การออกแบบหลังคาโถงสูงเพื่อความสบายทางด้านแสงสว่าง และประหยัดพลังงาน
กรณีศึกษา : อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์ 3 ชั้น

TOP LIGHTING FOR COMFORT LIGHTING AND LOW ENERGY BUILDING DESIGN
CASE STUDY : 3 STORIES ROW HOUSE

อาวลี อมรลีธรกุล

ONVALEE AMORNLEETRAKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

ISBN 974-642-976-3

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบหลังคาโถงสูงเพื่อความสบายทางด้านแสงสว่าง และประหยัดพลังงาน กรณีศึกษา : อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์ 3 ชั้น

TOP LIGHTING FOR COMFORT LIGHTING AND LOW ENERGY BUILDING DESIGN CASE STUDY : 3 STORIES ROW HOUSE

T044037

อรวลี อมรลีตระกูล

ONVALEE AMORNLEETRAKUL

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 44037
วัน, เดือน, ปี 25 ต.ค. 2545
b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2545

ISBN 974-648-976-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOP LIGHTING FOR COMFORT LIGHTING AND LOW ENERGY BUILDING DESIGN CASE STUDY : 3 STORIES ROW HOUSE

ONVALEE AMORNLEETRAKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2002

ISBN 974-648-976-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบหลังคาโถงสูงเพื่อความสบายทางด้านแสงสว่างและประหยัดพลังงาน กรณีศึกษา : อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์ 3 ชั้น
TOP LIGHTING FOR COMFORT LIGHTING AND LOW ENERGY BUILDING DESIGN CASE STUDY : 3 STORIES ROW HOUSE

ชื่อนักศึกษา นางสาวอรวลี อมรลีตระกูล

รหัสประจำตัว 40063103

ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ธีรมน	ไวโรจนกิจ	
อาจารย์ชัยยุทธ	ศรีเผด็จ	
ผศ.ดร.สมชาย	ศรีสมพงษ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 29 พฤษภาคม 2545 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 21 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบหลังคาโถงสูงเพื่อความสบายทางด้านแสงสว่างและประหยัดพลังงาน กรณีศึกษา : อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์ 3 ชั้น
นักศึกษา	นางสาวอรวลี อมรลีตระกูล
รหัสประจำตัว	40063103
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ

บทคัดย่อ

จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ทำให้ที่ดินมีราคาแพงขึ้น ขนาดของที่อยู่อาศัยเล็กลง อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์จึงเป็นประเภทของอาคารพักอาศัยที่มีการขยายตัวสูง เนื่องจากมีราคาย่อมเยากว่าบ้านเดี่ยว และคอนโดมิเนียม แต่เนื่องจากทาวน์เฮาส์มีลักษณะเป็นแถวสร้างเป็นหน่วยติดๆกัน ทำให้พื้นที่หน้าต่างถูกจำกัดให้เหลือเพียงด้านหน้าและด้านหลัง ยิ่งทาวน์เฮาส์มีหน้าแคบและลึก ยิ่งทำให้แสงธรรมชาติเข้าถึงภายในได้ยาก เป็นผลให้พื้นที่ส่วนกลางได้รับแสงไม่เพียงพอ ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างประดิษฐ์มากขึ้น ดังนั้น หากทาวน์เฮาส์ได้รับแสงสว่างจากด้านบน จะช่วยให้ทาวน์เฮาส์ได้รับแสงธรรมชาติ โดยเฉพาะในพื้นที่ส่วนกลางมากขึ้น พึ่งพาแสงสว่างประดิษฐ์น้อยลง รวมทั้งมีสุขอนามัยที่ดีขึ้น จึงทำการศึกษาหาแนวทางการออกแบบการใช้แสงด้านบนเพื่อความเหมาะสม โดยการศึกษามีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และค่าความส่องสว่างที่ต้องการของบ้านพักอาศัย ได้ค่า Daylight Factor ตามมาตรฐาน IES ของ ห้องนอน ห้องนั่งเล่น ห้องรับแขกและห้องครัว เป็น 0.5, 1 , 1 และ 2 ตามลำดับ หรือเทียบตามมาตรฐานค่าความส่องสว่างเฉลี่ยในหน่วยลักซ์เป็น 50, 75, 100 และ 300 ลักซ์ตามลำดับ

- ศึกษารูปแบบของช่องแสงด้านบน โดยศึกษาขนาดของช่องแสงแนวระนาบ แล้วเลือกช่องแสง 3 x 3 เมตรมาทำการทดลองเรื่องรูปแบบหลังคาของช่องแสง โดยเลือกหลังคาที่มีลักษณะเป็น Indirect Light พื้นฐาน 3 แบบ คือ หลังคาแบบ Sawtooth , Monitor เปิดรับแสง 2 และ 4 ทิศทาง ทำการทดสอบในหุ่นจำลองขนาด 4 x 12 เมตร มาตราส่วน 1 : 10 ซึ่งสรุปได้ว่า หลังคาแบบ Monitor 4 ทิศทางและ ให้ค่า DF มากกว่าหลังคา Sawtooth เล็กน้อย ขึ้นอยู่กับพื้นที่รับแสงตามขนาดของช่องเปิด และทิศทางการรับแสง และความสูงของช่องแสงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณแสง จึงได้เลือกหลังคาแบบ Sawtooth และ Monitor รับแสง 4 ทิศทาง มาทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเปรียบเทียบเรื่องความสูงของหลังคาในระดับต่างๆ พบว่า หลังคา Sawtooth ให้ค่า DF มากที่สุดที่ความสูง 1.50, 1.00 และ 0.50 เมตร ตามลำดับ ส่วนหลังคา แบบ Monitor รับแสง 4 ทิศทาง ทำการศึกษาตั้งแต่ระดับความสูง 0.50 – 3.00 เมตร พบว่า ค่า DF มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในช่วงระยะ 1.50 เมตร ดังนั้น จึงได้เลือกหลังคาแบบ Monitor รับแสง 4 ทิศทาง ความสูง 1.50 เมตร เพื่อทำการศึกษาในส่วนต่อไป

- การวิเคราะห์การออกแบบ ได้ทำการวิเคราะหกฎหมายควบคุมอาคาร ซึ่งเป็นตัวกำหนดรูปแบบผังอาคารและช่องเปิดด้านข้าง การวิเคราะห์การวางทิศทางอาคารและอุปกรณ์บังแดด เพื่อหารูปด้าน และการทดสอบหลังคาช่องแสงด้านบน ร่วมกับการหาค่า OTTV และ RTTV เพื่อหาขนาดหลังคาที่ให้ปริมาณความสว่างเหมาะสมกับความร้อนที่เข้ามาในอาคาร โดยเลือกหลังคาดังกล่าวข้างต้นมาทำการทดสอบ ในหุ่นจำลองทาวน์เฮาส์ที่วิเคราะห์แล้ว ขนาด 1: 20 ผลที่ได้มีค่า DF สูงเพียงพอ แต่เมื่อคำนวณค่าความส่องสว่างตลอดปี ค่าที่ได้สูงเกินความต้องการ โดยเฉพาะในชั้นที่ 3 มีค่าสูงสุดถึง 8,000 ลักซ์ เป็นผลให้ค่า RTTV สูงถึง 37.27 วัตต์ / ตารางเมตร ในขณะที่ค่า OTTV มีค่าต่ำเพียง 17.68 วัตต์ / ตารางเมตร จึงทำการคำนวณย้อนกลับและได้ผลว่า หากต้องการค่า RTTV เป็น 25 วัตต์ / ตารางเมตร จะได้ความสูงของหลังคาช่องแสงเป็น 0.81 เมตร โดยมีค่า RTTV เป็น 24.63 วัตต์ / ตารางเมตร ซึ่งเมื่อคำนวณค่าความสว่างตลอดปีเปรียบเทียบกับมาตรฐานค่าความส่องสว่างของ IES แล้ว เพียงพอต่อความต้องการ จะมีเพียงบางจุดในจุดอับและบางส่วนของห้องนั่งเล่นในช่วงเดือนมกราคมเท่านั้น ที่มีค่าความส่องสว่างต่ำกว่าความต้องการ ซึ่งสามารถเสริมด้วยแสงสว่างประดิษฐ์ได้

นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบและวิเคราะห์อุปกรณ์สะท้อนแสง เพื่อเป็นข้อเสนอแนะในกรณีที่มีแสงสว่างไม่เพียงพอ โดยทำการทดลองกับช่องแสงสูง 1.50 เมตร เพื่อให้ได้ค่าที่ชัดเจนขึ้น ผลที่ได้พบว่าอุปกรณ์สะท้อนแสงที่เหมาะกับชั้นบนควรเป็นแบบติดอยู่รอบๆขอบโถง เพื่อไม่ให้บังแสงที่จะส่องถึงชั้นล่าง และในชั้นล่างอุปกรณ์สะท้อนแสงควรเป็นแบบแขวนตรงกลาง

สรุปได้ว่า ช่องแสงด้านบนสามารถเพิ่มปริมาณความส่องสว่างให้กับทาวน์เฮาส์ได้ โดยเฉพาะในพื้นที่ส่วนกลาง ซึ่งสามารถลดการใช้ไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ได้ แต่จะลดได้เท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับกิจกรรมของผู้อยู่อาศัยเป็นสำคัญ ในการวิจัยนี้เพียงแต่ได้นำเสนอทาวน์เฮาส์ขนาดเล็กที่สุด 4 x 16 เมตร ที่มีโถงและพื้นที่ใช้สอยที่มีประสิทธิภาพ มีขนาดหลังคาช่องแสง 3 x 3 เมตร สูง 0.81 เมตร ซึ่งให้ความส่องสว่างเพียงพอและเหมาะสมกับปริมาณความร้อน รวมทั้งแนวทางในการพิจารณาเพื่อออกแบบ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นปริมาณความสว่างและความร้อน ขึ้นอยู่กับปัจจัยในการออกแบบหลายประการ เช่น ขนาดและรูปร่างของทาวน์เฮาส์ รูปร่าง ขนาดและความสูงของช่องแสง รวมถึงสีและวัสดุที่ใช้ ซึ่งเราสามารถทำได้หลากหลาย และควรนำมาเป็นข้อพิจารณาด้วยทุกครั้งในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Top Lighting for Comfort Lighting and Low Energy Building Design Case Stydy : 3 Stories Row House
Student	Miss Onvalee Amornleetrakul
Student ID.	40063103
Degree	Master of Architecture
Programme	Tropical Architecture
Year	2002
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Teeramon Wairojanakij

ABSTRACT

The increasing number of populations caused land price rising up and down sizing the dwellings . Row houses became most preferably by the ones who are looking for a house due to its attractive lower price compared with single houses or condominiums. The demand for row houses increased continuously and sharply. With restricted to the cost and the size, houses were built in rows with windows at the front and the rare sides only. The more narrow and longer size of the houses , the more difficulty to access natural light inside . The concept to increase natural light inside the row houses from top lighting roof , not only to improve the dwellers health but also to pay less on the electric power bill , lead to the study of designing an appropriate top lighting roof form. The study is divided into 2 main parts: firstly, the form of the top lighting and secondly, the internal reflector. The study has been implemented steps by steps as the followings:

Study the basic information and the standard illuminate value in the dwellings. It is found that the Daylight Factor for bedroom, living room, visitors room and kitchen is 0.5, 1 and 2 respectively according to IES standard or 50, 75, 100 and 300 respectively according to Lux standard.

Study the form of the top lighting roof by studying the size of flat lighting surfaces. The 3 x 3 meters lighting surface is selected to experiment for the appropriate top lighting roof. The 4 x12 meters roof models at 1 :10 scale which selected from three standard indirect lighting roofs styles : saw tooth , 2 direction and 4 direction light approaching roof, were built and tested. It can be summarized that 4 direction light approaching roof gave slightly more DF value than saw tooth roof. The size of the open lighting surfaces, the direction of the light approaching and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the height of the lighting surfaces effected the daylight value . The sawtooth roof and 4 directions light approaching roof were then selected to be tested to find an appropriate height of the roof. It is found that the saw tooth roof gave maximum DF value at 1.50, 1.00 and 0.50 height respectively. The study of 4 directions light approaching roof at the height range from 0.50 - 3.00 meters , found that maximum DF value of this roof style was at 1.50 meters high. Then, 4 directions light approaching roof at 1.50 meters high is selected for further study.

The design analysis : The building restriction regulations which controlled the layout and side opening spaces have been studied. Layout of the building together with the shade blinding equipment have been analysed to find side section. The OTTV and RTTV values have been experimented and calculated with the two selected roof styles at selected height models, at 1 : 20 scale, to find the appropriate size of the roof which will give most comfortable light and heat within the dwellings. It is found that the DF value within the tested models is high enough but the whole year illuminate value is too high, especially at the third floor. At the third floor, the maximum DF value at 8,000 Lux which reflected to have RTTV value at 37.27 watt per square meters, which is too high, while OTTV value is lower at 17.68 watts per square meters. By the reverse calculation, it is found that if RTTV value at 25 watts per square meters is needed , the roof should be at 0.81 meters high. At this height the RTTV value is 24.63 watts per square meters which is enough when compared with the value of the whole year illuminate needed according to the IES standard. Only some blinded area and partly of the living in January that the light will be poor and invented light will be needed.

In order to make a good suggestion in case of poor natural light inside the houses , internal reflector accessories have been further tested and experimented. The 1.50 meters high lighting surfaces has been tested to get accuracy results. It is found that at the upper floor, the reflector should be attached around at the rim of the hall line to prevent blocking natural light from upper to lower floor, and the reflector at the lower floor should be hanged at the center of the hall.

It should be summarized that top lighting roof can help increasing the value of the DF in the row houses, especially at the center area and decreasing the consumption of invented light accordingly. However, the more or less of the decrease of electric power depends essentially on the dwellers activities. This study only represented to the smallest row houses at 4 x 16 meters size with fully utilizing hall and spaces designed with

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 x 3 x 0.81 meters top lighting roof which proofed that comfortable natural light and heat can be accessed inside the house. However, it should be considered that the degree of natural light and heat inside the row houses depending on various design factors such as size and shape of the house : size, type and height of the lighting roof : color and material used etc. All these factors should be taken into account carefully at the design analysis stage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ปรีชญา รังสิรักษ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ในช่วงแรก ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) และบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ Prof. S V Szokolay ที่ให้คำแนะนำ และเขียนหนังสือดีๆให้ศึกษาอ้างอิง

ขอขอบคุณบิดา มารดา คุณป้า ที่ให้การสนับสนุนการศึกษา และเป็นกำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณธีรวัฒน์ เทพมณี ที่ช่วยเหลือในเรื่องการใช้เครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณศิริพร เล็กอุดม คุณเจริญ เตชเจษฎาวงศ์ และคุณพีรยุช อมรลีตระกูล ที่ช่วยเติมเต็มให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อรวลี อมรลีตระกูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... VI

สารบัญ..... VII

สารบัญตาราง..... IX

สารบัญรูป..... XI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย..... 4

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย..... 4

1.4 ระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัย..... 6

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 9

บทที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแสงสว่าง..... 11

2.1 แสงธรรมชาติ..... 11

2.2 พื้นที่ส่วนกลาง..... 12

2.3 ประเภทของโถงสูง..... 12

2.4 ประโยชน์ของโถงสูง..... 13

2.5 หลังคาของโถงสูง..... 14

2.6 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 15

2.7 ตัวแปรต่างๆในงานวิจัย..... 16

บทที่ 3 เครื่องมือและหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย..... 17

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์..... 17

3.2 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง..... 17

3.3 ข้อจำกัดในการวิจัย..... 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 37

4.1 การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบขนาดช่องแสงแนวระนาบ..... 38

4.2 การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบรูปแบบของหลังคาช่องแสง..... 60

4.3 การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบความสูงของช่องแสง..... 66

บทที่ 5 การวิเคราะห์และการออกแบบ..... 78

5.1 กฎหมาย..... 78

5.2 การวางทิศทางอาคารและการหาอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องแสงด้านข้าง..... 81

5.3 ช่องแสงด้านบน..... 89

5.4 การคำนวณค่าความร้อนรวมภายในทาวน์เฮาส์ (OTTV)..... 92

5.5 อาคารเสนอแนะ..... 105

5.6 บทสรุป..... 110

5.7 ข้อเสนอแนะ..... 111

เอกสารอ้างอิง..... 112

ภาคผนวก ก..... 114

ภาคผนวก ข..... 139

ภาคผนวก ค..... 143

ภาคผนวก ง..... 149

ภาคผนวก จ..... 154

ภาคผนวก ฉ..... 156

ภาคผนวก ช..... 260

ภาคผนวก ซ..... 292

ภาคผนวก ฌ..... 296

ประวัติผู้เขียน..... 329

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนต่างๆแบ่งตามประเภทการใช้งาน..... 2

1.2 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนต่างๆแบ่งตามประเภทการใช้งาน (เปอร์เซ็นต์)..... 3

2.1 ประเภทของโถงสูง..... 12

3.1 อัตราส่วนต่างๆเมื่อเปลี่ยนขนาดช่องแสงและโถง..... 21

3.2 ขนาดของช่องแสงที่ใช้ในการทดลอง..... 27

3.3 ประสิทธิภาพของช่องแสง sawtooth roof..... 31

3.4 ประสิทธิภาพของช่องแสง monitor roof..... 32

4.1 ขนาดของช่องแสงที่ใช้ในการทดลองที่ 1..... 38

4.2 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 1..... 39

4.3 ค่าอัตราส่วน Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)..... 40

4.4 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 2..... 41

4.5 ค่าอัตราส่วน Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 2 (เปอร์เซ็นต์)..... 42

4.6 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 3..... 43

4.7 ค่าอัตราส่วน Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 3 (เปอร์เซ็นต์)..... 44

4.8 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 1..... 45

4.9 ค่าอัตราส่วน Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)..... 46

4.10 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 2..... 47

4.11 ค่าอัตราส่วน Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 2 (เปอร์เซ็นต์)... 48

4.12 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 3..... 49

4.13 ค่าอัตราส่วน Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 3 (เปอร์เซ็นต์)... 50

4.14 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 1..... 51

4.15 ค่าอัตราส่วน Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)... 52

4.16 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 2..... 53

4.17 ค่าอัตราส่วน Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 2 (เปอร์เซ็นต์)... 54

4.18 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 3..... 55

4.19 ค่าอัตราส่วน Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 3 (เปอร์เซ็นต์)... 56

4.20 การเปรียบเทียบค่า DF ของหลังคาช่องแสงประเภทต่างๆ..... 57

4.21 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนของค่า DF ของหลังคาช่องแสงประเภทต่างๆ..... 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.22	รูปแบบของหลังคาช่องแสงที่ใช้ในการทดลองที่ 2	60
4.23	การเปรียบเทียบค่า DF ของหลังคาช่องแสงประเภทต่างๆ	62
4.24	การเปรียบเทียบค่า DFavg ต่อ 1 ตร.ม. ของหลังคาช่องแสงประเภทต่างๆ	63
4.25	เปอร์เซ็นต์การรับแสงของหลังคาประเภทต่างๆต่อช่องแสงแนวระนาบ (%)	64
4.26	รูปแบบของหลังคา Sawtooth ที่ใช้ในการทดลองที่ 3	66
4.27	การเปรียบเทียบความสูงฟันเลื่อยของหลังคา Sawtooth roof	67
4.28	ค่าอัตราส่วนของหลังคา Monitor 4 ทิศทางที่ความสูงต่างๆ (ชั้นที่ 1)	69
4.29	ค่าอัตราส่วนของหลังคา Monitor 4 ทิศทางที่ความสูงต่างๆ (ชั้นที่ 2)	71
4.30	ค่าอัตราส่วนของหลังคา Monitor 4 ทิศทางที่ความสูงต่างๆ (ชั้นที่ 3)	73
5.1	สรุปผลการทดลองเรื่องช่องแสงด้านบน	92
5.2	ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยรายชั่วโมงในแต่ละเดือน	98
5.3	ค่าความส่องสว่างภายนอก ณ เวลาต่างๆที่ทำการวัด เทียบกับค่าของ AIT (klux)	99
5.4	ค่า DF เฉลี่ยค่าความส่องสว่างเฉลี่ยรายเดือนแยกตามพื้นที่ใช้งาน	101
5.5	ค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพฯ	102
5.6	ค่า DF เฉลี่ยในโซนต่างๆของทาวน์เฮาส์	103
5.7	ความความสว่างในโซนต่างๆ เมื่อมีค่าความส่องสว่างภายนอก 30,000 – 60,000 ลักซ์	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนภูมิการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนต่างๆแบ่งตามประเภทการใช้งาน.....	2
1.2	แผนภูมิอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนต่างๆแบ่งตามประเภทการใช้งาน.....	3
1.3	ระเบียบวิธีวิจัย.....	10
2.1	การแบ่งพื้นที่โถงและพฤติกรรมด้านพลังงาน.....	14
2.2	กราฟ Hourly mean of glabal illuminance (klux) by calendar month (solar time).....	16
3.1	Photometric sensor และ Data logger.....	17
3.2	ขนาดเล็กที่สุดของทาวน์เฮาส์ตามกฎหมาย.....	18
3.3	ทาวน์เฮาส์และที่ว่างตามกฎหมาย.....	19
3.4	การจัดพื้นที่ในทาวน์เฮาส์ทั่วไป.....	19
3.5	ระนาบของแสงแดดที่ส่องเข้ามาทางหน้าต่างด้านข้างในวันต่างๆ..... เมื่อทาวน์เฮาส์วางในแนวทิศเหนือ – ใต้.....	23
3.6	ระนาบของแสงแดดตลอดปี (ทิศเหนือ – ใต้) หาจาก sunpath – diagram.....	26
3.7	ระนาบของแสงแดดที่ได้จากการรวมแสงด้านบนและแสงด้านข้างในโถง 4 x 4 เมตร..	26
3.8	ช่องแสงแนวตั้งและแนวระนาบ.....	27
3.9	หลังคาแบบต่างๆ (Indirect light)	29
3.10	รูปแบบการกระจายแสงภายในหลังคาประเภทต่างๆ.....	30
3.11	สภาพแสงภายในห้องที่มีหลังคา sawtooth roof.....	30
3.12	สภาพแสงภายในห้องที่มีหลังคา monitor roof.....	30
3.13	สภาพแสงภายในห้องที่มีหลังคา butterfly roof.....	31
3.14	ค่า luminous flux ภายในและภายนอก.....	31
3.15	ผังกริดของทาวน์เฮาส์และตัวอย่างการวางเครื่องมือ.....	33
3.16	ผังการวางเครื่องวัดแสงในชั้นต่างๆ.....	34
3.17	การติดตั้งเครื่องมือต่างๆ.....	35
3.18	ภาพขณะทำการทดลอง.....	36
3.19	ท้องฟ้าในช่วงปลายฤดูฝนขณะทำการทดลอง.....	36
4.1	การแบ่งโซนเพื่อหาค่า DF เฉลี่ยของช่องแสงขนาดต่างๆ.....	57
4.2	ผังการวางเครื่องวัดแสงในชั้นต่างๆ ในการทดลองที่ 2 และ 3.....	61
4.3	กราฟอัตราส่วนของความสูงที่เพิ่มขึ้นของชั้นที่ 1 เมื่อให้ความสูง 0.50 ม. = 100%.....	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.4	กราฟอัตราส่วนของความสูงที่เพิ่มขึ้นของชั้นที่ 2 เมื่อให้ความสูง 0.50 ม. = 100%.....	75
4.5	กราฟอัตราส่วนของความสูงที่เพิ่มขึ้นของชั้นที่ 3 เมื่อให้ความสูง 0.50 ม. = 100%.....	75
4.6	กราฟอัตราส่วนของความสูงที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของทั้ง 3 ชั้น..... เมื่อให้ความสูง 0.50 ม. = 100%.....	76
5.1	ขนาดของทาวน์เฮาส์และที่ดิน.....	79
5.2	การวางบันไดรูปแบบต่างๆที่มีผลต่อรูปร่างของโถง เมื่อวางไว้บริเวณกลางอาคาร.....	79
5.3	ผังอาคารตัวอย่าง.....	80
5.4	ตัวอย่างผนังด้านหน้าและด้านหลังของอาคาร.....	81
5.5	เส้นทางโคจรดวงอาทิตย์และทิศทางลมของกรุงเทพมหานคร (14^0 เหนือ).....	82
5.6	ผนังห้องทางด้านทิศเหนือ.....	83
5.7	ผนังห้องนอนและห้องนั่งเล่นทางด้านทิศใต้.....	84
5.8	ผนังห้องครัวทางด้านทิศใต้.....	85
5.9	เงาของดวงอาทิตย์ที่ทาบผนังห้องทางด้านทิศเหนือ ในวันที่ 22 มิ.ย. ..... ตั้งแต่เวลา 6.00 – 17.00 น.....	86
5.10	เงาของดวงอาทิตย์ที่ทาบผนังห้องนอนและห้องนั่งเล่นทางทิศใต้ ในวันที่ 22 ธ.ค... ตั้งแต่เวลา 6.41 – 17.30 น.....	87
5.11	เงาของดวงอาทิตย์ที่ทาบผนังห้องครัวทางด้านทิศใต้ ในวันที่ 22 ธ.ค. ..... ตั้งแต่เวลา 6.41 – 17.30 น.....	88
5.12	รูปด้านหน้าและด้านหลังของทาวน์เฮาส์.....	89
5.13	การ project เส้นแสงจาก sunpath – diagram ตลอดวันในทุกๆเดือน (14^0 เหนือ)...	90
5.14	หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบ.....	91
5.15	การวาง sensor ในจุดต่างๆของหุ่นจำลอง.....	91
5.16	การคิดค่า Shading Coefficient.....	93
5.17	ส่วนของหลังคาช่องแสงในการคำนวณ RTTV.....	94
5.18	กราฟแสดงค่า RTTV ของช่องแสงแบบ Monitor รับแสง 4 ทิศทาง..... ขนาด 3 x 3 เมตร ที่ความสูงหลังคาในระดับต่างๆ.....	95
5.19	ค่า Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร.....	96
5.20	รูปแสดงเส้นและพื้นผิวค่า DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร...	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.21	กราฟค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าตลอดปี.....	98
5.22	การแบ่งโซนเพื่อเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างตลอดปีกับค่ามาตรฐาน..... ของหลังคาช่องแสงสูง 0.81 เมตร.....	100
5.23	การแบ่งผังเพื่อเฉลี่ยค่าความส่องสว่าง.....	103
5.24	ผังทาวน์เฮาส์.....	105
5.25	รูปตัดตามยาว.....	106
5.26	รูปด้านหน้าและด้านหลัง.....	107
5.27	ทัศนียภาพภายนอกอาคาร.....	108
5.28	ทัศนียภาพภายในอาคาร.....	108

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เป็นเวลานับล้านๆปีมาแล้ว ที่ความสว่างมีผลทางกายภาพในเรื่องการมองเห็นของมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์เป็นสัตว์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ในความมืด ความกลัวและความปลอดภัยจึงทำให้มนุษย์แสวงหาสิ่งต่างๆที่จะทำให้เกิดความสว่างได้และนับถือสิ่งนั้นๆ ดังในยุคแรกๆที่มีการบูชาไฟและการนับถือดวงอาทิตย์เป็นเทพเจ้า จากนั้นความสว่างก็มีพัฒนาการในตนเองเรื่อยมา ตั้งแต่การจุดไฟ การใช้แสงจากหิ่งห้อย เทียน ตะเกียง จนกระทั่งถึงหลอดไฟฟ้าหรือใยแก้วนำแสงในปัจจุบัน แสงสว่างนอกจากจะช่วยให้มนุษย์มองเห็นแล้ว ยังมีผลทางด้านความรู้สึก แสงสว่างสามารถให้ความรู้สึก ปลอดภัย สดใส กระตือรือร้น รุ่งโรจน์ ลึกลับ มีมนต์ขลัง หรือความรู้สึกอื่นใดก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบและประเภทของแสงที่ใช้ การใช้แสงเพื่อให้ความรู้สึกในงานสถาปัตยกรรมมีมาช้านาน โดยเฉพาะการใช้แสงธรรมชาติเป็นสื่อกลางความรู้สึกในงานสถาปัตยกรรมทางศาสนา แต่ต่อมาหลังจากจักรวรรดิทางศาสนาเสื่อมอำนาจลง และระบอบประชาธิปไตยเข้ามาแทนที่ ทำให้เกิดงานสถาปัตยกรรมหลายประเภทที่ใช้แสงธรรมชาติช่วยในเรื่องการส่องสว่างและการตกแต่งอาคาร

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การเจาะช่องแสงด้านบนเพื่อนำแสงสว่างเข้ามายังชั้นต่างๆ ทำให้เกิดรูปแบบของโถงสูง (atrium) ในอาคาร ได้รับแสงธรรมชาติซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าแสงประดิษฐ์ ทั้งในเรื่องความสว่าง คุณภาพของสี และปริมาณความร้อนที่น้อยกว่าถ้าเปรียบเทียบที่ความสว่างเท่ากัน แต่แสงธรรมชาติมีองค์ประกอบหลายอย่างและสามารถแปรผันได้ตลอดเวลา ดังนั้นหากนำมาใช้อย่างไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดความไม่สบายได้ เช่น ทำให้เกิดแสงจ้า แสงบาดตา หรือแสงสลัว ต้องใช้แสงประดิษฐ์เข้าช่วยเกินความจำเป็น รวมถึงการได้รับปริมาณความร้อนมากเกินไป แทนที่จะทำให้เกิดความสบายกลับเพิ่มความไม่สบาย และเพิ่มภาระให้กับเครื่องปรับอากาศเกิดผลกระทบต่อการใช้พลังงานรวมของอาคารได้

อันที่จริง โถงสูงและแสงด้านบนเป็นกลไกที่มีประโยชน์อันหนึ่งในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร ช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง สามารถสร้าง stack effect ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายใน ใช้เป็นพื้นที่ปลูกต้นไม้ในอาคาร หรืออื่นๆตามจุดประสงค์ ดังนั้นโถงสูงที่ได้รับการออกแบบดีจะสามารถช่วยสร้างบรรยากาศ และช่วยประหยัดพลังงานในอาคารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

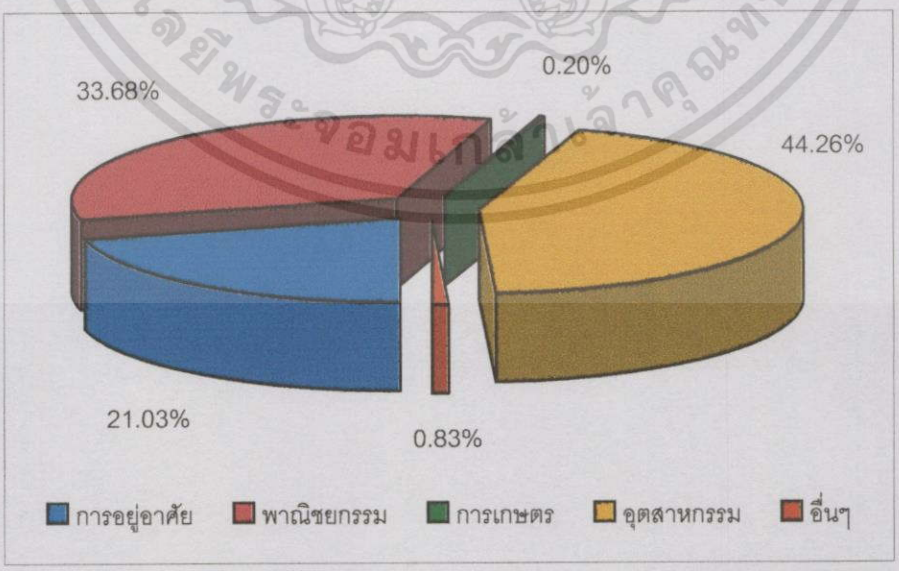
ได้มีการสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าในหลายภาคการใช้งาน ซึ่งปรากฏผลดังตารางที่ 1.1 ว่าภาคอุตสาหกรรมมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดตลอด 10 ปี ตั้งแต่ปีพ.ศ.2531 – 2540 คิดเป็นอัตราเฉลี่ยร้อยละ 44.26 รองมาคือภาคพาณิชยกรรม คิดเป็นอัตราร้อยละ 33.68 หรือ ประมาณ 1 ใน 3 ถัดมาเป็นภาคการอยู่อาศัย ภาคอื่นๆ และภาคเกษตรกรรมตามลำดับ

ตารางที่ 1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนต่างๆแบ่งตามประเภทการใช้งาน

ปี พ.ศ.	การอยู่อาศัย	พาณิชยกรรม[2]	อุตสาหกรรม[3]	การเกษตร	อื่นๆ[4]	รวม
2531	6,253.5	8,847.6	12,951.8	67.4	132.4	28,252.7
2532	7,024.6	10,108.2	15,431.0	89.7	180.3	32,833.8
2533	8,087.6	11,982.8	17,928.0	96.2	247.6	38,342.2
2534	9,152.1	13,975.5	19,813.3	93.8	362.9	43,397.6
2535	10,258.8	18,049.1	20,406.1	117.6	472.1	49,303.7
2536	11,932.7	21,448.3	22,372.8	129.9	395.7	56,279.4
2537	12,893.8	20,116.6	28,920.1	95.7	484.2	62,510.4
2538	14,621.5	23,026.3	32,859.0	102.8	615.3	71,224.9
2539	16,047.4	25,782.4	34,645.3	124.4	754.8	77,354.3
2540	17,666.5	29,203.8	34,541.7	165.4	852.0	82,429.4

หมายเหตุ : 1 ไม่รวมการผลิตส่วนตัวเพื่อใช้เอง
2 รวมส่วนราชการและองค์กรการกุศล
3 จัดแยกโดย TSIC code และรวม mining ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535
4 ผู้ใช้ชั่วคราว

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย, 2540.



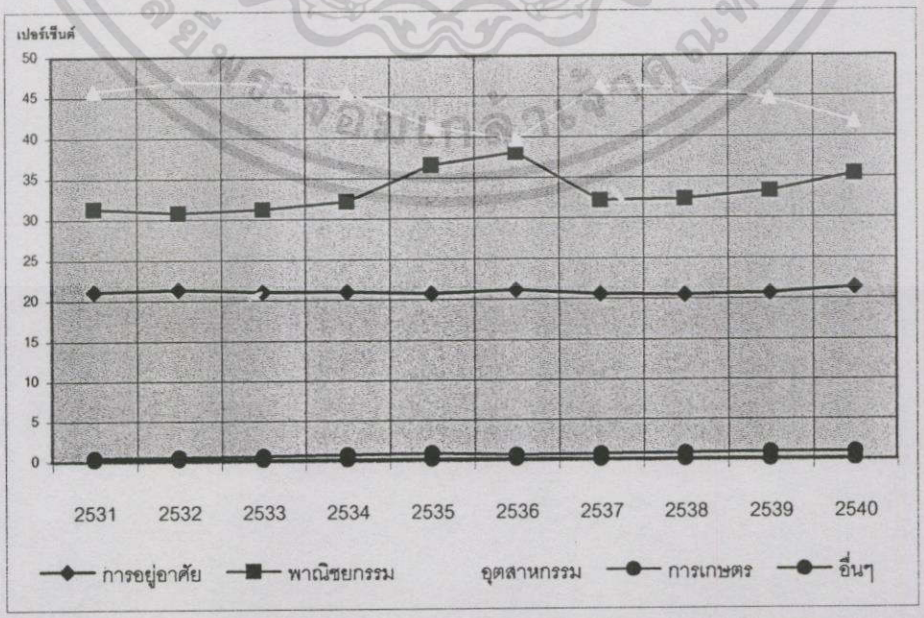
รูปที่ 1.1 แผนภูมิการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนต่างๆแบ่งตามประเภทการใช้งาน (อัตราส่วนเฉลี่ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากอัตราส่วนในแผนภูมิข้างต้นมีสิ่งที่น่าสนใจ จากรูปที่ 1.1 และ 1.2 จะเห็นว่าภาคอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรมมีสัดส่วนที่ผกผันกัน หรือเป็นตัวแปรการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อกันหากอีกภาคหนึ่งลดอีกภาคหนึ่งก็เพิ่ม จัดว่าทั้ง 2 ภาคมีความน่าสนใจในการประหยัดพลังงาน แต่หากมองในเรื่องการยกระดับคุณภาพชีวิตแล้ว ภาคการอยู่อาศัยจะมีความน่าสนใจที่สุด เนื่องจากภาคการอยู่อาศัยใช้พลังงานในอัตราประมาณร้อยละ 20 หรือ 1 ใน 5 คงที่ และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเจริญเติบโตด้านเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ ที่ทำให้ผู้คนสามารถทำงานอยู่ที่บ้านได้ และอาคารพักอาศัยที่มีการใช้แสงธรรมชาติต่ำที่สามารถออกแบบให้ใช้แสงธรรมชาติเพิ่มขึ้นได้ คือ อาคารประเภท Row House

ตารางที่ 1.2 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนต่างๆแบ่งตามประเภทการใช้งาน (เปอร์เซ็นต์)

ปี พ.ศ.	การอยู่อาศัย	พาณิชยกรรม	อุตสาหกรรม	การเกษตร	อื่นๆ	รวม
2531	21.13	31.32	45.84	0.24	0.47	100.00
2532	21.39	30.79	47.00	0.27	0.55	100.00
2533	21.09	31.25	46.76	0.25	0.65	100.00
2534	21.09	32.20	45.66	0.22	0.83	100.00
2535	20.80	36.61	41.39	0.24	0.96	100.00
2536	21.20	38.11	39.75	0.23	0.71	100.00
2537	20.63	32.18	46.26	0.15	0.78	100.00
2538	20.52	32.33	46.14	0.14	0.87	100.00
2539	20.74	33.33	44.79	0.16	0.98	100.00
2540	21.43	35.43	41.90	0.20	1.04	100.00



รูปที่ 1.2 แผนภูมิอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนต่างๆแบ่งตามประเภทการใช้งาน (เปอร์เซ็นต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"Row House" แปลเป็นภาษาไทยว่า "ห้องแถว" หมายความว่า อาคารที่พักอาศัยหรืออาคารพาณิชย์ ซึ่งปลูกสร้างติดต่อกันเป็นแถวเกินสองห้อง และประกอบด้วยวัตถุไม่ทนไฟเป็นส่วนใหญ่ [16]

แต่ในประเทศไทยคำว่า Row House จะมีความหมายเหมือนทาวน์เฮาส์มากกว่า ดังนั้นในที่นี้จึงของเรียกอาคารที่ใช้ทำการศึกษาว่า ทาวน์เฮาส์

ในปัจจุบันมีการปลูกสร้างบ้านประเภทบ้านแถว (Row House) เช่น ทาวน์เฮาส์ หรือห้องแถวกันมาก เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องการใช้ที่ดินในเมือง และเนื่องจากทาวน์เฮาส์มีลักษณะติดกันเป็นแถว การรับแสงธรรมชาติของแต่ละหน่วยจึงควรได้จากด้านบนเป็นหลัก

การออกแบบช่องแสงด้านบนสำหรับทาวน์เฮาส์ที่กระทำกันโดยทั่วไป มักทำเป็น skylight เรียบ หรือมุงด้วยกระเบื้องลอนชนิดโปร่งใส โดยมิได้คำนึงถึงองค์ประกอบหลายๆอย่างในการออกแบบ เช่น ขนาดของช่องแสง ความสูง ความเอียง ทิศทาง และวัสดุที่ใช้ทำช่องแสง เป็นต้น เป็นเหตุให้ทาวน์เฮาส์ที่เปิดช่องแสงด้านบนได้รับความร้อนมากเกินไป แม้ในบางแห่งจะมีความพยายาม หรือมีความตั้งใจจะทำให้หลังคาร้อน เพื่อทำให้เกิด stack effect ดึงลมเข้าทางด้านหน้าหรือด้านหลังอาคาร ก็ยังไม่สามารถระบายความร้อนได้เท่ากับความร้อนที่ได้รับจากช่องแสง ดังนั้นการออกแบบช่องแสงด้านบนจึงต้องคำนึงถึงหลายๆตัวแปร และถ้าจะให้มีประสิทธิภาพ ควรกระทำควบคู่ไปกับการพิจารณาเรื่องความสบายทางด้านอุณหภูมิด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.2.1 ศึกษาคุณสมบัติของแสงด้านบนที่มีผลกับพื้นที่ใช้สอย พฤติกรรมมนุษย์ และความสบายในอาคาร

1.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลกับช่องแสงด้านบนของโถง

1.2.3 ศึกษาลักษณะการกระจายแสงธรรมชาติ และปริมาณแสงภายในโถง โดยศึกษาจากหุ่นจำลอง

1.2.4 นำเสนอแนวทางการออกแบบและเลือกใช้ช่องแสงด้านบน เพื่อให้ได้รับปริมาณแสงสว่างภายในที่เหมาะสมกับความร้อน

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

ศึกษาเรื่องแสงในส่วนของรังสีที่ใช้ในการมองเห็น โดยมีขอบเขตกว้างๆดังนี้

1.3.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านต่างๆ เช่น เรื่องของแสง และโถงสูง

1.3.2 การออกแบบการทดลองโดยใช้หุ่นจำลอง

1.3.3 สรุปผลการวิจัยและออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านต่างๆ

- ข้อมูลพื้นฐานและทฤษฎีของแสง ได้แก่ ธรรมชาติของแสง ทฤษฎีของแสงและการคำนวณ ทั้งแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์
- ข้อมูลพื้นฐานของโถงสูง ได้แก่ ประเภท หน้าที่ ประโยชน์ และกลไกการทำงานของโถงสูง
- ข้อมูลพื้นฐานเรื่องช่องแสง ได้แก่ รูปแบบ ขนาด ความเอียง และวัสดุ
- ข้อมูลด้านสภาพแสงและสภาพอากาศทั่วไปของกรุงเทพมหานคร

1.3.2 การออกแบบทางเลือกโดยใช้หุ่นจำลอง

1.3.2.1 ลักษณะอาคาร

- โถงสูงในการทดลองเป็นประเภท 4 – sided atrium ในอาคารทาวน์เฮาส์ โดยใช้ตัวแทนทาวน์เฮาส์ทั่วไป สูง 3 ชั้น ช่วงเสากว้าง 4 เมตร ลึก 12 เมตร
- วัสดุภายในใช้สีขาวเป็นพื้น แทนปูนฉาบเรียบทาสีขาว
- atrium ไม่ปรับอากาศ

1.3.2.2 การออกแบบสร้างหุ่นจำลอง

- หุ่นจำลองมีผังเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- สร้างหุ่นจำลองเพียงหนึ่งตัว เปลี่ยนเฉพาะช่องแสงเพื่อทำการวัด
- การทดลองมีหลายขั้นตอนเพื่อทดสอบหาปัจจัยต่างๆตามที่ต้องการ

1.3.2.3 ช่วงเวลาที่ทำการทดสอบและเก็บข้อมูล

- ในการเก็บข้อมูลแสงธรรมชาติภายในอาคาร ทำการเก็บข้อมูลใน mirror box สำหรับทุกกรณีการทดลอง
- เก็บข้อมูลที่ระดับ working plane
- ระดับความส่องสว่างภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น ลักซ์
- ระดับความส่องสว่าง ณ working plane (+0.00) มีหน่วยเป็น ลักซ์
- ค่าการสะท้อนของพื้น ผนัง และเพดาน มีหน่วยเป็น ลักซ์

1.3.2.4 ตำแหน่งที่ตั้งอาคาร

- การทดลองกระทำที่ดาดฟ้าอาคารคณะสถาปัตยกรรมใหม่ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง โดยถือว่าเป็นตัวแทนของกรุงเทพมหานคร
- ข้อมูลต่างๆที่ใช้อ้างอิงเป็นข้อมูลจากสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนกรุงเทพมหานคร เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 วิเคราะห์ สรุปผลการวิจัยและออกแบบ

1.3.3.1 การวิเคราะห์จากการคำนวณ

- การวิเคราะห์จากข้อมูลจากการทดลอง
- การวิเคราะห์จากข้อมูลค่าการสะท้อนแสงและค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุอาศัยการคำนวณจากข้อมูลผู้ผลิตวัสดุนั้นๆ
- คำนวณความร้อนที่เกิดขึ้นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.3.3.2 การสรุปผลงานวิจัย

- สรุปเป็นกราฟรูปแบบต่างๆที่เกี่ยวข้อง

1.3.3.3 การออกแบบ

- ออกแบบทาวน์เฮาส์โดยใช้รูปแบบของช่องแสงที่เลือกแล้วว่าเหมาะสม โดยแสดงแบบเป็นงานเขียนแบบและหุ่นจำลอง

1.4 ระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัย

การศึกษาแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1.4.1 การสำรวจและการศึกษาปัญหาเบื้องต้น

ขั้นตอนนี้เริ่มจากการค้นคว้าและสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในภาคเอกสาร โดยการศึกษารายงานวิจัย บทความทางวิชาการ และเอกสารที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องในการพิจารณาออกแบบ มองความเป็นมาและประเด็นปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น โดยมุ่งไปที่การแก้ปัญหาเรื่องการใช้แสงธรรมชาติและความร้อนที่เหมาะสม โดยเน้นการแก้ปัญหาด้วยแสงด้านบนเป็นหลัก

1.4.2 การวางแผนการดำเนินการวิจัย

มองภาพรวมของปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาเบื้องต้น โดยกำหนดแผนการดำเนินการวิจัยเบื้องต้น เพื่อดูความเป็นไปได้ของการวิจัย ดังต่อไปนี้

- การกำหนดสมมติฐานในการวิจัย
- การวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อหาตัวแปร
- การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการวิจัย
- การศึกษาทฤษฎีและแนวทางในการแก้ปัญหาตัวแปร
- การค้นหาวิธีทดสอบเพื่อสรุปผลในขั้นสุดท้าย

เมื่อกำหนดแผนการดำเนินการวิจัยเบื้องต้น และได้ผลสรุปว่าสามารถดำเนินการวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ จึงจัดทำ "แผนการดำเนินการวิจัย" และเริ่มทำการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 การศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย

ศึกษาถึงข้อมูลทางทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐาน ที่นำมาใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าอุณหภูมิน่าสบายในกรุงเทพมหานคร แสงสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งานในอาคาร ข้อมูลภูมิอากาศในกรุงเทพมหานคร ทฤษฎีของแสงและการคำนวณ ทฤษฎีของโถงสูง รูปแบบของช่องแสงต่างๆ เป็นต้น

1.4.4 การวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ค้นหาปัจจัยและตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เรื่องความต้องการในการออกแบบสถาปัตยกรรม และรวมทั้งอิทธิพลต่างๆที่มีผลต่อภาวะความสบายของผู้ใช้งาน

1.4.5 ตัวแปรคงที่ กำหนดให้เป็นตัวแปรที่มีอยู่ในทุกกรณีการทดลอง

- atrium เป็นประเภทปิดล้อมทั้ง 4 ด้าน (Four - side atrium) ไม่มีช่องแสงด้านข้าง โดยเปิดรับแสงเฉพาะด้านบน
- วัสดุภายในเป็นสีขาวแทนสีที่ใช้กันทั่วไปในทาวน์เฮาส์
- อาคารสูง 3 ชั้น ซึ่งเป็นระยะน้อยสุดตามกฎหมาย และนิยมทำกันมากที่สุด
- ช่องแสงไม่กรุวัสดุ เพื่อให้มีค่าการส่องผ่านของแสง 100% และสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นที่มีค่าการส่งผ่านของแสงแตกต่างออกไป
- กำหนดระดับการใช้งานที่ระดับพื้นแต่ละชั้นของอาคาร

1.4.6 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

- สภาพท้องฟ้า (Sky condition) ศึกษารูปแบบค่าการส่องสว่างภายใน atrium ภายใต้สภาพท้องฟ้าต่างๆ โดยหลีกเลี่ยงรังสีตรงจากดวงอาทิตย์
- ประเภทและชนิดของหลังคาที่มีผลต่อการกระจายแสงภายในโถงสูง โดยมีอิทธิพลจาก
  - = ประเภทของช่องแสง
  - = ขนาดและปริมาณการเปิดรับแสง
  - = ลักษณะของช่องแสง
  - = ทิศทางที่ช่องแสงหันหน้ารับแสง
  - = พื้นที่สะท้อนและองค์ประกอบภายในโถง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.7 การดำเนินการออกแบบการทดลอง

- ทำการวัดสภาพแสงโดยการใช้หุ่นจำลองที่มีค่าตัวแปรดังกล่าว ทดสอบในสภาพท้องฟ้าจริงในฤดูฝน ซึ่งมีท้องฟ้าลักษณะ overcast sky และ partly cloudy sky
- ทำการเก็บสภาพข้อมูลแสงธรรมชาติภายนอกและภายในพร้อมกัน โดยวัดครั้งละ 13 จุดพร้อมกัน ภายนอก 1 จุด ภายใน 12 จุด ตามเงื่อนไขต่างๆของการทดลอง
- ติดตั้ง sensor วัดแสงทุกระยะ 1x1 เมตร (ในมาตราส่วน 1 : 10) ในแนวระดับ
- วัดปริมาณการสะท้อนแสงบริเวณผนัง

1.4.8 การวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

1.4.8.1 การใช้โปรแกรม

- ใช้โปรแกรม Excel และ Surfer 6 ในการทำรูปกราฟ เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง ส่วนในบริเวณที่ไม่สามารถทำการวัดได้ คือ ตรงกลางโถงในชั้นที่ 2 และ 3 หรือ บริเวณที่ sensor ไม่พอ โปรแกรมนี้จะคำนวณปริมาณแสงให้โดยอัตโนมัติ

1.4.8.2 การวิเคราะห์จากการคำนวณข้อมูลจากการทดลอง

- นำข้อมูลค่าความส่องสว่างภายในอาคารที่วัดได้จากหุ่นจำลองในการศึกษาตัวแปรกรณีต่างๆ เปรียบเทียบกับระดับความส่องสว่างที่ต้องการสำหรับ atrium
- นำค่าระดับการส่องสว่างจากสภาพท้องฟ้าภายนอกที่วัดได้จริง มาใช้ประกอบค่า DF ที่วัดได้จากหุ่นจำลอง เพื่อให้ได้ค่าการส่องสว่างภายในอาคารจริงในเวลาและกรณีต่างๆ

1.4.9 การสรุปผลงานวิจัย

- แสดงค่า DF เป็นตัวเลขในผัง
- กราฟ contour, surface และกราฟเส้น แสดงการกระจายแสงภายใน atrium
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆที่ทำการศึกษา และค่าการส่องสว่างที่เกิดขึ้น
- สรุปทางเลือกใช้ช่องแสงด้านบนที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากปริมาณแสง ความสม่ำเสมอของแสง
- เลือกขนาดและรูปแบบของช่องแสงแบบใดแบบหนึ่งเพื่อทำการทดลองในขั้นตอนของการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.10 การออกแบบ

1.4.10.1 การวิเคราะห์การออกแบบ

- วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆที่มีผลกับรูปแบบของอาคาร ได้แก่ กฎหมาย การวางทิศทางอาคารและการหาอุปกรณ์บังแดดจาก sun – path diagram แล้วสร้างหุ่นจำลองเพื่อทำการทดสอบสภาพแสง
- ทดสอบช่องแสงด้านบนที่เลือกจากการทดลอง โดยกระทำในหุ่นจำลองขนาด 1 : 20 และทำการวัดในฤดูร้อน วิเคราะห์ปริมาณความส่องสว่างตลอดทั้งปีร่วมกับการวิเคราะห์ความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร
- ทดสอบข้อเสนอแนะเรื่องอุปกรณ์สะท้อนแสงในหุ่นจำลอง

1.4.10.2 การแสดงแบบ

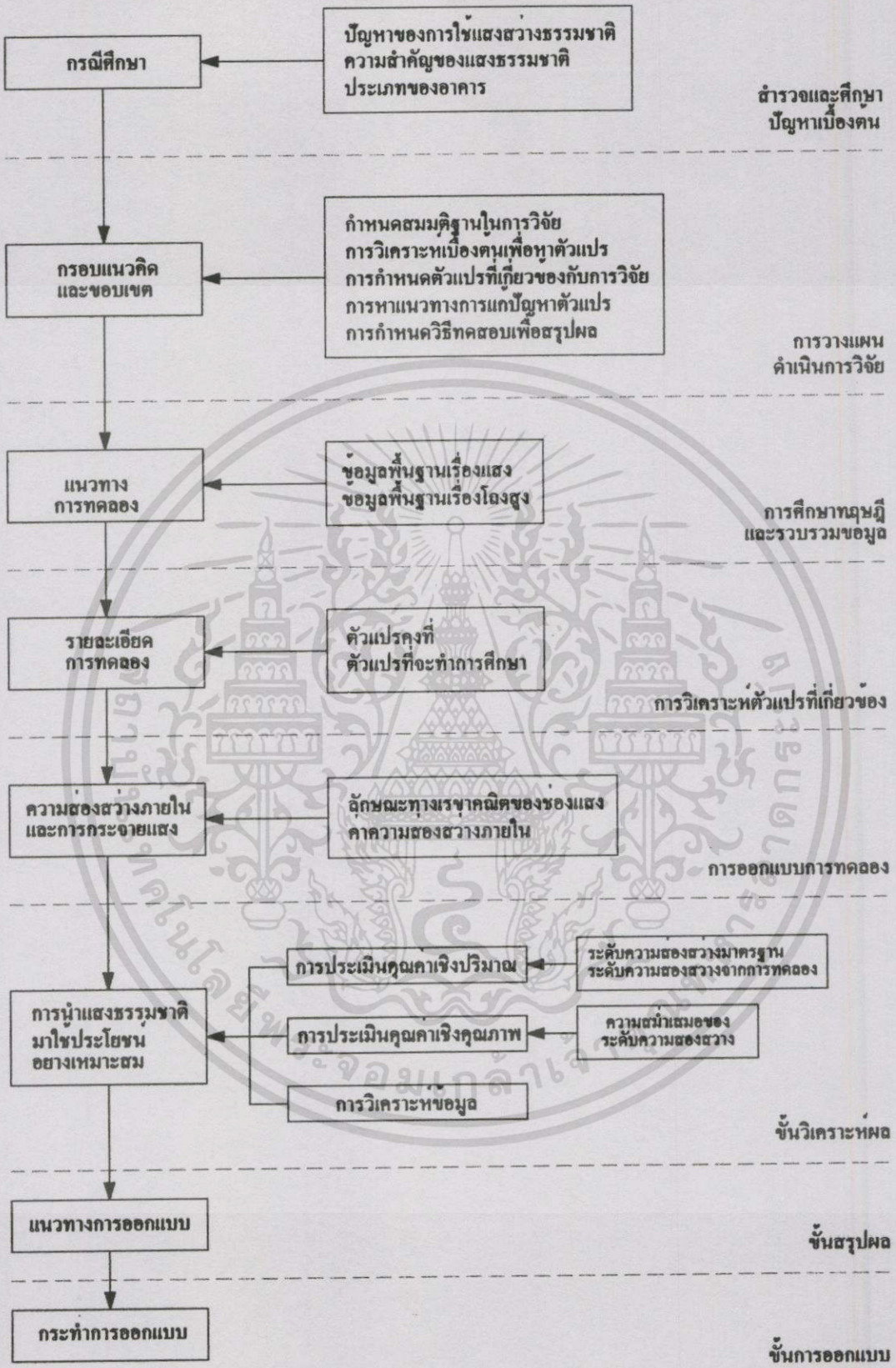
- ใช้โปรแกรม Excel และ Surfer 6 ในการทำรูปกราฟ
- ใช้โปรแกรม Suntect ในการคำนวณเงาของอุปกรณ์บังแดดด้านข้าง
- ใช้โปรแกรม Autocad R14.01 ในการแสดงแบบ และตัวเลขที่ได้จากการวัดแต่ละจุดในผัง
- ใช้โปรแกรม OTTVEE Version 1.0a ในการคำนวณค่าความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยมุ่งที่จะเสนอแนะรูปแบบของหลังคา เพื่อการให้แสงด้านบน ที่มีลักษณะเหมาะสมกับกรุงเทพมหานครทั้งด้านอุณหภูมิและแสงสว่าง โดยมุ่งให้ความรู้แก่ผู้ออกแบบเป็นสำคัญ เพื่อใช้พิจารณาออกแบบโดยคำนึงถึงประโยชน์ส่วนรวมและสภาพแวดล้อม ซึ่งคาดว่าจะได้รับประโยชน์ดังต่อไปนี้

- ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของแสงธรรมชาติที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆได้
- เป็นแนวทางในการออกแบบช่องแสงด้านบนในโถงสูง เพื่อให้ได้ปริมาณแสงสว่างและความร้อนที่เหมาะสมกับความต้องการใช้งาน
- ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาในเรื่องอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับโถงสูง (atrium) และแสงด้านบน (toplighting) ต่อไป หรือประยุกต์ใช้กับโครงการอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 ระเบียบวิธีวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ข้อมูลพื้นฐาน

2.1 แสงธรรมชาติ

แสงสว่างที่เข้าสู่ภายในอาคารประกอบด้วย 3 ส่วน [1] คือ

- แสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Sunlight)
- แสงกระจายจากท้องฟ้า (Skylight)
- แสงกระจายจากพื้นและพื้นผิวใกล้เคียง (Daylight from ground and other reflecting surfaces)

2.1.1 แสงตรงจากดวงอาทิตย์

เป็นแสงที่เดินทางโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ค่าความส่องสว่างของแสงบนระนาบแนวนอนจะมีค่ามากกว่าแสงจากท้องฟ้า มีความเข้มข้นสูง ค่าความส่องสว่างของดวงอาทิตย์อยู่ในช่วงล้านแคนเดลลา . เมตร$^{-2}$ (2×10^9 แคนเดลลา . เมตร$^{-2}$) ในสภาพปกติ แสงตรงจะไม่ถูกใช้โดยตรงเพื่อให้แสงภายในอาคาร ดังนั้นประสิทธิภาพของแสงตรงจะอยู่ในช่วง 80 – 130 ลูเมน.วัตต์$^{-1}$

2.1.2 แสงกระจายจากท้องฟ้า

เป็นส่วนหนึ่งของแสงธรรมชาติที่ส่องถึงจุดที่พิจารณาโดยไม่มีแสงตรง เกิดจากการกระจาย กระเจิง และสะท้อนแสงของแสงตรงบนท้องฟ้า ค่าความส่องสว่างจะอยู่ในช่วง 5 – 70 กิโลลักซ์ แต่ประสิทธิภาพของแสงกระจายแบบนี้มีค่าสูงกว่าแสงตรง

2.1.3 แสงกระจายจากพื้นและพื้นผิวใกล้เคียง

พื้นโดยปกติถูกสมมติว่าประกอบด้วยพื้นผิวกระจายแสงที่มีการสะท้อนในช่วง 0.1 – 0.9 (ค่าต่ำเป็นค่าสำหรับพื้นหญ้า และค่าสูงเป็นค่าสำหรับพื้นหิมะ) แสงจากพื้นประกอบด้วยแสงสะท้อนจาก sunlight และ skylight และเป็นแสงกระจาย

การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารมี 2 วิธี คือ ให้แสงเข้าทางด้านข้าง (side lighting) และให้แสงเข้าทางด้านบน (top lighting) เนื่องจากปริมาณแสงที่เข้มข้นกว่า การให้แสงจากทางด้านบนจึงมีคุณภาพสูงกว่าการให้แสงจากทางด้านข้าง และยังทำให้เกิดรูปแบบของพื้นที่ภายในที่เป็นช่องโล่งตามแนวตั้ง เพื่อให้แสงส่องลงมายังชั้นล่างของอาคารที่เรียกว่า "พื้นที่ส่วนกลาง" หรือ "Shared central space"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

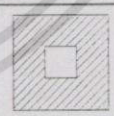
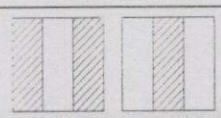
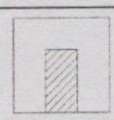
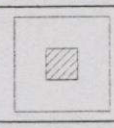
2.2 พื้นที่ส่วนกลาง

พื้นที่ส่วนกลางที่ใช้งานร่วมกัน หรือที่เรียกว่า shared central space มีด้วยกันหลายแบบ ได้แก่ court, atrium, lightcourt, litrium และ lightwell [2] ซึ่งแตกต่างกันในเรื่องพื้นที่ปิดล้อมทั้งด้านบน และโดยรอบ ในรูปแบบทั้งหมดเหล่านี้ arium มีความน่าสนใจมากที่สุด เนื่องจากเป็นพื้นที่ปิดล้อมภายในอาคาร แตกต่างจาก court และ lightcourt ซึ่งอาจเป็นกลุ่มอาคารปิดล้อม และมีพื้นที่เปิดโล่งถึงท้องฟ้า ทำให้ได้รับแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ส่วน lightwell เน้นเรื่องการรับแสงตรงเฉพาะจุด เพื่อให้ความสว่างและเกิดความรู้สึกต่างๆ ส่วนใหญ่ใช้ในห้องแสดงงานศิลปะ หรือพิพิธภัณฑ์ litrium มีลักษณะคล้าย arium มากที่สุด แต่เน้นเรื่องการรับแสงเฉพาะจุดเช่นกัน รวมถึงผลทางทางความร้อน ในขณะที่ arium ไม่ต้องการแสงที่เข้มข้นเจาะจงยังจุดใดจุดหนึ่ง แต่เน้นเรื่องการสร้างบรรยากาศ หรือความน่าสนใจทางสายตา โดยมีความสว่างพอเหมาะเท่านั้น ในการวิจัยนี้จึงใช้รูปแบบของ arium เป็นสำคัญ และเรียกในชื่อภาษาไทยว่า “โถงสูง”

2.3 ประเภทของโถงสูง

โถงสูงสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามรูปผังของอาคาร [3][4] ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ประเภทของโถงสูง

Single – sided atrium (Integrated atrium)	
Two – sided atrium	
Three – sided atrium	
Four – sided atrium (Core atrium)	
Linear atrium	
Attached atrium	
Envelope atrium	

หมายเหตุ : = พื้นที่อาคาร

ซึ่ง core atrium จัดว่าเป็นรูปแบบที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ประโยชน์ของโถงสูง

Bill Hiller มองว่า อาคารถูกสร้างขึ้นเพื่อเหตุผล 4 ประการ ที่เขาเรียกว่า หน้าที่ 4 ประการของงานสถาปัตยกรรม (Four functions of architecture) [3] และโถงสูงสามารถตอบสนองหน้าที่นั้นได้ทั้งหมด ได้แก่

- ด้านวัฒนธรรม (Cultural function) โถงสูงสร้างความรู้สึกมีชีวิตชีวา ความกระตือรือร้นแก่ผู้ใช้งาน ทำให้เกิดกิจกรรม และการเคลื่อนไหว
- ด้านเศรษฐกิจ (Economic function) โถงสูงสามารถเพิ่มราคาให้กับอาคารได้ เปรียบเทียบกับอาคารประเภทเดียวกันที่ไม่มีโถงสูง
- ด้านเกราะกำบัง (Shelter function) โถงสูงสามารถปรับปรุงแก้ไขสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศภายในให้กับอาคารได้ตามที่เราต้องการ
- ด้านความสะดวกสบาย (Accommodation function) โถงสูงสามารถใช้เป็นพื้นที่เชื่อมต่อพื้นที่อื่น เป็นจุดศูนย์รวม หรือเป็นจุดสังเกตในอาคาร

โดยหน้าที่ด้านการเป็นเกราะกำบัง เกี่ยวข้องโดยตรงกับเรื่องพลังงาน สามารถสร้างปรากฏการณ์ได้ 5 ลักษณะ [5] คือ

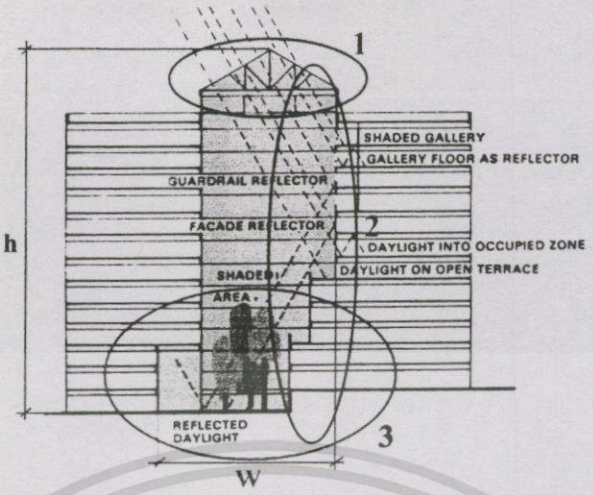
- การให้แสงสว่าง (Daylighting) โถงสูงให้การส่องผ่านที่มีประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติ และมีการกระจายแสงที่สมดุล
- การทำความเย็นโดยธรรมชาติ (Passive cooling) โถงสูงสามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ด้วยการบังเงาให้กับพื้นที่ภายใน
- การระบายอากาศ (Ventilation) โถงสูงสามารถสร้างการระบายอากาศทั้งตามขวางและตามแนวตั้ง ทั้งโดยธรรมชาติและใช้เครื่องกล
- การสร้างสภาพอากาศภายในอาคาร (Microclimates) เราสามารถใช้ต้นไม้ และน้ำในลักษณะต่างๆ เพื่อสร้างความเย็นและความสดชื่นให้กับอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
- การทำความร้อนโดยธรรมชาติ (Passive heating) โถงสูงสามารถออกแบบให้ได้รับแสงตรงในส่วนที่ต้องการ เพื่อเก็บความร้อน

เราสามารถแบ่งโถงสูงได้เป็น 3 ส่วน (รูปที่ 2.1) ซึ่งทั้ง 3 ส่วนเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมด้านพลังงาน ดังนี้

- ส่วนที่ 1 หลังคา ทำหน้าที่หลักในการรับแสงธรรมชาติ และการระบายอากาศ
- ส่วนที่ 2 พื้นที่ภายในหรือพื้นที่ที่ติดกับโถง ทำหน้าที่หลักในเรื่องการบังเงา และการเก็บความร้อนในตัวอาคาร
- ส่วนที่ 3 พื้นโถง ทำหน้าที่หลักในการสร้างสภาพแวดล้อมภายใน

แต่แท้จริงแล้วพฤติกรรมเหล่านี้ เป็นการทำงานร่วมกันของทั้ง 3 ส่วน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การแบ่งพื้นที่โถงและพฤติกรรมด้านพลังงาน

Daylighting เมื่อแสงผ่านช่องแสงด้านบนของโถง พื้นที่ในส่วนที่ 2 และ 3 มีส่วนอย่างมากในการช่วยสะท้อนแสงหรือดูดกลืนแสงนั้น

Ventilation ส่วนที่ 2 ต้องได้รับการออกแบบให้มีช่องเปิด เกิดการระบายอากาศตามขวางและตามแนวตั้ง แล้วออกไปยังส่วนที่ 1 ซึ่งส่วนที่ 3 จะมีผลโดยตรงเรื่องการเป็นพื้นที่กีดขวาง

Passive cooling การบังเงาเกิดขึ้นได้จากการทำงานร่วมกันของส่วนทึบแสงในส่วนที่ 1 ร่วมกับตัวอาคารในส่วนที่ 2 ซึ่งส่งผลโดยตรงกับส่วนที่ 3 ในเรื่องการพิจารณาปลูกต้นไม้

Passive heating สามารถเก็บสะสมความร้อนได้ทั้งในส่วนที่ 2 และ 3 โดยมีกลไกส่วนที่ 1 เป็นตัวสำคัญในการกำหนดปริมาณแสง

Microclimates ในการปลูกต้นไม้ต้องพึ่งพาทั้งแสงและการระบายอากาศ ซึ่งต้องพึ่งพาทั้งในส่วนที่ 1 และ 2

จากปรากฏการณ์ทั้งหมด จะเห็นได้ว่า ส่วนสำคัญที่เรียกได้ว่าเป็นด่านแรกในการเลือกรับพลังงานต่างๆ คือ ส่วนที่ 1 ส่วนหลังคาของโถง

2.5 หลังคาของโถงสูง

เราสามารถแบ่งประเภทหลังคาของโถงสูง ตามลักษณะการให้แสงส่องผ่านเข้ามาได้ 2 แบบ คือ หลังคาที่รับแสงแบบ direct และ indirect หลังคาแบบ direct light เช่น lightwell และ angled roof ส่วนหลังคาแบบ indirect light ได้แก่ sawtooth และ monitor roof เป็นต้น [6] ซึ่งหลังคาแบบ indirect light สามารถแบ่งประเภทตามทิศทางการรับแสงได้อีก ดังนี้

- รับแสงทิศทางเดียว ได้แก่ clerestory และ sawtooth roof
- รับแสง 2 ทิศทาง ได้แก่ monitor และ butterfly roof
- รับแสงหลายทิศทาง ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้และการออกแบบของผู้ออกแบบ ว่าจะให้รับแสงในทิศทางใดได้บ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

มีผู้ทำการวิจัยพฤติกรรม หรือปรากฏการณ์ต่างๆในโถงสูงมากมาย และจัดพิมพ์เป็นหนังสือ เช่น หนังสือของ Claude L. Robbins เรื่อง Daylighting and Analysis มีผลการวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการกระจายแสงของหลังคาประเภทต่างๆ โดยเปรียบเทียบขนาดเป็นอัตราส่วนในแต่ละประเภทหลังคา หรือการทำหุ่นจำลองทดสอบสภาพแสง โดยใช้เทคนิคการให้แสงด้านบนต่างๆ ร่วมกับการคำนวณการใช้พลังงานในอาคารเพื่อการสร้างอาคารจริง ในหนังสือ Daylight in Architecture ของ Benjamin H. Evans และหนังสือ Daylighting Performance and Design ของ Gregg D. Ander

ส่วนวิทยานิพนธ์ในระดับปริญาเอก ได้แก่ การศึกษาเรื่องลักษณะอุณหภูมิและการแบ่งชั้นความร้อนในโถงสูงที่มีระบบปรับอากาศ รวมถึงอัตราการระบายความร้อน ของ Mohamed Sassi (1981) [7] Jacobson Terte วิจัยเกี่ยวกับพื้นที่รับแดดของ atrium รวมทั้งสภาพความร้อนและการใช้พลังงานตลอดปีในอาคารพาณิชย์ของประเทศนอรเวย์ (1989) [8] Bryn Ida Hedvig วิจัยในเรื่องการใช้คอมพิวเตอร์คำนวณเพื่อออกแบบ atrium ให้อยู่ในสภาวะน่าสบายและประหยัดพลังงาน (1992) [9]

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเรื่องรูปทรงของโถงสูงและการสะท้อนภายใน ที่มุ่งเน้นในเรื่องค่า IRC เป็นสำคัญของ Anping Liu (1993) [10] การกระจายแสงในโถงที่มีหลังคา 36 แบบและโถงรูปทรงต่างๆ 7 แบบ ของ Kyoo Dong Song (1993) [11] และงานวิจัยของ Morad Rachid ในเรื่องพัฒนาการของการประมาณค่าการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติภายใน atrium โดยอาศัยการคำนวณในเชิงคณิตศาสตร์ (1995)[12]

ส่วนในประเทศไทย มีวิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาโทที่เกี่ยวข้องกับโถงสูง คือ การศึกษาในเรื่องชั้นความร้อนของโถงสูง โดยทำการศึกษาในหุ่นจำลอง 1 x 1 เมตร สูง 4 เมตรที่มีวัสดุต่างกัน ของนายไพบูลย์ รักษาสุทธิพันธ์ (2537) [13] การศึกษาเรื่องรูปทรงของโถงที่สะท้อนแสงได้ดีที่สุดของ โดยการสร้างหุ่นจำลองโถงสูง 3 รูปแบบ แต่ละรูปแบบให้มีค่า SAR ต่างกัน 3 แบบ ของนางสาวพัทธวดี รุ่งโรจน์ดี (2542) [14] และการศึกษาเรื่องการคำนวณแสงธรรมชาติจากทางด้านบนที่มีลักษณะต่างๆกัน เพื่อหาแนวทางการออกแบบที่เหมาะสม โดยใช้วิธี lumen method เป็นพื้นฐานในการคำนวณ และนำมากำหนดเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของ Manoj Joshi (1998) [15]

การวิจัยดังกล่าวข้างต้นในส่วนของวิทยานิพนธ์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก คือ ศึกษาพฤติกรรมทางด้านอุณหภูมิ ทางด้านแสงสว่าง และการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณสภาวะน่าสบายในโถงสูง ซึ่งส่วนใหญ่เน้นการวิจัยเพื่อหามาตรฐาน หรือแนวทางสำหรับการใช้งานได้ทั่วไปในอาคารต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ตัวแปรต่างๆในงานวิจัย

2.7.1 สูตรคำนวณ

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเพื่อการออกแบบ มีแนวทางการดำเนินการวิจัยโดยใช้เครื่องมือวัดเป็นสำคัญ เพื่อให้ทราบสภาพจริงของแสงในประเทศไทย ดังนั้นในการเก็บข้อมูลการกระจายแสงภายในโถงสูง จึงใช้เพียงสูตรพื้นฐานในการแสดงผลเป็นอัตราส่วนค่า Daylight Factor คือ

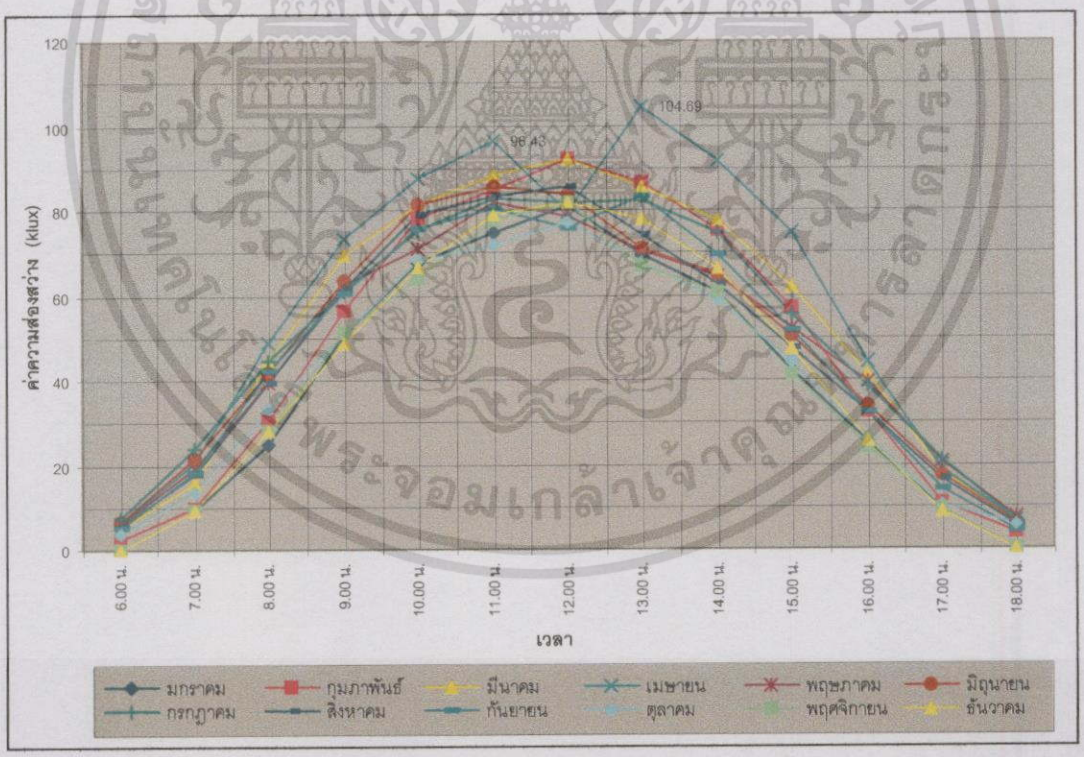
$$DF = \frac{E_i}{E_o} \times 100$$

เมื่อ E_i = ค่าความส่องสว่างภายใน (ลักซ์)

E_o = ค่าความส่องสว่างภายนอก (ลักซ์)

2.7.2 สภาพแสงสว่างและมาตรฐานความสบาย

ท้องฟ้าในประเทศไทยมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยรายชั่วโมงตลอดปีเป็นดังรูป



รูปที่ 2.2 กราฟ Hourly mean of global illuminance (klux) by calendar month (Solar time)

ส่วนรายละเอียดในเรื่องอื่น เช่น ค่าการแผ่รังสี หรือ มาตรฐานความสว่าง สามารถหาดูได้จากภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
เครื่องมือและหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมในด้านรูปแบบและขนาดของหลังคา และช่องแสงด้านบนของโถงสูง เพื่อนำมาใช้ในการให้แสงสว่างแก่อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์ จึงต้องมีการสร้างหุ่นจำลองและทดสอบสภาพแสงภายใน ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

ในการทดลองนี้ต้องการผลในเรื่องลักษณะของการกระจายแสงและปริมาณความสว่าง ซึ่งมีหน่วยเป็นลักซ์ (lux) เพื่อนำมาใช้ในการหาค่า Daylight Factor (DF) โดยอุปกรณ์และเครื่องมือที่นำมาใช้ คือ

- Photometric sensor รุ่น LI-210SZ
- Data logger รุ่น OPUS 2000

Photometric sensor เป็น sensor รุ่น LI-210SZ มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับลักซ์มิเตอร์ แต่มีขนาดเล็กกว่า จึงติดตั้งในหุ่นจำลองได้ง่ายกว่า สามารถวัดค่าความส่องสว่างได้ถึง 100 กิโลลักซ์ หรือ 100,000 ลักซ์ ใช้วัดแสงได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร

Data logger รุ่น OPUS 2000 เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้สามารถวัดและเก็บข้อมูลสภาพแสงในหลายๆจุดพร้อมๆกันได้ สำหรับรุ่นนี้วัดได้เครื่องละ 2 ช่องสัญญาณ ใช้ต่อกันกี่เครื่องก็ได้

รูปที่ 3.1 Photometric sensor และ Data logger

3.2 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง

ในการกำหนดขนาดของหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบ สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยดูจากข้อกำหนดต่างๆ คือ

- ขนาดของทาวน์เฮาส์
- ขนาดของช่องแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

44037

3.2.1 การกำหนดขนาดของทาวน์เฮาส์

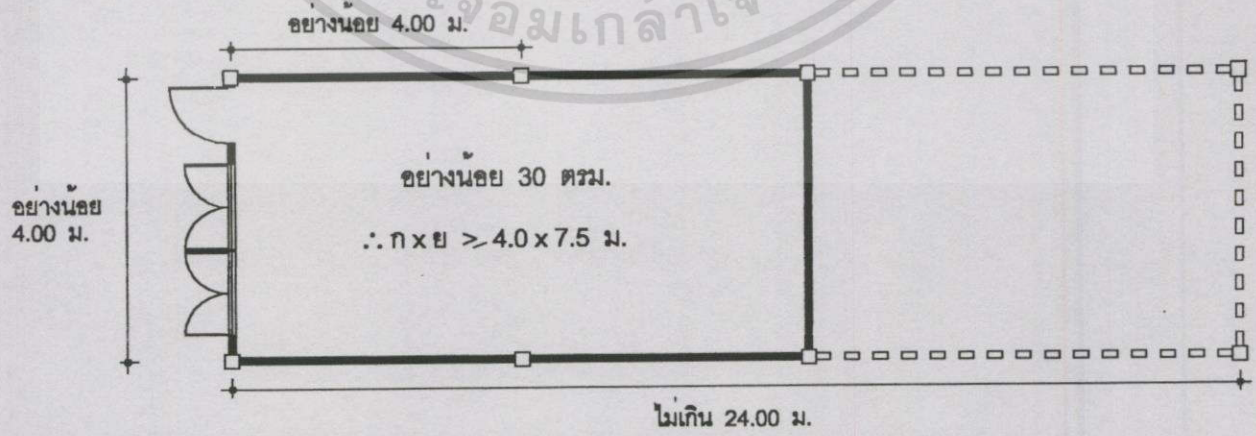
จากการสำรวจพบว่า ทาวน์เฮาส์นิยมก่อสร้างใน 2 ขนาด คือ

- ทาวน์เฮาส์ในโครงการขนาดเล็ก (อาจอยู่ในหมู่บ้านจัดสรรหรือไม่ก็ได้) มักมีหน้ากว้าง 4.00 เมตร ส่วนใหญ่สูง 2 ชั้น มีขนาด 2 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ หรือ 3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ
- ทาวน์เฮาส์ในโครงการขนาดใหญ่ มักอยู่ในหมู่บ้านจัดสรรที่มีชื่อเสียง มักมีหน้ากว้าง 5 เมตรขึ้นไป อาจถึง 8 – 10 เมตรและมีขนาดใกล้เคียงกับบ้านเดี่ยว ส่วนใหญ่สูง 2 ชั้น มีขนาด 3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ

ส่วนในเรื่องความลึกของทาวน์เฮาส์ มีขนาดไม่คงที่ขึ้นอยู่กับรูปร่างของที่ดิน และพื้นที่ใช้สอยภายใน ส่วนใหญ่เฉพาะตัวทาวน์เฮาส์ไม่รวมที่จอดรถ พื้นที่ซักล้าง หรือสวนด้านหลัง มักมีความลึกอยู่ในช่วง 10 – 15 เมตร โดยแท้จริงแล้ว ทาวน์เฮาส์มีรูปแบบที่หลากหลายและไม่มีสูตรตายตัวเหมือนตึกแถว เนื่องจากเป็นลักษณะของอาคารพักอาศัย ไม่ใช่อาคารเพื่อการพาณิชย์ จึงไม่มีการจำกัดเรื่องพื้นที่ แต่เกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ของอาคารทั้งสองประเภท ไม่มีการใช้แสงจากทางด้านบน

เนื่องจากมีความหลากหลายในด้านขนาดและรูปแบบ จึงต้องดูข้อกำหนดด้านกฎหมายซึ่งสำคัญเป็นอันดับแรก โดย

- **หน้ากว้างของทาวน์เฮาส์** พิจารณาจากกฎกระทรวงฉบับที่ 55 ที่ว่า *"บ้านแถวแต่ละคูหาต้องมีความกว้างโดยวัดระยะตั้งฉากจากแนวศูนย์กลางของเสาด้านหนึ่งไปยังแนวศูนย์กลางของเสาอีกด้านหนึ่งไม่น้อยกว่า 4 เมตร มีความลึกของอาคารโดยวัดระยะตั้งฉากกับแนวผนังด้านหน้าชั้นล่างไม่น้อยกว่า 4 เมตร และไม่เกิน 24 เมตร และมีพื้นที่ชั้นล่างแต่ละคูหาไม่น้อยกว่า 24 ตารางเมตร"* [17] หมายความว่าทาวน์เฮาส์หรือบ้านแถวต้องมีขนาดเล็กที่สุด 4x6 หรือ 6x4 ตารางเมตร

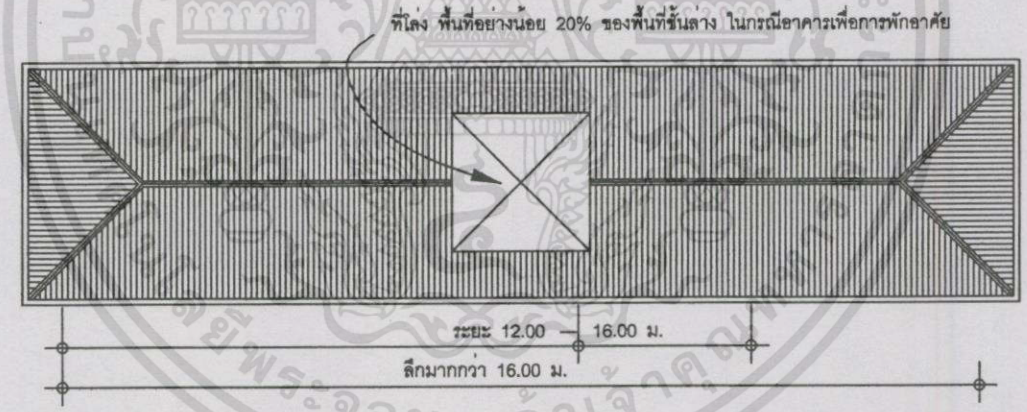


รูปที่ 3.2 ขนาดเล็กที่สุดของทาวน์เฮาส์ตามกฎหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

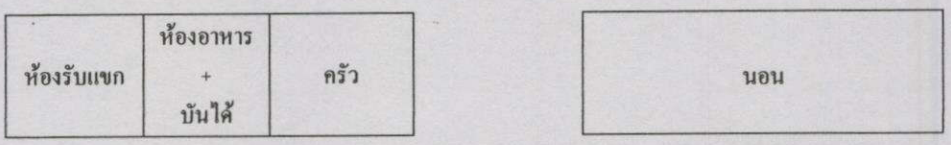
ในความเป็นจริงยิ่งทาวน์เฮาส์มีหน้าแคบ ยิ่งต้องการแสงจากทางด้านบนเป็นหลัก เนื่องจากแสงจากด้านหน้าและด้านหลังส่องเข้ามาได้น้อย อาคารไม่มีความโปร่งสบาย จึงมีความจำเป็นมากกว่าในทาวน์เฮาส์ที่มีหน้ากว้าง รวมทั้งอาจสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตึกแถว ซึ่งส่วนใหญ่มีหน้ากว้าง 4 เมตรได้ ในการทดลองนี้จึงเลือกใช้ทาวน์เฮาส์ขนาดหน้ากว้าง 4 เมตร

- **ความลึกของทาวน์เฮาส์** จากข้อความดังกล่าวข้างต้นจะเห็นไดว่า ทาวน์เฮาส์ควรมีความลึกไม่น้อยกว่า 7.5 เมตร ถ้ามีหน้ากว้าง 4 เมตร และจากกฎกระทรวงที่ว่า *"ในกรณีที่ความลึกของอาคารเกิน 16 เมตร ต้องจัดให้มีที่ว่างอันปราศจากสิ่งปกคลุมขึ้นบริเวณหนึ่งที่ระยะระหว่าง 12 เมตรถึง 16 เมตร โดยให้มีเนื้อที่ไม่น้อยกว่า 20 ใน 100 ของพื้นที่ชั้นล่างของอาคารนั้น"* [17] จากข้อความนี้ หมายความว่า ถ้าทาวน์เฮาส์ลึกเกิน 16 เมตร ต้องมี "ที่ว่าง" หรือ พื้นที่อันปราศจากสิ่งปกคลุม [17] หรือ open court เปิดโล่งถึงท้องฟ้า เป็นปริมาณ 20 % ของพื้นที่ชั้นล่าง ซึ่งสามารถรับเอาน้ำฝนและแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่ไม่เหมาะสมกับสภาพอากาศเมืองร้อนเข้ามา ดังนั้นหากต้องการออกแบบให้ทาวน์เฮาส์ใช้แสงจากด้านบน มีการระบายอากาศและป้องกันน้ำฝนที่ดี ทาวน์เฮาส์ควรมีความลึกไม่เกิน 16 เมตร และจากการพิจารณาทั้ง 2 ข้อ เราจะได้ว่า ทาวน์เฮาส์หน้ากว้าง 4 เมตร ควรมีความลึก 6 – 16 เมตร



รูปที่ 3.3 ทาวน์เฮาส์และที่ว่างตามกฎหมาย

จากการวิเคราะห์พื้นที่ภายในของอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์หลายๆโครงการ มักมีการจัดพื้นที่ภายใน (ไม่รวมพื้นที่จอดรถและซักล้าง) ดังนี้



ผังพื้นชั้นที่ 1 ผังพื้นชั้นที่ 2

รูปที่ 3.4 การจัดพื้นที่ในทาวน์เฮาส์ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยความลึกของทาวน์เฮาส์จะอยู่ที่ประมาณ 10 – 14 เมตรเป็นส่วนใหญ่ แต่เมื่อมีการออกแบบให้ใช้แสงจากด้านบน จะต้องมีการเสียพื้นที่ชั้นบนส่วนหนึ่งไป เพื่อให้แสงส่องทะลุลงมาในลักษณะของโถง ดังนั้น ความลึกที่เหมาะสมควรเป็น 16 เมตร

- **ความสูงของอาคาร**ทาวน์เฮาส์หรือบ้านแถวตามกฎหมาย ต้องมีระยะดิ่ง (ระยะ clear ไม่รวมคานและฝ้าเพดาน) ไม่น้อยกว่า 2.60 เมตร [17] ถ้าอาคารมีช่วงเสาตามหน้ากว้างเท่ากับ 4 เมตร ระยะคานจะเท่ากับ

$$\frac{L}{10} = \frac{4}{10} = 0.40 \text{ เมตร} \quad (\text{เมื่อ } L = \text{ความกว้างของ 1 ช่วงเสา})$$

ดังนั้นความสูงของอาคารแต่ละชั้นรวมคานต้องมีระยะน้อยสุด 3.00 เมตร ซึ่งก็เป็นระยะที่ใช้ในการก่อสร้างโดยทั่วไป

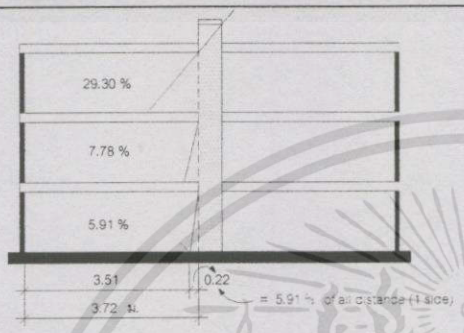
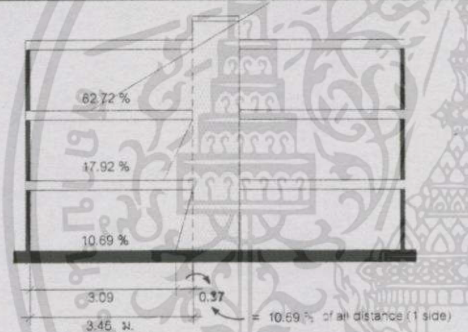
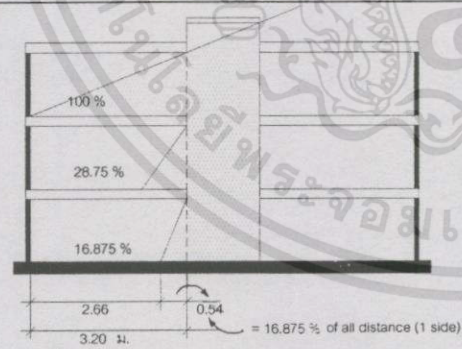
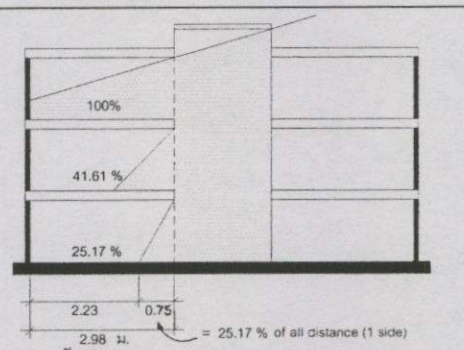
ในเรื่องของจำนวนชั้น ตามข้อกำหนดทางกฎหมาย อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์หรือบ้านแถวเพื่อการอยู่อาศัย มีความสูงได้ไม่เกิน 3 ชั้น [17] เนื่องจากในเรื่องการเสียพื้นที่บางส่วนไป และโดยปกติรูปแบบของโถงมักใช้กับอาคารสูง หากการให้แสงด้านบนมีประสิทธิภาพพอในอาคารสูง 3 ชั้น อาคารที่เตี้ยกว่าย่อมสามารถใช้ได้ผลดีเช่นกัน ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้ทาวน์เฮาส์สูง 3 ชั้น แต่ละชั้นรวมคานสูง 3.00 เมตร

- **ขนาดของโถงภายใน** การวิเคราะห์พื้นที่ภายในอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์สามารถแบ่งพื้นที่คร่าวๆ ได้ตามลักษณะข้างต้น จากนั้นจึงทำการหาขนาดของโถงภายในโดยการคำนวณ และการ project เส้นของแสง เพื่อเปรียบเทียบหาขนาดที่เหมาะสมกับการทดลอง และเนื่องจากในทางปฏิบัติจริง ผู้ออกแบบสามารถออกแบบให้รูปร่างโถงภายในเป็นอย่างไรก็ได้ ในที่นี้จึงกำหนดให้ชั้นขอบของโถงยกระดับเท่ากันทั้งชั้น และยื่นเข้ามาในโถงเท่ากัน มีลักษณะเป็นทรงกระบอกสี่เหลี่ยม เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ก่อสร้างง่าย ใช้กันมากที่สุด และเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบกับรูปแบบอื่นต่อไป

ตารางที่ 3.1 เป็นการทดลองการ project เส้นของแสงอาทิตย์ในกรณีที่โถงและช่องแสงมีขนาดต่างๆ โดยกำหนดให้มีตัวแปรที่เท่ากันคือ ช่องแสงมีความสูง 1 เมตร และช่องแสงอยู่กึ่งกลางทาวน์เฮาส์ การ project กระทำให้เห็นเพียงด้านเดียวของช่องแสง เพื่อความชัดเจน และไม่ระบุชัดว่าเป็นช่องแสงแบบ monitor จะเห็นได้ว่าการเข้าถึงของแสงของช่องแสงและโถงขนาด 4 เมตรขึ้นไปมีความน่าพอใจ เนื่องจากระยะที่แสงส่องเข้าไม่ถึงของพื้นที่ชั้นล่างไม่เกิน 4 เมตร ซึ่งสามารถใช้แสง sidelight จากด้านหน้าและหลังของทาวน์เฮาส์มาช่วยได้ โดยดูจากรูปที่ 3.5 – 3.6 เป็นการทดลอง project เส้นแสงตาม sunpath diagram

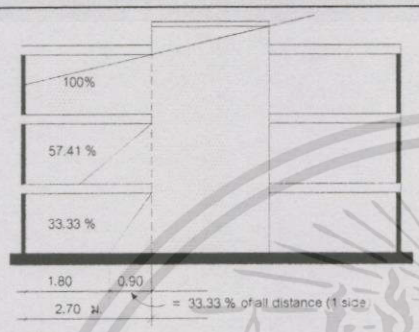
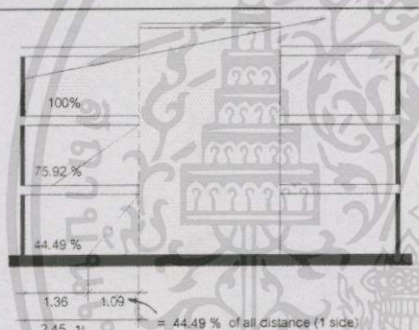
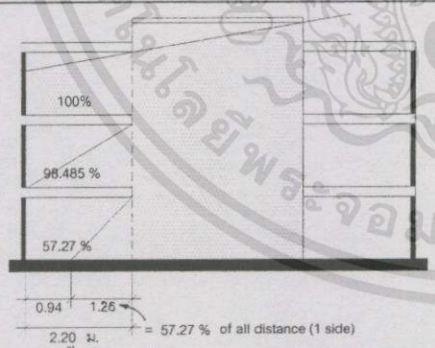
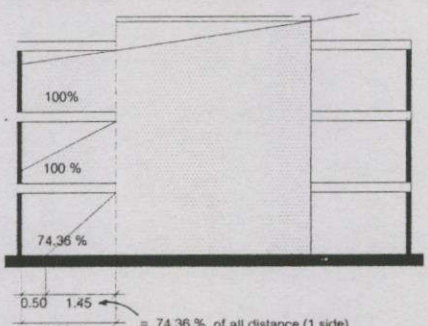
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนต่างๆเมื่อเปลี่ยนขนาดช่องแสงและโถง

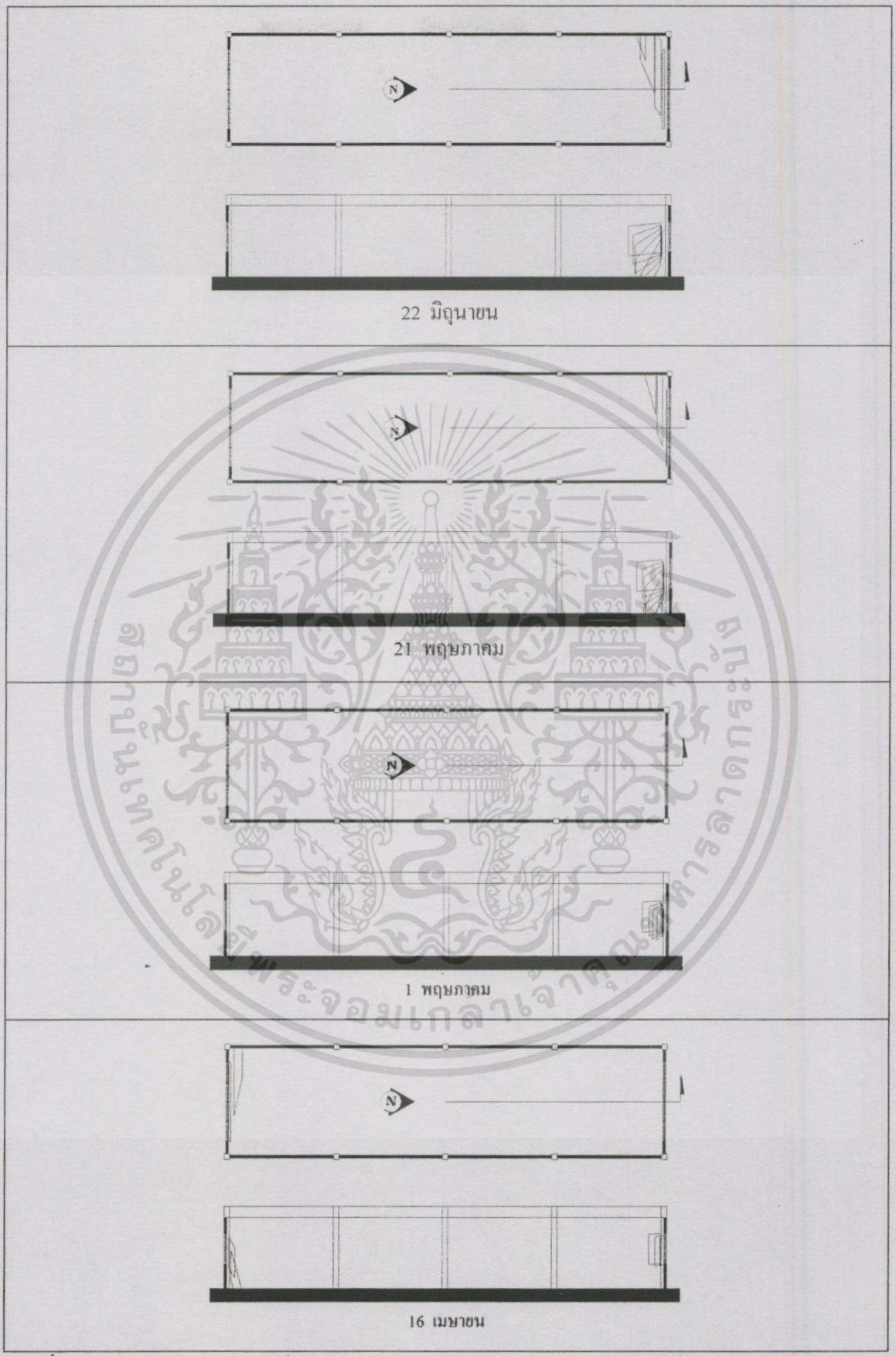
ทางเดินหน้ากว้าง : 4.00 เมตร ความลึก : 16.00 เมตร ความสูง : 9.00 เมตร 3 ชั้น ช่องแสงสูง : 1.00 เมตร	พื้นที่ทั้งหมดชั้นละ 16 x 4 = 64 ตรม. พื้นที่รวม 3 ชั้น = 64 x 3 = 192 ตรม.	
ระยะที่แสงส่องเข้าถึง : ระยะความลึกของพื้นแต่ละชั้น (นับจากริมผนังด้านในถึงขอบพื้นด้านในที่ติดกับตัวโถง)	**พื้นที่ช่องแสง และ พื้นที่ใช้สอยรวมทั้งหมด**	**พื้นที่เจาะช่องแสงแนวระนาบ : พื้นที่พื้นทั้งหมด**
 ชั้นที่ 1 เป็น 1 : 16.91 = 5.91 %	พื้นที่ช่องแสง 1 x 1 ม^2 2 ชั้น = 1 x 2 ม^2 พื้นที่รวม = 192 – 2 = **190 ม^2**	1 : 95 = 1.05 %
 ชั้นที่ 1 เป็น 1 : 9.35 = 10.69 %	พื้นที่ช่องแสง 2 x 2 ม^2 2 ชั้น = 4 x 2 ม^2 พื้นที่รวม = 192 – 8 = **184 ม^2**	1 : 23 = 4.35 %
 ชั้นที่ 1 เป็น 1 : 5.93 = 16.875 %	พื้นที่ช่องแสง 3 x 3 ม^2 2 ชั้น = 9 x 2 ม^2 พื้นที่รวม = 192 – 18 = **174 ม^2**	1 : 9.67 = 10.34 %
 ชั้นที่ 1 เป็น 1 : 3.97 = 25.17 %	พื้นที่ช่องแสง 4 x 4 ม^2 2 ชั้น = 16 x 2 ม^2 พื้นที่รวม = 192 – 32 = **160 ม^2**	1 : 5 = 20 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

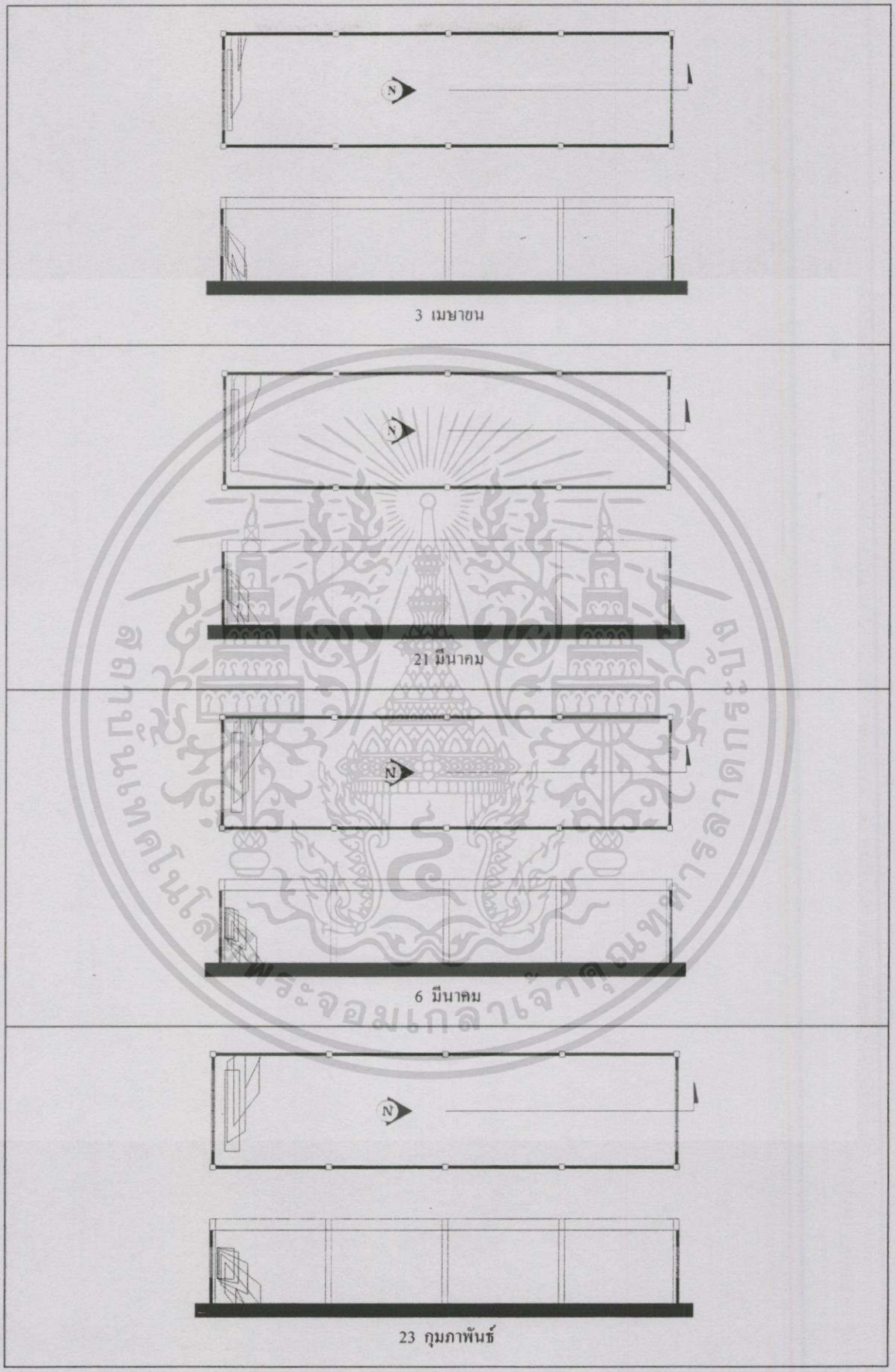
ทวนเฮาส์หน้ากว้าง : 4.00 เมตร ความลึก : 16.00 เมตร ความสูง : 9.00 เมตร 3 ชั้น ช่องแสงสูง : 1.00 เมตร	พื้นที่ทั้งหมดชั้นละ 16 x 4 = 64 ตรม. พื้นที่รวม 3 ชั้น = 64 x 3 = 192 ตรม.	
ระยะที่แสงส่องเข้าถึง : ระยะความลึกของพื้นแต่ละชั้น (นับจากริมผนังด้านในถึงขอบพื้นด้านในที่ติดกับตัวโถง)	พื้นที่ช่องแสง และ พื้นที่ใช้สอยรวมทั้งหมด	พื้นที่เจาะช่องแสงแนวระนาบ : พื้นที่พื้นทั้งหมด
 ชั้นที่ 1 เป็น 1 : 3 = 33.33 %	พื้นที่ช่องแสง 5 x 4 ม^2 2 ชั้น = 20 x 2 ม^2 พื้นที่รวม = 192 – 40 = **152 ม^2**	1 : 3.8 = 26.32 %
 ชั้นที่ 1 เป็น 1 : 2.25 = 44.49 %	พื้นที่ช่องแสง 6 x 4 ม^2 2 ชั้น = 24 x 2 ม^2 พื้นที่รวม = 192 – 48 = **144 ม^2**	1 : 3 = 33.33 %
 ชั้นที่ 1 เป็น 1 : 1.75 = 57.27 %	พื้นที่ช่องแสง 7 x 4 ม^2 2 ชั้น = 28 x 2 ม^2 พื้นที่รวม = 192 – 56 = **136 ม^2**	1 : 2.43 = 41.18 %
 ชั้นที่ 1 เป็น 1 : 1.34 = 74.36 %	พื้นที่ช่องแสง 8 x 4 ม^2 2 ชั้น = 32 x 2 ม^2 พื้นที่รวม = 192 – 64 = **128 ม^2**	1 : 2 = 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



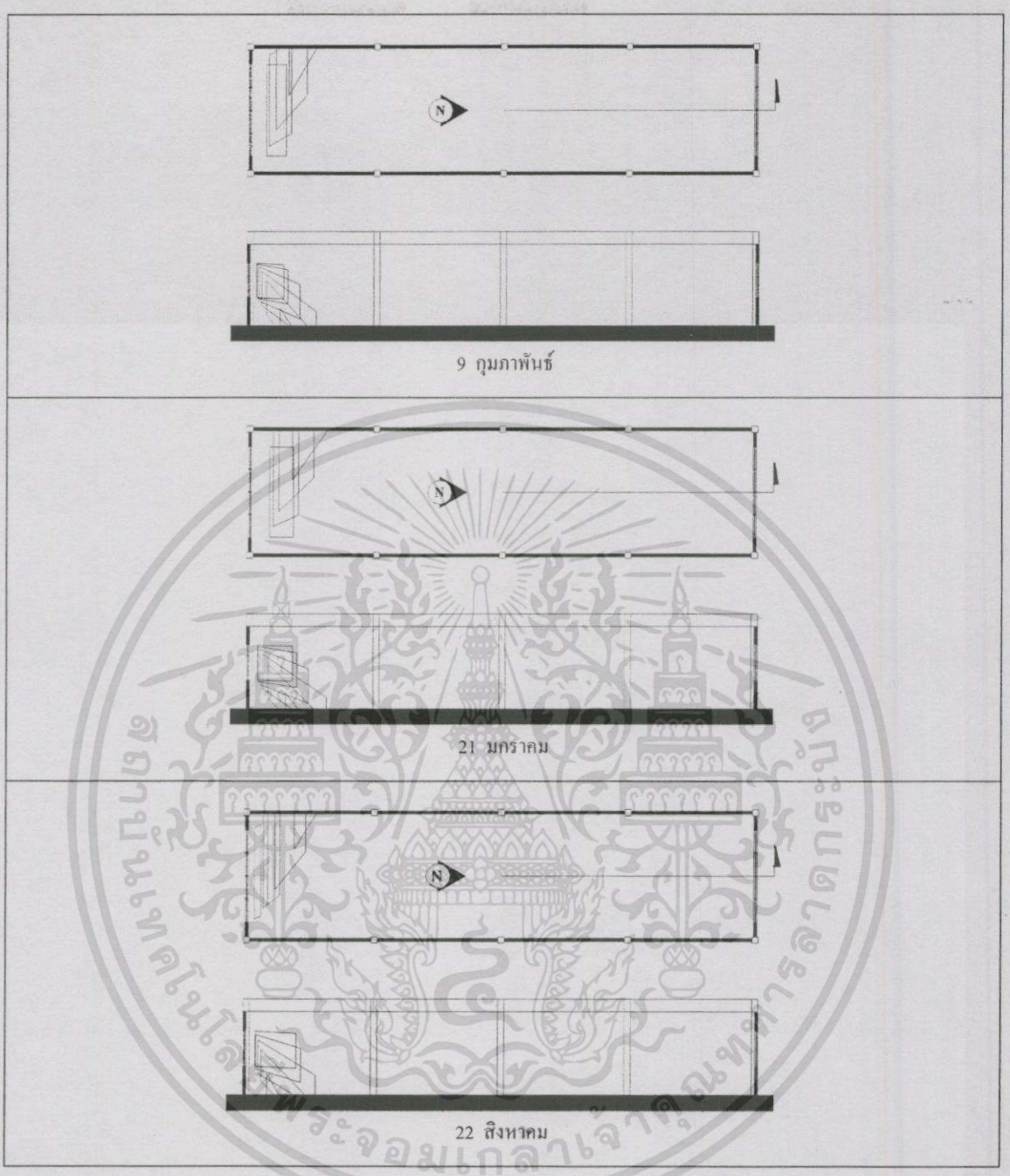
รูปที่ 3.5 ระนาบของแสงแดดที่ส่องเข้ามาทางหน้าต่างด้านข้างในวันต่างๆ เมื่อวางทาวน์เฮาส์ใน แนวทิศเหนือ - ใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 (ต่อ)

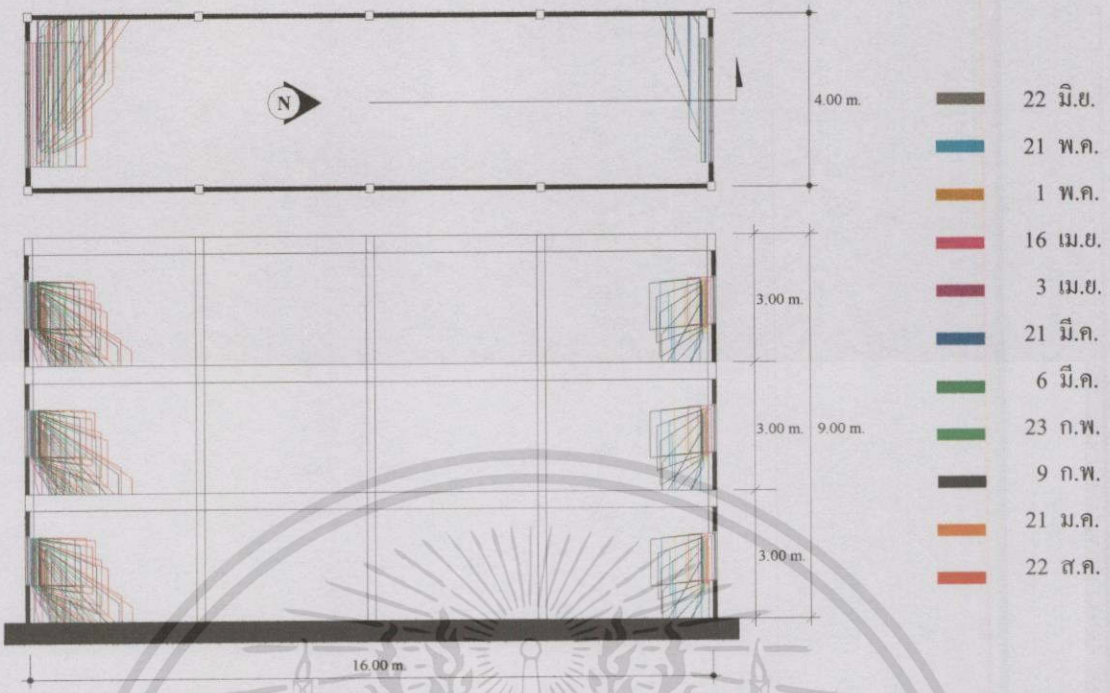
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



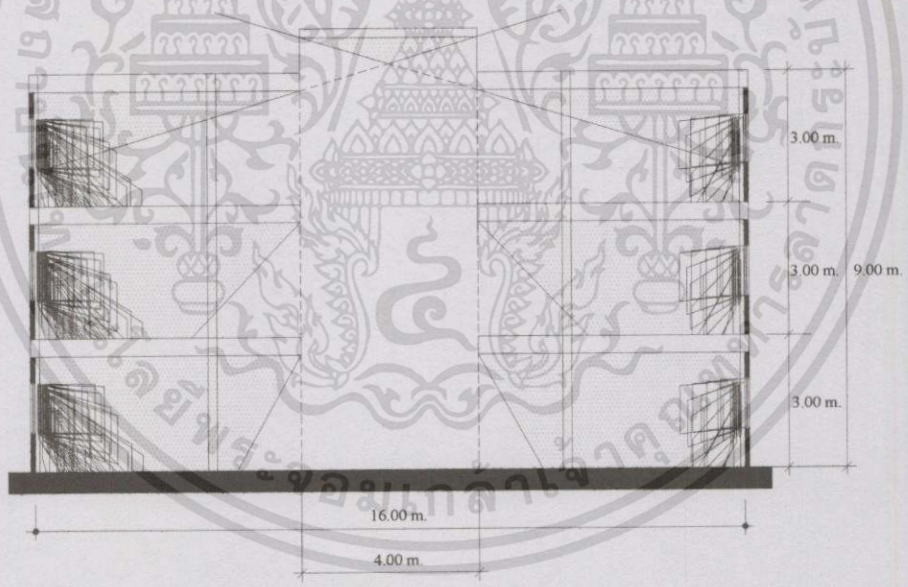
รูปที่ 3.5 (ต่อ)

จะเห็นได้ว่า แสงแดดสามารถส่องเข้ามาได้ลึกสุด 2.4 เมตร ในวันที่ 21 มกราคม เวลา 10.00 น. (และ 14.00 น.) ทางด้านทิศใต้ และ 1.15 เมตร ในวันที่ 22 มิถุนายน เวลา 6.00 น. (และ 18.00 น.) ทางด้านทิศเหนือ หากวางทาวน์เฮาส์ในแนวทิศตะวันออก – ตะวันตก แสงแดดจะสามารถส่องเข้ามาได้ลึกมากกว่านี้ เนื่องจากดวงอาทิตย์อยู่ในมุมต่ำ และความสว่างจะกระจายรอบๆออกไปเป็นวงกว้างกว่าขอบเขตที่แสดงไว้ เนื่องจากขอบเขตที่แสดงในรูปเป็นการหาจาก sunpath diagram จะเป็นขอบเขตของแสงแดดที่ผ่านหน้าต่างเข้ามา หากนำมารวมกันตลอด 1 ปี จะได้ดังรูปที่ 6.7 และเมื่อรวมกับโถงขนาด 4 x 4 เมตร จะได้ดังรูปที่ 6.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ระนาบของแสงแดดตลอดปี (ทิศเหนือ-ใต้) หาจาก sun - path diagram



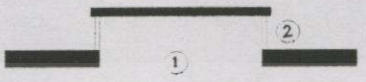
รูปที่ 3.7 ระนาบของแสงที่ได้จากการรวมแสงด้านบนและแสงด้านข้าง ในโถงขนาด 4x4 เมตร

หากพิจารณาถึงพื้นที่ใช้สอยในอาคาร จะเห็นได้ว่าขนาดของโถงที่มีความเหมาะสมคือ 4x4 เมตร เนื่องจากพื้นที่ที่เสียไปในการเจาะโถงชั้นที่ 2 + 3 ต่อ พื้นที่พื้นทั้งหมด เป็น 1 : 5 หรือ ก็คือ ทุกๆ 5 ตารางเมตร เราจะเสียพื้นที่เพื่อให้แสงส่องผ่าน 1 ตารางเมตร หรือ 20% ซึ่งไม่มาก หรือน้อยเกินไป เพราะตามกฎหมายก็กำหนดให้มี open court ไม่น้อยกว่า 20% ดังนั้นการเสียพื้นที่มากกว่าอัตราส่วนนี้จึงไม่เป็นการประหยัด ส่วนการเพิ่มปริมาณแสงสามารถทำได้หลายวิธี เช่น เพิ่มความสูงของช่องแสง ดังนั้น โถงขนาด 4x4 เมตร จึงมีความเหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การกำหนดขนาดของช่องแสง

เนื่องจากก่อนที่แสงจะส่องผ่านเข้าถึงพื้นที่ภายใน ในกรณีของ indirect light แสงจะผ่านตัวแปรของช่องแสงใน 2 ระนาบเป็นอย่างน้อยเสมอ คือ ช่องแสงแนวตั้งและแนวระนาบ ดังรูปที่ 3.8



1 = ช่องเปิดแนวระนาบ
2 = ช่องแสงแนวตั้ง

รูปที่ 3.8 แสดงช่องแสงแนวตั้งและแนวระนาบ

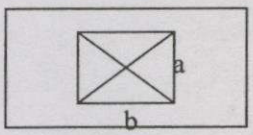
โดยตัวแปรสำคัญคือ ขนาดของช่องแสงทั้ง 2 ระนาบที่จะเป็นตัวกำหนดปริมาณแสงให้กับพื้นที่ภายใน นอกจากนี้ยังมีตัวแปรอื่น ซึ่งสามารถแยกวิเคราะห์ได้ดังนี้

ก. ช่องแสงแนวระนาบ

หากวิเคราะห์เพียงช่องแสงแนวระนาบ จะเห็นว่า สิ่งที่มีผลต่อปริมาณแสงในพื้นที่ภายในคือ ขนาดของช่องแสง ส่วนในเรื่องของความเอียงของหลังคาไม่มีผล เนื่องจากไม่เป็นที่นิยมกระทำกันในอาคารพักอาศัยประเภทนี้

การกำหนดขนาดช่องแสง กำหนดจากรูปทรงสี่เหลี่ยมเป็นสำคัญ เนื่องจากมีความสะดวกในการก่อสร้างและการกำหนดทิศทางของแสงมากที่สุด รวมทั้งเหมาะสมในการออกแบบให้ดูกลมกลืนกับอาคาร และเป็นรูปทรงที่ได้ประโยชน์ใช้สอยคุ้มค่า เหมาะสมกับทาวน์เฮาส์ที่มีเนื้อที่จำกัด และเนื่องจากสามารถกำหนดขนาดได้มากมายไม่จำกัด ในการทดลองจึงกำหนดขนาดตามอัตราส่วน ความกว้าง : ความยาว โดยให้ด้านกว้างของช่องแสงเป็นด้านเดียวกับด้านกว้างของอาคาร และด้านยาวของช่องแสงเป็นด้านความลึกของอาคาร ซึ่งสามารถกำหนดขนาดของช่องแสงแนวระนาบได้ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ขนาดของช่องแสงที่ใช้ในการทดลอง

รูป	ระยะ a (เมตร)	ระยะ b คิดตามอัตราส่วน a : b (เมตร)		
		1 : 1	1 : 1.5	1 : 2
	1.0	1.0	1.5	2.0
	2.0	2.0	3.0	4.0
	3.0	3.0	4.5	6.0

หมายเหตุ : - ตารางดังกล่าวยังไม่ได้รวมการวางทิศทาง

- ดูรายละเอียดขนาดช่องแสงต่างๆในการทดลองได้ในการทดลองที่ 1 (ข้อ 3.4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่จากการคำนวณคร่าวๆ โดยใช้วิธี lumen method [18] ซึ่งกำหนดตัวแปรต่างๆดังนี้ ห้องที่ต้องการเป็นห้องโถงขนาด 4x4 เมตร สูง 9 เมตร ระดับ working plane = 0.00 เมตร จะได้ว่าช่องแสงไม่ควรมีขนาดเล็กกว่า 1 x 1 เมตร ในวันที่มีแสงสว่างน้อยที่สุด คิดในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. ดังนั้นในการทดลองจะทราบตั้งแต่แรกว่าช่องแสงขนาด 1 x 1 เมตร ไม่เหมาะสม แต่ในการทดลองที่ 1 ต้องทำการทดลองช่องแสงขนาดนี้ด้วย เพื่อนำมาเปรียบเทียบเป็นอัตราส่วนกับช่องแสงขนาดอื่นๆ

ข. ช่องแสงแนวตั้ง

ช่องแสงแนวตั้งมีตัวแปรต่างๆมากมายที่มีผลต่อลักษณะของแสงในพื้นที่ภายใน [19]ได้แก่

- ทำเล
- รูปแบบของการส่องผ่านของแสง
- ลักษณะของการกระจายแสงในพื้นที่
- ประสิทธิภาพ
- มุมเอียงและทิศทาง
- ระยะปกติ
- อายุการใช้งาน

นอกจากนี้ ความสามารถของสายตาในการรับรู้และเชื่อมต่อกับสภาพแวดล้อมมีความสำคัญมาก ในที่นี้จะพิจารณาเพียงองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้น เพื่อหาขนาดของช่องแสงที่ใช้ในการทดลองเท่านั้น

- ทำเล ในการทดลองนี้พิจารณาเฉพาะทาวน์เฮาส์ที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯเท่านั้น
- รูปแบบของการส่องผ่านของแสง รูปแบบของการส่องผ่านของแสง ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำช่องแสง กระจกใส กระจกฝ้า เป็นต้น แต่ในการทดลองนี้ใช้การเปิดโล่งแทนวัสดุกรุช่องแสง เพื่อให้เกิดการส่องผ่านแบบสมบูรณ์ 100% และสะดวกในการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นต่อไป (ค่าการส่องผ่านของวัสดุสามารถดูได้ตารางในภาคผนวก ข)
- ลักษณะของการกระจายแสงในพื้นที่ คือ การกระจายการส่องสว่าง (Illuminance distribution) ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างของช่องแสง ตำแหน่งหรือการวางทิศทางของช่องแสง รวมไปถึงจำนวนของช่องแสงด้วย โครงสร้างของช่องแสงเกี่ยวข้องกับมุมเอียงและทิศทาง ซึ่งจะพิจารณาในส่วนถัดไป แต่ในส่วนนี้จะพิจารณาถึงรูปแบบของช่องแสงชนิดต่างๆก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

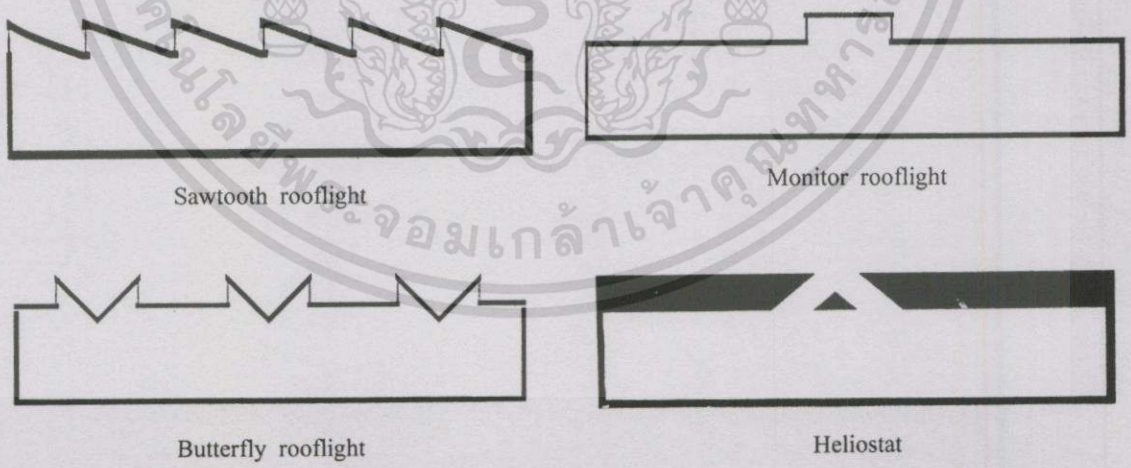
เนื่องจากการใช้แสงตรงจากดวงอาทิตย์ไม่เหมาะสมกับประเทศไทย ในการทดลองนี้จึงต้องการใช้แสงแบบ indirect light ซึ่งรูปแบบของการให้แสงด้านบนแบบ indirect light สามารถแบ่งตามจำนวนทิศทางการรับแสงได้เป็น 3 ประเภท คือ

- ให้แสงเข้าทางเดียว ได้แก่ ช่องแสงแบบฟันเลื่อย (sawtooth roof) ซึ่งจะสร้างเพียงตัวเดียวก็ได้ แต่ส่วนใหญ่มักออกแบบเป็นชุด เพื่อความสม่ำเสมอของแสง
- ให้แสงเข้าสองทาง ได้แก่ ช่องแสงแบบ monitor (monitor roof) และช่องแสงปีกผีเสื้อ (butterfly roof) ซึ่งคล้ายกับช่องแสงแบบฟันเลื่อย แต่ถือเป็น monitor roof
- ให้แสงเข้า 4 ทาง ได้แก่ ช่องแสงแบบ monitor แต่เปิดรับแสง 4 ทาง

ทั้ง 3 รูปแบบนี้เป็นรูปแบบพื้นฐาน ซึ่งนักออกแบบอาจสามารถออกแบบโดยเทคนิคอื่นอีกได้ เช่น

- Heliostat เป็นการออกแบบเป็นระบบ โดยให้ช่องแสงแนวระนาบอยู่ด้านบน แล้วใช้โครงสร้างรูปปริซึมสามเหลี่ยมเป็นตัวกำหนดการกระจายแสงภายใน ส่วนภายนอกจะมีกระจกใช้สะท้อนแสงเข้าภายในในทุกองศาที่ต้องการ
- การใช้เกล็ด เป็นการใช้เกล็ดเพื่อกรองแสง หรือ เกล็ดปรับได้เพื่อปรับแสงให้เหมาะสมในทุกทิศทาง

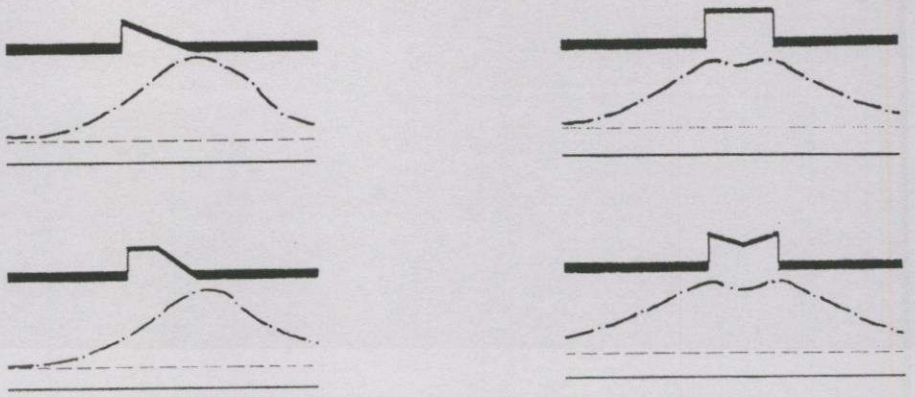
แต่ในรูปแบบพื้นฐานแล้ว หลังคาแบบ heliostat หรือ แบบเกล็ดปรับได้ ไม่เหมาะสมในประเทศไทย เนื่องจากไม่สามารถกันฝนได้ แต่เราสามารถนำมาประยุกต์เป็นรูปแบบอื่น หรือใช้ร่วมกับรูปแบบข้างต้นได้ ดังนั้นในการพิจารณาเรื่องรูปแบบ จึงใช้หลังคา 3 ประเภทข้างต้นในการพิจารณา



รูปที่ 3.9 หลังคาแบบต่างๆ (Indirect Light)

จากผลการวิจัยในต่างประเทศ [19] แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการกระจายแสงของ sawtooth roof และ monitor roof มีลักษณะสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาจากช่องแสงเพียงหน่วยเดียว ดังรูปที่ 3.10

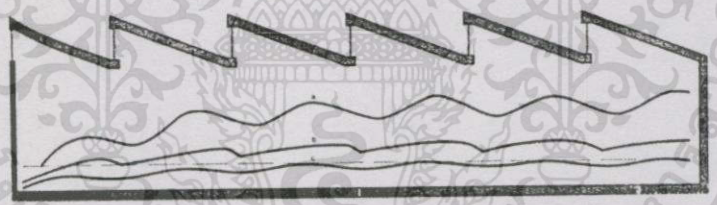
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Sawtooth rooflight Monitor และ Butterfly rooflight

รูปที่ 3.10 รูปแบบการกระจายแสงภายในหลังคาประเภทต่างๆ

จากผลการวิจัยของอีกแห่งหนึ่ง [6] พบว่า เมื่อช่องแสงมีจำนวนชุดเพิ่มขึ้น รูปแบบของการกระจายแสงของ sawtooth roof ค่อนข้างมีความสม่ำเสมอมากกว่า monitor และ butterfly roof ในสภาพท้องฟ้าต่างๆ เมื่อตัวแปรอื่นๆคงที่เหมือนกัน (ดังรูปที่ 3.11 – 3.13) เนื่องจากลักษณะของช่องแสงกำหนดให้ sawtooth roof สามารถวางได้ติดกัน ส่วน monitor แบบ 4 ทิศทางไม่มีผลการวิจัย ดังนั้น sawtooth roof จึงมีความน่าสนใจที่สุดในเรื่องรูปแบบการกระจายแสง

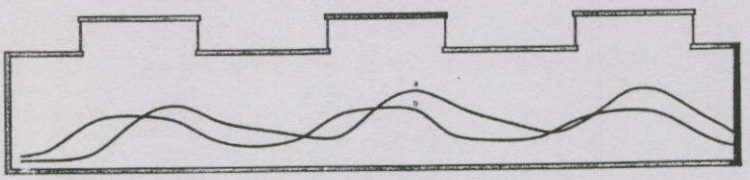


รูปที่ 3.11 สภาพแสงภายในห้องที่มีหลังคา sawtooth roof เมื่อ

(a) ท้องฟ้าใส (clear sky) ช่องแสงหันเข้าหาดวงอาทิตย์

(b) ท้องฟ้าสลัว (overcast sky)

(c) ท้องฟ้าใส (clear sky) ช่องแสงหันหน้าตรงข้ามกับดวงอาทิตย์

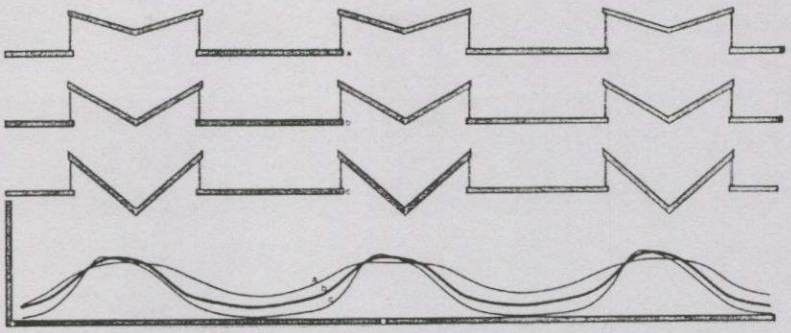


รูปที่ 3.12 สภาพแสงภายในห้องที่มีหลังคา monitor roof เมื่อ

(a) ท้องฟ้าใส (clear sky) ช่องแสงหันหน้าเข้าหาและหันหน้าตรงข้ามกับดวงอาทิตย์

(b) ท้องฟ้าสลัว (overcast sky)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

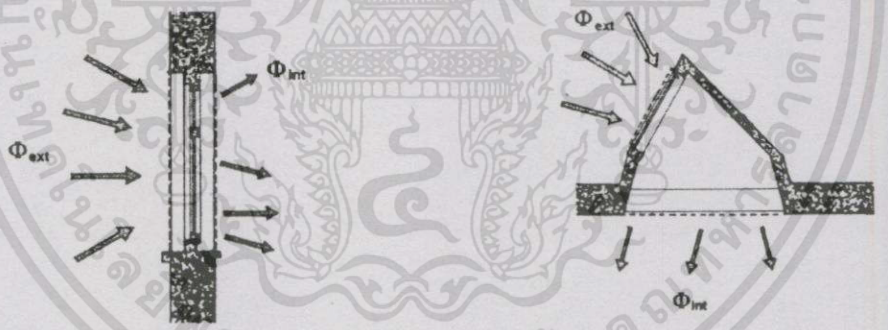


รูปที่ 3.13 สภาพแสงภายในห้องที่มีหลังคา butterfly roof เมื่ออัตราส่วนต่างๆมีขนาดต่างกัน

- <u>ประสิทธิภาพของช่องแสง</u> คือ อัตราส่วนของ luminous flux ที่ผ่านเข้ามาภายใน และ luminous flux ที่ตกกระทบบนพื้นผิวภายนอกของวัสดุโปร่งใสหรือโปร่งแสงของช่องแสง

$$\eta_o = \frac{\Phi_{ext}}{\Phi_{int}} \qquad [19]$$

ซึ่งคล้ายคลึงกับค่า DF แต่ค่า DF เป็นอัตราส่วนของการส่องสว่างในแนวระนาบของพื้นที่ภายในต่อพื้นที่ภายนอก



รูปที่ 3.14 แสดงค่า luminous flux ภายในและภายนอก

ใน sawtooth roof และ monitor roof สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของช่องแสงได้ใกล้เคียงกัน ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ประสิทธิภาพของช่องแสง sawtooth roof

ความเอียงของกระจก	ประสิทธิภาพ (η_o)
90^0	0.10 – 0.20
60^0	0.20 – 0.25
30^0	0.30 – 0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ประสิทธิภาพของช่องแสง monitor roof

ความเอียงของกระจก	ประสิทธิภาพ (η_s)
กระจกสมมาตรแนวตั้ง 90^0	0.10 – 0.20
กระจกไม่สมมาตรแนวตั้ง 90^0 ที่ความชันอื่นๆค่าจะสูงขึ้น	0.15 – 0.20

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของช่องแสงทั้ง 2 ประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน หากความเอียงของช่องแสงมีค่าเท่ากัน

- <u>มุมเอียงและทิศทาง</u> จากตารางที่แล้วจะเห็นได้ว่า ความเอียงของช่องแสงมีผลต่อประสิทธิภาพของช่องแสง หรือหมายรวมถึง การเพิ่มปริมาณแสงให้กับพื้นที่ภายใน ซึ่งในการทดลองนี้จะทดสอบโดยใช้ช่องแสงตั้งฉาก 90^0 เท่านั้น เนื่องจากเป็นความเอียงที่ทำให้ช่องแสงมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน และสามารถเปรียบเทียบกับความเอียงอื่นๆได้ง่าย

ส่วนทิศทางการวางตำแหน่งของช่องแสง จะเห็นได้ว่า sawtooth roof สามารถรับแสงได้ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเพียงทางเดียวตลอดวัน ส่วน monitor roof สามารถรับแสงได้คราวละ 2 ทิศทาง และ monitor roof แบบมีช่องแสง 4 ทิศทางก็สามารถรับแสงได้คราวละ 4 ทิศทาง ดังนั้นแม้ว่า sawtooth roof จะมีความสม่ำเสมอของแสงมากกว่าแบบอื่น แต่ยังต้องพิจารณาในเรื่องของทิศทางการรับแสงด้วย ซึ่งสามารถหาได้จาก sunpath diagram

จากรูปจะเห็นได้ว่า ช่องแสงแบบ sawtooth roof มีข้อด้อยที่สุดในเรื่องของทิศทางเนื่องจากสามารถรับแสงได้เพียงทิศทางเดียวตลอดปี (แต่อาจได้แสงสะท้อนจากแสงที่กระทบกับหลังคาเอียงของช่องแสง) รองลงมาคือ monitor roof แบบ 2 ทิศทาง และ monitor roof แบบเปิดรับแสงทั้ง 4 ทิศทางตามลำดับ แต่ในกรณีของทาวน์เฮาส์มีข้อที่จะต้องพิจารณาเพิ่มก็คือ การบังแสงของตัวหลังคาเองเนื่องจากดูหาติดกัน ในการออกแบบจึงต้องดูในภาพรวมอีกครั้งหนึ่ง

จากการพิจารณาทั้งหมดรูปแบบของ monitor น่าจะมีความเหมาะสมในการทดลองมากที่สุด เนื่องจากมีข้อดีดังกล่าวข้างต้น แต่หากนับในเรื่องของปริมาณการเปิดช่องแสงแล้ว รูปแบบของ sawtooth น่าจะได้เปรียบมากกว่า เนื่องจากในพื้นที่เท่ากัน สามารถเปิดช่องแสงได้ปริมาณมากกว่า monitor ส่วนในเรื่องรูปแบบการกระจายของแสงคงไม่มีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากเป็นพื้นที่ขนาดเล็ก และอาจอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ต้องการความสม่ำเสมอของแสงมากเท่ากับอาคารอื่น เช่น โรงงาน จากข้อพิจารณาทั้งหมดยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่า ควรเลือกใช้รูปแบบใดจึงใช้วิธีทำการทดสอบจากหุ่นจำลองเพื่อหาข้อตัดสินต่อไป

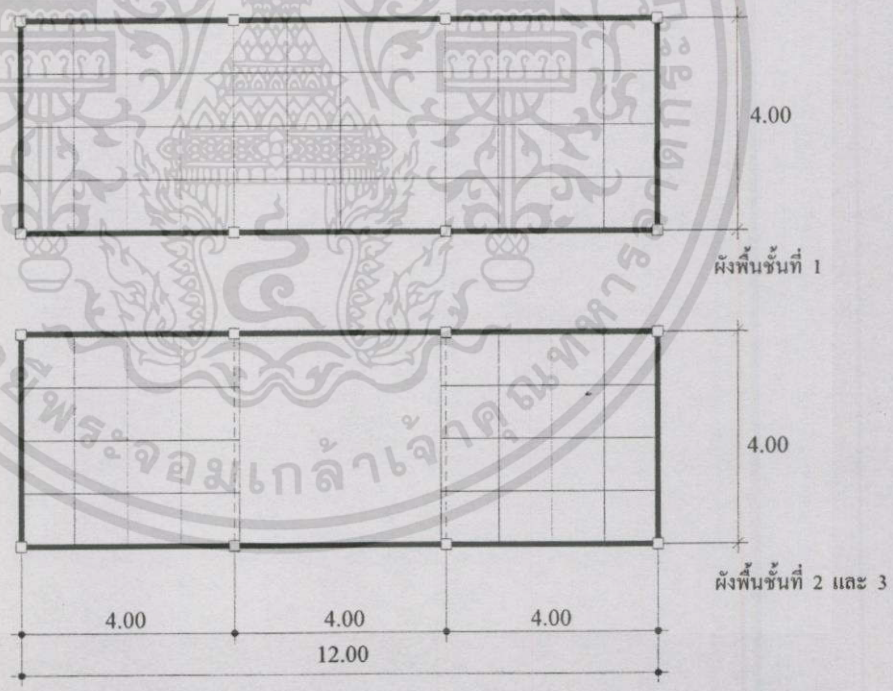
- <u>ระยะปกติ</u> คือ ระยะของช่องแสงที่ต้องกระทำการหาจากการทดลอง โดยจะต้องทำการทดลองเพื่อเลือกรูปแบบก่อน แล้วจึงนำรูปแบบนั้นมาหาข้อมูลในรายละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นหุ่นจำลองจึงเป็นทาวน์เฮาส์ขนาดหน้ากว้าง (กึ่งกลางถึงกึ่งกลางช่วงเสา) 4.00 เมตร ลึก 12.00 เมตร (เนื่องจากเจาะโถง 4 x 4 เมตร จากการตรวจสอบความลึกในการทดสอบ 12.00 เมตร เพียงพอ ถ้า 16.00 เมตร จะทำให้สิ้นเปลืองวัสดุ) สูง 3 ชั้น ชั้นละ 3.00 เมตร (รวมคาน) รวมทั้งสิ้นสูง 9.00 เมตร โถงกว้าง 4 x 4 เมตร สูงเท่ากันตลอดความสูงของอาคาร โดยมีอัตราส่วน 1 : 10 [20]

หุ่นจำลองทำจากกระดาน MDF บอร์ดเคลือบสีขาว ทั้งส่วนตัวอาคารและหลังคา ซึ่งมีค่าการสะท้อนประมาณ 78.83 % [21]

ตำแหน่งในการวัดแสงอยู่ในระนาบแนวนอน ที่ระดับ 0.00 เมตร ในพื้นที่โถง ทำการวัดทั่วผังพื้นโดยวัดตามจุดกริด มีระยะห่างแต่ละจุดเป็น 1.00 เมตร (ในกรณีที่ขนาดของโถงมีเศษให้วัดจากกึ่งกลางออกมา เศษที่เหลือคิดเป็นพื้นที่โดยรอบ) และเพื่อให้ได้ผลการทดลองภายใต้สภาพท้องฟ้าจริงของกรุงเทพมหานคร จึงกระทำการวัดกลางแจ้งภายในหุ่นจำลองและภายนอกพร้อมกันทุกจุด ไม่ใช้ sky dome หรือ mirror box เนื่องจากท้องฟ้าจำลองทั้งสองประเภทมีพื้นฐานอยู่บนท้องฟ้าแบบ overcast sky ตามมาตรฐานของต่างประเทศ ซึ่งเกิดขึ้นได้น้อยในประเทศไทย แล้วนำมาหาค่า DF

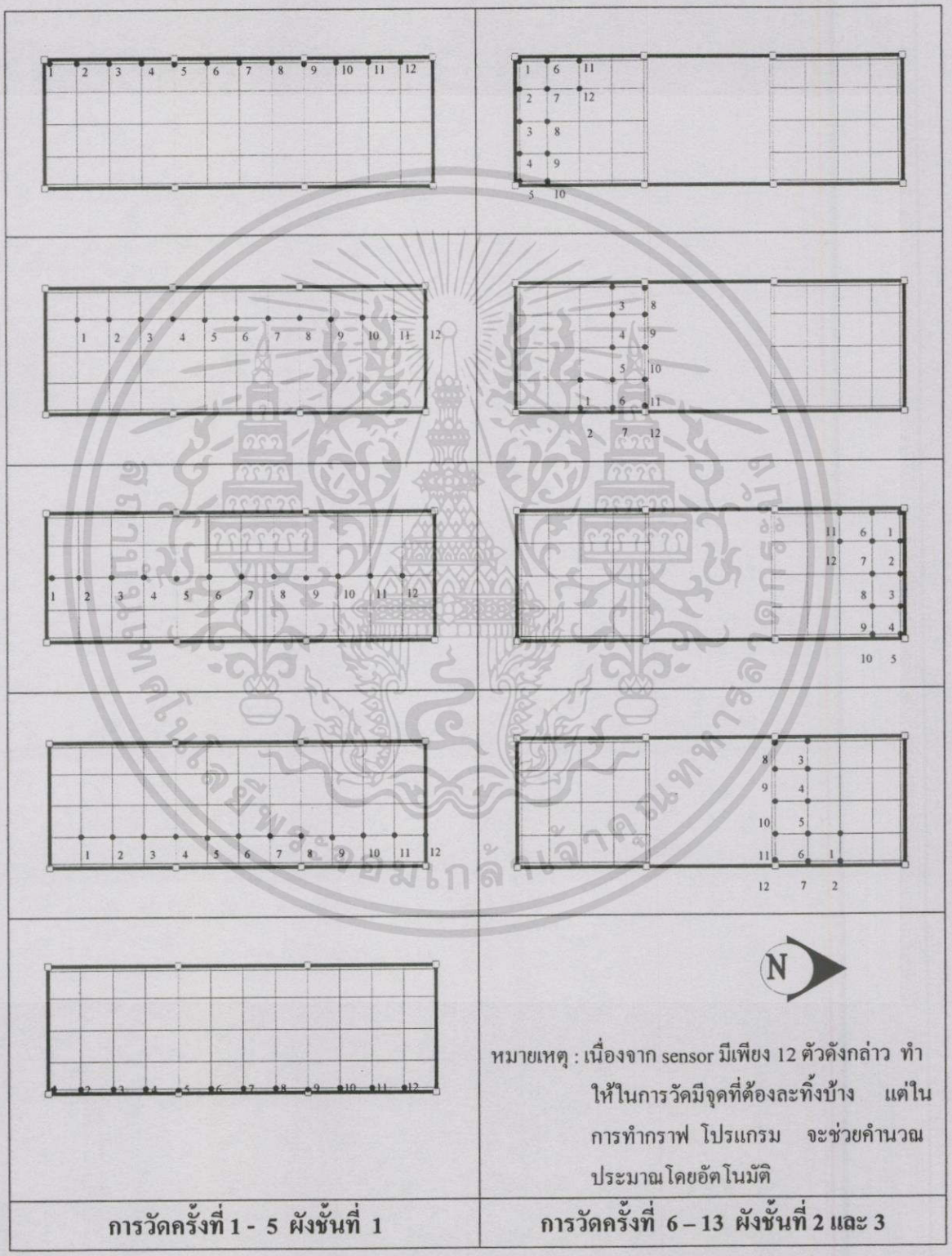


รูปที่ 3.15 ผังกริดของทาวน์เฮาส์และตัวอย่างการวางเครื่องมือ

ตำแหน่งในการวัด แนวตั้ง 5 จุด แนวนอน 13 จุด รวมเป็น 65 จุดในผังพื้นชั้นล่าง ส่วนในผังพื้นชั้นบน ทำการวัดในเฉพาะส่วนที่เป็นพื้น ส่วนที่เหลือคำนวณรูปผังโดยโปรแกรม surfer 6 ดังนั้นในชั้นที่ 2 และ 3 มีตำแหน่งในการวัด ชั้นละ 50 จุด รวมทั้งสิ้น 165 จุด

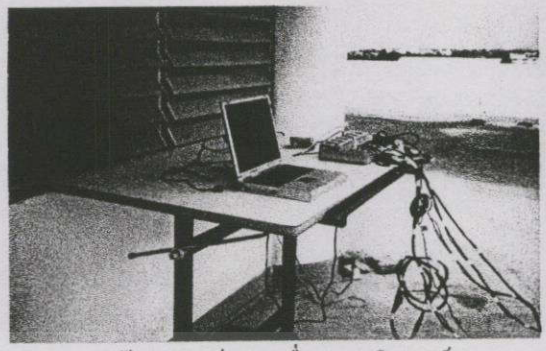
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก photometric sensor มีทั้งหมด 13 ตัว จึงทำการวัดได้ครั้งละ 12 จุด อีก 1 ตัววางไว้ภายนอกหุ่นจำลองเพื่อหาค่า external illumination เพื่อนำมาหาค่า daylight factor โดยใช้ data logger รุ่น opus 2000 ต่อกัน 7 เครื่อง (สามารถเก็บค่าได้ 14 ช่องสัญญาณ) และมีการวางผังการวัดดังรูป

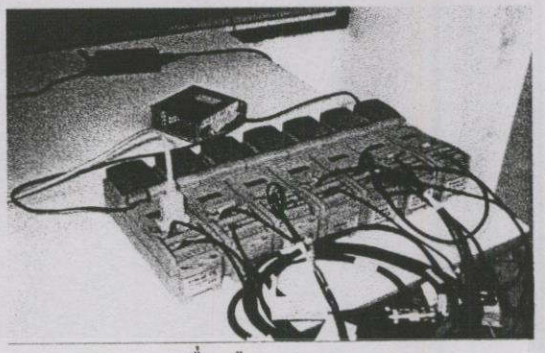


รูปที่ 3.16 ผังการวางเครื่องวัดแสงในชั้นต่างๆ

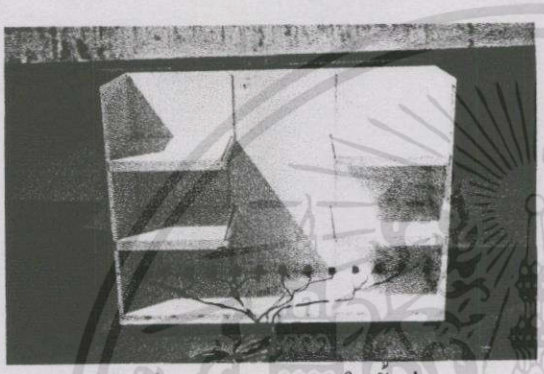
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



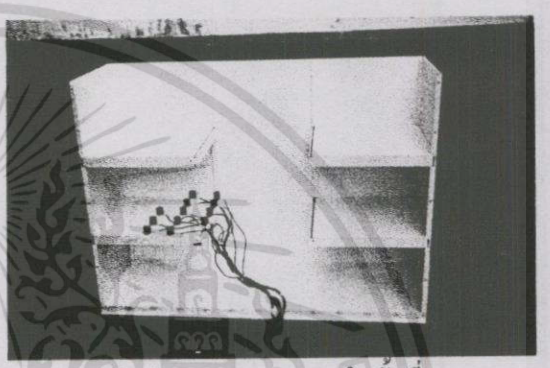
โต๊ะอุปกรณ์และเครื่องคอมพิวเตอร์



เครื่องมือ opus 2000



ตัวอย่างการวาง sensor ในชั้นล่าง

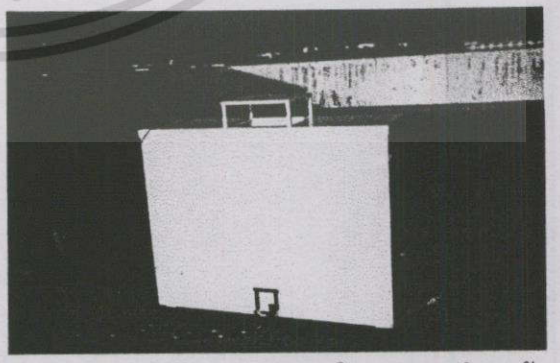


ตัวอย่างการวาง sensor ในชั้นที่ 2

การแปะเทปเพื่ออุดช่องร้อยสาย sensor

การตั้ง sensor ภายนอกหุ่นจำลอง

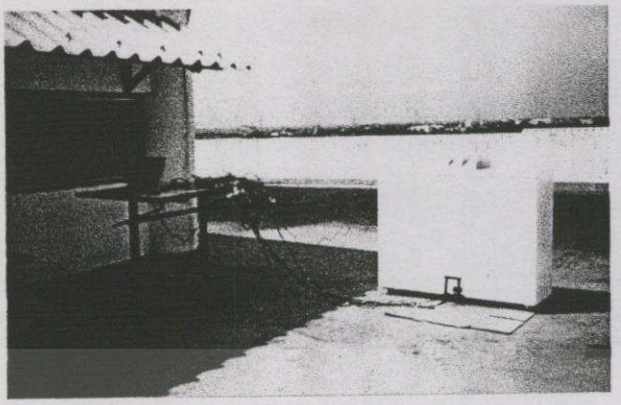
ใช้เข็มทิศกำหนดทิศในการวางหุ่นจำลองครั้งแรก



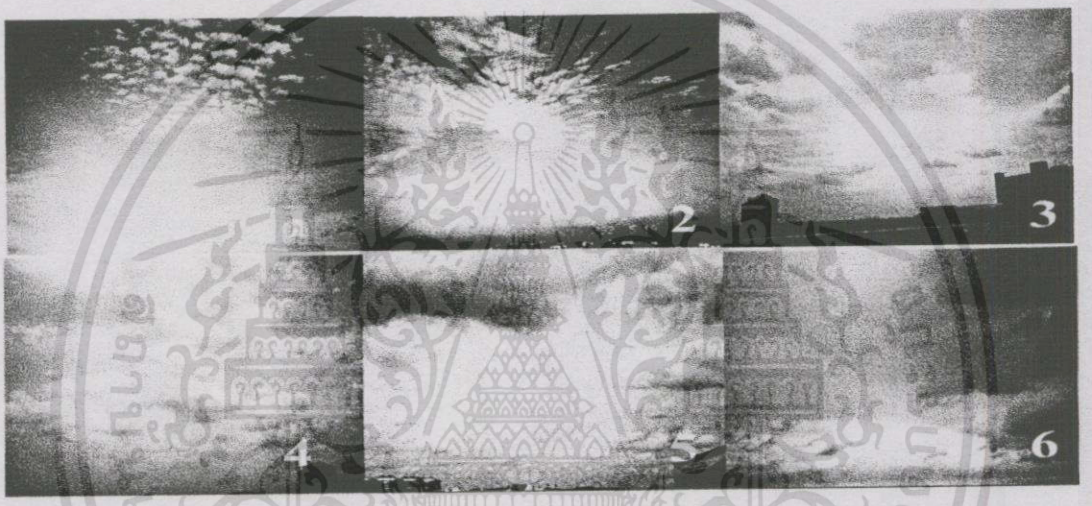
หุ่นจำลองและหลังคา monitor 4 ทิศทาง ขณะทำการวัด

รูปที่ 3.17 การติดตั้งเครื่องมือต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ขณะทำการทดลอง



รูปที่ 3.19 ท้องฟ้าในช่วงปลายฤดูฝนขณะทำการทดลอง ส่วนใหญ่จะมีเมฆเบาบางในตอนเช้า (ดังรูปแรก) และเริ่มก่อตัวมากขึ้นเป็นเมฆฝนในตอนเย็น (ดังรูปสุดท้าย)

3.3 ข้อจำกัดในการวิจัย

- เส้นที่ปะด้วยด้ายสีขาวไว้เป็นตารางสำหรับวาง sensor และการทำช่องแสงเปิดได้เป็นชั้นๆ อาจทำให้ค่าของการสะท้อนมีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย
- ค่าที่ได้ถือเป็นค่าของทั้งกรุงเทพมหานคร
- การวัดกระทำในฤดูฝน จะได้ท้องฟ้าแบบ partly cloudy sky และ overcast sky เป็นส่วนใหญ่ ไม่ใช่ค่าท้องฟ้าตลอดปี อาจไม่ได้ค่าสูงสุดในฤดูร้อน จะเห็นเพียงโค้งกราฟการกระจายเท่านั้น หากต้องการค่าที่แน่นอนจะต้องเปรียบเทียบกับข้อมูลค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าที่เก็บค่าโดย AIT
- สภาพท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา
- อาจมีการคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัดเอง แม้ว่าในการทดลองนี้ได้นำเครื่องมือทั้งหมดให้ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรมเป็นผู้ตั้งค่า
- การวัดและการอ่านค่ากระทำได้ไม่ทุกจุดพร้อมกัน อาจทำให้ค่าคลาดเคลื่อนบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลองในบทนี้ มาจาก 3 การทดลอง โดยมีลักษณะเป็นการเลือกผลที่ดีที่สุดในแต่ละขั้นมาทำการทดลองต่อ โดยแบ่งเป็น

- การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบขนาดของช่องแสงแนวระนาบ
  มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขนาดช่องแสงแนวระนาบที่จะใช้ในการทดลองต่อไป อีกทั้งยังเป็นแนวทางสำหรับผู้อ่าน ในการศึกษาหรือออกแบบใช้แสงตรง
- การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบรูปแบบของช่องแสง
  มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบช่องแสงที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบได้เหมาะสม โดยเลือกจากรูปแบบพื้นฐาน
- การทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบความสูงของช่องแสง
  มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสูงที่เหมาะสมเพื่อการออกแบบ โดยเลือกรูปแบบจากการทดลองที่ 2

หมายเหตุ :

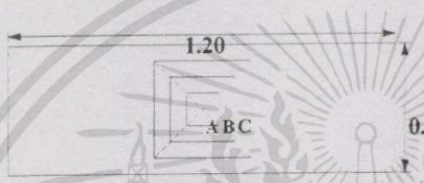
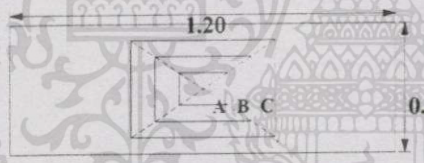
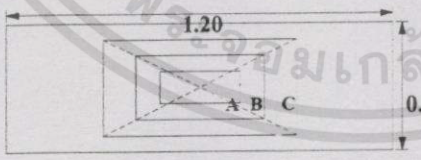
1. เนื่องจากการทดลองแต่ละการทดลองมีค่า DF แตกต่างกันมาก ดังนั้นเพื่อให้ดูกราฟง่ายขึ้น จึงได้กำหนด scale ของกราฟในแต่ละการทดลองไว้ไม่เท่ากัน (ภายในการทดลองเดียวกันใช้ scale เท่ากัน) ให้ดู scale เปรียบเทียบทางด้านขวามือของกราฟว่ากำหนดค่าอยู่ในช่วงใด
2. ขนาดของช่องแสงต่างๆในแต่ละการทดลอง เป็นขนาดของช่องแสงในหุ่นจำลอง ซึ่งมีมาตราส่วนเป็น 1 : 10 ขนาดที่กล่าวไว้ในการทดลองจึงเป็นขนาดของหุ่นจำลอง หากใช้ในมาตราส่วนจริง จะต้องคูณด้วย 10 ในหน่วย เมตร และคูณด้วย 100 ในหน่วย ตารางเมตร
3. ค่าที่ได้ถือว่ามีค่าการส่องผ่าน 100% เนื่องจากเป็นช่องโล่ง และไม่ได้คูณค่าการส่องผ่านของกระจก และค่าตัวแปรความสกปรก (Dirty factor)
4. ค่าตัวเลขที่เก็บได้จากการทดลอง และกราฟสมบูรณ์ ดูได้ในภาคผนวก ฉ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบขนาดของช่องแสงแนวระนาบ

ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบขนาดช่องแสงแนวระนาบ ได้แบบช่องแสงตามอัตราส่วนความกว้าง : ความยาว เป็น 1: 1, 1 : 1.5 และ 1 : 2 โดยเลือกอัตราส่วนละ 3 ขนาด เพื่อเปรียบเทียบปริมาณแสงที่ได้ และอัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลง ของแต่ละขนาด ช่องแสงในการทดลองทั้งหมดตั้งอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางโถง และกึ่งกลางของหุ่นจำลอง ซึ่งมีขนาดและรูปร่างต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ขนาดของช่องแสง ที่ใช้ในการทดลองที่ 1

อัตราส่วน กว้าง : ยาว	รูปร่าง	ขนาดที่ 1 (A)	ขนาดที่ 2 (B)	ขนาดที่ 3 (C)
1 : 1		**OP11** 0.10 x 0.10 0.01 ม.^{2}	**OP12** 0.20 x 0.20 0.04 ม.^{2}	**OP13** 0.30 x 0.30 0.09 ม.^{2}
	อัตราส่วนของช่องแสง : พื้นที่ชั้นล่าง (%)	2.083%	8.333%	18.75%
	ขนาดช่องแสงเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อให้ขนาด A = 100%	100%	400%	900%
1 : 1.5		**OP21** 0.10 x 0.15 0.015 ม.^{2}	**OP22** 0.20 x 0.30 0.06 ม.^{2}	**OP23** 0.30 x 0.45 0.135 ม.^{2}
	อัตราส่วนของช่องแสง : พื้นที่ชั้นล่าง (%)	3.125%	12.50%	28.125%
	ขนาดช่องแสงเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อให้ขนาด A = 100%	100%	400%	900%
1 : 2		**OP31** 0.10 x 0.20 0.02 ม.^{2}	**OP32** 0.20 x 0.40 0.08 ม.^{2}	**OP33** 0.30 x 0.60 0.18 ม.^{2}
	อัตราส่วนของช่องแสง : พื้นที่ชั้นล่าง (%)	4.167%	16.667%	37.5%
	ขนาดช่องแสงเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อให้ขนาด A = 100%	100%	400%	900%

หมายเหตุ : - เนื่องจากในการทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนมากกว่าปริมาณแสง จึงทดลองโดยตั้งหุ่นจำลองให้หันหน้าในแนวทิศเหนือ – ใต้ เท่านั้น

- เนื่องจากค่า DF ของช่องแสงต่างๆมีความแตกต่างกันมาก มาตราส่วนในรูปของการทดลองนี้จึงไม่เท่ากับการทดลองอื่น เพื่อให้ดูกราฟต่างๆได้ง่ายขึ้น

- ในการทดลองนี้จะใช้ชื่อ OP11 – OP33 ดังในตาราง เรียกแทนชื่อช่องแสงขนาดต่างๆในการแสดงผล เรียงไปตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 1

OP 11 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.309766	0.3473983	0.2117359	0.6418494	1.0212267	1.0442521	0.9020738	0.9013723	0.3110706	0.0503509	0.0227788	0.2822145	-
-	0.4124932	0.3007797	0.7804757	1.904855	1.6980829	0.9944102	0.9954391	0.8525411	0.1611895	0.5895544	0.5308781	0.3671175
0.30394	0.5453232	0.4337564	0.4842671	2.1471238	2.0116423	1.7824972	1.1974862	0.8589251	0.2828384	0.6431255	0.3824816	-
-	0.4550176	0.4438343	0.4991413	0.7369567	0.9014244	0.9040525	0.9341897	0.501262	0.269184	0.5510783	0.3568723	0.3217458
0.2986	0.3217301	0.3361124	0.3503778	0.4723169	0.8912095	0.9028038	0.9006706	0.3363596	0.1284752	0.5456054	0.3484414	-
OP 12 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.178095	1.2772196	0.8474802	2.9847425	3.4340501	3.8340501	3.0348292	3.0534551	1.1698963	0.1899112	0.0964056	1.2211127	-
-	1.6334254	1.2708252	3.5923648	7.6151282	5.9452791	3.4340501	3.4340501	2.9673264	0.7289974	2.285068	2.4265649	1.6054418
1.216555	1.9751267	2.1860637	2.1452949	7.4228341	6.82858	6.2302312	4.2182653	3.280957	1.1957722	2.8800459	1.6235771	-
-	1.7759609	2.1189767	2.0904325	2.8477049	3.4340501	3.4340501	3.4340501	1.8511454	1.2177742	2.2787284	1.5232251	1.473326
1.200554	1.1667761	1.6984919	1.7084103	1.8533511	3.4340501	3.3964292	3.1340501	1.2848626	0.620838	2.3129182	1.5731096	-
OP 13 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.447867	2.3916645	2.2351998	6.2189339	6.8353316	7.8038972	6.0373273	6.0361806	2.3575867	0.625215	0.2007271	2.5941946	-
-	3.4844758	3.2272717	7.7963841	15.094265	12.100847	6.9618484	6.9625344	5.9565634	1.61897	4.8394854	5.2398564	3.4282563
2.511106	4.1898429	4.9969935	4.7684431	15.261646	13.973964	12.827279	8.6872696	7.2992655	3.3857481	5.7824881	3.5239905	-
-	4.2726057	4.5168797	6.5639151	5.2147951	7.1062564	7.0926228	7.0216037	3.7706628	3.2165888	4.8915392	3.4414191	2.986951
2.071295	2.7303027	4.1425369	4.2854503	3.9029207	7.0724247	7.04675	7.0980603	2.5556182	2.0205976	4.3984142	3.1920057	-

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)

OP 12 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP11 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
380.3177	367.65278	400.25352	465.02225	336.26715	367.15754	336.42802	338.75626	376.08703	377.1756	423.22489	432.68964	-
-	395.98848	422.51029	460.27886	399.77469	350.11713	345.33535	344.97843	348.05671	452.26112	387.59239	457.08519	437.31007
400.2616	362.19378	503.98425	442.9983	345.71058	339.45299	349.52264	352.26003	381.98407	422.77573	447.82021	424.48497	-
-	390.30602	477.42517	418.80578	386.41414	380.95819	379.85074	367.59665	369.29695	452.39473	413.50354	426.82638	457.91616
402.0615	362.65681	505.33444	487.59088	392.39569	385.32468	376.20899	347.9685	381.99077	483.23561	423.91778	451.47033	-
OP 13 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP11 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
790.231	688.4502	1055.6549	968.90859	669.32556	747.31931	669.27196	669.66564	757.89435	1241.7165	881.20081	919.2281	-
-	844.73541	1072.9686	998.92714	792.41016	712.61814	700.09822	699.44354	698.68346	1004.3893	820.87171	987.01696	933.8308
826.1848	768.32287	1152.0277	984.67218	710.79487	694.6545	719.62408	725.45883	849.81399	1197.0609	899.12283	921.3489	-
-	938.99797	1017.695	1315.0415	707.61215	788.33636	784.53662	751.62502	752.23385	1194.9405	887.63046	964.3279	928.35742
693.6697	848.63144	1232.4854	1223.094	826.33521	793.57601	780.54055	788.08612	759.78752	1572.7528	806.15302	916.08105	-
OP 13 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP12 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
207.7818	187.25554	263.74655	208.35747	199.04577	203.54187	198.93467	197.68362	201.521	329.21443	208.21101	212.44514	-
-	213.32323	253.95087	217.02651	198.21419	203.53707	202.72996	202.74994	200.7384	222.08172	211.78736	215.9372	213.53974
206.4112	212.13033	228.58407	222.27448	205.60403	204.63938	205.88769	205.94412	222.47368	283.14324	200.77763	217.05101	-
-	240.57994	213.16326	313.99795	183.12274	206.93514	206.53813	204.47004	203.69349	264.13671	214.66091	225.92978	202.73524
172.5283	234.004	243.895	250.84432	210.58723	205.94996	207.47525	226.48203	198.90206	325.46293	190.16731	202.91058	-

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 2

OP 11 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.359879	0.409298	0.412312	1.020048	1.049191				0.816412	0.224855	0.101599	0.261318	0.20858
0.428692	0.541818	0.426119	1.021405	1.797255				0.948692	0.4187	0.21595	0.431002	0.336452
0.354634	0.508517	-	0.73205	1.746225				**1.278344**	0.529608	-	0.372497	0.3577134
0.376419	0.562538	0.51201	0.677021	0.846474				0.530062	0.499716	0.251639	0.3984321	0.2781324
0.364702	0.659788	0.512208	0.633322	0.784117				0.559954	0.749714	0.360277	0.403448	0.229663
OP 12 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.92375	1.829296	2.286983	5.210454	4.49621				4.246374	2.011914	0.945052	1.432273	1.522551
1.896532	2.242401	2.351722	5.312075	**8.07614**				5.222587	2.133686	1.84064	1.889477	1.804041
2.016332	2.210473	-	3.257876	8.013133				7.438085	2.845042	-	1.803815	2.81397
1.946413	2.384714	2.72265	2.96158	4.372298				3.166504	2.548681	2.083589	2.261344	2.365901
1.772091	2.278401	2.543325	2.833791	3.835751				3.279143	3.083094	1.97891	2.354812	1.38451
OP 13 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.167887	4.198905	5.43898	14.8314	11.40232				12.48652	5.54749	3.920686	4.577955	3.945245
4.364369	5.106599	5.592445	15.42212	**23.23524**				20.26577	6.85761	4.948428	7.564097	4.907236
5.00349	5.074639	-	7.592044	18.62222				19.50174	7.116975	-	8.411688	6.665307
4.108046	6.64888	6.678767	6.859516	10.52208				10.6045	6.29903	5.79912	9.361198	5.576905
3.93604	6.722221	6.161798	6.487047	8.852491				9.118918	7.286863	5.682783	6.864423	3.494823

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 2 (เปอร์เซ็นต์)

OP 12 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP11 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
534.5547	446.935	554.67292	510.80479	428.54066				520.12636	894.76062	930.17845	548.09581	729.96020
442.3997	413.8661	551.89325	520.07529	449.35972				550.50396	509.5978	852.34545	438.3917	536.19565
568.567	434.69009	-	445.03463	458.88319				581.85316	537.1977	-	484.24954	786.65490
517.0868	423.92052	531.75719	437.44286	516.53069				597.3837	510.02589	828.00718	567.5607	850.63840
485.9011	345.32319	496.54144	447.44869	489.18095				585.60935	411.23602	549.27459	583.67175	602.84416
OP 13 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP11 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1158.136	1025.8797	1319.1418	1453.9904	1086.7726				1529.4386	2467.141	3858.9809	1751.8713	1891.4781
1018.066	942.49342	1312.4139	1509.8927	1292.8182				2136.1801	1637.8338	2291.4693	1755.0028	1458.5248
1410.888	997.92908	-	1037.0936	1066.4273				1525.5471	1343.8194	-	2258.1895	1863.3093
1091.349	1181.9433	1304.4212	1013.191	1243.0482				2000.615	1260.522	2304.5394	2349.509	2005.126
1079.248	1018.8456	1202.9875	1024.2889	1128.9758				1628.512	971.95237	1577.3372	1701.4393	1521.7179
OP 13 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP12 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
216.6543	229.53666	237.82337	284.64698	253.59848				294.05135	275.73196	414.86458	319.62866	259.12071
230.1237	227.72907	237.80213	290.32196	287.70229				388.04083	321.39734	268.84279	400.32755	272.01355
248.1481	229.57254	-	233.03662	232.39624				262.18765	250.1536	-	466.32764	236.86489
211.0573	278.81247	245.30391	231.61677	240.65331				334.89615	247.14862	278.3236	413.96612	235.72013
222.1127	295.04117	242.27332	228.91762	230.78899				278.08845	236.34904	287.16733	291.5062	252.4231

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 3

OP 11 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.813359	0.8092886	0.8688137	1.9028049	1.6277115				1.6734991	1.174512	0.6486546	0.4502152	0.3714559
0.845655	0.9931988	0.8600776	1.8611218	**3.1183265**				1.8070111	1.1716154	0.7546747	0.4892711	0.5327673
0.990986	0.9819292	-	1.2463592	2.6507557				2.7952041	1.2462437	-	0.5674177	0.1026561
0.985801	1.5228404	1.0249348	1.1748995	1.5691227				2.212012	1.3992231	0.8716778	0.4226913	0.1526973
0.664196	1.2585202	0.9548595	1.2721802	1.3359991				2.4539452	1.7858061	1.3915515	0.4039094	0.4580481
OP 12 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3.202264	3.106729	3.428041	7.350858	5.690334				7.319168	-	3.2	2.888754	2.486501
3.239656	3.600673	3.289909	7.51226	**11.97692**				8.116043	4.727242	3.734464	3.099267	3.412876
3.92301	3.50928	-	5.131608	9.884812				11.79874	5.076657	-	3.744118	0.816957
3.853668	6.025367	3.84405	4.316927	6.016404				9.952192	5.944834	4.082779	2.740114	1.212563
2.547868	4.878144	3.456426	4.515019	5.072294				10.62302	7.513196	6.430879	2.620745	2.934287
OP 13 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10.45747	8.888849	11.40638	22.29107	17.43546				19.7306	17.68093	9.90855	8.647213	9.410388
10.86353	10.98249	10.57345	21.68202	35.64538				27.25687	18.79612	10.95694	9.44505	9.909307
15.01033	10.76215	-	13.73637	31.78772				**39.13631**	16.14338	-	11.33959	15.87861
14.06743	17.41931	13.07506	12.50234	19.34418				26.50944	16.67099	13.17122	9.37729	14.2429
8.542172	13.41686	11.07836	13.607	15.84408				24.7136	20.96214	16.69829	8.68098	9.164453

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11 – OP13 ชั้นที่ 3 (เปอร์เซ็นต์)

OP 12 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP11 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
393.7086	383.8839	394.5657	386.3169	349.5911				437.3571	-	493.3288	641.6384	669.3933
383.0943	362.5329	382.513	403.6415	384.0817				449.1418	403.4807	494.8442	633.4458	640.5941
395.8694	357.3863	-	411.7279	372.9054				422.1066	407.3567	-	659.8522	795.8191
390.9174	395.6664	375.0531	367.4295	383.4247				449.9158	424.8668	468.3817	648.2542	794.0957
383.6018	387.6095	361.9827	354.904	379.663				432.8956	420.7173	462.1373	648.8448	640.6068
OP 13 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP11 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1285.714	1098.353	1312.868	1171.485	1071.164				1179.003	1505.385	1527.554	1920.684	2533.38
1284.629	1105.77	1229.36	1164.997	1143.093				1508.395	1604.291	1451.876	1930.433	1859.969
1514.686	1096.021	-	1102.12	1199.195				1400.124	1295.363	-	1998.455	15467.77
1427.005	1143.87	1275.697	1064.12	1232.802				1198.431	1191.446	1511.019	2218.472	9327.537
1286.092	1066.082	1160.208	1069.581	1185.935				1007.097	1173.819	1199.976	2149.24	2000.762
OP 13 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP12 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
326.5648	286.11601	332.73756	303.24446	306.40486				269.57436	-	309.64219	299.34058	378.45905
335.3298	305.01215	321.39035	288.6218	297.61725				335.8394	397.61282	293.40061	304.75109	290.35063
382.6227	306.67687	-	267.68159	321.58143				331.69906	317.99233	-	302.86412	1943.6286
365.0400	289.09957	340.13762	289.61203	321.52395				266.36785	280.42818	322.60428	342.22262	1174.6111
335.2674	275.04026	320.51489	301.37193	312.36517				232.64194	279.0043	259.65797	331.24093	312.32299

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 1

OP 21 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.606335	0.561136	0.651858	1.298422	2.2625478	2.347653	2.3772346	2.285847	2.0300481	1.188354	0.624353	0.508462	-
-	0.570409	0.754744	1.264774	2.277722	2.320003	2.32496	2.2567672	2.213827	1.450676	0.994233	0.664182	0.409533
0.794293	0.578293	1.1615359	1.399388	2.2413408	2.34965	2.4337387	**2.439516**	2.3866116	2.017473	1.1986	0.958655	-
-	0.501843	0.947288	1.180553	1.583718	2.269984	2.201998	2.108967	2.175679	1.885276	0.955885	0.707529	0.469612
0.405877	0.434456	1.0931687	1.0754131	1.285718	1.935213	2.2213065	2.016676	1.9987657	1.639749	1.1355	0.593184	-
OP 22 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.546849	2.1280559	2.9436485	5.6705891	8.456719	8.664438	8.7947453	8.499345	8.3136408	5.511889	2.837864	2.158815	-
-	2.3992057	3.1393774	6.0420997	9.6240826	8.650469	8.5475245	8.4197741	9.290276	6.979991	4.199398	3.160431	1.8517733
3.454558	2.2937849	5.665208	6.6800358	8.5772134	8.872617	9.3577153	9.3928258	**10.40096**	8.690955	5.7535	4.360651	-
-	2.507768	3.8167655	5.2121451	7.1755119	8.591414	8.232076	7.7702669	9.2846904	8.356764	4.308224	3.416457	2.2592554
2.085576	1.9009972	5.5926255	5.9417321	5.6123667	8.358827	9.3224958	8.5234699	8.9352234	7.166961	4.219554	2.62467	-
OP 23 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5.010953	4.1104856	5.8554759	10.835654	15.641363	15.96653	16.275977	15.699862	16.384393	11.09127	5.897116	4.407115	-
-	4.6408194	6.015177	11.590397	17.986166	15.92817	15.756779	15.522578	15.415796	14.60194	8.130025	6.223654	3.5107504
6.548319	4.2771936	11.122422	12.635599	15.523489	16.0593	16.953062	16.951561	**19.26575**	16.9208	11.05454	8.310099	-
-	4.6314311	6.9026745	10.351377	13.021814	14.98656	14.248561	13.314713	14.044579	15.92789	7.827446	6.826397	4.3223654
3.926589	3.6163174	11.122735	11.321749	9.8517882	14.7265	16.39279	14.937442	16.14679	13.62347	10.7095	5.02971	-

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)

OP 22 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP21 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
420.0399	379.24067	451.57818	436.72928	373.76974	369.0681	369.95698	371.82476	409.52925	463.8255	454.5291	424.5774	
	420.61148	415.95261	477.72169	422.53105	372.8646	367.64179	373.09006	419.64778	481.1544	422.3756	475.8381	452.16706
434.9223	396.64754	487.73422	477.35408	382.68225	377.6144	384.49959	385.02825	435.80448	430.7842	480.0183	454.8717	
	499.71167	402.91501	441.5003	453.08015	378.4791	373.84575	368.43947	426.74909	443.2648	450.7052	482.8717	481.0898
513.8443	437.55806	511.59766	552.50695	436.51615	431.9332	419.68525	422.64945	447.03706	437.0767	371.6032	442.4714	
OP 23 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP21 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
826.4330	732.52929	898.27477	834.52481	691.31637	680.1059	684.6601	686.8291	807.09383	933.3308	944.5171	866.7541	
	813.59505	796.98242	916.40067	789.65589	686.5581	677.72256	687.82365	696.34149	1006.561	817.7183	937.0404	857.25701
824.4210	739.62396	957.56165	902.93752	692.59832	683.4761	696.58512	694.87393	807.2428	838.7126	922.2875	866.8498	
	922.88446	728.6775	876.82443	822.23062	660.2057	647.07418	631.33815	645.52622	844.8573	818.869	964.8222	920.41204
967.4332	832.37829	1017.4765	1052.7814	766.24798	760.9754	737.97963	740.69615	807.83806	830.8268	943.1528	847.9173	
OP 23 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP22 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
196.7510	193.15684	198.91899	191.08515	184.95782	184.2765	185.06479	184.7185	197.07843	201.2245	207.8012	204.1451	
	193.43149	191.60414	191.82731	186.88707	184.1307	184.34318	184.35861	165.93475	209.1971	193.5998	196.9242	189.58856
189.5559	186.46882	196.32858	189.15467	180.98522	180.9984	181.16667	180.47349	185.2305	194.6944	192.1359	190.5702	
	184.68339	180.85142	198.60109	181.47575	174.4365	173.08587	171.35464	151.26599	190.5988	181.6861	199.8092	191.31814
188.2736	190.23265	198.88216	190.54628	175.53714	176.179	175.84121	175.25071	180.70941	190.0872	253.8064	191.6321	

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 2

OP 21 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.474335	0.4910718	0.56158	1.189935	1.292025				0.96472	0.425927	0.194915	0.335119	0.285274
0.538942	0.6671426	0.56059	1.278422	**2.262412**				1.298322	0.604521	0.300757	0.491511	0.403508
0.60437	0.6322151	-	0.892432	2.139352				1.525044	0.641459	-	0.430955	-
0.569822	0.8210175	0.635746	0.824874	1.080186				0.687957	0.599741	0.345572	0.343846	0.58965
0.449399	0.8473871	0.630476	1.010938	0.99808				0.698157	0.838397	0.434993	0.537317	0.295127
OP 22 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.434188	2.423452	3.285748	5.988667	6.889505				5.941504	2.150084	1.845299	2.03243	2.201715
2.657345	3.129664	3.328227	6.411535	**13.30663**				11.04516	3.372276	2.714243	2.62528	2.636679
2.922193	3.103795	-	4.533388	11.29378				10.50195	3.864069	-	2.525124	4.443898
2.742962	3.396523	3.43998	4.127866	6.350552				5.982655	3.559867	3.112089	1.944002	3.646584
2.273958	3.677698	3.320488	4.468956	5.467966				5.270532	4.255088	2.834479	1.829799	1.970036
OP 23 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5.505561	5.01903	7.237326	10.40958	12.13319				11.0707	5.85392	3.948982	4.043442	4.446839
5.625613	8.113926	6.489289	10.76621	**25.42481**				22.04422	7.08372	5.57678	5.139632	5.289714
7.30859	9.074913	-	8.748756	21.91424				19.97215	7.77601	-	5.9777	9.867765
6.740388	10.04282	7.679147	7.902669	12.31303				11.59473	6.941618	6.464561	6.60706	7.93237
4.700898	9.286035	6.539123	8.342049	10.26331				9.987134	8.82874	5.718758	5.721977	3.582671

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 2 (เปอร์เซ็นต์)

OP 22 ชั้นที่ 2 มีค่าเป็น x% ของ OP21 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
513.1791	493.5026	585.0897	503.2768	533.2331				615.8786	504.8011	946.7199	606.4801	771.7896
493.0673	469.1147	593.7013	501.5195	588.1612				850.7258	557.8427	902.4704	534.1244	653.4391
483.5105	490.9397	-	507.9813	527.9066				688.6326	602.3875	-	585.9368	-
481.3717	413.6968	541.0935	500.4238	587.9128				869.6263	593.5674	900.5617	565.37	618.432
505.9997	434.0045	526.6637	442.0603	547.8485				754.9207	507.5266	651.6149	340.5437	667.5214
OP 23 ชั้นที่ 2 มีค่าเป็น x% ของ OP21 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1160.69	1022.056	1288.743	874.8024	939.0832				1147.556	1374.395	2026.002	1206.569	1558.796
1043.826	1216.221	1157.583	842.1484	1123.792				1697.901	1171.791	1854.248	1045.68	1310.932
1209.29	1435.415	-	980.3275	1024.34				1309.611	1212.238	-	1387.082	-
1182.894	1223.216	1207.895	958.0456	1139.899				1685.386	1157.436	1870.684	1921.517	1345.268
1046.041	1095.843	1037.172	825.1791	1028.305				1430.5	1053.05	1314.678	1064.916	1213.942
OP 23 ชั้นที่ 2 มีค่าเป็น x% ของ OP22 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
226.1765	207.1025	220.2642	173.8213	176.1112				186.3282	272.2647	214.0023	198.9462	201.9716
211.7005	259.2587	194.9774	167.9194	191.0687				199.5826	210.0575	205.4635	195.7746	200.6203
250.1063	292.3812	-	192.9849	194.0381				190.1756	201.2389	-	236.729	222.052
245.7339	295.6794	223.2323	191.4468	193.8891				193.8058	194.9966	207.7242	339.869	217.5288
206.7276	252.4959	196.9326	186.6666	187.6989				189.4901	207.4867	201.7569	312.7107	181.8581

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 3

OP 21 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.056185	0.9870889	1.054439	2.45186	2.1548685				2.577057	0.973161	1.0731381	0.981796	0.9096358
1.091115	1.2513969	1.571181	2.353074	3.8835502				3.714143	1.239918	1.2783924	1.350598	1.117783
1.584304	1.2266034	-	1.494362	3.6083329				4.37291	1.580437	-	1.275291	1.2938978
1.276474	1.7621477	1.278333	1.39184	1.8402977				3.770451	1.71379	1.3600558	1.105665	1.0842413
0.892142	1.7063146	1.211607	1.584312	1.6223358				3.050926	1.405685	1.2726501	1.066803	1.0485075
OP 22 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.292392	4.517929	5.644566	13.94956	9.896794				10.30686	2.067174	5.488479	4.530824	4.511346
5.013846	5.733604	6.831127	12.79378	19.4635				12.65501	5.442502	6.3976971	6.353491	5.366369
6.50572	5.596135	-	6.839469	17.69639				17.12513	8.707692	-	5.974924	6.030546
5.163175	10.32835	6.355438	6.36127	9.574058				13.75172	9.844923	7.080552	5.212402	5.1756566
3.046178	7.814889	5.693542	7.326572	8.184146				12.33507	7.69977	6.63771	4.863337	5.01552
OP 23 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10.59921	10.78735	13.34946	27.10673	22.91348				30.35468	13.11278	15.25186	10.7345	11.86682
11.87318	13.3393	16.81561	27.92093	46.32499				47.40102	18.5608	18.22305	14.33883	12.53139
15.70132	13.1043	-	16.68893	36.82469				53.21448	23.0108		14.72527	17.83431
12.56351	16.10576	16.38444	15.86997	23.1269				42.79515	24.28474	21.33288	13.05598	15.14321
9.568845	17.53726	13.95157	17.55994	20.27485				38.81329	21.20259	19.84912	12.48753	12.47041

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21 – OP23 ชั้นที่ 3 (เปอร์เซ็นต์)

OP 22 ชั้นที่ 3 มีค่าเป็น x% ของ OP21 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
406.4053	457.7024	535.3144	568.9379	459.276				399.9469	212.4184	511.442	461.4834	495.9508
459.5158	458.1763	434.7766	543.7049	501.178				340.7249	438.9406	500.4486	470.4204	480.0904
410.6358	456.2302	-	457.6848	490.4312				391.6186	550.9672	-	468.5144	466.0759
404.4873	586.1228	497.1662	457.0405	520.2451				364.7235	574.4531	520.6075	471.427	477.3529
341.4454	457.9981	469.9166	462.4451	504.4668				404.3057	547.7591	521.566	455.8798	478.3485
OP 23 ชั้นที่ 3 มีค่าเป็น x% ของ OP21 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1003.537	1092.845	1266.024	1105.558	1063.335				1177.881	1347.441	1421.239	1093.354	1304.568
1088.169	1065.953	1070.253	1186.572	1192.852				1276.23	1496.938	1425.466	1061.665	1121.093
991.0547	1068.34	-	1116.793	1020.546				1216.912	1455.977	-	1154.659	1378.34
984.2355	913.9847	1281.704	1140.216	1256.693				1135.014	1417.019	1568.53	1180.826	1396.664
1072.57	1027.786	1151.493	1108.364	1249.732				1272.181	1508.345	1559.668	1170.557	1189.349
OP 23 ชั้นที่ 3 มีค่าเป็น x% ของ OP22 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
246.9301	238.7676	236.5011	194.3196	231.5243				294.5095	634.3336	277.8886	236.9216	263.0439
236.8078	232.6512	246.1616	218.2383	238.0096				374.5633	341.0343	284.8376	225.6843	233.5171
241.3464	234.167	-	244.0091	208.0915				310.7391	264.2583	-	246.4512	295.7329
243.3292	155.9374	257.8019	249.478	241.558				311.1985	246.6727	301.2884	250.4791	292.5853
314.1263	224.4083	245.042	239.6747	247.7332				314.658	275.3665	299.0357	256.7688	248.6364

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 1

OP 31 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.217145	2.336178	2.564005	4.687462	6.476532	7.41325	8.3820761	7.734126	7.274924	4.31387	2.990814	2.79134	-
-	2.53478	2.71334	5.099713	6.57138	7.501463	8.01463	8.00124	7.51348	5.01647	3.21467	2.84713	2.303751
2.567349	2.893511	3.405337	5.21046	6.742036	7.52413	8.2599624	8.14734	8.090442	6.74318	3.552853	3.05599	-
-	2.64241	3.246079	4.98712	6.34871	7.21348	7.84621	7.96413	7.61479	6.07468	3.21343	2.98134	2.316799
2.099311	2.366042	3.055224	4.71386	5.98746	6.731468	7.5354856	7.68431	7.474692	5.41137	3.082917	2.544864	-
OP 32 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.165904	4.1050857	4.591729	9.435534	11.89142	12.57943	14.15447	13.09373	13.50346	9.664354	5.603121	5.402893	-
-	4.7186211	4.766681	10.38622	12.16362	12.68181	13.36649	13.4931	14.21413	10.7468	5.995042	5.833898	4.5414994
4.927491	5.4438584	7.120562	10.58789	11.82967	13.09355	14.363553	14.20577	15.34324	13.17577	7.288878	6.078282	-
-	5.1416435	6.111106	10.91401	11.62019	12.61043	14.144191	14.04963	13.90994	12.56038	6.187882	5.676224	4.6473620
4.001953	4.5957037	5.660768	10.18315	11.4387	11.76085	13.575843	13.41914	13.71955	11.70751	5.781277	5.040887	-
OP 33 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7.624965	7.6298835	9.2836	16.02249	20.50752	21.61885	24.441988	23.17509	23.04484	20.77273	11.05687	10.38821	-
-	8.5009009	10.14478	17.38342	21.28389	21.91921	23.230535	23.89032	23.37912	22.23426	11.54286	11.24219	8.7067807
8.67224	9.4061148	13.81775	18.23055	22.37373	22.05304	24.280666	24.32585	25.69077	25.56356	13.37012	12.54479	-
-	8.7575013	11.81116	17.11216	21.54222	21.07944	23.377904	23.86444	23.56967	24.24279	11.62774	12.15954	8.8527235
7.06209	7.7959655	11.04675	16.4301	19.45954	19.59549	22.527786	22.98113	23.27672	20.71847	10.95868	10.59567	-

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)

OP 32 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP31 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
187.895	175.71802	179.0842	201.293	183.6079	169.6884	168.86592	169.2981	185.6166	224.0298	187.3444	193.5591	-
-	186.15505	175.6758	203.6629	185.0999	169.0578	166.77613	168.6376	189.1817	214.2304	186.4901	204.9045	197.135
191.9291	188.14024	209.1001	203.2045	175.4614	174.0207	173.89369	174.3608	189.6464	195.3939	205.1556	198.8973	-
-	194.5816	188.2612	218.844	183.0324	174.8176	180.26781	176.4113	182.6701	206.7661	192.5631	190.3917	200.5941
190.6317	194.23593	185.2816	216.0258	191.0442	174.7145	180.15883	174.6304	183.5467	216.3503	187.5262	198.0808	-
OP 33 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP31 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
343.9092	326.59684	362.0742	341.8159	316.6435	291.6244	291.59826	299.6472	316.7709	481.5336	369.6944	372.1587	-
-	335.37036	373.8854	340.8705	323.8877	292.1992	289.85162	298.5827	311.1623	443.2251	359.0683	394.8603	377.93931
337.7897	325.07617	405.7677	349.8837	331.8543	293.0976	293.95613	298.5742	317.5447	379.1024	376.3208	410.4984	-
-	331.42099	363.8594	343.1271	339.3164	292.2229	297.95155	299.649	309.5249	399.0792	361.8484	407.855	382.11013
336.4003	329.49396	361.5693	348.5488	325.005	291.1027	298.956	299.0656	311.407	382.8692	355.4645	416.3553	-
OP 33 ชั้นที่ 1 มีค่าเป็น x% ของ OP32 ชั้นที่ 1												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
183.0327	185.86417	202.1809	169.8101	172.4563	171.8587	172.68035	176.9938	170.6587	214.9418	197.3342	192.2713	-
-	180.15647	212.827	167.3699	174.9799	172.8398	173.79683	177.0559	164.478	206.8918	192.5401	192.7046	191.71599
175.9971	172.78397	194.0543	172.1831	189.1324	168.4268	169.04359	171.2393	167.4404	194.0195	183.4318	206.3871	-
-	170.32494	193.2737	156.7907	185.386	167.1588	165.28272	169.8581	169.4448	193.01	187.9116	214.2189	190.48922
176.4661	169.63595	195.1459	161.3459	170.1203	166.6162	165.94024	171.2563	169.6609	176.9673	189.5546	210.1947	-

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 2

OP 31 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.906276	2.817652	3.642164	4.508344	7.315708				5.921648	4.441004	1.677072	2.001396	1.90775
3.13614	3.794052	3.494968	5.195608	**14.03831**				8.360768	4.67858	2.082704	2.410448	2.363
4.62696	3.662292	-	4.979448	12.61183				9.61956	3.94556	-	2.558732	2.66789
4.041876	3.369974	3.793228	4.630916	6.52716				4.835792	3.68714	2.383344	2.176608	2.30365
2.63806	2.913018	3.641988	5.54058	5.88726				4.77192	4.996632	2.619752	2.36012	1.83956
OP 32 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.73919	4.758146	6.119901	7.24683	11.68775				11.29137	7.392047	4.260188	3.954791	4.08296
5.003097	5.865665	6.203459	8.09493	**22.31192**				16.69142	7.925366	5.062268	4.822862	5.17535
7.589454	6.571581	-	8.3072175	21.0767				18.88494	7.21061	-	4.981578	6.98324
6.498806	6.179673	6.871655	7.5803385	10.64852				9.448866	6.515427	5.796204	4.518525	5.423
4.330643	5.088692	6.512285	8.2144995	9.845178				9.575381	7.775381	5.425022	5.595954	3.84727
OP 33 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8.231914	7.183427	11.3801	13.6809	20.15046				19.88431	11.84292	7.10863	5.72613	5.54472
8.412147	9.703832	11.56177	15.176268	**40.30187**				37.07155	14.38514	8.940939	7.203435	7.0021
11.84267	9.641479	-	16.289591	34.1454				36.45101	12.25631	-	7.892803	7.63677
10.3007	8.742924	12.02765	13.564529	19,12052				18.13964	11.89675	10.38873	6.387174	5.42431
7.555495	7.78838	11.3396	14.26439	16.00898				16.66375	11.54048	9.506588	7.03498	4.3523

ตารางที่ **4.17** การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 2 (เปอร์เซ็นต์)

OP 32 ชั้นที่ 2 มีค่าเป็น x% ของ OP31 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
163.0674	168.8692	168.0293	160.7426	159.7624				190.6795	166.4499	254.0253	197.6016	214.02
159.5304	154.6016	177.4969	155.8033	158.9359				199.6397	169.3968	243.0623	200.0815	219.0164
164.0268	179.439	-	166.8301	167.1184				196.3181	182.7525	-	194.6893	261.751
160.7869	183.3745	181.1559	163.6898	163.1417				195.3944	176.7068	243.1963	207.5948	235.4089
164.1601	174.6879	178.8113	148.2606	167.2285				200.661	155.6124	207.0815	237.1046	209.1406
OP 33 ชั้นที่ 2 มีค่าเป็น x% ของ OP31 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
283.2461	254.9437	312.4544	303.4573	275.4411				335.7902	266.672	423.8715	286.1068	290.6421
268.2325	255.7643	330.8118	292.098	287.085				443.3988	307.4681	429.2948	298.8422	296.3229
255.9493	263.2635	-	327.1365	270.741				378.926	310.6355	-	308.4654	286.2475
254.8495	259.4359	317.0822	292.9124	292.9379				375.1121	322.6553	435.8888	293.4462	235.4655
286.4035	267.3646	311.3574	257.453	271.9257				349.2044	230.9651	362.8812	298.0772	236.5945
OP 33 ชั้นที่ 2 มีค่าเป็น x% ของ OP32 ชั้นที่ 2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
173.6988	150.9711	185.9524	188.7846	172.4067				176.1019	160.2116	166.8619	144.7897	135.8014
168.1388	165.4345	186.3762	187.4787	180.6294				222.0995	181.5076	176.6193	149.3602	135.2971
156.0411	146.7147	-	196.0896	162.0055				193.0163	169.976	-	158.4398	109.3587
158.5014	141.4787	175.0328	178.9436	179.5604				191.9769	182.5936	179.2333	141.3553	100.0241
174.4659	153.0527	174.1263	173.6489	162.6073				174.0271	148.4233	175.236	125.7155	113.127

ตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 3

OP 31 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7.246216	6.8521208	7.8482934	15.098897	13.163279				17.409088	9.9481874	6.641777	5.991486	5.813079
7.218176	8.2894664	7.4561484	17.507754	22.891396				20.605587	11.471503	7.387423	7.7481311	6.816094
8.150888	8.1928605	-	10.124343	21.639115				22.455257	11.463139	-	7.2457861	7.782542
7.965872	7.2673178	9.2259519	9.6763701	13.172978				**22.909969**	10.971398	9.145137	6.7022246	6.644562
6.145544	6.6649665	8.3458674	10.886237	11.617747				20.778875	14.039383	11.78384	5.6750164	6.420056
OP 32 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10.35364	9.075339	11.267973	20.997435	18.93801				24.928215	16.991933	11.76632	10.496881	9.905158
10.19405	11.255607	10.57337	24.481365	**34.061565**				29.868075	19.31892	13.1482	12.990479	11.81667
12.06288	11.022557	-	14.74179	31.18698				32.461665	19.33473	-	12.735536	13.38403
11.83485	9.51047	13.012421	14.096025	19.70832				32.787195	18.8055	16.21361	11.58125	11.38812
8.866808	8.9455	11.670634	14.847285	17.051355				30.958095	19.8762	18.41255	9.630225	10.82104
OP 33 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20.77076	19.028165	22.378744	48.584276	41.137429				45.178081	39.070811	26.12996	23.720714	19.9985
20.77553	23.536604	22.222453	55.131258	**72.312422**				56.098861	43.765137	28.49197	26.927921	22.34502
22.53787	23.158369	-	32.18696	65.918896				61.466366	44.388711	-	27.822522	24.37566
22.08777	20.644442	26.218361	29.850276	41.724397				58.233773	43.169711	36.88251	26.376928	22.84181
17.56407	18.576987	24.393343	32.363019	35.889789				53.530711	53.36929	40.08488	22.461308	21.23857

ตารางที่ **4.19** การเปรียบเทียบค่า Daylight factor ของช่องแสง OP31 – OP33 ชั้นที่ 3 (เปอร์เซ็นต์)

OP 32 ชั้นที่ 3 มีค่าเป็น x% ของ OP31 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
142.8834	132.4457	143.5723	139.066	143.87				143.1908	170.80431	177.1561	175.1966	170.3943
141.2275	135.782	141.8074	139.8316	148.7964				144.9513	168.40793	177.9809	167.6595	173.3643
147.9946	134.5386	-	145.6074	144.1232				144.5615	168.66873	-	175.7647	171.975
148.5694	130.8663	141.0415	145.6747	149.6117				143.1132	171.40478	177.2921	172.7971	171.3901
144.2802	134.2167	139.8373	136.3858	146.7699				148.9883	141.5746	156.2526	169.6951	168.5506
OP 33 ชั้นที่ 3 มีค่าเป็น x% ของ OP31 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
286.6428	277.6975	285.1415	321.7737	312.5166				259.5086	392.74301	393.4182	395.907	344.0259
287.8224	283.9339	298.042	314.8962	315.8935				272.2507	381.51181	385.6821	347.5409	327.8274
276.5081	282.6652	-	317.9165	304.6284				273.7282	387.22999	-	383.9821	313.2095
277.28	284.0724	284.1806	308.4863	316.7423				254.1853	393.47503	403.3018	393.5548	343.7669
285.8017	278.7259	292.2805	297.2838	308.9221				257.6208	380.13986	340.1684	395.7928	330.8159
OP 33 ชั้นที่ 3 มีค่าเป็น x% ของ OP32 ชั้นที่ 3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
200.6131	209.6689	198.6049	231.382	217.2215				181.2327	229.93742	222.0743	225.9787	201.8998
203.8004	209.11	210.1738	225.1968	212.2992				187.8222	226.54029	216.6987	207.2897	189.0974
186.8365	210.0998	-	218.3382	211.3667				189.3506	229.5802	-	218.4637	182.125
186.6332	217.0707	201.4872	211.7638	211.7096				177.6113	229.55896	227.4787	227.7554	200.5757
198.0878	207.6685	209.0147	217.9726	210.4806				172.9135	268.50852	217.7042	233.2376	196.271

สรุปผลการทดลองที่ 1

ในรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงการเฉลี่ยค่า DFmax. , DFmin. และ DFavg. โดยค่า DF เฉลี่ยหาได้จากการตัดค่าสูงสุด – ต่ำสุด ออก แล้วนำมาเฉลี่ยเป็น 2 โซน คือ โซนมืดอยู่ตรงริมผัง (ตำแหน่งที่ 1 - 4 และ 10 - 12) และโซนสว่างอยู่ตรงกลางผัง (ตำแหน่งที่ 5 - 9) ตามตำแหน่งของ sensor ในผัง ดังรูป

รูปที่ 4.1 การแบ่งโซนเพื่อหาค่า DF เฉลี่ยของช่องแสงขนาดต่างๆ

ในกรณีของชั้นที่ 2 – 3 ไม่มีการวัดค่าในตำแหน่งที่ 6 – 8 จึงใช้ค่าในตำแหน่งที่ 5 และ 9 มาทำการเฉลี่ย โดยหารด้วยจำนวนตำแหน่งที่มีการวัดจริง

ตารางที่ 4.20 การเปรียบเทียบค่า DF ของหลังคาช่องแสงประเภทต่างๆ

ช่องแสงอัตราส่วน 1 : 1												
ชั้นที่	OP11				OP12				OP13			
	DFmax.	DFmin.	DFavg.		DFmax.	DFmin.	DFavg.		DFmax.	DFmin.	DFavg.	
			สว่าง	มืด			สว่าง	มืด			สว่าง	มืด
1	2.147123	0.022778	1.04	0.39	7.615128	1.166776	3.76	1.69	15.26165	0.200727	7.68	3.77
2	1.278344	0.101599	1.04	0.45	8.076140	1.384510	5.21	2.34	23.23524	3.494823	14.46	6.30
3	3.118326	0.102656	2.12	0.93	11.97692	0.816957	8.64	3.98	39.13631	8.542172	25.74	13.09
ช่องแสงอัตราส่วน 1 : 1.5												
ชั้นที่	OP21				OP22				OP23			
	DFmax.	DFmin.	DFavg.		DFmax.	DFmin.	DFavg.		DFmax.	DFmin.	DFavg.	
			สว่าง	มืด			สว่าง	มืด			สว่าง	มืด
1	2.439516	0.405877	2.17	0.96	10.40096	1.851773	8.63	4.35	19.26575	3.510750	15.48	8.50
2	2.262412	0.285174	1.29	0.57	13.30663	1.829799	8.21	3.19	25.42481	3.582671	15.67	6.90
3	4.372910	0.892142	3.06	1.33	19.46350	3.046178	13.10	6.37	53.21448	9.568845	36.20	15.97
ช่องแสงอัตราส่วน 1 : 2												
ชั้นที่	OP31				OP32				OP33			
	DFmax.	DFmin.	DFavg.		DFmax.	DFmin.	DFavg.		DFmax.	DFmin.	DFavg.	
			สว่าง	มืด			สว่าง	มืด			สว่าง	มืด
1	8.382076	2.099311	7.44	3.58	15.34324	4.001953	13.21	7.14	25.69077	7.062090	22.66	13.33
2	14.03831	1.907750	7.99	3.33	22.31192	3.847170	14.15	6.01	40.30187	4.35230	25.79	9.76
3	22.909969	5.813079	18.66	8.68	34.06156	8.866808	27.19	13.35	72.31242	17.56407	53.15	28.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ 4.21 เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนเฉลี่ย โดยแบ่งเป็นโซนมืดและโซนสว่าง ดังข้อกำหนดข้างต้น การเฉลี่ยจะนำค่าอัตราส่วนรายจุดดังในตารางที่ 4.2 – 4.19 มาแบ่งโซน แล้วนำค่าในโซนมาบวกกัน หารด้วยจำนวนค่าที่วัดได้ ในจุดที่ไม่ได้ทำการวัด หรือเกิดความผิดพลาดของ sensor ทำให้ข้อมูลหายไป จะไม่นำจำนวนนั้นมาคิดรวมหรือหารทั้งสิ้น ค่าทั้งหมดจึงเป็นการเฉลี่ยจากจำนวนที่วัดได้จริงเท่านั้น

ตารางที่ 4.21 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนของค่า DF ของหลังคาช่องแสงประเภทต่างๆ

อัตราส่วน	อัตราส่วนชั้นที่ 1 (%)		อัตราส่วนชั้นที่ 2 (%)		อัตราส่วนชั้นที่ 3 (%)	
	โซนสว่าง	โซนมืด	โซนสว่าง	โซนมืด	โซนสว่าง	โซนมืด
ช่องแสงอัตราส่วน 1 : 1						
OP12 : OP11	363.1958	441.6861	517.7972	559.4685	406.1083	463.6859
OP13 : OP11	741.9898	1014.6097	1463.8330	1536.1040	1212.5240	2073.6780
OP13 : OP12	204.2961	236.1778	280.2404	272.3265	299.5615	381.4113
ช่องแสงอัตราส่วน 1 : 1.5						
OP22 : OP21	398.9587	464.9232	656.4846	567.3331	437.6917	472.8909
OP23 : OP21	715.3198	905.9890	1252.6370	1207.8060	1186.1380	1210.1880
OP23 : OP22	179.4296	200.8580	190.2188	221.5437	277.2585	262.4798
ช่องแสงอัตราส่วน 1 : 2						
OP32 : OP31	177.7803	202.6215	179.8880	188.1067	145.7976	155.0515
OP33 : OP31	305.2478	380.2189	328.0562	297.7568	287.5997	330.9275
OP33 : OP32	171.7522	193.3479	181.4431	160.2332	197.2008	213.2710

ในแต่ละชั้นมีอัตราส่วนการเพิ่มขึ้นของแสงสว่างไม่เท่ากัน จากตารางทั้งสองจะเห็นได้ว่า ช่องแสงอัตราส่วน 1 : 2 มีอัตราการเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเมื่อเพิ่มขนาดช่องแสง โดยค่า DF เพิ่มขึ้น 1.4 – 2 เท่า เมื่อพื้นที่รับแสงเพิ่มขึ้น 4 เท่า และค่า DF เพิ่มขึ้น 2.8 – 3.8 เท่า เมื่อพื้นที่รับแสงเพิ่มขึ้น 9 เท่า ในขณะที่ ช่องแสงอัตราส่วน 1 : 1 และ 1 : 1.5 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า DF ใกล้เคียงกัน คือ 3.6 – 6 เท่า เมื่อพื้นที่รับแสงเพิ่มขึ้น 4 เท่า และค่า DF เพิ่มขึ้น 7.1 – 15.3 เท่า เมื่อพื้นที่รับแสงเพิ่มขึ้น 9 เท่า

แต่หากพิจารณาในเรื่องของปริมาณค่า DF จะเห็นได้ว่า ในการให้แสงสว่างภายในบ้านค่า DF จะอยู่ในช่วง 0.5 – 2 (ภาคผนวก ก) ดังนั้นมีเพียง OP11 เท่านั้นที่มีค่าไม่เพียงพอ ส่วน OP23 และ OP33 นั้นมีค่าสูงมาก ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งาน เนื่องจากอาจเกิดแสงจ้า และความร้อนสูงเกินไป

ในการทดลองต่อไปเป็นการทดลองเพื่อเลือกรูปแบบของหลังคาช่องแสง ซึ่งจากการทดลองนี้สามารถเลือกช่องแสงขนาดใดก็ได้เพื่อทำการทดลองต่อ ยกเว้น OP11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาเห็นว่า หากเป็นการรับแสงแบบ Indirect lihght แล้ว จะทำให้ปริมาณแสงลดน้อยลง ดังนั้นช่องแสง OP12 และ OP21 คงให้แสงได้ไม่เพียงพอหากแสงลดลงมากถึง 50% ส่วน OP23, OP32 และ OP33 มีค่าสูงมาก หลังคาที่นำมาใช้จะต้องสามารถลดปริมาณแสงได้มากกว่า 70% จึงจะมีค่า DF อยู่ในระหว่าง 0.5 – 2 ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงเหลือเพียง OP13, OP22 และ OP31 ที่มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง น่ามีความเหมาะสมในการใช้งาน แต่ในแง่ของรูปทรง ช่องแสง OP13 มีความได้เปรียบมากที่สุด เนื่องจากเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีขนาดใหญ่กว่า OP22 และ OP31 ครอบคลุมพอดีในส่วนพื้นที่โถงขนาด 4 x 4 เมตร ทำให้มีความสม่ำเสมอในการกระจายแสงมากกว่า ดูได้จากค่า DFmin, DFmax และ DFavg ซึ่งมีความแตกต่างกันไม่มาก ซึ่งในอัตราส่วนของอาคารจริงอาจเห็นได้ชัดกว่านี้ โดยเฉพาะบริเวณด้านข้าง ซึ่งรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะมีความแตกต่างของแสงตรงริมกับตรงกลางมากกว่า

ดังนั้นในการทดลองที่ 2 จึงเลือกใช้ช่องแสงขนาด 0.30 x 0.30 เมตร หรือเท่ากับ 3 x 3 เมตร ในมาตราส่วนจริง เพื่อทำการทดลองเลือกรูปแบบของหลังคาช่องแสงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

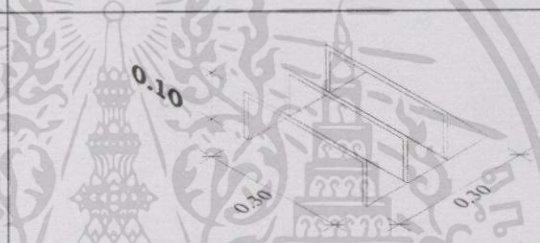
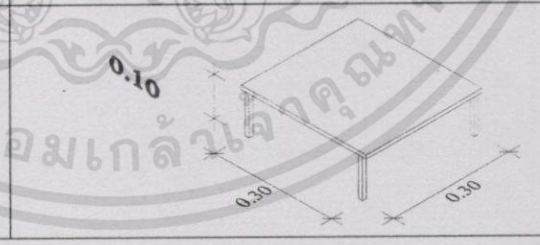
4.2 การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบรูปแบบของหลังคาช่องแสง

ในการทดลองนี้ได้เลือกรูปแบบของหลังคาและช่องแสงแบบ indirect light พื้นฐาน จากส่วนที่แล้วมา 3 ประเภทคือ

- หลังคารับแสงทางเดียว ได้แก่ Sawtooth roof (เรียกแทนว่า sawtooth 2 ซึ่งใช้เปรียบเทียบอีก ในการทดลองที่ 3)
- หลังคารับแสง 2 ทาง ได้แก่ Monitor roof
- หลังคารับแสง 4 ทาง ได้แก่ Monitor roof รับแสง 4 ทิศทาง

โดยแบ่งรูปแบบต่างๆออกได้ดังรูปต่อไปนี้

ตารางที่ 4.22 รูปแบบของหลังคาช่องแสงที่ใช้ในการทดลองที่ 2

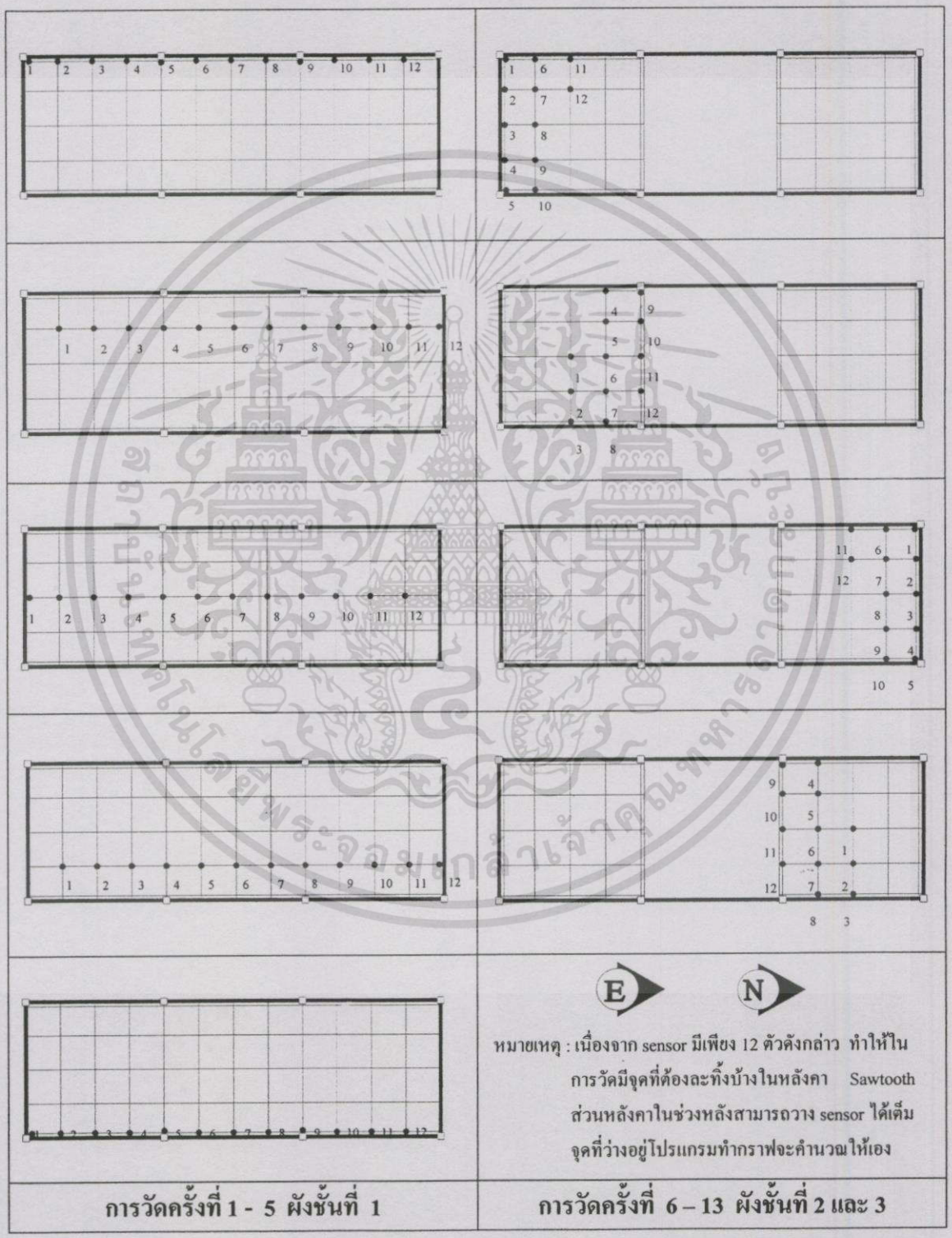
รูปแบบหลังคา	ขนาด
Sawtooth roof พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.10 x 3 = 0.090 ตร.ม.	
Monitor roof พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.10 x 2 = 0.060 ตร.ม.	
Monitor roof 4 ทิศทาง พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.10 x 4 = 0.120 ตร.ม.	

หลังคาแต่ละชนิดครอบคลุมพื้นที่ช่องแสงขนาด 0.30 x 0.30 ตารางเมตร (เหตุผลดังที่กล่าวไปแล้วในการทดลองที่ 1 และเพื่อความง่ายในการแบ่งจำนวนฟันของหลังคา sawtooth) ความสูงของช่องแสงทุกประเภทเป็น 0.10 เมตร

การวัดกระทำใน 4 ทิศทาง คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ส่วนหลังคา monitor roof และ monitor 4 ทิศทาง สามารถวัดในแนวเหนือ-ใต้ พร้อมกัน และในแนว ตะวันออก-ตะวันตกพร้อมกันได้ วัดในช่วงเช้าและช่วงบ่าย ในช่วงปลายเดือนสิงหาคม 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก การวัดกระทำคนละวันกันกับการทดลองแรก จึงมีการทดลองตั้ง sensor ให้แตกต่างกันเล็กน้อย ในส่วนของชั้นที่ 2 – 3 หรือการวัดครั้งที่ 6 – 13 คือขาด sensor ตรงมุมแทนตรงกลาง โดยจะใช้ผังการวัดแบบนี้กับการทดลองที่ 3 ด้วย ส่วนทิศทางการวางอาคารมี 2 แนวคือ ทิศเหนือ – ใต้ และทิศตะวันออก – ตะวันตก ซึ่งมีการวางผังการวัดดังรูป



รูปที่ 4.2 ผังการวางเครื่องวัดแสงในชั้นต่างๆ ในการทดลองที่ 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองที่ 2

ตารางที่ 4.23 การเปรียบเทียบค่า DF ของหลังคาช่องแสงประเภทต่างๆ

Sawtooth		ทิศเหนือ		ทิศใต้		ทิศตะวันออก		ทิศตะวันตก	
		เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
ชั้นที่ 1	DFmax.	7.098959	5.901344	5.595188	4.961773	6.715443	5.090912	5.679973	6.342107
	DFmin.	1.379786	0.215802	0.766166	0.184169	0.821335	1.025388	0.767832	1.576636
	DFavg.	**5.646886**	**4.76861**	**4.776907**	**4.324758**	**5.248582**	**4.103224**	**4.779674**	**5.704993**
		2.341049	**2.017174**	**1.996701**	**1.698303**	**2.083052**	**1.676424**	**1.891408**	**2.55078**
ชั้นที่ 2	DFmax.	10.72379	9.086208	9.247268	8.016134	9.216206	9.232508	5.727341	9.232508
	DFmin.	2.391582	0.485140	2.202226	0.338343	1.782292	0.429070	1.409606	1.98894
	DFavg.	**8.501417**	**6.932464**	**7.278566**	**6.254332**	7.721904	7.927312	**4.978997**	**7.371797**
		4.060025	**3.511795**	**3.548614**	**3.080672**	**3.858591**	**3.076652**	**2.5842**	**3.52762**
ชั้นที่ 3	DFmax.	19.62325	18.24635	10.42053	12.82808	19.98254	17.05055	16.73939	27.72134
	DFmin.	0.306743	3.762633	3.098818	3.458786	3.672197	1.950380	3.764626	4.301661
	DFavg.	**11.76497**	**13.00104**	**8.495437**	**9.455444**	**12.31943**	**11.03441**	**11.67903**	**15.82615**
		6.619019	**6.871476**	**4.92873**	**5.101946**	**6.42429**	**5.055614**	**5.949914**	**9.143078**

Monitor		ทิศเหนือ - ใต้		ทิศตะวันออก - ตะวันตก	
		เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
ชั้นที่ 1	DFmax.	4.973821	4.352637	5.167300	4.958938
	DFmin.	0.962516	0.151865	0.925918	1.104613
	DFavg.	**4.242875**	**3.705960**	**4.290303**	**4.241953**
		1.866478	**1.589701**	**1.803293**	**1.915018**
ชั้นที่ 2	DFmax.	6.518671	6.622509	6.998961	5.635807
	DFmin.	1.804956	0.375994	1.808517	0.761984
	DFavg.	**6.148486**	**5.635467**	**5.870053**	**4.686344**
		3.224899	**3.007861**	**2.935723**	**2.930821**
ชั้นที่ 3	DFmax.	10.759420	9.533038	9.247120	10.977990
	DFmin.	3.117545	3.347025	2.911654	2.494686
	DFavg.	**8.706563**	**7.728095**	**7.859954**	**9.373326**
		4.937584	**4.878099**	**4.850309**	**6.103286**

Monitor 4 ทิศทาง		ทิศเหนือ - ใต้		ทิศตะวันออก - ตะวันตก	
		เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
ชั้นที่ 1	DFmax.	7.529913	7.348338	6.441729	6.550188
	DFmin.	1.283910	0.337940	1.679717	1.610802
	DFavg.	**6.556153**	**5.819986**	**5.636401**	**5.615456**
		3.027700	**2.629708**	**2.485836**	**2.565633**
ชั้นที่ 2	DFmax.	10.169250	10.672210	9.124317	8.230781
	DFmin.	3.122243	3.070016	2.256499	2.028827
	DFavg.	**8.924824**	**9.655811**	**7.06841**	**7.375863**
		4.851908	**4.869287**	**3.586939**	**3.379224**
ชั้นที่ 3	DFmax.	16.304520	18.726840	17.695250	21.376530
	DFmin.	5.929717	5.738298	5.345671	5.367139
	DFavg.	**13.728780**	**14.612240**	**13.223090**	**13.851200**
		8.375819	**8.517333**	**7.481738**	**8.971401**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อดูจากกราฟที่ผ่านมา ค่าที่ได้จากการวัดในแต่ละประเภทหลังคาจะไม่คงที่ แต่จาก ตารางนี้จะเห็นได้ว่าหลังคาทั้ง 3 ประเภทแรก มีค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงบ่าย ของชั้นที่ 1 เมื่อวางอาคารตามแนวทิศเหนือ - ใต้ (แรเงาสีเทา) และค่าสูงสุดอยู่ในช่วงบ่าย ของชั้นที่ 3 เมื่อวางอาคารตามแนวทิศตะวันออก – ตะวันตก (แรเงาสีดำ) โดยหลังคาประเภท Sawtooth จะให้ค่า DFmax. มากที่สุด ตามด้วยหลังคา Monitor 4 ทิศทาง และหลังคา Monitor ตามลำดับ แต่ค่า DFavg. หรือค่า DF เฉลี่ยโดยรวม (ค่าบนคือค่าที่อยู่ในโซนสว่าง และค่าล่างคือค่าที่อยู่ในโซนมืด) Monitor 4 ทิศทาง มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ตามด้วยหลังคา Sawtooth และหลังคา Monitor ตามลำดับ ซึ่งหลังคาทั้ง 3 แบบ สามารถให้ค่า DF เพียงพอต่อความต้องการภายในบ้าน คือ 0.5 – 2%ได้ แต่หากพิจารณาดูว่า หลังคาประเภทใดสามารถรับแสงได้ต่อพื้นที่มากที่สุด โดยการนำค่าเฉลี่ยที่ได้หารด้วยพื้นที่รับแสง จะได้ค่าดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 การเปรียบเทียบค่า DFavg. ต่อ 1 ตารางเมตร ของหลังคาช่องแสงประเภทต่างๆ

Sawtooth		ทิศเหนือ		ทิศใต้		ทิศตะวันออก		ทิศตะวันตก	
		เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
ชั้นที่ 1	DFavg.	62.74318	52.984556	53.07674	48.052867	58.31758	45.591378	53.10749	63.38881
		26.01166	22.413044	22.18557	18.870033	23.14502	18.626933	21.01564	28.34200
ชั้นที่ 2	DFavg.	94.46019	77.027378	80.87296	69.492578	85.79893	88.081244	55.32219	81.90886
		45.11139	39.019944	39.42904	34.229689	42.87323	34.185022	28.71333	39.19578
ชั้นที่ 3	DFavg.	130.7219	144.456000	94.39374	105.06049	136.8826	122.604560	129.76700	175.84610
		73.54466	76.349733	54.76367	56.688289	71.38100	56.173489	66.11016	101.58980

Monitor		ทิศเหนือ - ใต้		ทิศตะวันออก - ตะวันตก	
		เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
ชั้นที่ 1	DFavg.	70.71458	61.766	71.50505	70.699217
		31.10797	26.49501	30.05488	31.916967
ชั้นที่ 2	DFavg.	102.47480	93.92445	97.83422	78.105733
		53.74832	50.13101	48.92872	48.847017
ชั้นที่ 3	DFavg.	145.10940	128.80158	130.99920	156.222100
		82.29307	81.30165	80.83848	101.721430

Monitor 4 ทิศทาง		ทิศเหนือ - ใต้		ทิศตะวันออก - ตะวันตก	
		เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
ชั้นที่ 1	DFavg.	54.63461	48.499883	46.97001	46.795467
		25.23083	21.914233	20.71530	21.380275
ชั้นที่ 2	DFavg.	74.37353	80.465092	58.90342	61.465525
		40.43257	40.577392	29.89116	28.160200
ชั้นที่ 3	DFavg.	114.40650	121.768670	110.19240	115.426670
		69.79849	70.977775	62.34782	74.761675

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางข้างต้น หลังคาที่มีค่า DFavg. มากที่สุดต่อพื้นที่รับแสง 1 ตร.ม. คือหลังคา Sawtooth ชั้นที่ 3 ทางทิศตะวันตก ในช่วงบ่าย ส่วนหลังคา Monitor รับแสง 4 ทิศทางมีค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้งหมดต่ำกว่าหลังคาประเภทอื่นๆ คาดว่าทิศทางของแสงคงมีผลกับปริมาณแสง หลังคา Sawtooth ที่หันหน้าปะทะด้านทิศตะวันออกและตะวันตกโดยตรงจะมีความเข้มข้นของแสงมาก เช่นเดียวกับหลังคา Monitor หลังคา Sawtooth สามารถเลือกรับแสงในทิศทางที่เราต้องการได้ คือ ทิศเหนือ ซึ่งเป็นแสงกระจายจากท้องฟ้า ไม่เกิดความจ้าและความร้อน เพียงแต่มีค่าปริมาณแสงต่ำกว่าทิศอื่นเท่านั้น ในการใช้งานจึงควรพิจารณาค่า DFavg. ว่ามีค่าเพียงพอกับค่าที่กำหนดหรือไม่ หากเพียงพอ เราก็สามารถเลือกรับแสงทางทิศเหนือตามที่เราต้องการ

ในตารางที่ 4.25 ได้แสดงอัตราส่วนของหลังคาประเภทต่างๆ ต่อช่องแสงในการทดลองที่ 1 โดยเปรียบเทียบกับช่องแสงขนาด 3 x 3 เมตร ซึ่งทำการวัดแสงในช่วงบ่าย หันหุ่นจำลองทางด้านทิศเหนือ – ใต้ ดังนั้นจึงเปรียบเทียบเฉพาะค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าว ว่าหลังคาแต่ละประเภทเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของช่องแสงแนวระนาบที่รับแสงแบบ direct light

ตารางที่ 4.25 เปอร์เซ็นต์การรับแสงของหลังคาประเภทต่างๆต่อช่องแสงแนวระนาบ (%)

ชั้นที่	โซน	OP	Sawtooth (N)	Sawtooth (S)	Monitor	4Monitor
ชั้นที่ 1	โซนสว่าง	100	62.0662	56.2892	48.2352	75.7505
	โซนมืด	100	55.0549	46.3519	43.3878	71.7728
ชั้นที่ 2	โซนสว่าง	100	47.9384	43.2491	38.9696	66.7706
	โซนมืด	100	55.7840	48.9357	47.7791	77.3474
ชั้นที่ 3	โซนสว่าง	100	50.5084	36.7339	30.0233	56.7678
	โซนมืด	100	52.4912	38.9738	37.2638	65.0639

จะเห็นได้ว่า หลังคา Monitor มีสัดส่วนการลดลงของแสงมากที่สุด มากกว่า 50% ของช่องแสงแนวระนาบ ส่วนหลังคา Monitor รับแสง 4 ทิศทาง ทำให้แสงลดลงประมาณ 25 – 35% ในขณะที่หลังคา Sawtooth มีช่วงกว้างมากกว่า ขึ้นอยู่กับทิศทางการรับแสงด้วย แต่ในหลังคาทั้ง 3 ประเภท อัตราส่วนในการลดลงของชั้นที่ 3 จะมากที่สุด และตามด้วยชั้นที่ 2 และ 1 ตามลำดับ

จากการหาค่า เราไม่สามารถสรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มพื้นที่ให้เท่ากันแล้ว หลังคา Sawtooth จะให้ปริมาณแสงมากที่สุด เนื่องจากความสูง หรือรูปร่างของช่องแสงอาจมีผลเช่นกัน แต่เราสามารถสรุปได้ว่า ในพื้นที่ช่องแสงแนวระนาบเท่ากันขนาด 0.30 x 0.30 เมตร ช่องแสง Monitor 4 ทิศทาง มีพื้นที่รับแสงมากที่สุด และให้ปริมาณแสงรวมมากที่สุด ซึ่งถ้าหากเพิ่มพื้นที่ของช่องแสงในแนวระนาบแล้วหลังคา Sawtooth อาจมีพื้นที่รับแสงมากกว่าได้ในบางขนาด ซึ่งจะมีผลให้หลังคา Sawtooth รับแสงได้มากกว่าได้ เช่น ช่องแสงขนาด 0.70 x 0.30 เมตร ความสูงช่องแสง 0.10 เมตร วางฟันเลื่อยให้ห่าง 0.10 เมตร ได้ 7 ฟันเลื่อย ดังนั้นหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sawtooth จะมีพื้นที่รับแสง 7(0.30 x 0.10) = 0.21 ตร.ม.

Monitor จะมีพื้นที่รับแสง(ด้านยาว) 2(0.70 x 0.10) = 0.14 ตร.ม.

Monitor 4 ทิศทาง จะมีพื้นที่รับแสง 2(0.70 x 0.10) + 2(0.30 x 0.10) = 0.20 ตร.ม.

จึงสรุปได้ว่า หลังคา Sawtooth และหลังคา Monitor 4 ทิศทางมีค่า DF ใกล้เคียงกัน ซึ่งในการออกแบบต้องพิจารณาขนาดของพื้นที่ช่องแสงแนวระนาบประกอบ รวมทั้งทิศทางของแสงที่ต้องการดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

ในการทดลองต่อไปจึงทดลองเกี่ยวกับความสูงของหลังคาประเภทต่างๆ โดยตัดหลังคา Monitor ออกไป เหลือเพียงหลังคา Sawtooth หลังคา Monitor 4 ทิศทาง และหลังคา Dimond เพื่อเปรียบเทียบความสูงที่เหมาะสมของแต่ละประเภทหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบความสูงของช่องแสง

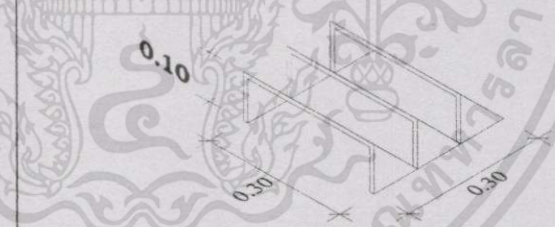
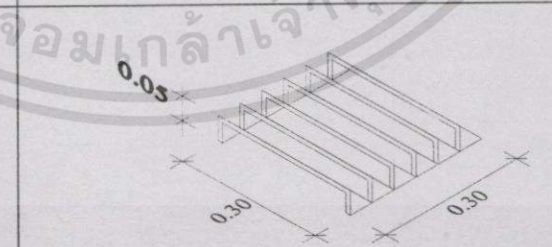
จากการทดลองที่แล้วจะเห็นได้ว่าหลังคาแบบ Sawtooth มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับหลังคา Monitor รับแสง 4 ทิศทาง จึงได้ทำการทดลองต่อเนื่อง เพื่อเปรียบเทียบความสูงของช่องแสง โดยให้พื้นที่ช่องเปิดแนวนอนของหลังคาประเภทต่างๆมีขนาดเท่าเดิม และแยกเป็น

4.3.1 ความสูงและฟันเลื่อยของหลังคา Sawtooth

โดยแบ่งรูปแบบต่างๆของหลังคา Sawtooth เป็นดังนี้

- Sawtooth 1 ช่องแสงสูง 0.15 เมตร จำนวน 2 ช่อง
- Sawtooth 2 ช่องแสงสูง 0.10 เมตร จำนวน 3 ช่อง (ใช้ผลการทดลองที่ 1)
- Sawtooth 3 ช่องแสงสูง 0.05 เมตร จำนวน 6 ช่อง

ตารางที่ 4.26 รูปแบบของหลังคา Sawtooth ที่ใช้ในการทดลองที่ 3

รูปแบบหลังคา	ขนาด
Sawtooth 1 พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.15 x 2 = 0.090 ตร.ม.	
Sawtooth 2 พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.10 x 3 = 0.090 ตร.ม.	
Sawtooth 3 พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.05 x 6 = 0.090 ตร.ม.	

หลังคา Sawtooth ครอบคลุมพื้นที่ช่องแสงขนาด 0.30 x 0.30 ตารางเมตร โดยแต่ละหลังคามีจำนวนฟันไม่เท่ากัน แต่มีพื้นที่รับแสงเท่ากัน ฟันเลื่อยเอียง 45 องศา ซึ่งถือว่าเป็นความเอียงที่ให้การสะท้อนแสงดีที่สุด การวัดและเครื่องมือวัดกระทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ในช่วงวันเดียวกัน และผลการวัดของ Sawtooth 2 ใช้ผลอันเดียวกับ Sawtooth ของการทดลองที่ 1 ในการทดลองนี้จึงมีรายละเอียดเฉพาะ Sawtooth 1 และ Sawtooth 3 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองที่ 3.1 ความสูงของฟันเลื่อยของหลังคา Sawtooth

ตารางที่ 4.27 การเปรียบเทียบความสูงฟันเลื่อยของหลังคา Sawtooth roof

Sawtooth 1		ทิศเหนือ		ทิศใต้		ทิศตะวันออก		ทิศตะวันตก	
		เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
ชั้นที่ 1	DFmax.	7.592887	8.190988	5.867477	5.431064	7.17652	5.320882	5.817143	6.916267
	DFmin.	1.440632	2.150957	1.104770	0.255791	0.906161	1.080167	0.367425	1.778996
	DFavg.	**6.028147**	**5.783723**	**5.046345**	**4.334766**	**5.640606**	**4.317192**	**5.187083**	**6.242166**
		2.738553	**2.607027**	**2.132304**	**1.712241**	**2.229345**	**1.767559**	**2.032679**	**2.800051**
ชั้นที่ 2	DFmax.	11.33784	9.711126	9.215401	8.267736	9.445321	7.591816	6.210001	9.811253
	DFmin.	2.508188	0.515494	2.277433	0.346484	1.838202	1.573717	1.636855	1.629591
	DFavg.	**9.084879**	**7.387546**	**7.288644**	**6.422490**	**8.032483**	**7.352553**	**5.041067**	**7.897107**
		4.236267	**3.788157**	**3.632406**	**3.190411**	**4.056369**	**3.182915**	**2.735753**	**3.820887**
ชั้นที่ 3	DFmax.	18.43773	14.98132	14.17212	12.70345	17.79384	16.21041	17.74460	**22.34400**
	DFmin.	3.990699	4.496743	0.527675	3.303943	4.525038	1.219529	3.563163	4.525196
	DFavg.	**13.37130**	**11.89496**	**9.472234**	**9.250430**	**12.64508**	**11.45427**	**11.36860**	**14.32832**
		6.593671	**6.838522**	**4.726316**	**5.080832**	**6.785201**	**5.317354**	**6.471758**	**9.586552**

Sawtooth 2		ทิศเหนือ		ทิศใต้		ทิศตะวันออก		ทิศตะวันตก	
		เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
ชั้นที่ 1	DFmax.	7.098959	5.901344	5.595188	4.961773	6.715443	5.090912	5.679973	6.342107
	DFmin.	1.379786	0.215802	0.766166	0.184169	0.821335	1.025388	0.767832	1.576636
	DFavg.	**5.646886**	**4.76861**	**4.776907**	**4.324758**	**5.248582**	**4.103224**	**4.779674**	**5.704993**
		2.341049	**2.017174**	**1.996701**	**1.698303**	**2.083052**	**1.676424**	**1.891408**	**2.550780**
ชั้นที่ 2	DFmax.	10.72379	9.086208	9.247268	8.016134	9.216206	9.232508	5.727341	9.232508
	DFmin.	2.391582	0.485140	2.202226	0.338343	1.782292	0.429070	1.409606	1.988940
	DFavg.	**8.501417**	**6.932464**	**7.278566**	**6.254332**	**7.721904**	**7.927312**	**4.978997**	**7.371797**
		4.060025	**3.511795**	**3.548614**	**3.080672**	**3.858591**	**3.076652**	**2.584200**	**3.527620**
ชั้นที่ 3	DFmax.	19.62325	18.24635	10.42053	12.82808	19.98254	17.05055	16.73939	**27.72134**
	DFmin.	0.306743	3.762633	3.098818	3.458786	3.672197	1.950380	3.764626	4.301661
	DFavg.	**11.76497**	**13.00104**	**8.495437**	**9.455444**	**12.31943**	**11.03441**	**11.67903**	**15.82615**
		6.619019	**6.871476**	**4.928730**	**5.101946**	**6.424290**	**5.055614**	**5.949914**	**9.143078**

Sawtooth 3		ทิศเหนือ		ทิศใต้		ทิศตะวันออก		ทิศตะวันตก	
		เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
ชั้นที่ 1	DFmax.	5.555827	4.933803	4.561908	4.655508	5.243111	4.155797	4.464516	5.204387
	DFmin.	0.790314	0.171457	0.519706	0.158139	0.741951	0.814275	0.466471	1.158912
	DFavg.	**4.475706**	**4.112021**	**3.910808**	**3.872413**	**4.177488**	**3.382595**	**3.767236**	**4.514203**
		1.883543	**1.787875**	**1.584484**	**1.513250**	**1.640469**	**1.359397**	**1.434573**	**1.968404**
ชั้นที่ 2	DFmax.	8.471898	7.413547	7.401912	7.124941	8.171937	7.110778	4.858264	7.059068
	DFmin.	1.927522	0.406899	1.861812	0.292315	1.426812	1.151116	1.107096	0.967586
	DFavg.	**6.730498**	**5.708211**	**5.891372**	**5.458401**	**6.633514**	**4.624501**	**4.530218**	**5.658757**
		3.337955	**3.021907**	**2.993849**	**2.731588**	**3.284408**	**2.105231**	**2.207010**	**2.828115**
ชั้นที่ 3	DFmax.	**17.93760**	16.42578	11.28129	11.74755	16.15023	14.64331	14.11835	14.54059
	DFmin.	3.223762	2.862633	2.624344	2.712692	3.406266	2.241976	2.521689	2.778103
	DFavg.	**12.47489**	**11.23404**	**8.037060**	**8.330487**	**10.12274**	**9.100792**	**9.750673**	**9.841623**
		6.318096	**5.876381**	**4.620726**	**4.186675**	**5.679289**	**4.468515**	**4.575283**	**5.957357**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หรือนำไปเผยแพร่ในรูปแบบอื่นๆ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองจะเห็นว่า หลังคา Sawtooth 3 ให้ค่า DF ต่ำที่สุด ทั้ง DFmax , DFmin และ DFavg ส่วนหลังคา Sawtooth 2 ให้ค่า DFmax สูงที่สุด แต่ค่า DF เฉลี่ยโดยรวม หลังคา Sawtooth 2 ให้ค่าต่ำกว่าหลังคา Sawtooth 1 ซึ่งโดยรวมแล้วหลังคา Sawtooth 1 และ Sawtooth 2 นี้มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันไม่มากนัก บางค่า Sawtooth 2 ก็ให้ค่าสูงกว่า ถ้าดูจากกราฟที่ผ่านมา รูปกราฟจะคล้ายกัน มีความสม่ำเสมอของแสงใกล้เคียงกัน แต่หากดูจากค่าสูงสุด – ต่ำสุดในแต่ละช่วงเวลา ค่า DF ของ Sawtooth 2 จะมีความสม่ำเสมอมากกว่า

สรุปว่าหลังคา Sawtooth หากมีจำนวนฟันน้อยจะทำให้มีความสูงช่องแสงมาก ซึ่งความสูงของช่องแสงนี้มีผลให้ค่า DF เฉลี่ยทั้งในโซนมืดและโซนสว่างสูงขึ้น แต่เมื่อช่องแสงมีความสูงมาก ทำให้ช่วงห่างในแนวระนาบมีความห่างมากตามไปด้วย (ในกรณีความเอียง 45^0 ซึ่งถือว่าให้การสะท้อนแสงดีที่สุด) และทำให้แสงไม่สม่ำเสมอ แต่หากมีจำนวนฟันมาก ความสูงช่องแสงจะน้อย และทำให้ปริมาณแสงน้อยลงไปด้วย

ในการออกแบบหลังคาช่องแสงแบบนี้ จึงต้องดูขนาดพื้นที่ของช่องแสงเพื่อแบ่งจำนวนและขนาดของฟันเลื่อยให้เหมาะสม ในกรณีนี้ถือว่าหลังคา Sawtooth 2 มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีความสม่ำเสมอของแสงมากที่สุด และสามารถให้ค่าความสว่างได้เพียงพอภายในบ้านพักอาศัย (DF = 0.5 – 2%)

4.3.2 ความสูงของหลังคา Monitor รับแสง 4 ทิศทาง

ในที่นี้จะทำการวัดแสงในผังทั้ง 3 ชั้นของหุ่นจำลอง ที่มีช่องแสงสูงตั้งแต่ 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50 จนถึง 3.00 เมตร ในมาตราส่วน 1 : 10 เพื่อเปรียบเทียบระยะความสูงที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดของหลังคาช่องแสง Monitor รับแสง 4 ทิศทาง โดยจะหันหน้าเพียงทิศเหนือ – ใต้ และวัดในช่วงเวลาเดียวเท่านั้น ไม่แยกช่วงเช้าและช่วงบ่าย แต่ในแต่ละจุดที่จะกระทำการเปรียบเทียบกัน จะอยู่ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 ค่าอัตราส่วนของหลังคา Monitor 4 ทิศทางที่ความสูงต่างๆ (ชั้นที่ 1)

ความสูง 1.00 เมตร เป็น x% ของความสูง 0.50 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
175.9254	180.5756	155.1246	196.8269	191.2134	215.1147	181.043	173.2532	161.544	129.0483	147.5665	145.528	161.584
175.2786	194.3233	224.812	147.3089	180.3798	186.4954	173.2797	160.4018	172.7829	126.2232	136.5768	159.7045	161.5627
178.5206	220.2283	182.2949	144.0651	215.0787	176.951	174.9835	157.1423	160.6449	143.2857	140.4039	168.1149	169.284
177.6783	229.2052	249.4092	187.1779	192.4329	211.8493	174.5561	174.2486	174.75	135.7011	140.3943	163.2064	162.9052
191.1615	172.2345	169.0538	202.2322	185.4704	163.4292	181.9104	174.3855	174.8611	126.7463	135.3398	168.1433	162.6403
ความสูง 1.50 เมตรเป็น x% ของความสูง 1.00 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
175.0351	157.9778	134.3834	170.8017	103.1428	103.5611	119.6349	154.9472	190.3306	208.6808	181.5086	204.3268	156.258
175.9143	156.0402	134.889	178.5037	150.3441	148.7614	185.0776	207.6554	194.3115	211.8907	181.1948	202.5071	154.4366
174.5245	132.3782	156.6518	173.2734	133.8554	152.5525	198.5572	221.898	217.8764	211.7825	183.6374	202.1951	148.0172
195.8391	150.4397	134.1561	172.1672	150.8724	148.409	237.0783	252.0467	264.3702	210.7187	182.077	202.004	137.3188
194.1415	183.8133	152.7763	171.7376	152.2029	148.9387	214.5233	238.3775	239.7912	211.9573	167.09	183.3973	147.4058
ความสูง 2.00 เมตรเป็น x% ของความสูง 1.50 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
112.1829	112.4191	130.3542	113.6795	113.4518	108.3486	121.6954	107.0113	101.5073	111.6205	118.0108	115.1088	153.1511
112.5958	112.4971	121.4736	121.0988	121.9088	118.9101	121.3705	109.5798	113.8515	111.118	126.2525	124.7089	162.7306
112.3524	112.7851	115.3505	117.5663	114.192	118.7216	108.3945	108.2235	105.0938	108.3992	124.8928	123.8241	158.614
104.0301	104.9175	108.6867	107.3453	105.0853	114.4464	103.0157	108.2707	104.3847	108.1484	121.7084	122.3505	159.9087
104.1328	104.1946	108.1688	107.1353	105.1397	114.2276	107.198	107.5877	106.5027	104.0812	117.9874	115.8841	159.3731

ตารางที่ 4.28 (ต่อ)

ความสูง 2.50 เมตรเป็น x% ของความสูง 2.00 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
121.8918	126.7348	122.3427	118.7529	128.3469	121.4863	124.873	113.9519	124.0975	115.7591	115.6138	114.0729	114.5189
128.7198	126.2371	121.2379	118.7016	127.3878	110.8467	114.3623	113.0714	124.102	115.0832	116.8545	113.7604	115.4971
127.0242	127.3493	121.0512	119.2816	123.8907	111.6387	115.6117	113.2045	124.6304	115.1086	115.5364	114.7945	115.3223
127.2637	127.4005	127.1125	119.9566	126.7818	112.4412	116.8076	114.1362	114.4954	113.1745	115.874	113.1797	113.0397
127.8871	127.4893	152.0818	118.4076	126.3224	112.357	115.5555	113.0476	112.1129	112.006	115.5419	113.1794	115.2645
ความสูง 3.00 เมตรเป็น x% ของความสูง 2.50 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
102.8597	115.6506	135.5023	102.1389	133.1668	136.922	138.6829	151.0773	133.9787	120.8971	115.0605	115.1367	111.4632
104.4697	104.5346	103.3998	103.8147	103.9583	106.3226	108.1608	116.4141	125.5094	120.2562	123.8336	115.333	110.9119
100.1239	100.8949	100.0241	100.129	100.003	107.4744	109.7625	112.2659	124.6012	120.1138	123.9088	115.8433	112.9285
103.2658	103.2608	104.3002	104.3632	108.9891	108.7481	114.1342	112.0589	113.1977	120.4087	120.77	112.366	112.5784
103.1558	115.8411	132.8914	102.991	132.6155	130.5057	119.6139	113.1529	117.7392	120.9763	124.153	114.7097	110.7862

ค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นตามลำดับชั้นความสูงในชั้นที่ 1

ช่องแสงสูง 1.00 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 0.50 เมตร 1.72 เท่า

ช่องแสงสูง 1.50 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 1.00 เมตร 1.77 เท่า

ช่องแสงสูง 2.00 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 1.50 เมตร 1.16 เท่า

ช่องแสงสูง 2.50 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 2.00 เมตร 1.19 เท่า

ช่องแสงสูง 3.00 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 2.50 เมตร 1.14 เท่า

ตารางที่ 4.29 ค่าอัตราส่วนของหลังคา Monitor 4 ทิศทางที่ความสูงต่างๆ (ชั้นที่ 2)

ความสูง 1.00 เมตร เป็น x% ของความสูง 0.50 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
140.6717	143.1626	183.6262	182.396	181.7646				133.6511	135.4736	131.6004	102.1575	93.12589
153.0576	153.8115	166.8819	179.9692	172.4261				127.2708	125.9492	113.2767	104.4437	102.8659
153.9826	155.2899	167.5259	174.5645	159.5464				116.9242	107.2791	107.4128	100.8878	103.8209
141.9687	156.0051	177.3876	180.4846	173.0826				114.4732	110.217	103.7927	103.0232	103.0089
147.5798	154.4315	173.5319	181.1105	170.7658				111.5133	110.3794	102.026	103.2134	103.6366
ความสูง 1.50 เมตรเป็น x% ของความสูง 1.00 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
214.6862	206.8665	168.7601	165.2109	162.43				209.2251	188.611	177.3393	240.3479	252.3394
209.2392	207.1553	185.7548	187.1041	183.4173				197.9417	210.32	203.3668	239.4905	237.9032
208.2942	209.7657	199.7653	195.0865	190.9296				198.6913	211.6437	227.1825	240.2368	240.1479
215.7478	209.0464	197.8241	196.5813	186.2065				212.1061	214.0131	227.2814	236.7941	239.2304
206.4535	208.6073	216.3157	187.2915	185.2755				218.9842	218.086	232.0183	230.4772	227.5327
ความสูง 2.00 เมตรเป็น x% ของความสูง 1.50 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
111.8141	109.6718	105.9162	104.0359	103.5372				108.6241	115.6171	115.7383	114.3792	114.799
105.9428	106.0996	106.502	103.6109	103.332				112.76	116.0933	116.1348	115.2695	115.0685
104.9962	106.2834	106.1661	104.0624	103.3038				116.1286	116.1354	116.6263	116.8912	116.276
110.8831	106.526	104.4708	102.4299	103.9484				116.4696	116.1753	116.0828	116.2795	116.7646
111.1123	105.8008	104.955	103.3639	102.8934				116.5969	115.6395	116.0126	116.0355	116.351

ตารางที่ 4.29 (ต่อ)

ความสูง 2.50 เมตรเป็น x% ของความสูง 2.00 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
121.465	121.6313	122.6762	121.3638	121.3935				107.1495	108.6033	110.48	110.6004	109.0044
121.4747	122.9798	122.4499	120.8682	120.3723				107.3135	108.8467	111.7873	110.8266	110.9309
121.9789	125.3622	122.9312	121.7088	120.9367				110.3975	110.6543	111.3896	111.7387	111.2686
121.5627	123.7214	123.3924	120.704	121.2175				107.5487	110.5244	111.0066	110.8685	111.4681
121.0914	122.9851	123.0481	121.8009	121.9142				104.8597	109.723	111.2243	111.5333	111.8145
ความสูง 3.00 เมตรเป็น x% ของความสูง 2.50 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
117.4545	117.3236	118.7216	116.8402	117.5337				127.4512	120.6081	96.85668	96.64201	96.70514
117.1379	117.6101	118.652	117.8469	117.8124				122.7904	117.0909	96.70078	96.33313	96.25871
117.826	117.7394	118.8119	118.2332	117.5974				118.174	116.4132	96.92028	97.20117	97.12085
117.1371	118.2582	118.2478	118.0204	117.5641				114.1625	112.1488	98.01031	99.11524	97.22528
116.6928	118.6085	119.1117	117.9317	114.5981				109.257	106.9851	100.2693	100.4767	98.45441

ค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นตามลำดับชั้นความสูงในชั้นที่ 2

ช่องแสงสูง 1.00 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 0.50 เมตร 1.38 เท่า

ช่องแสงสูง 1.50 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 1.00 เมตร 2.09 เท่า

ช่องแสงสูง 2.00 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 1.50 เมตร 1.11 เท่า

ช่องแสงสูง 2.50 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 2.00 เมตร 1.16 เท่า

ช่องแสงสูง 3.00 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 2.50 เมตร 1.11 เท่า

ตารางที่ 4.30 ค่าอัตราส่วนของหลังคา Monitor 4 ทิศทางที่ความสูงต่างๆ (ชั้นที่ 3)

ความสูง 1.00 เมตร เป็น x% ของความสูง 0.50 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
161.0459	167.1672	182.9584	222.474	226.1156				127.764	132.6277	110.1053	116.4065	105.4416
153.9003	159.4841	194.4926	226.1363	227.9874				129.2584	133.792	109.9092	115.0471	107.2346
151.5641	153.3606	203.9983	192.4636	190.4723				127.6366	114.3071	109.2537	105.9797	105.0037
155.103	150.7143	198.0993	208.3365	208.3363				127.6606	119.9396	109.3792	117.3352	105.0349
154.7136	153.1247	197.9294	208.4341	208.4763				127.2884	131.8387	109.2754	118.5826	104.2929
ความสูง 1.50 เมตรเป็น x% ของความสูง 1.00 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
149.2266	149.663	132.0123	106.9969	102.4745				187.7216	196.8412	226.1447	250.7744	258.0471
155.1261	151.8122	131.0817	106.6613	102.9635				183.5689	207.8305	236.5581	258.8593	261.7654
156.7496	156.6583	121.0136	121.8227	123.6418				205.782	230.7874	242.4873	262.0204	263.9802
148.1692	148.2855	123.9154	108.0209	108.162				198.6839	201.4188	233.2006	258.5515	260.7895
147.4012	148.0454	123.9921	108.4313	107.4869				198.5999	200.6815	201.7079	253.3006	255.4279
ความสูง 2.00 เมตรเป็น x% ของความสูง 1.50 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
122.0683	120.3554	119.7623	118.6679	118.5206				107.8176	115.0646	124.12	121.5263	126.1224
121.6379	120.1548	119.3782	119.3078	119.108				115.5362	115.5428	124.5896	124.0022	126.0368
121.5307	120.6161	119.8829	119.6437	119.7906				125.5163	125.8686	125.0903	126.9403	126.2307
122.1864	120.2187	119.7231	118.9537	120.6454				115.7417	125.6505	126.4557	126.9516	126.0453
121.0271	120.7558	118.226	119.1431	120.7181				107.9066	115.9853	126.3612	126.7427	126.2494

ตารางที่ 4.30 (ต่อ)

ความสูง 2.50 เมตรเป็น x% ของความสูง 2.00 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
116.5399	116.1891	115.6619	115.4729	114.5276				107.7782	106.3342	105.8441	105.5689	106.5871
116.3556	116.1699	115.8909	115.2596	114.7139				107.7368	106.8617	105.8096	105.9852	105.5865
115.9869	115.9004	115.4204	115.2418	115.2526				107.4424	106.6605	105.9185	105.1346	105.9333
115.1536	114.8584	114.8993	114.3556	114.4958				108.472	108.6163	105.5586	105.1363	105.3818
114.841	114.9048	114.0169	114.2929	110.7964				108.0022	108.5566	116.561	105.1149	105.6404
ความสูง 3.00 เมตรเป็น x% ของความสูง 2.50 เมตร												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
103.344	103.8837	103.3889	102.4441	101.8623				99.18405	99.53577	99.76856	99.71798	99.68075
103.4635	103.1491	103.6414	102.7906	101.9288				99.31199	99.38384	99.64858	100.425	99.34072
103.0009	103.1304	102.3609	101.4979	101.797				100.3805	100.1995	100.0212	100.6316	99.79674
103.4506	103.0105	102.3202	102.094	102.1801				100.9121	100.7727	100.5803	100.9911	99.17492
103.416	103.0535	102.7051	102.5811	104.7335				100.7977	100.8387	100.5682	99.78582	99.94555

ค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นตามลำดับชั้นความสูงในชั้นที่ 3

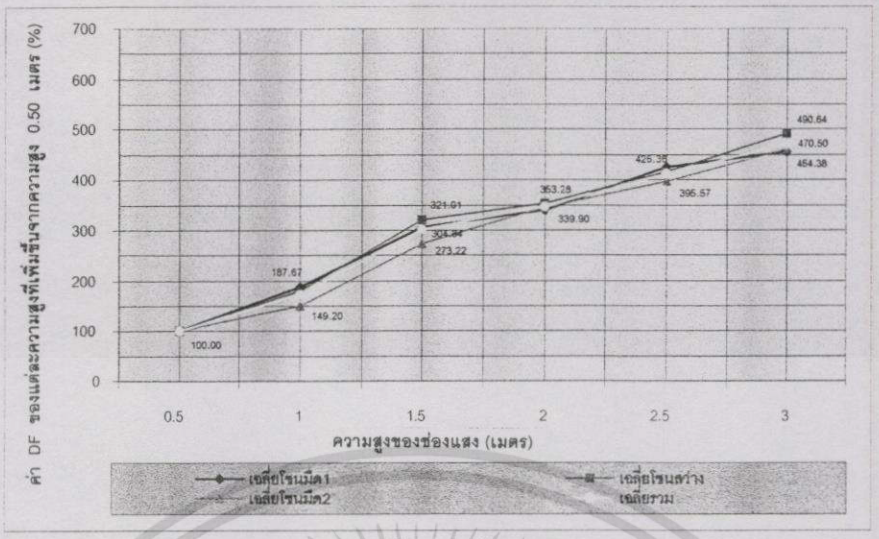
ช่องแสงสูง 1.00 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 0.50 เมตร 1.52 เท่า

ช่องแสงสูง 1.50 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 1.00 เมตร 1.80 เท่า

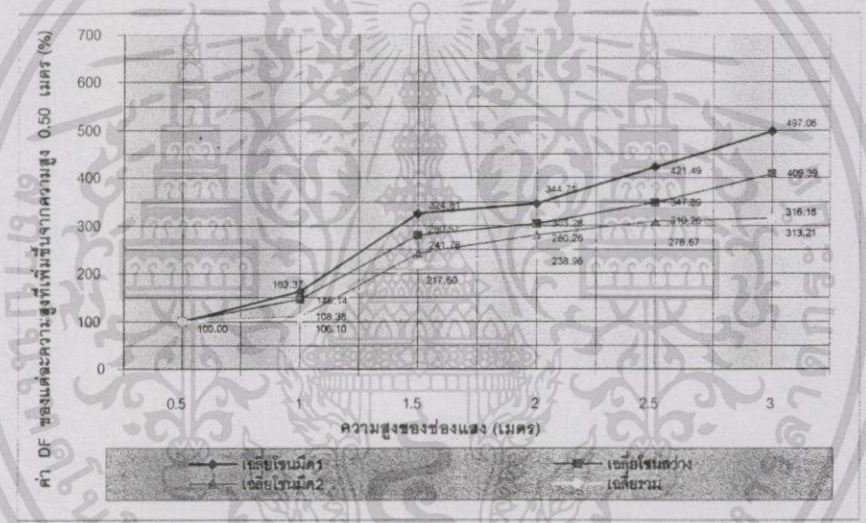
ช่องแสงสูง 2.00 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 1.50 เมตร 1.21 เท่า

ช่องแสงสูง 2.50 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 2.00 เมตร 1.11 เท่า

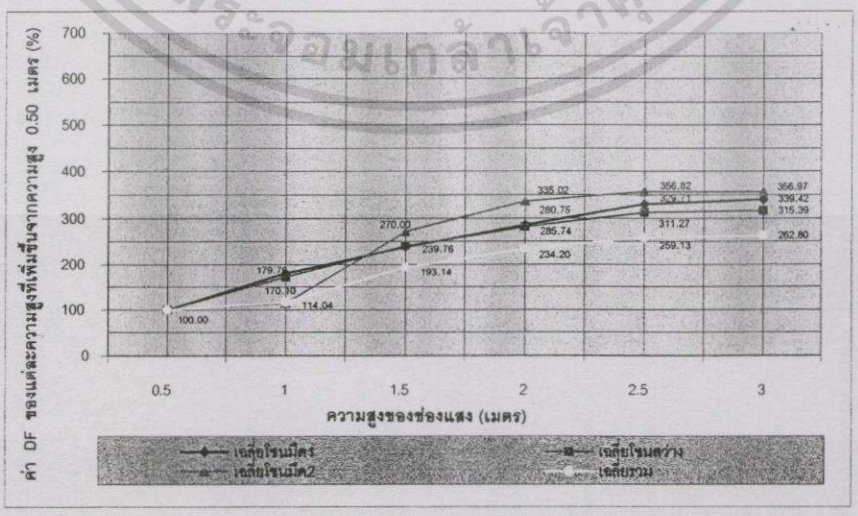
ช่องแสงสูง 3.00 เมตร ให้ค่า DF มากกว่า ช่องแสงสูง 2.50 เมตร 1.01 เท่า



รูปที่ 4.3 กราฟอัตราส่วนของความสูงที่เพิ่มขึ้นของชั้นที่ 1 เมื่อให้ความสูง 0.50 เมตรเป็น 100%

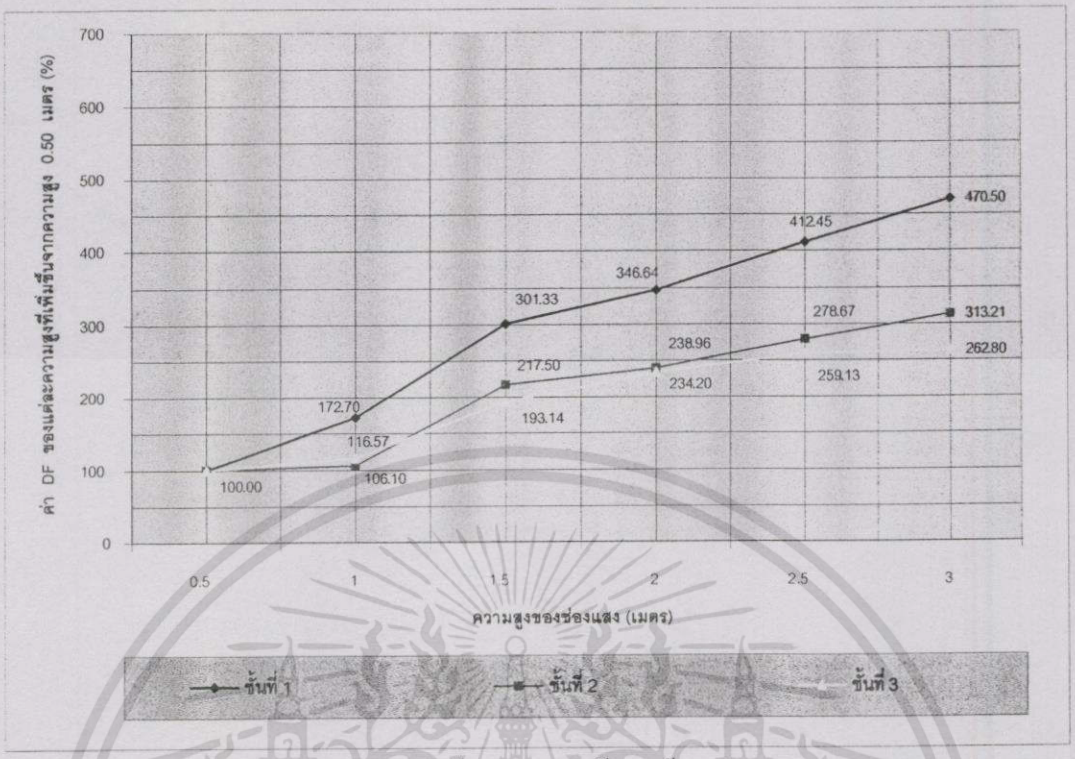


รูปที่ 4.4 กราฟอัตราส่วนของความสูงที่เพิ่มขึ้นของชั้นที่ 2 เมื่อให้ความสูง 0.50 เมตรเป็น 100%



รูปที่ 4.5 กราฟอัตราส่วนของความสูงที่เพิ่มขึ้นของชั้นที่ 2 เมื่อให้ความสูง 0.50 เมตรเป็น 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟอัตราส่วนความสูงที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของทั้ง 3 ชั้น เมื่อความสูง 0.50 เมตรเป็น 100%

จากกราฟข้างต้น จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 ชั้น เมื่อเพิ่มความสูงของช่องแสงขึ้น อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า DF ในโซนมืดจะสูงกว่าโซนสว่าง และจากกราฟค่าเฉลี่ยพบว่า อัตราส่วนของค่า DF จะเพิ่มขึ้นมากที่สุดในชั้นล่าง ชั้นที่สอง และชั้นที่สามตามลำดับ โดยมีช่วงที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อความสูงของช่องแสงเป็น 1.50 เมตร ซึ่งเพิ่มขึ้นจากความสูง 1.00 เมตร ประมาณ 1.7 – 2.5 เท่า โดยในแต่ละชั้นจะเพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สรุปผลการทดลอง

จากข้อกำหนดต่างๆในตอนต้น ทำให้เราทราบว่า โถงในทาวน์เฮาส์ หน้ากว้าง 4 เมตร ลึก 16 เมตร ควรมีขนาด 4 x 4 เมตร เพื่อประสิทธิภาพของแสง และพื้นที่ใช้สอย

จากการทดลองที่ 1 เรื่องขนาดของช่องแสง ทำให้เราทราบว่ามีช่องแสงหลายขนาดที่เราสามารถเลือกใช้ได้ แต่ไม่ควรมีแสงน้อยเกินไป หรือมากเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดแสงจ้า แสงบาดตา และความร้อนส่วนเกินได้

ในการทดลองที่ 2 เราทราบว่า ได้เลือกช่องแสงในแนวระนาบขนาด 3 x 3 เมตร (0.30 x 0.30 เมตร ในหุ่นจำลอง) มาใช้ในการทดลอง ซึ่งเป็นช่องแสงที่มีค่า DF ในขนาดกลาง จากการทดลองที่ 1 ซึ่งคาดว่าจะไม่ให้แสงน้อย หรือมากเกินไป และมีรูปร่างที่เหมาะสมกับช่องโถง รวมทั้งมีระยะที่สามารถแบ่งจำนวนฟันเลื่อยได้ง่ายในการทดลอง และสามารถสรุปได้ว่าหลังคาช่องแสงที่เหมาะสมในการใช้งานสำหรับทาวน์เฮาส์นี้คือ หลังคา Sawtooth และ หลังคา Monitor 4 ทิศทาง ซึ่ง หลังคา Monitor 4 ทิศทางมีข้อได้เปรียบในเรื่องปริมาณแสง ส่วนหลังคา Sawtooth ได้เปรียบในเรื่องความสม่ำเสมอของแสงและทิศทางการรับแสงเหนือ แต่หากเราเลือกช่องแสงในแนวระนาบเป็นขนาดอื่น หลังคา Sawtooth อาจได้เปรียบในเรื่องของปริมาณแสงได้เช่นกัน ขึ้นอยู่กับพื้นที่ของช่องแสงโดยรวม จึงสรุปได้ว่า ในการออกแบบให้คำนวณพื้นที่รับแสงเป็นสำคัญ

ในการทดลองที่ 3 ได้นำหลังคา Sawtooth และ Monitor 4 ทิศทางมาเป็นตัวทดลองต่อ ในหลังคา Sawtooth ได้เปลี่ยนความสูงของช่อง ทำให้จำนวนฟันเลื่อยเปลี่ยนไป ในขณะที่พื้นที่รับแสงเท่าเดิม ส่วนในหลังคา Monitor 4 ทิศทาง เปลี่ยนความสูงจาก 0.50 – 3.00 เมตร พบว่าความสูงที่มากขึ้นทำให้ได้รับแสงมากขึ้นตามไปด้วย แต่ในหลังคา Monitor 4 ทิศทางมีอัตราการเพิ่มขึ้นของแสงสว่างมากที่สุดในช่วง 1.50 เมตร

ในการออกแบบ เราสามารถเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดต่างๆเหล่านี้ได้ เนื่องจากการออกแบบจริงจำเป็นต้องคำนึงถึงหลายๆเรื่อง โดยเฉพาะพื้นที่ใช้สอยเป็นสำคัญ ดังนั้นวิธีการที่ดีที่สุด คือ ใช้ผลการทดลองเป็นตัวอ้างอิงเริ่มต้น เพื่อช่วยในการวางแนวความคิดในการออกแบบ โดยพิจารณาจากหลายๆเรื่องเป็นสำคัญ จากนั้น จึงนำแบบที่ได้ไปสร้างหุ่นจำลอง แล้วนำไปทดสอบวัดค่าจริงอีกครั้ง เพื่อดูว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจหรือยัง ถ้ายังจึงทำการปรับแบบอีกครั้งจนเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งจะได้นำเสนอในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การวิเคราะห์และการออกแบบ

จากการทดลองในบทที่แล้ว เป็นการทดลองโดยการกำหนดหุ่นจำลองแบบง่ายๆ แต่ในการออกแบบจริงๆแล้ว ยังมีปัจจัยต่างๆที่มีผลกับระดับความสว่างและการกระจายแสงภายในมากกว่านั้น ดังนั้นต้องมีการปรับและวิเคราะห์ในส่วนต่างๆ ดังนี้

5.1 กฎหมาย

จากบทที่แล้วเราได้กำหนดขนาดของทาวน์เฮาส์ โดยเป็นทาวน์เฮาส์ขั้นต่ำสุดตามกฎหมายเพื่อใช้ในการทดลอง โดยเป็นทาวน์เฮาส์หน้ากว้าง 4.00 เมตร ลึกไม่เกิน 16.00 เมตร สูง 3 ชั้น ระยะดิ่งไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร ซึ่งในการทดลองกำหนดให้ ระยะจากพื้นถึงพื้นเป็น 3.00 เมตร ระยะดิ่ง 2.60 เมตร เนื่องจากเป็นขนาดที่นิยมก่อสร้างและมีความสะดวกในด้านการใช้งาน และในการออกแบบใช้ทาวน์เฮาส์ขนาดยาว 16.00 เมตร เนื่องจากเมื่อเจาะโถงตรงกลาง จะเสียพื้นที่ใช้สอยส่วนหนึ่งไป ทาวน์เฮาส์ขนาด 16.00 เมตร จึงมีความเหมาะสมทางด้านพื้นที่ใช้สอย

นอกจากนี้ยังมีข้อกฎหมายที่มีผลต่อการออกแบบทาวน์เฮาส์ เกี่ยวกับเรื่องของระยะต่างๆ อีก ซึ่งสามารถค้นหาได้ในหนังสือกฎหมายก่อสร้าง ส่วนข้อกฎหมายที่ต้องนำมาคำนวณเพิ่ม คือ กฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ.2522) หมวด 7 ข้อ 76 วรรค 1 : *อาคารพักอาศัยแต่ละหลังให้มีที่ว่างอยู่ 30 ใน 100 ส่วนของพื้นที่* และ หมวด 7 ข้อ 77 : *ห้องแถว ตึกแถว และอาคารพาณิชย์ต้องมีช่องหน้าต่างหรือช่องประตูเปิดสู่ภายนอกได้ไม่น้อยกว่า 20 ใน 100 ส่วนของพื้นที่อาคารทุกชั้น* ซึ่งที่ว่าง 30 ใน 100 ส่วน หมายถึงที่ว่างที่ไม่มีสิ่งปกคลุม ดังนั้นหากออกแบบทาวน์เฮาส์โดยไม่มีระเบียงยื่น หรือกันสาด จะได้ที่ว่างดังนี้

$$A = (4 \times 16) + \frac{30}{100} A$$

เมื่อ A = พื้นที่ดินทั้งหมด

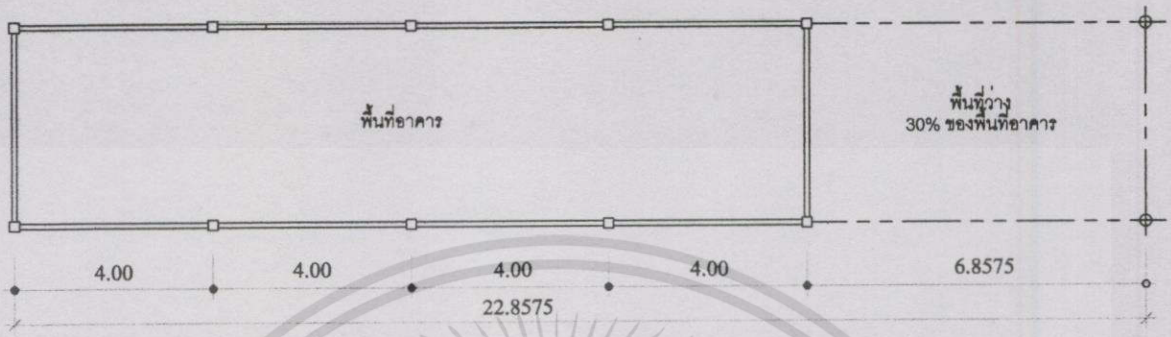
$$A - \frac{3A}{10} = 64$$

$$7A = 640$$

$$A = 91.43 \text{ ตร.ม.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

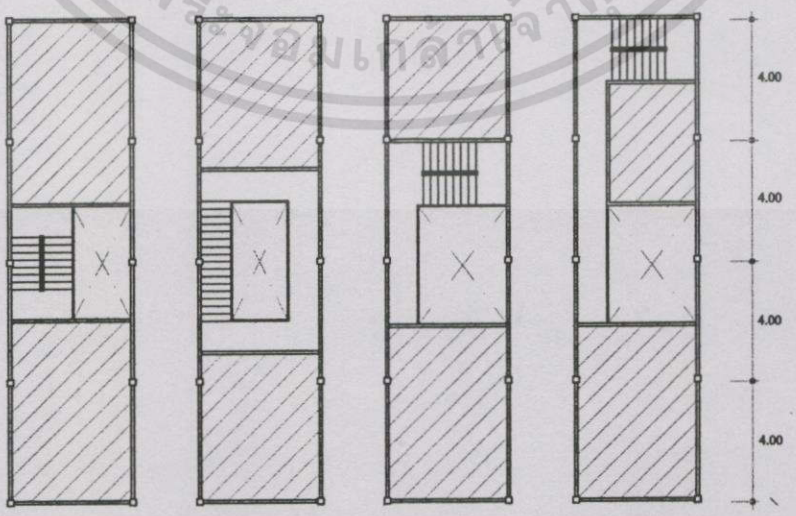
ดังนั้นในกรณี อาคารไม่มีกันสาดหรือระเบียง จะต้องมีพื้นที่ดินทั้งหมด 91.43 ตารางเมตรเป็นอย่างน้อย และมีพื้นที่ว่างอันปราศจากสิ่งใดๆปกคลุมเท่ากับ 91.43 – 64 = 27.43 ตารางเมตร หรือมีพื้นที่ว่างยาว 27.43 / 4 = 6.8575 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ขนาดของทาวน์เฮาส์และที่ดิน

แต่ในความเป็นจริงแล้ว เราจะต้องนึกถึงอุปกรณ์บังแดดทางด้านหน้าและด้านหลังของทาวน์เฮาส์ด้วย ซึ่งจะเป็นส่วนยื่นมาทับพื้นที่ดินได้ จึงต้องมีการคำนวณขนาดช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดดด้วย

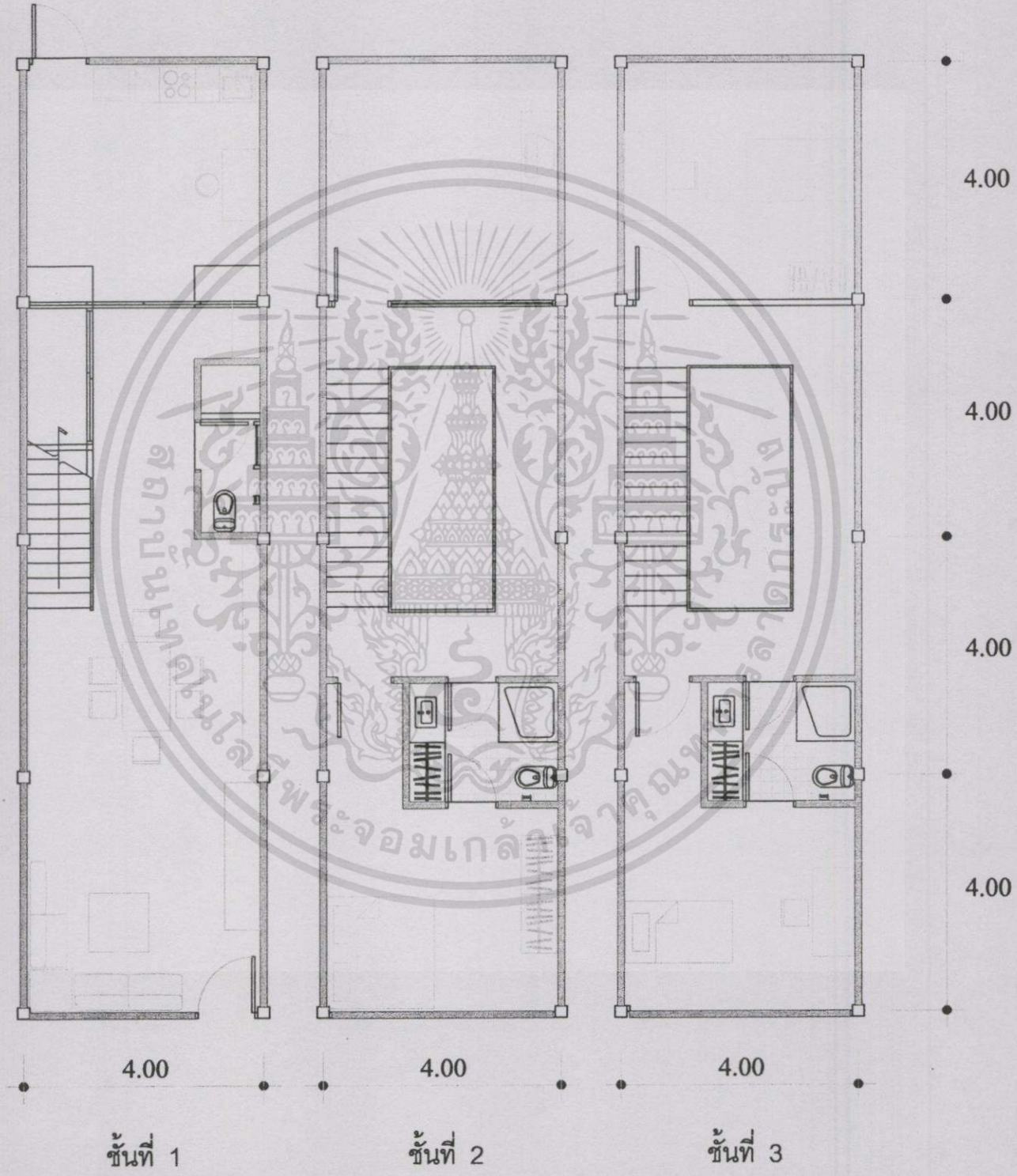
หากคำนวณช่องแสงโดยใช้สูตรของ IES จะได้ช่องแสงขนาดเล็กมากตั้งแต่ประมาณ 0.3 – 1.5 ตารางเมตร เมื่อค่า DF เท่ากับ 0.5, 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งโดยปกติช่องแสงด้านข้างไม่ควรมีพื้นที่น้อยกว่า 50% ของพื้นที่ผนัง แต่หากคำนวณโดยอ้างอิงจากกฎหมายในเรื่องช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศ 20% ของพื้นที่อาคารทุกชั้น เราจะต้องคำนวณไปพร้อมกับการวางผังอาคาร เนื่องจากทาวน์เฮาส์มีการเจาะช่องแสงตรงกลาง จะทำให้พื้นที่แต่ละชั้นไม่เท่ากัน ซึ่งจากการวางผังคร่าวๆพบว่า องค์ประกอบที่มีผลต่อรูปร่างของโถงคือ บันได หากต้องการให้โถงอยู่ตรงกลางเพื่อให้ความสว่างแก่พื้นที่ภายใน จะได้ลักษณะต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 5.2 การวางบันไดรูปแบบต่างๆที่มีผลต่อรูปร่างของโถง เมื่อวางโถงไว้บริเวณกลางอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากการวางพื้นที่ใช้สอยและการให้แสงสว่าง โถงในรูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากบันไดอยู่ตรงกลาง ไม่บังแสงบริเวณด้านหน้าและหลัง เหมือนแบบที่ 4 และได้รูปโถง การวางชานพักบันได และพื้นที่ใช้สอยดีกว่ารูปแบบอื่นๆ ซึ่งรูปแบบที่ 3 นี้ช่องโถง จะมีความกว้างได้ไม่เกิน 2.00 เมตร เนื่องจากต้องใช้เป็นพื้นที่บันไดและทางเดิน ซึ่งจะได้ผังดังนี้



รูปที่ 5.3 ผังอาคารตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำผังไปคิดพื้นที่อัตราส่วนช่องเปิด 20% ของพื้นที่ใช้สอยคร่าวๆจะได้ว่า

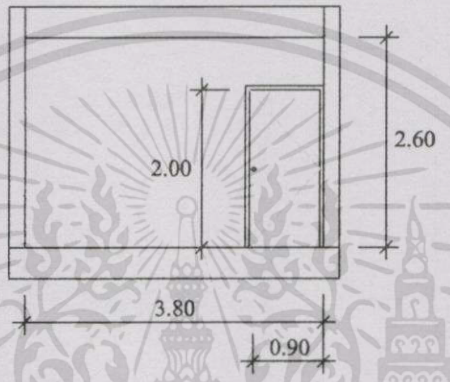
พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด = 64 + 2(64 – 8) = 176.0 ตารางเมตร

ดังนั้น 20% ของพื้นที่ = (176 x 20) / 100 = 35.2 ตารางเมตร

ผนังด้านหน้าและหลังมีทั้งหมด 6 ผนัง ดังนั้นผนังหนึ่งต้องมีช่องเปิดด้านข้าง

= 35.2 / 6 = 5.87 ตารางเมตร

ดังนั้น หากให้ผนังหนึ่งๆ มีประตูเพื่อเปิดออกสู่ด้านหน้า ด้านหลัง หรือระเบียง อย่างน้อย 1 บาน ขนาด 0.90 x 2.00 เมตร ส่วนที่เหลือให้เป็นหน้าต่างจะได้ดังรูป



รูปที่ 5.4 ตัวอย่างผนังด้านหน้าและหลังของอาคาร

พื้นที่ประตู = 0.90 x 2.00 = 1.80 ตารางเมตร

เหลือพื้นที่ = 5.87 – 1.80 = 4.07 ตารางเมตร

ดังนั้นช่องเปิดสูง = 4.07 / 2.8 = 1.45 ตารางเมตร

ดังนั้นถ้าวางช่องเปิดให้สูงเท่ากับความสูงของประตู คือ 2.00 เมตร ช่องเปิดจะต้องสูงจากพื้น 2.00 – 1.45 = 0.55 เมตร ซึ่งจะสูงประมาณระดับเท้าอี้ คือ 0.40 – 0.45 เมตร หากต้องการวางเครื่องใช้ที่มีความสูงในระดับ 0.85 – 0.90 เมตร เช่น เครื่องครัว ชิดผนัง จะต้องเพิ่มพื้นที่ช่องเปิดให้กับผนังด้านอื่นๆ หรือเพิ่มในส่วนที่อยู่เหนือระดับ 2.00 เมตร ขึ้นไป

ข้อกฎหมายในส่วนห้องนอนให้มีพื้นที่ประตูหรือหน้าต่าง 10% ของพื้นที่ห้อง ในกรณีนี้มีปริมาณน้อยกว่า ข้อดังกล่าวข้างต้น จึงยึดข้อกฎหมายนี้เป็นสำคัญ

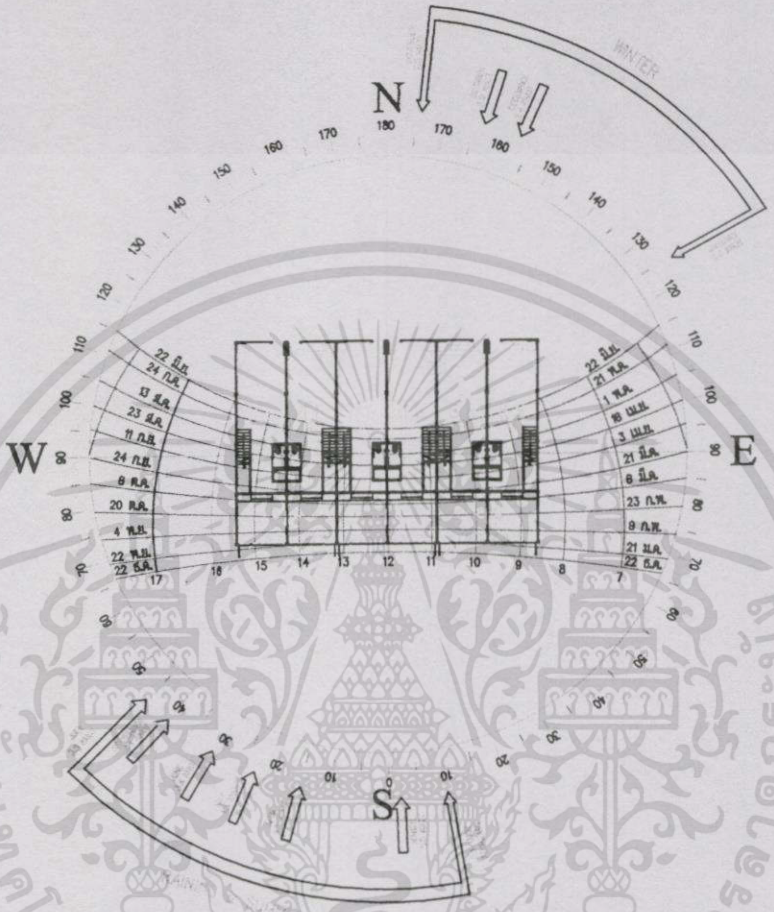
5.2 การวางทิศทางอาคารและการหาอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องแสงด้านข้าง

5.2.1 การวางทิศทางอาคาร

การวางทิศทางอาคาร สามารถวิเคราะห์ได้จากการโคจรของดวงอาทิตย์และทิศทางลมของประเทศไทย จากรูปที่ 5.5 จะเห็นได้ว่า การวางทาวน์เฮาส์ในแนวทิศเหนือ – ใต้มีความเหมาะสมที่สุด โดยในที่นี้วางอาคารให้หันหน้าไปทางทิศเหนือ ส่วนด้านหลังอาคารหันไปทางทิศใต้ เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลีกเลี่ยงแสงจ้าปะทะด้านหน้าอาคาร และแดดมุมต่ำจากทางทิศตะวันออก – ตะวันตก ซึ่งให้ความร้อนและแสงบาดตาสูง รวมทั้งเพื่อให้อาคารสามารถรับลมฤดูร้อนและฤดูฝนทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (กุมภาพันธ์ – กันยายน) ซึ่งเป็นลมส่วนใหญ่ของปีได้



รูปที่ 5.5 เส้นทางโคจรดวงอาทิตย์และทิศทางลมของกรุงเทพมหานคร (14^0 เหนือ)

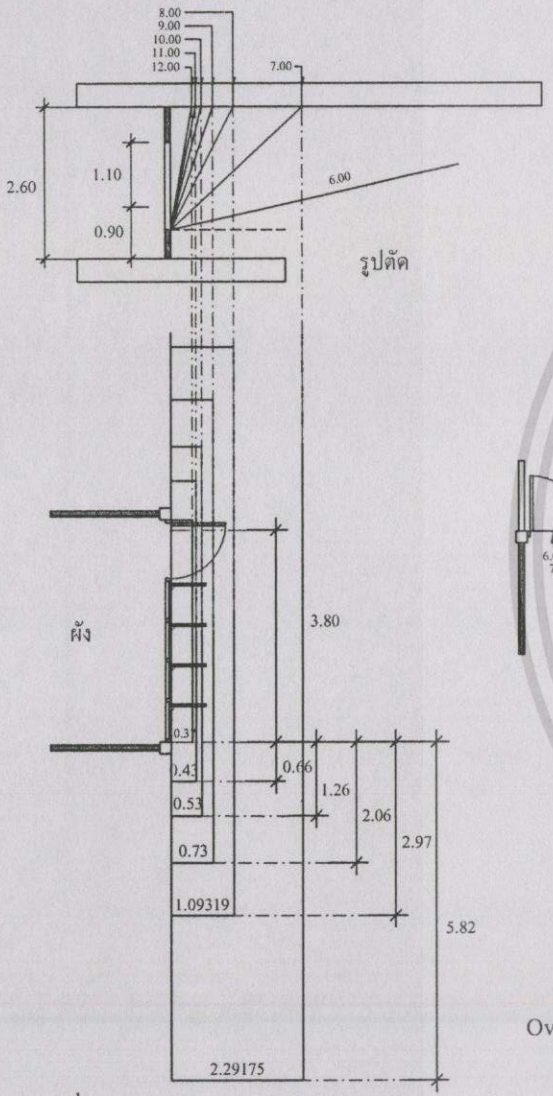
5.2.2 การคำนวณอุปกรณ์บังแดด

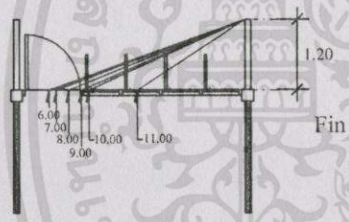
การคำนวณอุปกรณ์บังแดดด้านหน้าและด้านหลังของอาคาร สามารถหาได้จากการใช้ Sunpath – diagram โดยแบ่งผนังได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ จากการใช้งาน คือ

- ผนังห้องนั่งเล่น และห้องนอน ทางทิศเหนือ (ทั้ง 3 ชั้น)
- ผนังห้องครัว (ชั้นที่ 1)
- ผนังห้องทำงาน และห้องนอน ทางทิศใต้ (ชั้นที่ 2 และ 3)

เนื่องจากต้องการพื้นที่ช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศ 20%ของผนังด้านข้าง ดังนั้น จึงออกแบบให้ห้องทางทิศเหนือมีหน้าต่างบานเปิดที่มีขอบบานล่างสูงจากพื้น 0.50 เมตร ส่วนห้องครัวเป็นบานเกล็ดสูงจากขอบบานล่าง 0.90 เมตร เพื่อให้สามารถวางโต๊ะและเครื่องครัวได้ ส่วนห้องอื่นทางทิศใต้ คิดจากผนังเต็มพื้นที่ ซึ่งจะสามารถหาอุปกรณ์บังแดดต่างๆได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





Overhang

ผนังทางด้านทิศเหนือ มีหน้าต่างสูงจากพื้น 0.50 เมตร 4 บาน ประตูกว้าง 0.90 เมตร 1 บาน (เต็มผนัง) ความสูงของขอบประตูและหน้าต่างเป็น 2.00 เมตร ดังรูป ให้กันแดดตั้งแต่ 8.00 - 16.00 น. ในวันที่ 22 มิถุนายน ซึ่งดวงอาทิตย์อยู่ทางทิศเหนือมากที่สุด แต่มีความรุนแรงไม่มากเท่าเดือนเมษายน ระยะยื่นของ Overhang เป็น 1.10 เมตร แต่เพื่อให้ได้ประโยชน์จึงยื่นเป็นระเบียงกว้าง 1.20 เมตร จากผนัง ส่วนความยาวด้านข้างของ Overhang ไม่มีปัญหา เนื่องจากเป็นทาวน์เฮาส์ที่มีคูหาติดกันหลายคูหา จึงได้ Overhang ที่มีความยาวเพียงพอ มีเพียงคูหาริมเท่านั้นที่ไม่สามารถยื่น Overhang ยาวออกไปด้านข้างได้ จึงออกแบบให้มี Fin ตั้ง กว้าง 1.20 เมตร เท่ากับ Overhang เป็นการกันแต่ละคูหาไปในตัว

ค่ามุมคำนวณของวันที่มีแดดยาวที่สุดทางด้านทิศเหนือ (22 มิถุนายน)

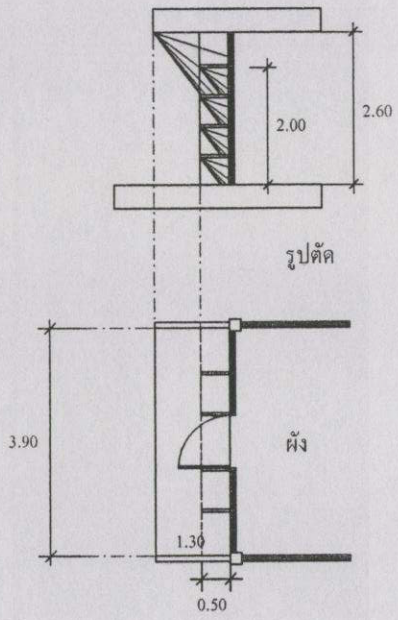
กระทำกับทิศเหนือไปทางตะวันออก

เวลา	ALT	Profile Angle	Bearing Angle
6.00 น.	5.00°	12.50°	66.0°
7.00 น.	19.09°	42.50°	68.5°
8.00 น.	33.55°	62.50°	69.8°
9.00 น.	45.30°	70.84°	70.5°
10.00 น.	60.00°	75.71°	67.0°
11.00 น.	71.43°	78.33°	57.0°
12.00 น.	80.00°	80.00°	0°

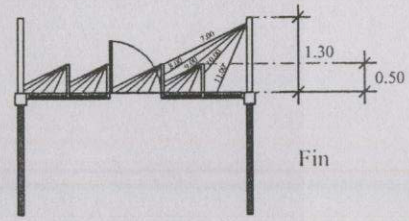
ระยะยื่นของ Overhang

เวลา	ระยะยื่นของ overhang ในรูปตัด	ระยะยื่นของ overhang ในผัง
6.00 น.	ยาวมาก	ยาวมาก
7.00 น.	2.30	5.82
8.00 น.	1.10	2.97
9.00 น.	0.73	2.06
10.00 น.	0.54	1.26
11.00 น.	0.44	0.66
12.00 น.	0.37	0.00

รูปที่ 5.6 การหาอุปกรณ์บังแดดให้กับผนังห้องทางด้านทิศเหนือ



Overhang



Fin

ผนังห้องนอนและห้องทำงานทางด้านทิศใต้เปิดเป็นช่องเปิดโดยตลอด ประตูกว้าง 0.90 เมตร 1 บาน (เต็มผนัง) ความสูงของขอบประตูและหน้าต่างเป็น 2.00 เมตร ดังรูป ให้กันแดดตั้งแต่ 8.00 - 16.00 น. ในวันที่ 22 ธันวาคม ซึ่งดวงอาทิตย์อยู่ทางทิศใต้มากที่สุด แต่มีความรุนแรงไม่มากเท่าเดือนเมษายน ระยะยื่นของ Overhang เป็น 2.30 เมตร แต่การยื่นระเบียงทางด้านทิศใต้มาก ทำให้มีพื้นที่สะท้อนความร้อนเข้ามาในอาคารมาก จึงยื่นเป็นระเบียงกว้าง 1.30 เมตร จากผนัง แล้วออกแบบเป็นแผงกันแดดแบบตารางยื่นออกไปจากผนัง 0.50 เมตร และมี Fin ตั้งด้านข้างยื่น 1.30 เมตรเท่ากับความกว้างระเบียง กันแต่ละคูหา

ค่ามุมคำนวณของวันที่มีแดดยาวที่สุดทางด้านทิศใต้ (22 ธันวาคม)

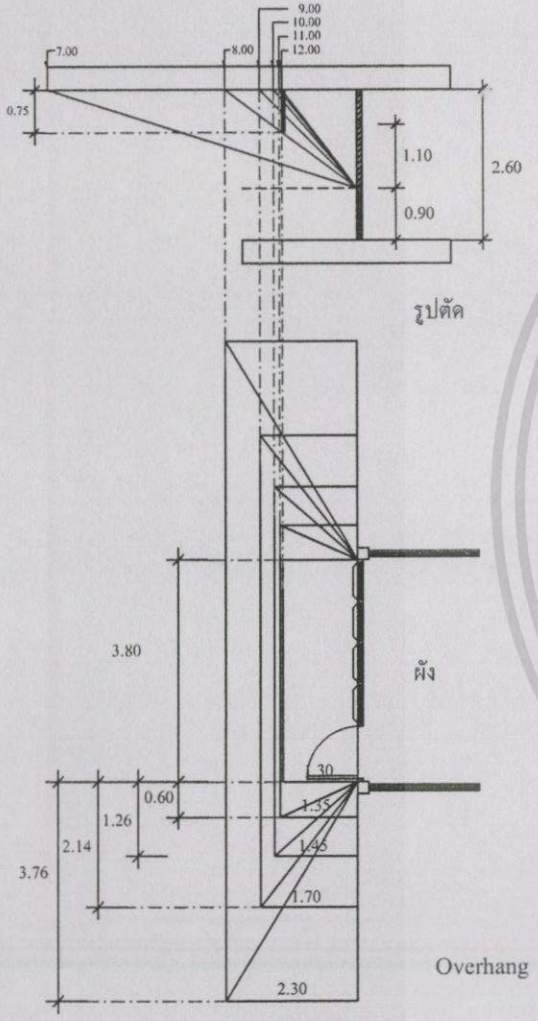
กระทำกับทิศใต้ไปทางตะวันออก

เวลา	ALT	Profile Angle	Bearing Angle
6.00 น.	-	-	-
7.00 น.	8.33°	17.50°	64.0°
8.00 น.	21.67°	36.43°	58.5°
9.00 น.	33.26°	45.00°	51.5°
10.00 น.	42.89°	49.44°	41.0°
11.00 น.	50.67°	51.43°	24.0°
12.00 น.	54.05°	52.5°	0°

ระยะยื่นของ Overhang

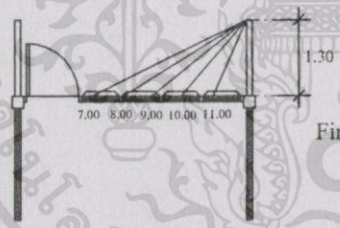
เวลา	ระยะยื่นของ overhang ในรูปตัด	ระยะยื่นของ overhang ในผัง
6.00 น.	-	-
7.00 น.	5.39	---
8.00 น.	2.30	3.76
9.00 น.	1.70	2.14
10.00 น.	1.45	1.26
11.00 น.	1.35	0.60
12.00 น.	1.30	0.00

รูปที่ 5.7 ผนังห้องนอนและห้องนั่งเล่น ทางด้านทิศใต้



รูปที่ 5.8 ผนังห้องครัวทางด้านทิศใต้

ผนังห้องครัวทางด้านทิศใต้มีหน้าต่างสูงจากพื้น 0.90 เมตร 4 บาน ประตูกว้าง 0.90 เมตร 1 บาน (เต็มผนัง) ความสูงของขอบประตูและหน้าต่างเป็น 2.00 เมตร ดังรูป ให้กันแดดตั้งแต่ 8.00 - 16.00 น. ในวันที่ 22 ธันวาคม ซึ่งดวงอาทิตย์อยู่ทางทิศใต้มากที่สุด แต่มีความรุนแรงไม่มากเท่าเดือนเมษายน ระยะยื่นของ Overhang เป็น 2.30 เมตร แต่การยื่นระเบียงทางด้านทิศใต้มาก ทำให้มีพื้นที่สะท้อนความร้อนเข้ามาในอาคารมาก จึงยื่นเป็นระเบียงกว้าง 1.30 เมตร จากผนัง แล้วห้อยเกล็ดในแนวตั้งลงมา 0.75 เมตร ดังรูป ส่วนความยาวด้านข้างของ Overhang ไม่มีปัญหา เนื่องจากเป็นทาวน์เฮาส์ที่มีคูหาติดกันหลายคูหา จึงได้ Overhang ที่มีความยาวเพียงพอ มีเพียงคูหาริมเท่านั้นที่ไม่สามารถยื่น Overhang ยาวออกไปด้านข้างได้ จึงออกแบบให้มี Fin ตั้ง กว้าง 1.30 เมตร เท่ากับ Overhang เป็นการกั้นแต่ละคูหาไปในตัว



ค่ามุมคำนวณของวันที่มีแดดยาวที่สุดทางด้านทิศใต้ (22 ธันวาคม)

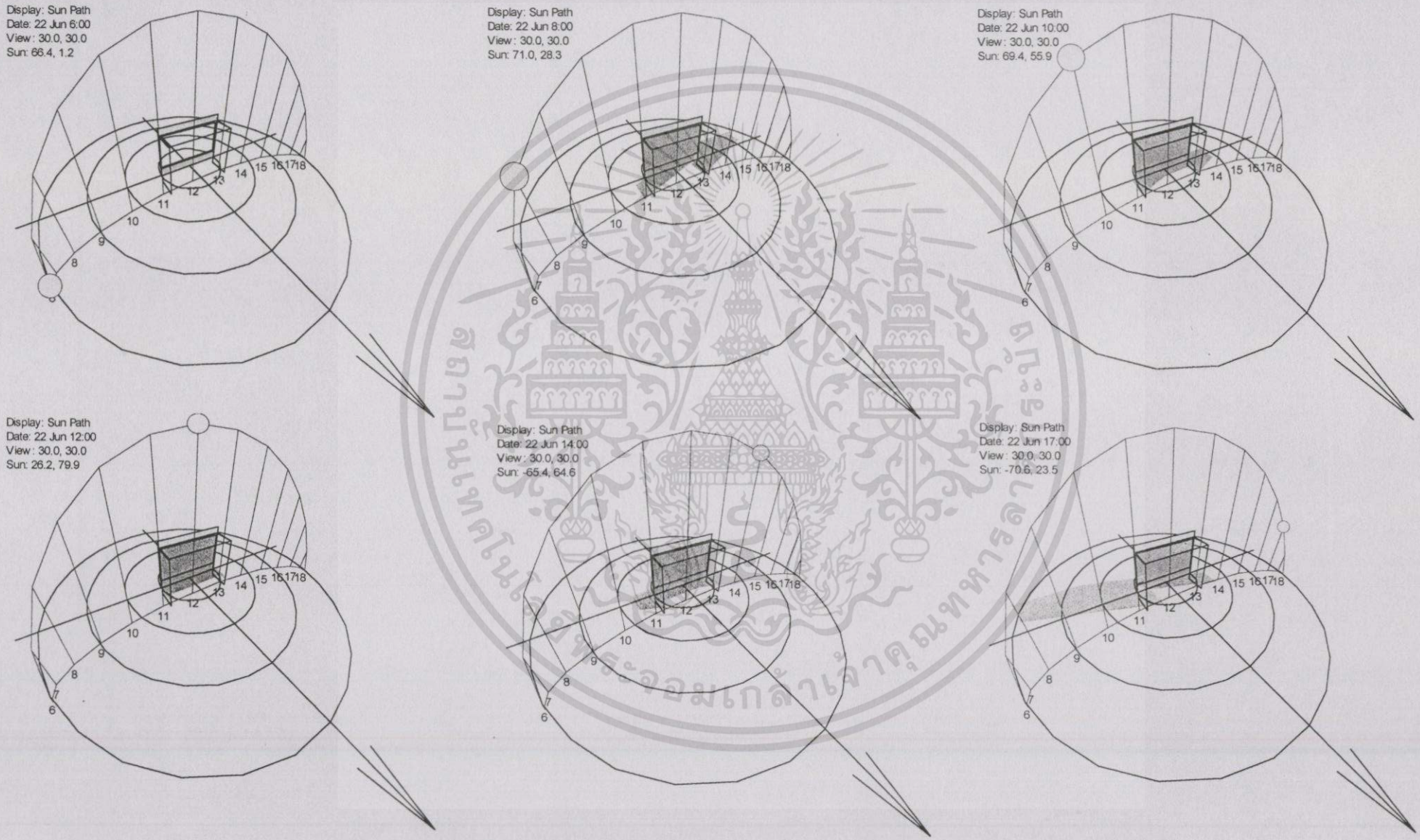
กระทำกับทิศใต้ไปทางตะวันออก

เวลา	ALT	Profile Angle	Bearing Angle
6.00 น.	-	-	-
7.00 น.	8.33°	17.50°	64.0°
8.00 น.	21.67°	36.43°	58.5°
9.00 น.	33.26°	45.00°	51.5°
10.00 น.	42.89°	49.44°	41.0°
11.00 น.	50.67°	51.43°	24.0°
12.00 น.	54.05°	52.5°	0°

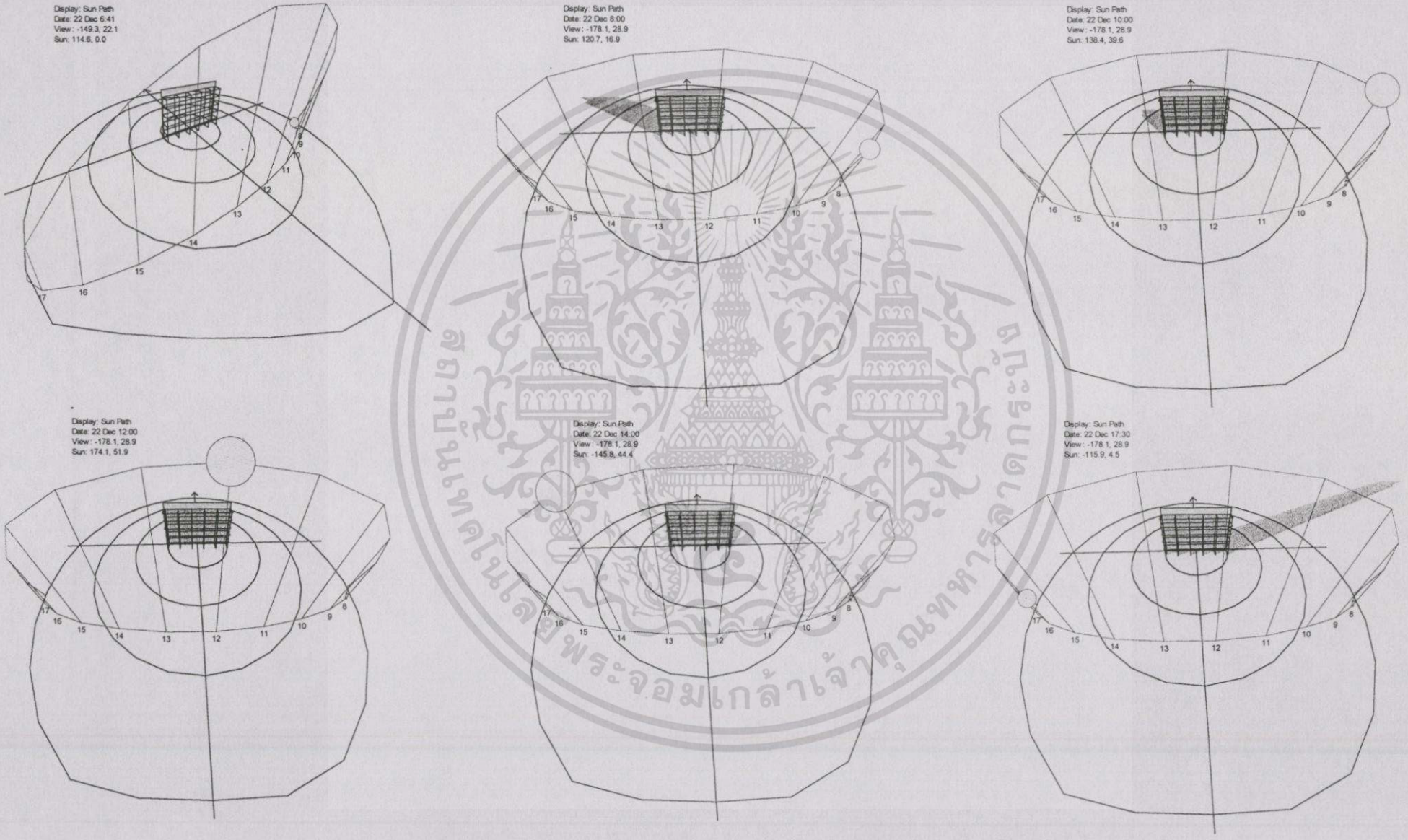
ระยะยื่นของ Overhang

เวลา	ระยะยื่นของ overhang ในรูปตัด	ระยะยื่นของ overhang ในผัง
6.00 น.	-	-
7.00 น.	5.39	---
8.00 น.	2.30	3.76
9.00 น.	1.70	2.14
10.00 น.	1.45	1.26
11.00 น.	1.35	0.60
12.00 น.	1.30	0.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

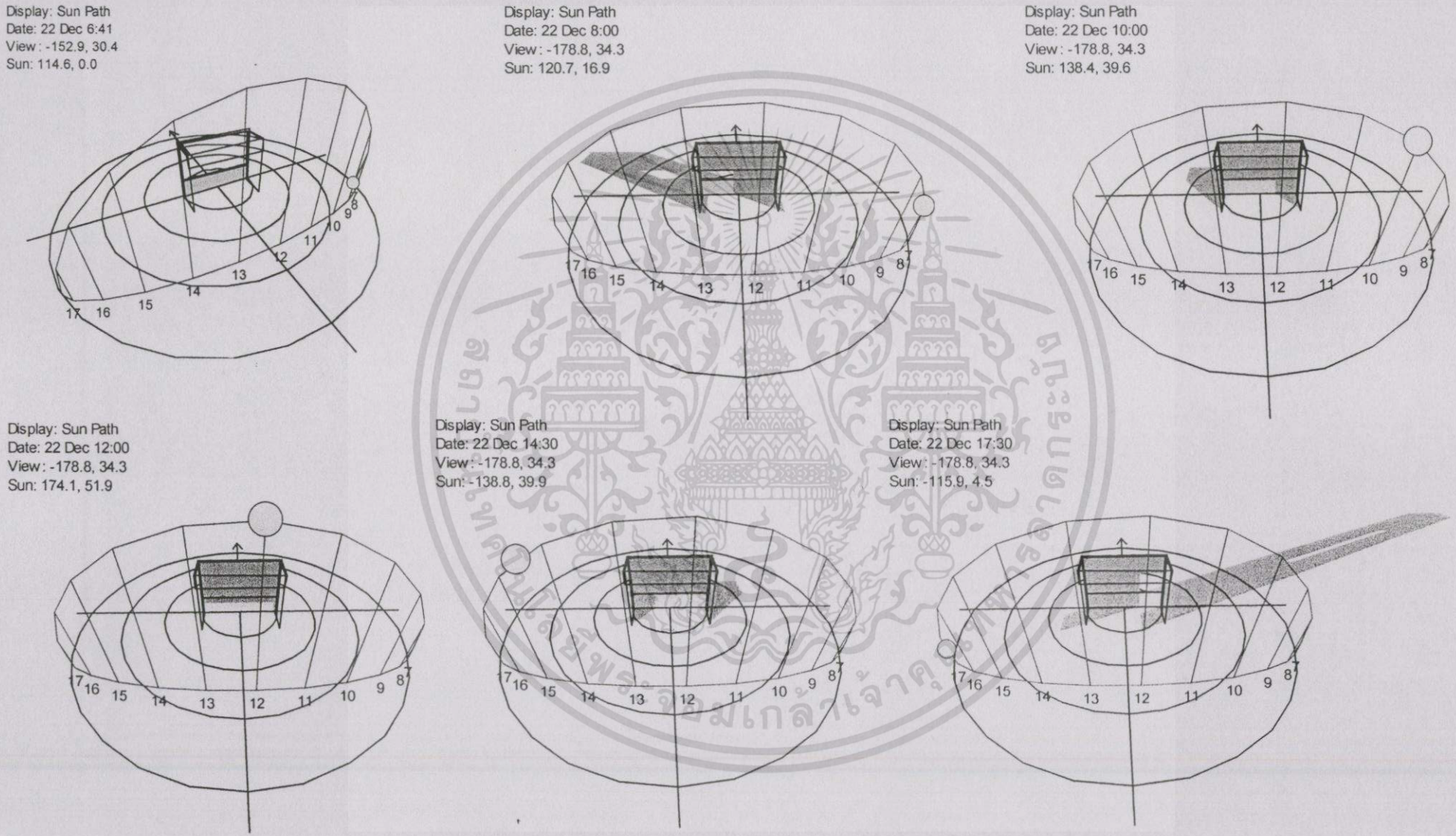


รูปที่ 5.9 เงาของดวงอาทิตย์ที่ทาบผนังห้องทางทิศเหนือ ในวันที่ 22 มิถุนายน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 17.00 น.



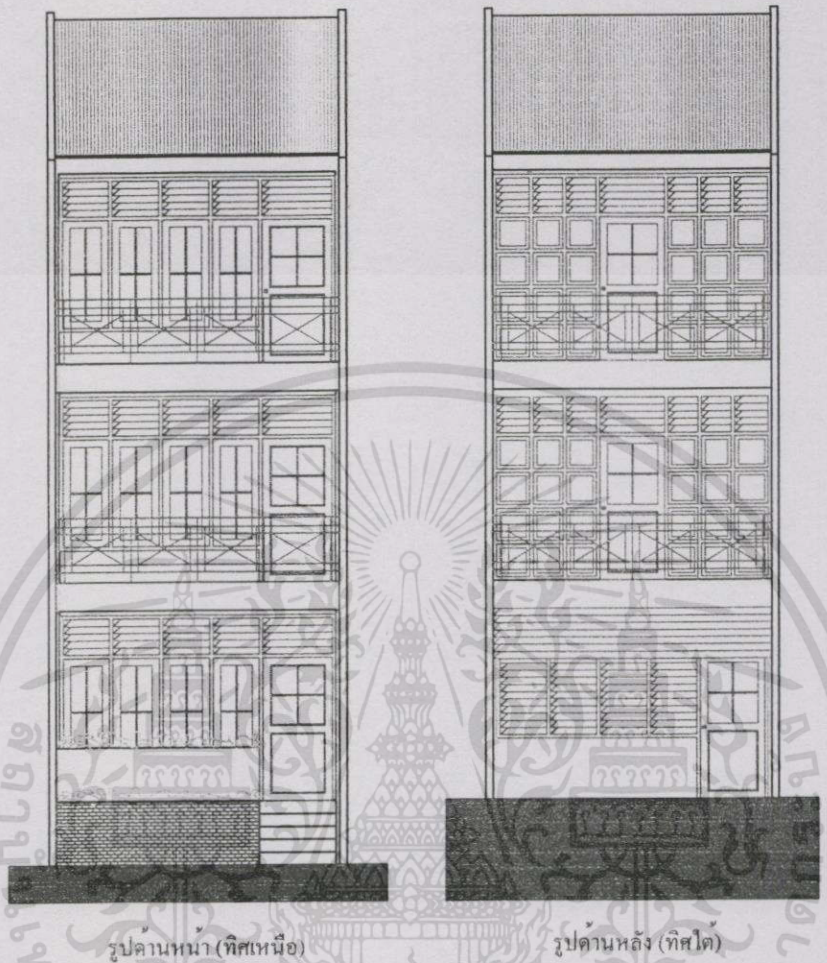
รูปที่ 5.10 เงาของดวงอาทิตย์ที่ทาบผนังห้องนอนและห้องนั่งเล่น ทางทิศใต้ ในวันที่ 22 ธันวาคม ตั้งแต่เวลา 6.41 – 17.30 น.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 5.11 เงาของดวงอาทิตย์ที่ทาบผนังห้องครัว ทางทิศใต้ ในวันที่ 22 ธันวาคม ตั้งแต่เวลา 6.41 – 17.30 น.

จากการหาอุปกรณ์บังแดด จะได้รูปด้านหน้าและด้านหลังของอาคาร ดังต่อไปนี้

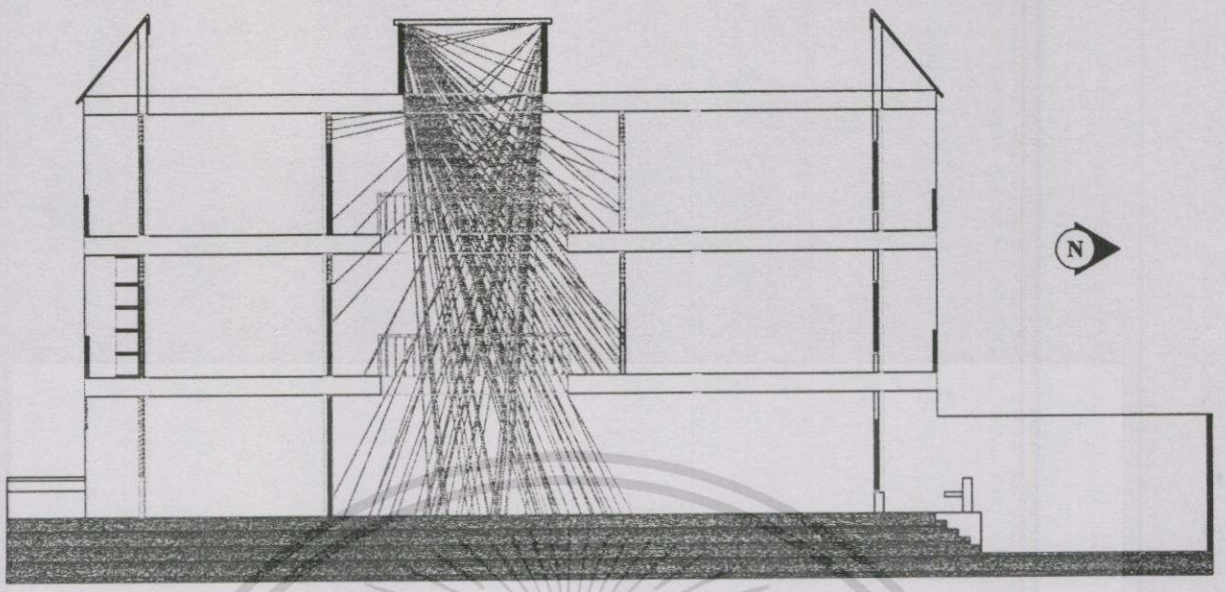


รูปที่ 5.12 รูปด้านหน้าและด้านหลังของทาวน์เฮาส์

5.3 ช่องแสงด้านบน

ในที่นี้ได้เลือกใช้ช่องแสงด้านบนแบบ Monitor 4 ทิศทาง ขนาด 3 x 3 เมตร ความสูงช่องแสง 1.50 เมตร โดยเลือกจากการทดลองที่ผ่านมา ซึ่งจะเห็นได้ว่า ช่องแสงแบบ Monitor 4 ทิศทาง ให้ปริมาณแสงมากกว่า ช่องแสงแบบ Sawtooth และความสูง 1.50 เมตร เป็นความสูงที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า DF มากที่สุด เมื่อเพิ่มอัตราความสูงทุกๆ 0.50 เมตร และเป็นความสูงน้อยที่สุดที่สามารถรับแสงได้ในทุกช่วงวันและเวลา ซึ่งสามารถดูได้จากการ project เส้นแสงจาก sunpath – diagram ดังในรูปที่ 5.13 เป็นการ project เส้นแสงตลอดทั้งปี ผ่านช่องแสงด้านบน โดยในช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม และเดือนกันยายน – ธันวาคม ดวงอาทิตย์อ้อมใต้ แสงจะเข้าจากทางด้านหลังทาวน์เฮาส์เป็นส่วนใหญ่ ส่วนเดือนที่เหลือแสงจะเข้าจากทางทิศเหนือเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งความสูง 1.50 เมตร สามารถรับแสงได้ในทุกช่วงเวลาตลอดปี รวมทั้งเป็นความสูงที่มีประสิทธิผลในเรื่องการดูแลรักษา ทำความสะอาด และการป้องกันฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



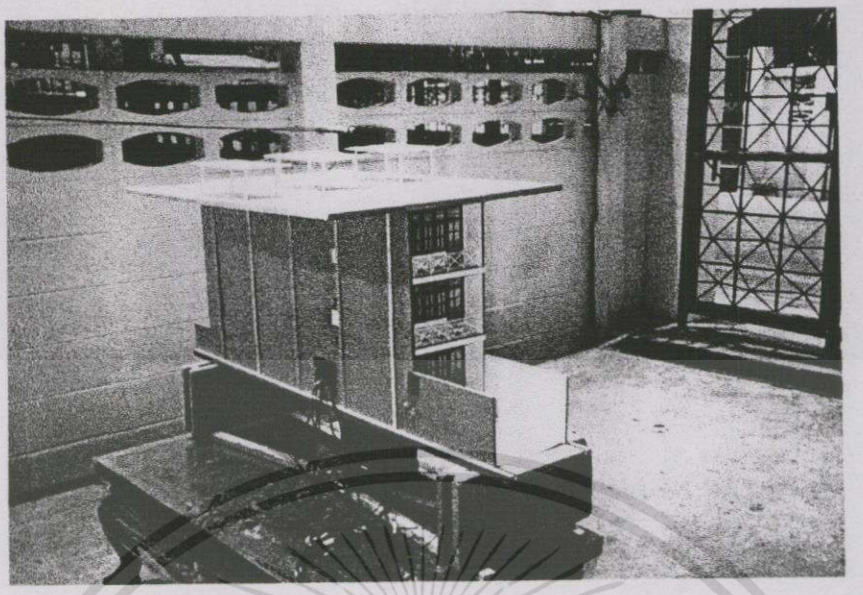
รูปที่ 5.13 การ project เส้นแสงจาก sunpath – diagram ตลอดวันในทุกๆเดือน (14^0 เหนือ)

ในส่วนของอุปกรณ์บังแดดของช่องแสงด้านบน ไม่มีความจำเป็นมากนักเหมือนช่องแสงด้านข้าง เนื่องจากช่องแสงอยู่สูงในมุมที่ไม่เกิดแสงบาดตา และความร้อนที่เข้าสู่อาคารจะไม่ส่งผลโดยตรงกับห้องต่างๆ รวมทั้งอากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น บริเวณที่ร้อนมากจะอยู่ใกล้กับช่องแสงด้านบนมากกว่า การยื่นอุปกรณ์บังแดดออกไปมากจะทำให้ปริมาณแสงลดลงมาก เนื่องจากเป็นการรับแสงแบบ indirect อยู่แล้ว ดังนั้นส่วนยื่นของหลังคาช่องแสงจึงมีความสำคัญในแง่ของการกันฝนสาดมากกว่าการกันแดด แต่เนื่องจากห้องแถวมีลักษณะเป็นแถวติดกัน เหลือที่ระหว่างช่องแสงเพียงเล็กน้อย การยื่นหลังคาช่องแสงออกไปมากจึงเป็นการบังแสงซึ่งกันและกันจึงออกแบบหลังคาให้ยื่นโดยรอบตัวเพียง 0.10 เมตร

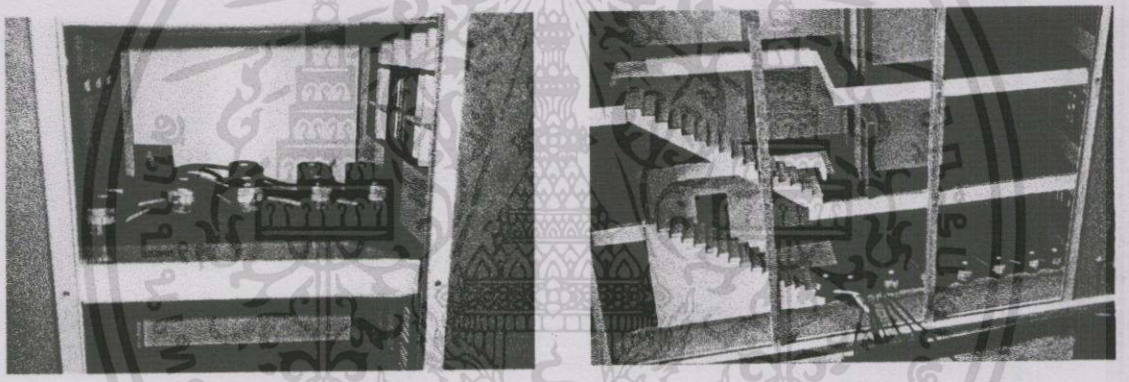
จากนั้นทำการทดลองวัดแสงในหุ่นจำลอง เปรียบเทียบระหว่างหุ่นจำลองที่มีช่องแสงด้านบนและไม่มีช่องแสงด้านบน โดยมีตัวแปรการสะท้อนต่างๆ ดังนี้

ส่วนต่างๆของทาวน์เฮาส์	ค่าการสะท้อน (%)
- พื้นไม้ในบ้าน	30.00
- พื้นกระเบื้อง (กระดาษสีส้ม)	35.05
- พื้นคอนกรีตหน้าบ้าน (กระดาษสีเทา)	40.00
- พื้นหญ้า (หญ้าเทียมสีเขียว)	33.67
- ผนัง (กระดาษอาร์ตการ์ดสีขาว)	73.29
- ประตู-หน้าต่าง-บันได (ไม้บัลซ่าทำสีน้ำตาลอ่อน)	57.62
- ประตูครัว (กระดาษทำสีน้ำตาลอ่อน)	35.16
- วงกบไม้ (ไม้บัลซ่าทำสีน้ำตาลเข้ม)	25.00
- กระจกบานเกล็ด (อะคริลิคใสอย่างบาง)	97.89 (ค่าการส่องผ่าน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 5.15 การวาง sensor ในจุดต่างๆของหุ่นจำลอง

ในการทดลองนี้ ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ชนิดเดียวกับการทดลองในบทที่ 4 แต่การวัดกระทำในช่วงฤดูร้อน ช่วงปลายเดือนมีนาคม – เมษายน ในส่วนของหุ่นจำลอง ใช้หุ่นจำลองขนาด 1 : 20 และทำหลังคาของหุ่นจำลองเป็น 3 ชุด เพื่อให้ได้สภาพจริงของการบังเงาเมื่อทาวน์เฮาส์วางติดกัน ช่องแสงเจาะโล่งเพื่อให้ได้ค่าการส่องผ่าน 100% ส่วนการวาง sensor ในจุดต่างๆของหุ่นจำลอง ใช้ sensor ภายใน 8 ตัว ภายนอก 1 ตัว วางไล่กันไปเรื่อยๆจนเต็มผัง ส่วนใดมีเศษเหลือก็วาง sensor เท่ากับจำนวนที่ต้องการ โดยเว้นว่างในส่วนของ ห้องน้ำ บันได และ court ในชั้นที่ 2 และ 3 ซึ่งในรูปกราฟ โปรแกรม Surfer จะคำนวณให้เอง

ข้อจำกัดในการวิจัย

มีข้อจำกัดเช่นเดียวกับการทดลองในบทที่ 4 และ

- หุ่นจำลองมีขนาดเล็กลง วัสดุปิดผิวช่องเปิดเพื่อใส่ sensor อาจมีผลบ้าง รวมทั้งค่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันในแต่ละจุดน้อยกว่าหุ่นจำลองขนาด 1 : 10
- ตำแหน่งที่ใช้วาง sensor เป็นไปตามกริด 1 x 1 เมตร ซึ่งอาจไม่พอดีกับแนวผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เนื่องจากไม่สามารถใช้กระจกจริงกับหุ่นจำลองได้ ค่า DF ที่แสดงในที่นี้ จึงเป็นค่าที่ได้จากการทดลอง นำมาคูณค่าการส่องผ่านของกระจกใส (clear float) ความหนา 6 มม. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.88 และค่าตัวแปรความสกปรกอันเกิดจากฝุ่น (dirty factor) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.90 โดยถือว่า อาคารอยู่ในสภาพแวดล้อมที่สะอาด และมีการทำความสะอาดสม่ำเสมอ
- ค่าที่ได้เป็นค่าจากท้องฟ้าในฤดูร้อน ค่าตลอดปีจะได้มาจากการหาค่าเปรียบเทียบกับค่าความสว่างของท้องฟ้าที่สถาบัน AIT เก็บค่ามา
- ในหุ่นจำลองได้เอาราวระเบียงภายในออกไป เพื่อความสะดวกในการทำงาน

สรุปผลการทดลอง

ทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงตรงกลางสามารถเพิ่มปริมาณแสงให้กับพื้นที่ส่วนต่างๆ โดยเฉพาะพื้นที่ส่วนกลางได้มาก โดยมีค่า DFmin และ DFmax ในแต่ละชั้นเป็นดังนี้

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการทดลองเรื่องช่องแสงด้านบน

ทาวน์เฮาส์	ค่า DF	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3
ไม่มีช่องแสงตรงกลาง	DFmax	1.40737	0.92591	0.93114
	DFmin	0.00233	0.00012	0.00026
	DFavg	0.124997	0.049407	0.090077
มีช่องแสงตรงกลาง	DFmax	3.57483	3.04504	9.66402
	DFmin	0.0091	0.00009	0.00274
	DFavg	1.144049	1.852069	5.418132

หมายเหตุ : ค่าตัวเลขที่เก็บได้จากการทดลองและกราฟ ดูได้ในภาคผนวก ช

จะเห็นได้ว่าค่า DF เฉลี่ย (เฉลี่ยเฉพาะพื้นที่ส่วนกลางรอบๆโถง) ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงตรงกลาง มีค่าเพิ่มขึ้นจากทาวน์เฮาส์ที่ไม่มีช่องแสงตรงกลาง 9.15, 37.49 และ 60.15 เท่า ในชั้นที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการตามมาตรฐาน IES คือ DF = 0.5%

5.4 การคำนวณค่าความร้อนรวมภายในทาวน์เฮาส์ (OTTV)

ในการคำนวณค่าความร้อนรวมภายในทาวน์เฮาส์ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป OTTVEE Version 1.0a ออกแบบโดยสถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในโปรแกรมสำเร็จรูปไม่มีรูปแบบการคำนวณหลังคาที่มีช่องแสงแบบ indirect light ดังที่ทำการออกแบบ จึงกลับไปศึกษาสูตรเบื้องต้นที่ใช้ในการคำนวณ พบว่า

$$RTTV_i = (U_r)(1\text{-}SRR)(Td_{eq}) + (SC)(SRR)(SF) + (U_s)(SRR)(\Delta T)$$

เมื่อ

$RTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา (วัตต์ ม.$^{-2}$)

U_r = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาส่วนทึบ (วัตต์ ม.$^{-2}$ ^{0}ซ.$^{-1}$)

SRR = อัตราส่วนพื้นที่ของช่องรับแสงธรรมชาติต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนนั้น (Skylight to Roof Ration)

Td_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีของหลังคาส่วนทึบ (^{0}ซ.)

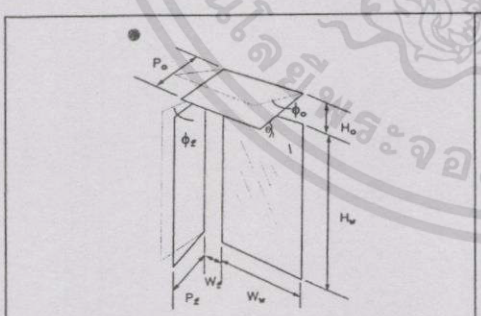
U_s = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสง (วัตต์ ม.$^{-2}$ ^{0}ซ.$^{-1}$)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารสำหรับประเทศไทย

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของช่องรับแสง

SF = ค่าตัวประกอบของรังสีอาทิตย์ (วัตต์ ม.$^{-2}$)

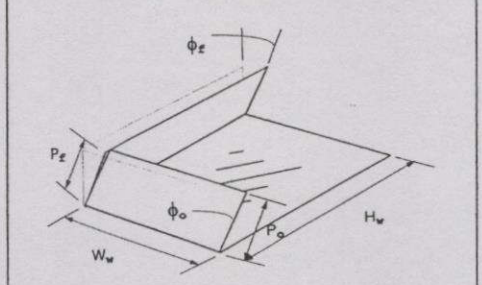
โดยค่าต่างๆสามารถหาได้จากตารางและสูตรที่กำหนดมาให้ จากคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ส่วนค่าที่เป็นเกี่ยวข้องกับรูปแบบของช่องแสงคือค่า SC ซึ่งมีการคำนวณที่ซับซ้อน โดยในโปรแกรม OTTVEE Version 1.0a ได้แบ่งช่องแสงออกเป็น ช่องแสงแนวตั้ง และช่องแสงแนวนอน โดยมีรูปและสูตรการคำนวณดังนี้



$$SC_2 = \frac{G'\,G''\,x\,I_D + I_d}{I_T}$$

$$G' = 1 - \frac{P_O}{H_w}\left|\sin\phi_O + \cos\phi_O \tan\theta_1\right| + \frac{H_O}{H_w}$$

$$G'' = 1 - \frac{P_f}{W_w}\left|\sin\phi_f + \cos\phi_f \tan\theta_2\right| + \frac{W_O}{W_w}$$



$$SC_2 = \frac{G'\,G''\,x\,I_D + I_d}{I_T}$$

$$G' = 1 - \frac{P_O}{H_w}\left|\sin\phi_O + \frac{\cos\phi_O}{\tan\theta_1}\right|$$

$$G'' = 1 - \frac{P_f}{W_w}\left|\sin\phi_f + \frac{\cos\phi_f}{\tan\theta_2}\right|$$

รูปที่ 5.16 การคิดค่า Shading Coefficient [22] [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.16 จะเห็นได้ว่า การคำนวณค่า RTTV ใช้ช่องแสงที่มีตัวแปรในลักษณะดังรูป ดังนั้น ช่องแสงแบบ Monitor รับแสง 4 ทิศทาง จึงเข้าข่ายช่องแสงแนวตั้งมากกว่าช่องแสงแนวระนาบ ในการคำนวณจึงกำหนดให้ช่องแสงของหลังคาช่องแสง เป็น "ผนังโปร่งแสง" และส่วนทึบของหลังคาเป็น "หลังคาทึบ" ดังรูป

รูปที่ 5.17 ส่วนของหลังคาช่องแสงในการคำนวณ RTTV

จากนั้นคำนวณค่า OTTV โดยกำหนดให้

- ผนัง เป็น ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผิวผนังสีอ่อน
- ประตู เป็น ผนังไม้อัด ผิวสีปานกลาง
- หน้าต่าง เป็น ผนังไม้อัด ผิวสีปานกลาง
- กระจก เป็น ผนังโปร่งแสง มีอุปกรณ์บังแดดตามรูปด้าน ด้านทิศใต้ที่มีอุปกรณ์บังแดดเป็นแบบตาราง กำหนดเป็นช่องแสง set เข้าไปในผนังทีละช่อง ส่วนช่องแสงด้านบนกำหนดให้มีอุปกรณ์บังแดดตามทิศ 0.10 เมตร กระจกที่ใช้เป็นกระจกธรรมดา ซึ่งในการคิดจะกลายเป็นค่า OTTV แยกรายการกับ OTTV จริง แล้วนำมาหาค่า RTTV รวมกับหลังคาทึบ
- หลังคา เป็น หลังคาคอนกรีตบุฉนวน มีผิวสีอ่อน
- คาน เป็น คานคอนกรีตฉาบปูนเรียบ มีผิวสีอ่อน
- เสา เป็น เสาคอนกรีต มีผิวสีอ่อน

โดยมีรายละเอียดต่างๆดังในรายการคำนวณ [24] ซึ่งจะได้ค่า

$$\text{OTTV} = 17.68 \text{ วัตต์ ต่อ ตารางเมตร}$$

$$\text{RTTV} = \frac{(467.54 + 740.42 + 722.67 + 713.18 + 539.2)}{(4.5 \times 4) + 67.4}$$

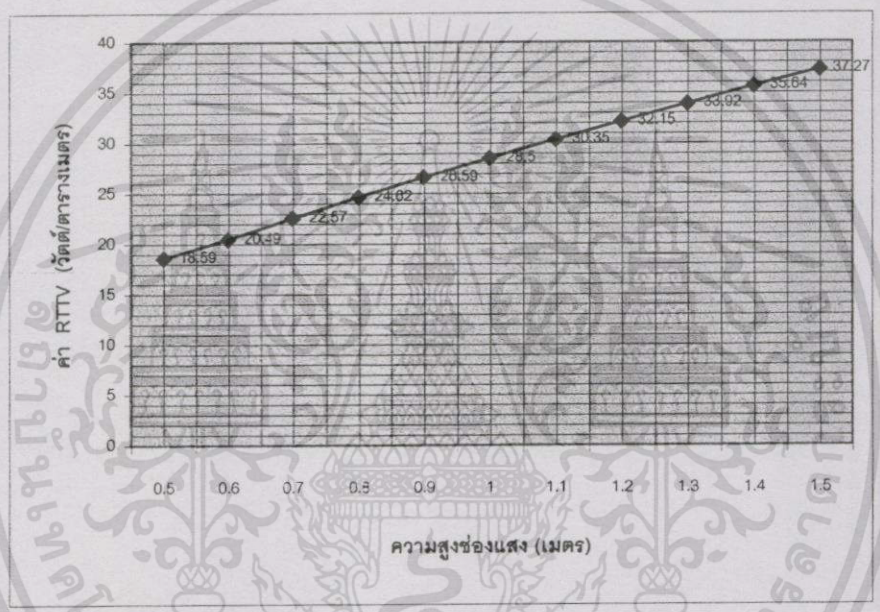
$$= \frac{3183.01}{85.4} = 37.27 \text{ วัตต์ ต่อ ตารางเมตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า RTTV ที่ได้ เกินค่าที่กำหนดไว้ คือ 25 วัตต์ / ตารางเมตร วิธีการปรับสามารถกระทำได้ 3 วิธีคือ

- ลดพื้นที่ช่องแสงด้านบน ทั้งแนวระนาบและแนวตั้ง
- เพิ่มความยาวของอุปกรณ์บังแดด
- เปลี่ยนวัสดุกระจก และวัสดุหลังคา

ซึ่งการลดพื้นที่รับแสงถือเป็นวิธีที่สมควรกระทำที่สุด เนื่องจาก 2 ข้อหลังจัดเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ ดังนั้นจึงได้ทำการลดปริมาณแสงสว่างด้วยการลดความสูงของช่องแสง แล้วเปรียบเทียบค่าความสว่างและค่า RTTV ที่ได้ ณ ความสูงช่องแสงระดับต่างๆ จะได้กราฟดังนี้

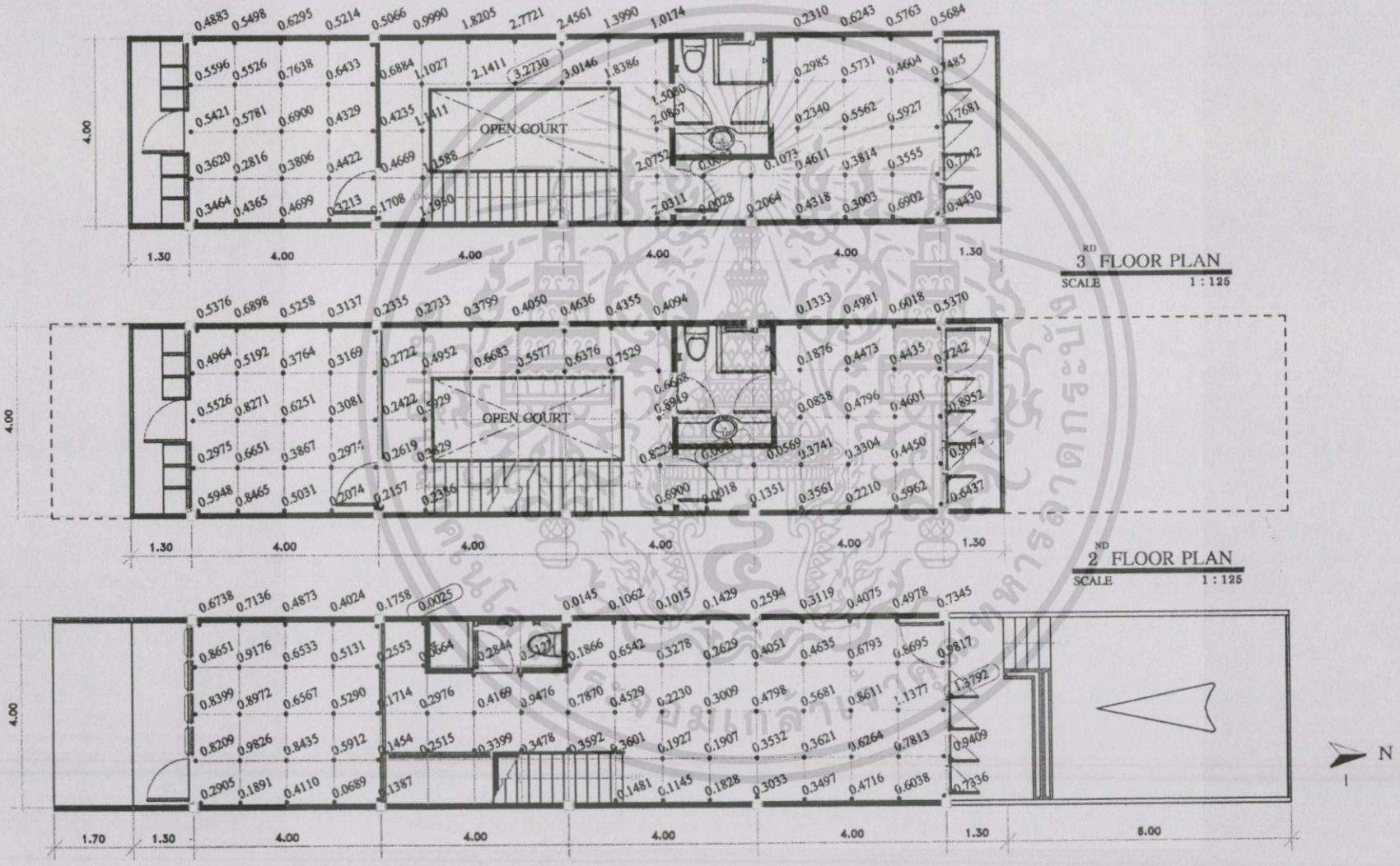


รูปที่ 5.18 กราฟแสดงค่า RTTV ของช่องแสงแบบ Monitor รับแสง 4 ทิศทาง ขนาด 3 x 3 เมตร ที่ความสูงหลังคาในระดับต่างๆ

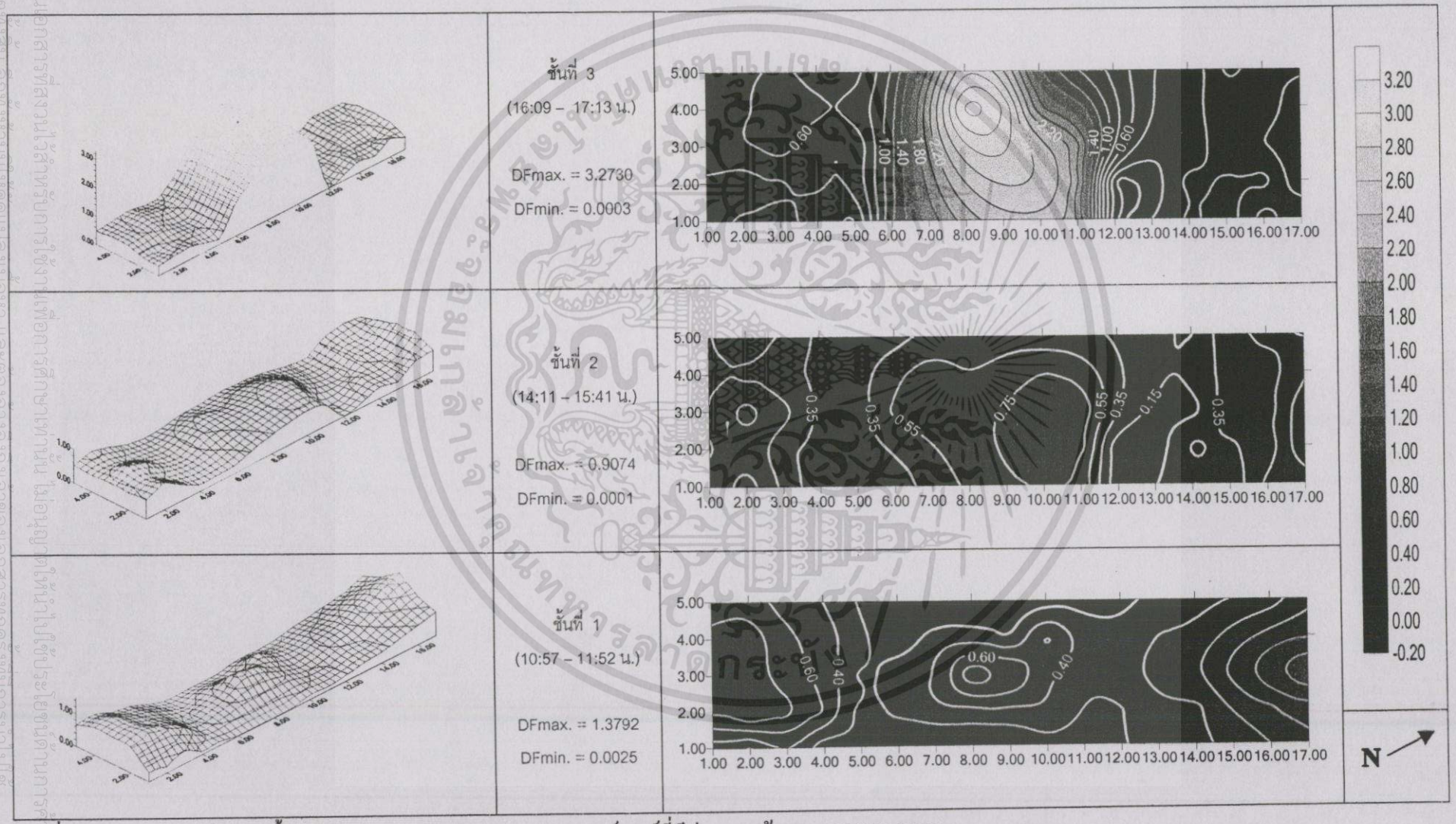
จากกราฟแสดงให้เห็นว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า RTTV ตามระดับความสูงต่างๆมีค่าเท่ากัน เป็นกราฟเส้นตรง ดังนั้นหากต้องการให้ได้ค่า RTTV = 25 วัตต์ / ตารางเมตร ความสูงของช่องแสงควรเป็น 0.8192 เมตร ซึ่งในการคำนวณในโปรแกรม OTTVEE Version 1.0a สามารถป้อนทศนิยมพื้นที่ได้เพียง 2 ตำแหน่ง ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกินค่า RTTV ที่กำหนด จึงใช้ค่าความสูง 0.81 เมตร พื้นที่กระจกต่อ 1 ด้าน เป็น 0.8 x 3 = 2.40 ตารางเมตร โดยจากการคำนวณจะได้ค่า RTTV = 24.63 วัตต์ / ตารางเมตร และจะได้ค่าความ DF ในผังทาวน์เฮาส์เป็นดังรูปที่ 5.19

จากรูปที่ 5.19 จะเห็นได้ว่า ค่า DF ในชั้นที่ 1 และ 2 ส่วนใหญ่มีค่าไม่ถึง 1 และค่า DFmax เป็นของช่องแสงด้านข้างทางด้านทิศเหนือ และในพื้นที่ส่วนกลางบางจุดมีค่า DF ไม่ถึง 0.5 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นจึงต้องทำการคิดค่าความส่องสว่างตลอดปี โดยเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างกับตารางค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าของสถาบัน AIT ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.19 ค่า Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร

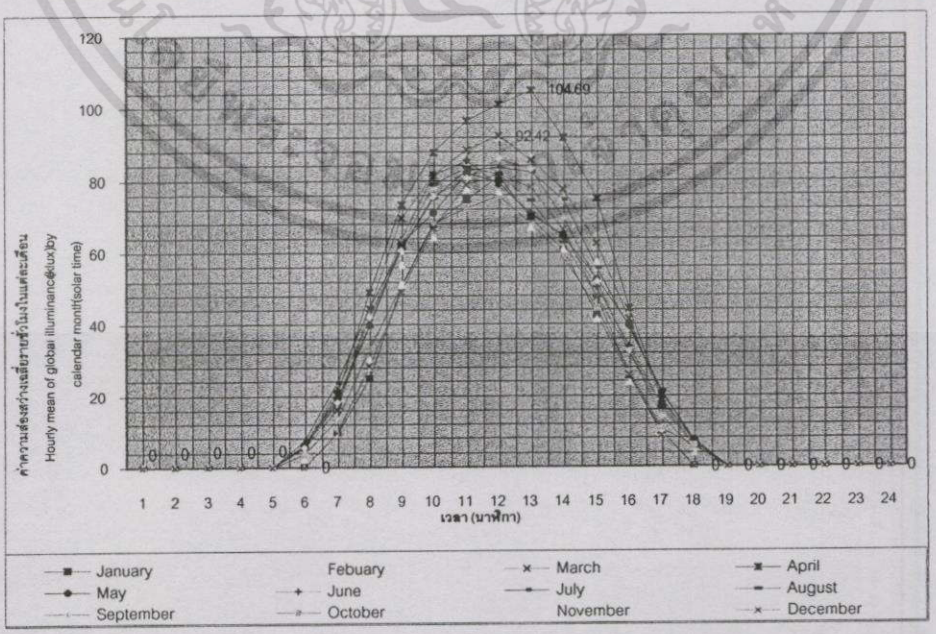


รูปที่ 5.20 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร

ตารางที่ 5.2 ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยรายชั่วโมงในแต่ละเดือน

Hourly mean of global illuminance (klux) by calendar month (solar time)

Solar time	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	2.2	5.26	6.04	6.11	6.39	7.32	5.71	5.39	3.55	0	0
7	9.34	9.78	16.21	20.49	19.48	21.63	23.96	17.73	18.25	13.45	9.53	9.63
8	24.8	30.51	44.57	48.93	39.71	41.79	44.83	39.48	42.16	33.26	28.3	28.47
9	50.63	56.49	69.8	73.46	62.66	63.68	61.05	61.58	60.65	50.96	51.14	49.11
10	67.83	77.97	81.38	87.76	70.95	81.41	75.07	78.93	75.6	68.19	64.1	66.85
11	74.78	84.77	88.62	96.43	82.01	85.56	82.81	83.52	80.66	72.19	77.65	78.86
12	81.01	92.07	92.42	100.9	79.38	78.52	83.65	81.71	85.84	75.67	77.1	81.66
13	69.46	86.52	85.58	104.7	70.41	70.93	82.38	74.36	83.13	67.75	66.76	78.02
14	60.64	75.1	77.58	91.82	64.44	64.76	74.75	62.5	69.77	58.82	60.68	66.3
15	42.47	57.07	62.31	75.03	52.45	50.39	55.42	47.65	51.97	44.22	41.35	47.42
16	25.41	32.44	41.39	44.25	39.6	33.85	38.81	32.29	32.53	26.5	23.79	25.81
17	9.63	10.74	18.39	18.96	20.62	17.34	21.35	16.51	14.06	10.44	9.56	8.76
18	0	3.7	5.99	6.74	7.38	6.01	6.6	5.56	4.35	5.84	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



รูปที่ 5.21 กราฟค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าตลอดปี [25]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยนำเวลาของแต่ละตำแหน่งที่วัดได้มาคำนวณหาค่าความส่องสว่างภายนอก เทียบกับตารางและกราฟข้างต้น จะได้ค่าความส่องสว่างภายนอก ณ เวลาต่างๆที่ทำการวัดในผัง ดังนี้

ตารางที่ 5.3 ค่าความส่องสว่างภายนอก ณ เวลาต่างๆที่ทำการวัด เทียบกับค่าของ AIT (klux)

เวลา	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ชั้นที่ 1												
10:49	73.506	83.523	87.293	94.841	79.982	84.799	81.391	82.679	79.732	71.457	75.166	76.658
11:02	74.988	85.013	88.747	96.579	81.922	85.325	82.838	83.46	80.833	72.306	77.632	78.953
11:07	75.507	85.622	89.063	96.952	81.703	84.739	82.908	83.309	81.264	72.596	77.586	79.187
11:24	77.272	87.69	90.14	98.218	80.958	82.744	83.146	82.796	82.732	73.582	77.43	79.98
12:15	78.123	90.683	90.71	101.85	77.138	76.623	83.333	79.873	85.163	73.69	74.515	80.75
12:08	79.47	91.33	91.508	101.41	78.184	77.508	83.481	80.73	85.479	74.614	75.721	81.175
11:44	79.349	90.123	91.407	99.708	80.081	80.397	83.426	82.193	84.459	74.742	77.247	80.913
11:53	80.283	91.218	91.977	99.634	79.687	79.341	83.552	81.921	85.236	75.264	77.164	81.333
11:56	80.595	91.583	92.167	100.6	79.555	78.989	83.594	81.831	85.495	75.438	77.137	81.473
12:04	80.24	91.7	91.964	101.15	78.782	78.014	83.565	81.22	85.659	75.142	76.411	81.417
ชั้นที่ 2												
15:42	30.528	39.829	47.666	53.484	43.455	38.812	43.793	36.898	38.362	31.816	29.058	32.293
15:47	29.106	37.777	45.923	50.919	42.384	37.434	42.409	35.618	36.742	30.339	27.595	30.492
14:08	58.217	72.696	75.544	89.581	62.841	62.844	72.173	60.52	67.397	56.873	58.103	63.783
13:05	68.725	85.568	84.913	103.62	69.913	70.416	81.744	73.372	82.017	67.006	66.253	77.043
13:58	60.934	75.481	77.847	92.249	64.639	64.966	75.004	62.895	70.215	59.118	60.883	66.691
ชั้นที่ 3												
9:58	67.257	77.254	80.994	87.283	70.674	80.819	74.603	78.352	75.102	51.247	63.668	66.259
10:58	74.548	84.543	88.379	96.141	81.641	85.422	82.552	83.367	80.491	72.057	77.198	78.46
11:56	80.595	91.583	92.167	100.6	79.555	78.989	83.594	81.831	85.495	75.438	77.137	81.473
12:06	79.855	91.515	91.736	101.28	78.483	77.761	83.523	80.975	85.569	74.878	76.066	81.296
12:46	72.155	87.815	87.176	103.81	72.503	72.701	82.676	76.075	83.762	69.598	69.173	78.869
12:50	71.385	87.445	86.72	104.06	71.905	72.195	82.592	75.585	83.582	69.07	68.483	78.627
12:56	70.23	86.89	86.036	104.44	71.008	71.436	82.465	74.85	83.311	68.278	67.449	78.263

หมายเหตุ : เวลาที่ซ้ำกันในบางจุดไม่ได้นำมาใส่ไว้ในตาราง

จากนั้นจึงนำค่าความส่องสว่างภายนอกคำนวณหาค่าปริมาณความสว่างในแต่ละจุดภายในผัง โดยใช้สูตร

$$DF = \frac{E_i}{E_o} \times 100$$

หรือ

$$E_i = \frac{DF \times E_o}{100}$$

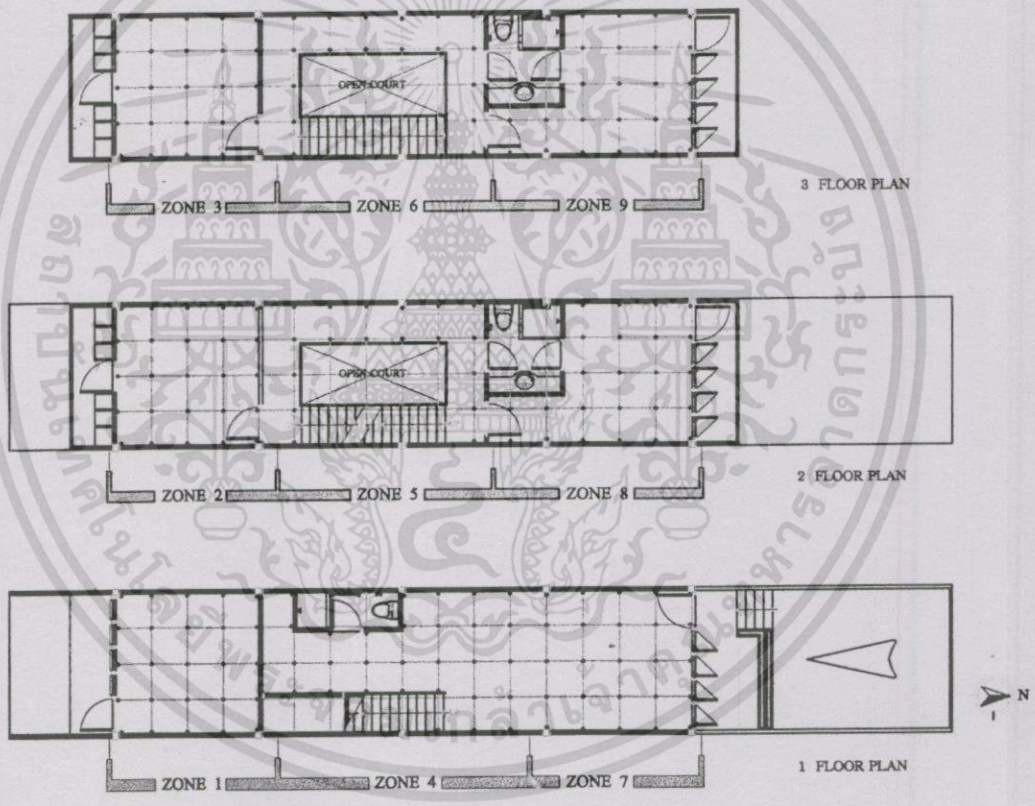
โดยค่าความสว่างที่ได้ในผังมีหน่วยเป็น ลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้ค่าที่เปรียบเทียบแล้ว [26] ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วนของทาวน์เฮาส์เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างมาตรฐาน โดยแบ่งดังนี้

- ห้องนอน = 50 ลักซ์
- ห้องนั่งเล่น พักผ่อน = 75 ลักซ์
- ห้องรับแขก = 100 ลักซ์
- ห้องครัว = 300 ลักซ์
- พื้นที่เดินผ่าน และ โถง = 75 ลักซ์

โดยอ้างอิงจากตารางที่ 19 ในภาคผนวก ก เป็นหลัก ส่วนห้องนั่งเล่น พักผ่อน และพื้นที่เดินผ่าน และโถง อ้างอิงจากค่ากลางของตารางที่ 18 ในภาคผนวก ก และเนื่องบางห้อง เช่น ห้องนอน มีหลายห้อง และอยู่ในทิศที่แตกต่างกัน จึงได้แยกพื้นที่พิจารณาเป็น 3 ชั้น ดังนี้



รูปที่ 5.22 การแบ่งโซนเพื่อเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดปีกับค่ามาตรฐานของหลังคาช่องแสงสูง 0.81 เมตร

โดยเฉลี่ยแต่ละห้องรายเดือน เปรียบเทียบกับค่าจะได้ค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 ค่า DF เฉลี่ยและค่าความส่องสว่างเฉลี่ยรายเดือนแยกตามพื้นที่ใช้งาน

เดือน	ทิศใต้			พื้นที่ส่วนกลาง			ทิศเหนือ		
	โซน 1 ห้องครัว	โซน 2 ห้องนั่งเล่น	โซน 3 ห้องนอน 3	โซน 4 โถงชั้นที่ 1	โซน 5 โถงชั้นที่ 2	โซน 6 โถงชั้นที่ 3	โซน 7 ห้องรับแขก	โซน 8 ห้องนอน 1	โซน 9 ห้องนอน 2
DFavg	0.5293	0.4539	0.4757	0.2888	0.4883	1.6516	0.6225	0.4344	0.4697
ม.ค.	340.24	94.68	400.22	225.76	284.27	1324.69	335.56	284.16	498.09
ก.พ.	389.21	177.08	454.09	258.07	354.97	1512.04	410.84	353.09	567.34
มี.ค.	407.67	213.21	471.23	261.95	368.88	1518.52	407.46	355.83	571.57
เม.ย.	440.65	238.13	512.92	287.95	437.42	1667.50	488.65	429.14	624.55
พ.ค.	362.38	195.30	429.74	229.63	306.85	1304.62	337.94	293.97	494.19
มิ.ย.	402.72	173.68	445.78	231.45	306.86	1293.91	339.26	295.83	491.96
ก.ค.	377.19	196.27	437.71	240.54	352.42	1380.06	387.94	342.66	519.92
ส.ค.	391.24	165.17	439.64	235.98	295.52	1344.10	355.18	290.25	508.46
ก.ย.	375.87	171.20	430.73	242.62	329.10	1412.72	392.62	334.49	530.47
ต.ค.	281.69	141.74	384.55	213.63	277.71	1241.08	324.59	276.51	467.31
พ.ย.	331.83	129.25	408.09	220.86	283.71	1264.69	321.90	277.90	478.39
ธ.ค.	342.57	143.32	417.80	232.49	311.45	1344.11	369.37	315.56	505.82
เฉลี่ย	**370.27**	**169.92**	**436.04**	**240.08**	**325.76**	**1384.00**	**372.61**	**320.78**	**521.51**

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้เพียงพอตามมาตรฐาน มีเพียงห้องครัวในเดือนมิถุนายนเท่านั้นที่มีค่าความส่องสว่างไม่ถึง 300 ลักซ์ ส่วนค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดปี (นำค่ารายเดือนมาเฉลี่ย) มีความส่องสว่างเพียงพอกับความต้องการทุกห้อง แต่หากพิจารณาเป็นรายตัวเลข [26] จะมีเพียงบางส่วนของห้องนั่งเล่นในเดือนมกราคม และจุดบางจุดที่เป็นจุดอับในผังเท่านั้น ที่มีค่าความส่องสว่างไม่เพียงพอ

นอกจากนี้ เรายังสามารถคิดจากค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอก โดยใช้ค่าในช่วงที่มีชั่วโมงของการส่องสว่างมากที่สุดมาคิด โดยเทียบจากค่าความถี่ในตารางที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าช่วงความส่องสว่าง 30,000 – 60,000 ลักซ์ เป็นช่วงที่มีชั่วโมงการส่องสว่างมากที่สุด อยู่ในช่วงเกิน 1,000 ชั่วโมงขึ้นไป จึงนำค่าในช่วงนี้มาคำนวณเพื่อหาค่าความส่องสว่างภายในว่ามีค่าเพียงพอกับความต้องการหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

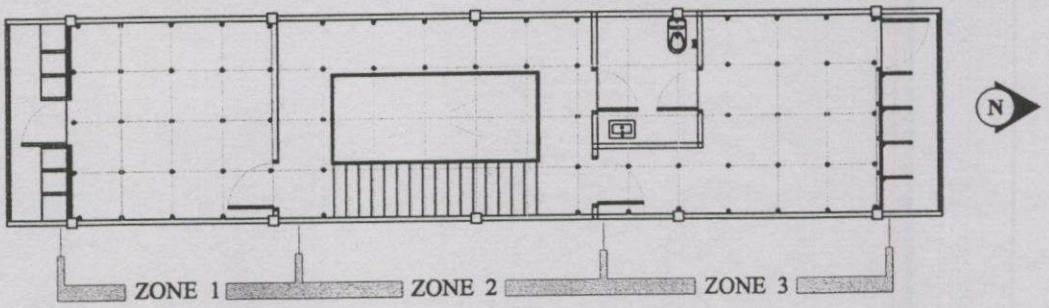
ตารางที่ 5.5 ค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพฯ (1999-2000)

Illumination level (lux)	Frequency (hours)	Relative Frequency
5,000	320	0.0179
10,000	525	0.0294
15,000	756	0.0423
20,000	867	0.0485
25,000	932	0.0521
30,000	1,860	0.1041
35,000	1,728	0.0967
40,000	1,601	0.0896
45,000	1,472	0.0824
50,000	1,353	0.0757
55,000	1,230	0.0688
60,000	1,103	0.0617
65,000	964	0.0539
70,000	828	0.0463
75,000	691	0.0387
80,000	546	0.0305
85,000	424	0.0237
90,000	302	0.0169
95,000	185	0.0103
100,000	108	0.0060
105,000	50	0.0028
110,000	10	0.0005

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

จากตารางข้างต้น บริเวณถือเป็นช่วงที่มีค่าความถี่ของการส่องสว่างมาก คือเกิน 1,000 ชั่วโมงขึ้นไป จึงนำค่านี้ส่วนที่แรเงามาคิดเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างเฉลี่ยในพื้นที่ต่างๆของทาวน์เฮาส์ โดยแบ่งพื้นที่ของทาวน์เฮาส์ออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.23 การแบ่งผังเพื่อเฉลี่ยค่าความส่องสว่าง

จะได้ค่า DF เฉลี่ยดังตาราง และสามารถหาค่าความส่องสว่างได้ดังนี้

ตารางที่ 5.6 ค่า DF เฉลี่ยในโซนต่างๆของทาวน์เฮาส์

ทาวน์เฮาส์	ชั้นที่	โซน 1	โซน 2	โซน 3
ไม่มีช่องแสงตรงกลาง	1	0.536306	0.124997	0.491673
	2	0.457711	0.049407	0.393626
	3	0.546010	0.090077	0.439445
มีช่องแสงตรงกลาง(สูง 0.81 เมตร)	1	0.5293	0.2888	0.6225
	2	0.4539	0.4883	0.4344
	3	0.4757	1.6516	0.4697

ตารางที่ 5.7 ค่าความสว่างในโซนต่างๆ เมื่อมีค่าความส่องสว่างภายนอก 30,000 – 60,000 ลักซ์

ค่าความส่องสว่างภายนอก	ชั้นที่	โซน 1	โซน 2	โซน 3
30,000	1	158.7900	86.6421	186.7439
	2	136.1700	146.4900	130.3273
	3	142.7100	495.4927	140.9010
35,000	1	185.2550	101.0824	217.8679
	2	158.8650	170.9050	152.0485
	3	166.4950	578.0748	164.3845
40,000	1	211.7200	115.5228	248.9919
	2	181.5600	195.3200	173.7698
	3	190.2800	660.6570	187.8679
45,000	1	238.1850	129.9631	280.1159
	2	204.2550	219.7350	195.4910
	3	214.0650	743.2391	211.3514
50,000	1	264.6500	144.4035	311.2399
	2	226.9500	244.1500	217.2122
	3	237.8500	825.8212	234.8349
55,000	1	291.1150	158.8438	342.3638
	2	249.6450	268.5650	238.9334
	3	261.6350	908.4033	258.3184
60,000	1	317.5800	173.2841	373.4878
	2	272.3400	292.9800	260.6546
	3	285.4200	990.9854	281.8019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

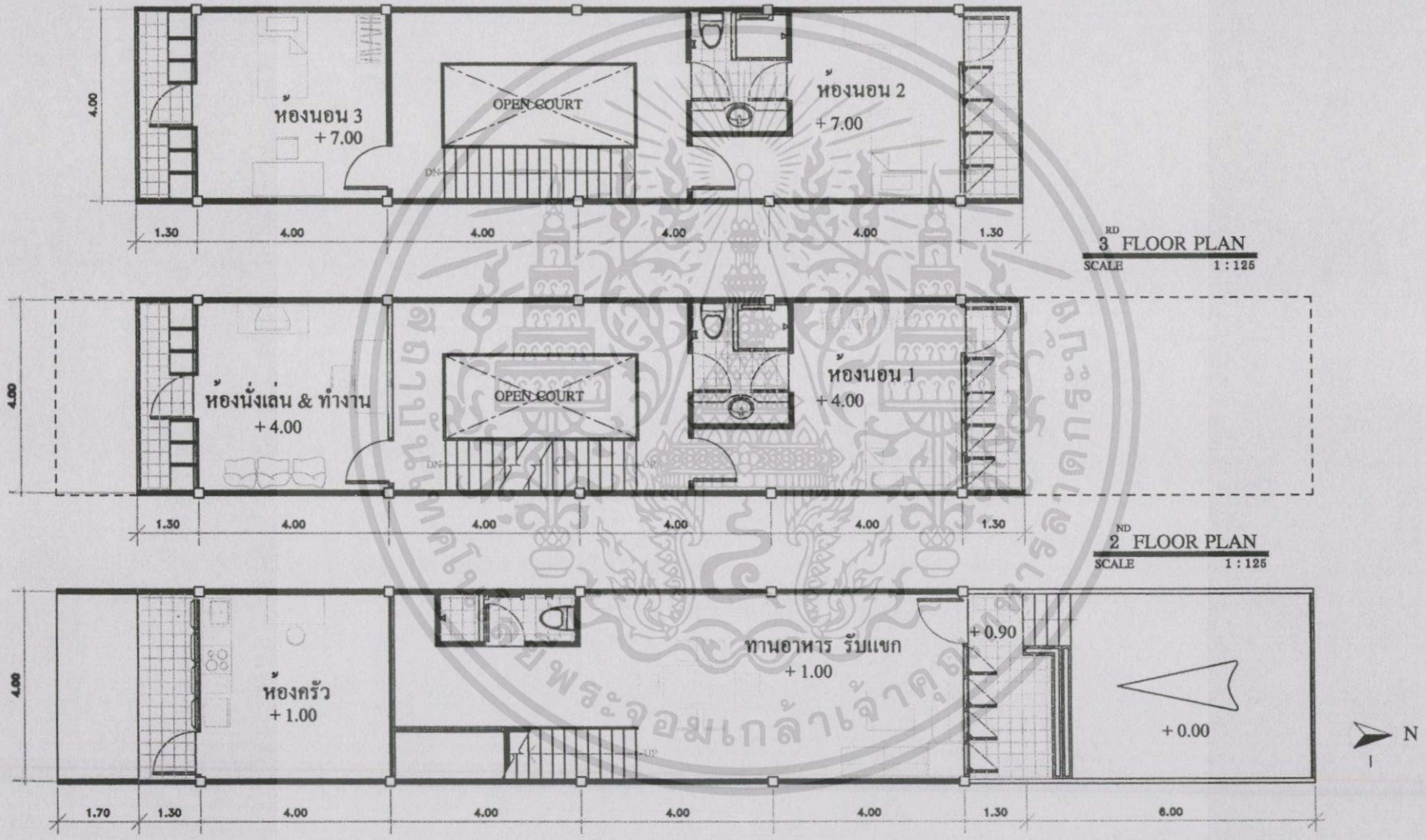
จากตารางจะเห็นได้ว่า โซนที่ 1 ในชั้นที่ 1 คือ ห้องครัว เป็นโซนที่ต้องการความส่องสว่างมากที่สุด 300 ลักซ์ ซึ่งมีเพียงความส่องสว่างภายนอก 60,000 ลักซ์เท่านั้น ที่สามารถให้ค่าความส่องสว่างภายในได้ถึง 300 ลักซ์ หรือหากคำนวณกลับไป ถ้าต้องการความส่องสว่างภายนอก 300 ลักซ์ ในห้องครัว (โซนที่ 1 ชั้นที่ 1) จะต้องมีค่าความส่องสว่างภายนอกอย่างน้อย 56,678.63 ลักซ์ ส่วนในโซนอื่นๆ มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเพียงพอกับความต้องการทั้งหมด

สรุปได้ว่าจากการวิเคราะห์การออกแบบมาทั้งหมด ตัวอย่างช่องแสงที่เหมาะสมในทาวน์เฮาส์ขนาดดังกล่าวทั้งด้านความสว่างและความร้อน คือ ช่องแสงแบบ Monitor รับแสง 4 ทิศทาง ขนาด 3 x 3 เมตร ความสูงช่องแสง 0.81 เมตร โดยจะให้ค่า DF เฉลี่ยในชั้นที่ 1, 2 และ 3 เป็น 0.47, 0.46 และ 0.83 ตามลำดับ (ค่าเฉลี่ยแยกโซน ดูจากตารางที่ 5.6) ซึ่งให้ค่า OTTV = 17.68 วัตต์ / ตารางเมตร และ RTTV = 24.63 วัตต์ / ตารางเมตร

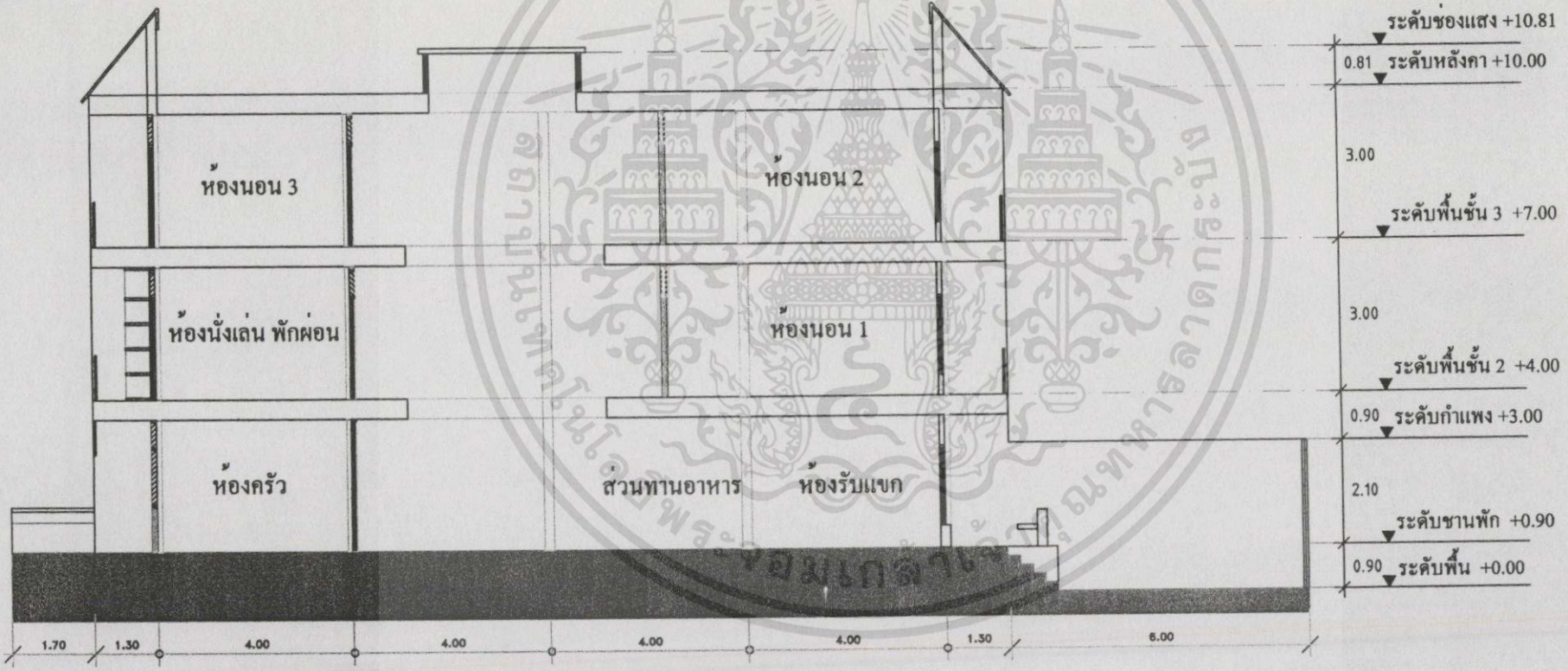
ในกรณีที่ไม่ได้ค่าความส่องสว่างตามที่ต้องการ เราสามารถใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงติดตั้งภายในโถงได้ เพื่อให้ได้แสงสว่างเพียงพอ และไม่ได้รับความร้อนเพิ่ม โดยในส่วนนี้ได้ทำการทดลองเพื่อเป็นข้อเสนอแนะ สามารถดูได้ในภาคผนวก ฌ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

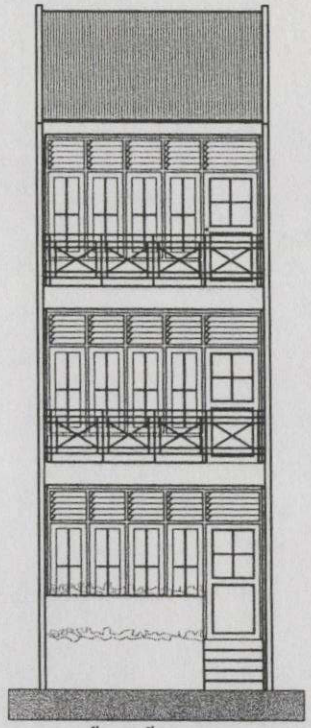


รูปที่ 5.24 ผังทาวน์เฮาส์

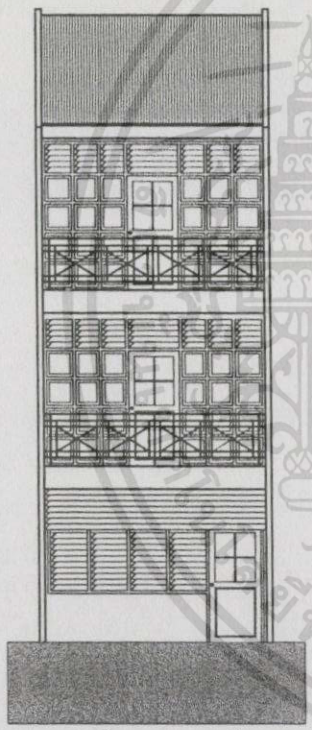


รูปที่ 5.25 รูปตัดตามยาว

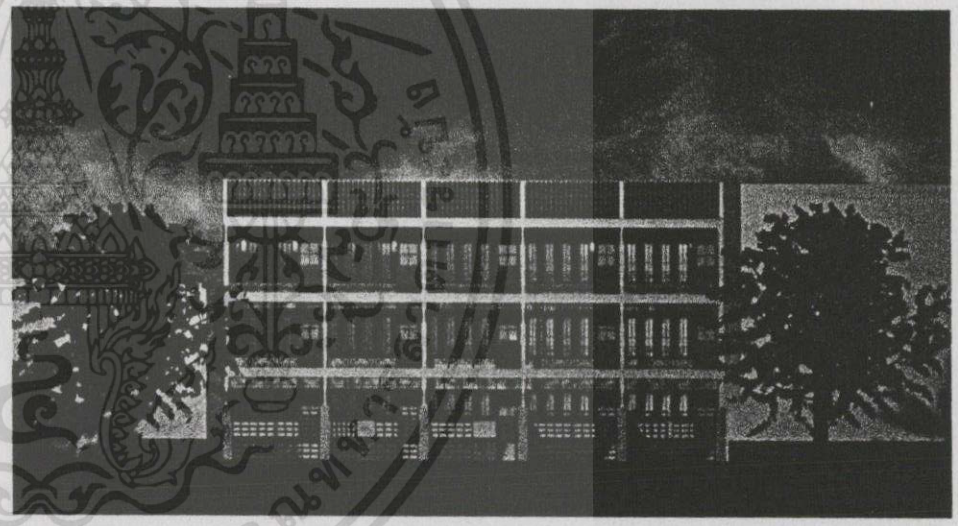
1ST FLOOR PLAN
SCALE 1 : 125



รูปด้านหน้า (ทิศเหนือ)



รูปด้านหลัง (ทิศใต้)



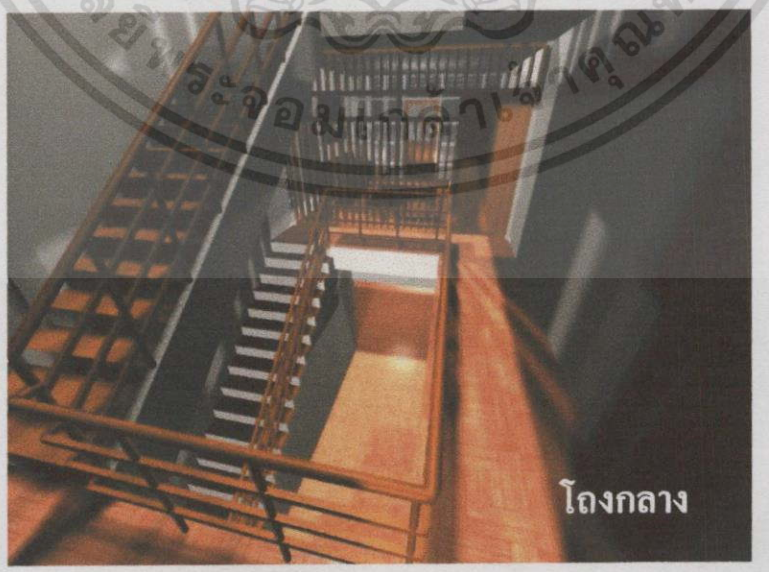
1ST FLOOR PLAN
SCALE 1 : 125

รูปที่ 5.26 รูปด้านหน้าและด้านหลัง

รูปที่ 5.27 ทัศนียภาพภายนอกอาคาร

รูปที่ 5.28 ทัศนียภาพภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.28 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 บทสรุป

เนื่องจากทาวน์เฮาส์มีปัญหาในเรื่องการได้รับแสงสว่างจากทางด้านข้าง ทำให้พื้นที่ส่วนกลางของทาวน์เฮาส์ได้รับแสงสว่างไม่เพียงพอ จึงได้ทำการวิจัยเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการนำแสงด้านบนมาใช้ให้ความสว่างแก่พื้นที่ส่วนกลางของทาวน์เฮาส์ และมีค่าความร้อนที่เหมาะสม โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาทางด้านแสงสว่าง ดังนี้

- ห้องนอน = 50 ลักซ์
- ห้องนั่งเล่น พักผ่อน = 75 ลักซ์
- ห้องรับแขก = 100 ลักซ์
- ห้องครัว = 300 ลักซ์
- พื้นที่เดินผ่าน และ โถง = 75 ลักซ์

และใช้ค่า OTTV และ RTTV ในการพิจารณาค่าความร้อนรวมของทาวน์เฮาส์ โดยมีค่า OTTV เป็น 45 วัตต์ / ตารางเมตร และ RTTV เป็น 25 วัตต์ / ตารางเมตร ตามกฎหมาย

จากการศึกษาวิจัย ได้ผลว่า หลังคาช่องแสงด้านบนที่เหมาะสมกับทาวน์เฮาส์ขนาด 4 x 16 เมตร ซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นทาวน์เฮาส์ที่มีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถใช้กับช่องแสงด้านบนได้เหมาะสม คือ หลังคาช่องแสงแบบ Monitor รับแสง 4 ทิศทาง ขนาด 3 x 3 เมตร สูง 0.81 เมตร โดยให้ค่า DF เฉลี่ย ในชั้นที่ 1, 2 และ 3 เป็น 0.47, 0.46 และ 0.83 ตามลำดับ ซึ่งจะให้ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเพียงพอกับระดับความส่องสว่างมาตรฐานข้างต้นในแต่ละห้อง ส่วนค่า DF เฉลี่ยในแต่ละห้องสามารถดูได้จากตารางที่ 5.4

จากตารางที่ 5.4 มีเพียงห้องครัวในเดือนตุลาคมเท่านั้นที่มีค่าความส่องสว่างไม่ถึง 300 ลักซ์ ส่วนค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดปี (นำค่ารายเดือนมาเฉลี่ย) มีความส่องสว่างเพียงพอกับความต้องการทุกห้อง

และช่องแสงขนาด 3 x 3 เมตร สูง 0.81 เมตร นี้ ให้ค่า OTTV = 17.68 วัตต์ / ตารางเมตร และค่า RTTV = 24.63 วัตต์ / ตารางเมตร ตามที่กฎหมายกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 ข้อเสนอแนะ

ขนาดของทาวน์เฮาส์มีหลายขนาด ในการวิจัยนี้เป็นการนำเสนอรูปแบบของทาวน์เฮาส์ที่เล็กที่สุดและช่องแสงด้านบนที่เหมาะสม หากทาวน์เฮาส์มีขนาดใหญ่ขึ้น ก็สามารถวางช่องแสงด้านบนได้หลายรูปแบบมากขึ้น เช่น หลังคา Monitor 4 ทิศทางที่วางในลักษณะทิศทางทแยง เหมือนรูปข้าวหลามตัด วงกลม สามเหลี่ยมหรือรูปร่างอื่นๆอีกมากมาย และจากการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าทาวน์เฮาส์หน้ากว้าง 4.00 เมตร ไม่ได้มีข้อจำกัดในเรื่องของการวางช่องแสงด้านบน แต่มีข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่ใช้สอยและการกำหนดรูปแบบอาคารตามกฎหมาย ดังนั้นทาวน์เฮาส์ที่ดีควรเป็นทาวน์เฮาส์ที่มีหน้ากว้างขึ้นกว่านี้ ทาวน์เฮาส์จะได้ไม่ต้องลึกมากเพื่อให้เหลือที่ว่างตามกฎหมาย และจากกฎหมาย ทาวน์เฮาส์ไม่ควรลึกเกิน 16.00 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงการเปิด open court รับแสงตรงจากดวงอาทิตย์

ช่องแสงด้านบนสามารถเลือกใช้ได้หลายขนาดหลายรูปร่าง และอาจมีมากกว่า 1 ตำแหน่งในอาคาร ขึ้นอยู่กับพื้นที่ใช้งาน ให้พิจารณาจากปริมาณความส่องสว่างและความร้อนเป็นสำคัญ ส่วนอุปกรณ์สะท้อนเป็นส่วนช่วยเสริมในกรณีเจาะช่องแสงด้านบนได้ค่า RTTV ตามกฎหมาย แต่ยังได้รับแสงธรรมชาติไม่เพียงพอ จึงติดตั้งตัวสะท้อนที่เหมาะสมให้สะท้อนแสงไปยังพื้นที่ที่ต้องการ โดยอุปกรณ์สะท้อนแสงที่ใช้สะท้อนแสงให้กับชั้นที่ 2 ควรมีลักษณะเป็นโครงติดริมเพื่อให้แสงส่องผ่านลงมาถึงชั้นล่างได้มากที่สุด และไม่โดนบังเงาจากตัวอุปกรณ์เอง ส่วนอุปกรณ์การสะท้อนแสงสำหรับชั้นล่างควรเป็นโครงแขวนตรงกลาง ตามผลการทดลองในภาคผนวก ฌ ซึ่งในเรื่องของรูปแบบอาจออกแบบ และเลือกใช้ได้มากกว่าที่นำเสนอ นักออกแบบสามารถออกแบบง่ายๆโดยการทดลอง project เส้นแสงที่ได้จาก sun – path diagram เพื่อหาแนวทิศทางของแสงตลอดปี แล้วจัดตำแหน่งและรูปแบบของอุปกรณ์สะท้อนให้โดนเส้นแสงมากที่สุด และอยู่ในมุมที่ไม่เกิดแสงบาดตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Chirarattananon, Surapong and Chaiwiwatworakul, Pipat. 2001. **Daylight Availability Models for Global and Diffuse Horizontal Illuminance and Irrediance and Models for Sky Luminance for Bangkok.** 1st ed. Pathum Thani. School of Environment Resources and Development Asian Institute of Technology.

[2] M.C. LAM, Willium. **Sunlight as Formgiver for Architecture.** New York : Van Nostrand Reinhold Company.

[3] Saxon, Richard. 1986. **Atrium Building.** 7nd ed. London : The Architectural Press.

[4] Hasting, S. R. 1994. **Passive Solar Commercial and Institutional Building.** Enland : John Wiley & Sons Ltd.

[5] J. Benard, Michael. 1986. **The New Atrium.** New York : McGraw-Hill Book Company.

[6] Robbins, Claude L. 1986. **Daylighting Design & Analysis.** New York : Van Nostrand Reinhold Company.

[7] Sassi, Mohammed. 1981. **"Temperature Profile and Load Distribution in Stratifile System Air Conditioning as A Function of Load Characteristics."**

[8] Terte, Jacobsen. 1989. **"Energy Saving and Thermal Climate in Passive Solar Heated Buildings."**

[9] Hedvig, Bryn Ida. 1992. **"An Energy Information system for Atrium Design."**

[10] Liu, Anping. 1993. **"An Investigation of Atrium Luminous Environment – Integration Effects of Surface Reflective Properties and Shape Variations."**

[11] Song, Kyoo Dong. 1993. **"Illuminance Level and Luminance Distributions in Sunlit Atria with Difference Canopy System and Well Configuration (Atrium Lighting) ."**

[12] Rachid, Morad. 1995. **"Development of Atrium Daylighting Prediction : From an Algorithm to a Design Tool."**

[13] ไพบูลย์ รักษาสุทธิพันธ์. 2537. **"การศึกษาผลของชั้นความร้อนในโถงที่มีความสูงโดยใช้หุ่นจำลอง."** วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] พัทธวดี รุ่งโรจน์ดี. 2542. **"ผลกระทบของรูปทรงและคุณสมบัติการสะท้อนภายในต่อการส่องสว่างภายในช่องเปิดโล่งในอาคาร สำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น"** วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรม-ศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[15] Joshi, Manoj. 1998. **"A Study of the Lumen Method for Daylighting From and Overhead Aperture."** The Degree of Master of Science, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology.

[16] นรินทร์ เนาวประทีป. **กฎหมายก่อสร้าง**. หจก.สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

[17] กระทรวงมหาดไทย. 2543. **กฎกระทรวงฉบับที่ 55 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522**.

[18] **ภาคผนวก ค** การคำนวณช่องแสงด้วยวิธี lumen method

[19] Szokolay, S. V. 1998. **Daylighting : Passive and Low Energy Architecture International, Design Tools and Techniques (PLEA Notes).** 1st ed. Queensland : The University of Queensland Printery, Manager Ian Taylor.

[20] **ภาคผนวก ง** แบบของหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย

[21] **ภาคผนวก จ** ค่าเปรียบเทียบการสะท้อนของวัสดุขาวประเภทต่างๆในการทำหุ่นจำลอง

[22] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2538. **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[23] สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541. **รายงานฉบับสุดท้าย โครงการวิจัยและพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน จากข้อมูลที่ใช้ประเมินค่า OTTV และ RTTV ตามพรบ.อนุรักษ์พลังงาน**.

[24] **ภาคผนวก ซ** รายการคำนวณ OTTV และ RTTV ของทาวน์เฮาส์

[25] **ภาคผนวก ก** สภาพแสงและมาตรฐานความสบายทางด้านแสงสว่าง

[26] **ภาคผนวก ช** ผลการทดลองในบทที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

- สภาพแสงและมาตรฐานความสบายทางด้านแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแสงและมาตรฐานความสบายทางด้านแสงสว่าง

1 ลักษณะสภาพแสงทั่วไปของกรุงเทพมหานคร

1.1 ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร ของกรมอุตุนิยมวิทยามี 2 แห่ง ตั้งอยู่ที่ บางนา และดอนเมือง โดยทางกรมอุตุนิยมวิทยาถือเอาสถานีตรวจอากาศที่บางนาเป็นตัวแทนของภูมิอากาศของตัวเมืองหลวงกรุงเทพมหานคร ซึ่งตำแหน่งอยู่ที่ละติจูด 13.44 องศาเหนือ และลองติจูด 100.34 องศาตะวันออก ส่วนสถานีตรวจอากาศดอนเมือง ตั้งอยู่ที่ละติจูด 13.55 องศาเหนือ และ ลองติจูด 100.36 องศาตะวันออก ทั้งสองสถานีนี้ทำการเก็บค่าภูมิอากาศหลายประเภท คือ อุณหภูมิ อุณหภูมิกระเปาะเปียก ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความกดอากาศ ปริมาณเมฆ ปริมาณฝน การระเหยของน้ำ ระยะเวลาการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ จำนวนวันที่เกิดลูกเห็บ หมอก พายุ และอื่นๆ

ส่วนสถานีทดลองที่มีการเก็บค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าและการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ไปพร้อมกัน ตั้งอยู่ที่ คณะพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) จังหวัดปทุมธานี ที่ตำแหน่งละติจูด 14.08 องศาเหนือ และ ลองติจูด 100.62 องศาตะวันออก

จากที่ตั้งที่แตกต่างกัน ทำให้มุมยกของดวงอาทิตย์ไม่เท่ากันในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งสามารถคำนวณด้วยสูตรในบทที่แล้ว คือ

$$ALT = \arcsin(\sin DEC \times \sin LAT + \cos DEC \times \cos LAT \times \cos HRA)$$

เมื่อ ALT = มุมยกของดวงอาทิตย์ (Altitude)

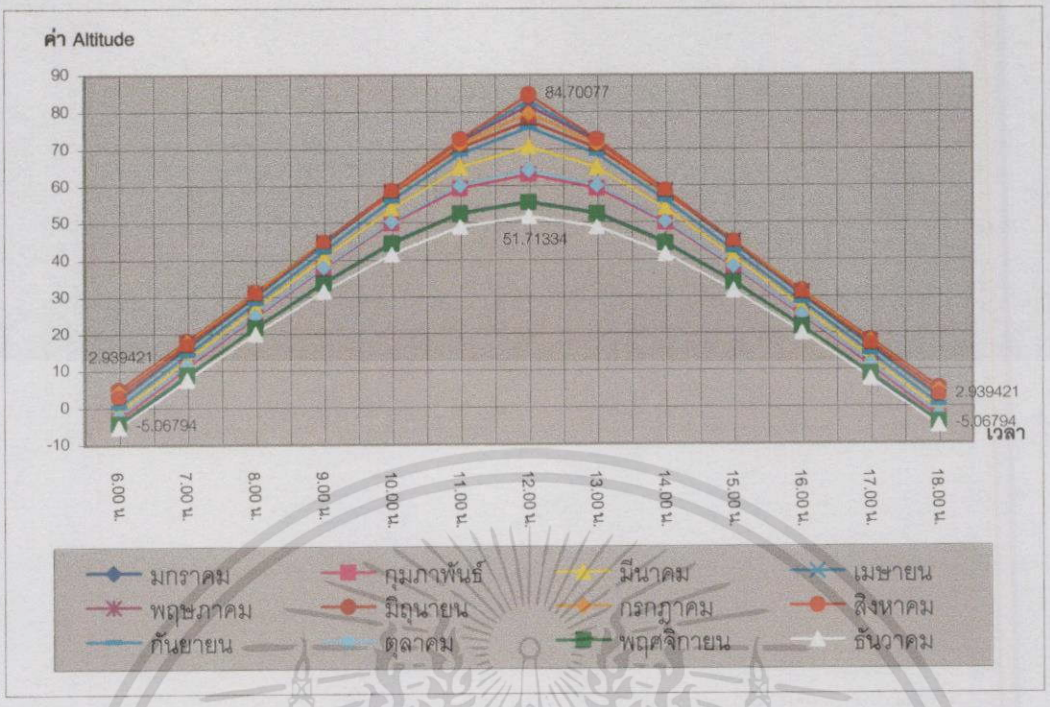
DEC = ค่า Declination

LAT = ตำแหน่งละติจูดของที่ตั้งนั้นๆ

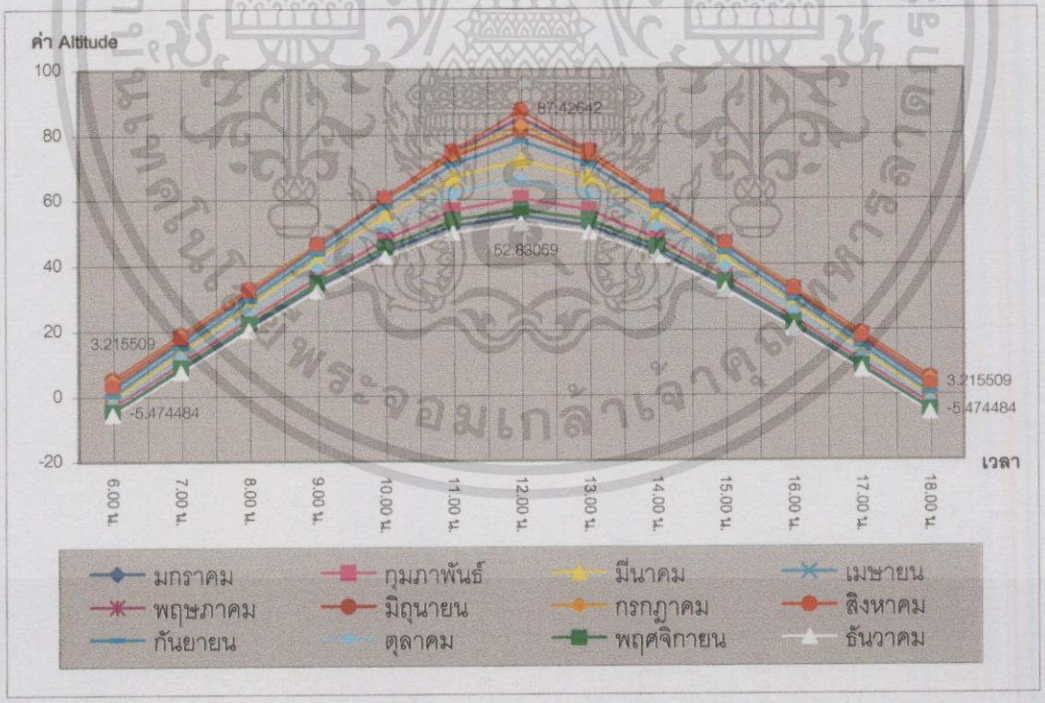
HRA = มุมชั่วโมง (Hour angle)

จะได้ค่า ALT หรือมุมยกของดวงอาทิตย์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

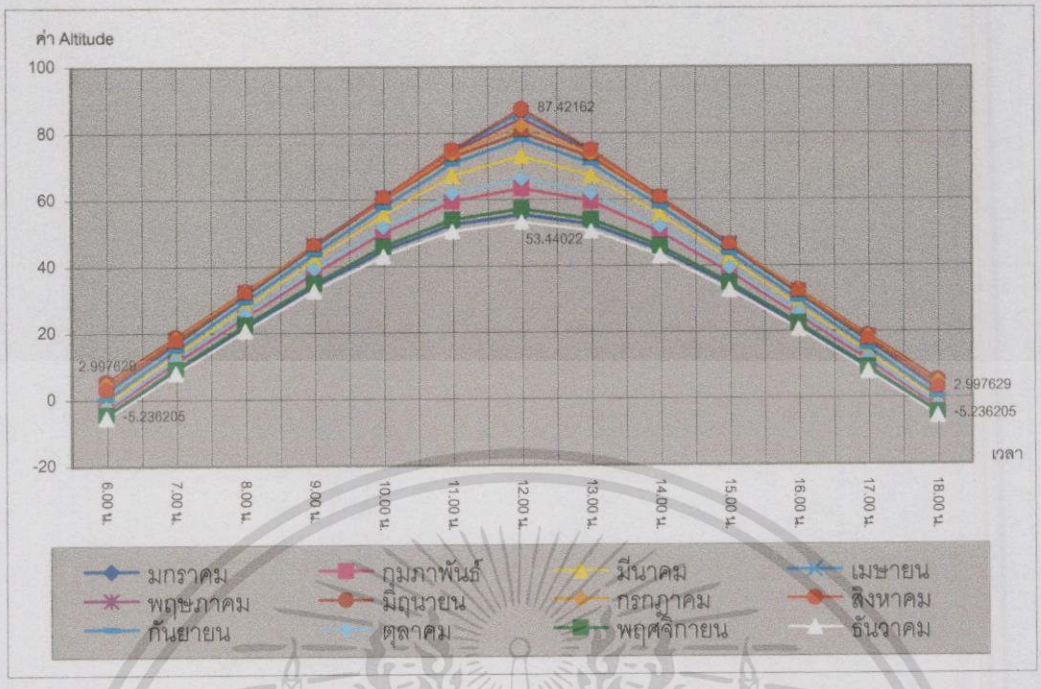


รูปที่ 1 ค่ามุมยกของดวงอาทิตย์ (Altiutude) เฉลี่ยของแต่ละเดือนในรอบปีปกติ (365 วัน) สถานีตรวจอากาศกรุงเทพมหานคร บางนา (ละติจูด 13.44 น. ลองจิจูด 100.34 ตอ.)

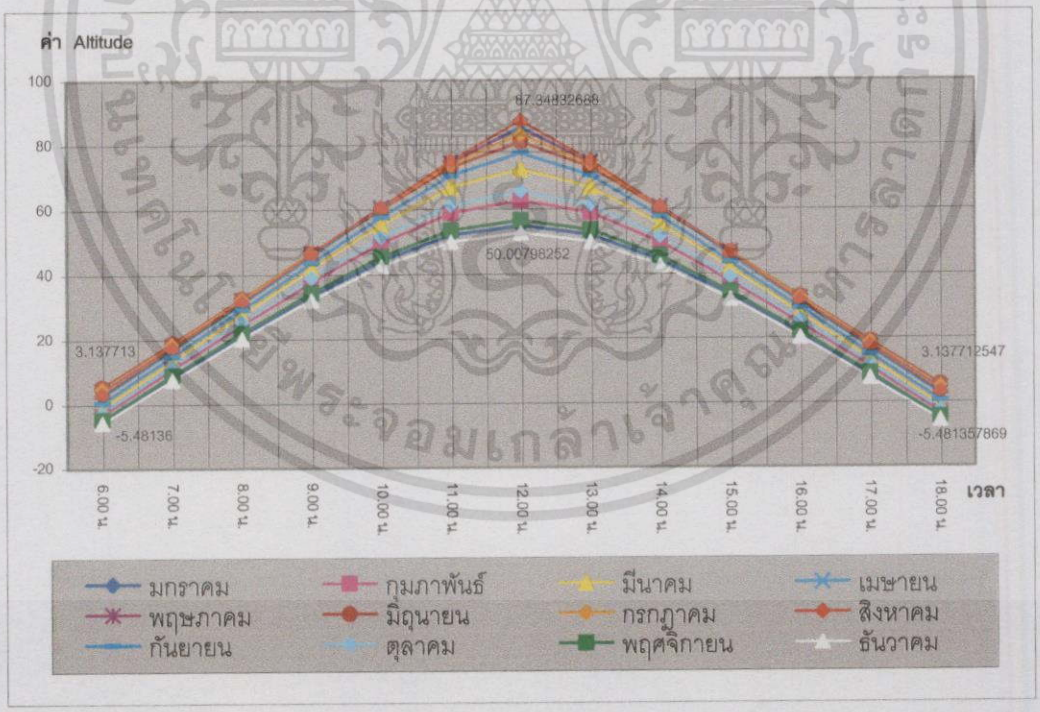


รูปที่ 2 ค่ามุมยกของดวงอาทิตย์ (Altiutude) เฉลี่ยของแต่ละเดือนในรอบปีปกติ (365 วัน) สถานีทดสอบสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (ละติจูด 14.08 น. ลองจิจูด 100.62 ตอ.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 ค่ามุมยกของดวงอาทิตย์ (Altiutude) เฉลี่ยของแต่ละเดือนในรอบปีปกติ (366 วัน) สถานีตรวจอากาศกรุงเทพมหานคร บางนา (ละติจูด 13.44 น. ลองจิจูด 100.34 ตอ.)

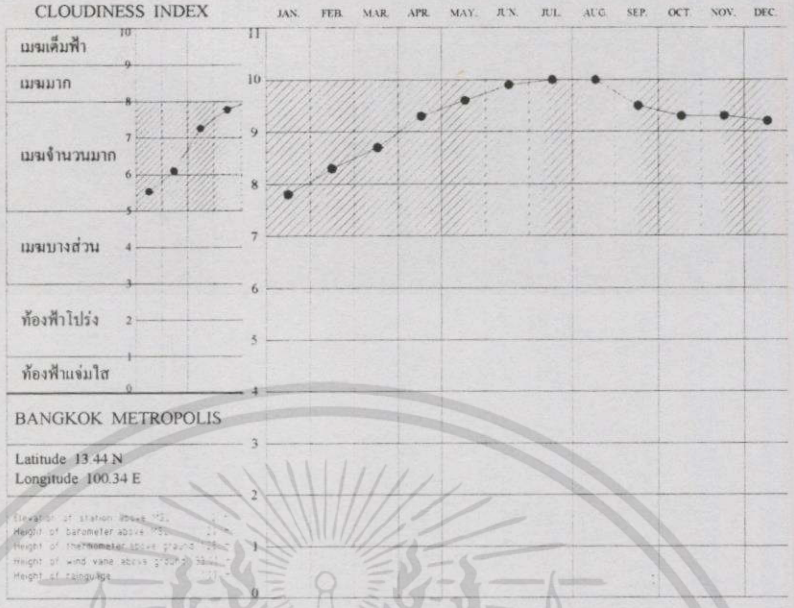


รูปที่ 4 ค่ามุมยกของดวงอาทิตย์ (Altiutude) เฉลี่ยของแต่ละเดือนในรอบปีปกติ (366 วัน) สถานีทดสอบสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (ละติจูด 14.08 น. ลองจิจูด 100.62 ตอ.)

จะเห็นได้ว่าค่ามุมยกของดวงอาทิตย์มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยใน 2 สถานีตรวจอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ดัชนีเมฆ

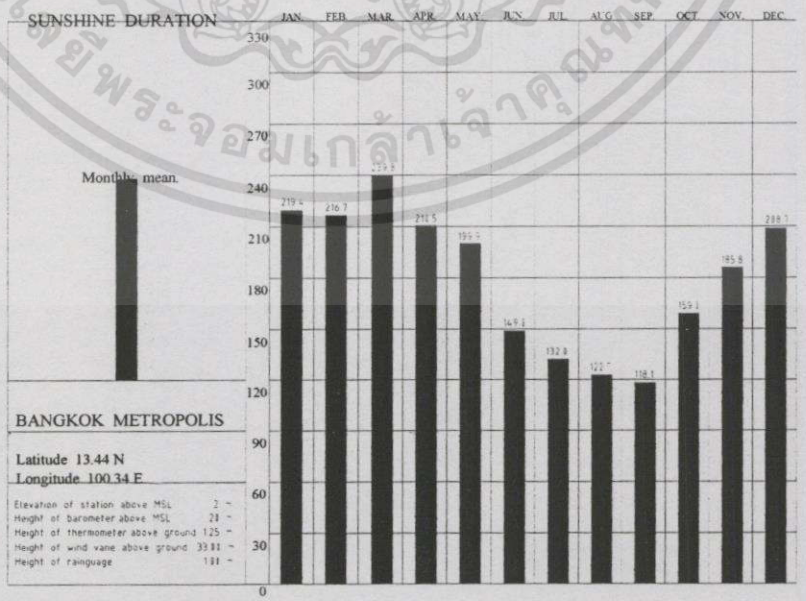


รูปที่ 5 ดัชนีเมฆ (Cloudiness index)

ค่าดัชนีเมฆแสดงว่าสภาพท้องฟ้าของกรุงเทพมหานคร เป็นท้องฟ้าที่มีเมฆจำนวนมาก

1.3 ระยะความยาวนานของการฉายรังสีดวงอาทิตย์

ระยะความยาวนานของการฉายรังสีของดวงอาทิตย์รายเดือนเฉลี่ย 10 ปี (พ.ศ.2534 – 2543) เป็นดังรูป โดยดวงอาทิตย์มีระยะเวลาในการฉายรังสีมากที่สุดในเดือนมีนาคม และน้อยที่สุดในเดือนกันยายน



รูปที่ 6 คาบการฉายแสงของดวงอาทิตย์ (Sunshine Duration) เฉลี่ย 10 ปี (พ.ศ.2534 –2543)

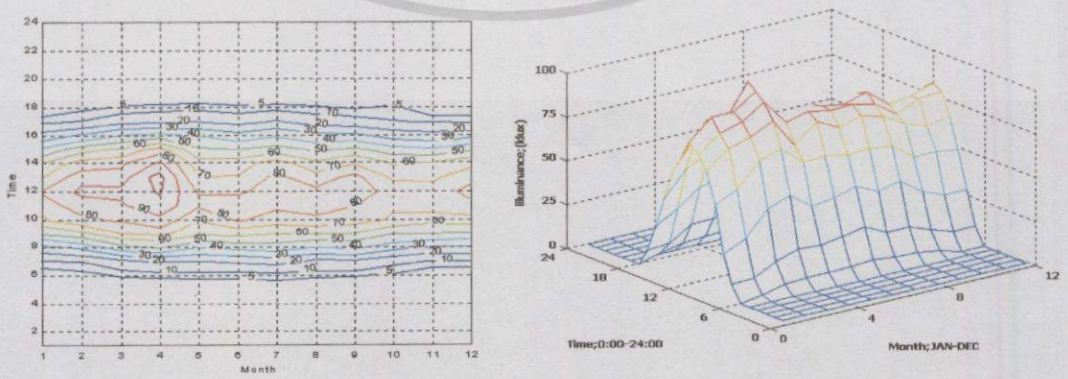
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ค่าความส่องสว่างและการแผ่รังสี

ค่านี้ได้จากการเก็บข้อมูลของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ซึ่งได้ทำการวัดในปีพ.ศ. 2543 ที่สถานีตรวจอากาศของสถาบัน โดยมีค่าต่างๆมากมายดังนี้

ตารางที่ 1 Hourly mean of global illuminance (klux) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	2.20	5.26	6.04	6.11	6.39	7.32	5.71	5.39	3.55	0	0
7	9.34	9.78	16.21	20.49	19.48	21.63	23.96	17.73	18.25	13.45	9.53	9.63
8	24.80	30.51	44.57	48.93	39.71	41.79	44.83	39.48	42.16	33.26	28.30	28.47
9	50.63	56.49	69.80	73.46	62.66	63.68	61.05	61.58	60.65	50.96	51.14	49.11
10	67.83	77.97	81.38	87.76	70.95	81.41	75.07	78.93	75.60	68.19	64.10	66.85
11	74.78	84.77	88.62	96.43	82.01	85.56	82.81	83.52	80.66	72.19	77.65	78.86
12	81.01	92.07	92.42	100.90	79.38	78.52	83.65	81.71	85.84	75.67	77.10	81.66
13	69.46	86.52	85.58	104.69	70.41	70.93	82.38	74.36	83.13	67.75	66.76	78.02
14	60.64	75.10	77.58	91.82	64.44	64.76	74.75	62.50	69.77	58.82	60.68	66.30
15	42.47	57.07	62.31	75.03	52.45	50.39	55.42	47.65	51.97	44.22	41.35	47.42
16	25.41	32.44	41.39	44.25	39.60	33.85	38.81	32.29	32.53	26.50	23.79	25.81
17	9.63	10.74	18.39	18.96	20.62	17.34	21.35	16.51	14.06	10.44	9.56	8.76
18	0	3.70	5.99	6.74	7.38	6.01	6.60	5.56	4.35	5.84	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

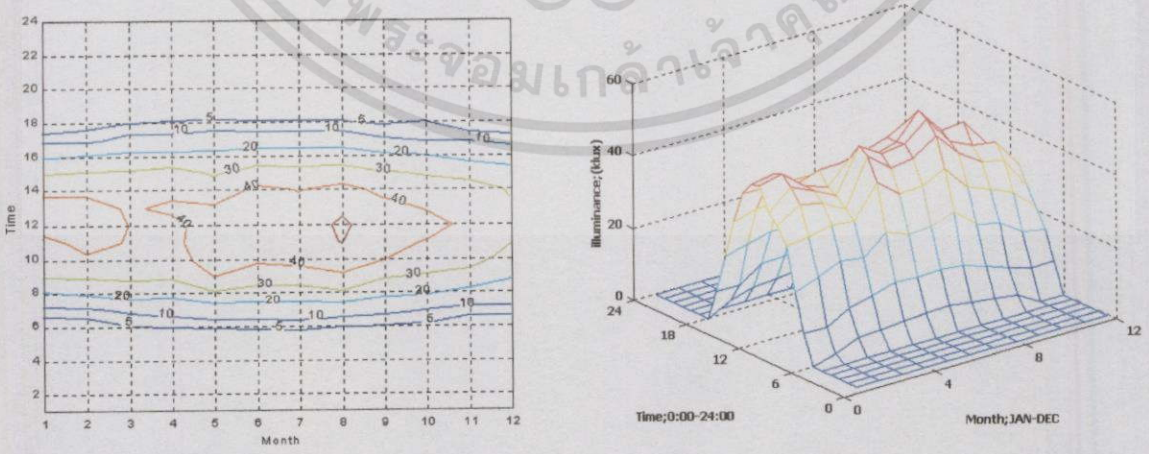


รูปที่ 7 Iso-contour plot of global illuminance (klux) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 Hourly mean of diffuse illuminance (klux) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1.90	4.43	5.02	5.50	5.85	6.28	5.22	4.72	3.56	0	0
7	8.14	8.07	11.63	13.23	15.18	14.76	15.27	14.5	12.36	10.29	8.28	8.57
8	18.43	21.08	23.74	22.62	27.84	25.58	25.88	28.15	22.89	21.56	17.28	16.13
9	30.40	31.03	32.25	31.64	40.36	35.58	35.84	38.82	31.80	29.59	26.71	21.35
10	34.70	38.79	37.31	33.91	46.87	41.43	42.54	46.81	40.13	36.19	34.65	25.83
11	37.08	42.41	39.49	36.55	48.29	44.3	45.35	50.29	42.33	39.6	38.49	30.72
12	43.45	45.02	39.85	37.83	44.01	42.78	44.58	51.58	44.40	44.97	36.73	31.93
13	42.70	43.87	39.09	41.40	41.34	42.86	44.74	48.31	42.64	39.02	36.09	31.39
14	39.06	38.83	38.86	38.61	34.12	42.07	39.68	42.96	37.6	33.78	34.63	28.87
15	29.93	31.98	31.78	35.30	29.06	34.57	33.84	34.48	31.02	29.16	26.22	23.37
16	19.7	21.38	22.83	23.19	23.18	25.38	25.05	25.4	21.54	20.32	17.38	15.65
17	8.83	8.52	12.92	13.12	14.63	14.29	15.3	14.73	10.93	9.34	9.28	7.06
18	0	3.2	5.1	5.6	6.36	5.87	5.8	5.58	4.18	5.28	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

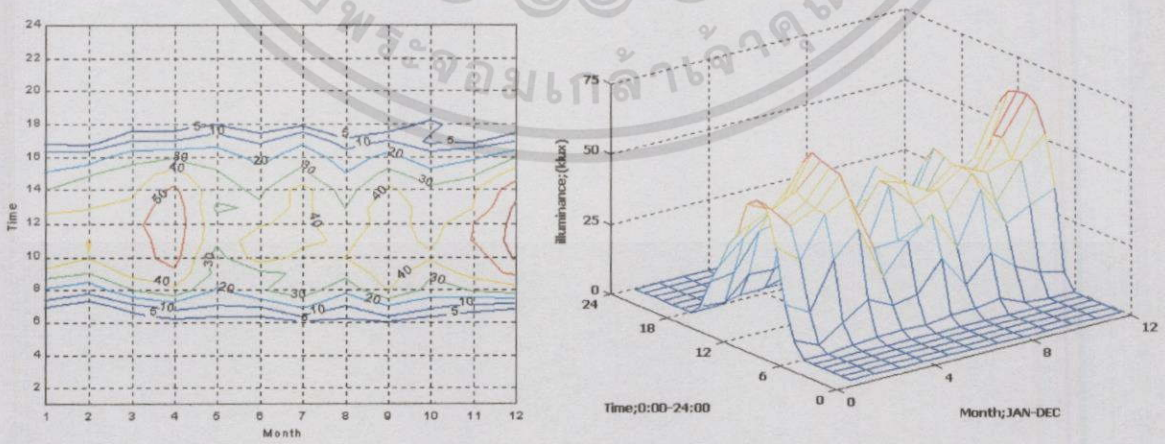


รูปที่ 8 Iso-contour plot of diffuse illuminance (klux) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 Hourly mean of beam illuminance (klux) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1.17	1.62	2.05	1.38	2.74	2.97	4.27	0.73	0	0
7	5.62	1.73	7.67	13.58	9.58	10.84	21.97	10.09	19.47	12.27	8.07	6.08
8	17.23	11.81	29.02	37.82	18.30	28.94	35.91	22.34	40.44	26.10	30.58	34.38
9	36.39	29.55	43.28	47.86	27.17	27.65	31.44	33.41	44.78	32.30	44.87	52.32
10	49.56	40.13	43.93	54.09	24.41	45.65	36.60	40.04	45.76	41.37	43.84	61.29
11	49.81	39.56	45.27	55.25	33.25	45.94	42.88	37.93	45.07	37.78	50.48	63.48
12	47.26	42.93	47.47	55.98	33.59	38.83	43.52	31.57	46.33	34.61	49.75	63.20
13	35.36	39.56	42.42	57.70	28.40	31.63	43.47	29.93	48.14	33.71	39.59	61.66
14	30.47	36.53	37.75	52.21	33.61	28.10	44.69	25.06	42.36	32.53	38.76	56.19
15	21.12	29.18	34.98	44.13	30.88	23.71	32.46	20.59	33.32	23.83	28.19	45.57
16	14.01	15.06	27.53	29.33	28.10	16.52	27.51	14.34	23.90	13.66	18.23	29.08
17	3.63	2.62	10.72	10.39	15.65	8.88	18.29	6.33	10.63	3.74	3.83	9.97
18	0	0	1.77	2.23	4.70	1.28	4.37	0.57	1.46	6.80	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

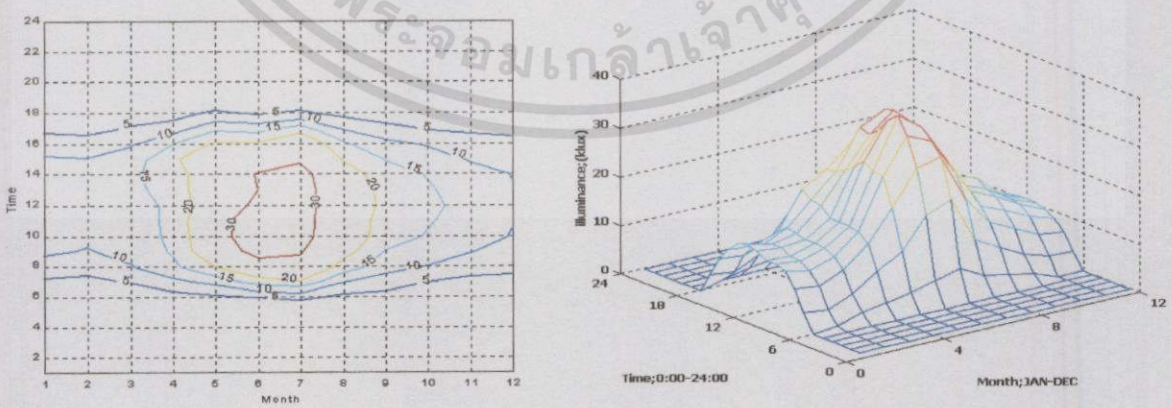


รูปที่ 9 Iso-contour plot of beam illuminance (klux) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 Hourly mean of illuminance on vertical plane for north orientation (klux) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0.50	2.11	2.93	3.80	5.22	6.44	3.89	2.93	1.95	0	0
7	3.81	3.10	5.21	8.63	11.71	17.78	19.97	10.45	7.75	5.24	3.67	3.37
8	7.85	7.27	9.47	13.80	19.82	26.81	27.99	18.03	12.16	9.77	7.38	6.65
9	10.80	9.62	11.46	15.47	25.55	32.75	30.55	22.65	14.74	12.59	10.22	8.78
10	11.71	11.00	12.55	15.80	25.88	36.15	32.46	24.74	17.03	14.66	11.96	9.69
11	11.62	11.40	12.85	15.94	27.16	34.29	32.68	24.81	17.48	15.56	12.19	10.31
12	12.84	12.27	12.79	15.97	25.20	31.60	33.07	24.84	18.54	17.03	12.20	10.51
13	13.42	12.25	13.18	17.63	23.76	30.00	33.70	23.81	18.50	15.80	11.75	10.23
14	12.86	11.41	13.67	18.21	22.81	30.64	33.19	22.86	17.43	14.70	11.73	9.89
15	10.80	10.35	12.09	19.51	22.34	26.63	28.84	19.68	14.86	13.21	9.57	8.99
16	8.08	7.67	9.60	15.14	20.87	21.12	25.48	15.95	11.68	9.38	7.24	6.66
17	4.01	3.34	5.77	8.10	14.49	13.17	18.03	10.03	6.75	4.64	4.06	3.31
18	0	1.27	2.35	3.04	6.18	4.42	6.07	3.30	2.41	3.18	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

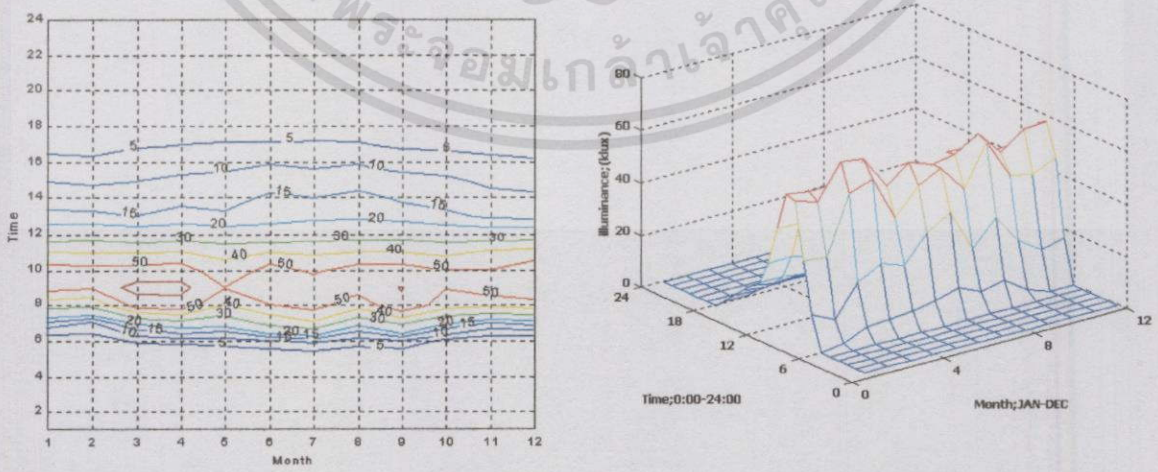


รูปที่ 10 Iso-contour plot of illuminance on vertical plane for north orientation (klux) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 Hourly mean of illuminance on vertical plane for east orientation (klux) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1.30	5.44	5.69	6.71	8.26	10.92	6.97	8.79	3.17	0	0
7	13.11	9.03	20.77	25.96	22.84	32.64	38.74	22.15	31.78	20.68	14.76	16.85
8	32.47	31.62	53.36	56.42	39.58	49.25	53.54	43.27	58.75	43.94	41.77	45.68
9	53.83	51.16	64.07	62.70	50.16	56.74	53.41	54.96	60.35	50.99	57.61	58.00
10	54.74	53.38	53.72	55.41	43.44	54.15	48.98	54.13	53.93	50.23	50.41	56.15
11	40.32	40.13	39.81	40.63	37.21	40.15	38.64	40.26	40.30	37.34	42.32	43.45
12	25.35	25.80	23.86	24.41	23.38	23.61	24.92	26.67	25.93	25.03	23.76	24.07
13	16.12	16.42	15.13	16.73	16.21	17.64	18.72	19.05	17.75	16.06	14.31	13.50
14	13.55	12.20	12.80	13.78	12.78	15.91	15.08	16.42	14.28	13.53	11.91	10.85
15	9.90	9.29	9.86	11.46	11.32	12.96	12.35	13.10	11.38	11.17	8.54	8.32
16	6.70	6.36	7.35	7.72	8.81	9.58	9.01	9.72	8.47	7.59	6.10	5.59
17	3.26	2.91	4.64	5.05	5.67	5.60	5.80	5.60	4.18	3.86	3.51	2.87
18	0	1.20	1.99	2.46	2.59	2.25	2.40	2.19	1.62	3.40	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

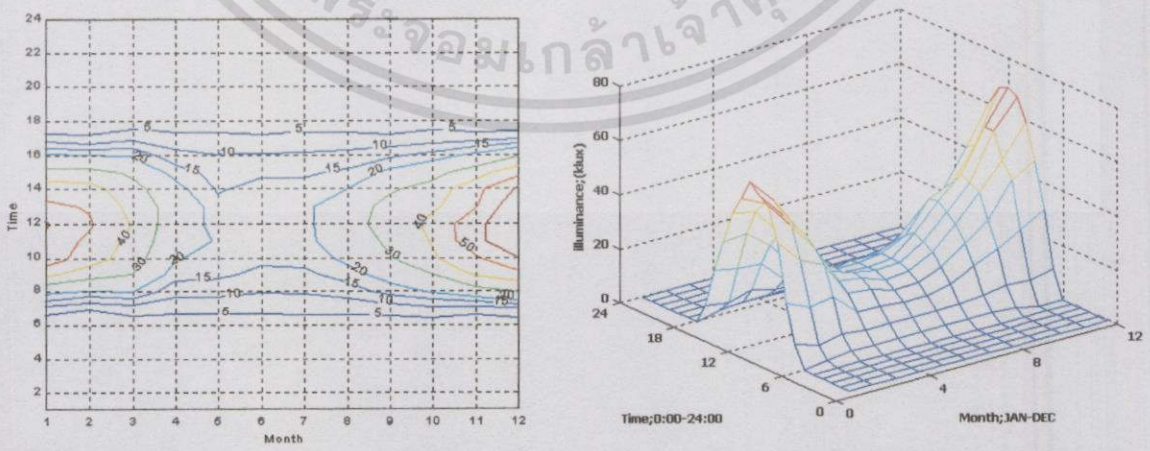


รูปที่ 11 Iso-contour plot of illuminance on vertical plane for east orientation (klux) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 Hourly mean of illuminance on vertical plane for south orientation (klux) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.00	1.20	2.48	2.38	2.43	2.50	2.80	2.47	2.45	2.00	0.00	0.00
7	8.25	5.38	7.37	6.29	6.44	6.22	6.54	6.57	7.31	8.83	8.35	10.31
8	21.89	18.23	19.54	11.56	11.55	10.31	10.43	12.52	16.85	20.80	25.56	30.56
9	42.75	33.84	29.99	17.12	16.21	13.62	13.86	17.14	23.78	29.96	42.23	47.13
10	54.96	44.93	34.46	20.21	18.92	15.95	16.63	21.44	29.44	38.72	48.35	59.69
11	57.22	47.70	37.44	22.27	19.65	17.78	18.42	23.83	32.20	40.66	57.50	67.48
12	60.96	51.56	39.38	24.21	18.06	17.46	18.19	25.51	34.65	42.32	57.19	69.38
13	52.88	49.07	36.82	25.55	17.37	17.78	18.88	23.25	34.00	37.77	48.93	68.01
14	46.25	44.03	33.97	22.47	14.50	16.66	16.76	19.96	28.66	33.54	46.95	60.94
15	33.91	34.79	28.26	17.89	12.66	14.17	14.20	15.91	21.80	26.36	34.73	47.10
16	21.95	20.22	19.91	11.89	10.27	10.55	10.56	11.40	13.83	17.21	21.64	28.21
17	7.44	6.14	8.73	6.51	6.59	5.89	6.76	6.68	6.08	6.67	7.90	9.45
18	0.00	1.60	2.63	2.56	2.73	2.30	2.60	2.49	2.07	3.58	0.00	0.00
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

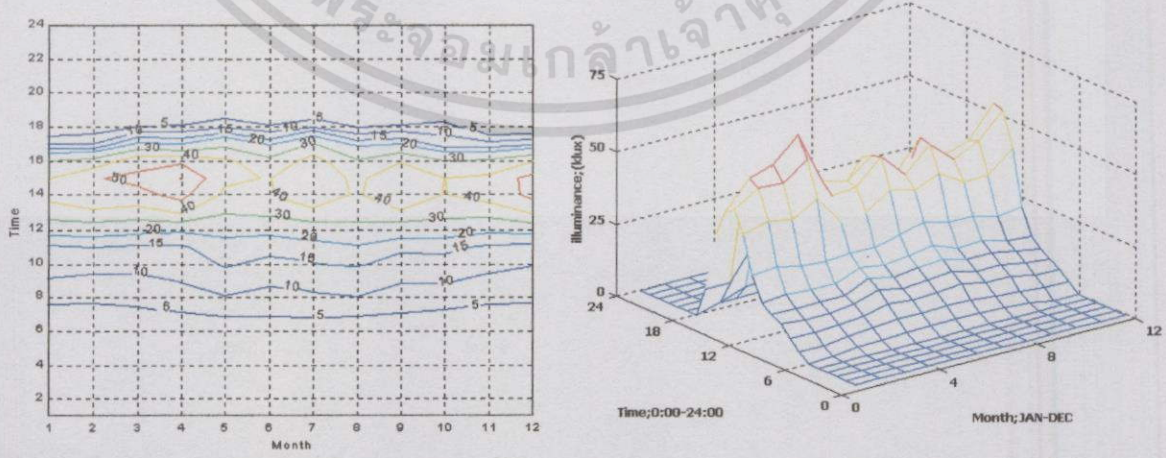


รูปที่ 12 Iso-contour plot of illuminance on vertical plane for south orientation (klux) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 Hourly mean of illuminance on vertical plane for west orientation (klux) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0.60	1.79	1.96	2.16	2.25	2.57	2.18	1.99	1.56	0	0
7	3.09	2.75	3.77	4.65	5.46	5.31	5.72	5.49	4.73	3.99	3.18	3.01
8	6.32	6.14	6.54	7.40	9.44	8.35	9.01	9.75	7.91	7.84	6.17	5.90
9	9.61	8.82	8.86	10.26	12.76	10.90	11.69	12.43	10.37	10.56	8.82	8.08
10	11.73	11.51	11.43	11.68	15.44	13.71	14.72	15.33	13.24	13.44	11.69	10.17
11	14.08	14.88	14.39	14.21	17.70	16.54	17.53	19.01	15.94	16.11	14.11	13.27
12	22.49	23.02	21.32	20.57	21.62	21.44	23.37	25.64	23.25	23.24	20.90	21.88
13	35.03	37.71	35.71	40.85	30.76	31.79	37.24	35.01	38.52	33.24	33.26	40.66
14	42.31	47.33	47.01	52.83	38.28	39.05	47.41	38.85	47.30	39.74	44.15	52.25
15	39.41	49.14	52.18	60.24	41.70	39.61	46.10	37.96	48.04	39.95	42.83	53.61
16	30.36	34.10	46.84	48.18	42.80	32.89	44.50	31.59	39.00	30.23	31.74	39.74
17	10.68	10.49	22.48	21.31	27.73	19.96	31.72	18.76	20.81	12.77	12.41	14.54
18	0	2.33	5.28	5.85	10.10	5.88	9.80	5.11	5.69	7.64	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

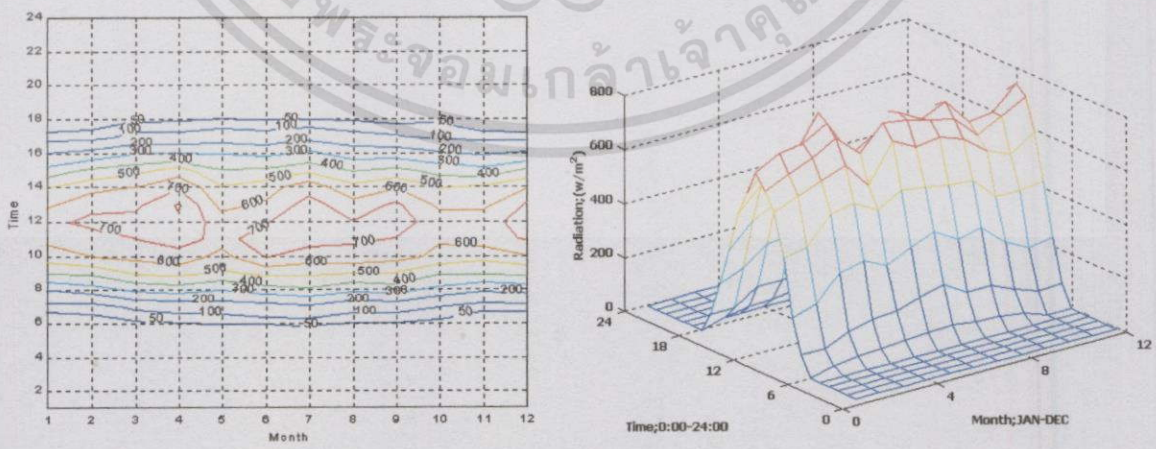


รูปที่ 13 Iso-contour plot of illuminance on vertical plane for west orientation (klux) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 Hourly mean of global radiation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.0	24.2	36.0	41.7	48.7	52.0	57.8	45.2	42.2	30.8	0.0	0.0
7	73.0	73.6	113.1	134.8	144.2	169.3	190.3	140.2	140.3	104.4	74.3	76.9
8	196.1	225.6	316.4	336.9	299.1	342.0	373.3	321.1	342.1	264.9	221.4	235.6
9	405.8	419.0	518.5	533.8	485.7	536.7	524.5	509.0	501.2	418.7	417.7	427.5
10	558.6	596.0	627.3	662.1	563.1	703.6	657.2	668.7	640.7	573.6	535.8	594.6
11	620.0	659.6	698.3	743.8	666.7	753.0	739.7	719.6	696.4	614.6	660.7	710.7
12	675.8	723.9	734.3	785.7	647.4	695.5	755.8	705.9	747.9	649.3	659.9	742.7
13	583.3	676.1	676.5	809.1	564.7	619.0	741.0	636.8	720.2	577.9	568.9	707.4
14	494.3	575.7	602.2	693.3	511.8	557.0	663.7	525.7	593.6	494.6	511.2	593.0
15	342.4	428.1	470.5	547.9	409.3	424.4	478.4	392.5	429.4	362.2	338.0	414.3
16	203.5	239.0	302.8	307.6	298.8	275.3	325.4	259.8	260.5	211.5	188.4	218.2
17	75.3	73.4	128.7	126.9	152.0	137.3	171.3	129.3	106.7	80.5	72.0	69.6
18	0.0	23.7	39.5	44.4	53.8	48.1	50.7	43.3	31.7	41.9	0.0	0.0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

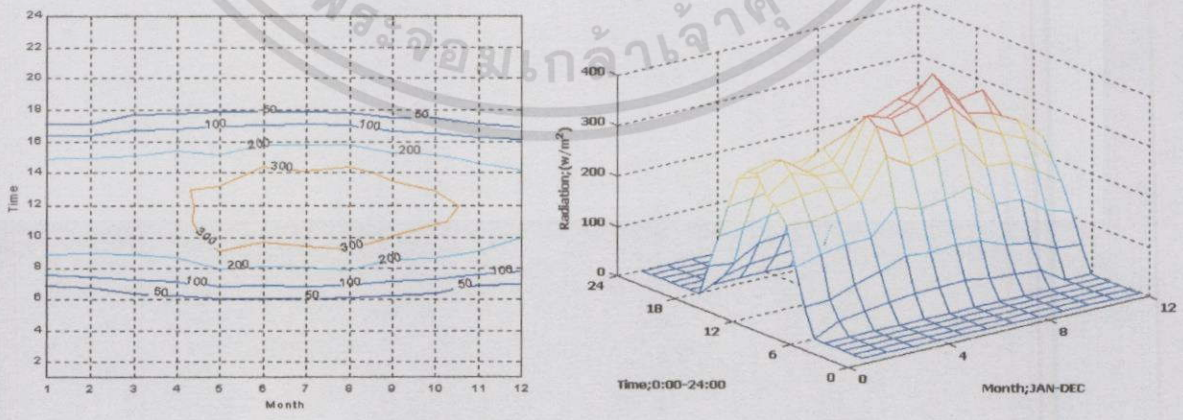


รูปที่ 14 Iso-contour plot of global radiation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 Hourly mean of diffuse radiation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.0	23.6	31.7	37.3	43.7	45.2	47.7	39.4	35.3	30.5	0.0	0.0
7	57.4	59.8	78.2	92.3	112.1	107.0	112.5	107.6	88.7	79.7	57.7	52.6
8	127.8	142.8	150.4	153.2	201.3	188.2	194.3	207.4	161.9	159.4	125.5	111.3
9	206.4	200.8	207.9	219.2	295.1	265.8	273.9	287.8	228.1	223.9	196.4	163.7
10	235.7	245.2	248.3	237.7	346.4	315.2	331.0	351.3	298.0	273.4	251.2	200.1
11	246.9	280.8	264.3	262.5	361.1	342.8	357.3	384.8	319.9	307.6	280.7	237.5
12	285.3	299.7	265.0	276.5	334.8	332.9	355.6	400.5	338.6	346.0	264.3	243.2
13	281.4	293.0	261.4	294.1	312.0	334.1	355.3	371.6	322.5	297.5	255.8	233.4
14	259.0	252.0	261.2	270.2	250.0	323.7	308.3	327.1	280.9	255.1	238.5	210.1
15	197.6	203.4	208.9	242.0	210.7	264.2	258.8	257.5	226.7	215.9	180.4	169.7
16	131.7	136.0	147.5	154.5	165.4	190.5	187.0	186.4	155.2	149.2	117.9	111.7
17	62.9	56.5	86.1	89.1	103.3	106.9	112.6	108.0	77.6	67.4	63.3	50.1
18	0.0	22.8	35.9	40.2	45.9	45.5	43.3	41.9	29.8	39.1	0.0	0.0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

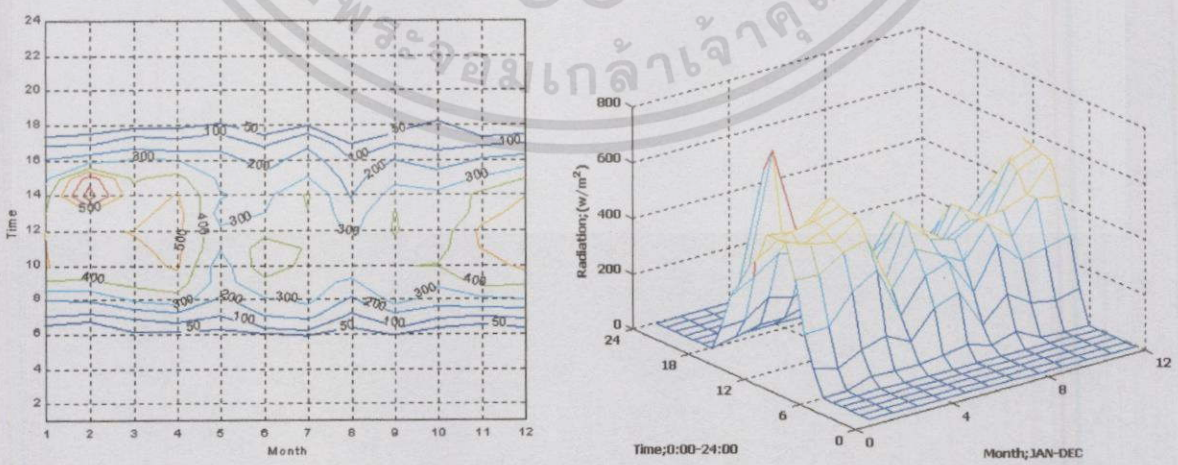


รูปที่ 15 Iso-contour plot of diffuse radiation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 Hourly mean of beam radiation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1.5	32.8	28.1	27.0	36.6	52.8	25.3	52.0	5.2	0	0
7	93.5	67.7	111.9	139.4	94.8	190.5	222.6	81.8	171.0	113.3	96.8	117.9
8	199.5	205.2	306.1	362.5	175.4	289.9	322.3	183.8	339.5	253.0	278.3	294.1
9	384.0	378.7	435.9	455.6	254.3	374.0	332.0	283.8	394.7	322.1	437.0	420.9
10	502.9	475.7	455.9	512.1	239.8	457.6	370.5	346.9	397.1	403.1	436.4	532.4
11	501.9	451.3	486.6	521.3	313.4	437.2	393.9	328.9	377.6	366.0	506.2	543.6
12	500.2	485.2	503.3	533.2	312.7	372.9	393.9	279.3	407.3	343.0	524.3	555.4
13	400.7	458.5	463.1	549.0	261.6	301.2	396.6	238.9	404.4	331.4	427.7	567.6
14	357.7	749.8	424.4	505.4	307.5	267.7	411.1	194.0	342.1	323.8	424.0	498.5
15	276.7	662.1	390.9	437.1	282.0	224.6	305.5	161.6	277.4	247.4	309.8	396.9
16	216.4	263.7	324.5	306.3	258.1	155.9	258.0	102.8	204.2	148.6	212.0	251.9
17	87.9	93.8	148.9	125.4	155.5	87.3	173.0	48.5	95.3	66.1	78.5	100.4
18	0	16.5	36.9	38.3	59.7	14.0	45.5	4.1	20.5	68.0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

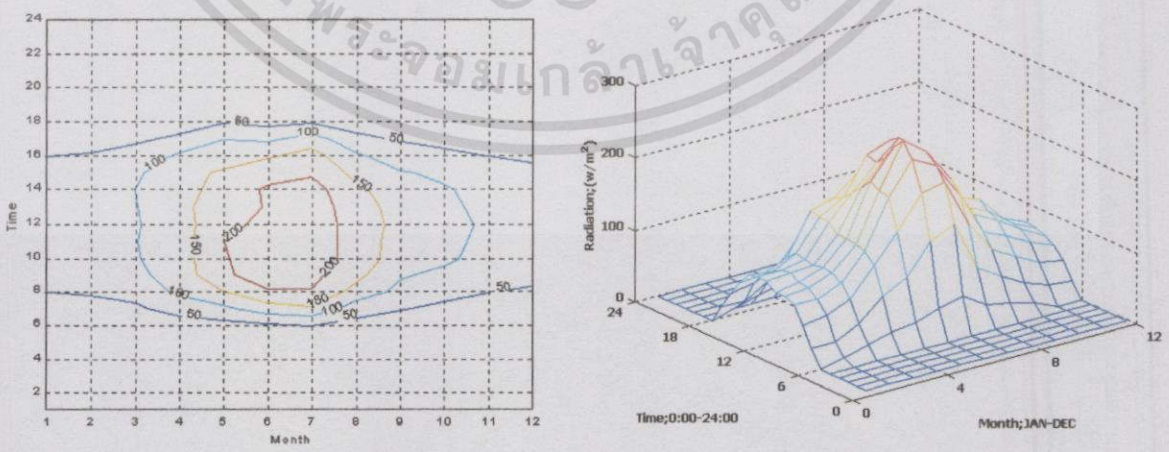


รูปที่ 16 Iso-contour plot of beam radiation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 Hourly mean of radiation on vertical plane for north orientation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	7.0	17.4	26.4	30.7	41.0	49.2	29.4	22.7	14.2	0	0
7	23.5	24.9	40.3	70.9	88.2	129.7	144.1	74.5	54.5	36.3	25.0	21.9
8	49.4	55.8	70.1	108.1	146.2	190.1	196.8	129.9	86.7	68.1	50.9	44.3
9	73.2	72.3	86.3	123.0	188.3	230.8	214.3	165.7	105.4	90.4	72.6	60.0
10	80.1	82.6	95.4	126.3	191.4	251.2	226.2	181.7	123.4	106.6	86.2	67.6
11	79.3	85.5	97.2	128.2	199.3	236.2	226.4	180.6	127.3	113.9	87.9	72.0
12	89.0	91.9	94.3	128.4	183.7	216.0	227.4	179.7	134.0	124.1	88.5	74.2
13	89.9	91.1	96.7	138.9	171.6	204.4	229.1	170.6	133.2	114.3	84.8	72.0
14	87.3	82.2	99.5	140.3	159.1	208.2	221.3	161.1	123.8	104.7	82.7	67.6
15	69.9	74.1	87.7	144.2	152.4	180.0	192.2	135.2	104.0	92.3	65.8	60.5
16	49.9	55.2	69.4	107.8	141.6	143.5	169.9	107.2	80.3	64.2	49.2	43.8
17	24.5	24.4	43.1	60.8	100.2	91.4	123.2	67.6	44.4	31.3	27.5	21.1
18	0	9.1	18.6	26.6	47.1	32.3	45.3	23.2	15.6	22.5	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

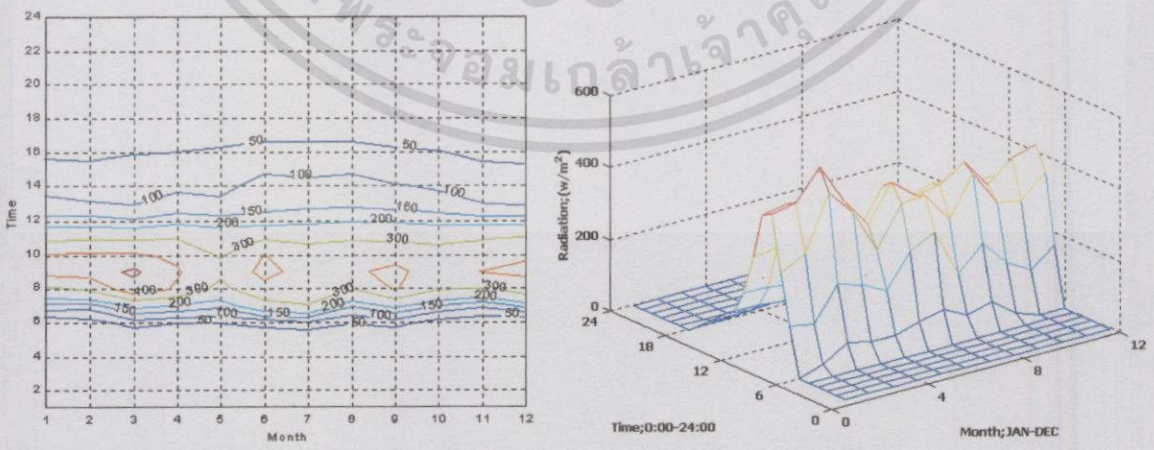


รูปที่ 17 Iso-contour plot of radiation on vertical plane for north orientation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 Hourly mean of radiation on vertical plane for east orientation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	22.4	67.0	51.3	50.6	69.7	87.2	54.0	71.4	23.6	0	0
7	135.7	122.5	215.7	196.8	164.3	257.9	291.9	157.9	224.3	153.2	116.5	167.6
8	271.6	309.5	458.8	386.8	267.2	375.1	382.0	297.6	407.4	308.0	295.5	357.4
9	424.8	436.7	520.2	410.5	326.7	424.0	368.8	380.7	426.8	347.2	402.9	421.7
10	410.7	422.6	418.1	382.1	294.2	402.9	344.1	371.3	366.9	348.2	345.0	387.0
11	282.1	291.9	288.3	295.8	264.0	293.9	278.3	287.9	283.4	263.2	292.9	310.7
12	171.8	170.4	158.2	183.8	169.4	172.6	189.1	198.5	194.3	183.5	170.5	171.8
13	109.9	106.2	99.4	114.6	112.4	128.3	136.9	137.7	128.7	114.6	100.9	92.8
14	92.2	79.4	86.0	95.5	87.8	116.6	111.6	118.6	103.6	96.0	84.1	75.2
15	66.1	60.7	66.3	78.8	75.9	94.4	90.6	94.0	81.7	78.0	59.5	57.5
16	44.1	41.1	48.9	50.4	57.6	69.0	65.3	69.3	59.7	52.2	41.8	38.3
17	21.1	18.2	31.2	31.6	34.8	39.9	41.1	39.7	28.7	25.7	24.2	19.4
18	0	8.2	13.2	14.3	13.7	15.9	16.8	15.5	10.9	22.8	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

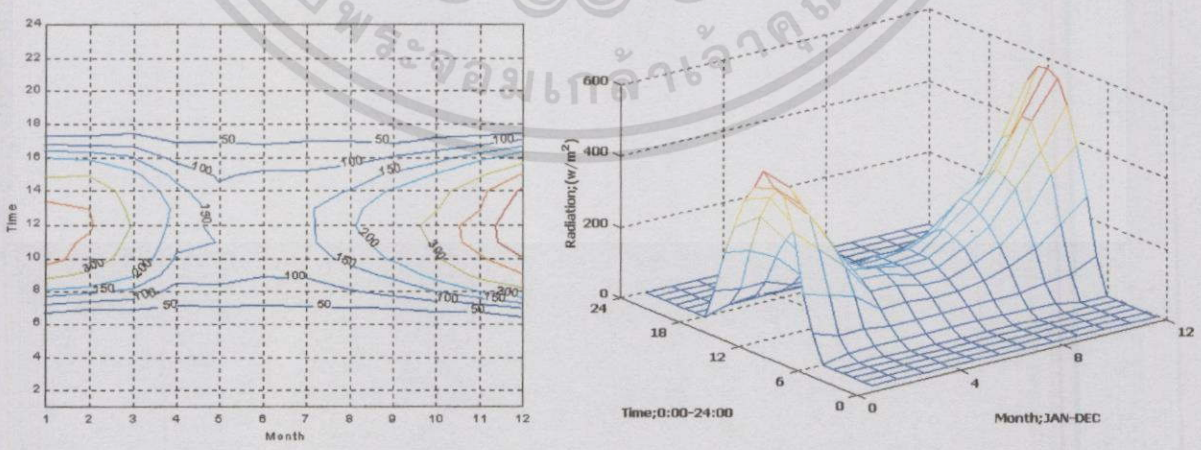


รูปที่ 18 Iso-contour plot of radiation on vertical plane for east orientation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 Hourly mean of radiation on vertical plane for south orientation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	15.8	19.3	17.7	18.5	19.1	20.8	18.7	17.9	15.8	0	0
7	76.9	55.2	55.9	45.5	47.3	46.6	48.4	49.2	51.4	62.9	69.6	104.7
8	177.8	157.7	136.0	81.5	85.0	77.5	78.3	93.7	114.6	147.8	200.1	258.9
9	339.4	274.4	209.7	120.9	120.5	103.2	104.3	129.1	162.2	220.8	329.6	390.9
10	431.7	359.5	249.3	145.4	142.8	120.9	125.6	162.1	205.4	293.8	380.5	491.9
11	445.2	381.9	276.8	160.5	148.9	135.7	140.0	180.1	229.2	313.1	455.0	555.7
12	479.2	415.1	294.7	174.8	137.1	133.0	138.2	192.1	250.9	328.5	456.3	573.7
13	420.1	398.9	279.8	187.7	131.6	136.2	144.3	177.4	247.8	292.9	393.1	566.2
14	376.7	363.6	260.5	168.0	108.9	127.6	128.0	153.1	208.9	260.4	374.9	514.7
15	287.6	299.6	218.0	135.8	94.8	108.3	108.2	122.1	161.2	204.4	284.4	407.1
16	203.3	193.1	156.2	88.5	76.9	80.8	80.3	86.6	104.7	135.0	184.9	260.0
17	85.3	71.7	76.3	49.1	49.4	45.3	51.0	51.0	46.9	56.0	78.3	110.5
18	0	18.8	24.3	20.3	21.7	18.6	20.4	19.9	16.4	32.2	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

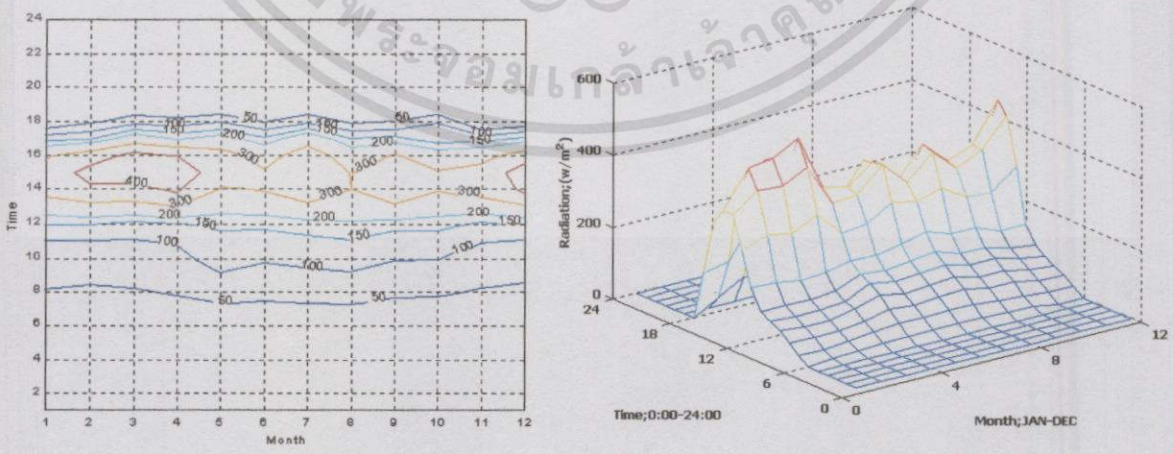


รูปที่ 19 Iso-contour plot of radiation on vertical plane for south orientation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

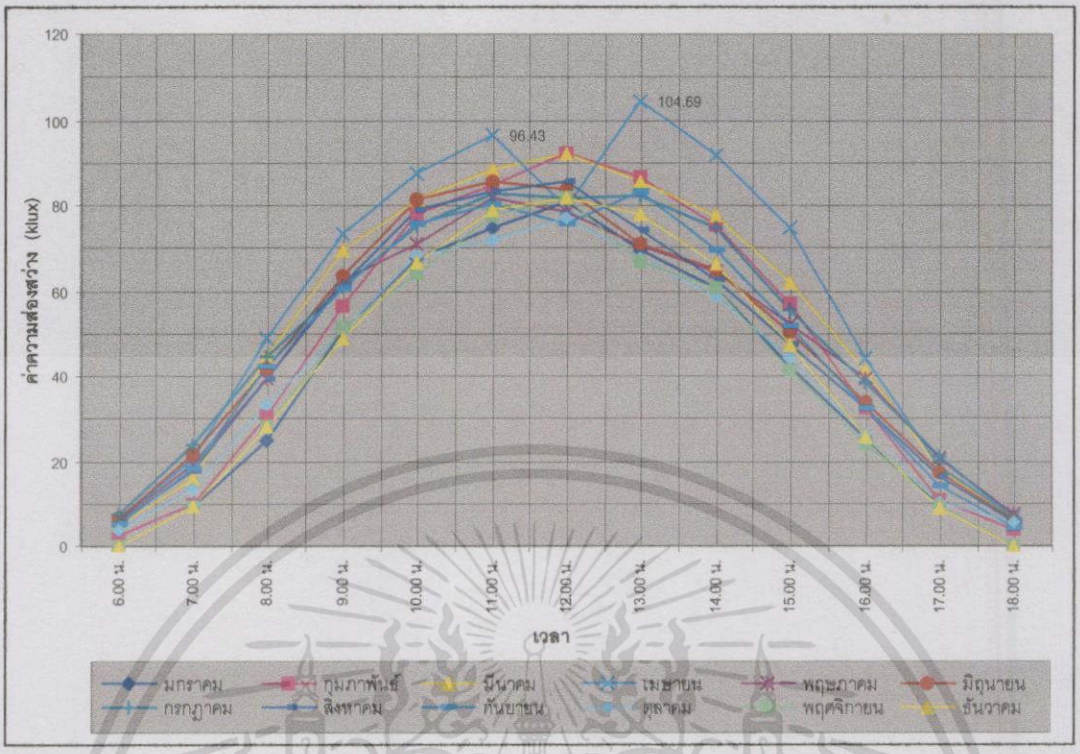
ตารางที่ 14 Hourly mean of radiation on vertical plane for west orientation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

Solar time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	6.9	11.9	14.2	16.6	16.5	18.7	16.2	14.0	11.7	0	0
7	21.5	19.7	26.2	33.8	40.8	39.2	42.0	40.9	33.8	28.9	22.1	20.6
8	45.1	43.3	45.0	53.4	70.7	62.6	67.8	73.4	58.2	57.6	44.2	41.6
9	68.2	60.5	61.6	75.5	96.9	83.4	89.1	94.9	78.3	79.1	64.0	57.6
10	82.2	77.1	79.3	86.1	117.9	105.5	112.9	118.0	101.7	100.6	85.1	71.4
11	98.1	99.1	96.4	103.8	133.9	126.8	133.8	144.3	120.6	119.2	101.6	93.2
12	151.6	149.6	138.0	143.9	157.8	157.8	172.3	188.0	166.5	164.2	138.8	139.9
13	247.1	271.5	256.4	292.5	224.8	233.1	272.3	258.4	279.4	237.8	232.0	285.3
14	332.5	382.5	377.4	411.8	295.4	301.7	367.9	299.9	367.4	305.3	339.2	415.0
15	332.9	432.7	442.1	481.5	327.3	311.2	362.9	296.8	377.5	313.4	339.4	447.9
16	289.9	352.1	425.2	397.1	339.2	260.7	354.8	249.2	309.8	244.5	265.8	358.4
17	136.7	150.9	250.0	198.5	230.5	163.5	261.7	155.3	172.9	120.4	128.9	175.0
18	0	40.6	81.0	70.5	98.0	51.2	91.4	44.5	54.3	98.4	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

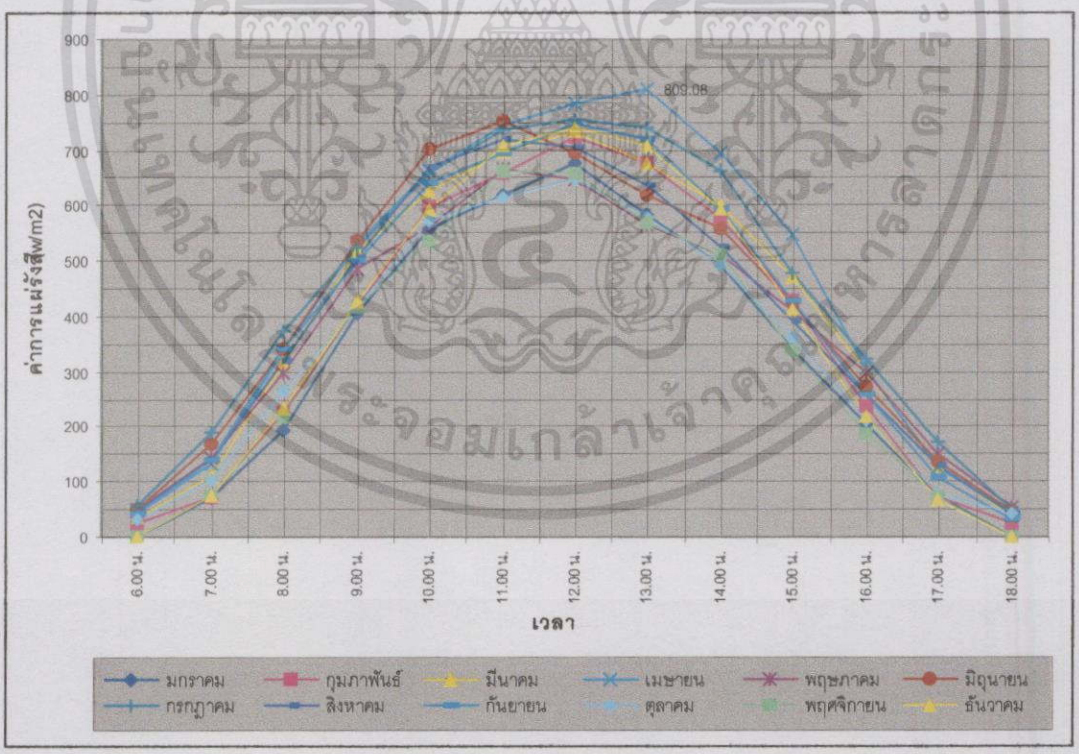


รูปที่ 20 Iso-contour plot of radiation on vertical plane for west orientation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21 กราฟ Hourly mean of global illuminance (klux) by calendar month (Solar time)



รูปที่ 22 กราฟ Hourly mean of global radiation (w/m^2) by calendar month (Solar time)

จะเห็นได้ว่าค่าการแผ่รังสีมีความผันแปรน้อยกว่าค่าความส่องสว่าง แต่ลักษณะโค้งกราฟมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าความส่องสว่าง 1 กิโลลักซ์ มีค่าประมาณ 8.03 วัตต์/ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 ค่าการแผ่รังสีรวมเฉลี่ยรายชั่วโมงใน 1 ปี เมื่อค่าความส่องสว่างเป็น 1 กิโลลักซ์ (วัตต์/ตารางเมตร)

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
6.00 น.	0	11.000	6.852	6.902	7.975	8.144	7.899	7.918	7.827	8.682	0	0
7.00 น.	7.818	7.527	6.974	6.581	7.403	7.827	7.942	7.908	7.689	7.762	7.791	7.990
8.00 น.	7.909	7.395	7.099	6.885	7.532	8.184	8.328	8.132	8.114	7.966	7.823	8.275
9.00 น.	8.014	7.417	7.428	7.266	7.752	8.427	8.592	8.266	8.264	8.217	8.168	8.705
10.00 น.	8.235	7.644	7.709	7.544	7.937	8.643	8.754	8.472	8.475	8.412	8.359	8.895
11.00 น.	8.291	7.781	7.879	7.714	8.130	8.801	8.932	8.616	8.634	8.513	8.508	9.012
12.00 น.	8.342	7.862	7.945	9.898	8.244	8.315	9.249	8.224	9.884	8.422	8.081	9.095
13.00 น.	8.397	7.814	7.905	7.728	8.020	8.726	8.995	8.564	8.664	8.529	8.521	9.067
14.00 น.	8.151	7.666	7.762	7.551	7.943	8.601	8.879	8.412	8.508	8.408	8.425	8.944
15.00 น.	8.062	7.501	7.552	7.303	7.803	8.422	8.632	8.237	8.261	8.191	8.174	8.737
16.00 น.	8.009	7.368	7.315	6.951	7.544	8.134	8.385	8.044	8.007	7.980	7.920	8.455
17.00 น.	7.819	6.831	6.996	6.693	7.372	7.920	8.025	7.829	7.587	7.709	7.532	7.950
18.00 น.	0	6.397	6.598	6.589	7.289	8.007	7.682	7.781	7.283	7.175	0	0
Average	**8.095**	**7.708**	**7.386**	**7.354**	**7.765**	**8.319**	**8.484**	**8.185**	**8.246**	**8.151**	**8.118**	**8.648**
Total Avg = 8.028												

ตารางที่ 16 ค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพฯ (1999-2000)

Illumination level (lux)	Frequency (hours)	Relative Frequency
5,000	320	0.0179
10,000	525	0.0294
15,000	756	0.0423
20,000	867	0.0485
25,000	932	0.0521
30,000	1,860	0.1041
35,000	1,728	0.0967
40,000	1,601	0.0896
45,000	1,472	0.0824
50,000	1,353	0.0757
55,000	1,230	0.0688
60,000	1,103	0.0617
65,000	964	0.0539
70,000	828	0.0463
75,000	691	0.0387
80,000	546	0.0305
85,000	424	0.0237
90,000	302	0.0169
95,000	185	0.0103
100,000	108	0.0060
105,000	50	0.0028
110,000	10	0.0005

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 มาตรฐานความสบายทางด้านแสงสว่าง

มาตรฐานความสบายทางด้านแสงสว่าง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ มาตรฐานเป็นเปอร์เซ็นต์ ใช้สำหรับพิจารณาร่วมกับวิธี Daylight Factor method และมาตรฐานเป็นค่าความส่องสว่าง (ลักซ์) ใช้สำหรับพิจารณาร่วมกับวิธี Lumen method โดยตารางค่า DF ได้เสนอไว้ในบทที่แล้วทั้งหมด ส่วนค่า DF ที่ใช้ภายในบ้านพักอาศัยมีดังนี้

ตารางที่ 17 แสดง ค่า daylight factor น้อยที่สุดที่ควรจะใช้โดยปกติ ในอาคารพักอาศัยสำหรับห้องที่ให้แสงสว่างทางด้านข้าง (side lighting) เท่านั้น

ประเภทของอาคาร	ทำเลที่ตั้ง	Daylight factor(%)
ที่อยู่อาศัย	ห้องนั่งเล่น (มากกว่า ½ ของความลึกของห้อง สำหรับพื้นที่น้อยสุด 8 $ม^2$)	1
	ห้องนอน (มากกว่า ¼ ของความลึกของห้อง สำหรับพื้นที่น้อยสุด 6 $ม^2$)	0.5
	ห้องครัว (มากกว่า ½ ของความลึกของห้อง สำหรับพื้นที่น้อยสุด 5 $ม^2$)	2

หมายเหตุ : ในการวิจัยนี้จะใช้ค่า DF ตามตารางนี้ในการพิจารณาเนื่องจากไม่มีค่า DF สำหรับ toplight

ตารางที่ 18 ค่าความส่องสว่างในอาคารพักอาศัยตามมาตรฐาน IES (ลักซ์)

บริเวณต่างๆในอาคารพักอาศัย	ระดับความส่องสว่าง (ลักซ์)
1. แสงสว่างทั่วๆไป	
- สนทนา พักผ่อน สันทนาการ	50 – 75 – 100
- พื้นที่เดินผ่าน (passage areas)	50 – 75 – 100
2. แสงสว่างเฉพาะ [1]	
- ทานอาหาร	100 – 150 – 200
- ส่วนแต่งตัว	
• แต่งหน้าและโกนหนวด	200 – 300 – 500
• กระจกเต็มตัว	200 – 300 – 500
- งานฝีมือและงานอดิเรก	
• ม้านั่งทำงาน	
* งานธรรมดา	200 – 300 - 500
* งานยาก	500 – 750 – 1000
* งานวิกฤติ	1000 – 1500 – 2000
• วาดรูปบนขาตั้ง	500 – 750 – 1000

[1] แสงสว่างทั่วไปไม่ควรน้อยกว่า 1/3 ของแสงสว่างเฉพาะ หรือไม่น้อยกว่า 200 ลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 (ต่อ)

บริเวณต่างๆในอาคารพักอาศัย	ระดับความส่องสว่าง (ลักซ์)
- งานครัว	
• เคาน์เตอร์ครัว	
* งานธรรมดา	200 – 300 - 500
* มองเห็นยาก	500 – 750 – 1000
• เตา	
* งานธรรมดา	200 – 300 - 500
* มองเห็นยาก	500 – 750 – 1000
• อ่างล้างจาน	
* งานธรรมดา	200 – 300 - 500
* มองเห็นยาก	500 – 750 – 1000
- ซักรีดเสื้อผ้า	
• งานเตรียมและถังเก็บผ้า	200 – 300 – 500
• ซักและทำให้แห้ง	200 – 300 – 500
- อ่านหนังสือ	
• บนเก้าอี้	
* หนังสือ นิตยสาร หนังสือพิมพ์ งานเขียนด้วยมือ และงานเอกสาร	200 – 300 - 500
• บนเตียง	
* ปกติ	200 – 300 - 500
* ใช้ระยะเวลานานหรืองานยาก	500 – 750 – 1000
• บนโต๊ะ	
* ระนาบงานปกติ งานสบายๆ	200 – 300 - 500
* ระนาบงานปกติ การศึกษา	500 – 750 – 1000
- เย็บผ้า	
• เย็บด้วยมือ และ เย็บจักร	
* เส้นใยเบาบาง ค่าความเปรียบต่างสูง	200 – 300 - 500
* เส้นใยบาง หรือ ปานกลาง	500 – 750 – 1000
* เส้นใยเข้ม ค่าความเปรียบต่างต่ำ	1000 – 1500 – 2000
- เรียนดนตรี	
• Simple scores	200 – 300 - 500
• Advanced scores	500 – 750 – 1000
• Substand size scores	1000 – 1500 – 2000
- โต๊ะเกมส์	200 – 300 - 500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าในตารางเป็นค่าความส่องสว่างแบ่งตามประเภทงาน เรียงตามค่า min, mean และ max โดยมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยในห้องต่างๆ เป็นดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยในห้องต่างๆ (ลักซ์)

ห้องภายในบ้านพักอาศัย	ค่าความส่องสว่าง (ลักซ์)
ห้องนอน	50
ห้องน้ำ	100
ห้องรับแขก – พักผ่อน	100
ห้องครัว	300
ห้องอ่านหนังสือ - ห้องทำงาน	500

ที่มา : ไพโรจน์ แสงจันทร์, **สถาปัตยกรรมบ้านพักอาศัย: ตำรา-เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 64**, 2536, 42.

หมายเหตุ : ในการวิจัย ใช้ค่าในตารางที่ 19 เป็นค่ากลางในการพิจารณา เนื่องจากค่าของ IES ไม่มีค่าเฉลี่ยรายห้อง ยกเว้นในห้องรับแขก - พักผ่อน ใช้ค่ากลาง 75 ลักซ์ ในตารางที่ 18 เป็นค่าในการพิจารณา

ส่วนค่าการสะท้อนของพื้นผิวภายในอาคารพักอาศัย IES ได้กำหนดไว้เช่นกัน

ตารางที่ 20 ค่าการสะท้อนสำหรับพื้นผิวภายในของอาคารพักอาศัย

พื้นผิว	ค่าการสะท้อน (เปอร์เซ็นต์)
เพดาน	60 – 90
ม่านและอุปกรณ์ตกแต่ง	45 – 85
ผนัง	35 – 60
พื้น	15 - 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวย่อของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่าง

ADC	Associated Designers of Canada
AHLI	American Home Lighting Institute
ALA	American Lighting Association
ALD	Association of Lighting Designers (British)
ASLD	American Society of Lighting Directors, Inc.
BRH	Bureau of Radiological Health
CIE	Commission Internationale de L'Eclairage
DLF	Designers Lighting Forum
IALD	International Association of Lighting Desighners
IES, IESNA	Illuminating Engineering Society of North American
ILDA	International Laser Display Association
MALE	Mexican Association of Lighting Engineers
PLASA	Professional Lighting and Sound Association (British)
SRES	Specular Reflector Engineering Society
TAP	Technical Assistance Project
TOLD	Training of Lighting Designers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

- ค่าการสะท้อนและการส่องผ่านของวัสดุต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุต่างๆ

วัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์ของการสะท้อนแสง
ปูนปลาสเตอร์สีขาว	0.90 – 0.92
กระจกใส	0.80 – 0.90
สีขาว	0.75 – 0.90
พลาสติกสีบรอนซ์	0.75 – 0.85
อลูมินั่มขัดมัน	0.65 – 0.85
เหล็กกล้าสเตนเลส	0.55 – 0.65
หินขัด	0.35 – 0.65
หินอ่อนสีขาว	0.45
คอนกรีต	0.40

ตารางที่ 2 อัตราการสะท้อนแสงของสีต่างๆ

สี	อัตราการสะท้อนแสง
ขาว	80 – 90%
งาช้าง	70 – 80%
เหลือง	65 – 75%
ครีม	65 – 75%
ชมพูอ่อนอมม่วง	60 – 65%
เหลืองออกน้ำตาล	55 – 65%
ชมพู	40 – 70%
เทา	35 – 50%
ฟ้า	35 – 50%
เขียวอ่อน	25 – 50%
เขียวแก่	15 – 25%
น้ำเงินแก่	10 – 20%
น้ำตาล	8 – 12%
แดง	15 – 25%
แดงเข้ม	7%
ดำ	2 – 5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าการสะท้อนของวัสดุอาคารและพื้นผิวภายนอก

วัสดุ	ค่าการสะท้อน (%)	วัสดุ	ค่าการสะท้อน (%)
แอสฟัลต์ (ปราศจากฝุ่น)	7	หญ้า (สีเขียวเข้ม)	6
หินสีฟ้า	18	กรวด (gravel)	13
อิฐ :		Macadam	18
light buff	48	หินอ่อน (ขาว)	45
dark buff	40	สีทา (ขาว) :	
dark red glazed	30	ใหม่	75
ซีเมนต์	27	เก่า	55
คอนกรีต	55	Slate (ดินหนียวสีเข้ม)	8
ดิน (moist cultivated)	7	หิมะ	
แกรนิต	40	ใหม่	74
Grandite pavement	17	เก่า	64
		พืชพันธุ์ (ปานกลาง)	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ข้อมูลของกระจก

GLASS TYPE	THICKNESS (mm.)	WEIGHT (KG/m²)	WIND PRESSURE RESISTANCE STRENGTH (ALLOWABLE LOAD) (KG)	VISIBLE RAY		SOLAR ENERGY			RELATIVE HEAT GAIN		U-VALUE				SHADING COEFFICIENT
											WINTER		SUMMER		
				REFLECT.	TRANSMIT.	REFLECT.	ABSORPT.	TRANSMIT.	K.CAL/M².HR	BTU/FT².HR	K.CAL/M².HR°C	BTU/FT².HR°F	K.CAL/M².HR°C	BTU/FT².HR°F	
CLEAR FLOAT	2	5	90	7	91	8	4	88	594	219	5.68	1.16	5.02	1.03	1.02
	3	7	180	7	90	8	6	86	585	216	5.64	1.15	5.02	1.03	1.00
	4	10	260	7	89	8	8	84	576	212	5.59	1.14	5.01	1.03	0.99
	5	12	360	7	89	7	11	82	568	209	5.54	1.13	5.01	1.03	0.97
	6	15	440	7	88	7	13	80	559	206	5.50	1.13	5.01	1.03	0.96
	8	20	800	7	87	7	17	76	540	199	5.41	1.11	4.99	1.02	0.92
	10	25	1000	7	85	7	20	73	525	194	5.32	1.09	4.95	1.01	0.90
	12	30	1200	7	84	7	23	70	511	188	5.24	1.07	4.92	1.01	0.87
COOL GRAY FLOAT	5	12	360	5	45	5	46	49	426	157	5.54	1.13	5.37	1.10	0.71
	6	15	440	5	39	5	52	43	399	147	5.50	1.13	5.38	1.10	0.66
	8	20	800	4	29	4	62	34	360	133	5.41	1.11	5.38	1.10	0.59
	10	25	1000	4	22	4	69	27	328	121	5.32	1.09	5.35	1.10	0.53
	12	30	1200	4	15	4	75	21	300	111	5.24	1.07	5.32	1.09	0.48
DARK COOL GRAY	5	-	-	5	20	6	40	54	402	148	5.54	1.13	5.40	1.10	0.66
	6	-	-	4	15	5	34	61	386	142	5.50	1.13	5.40	1.10	0.63
SKY COOL	5	-	-	7	76	6	59	35	470	173	5.54	1.14	5.27	1.08	0.79

ภาคผนวก ค

- การคำนวณช่องแสงด้วยวิธี Lumen method สำหรับ Skylight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณช่องแสงด้วยวิธี Lumen method สำหรับ skylight

การคำนวณนี้ กระทำเพื่อหาขนาดช่องแสงที่เล็กที่สุดที่ควรจะเป็น เมื่อช่องแสงด้านบนเป็น skylight รับแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีความเข้มข้นของแสงมาก

ห้องขนาดที่ต้องการหาคือ พื้นที่ภายในโถงขนาด 4 x 4 เมตร สูง 9.00 เมตร (3 ชั้น) ให้ระดับพื้นชั้นล่าง +0.00 เมตร เป็นระดับ working plane และจากตารางค่าความสว่างตลอดปีในภาคผนวก 5 – 1 วันและเวลาที่มีค่า Global Illuminance สูงที่สุด คือ 13.00 น. ในเดือนเมษายน ซึ่งมีค่า Global Illuminance = 104.69 กิโลลักซ์ (ใช้ค่าที่มากที่สุดเนื่องจาก ต้องการหาขนาดช่องแสงที่เล็กที่สุด) ปริมาณแสงที่ต้องการของห้องรับประทานอาหารในบ้านคือ 150 ลักซ์

สูตร $$E_t = E_h \times \frac{A_t}{A_w} \times K_u \times K_m$$

เมื่อ E_t = การส่องสว่างเฉลี่ยบน work - plane จาก skylights

E_h = การส่องสว่างแนวระนาบบนองค์ประกอบของ skylight ภายนอก

A_t = พื้นที่ทั้งหมดของ skylight elements

A_w = พื้นที่ของ work - plane

K_u = สัมประสิทธิ์ของการใช้ (Utilization coefficient)

K_m = ตัวประกอบความสูญเสียแสง (Light loss factor)

เราจะได้ว่า

1. E_t = 150 ลักซ์
2. E_h = 104.69 กิโลลักซ์
3. A_t = พื้นที่ที่ต้องการหา
4. A_w = $4 \times 4 = 16$ ม^2
5. K_u = สัมประสิทธิ์ของการใช้ (Utilization coefficient) เป็นการชี้ส่วนของ luminous flux ที่ส่องผ่านมายัง working plane หาได้จากตารางที่ 1 โดยต้องหา อัตราส่วนของห้อง (Room ratio, Room index) เสียก่อน จากสูตร

$$\text{Room ratio} = \frac{W \times L}{HC \times (W+L)}$$

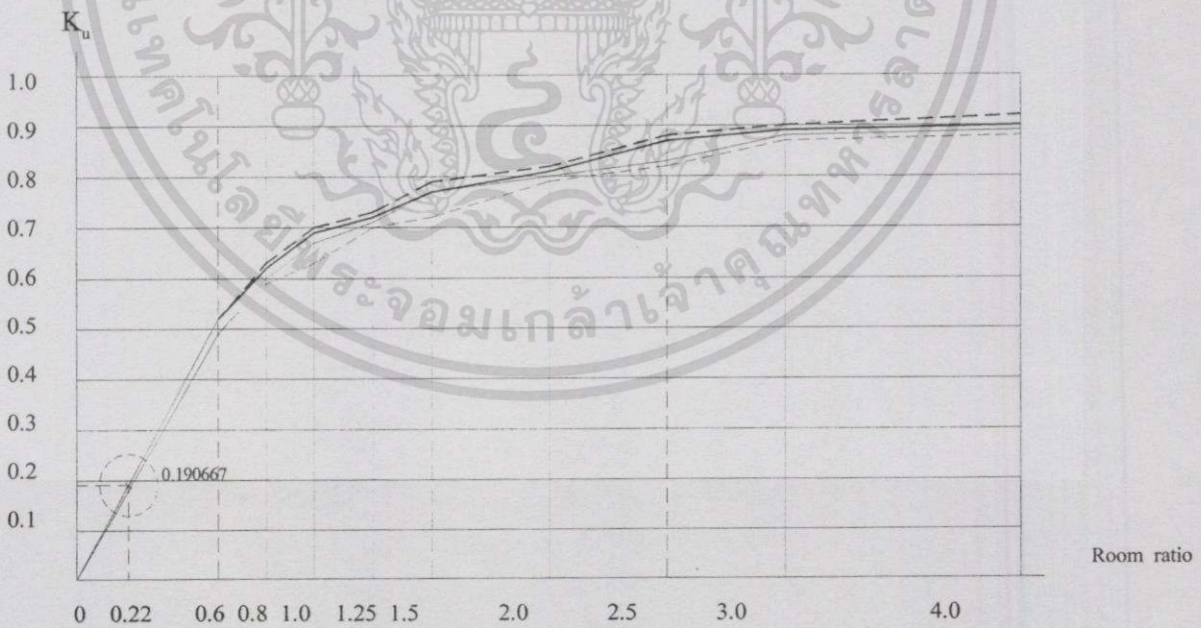
$$= \frac{4 \times 4}{9 \times (4+4)} = \frac{16}{72} = 0.22$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้ของห้อง สำหรับ skylight (การสะท้อนของพื้น = 20%)

อัตราส่วนของห้อง (Room ratio)	Ceiling Reflectance			
	75%		50%	
	Wall Reflectance			
	50%	30%	50%	30%
0.6	0.52	0.49	0.52	0.49
0.8	0.63	0.60	0.62	0.59
1.0	0.70	0.67	0.69	0.63
1.25	0.73	0.71	0.72	0.70
1.5	0.79	0.77	0.77	0.72
2.0	0.82	0.80	0.81	0.79
2.5	0.88	0.83	0.87	0.82
3.0	0.90	0.88	0.89	0.87
4.0	0.92	0.89	0.90	0.88

ถ้าให้ค่า Ceiling Reflectance = 75% และ Wall Reflectance = 50% ซึ่งเป็นค่าการสะท้อนที่มากที่สุดในตาราง (คิดให้ความสว่างมากที่สุด) เราสามารถหาค่า K_u ได้ โดยการ plot กราฟ ดังในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กราฟที่ได้จากการ plot ค่า K_u ในตาราง

หมายเหตุ :
- – – – – Ceiling Reflectance = 75% Wall Reflectance = 50%
- ——— Ceiling Reflectance = 75% Wall Reflectance = 30%
- ——— Ceiling Reflectance = 50% Wall Reflectance = 50%
- ..... Ceiling Reflectance = 50% Wall Reflectance = 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการ plot กราฟ จะเห็นได้ว่า ค่า K_u จะมีค่าประมาณ 0.190667 ซึ่งได้จากการตัดกราฟที่ลอง plot เป็นเส้นตรง จากนั้นให้คูณด้วยค่าการส่องผ่าน ซึ่งค่าการส่องผ่านมี 2 อย่างที่ต้องพิจารณา คือ

- การส่องผ่านโดยตรง (direct transmittance : T_D) ซึ่งแปรผันกับมุมตกกระทบที่ผ่านเข้ามา
- การส่องผ่านแบบกระจาย (diffuse transmittance : T_d) ใช้กับ uniform sky และ overcast sky luminance และไม่ผันแปรกับมุมตกกระทบ

ในกรณีที่ไม่สามารถแยกหาค่าทั้งสองได้ ให้ใช้ค่าการส่องผ่านของกระจก (จากคู่มือกระจก หรือ IES Handbook) ในที่นี้ใช้กระจกแบนใส ซึ่งมีค่าการส่องผ่าน = 0.9 คูณ จะได้ค่า $K_u = 0.9 \times 0.190667 = 0.1716003$

6. K_m = ตัวประกอบความสูญเสียแสง (Light loss factor) เกิดจากความสกปรกบนพื้นผิวห้อง หาได้จาก

ตารางที่ 2 ตัวประกอบความสูญเสียแสง (Light loss factor)

ทำเล	ตัวประกอบความสูญเสียแสงในตำแหน่งที่เป็นกระจก		
	แนวตั้ง	แนวเอียง	แนวระนาบ
พื้นที่สะอาด (Clean areas)	0.9	0.8	0.7
พื้นที่อุตสาหกรรม (Industrial areas)	0.8	0.7	0.6
พื้นที่สกปรกมาก (Very dirty areas)	0.7	0.6	0.5

(IES Handbook, Reference volume, 1981)

ในที่นี้ใช้ค่า 0.7 ของกระจกในแนวระนาบ ในพื้นที่สะอาด เพื่อให้ได้ช่องแสง skylight ได้ค่าความสว่างมากที่สุด จะได้

$$150 = 10469 \times \frac{A_t}{16} \times 0.7$$

$$150 = \frac{7328.3}{16} \times A_t$$

$$A_t = \frac{150 \times 16}{7328.3} = 0.327 \text{ ม}^2$$

ดังนั้น ช่องแสง skylight ควรมีขนาดเล็กที่สุด 0.254 เมื่อต้องการแสงขนาด 150 ลักซ์ และมีเงื่อนไขตามที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ต้องการใช้โถงในส่วนอื่นๆของบ้าน จะต้องเปลี่ยนค่าความต้องการของแสงใช้งานเป็น

- ห้องนั่งเล่น 50 ลักซ์
- บันได 100 ลักซ์
- ห้องครัว ห้องทำงาน 300 ลักซ์ จะได้

ห้องนั่งเล่น $A_t = \frac{50 \times 16}{7328.3} = 0.109$ ม^2

บันได $A_t = \frac{100 \times 16}{7328.3} = 0.218$ ม^2

ห้องครัว ห้องทำงาน $A_t = \frac{300 \times 16}{7328.3} = 0.655$ ม^2

ดังนั้น ในวันที่สว่างที่สุดในรอบปี ทาวน์เฮาส์ที่มีโถงขนาด 4 x 4 เมตร สูง 3 ชั้น (9 เมตร) ควรมีช่องแสงแนวระนาบขนาด 0.327 – 0.655 ตารางเมตร

แต่ถ้าเป็นวันที่มีแสงสว่างน้อยที่สุดในรอบปี จะทำให้อาคารมืดเกินไป เราจึงควรคิดค่าในวันที่สว่างน้อยที่สุดด้วย คือ เดือนกุมภาพันธ์ ในเวลา 6.00 น. มีค่า 2.20 กิโลลักซ์ จะได้

$$150 = 220 \times \frac{A_t}{16} \times 0.7$$

$$150 = \frac{154}{16} \times A_t$$

ส่วนทั่วไป $A_t = \frac{150 \times 16}{154} = 15.584$ ม^2

ห้องนั่งเล่น $A_t = \frac{50 \times 16}{154} = 5.195$ ม^2

บันได $A_t = \frac{100 \times 16}{154} = 10.39$ ม^2

ห้องครัว ห้องทำงาน $A_t = \frac{300 \times 16}{154} = 31.169$ ม^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในวันที่มืดที่สุดในรอบปี ทาวน์เฮาส์ที่มีโถงขนาด 4 x 4 เมตร สูง 3 ชั้น (9 เมตร) ควรมีช่องแสงแนวระนาบขนาด 5.195 – 31.169 ตารางเมตร ซึ่งในความเป็นจริง ช่องแสงขนาด 30 ตารางเมตรคงไม่เหมาะสมเพราะมีขนาดใหญ่เกินไป ในช่วงเวลาที่มีแสงสว่างมากอาจทำให้เกิดแสงจ้า และร้อนเกินไป ซึ่งเวลาที่คิดก็เป็นเวลา 6.00 น. ในตอนเช้า ซึ่งอาจยังไม่ต้องการแสงมาก

ถ้าพิจารณาในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. จะเห็นได้ว่า ช่วงที่มีค่าความสว่างต่ำที่สุด คือ เวลา 17.00 น. ของเดือนพฤศจิกายน มีค่า 9.56 กิโลลักซ์ หากคำนวณจากค่านี้ จะได้ว่า

$$150 = 956 \times \frac{A_t}{16} \times 0.7$$

$$150 = \frac{669.2}{16} \times A_t$$

ส่วนทั่วไป $A_t = \frac{150 \times 16}{669.2} = 3.586$ ม^2

ห้องนั่งเล่น $A_t = \frac{50 \times 16}{669.2} = 1.195$ ม^2

บันได $A_t = \frac{100 \times 16}{669.2} = 2.391$ ม^2

ห้องครัว $A_t = \frac{300 \times 16}{669.2} = 7.173$ ม^2

ห้องทำงาน

ดังนั้น ในวันที่มืดที่สุดในช่วงใช้งาน 8.00 – 17.00 น. ทาวน์เฮาส์ที่มีโถงขนาด 4 x 4 เมตร สูง 3 ชั้น (9 เมตร) ควรมีช่องแสงแนวระนาบขนาด 1.195 – 7.173 ตารางเมตร ในกรณีนี้จะเห็นได้ว่าช่องแสงขนาด 1 x 1 เมตร มีค่าไม่เพียงพอแก่ความต้องการในช่วงที่มีแสงสว่างน้อย

หากต้องการทราบค่าตลอดปีก็สามารถทำการหาต่อได้ด้วยวิธีดังกล่าว

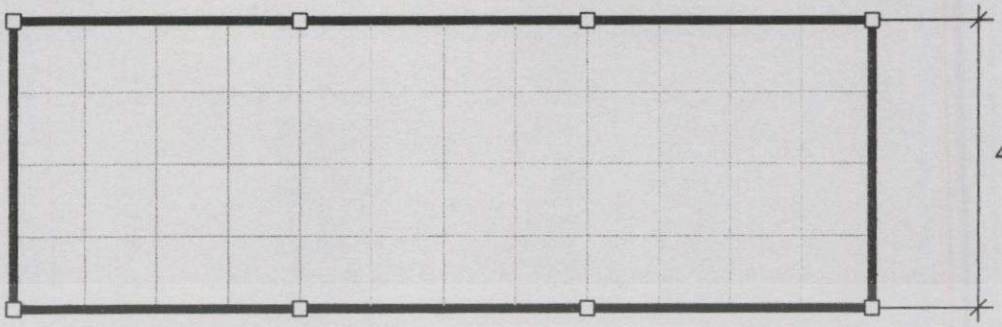
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

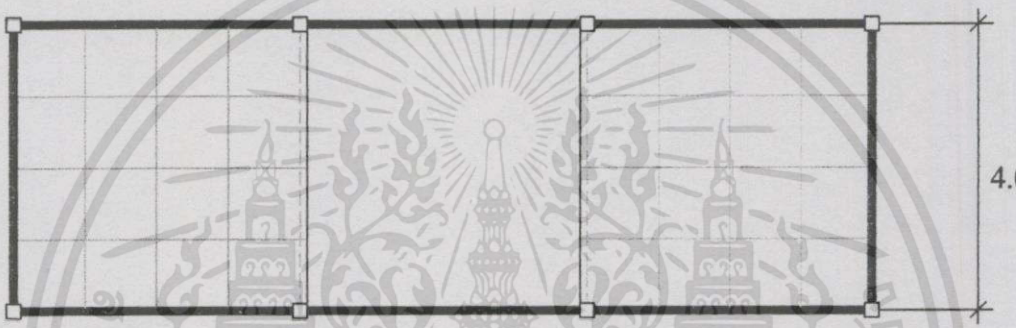
- แบบของหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

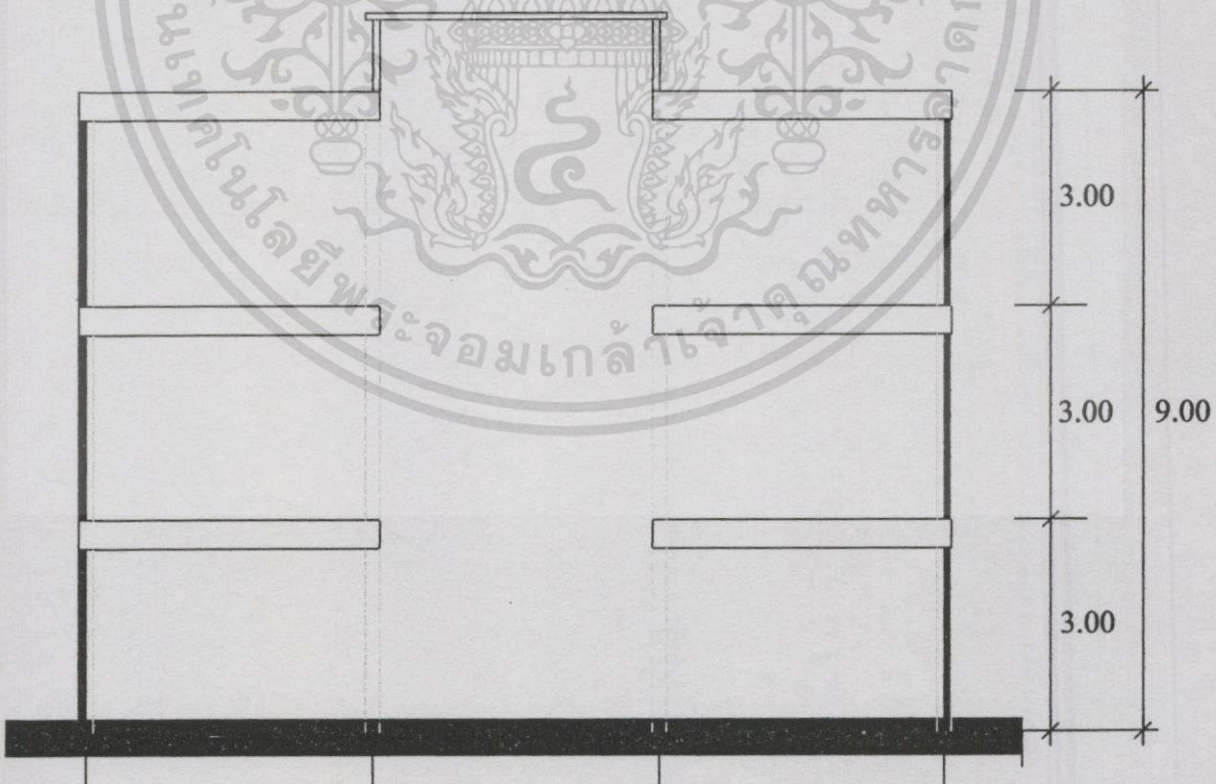
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผังพื้นชั้นที่ 1

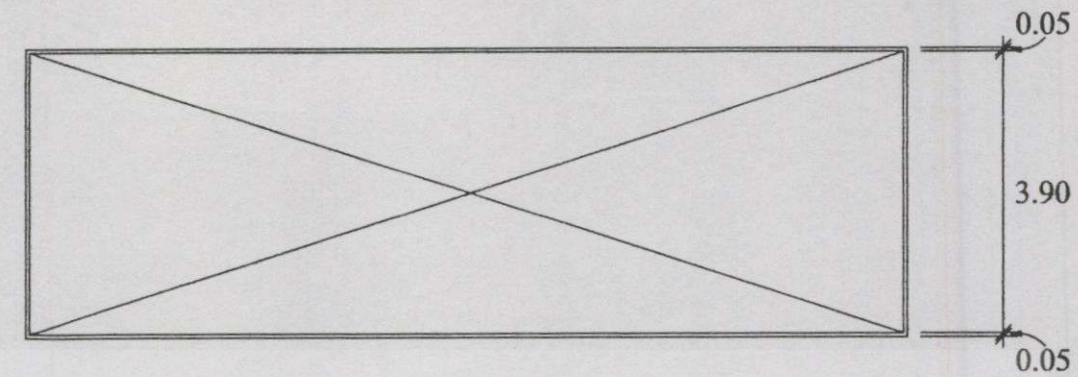


ผังพื้นชั้นที่ 2 และ 3

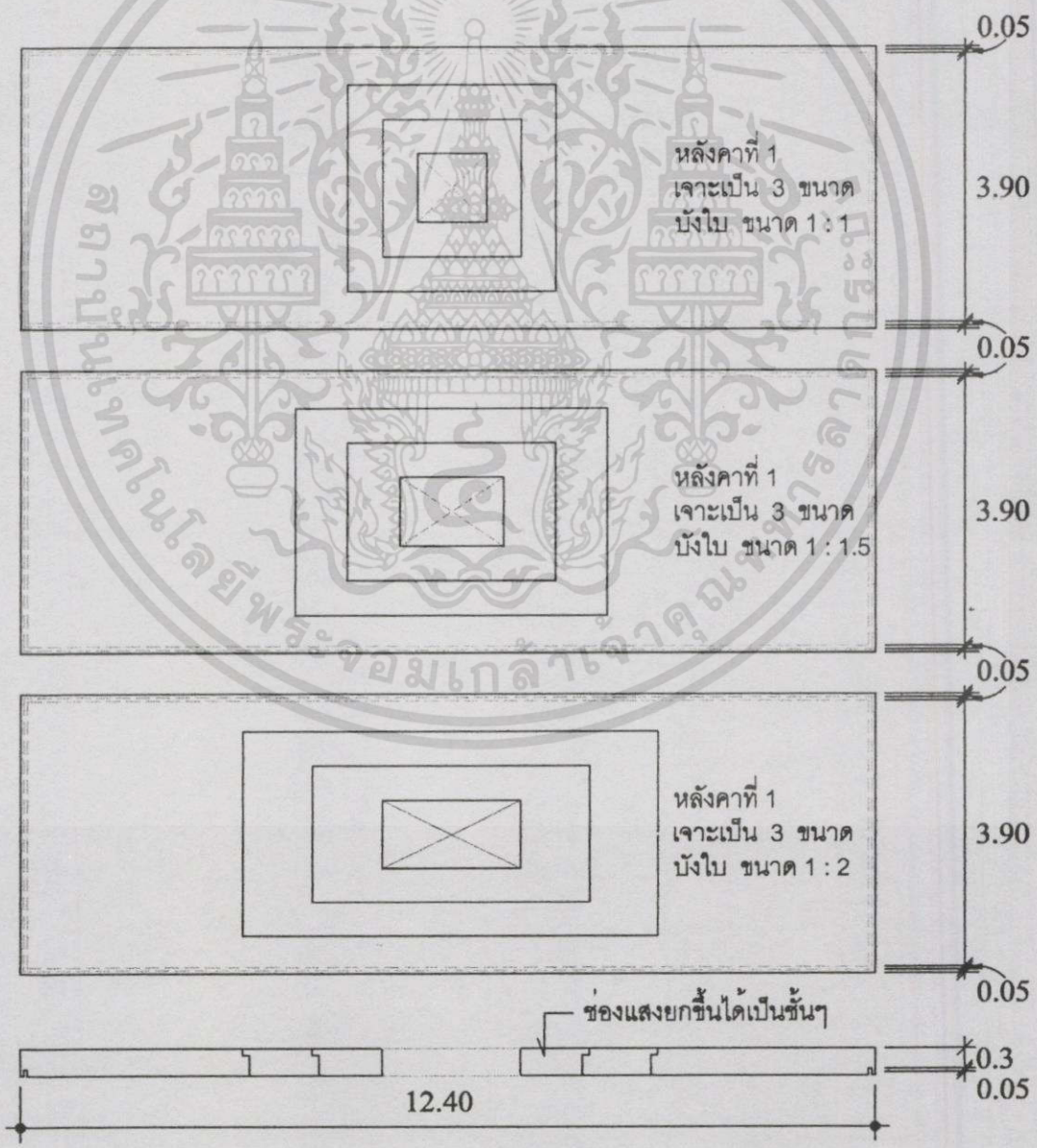


รูปตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

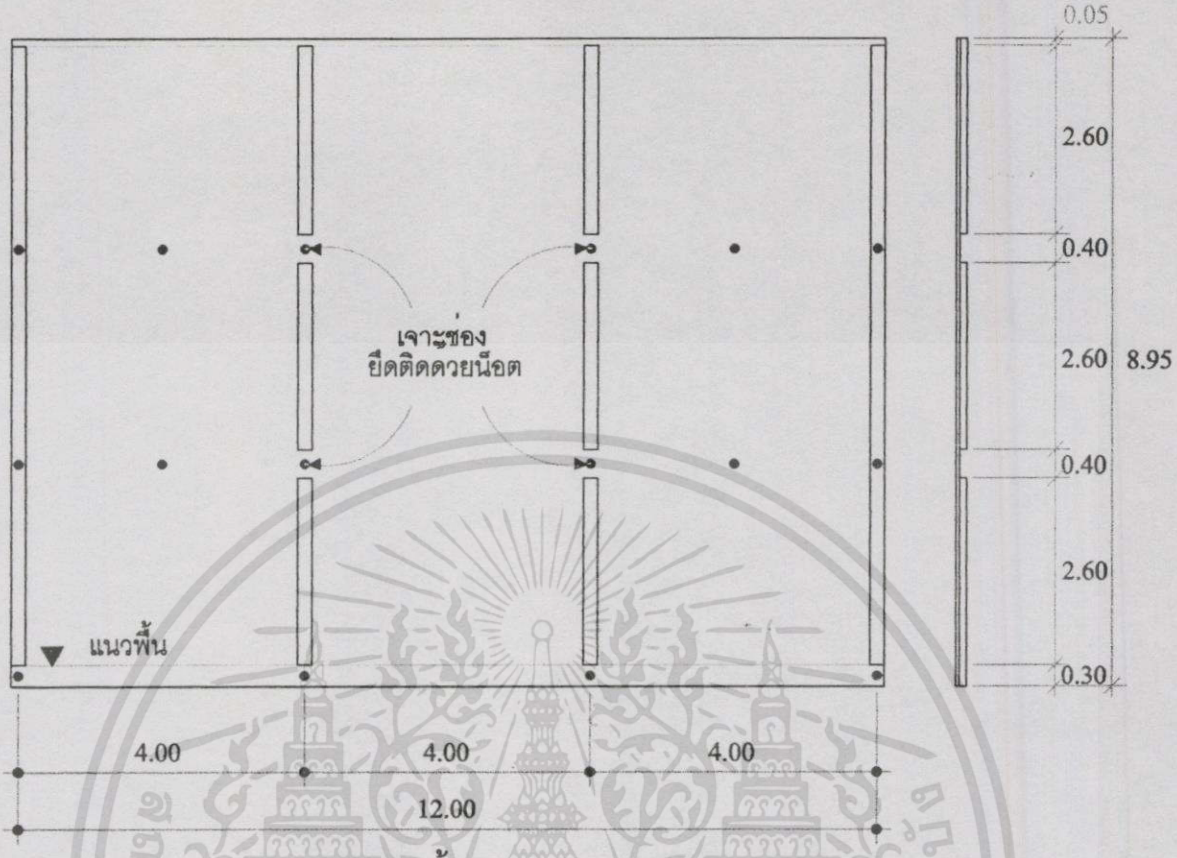


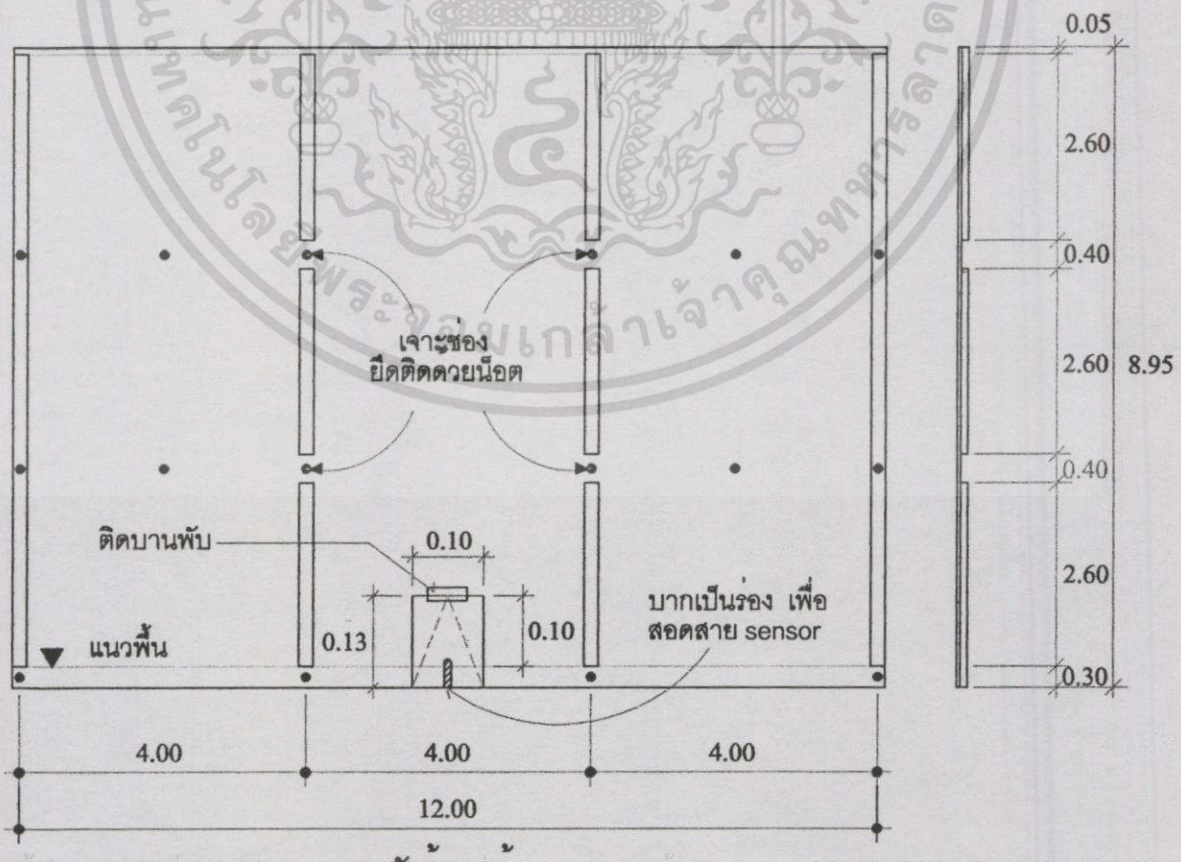
แผ่นพื้นชั้นล่าง



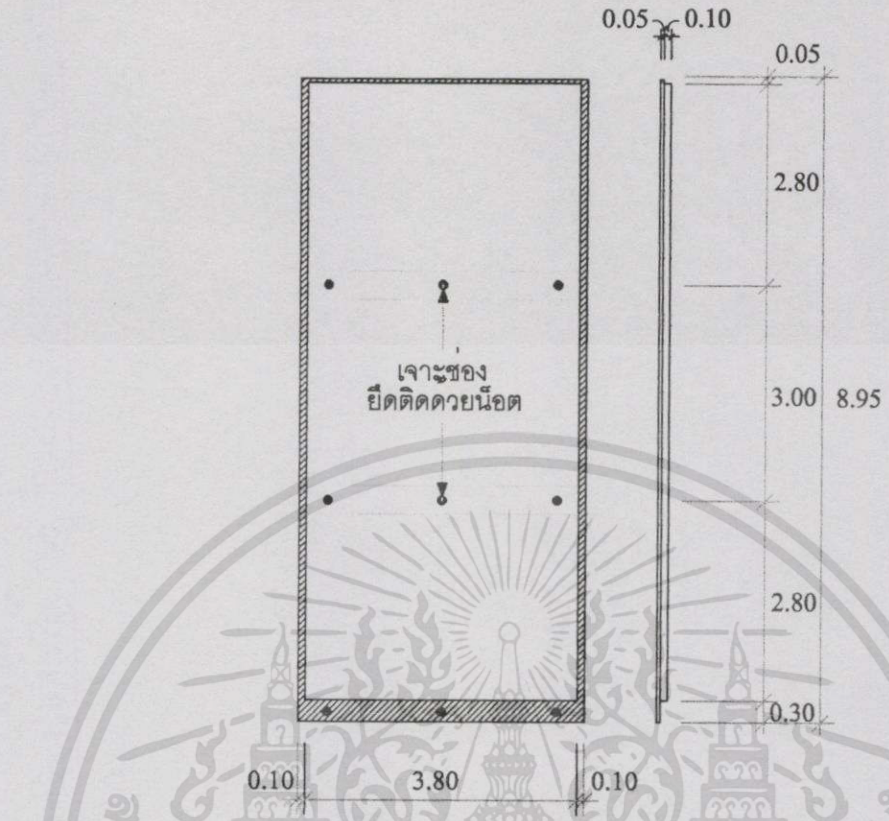
หลังคาของหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

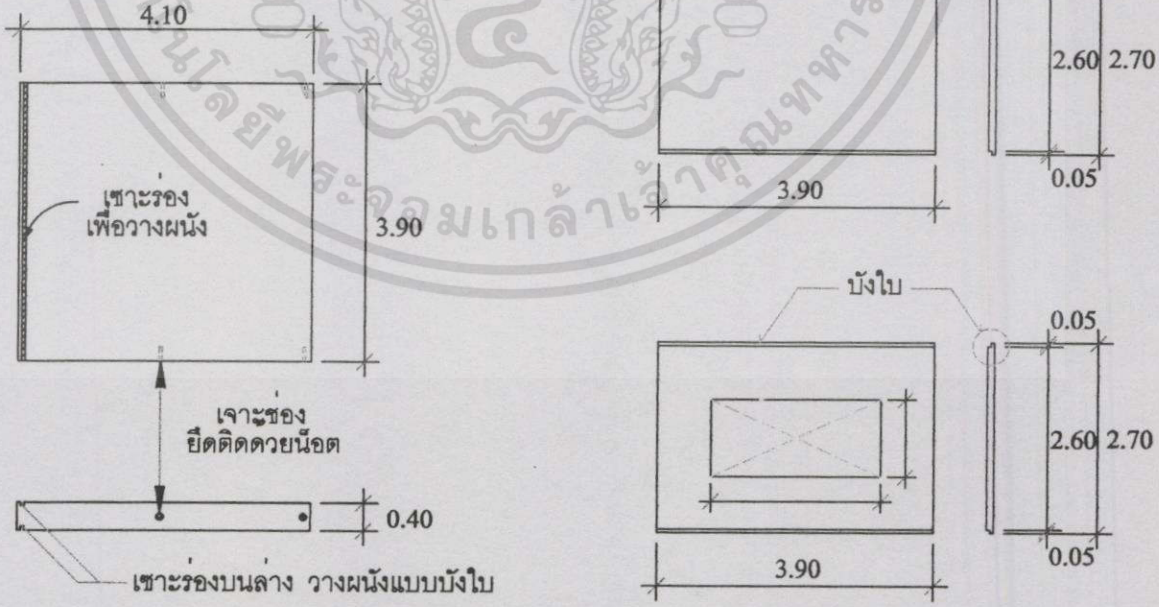




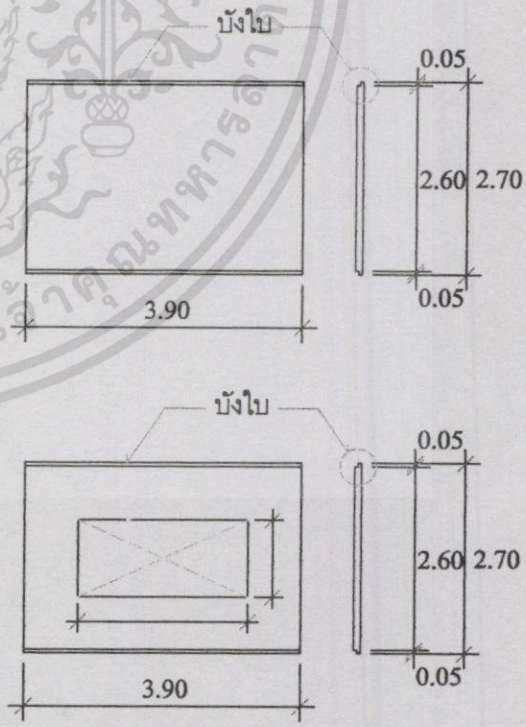
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผนังด้านข้าง



แผ่นพื้นชั้นที่ 2 และ 3



ผนังด้านใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

- ค่าเปรียบเทียบการสะท้อนของวัสดุขาวประเภทต่างๆในการทำหุ่นจำลอง

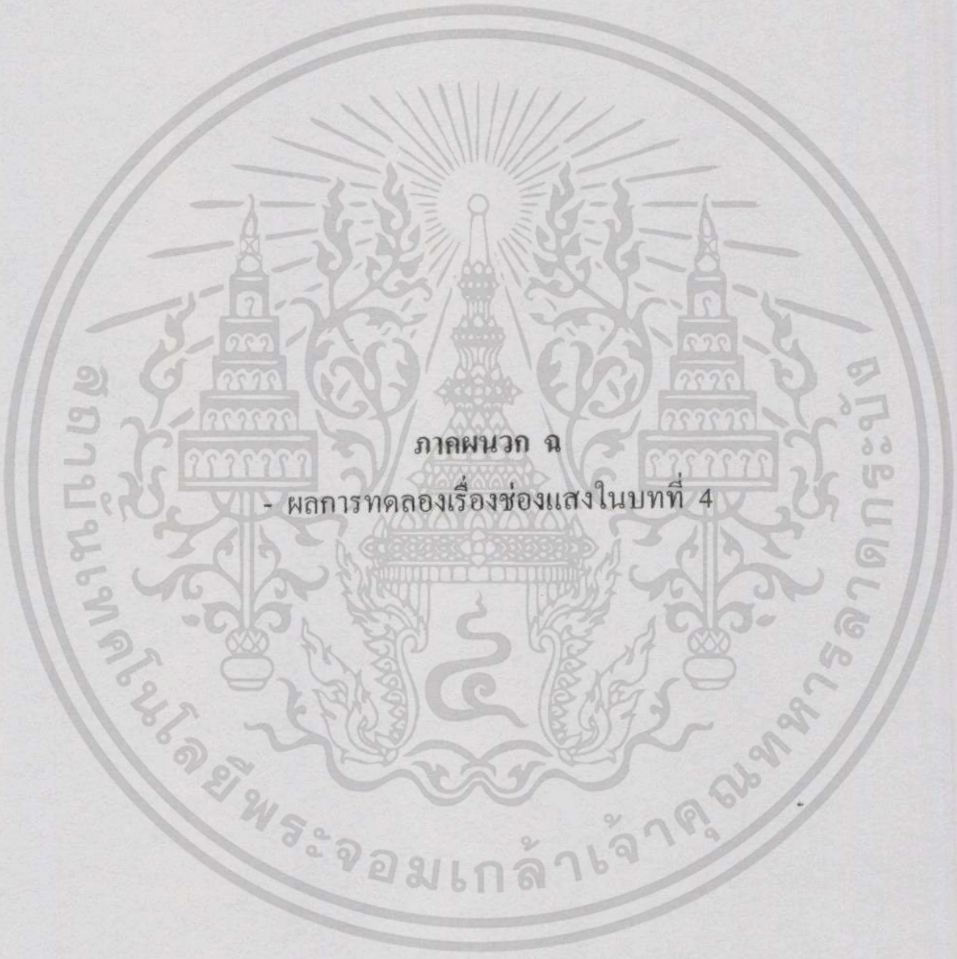
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการสะท้อนของวัสดุขาวประเภทต่างๆ

กระดาษเขียนสีน้ำ	97.56 %
กระดาษ 100 ปอนด์	77.14 %
กระดาษ 80 ปอนด์	73.90 %
กระดาษอาร์ตมันหนา	78.83 %
กระดาษอาร์ตมันบาง	73.29 %
กระดาษอาร์ตบอร์ดสีขาว	73.86 %
กระดาษเทาขาวหนา	71.97 %
กระดาษการ์ทริช	88.24 %
กระดานบอร์ดเคลือบสีขาว	78.83 %

หมายเหตุ : แหล่งกระดาษ เดอะ มอลล์ สาขา งามวงศ์วาน วัดด้วยลักซ์มิเตอร์
กระดานบอร์ดเคลือบสีขาวเป็นวัสดุที่ใช้ทำหุ่นจำลอง วัดจากโรงงานทำเฟอร์นิเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ

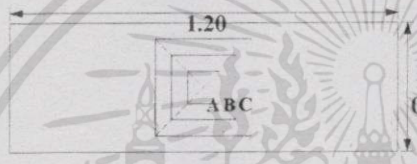
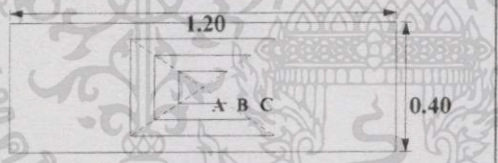
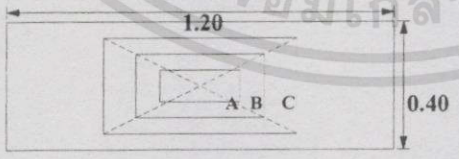
- ผลการทดลองเรื่องช่องแสงในบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

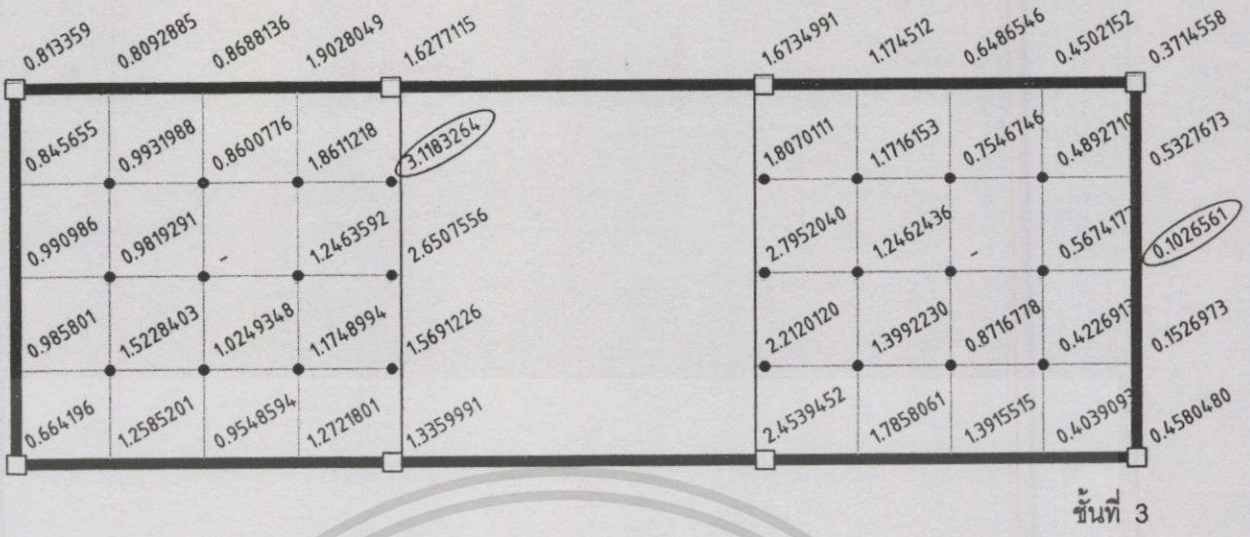
การทดลองที่ 1 การเปรียบเทียบขนาดของช่องแสงแนวระนาบ

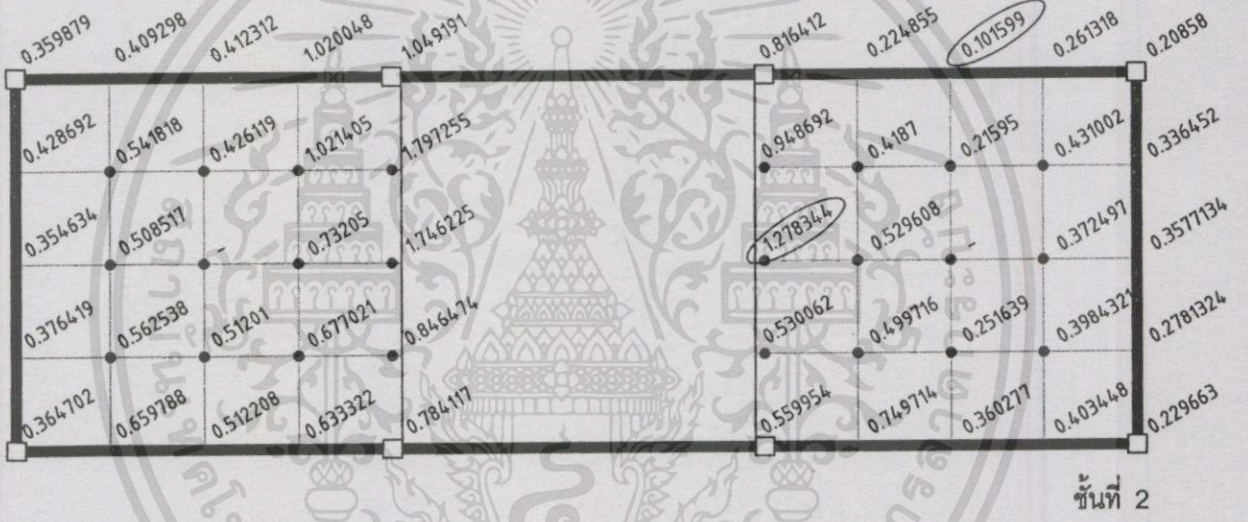
ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบขนาดช่องแสงแนวระนาบ ได้แบบช่องแสงตามอัตราส่วนความกว้าง : ความยาว เป็น 1: 1, 1 : 1.5 และ 1 : 2 โดยเลือกอัตราส่วนละ 3 ขนาด เพื่อเปรียบเทียบปริมาณแสงที่ได้ และอัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลง ของแต่ละขนาด ช่องแสงในการทดลองทั้งหมดตั้งอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางโถง และกึ่งกลางของหุ่นจำลอง ซึ่งมีขนาดและรูปร่างต่างๆ ดังนี้

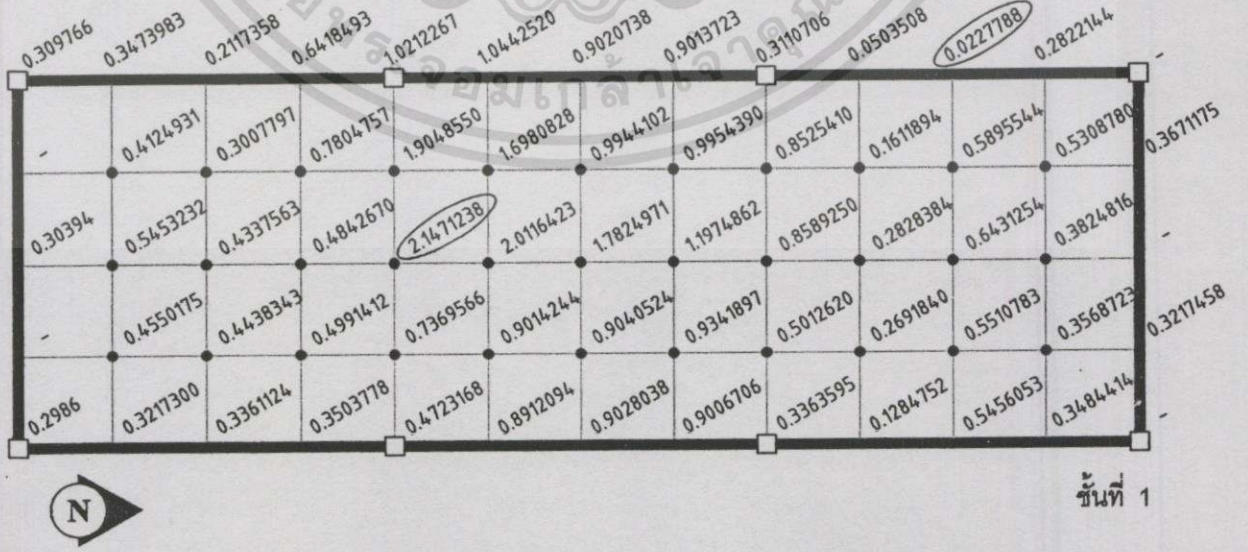
ตารางที่ 1 ขนาดของช่องแสง ที่ใช้ในการทดลองที่ 1

อัตราส่วน กว้าง : ยาว	รูปร่าง	ขนาดที่ 1 (A)	ขนาดที่ 2 (B)	ขนาดที่ 3 (C)
1 : 1		**OP11** 0.10 x 0.10 0.01 ม^2	**OP12** 0.20 x 0.20 0.04 ม^2	**OP13** 0.30 x 0.30 0.09 ม^2
	อัตราส่วนของช่องแสง : พื้นที่ชั้นล่าง (%)	2.083%	8.333%	18.75%
	ขนาดช่องแสงเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อให้ขนาด A = 100%	100%	400%	900%
1 : 1.5		**OP21** 0.10 x 0.15 0.015 ม^2	**OP22** 0.20 x 0.30 0.06 ม^2	**OP23** 0.30 x 0.45 0.135 ม^2
	อัตราส่วนของช่องแสง : พื้นที่ชั้นล่าง (%)	3.125%	12.50%	28.125%
	ขนาดช่องแสงเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อให้ขนาด A = 100%	100%	400%	900%
1 : 2		**OP31** 0.10 x 0.20 0.02 ม^2	**OP32** 0.20 x 0.40 0.08 ม^2	**OP33** 0.30 x 0.60 0.18 ม^2
	อัตราส่วนของช่องแสง : พื้นที่ชั้นล่าง (%)	4.167%	16.667%	37.5%
	ขนาดช่องแสงเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อให้ขนาด A = 100%	100%	400%	900%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

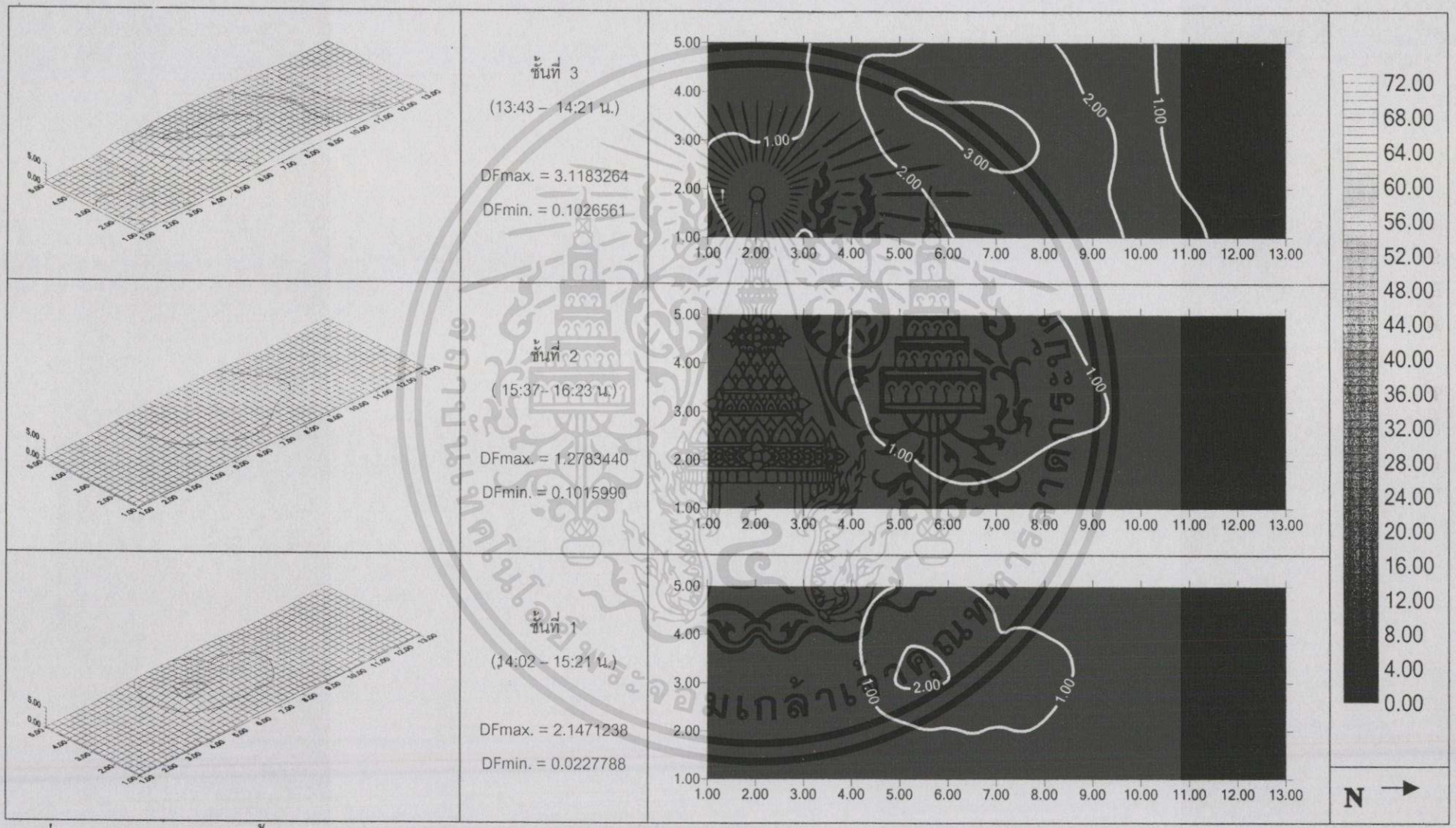




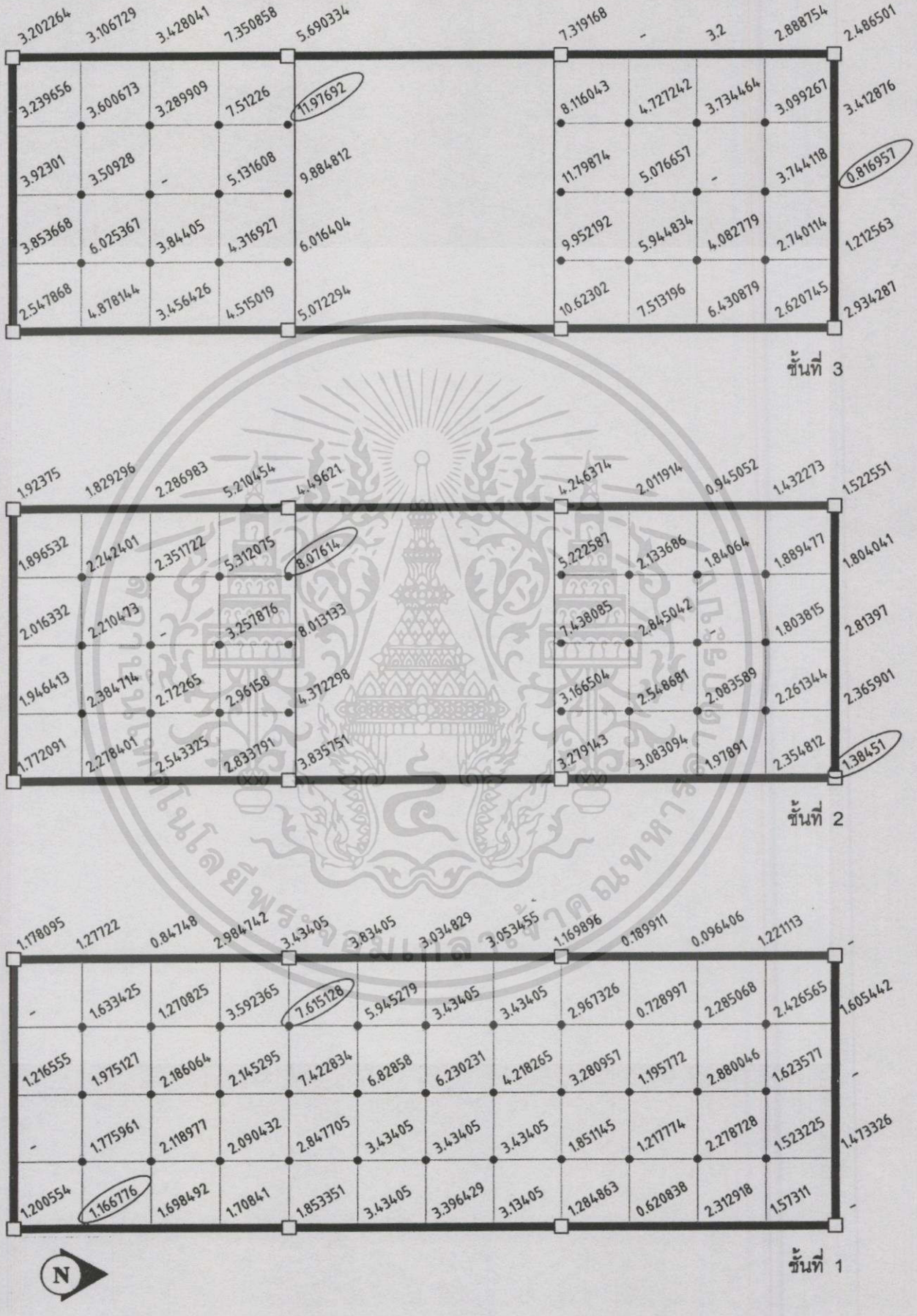


รูปที่ 1 ค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

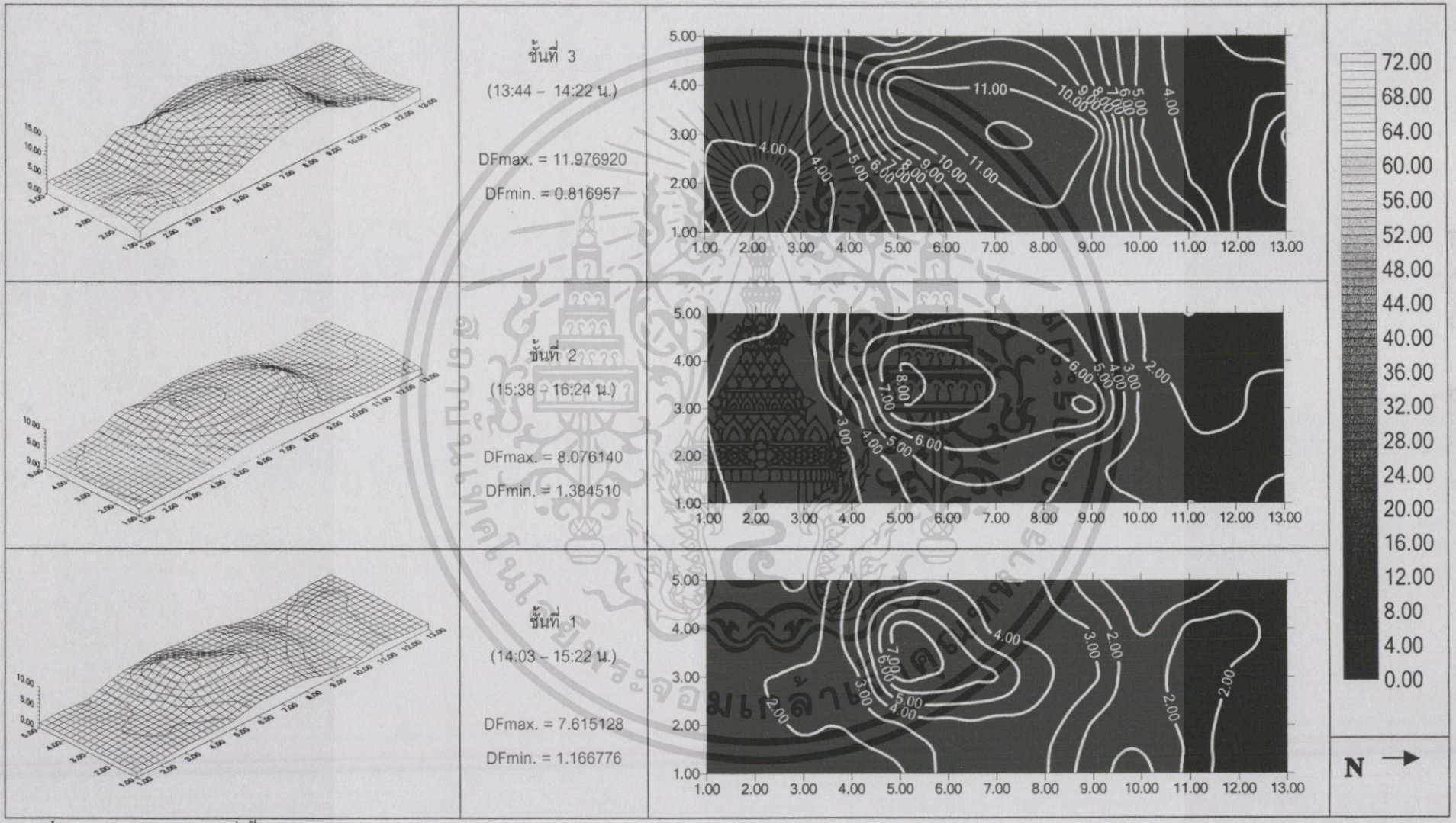


รูปที่ 2 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor ของช่องแสง OP11

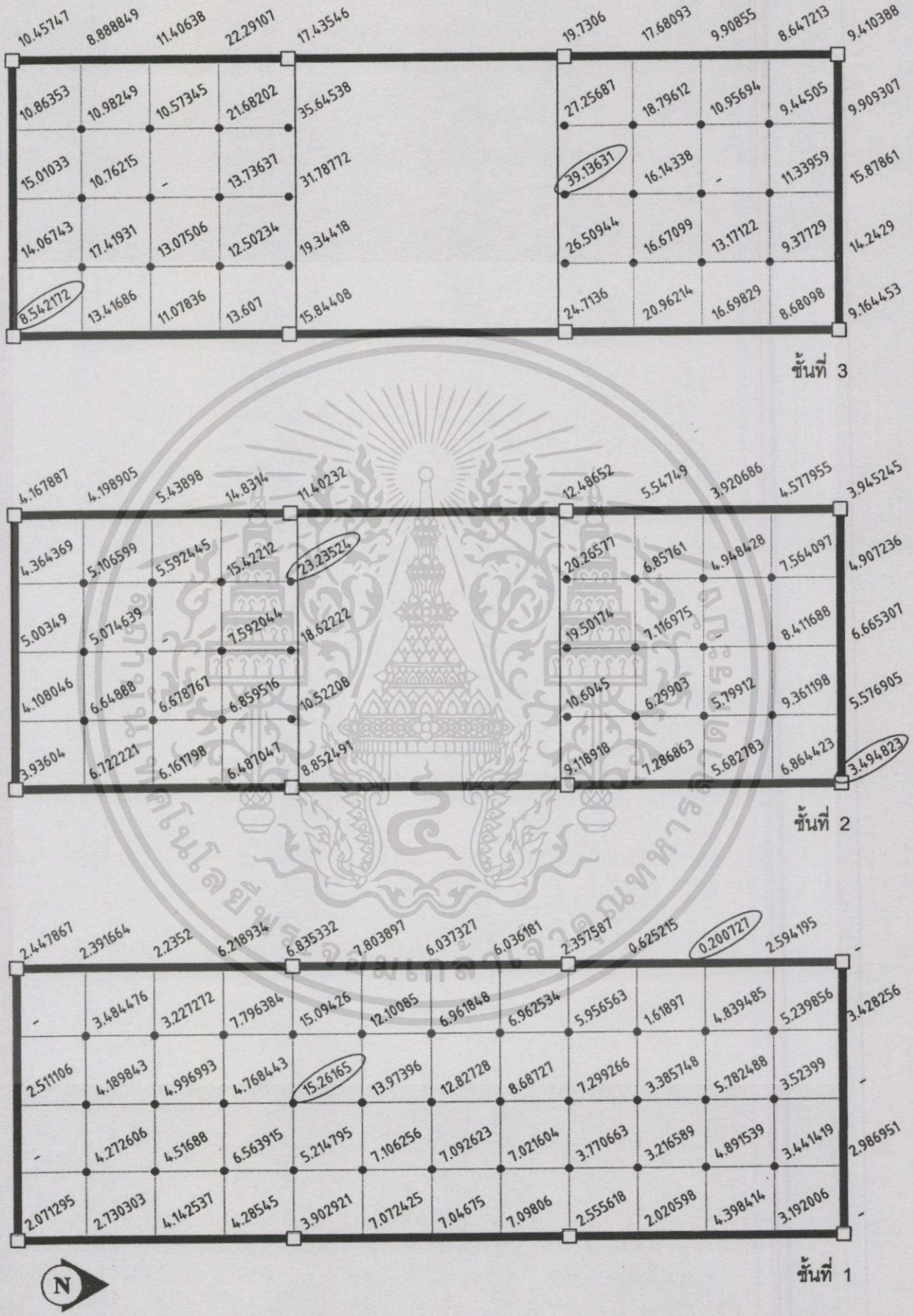


รูปที่ 3 ค่า Daylight factor ของช่องแสง OP12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

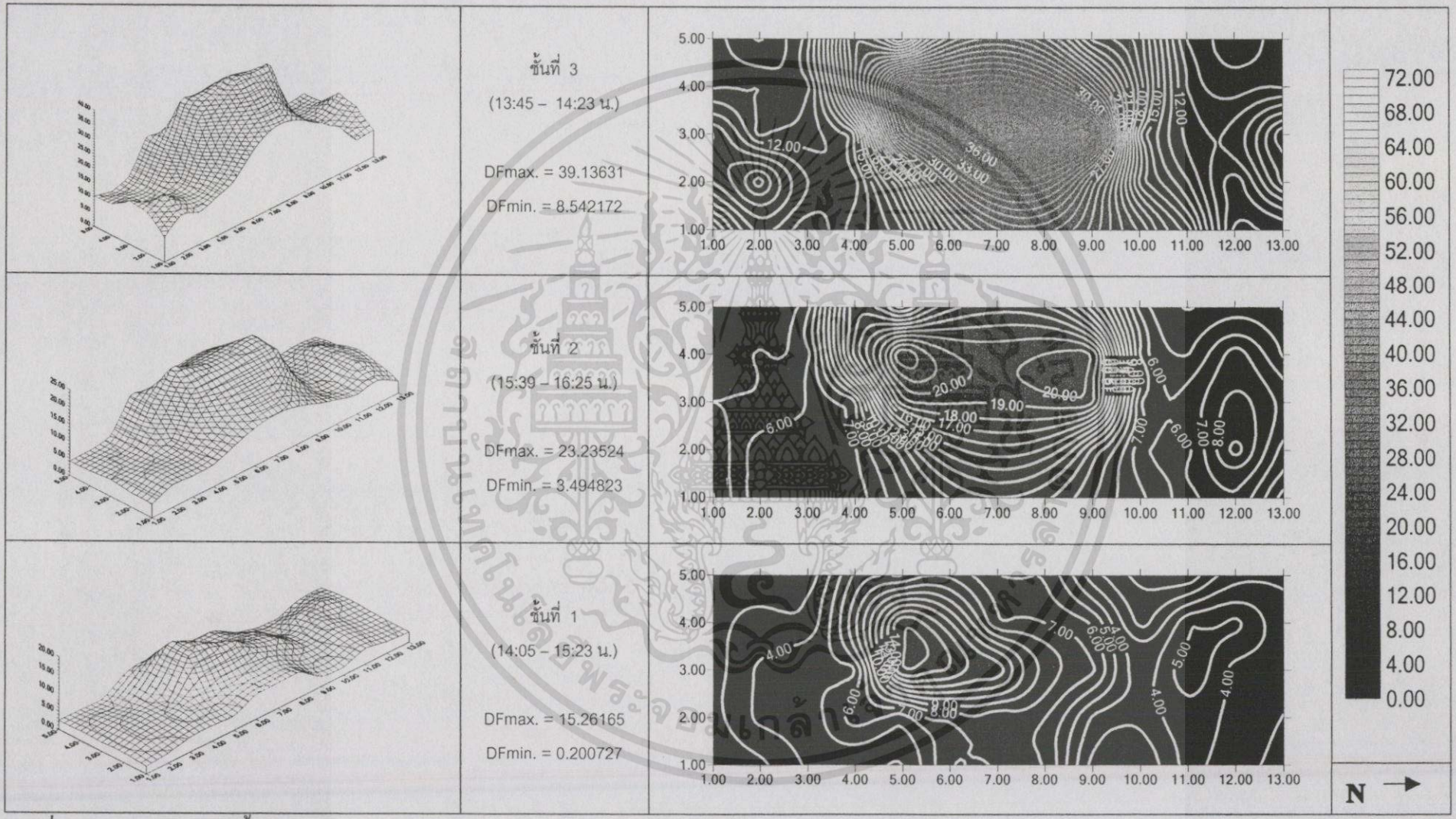


รูปที่ 2 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของช่องแสง OP 12

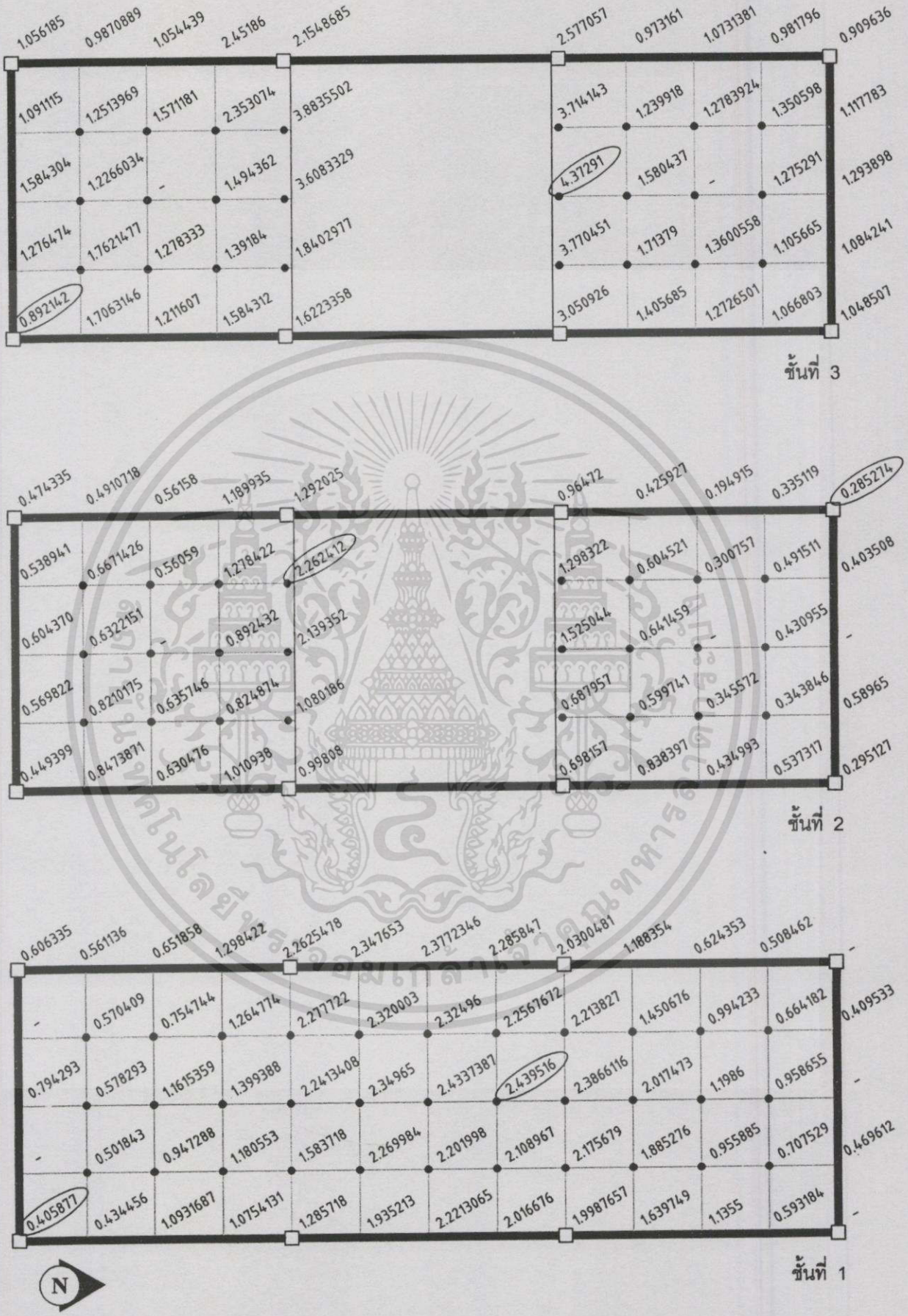


รูปที่ 5 ค่า Daylight factor ของช่องแสง OP13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

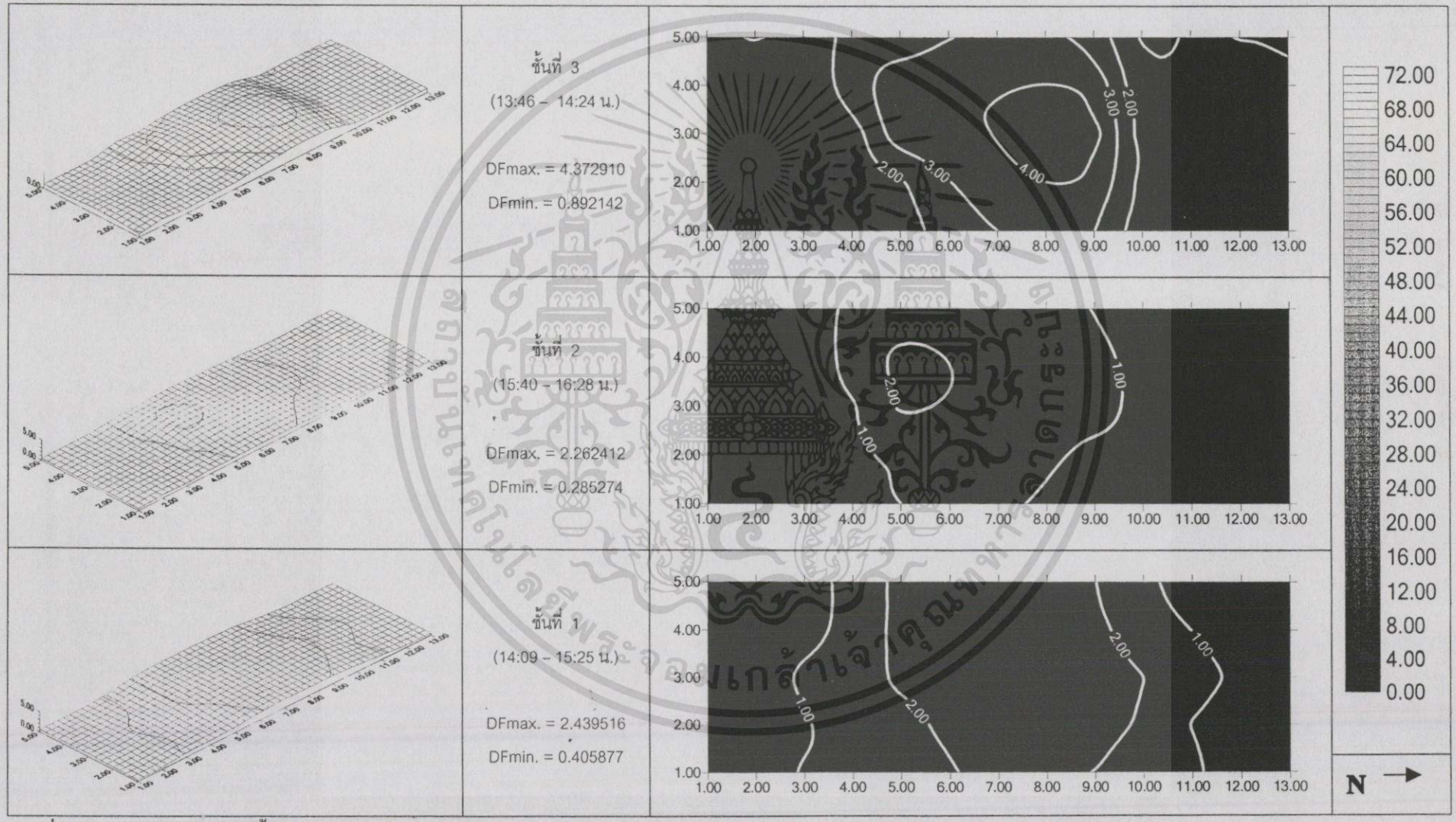


รูปที่ 6 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของช่องแสง OP 13

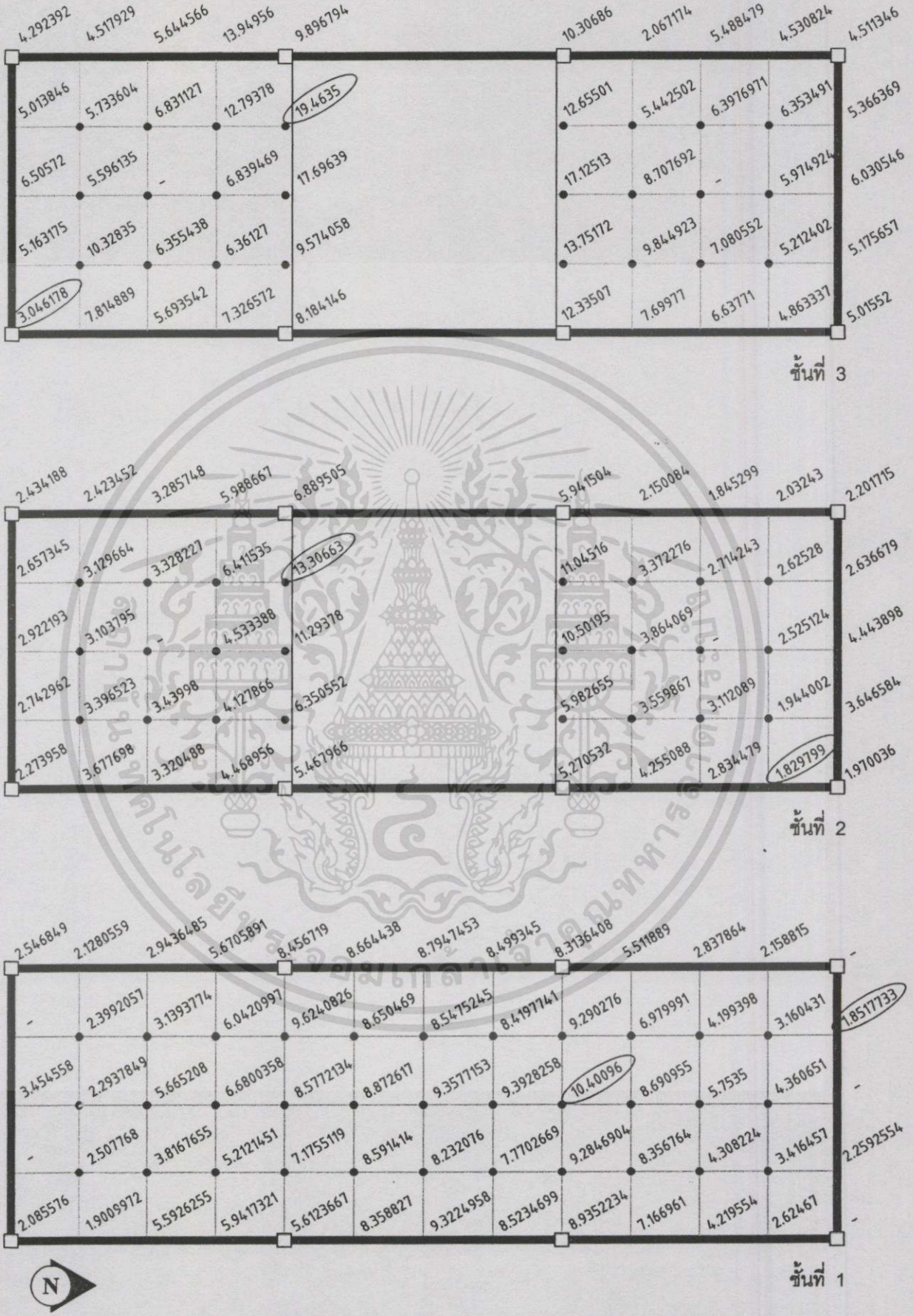


รูปที่ 7 ค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

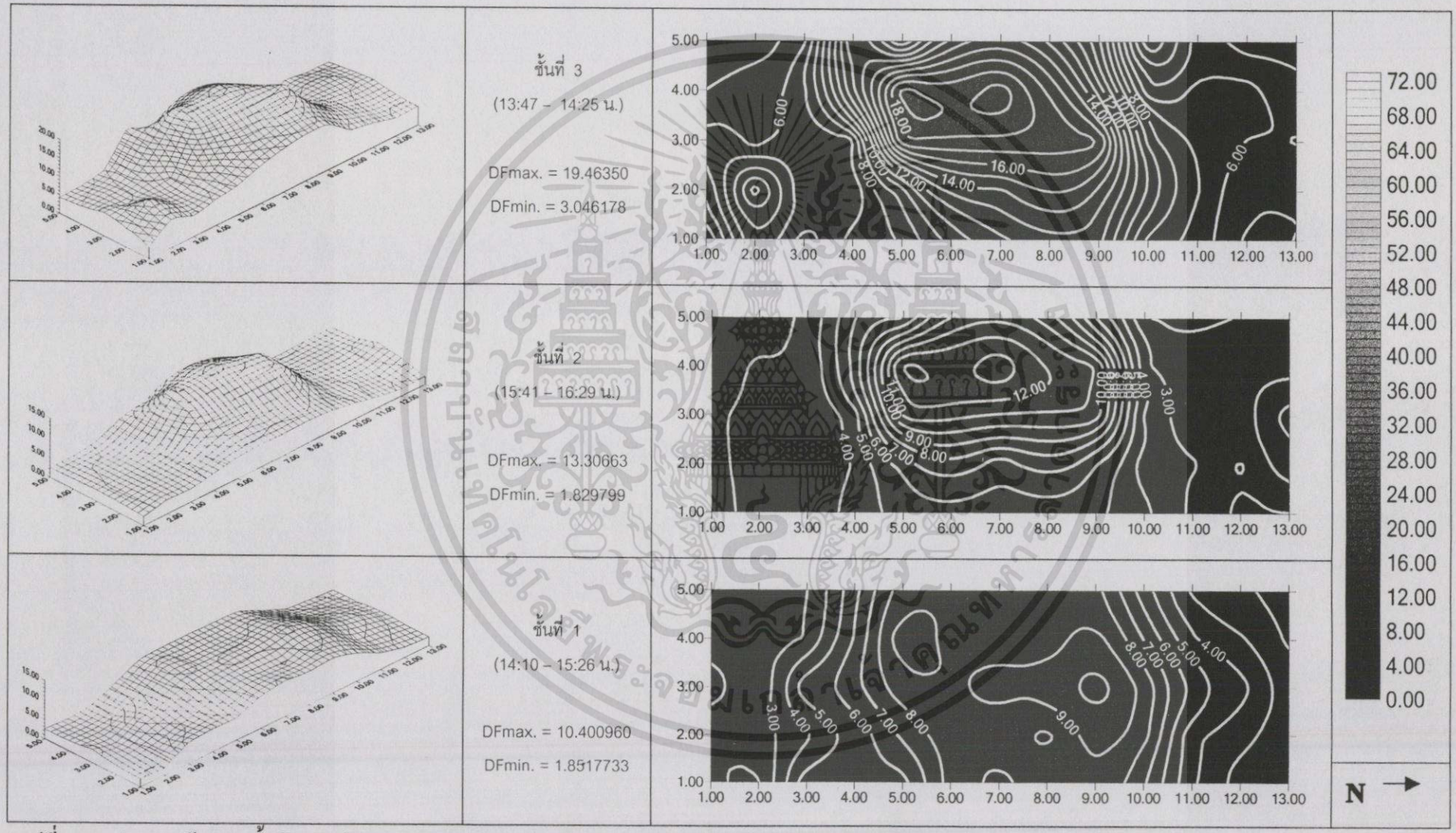


รูปที่ 8 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor ของช่องแสง OP21

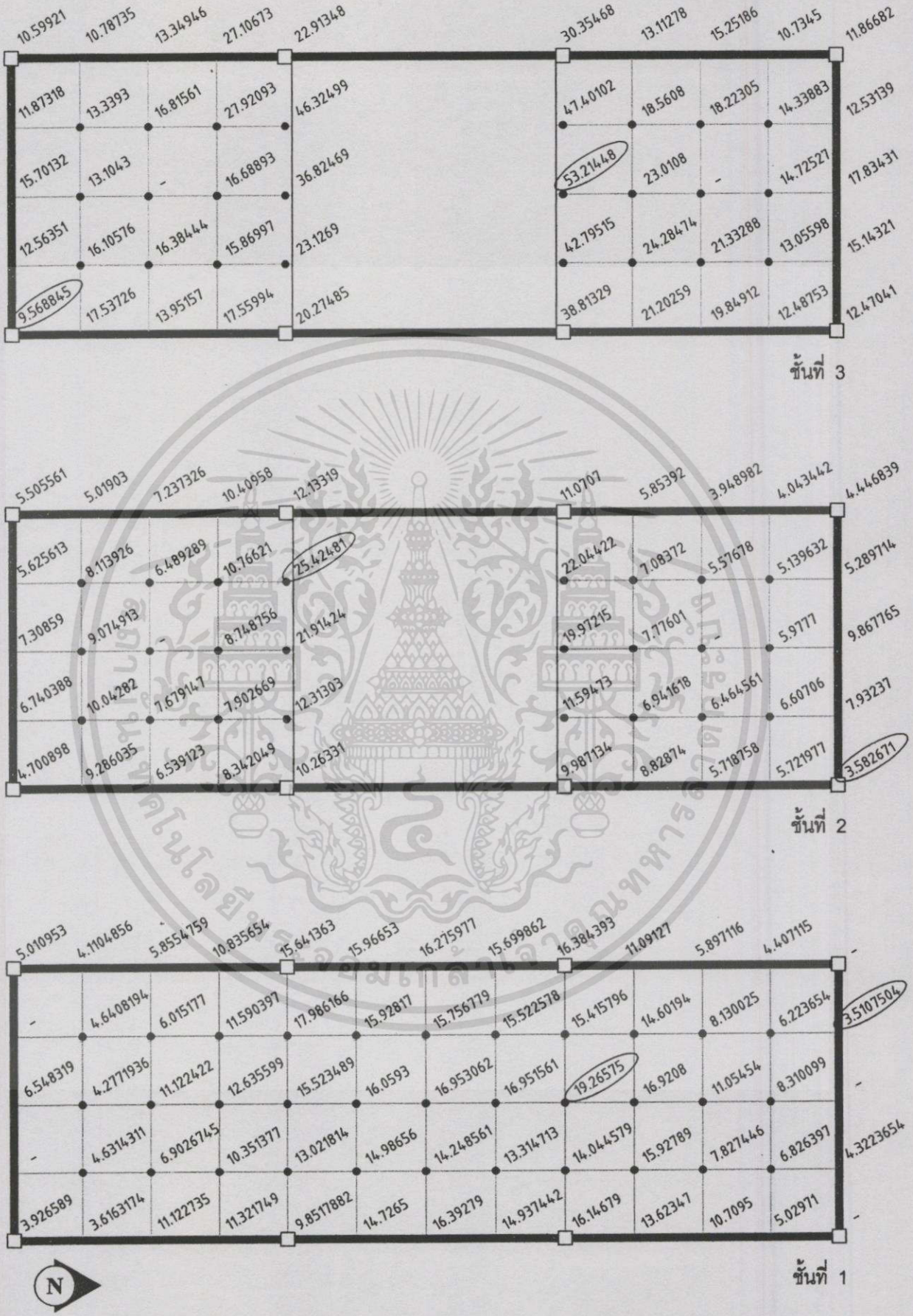


รูปที่ 9 ค่า Daylight factor ของช่องแสง OP22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

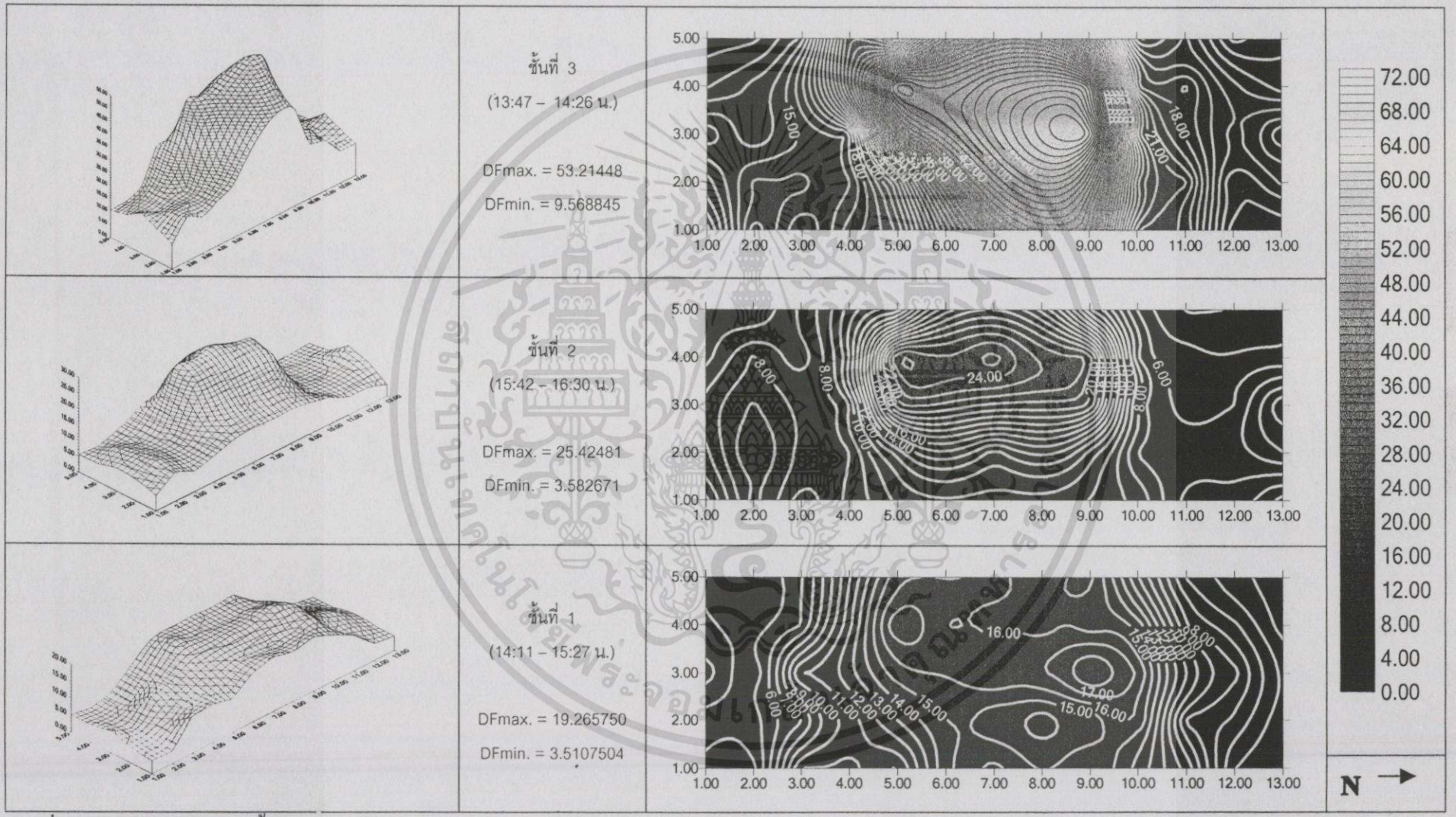


รูปที่ 10 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของช่องแสง OP 22

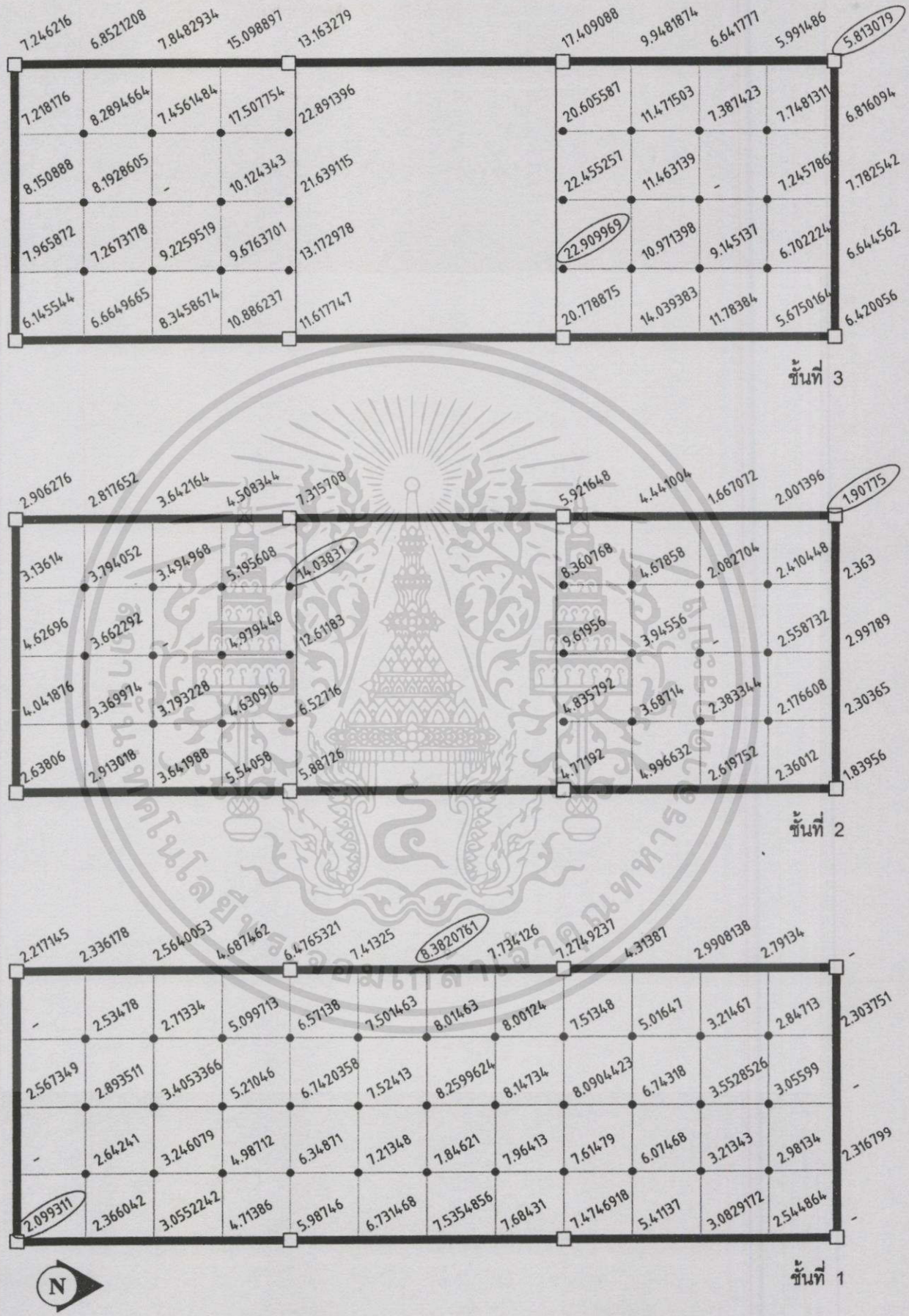


รูปที่ 11 ค่า Daylight factor ของช่องแสง OP23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

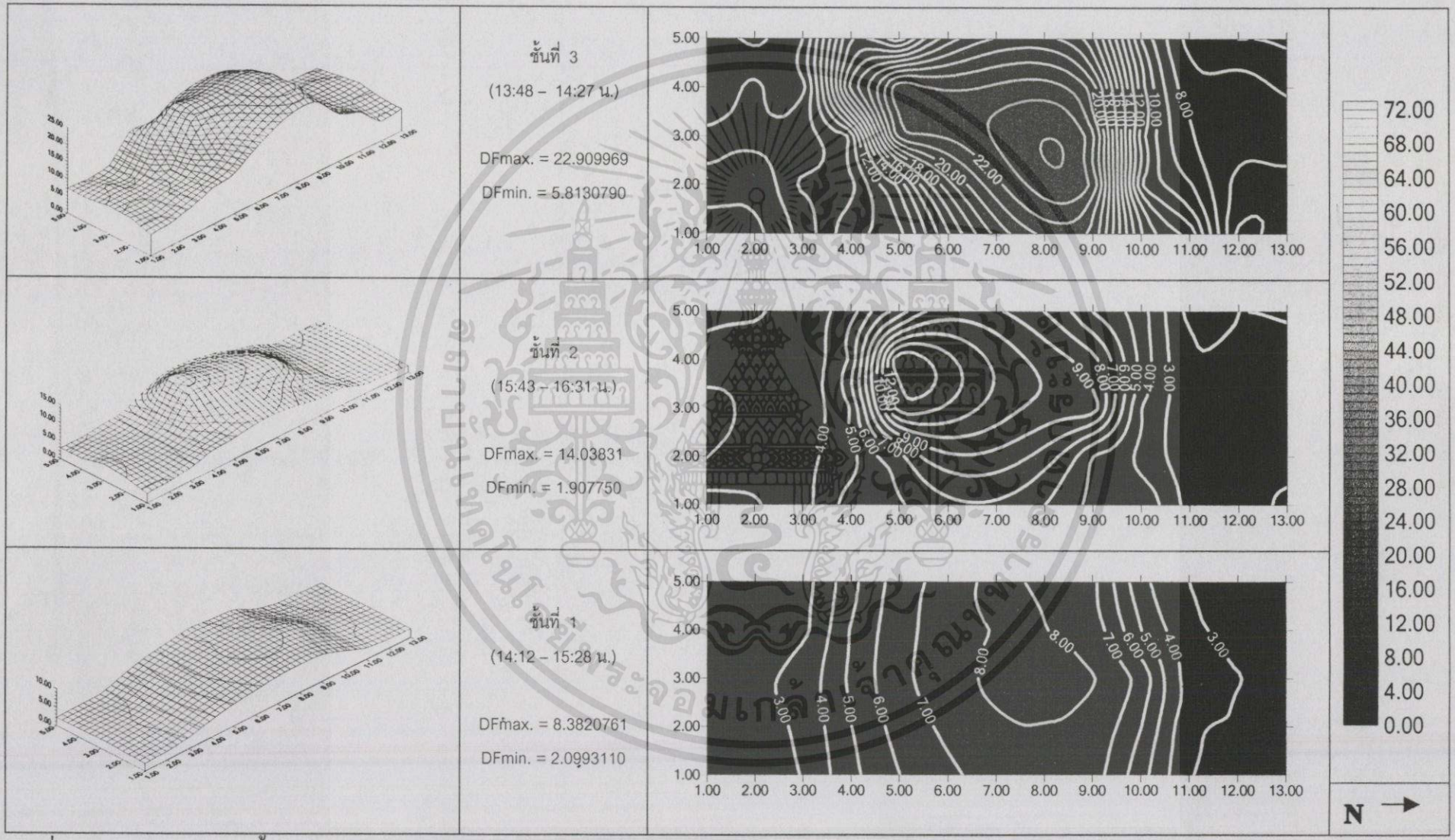


รูปที่ 12 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของช่องแสง OP 23

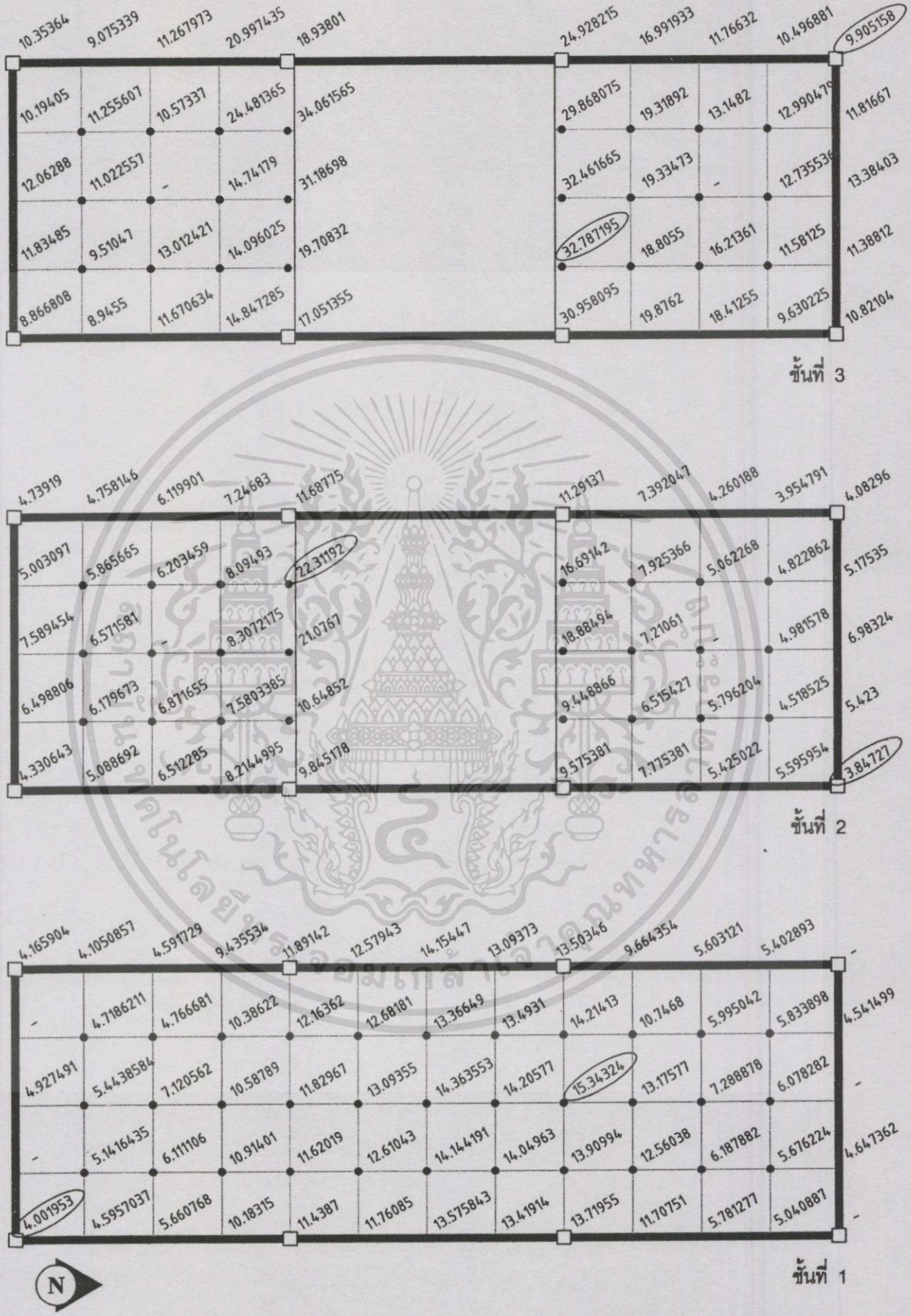


รูปที่ 13 ค่า Daylight factor ของช่องแสง OP31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

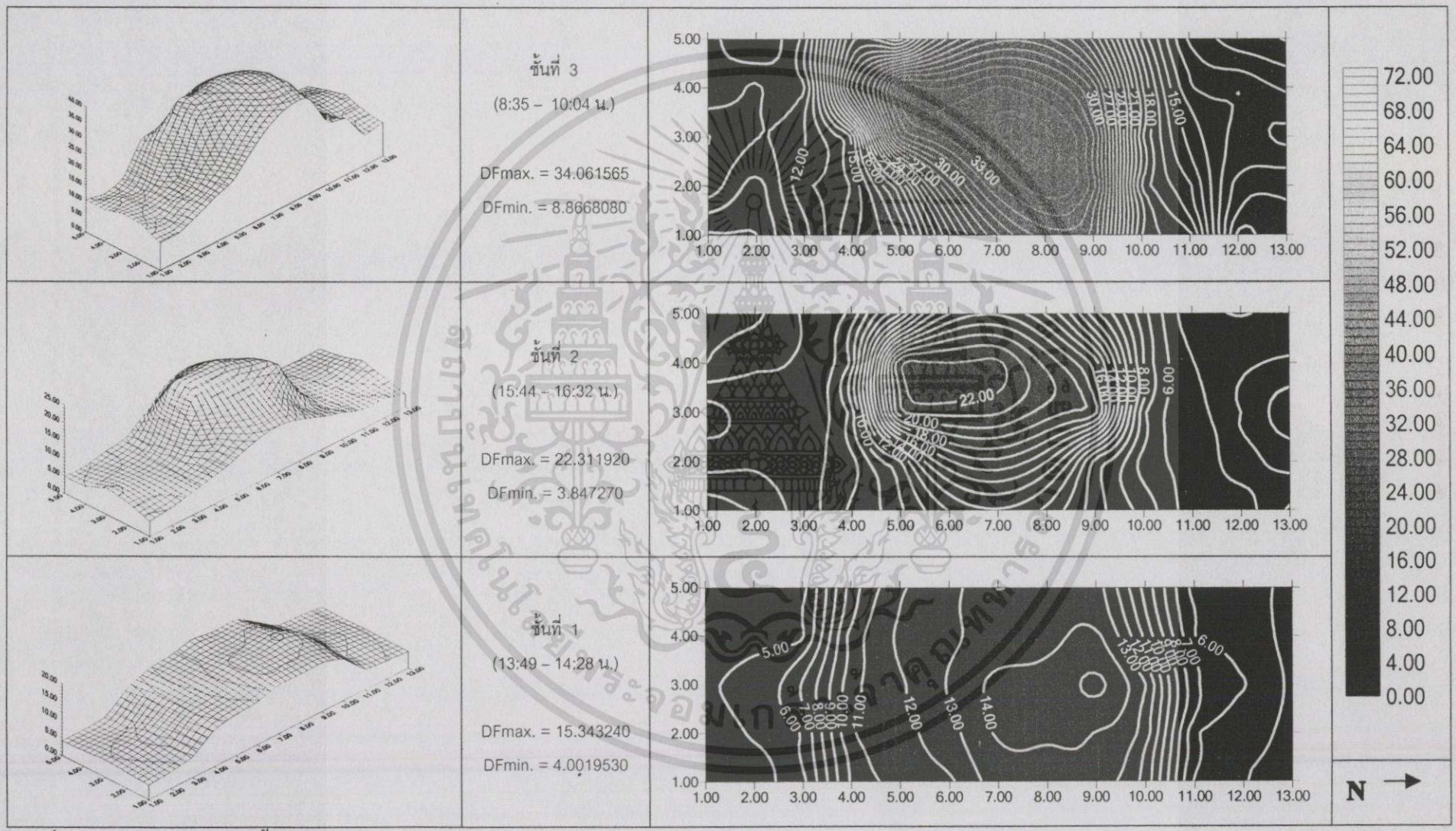


รูปที่ 14 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของช่องแสง OP 31

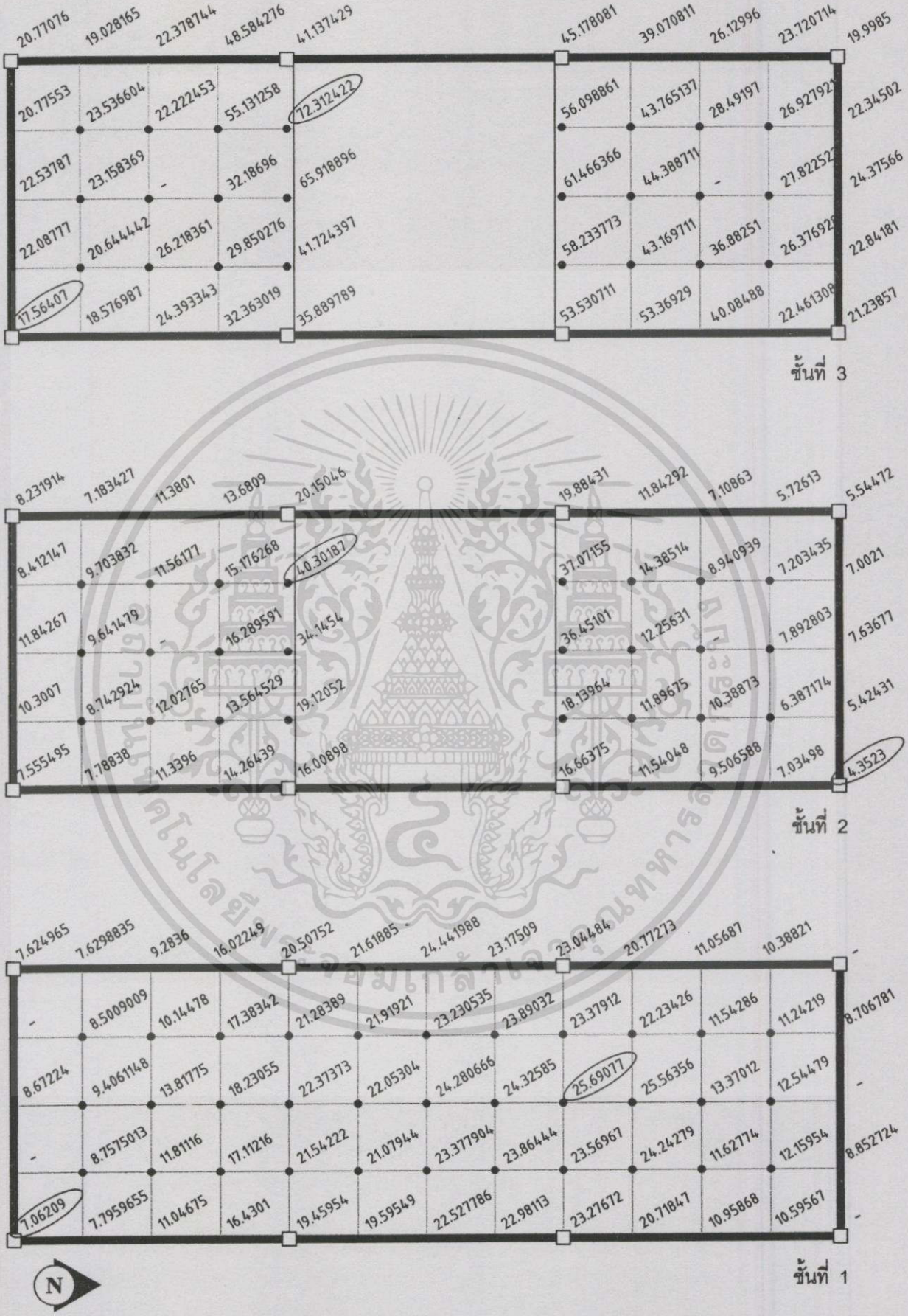


รูปที่ 15 ค่า Daylight factor ของช่องแสง OP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

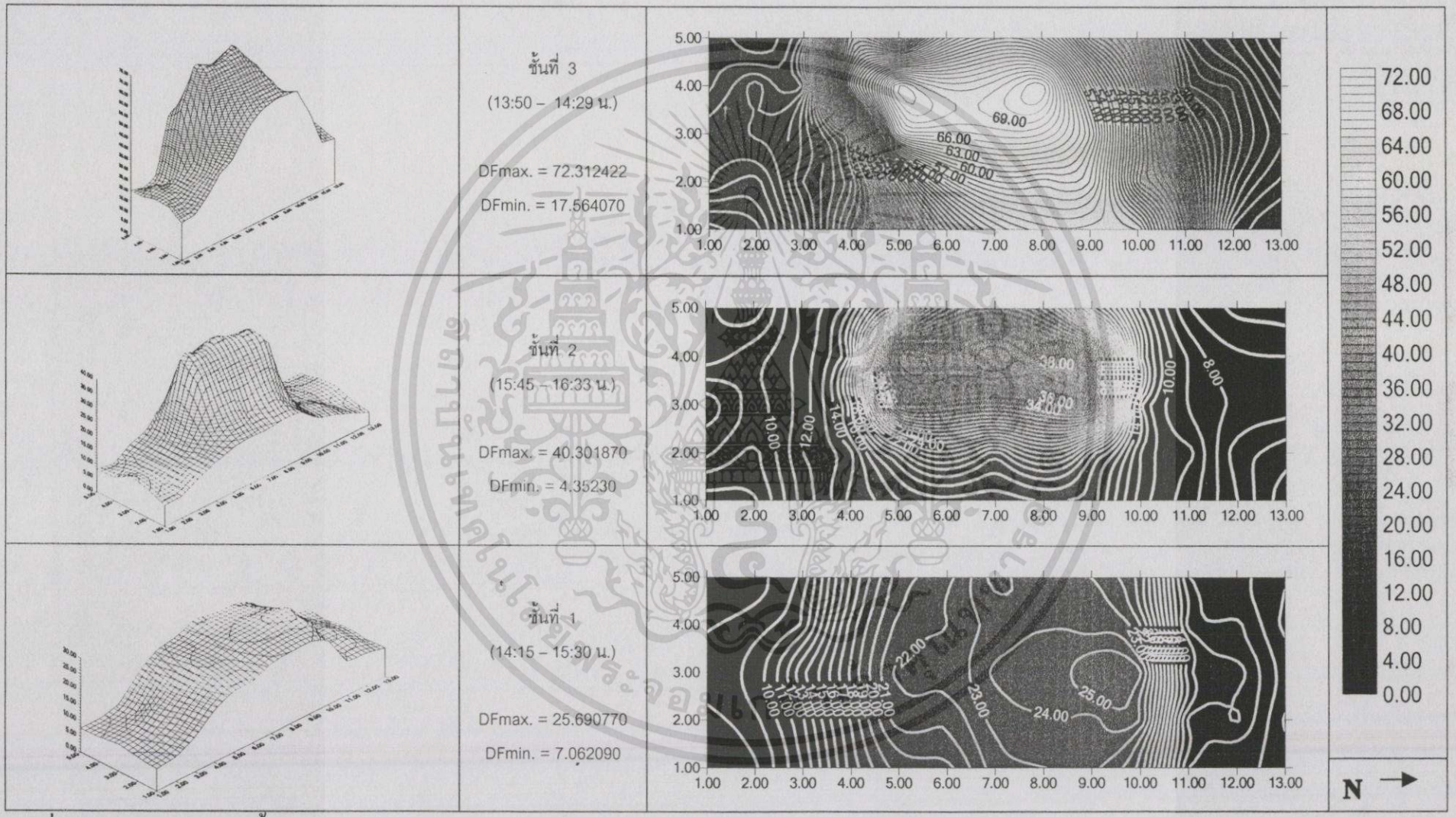


รูปที่ 16 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของช่องแสง OP 32



รูปที่ 17 ค่า Daylight factor ของช่องแสง OP33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของช่องแสง OP 33

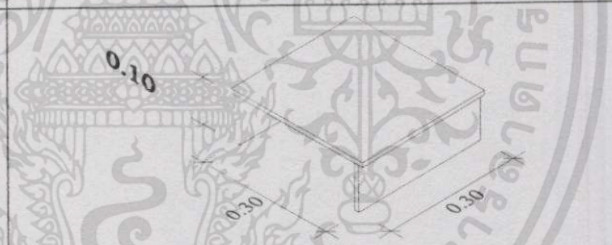
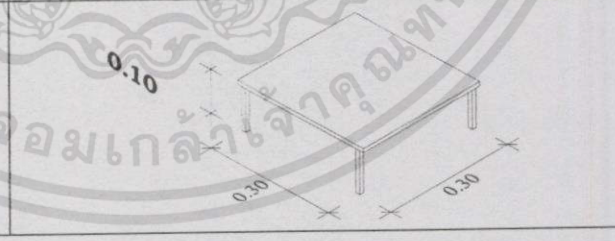
การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบรูปแบบของหลังคาช่องแสง

ในการทดลองนี้ได้เลือกรูปแบบของหลังคาและช่องแสงแบบ indirect light พื้นฐาน จากส่วนที่แล้วมา 3 ประเภทคือ

- หลังคารับแสงทางเดียว ได้แก่ Sawtooth roof (เรียกแทนว่า sawtooth 2 ซึ่งใช้เปรียบเทียบอีก ในการทดลองที่ 3)
- หลังคารับแสง 2 ทาง ได้แก่ Monitor roof
- หลังคารับแสง 4 ทาง ได้แก่ Monitor roof รับแสง 4 ทิศทาง

โดยแบ่งรูปแบบต่างๆออกได้ดังรูปต่อไปนี้

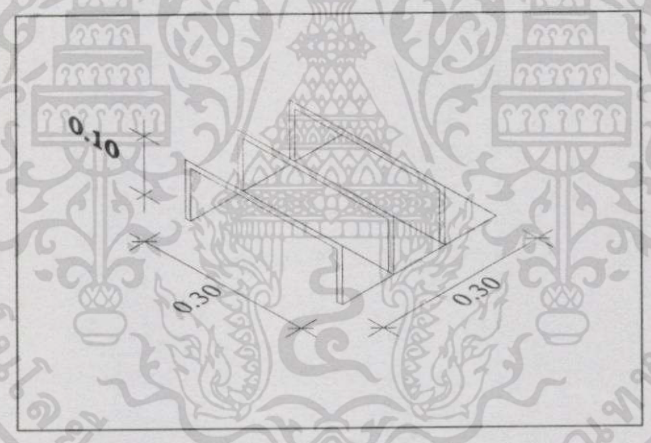
ตารางที่ 2 รูปแบบของหลังคาช่องแสงที่ใช้ในการทดลองที่ 2

รูปแบบหลังคา	ขนาด
Sawtooth roof พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.10 x 3 = 0.090 ตร.ม.	
Monitor roof พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.10 x 2 = 0.060 ตร.ม.	
Monitor roof 4 ทิศทาง พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.10 x 4 = 0.120 ตร.ม.	

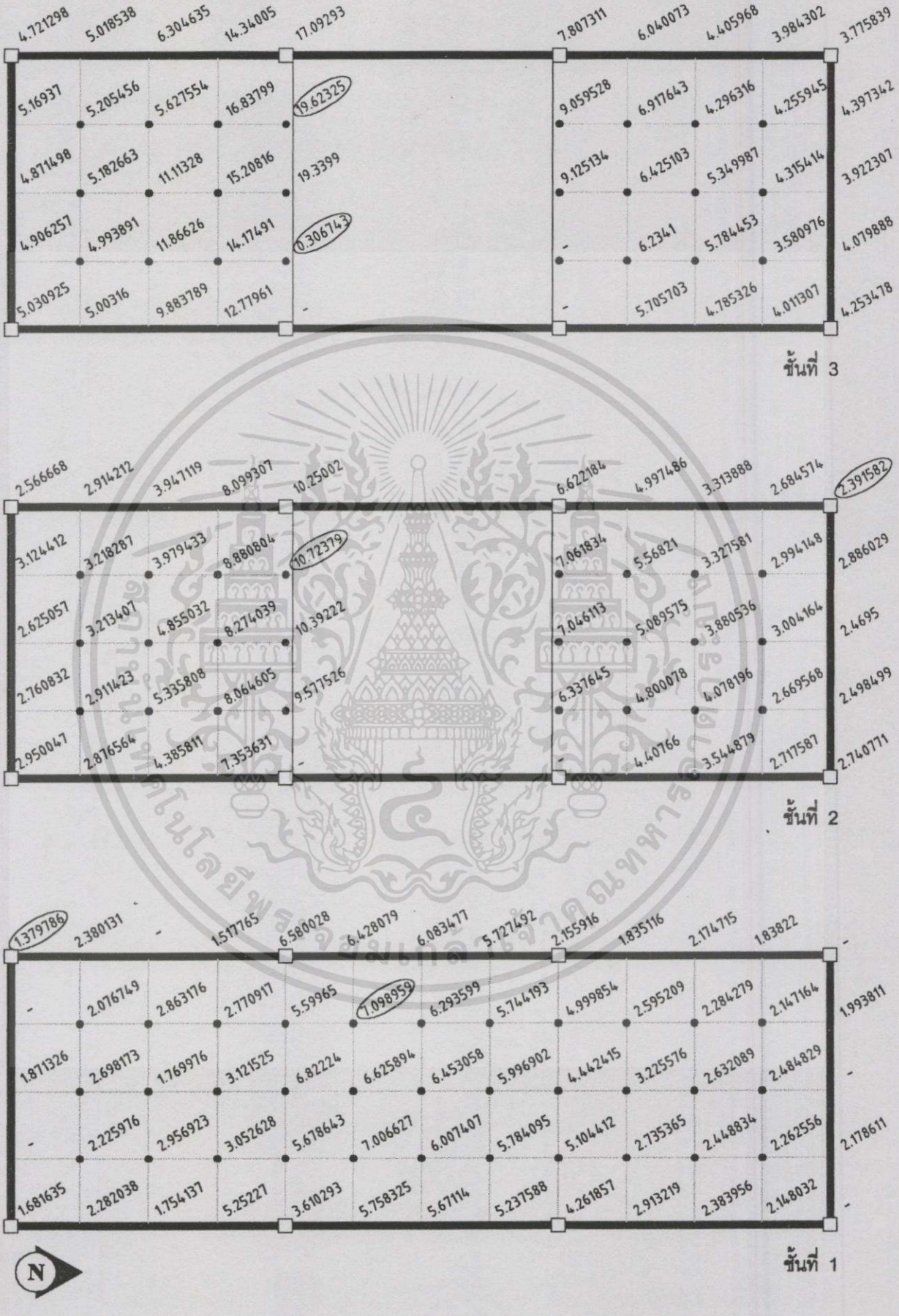
หลังคาแต่ละชนิดครอบคลุมพื้นที่ช่องแสงขนาด 0.30 x 0.30 ตารางเมตร ความสูงของช่องแสงทุกประเภทเป็น 0.10 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAWTOOTH (2)

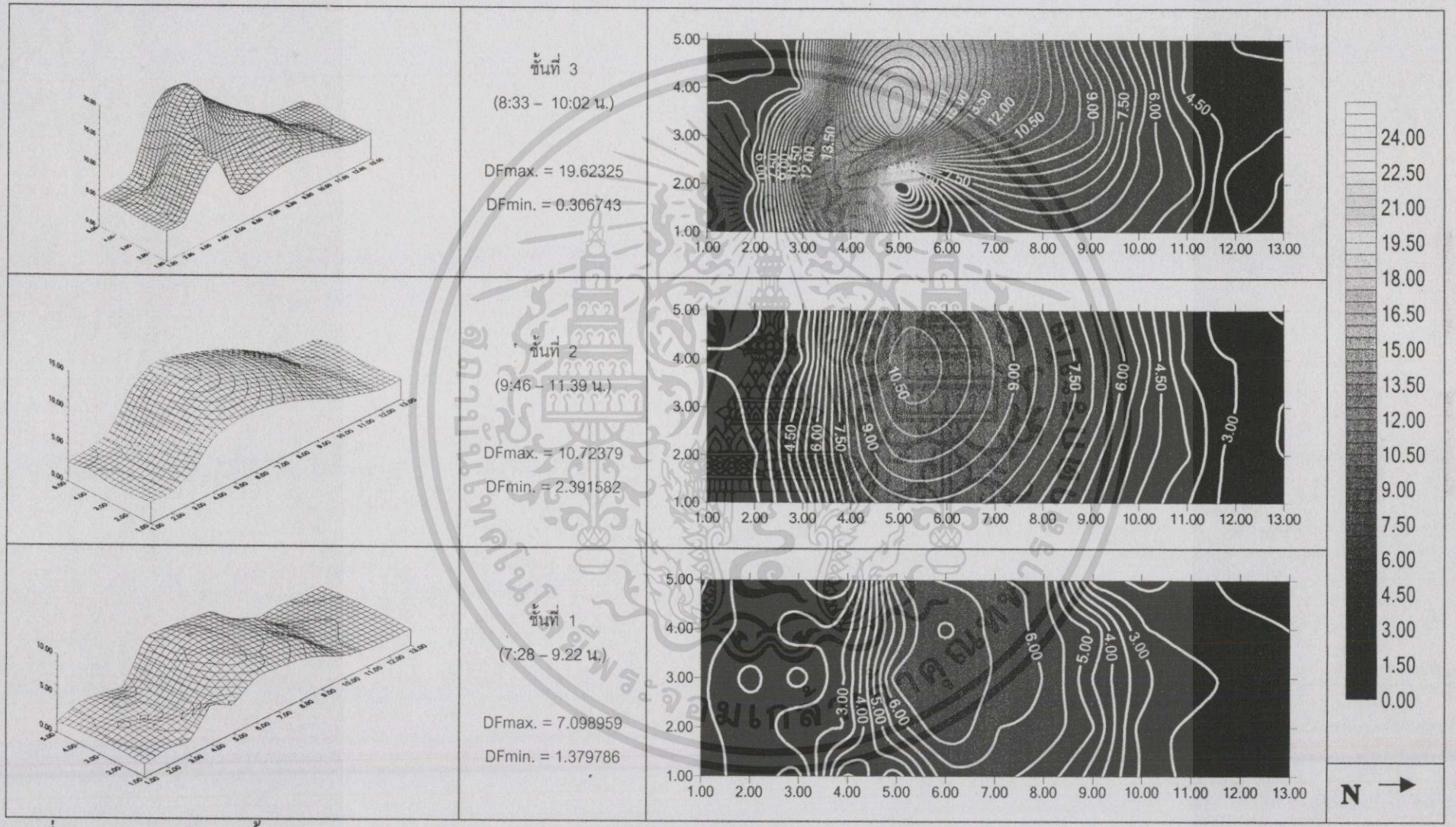


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

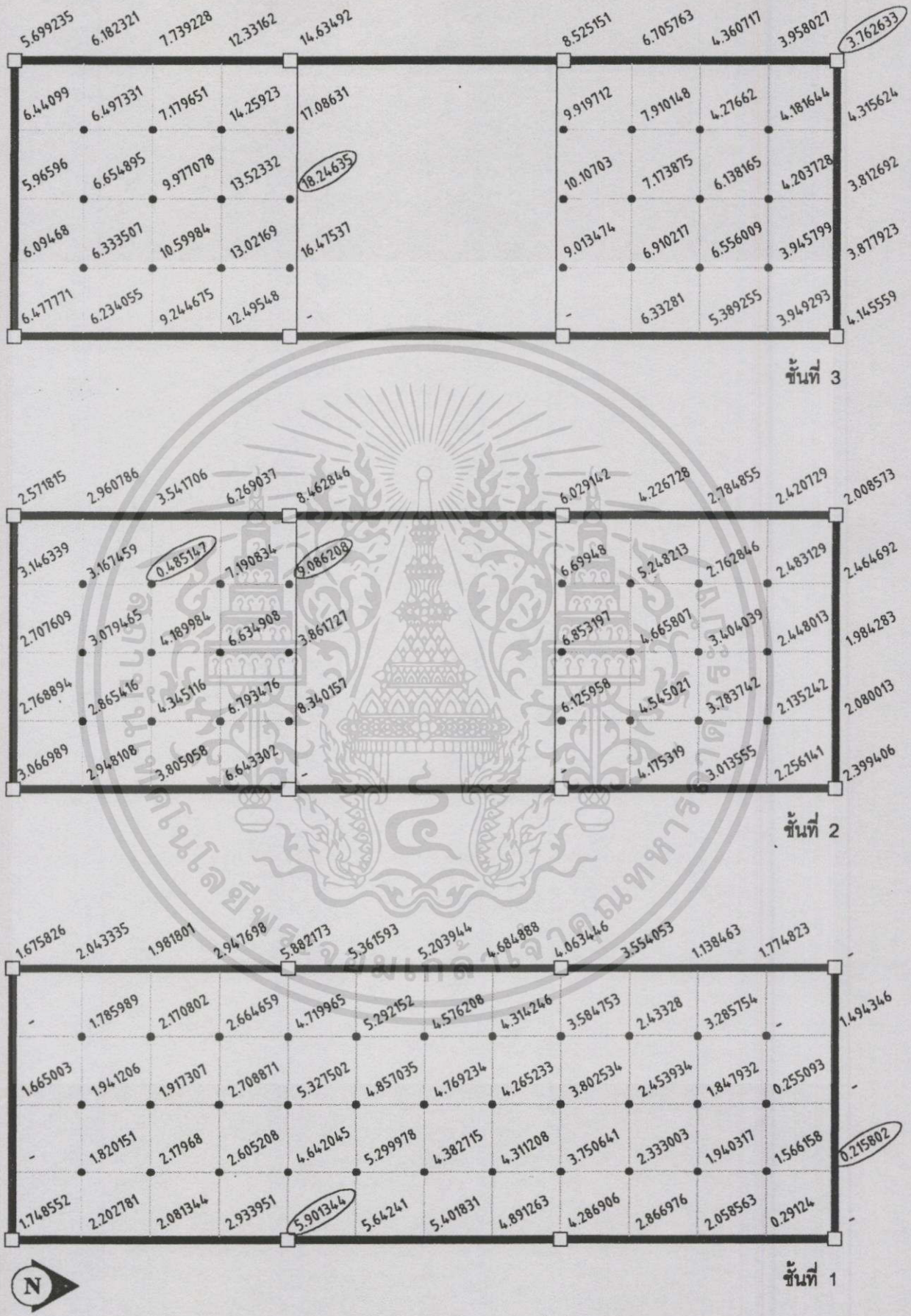


รูปที่ 19 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

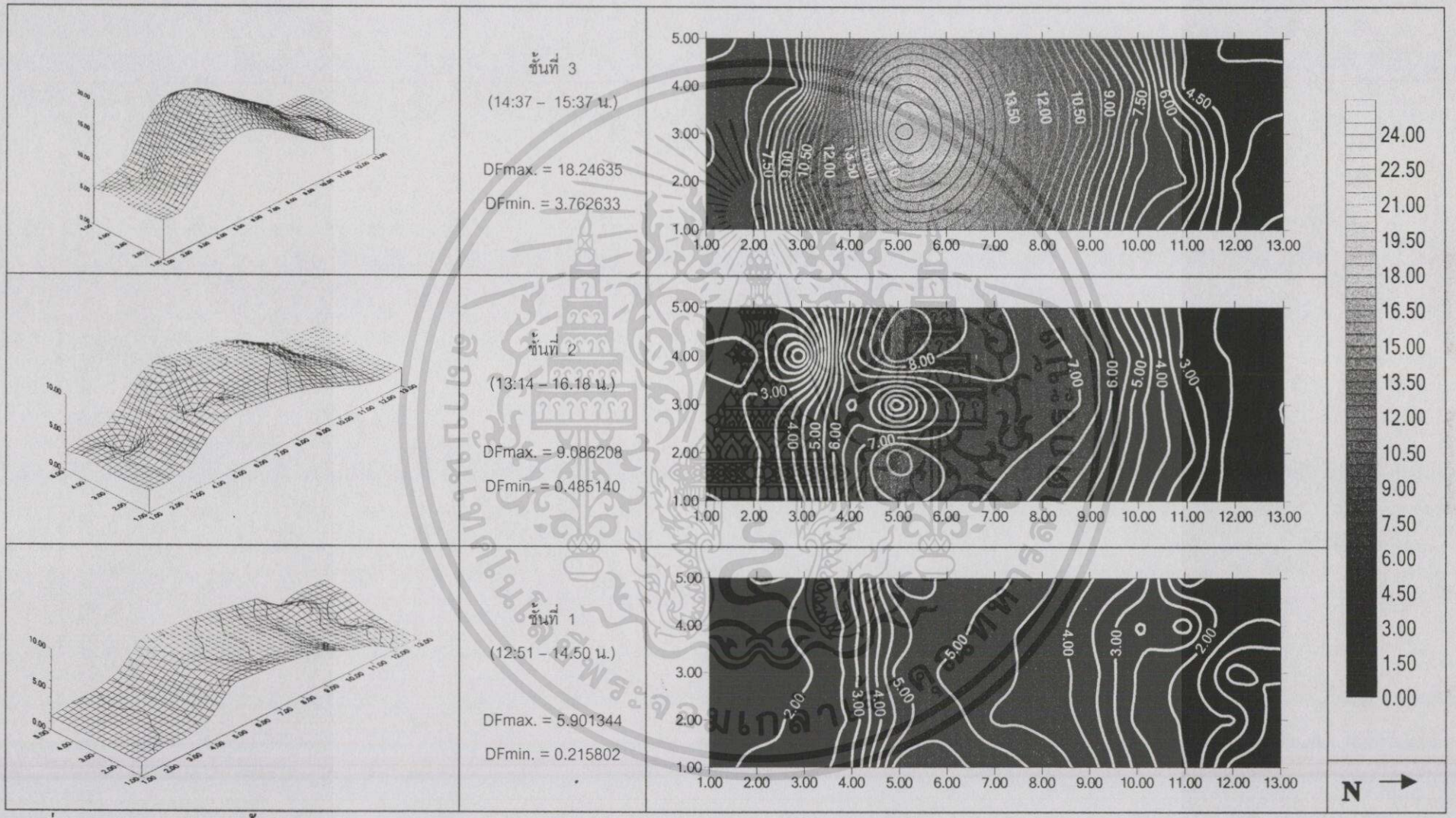


รูปที่ 20 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงเช้า

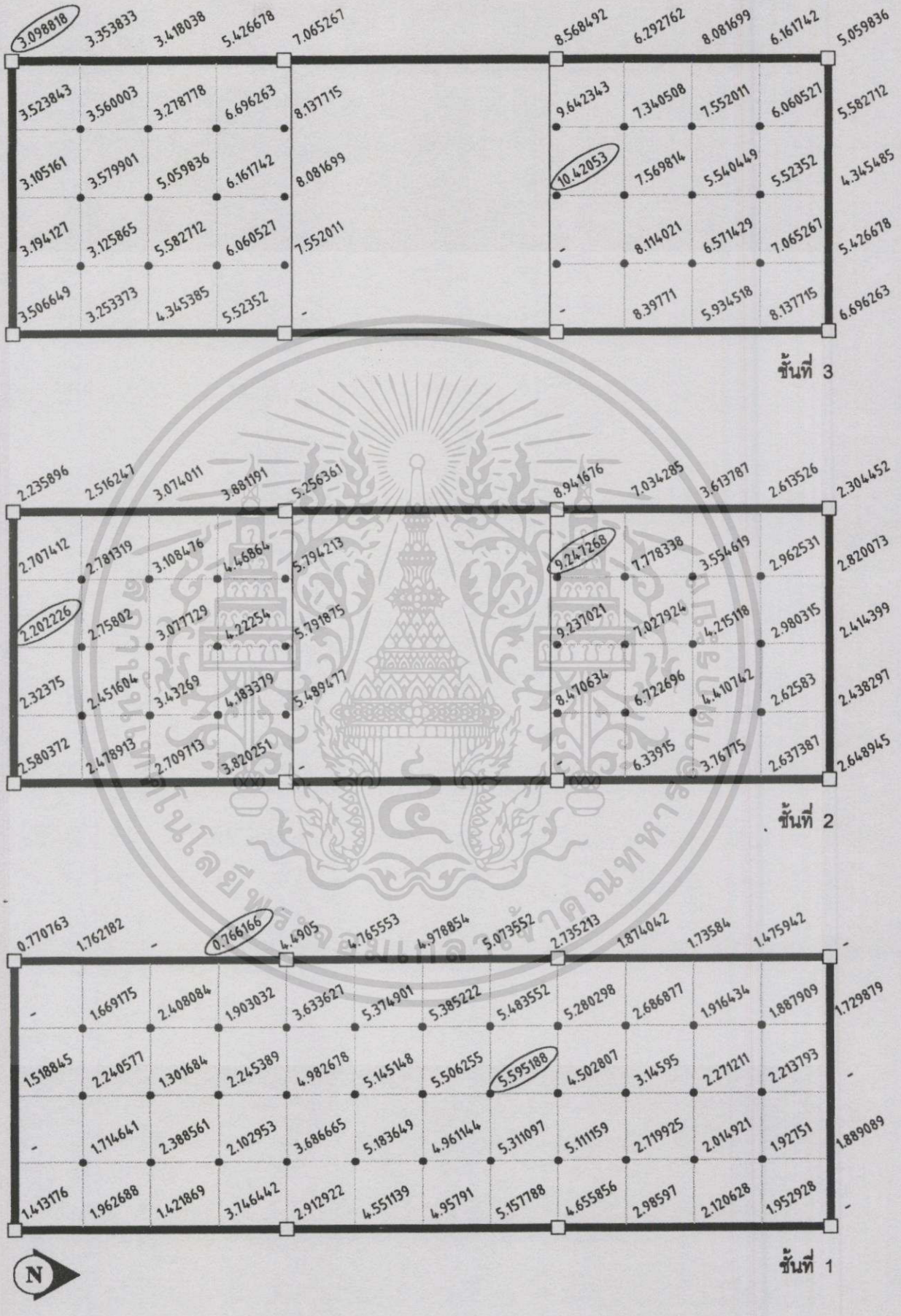


รูปที่ 21 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

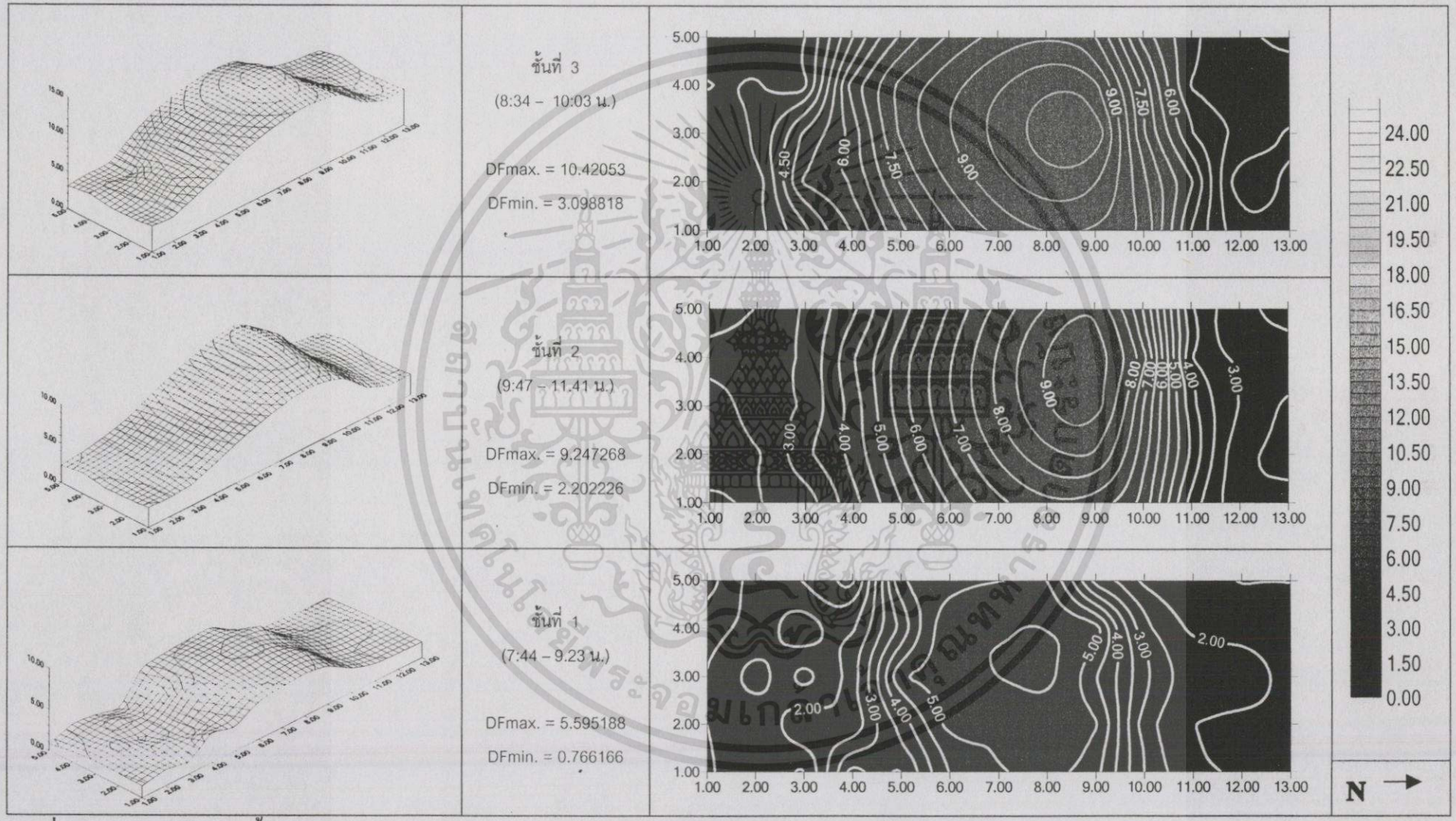


รูปที่ 22 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor **ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงบ่าย**

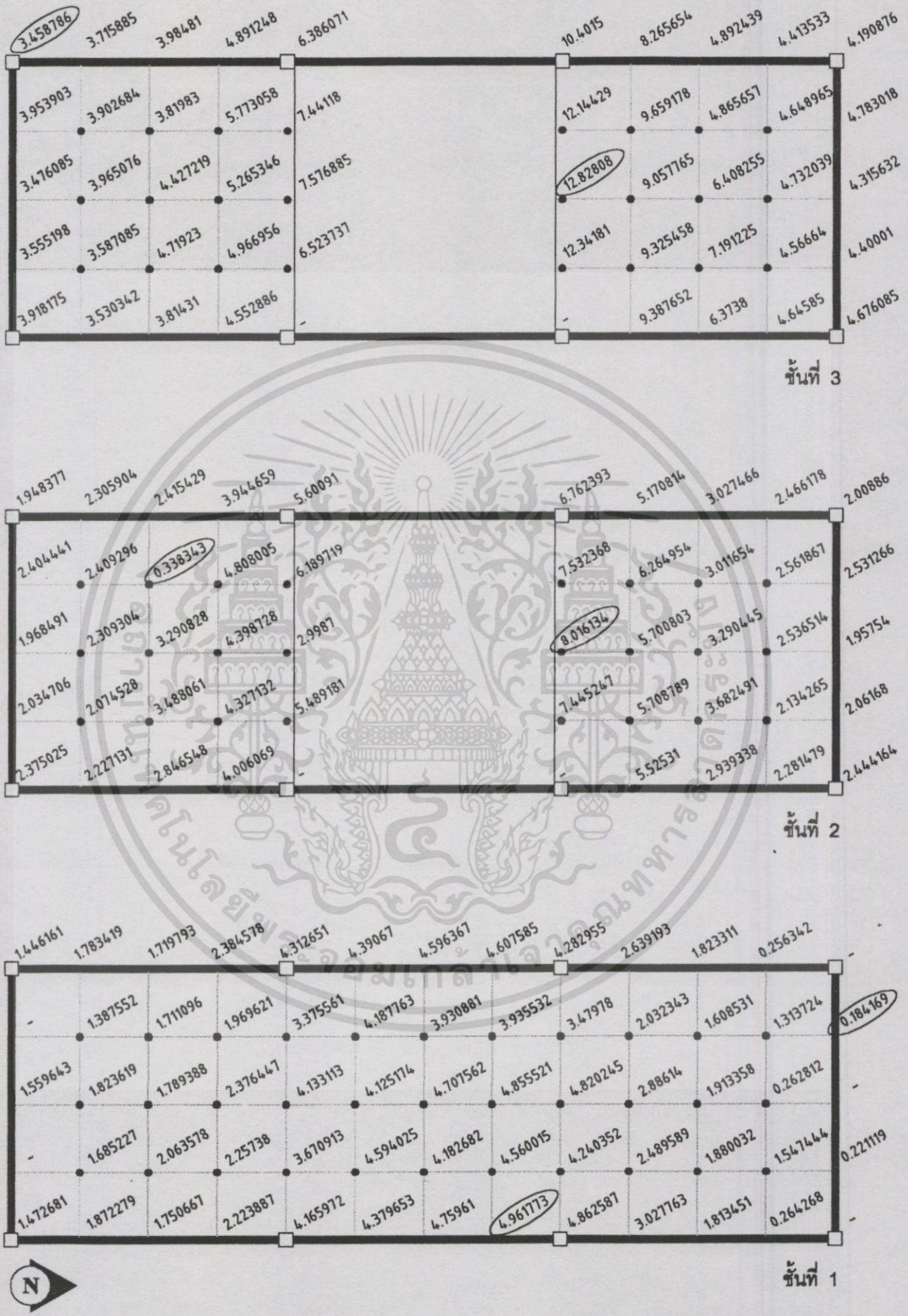


รูปที่ 23 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

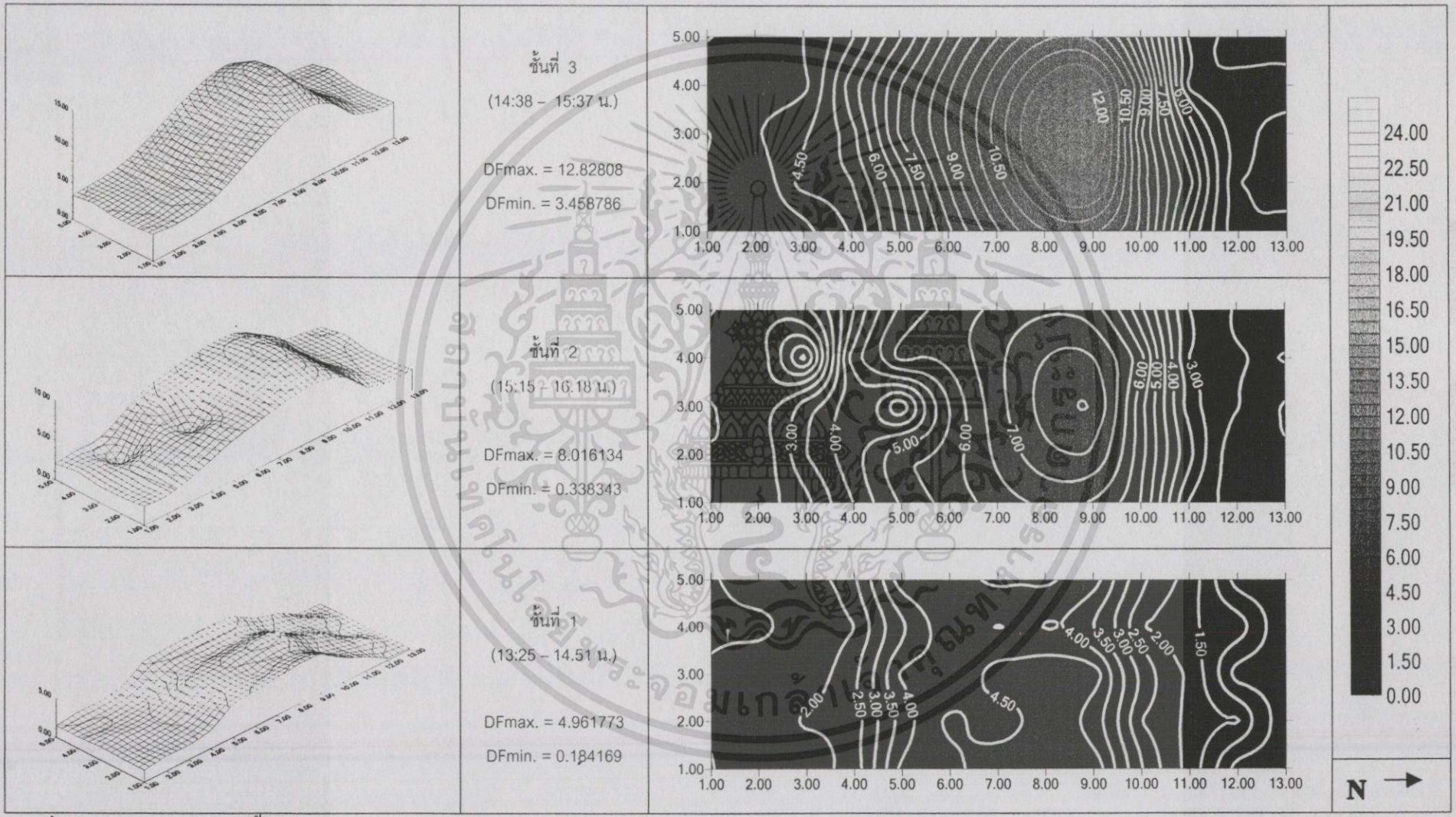


รูปที่ 24 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงเช้า

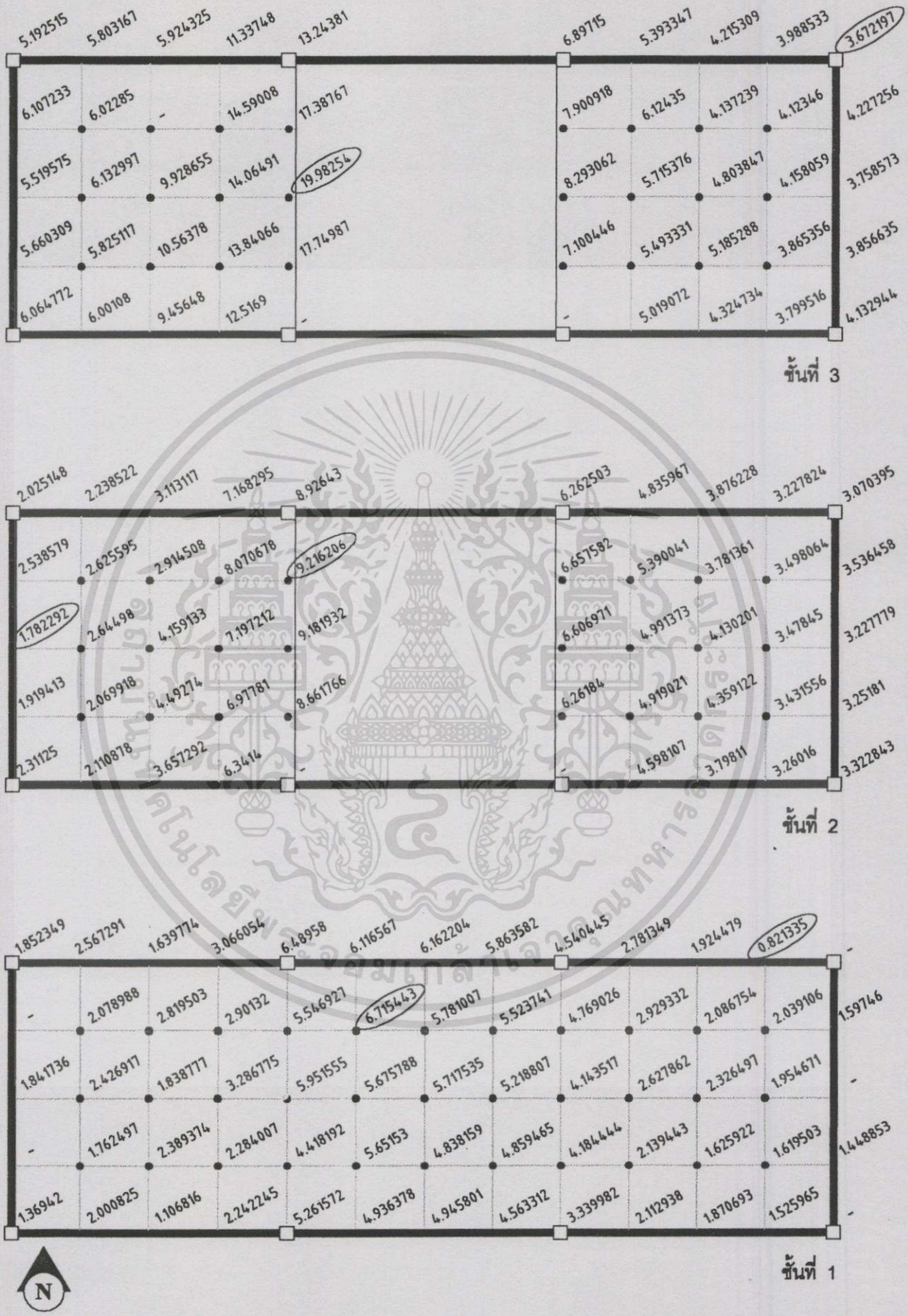


รูปที่ 25 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

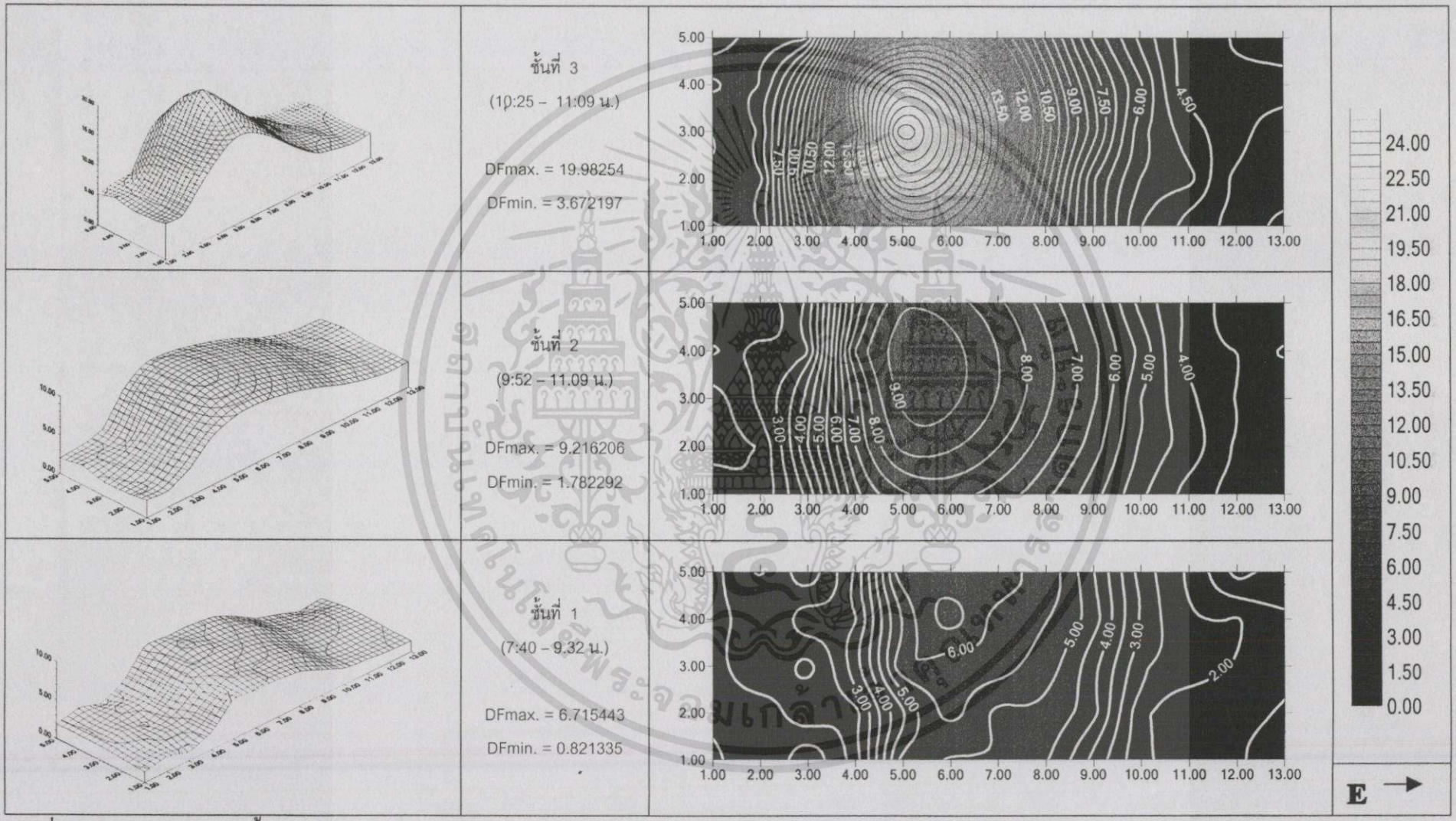


รูปที่ 26 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงบ่าย

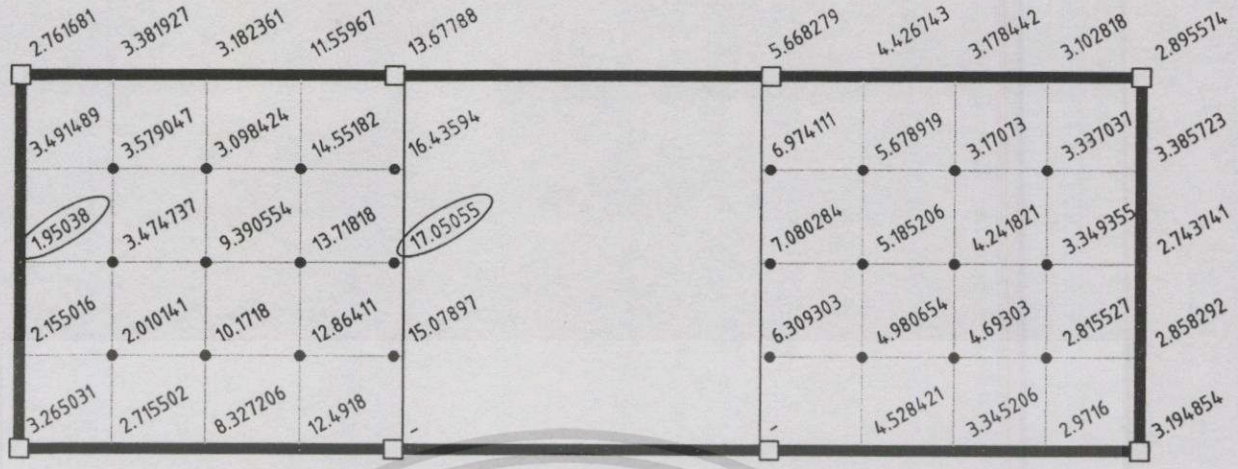


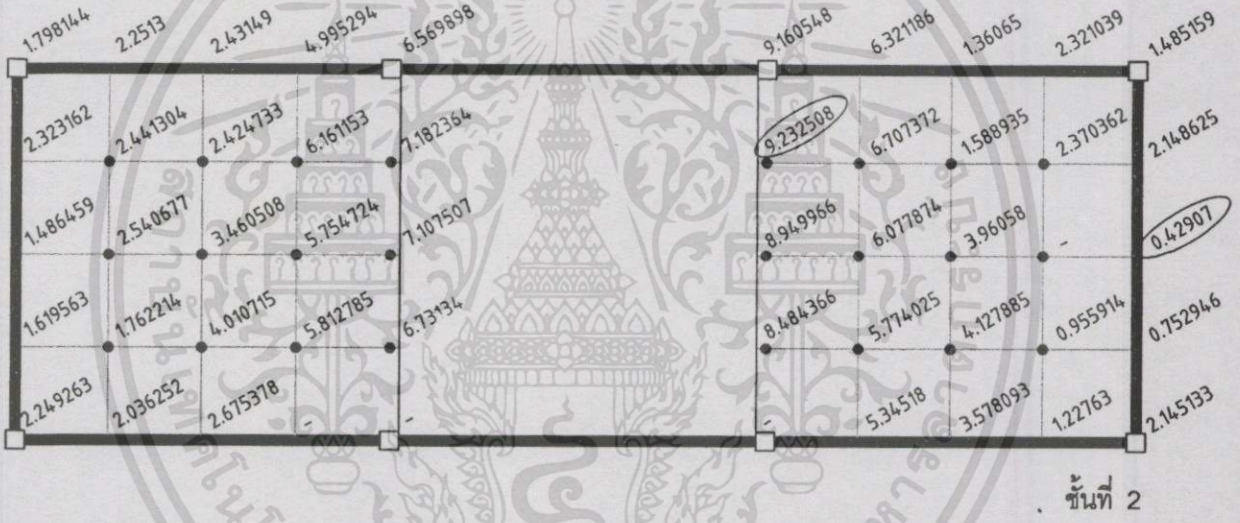
รูปที่ 27 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงเช้า

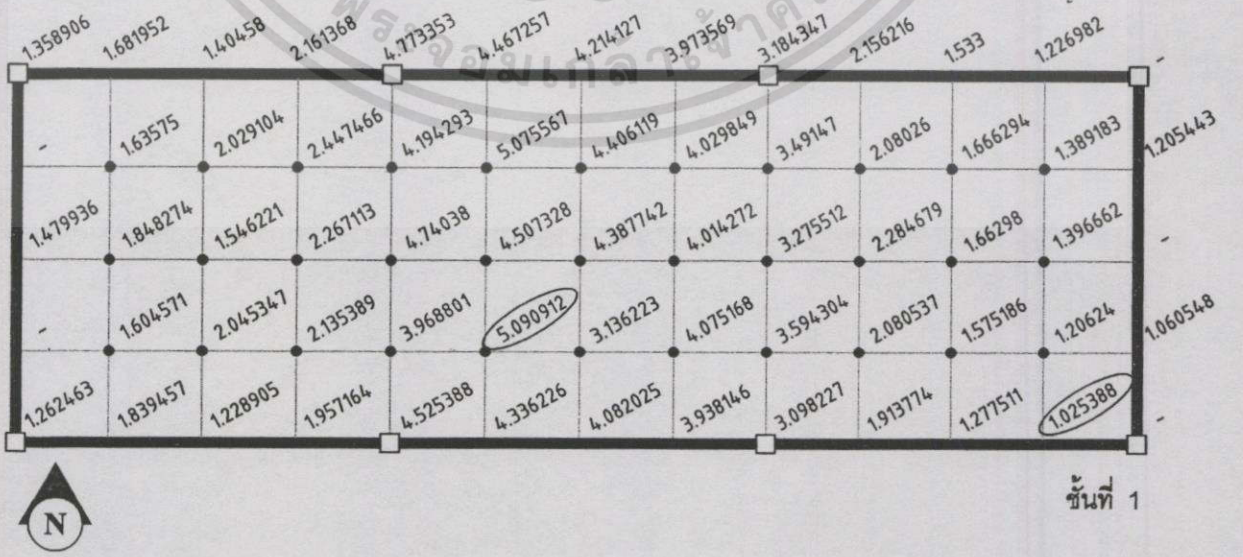
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 28 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงเช้า

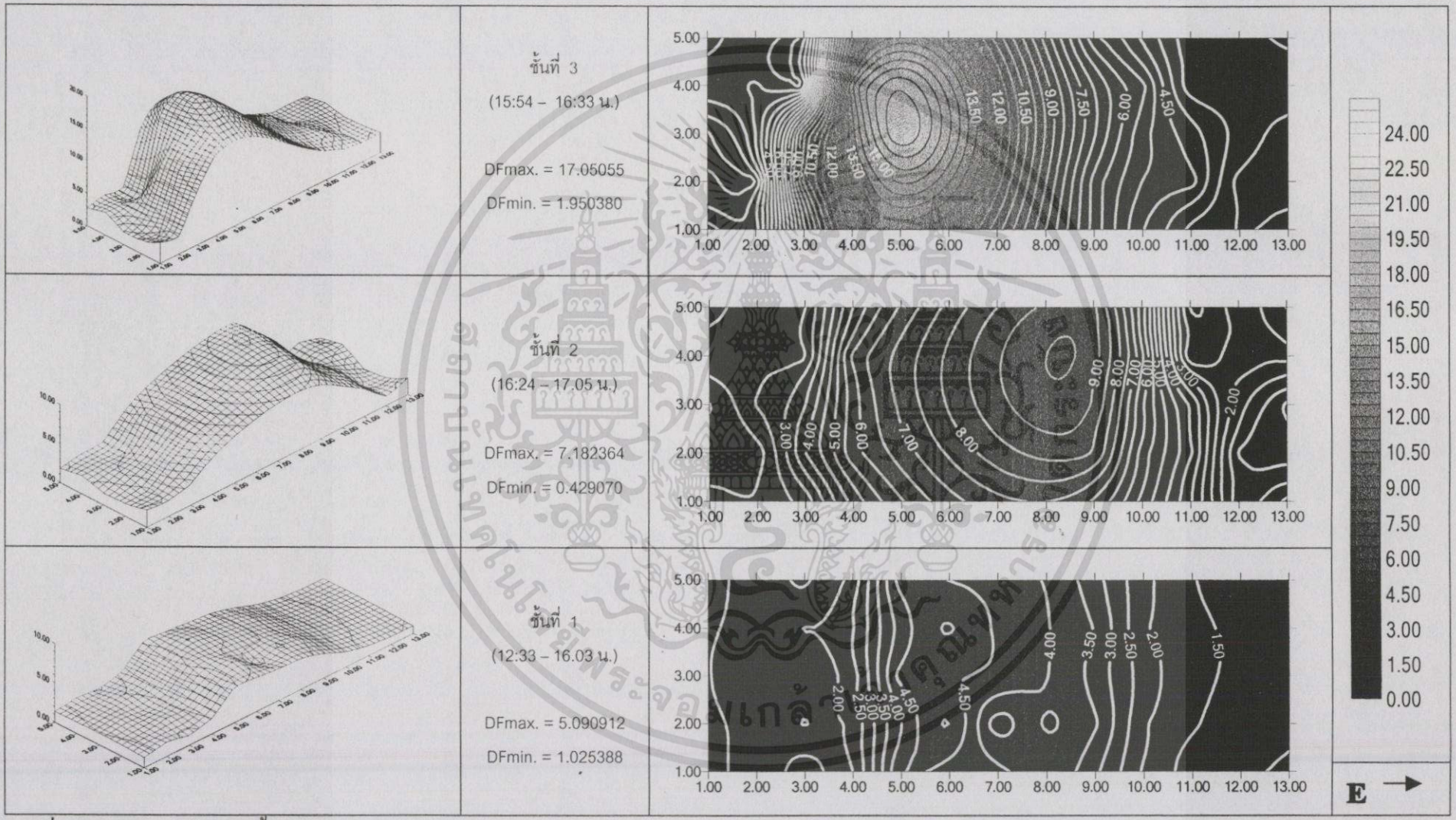




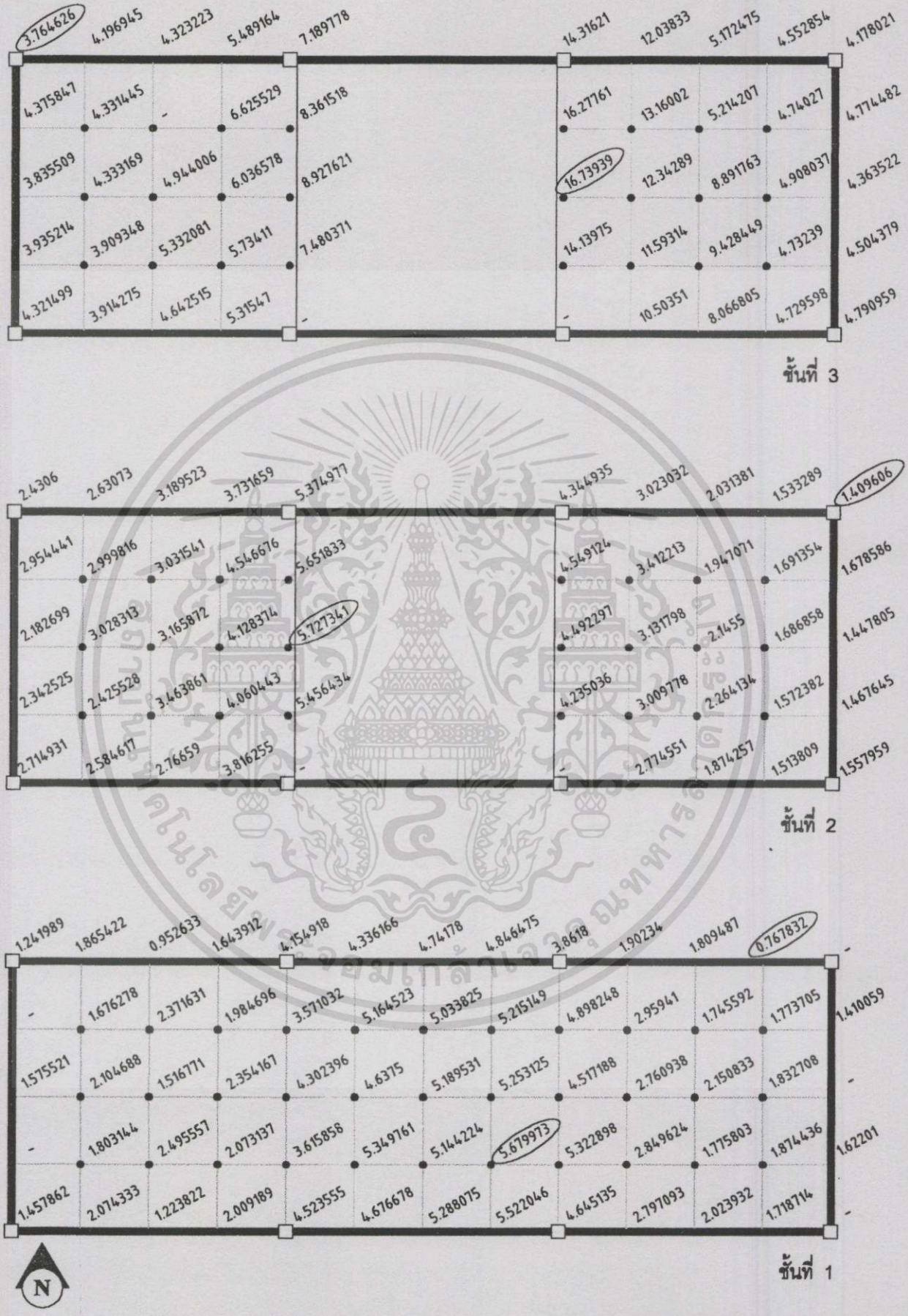


รูปที่ 29 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

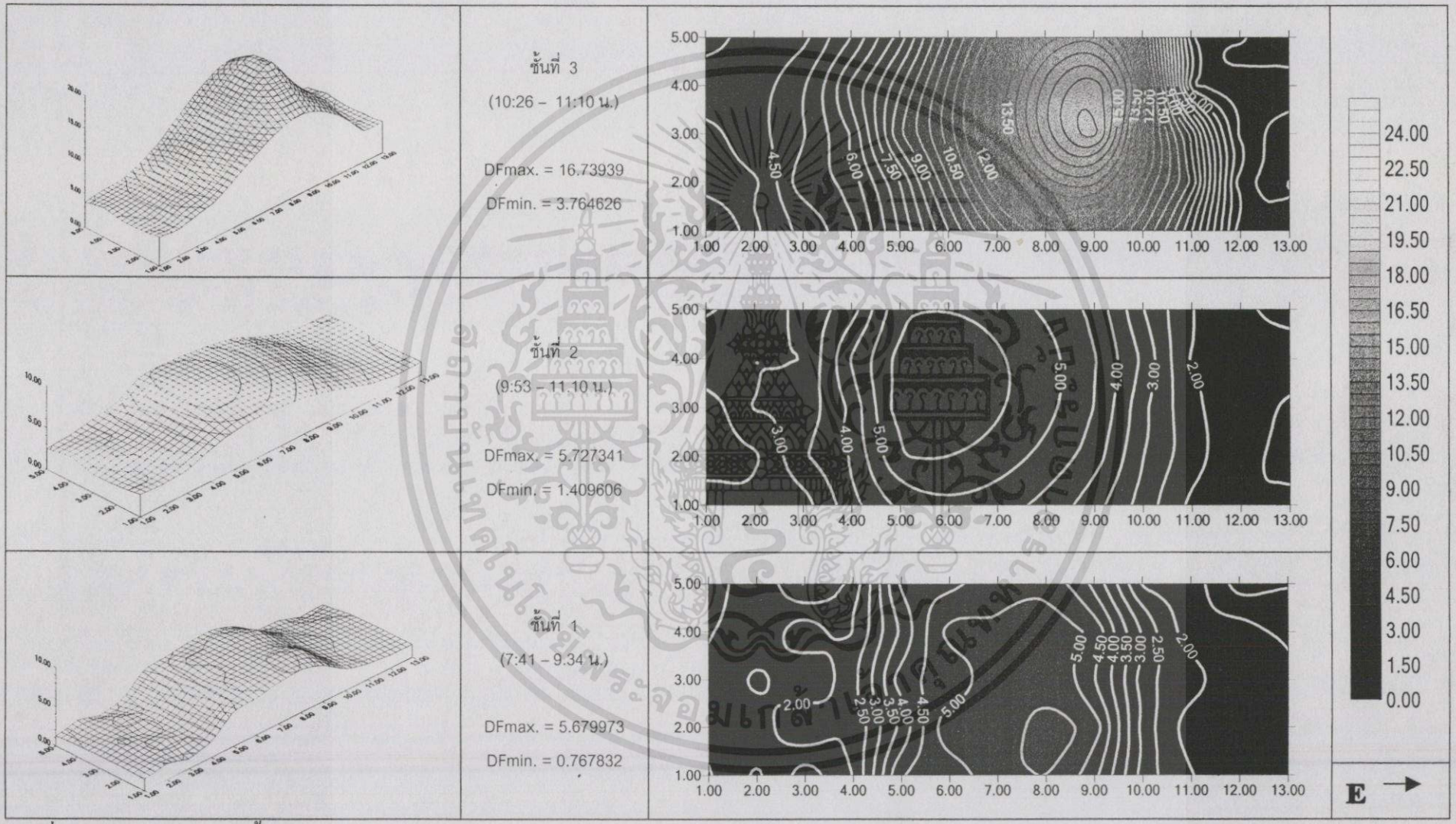


รูปที่ 30 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงบ่าย

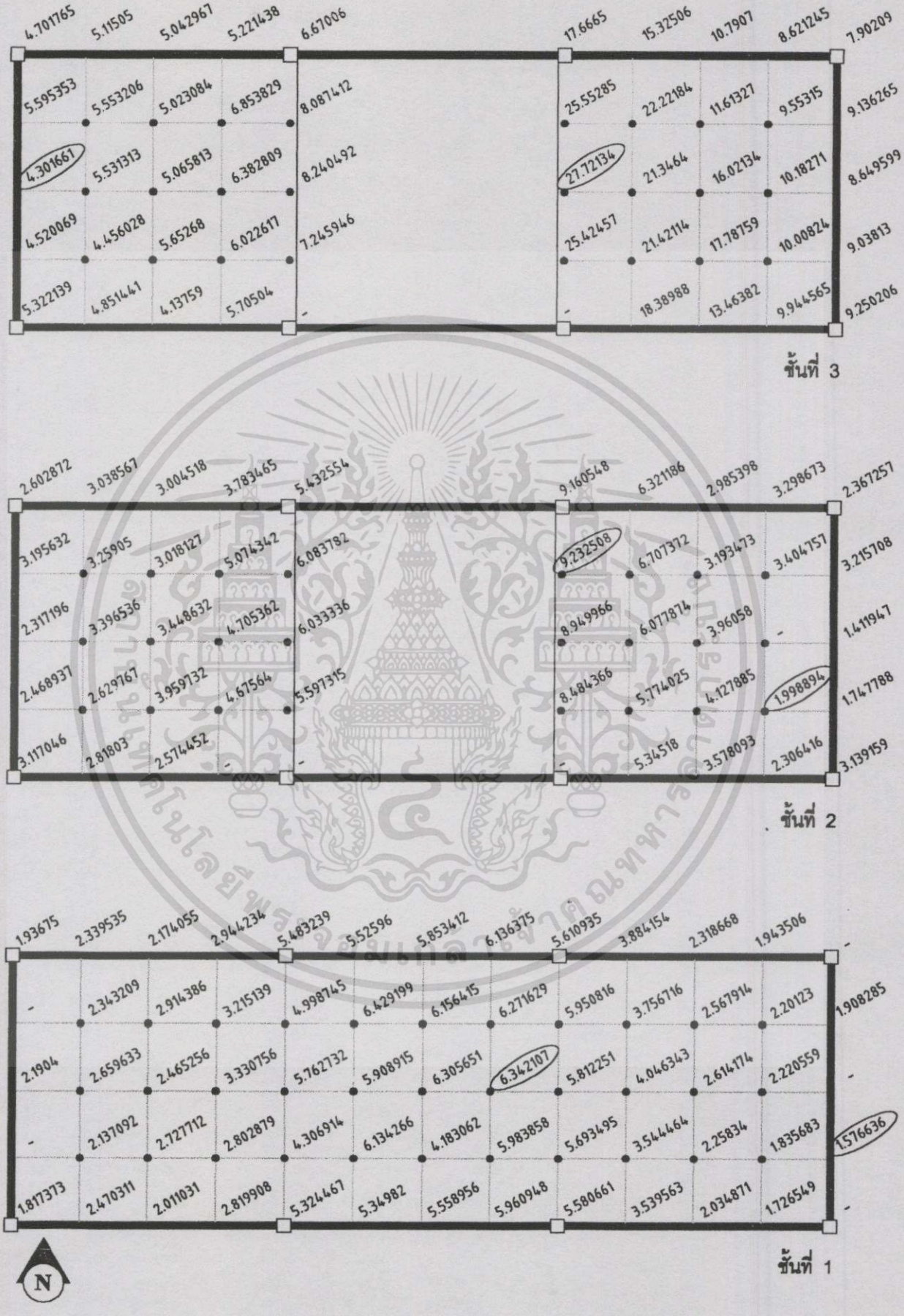


รูปที่ 31 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

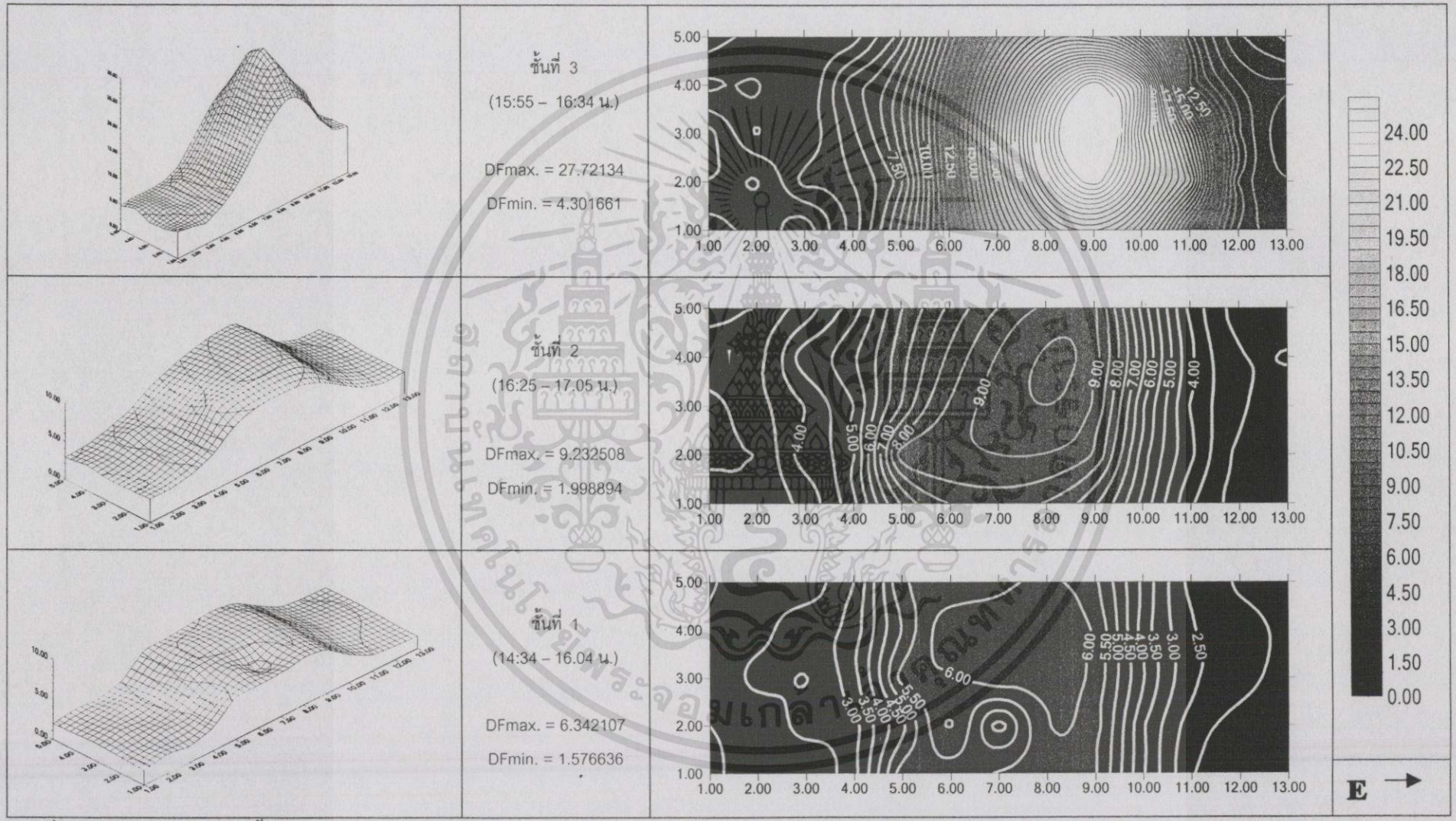


รูปที่ 32 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงเช้า



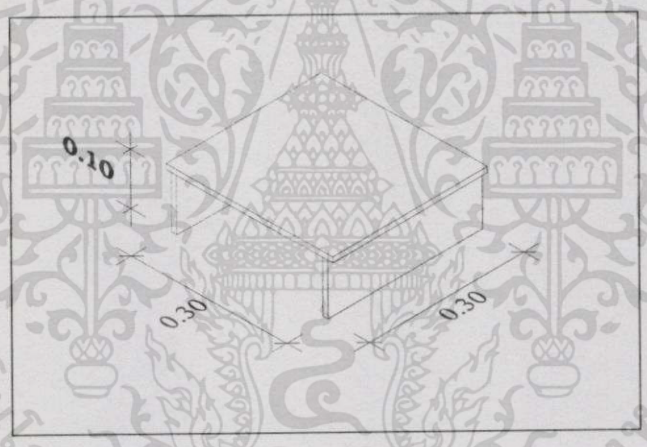
รูปที่ 33 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

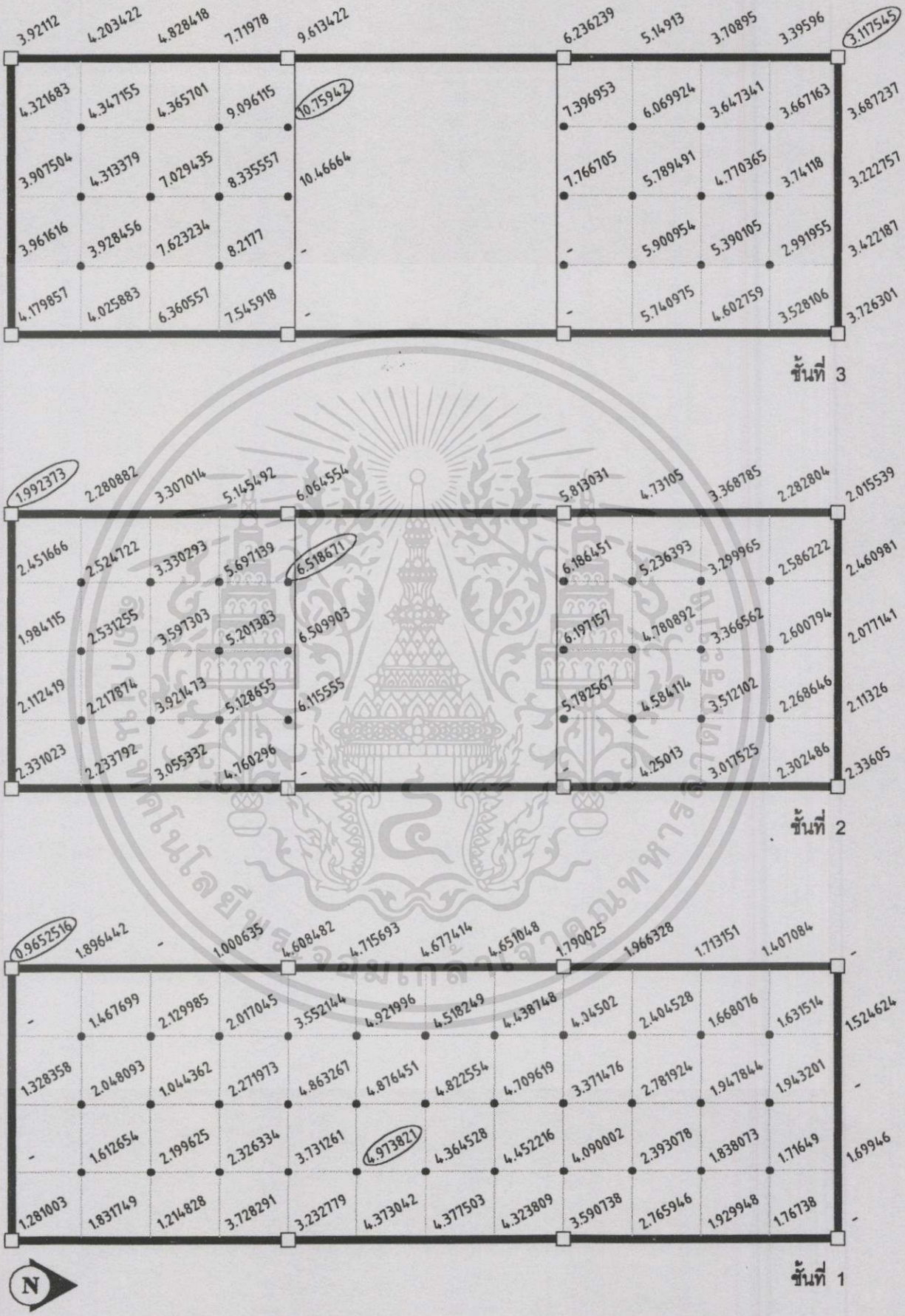


รูปที่ 34 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 2 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงบ่าย

MONITOR

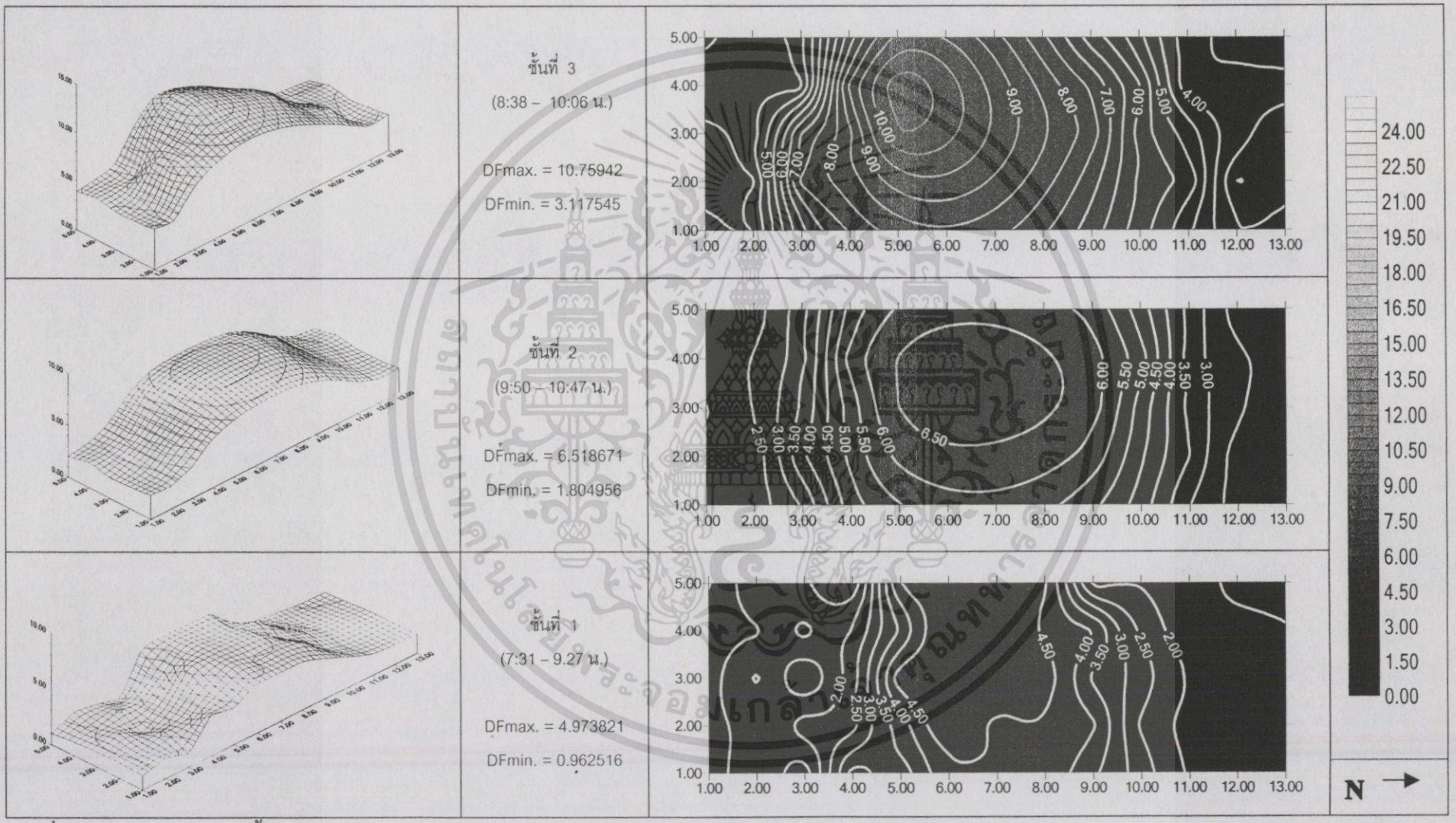


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

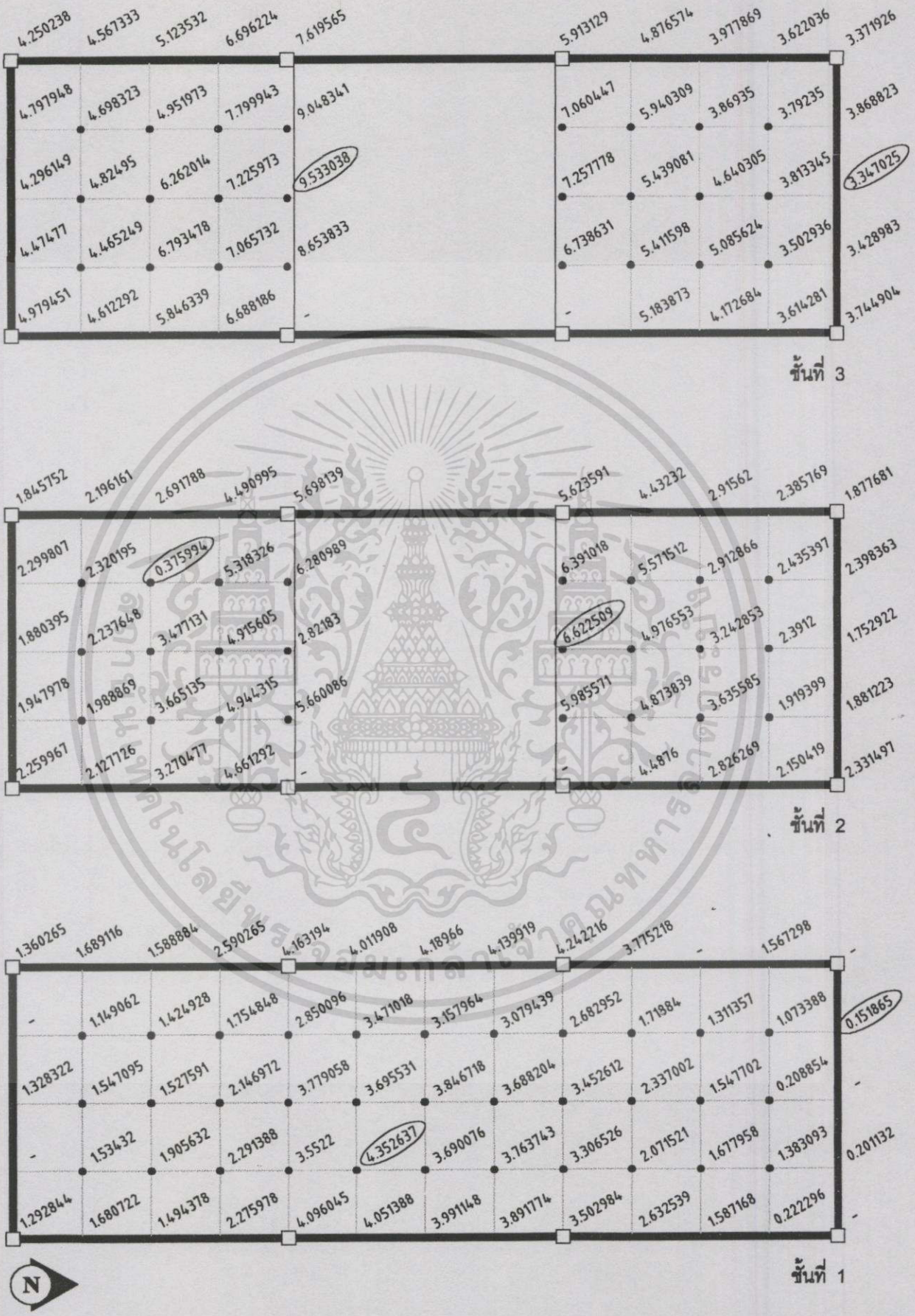


รูปที่ 35 ค่า Daylight factor ของหลังคา Monitor หันหน้าทางทิศเหนือ - ใต้ ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

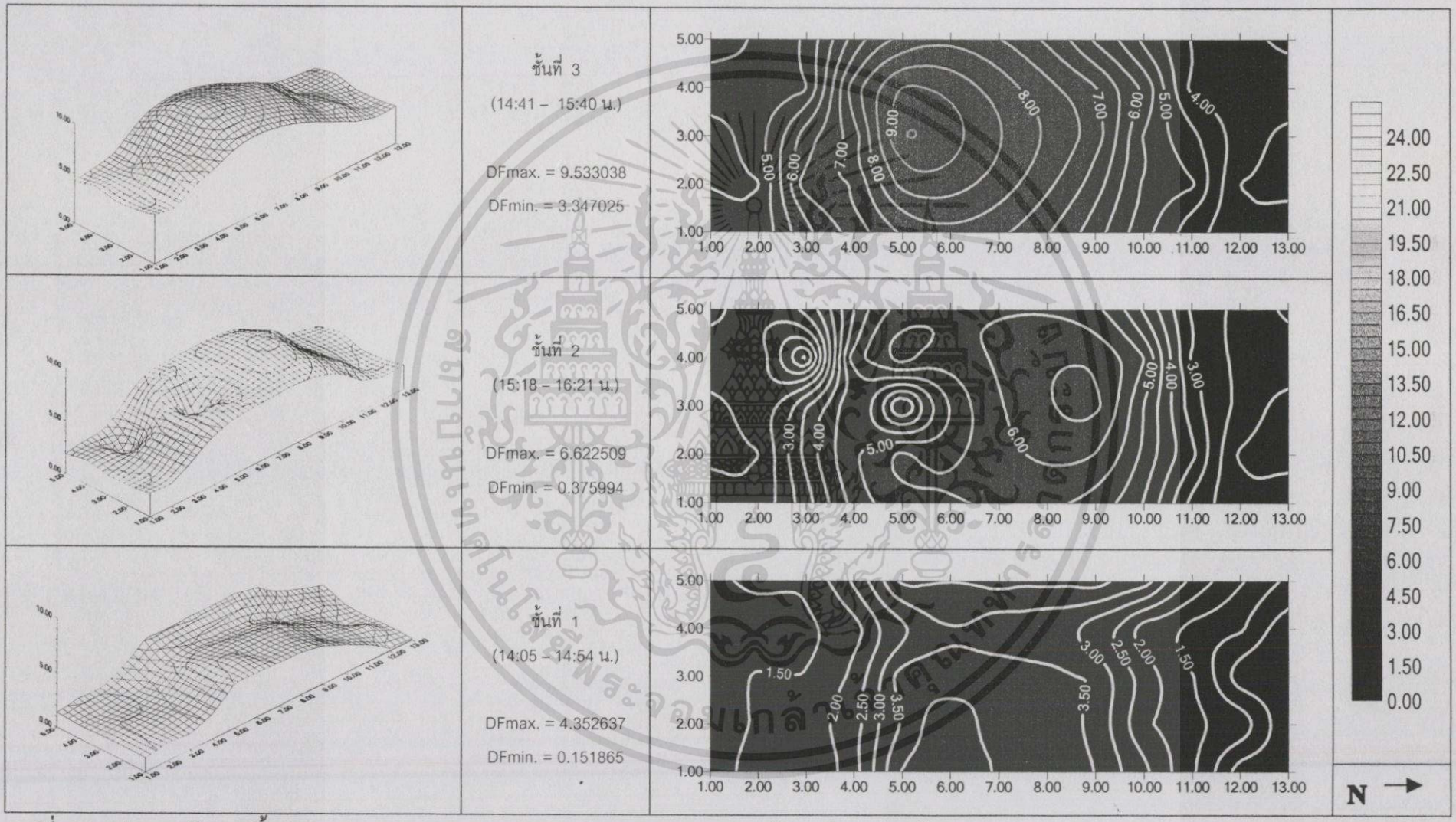


รูปที่ 36 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor หันหน้าทางทิศเหนือ-ใต้ ในช่วงเช้า

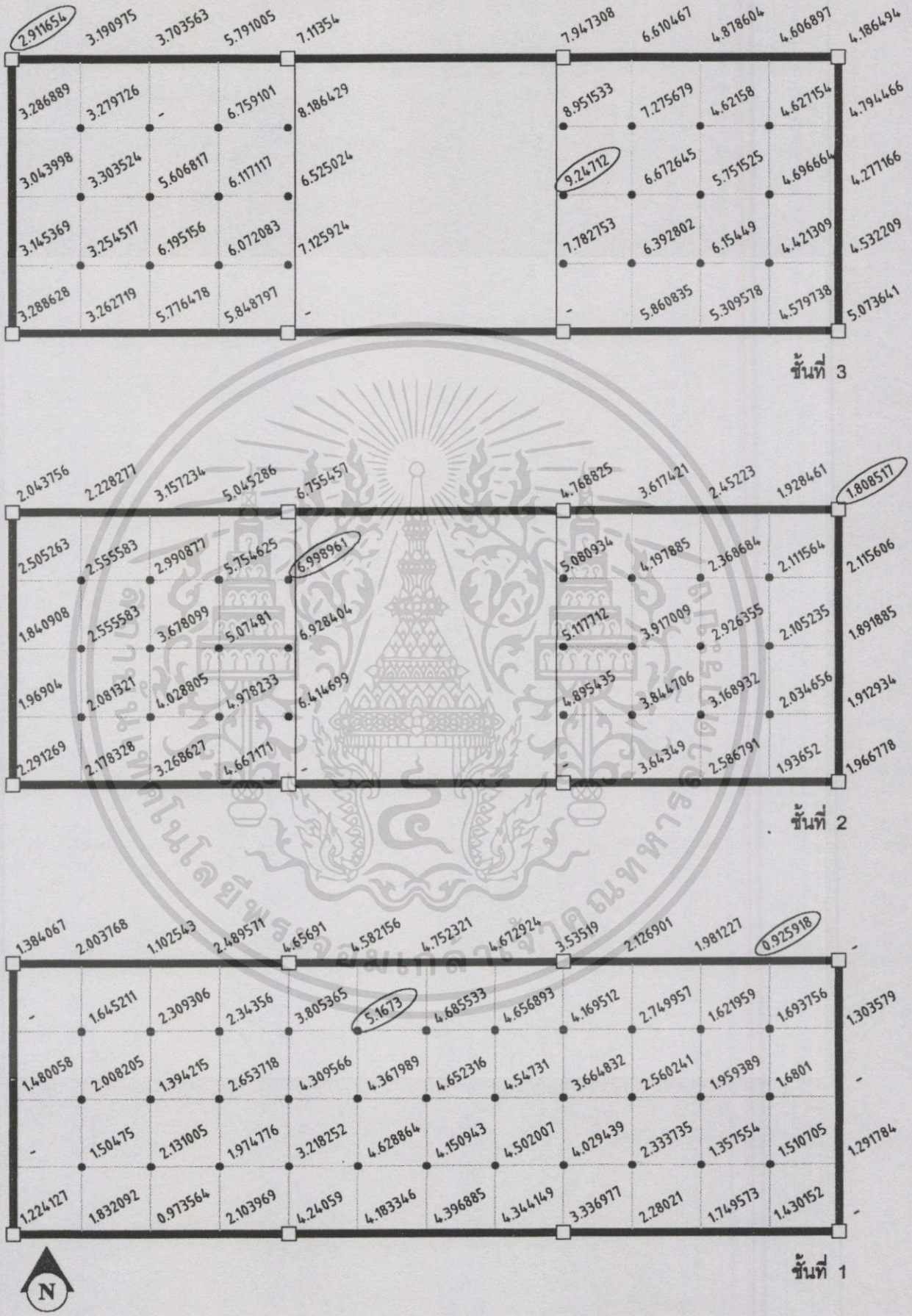


รูปที่ 37 ค่า Daylight factor ของหลังคา ของหลังคา Monitor หันหน้าทางทิศเหนือ - ใต้ ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

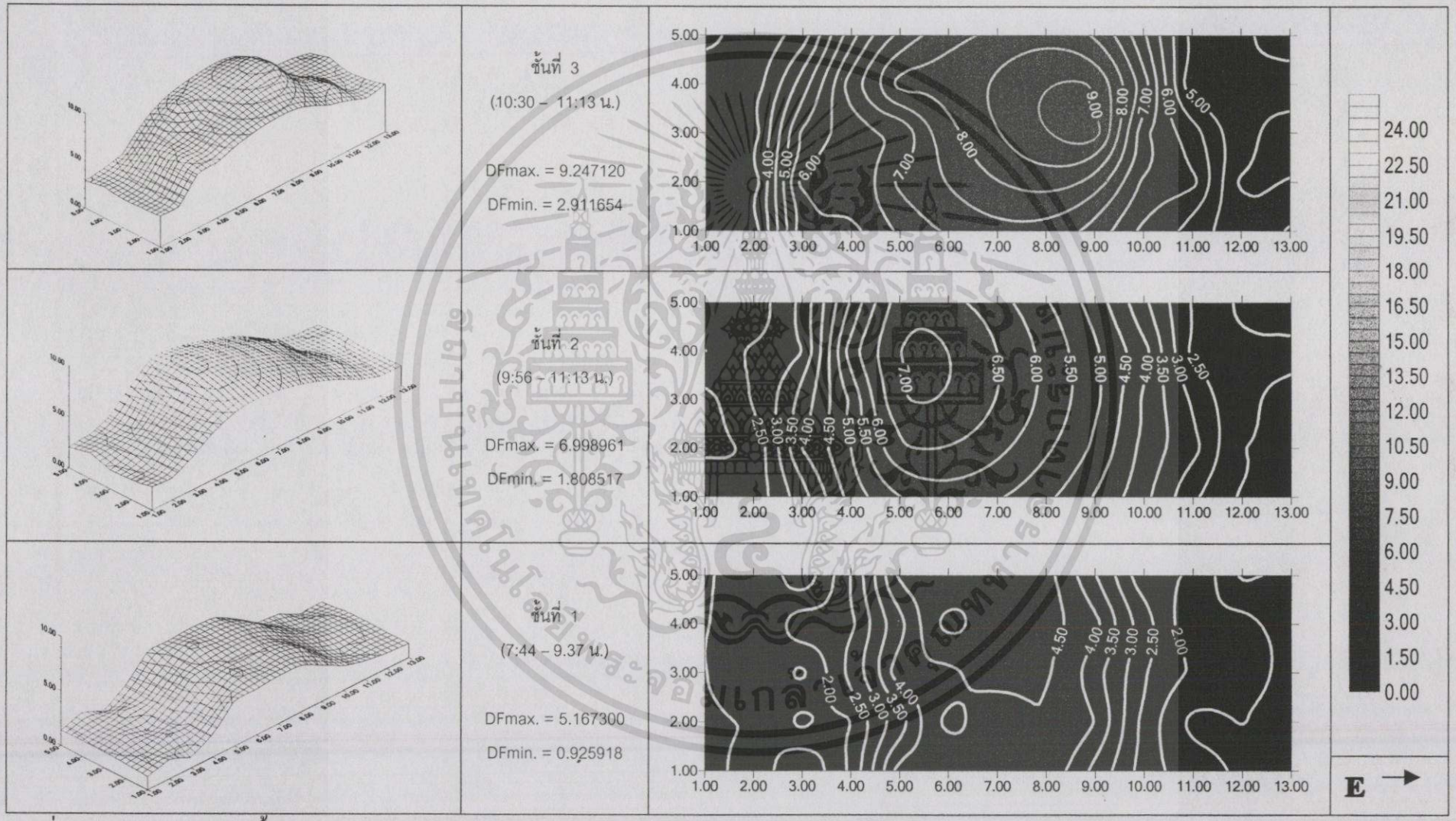


รูปที่ 38 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor หันหน้าทางทิศเหนือ-ใต้ ในช่วงบ่าย

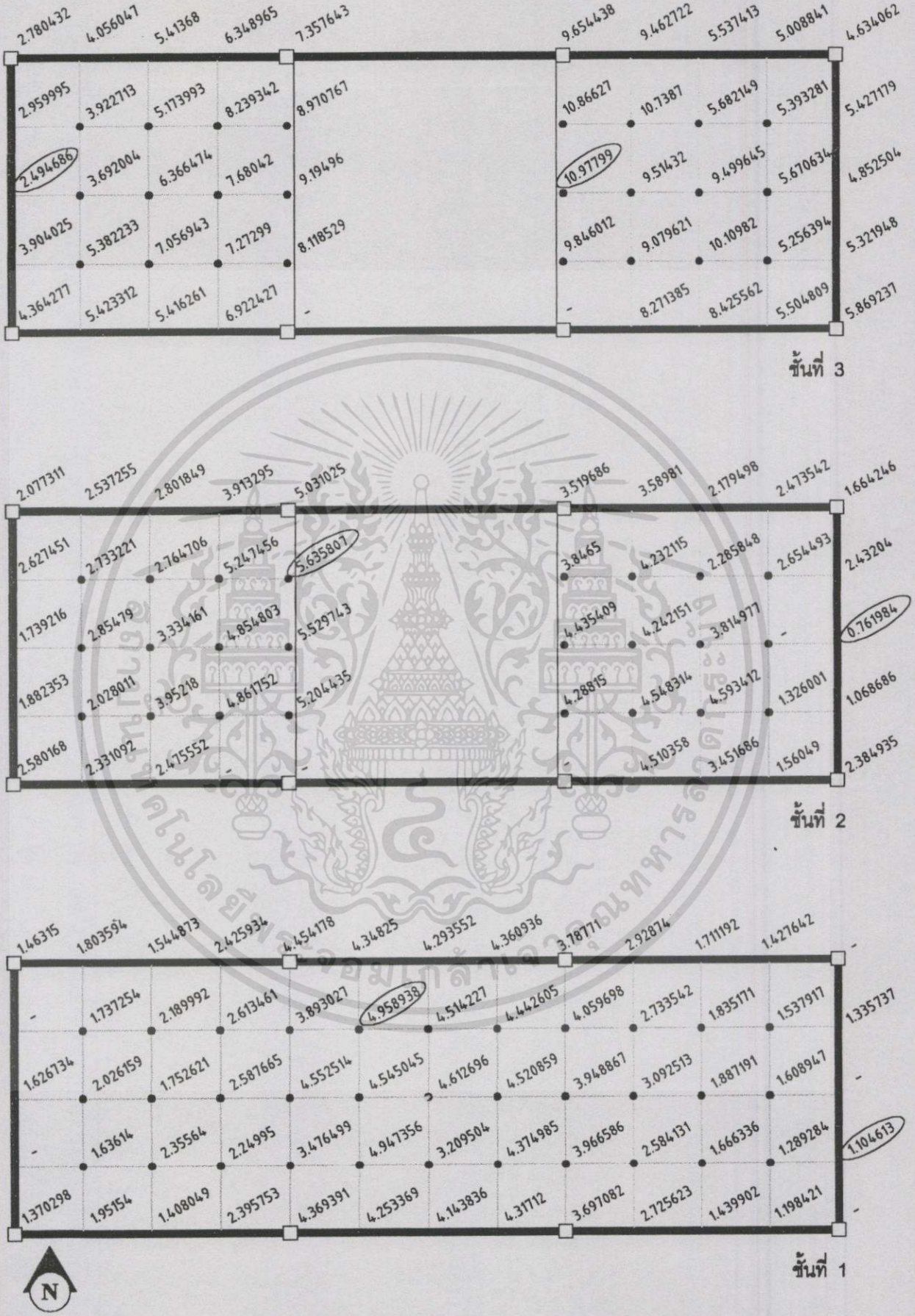


รูปที่ 39 ค่า Daylight factor ของหลังคา Monitor หันหน้าทางทิศตะวันออก - ตะวันตก ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

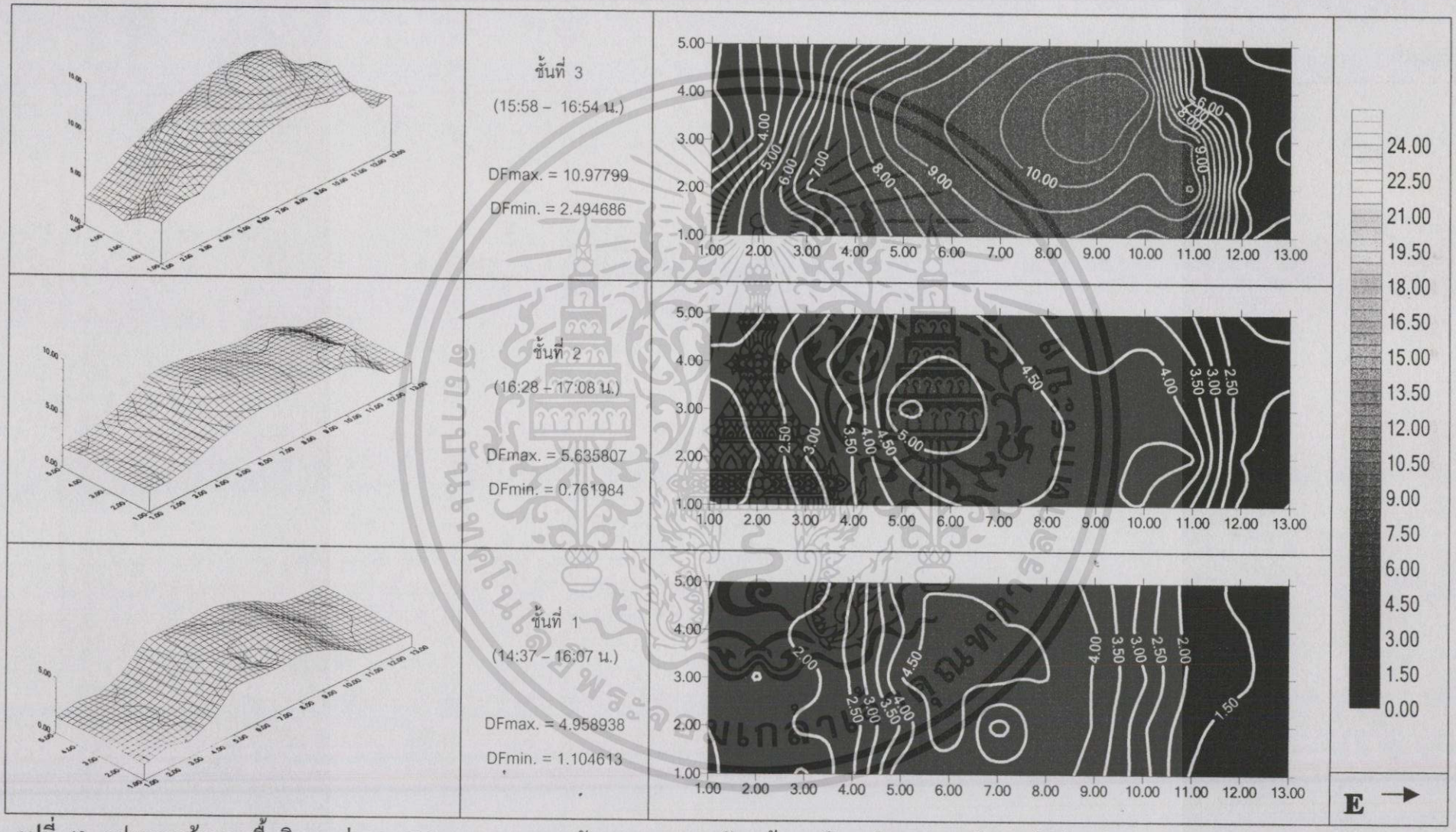


รูปที่ 40 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor หันหน้าทางทิศตะวันออก-ตะวันตก ในช่วงเช้า



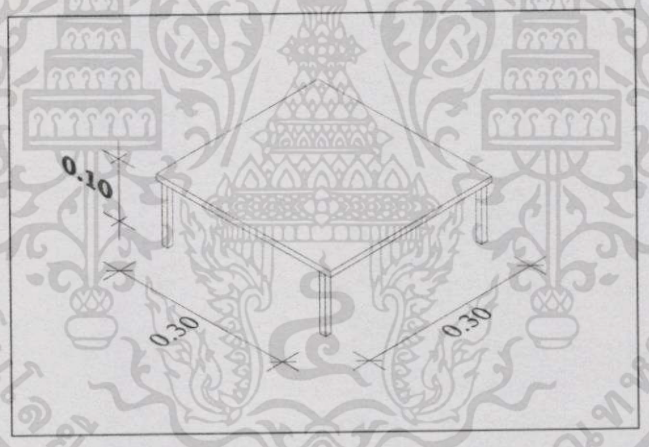
รูปที่ 41 ค่า Daylight factor ของหลังคา ของหลังคา Monitor หันหน้าทางทิศตะวันออก - ตะวันตก ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

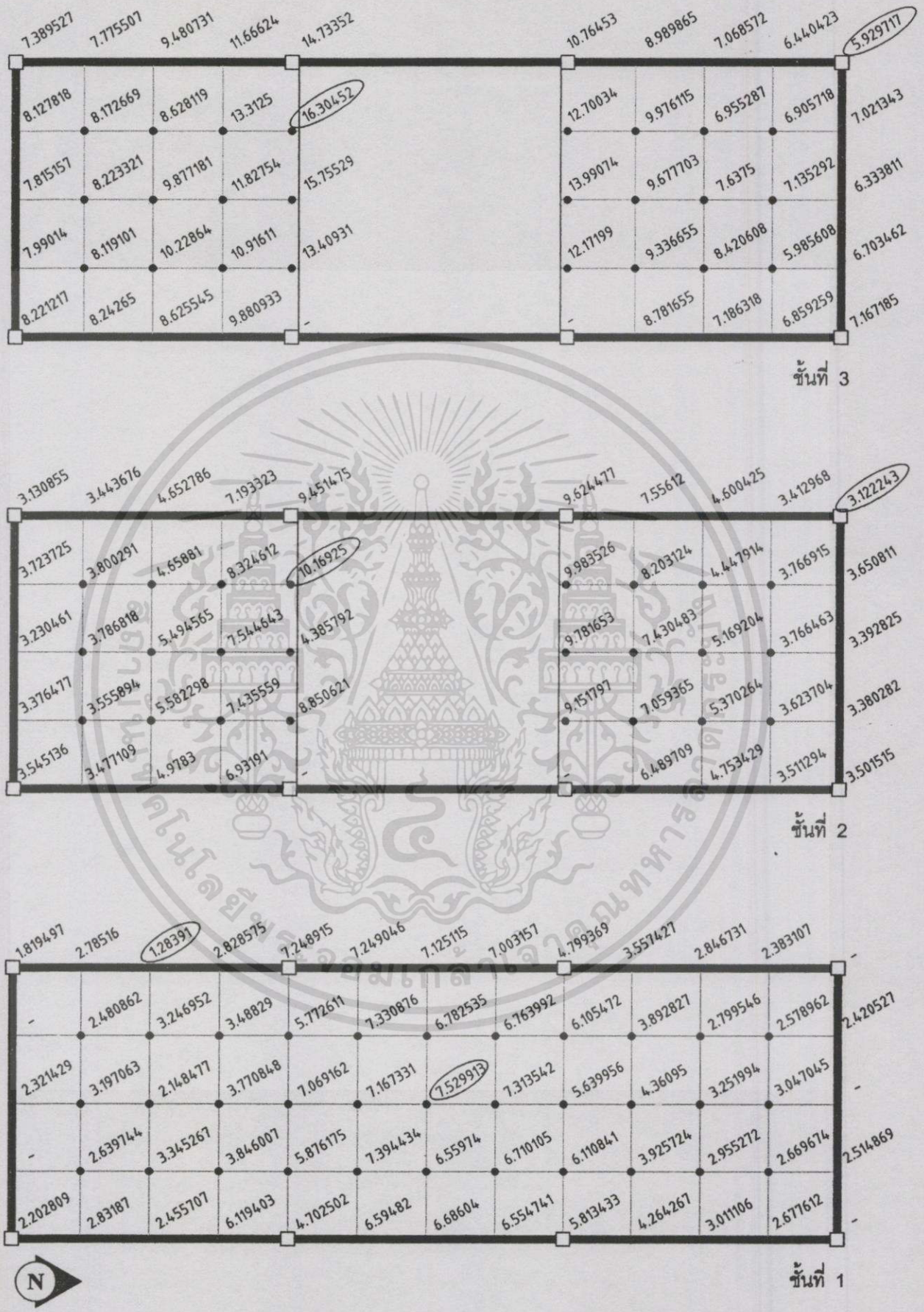


รูปที่ 42 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor หันหน้าทางทิศตะวันออก-ตะวันตก ในช่วงบ่าย

MONITOR 4 ทิศทาง

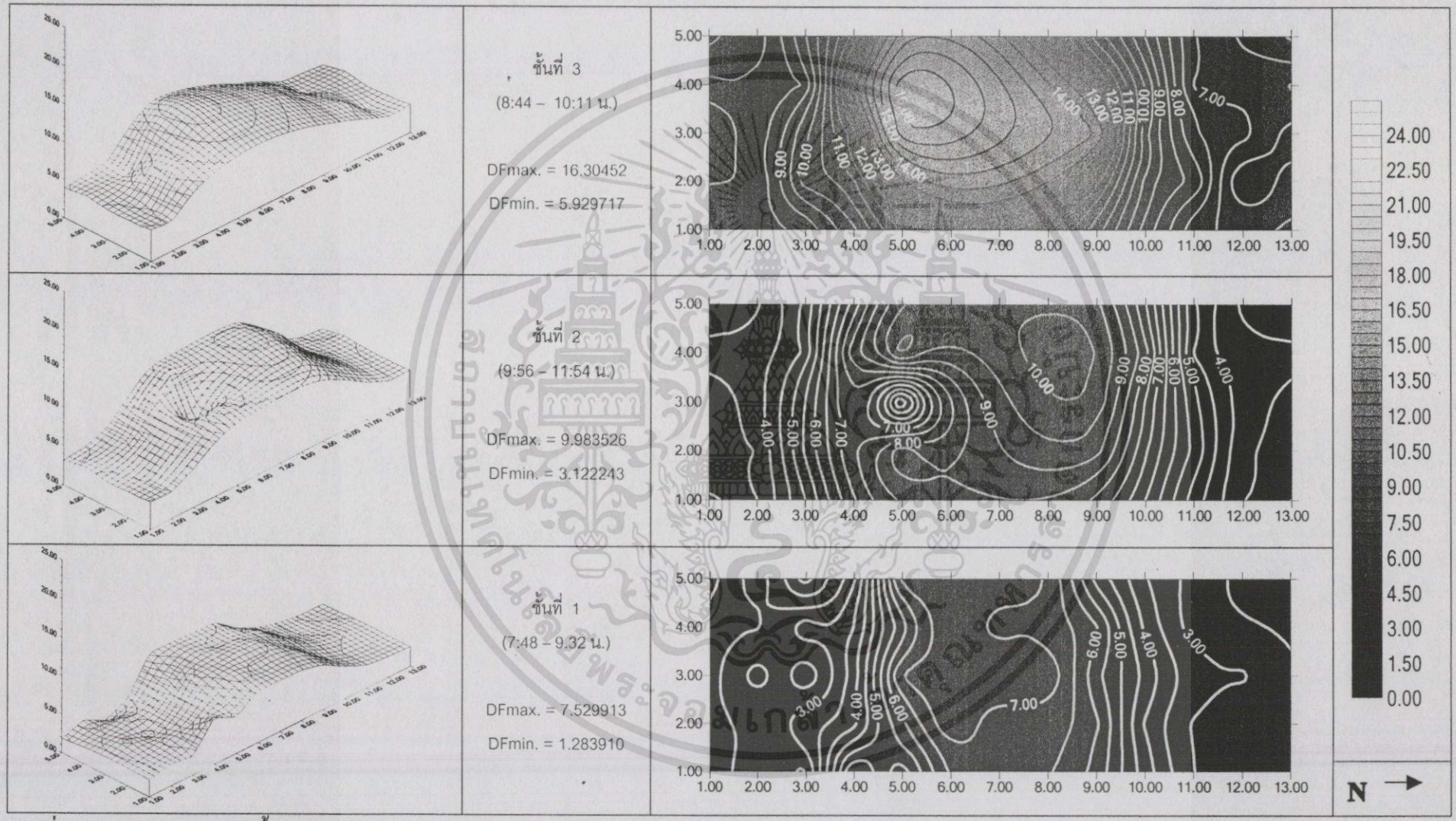


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

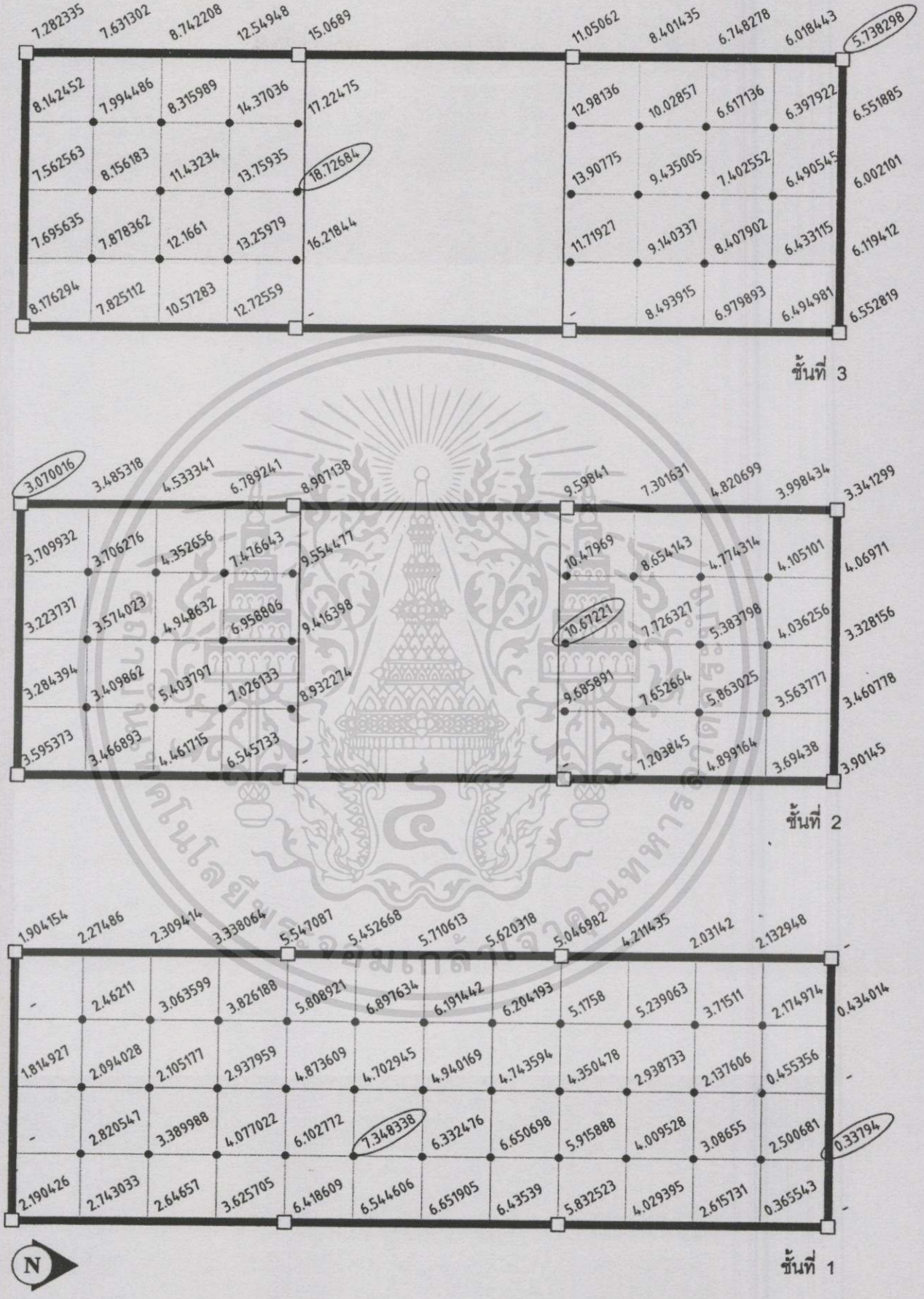


รูปที่ 43 ค่า Daylight factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศเหนือ - ใต้ ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

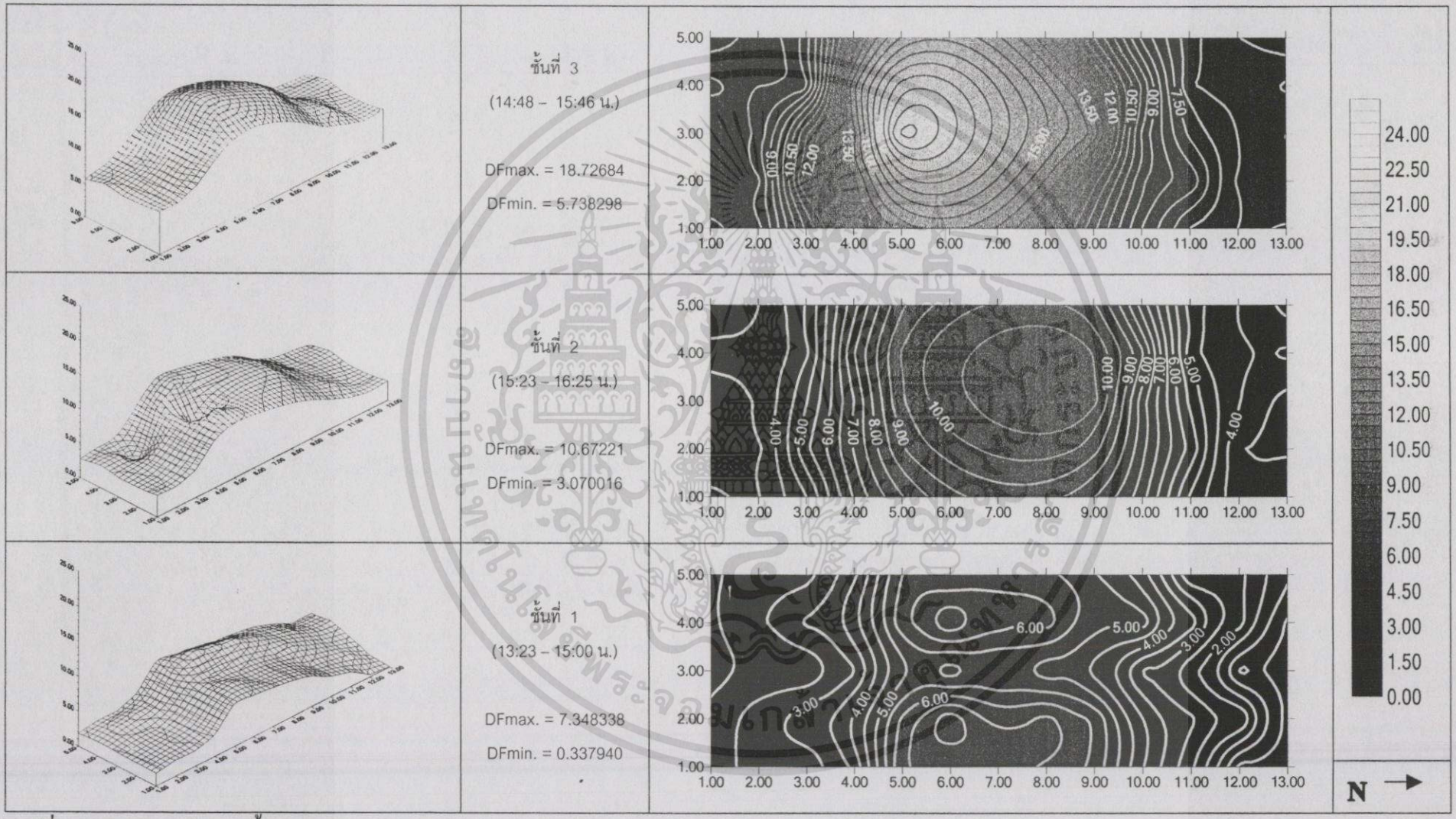


รูปที่ 44 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศเหนือ-ใต้ ในช่วงเช้า

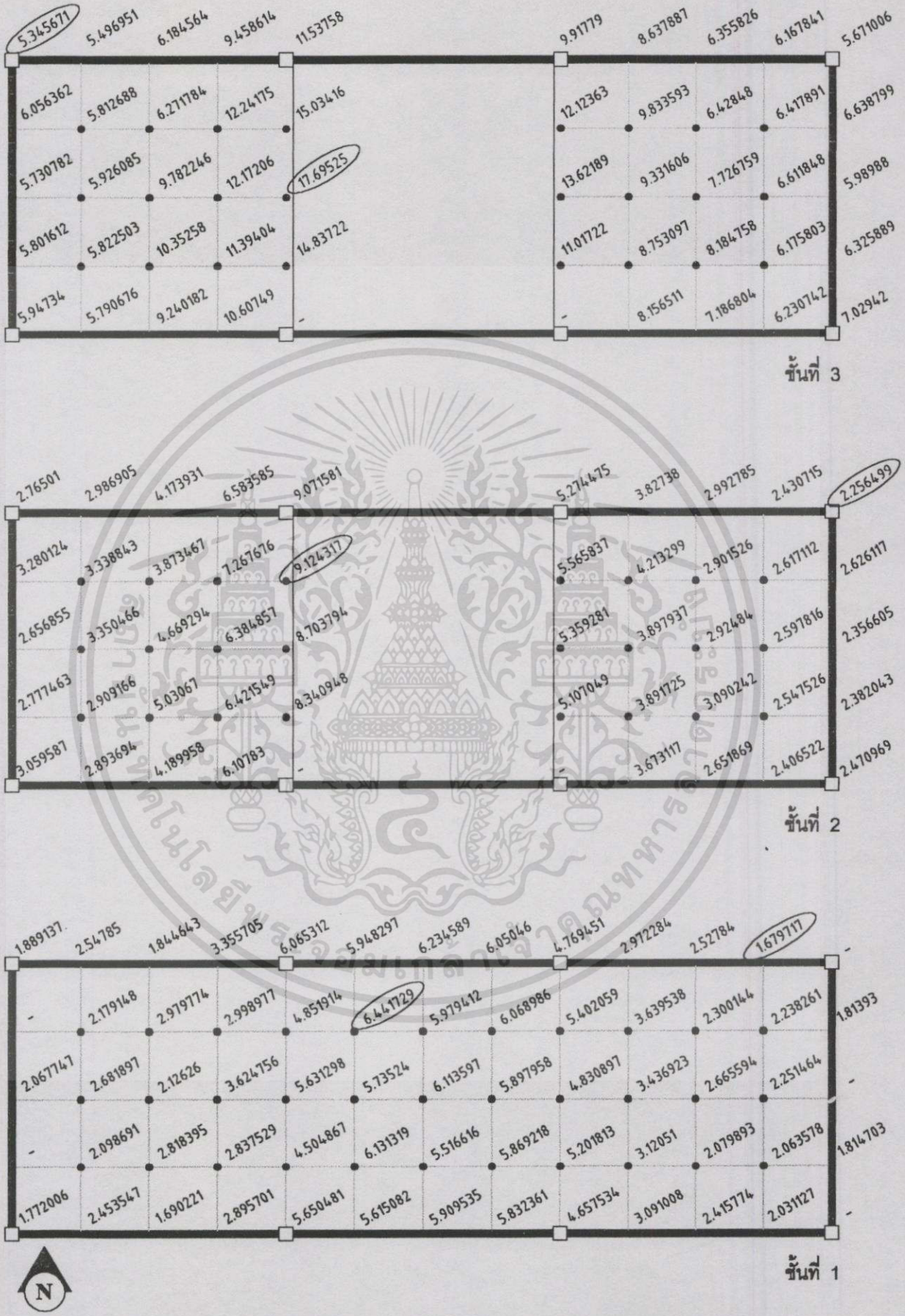


รูปที่ 45 ค่า Daylight factor ของหลังคา ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศเหนือ - ใต้ ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

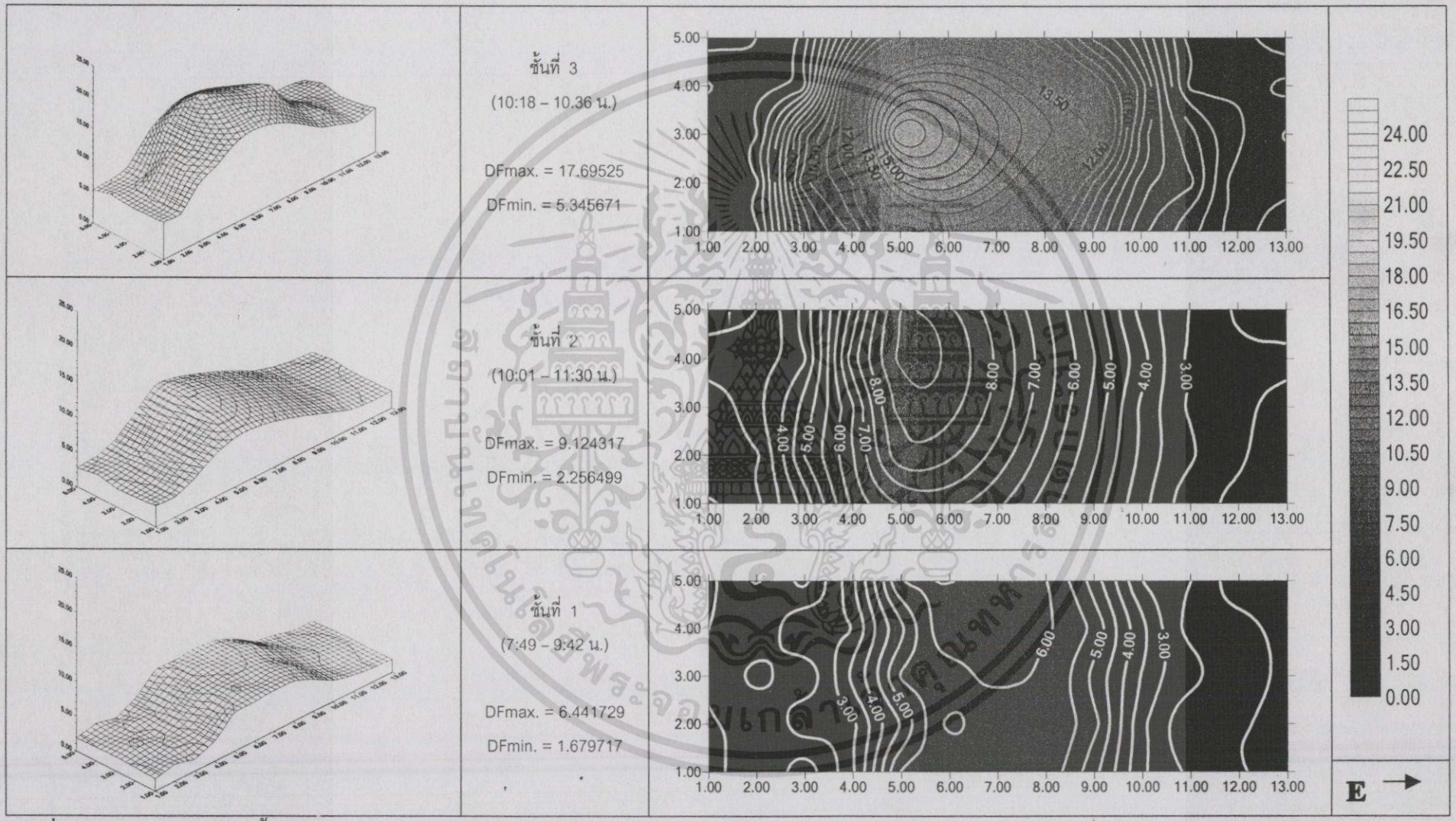


รูปที่ 46 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศเหนือ-ใต้ ในช่วงบ่าย

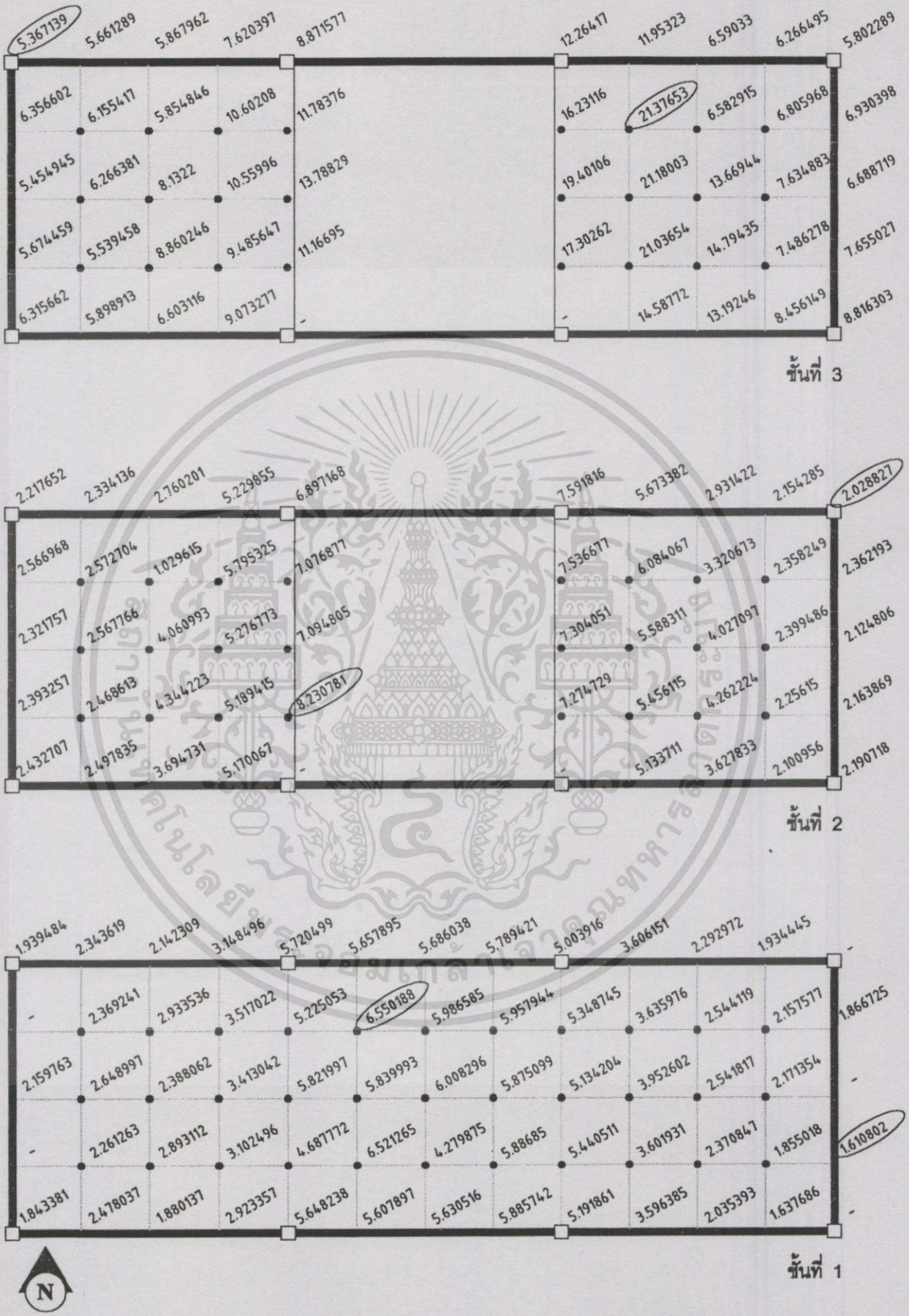


รูปที่ 47 ค่า Daylight factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศตะวันออก - ตะวันตก ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

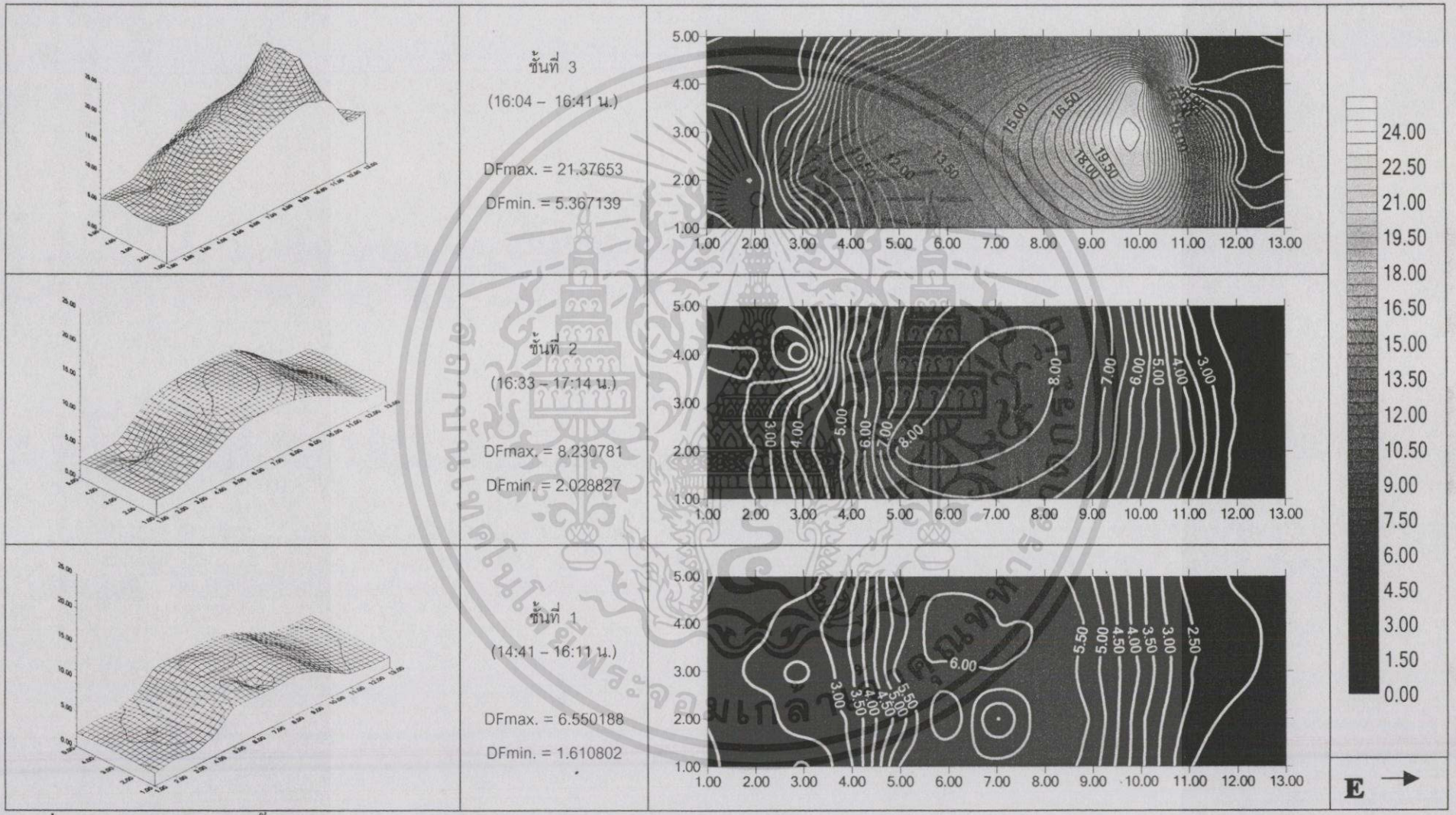


รูปที่ 48 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศตะวันออก-ตะวันตก ในช่วงเช้า



รูปที่ 49 ค่า Daylight factor ของหลังคา ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศตะวันออก - ตะวันตก ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 50 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า DF ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศตะวันออก-ตะวันตก ในช่วงบ่าย

การทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบความสูงของช่องแสง

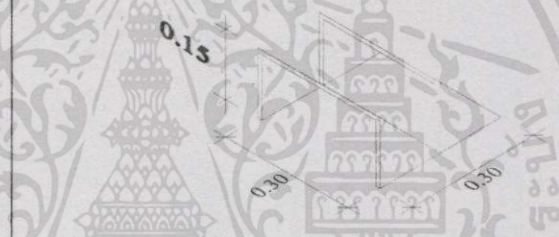
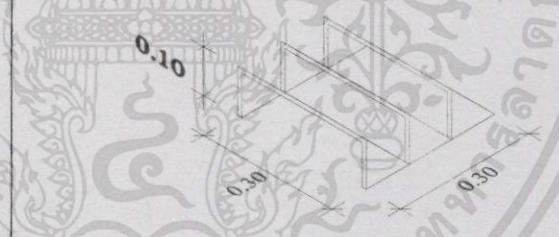
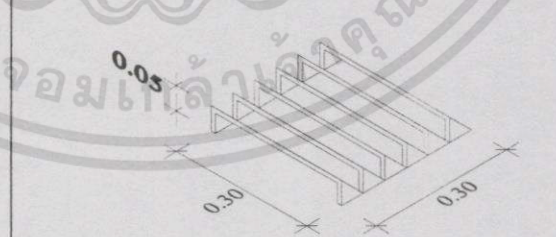
เป็นการทดลองต่อเนื่อง เพื่อเปรียบเทียบความสูงของช่องแสง โดยให้พื้นที่ช่องเปิดแนวนอนของหลังคาประเภทต่างๆมีขนาดเท่าเดิม และแยกเป็น

3.1 ความสูงและฟันเลื่อยของหลังคา Sawtooth

โดยแบ่งรูปแบบต่างๆของหลังคา Sawtooth เป็นดังนี้

- Sawtooth 1 ช่องแสงสูง 0.15 เมตร จำนวน 2 ช่อง
- Sawtooth 2 ช่องแสงสูง 0.10 เมตร จำนวน 3 ช่อง (ใช้ผลการทดลองที่ 1)
- Sawtooth 3 ช่องแสงสูง 0.05 เมตร จำนวน 6 ช่อง

ตารางที่ 3 รูปแบบของหลังคา Sawtooth ที่ใช้ในการทดลองที่ 3

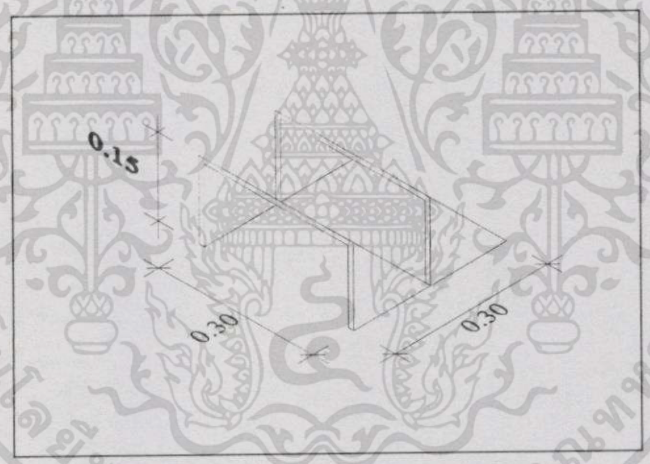
รูปแบบหลังคา	ขนาด
Sawtooth 1 พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.15 x 2 = 0.090 ตร.ม.	
Sawtooth 2 พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.10 x 3 = 0.090 ตร.ม.	
Sawtooth 3 พื้นที่รับแสง = 0.3 x 0.05 x 6 = 0.090 ตร.ม.	

3.2 ความสูงของหลังคา Monitor รับแสง 4 ทิศทาง

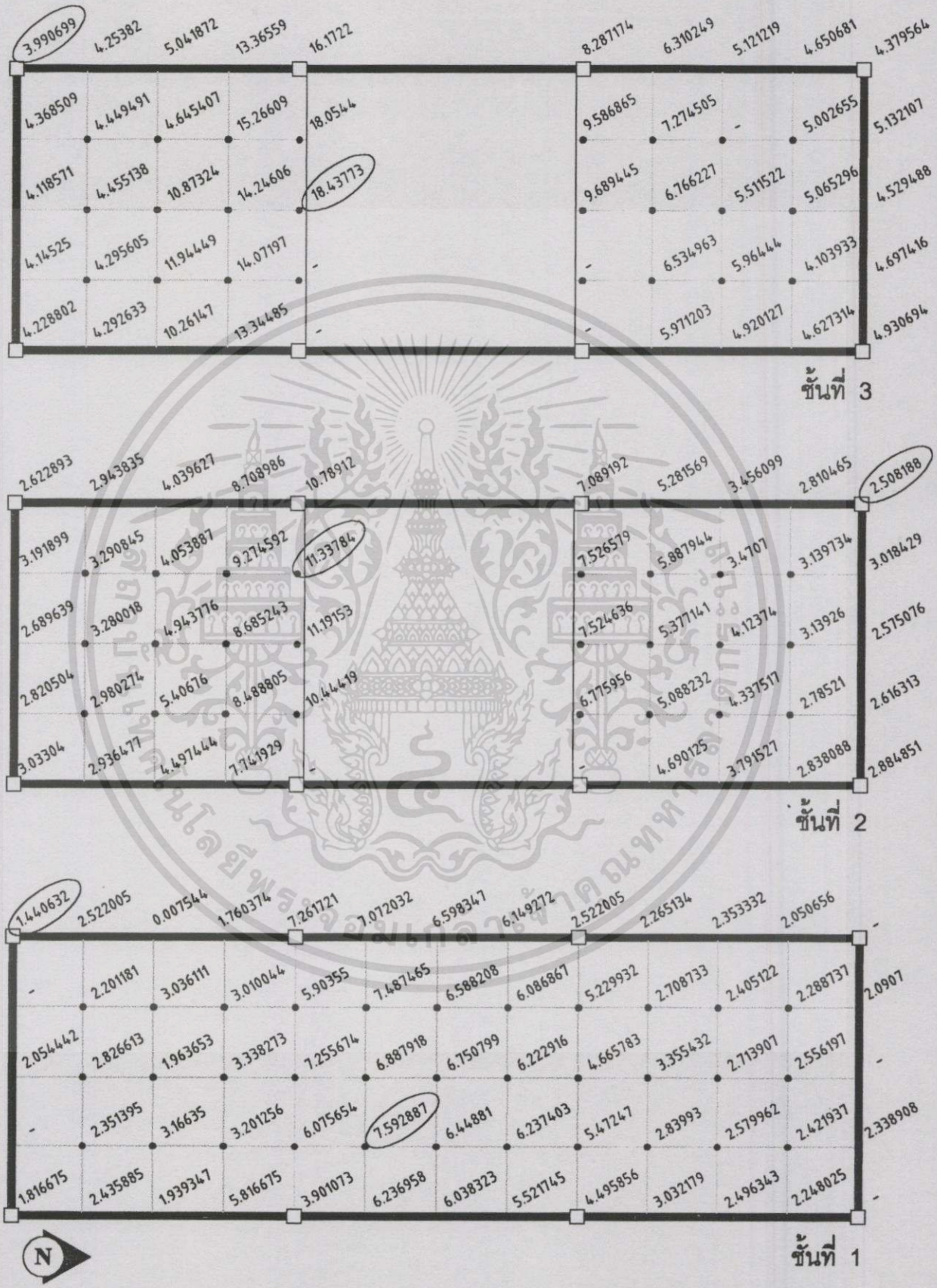
ในที่นี้จะทำการวัดแสงในผังทั้ง 3 ชั้นของหุ่นจำลอง ที่มีช่องแสงสูงตั้งแต่ 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50 จนถึง 3.00 เมตร ในมาตราส่วน 1 : 10 เพื่อเปรียบเทียบระยะความสูงที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดของหลังคาช่องแสง Monitor รับแสง 4 ทิศทาง โดยจะหันหน้าเพียงทิศเหนือ – ใต้ และวัดในช่วงเวลาเดียวเท่านั้น ไม่แยกช่วงเช้าและช่วงบ่าย แต่ในแต่ละจุดที่จะกระทำการเปรียบเทียบกัน จะอยู่ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAWTOOTH 1

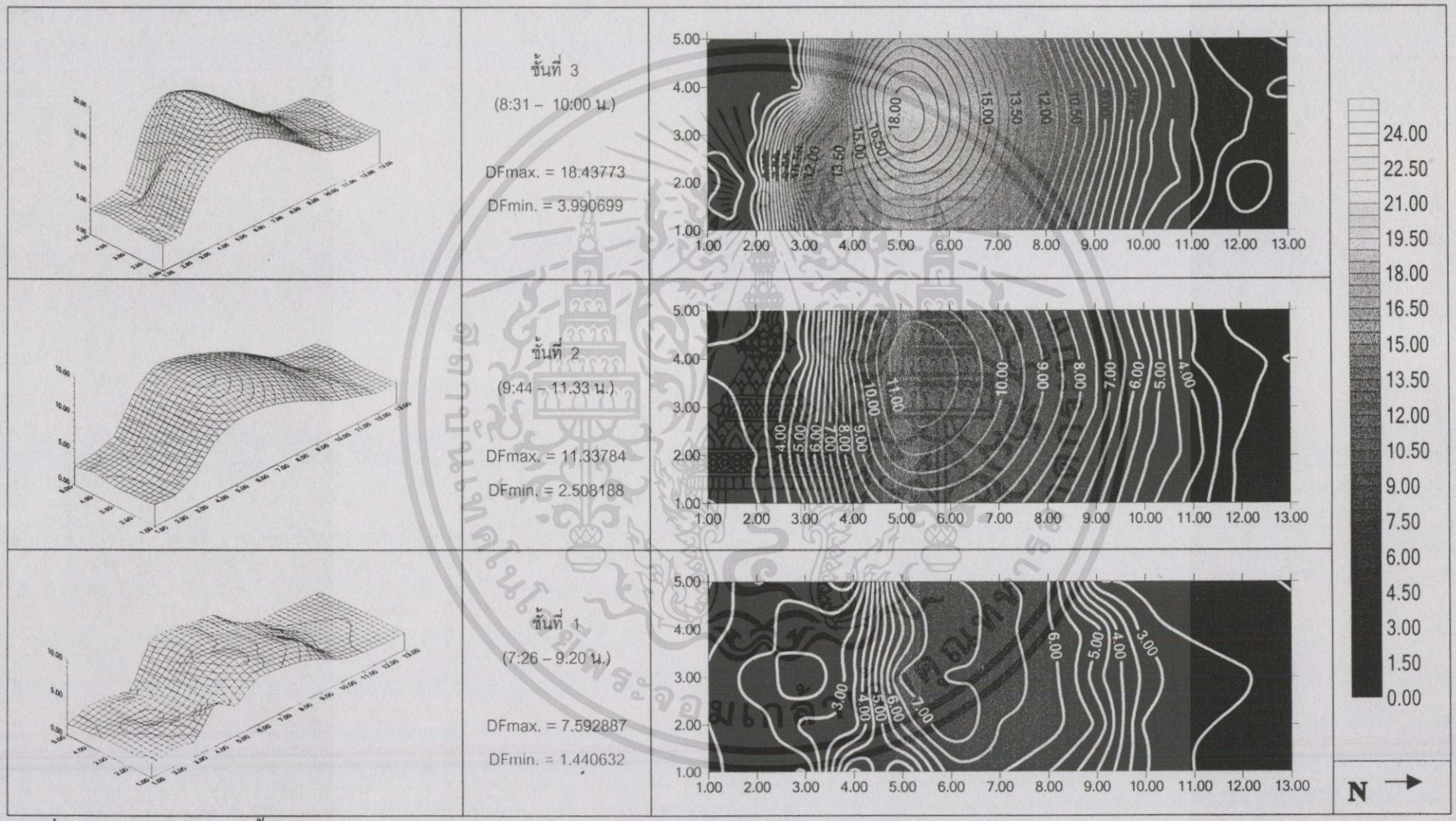


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

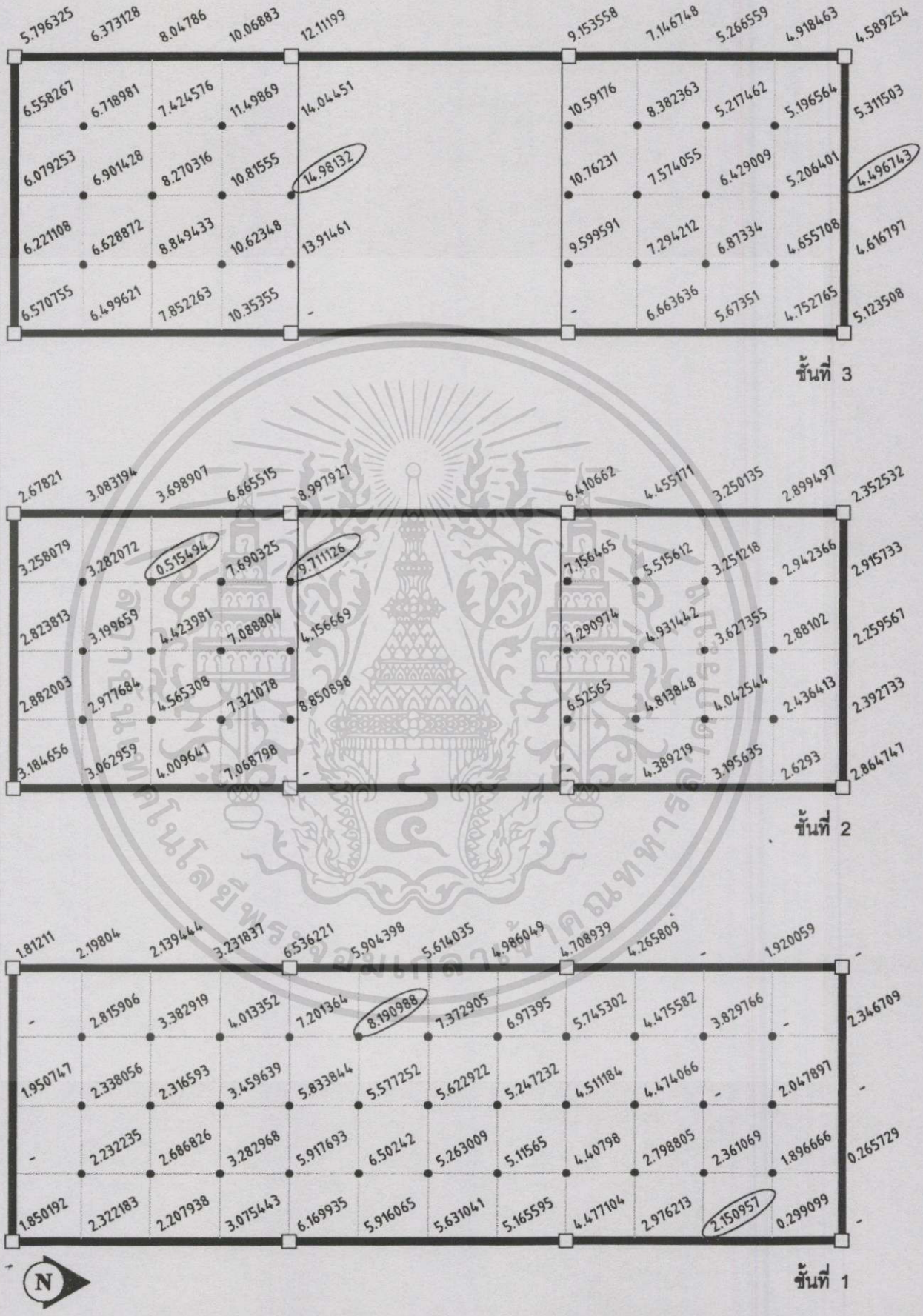


รูปที่ 51 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

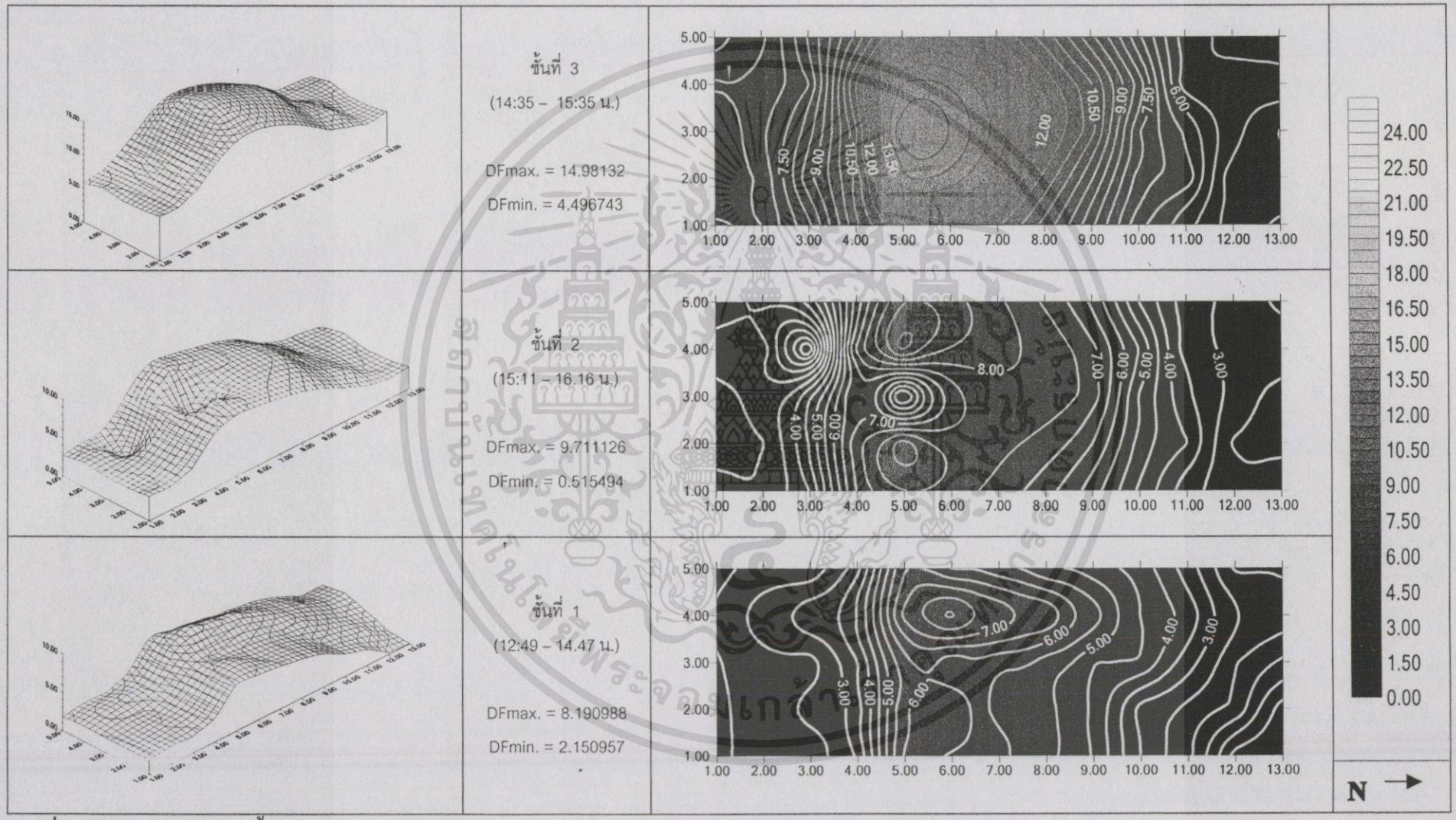


รูปที่ 52 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงเช้า

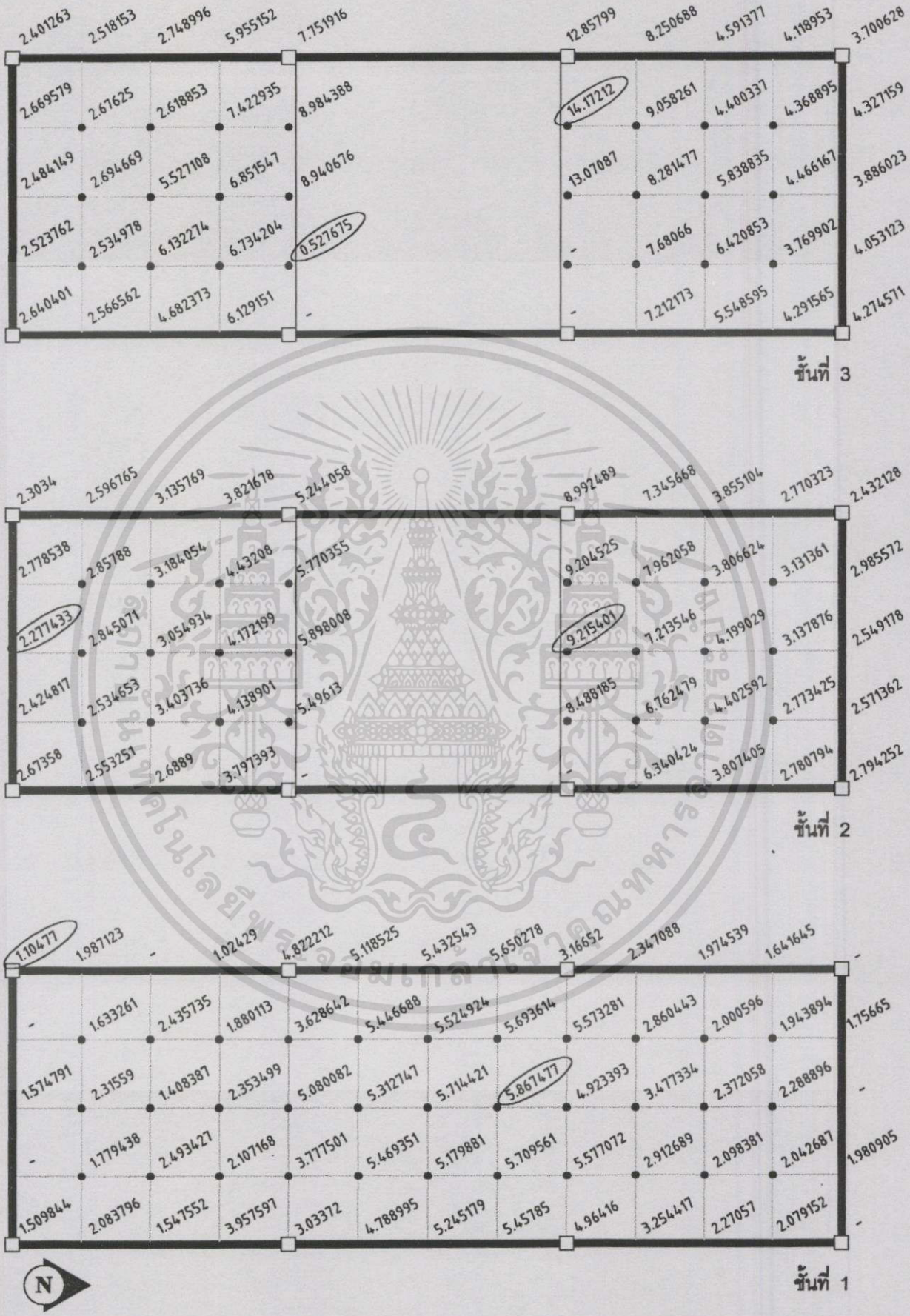


รูปที่ 53 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

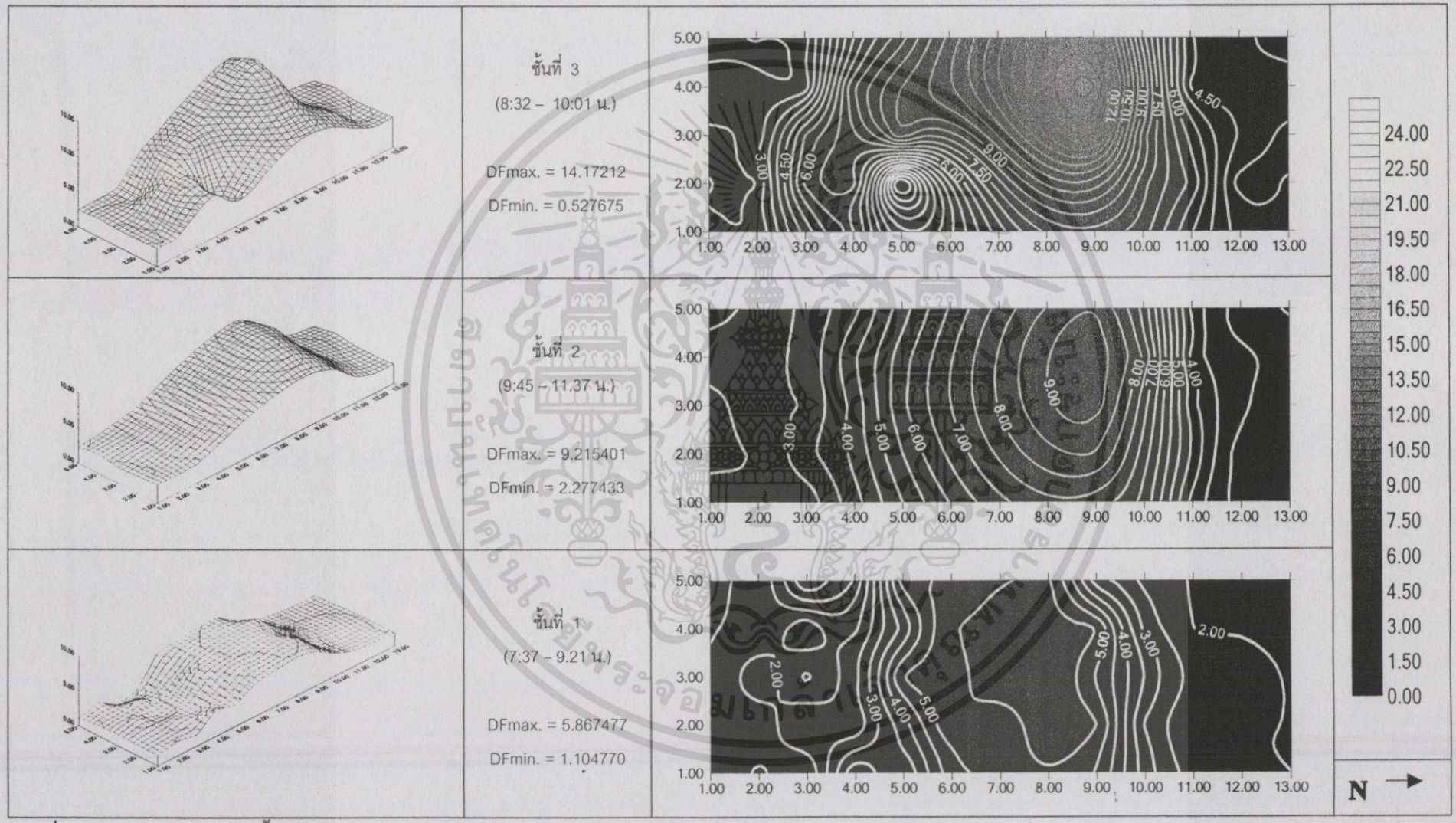


รูปที่ 54 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงบ่าย

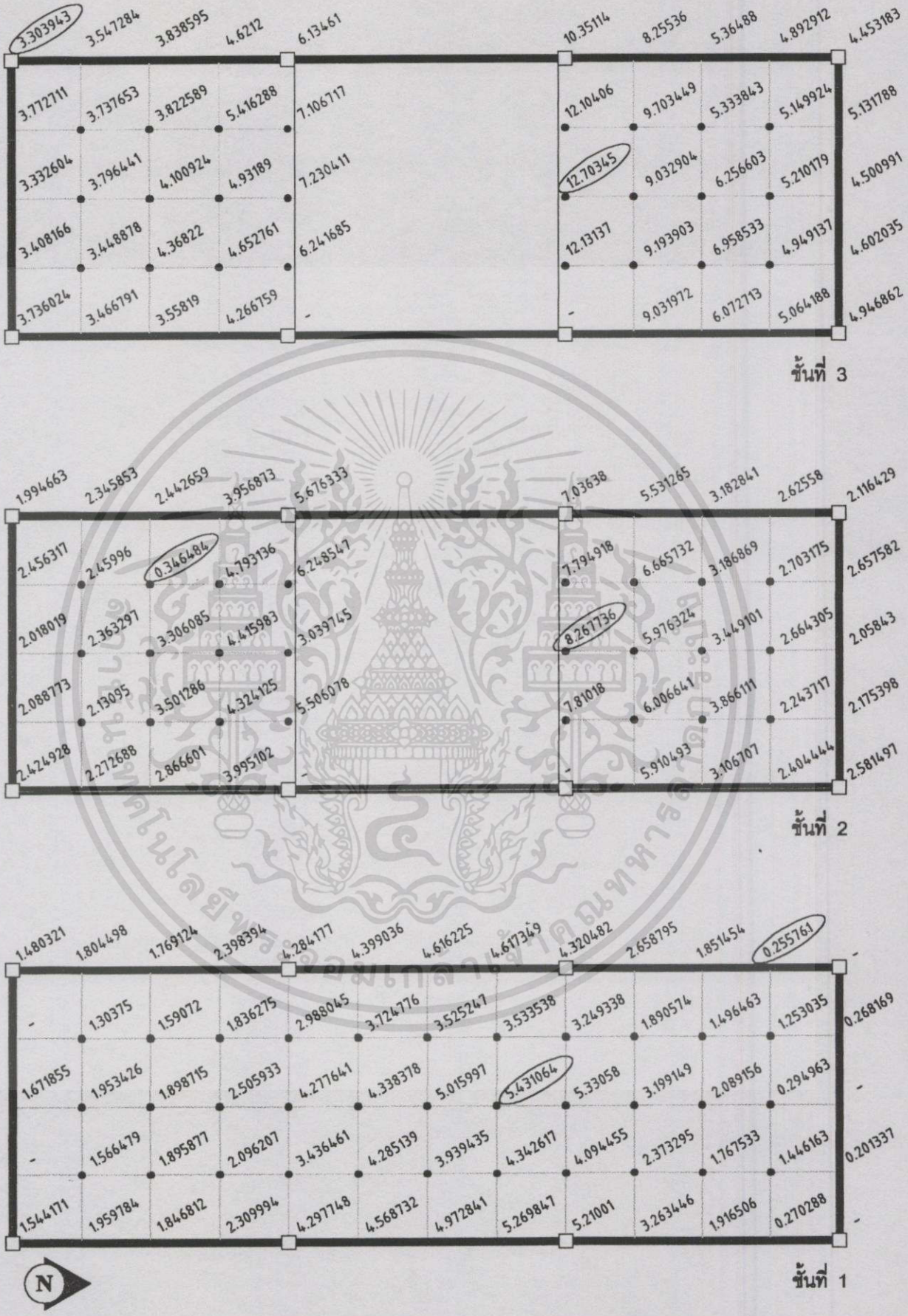


รูปที่ 55 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

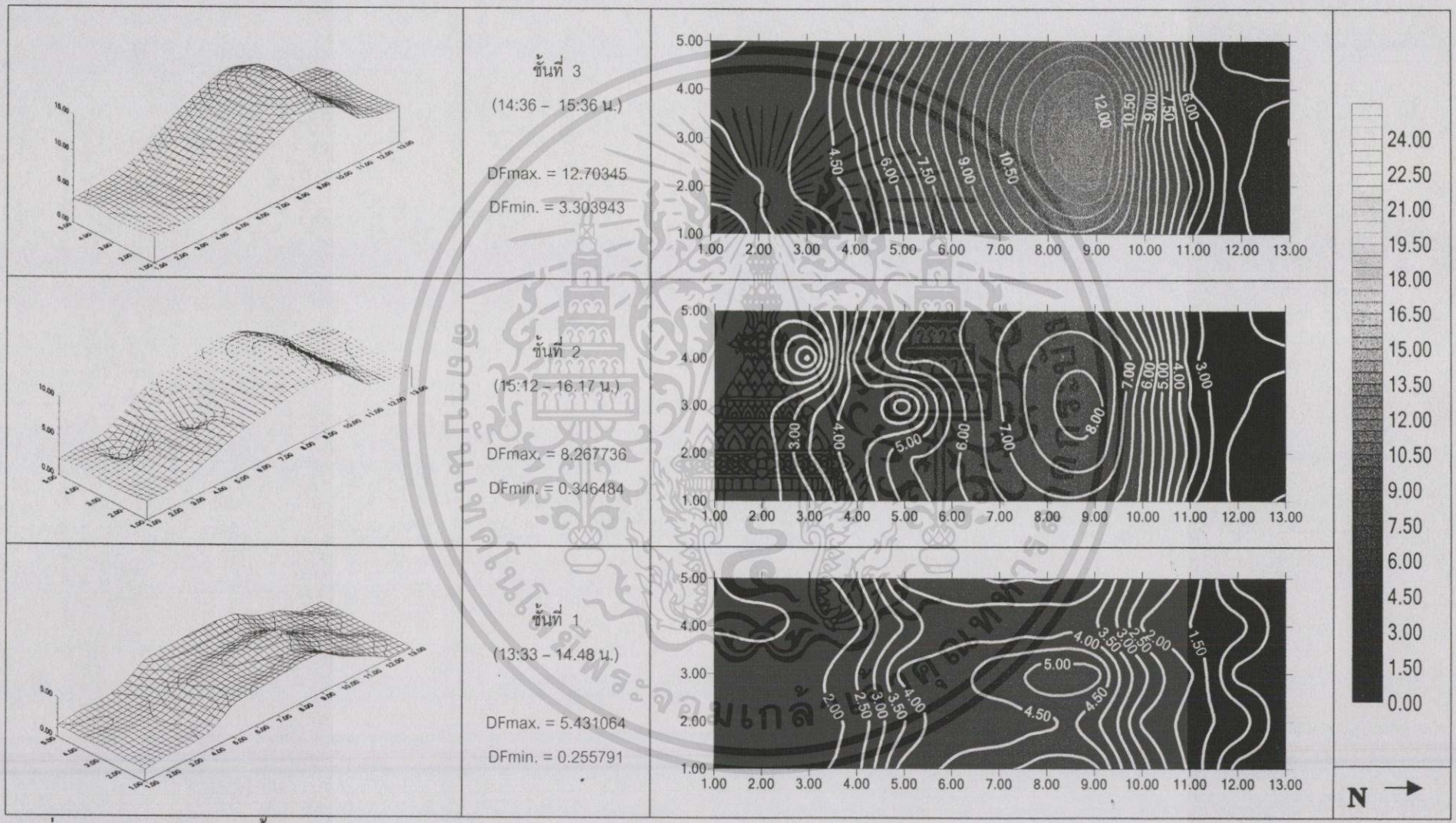


รูปที่ 56 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงเช้า

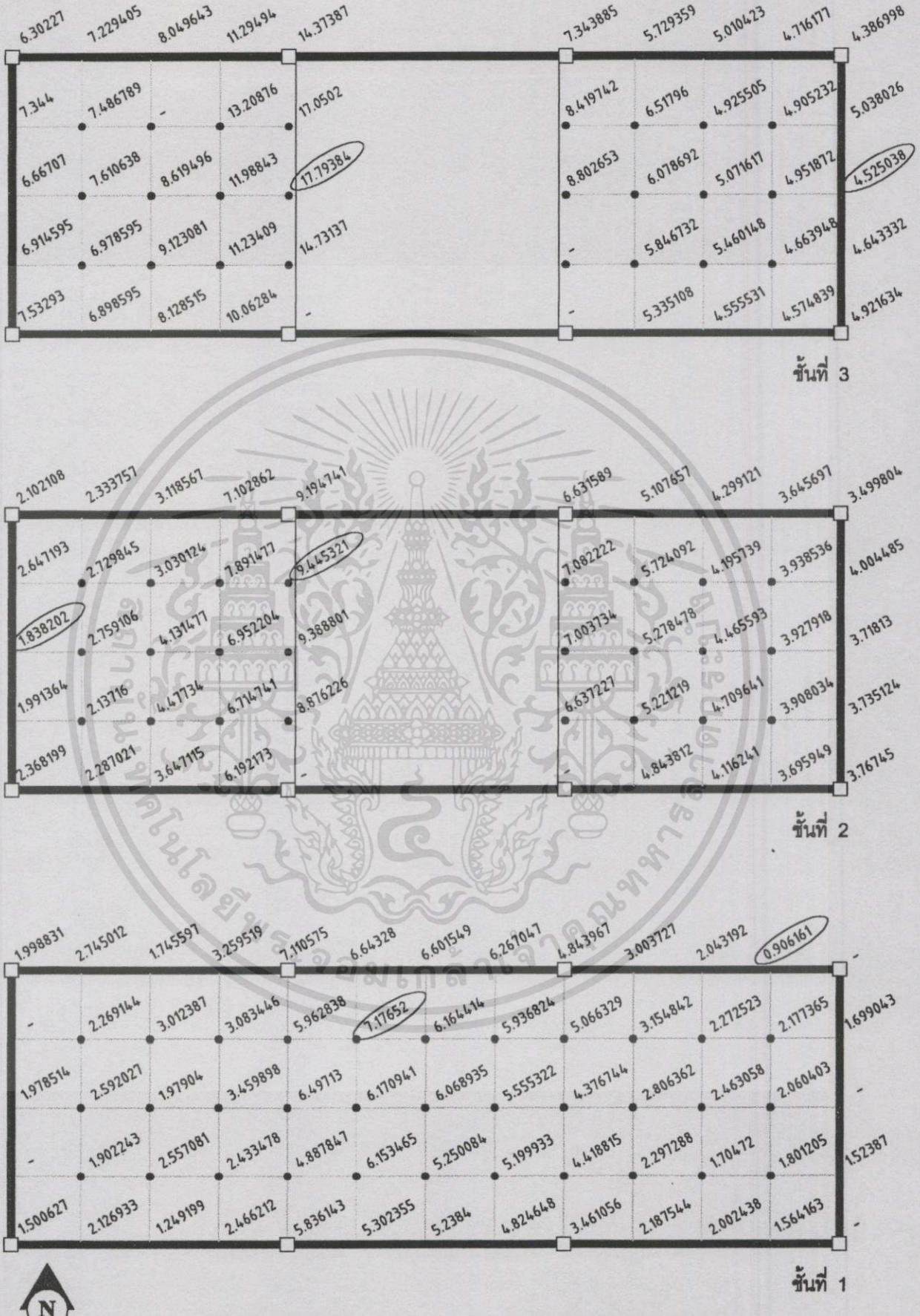


รูปที่ 57 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

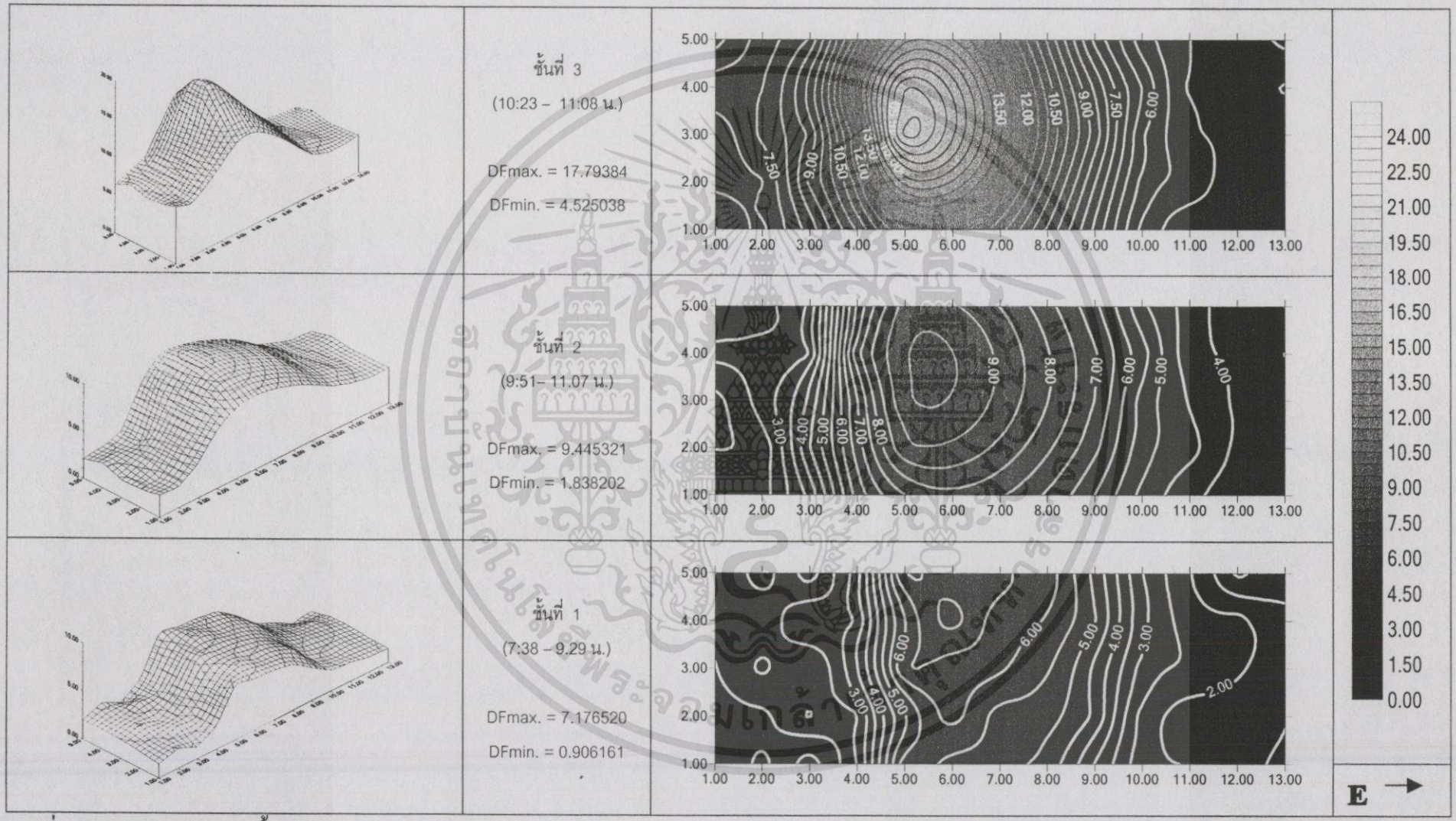


รูปที่ 58 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงบ่าย

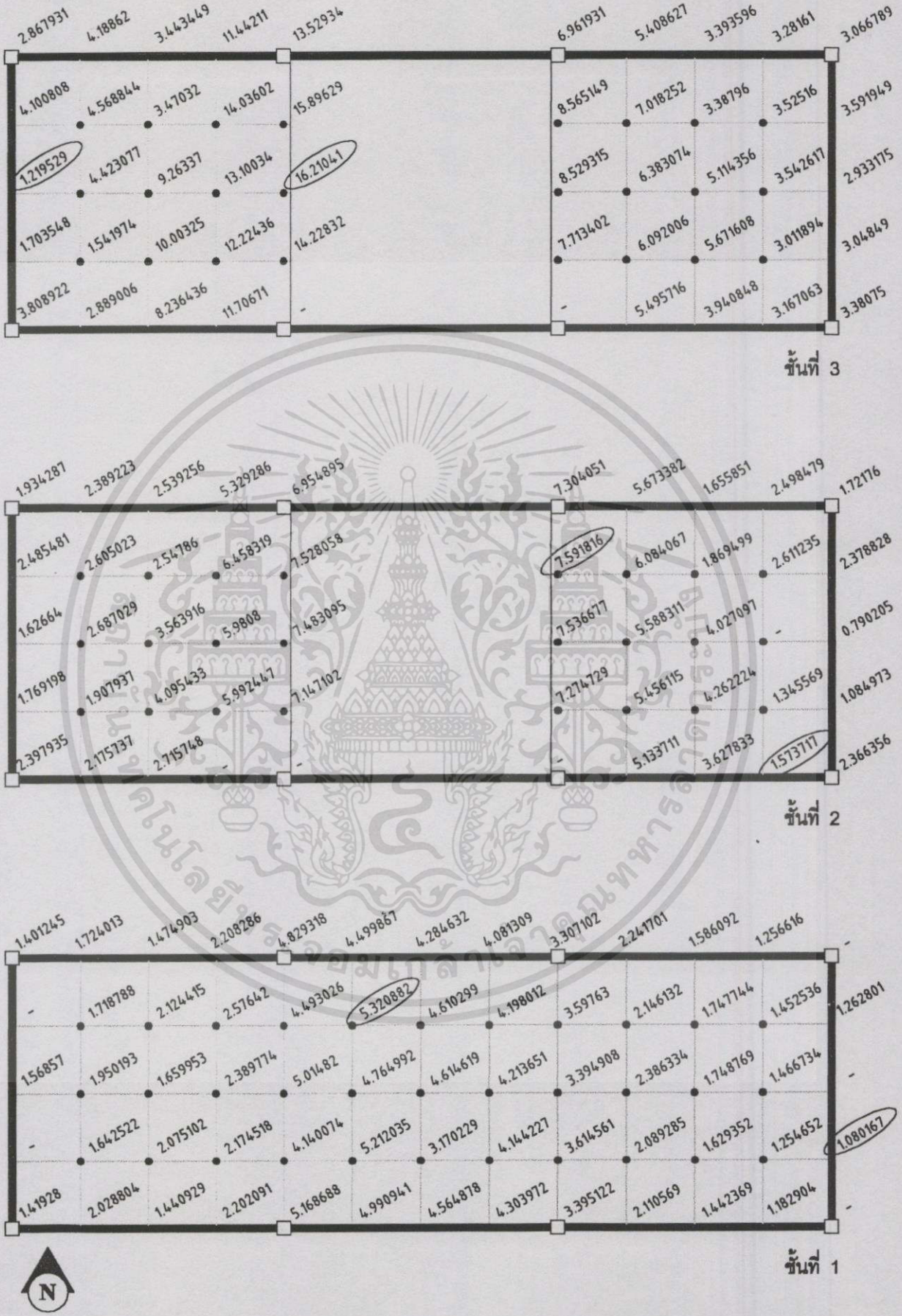


รูปที่ 59 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

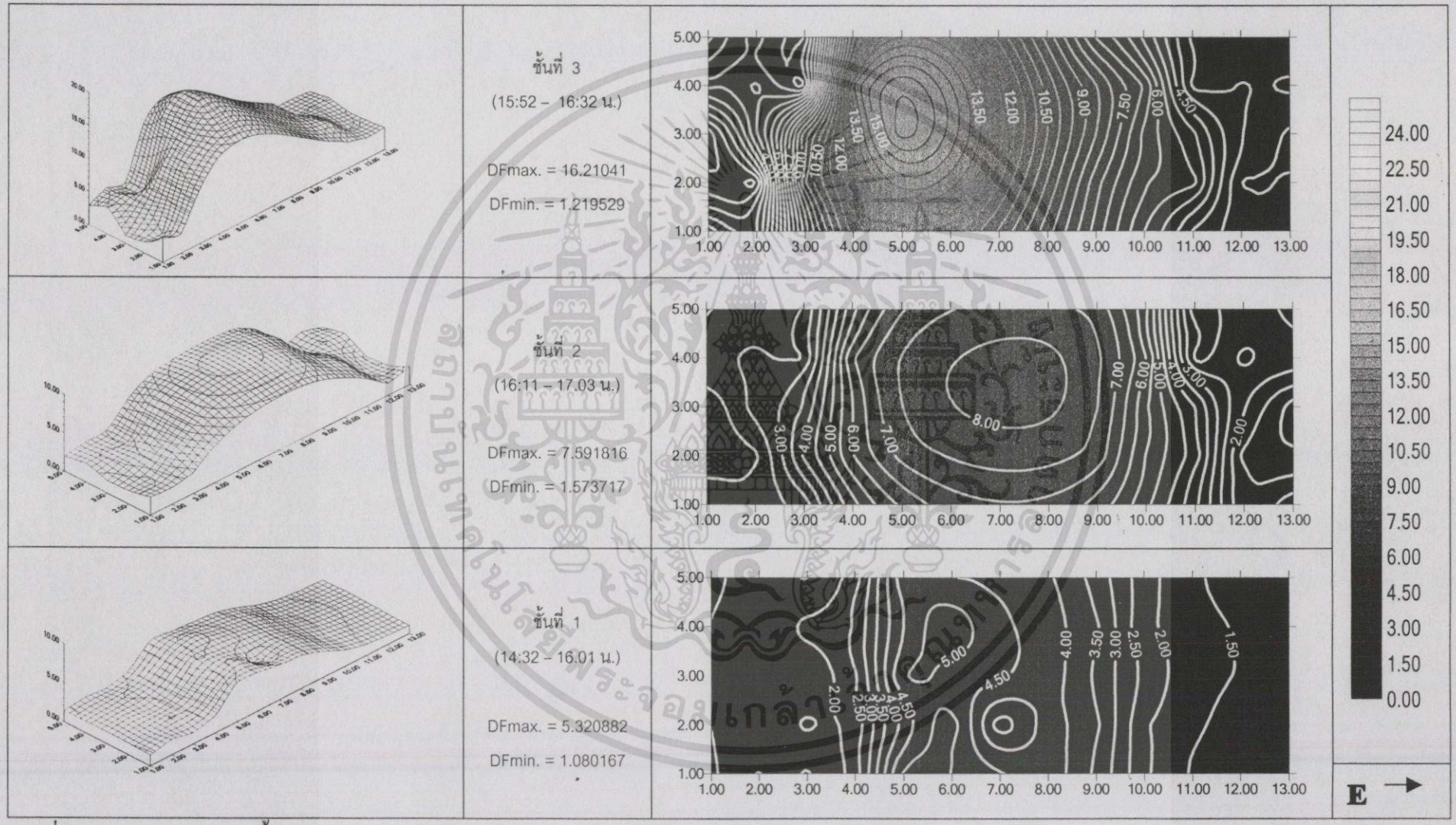


รูปที่ 60 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงเช้า

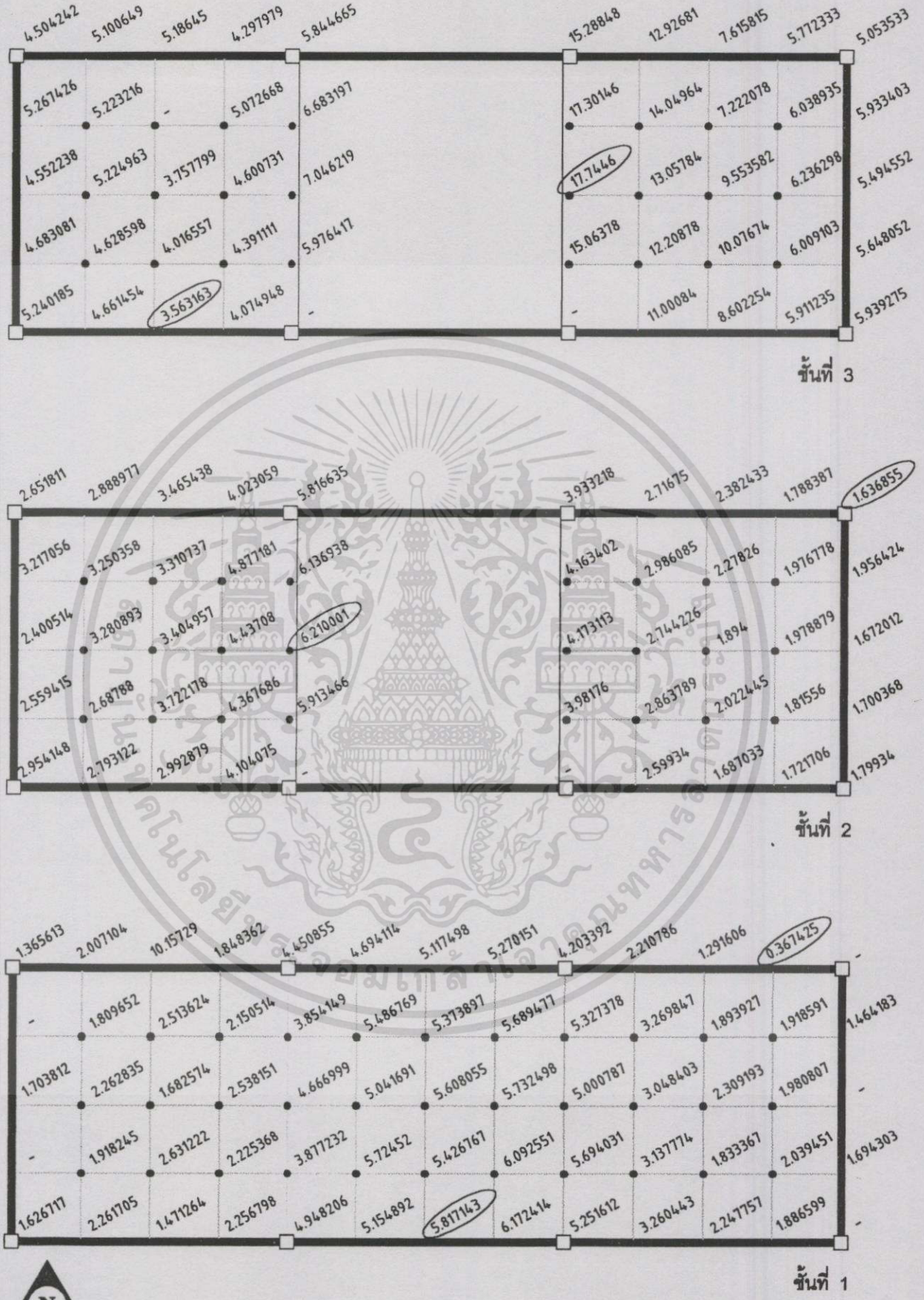


รูปที่ 61 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

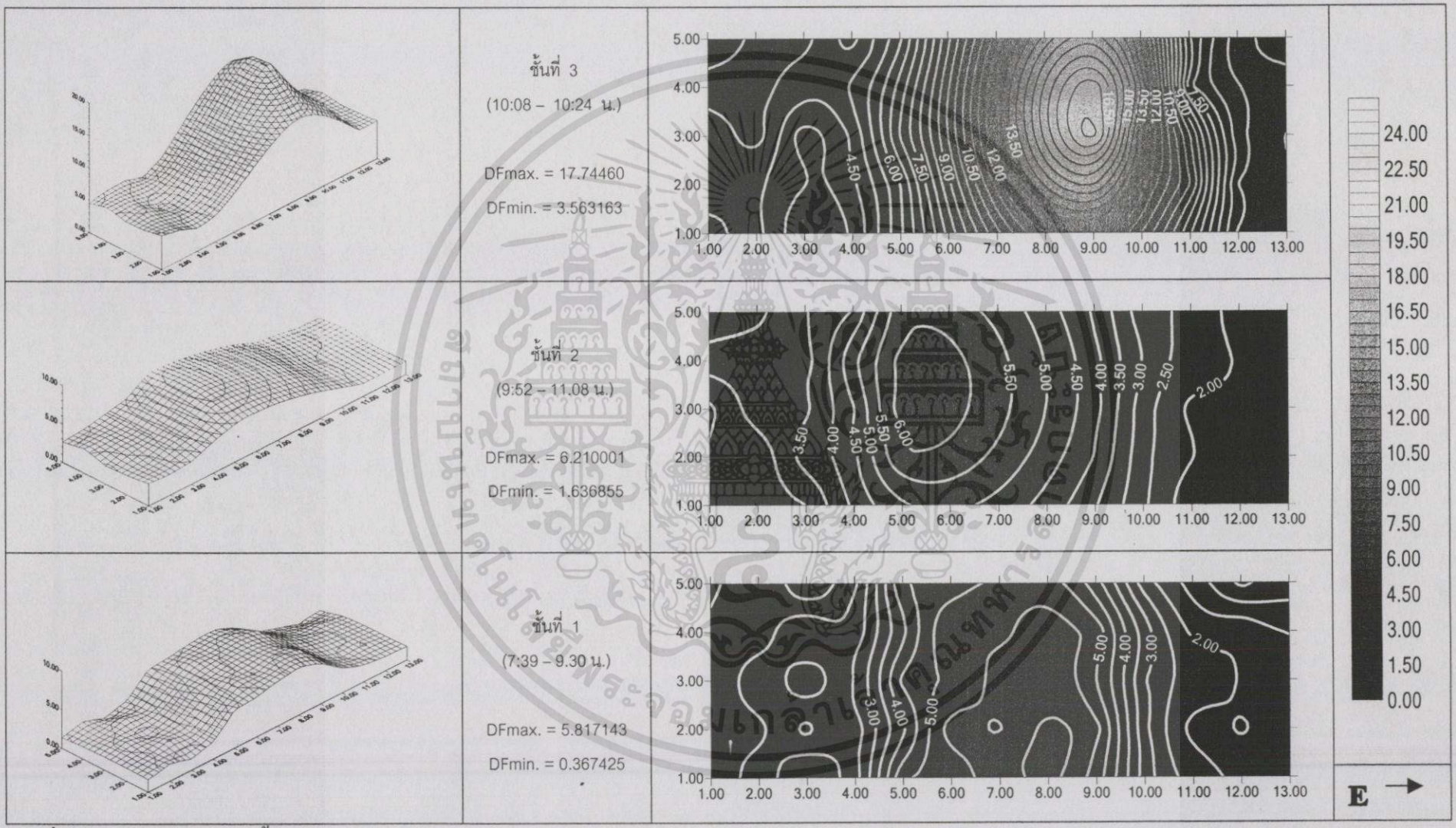


รูปที่ 62 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า DF ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงบ่าย

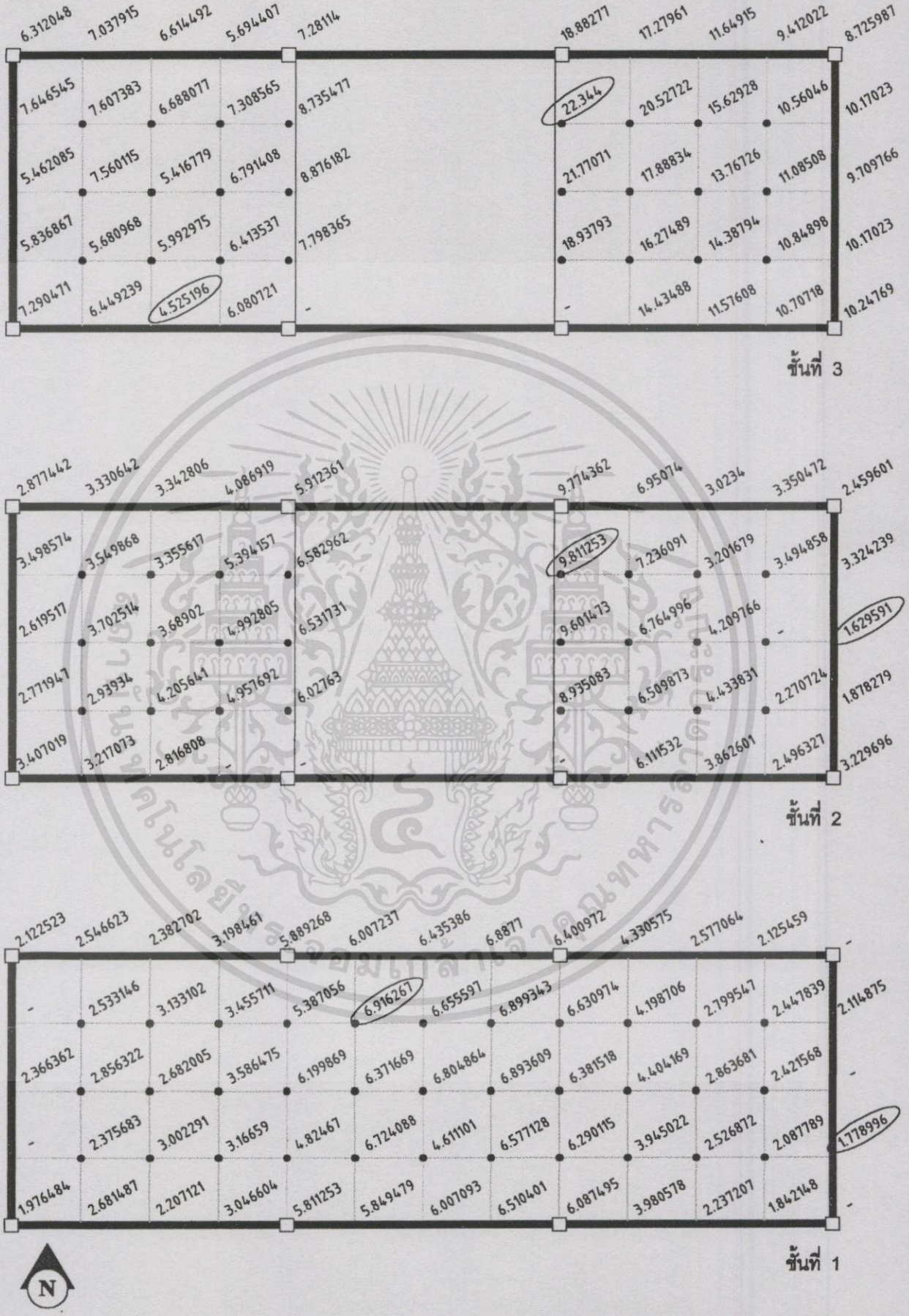


รูปที่ 63 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

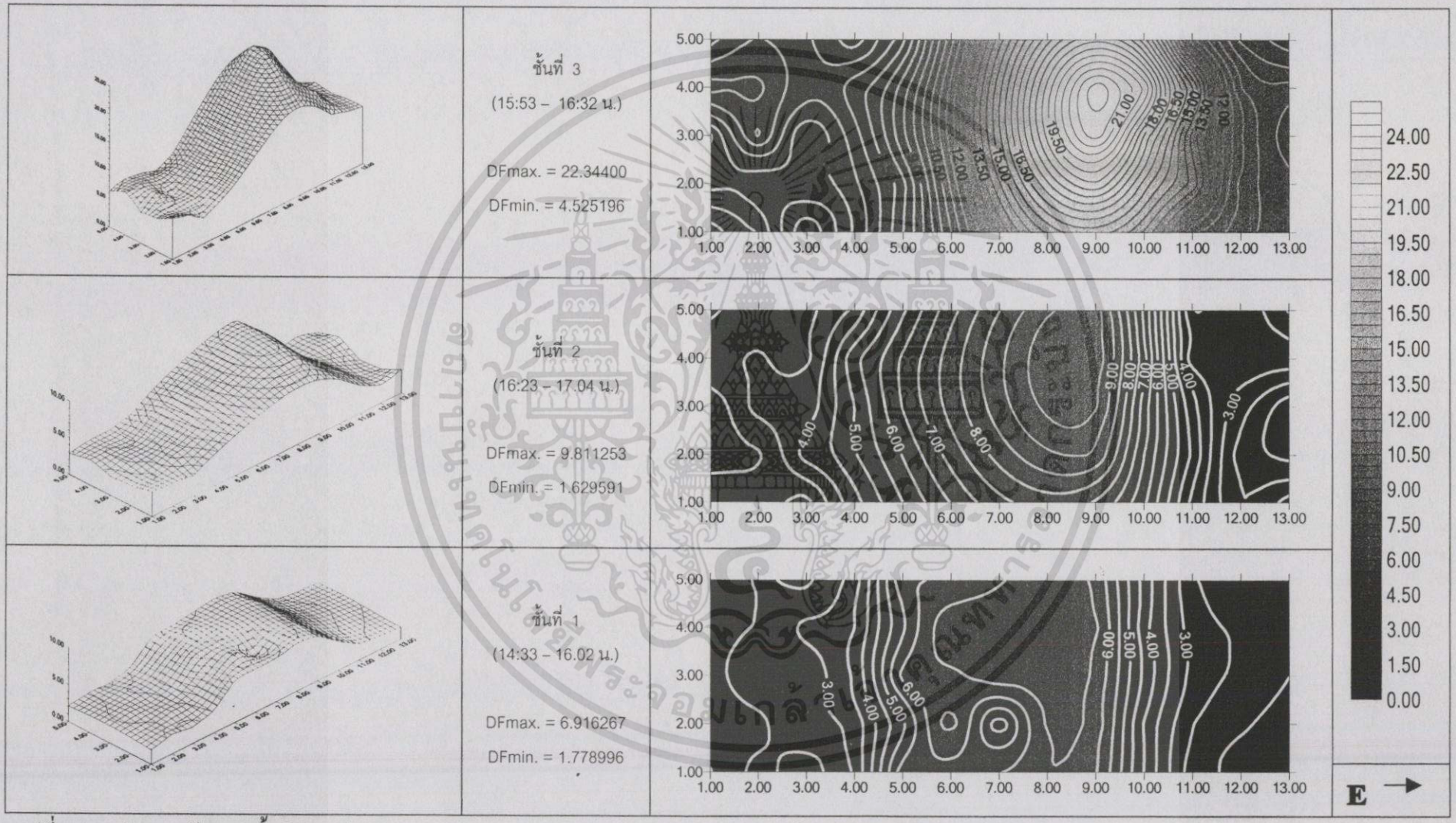


รูปที่ 64 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงเช้า



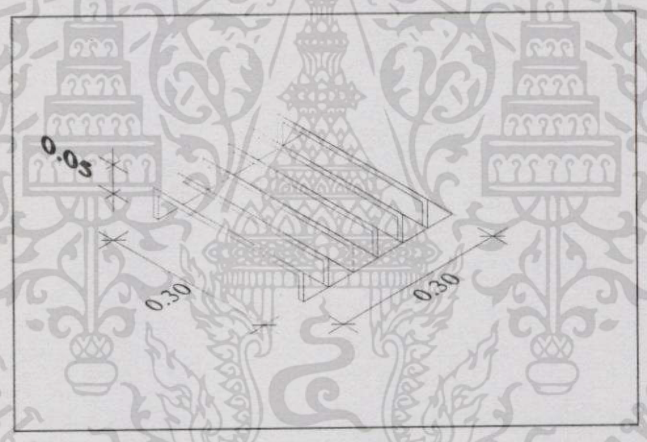
รูปที่ 65 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

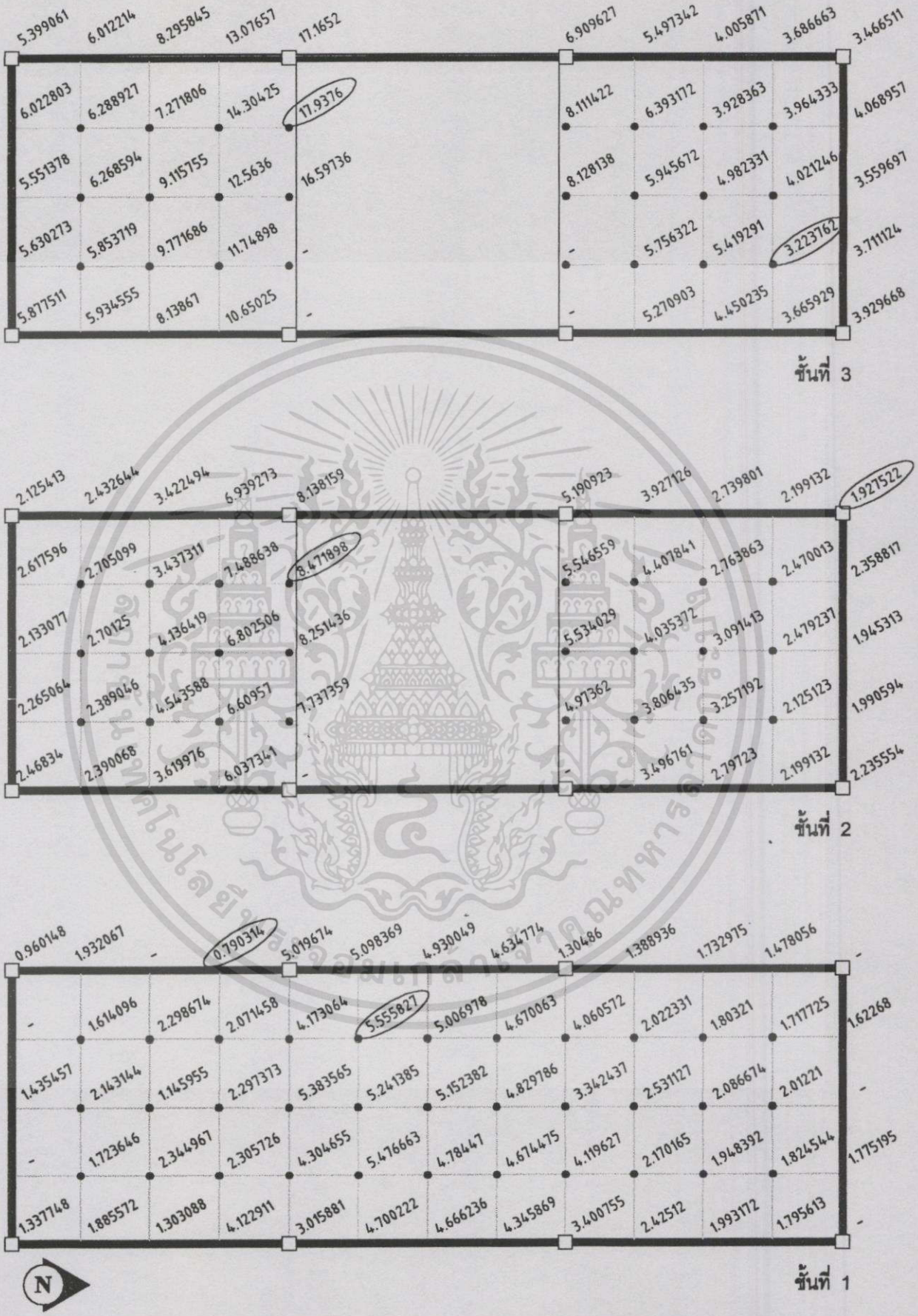


รูปที่ 66 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 1 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงบ่าย

SAWTOOTH 3

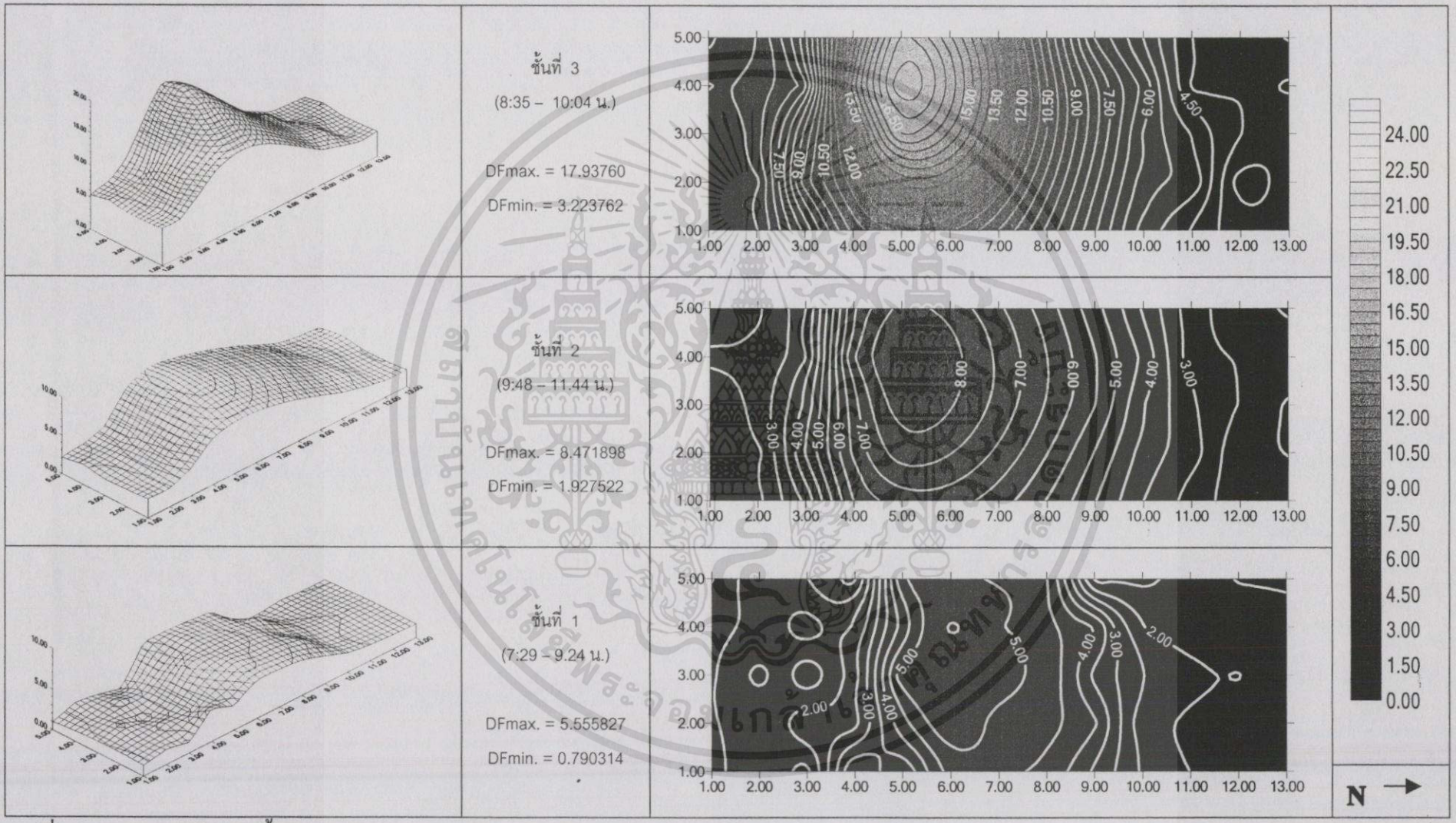


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

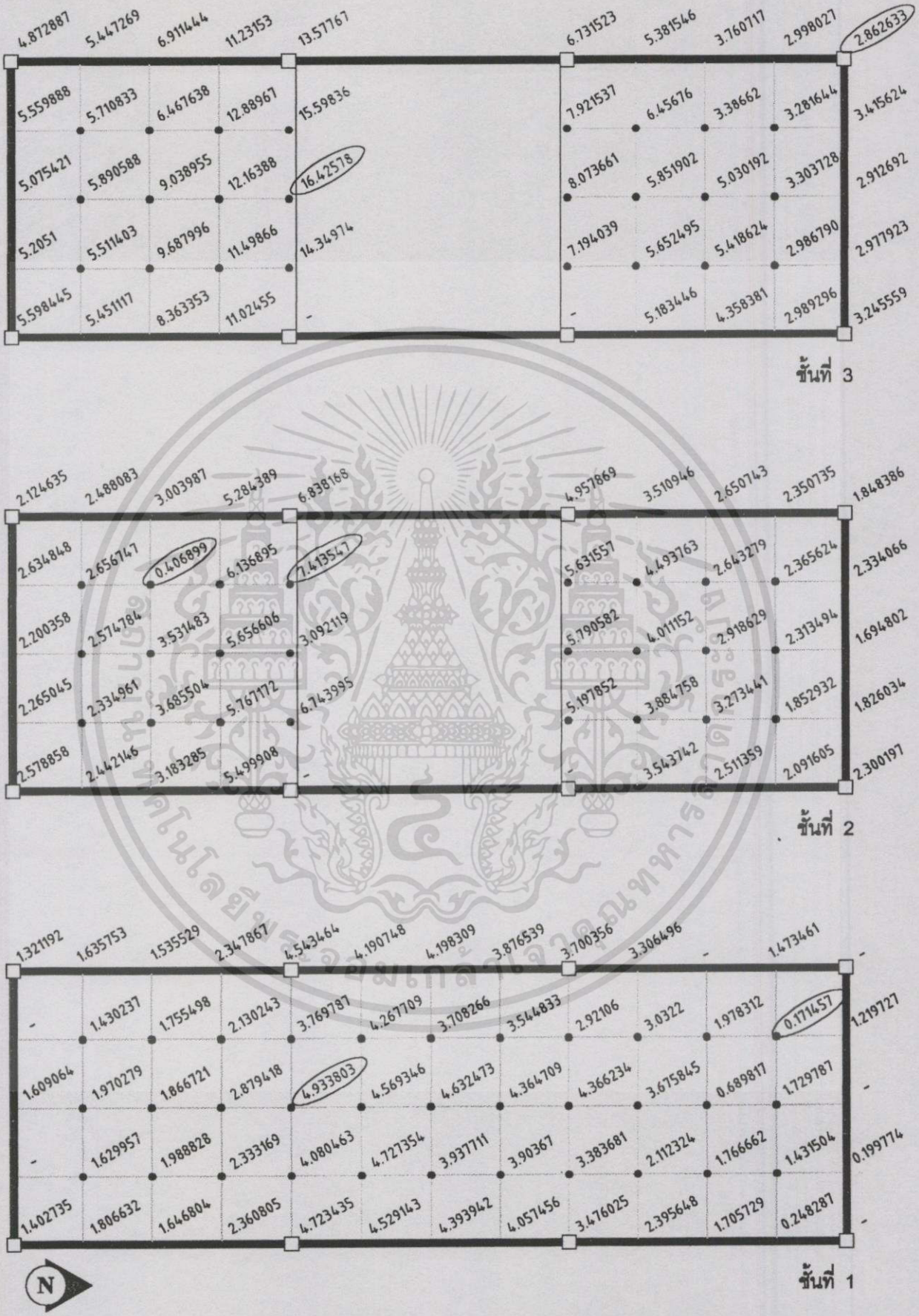


รูปที่ 67 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

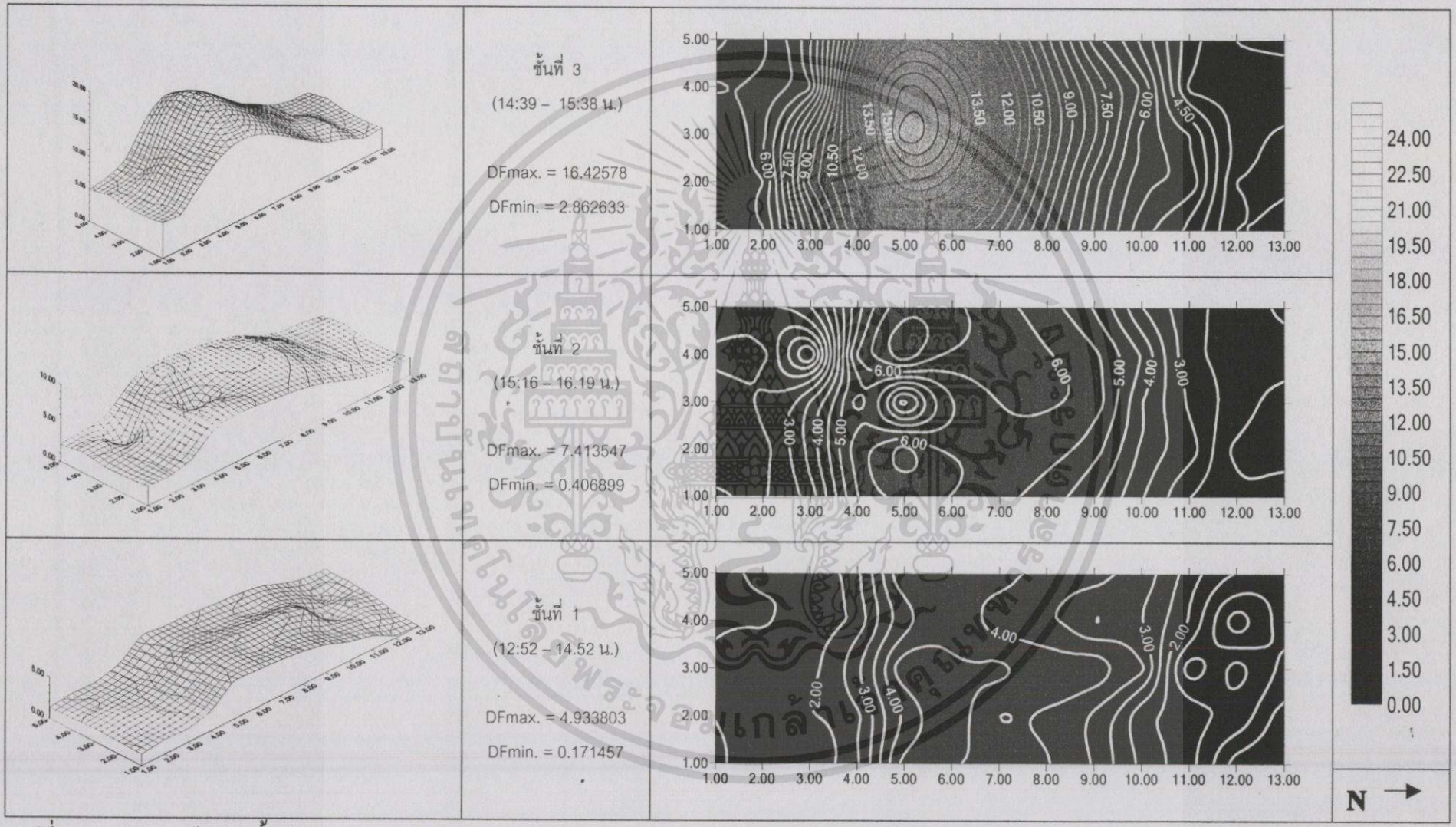


รูปที่ 68 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงเช้า

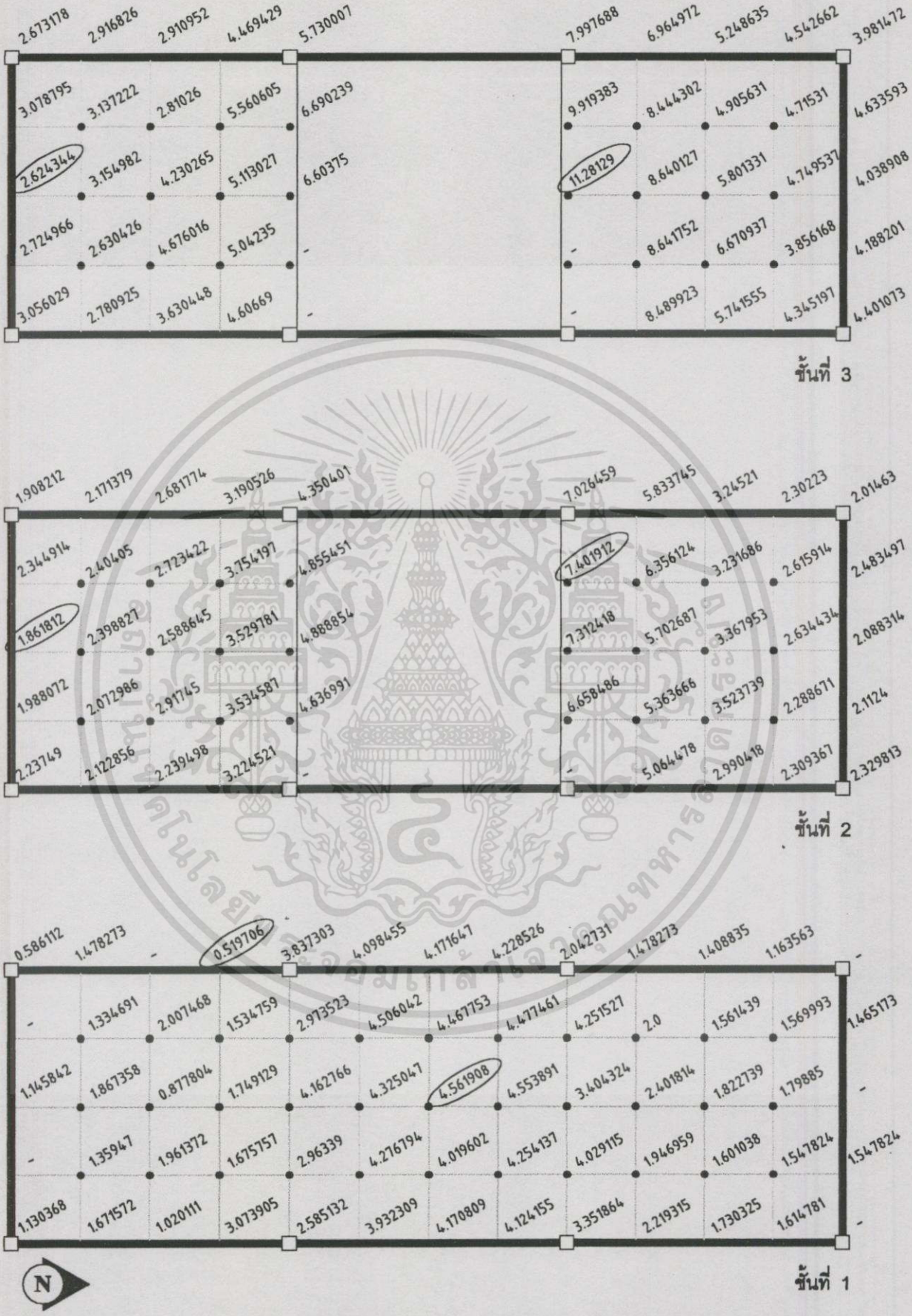


รูปที่ 69 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

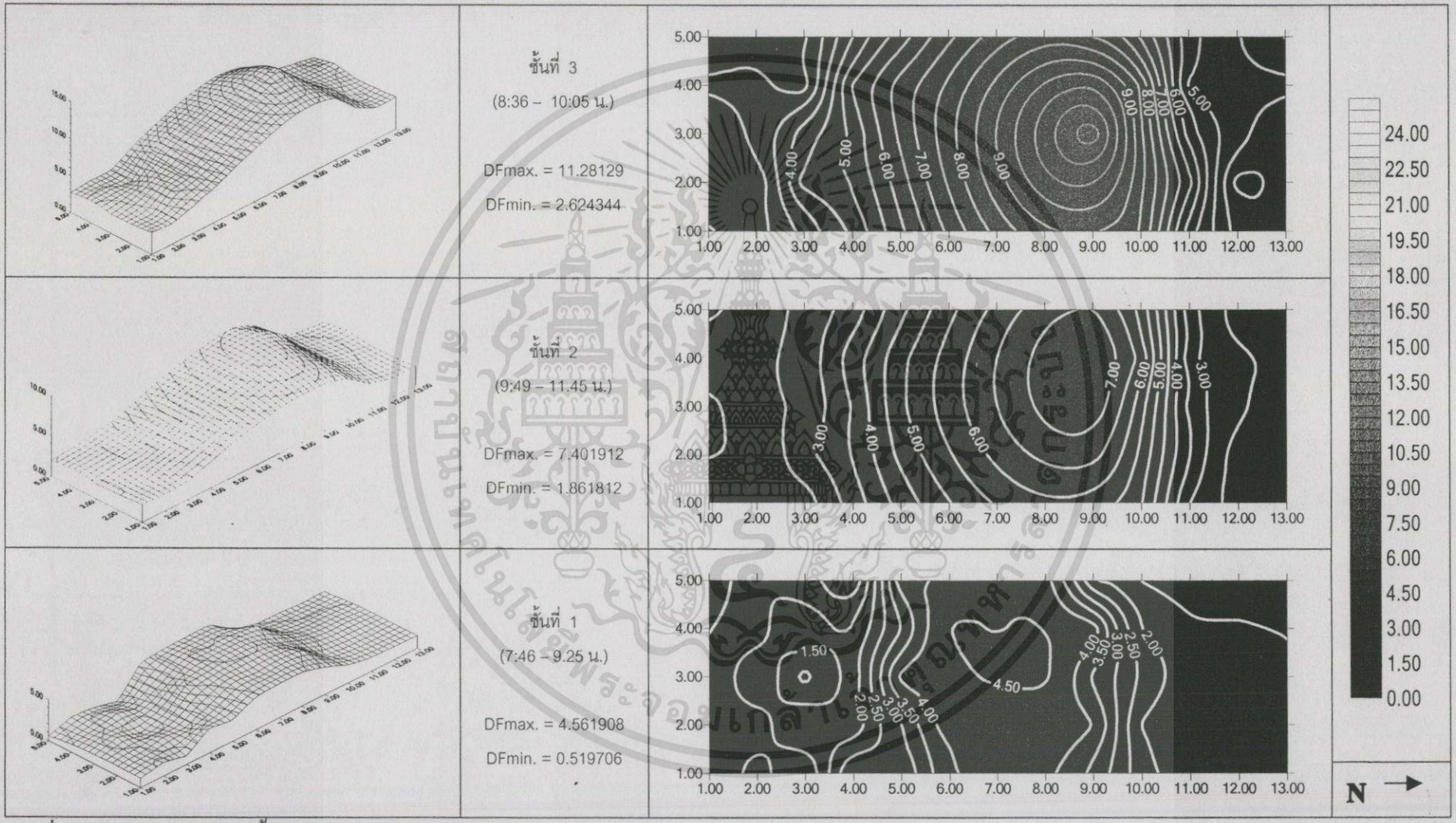


รูปที่ 70 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศเหนือ ในช่วงบ่าย

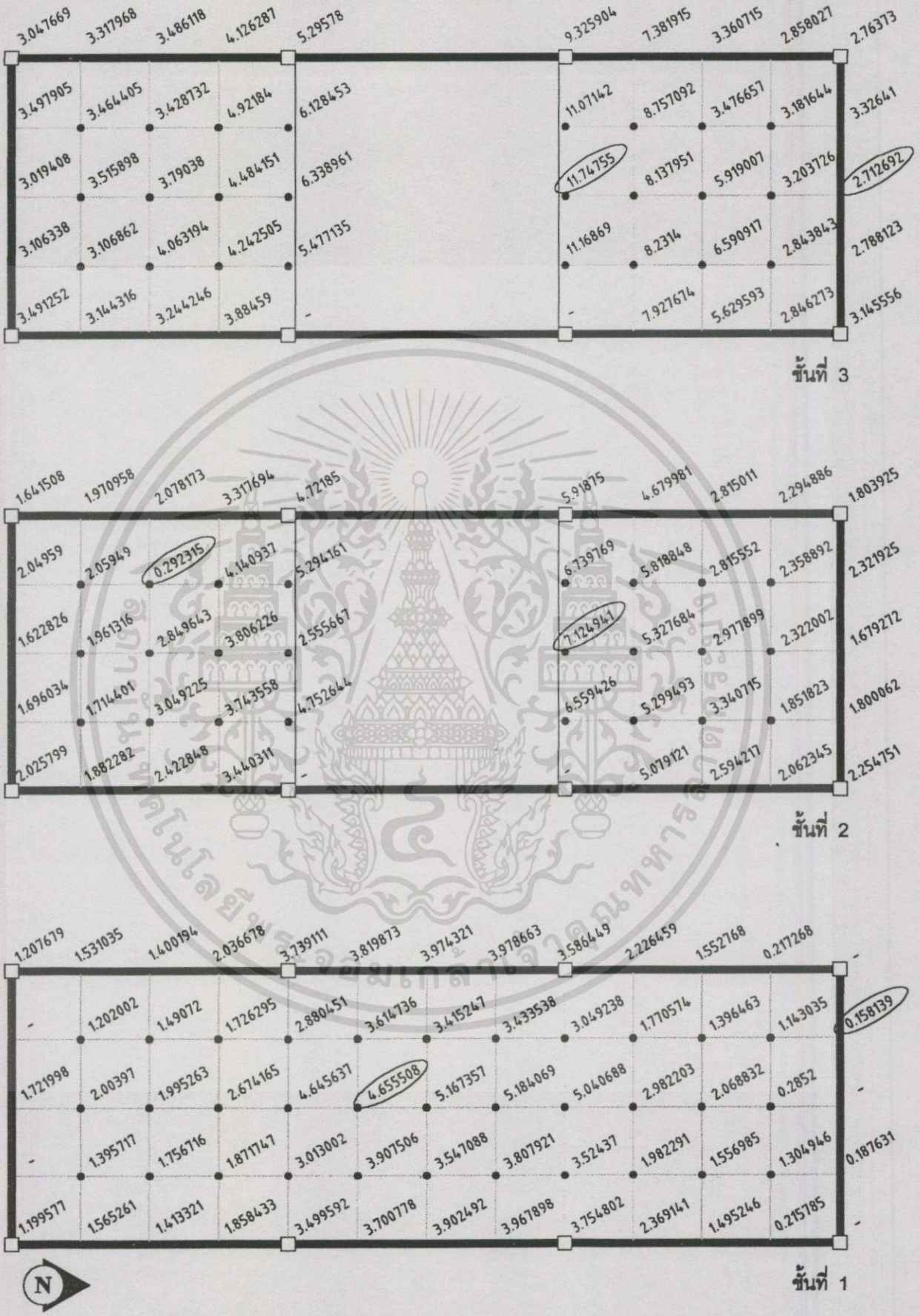


รูปที่ 71 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

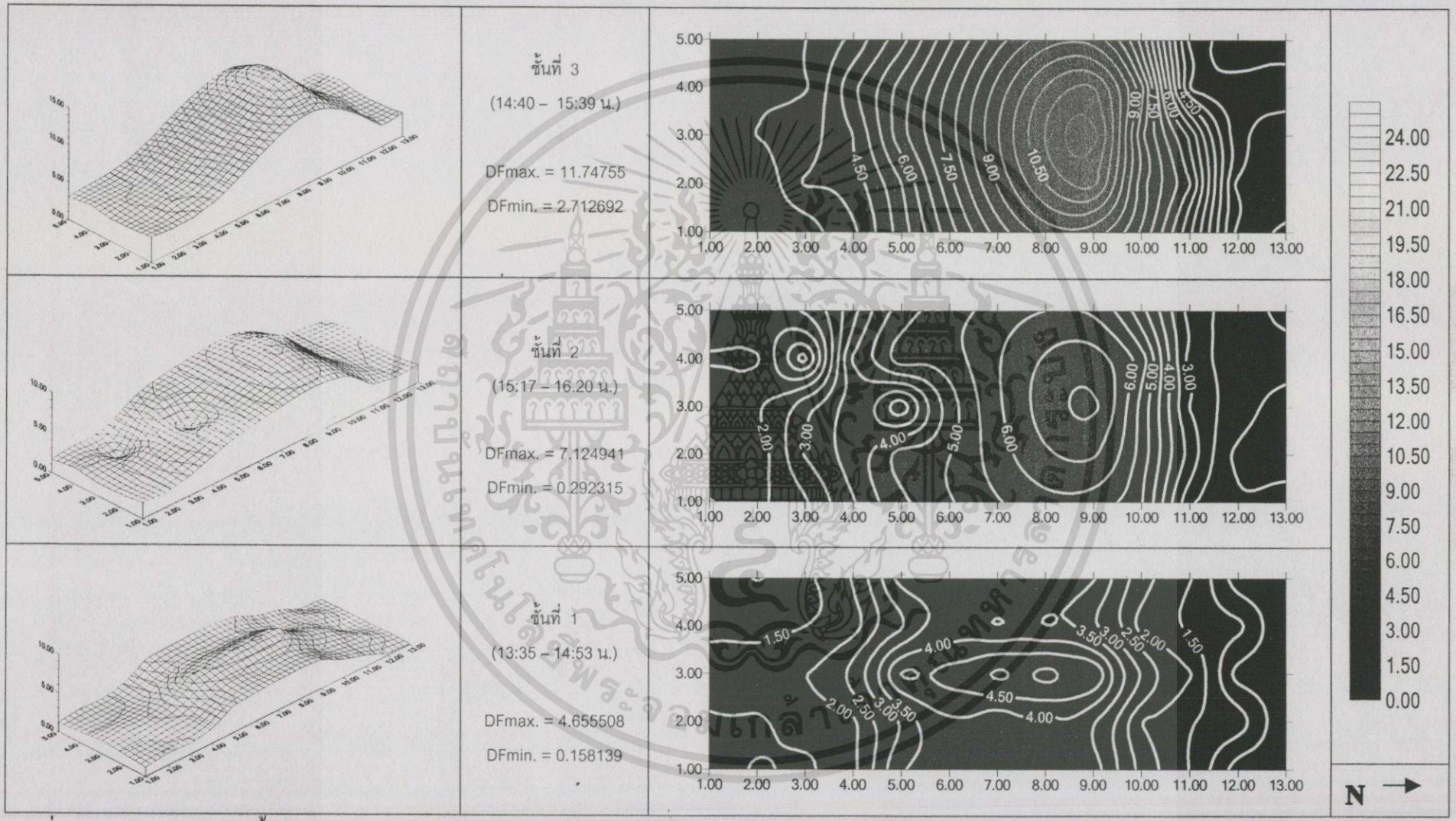


รูปที่ 72 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงเช้า

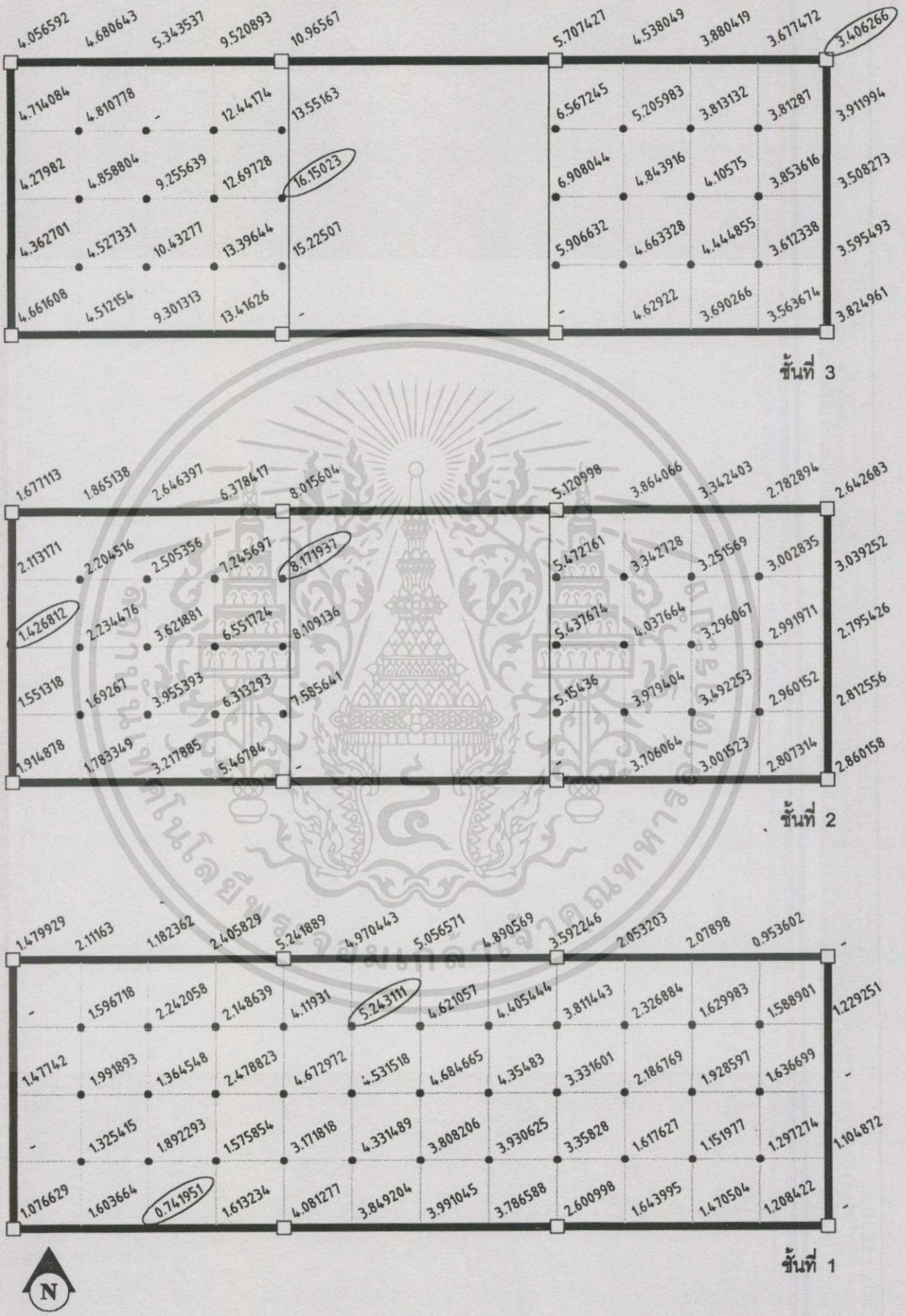


รูปที่ 73 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

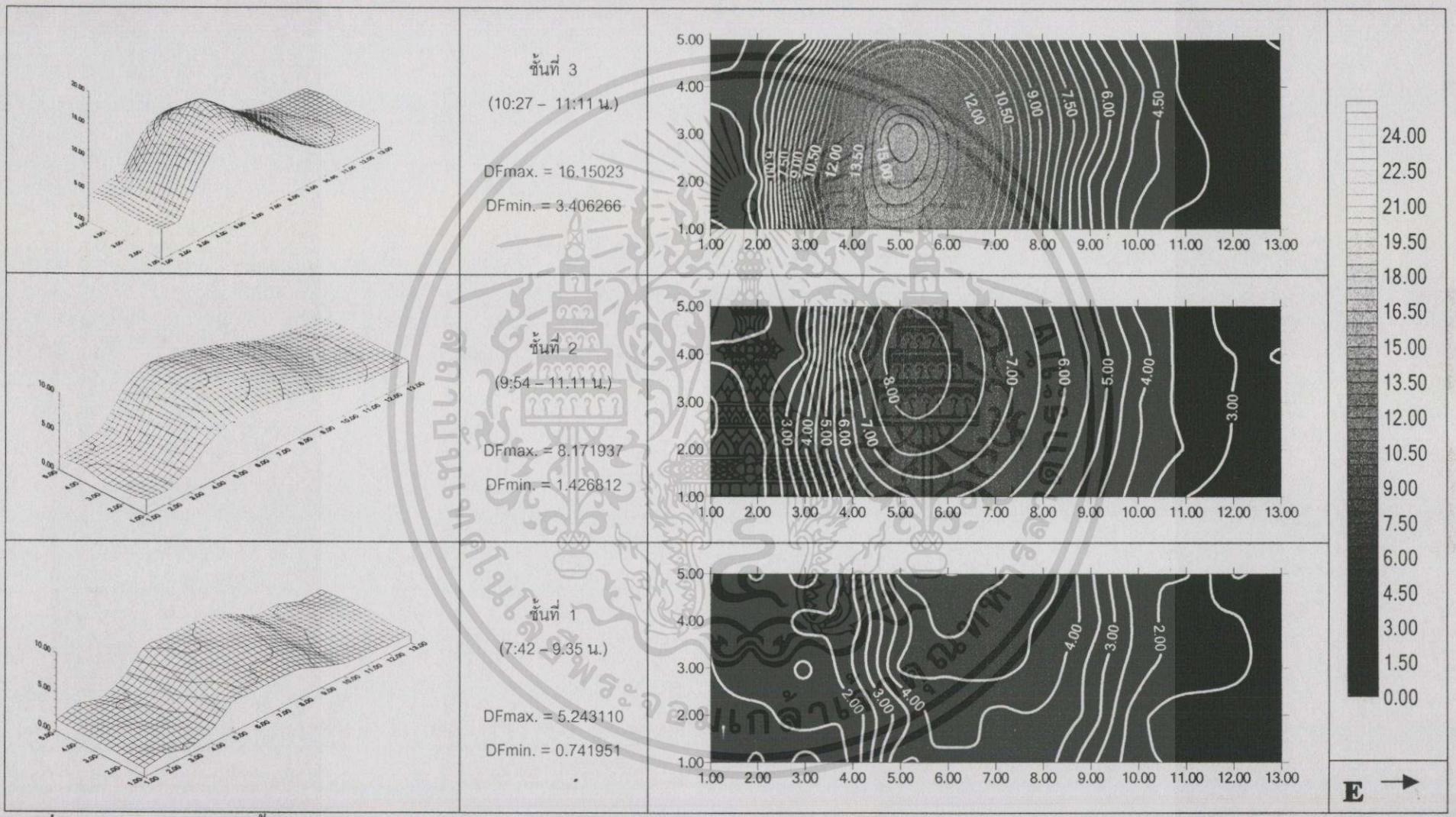


รูปที่ 74 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศใต้ ในช่วงบ่าย

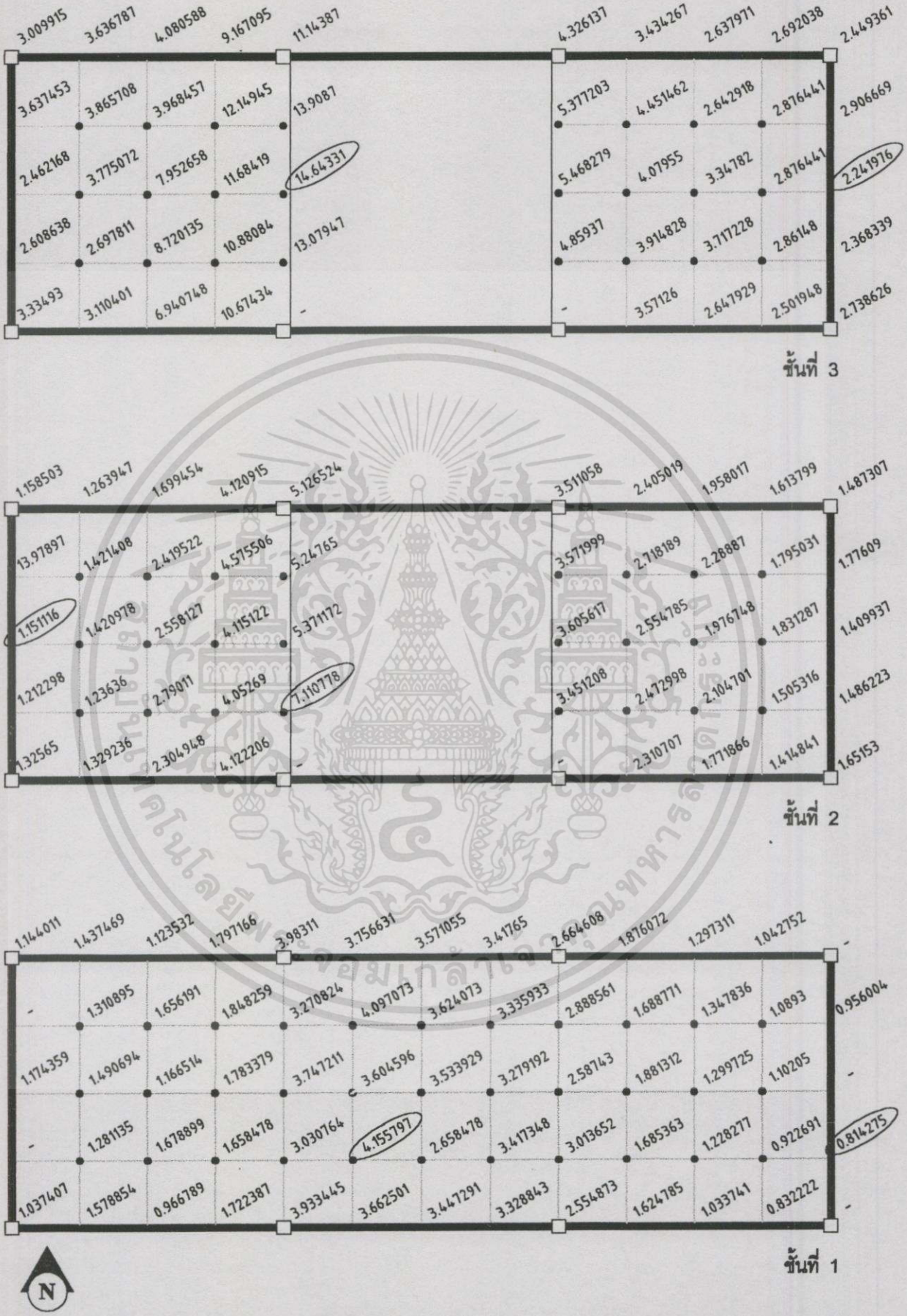


รูปที่ 75 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

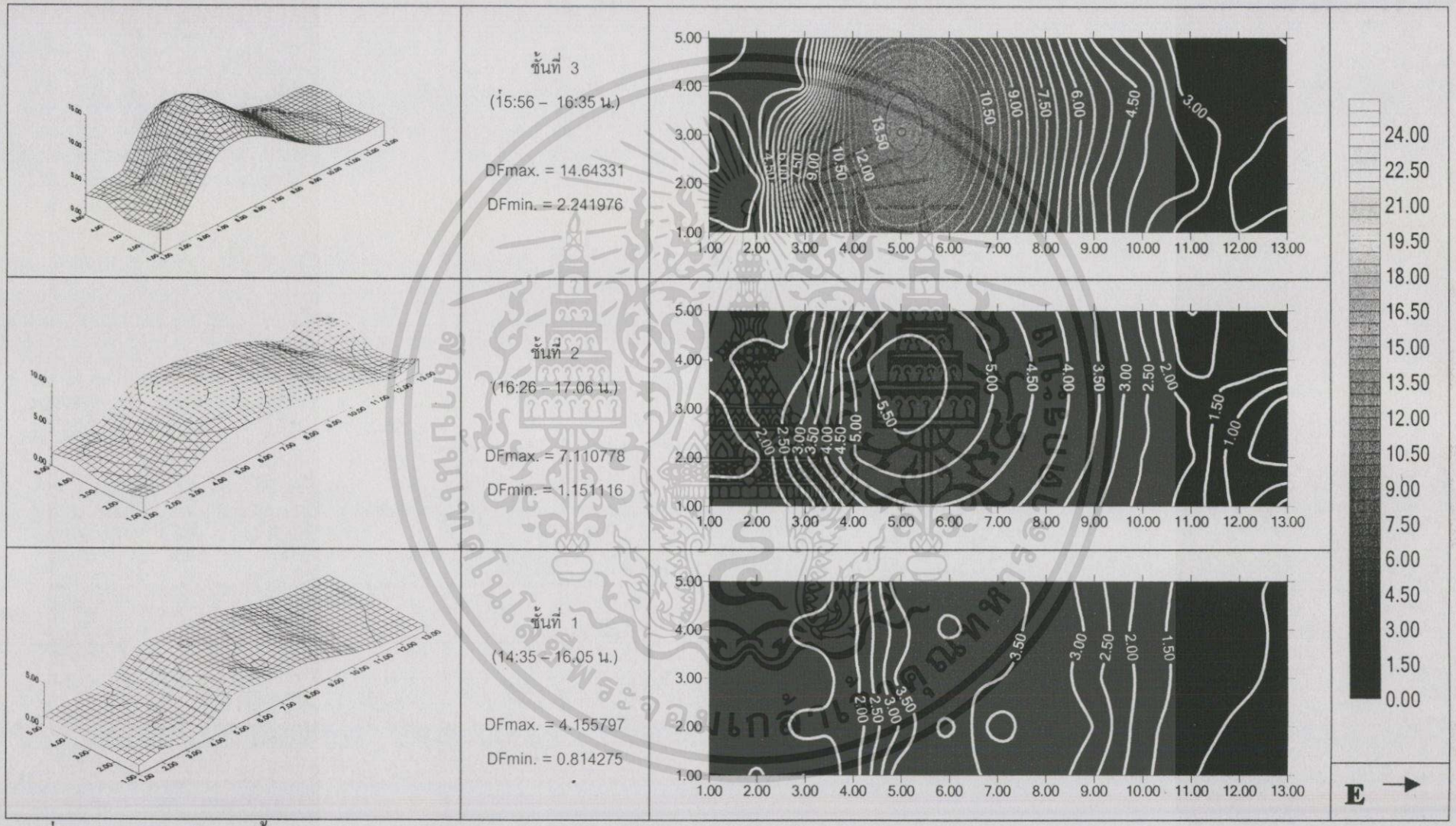


รูปที่ 76 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงเช้า

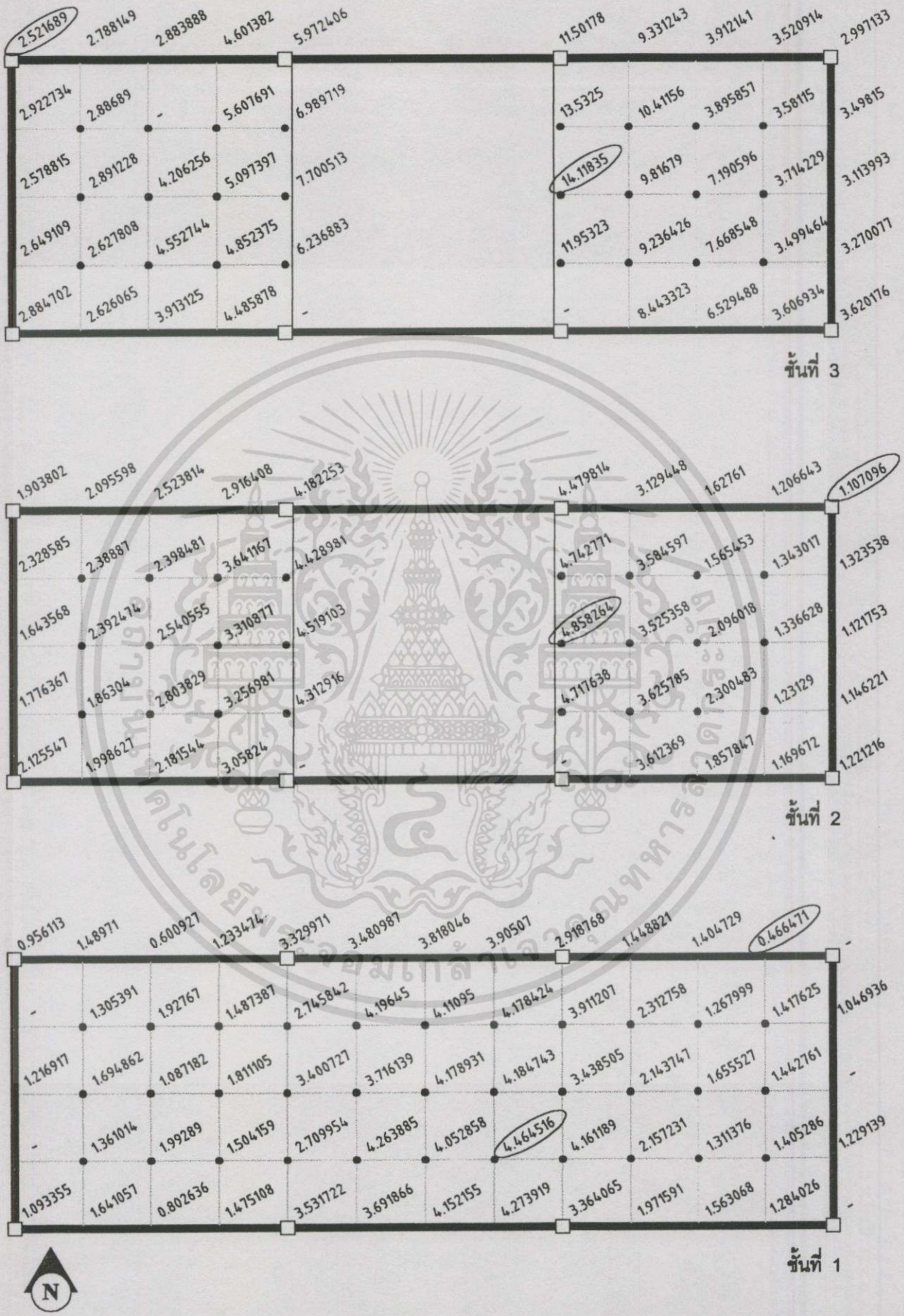


รูปที่ 77 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

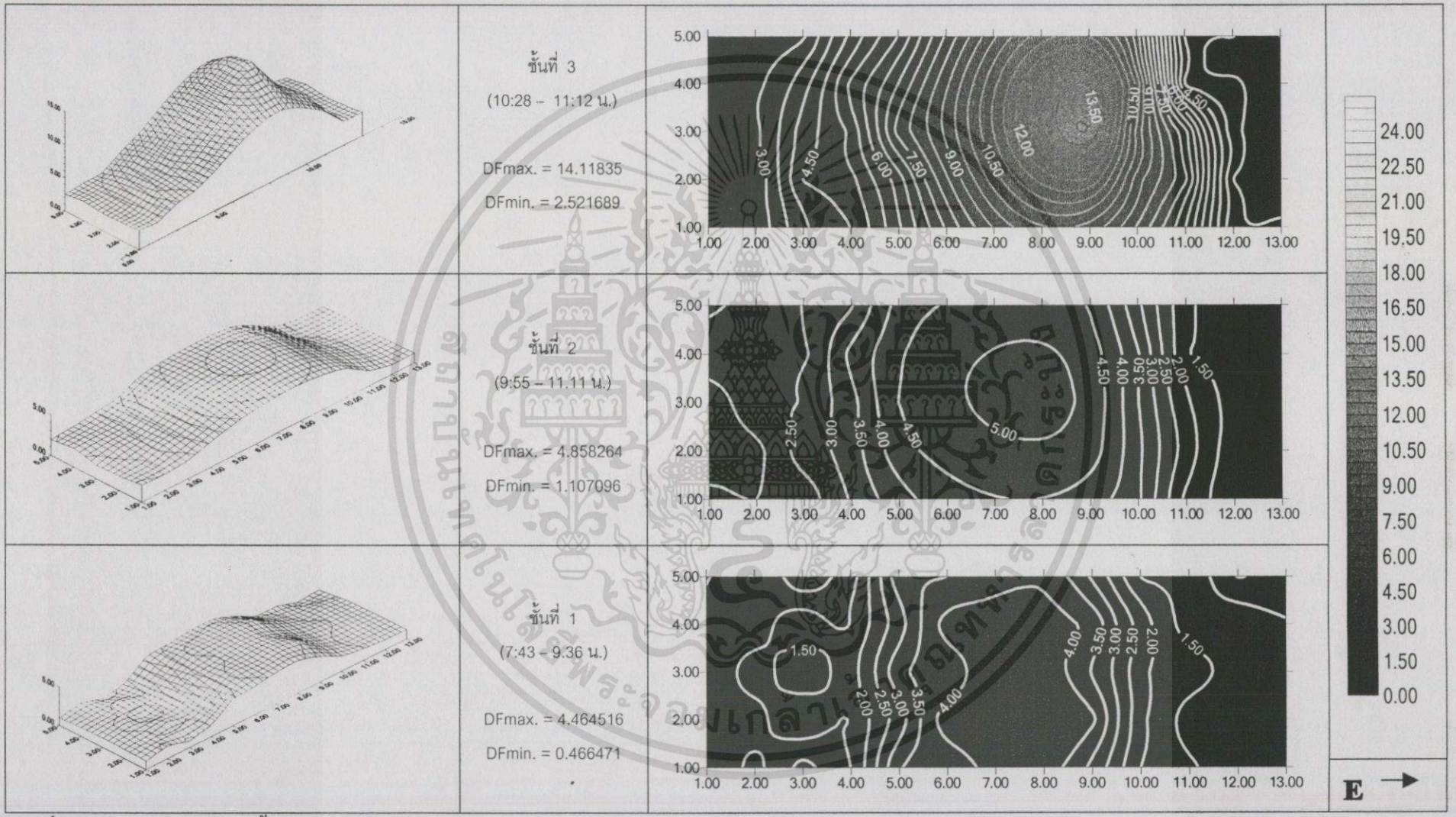


รูปที่ 78 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศตะวันออก ในช่วงบ่าย

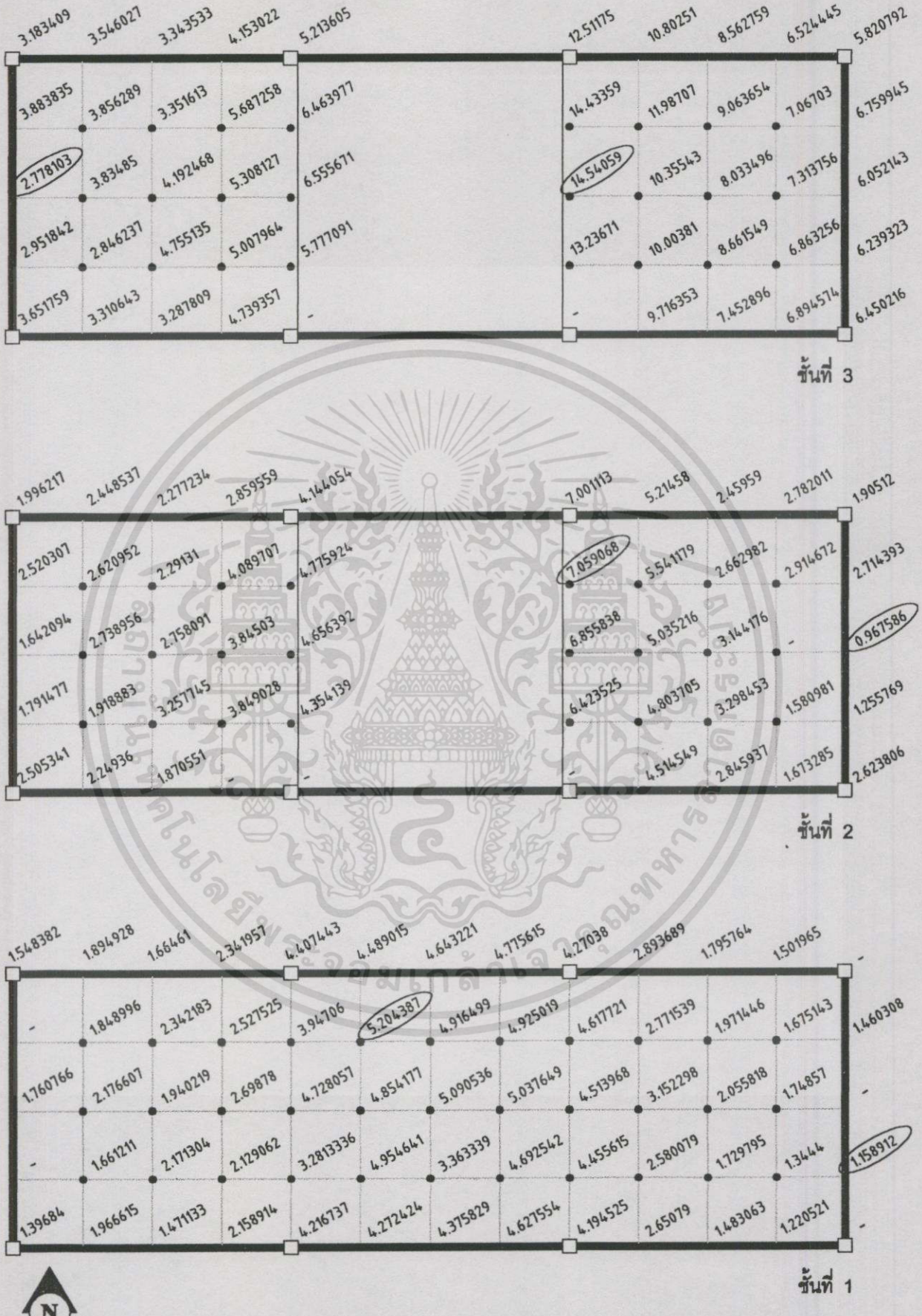


รูปที่ 79 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

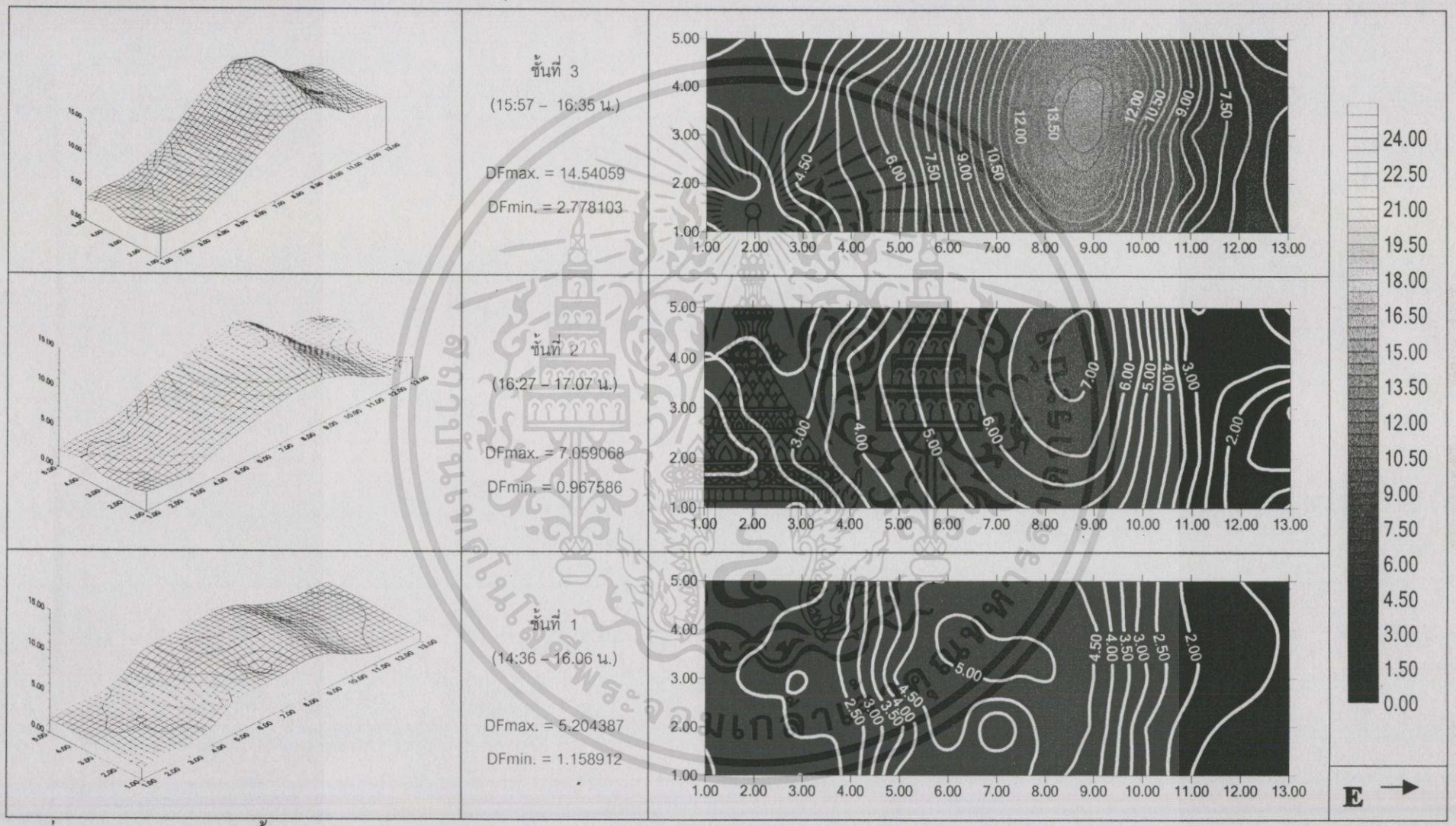


รูปที่ 80 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงเช้า



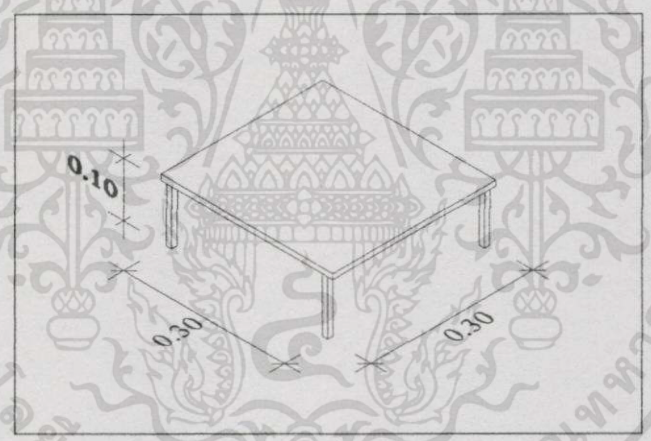
รูปที่ 81 ค่า Daylight factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงบ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

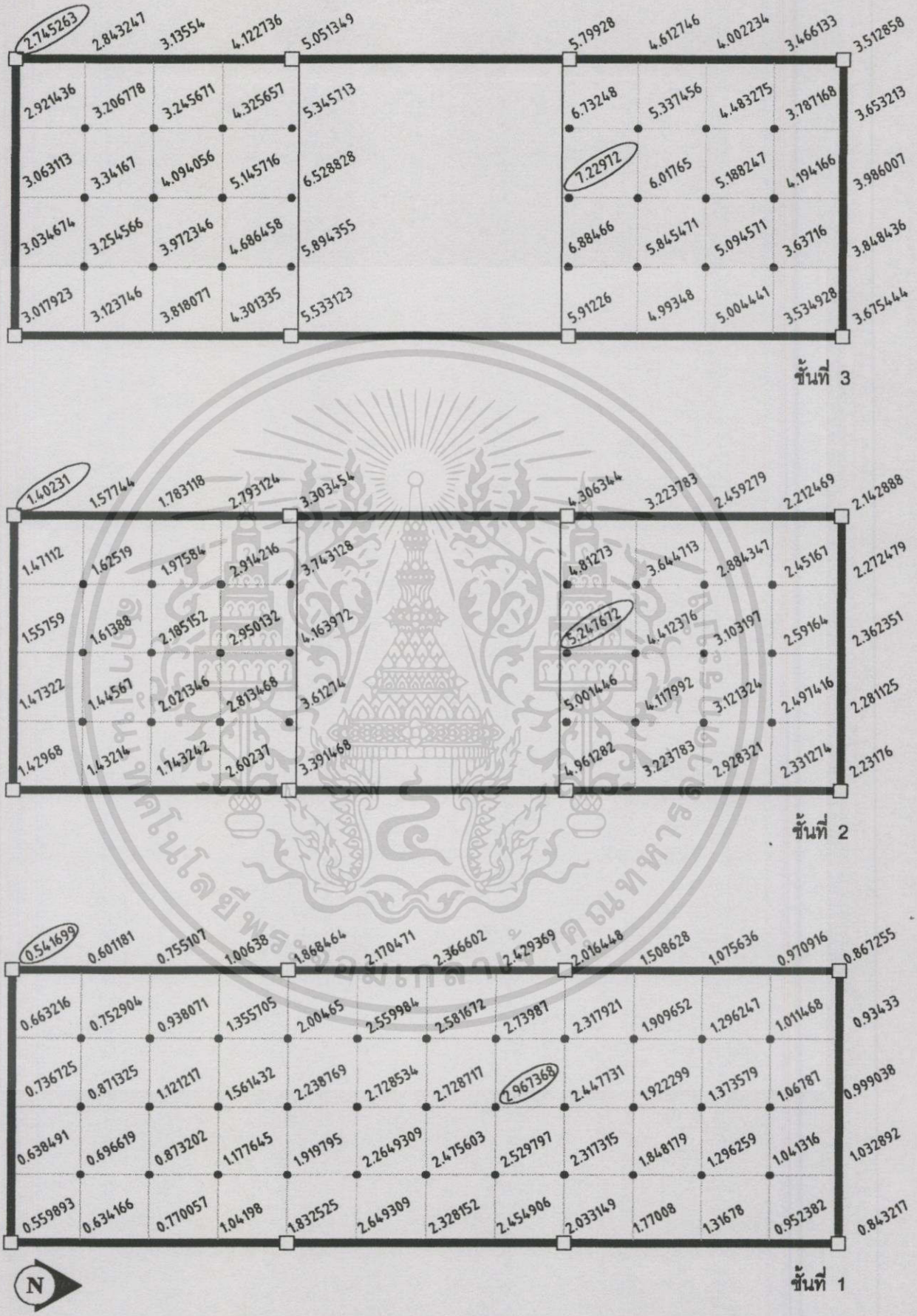


รูปที่ 82 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Sawtooth 3 หันหน้าทางทิศตะวันตก ในช่วงบ่าย

MONITOR 4 ทิศทาง

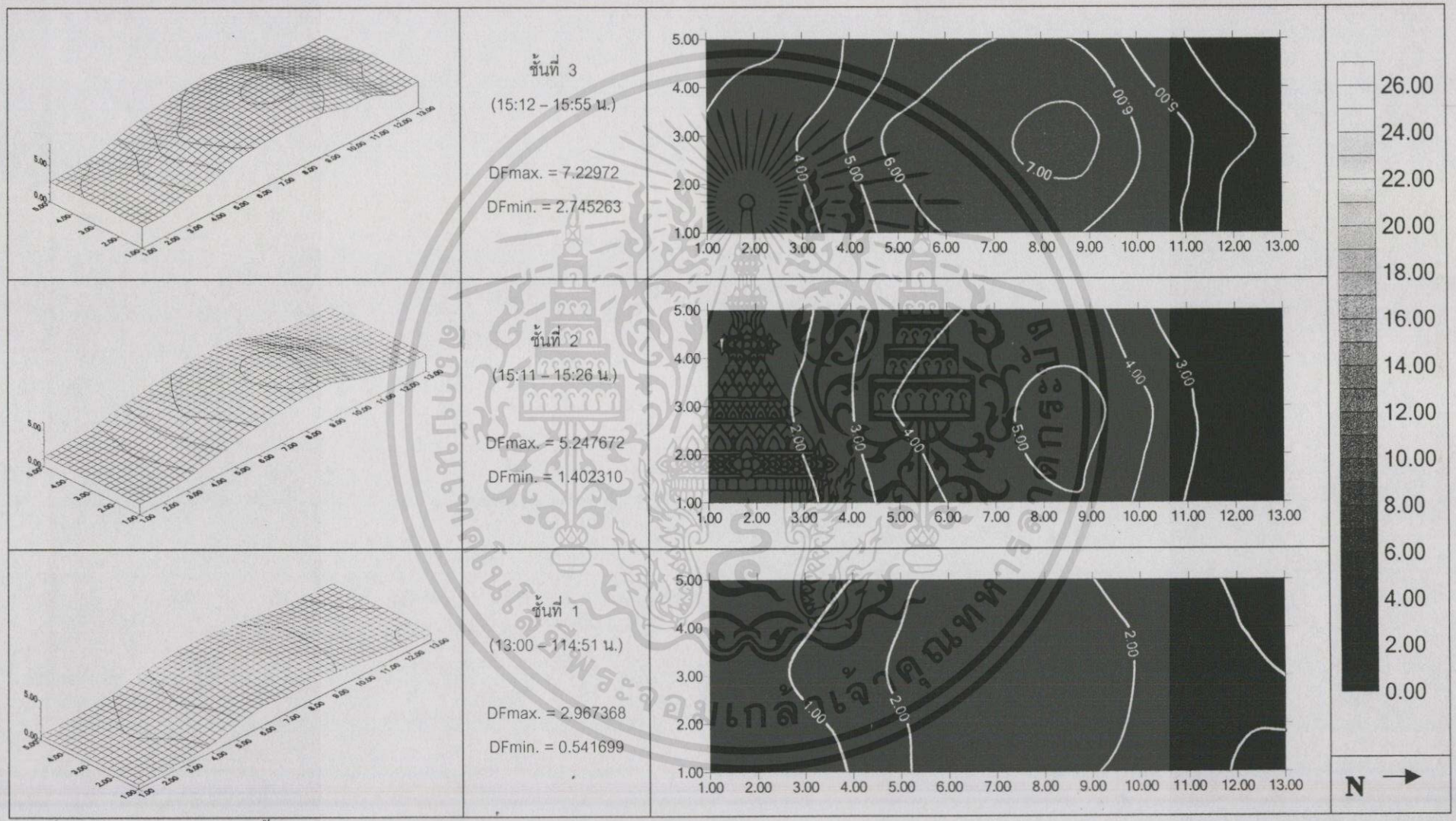


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

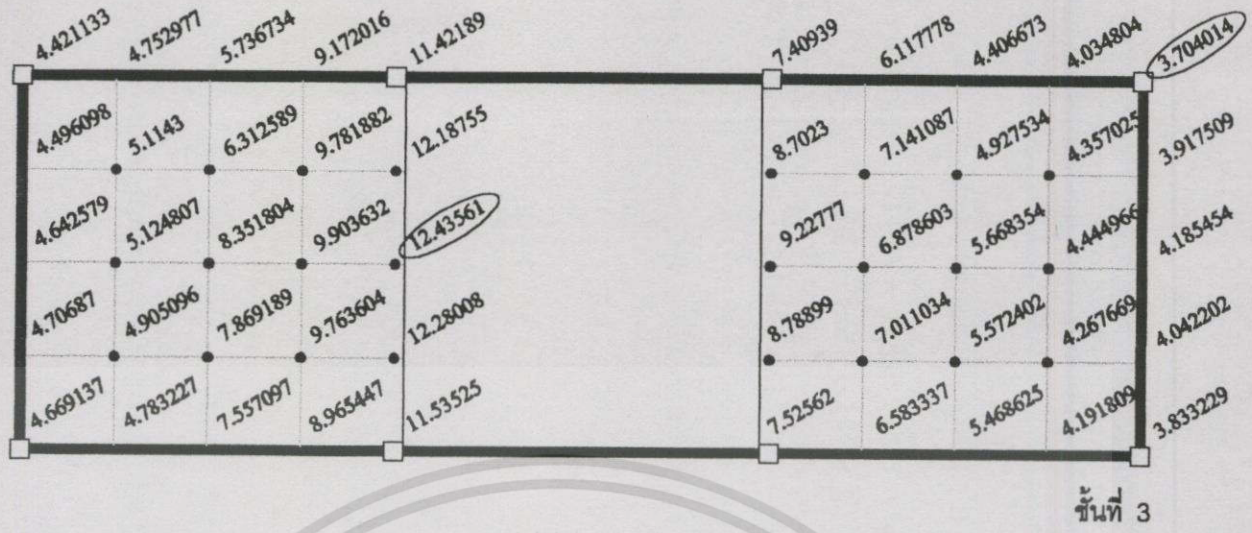


รูปที่ 83 ค่า Daylight factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง ความสูง 0.50 เมตร

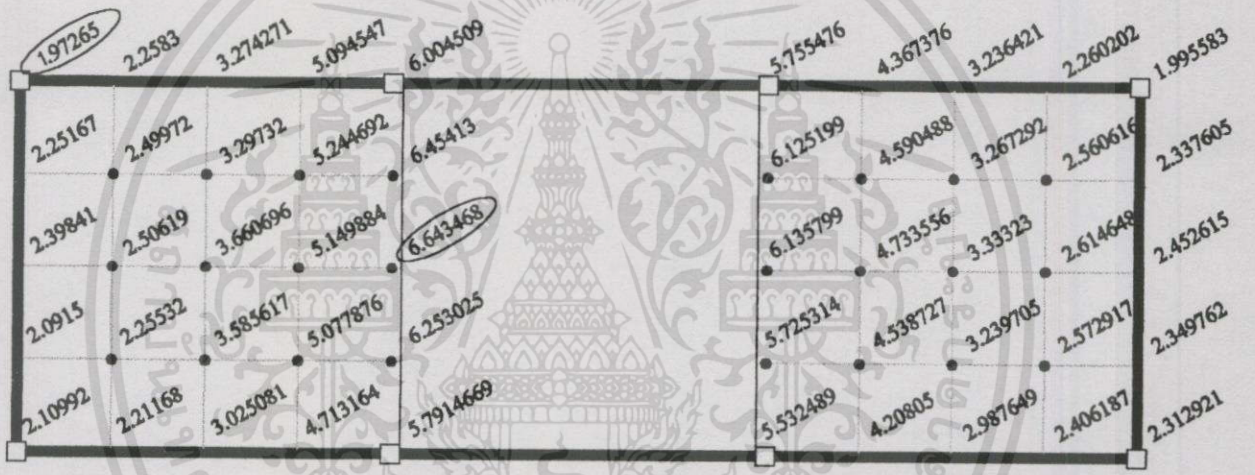
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



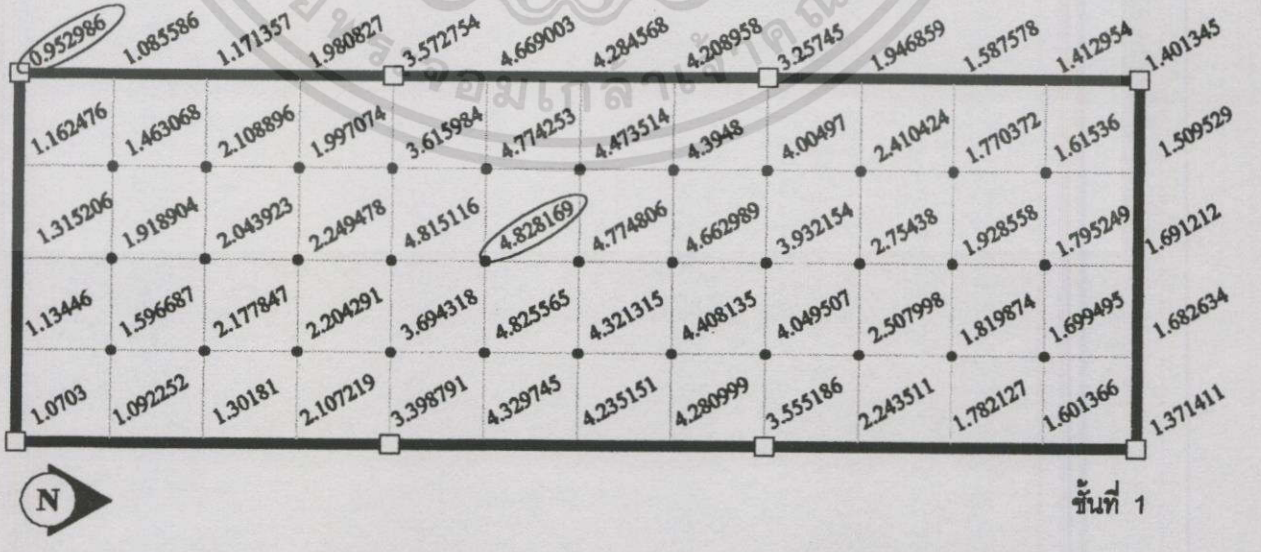
รูปที่ 84 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศเหนือ-ใต้ ความสูง 0.50 เมตร



ชั้นที่ 3



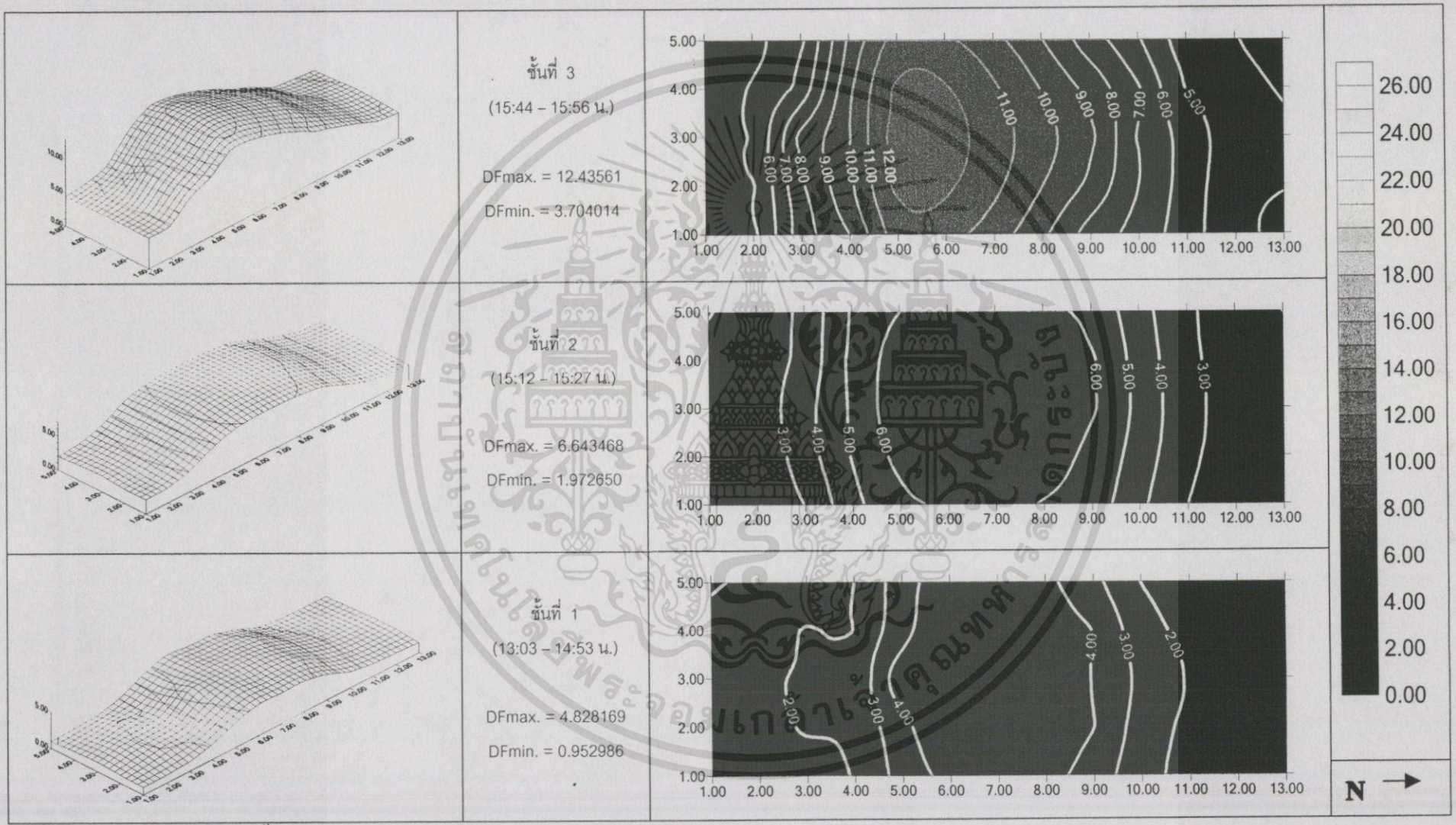
ชั้นที่ 2



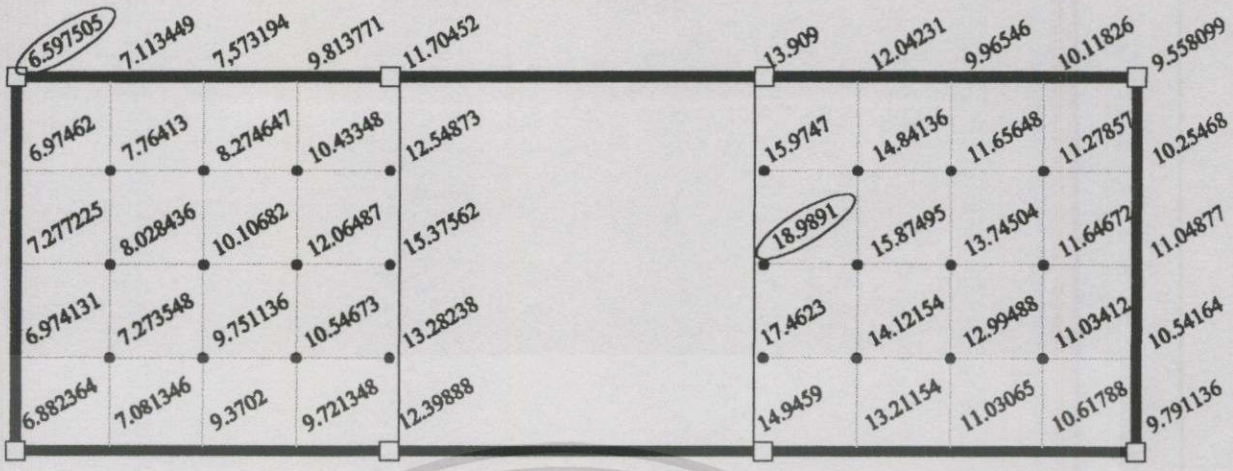
ชั้นที่ 1

รูปที่ 85 ค่า Daylight factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง ความสูง 1.00 เมตร

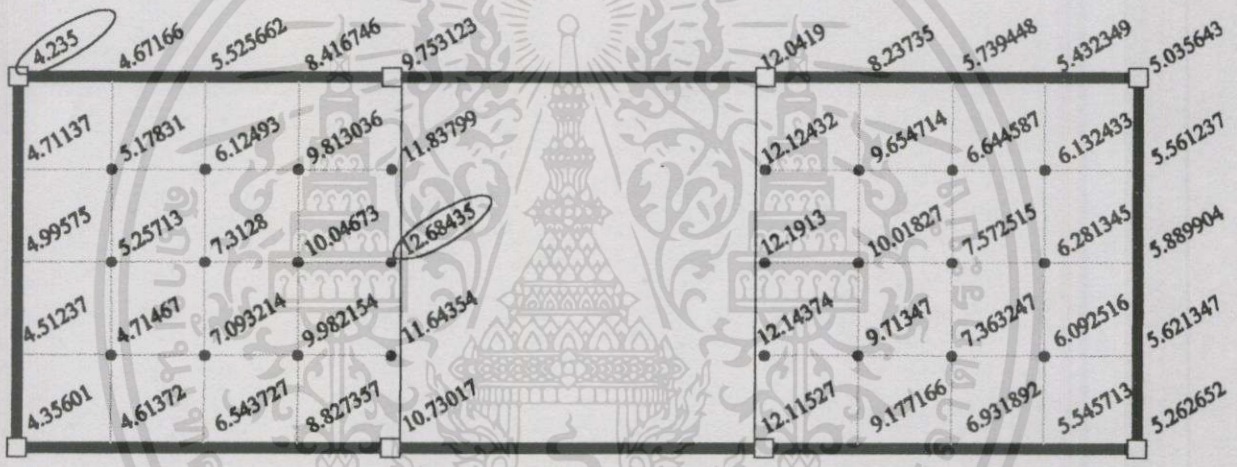
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



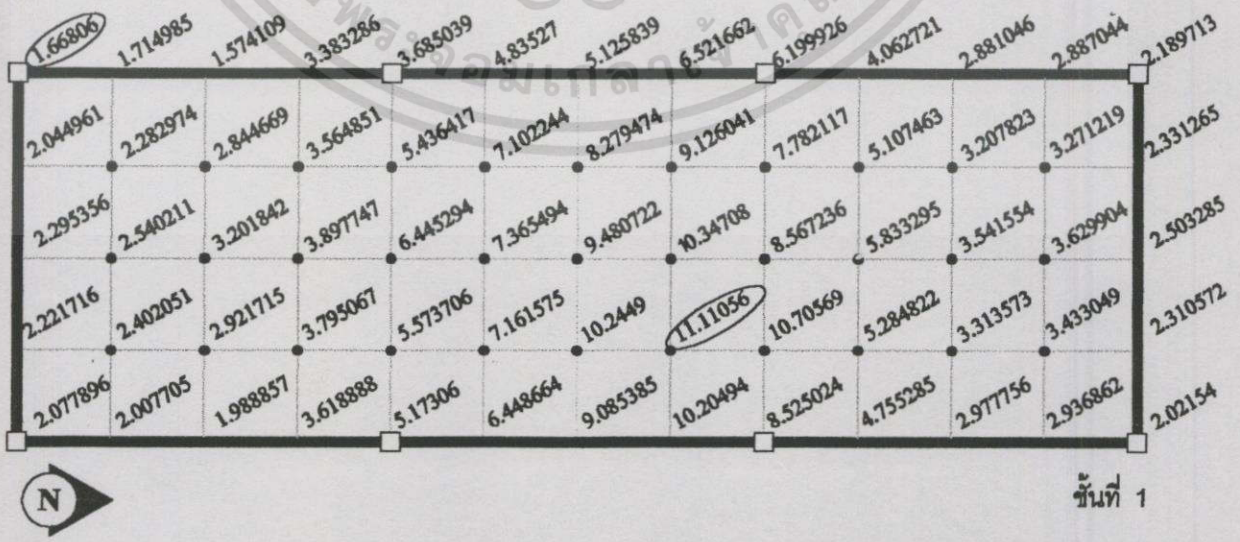
รูปที่ 86 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศเหนือ-ใต้ ความสูง 1.00 เมตร



ชั้นที่ 3



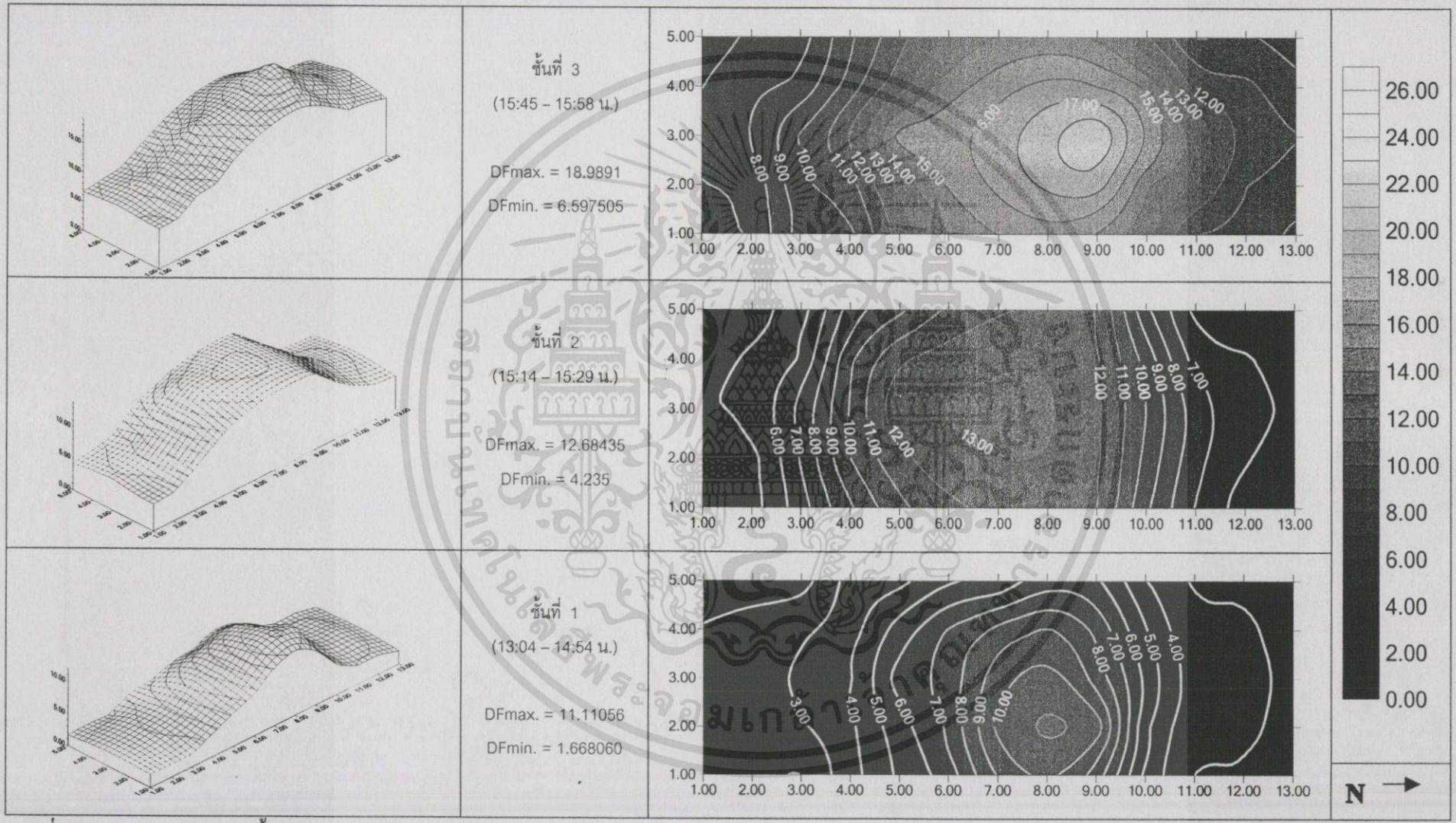
ชั้นที่ 2



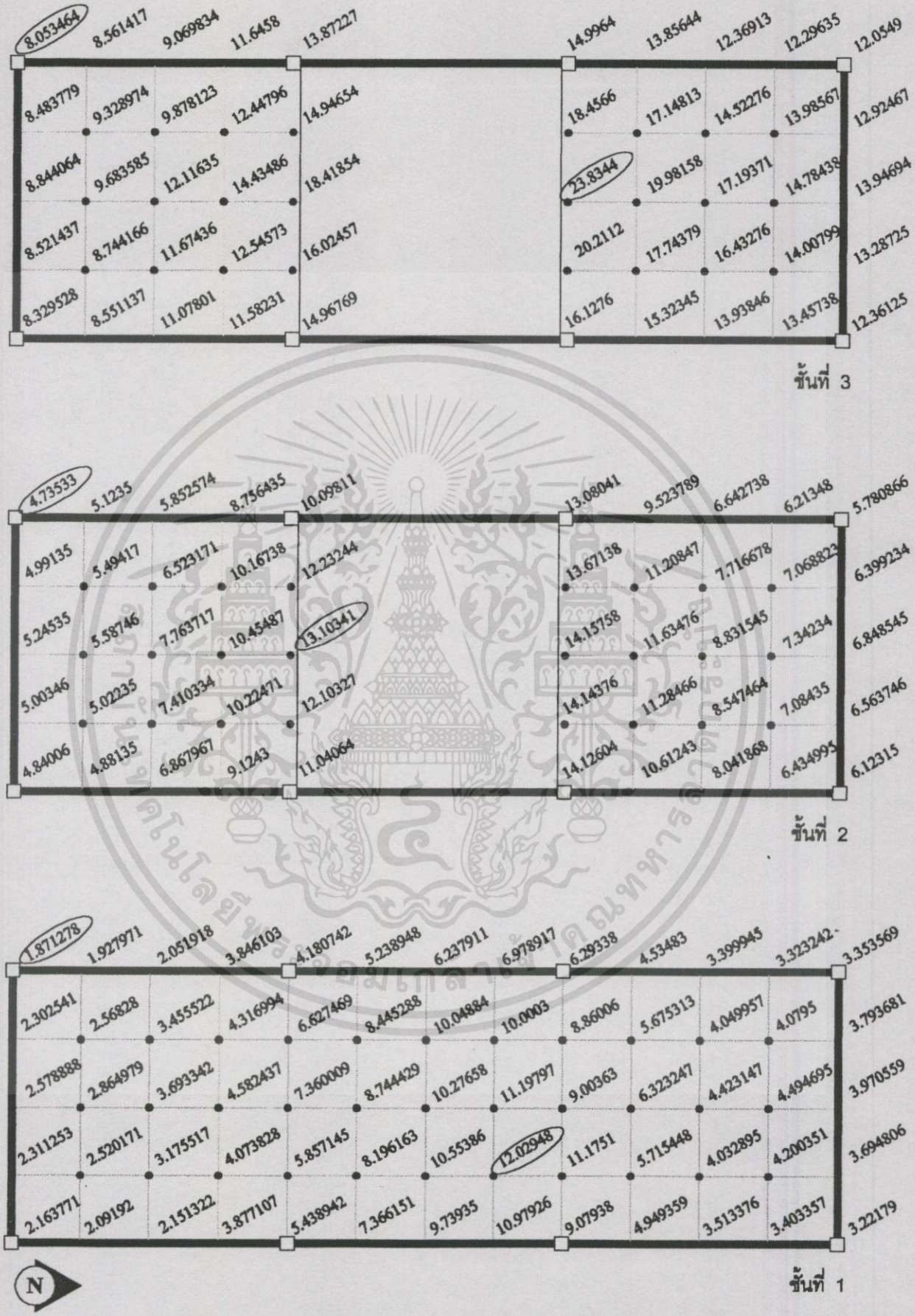
ชั้นที่ 1

รูปที่ 87 ค่า Daylight factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง ความสูง 1.50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

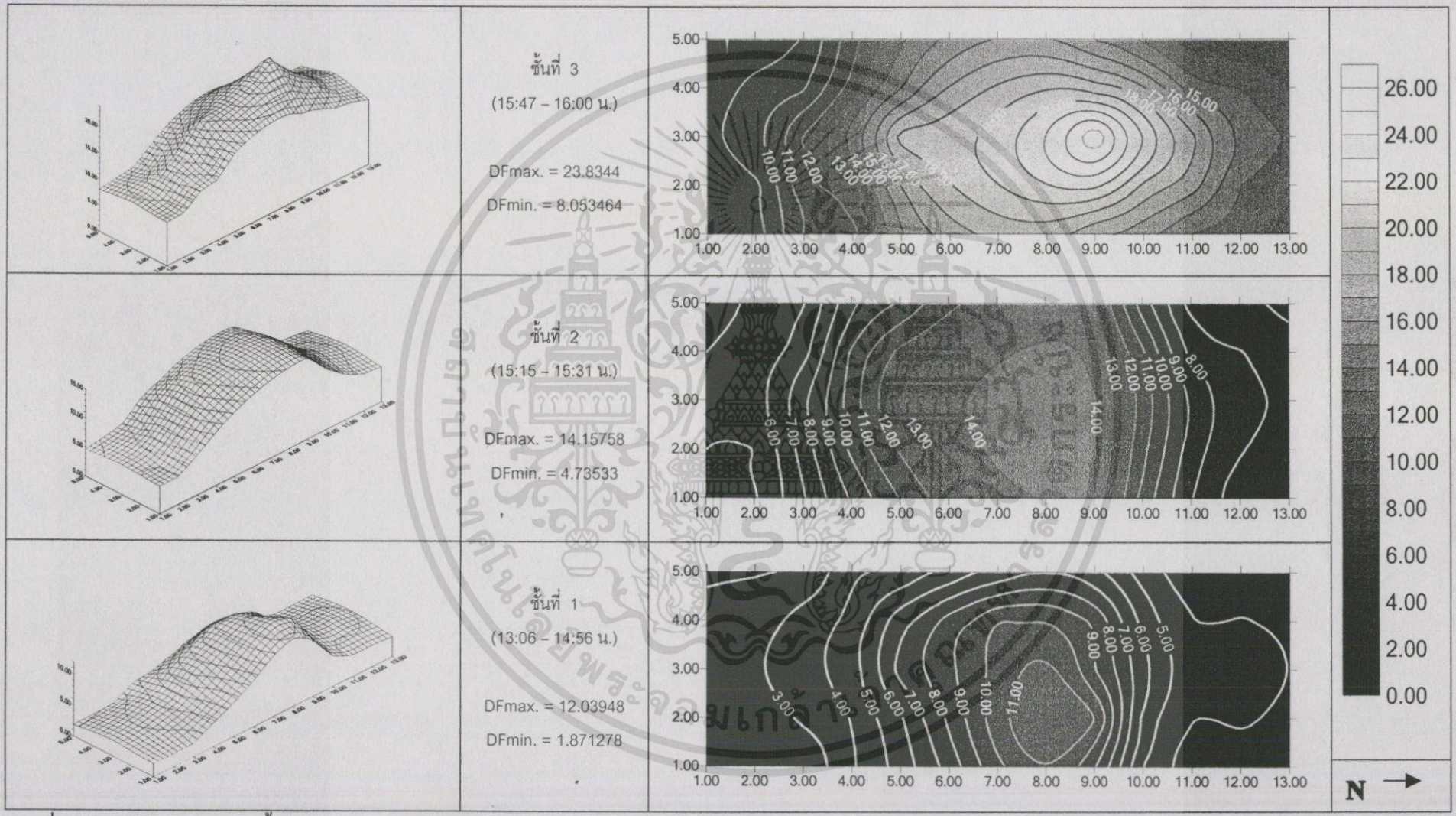


รูปที่ 88 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศเหนือ-ใต้ ความสูง 1.50 เมตร

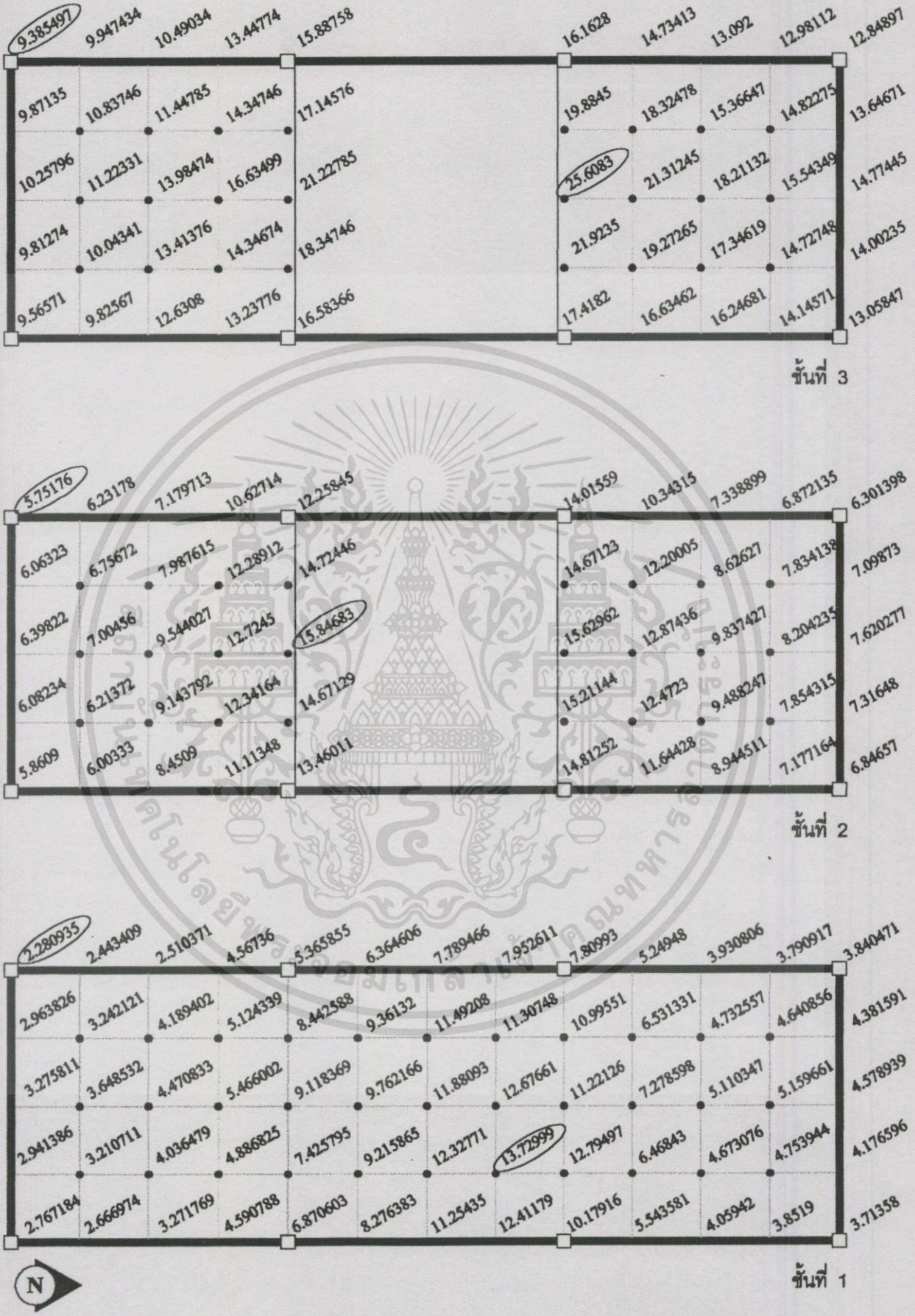


รูปที่ 89 ค่า Daylight factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง ความสูง 2.00 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

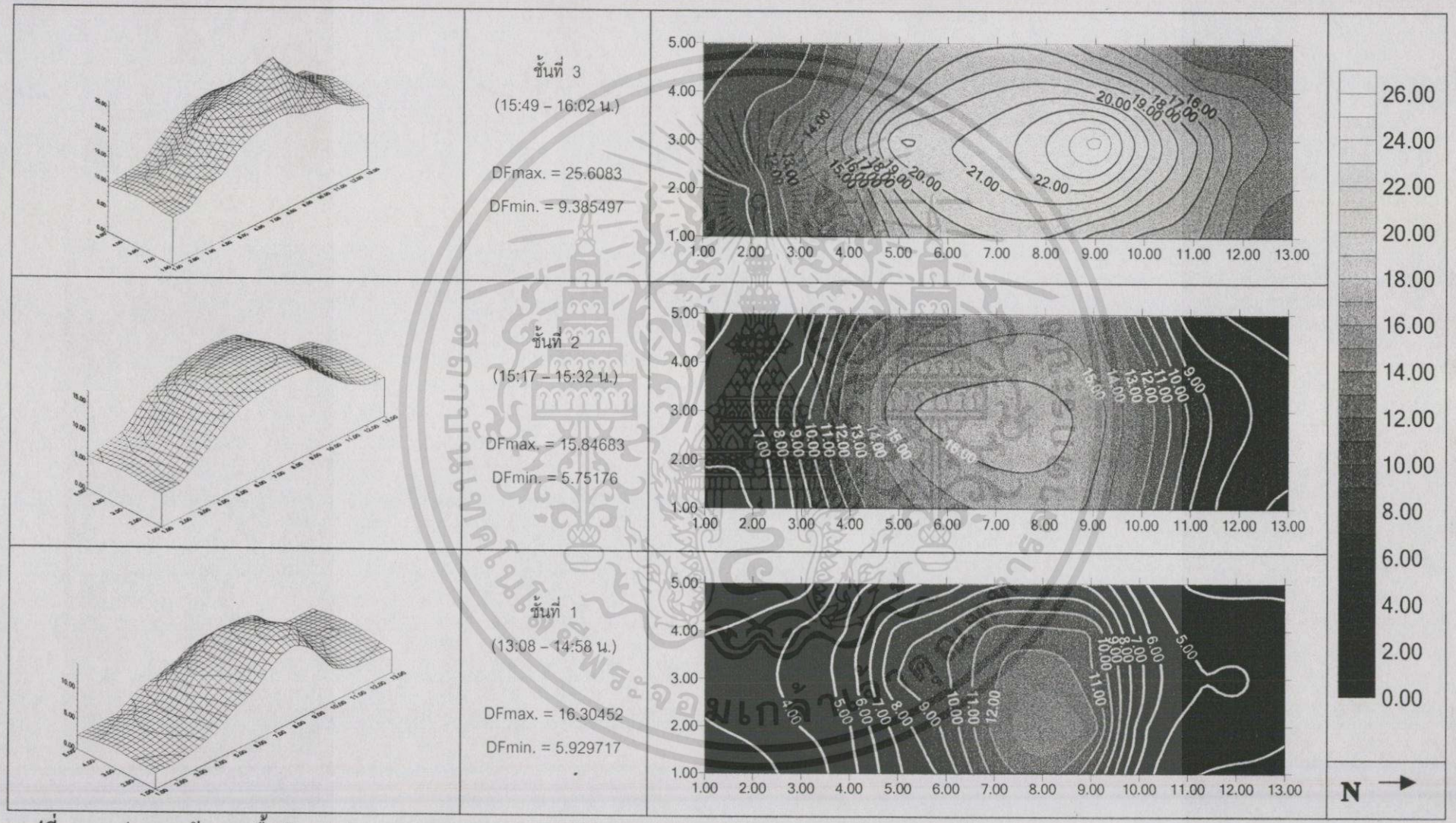


รูปที่ 90 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศเหนือ-ใต้ ความสูง 2.00 เมตร

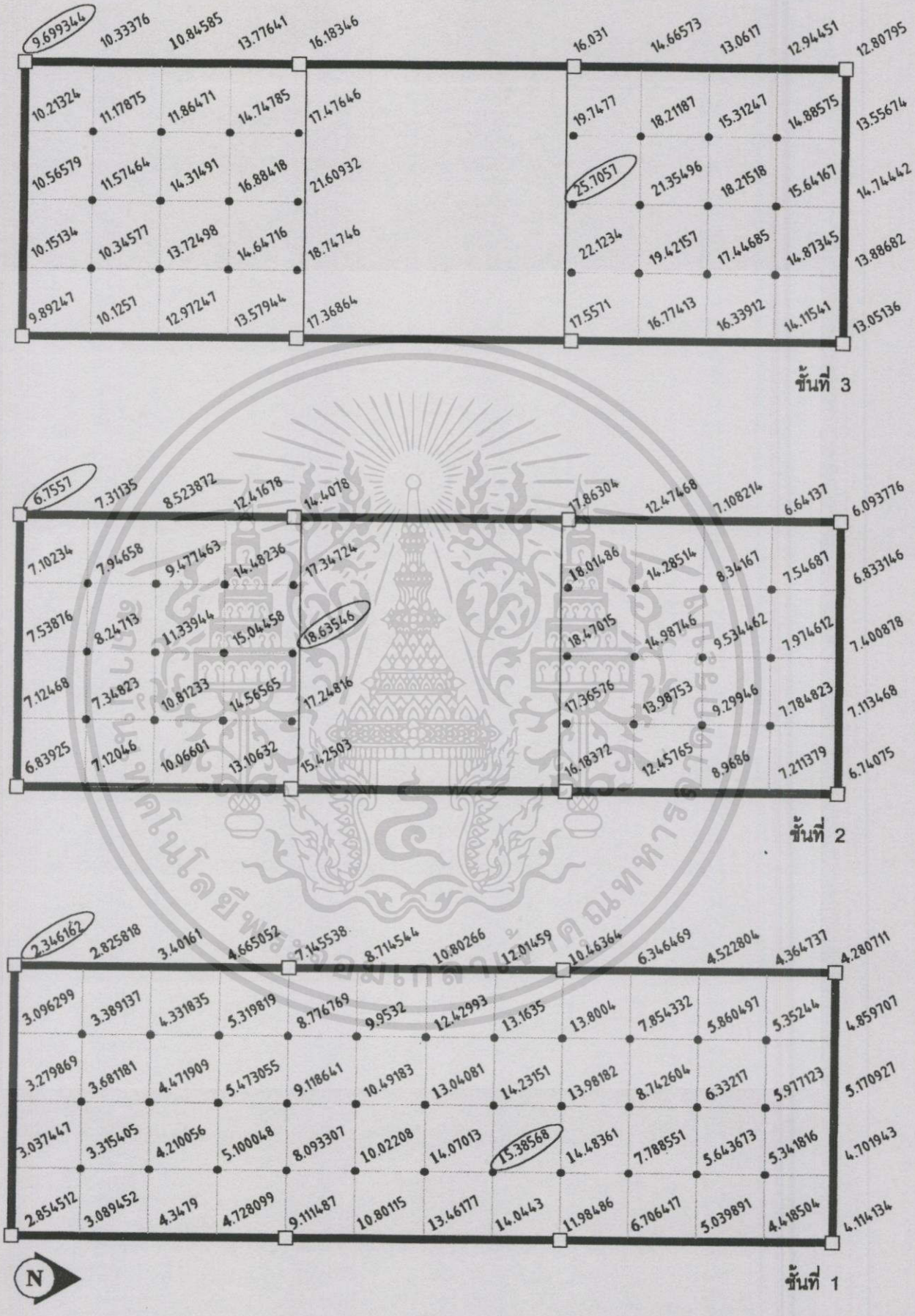


รูปที่ 91 ค่า Daylight factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง ความสูง 2.50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

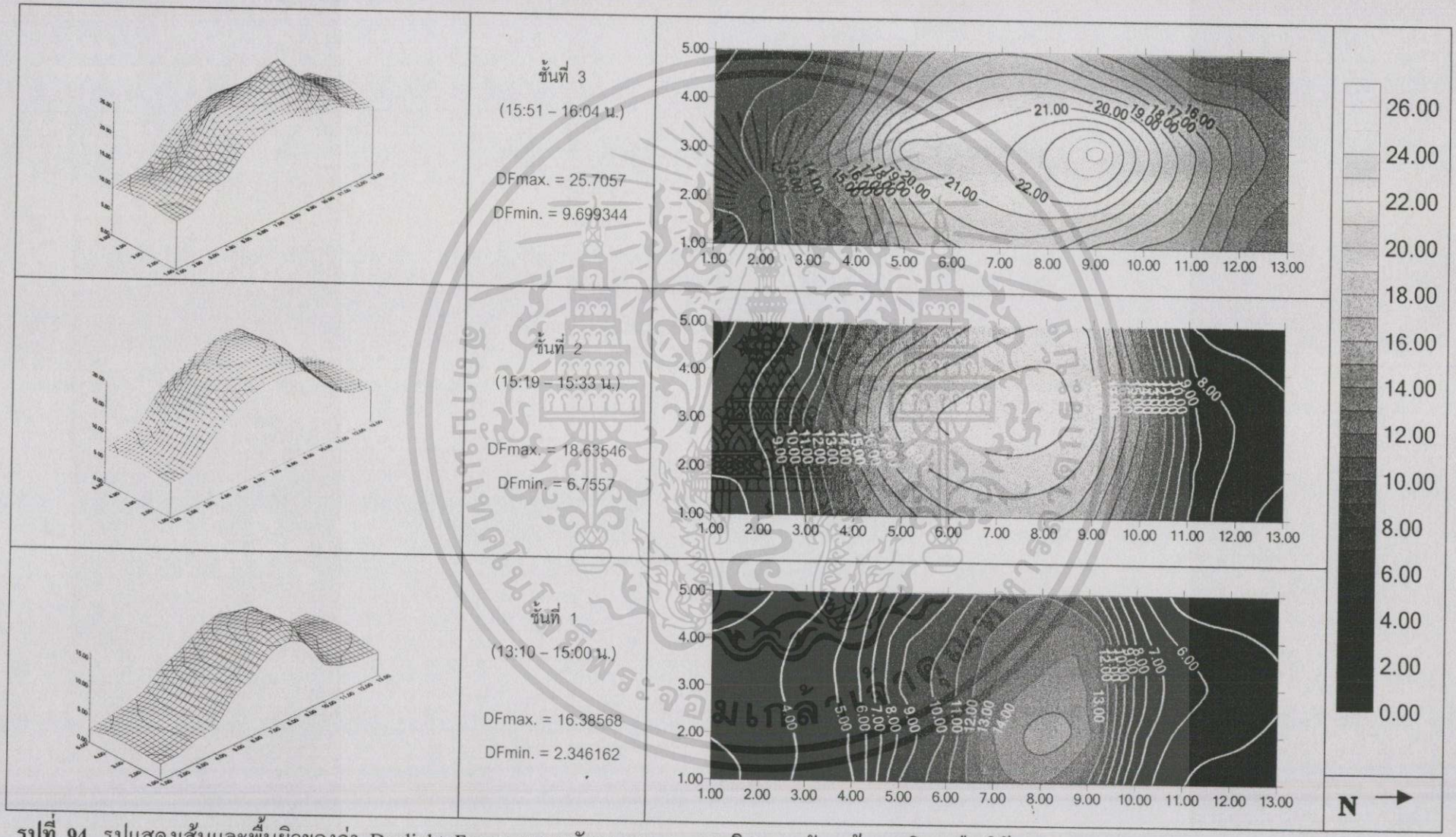


รูปที่ 92 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศเหนือ-ใต้ ความสูง 2.50 เมตร



รูปที่ 93 ค่า Daylight factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง ความสูง 3.00 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 94 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight Factor ของหลังคา Monitor 4 ทิศทาง หันหน้าทางทิศเหนือ-ใต้ ความสูง 3.00 เมตร

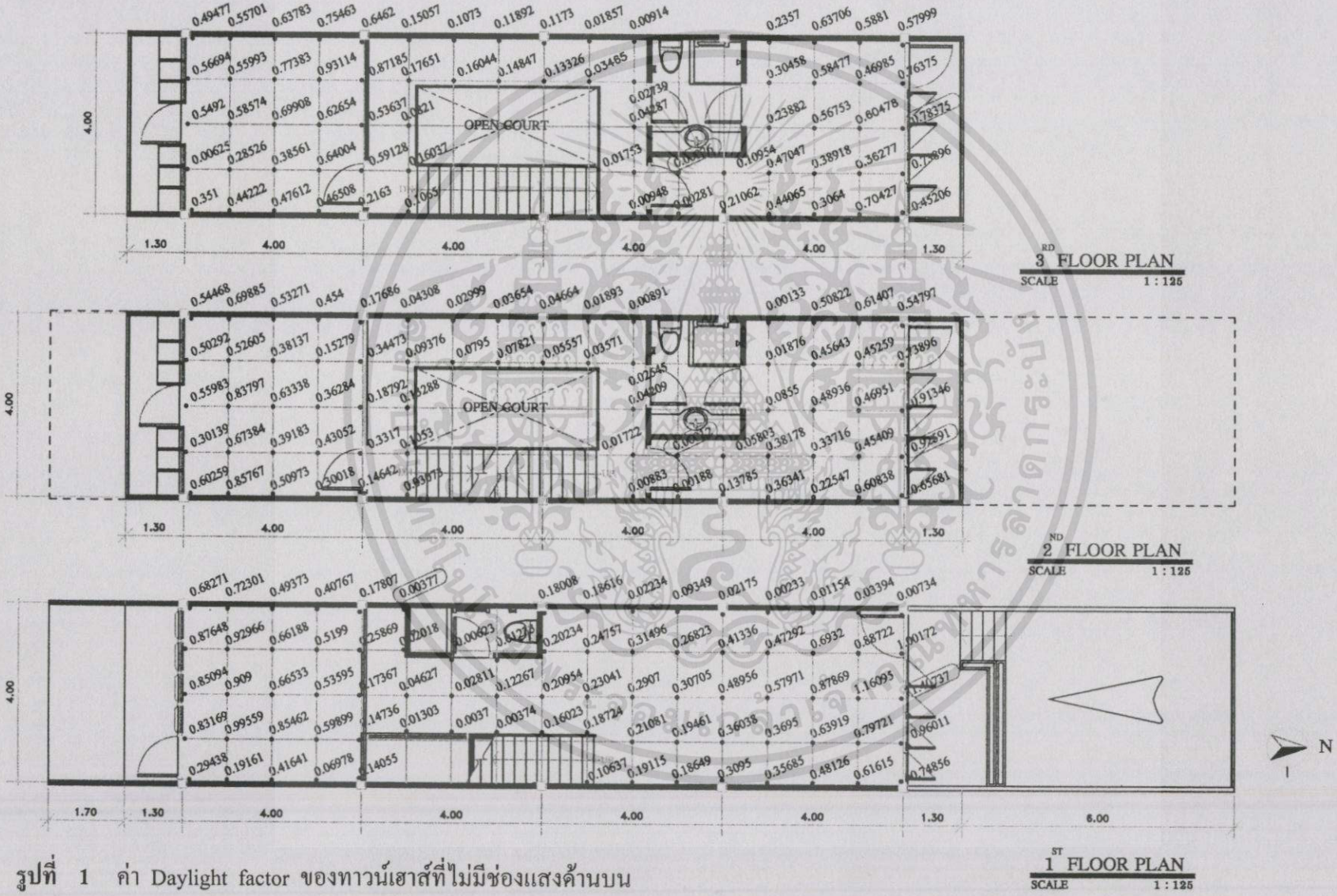
ภาคผนวก ช

- ผลการทดลองในบทที่ 5

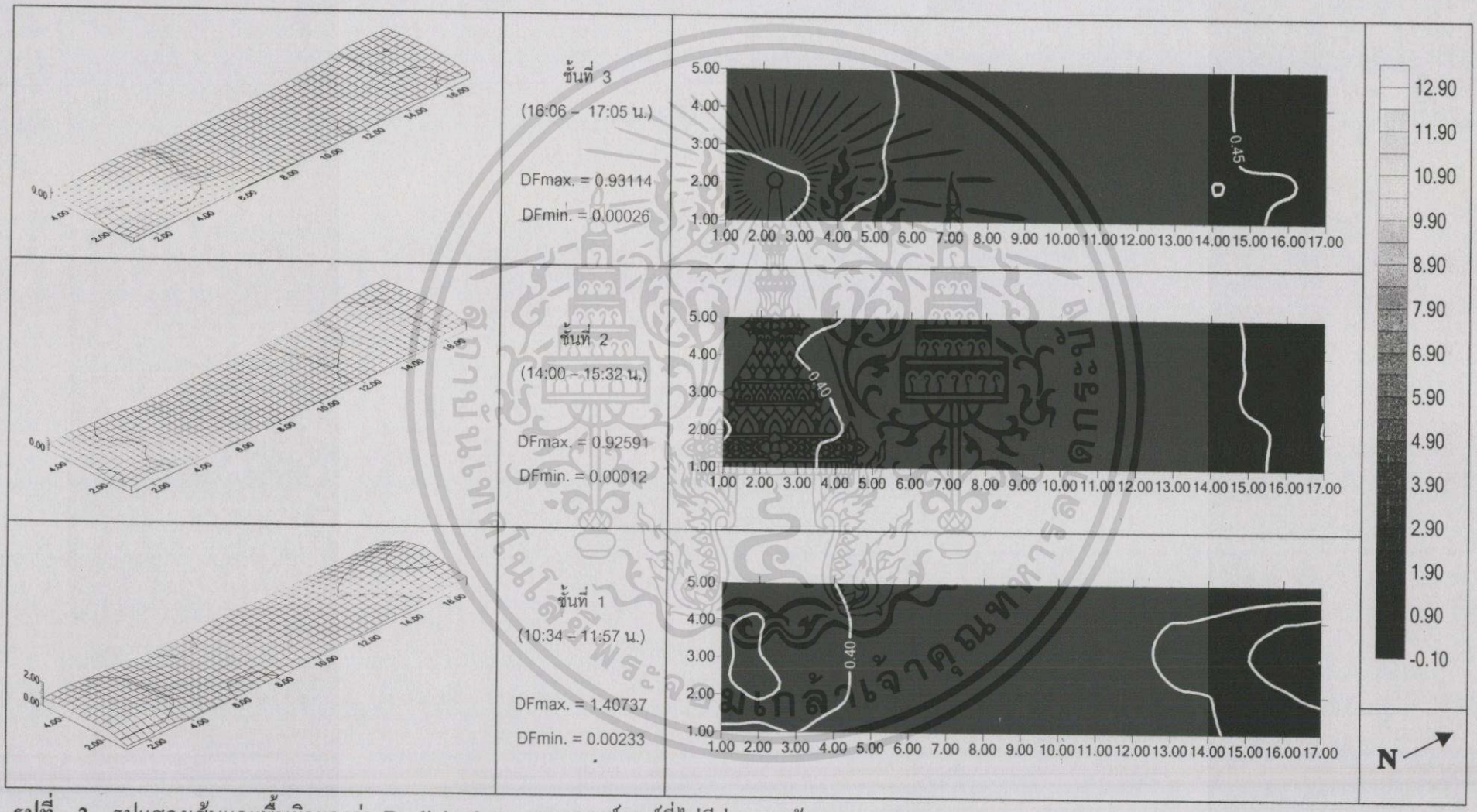
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่า Daylight Factor และกราฟของทาวน์เฮาส์ที่ไม่มีช่องแสง
และมีช่องแสงขนาด 3 x 3 เมตร สูง 1.50 เมตร

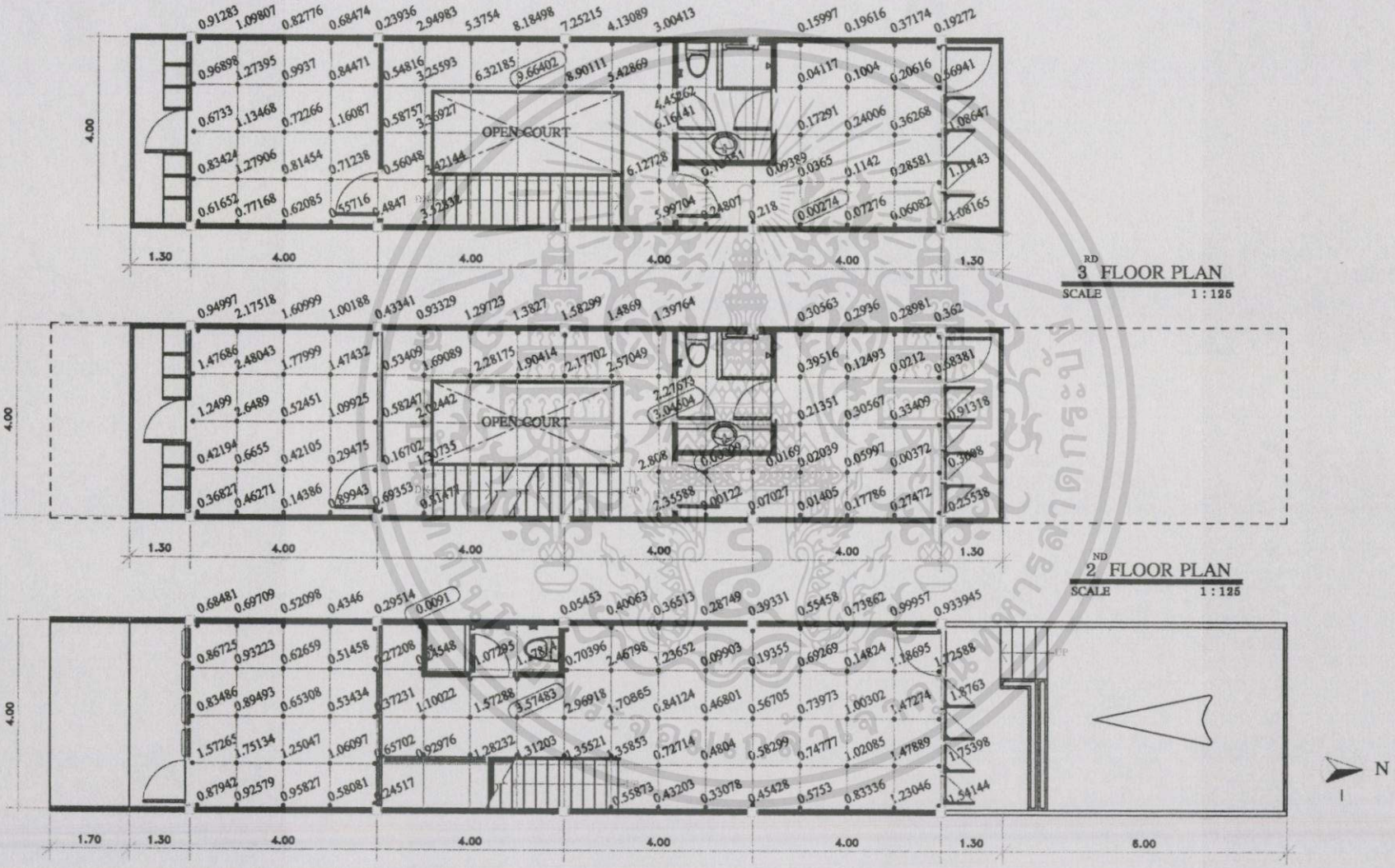
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



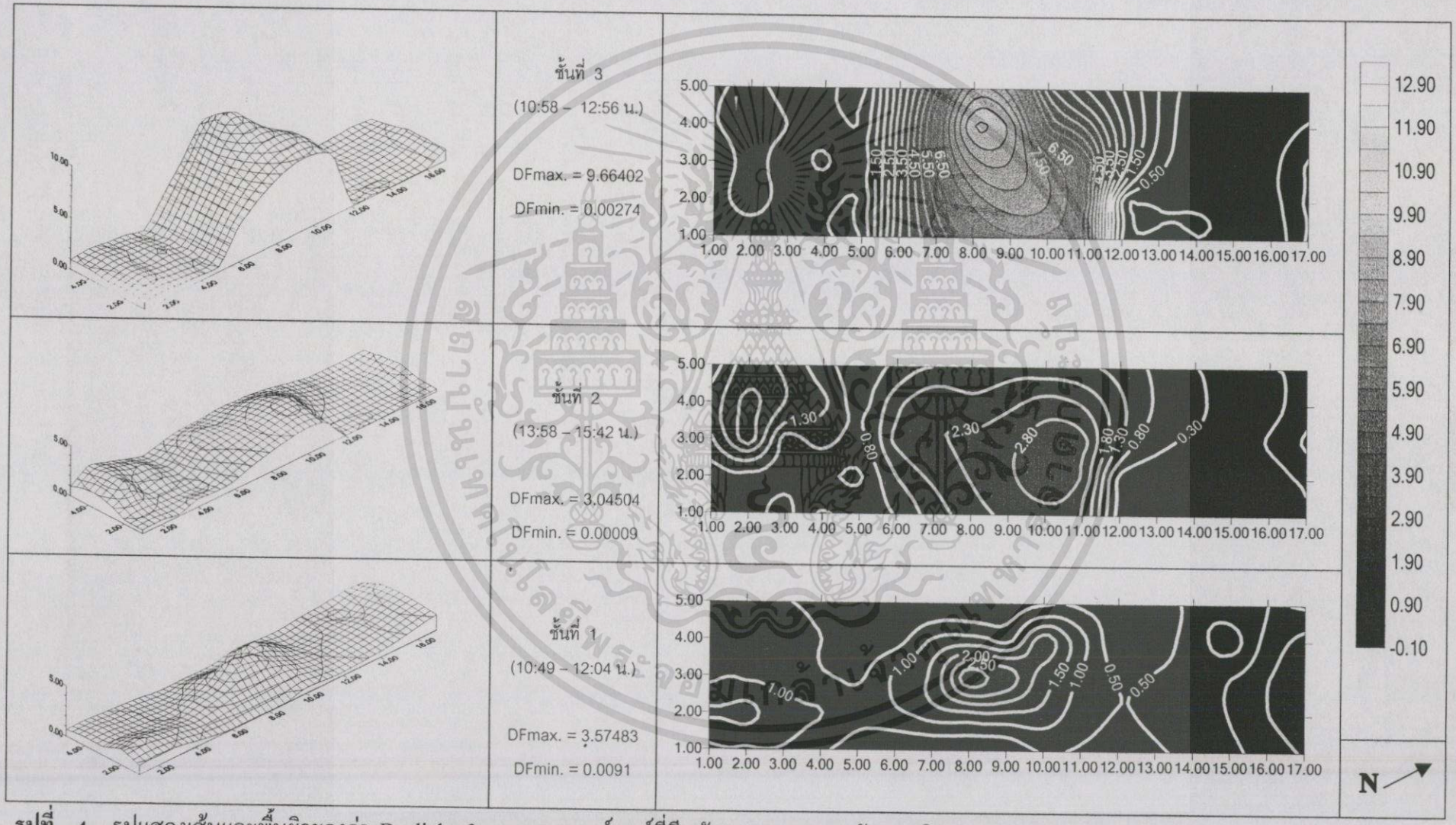
รูปที่ 1 ค่า Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่ไม่มีช่องแสงด้านบน



รูปที่ 2 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่ไม่มีช่องแสงด้านบน



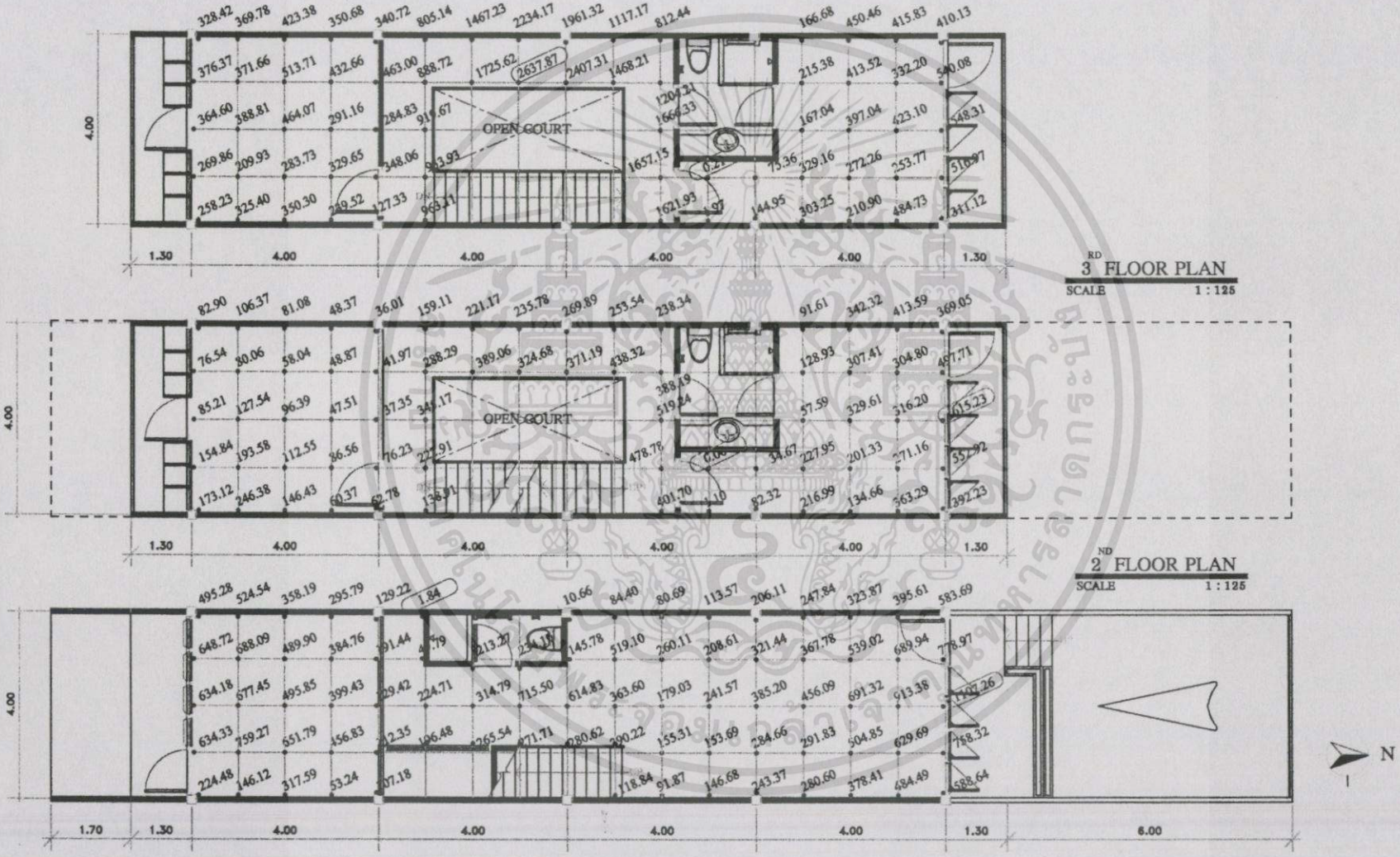
รูปที่ 3 ค่า Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีหลังคาช่องแสงด้านบน



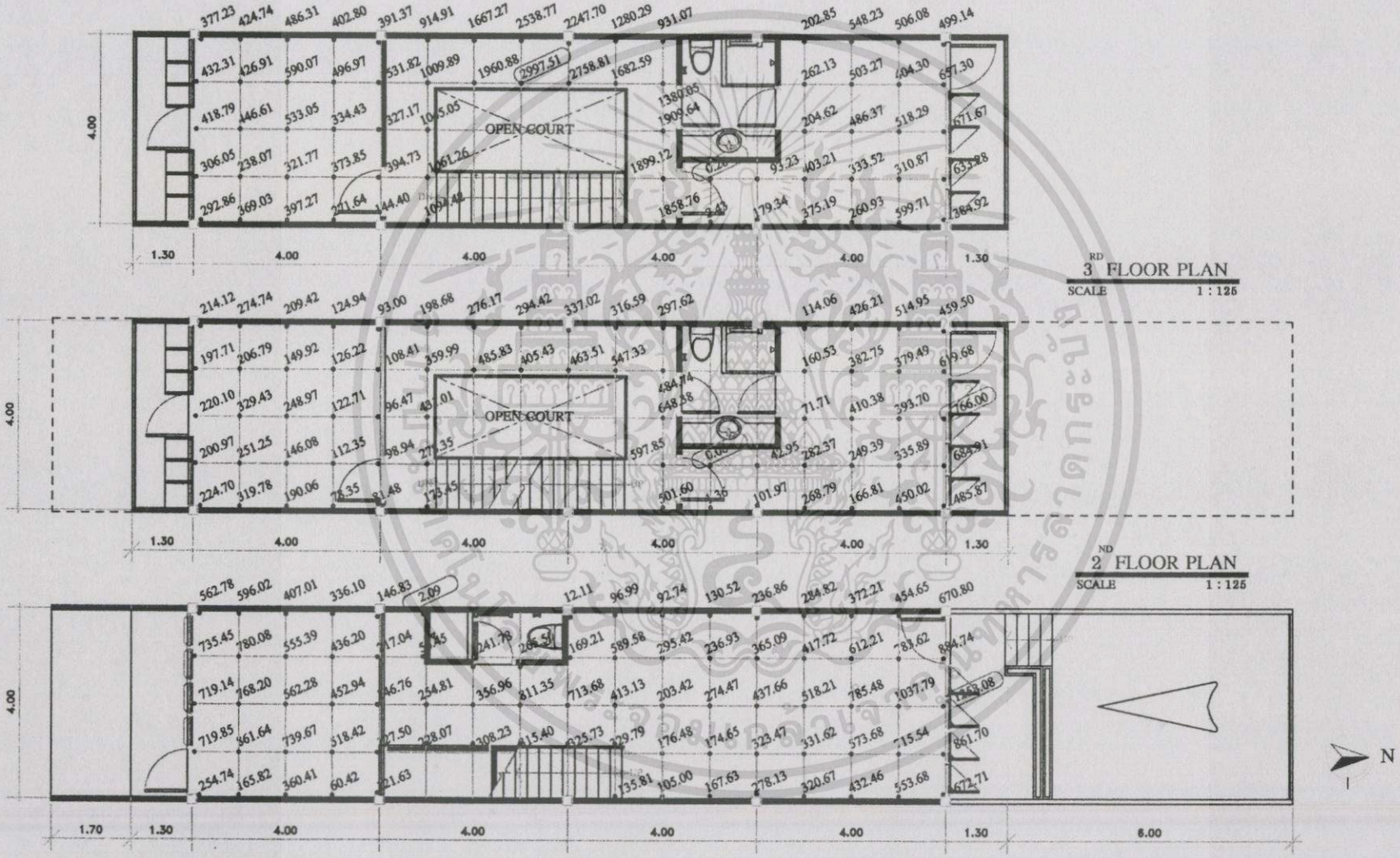
รูปที่ 4 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีหลังคา Monitor 4 รับแสงทิศทางขนาด 3 x 3 สูง 1.50 เมตร

- ค่าความส่องสว่างตลอดปีของช่องแสงความสูง 0.81 เมตร

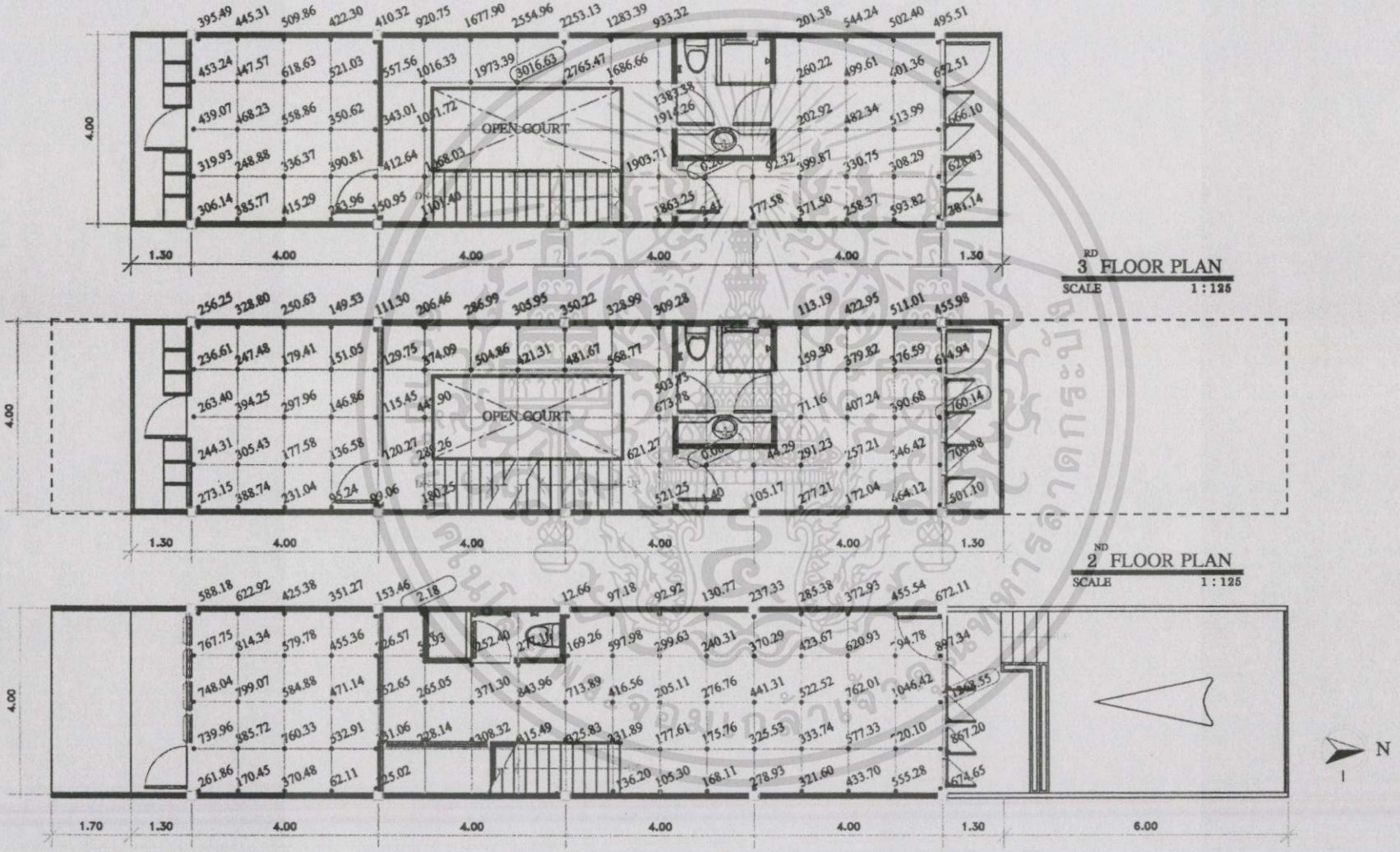
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



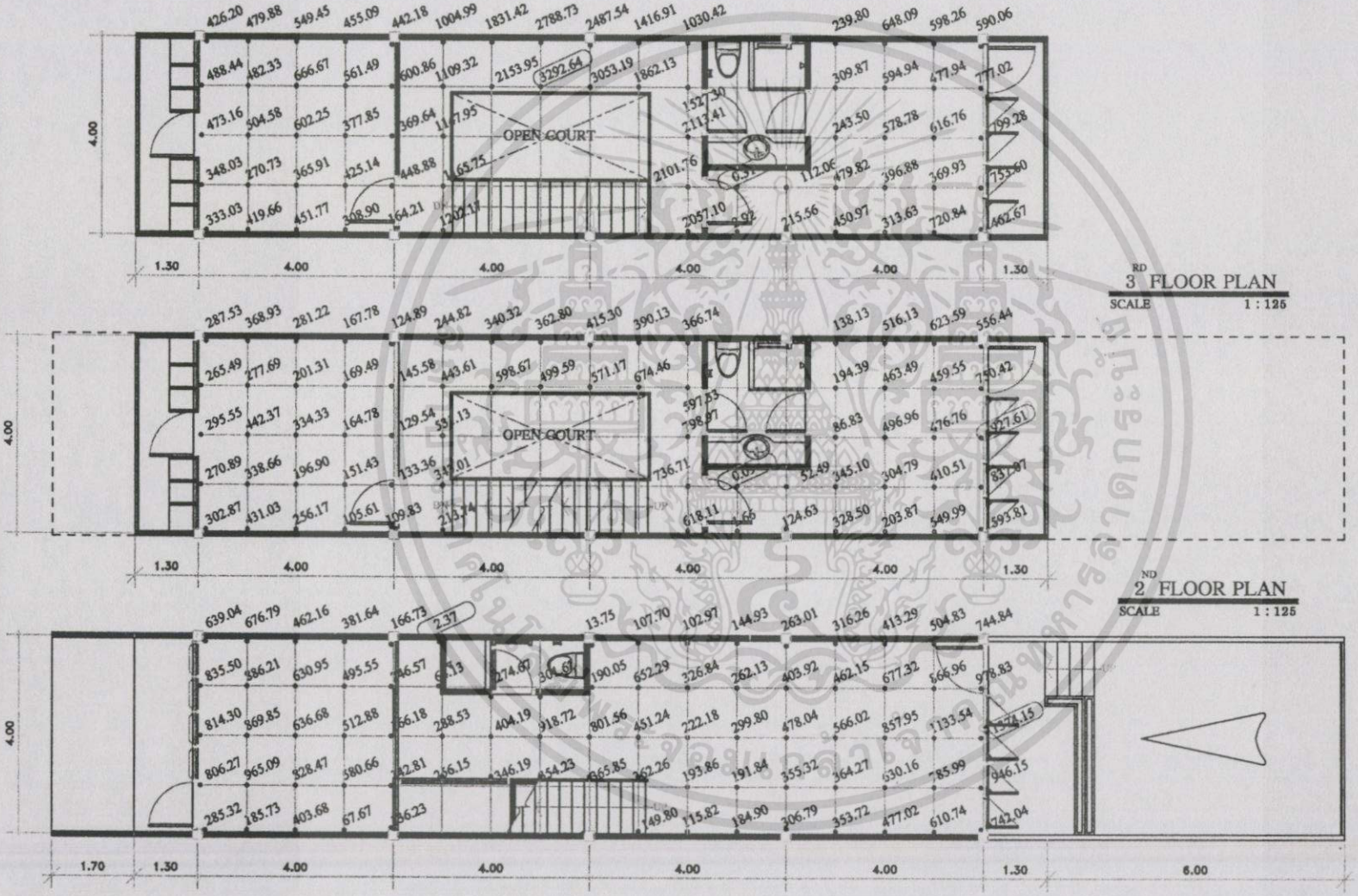
รูปที่ 5 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนมกราคม



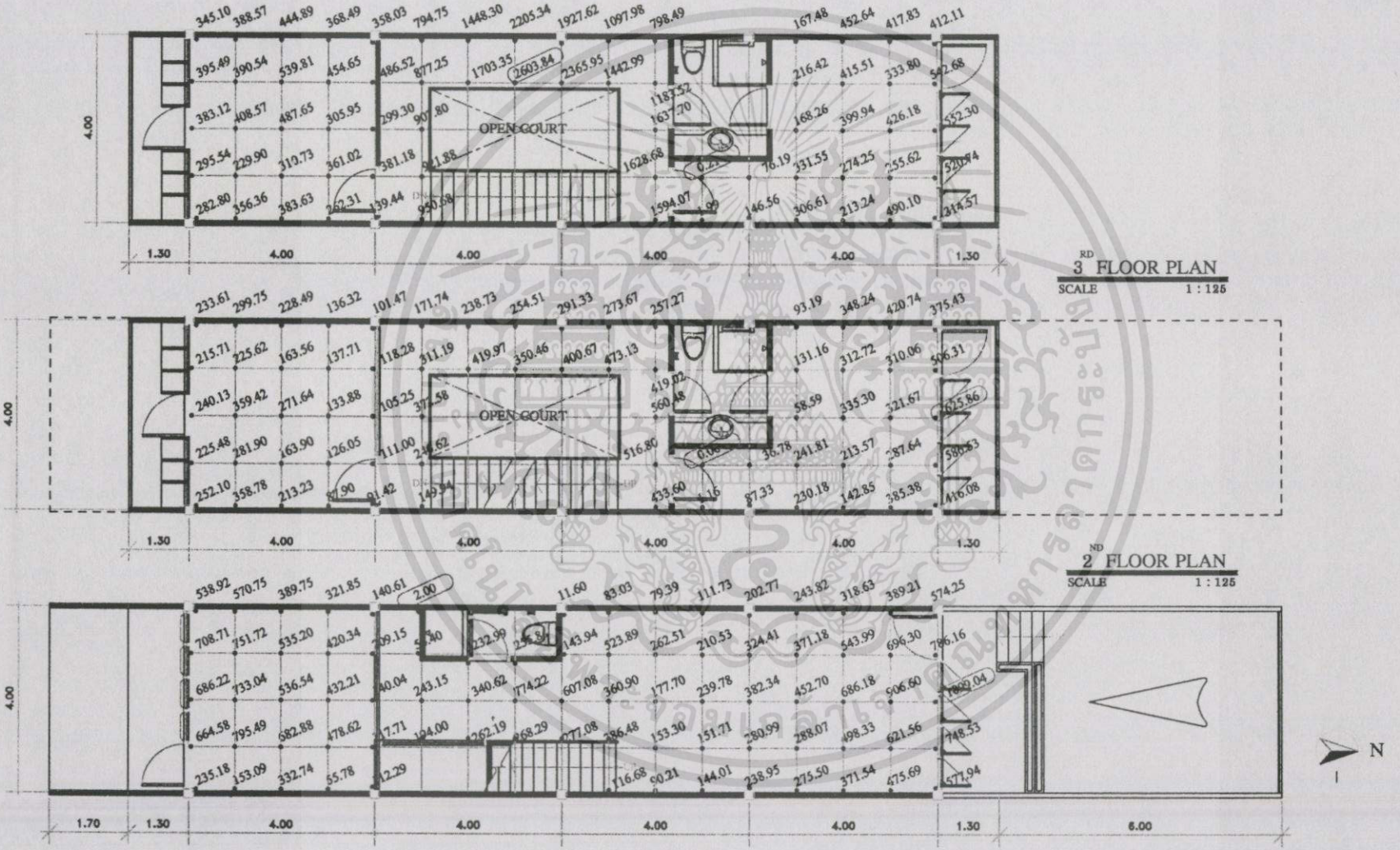
รูปที่ 6 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนกุมภาพันธ์



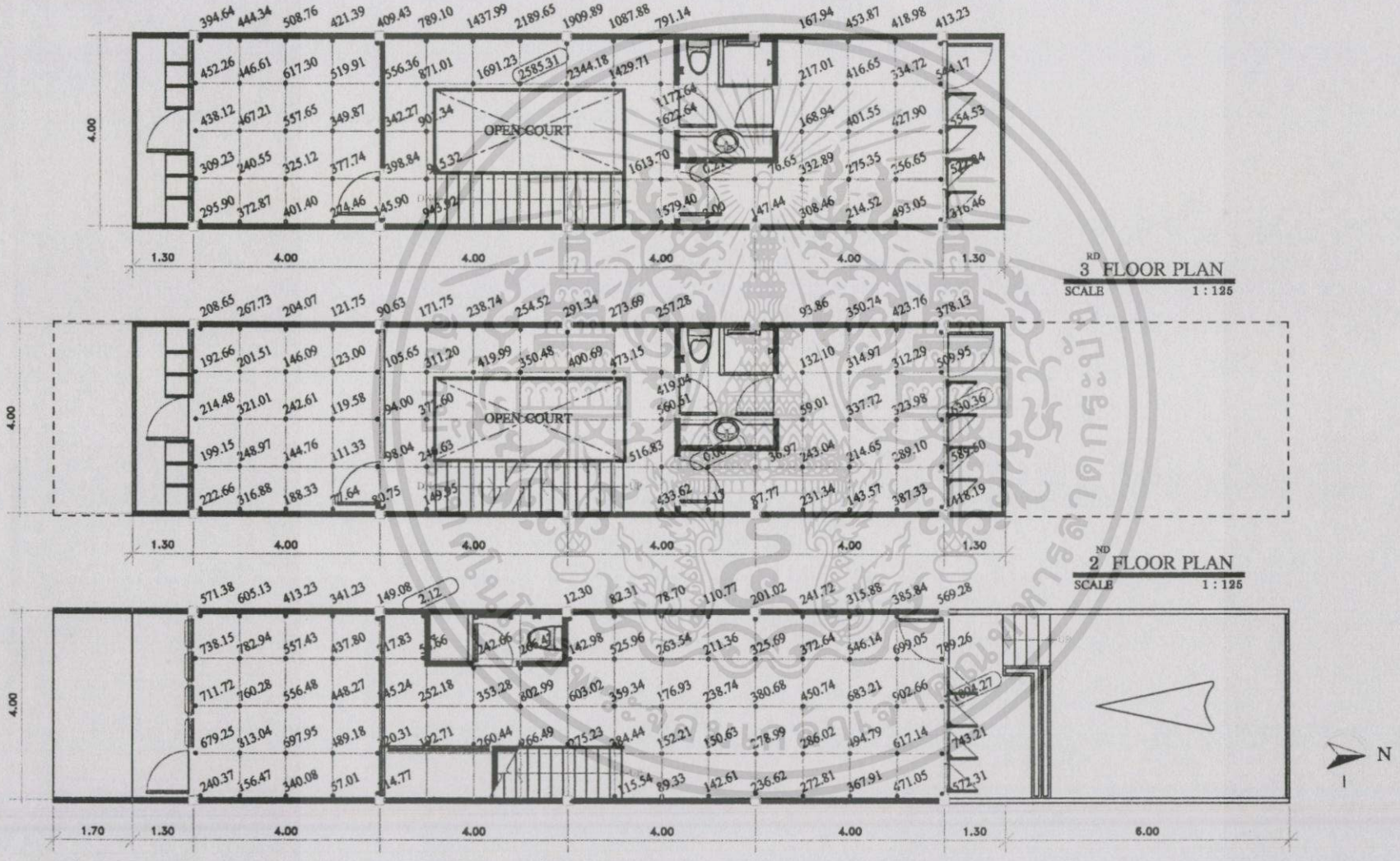
รูปที่ 7 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนมีนาคม



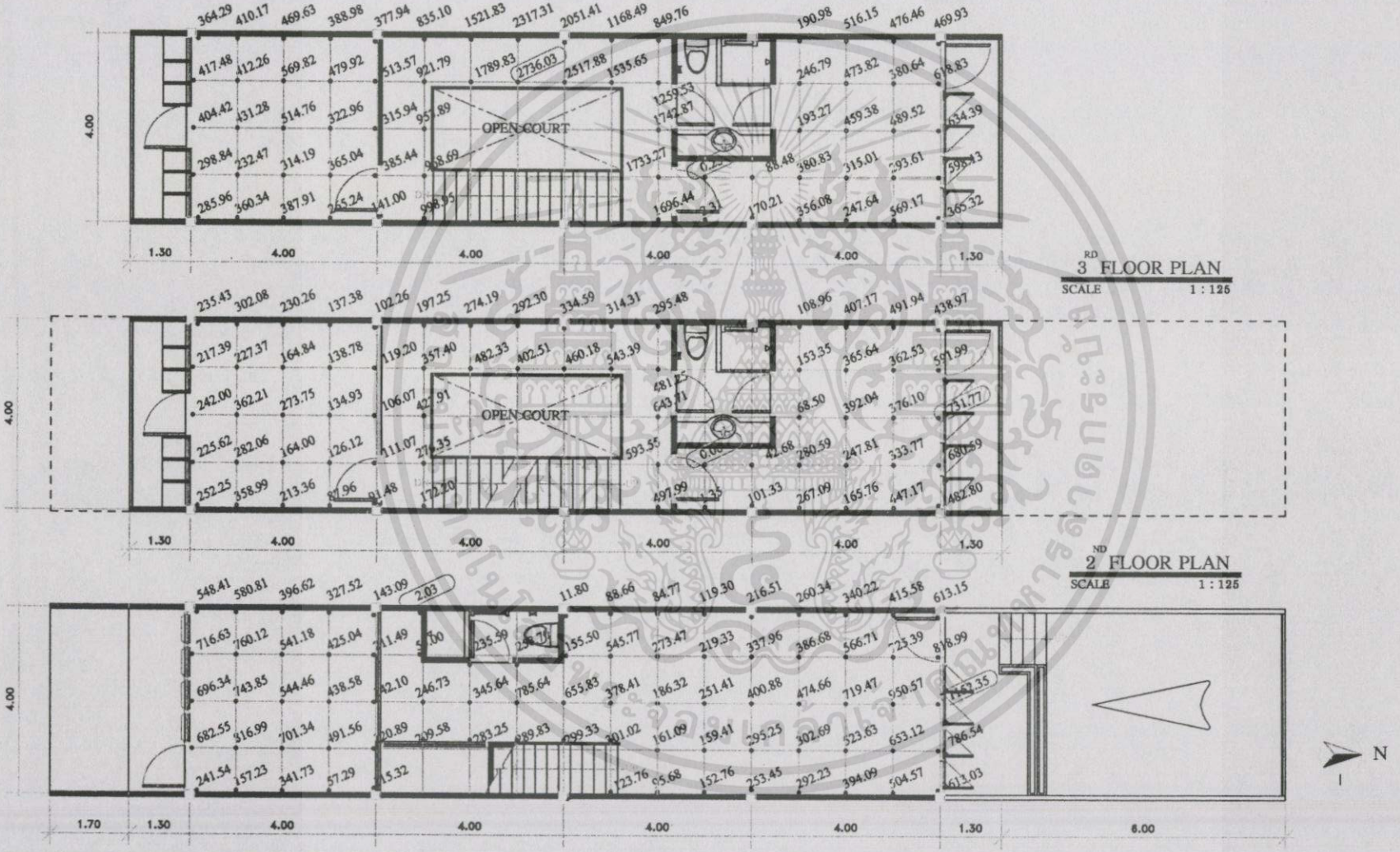
รูปที่ 8 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนเมษายน



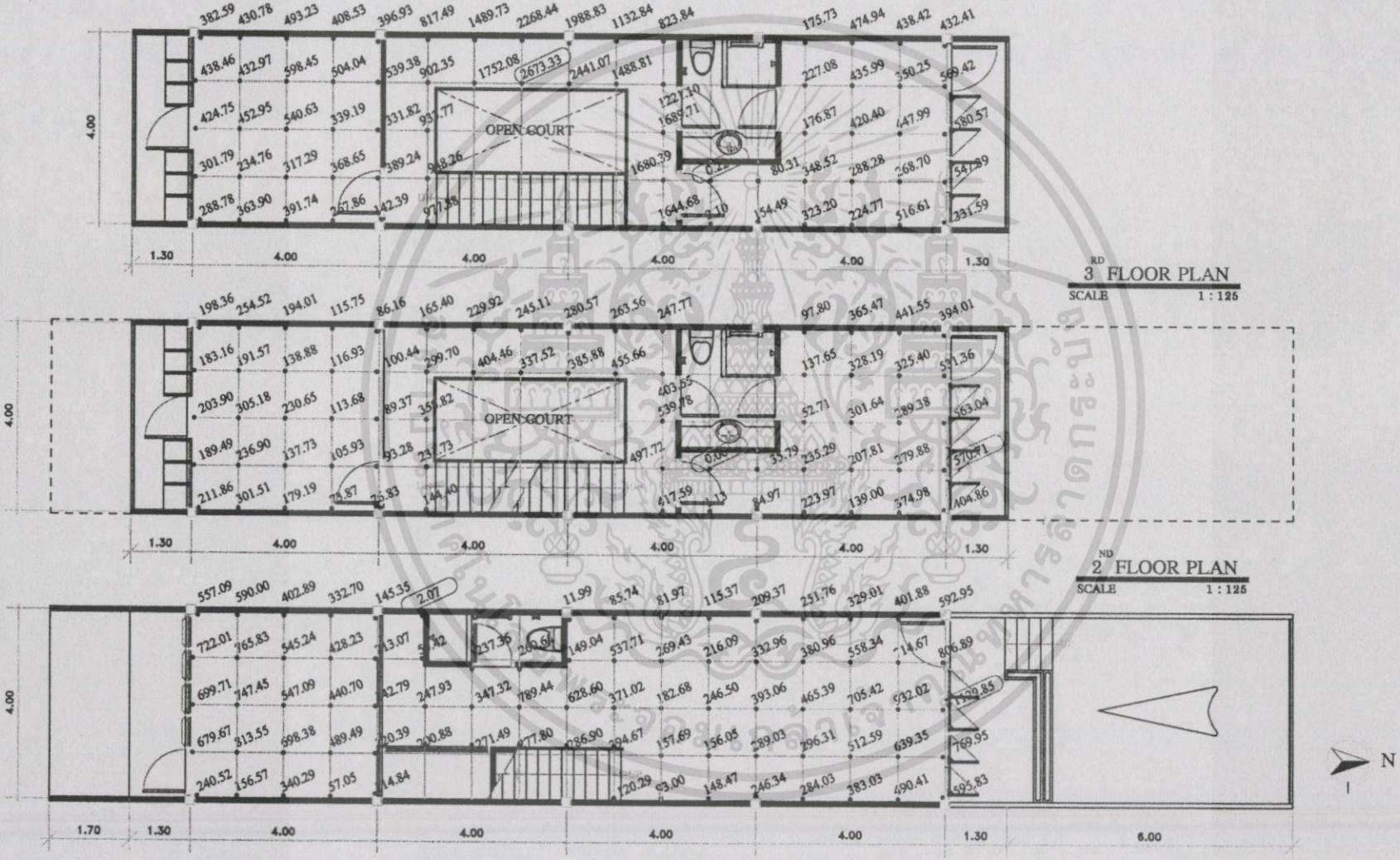
รูปที่ 9 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนพฤษภาคม



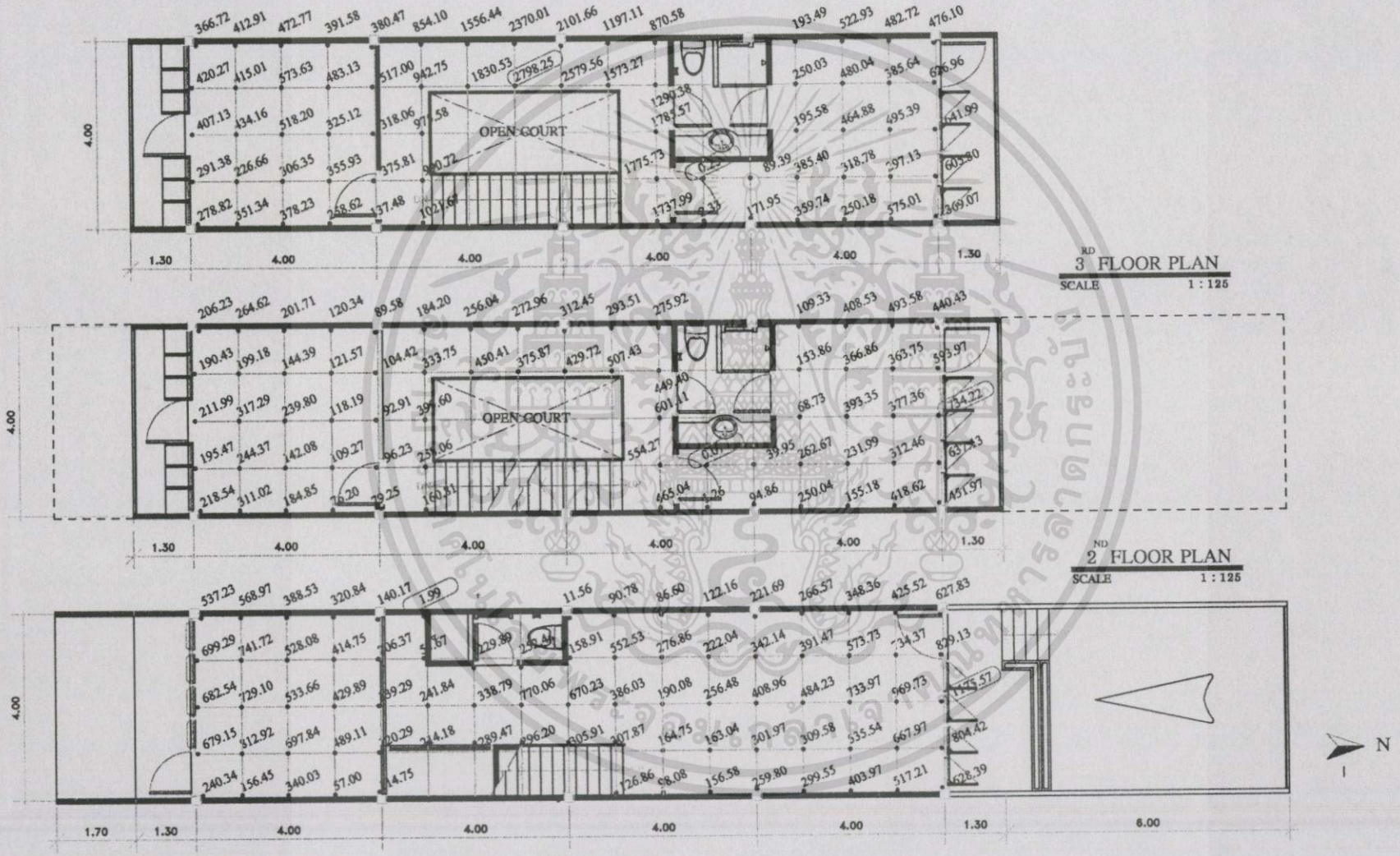
รูปที่ 10 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนมิถุนายน



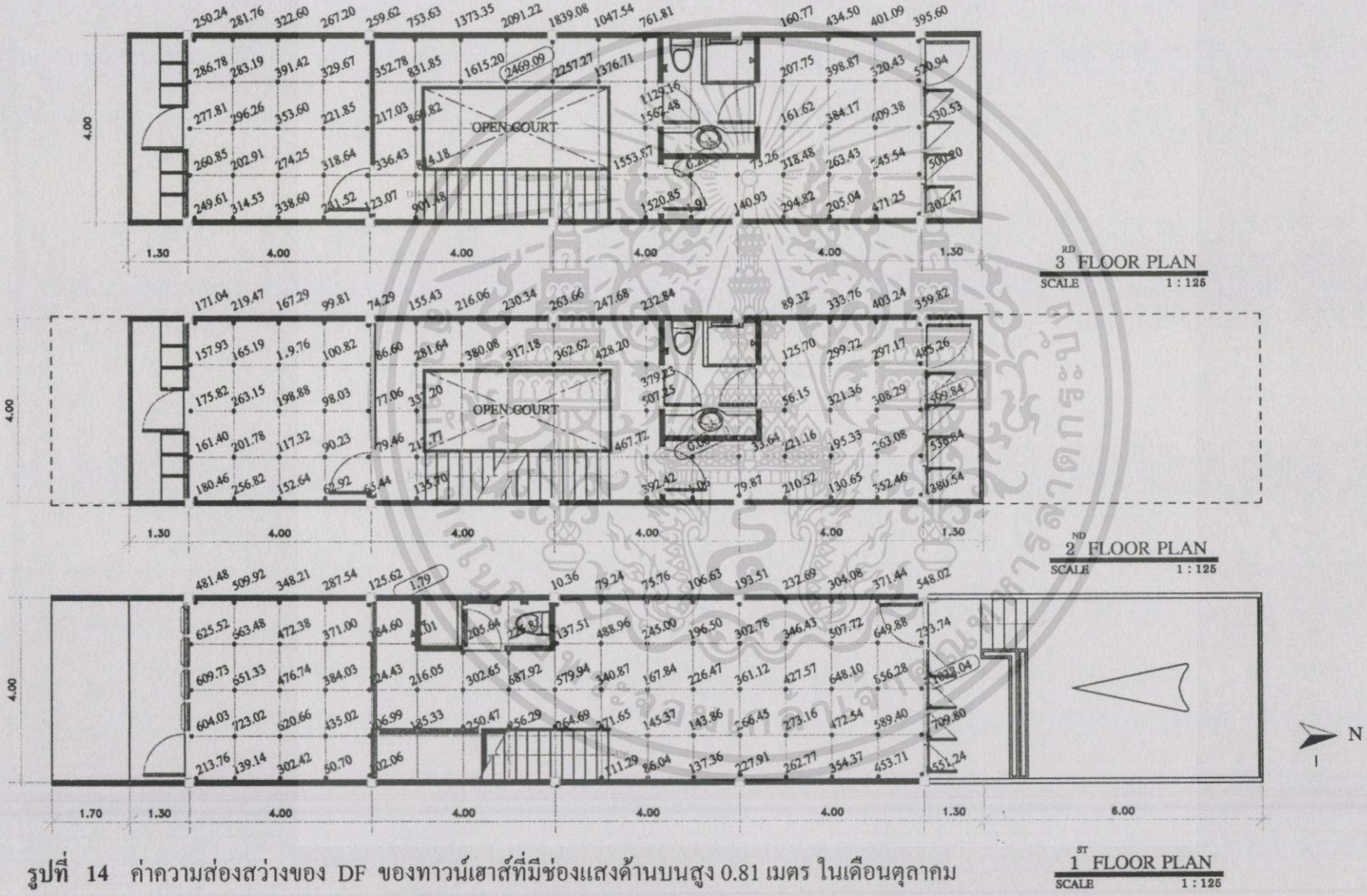
รูปที่ 11 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนกรกฎาคม



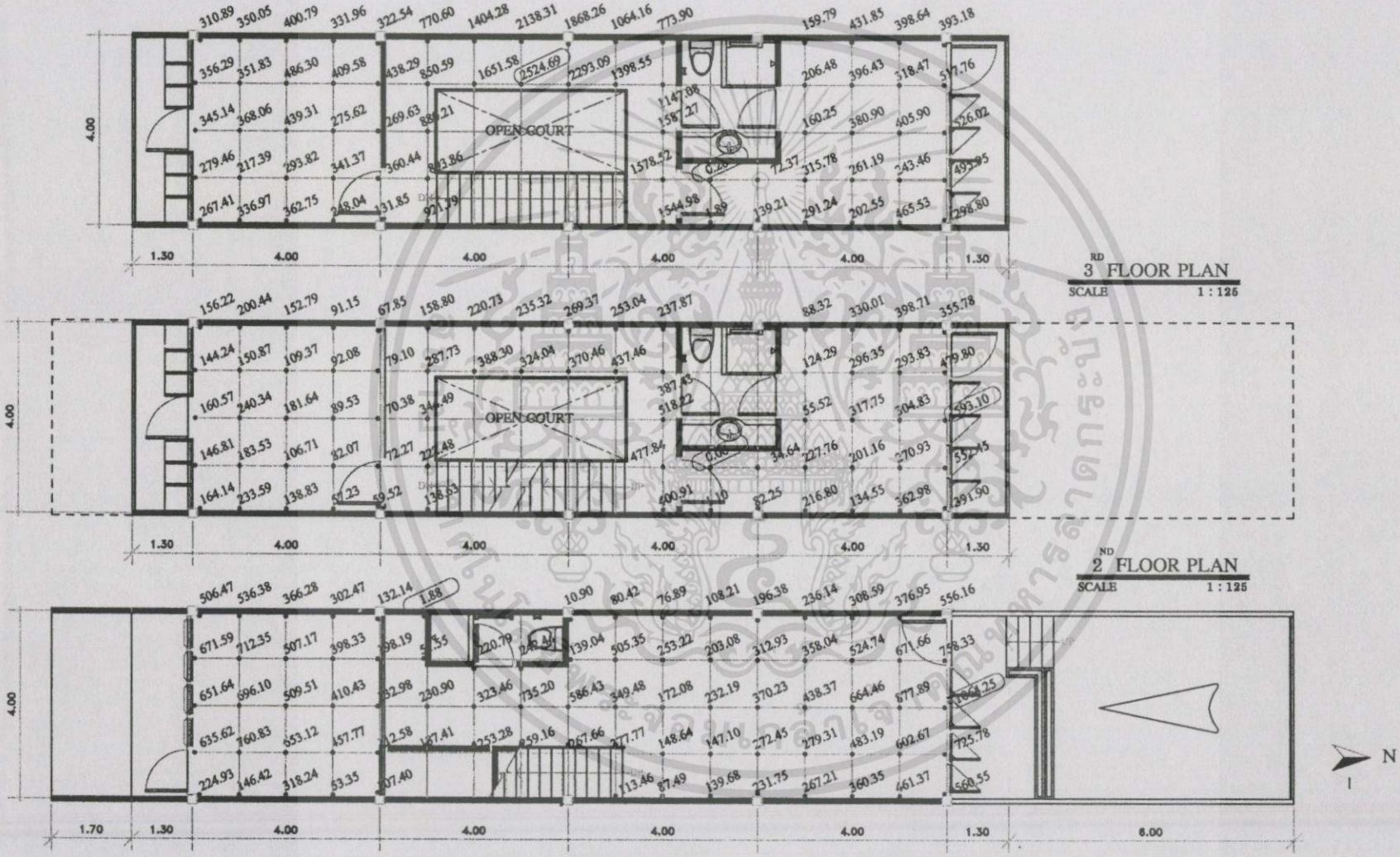
รูปที่ 12 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนสิงหาคม



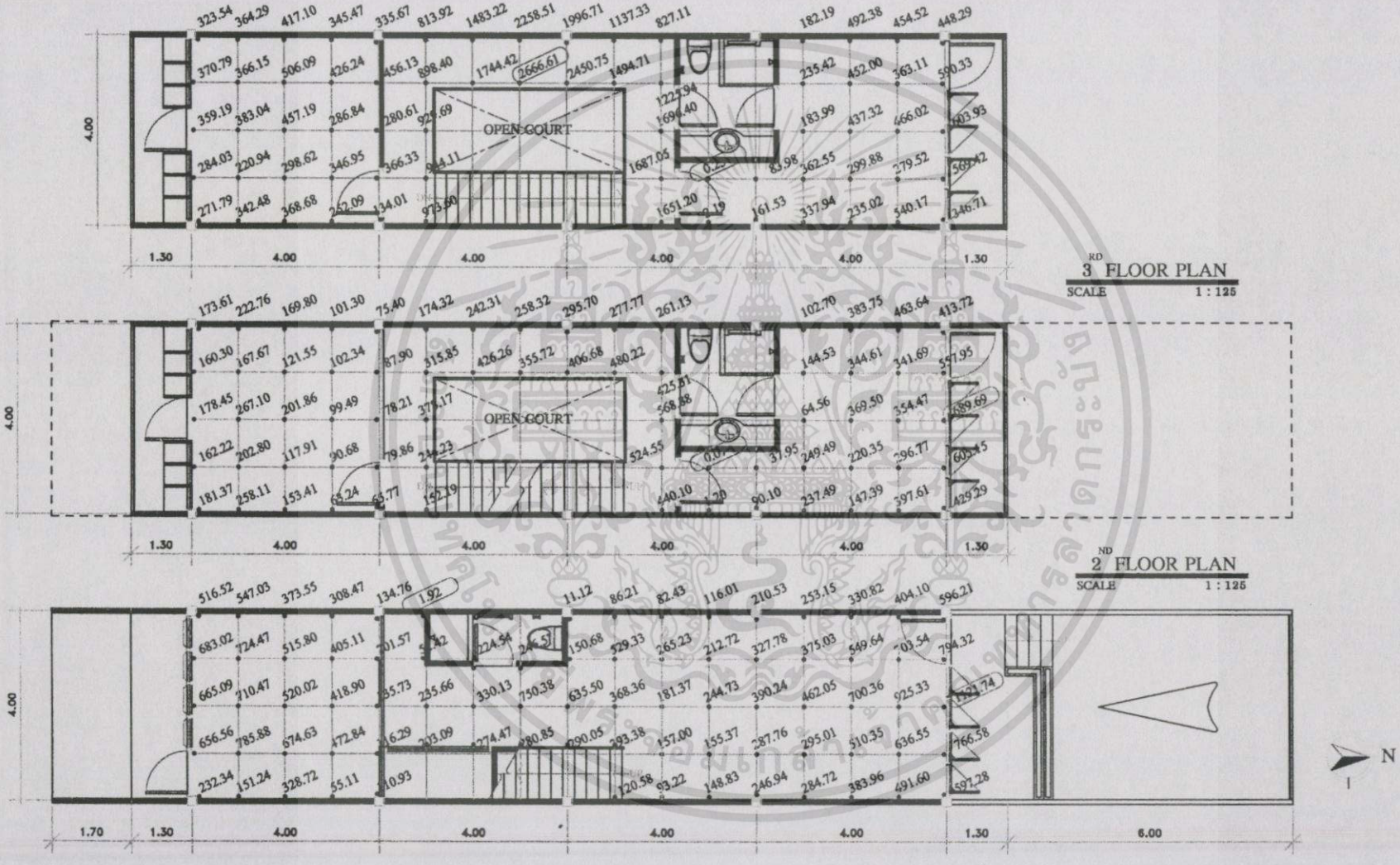
รูปที่ 13 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนกันยายน



รูปที่ 14 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนตุลาคม



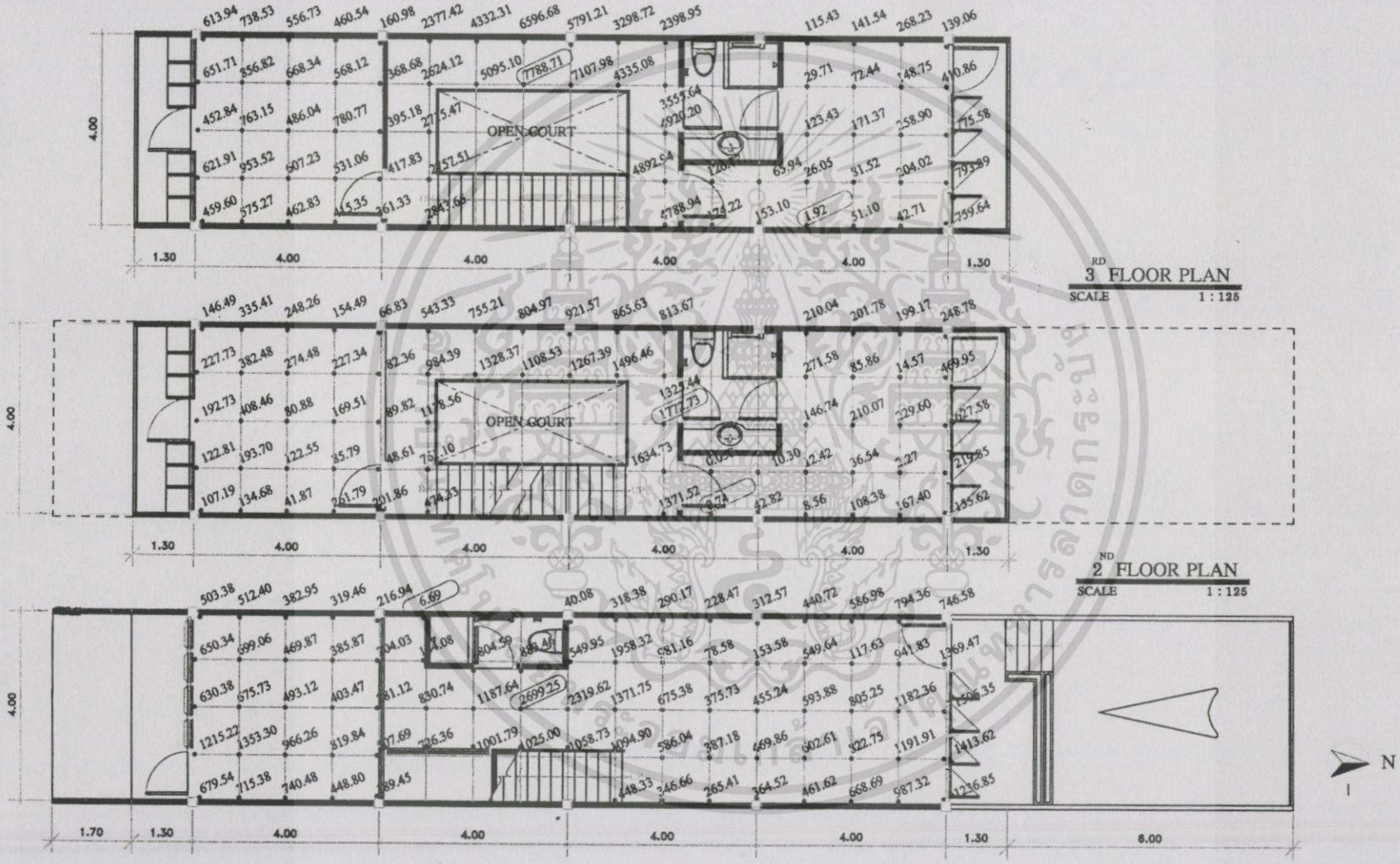
รูปที่ 15 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนพฤศจิกายน



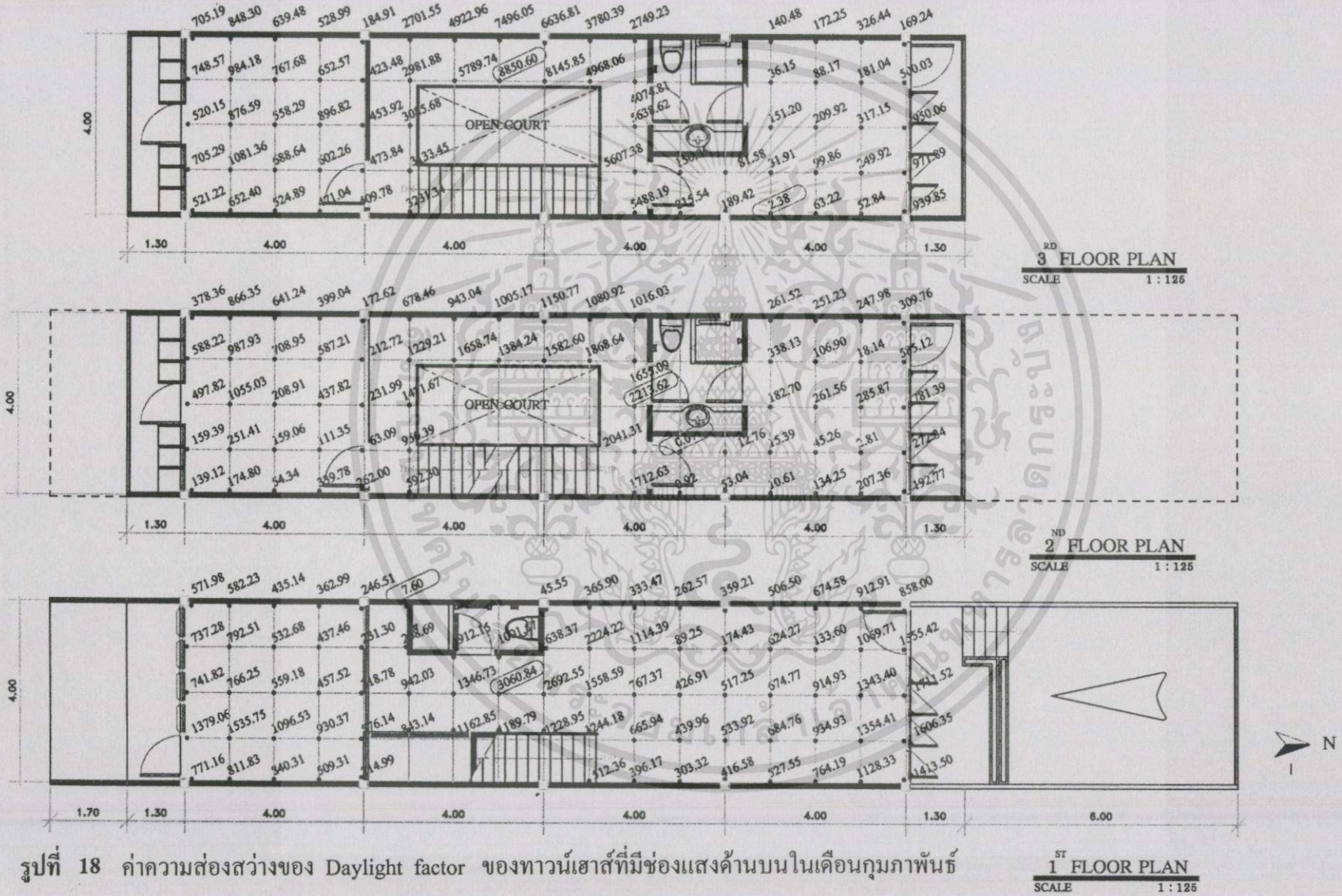
รูปที่ 16 ค่าความส่องสว่างของ DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนสูง 0.81 เมตร ในเดือนธันวาคม

- ค่าความส่องสว่างตลอดปีของช่องแสงความสูง 1.50 เมตร

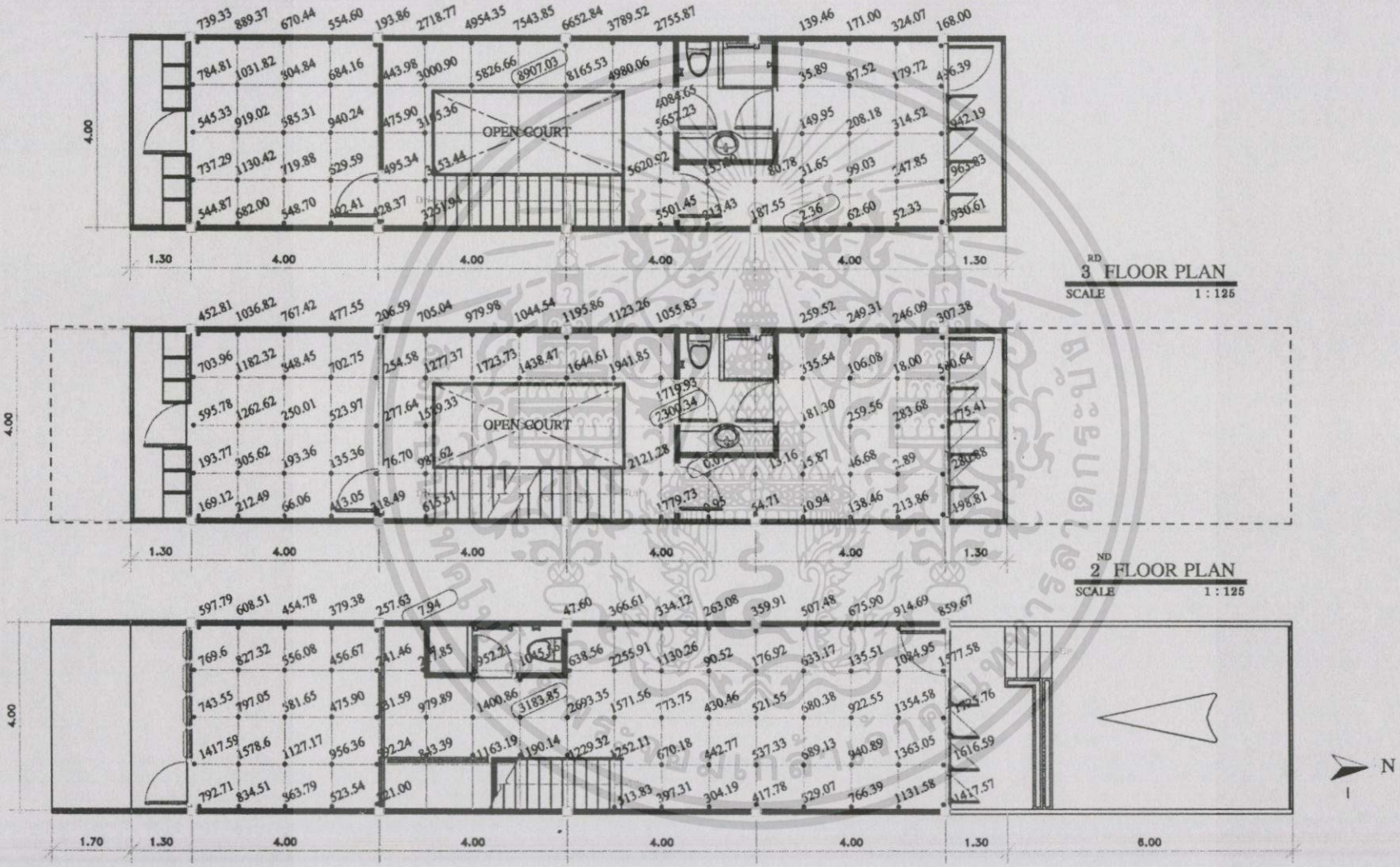
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



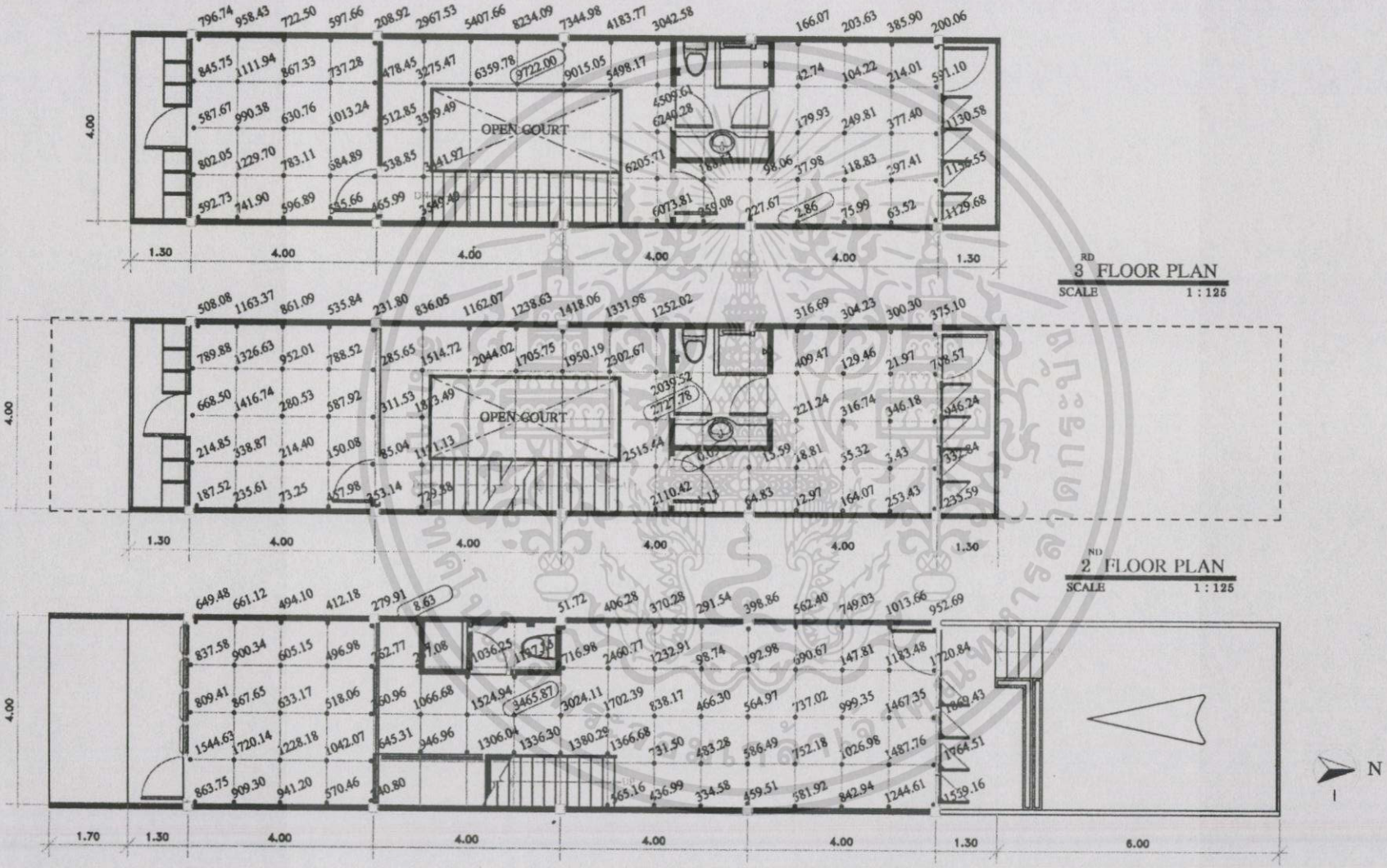
รูปที่ 17 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนมกราคม



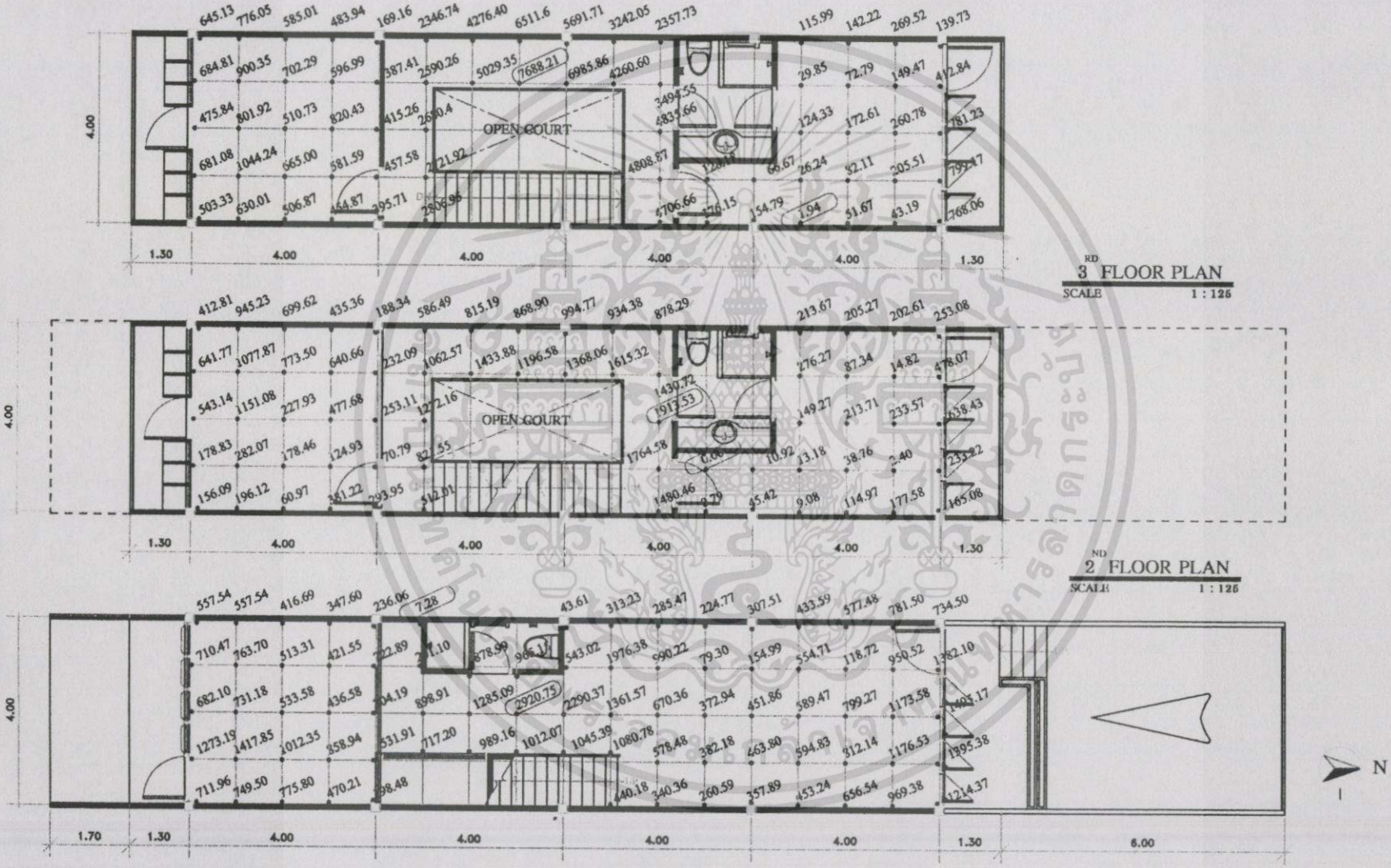
รูปที่ 18 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนกุมภาพันธ์



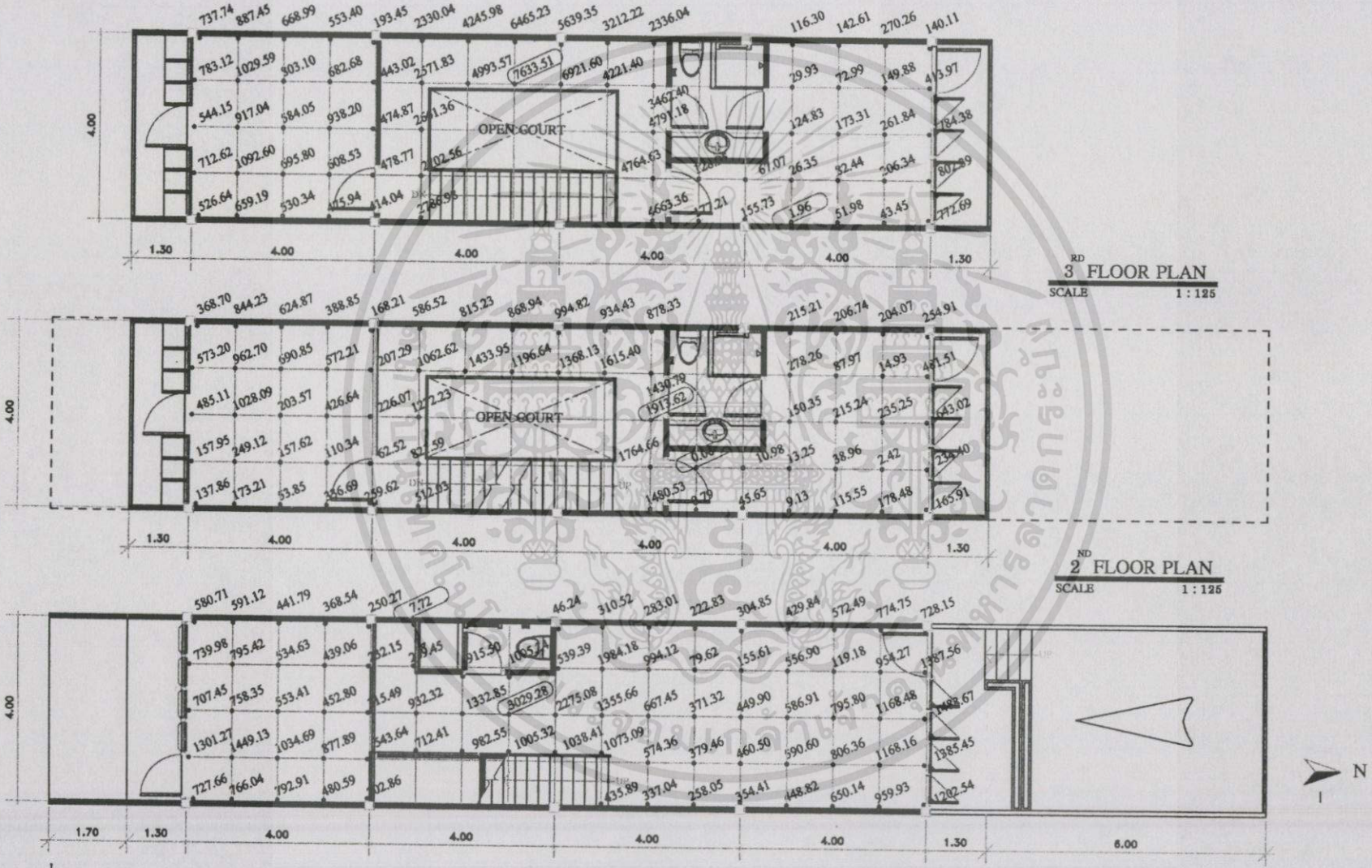
รูปที่ 19 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนมีนาคม



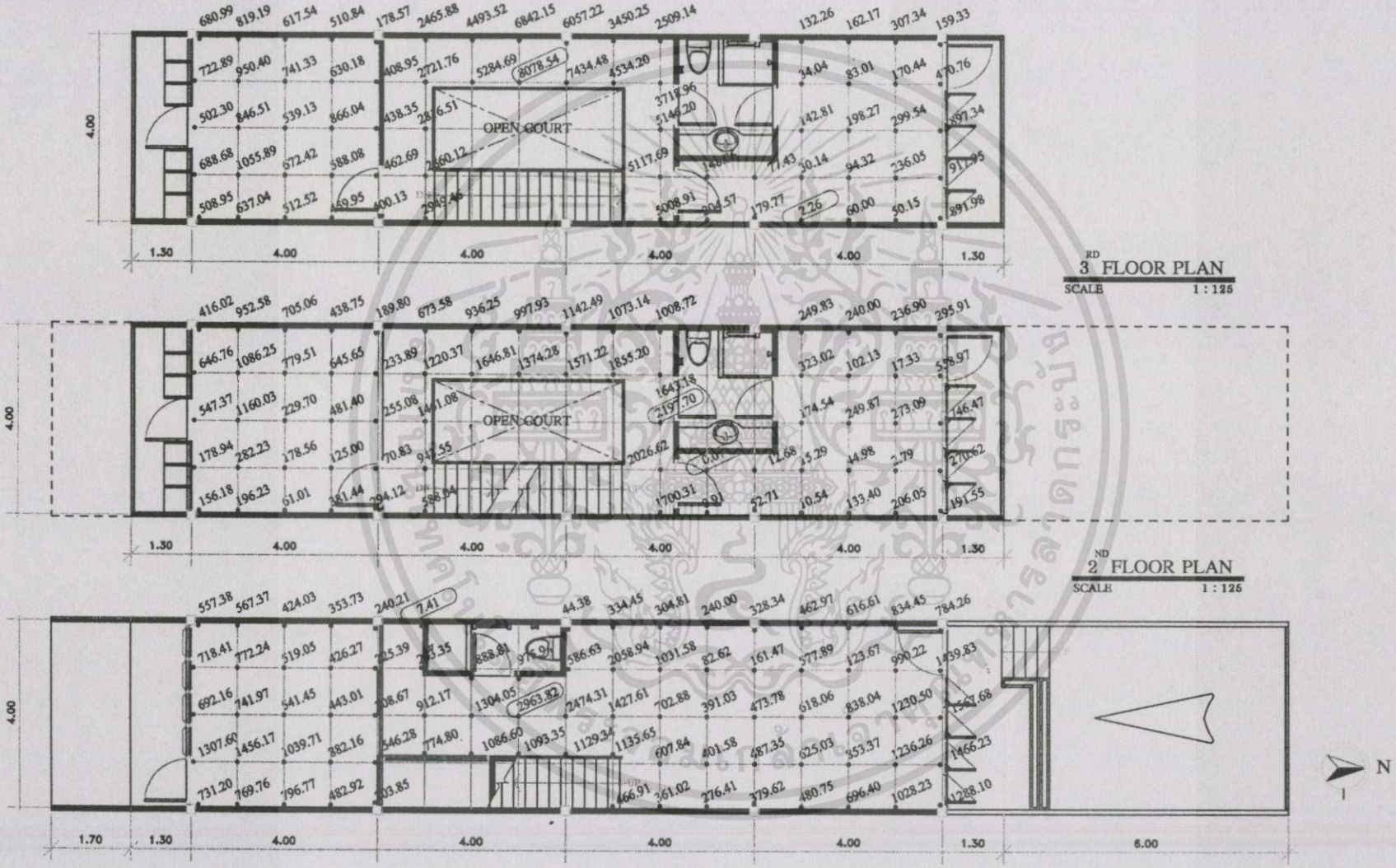
รูปที่ 20 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนเมษายน



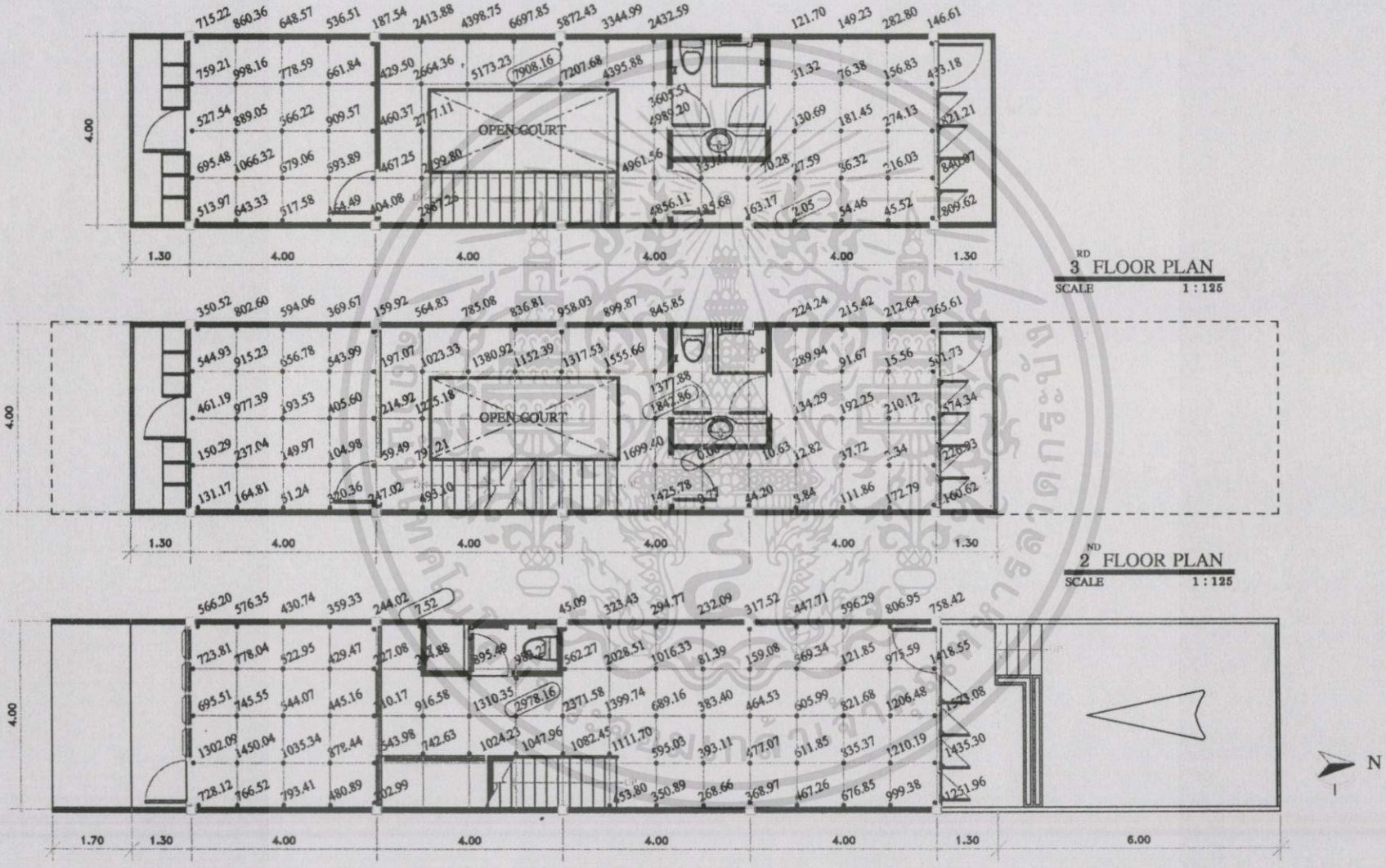
รูปที่ 21 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนพฤษภาคม



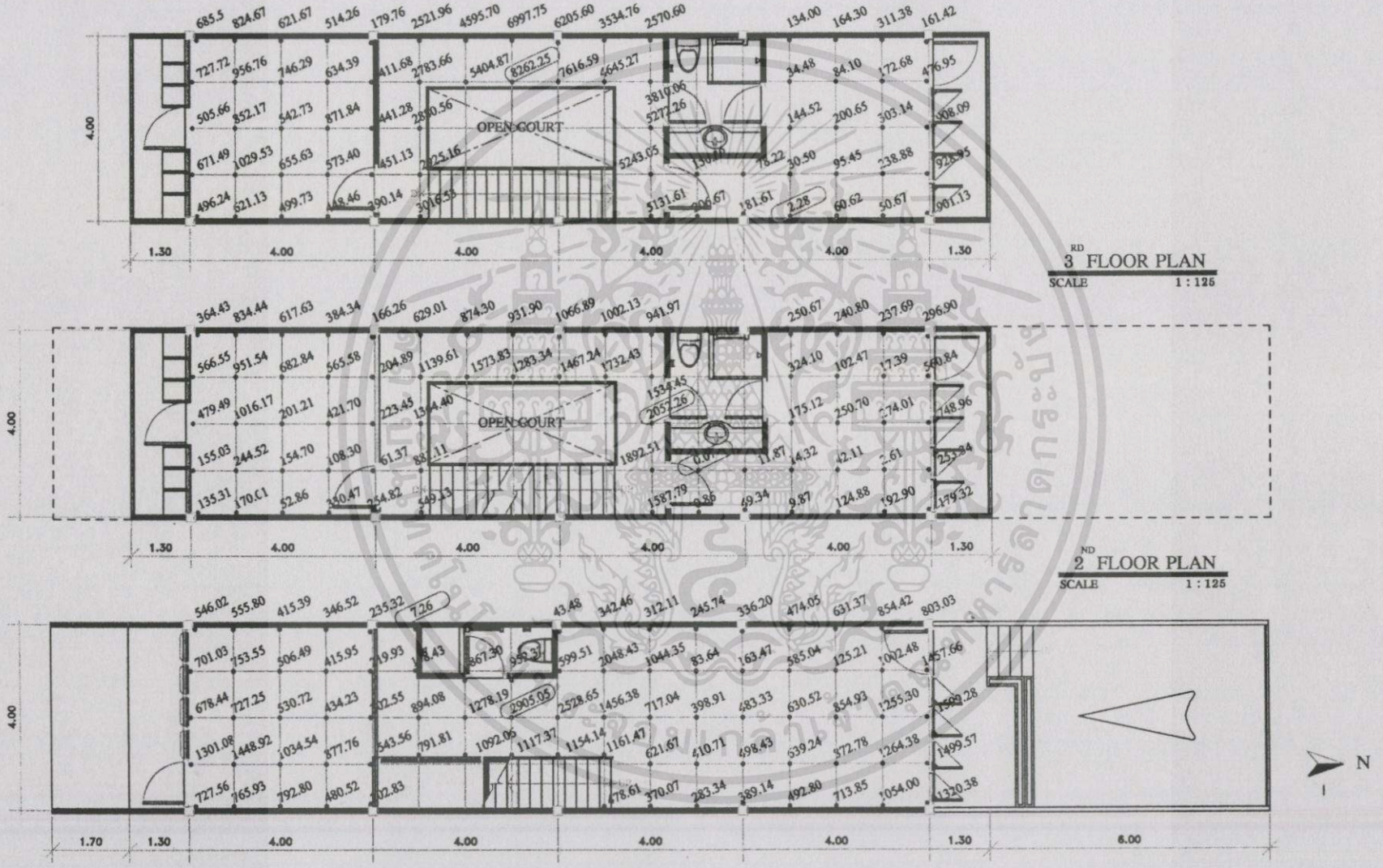
รูปที่ 22 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนมิถุนายน



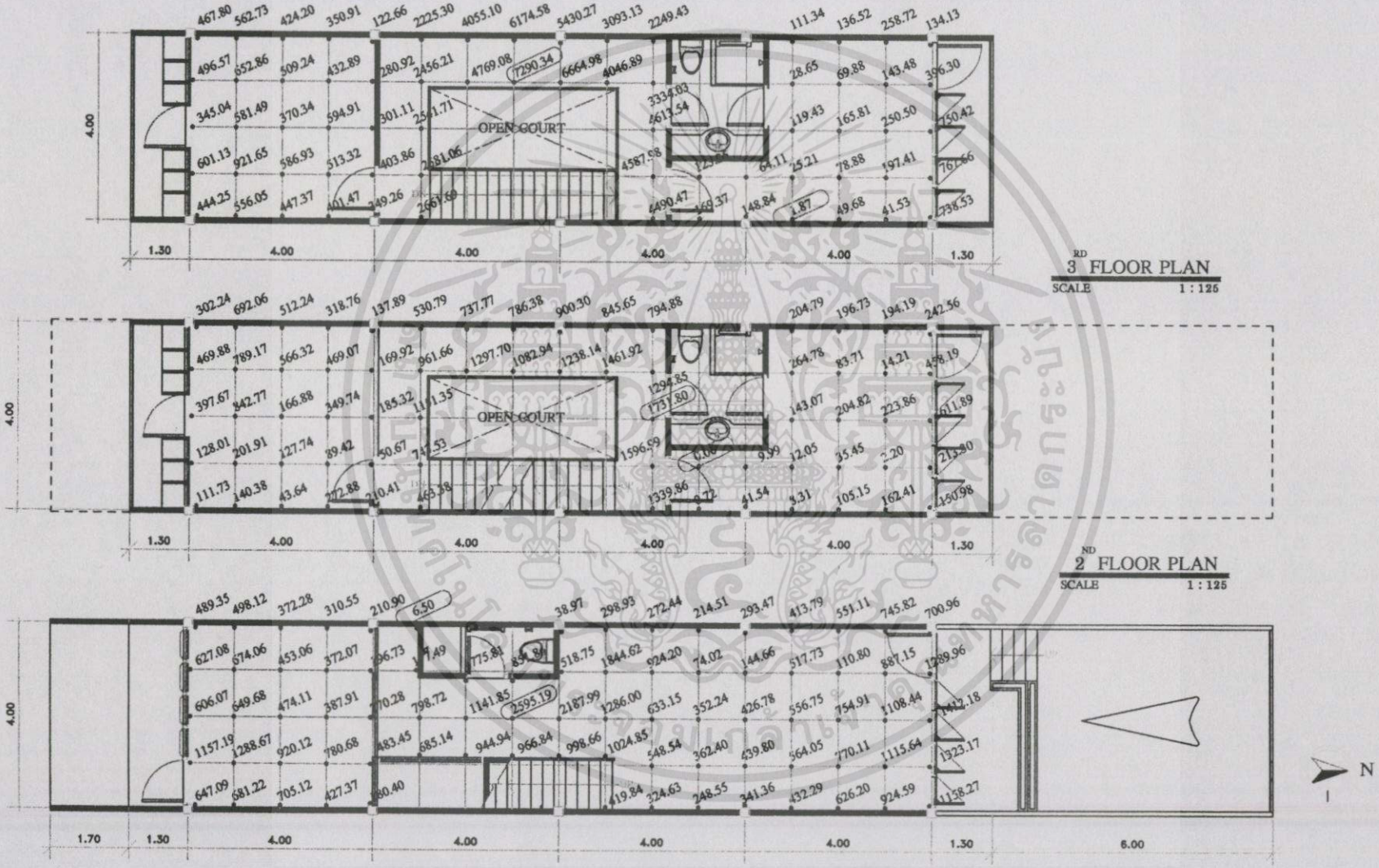
รูปที่ 23 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนกรกฎาคม



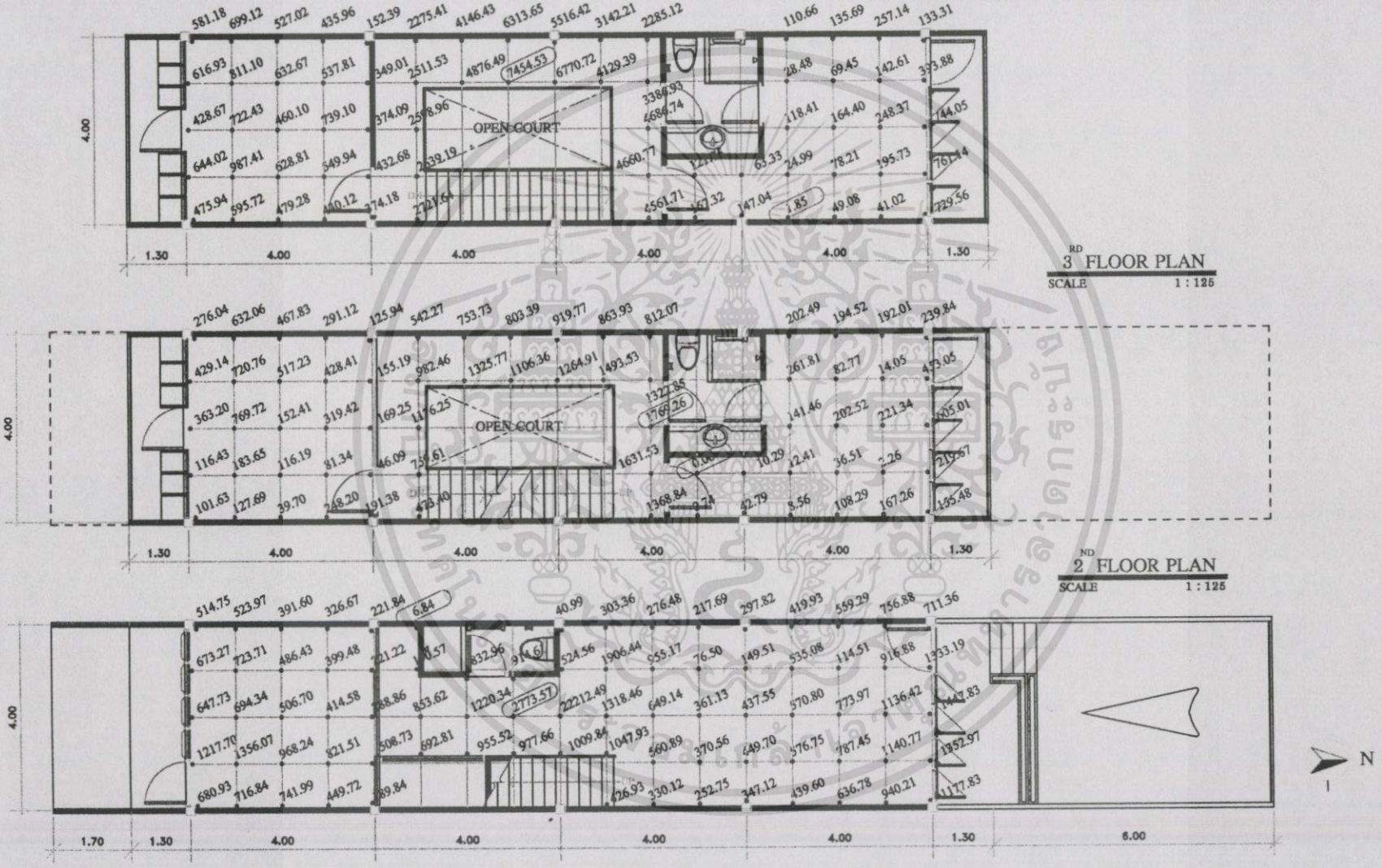
รูปที่ 24 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนสิงหาคม



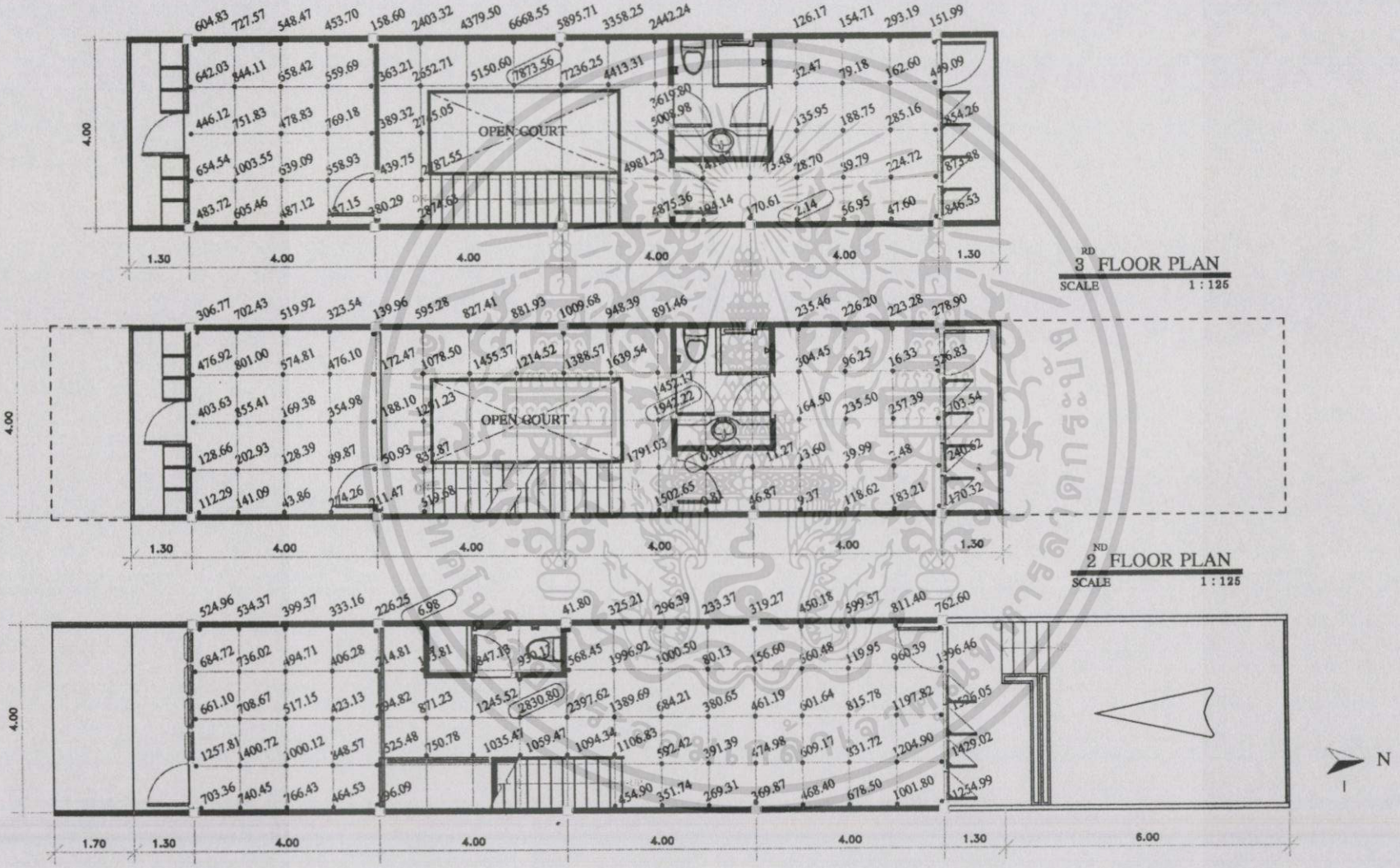
รูปที่ 25 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนกันยายน



รูปที่ 26 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนตุลาคม



รูปที่ 27 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนพฤศจิกายน



รูปที่ 28 ค่าความส่องสว่างของ Daylight factor ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนในเดือนธันวาคม

ภาคผนวก ซ

- ค่าการคำนวณ OTTV และ RTTV ในทาวน์เฮาส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำนวณ OTTV และ RTTV

การคำนวณ OTTV และ RTTV ใช้โปรแกรม OTTV Version 1.0a ของสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีรายละเอียดของข้อมูลและผลการคำนวณดังนี้

โครงการ	อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์ 3 ชั้น
ที่ตั้ง	กรุงเทพมหานคร
พื้นที่ทั้งหมด	62.4 ตารางเมตร
พื้นที่ปรับอากาศ	0.0 ตารางเมตร
ความสูงของชั้น (พื้นถึงพื้น)	3.0 เมตร
ขนาดช่องแสง	3 x 3 เมตร
ความสูงช่องแสง	0.81 เมตร

ตารางที่ 1 รายละเอียดการคำนวณ OTTV ทางทิศเหนือ

ทิศ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
N	เสาคอนกรีต	0.40	1.960	10.0	-	-	7.64
	คานคอนกรีต	4.70	2.960	10.0	-	-	139.31
	ผนังก่ออิฐฉาบปูน	4.10	0.940	10.0	-	-	38.11
	กรอบบานประตู	3.60	1.750	15.0	-	-	95.06
	กรอบบานหน้าต่าง	4.60	1.750	15.0	-	-	121.48
	วงกบประตู-หน้าต่าง	3.80	1.750	18.0	-	-	120.69
	กระจกหน้าต่าง	11.20	5.610	0.0	111.4	0.857	1,069.36
	กระจกประตู	0.60	5.610	0.0	111.4	0.858	56.85
รวม	พื้นที่ผนังทึบ			21.20	ตารางเมตร		
	Q ของผนังทึบ			522.29	วัตต์		
	ค่า OTTV ของผนังทึบ			**24.64**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
	พื้นที่ของผนังโปร่งแสง			11.80	ตารางเมตร		
	Q ของผนังโปร่งแสง			1,126.21	วัตต์		
	ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			**95.44**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
	ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			**49.95**	**วัตต์ ต่อ ตารางเมตร**		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 รายละเอียดการคำนวณ OTTV ทางทิศตะวันออก

ทิศ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
E	เสาคอนกรีต	9.00	1.960	10.0	-	-	176.22
	ผนังก่ออิฐฉาบปูน	136.80	0.940	10.0	-	-	1,287.29
รวม	พื้นที่ผนังทึบ			145.80	ตารางเมตร		
	Q ของผนังทึบ			1,463.51	วัตต์		
	ค่า OTTV ของผนังทึบ			**10.04**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
	ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			**10.04**	**วัตต์ ต่อ ตารางเมตร**		

ตารางที่ 3 รายละเอียดการคำนวณ OTTV ทางทิศใต้

ทิศ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
S	เสาคอนกรีต	0.40	1.960	10.0	-	-	7.64
	คานคอนกรีต	4.70	2.960	10.0	-	-	139.31
	ผนังก่ออิฐฉาบปูน	4.10	0.940	10.0	-	-	24.56
	กรอบบานประตูหน้าต่าง	3.60	1.750	15.0	-	-	95.06
	วงกบประตู - หน้าต่าง	4.70	1.750	18.0	-	-	150.41
	กระจกในชั้นที่ 1	5.4	5.610	0.0	178.2	0.564	540.69
	กระจกในชั้นที่ 2 – 3	0.20	5.610	0.0	178.20	0.534	896.67
รวม	พื้นที่ผนังทึบ			16.00	ตารางเมตร		
	Q ของผนังทึบ			416.98	วัตต์		
	ค่า OTTV ของผนังทึบ			**26.06**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
รวม	พื้นที่ของผนังโปร่งแสง			14.90	ตารางเมตร		
	Q ของผนังโปร่งแสง			1,437.36	วัตต์		
	ค่า OTTV ของผนังโปร่งแสง			**96.47**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
	ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			**60.01**	**วัตต์ ต่อ ตารางเมตร**		

ตารางที่ 4 รายละเอียดการคำนวณ OTTV ทางทิศตะวันตก

ทิศ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)
W	เสาคอนกรีต	9.00	1.960	9.0	-	-	158.60
	ผนังก่ออิฐฉาบปูน	136.80	0.940	9.0	-	-	1,158.56
รวม	พื้นที่ผนังทึบ			145.80	ตารางเมตร		
	Q ของผนังทึบ			1,317.16	วัตต์		
	ค่า OTTV ของผนังทึบ			**9.03**	วัตต์ ต่อ ตารางเมตร		
	ค่า OTTV ของผนังด้านนี้			**9.03**	**วัตต์ ต่อ ตารางเมตร**		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่า OTTV รวมของอาคาร

ทิศ	ผนังทึบ (วัตต์ ต่อ ตารางเมตร)	ผนังโปร่งแสง (วัตต์ ต่อ ตารางเมตร)	รวม (วัตต์ ต่อ ตารางเมตร)
เหนือ (N)	24.64	95.44	49.95
ใต้ (S)	26.06	96.47	60.01
ตะวันออก (E)	10.04	-	10.04
ตะวันตก (W)	9.03	-	9.03
ค่า OTTV ของทาวน์เฮาส์ 17.68 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร			

ตารางที่ 6 รายละเอียดการคำนวณ RTTV

ทิศ	ชนิดผนัง	พื้นที่ (sq.m.)	U (W/sq.m.°C)	TD (°C)	SF	SC	Q (Watt)	OTTV (W/sq.m.)
N	กระจกใส	2.4	5.610	0.0	111.4	0.909	242.94	101.23
E	กระจกใส	2.4	5.610	0.0	179.0	0.889	382.00	159.17
S	กระจกใส	2.4	5.610	0.0	178.2	0.851	364.04	151.68
W	กระจกใส	2.4	5.610	0.0	171.5	0.892	367.19	153.00
-	หลังคาคอนกรีตบุใยแก้ว	67.4	0.500	16.0	-	-	539.20	8.00
รวม		77					**1895.37**	
ค่า RTTV ของทาวน์เฮาส์ = 1,895.37/ 77 = 24.62 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร								

หมายเหตุ : 1. รายละเอียดในการกำหนดค่าเพื่อการคำนวณเป็นดังนี้

- เสา เป็น เสาคอนกรีต
- คาน เป็น คานคอนกรีต
- ผนัง เป็น ผนังก่ออิฐฉาบปูน
- กรอบบานประตู - หน้าต่าง เป็น ผนังแผ่นไม้อัด ผิวสีอ่อน
- วงกบประตู – หน้าต่าง เป็น ผนังแผ่นไม้อัด ผิวสีเข้ม
- กระจกประตู – หน้าต่าง เป็น กระจกธรรมดา
- หลังคาส่วนทึบแสง เป็น หลังคาคอนกรีตบุใยแก้ว

2. การกำหนดกระจกเพื่อการคำนวณค่า RTTV กำหนดเป็นผนังโปร่งแสง ดังเหตุผลที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 5 แล้วนำมาคิดรวมกับหลังคาทึบดังตารางที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ

- การทดลองเรื่องอุปกรณ์สะท้อนแสงภายในโถง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

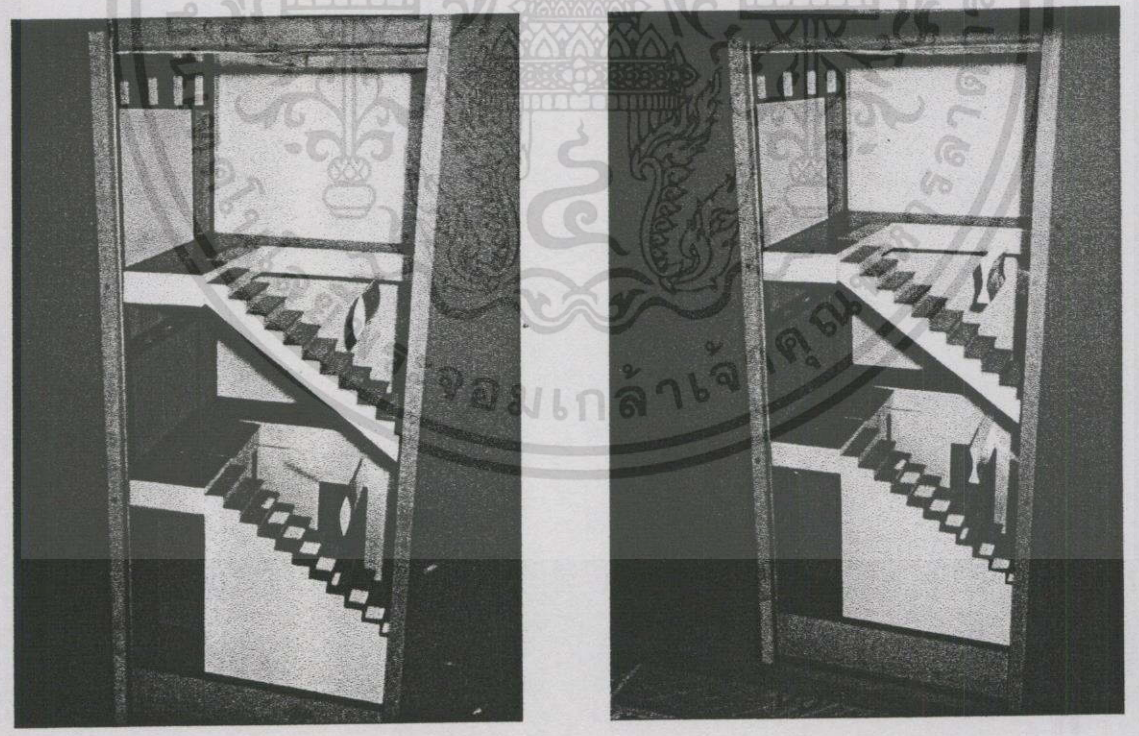
ในกรณีที่ออกแบบให้ทาวน์เฮาส์มีช่องแสงขนาดเล็กกว่านี้ หรือมีข้อจำกัดอื่นที่ทำให้ปริมาณแสงภายในไม่เพียงพอต่อความต้องการ เราสามารถใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงช่วยได้ จึงได้ทำการทดลองอุปกรณ์สะท้อนแสงรูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ ซึ่งอาจมีรูปแบบนอกเหนือจากนี้อีกมากมาย โดยทำการทดสอบภายในทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบนขนาด 3 x 3 เมตร สูง 1.50 เมตร เนื่องจากหุ่นจำลองมีขนาดเล็ก (1 : 20) ทำให้เห็นผลไม่ชัดเจนในช่องแสงความสูง 0.81 เมตร

ในการทดสอบอุปกรณ์สะท้อนแสงภายในโถง ได้แบ่งอุปกรณ์สะท้อนแสงออกเป็น 2 ประเภท คือ

- อุปกรณ์โครงแขวน มีลักษณะเป็นตัวสะท้อนแสงที่แขวนอยู่บริเวณกลางโถง
- อุปกรณ์ติดริม เป็นตัวสะท้อนแสงที่ติดอยู่ริมขอบของโถง

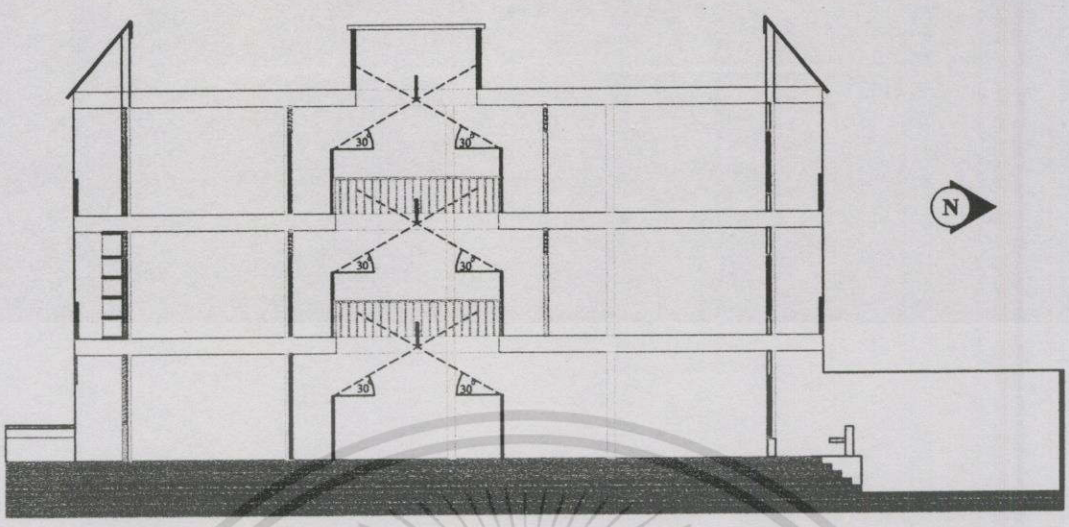
โดยอุปกรณ์สะท้อนแสงในการทดลองนี้ มีพื้นผิวเป็นฟอล์ยสีเงินสะท้อนแสง ซึ่งมีค่าการสะท้อนมากกว่าสีขาว เพื่อให้เห็นผลในการช่วยสะท้อนชัดเจนยิ่งขึ้น โดยผิวฟอล์ยมีค่าการสะท้อน 81.60% มากกว่ากระดาษอาร์ตการ์ดสีขาวซึ่งมีค่าการสะท้อน 73.29%

อุปกรณ์สะท้อนชนิดโครงแขวน แขวนด้วยเอ็นใสเบอร์เล็กที่สุด ตรึงระหว่างหลังคาและพื้นชั้นล่างเพื่อไม่ให้มีการแกว่ง ซึ่งจะอยู่ในลักษณะดังรูป



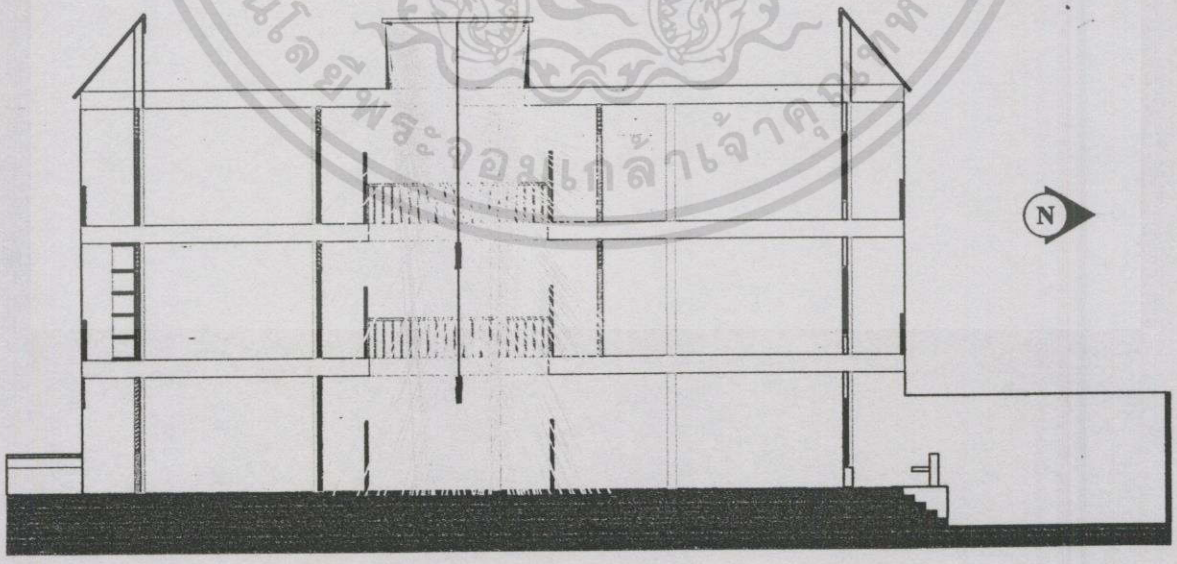
รูปที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนชนิดโครงแขวนภายในโถงเพื่อการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ตำแหน่งของโครงแขวนที่ได้จากการ project มุมของแสงบาดตา

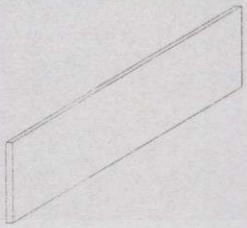
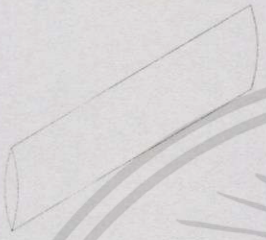
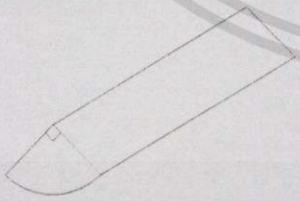
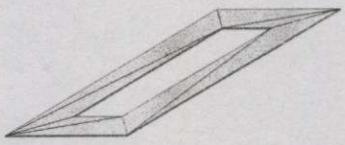
จากการ project เส้นมุมเงยน้อยที่สุดที่จะไม่ทำให้เกิดแสงบาดตา จะเห็นว่า ตำแหน่งของอุปกรณ์สะท้อนภายในจะอยู่สูงมาก เลยระดับท้องคานขึ้นไป ซึ่งในตำแหน่งนี้จะไม่เกิดประสิทธิผลทางการสะท้อน เพราะแสงที่สะท้อนมาจะโดนคานเป็นส่วนใหญ่ จึงกำหนดให้ตำแหน่งของโครงแขวนแต่ละชุดจะอยู่กึ่งกลางโถงในระดับสูงจากพื้น 2.00 เมตร ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่พ้นจากระดับสายตา (1.60 เมตร) ระดับประตู และได้ประสิทธิผลทางการสะท้อน โดยแขวนเฉพาะชั้นที่ 1 และ 2 เนื่องจากชั้นที่ 3 มีค่า DF สูงมากอยู่แล้ว ดังรูป



รูปที่ 3 ตำแหน่งของโครงแขวนที่ใช้ในหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

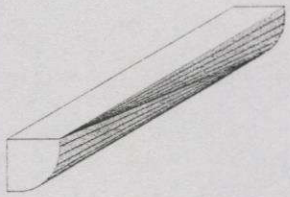
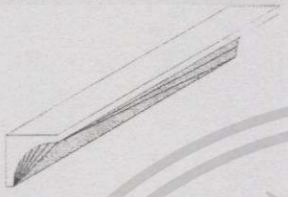
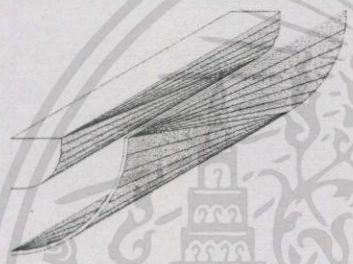
ตารางที่ 1 รูปแบบของโครงแขวนที่ใช้ในหุ่นจำลอง

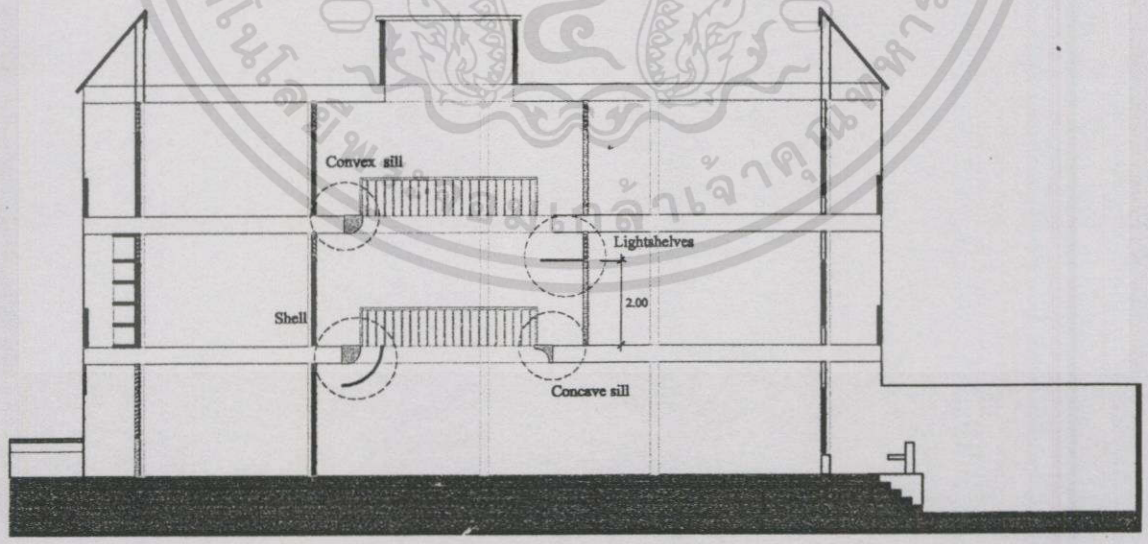
รูปแบบ	รายละเอียด
	**Sheet** สูง 0.60 เมตร ยาว 2.00 เมตร
	**Convex** สูง 0.60 เมตร ยาว 2.00 เมตร
	Concave สูง 0.60 เมตร ยาว 2.00 เมตร
	Ball รัศมี 0.30 เมตร
	Upper convex สูง 0.60 เมตร ยาว 2.00 เมตร
	**Lower convex** สูง 0.60 เมตร ยาว 2.00 เมตร
	**Prismatic** กว้าง 1.00 เมตร ยาว 2.00 เมตร

นอกจากนี้ยังมีโครงติดริม ซึ่งจะติดอยู่บริเวณคานด้านที่ติดกับโถง และ lightshelves บริเวณด้านล่างของระเบียงภายใน สามารถดูได้จากรูปในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 รูปแบบของโครงติดริมที่ใช้ในหุ่นจำลอง

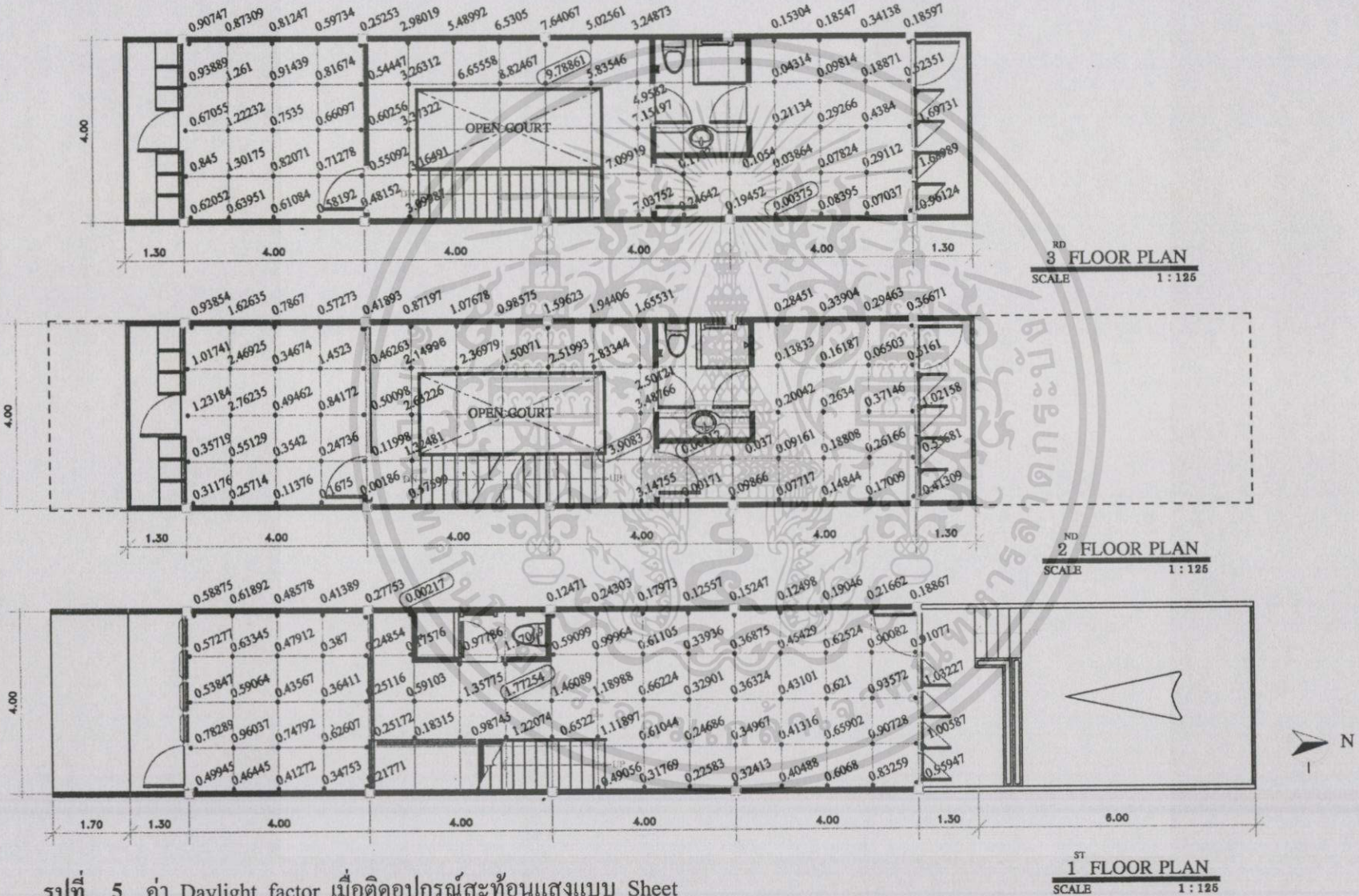
รูปแบบ	รายละเอียด
	**Convex sill** รัศมี 0.40 เมตร ยาว 2.00 เมตร
	**Concave sill** รัศมี 0.40 เมตร ยาว 2.00 เมตร
	**Shell** รัศมีตัวใน 0.40 เมตร รัศมีตัวนอก 0.90 เมตร ยาว 2.00 เมตร
	Lightshelves กว้าง 1.00 เมตร ยาว 2.00 เมตร



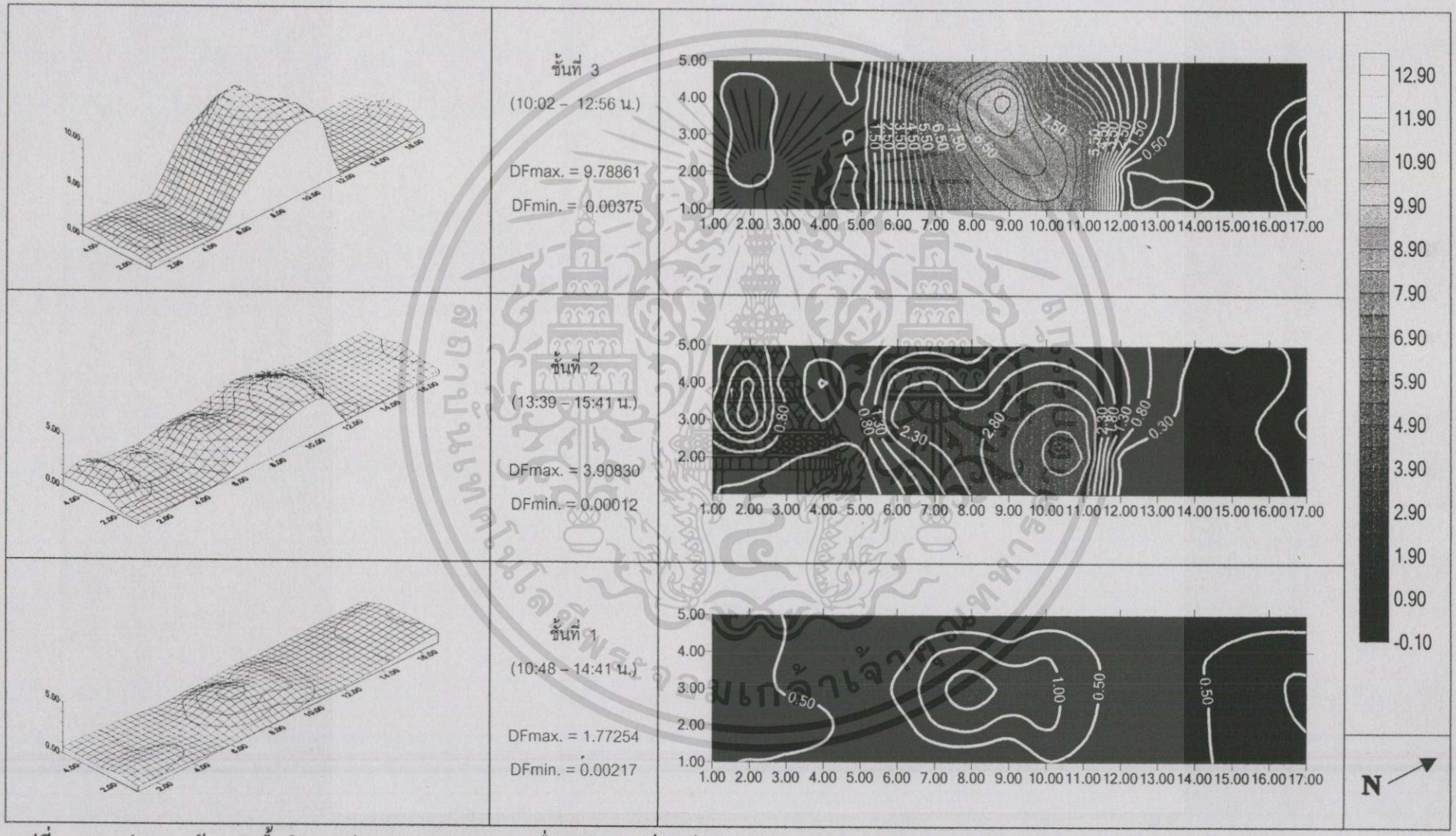
รูปที่ 4 ตัวอย่างตำแหน่งในการติดตั้งโครงติดริม

หมายเหตุ : การติดตั้งโครงติดริมในหุ่นจำลอง จะติดตั้งชุดใดชุดหนึ่งทั้ง 4 จุดในการวัด 1 ครั้ง ไม่ใช่ติดตั้งทั้ง 4 แบบพร้อมกันดังรูป

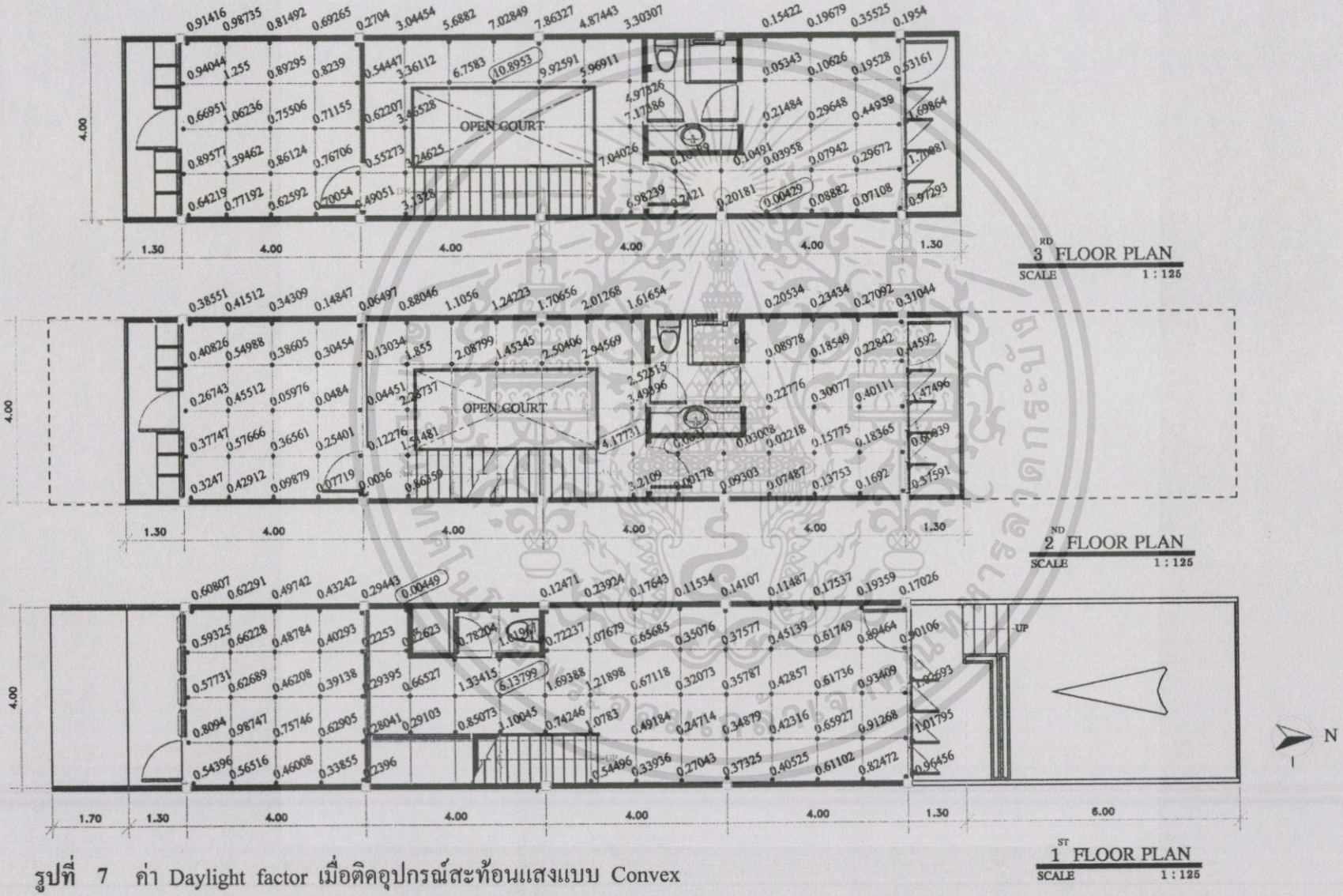
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



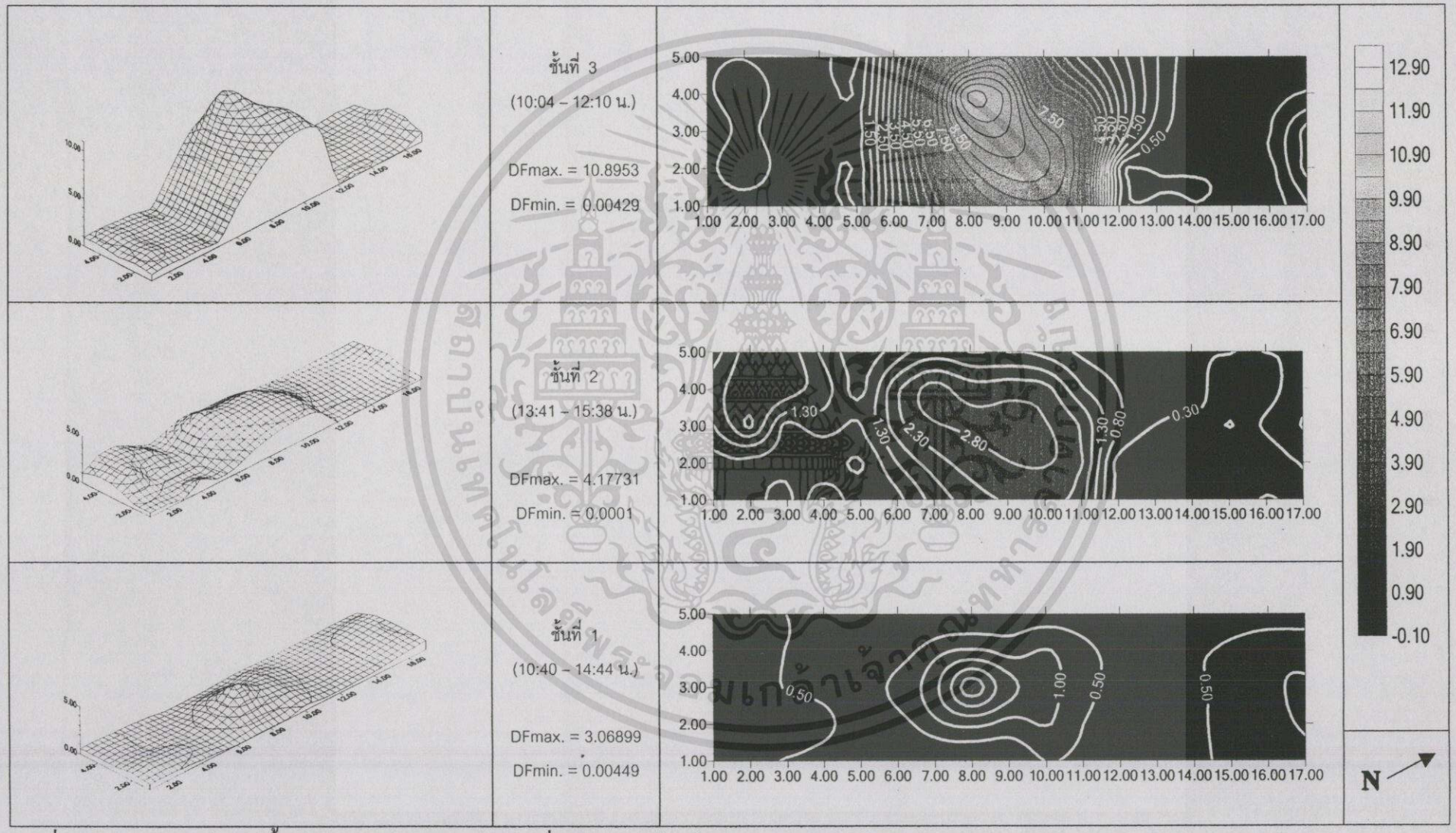
รูปที่ 5 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Sheet



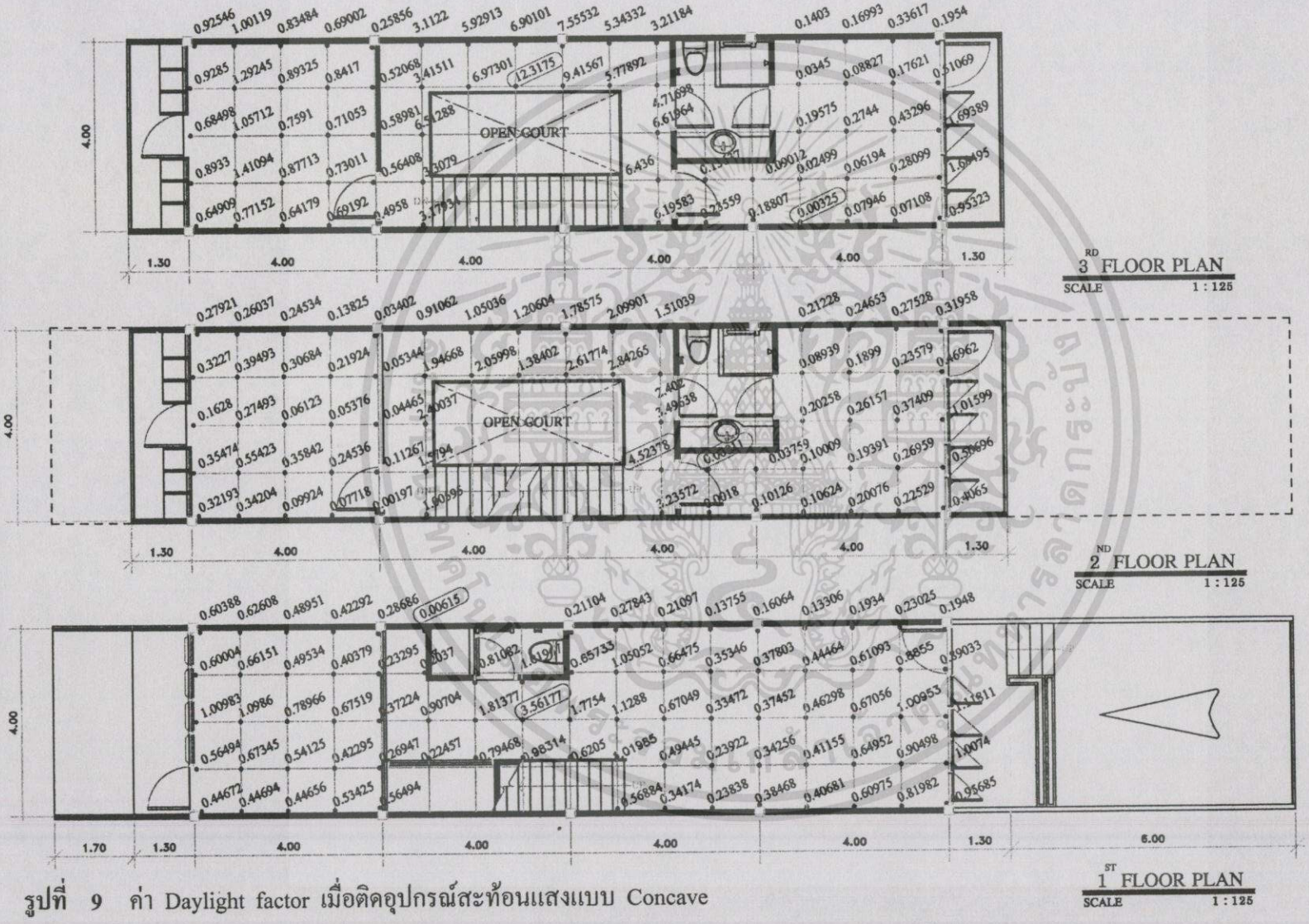
รูปที่ 6 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Sheet



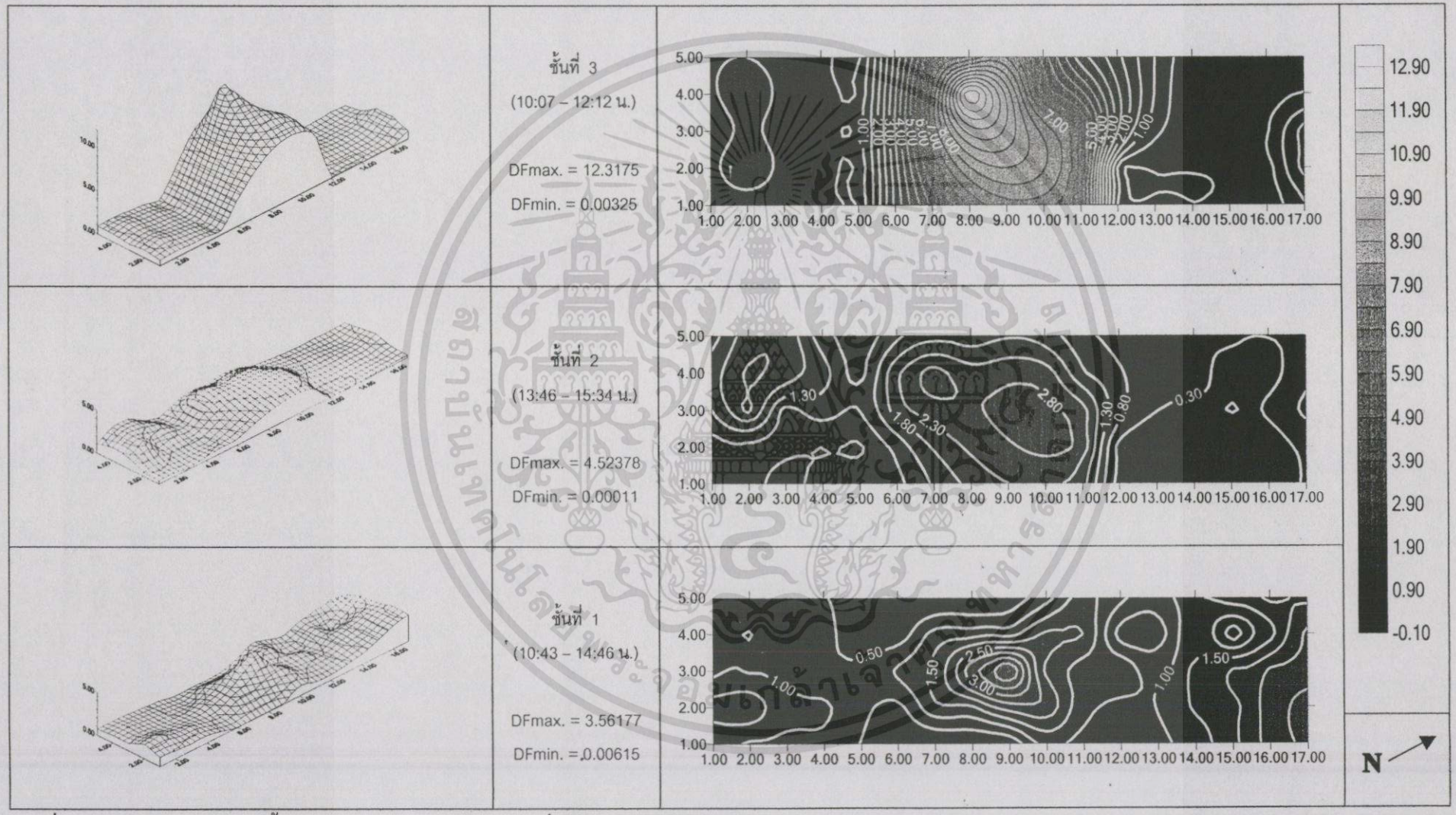
รูปที่ 7 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Convex



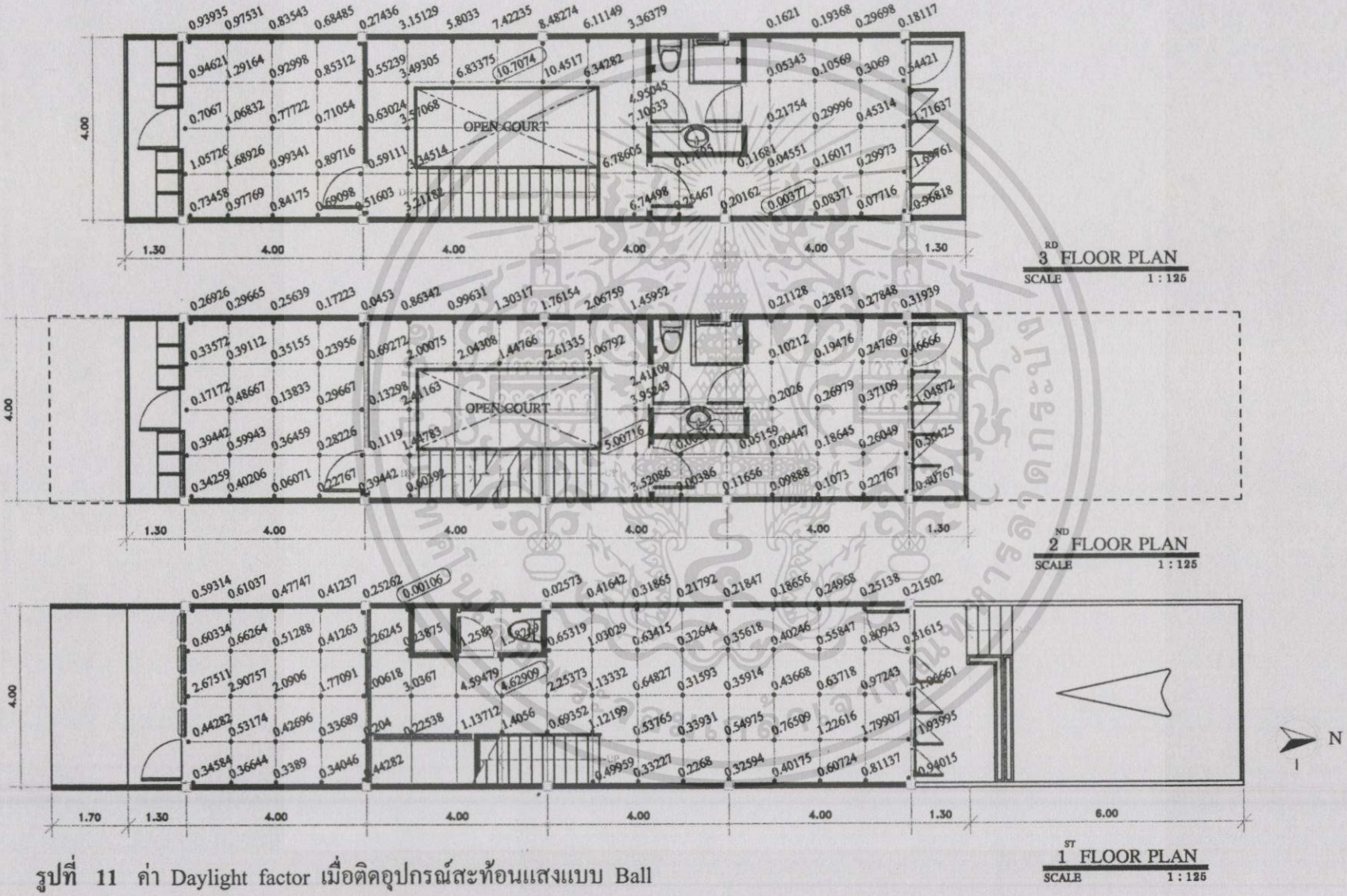
รูปที่ 8 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Convex



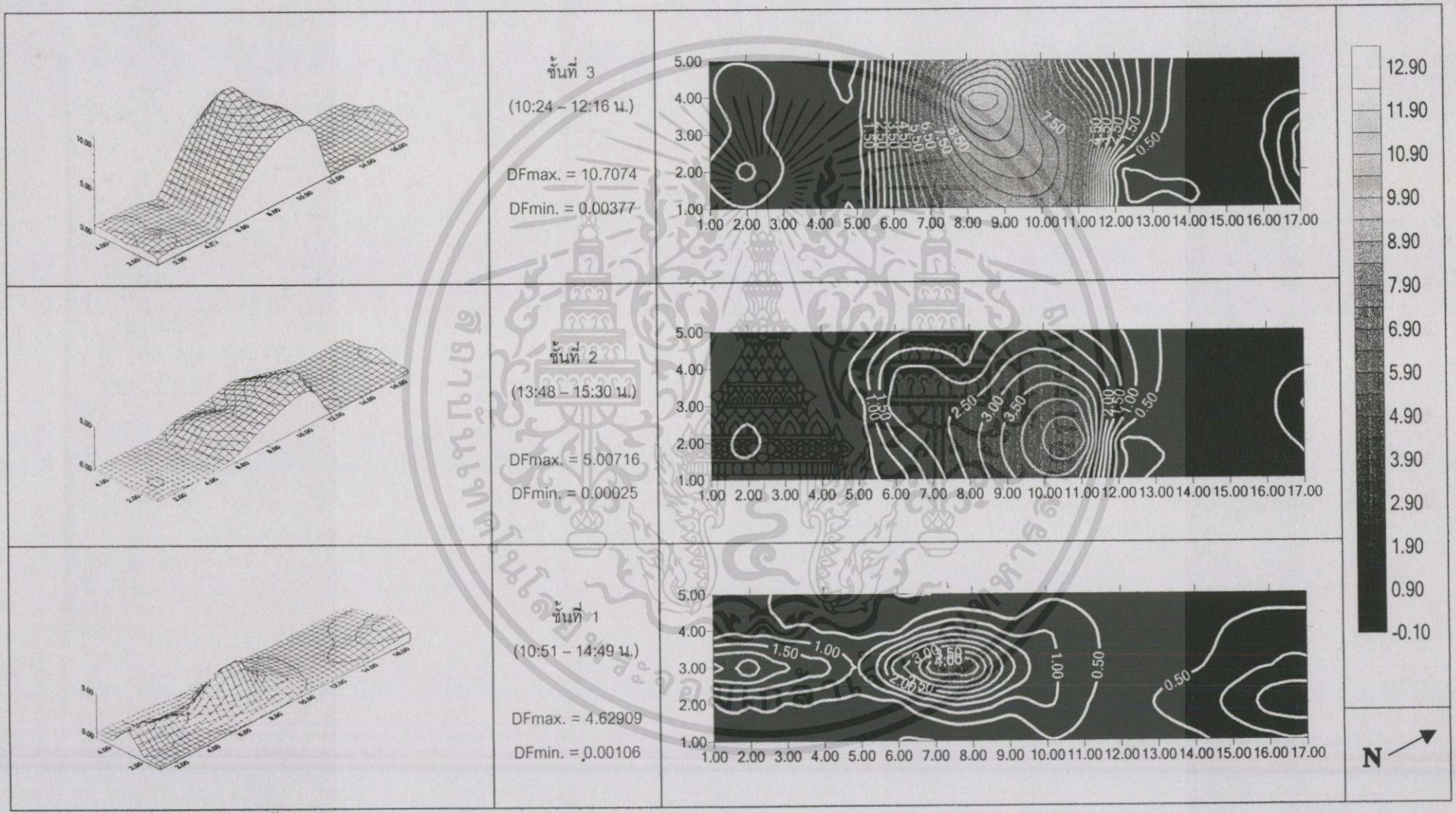
รูปที่ 9 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Concave



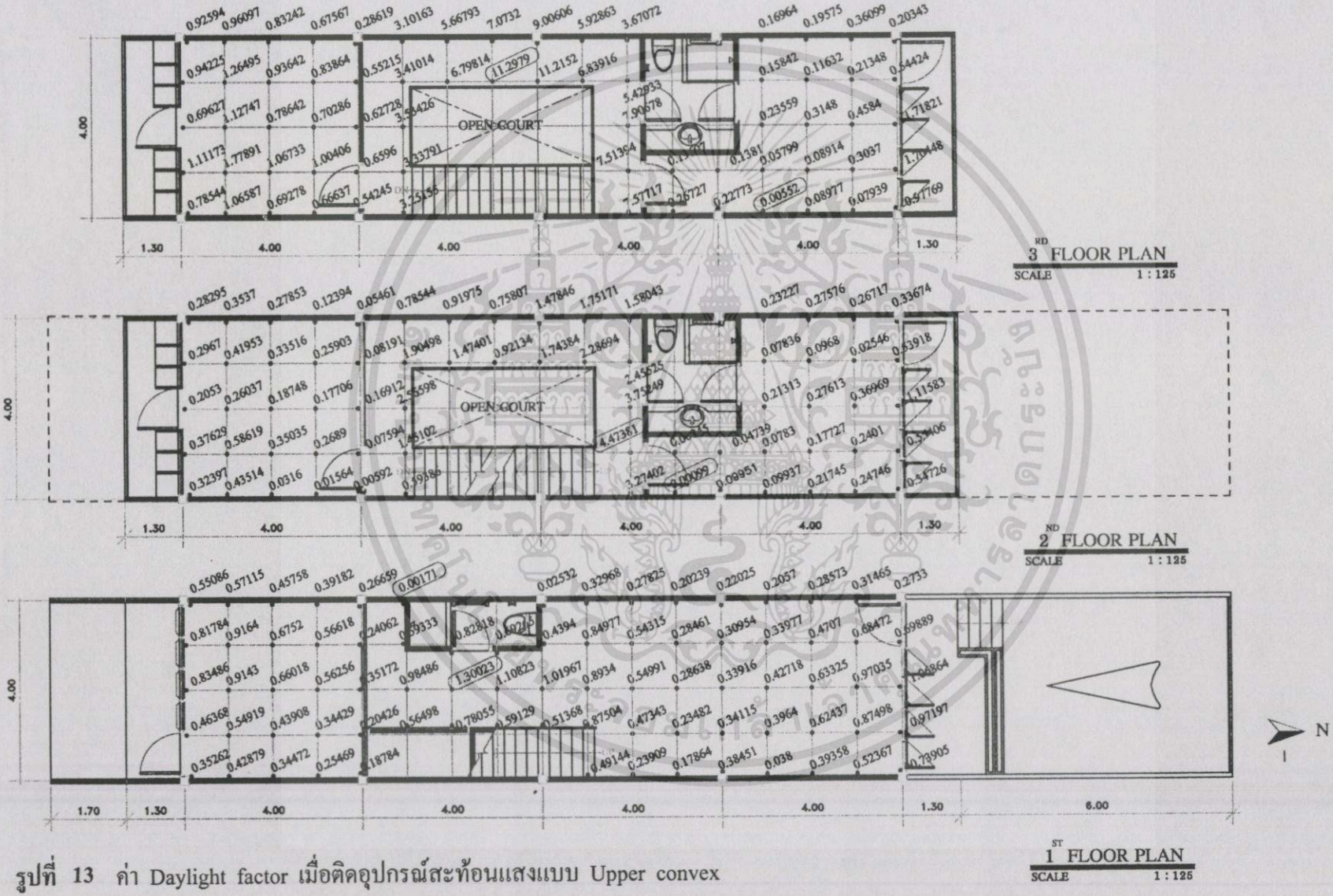
รูปที่ 10 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Concave



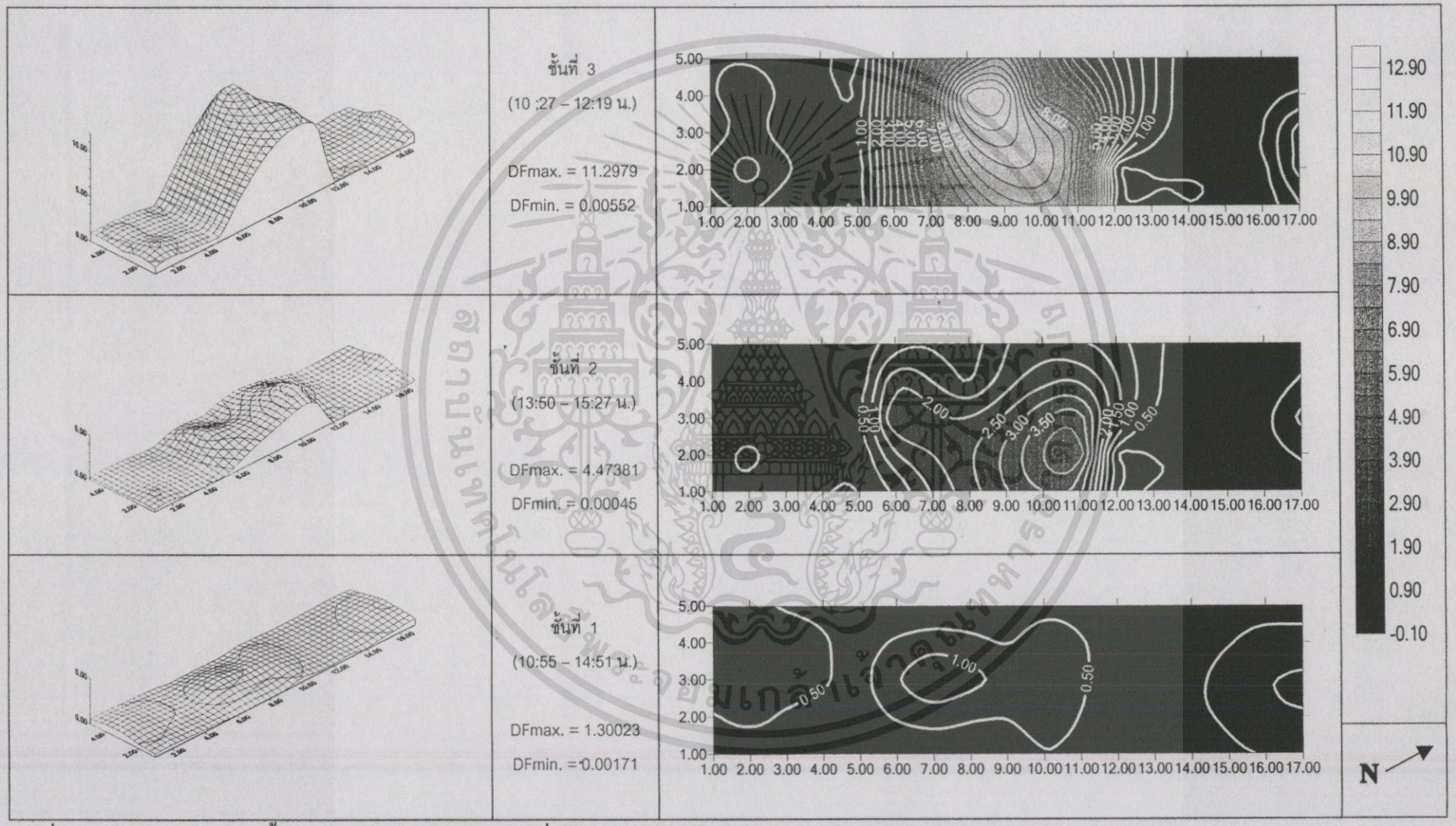
รูปที่ 11 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Ball



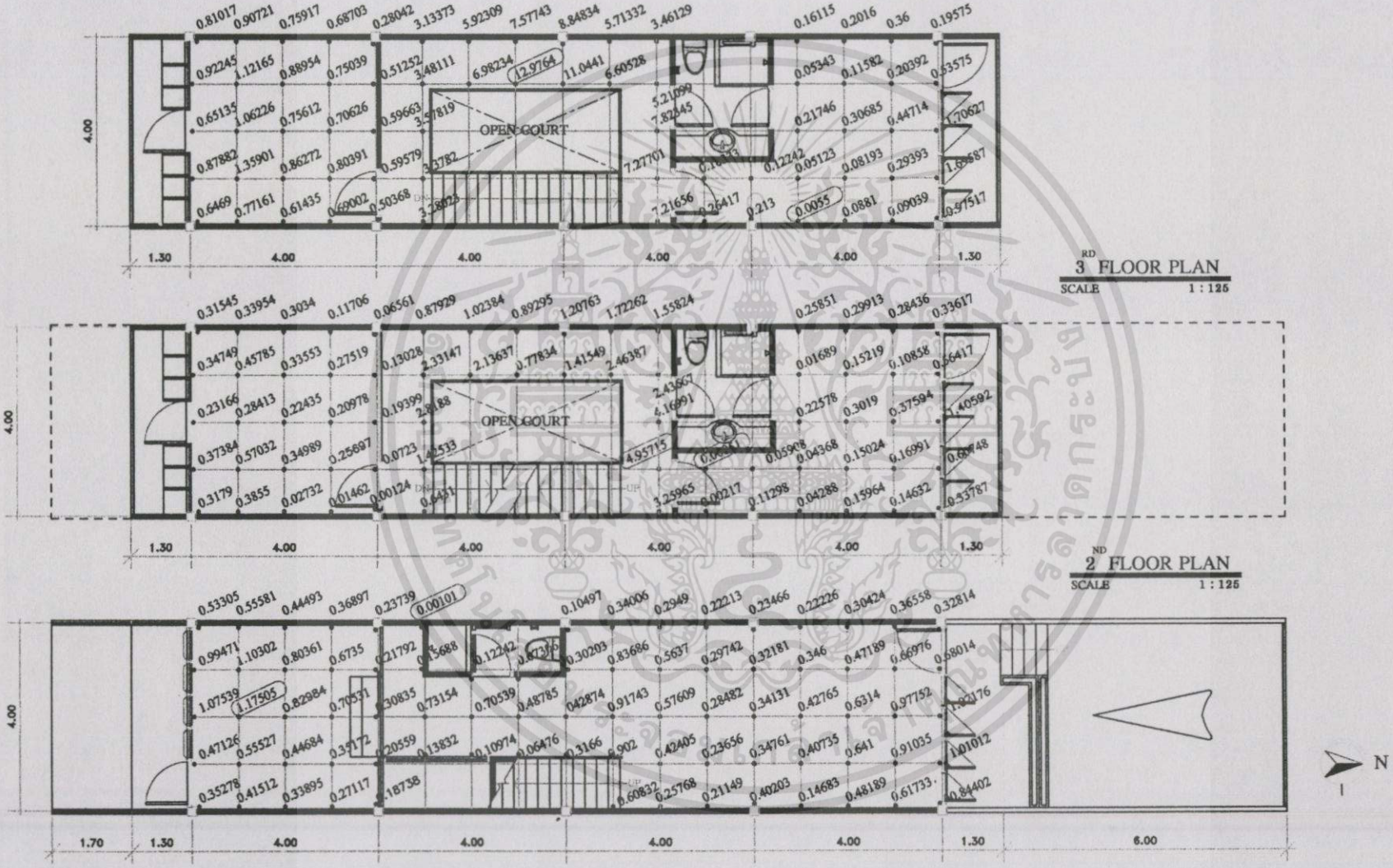
รูปที่ 12 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Ball



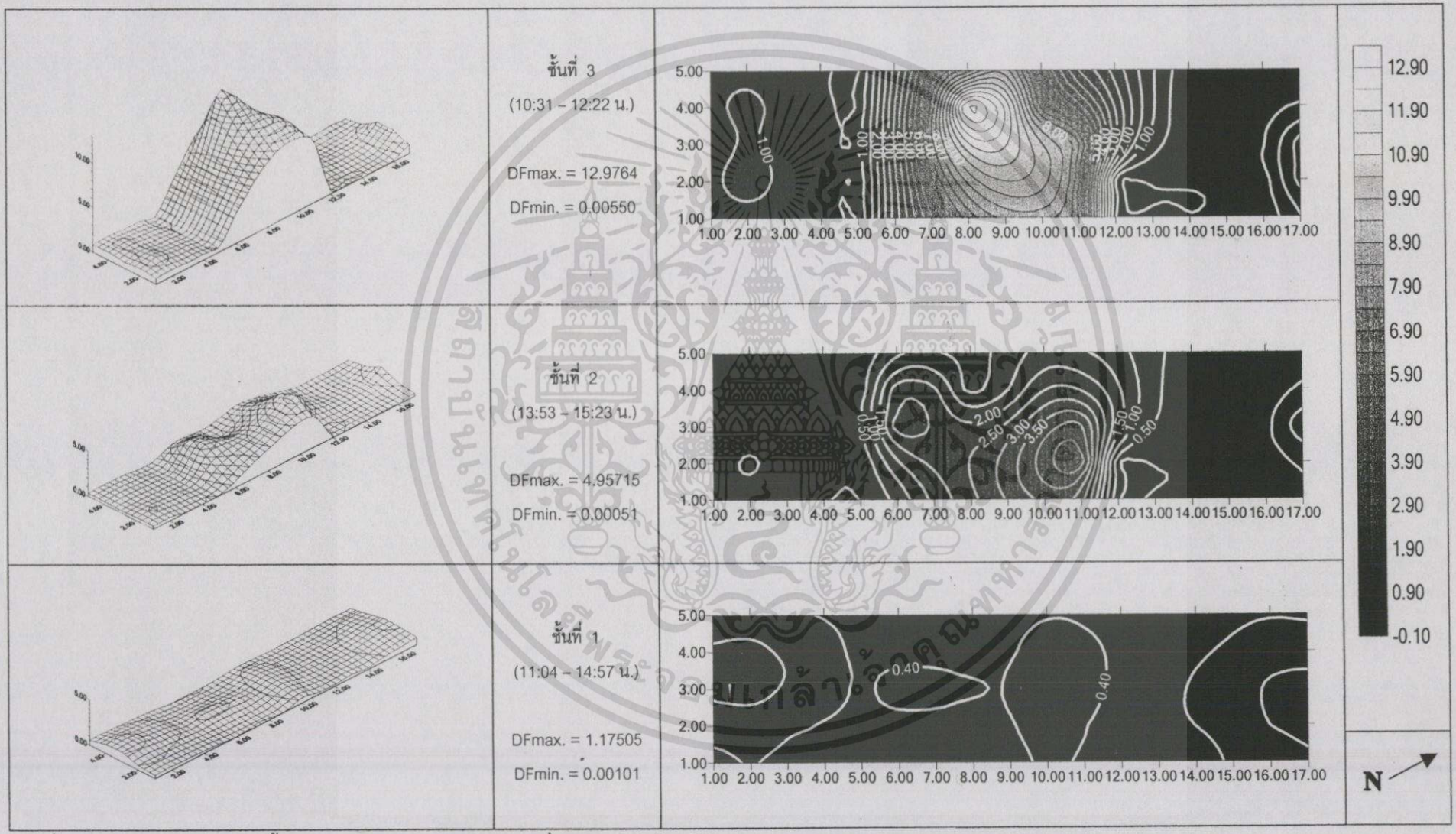
รูปที่ 13 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Upper convex



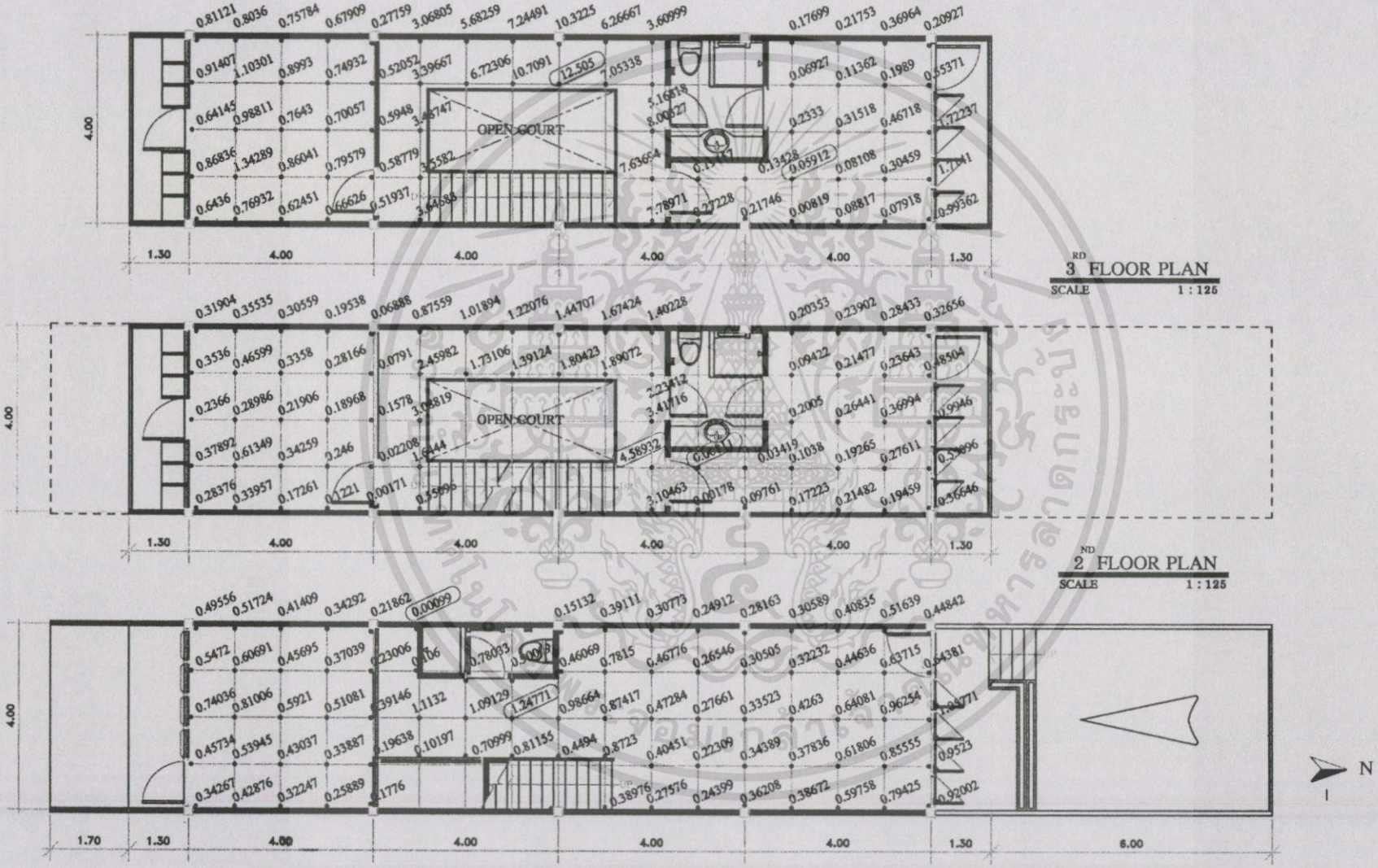
รูปที่ 14 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Upper convex



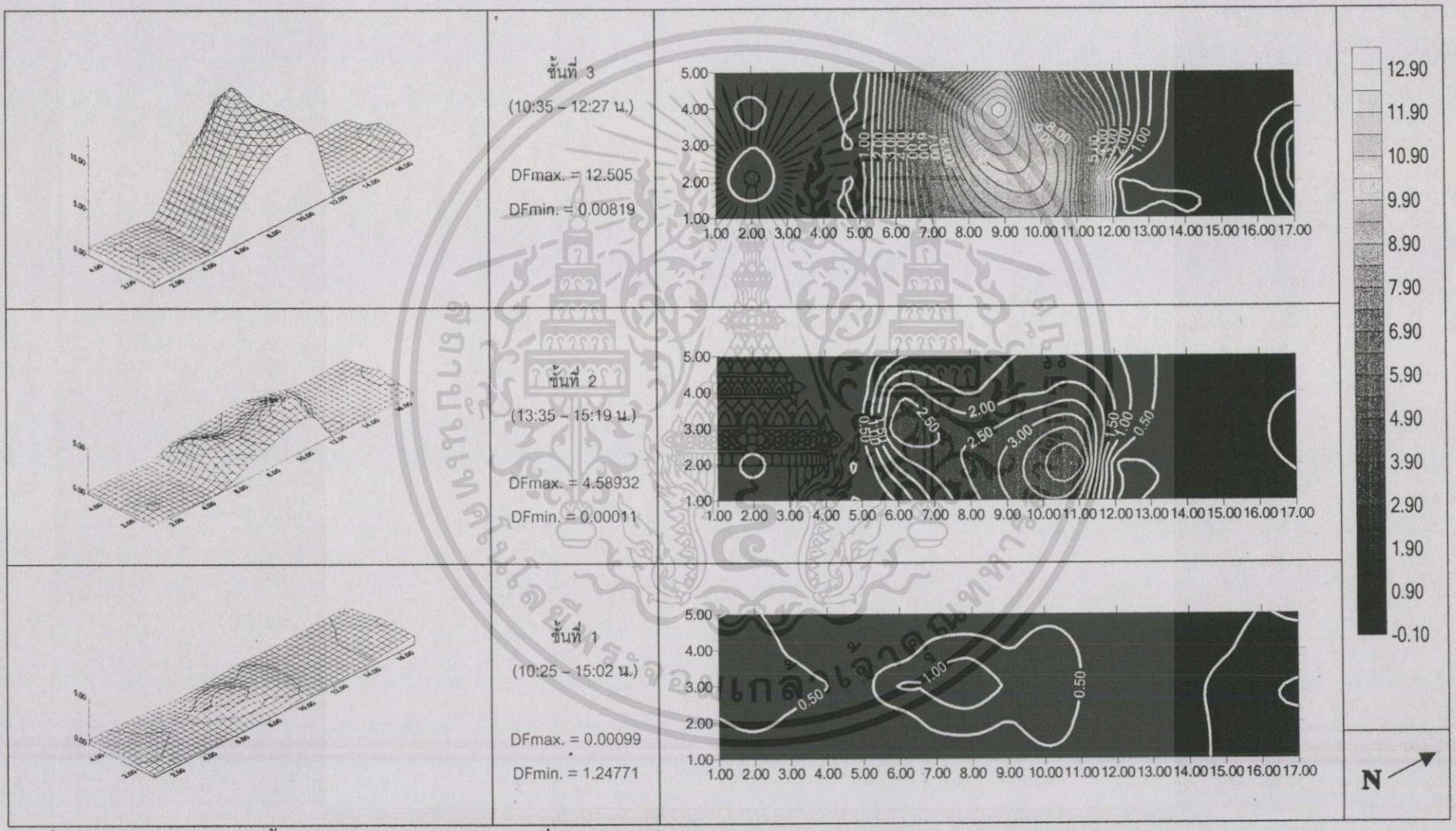
รูปที่ 15 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Lower convex



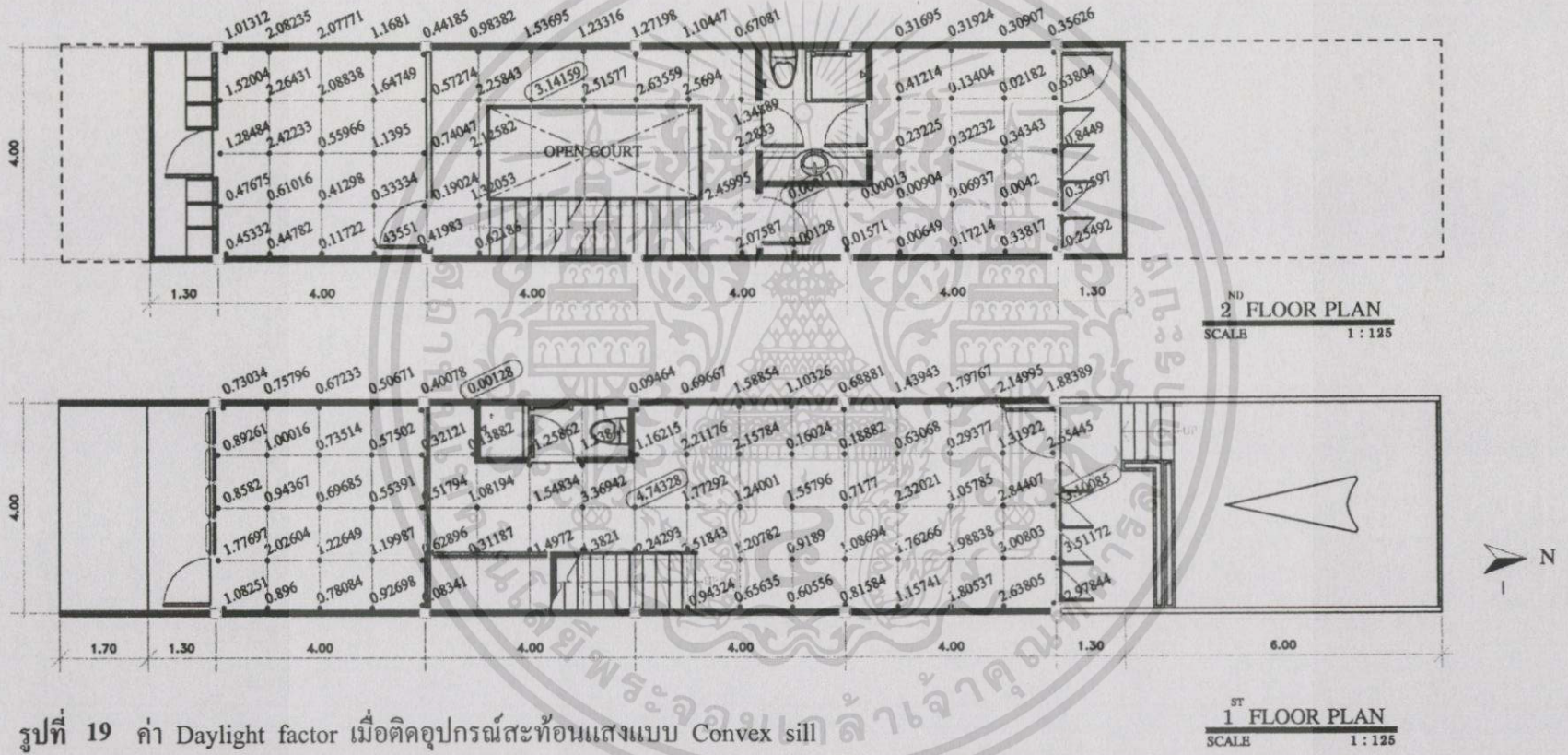
รูปที่ 16 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Lower convex



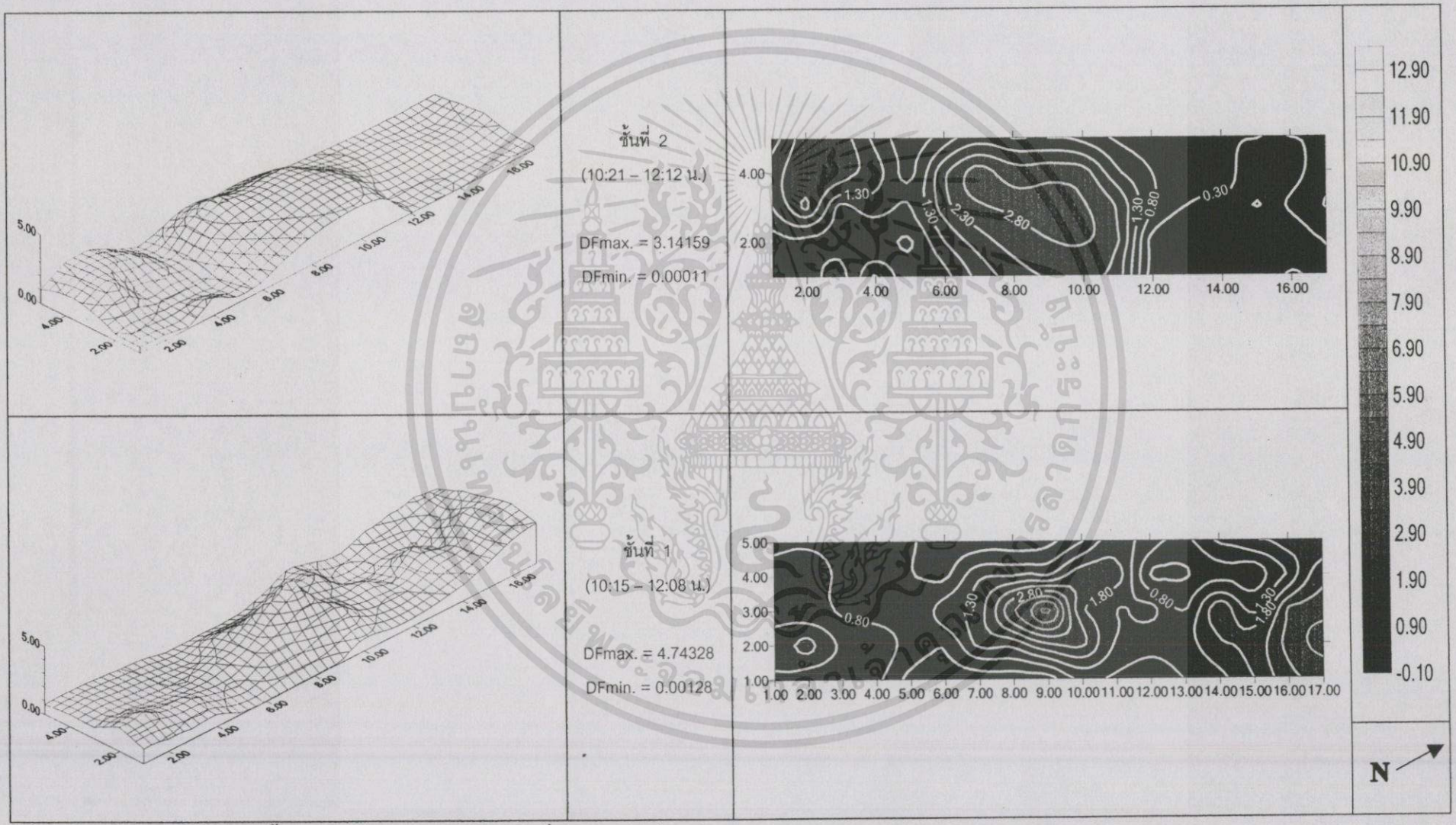
รูปที่ 17 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Prismatic



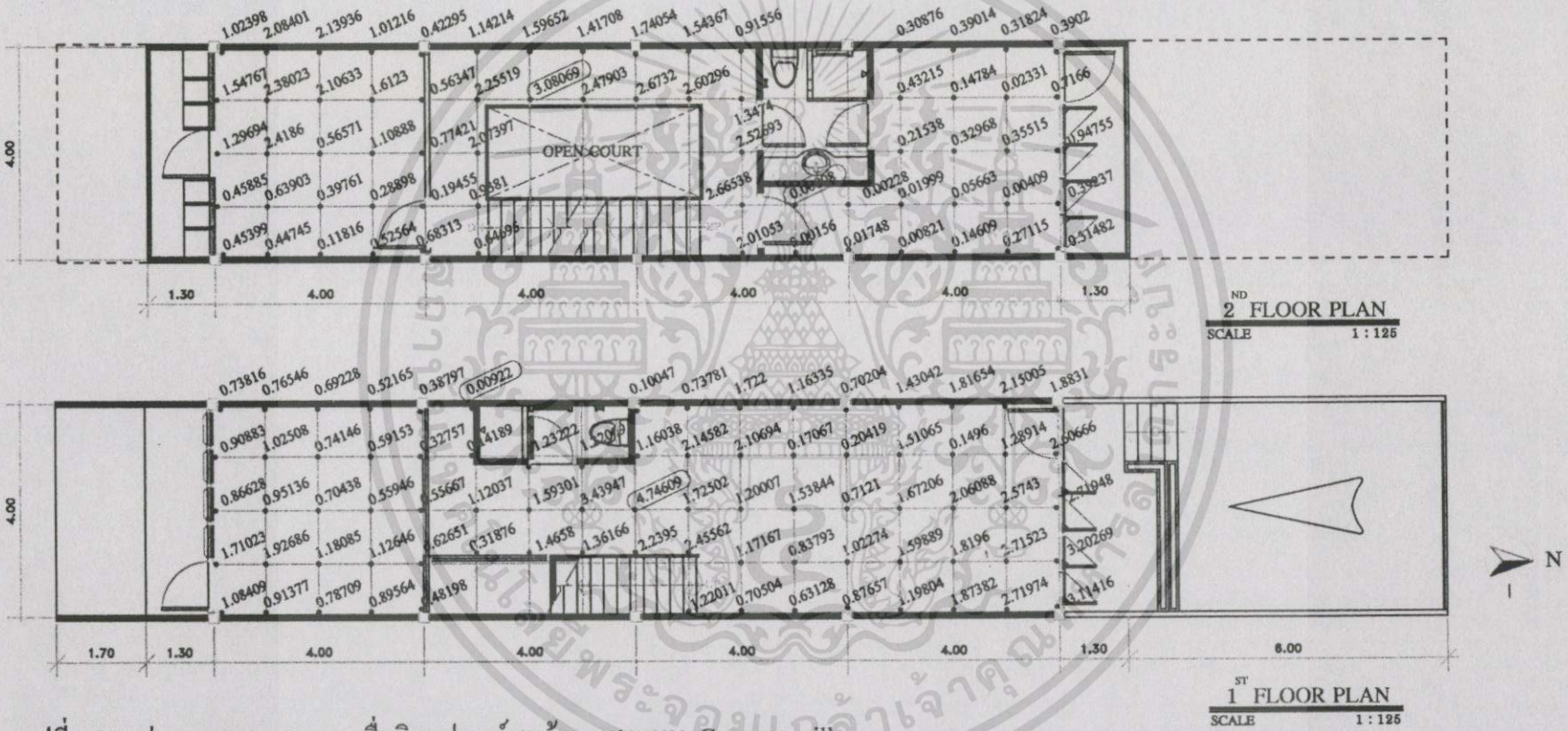
รูปที่ 18 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Prismatic



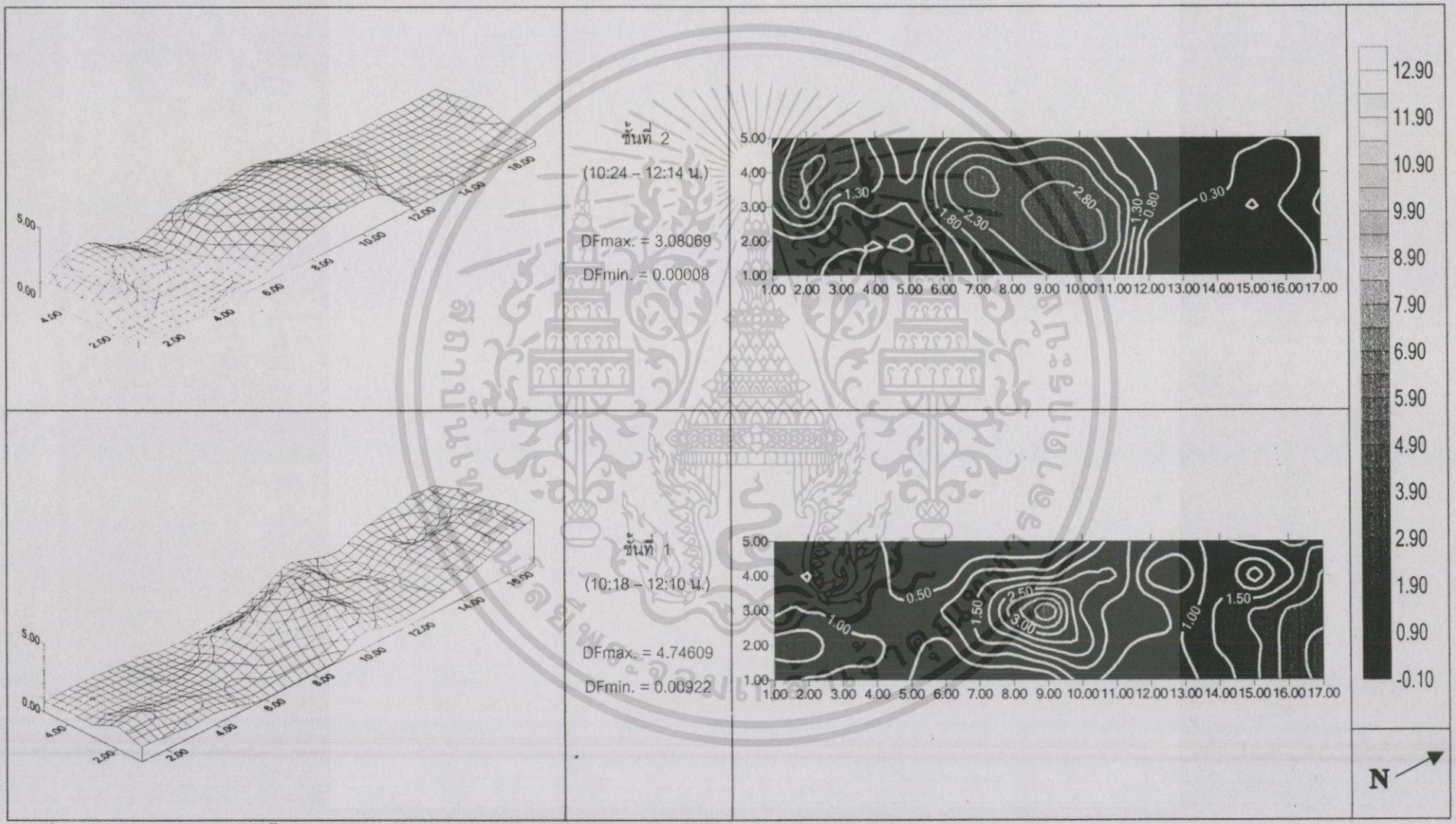
รูปที่ 19 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Convex sill



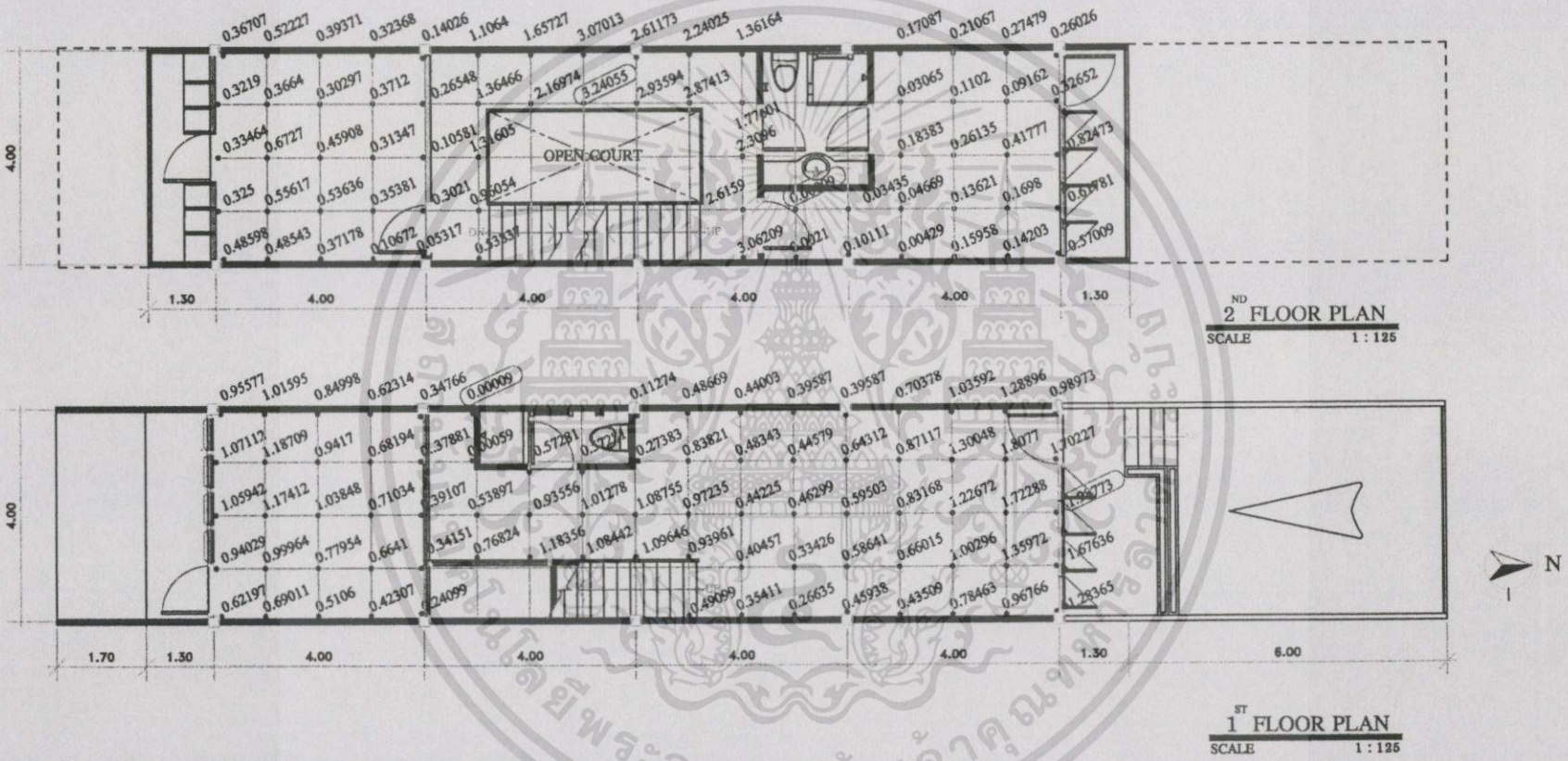
รูปที่ 20 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Convex sill



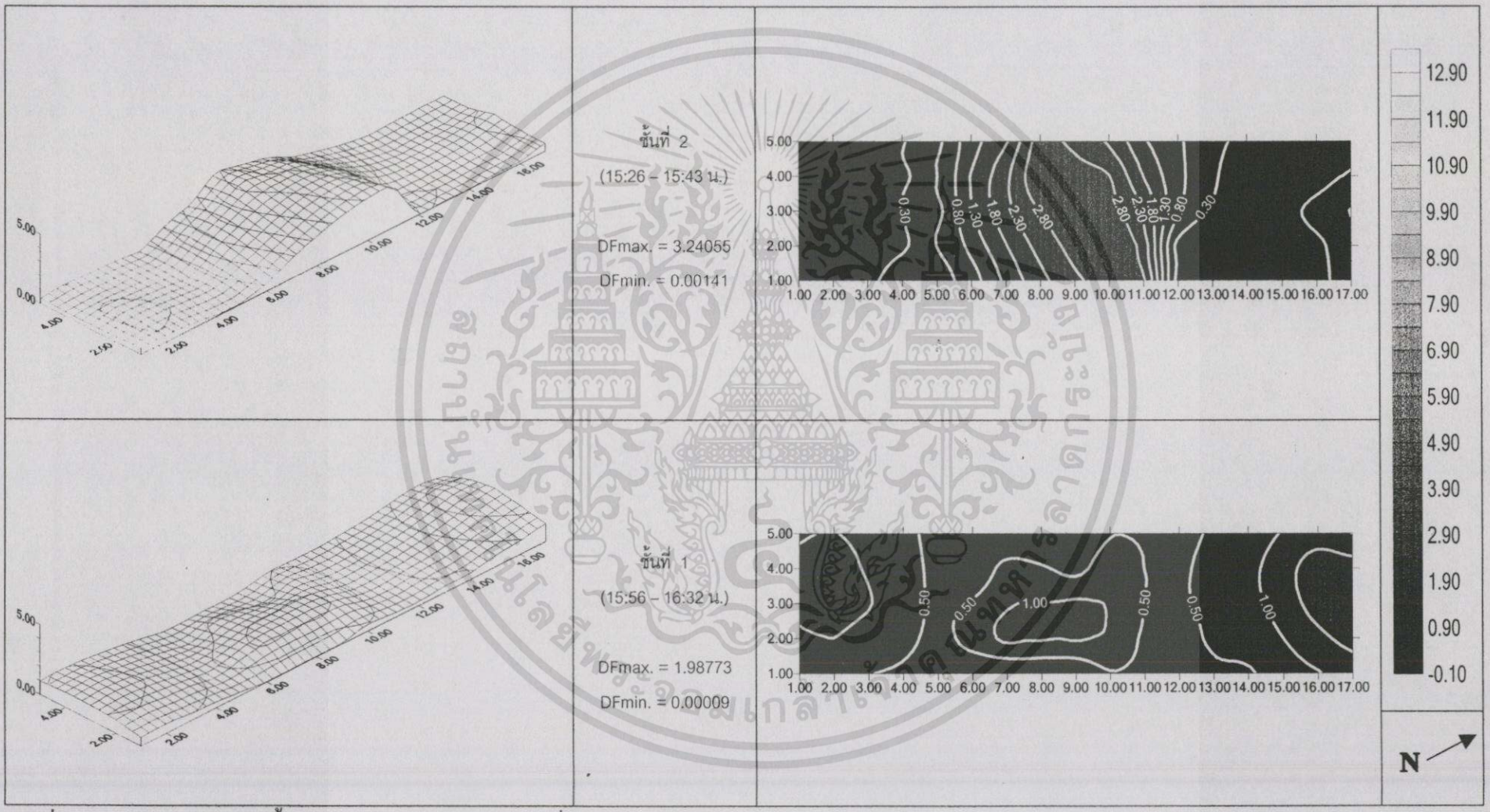
รูปที่ 21 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Concave sill



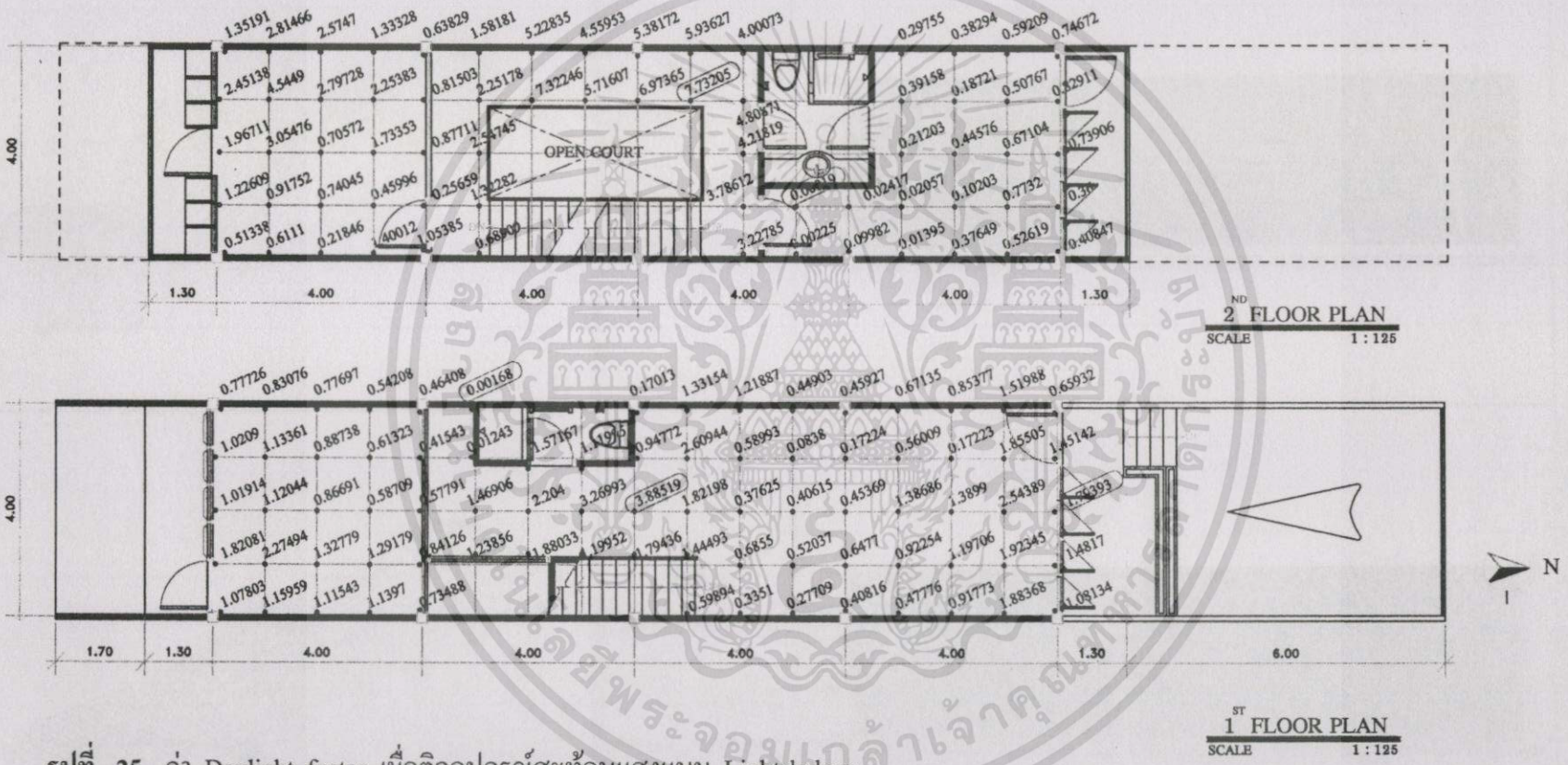
รูปที่ 22 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Concave sill



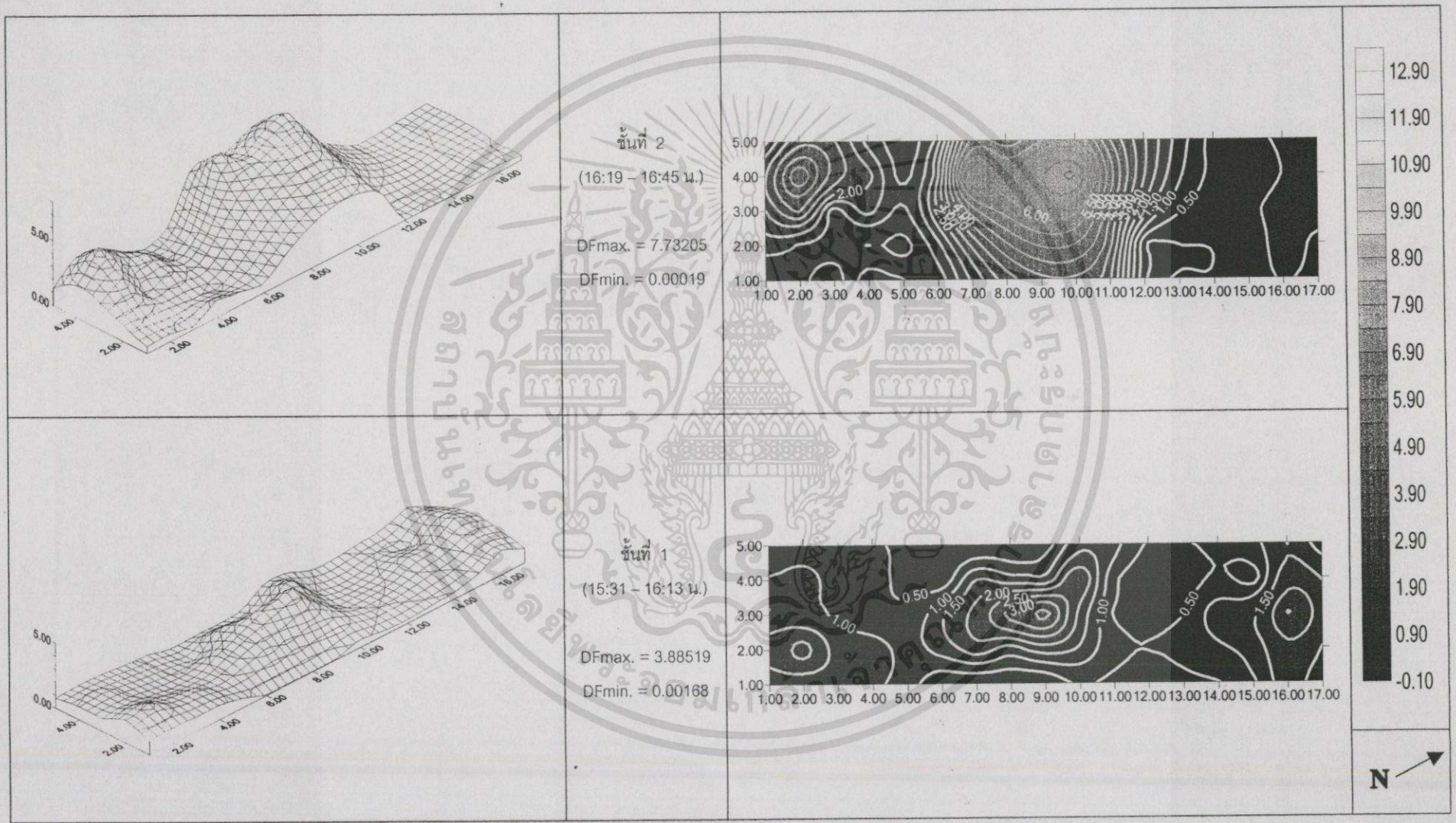
รูปที่ 23 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Shell



รูปที่ 24 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Shell



รูปที่ 25 ค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Lightshelves



รูปที่ 26 รูปแสดงเส้นและพื้นผิวของค่า Daylight factor เมื่อติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Lightshelves

ตารางที่ 3 ค่า DF เฉลี่ยตามขวางของทาวน์เฮาส์ เมื่อติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนรูปแบบต่างๆ

ชั้น 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Sheet	0.7965	1.0595	0.7824	0.6740	0.4864	3.1763	4.0485	5.1184	5.8098	3.6204	5.8991	0.2083	0.1500	0.0900	0.1477	0.2660	1.0116
C-vex	0.8124	1.0943	0.7900	0.7391	0.4960	3.2507	4.1488	5.9746	5.9297	3.6145	5.8946	0.2015	0.1534	0.0933	0.1536	0.2735	1.0199
C-cav	0.8163	1.1066	0.8012	0.7329	0.4858	3.3055	4.3007	6.4062	5.6570	3.7074	5.4361	0.1960	0.1391	0.0798	0.1348	0.2595	1.0076
Ball	0.8768	1.2004	0.8356	0.7673	0.5128	3.3544	4.2124	6.0433	6.3115	4.1514	5.7903	0.2153	0.1592	0.0965	0.1686	0.2868	1.0215
Up	0.8923	1.2396	0.8631	0.7775	0.5335	3.3271	4.1554	6.3351	6.7404	4.2559	6.4196	0.2317	0.1829	0.1254	0.1612	0.2832	1.0296
Low	0.7819	1.0443	0.7764	0.7275	0.4978	3.3703	4.3018	6.8513	6.6308	4.1062	6.1979	0.2238	0.1677	0.0978	0.1589	0.2791	1.0218
Pris	0.7757	1.0014	0.7813	0.7182	0.5000	3.4315	4.1352	5.9847	7.6092	4.4400	6.4416	0.2334	0.1759	0.1094	0.1631	0.2839	1.0386

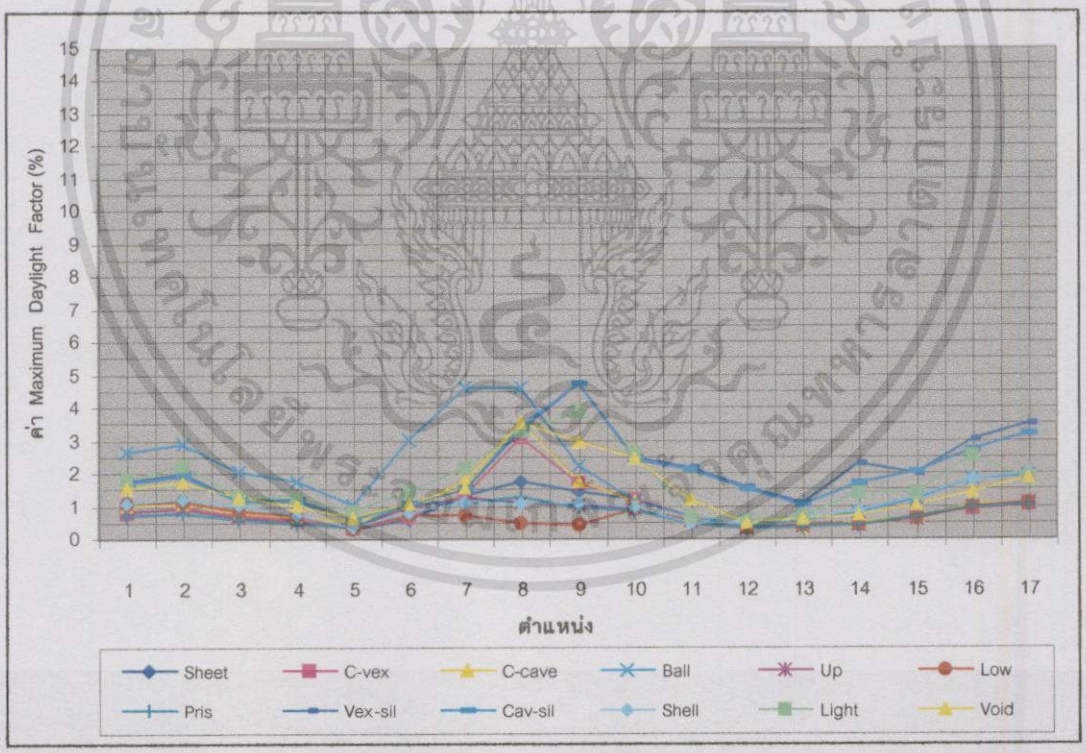
ชั้น 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Sheet	0.7713	1.5333	0.4192	0.6563	0.3009	1.5110	1.1489	0.8288	1.3721	1.5925	2.9400	0.0009	0.0678	0.1584	0.2202	0.2326	0.5749
C-vex	0.3527	0.4852	0.2507	0.1665	0.0732	1.4802	1.0645	0.8986	1.4035	1.6528	3.0044	0.0009	0.0616	0.1240	0.2032	0.2507	0.6415
C-cave	0.2883	0.3653	0.2142	0.1468	0.0494	1.5686	1.0368	0.8634	1.4678	1.6472	3.0337	0.0010	0.0694	0.1421	0.2185	0.2760	0.5537
Ball	0.3027	0.4352	0.2343	0.2437	0.2755	1.4655	1.0131	0.9169	1.4583	1.7118	3.2702	0.0021	0.0841	0.1419	0.1993	0.2771	0.5613
Up	0.2970	0.4110	0.2366	0.1689	0.0775	1.4603	0.7979	0.5598	1.0741	1.3462	3.1032	0.0007	0.0735	0.1403	0.2091	0.2300	0.5786
Low	0.3173	0.4075	0.2481	0.1747	0.0928	1.6196	1.0534	0.5571	0.8744	1.3955	3.2763	0.0013	0.0860	0.1175	0.2126	0.2170	0.6503
Pris	0.3144	0.4129	0.2751	0.2070	0.0659	1.7238	0.9167	0.8707	1.0838	1.1883	2.9495	0.0009	0.0659	0.1548	0.2251	0.2723	0.5447
Vex-sil	0.9496	1.5654	1.0512	1.1448	0.4730	1.4621	1.5595	1.2496	1.3025	1.2246	1.7678	0.0007	0.0079	0.1954	0.2034	0.2033	0.4840
Cav-sil	0.9563	1.5939	1.0654	0.9096	0.5277	1.4113	1.5591	1.2987	1.4712	1.3822	1.8932	0.0008	0.0099	0.1969	0.2141	0.1944	0.5523
Shell	0.3669	0.5206	0.4128	0.2938	0.1734	1.0572	1.2757	2.1036	1.8492	1.7048	2.2250	0.0011	0.0677	0.0873	0.1756	0.2192	0.5199
Light	1.5020	2.3886	1.4073	1.4361	0.7282	1.6786	4.1836	3.4252	4.1185	4.5561	4.0083	0.0012	0.0620	0.1871	0.2989	0.6140	0.6167

ชั้น 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Sheet	0.5965	0.6536	0.5122	0.4277	0.2493	0.2380	1.1077	1.3880	0.7072	0.8084	0.4762	0.2533	0.3117	0.3657	0.5405	0.7586	0.8194
C-vex	0.6264	0.6929	0.5330	0.4389	0.2667	0.2968	0.9890	1.7297	0.8209	0.8317	0.4671	0.2609	0.3194	0.3646	0.5361	0.7519	0.8162
C-cave	0.6451	0.7013	0.5525	0.4918	0.3453	0.3354	1.1398	1.8549	0.8161	0.8093	0.4765	0.2697	0.3281	0.3718	0.5468	0.7700	0.8335
Ball	0.9321	1.0158	0.7694	0.6547	0.4336	0.8755	2.3301	2.4725	0.9065	0.8403	0.4942	0.2853	0.3619	0.4385	0.6557	0.9287	0.9956
Up	0.6040	0.6760	0.5154	0.4239	0.2502	0.5362	0.9697	0.7974	0.4995	0.6879	0.4168	0.2374	0.3189	0.2814	0.4815	0.6737	0.7504
Low	0.6854	0.7609	0.5728	0.4741	0.2313	0.2569	0.3125	0.2086	0.2881	0.7209	0.4233	0.2505	0.3295	0.3100	0.5061	0.7081	0.7868
Pris	0.5166	0.5805	0.4432	0.3644	0.2428	0.3305	0.8605	0.9865	0.5120	0.6618	0.3857	0.2517	0.3256	0.3639	0.5422	0.7532	0.8045
Vex-sil	1.0681	1.1248	0.8223	0.7525	0.3905	0.3835	1.4347	1.9966	2.0608	1.6286	1.3701	0.8692	0.6996	1.4621	1.3886	2.3919	2.8259
Cav-sil	1.0615	1.1165	0.8212	0.7389	0.4761	0.3976	1.4303	2.0071	2.0616	1.6569	1.3811	0.8683	0.7035	1.4820	1.5441	2.2897	2.7052
Shell	0.9297	1.0134	0.8241	0.6205	0.3400	0.3270	0.9578	0.8900	0.6426	0.7456	0.4249	0.3811	0.5665	0.7004	1.0701	1.4294	1.5279
Light	1.1432	1.3039	0.9949	0.8348	0.6067	0.6804	1.8853	1.8631	1.6994	1.5614	0.6411	0.3473	0.4282	0.8037	0.9061	1.9452	1.2935

สรุปผลการทดลองอุปกรณ์สะท้อนแสง

จากรูปที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า อุปกรณ์สะท้อนแสงแต่ละประเภทสะท้อนแสงไปยังจุดที่แตกต่างกัน โดยโครงแขวนส่วนใหญ่จะเพิ่มปริมาณแสงให้กับพื้นที่รอบโถงในชั้นที่ 2 ส่วนชั้นที่ 3 ก็ได้รับแสงสะท้อนด้วย แต่ในชั้นที่ 3 ปริมาณแสงที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยภายในห้องเมื่อเปรียบเทียบกับช่องแสงที่ไม่มีตัวสะท้อนแล้ว อาจเนื่องมาจากวัน และช่วงเวลาในการวัด แต่อุปกรณ์สะท้อนแบบโครงแขวนมีข้อเสียคือ เป็นตัวบังแสงเสียเองภายในโถง ทำให้ปริมาณแสงภายในห้องของชั้นที่ 2 และปริมาณแสงในชั้นที่ 1 ลดน้อยลง

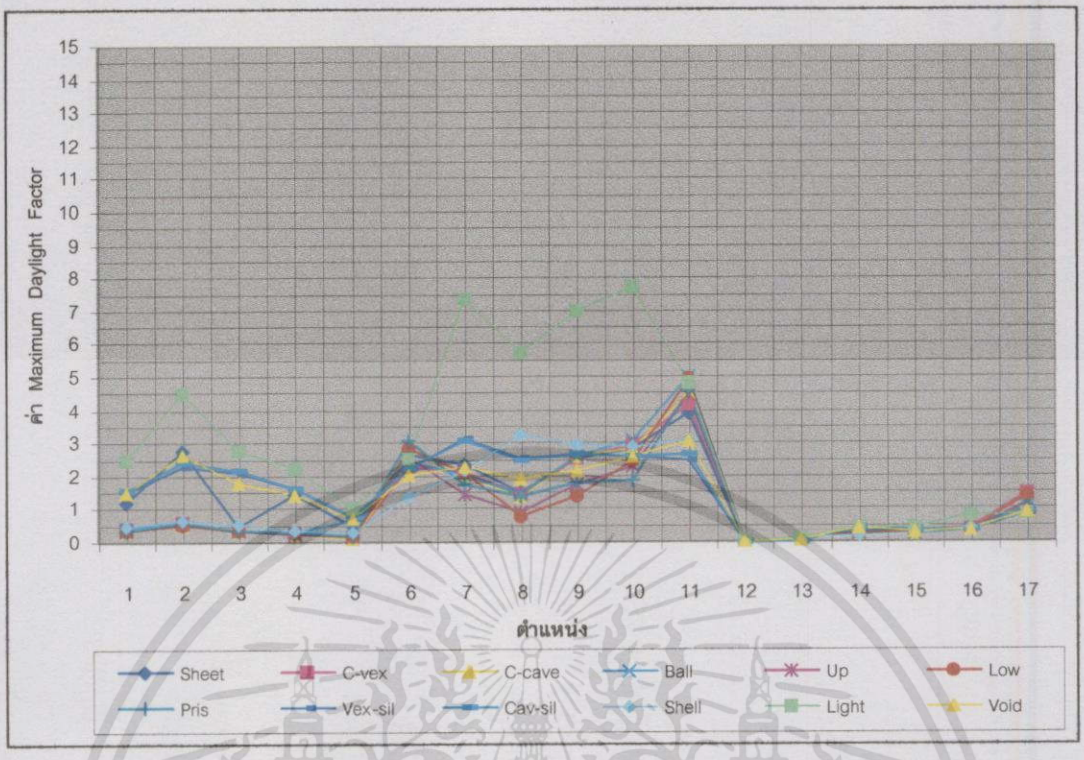
ส่วนอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบติดริม ไม่ได้ใช้ช่วยสะท้อนในชั้นที่ 3 จึงไม่ได้แสดงไว้ในที่นี้ แต่เป็นรูปแบบที่ดีกว่าโครงแขวน เนื่องจากสามารถเพิ่มปริมาณแสงได้เกือบตลอดพื้นที่ของชั้นที่ 2 และ 3 โดยเฉพาะในพื้นที่ส่วนกลางของชั้นที่ 1 ยกเว้นตัวสะท้อนแบบ Shell ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าอุปกรณ์สะท้อนอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นการบังแสงได้ หากพิจารณาตามรูปตัดขวางของทาวน์เฮาส์ โดยนำค่า DF ที่ได้มาเฉลี่ยตามแนวขวางอาคาร จะได้ค่าดังตาราง และเมื่อนำมา plot กราฟ จะได้กราฟดังรูปที่ 30 – 32 ในชั้นที่ 1 – 3 ตามลำดับ



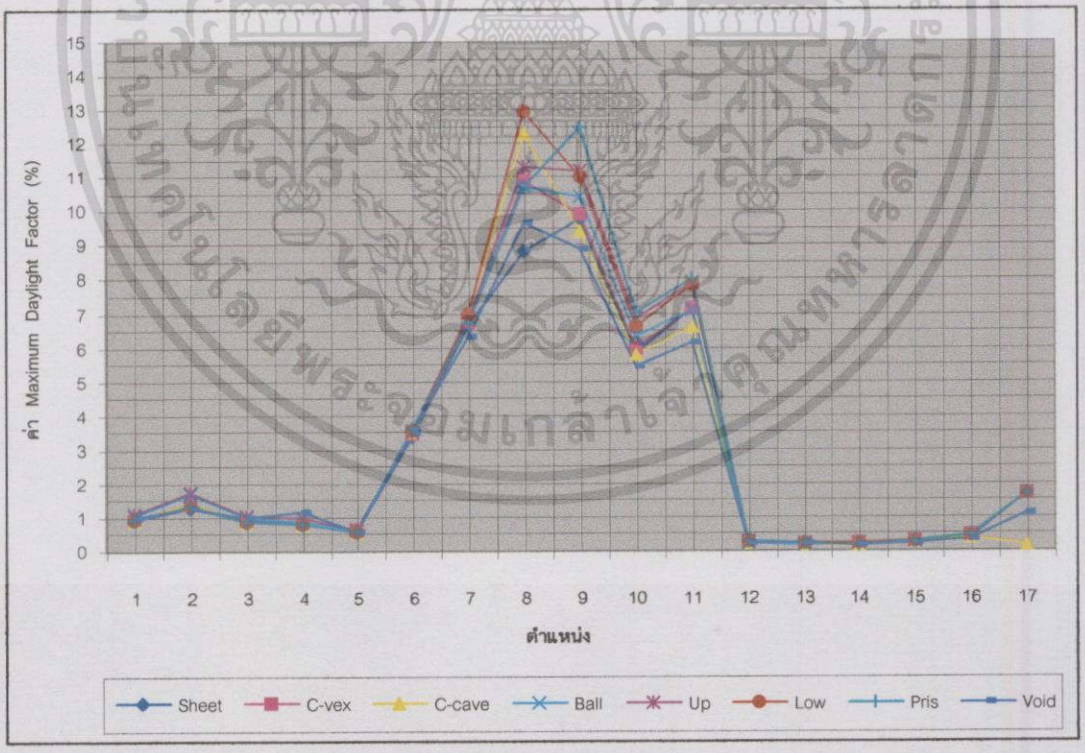
รูปที่ 27 กราฟแสดงค่า Maximum Daylight Factor ในรูปตัดของทาวน์เฮาส์ชั้นที่ 1

หมายเหตุ : - ค่า DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบน แต่ไม่มีอุปกรณ์สะท้อนใช้ชื่อว่า Void
- รูปตัดมองไปทางทิศตะวันตก ทิศใต้อยู่ทางซ้ายมือ และทิศเหนืออยู่ทางขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 28 กราฟแสดงค่า Maximum Daylight Factor ในรูปตัดของทาวน์เฮาส์ชั้นที่ 2

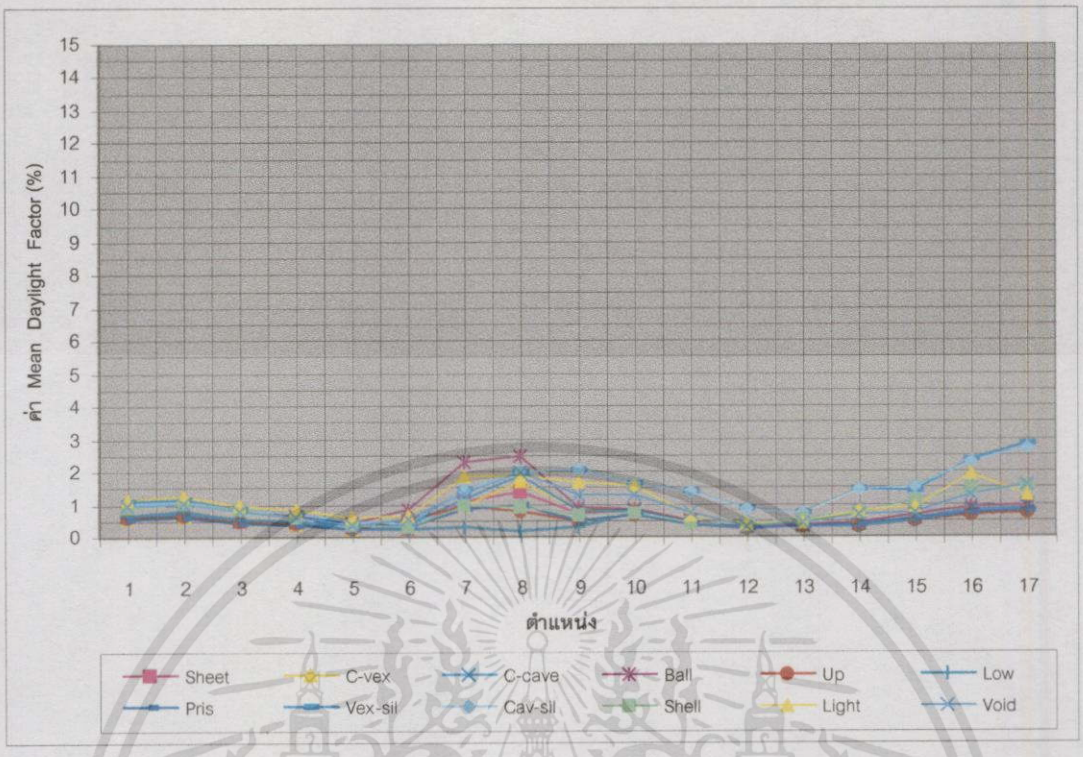


รูปที่ 29 กราฟแสดงค่า Maximum Daylight Factor ในรูปตัดของทาวน์เฮาส์ชั้นที่ 3

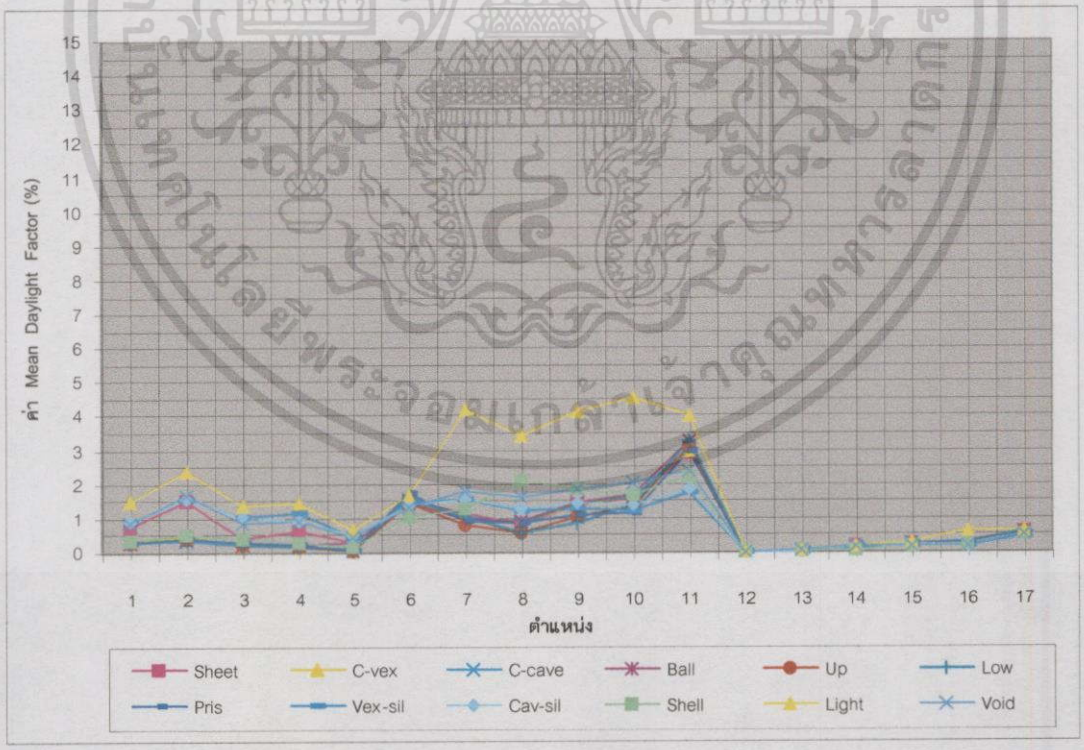
หมายเหตุ : - ค่า DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบน แต่ไม่มีอุปกรณ์สะท้อนใช้ชื่อว่า Void

- รูปตัดมองไปทางทิศตะวันตก ทิศใต้อยู่ทางซ้ายมือ และทิศเหนืออยู่ทางขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 30 กราฟแสดงค่า Mean Daylight Factor ในรูปตัดของทาวน์เฮาส์ชั้นที่ 1

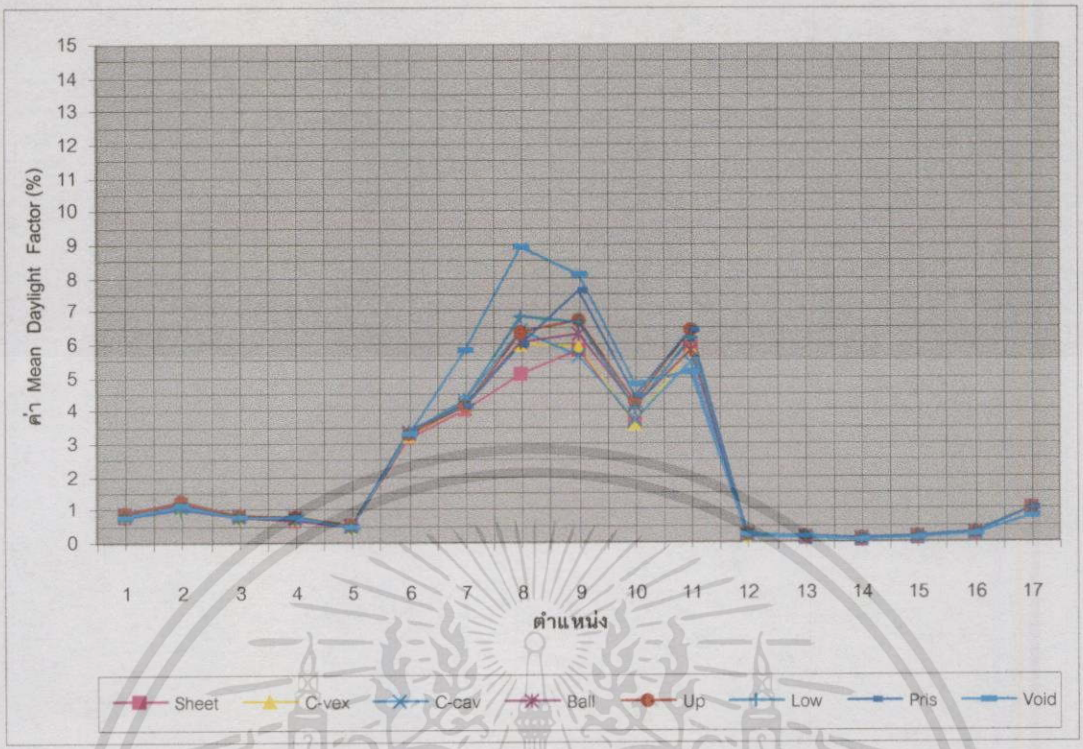


รูปที่ 31 กราฟแสดงค่า Mean Daylight Factor ในรูปตัดของทาวน์เฮาส์ชั้นที่ 2

หมายเหตุ : - ค่า DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบน แต่ไม่มีอุปกรณ์สะท้อนใช้ชื่อว่า Void

- รูปตัดมองไปทางทิศตะวันตก ทิศใต้อยู่ทางซ้ายมือ และทิศเหนืออยู่ทางขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 32 กราฟแสดงค่า Mean Daylight Factor ในรูปตัดของทาวน์เฮาส์ชั้นที่ 3

หมายเหตุ : - ค่า DF ของทาวน์เฮาส์ที่มีช่องแสงด้านบน แต่ไม่มีอุปกรณ์สะท้อนใช้ชื่อว่า Void
- รูปตัดมองไปทางทิศตะวันตก ทิศใต้อยู่ทางซ้ายมือ และทิศเหนืออยู่ทางขวามือ

จากกราฟค่า DF สูงสุด แสงให้เห็นว่าอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Convex sill และ Concave sill มีค่าสูงสุดร่วมกัน ในตำแหน่งที่ 9 ซึ่งมากกว่าแบบ Ball เพียงเล็กน้อย แต่แบบ Ball มีช่วงกราฟที่กว้างกว่าค่อนมาทางซ้าย และมีค่าสูงสุดในจุดที่ 7 – 8 ซึ่งอยู่ในบริเวณระเบียงเช่นเดียวกันทั้งหมด และอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Lower convex มีค่าต่ำสุด ส่วนกราฟค่า DF เฉลี่ยจะเห็นได้ว่า ในชั้นที่ 1 ทาวน์เฮาส์ที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Ball มีค่าสูงสุดในพื้นที่ส่วนกลาง และ Lower convex มีค่าต่ำสุดเช่นเดียวกัน และอุปกรณ์ประเภทอื่นๆส่วนใหญ่จะช่วยเพิ่มแสงในพื้นที่ส่วนกลางและพื้นที่ค่อนไปทางด้านทิศเหนือ (หน้าบ้าน)

ในชั้นที่ 2 กราฟค่า DF สูงสุดแสดงผลเช่นเดียวกับกราฟค่า DF เฉลี่ย คือ ทาวน์เฮาส์ที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Lightshelves มีค่าสูงสุดในพื้นที่ส่วนกลาง และห้องทางทิศใต้ ส่วน Lower convex กับ Upper convex มีค่าต่ำสุด ใกล้เคียงกัน

ในชั้นที่ 3 กราฟค่า DF สูงสุดแสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Lower convex มีค่าสูงสุด ตามด้วย Prismatic ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยอุปกรณ์ทั้ง 2 ประเภทนี้มีพื้นผิวสะท้อนเอียง และแนวระนาบตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นพื้นผิวสะท้อนแสงไปยังชั้นที่ 3 ได้ส่วน กราฟค่า DF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลี่ยแสดงว่า อุปกรณ์สะท้อนแสงทุกแบบมีค่า DF ใกล้เคียงกัน หรือเรียกว่าชั้นที่ 3 ได้รับผลจากอุปกรณ์สะท้อนต่างๆน้อยมาก (ดูรายละเอียดตัวเลขในผัง) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า ทาวน์เฮาส์ที่ไม่มีอุปกรณ์สะท้อนแสงเสียอีก อาจเนื่องมาจากวันและเวลาดังกล่าวข้างต้น

สรุปได้ว่า ในทาวน์เฮาส์ลักษณะนี้ มีข้อเสนอแนะว่าอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบ Ball เหมาะสมที่สุดที่จะใช้กับชั้นล่าง และแบบ Lightshelves เหมาะสมที่จะใช้ในชั้น 2 โดยติดตั้งอุปกรณ์ในตำแหน่งดังกล่าว

ในความเป็นจริง รูปแบบของทาวน์เฮาส์มีหลากหลาย การติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนสามารถพิจารณาได้ง่ายๆดังนี้คือ

- อุปกรณ์สะท้อนแสงในชั้นบน ไม่ควรติดตั้งอยู่ตรงกลาง court เนื่องจากจะเป็นตัวบังแสงเสียเอง ยิ่งอุปกรณ์มีขนาดใหญ่ก็ยิ่งบังแสงมาก แต่หากอุปกรณ์มีขนาดเล็ก ก็อาจช่วยสะท้อนแสงได้น้อย อุปกรณ์สะท้อนแสงในชั้นบนจึงควรเป็นแบบติดริม เพื่อเหลือพื้นที่ให้แสงส่องผ่านลงมาชั้นล่างโดยตรง
- อุปกรณ์สะท้อนแสงในชั้นล่างลงมาสามารถขยับเข้าหาพื้นที่ส่วนกลางได้ โดยเฉพาะชั้นล่างสุด เนื่องจากความเข้มข้นของแสงตรงกลางมีมากกว่า หากติดอุปกรณ์สะท้อนแสงแบบติดริม ปริมาณแสงที่มากระทบจะไม่เข้มข้นพอ
- ในการติดตั้งอุปกรณ์สามารถคำนวณตำแหน่งได้โดยการ project เส้นแสงจาก sunpath – diagram แล้ววางในตำแหน่งที่มีความเข้มข้นของแสงสูง นอกจากนี้ควรคำนวณมุมของแสงบาดตาด้วย โดย project เส้น 30^0 จากระดับสายตา ดังที่ได้กระทำไปแล้ว ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ตำแหน่งของอุปกรณ์สะท้อนจะอยู่สูง (ประมาณ 3.00 เมตร เมื่อ project จากริมระเบียง ถ้าถัดเข้าไปจากนั้นความสูงของการติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงจะเพิ่มขึ้นอีก) นั่นหมายความว่า อุปกรณ์สะท้อนแสงมีความเหมาะสมในอาคารที่มีระยะความสูงใน 1 ชั้นมาก หรือก็คือ เมื่อรวมๆกันหลายชั้นจะเป็นอาคารที่สูงกว่าปกติ ซึ่งแสงจากด้านบนอาจลงมาไม่ถึงชั้นล่าง จึงต้องใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงช่วย

ดังนั้นในกรณีที่อาคารมีระยะความสูงใน 1 ชั้นไม่สูงนัก เช่น ทาวน์เฮาส์ หรือบ้านพักอาศัย การใช้ช่องแสงด้านบนเพียงอย่างเดียวจึงเพียงพอกับความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นางสาวอรวลี อมรลีตระกูล
วัน เดือน ปีเกิด	13 เมษายน 2518
ที่อยู่ปัจจุบัน	124 / 217 ซ.เรวดี 18 ต.ตลาดขวัญ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2539 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
	พ.ศ. 2545 คณะบัณฑิตวิทยาลัย สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้