

# การทดสอบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม

## Solar Collector Testing Under Solar Simulator

ทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ศิริชัย เทพา และ วีระชัย สุนทรรังสรรค์

คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

### บทคัดย่อ

ระบบแสงอาทิตย์เทียมได้ถูกพัฒนาและสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ในรายงานฉบับนี้รายงานรายละเอียดของระบบแสงอาทิตย์เทียม และการทดสอบขั้นแรกของตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบขนาด 2.09 ตารางเมตร ภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม ผลที่ได้จากการทดสอบยังได้นำไปเปรียบเทียบกับ การทดสอบจริงที่ได้ในภาคสนาม ซึ่งพบว่ามีค่าแตกต่างกันอยู่ ค่า  $F_R(\tau\alpha)$  ที่ได้จากระบบแสงอาทิตย์เทียม และการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากทดสอบในภาคสนาม

### Abstract

A solar simulator has been constructed and developed at the King Mongkut's Institute of Technology Thonburi. In this paper; the components of the simulator have been described in detail and an experimental result of a flat plate solar collector of 2.09 m<sup>2</sup> tested under the simulator has been reported. The result has also compared with that of an outdoor test under steady state condition. It has been found that the value of  $F_R(\tau\alpha)$  and of the heat losses from the collector of the indoor test are lower than those of the latter study.

## 1. บทนำ

ในการทดสอบอุปกรณ์และวัสดุด้านพลังงานแสงอาทิตย์ อุปกรณ์ที่สำคัญประการหนึ่งคือจะต้องทำการทดสอบกลางแจ้ง ต้องอาศัยความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งเปลี่ยนไปตลอดเวลา ในแต่ละวันและแต่ละฤดูกาลการทดสอบที่เวลาต่างกันจะให้ผลต่างกันเนื่องจากสภาพที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาของรังสีแสงอาทิตย์ ดังนั้นการทดสอบอุปกรณ์และการเปรียบเทียบอุปกรณ์ลักษณะต่าง ๆ ที่ต้องการเงื่อนไขแบบเดียวกันทำได้ไม่สะดวก นอกจากนี้จะต้องหยุดการทดลองในเวลาที่ฝนตกหรือในเวลากลางคืน ทำให้การทดสอบแต่ละครั้งกินเวลานาน อนึ่งการทดสอบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์โดยทั่ว ๆ ไปมักจะดำเนินตามมาตรฐาน ASHRAE 93-77 ซึ่งกำหนดว่าความเข้มของแสงอาทิตย์ไม่ต่ำกว่า  $630 \text{ W/m}^2$  ที่สภาวะคงที่ ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวมีช่วงเวลาสั้นในสภาพจริงตามธรรมชาติ การทดสอบตามมาตรฐานดังกล่าวกลางแจ้งจึงต้องใช้เวลาทำการทดสอบหลายวัน

ระบบแสงอาทิตย์เทียมจะเป็นชุดกำเนิดแสงซึ่งให้ค่ารังสีใกล้เคียงกับรังสีแสงอาทิตย์ สามารถควบคุมให้ค่ารังสีที่ได้อยู่ในระดับที่ต้องการ การทดสอบอุปกรณ์และวัสดุแสดงอาทิตย์ภายใต้ระบบแสงอาทิตย์สามารถทำได้ตลอดเวลา จึงช่วยลดระยะเวลาการทดสอบอุปกรณ์ดังกล่าวได้ และยังสามารถทดสอบและเปรียบเทียบอุปกรณ์แต่ละแบบภายใต้สภาวะเงื่อนไขเดียวกัน

เอกสารฉบับนี้ได้รายงานถึงการทดสอบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมที่ได้พัฒนาขึ้นที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและผลการทดสอบดังกล่าว ยังได้ทำการเปรียบเทียบกับผลที่ได้เมื่อทำการทดสอบที่สภาพท้องฟ้าจริง

## 2. ระบบแสงอาทิตย์เทียม

ระบบแสงอาทิตย์เทียมที่ใช้ทดสอบ แสดงในรูปที่ 1 มีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

2.1 แหล่งพลังงานไฟฟ้าของระบบ ได้แก่ motor-generator ขนาด 62.5 กิโลวัตต์ ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แรงดัน 380 และ 220 โวลท์ เพื่อป้อนให้กับระบบกำเนิดแสงของระบบแสงอาทิตย์เทียม

2.2 แหล่งกำเนิดแสง ระบบแสงอาทิตย์เทียมนี้ใช้หลอด OSRAM แบบ HQI-R 250 W/NDL ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า เพาเวอร์สตาร์ (Power Star) ลักษณะของหลอดคล้ายดอกเห็ด ภายในเคลือบสารสะท้อนแสงทำให้แสงมีความเข้มเพิ่มมากขึ้น หลอดชนิดนี้มีอายุการใช้งานนานไม่ต่ำกว่า 5000 ชั่วโมง เมื่อเปิดติดต่อกัน ระบบแสงอาทิตย์เทียมของ สจธ. ที่ใช้ทดสอบนี้ใช้หลอดไฟ 106 หลอดให้แสงสว่างควบคุมพื้นที่ประมาณ 4 ตารางเมตร

หลอด OSRAM POWER STAR ให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ เทียบกับ SOLAR SPECTRUM ที่ AIR MASS 2 ที่ใช้ทดสอบตามมาตรฐานของ ASHRAE ได้ ดังนี้

Spectral band (nm)	Percentage of energy in band	
	AM 2 Condition	Measured Values
360-460	9.3	10.6
460-580	20.6	19.6
580-680	15.7	12.9
680-2500	56.3	56.9

ในรูปที่ 2 แสดงสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์ที่ AM2 และพลังงานลักษณะกราฟแท่งของสเปกตรัมที่สภาวะ AM2 และที่ได้จากการวัดพลังงานที่ได้จากหลอด OSRAM ซึ่งเห็นได้ว่าพลังงานในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ มีพลังงานใกล้เคียงกัน

2.3 ระบบระบายความร้อนและอุปกรณ์กรองรังสีอินฟราเรดของแหล่งกำเนิดแสง หลอดกำเนิดแสงขณะทำงานจะมีอุณหภูมิสูงถึง 120 องศาเซลเซียสที่ผิวหลอด เมื่อนำหลอดมาอยู่รวมกันมาก ๆ จึงจำเป็นต้องระบายความร้อนออกเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับหลอดและช่วยยืดอายุการใช้งานของหลอดและช่วยลดการเกิด Secondary radiation ของแหล่งกำเนิดแสงอีกด้วย การระบายความร้อนนี้ทำได้โดยใช้พัดลมเป่าอากาศที่ผ่านจากตัวกรองอากาศเข้าสู่แหล่งกำเนิดแสงโดยตรง

ตัวกรองรังสีอินฟราเรดสร้างจากกระจกใสหนา 6 มม. ขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 1.9 เมตรจำนวน 2 แผ่น ประกบติดกันให้มีช่องว่างระหว่างแผ่น 3 มม. ระหว่างกระจกทั้งสองแผ่นมีกระจกขนาดเล็กหนา 3 มม. กว้าง 1 เซนติเมตรยาว 1.9 เมตรเป็นตัวยึดกระจกทั้งสองแผ่น โดยติดทุกระยะ 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กระจกทั้งสองแผ่นและทำให้น้ำไหลผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างกระจกทั้งสองได้สม่ำเสมอ ที่ปลายทั้งสองด้านของตัวกรองรังสีอินฟราเรดจะมีท่อสำหรับส่งน้ำให้ไหลผ่านเข้า-ออกจากตัวกรองรังสี ตัวกรองรังสีนี้จะติดตั้งบนโครงเหล็กสามารถปรับระยะสูงต่ำได้สะดวกในเวลาใช้งานตัวกรองรังสีนี้จะอยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบเพื่อช่วยกรองรังสีอินฟราเรดให้ลดน้อยลง

2.4 ชุดทดสอบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ชุดทดสอบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แสดงในรูป 3 ซึ่งประกอบด้วยถังเก็บน้ำร้อนขนาด 100 ลิตร ซึ่งถูกควบคุมให้มีระดับของน้ำคงที่ มีลวดความร้อนให้ความร้อนให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ น้ำในถังจะถูกปั๊มไปที่

ตัวรับรังสีที่ต้องการทดสอบ ซึ่งรับพลังงานจากระบบแสงอาทิตย์เทียม น้ำที่ออกจากตัวรับรังสี จะไหลกลับไปถังเก็บใหม่ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำก่อนที่จะเข้าตัวรับรังสีสามารถควบคุมได้โดยให้น้ำไหลในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งมีน้ำเย็นเป็นตัวระบายความร้อน อัตราการไหลของน้ำที่เข้าตัวรับรังสีสามารถวัดได้ด้วย rotameter และอุณหภูมิน้ำที่เข้าและออกจากตัวรับรังสีถูกวัดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K พร้อมด้วยดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งมีค่าความละเอียดในการอ่าน  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$

### 3. การกระจายของรังสีที่ได้จากระบบแสงอาทิตย์เทียม

ลักษณะการกระจายของรังสีบนพื้นที่ทดสอบแสดงได้ตามรูปที่ 4 เมื่อระยะห่างระหว่างแผงหลอดกำเนิดแสงและตัวรับรังสีมีค่าประมาณ 1.15 เมตร พลังงานที่ตกกระทบบนแผงรับรังสี ถ้ารังสีแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยประมาณ  $600 \text{ W/m}^2$  พลังงานส่วนใหญ่บริเวณตรงกลางพื้นที่ประมาณ 1.2 ตารางเมตร มีค่าความเข้มเฉลี่ยประมาณ  $630 \text{ W/m}^2$

### 4. การทดสอบหาสมรรถนะของตัวรับรังสีแสงอาทิตย์

ที่สภาวะคงที่ ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ สามารถเขียนได้ในรูป

$$n_c = \frac{F_R(\tau\alpha) - F_R U_L (T_{c,i} - T_a)}{I_t} \quad (4.1)$$

เมื่อ  $F_R$  = คืออัตราส่วนของพลังงานที่ได้จริงจากตัวรับรังสีต่อพลังงานที่ได้เมื่ออุณหภูมิผิวตัวรับรังสีเท่ากับอุณหภูมิของไหลที่เข้าตัวรับรังสี

$(\tau\alpha)$  = ผลคูณประสิทธิภาพระหว่างค่าสภาพการส่งผ่านและ คูณรังสีของตัวรับรังสี

$U_L$  = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนจากตัวรับรังสี

$T_{c,i} - T_a =$  อุณหภูมิแตกต่างระหว่างของไหลที่  
เข้าตัวรับรังสี และอุณหภูมิบรรยากาศ  
รอบ ๆ ตัวรับรังสี

$I_t =$  รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกบนตัวรับรังสี

จากสมการดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง  
ค่าประสิทธิภาพของตัวรับรังสีและค่า  $(T_{c,i} - T_a)/I_t$   
มีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยประสิทธิภาพ  $\eta_c$  มีค่า  
 $F_R (\tau\alpha)$  เมื่อค่า  $(T_{c,i} - T_a)/I_t$  มีค่าเป็นศูนย์ และ  
ความชันของเส้นมีค่า  $-F_R U_L$  ถ้าความความชันมี  
ค่าสูงจะมีการสูญเสียความร้อนจากตัวรับรังสีมาก

ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบ เป็น  
ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ แบบท่อและครีบซึ่งมีขนาด  
พื้นที่รับแสง  $1.9 \times 1.1$  ตารางเมตร ท่อเป็นท่อทองแดง  
และครีบเป็นอลูมิเนียมโอโนไดซ์สีดำ รูปที่ 5 เป็นผล  
การทดสอบสมรรถนะของตัวรับรังสีภายใต้ระบบ  
แสงอาทิตย์เทียม และสมรรถนะของตัวรับรังสี เมื่อ  
ทำการทดสอบจริงในสนาม เมื่อเวลาประมาณ เที่ยง  
วัน และท้องฟ้าแจ่มใส อัตราการไหลของน้ำที่เป็น  
ตัวรับรังสีมีค่า 0.044 กิโลกรัมต่อวินาที ทดสอบ  
ภายใต้สภาวะที่อากาศค่อนข้างจะอยู่นิ่ง

จากการทดสอบพบว่า ค่า  $F_R (\tau\alpha)$  ของตัว  
รับรังสี เมื่อทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียมมี  
ค่าต่ำกว่าผลที่ได้เมื่อทดสอบในภาคสนาม ซึ่งเมื่อ  
ทำการทดสอบหาค่าสภาพการส่งผ่านรังสีของกระจก  
พบว่า ค่าดังกล่าวมีค่า 0.88 และ 0.95 ตามลำดับ  
แสดงว่าค่ารังสีที่ออกจากชุดกำเนิดแสงแปลงค่าพลัง-  
งานในช่วงคลื่นที่แตกต่างจากรังสีแสงอาทิตย์จริง  
และค่าความชันระหว่างประสิทธิภาพกับค่า  $(T_{c,i} -$   
 $T_a)/I_t$  ในกรณีเมื่อทดสอบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์  
เทียมมีค่าน้อยกว่า เมื่อทดสอบในสนามจริง ทั้งนี้  
เนื่องจากค่าอุณหภูมิท้องฟ้า หรืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม  
ที่ตัวรับรังสีสูญเสียความร้อนให้ ในกรณีแรกมีค่า

สูงกว่า ทำให้การสูญเสียความร้อนต่ำกว่า

จากผลที่ได้ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าผลของ  
การทดสอบสมรรถนะของตัวรับรังสีภายใต้ระบบ  
แสงอาทิตย์เทียม ยังมีค่าแตกต่างจากผลที่ได้จริง  
ในสนาม ดังนั้นจึงควรจะได้มีการศึกษาหาค่าแฟค-  
เตอร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการปรับค่าที่ได้จากการ  
ทดสอบภายใต้แสงอาทิตย์เทียม ให้มีค่าใกล้เคียง  
กับค่าที่จะได้ในสภาพเงื่อนไขจริงตามธรรมชาติ

## 5. กิตติกรรมประกาศ

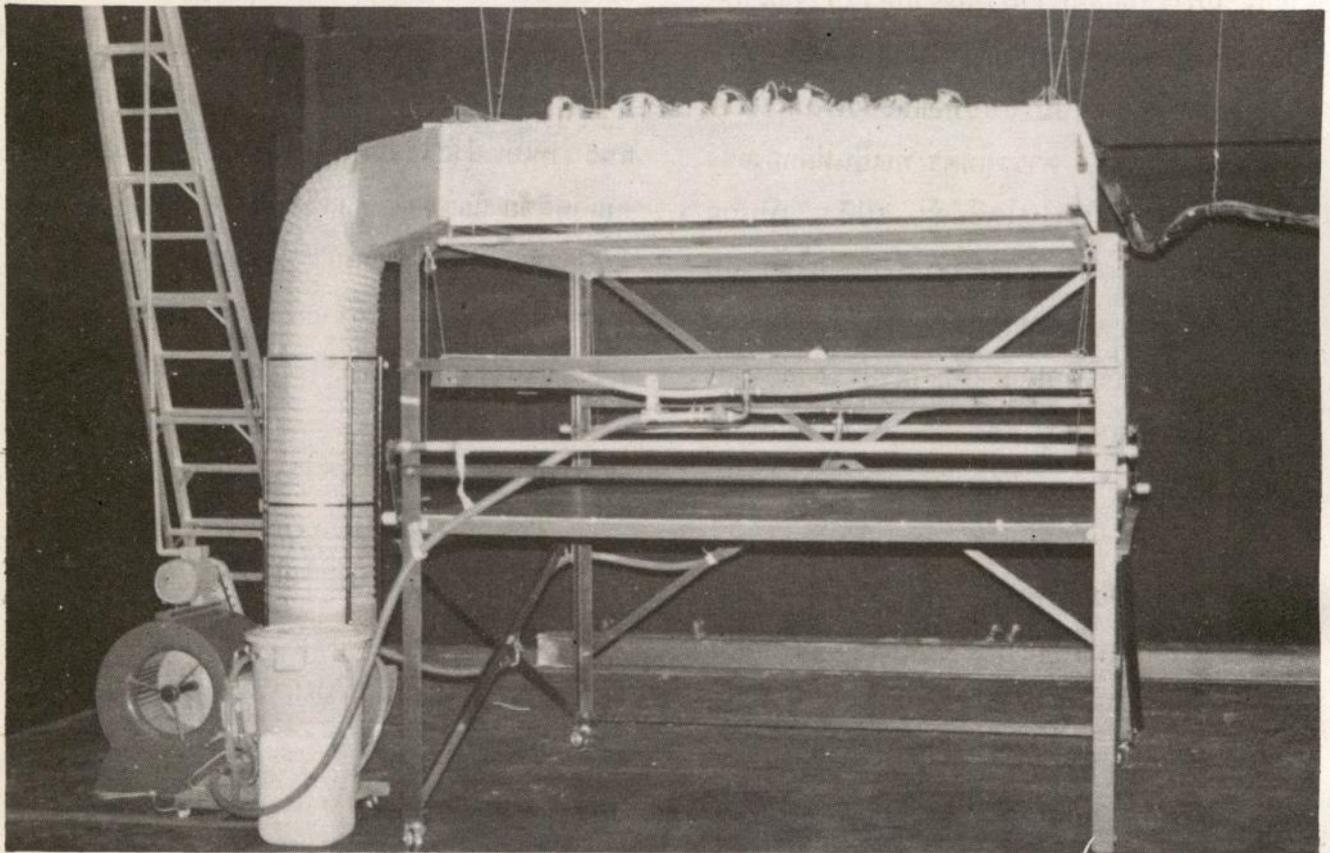
ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ดร.  
กฤษณพงศ์ กีรติกร และ Mr. R. Pynn ที่ให้คำ  
แนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณ  
คุณกิตติชัย ณ ถลาง, คุณเชิดชัย วิชา และคุณสุมิตร  
นิรมิตรศิริพงศ์ ที่ช่วยในการทดสอบอุปกรณ์ในสนาม  
และขอบคุณเจ้าหน้าที่ของคณะพลังงานและวัสดุ  
ที่ช่วยในการสร้างตัวรับรังสีที่ใช้ในการทดสอบ

## 6. เอกสารอ้างอิง

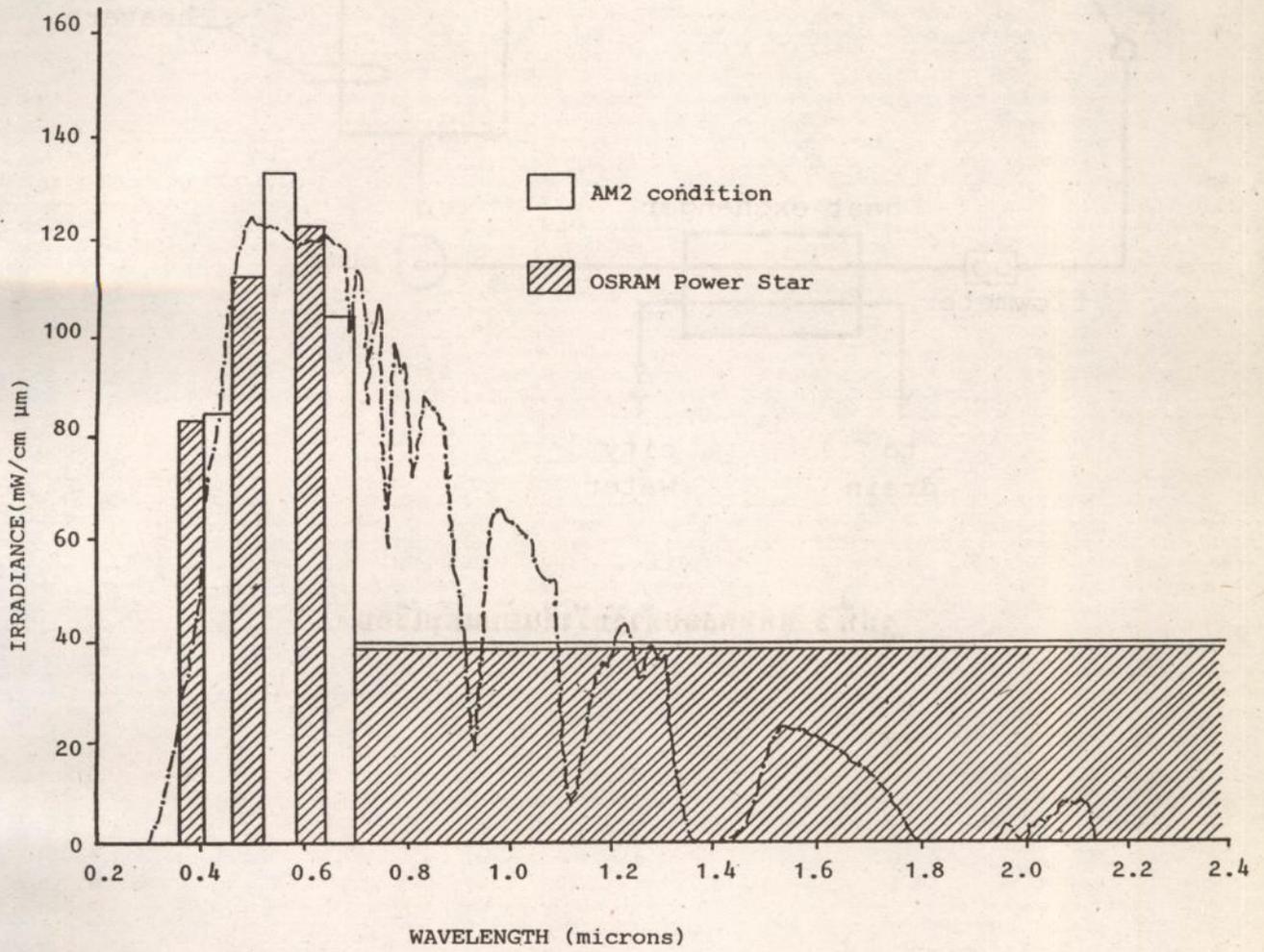
ASHRAE STANDARD, 93-77 Methods of  
Testing To Determine The Thermal  
Performance of Solar Collectors, The  
American Society of Heating, Refri-  
gerating, and Air: Conditioning Engi-  
neers Inc., 1978.

J.A. Duffie and W.A. Beckman, Solar  
Engineering of Thermal Processes,  
Wiley, 1980.

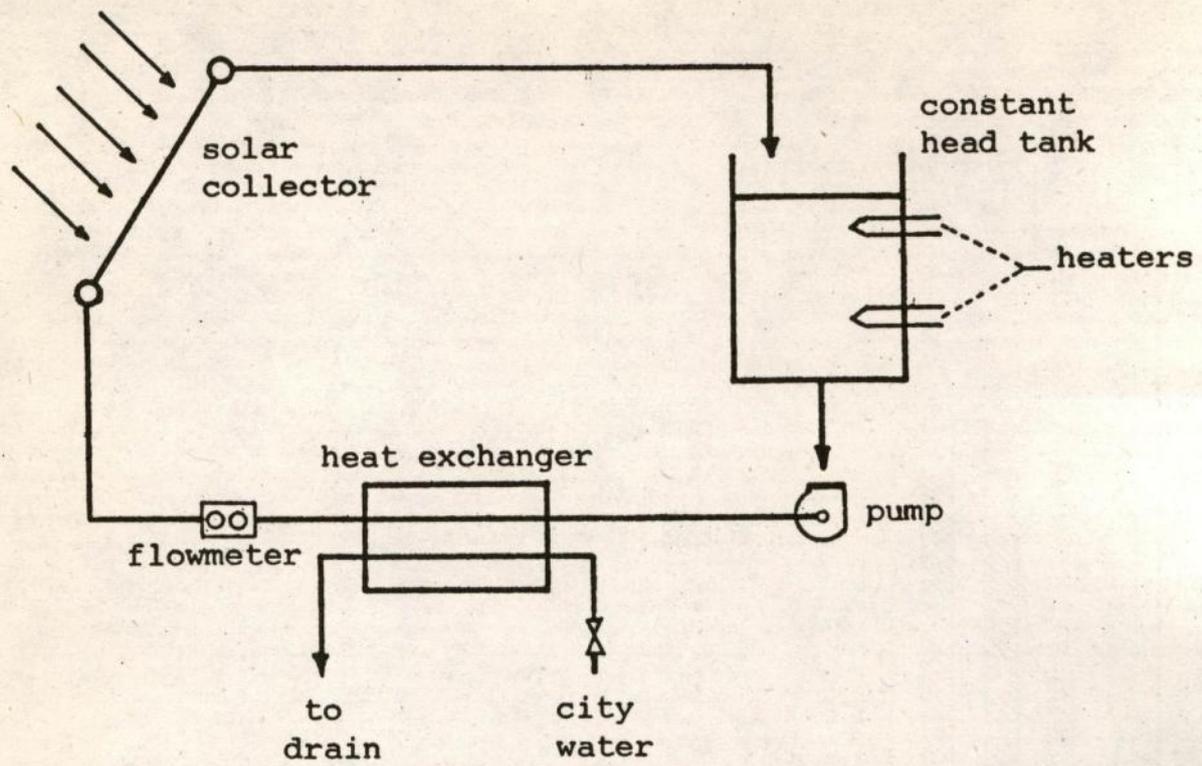
Simon F.F., Flat Plate Solar-Collector  
Performance Evaluation with A Solar  
Simulator As A basis For Collector  
Selection And Performance Prediction,  
Solar Energy, vol. 18 pp. 451-466, 1976.



รูปที่ 1 ชุดระบบแสงอาทิตย์เทียม สจธ.

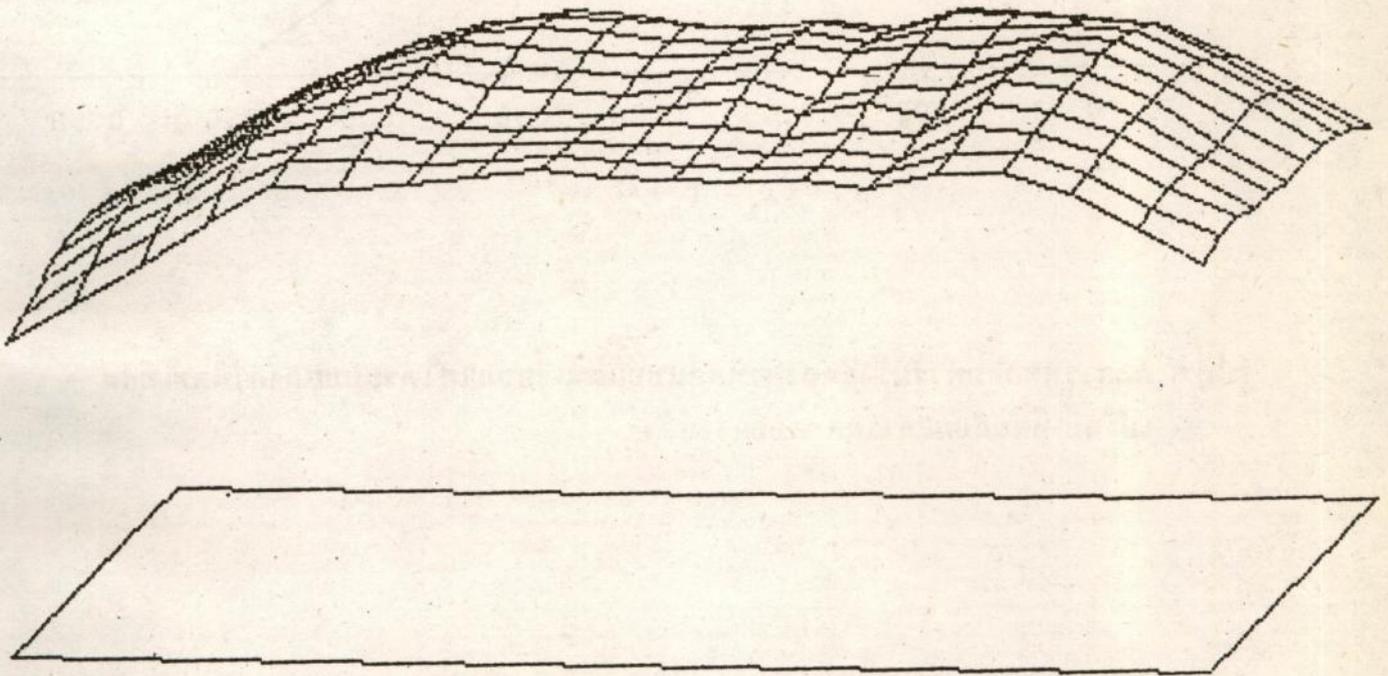


รูปที่ 2 การเปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์ ที่ได้จากชุดกำเนิดแสงอาทิตย์เทียม กับค่ารังสีแสงอาทิตย์จริงที่ค่า air mass 2

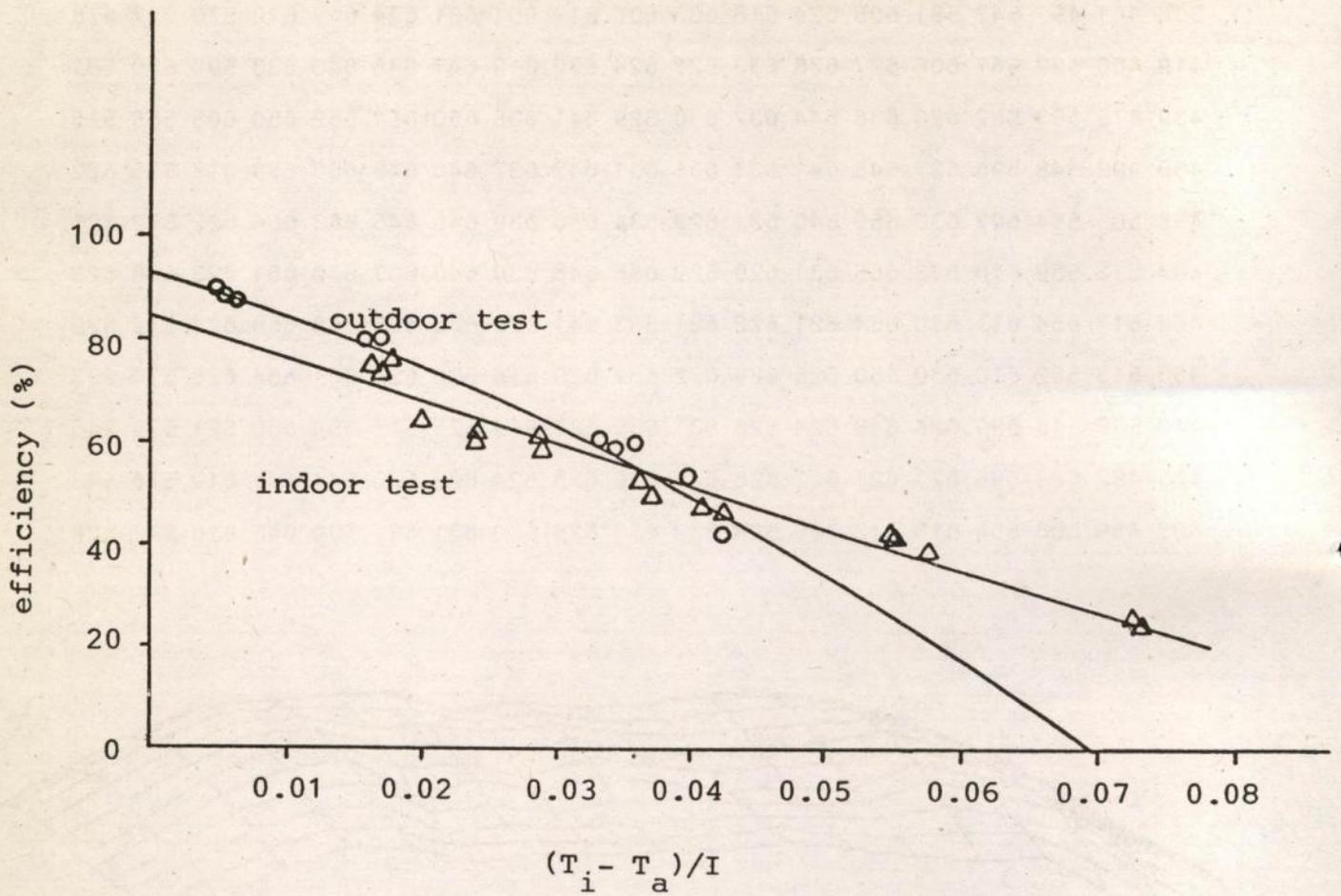


รูปที่ 3 ชุดทดสอบตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ

396 441 497 547 581 605 624 616 603 606 614 601 631 624 617 610 570 527 478  
 419 460 522 567 606 627 636 633 627 624 632 619 647 646 640 633 590 550 501  
 439 475 533 582 620 636 644 637 630 629 641 628 650 651 652 650 608 566 515  
 450 492 548 595 627 648 641 637 631 631 647 637 648 648 663 659 618 575 522  
 458 505 554 603 630 652 640 631 629 634 650 632 646 645 663 664 622 572 525  
 464 513 559 610 633 655 631 629 622 635 646 620 640 637 670 661 623 568 523  
 463 517 554 611 630 654 621 622 621 633 641 626 639 623 668 659 627 572 529  
 453 513 552 610 630 650 625 624 622 631 629 616 628 622 661 654 626 579 533  
 440 500 543 599 626 640 624 626 631 630 627 619 625 617 654 650 621 579 546  
 425 482 529 596 623 626 622 628 636 630 625 624 626 620 644 647 619 576 543  
 408 489 508 565 613 613 620 629 639 630 628 630 631 622 639 645 616 572 528



รูปที่ 4 ลักษณะการกระจายรังสีจากแสงอาทิตย์เทียม ที่ตกกระทบบนพื้นที่ทดสอบ



รูปที่ 5 ผลการทดสอบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบภายใต้ระบบแสงอาทิตย์เทียม  
เปรียบเทียบกับผลการทดสอบกลางแจ้ง