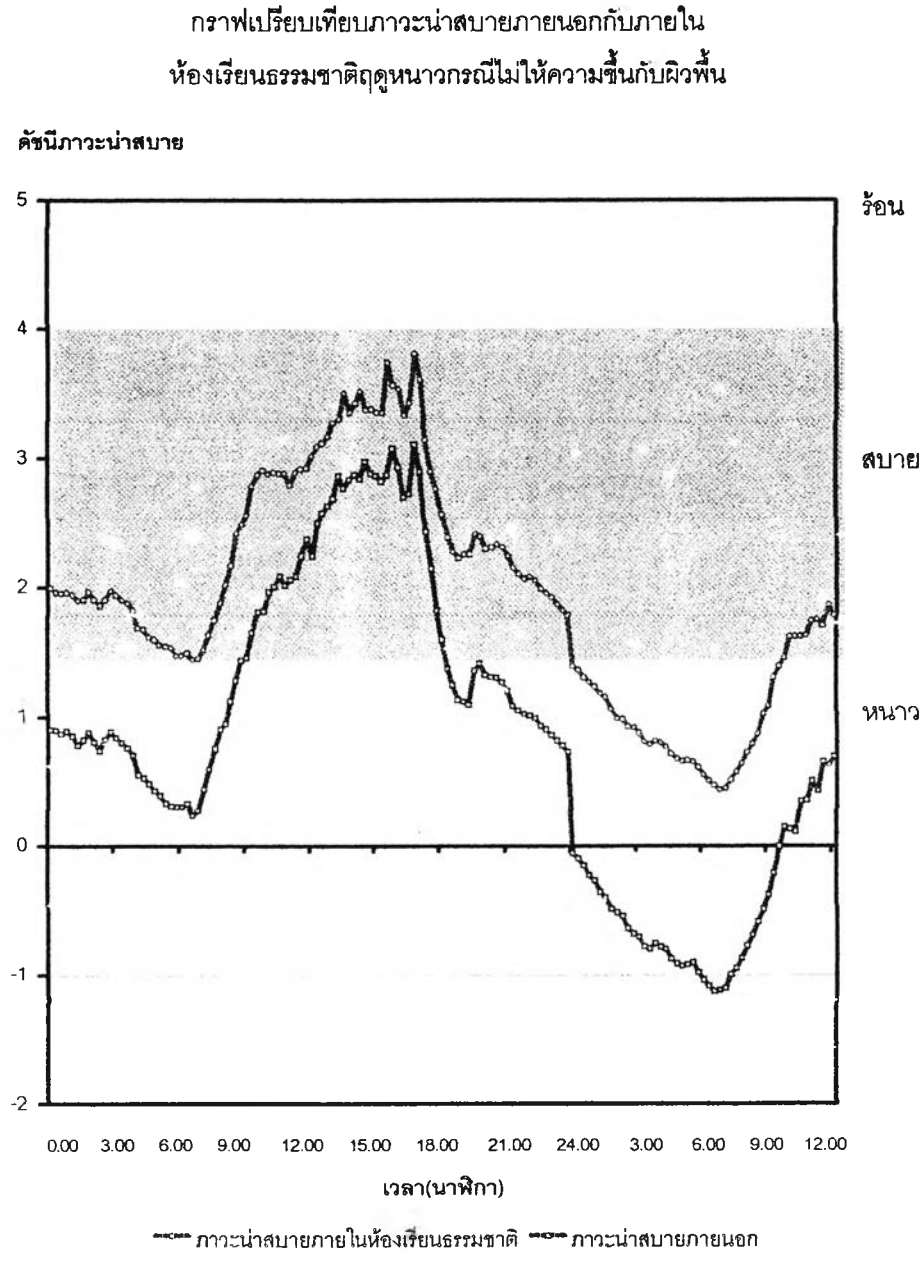
2.2 กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้น แบ่งออกเป็น 2 สภาวะ คือ

1. ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น
2. ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น

โดยสามารถแสดงการประมวลผลภาวะน่าสบายจากผลการวิจัยที่ได้ ในกรณีต่างๆดังต่อไปดังนี้

1.ในฤดูหนาว โดยเก็บผลการวิจัยใน 2 สภาวะ คือ

1.1 ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น



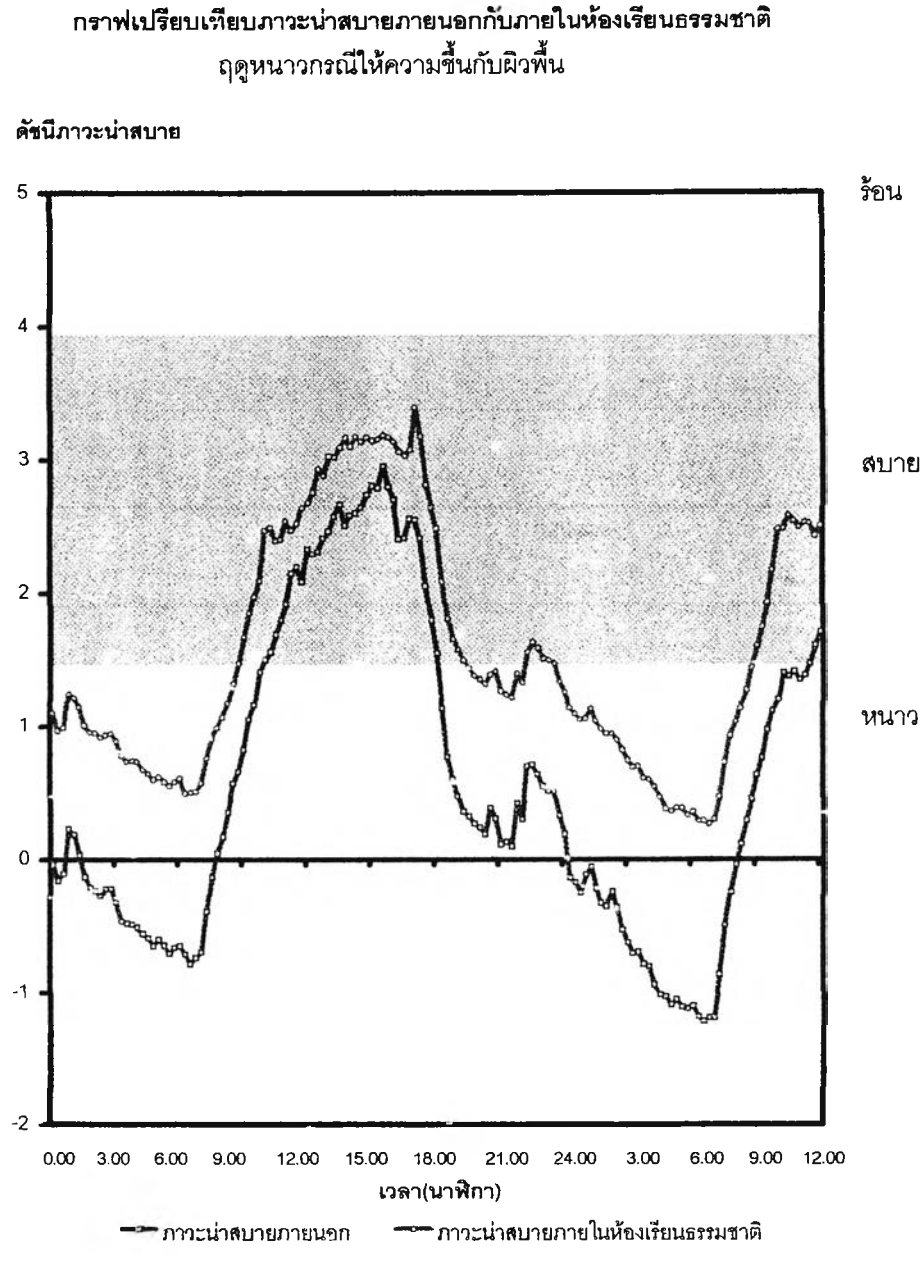
แผนภูมิที่ 4.21 เปรียบเทียบภาวะน่าสบายภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ ฤดูหนาวกรณีไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น

จากแผนภูมิ พบว่าในฤดูหนาวนี้ อุณหภูมิของอากาศค่อนข้างต่ำ เป็นผลให้ภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นของภายนอกห้องเรียนธรรมชาติจะอยู่ในช่วงรู้สึกหนาว ซึ่งจะเกิดขึ้นตั้งแต่เวลา 18.00น.จนถึง 9.00น. ภายหลังจากนั้นจึงเข้าสู่ภาวะน่าสบาย

ในขณะที่ภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติที่เกิดขึ้นจะอยู่ในช่วงที่มีส่วนต่างน้อยกว่า โดยในช่วงเวลา 9.00น.-18.00น. ถึงแม้ภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นจะมีค่าสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากการไม่ได้รับอิทธิพลจากลมประจำฤดูหนาว

แต่จะเห็นได้ว่า ในช่วงเวลาอื่นนั้น จะมีภาวะน่าสบายอยู่ในขอบเขตที่รู้สึกสบายมากกว่า โดยเฉพาะในช่วงเวลา ตั้งแต่ 18.00น.-9.00น. แม้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าวจะเป็นช่วงที่อุณหภูมิอากาศต่ำก็ตาม

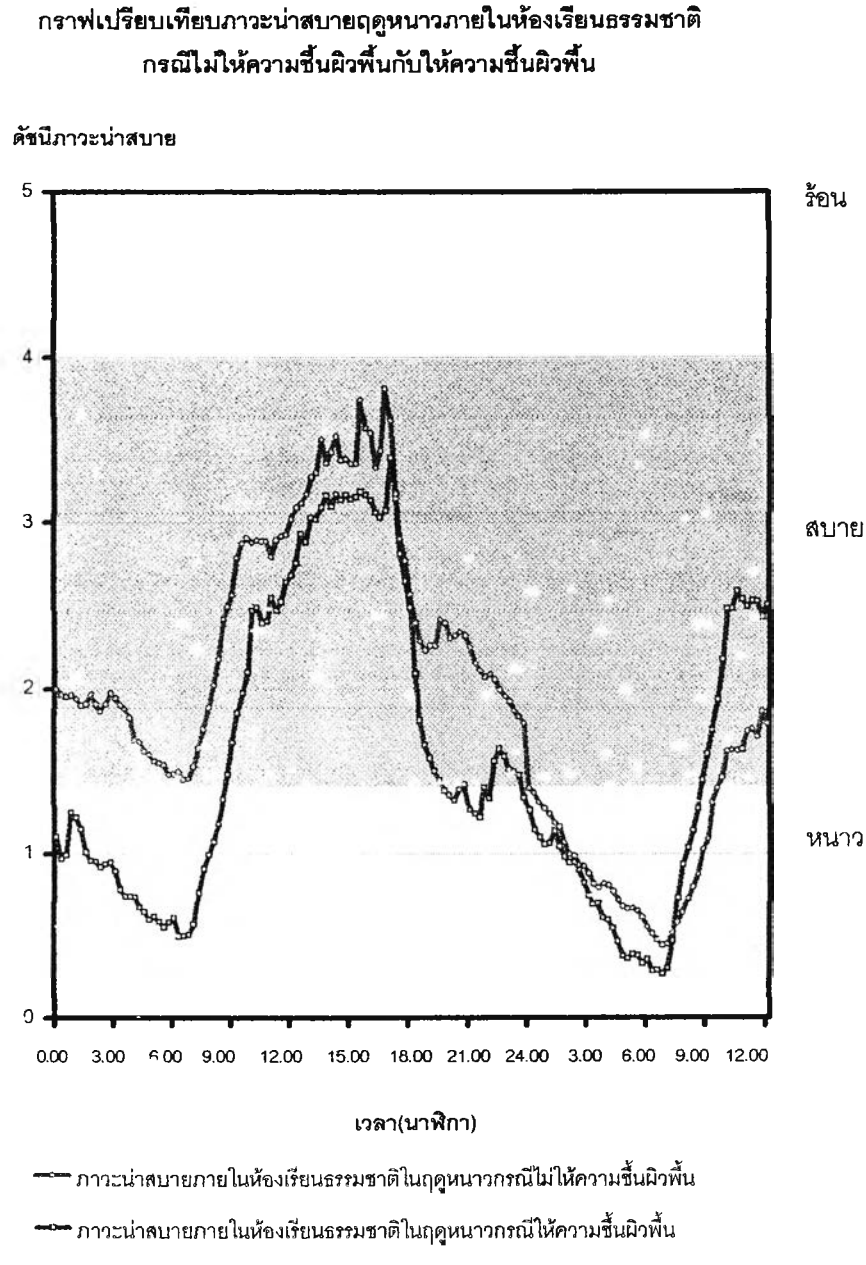
1.2 ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น



แผนภูมิที่ 4.22 เปรียบเทียบภาวะน่าสบายภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติ ฤดูหนาวกรณีให้ความชื้นกับผิวพื้น

จากแผนภูมิ พบว่าการให้ความชื้นกับผิวพื้นในห้องเรียนธรรมชาตินั้น สามารถทำให้ภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 9.00-18.00น.อยู่ในขอบเขตที่รู้สึกร้อนลดลงจากภาวะที่ไม่มีการให้ความชื้น แต่ขณะเดียวกัน ผลจากความชื้น ส่งผลให้ภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้น อยู่ในขอบเขตที่ต่ำมากขึ้นเช่นเดียวกัน ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกห้องเรียนธรรมชาติที่ต่ำ ยังคงส่งผลให้ภาวะความสบายในช่วงเวลานี้ยังคงอยู่ในขอบเขตที่ใกล้เคียงกัน แต่ความต่างของช่วงขอบเขตภาวะ

น่าสบายที่เกิดขึ้นอยู่ใกล้เคียงกัน อันเนื่องมาจากอิทธิพลของความชื้นประกอบภาวะความเร็วลมภายในห้องเรียนธรรมชาติที่ถูกควบคุมให้ลดลง



แผนภูมิที่ 4.23 เปรียบเทียบภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูหนาว กรณีไม่ให้ความชื้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น

จากการเปรียบเทียบกันระหว่างกรณีไม่ให้ความชื้นกับห้องเรียนธรรมชาติและกรณีให้ความชื้นกับห้องเรียนธรรมชาติ จะพบว่า ในช่วงเวลากลางวัน คือ ช่วงเวลา 9.00น.-18.00น. เป็นช่วงที่อิทธิพลจากความชื้นส่งผลต่อปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ

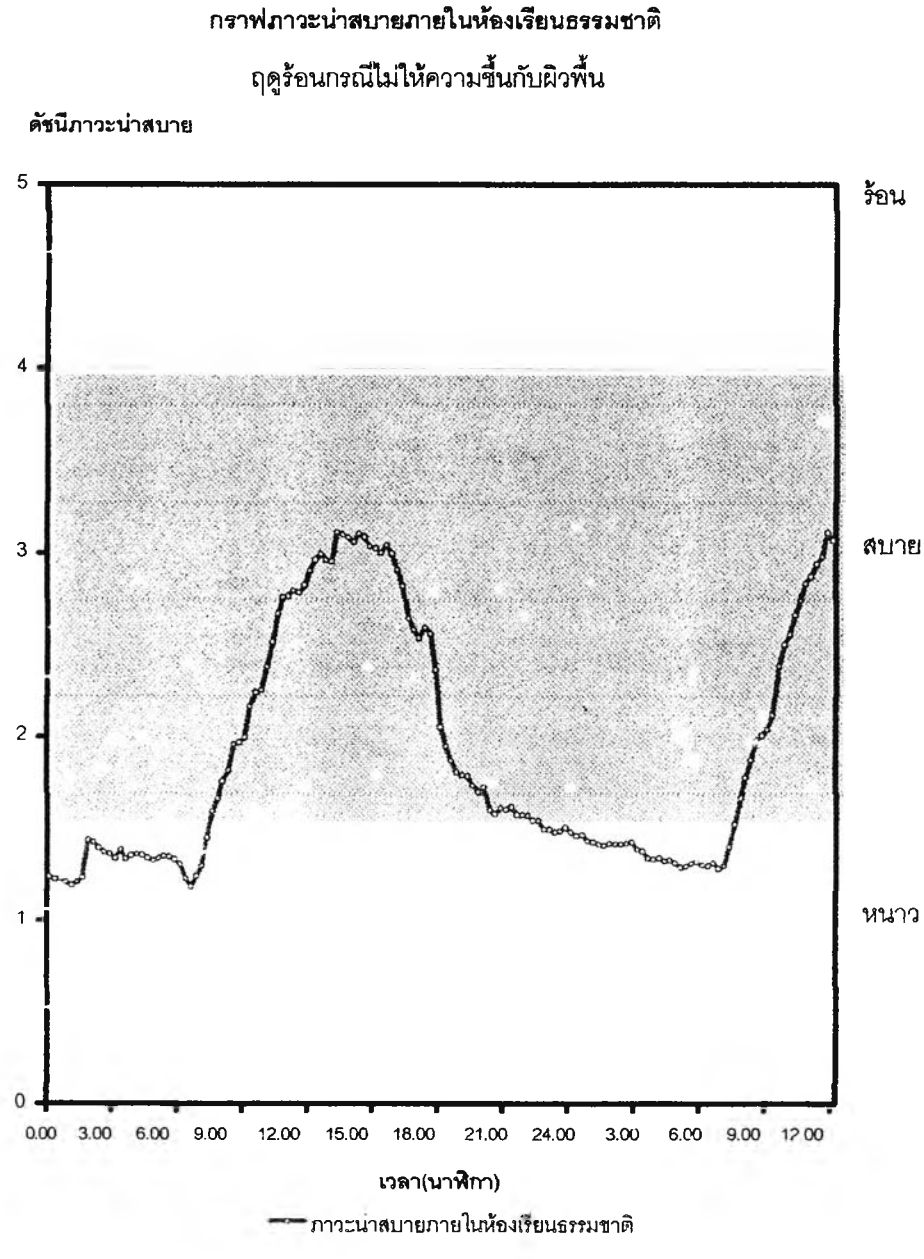
แต่เนื่องจากสภาพของอุณหภูมิอากาศที่สูงมาก ส่งผลให้ปริมาณความชื้นนั้น ไม่เกิดผลต่างกับภาวะความสบายที่ได้รับเท่าใดนักเมื่อเปรียบเทียบกัน

แต่ในช่วงเวลา ตั้งแต่ 18.00น.-9.00น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศเย็น การให้ความชื้นกับผิวพื้นกลับส่งผลให้ภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนธรรมชาติลดต่ำลงมากจนอยู่ในช่วงรู้สึกหนาวมากกว่าการไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้นในช่วงเวลาดังกล่าว

2.ในฤดูร้อน โดยเก็บผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

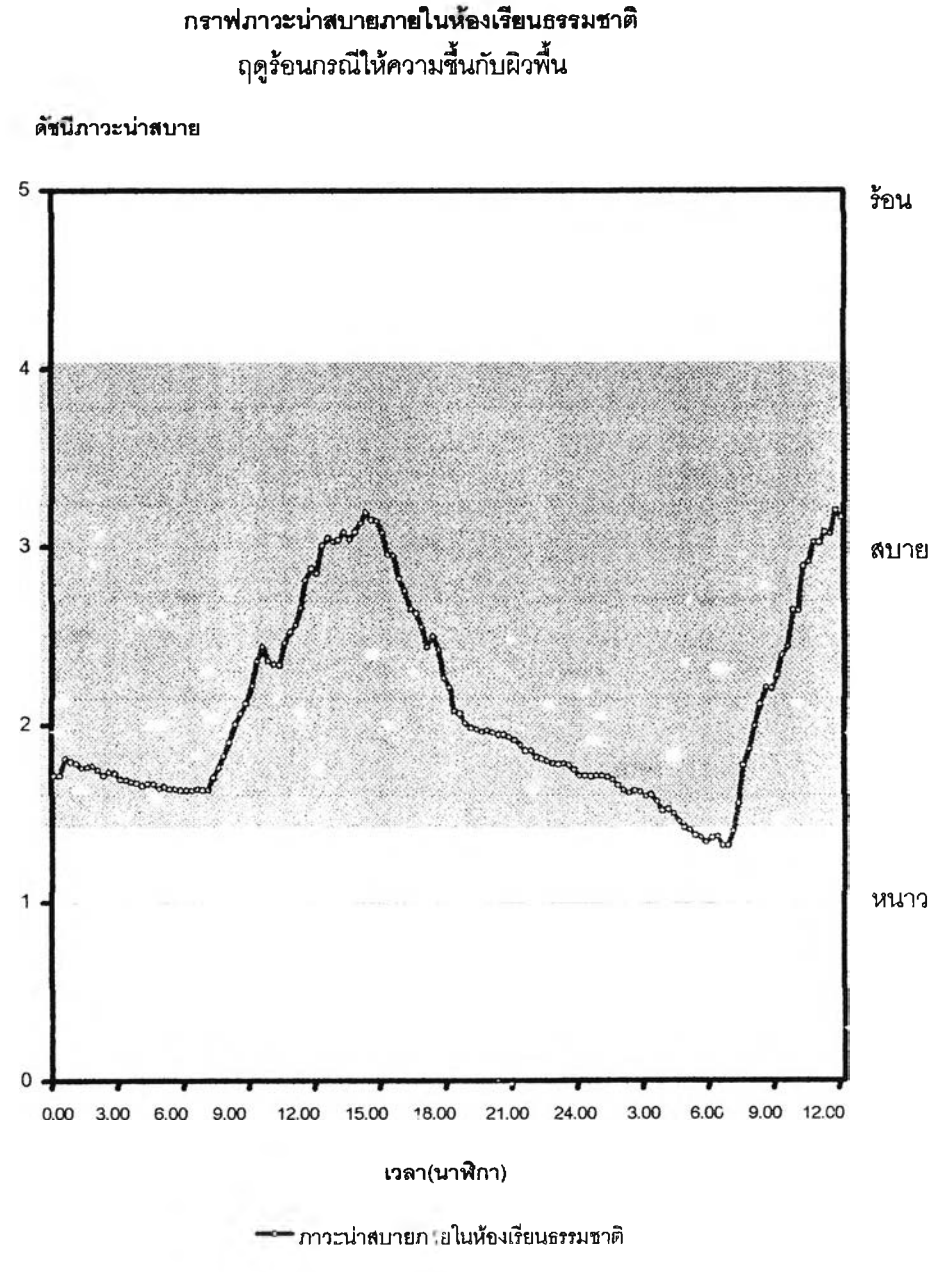
2.1 กรณีใช้พุ่มใบที่มีทรงพุ่มค่อนข้างแน่น (พุ่มใบเดิม) แบ่งออกเป็น 2 สภาวะ คือ

1. ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น



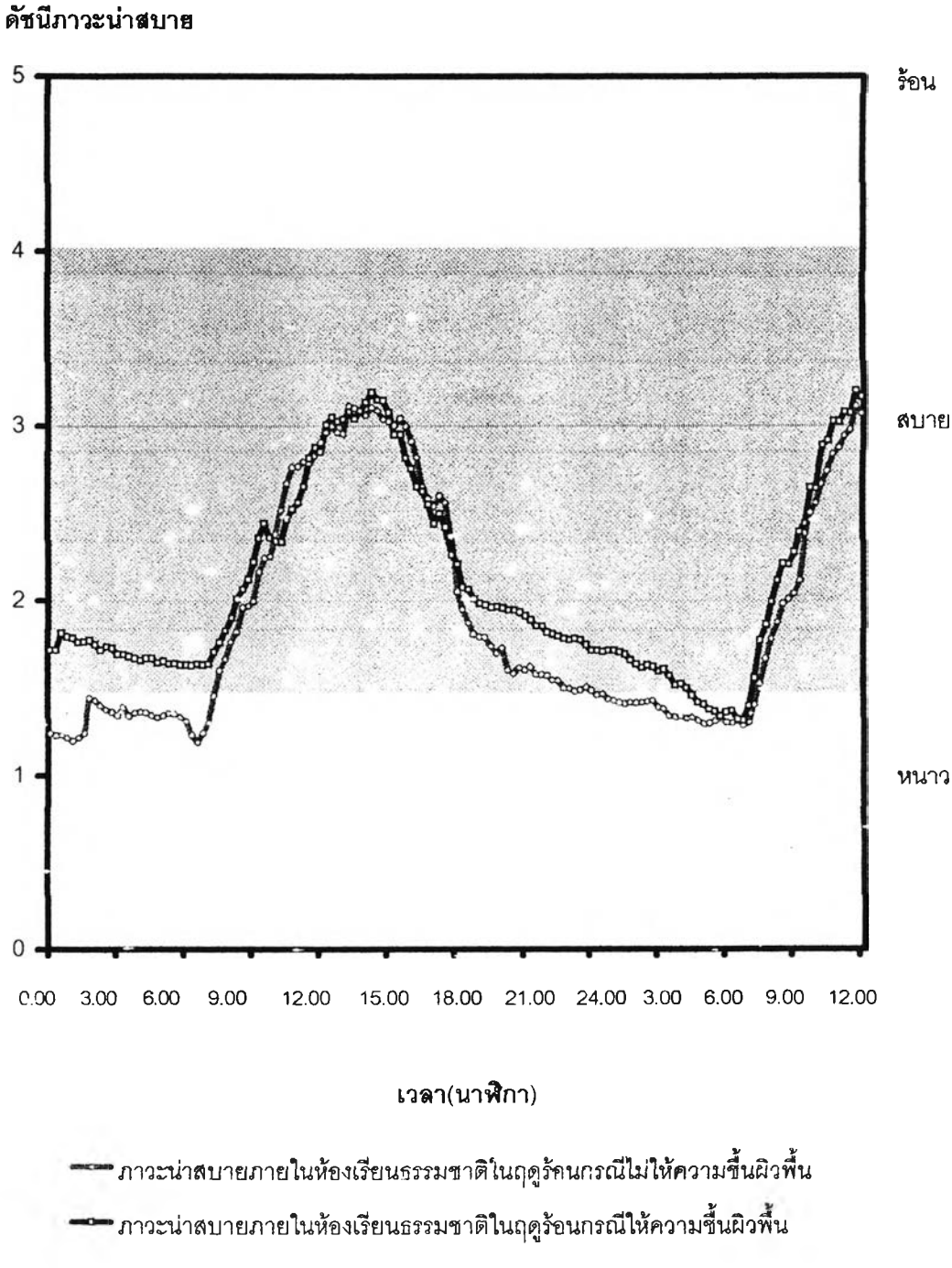
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น

2.1.2 ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น



แผนภูมิที่ 4.25 แสดงภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีให้ความชื้นกับผิวพื้น

กราฟเปรียบเทียบภาวะน่าสบายฤดูร้อนภายในห้องเรียนธรรมชาติ
กรณีไม่ให้ความชื้นผิวพื้นกับให้ความชื้นผิวพื้น



แผนภูมิที่ 4.26 เปรียบเทียบภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีไม่ให้ความชื้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น

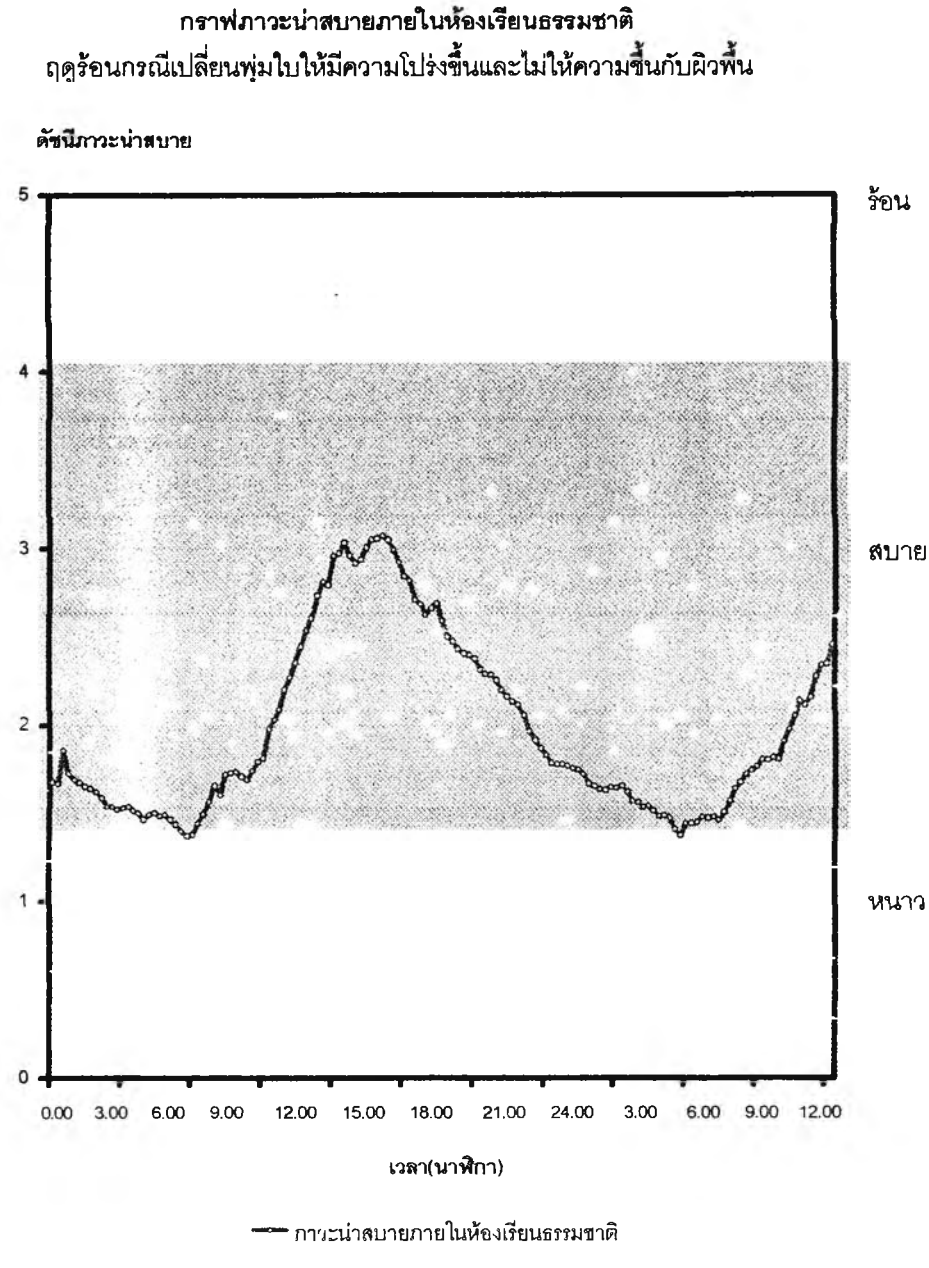
จากการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่ไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้นและกรณีที่ให้ความชื้นกับผิวพื้น จะพบว่า

ในช่วงเวลากลางวัน ความชื้นที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนธรรมชาติที่มีปริมาณมาก ส่งผลให้ภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากความเร็วลม ที่เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงกว่า

แต่ในช่วงเวลากลางคืน ความชื้นที่มีอยู่ในอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติ ได้ส่งผลต่อภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นโดยเป็นตัวแปรที่ทำให้ภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นนั้นอยู่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการให้ความชื้นกับผิวพื้น

2.2 **กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้น** แบ่งออกเป็น 2 สภาวะ คือ

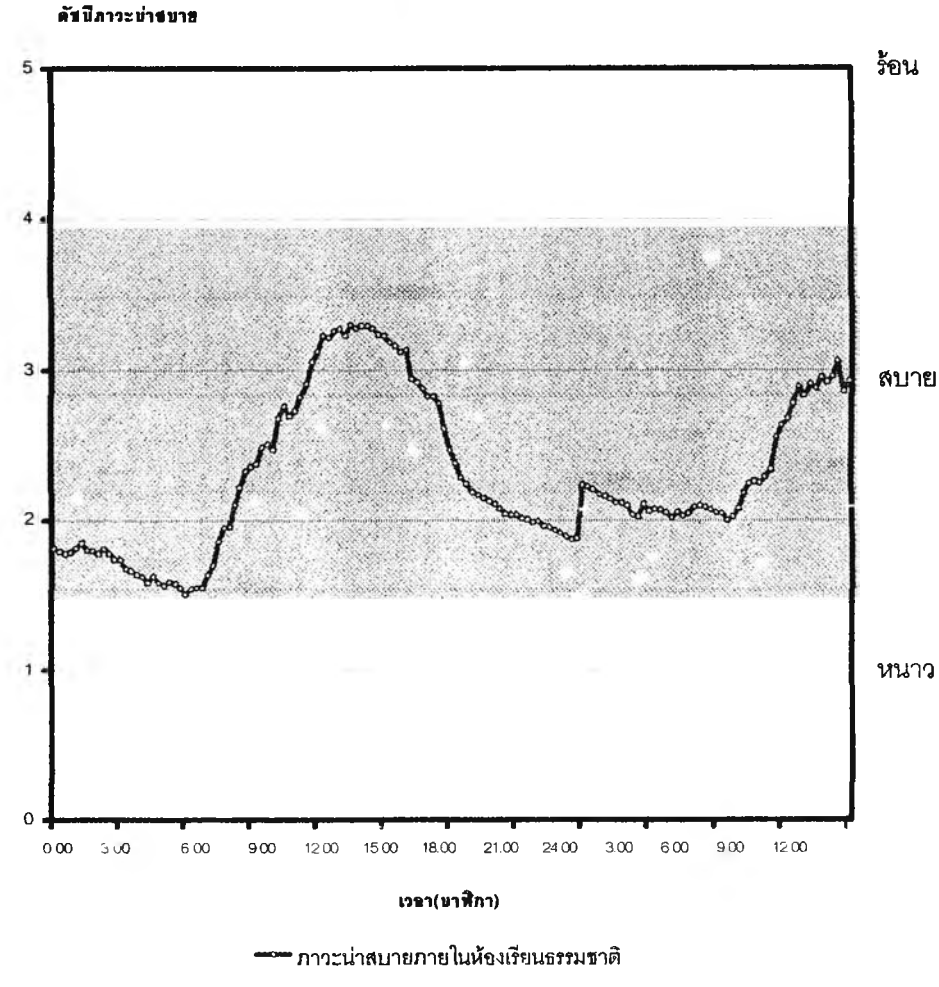
1. **ในสภาพที่ไม่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น**



แผนภูมิที่ 4.27 แสดงภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและไม่ให้ความชื้นกับผิวพื้น

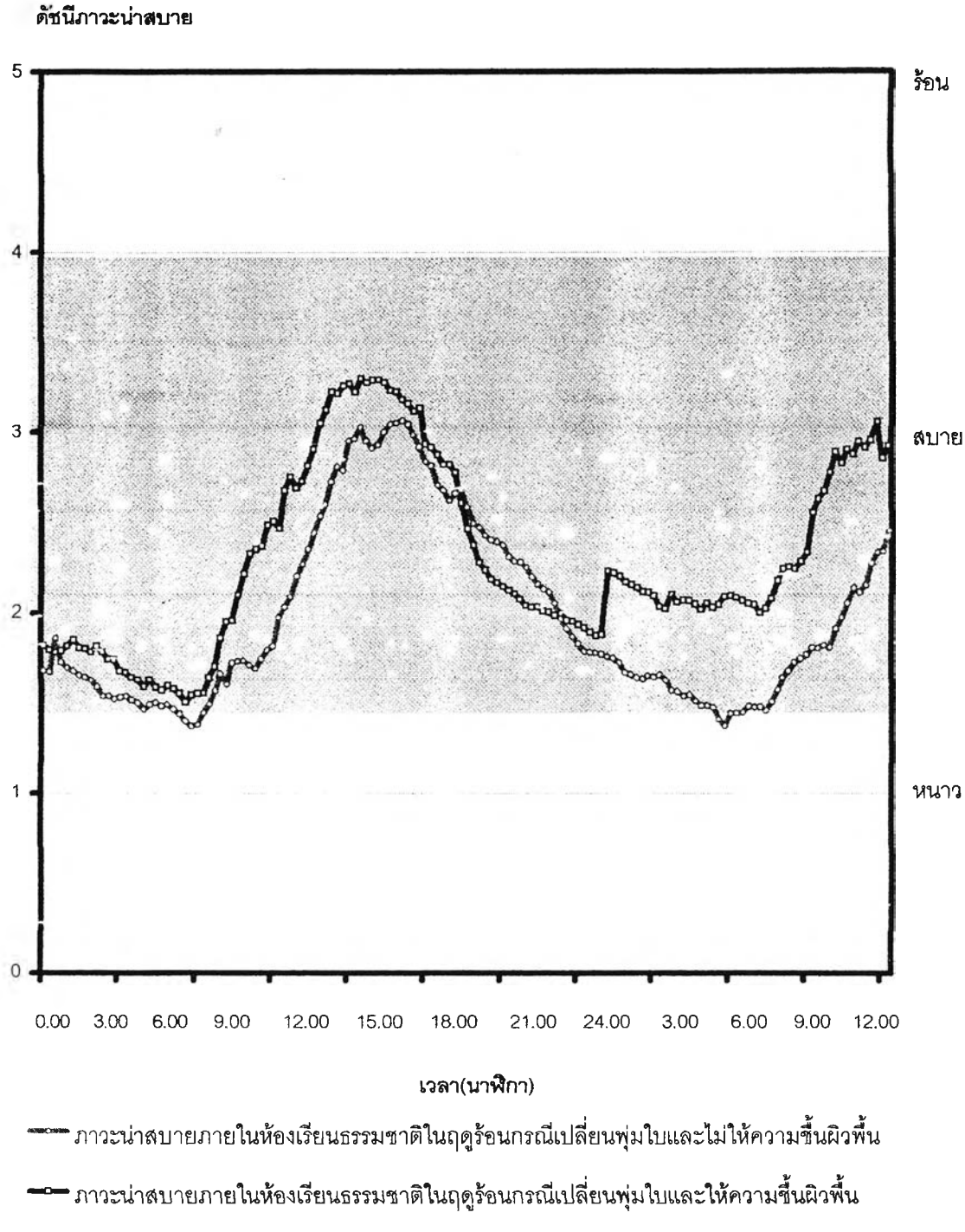
2.2.2 ในสภาพที่ใช้ความชื้นจากผิวพื้น

กราฟเปรียบเทียบภาวะน่าสบายภายนอกกับภายในห้องเรียนธรรมชาติฤดูร้อน
กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น



แผนภูมิที่ 4.28 แสดงภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน
กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น

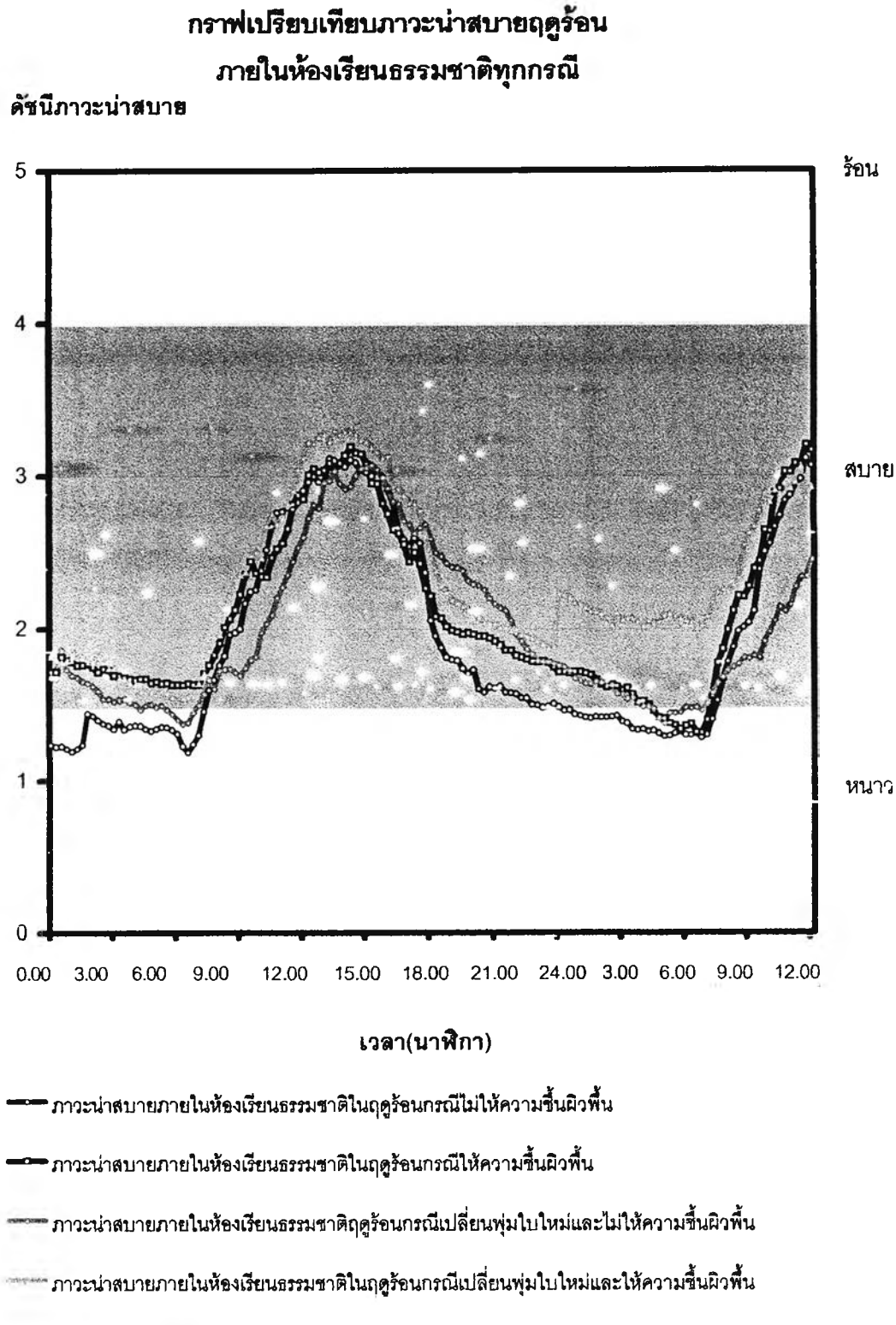
กราฟเปรียบเทียบภาวะน่าสบายฤดูร้อนภายในห้องเรียนธรรมชาติกรณี เปลี่ยนพุ่มใบและไม่ให้ความชื้นผิวพื้นกับให้ความชื้นผิวพื้น



แผนภูมิที่ 4.29 เปรียบเทียบภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อน กรณีเปลี่ยนพุ่มใบให้มีความโปร่งขึ้น-ไม่ให้ความชื้นและให้ความชื้นกับผิวพื้น

จากแผนภูมิเปรียบเทียบ พบว่าการให้ความชื้นกับผิวพื้นนั้น ส่งผลต่อภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติ โดยทำให้ภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นมีค่าสูงขึ้นเกือบตลอดเวลา

ถึงแม้จะไม่มีความแตกต่างมากนัก แต่ก็เป็นตัวแปรหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความเย็นให้กับสภาพอากาศที่ส่งผลโดยรวมต่อภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาตินั้นๆ



แผนภูมิที่ 4.30 เปรียบเทียบภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติในฤดูร้อนทุกกรณี

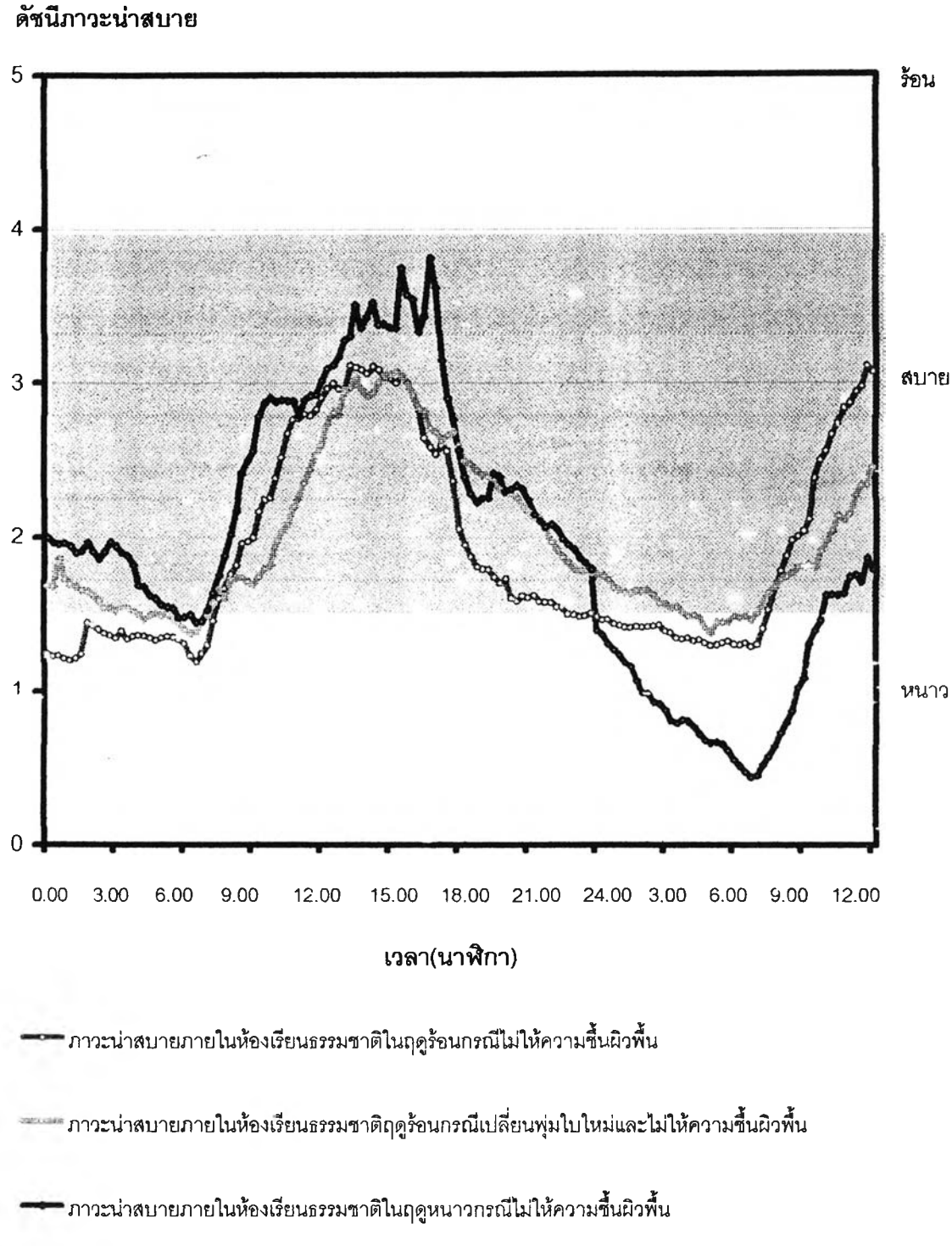
จากแผนภูมิ พบว่าการเปลี่ยนทรงพุ่มให้มีความโปร่งมากขึ้นนั้น ส่งผลต่อภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนธรรมชาติ และเป็นการเพิ่มขอบเขตของภาวะน่าสบายให้สูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปแบบของทรงพุ่ม ทำให้ภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติที่เกิดจากการเปลี่ยนทรงพุ่มนี้ ร้อนมากขึ้นตลอดเวลา

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความโปร่งทึบของทรงพุ่มนั้น ส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิอากาศ และเป็นผลให้ภาวะน่าสบายอยู่ในช่วงที่ร้อนมากขึ้น

ส่วนการให้ความชื้นกับผิวพื้นนั้น ส่งผลให้เกิดภาวะน่าสบายในช่วงเวลากลางคืนที่สูงมากขึ้น ซึ่งจะสามารถใช้วิธีการดังกล่าวได้ดีในกรณีที่อุณหภูมิของอากาศในช่วงเวลานั้นไม่สูงมากนักในฤดูร้อน

ส่วนในช่วงเวลากลางวัน การให้ความชื้นกับผิวพื้นนั้นมีความแตกต่างกันทางด้านภาวะความสบายน้อยมาก แต่การให้ความชื้นนี้ จะส่งผลโดยรวมต่อภาวะความสบายที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนธรรมชาติ

กราฟเปรียบเทียบภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติ
กรณีไม่ให้ความชื้นผิวพื้น



แผนภูมิที่ 4.31 เปรียบเทียบภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติกรณีไม่ให้ความชื้นผิวพื้น

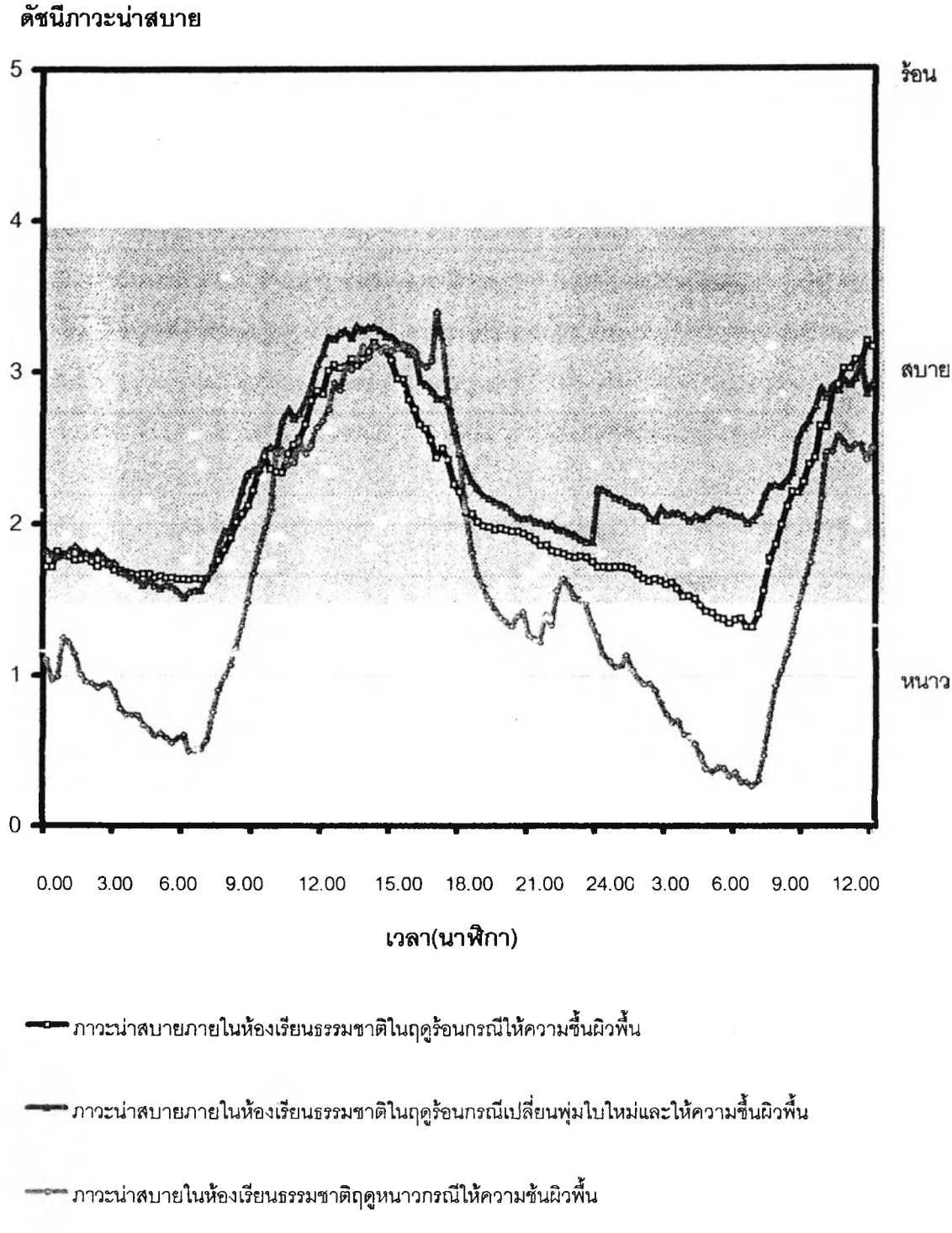
จากแผนภูมิ พบว่า ขอบเขตภาวะความสบายในฤดูหนาวจะอยู่ในช่วงที่กว้างกว่า ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้นนั้นมีมาก จึงส่งผลให้ภาวะความสบายที่เกิดขึ้นนั้นมีช่วงที่กว้างตามไปด้วย

ส่วนในฤดูร้อน เพราะความแตกต่างของอุณหภูมิมีน้อย ดังนั้น ภาวะความสบายที่เกิดขึ้น จึงอยู่ในช่วงที่แคบกว่าจึงทำให้ในช่วงฤดูร้อนนี้ ภาวะความสบายที่เกิดขึ้นมีความสม่ำเสมอ

การเปลี่ยนขนาดของพุ่มใบ ได้ส่งผลโดยตรงต่อภาวะความสบายที่เกิดขึ้นในฤดูร้อน ทั้งนี้เกิดจากการป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มีน้อยลง จึงทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนธรรมชาติมีค่าสูง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อภาวะความสบายที่เกิดขึ้นให้มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

และการเปลี่ยนขนาดของทรงพุ่มนี้เอง ที่ส่งผลให้ภาวะความสบายที่เกิดขึ้นนั้นมีค่าสูงกว่าในกรณีที่ใช้พุ่มใบที่มีความทึบกว่าเกือบตลอดเวลา

กราฟเปรียบเทียบภาวะน่าสบายฤดูร้อนภายในห้องเรียนธรรมชาติกรณี ให้ความชื้นผิวพื้น



แผนภูมิที่ 4.32 เปรียบเทียบภาวะน่าสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติกรณีให้ความชื้นผิวพื้น

จากแผนภูมิ พบว่า การให้ความชื้นกับผิวพื้นนั้นสามารถก่อให้เกิดภาวะความสบายในฤดูหนาวในช่วงเวลากลางวันที่มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณความชื้นที่เพิ่มมากขึ้นนั้น ส่งผลโดยทางอ้อมต่ออุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนธรรมชาติให้มีความแตกต่างของสภาพอากาศที่ลดลง ยังผลให้ค่าความต่างของอุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้นนั้น ลดลงด้วย

แต่ในเวลากลางคืน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกต่ำอยู่แล้ว การให้ความชื้นกลับเป็นการทำให้อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้นมีค่าลดลง จึงเป็นผลให้ภาวะความสบายที่เกิดขึ้นมีค่าอยู่ในช่วงที่หนาว

ส่วนในฤดูร้อนนั้น การเพิ่มความชื้นให้กับผิวพื้นเพื่อเป็นแหล่งความเย็นภายในห้องเรียนธรรมชาตินั้น จะส่งผลต่อภาวะความสบายภายในห้องเรียนธรรมชาติไม่มากนัก เมื่อเทียบกับความสามารถในการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของต้นไม้ ซึ่งมีความสามารถในการลดความต่างของอุณหภูมิอากาศที่ส่งผลโดยตรงต่อภาวะความสบายที่เกิดขึ้นมากกว่า