



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

การคำนวณการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซนในบรรยากาศของประเทศไทย

Calculation of solar radiation absorption by ozone in the atmosphere of Thailand

สายนต์ โพธิ์เกตุ*

Sayan Phokate*

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดขอนแก่น 40000

Applied Physics Department, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen, Thailand, 40000

Received April 2012

Accepted September 2012

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซนในบรรยากาศของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลปริมาณโอโซนซึ่งตรวจวัดที่กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ในช่วงปี พ.ศ. 2532 ถึง พ.ศ. 2553 นำมาวิเคราะห์และคำนวณหาการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของโอโซน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณโอโซนมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยในช่วงฤดูหนาว เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์จะมีค่าน้อย และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อน โดยมีค่ามากที่สุดในเดือนพฤษภาคมจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงในฤดูฝนแต่ก็ยังมีความสูงกว่าฤดูหนาว เมื่อคำนวณการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซนพบว่ามีความเฉลี่ยเท่ากับ 0.0219 เมื่อศึกษาการแปรค่าตามเวลาในรอบปีพบว่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซนมีค่ามากในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และมีค่าลดลงในช่วงฤดูฝน (มีนาคม-ตุลาคม) จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์กับปริมาณโอโซนซึ่งเป็นค่ารายวันเฉลี่ยต่อเดือนผลที่ได้พบว่ามีความสัมพันธ์ที่เชื่อถือได้ค่อนข้างสูง

คำสำคัญ : การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ โอโซน อัลตราไวโอเล็ต

Abstract

This research work aims to calculate of solar radiation absorption by ozone in the atmosphere of Thailand. The amount of ozone collected by Department of Meteorology Bangkok during years 1989-2010 were used to calculate and analyze absorption of solar radiation by ozone. The results show that amount of ozone are varied by different season. Ozone are decreasing in winter months (October – February) but gradually increasing in summer season. However, amount of ozone found in rainy season is higher than in winter. The calculated solar radiation absorption by ozone was found averagely 0.0219. The values of the absorption by ozone were relatively high in the dry season (November-February) but were likely to decrease in the rainy season (March- October). Moreover, the relation between the absorption by ozone and the monthly average ozone was relatively high.

Keywords : Solar radiation absorption, Ozone, Ultraviolet

*Corresponding author. Tel.: 082-857 1112

Email address: syphokate@hotmail.com

1. บทนำ

ในชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกนั้นบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟีย (Stratosphere) นับว่าเป็นชั้นที่มีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกเนื่องจากในชั้นนี้มีก๊าซโอโซนที่สามารถกรองรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น นอกจากนี้ยังส่งผลให้อุณหภูมิของบรรยากาศโลกร้อนขึ้น ก๊าซโอโซนมีบทบาทสำคัญในการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตไม่ให้ป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก จากการศึกษาที่ผ่านมา [1] พบว่าปริมาณโอโซนในบางบริเวณของโลกลดลงทำให้รังสีอัลตราไวโอเลตที่ผ่านเข้ามาถึงบรรยากาศโลกมีปริมาณเพิ่มขึ้น แม้จะเพิ่มขึ้นในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ พืช สัตว์ และลักษณะอากาศ เช่น โรคตาต้อกระจก อันตรายต่อเนื้อเยื่อผิวหนังและการเพิ่มขึ้นของมะเร็งผิวหนัง ชนิดนอนมีลาโนมา (Non-melanoma) จากการประเมินพบว่าเมื่อโอโซนลดลงร้อยละ 1 จะทำให้เกิดมะเร็งผิวหนัง ชนิดนอนมีลาโนมาเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 นอกจากนี้ยังมีผลกระทบทางเคมีต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น พืช ระบบนิเวศน์ในน้ำ แพลงตอน โดยเฉพาะกรณีไฟโตแพลงตอนในทะเลที่เป็นแหล่งสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออนาคตของคาร์บอนไดออกไซด์ และส่งผลกระทบต่อภูมิอากาศในที่สุด

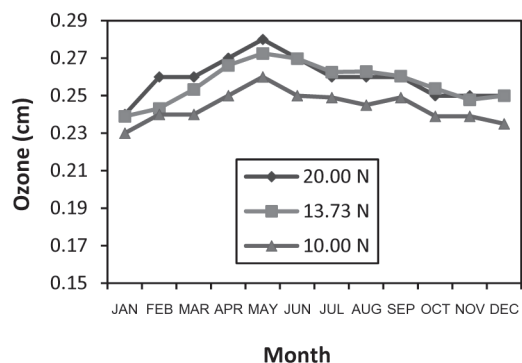
ในการศึกษาพลังงานรังสีอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลภาวะจำเป็นต้องทราบค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ต่อหน่วยพื้นที่ ณ บริเวณที่ตั้งของระบบพลังงานรังสีอาทิตย์นั้น โดยปกติรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศเข้ามาถึงพื้นโลกจะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับรังสีที่อยู่นอกบรรยากาศทั้งนี้เนื่องจากบรรยากาศของโลกมีการดูดกลืนและการกระเจิงรังสีอาทิตย์ [2] ก๊าซโอโซนก็เป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญต่อการลดลงของรังสีดวงอาทิตย์โดยจะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นสั้นและช่วงแสงขาว [3-5] ซึ่งจะต้องนำไปใช้ในการคำนวณหาความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เพื่อประโยชน์ในการศึกษาและออกแบบเครื่องมือทางด้านพลังงานรังสีอาทิตย์ต่อไป

โดยทั่วไปเราจะบอกปริมาณโอโซนในบรรยากาศในรูปความสูงของก๊าซโอโซนในคอลัมน์ของบรรยากาศที่ตั้งฉากกับพื้นผิวโลกโดยสมมติว่าก๊าซโอโซนในคอลัมน์นั้นมารวมกันอยู่ที่พื้นผิวโลกในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศปกติ (Normal temperature and surface

pressure; NTP) [4-8] สำหรับในประเทศไทยได้มีการตรวจวัดปริมาณโอโซนเป็นเวลากว่า 20 ปี มาแล้ว โดยกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร แต่ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบและใช้ประโยชน์จากข้อมูลนี้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับก๊าซโอโซนถึงผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงในบรรยากาศ รวมถึงการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยเพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโอโซนในบรรยากาศของประเทศไทยซึ่งจะได้นำข้อมูลไปใช้ประโยชน์กับงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

2. วิธีการวิจัย

นำข้อมูลโอโซนที่ตรวจวัดที่กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ด้วยเครื่องดอปสันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Dobson Spectrophotometer) ในช่วงปี พ.ศ. 2532 ถึง พ.ศ. 2553 มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยรายปี พบว่าในช่วง 20 ปี ปริมาณโอโซนมีแนวโน้มลดลงโดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 257 หน่วยดอปสัน (Dobson unit) หรือ 0.257 เซนติเมตร จากนั้นนำค่าปริมาณโอโซนที่ได้นี้มาหาค่าเฉลี่ยรายเดือนและทำการเปรียบเทียบกับปริมาณโอโซนซึ่งเป็นข้อมูลทางภูมิอากาศ (Climatological data) ของ Robinson [8] ที่ละติจูด 10°N และ 20°N ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณโอโซนที่วัดได้ที่กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ กับข้อมูลปริมาณ โอโซนของ Robinson [8]

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าปริมาณโอโซนที่กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ซึ่งอยู่ที่ละติจูด 13.73°N มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลโอโซนที่ละติจูด 10°N และ 20°N โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบปีสอดคล้องกันนอกจากนี้พบว่าปริมาณโอโซนมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและละติจูดค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึง

ใช้ข้อมูลโอโซนของกรุงเทพมหานครในการคำนวณการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของโอโซนทั่วประเทศ ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณโอโซนในแต่ละเดือน [9] สำหรับใช้ในการวิเคราะห์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของโอโซนซึ่งมีการดูดกลืนในช่วงความยาวคลื่นของรังสีอัลตราไวโอเล็ตและช่วงความยาวคลื่นของแสงขาว [4-7] ซึ่งจะมีผลทำให้ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศมีค่าลดลง โดยใช้สมการดังนี้

การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต

$$A_{oz}^{uv} = \frac{1.082x}{(1+138.6x)^{0.805}} + \frac{0.0658x}{1+(103.6x)^3} \quad (1)$$

การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นของแสงขาว

$$A_{oz}^{vis} = \frac{0.02118x}{1+0.042x+0.000323x^2} \quad (2)$$

การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมดของโอโซนหาได้จากผลรวมทั้งสองช่วงความยาวคลื่น

$$A_{oz}^{total} = A_{oz}^{uv} + A_{oz}^{vis} \quad (3)$$

โดยที่ $x = I_0 m_r$

เมื่อ I_0 เป็นปริมาณโอโซนรวมในแนวตั้ง (cm) และ m_r เป็นมวลอากาศ (air mass) หมายถึงทางเดินของรังสีอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศ ซึ่งในการศึกษาผลของชั้นบรรยากาศที่มีต่อการแผ่รังสีดวงอาทิตย์นั้นจะต้องพิจารณาถึงความหนาของบรรยากาศที่ขวางกั้นทางเดินของรังสี [4] หาได้จาก

$$m_r = [\cos\theta_z + 0.15(93.885 - \theta_z)^{-1.253}]^{-1}$$

โดยที่ θ_z เป็นมุมซีนิท (zenith angle)

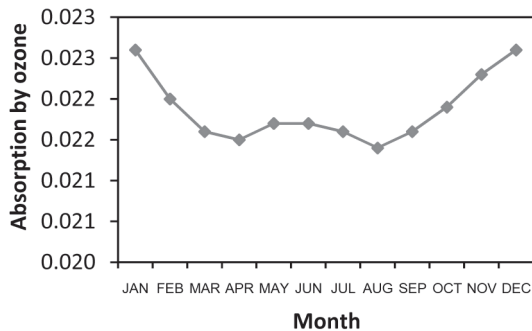
3. ผลการวิจัยและอภิปราย

จากผลการคำนวณพบว่าค่าปริมาณโอโซนมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปี ดังตารางที่ 1 ได้ค่าเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 257 หน่วยดอบสัน (Dobson unit) หรือ 0.257 เซนติเมตร โดยในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์จะมีค่าน้อย และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ในช่วงฤดูร้อนโดยมีค่ามากที่สุดในเดือนพฤษภาคมจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงในฤดูฝนแต่ก็ยังมีความสูงกว่าฤดูหนาว

ตารางที่ 1 ปริมาณโอโซนและการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซนซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือน

เดือน	โอโซน (Dobson unit)	การดูดกลืนรังสี ดวงอาทิตย์ โดยโอโซน
มกราคม	239	0.0226±0.0003
กุมภาพันธ์	243	0.0220±0.0003
มีนาคม	253	0.0216±0.0004
เมษายน	266	0.0215±0.0003
พฤษภาคม	273	0.0217±0.0003
มิถุนายน	270	0.0217±0.0003
กรกฎาคม	266	0.0216±0.0003
สิงหาคม	263	0.0214±0.0003
กันยายน	264	0.0216±0.0002
ตุลาคม	258	0.0219±0.0002
พฤศจิกายน	248	0.0223±0.0003
ธันวาคม	240	0.0226±0.0003
เฉลี่ย	257	0.0219±0.0003
ค่าสูงสุด	273	0.0226±0.0004
ค่าต่ำสุด	239	0.0214±0.0002

เมื่อนำข้อมูลโอโซนซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดโอโซนรวมในแนวตั้งที่กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ในช่วงปี พ.ศ. 2532 ถึง พ.ศ. 2553 มาวิเคราะห์หาการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซนพบว่าค่าเฉลี่ย 0.0219 ± 0.0003 หรือ 2.19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ [3] ที่พบว่าปริมาณโอโซนในบรรยากาศจะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ประมาณ 1.5-3 เปอร์เซ็นต์ การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์จะมีมากในช่วงความยาวคลื่น 0.18-0.34 ไมโครเมตร และจะมีบางส่วนที่เป็นส่วนน้อยจะดูดกลืนในช่วงรังสีที่ตามองเห็น จากรูปที่ 2 เป็นการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซนซึ่งจะมีค่ามากในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์และจะมีค่าน้อยในช่วงเดือนมีนาคมถึงตุลาคม

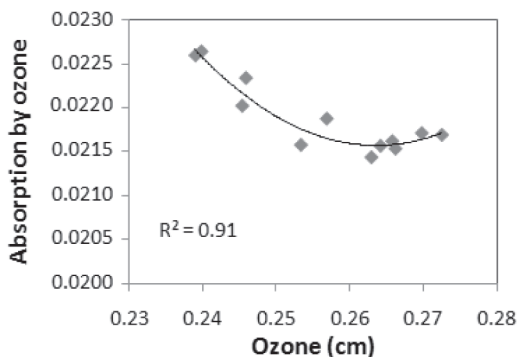


รูปที่ 2 การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซน

จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์กับปริมาณโอโซนซึ่งเป็นค่ารายวันเฉลี่ยต่อเดือน ผลที่ได้พบว่ามีความสัมพันธ์ที่เชื่อถือได้ค่อนข้างสูง ดังรูปที่ 3 โดยมีความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.91 เขียนความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการ

$$A_{oz}^{total} = 1.7996(I_0)^2 - 0.9488(I_0) + 0.1466 \quad (4)$$

เมื่อ A_{oz}^{total} เป็น การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซน
 I_0 เป็น ปริมาณโอโซนรวมในแนวดิ่ง (cm)



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซนกับปริมาณโอโซนซึ่งเป็นค่ารายวันเฉลี่ยต่อเดือน

4. สรุป

จากการศึกษาปริมาณโอโซนในบรรยากาศของประเทศไทยในรอบ 20 ปี พบว่าปริมาณโอโซนมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปี โดยมีค่าเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 0.257 เซนติเมตร ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์จะมีค่าน้อยและจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อนโดยมีค่ามากที่สุดในเดือนพฤษภาคมจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงในฤดูฝนแต่ก็ยังมีค่าสูงกว่าฤดูหนาว ผลการคำนวณการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์

โดยโอโซนพบว่ามีความเฉลี่ย 0.0219 ± 0.0003 หรือ ร้อยละ 2.19 ซึ่งมีค่าสูงสุดในเดือนมกราคมและเดือนธันวาคม โดยมีค่าเท่ากับ 0.0226 ± 0.0004 ส่วนค่าต่ำสุดจะมีค่าเท่ากับ 0.0214 ± 0.0003 ในเดือนสิงหาคม เมื่อศึกษาการแปรค่าตามเวลาในรอบปีพบว่า การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยโอโซนมีค่ามากในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และมีค่าลดลงในช่วงฤดูฝน (มีนาคม-ตุลาคม) มีความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์กับค่ารายวันเฉลี่ยต่อเดือนของโอโซนที่เชื่อถือได้ค่อนข้างสูง โดยมีความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.91 สามารถนำสมการทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการทำนายการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ในการวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่สนับสนุนทุนในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Karen TL. Ozone discourses: Science and politics in global environmental cooperation. New York: Columbia University Press; 1994.
- [2] Sayan P. A determination of atmospheric turbidity coefficient from visibility data. KKU Engineering Journal. 2009; 36(4): 333–338. (in Thai).
- [3] Abdeirahman MA, Said SAM, Shuaib AN. Comparison between atmospheric turbidity coefficients of desert and temperate climates. Solar energy. 1988; 40(3): 219–225.
- [4] Iqbal M. An Introduction to Solar radiation. New York: Academic Press; 1983.
- [5] Leckner B. The spectral distribution of solar radiation at the earth's surface elements of a model. Solar energy. 1978; 20(2): 143–150.
- [6] Dobson R. Ozone depletion will bring big rise in number of cataracts. BMJ. 2005; 331(7528): 1292–1295.

- [7] Paltridge GW, Platt CMR. Radiation Processes in Meteorology and Climatology. Amsterdam: Elsevier Publishing Company; 1976.
- [8] Robinson N. Solar radiation. New York: Elsevier Publishing Company; 1966.
- [9] Klein SA and Theilacker JC. An algorithm for calculating monthly-average radiation on inclined surfaces. Solar energy. 1981; 103(1): 29-33.