การศึกษาปริมาณโอโซนรวมในบรรยากาศที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและประเทศลาว

Study of Total Atmospheric Ozone in Northeast of Thailand and Laos

รุสมาดี สะบูดิง[1*] **และสมกรณ์ ชัยวรากรณ์**[2]

Rusmadee Sabooding[1*] and Sommkorn Chaiwarakorn[2]

[1, 2] อาจารย์, สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

[1, 2] Lecturer, Program of Physics, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

[*] **Corresponding author, E-mail:** Sabooding081@gmail.com

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาปริมาณโอโซนในบรรยากาศรายวัน และรายวันเฉลี่ยต่อเดือน ที่จังหวัดอุบลราชธานีประเทศไทย และหลวงน้ำทาของประเทศลาวในเดือนมกราคม พ.ศ. 2550จนถึงธันวาคม 2560 โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม ที่ตำแหน่งพื้นที่ 2 แห่ง คือศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดอุบลราชธานี (15.25°N 104.87°E) และหลวงน้ำทา (20.93°N 101.42°E) และได้รวบรวมข้อมูลปริมาณโอโซนในช่วงระยะเวลา 11 ปี (2550-2560) จากดาวเทียม Aura/OMI เพื่อวิเคราะห์ผลการศึกษาร่วมกัน ผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปีของปริมาณโอโซนของทั้ง 2 แห่ง มีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือปริมาณโอโซนจะมีค่าต่ำสุดในช่วงต้นปี และปลายปี ตลอดจนมีค่าสูงสุดในช่วงกลางปี

คำสำคัญ: ปริมาณโอโซน, ข้อมูลดาวเทียม, ปริมาณโอโซนในบรรยากาศ

Abstract

In this work, atmospheric ozone at Ubon-ratchathani of Thailand and Luang-namtha of Laos were studied in January 2007 – December 2017. In the case daily and monthly average TO. Total ozone by using satellite-based at two location: Ubon ratchathani meteorological station (15.25°N 104.87°E) and Luang namtha (20.93°N 101.42°E). The total ozone data for the period of 11 years (2007-2017) was acquired from Aura/OMI. It was found that the seasonal variation total ozone from the two sites have a similar pattern with low values at the beginning and end of the years and the highest values at middle of the years.

Keywords: Total Ozone, Satelite-based, Atmospheric Ozone

บทนำ

โอโซนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของบรรยากาศของโลก ทั้งนี้เพราะเป็นก๊าซที่ช่วยดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ ให้มีปริมาณที่พอเหมาะกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลก โดยทั่วไปปริมาณของก๊าซโอโซนในบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงตามความสูงจากพื้นผิวโลก โดยมีความหนาแน่นสูงสุดที่ประมาณ 20 - 30 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก หรือที่เรียกกันว่าชั้นบรรยากาศของโอโซน (ozone layer) ซึ่งอยู่ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (stratosphere) อย่างไรก็ตามยังมีก๊าซโอโซนจำนวนเล็กน้อยในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ (troposphere) ซึ่งเป็นบรรยากาศที่ห่อหุ้มจากพื้นผิวโลกถึงความสูงประมาณ 10 กิโลเมตร ปริมาณโอโซนทั้งหมดในชั้นบรรยากาศจะเรียกว่า ปริมาณโอโซนรวม (total ozone) ก๊าซโอโซนทั้งหมดในบรรยากาศจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้รังสีอัลตราไวโอเลตบี (UV-B) ซึ่งเป็นรังสีที่มีอันตรายผ่านเข้ามาถึงพื้นโลกมากเกินไป แต่ในช่วง 15 ปีที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่าโอโซนในบรรยากาศของโลกมีปริมาณลดลง Farman et al. ได้ทำการสำรวจโอโซนในบริเวณขั้วโลกใต้ และพบว่าโอโซนเหนืออ่าว Halley ในทวีปแอนตาร์กติกมีการลดลงในช่วง 1 ทศวรรษถึง 40% ต่อมามีการพบว่าการลดลงของโอโซนมิได้มีเฉพาะในบริเวณขั้วโลกใต้เท่านั้น แต่พบที่บริเวณขั้วโลกเหนือ และบริเวณอื่นๆ ของโลกด้วย โดยในบริเวณละติจูดกลาง (mid–latitude) ระหว่างปี ค.ศ.1979–1991 มีการลดลงของโอโซน 3–5% ส่วนที่ละติจูดสูง (high–latitude) ลดลง 6–8% นอกจากนี้ยังพบว่าในปี ค.ศ.1992 โอโซนทั่วโลกมีการลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงตามปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงละติจูด 10°S–20°S และ 10°N–60°N ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ของประเทศไทย และประเทศลาวด้วย การลดลงของโอโซนสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต อีกทั้งยังสอดคล้องกับข้อมูลทางการแพทย์ ซึ่งพบว่าอัตราการป่วยเป็นโรคมะเร็งผิวหนังของประชากรในทวีปอเมริกาเหนือ รวมทั้งออสเตรเลียเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของรังสีอัลตราไวโอเลตด้วย

อัลตราไวโอเลตยังมีจากผลการศึกษาของ UNEP ได้คาดการณ์ว่าถ้าปริมาณโอโซนในบรรยากาศลดลง 10% จะมีคนตาบอดเพิ่มขึ้นใหม่ทั่วโลกอีกประมาณ 1 ล้านรายต่อปี เนื่องจากผลของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังคาดว่าการลดลงของปริมาณโอโซนเพียง 1% ในระยะยาวอาจทำให้อัตราการเกิดโรคมะเร็งผิวหนังเพิ่มขึ้น 2–3% สำหรับการเพิ่มขึ้นของรังสีอัลตราไวโอเลตยังมีผลกระทบในเชิงลบต่อ micro–organism ทั้งบนบกและในทะเล ซึ่งส่งผลกระทบระยะยาวต่อระบบนิเวศรวมทั้งห่วงโซ่อาหารโดยส่วนรวมด้วย

จากความสำคัญของการค้นพบดังกล่าว องค์การสหประชาชาติจึงได้จัดให้มีการประชุมนานาชาติเพื่อหยุดยั้งการสูญเสียบรรยากาศชั้นโอโซนที่เมือง Montreal ประเทศแคนาดา เมื่อปี ค.ศ. 1987 และ ค.ศ. 1991 ต่อมาออกข้อกำหนดที่เรียกว่า Montreal Protocol ซึ่งประเทศไทยได้ร่วมลงนามด้วย ตามข้อกำหนดดังกล่าวประเทศสมาชิกที่ลงนามต้องดำเนินมาตรการระงับการใช้สารเคมีที่ทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน ภายในปี ค.ศ. 2010 นอกจากนี้ในบทความที่ 6 ของ Montreal Protocol ยังกำหนดให้ทำการประเมิน อีกทั้งยังติดตามการตรวจวัดสภาวะโอโซน และปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตในประเทศต่างๆ ด้วย ถึงแม้ว่าจะมีการหยุดยั้งการทำลายบรรยากาศชั้นโอโซนตามข้อกำหนดดังกล่าว แต่ก็จะต้องใช้เวลาอีกประมาณ 50 ปี บรรยากาศชั้นโอโซนจึงจะฟื้นตัวกลับมามีสภาพเดิมก่อนถูกทำลาย ดังนั้นผลกระทบจากการลดลงของโอโซนยังคงมีต่อไป

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาค่าปริมาณโอโซน อาทิเช่น M. Anton et al. (2010) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณโอโซน จากเครื่องวัดภาคพื้นดิน (Brewer spectrophotometer) ที่เมือง Madrid ของประเทศสเปน ผลการทดลองพบว่า ฤดูกาลของ 4 ฤดู คือ ปริมาณโอโซนรายเดือน ในช่วงฤดูใบไม้ผลิ และฤดูร้อนมีค่าสูงกว่าฤดูใบไม้ร่วง และฤดูหนาว ต่อมา Hartogh et al. (2011) ทำการวัดโอโซนที่ระดับความสูง 40 และ 60 km โดยใช้เทคนิคทางไมโครเวฟที่เมือง Lindau ประเทศเยอรมัน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความหนาแน่นของโอโซนที่ส่วนบนของชั้นสตราโตสเฟียร์ที่ระดับความสูง 40 km มีค่าลดลงอย่างมาก ขณะที่ระดับความสูง 60 km โอโซนมีความหนาแน่นลดลงเพียงเล็กน้อย ส่วน Ma et al. (2011) ได้ทำการตรวจวัดโปรไฟล์ของโอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนล่าง ในช่วงฤดูใบไม้ร่วงปี 2008 ที่สถานี Nanjiao และสถานี Shangdianzi ในกรุงปักกิ่ง ผลจากการตรวจวัด พบว่าความเข้มข้นโอโซนสูงสุดที่พื้นผิวเกิดจากอิทธิพลของกระแสลม กล่าวคือกระแสลมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้เกิดการแพร่กระจายของมลพิษรอบกรุงปักกิ่ง ในขณะที่กระแสลมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดพามวลอากาศที่มีความเข้มข้นโอโซนสูงเข้ามายังกรุงปักกิ่ง อย่างไรก็ตามยังพบว่าความแตกต่างของชนิดลมเฉือน (ความเร็วลมและทิศทางลม) ยังเป็นเหตุให้เกิดการสะสมโอโซน และการลดลงของโอโซน wind shear layer อีกด้วย

สำหรับ Solomon et al. (2016) พบว่ารูรั่วโอโซนในทวีปแอนตาร์กติกในช่วงฤดูใบไม้ผลิมีการฟื้นตัวขึ้นตั้งแต่ปี 2000 โดยจากผลการตรวจวัดและจากแบบจำลอง พบว่าแนวโน้มการลดลงของโอโซนในช่วงปี 2000-2014 มีค่าต่ำลง โดยพื้นที่บริเวณที่เกิด ozone hole ลดลงเหลือเพียง 4.9 ± 4.7 million km^2 แสดงให้เห็นการฟื้นตัวของชั้นโอโซนในบรรยากาศ รวมทั้ง Sheng Bo Chen et al. (2017) ได้ทำการศึกษาปริมาณโอโซน จากเครื่องวัด Brewer spectrophotometer รวมทั้ง Pandora spectrophotometer ขององค์การ NASA และข้อมูลดาวเทียม Aura/OMI ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม 2012 ถึงธันวาคม 2014 ในประเทศเกาหลีใต้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเสนอที่จะนำการศึกษาปริมาณโอโซนในบริเวณจังหวัดอุบลราชธานีสำหรับประเทศไทย หลวงน้ำทาของประเทศลาว เพื่อให้ทราบธรรมชาติของปริมาณโอโซนในบริเวณนี้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโอโซนรวมจากดาวเทียม Aura/OMI ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และหลวงน้ำทาสำหรับประเทศลาว

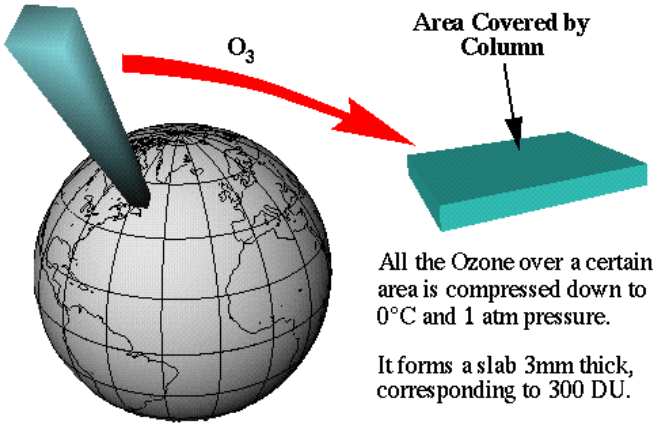
แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

ปริมาณโอโซนในบรรยากาศระดับชั้นสตราโพสเฟียร์ หรือระดับโทรโพสเฟียร์ระดับบน โดยปกติจะรายงานเป็นความหนาของโอโซนรวมตามแนวดิ่งในบรรยากาศ โดยสมมติว่านำโอโซนตลอดทั้งคอลัมน์ของบรรยากาศมารวมกันที่พื้น ผิวโลกที่ STP (อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน) แล้ววัดความสูงของคอลัมน์ของโอโซนเป็นเซนติเมตร หรือวัดเป็นมิลลิ-บรรยากาศ-เซนติเมตร (milli atmosphere centimeter, m-atm- cm) หรือวัดในหน่วยดอบสัน (Dobson unit ; DU) โดย

$$\begin{aligned} 1 \text{ m-atm-cm} &= 1 \text{ DU} \\ &= 10^{-5} \text{ m} \\ &= 10^{-3} \text{ cm ของโอโซนบริสุทธิ์ที่ STP} \end{aligned}$$

1 μm ที่ STP = 0.1 DU

ตัวอย่างเช่นถ้าปริมาณโอโซนมีค่า 300 DU หมายความว่าโอโซนรวมตลอดทั้งคอลัมน์ของบรรยากาศมีความหนา 3 mm ที่ STP ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงการวัดปริมาณโอโซนในบรรยากาศ

แม้ก๊าซโอโซนจะประกอบด้วยออกซิเจนอะตอม 3 อะตอม โดยมีอะตอมมากกว่าก๊าซออกซิเจนอยู่หนึ่งอะตอม แต่ก็ทำให้ก๊าซโอโซนมีคุณสมบัติแตกต่างกับก๊าซออกซิเจนอยู่มาก ทั้งในด้านการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ และการทำปฏิกิริยากับสิ่งมีชีวิต กล่าวคือก๊าซออกซิเจนสามารถดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 100-200 nm ได้ที่ระดับความสูง 110 กม. แต่ไม่สามารถดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 200-300 nm ที่ระดับความสูง 40 กม. ได้ จึงเป็นหน้าที่ของก๊าซโอโซนที่ต้องดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นดังกล่าวนี้ไว้ไม่ให้ส่องลงมาถึงพื้นผิวโลก

นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจนกับก๊าซโอโซนยังมีข้อแตกต่างกันในด้านของคุณสมบัติของการหายใจ โดยออกซิเจนเป็นก๊าซที่มนุษย์ และสิ่งมีชีวิตใช้สำหรับหายใจ ถ้าเมื่อใดมนุษย์และสิ่งมีชีวิตขาดก๊าซออกซิเจนสำหรับหายใจแล้วก็จะทำให้เสียชีวิตได้ ส่วนโอโซนนั้นเป็นก๊าซที่เป็นอันตรายต่อระบบการหายใจเพราะเป็นก๊าซที่มีกลิ่นฉุน

ก๊าซโอโซนมีคุณสมบัติต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้

1. เป็นก๊าซที่สามารถดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 290 nm ไว้ได้ทั้งหมด โดยไม่ยอมให้รังสีอัลตราไวโอเลตในช่วงดังกล่าวส่องลงมาถึงพื้นผิวโลกได้ นอกจากนี้ยังสามารถดูดกลืนรังสีที่มีความยาวคลื่นอื่นๆ ได้อีก เช่น ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ที่มีความยาวคลื่น 610 4,800 9,600 และช่วง 13,000–15,000 nm

2. เป็นก๊าซที่เกิด และสลายตัวไปเองตามธรรมชาติ ไวต่อการออกซิไดส์มาก เนื่องจากเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร และสามารถรวมตัวกับอะตอมอื่นได้ทันที

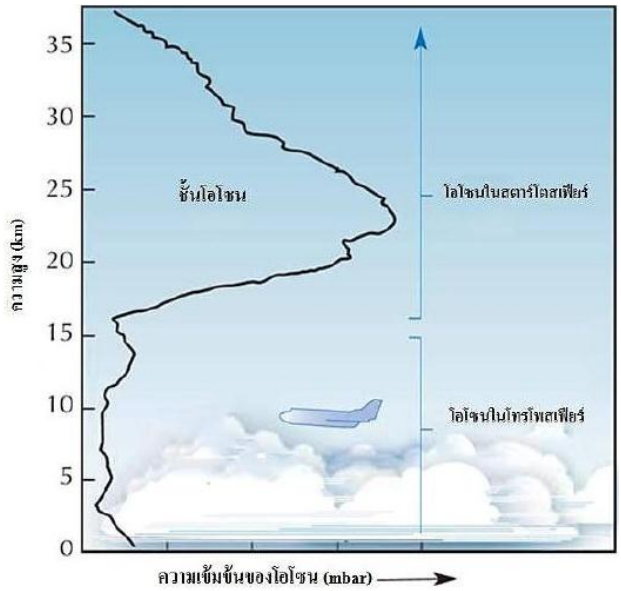
3. ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (stratosphere) ก๊าซโอโซนจะช่วยกรองรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกไม่ให้มีรังสีอัลตราไวโอเลตเข้าสู่โลกมากเกินไป ถ้าโอโซนในบรรยากาศถูกทำลายจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตหลายรูปแบบทั้งทางตรง และทางอ้อม

4. ในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ (troposphere) ก๊าซโอโซนจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์และพืช เนื่องจากก๊าซโอโซนเป็นก๊าซที่เป็นอันตรายต่อระบบการหายใจเพราะเป็นก๊าซที่มีกลิ่น

ฉุน เมื่อหายใจเข้าไปแล้วจะทำให้ระบบการหายใจผิดปกติไป นอกจากนี้โอโซนยังทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อโดยเฉพาะเนื้อเยื่อที่ตา เยื่อบุช่องทางเดินหายใจ อีกทั้งยังสามารถที่จะทำลายวัตถุ เช่น คอนกรีต โลหะ พลาสติก หรือไม้ได้อีกด้วย

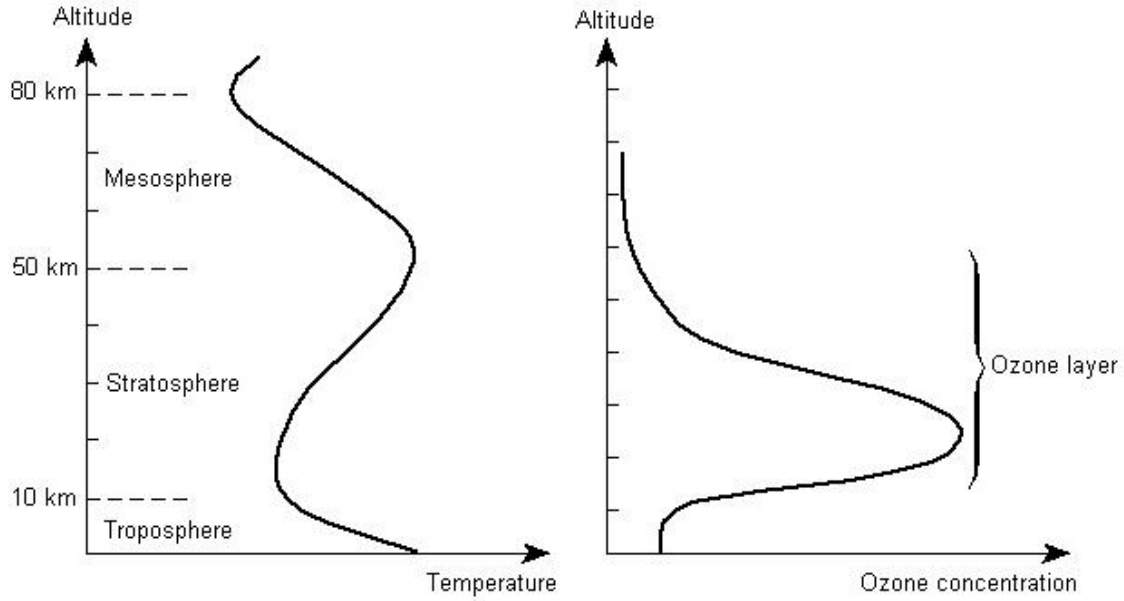
โอโซนในบรรยากาศ (UNEP, 2000)

โอโซนในบรรยากาศ (ozone layer) โดยปกติจะพบใน 2 บริเวณด้วยกัน คือในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ และชั้นโทรโพสเฟียร์ ซึ่งในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์นั้นจะพบโอโซนถึงร้อยละ 90 โดยจะพบที่ระดับความสูงประมาณ 10-50 กม.จากพื้นผิวโลก ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 10 จะพบในชั้นโทรโพสเฟียร์ ซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศจากพื้นผิวโลกถึงที่ระดับความสูงประมาณ 10 กม. แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงชั้นโอโซนในบรรยากาศตามความสูงจากพื้นผิวโลก
ที่มา : ดัดแปลงจาก http://www.scienceinschool.org/2010/issue17/ozone

โอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์มีบทบาทสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนผิวโลกมาก เนื่องจากโอโซนดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นอันตรายไม่ให้ส่องถึงพื้นผิวโลก โดยมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ส่องถึงพื้นผิวโลก และโอโซนยังมีความสำคัญต่อระบบอุณหภูมิในบรรยากาศโลก เนื่องจากโอโซนเป็นตัวกำหนดโครงสร้างทางอุณหภูมิของอากาศ ดังภาพที่ 3 ซึ่งหลังจากที่อุณหภูมิอากาศลดลงตามระดับความสูงในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์แล้ว จะเปลี่ยนเป็นสูงขึ้นตามระดับความสูงในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ เนื่องจากโอโซนดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตไว้ทำให้เกิดความอบอุ่นในบรรยากาศชั้นนี้



ภาพที่ 3 แสดงอุณหภูมิอากาศ (ทางซ้ายมือ) และปริมาณโอโซน (ทางขวามือ) ในชั้นบรรยากาศตามระดับความสูงจากพื้นผิวโลก

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลปริมาณโอโซนจากดาวเทียม

การวัดโอโซนด้วยดาวเทียมเป็นการวัดด้วยเซนเซอร์ระยะไกลเหนือชั้นบรรยากาศโลก ประโยชน์ของการตรวจวัดด้วยดาวเทียม คือให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ดี และช่วยให้ทราบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ดาวเทียมอุตุนิยมแบบ Polar orbiting satellite ที่วัดปริมาณโอโซนขององค์การ NASA ที่ทำการวัดโอโซนต่อเนื่องกันตามปีต่างๆ กล่าวคือ

ดาวเทียม Aura เริ่มดำเนินการตรวจวัดครั้งแรกเมื่อปี 2004 และยังคงถูกใช้งานจนถึงปัจจุบัน ดาวเทียม Aura ได้ติดตั้งหัววัดชื่อว่า OMI (Ozone Monitoring Instrument) เพื่อใช้สำหรับวัดปริมาณโอโซนรวมรายวันทั่วโลก

หลักการทำงานของหัววัด OMI เป็นหัววัดที่มีมุมมองกว้าง สามารถวัดการกระเจิงของรังสีอาทิตย์ขณะใดๆ (solar backscattered irradiance) ได้เป็นระยะทางตามแนวนอน 2,600 km มี spatial resolution เท่ากับ 1 องศาละติจูด x 1 องศาลองจิจูด หัววัดมีลักษณะเป็นกล้องโทรทรรศน์ที่มี across-track 115^{O} อีกทั้งยังมีเซนเซอร์ภายในเป็นแบบ CCD (Charge Couple Device) ทำหน้าที่รับแสงแล้วแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อก (analog) รังสีอาทิตย์ที่หัววัดรับได้มีช่วงความยาวคลื่นที่กว้าง ก็คือหัววัด OMI จะแบ่งช่องสัญญาณรับรังสีอาทิตย์เป็น 3 ช่องสัญญาณ ได้แก่ ช่อง UV-1 (264-311 nm) UV-2 (307-383 nm) และ VIS (349-504 nm) มีการทำงานที่แตกต่างกัน 3 โหมด อาทิ Global mode, Spatial zoom-in mode และ Spectral zoom-in mode

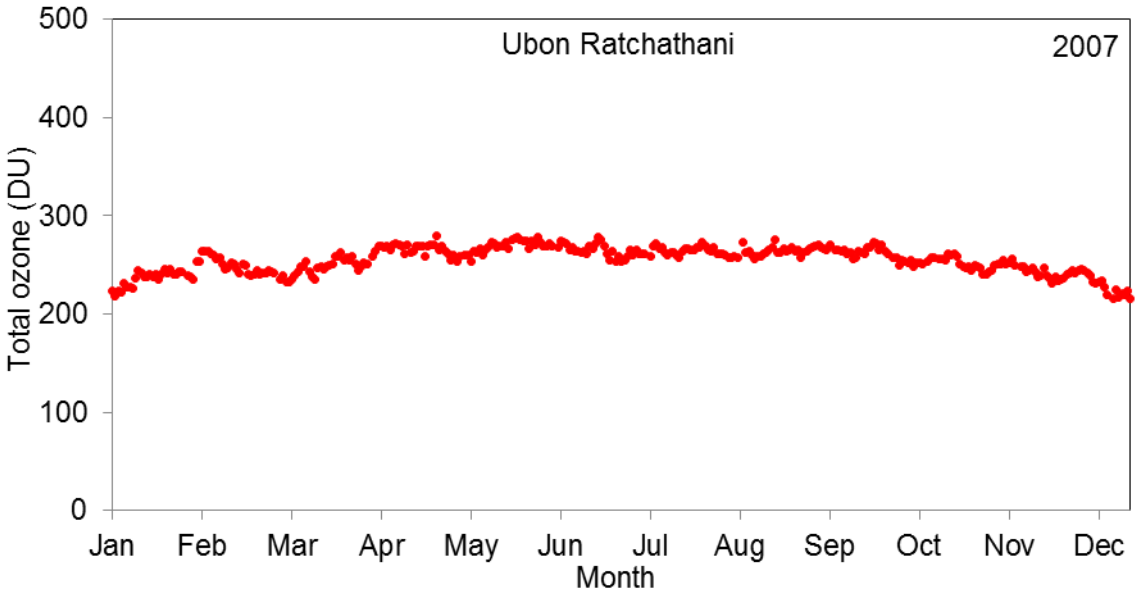
การวิเคราะห์ข้อมูล

- ผู้วิจัยได้วิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ต่อมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณโอโซนในรายเดือน

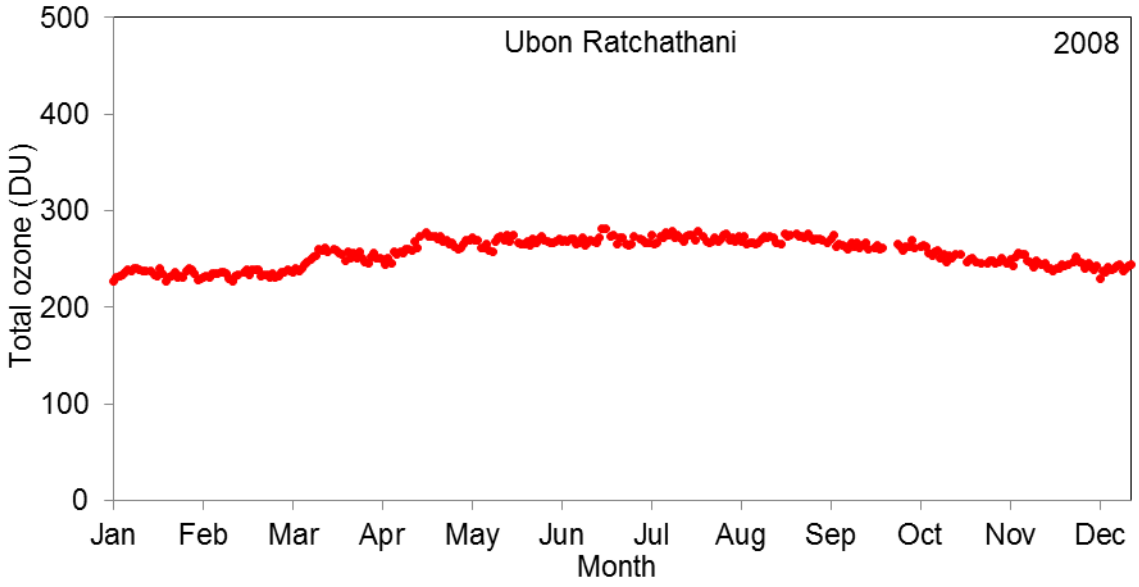
- ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลของอุบลราชธานี (15.25°N 104.87°E) ของประเทศไทยรวมทั้งหลวงน้ำทา (20.93°N 101.42°E) ของประเทศลาว

ผลการวิจัย

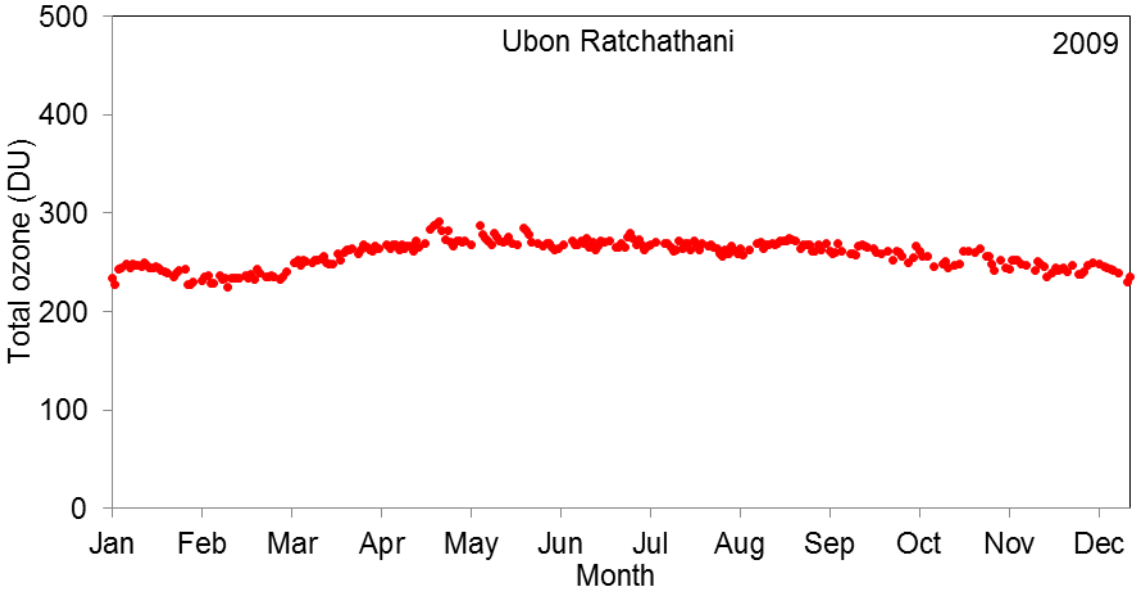
ในงานนี้จะนำข้อมูลปริมาณโอโซนที่ได้จากดาวเทียม Aura/OMI ขององค์การ NASA ที่ระหว่างปี 2007-2017 มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนที่อุบลราชธานีสำหรับประเทศไทย และหลวงน้ำทาของประเทศลาว อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนตามฤดูกาลในรอบปีสำหรับอุบลราชธานีและหลวงน้ำทา จะแสดงไว้ในภาพที่ 4-15 และภาพที่ 16 จะแสดงการเปรียบเทียบผลของทั้ง 2 แห่ง



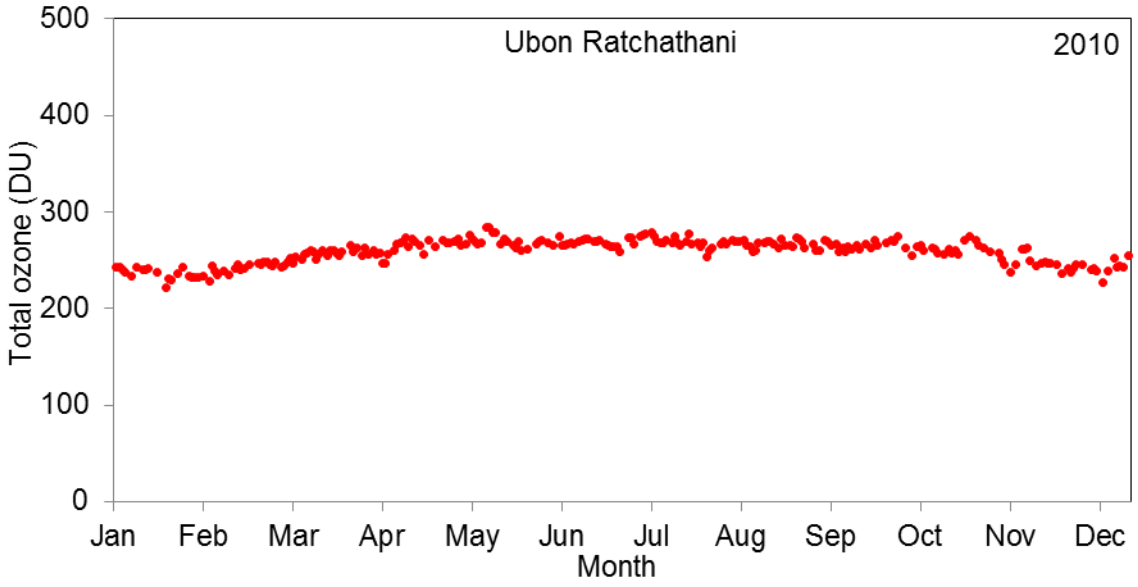
ภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2007 สำหรับอุบลราชธานี



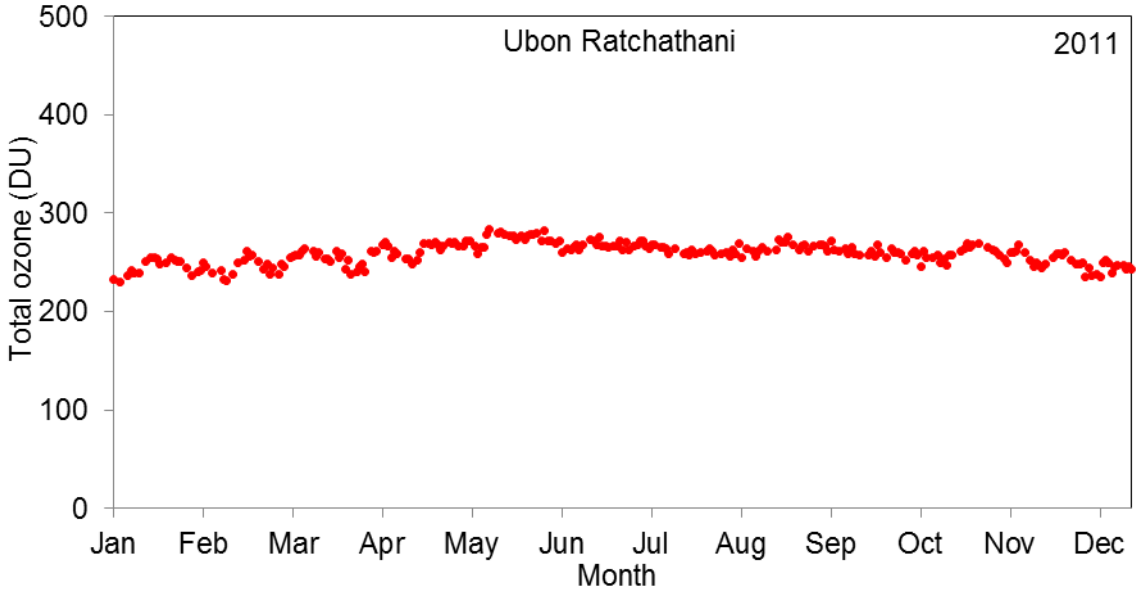
ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2008 สำหรับอุบลราชธานี



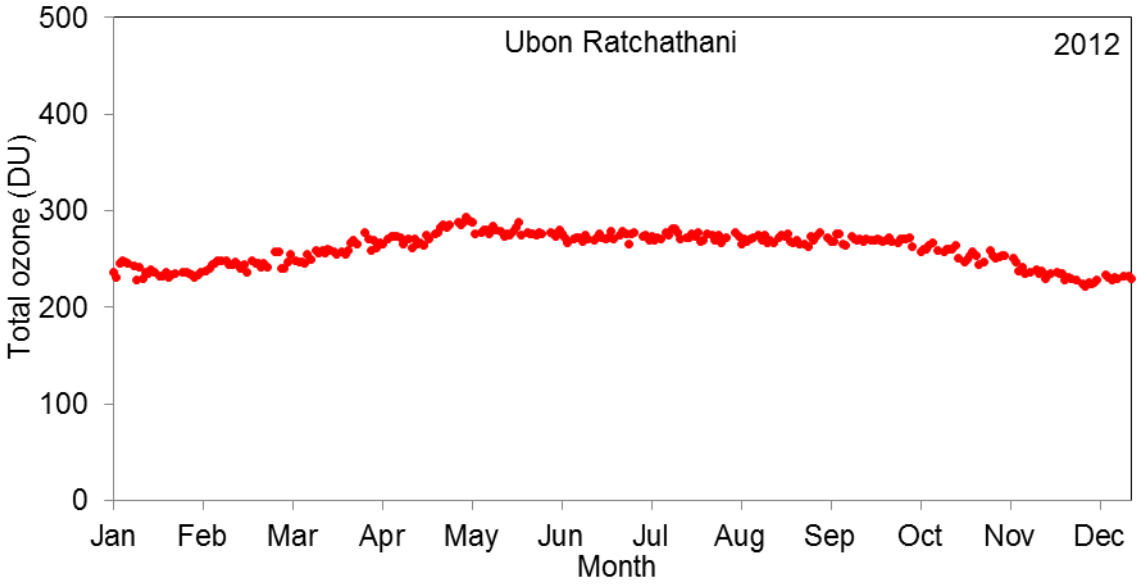
ภาพที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2009 สำหรับอุบลราชธานี



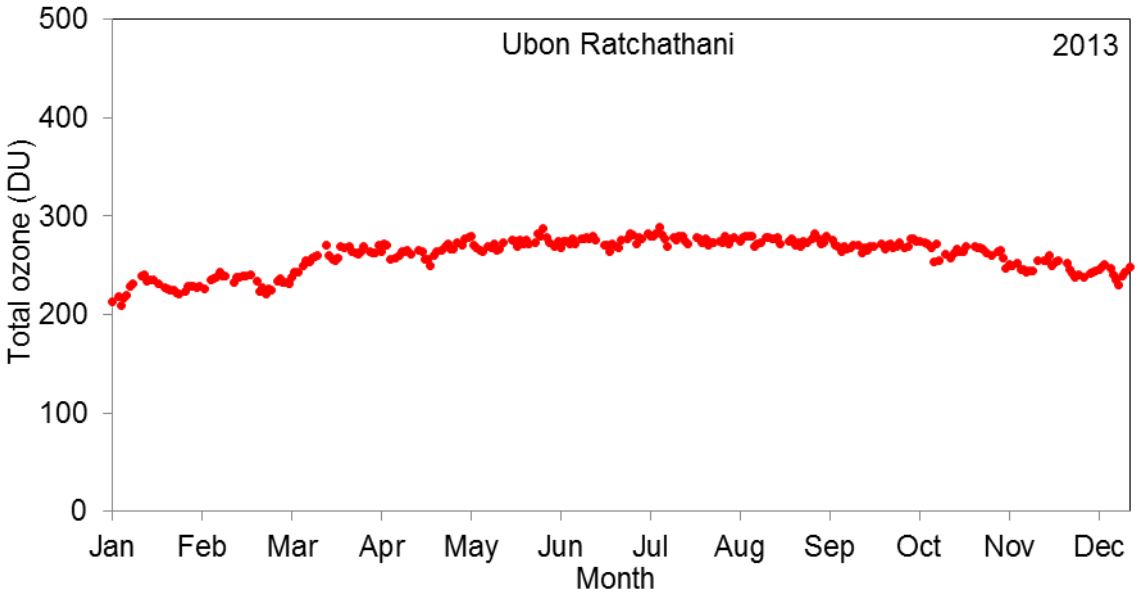
ภาพที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2010 สำหรับอุบลราชธานี



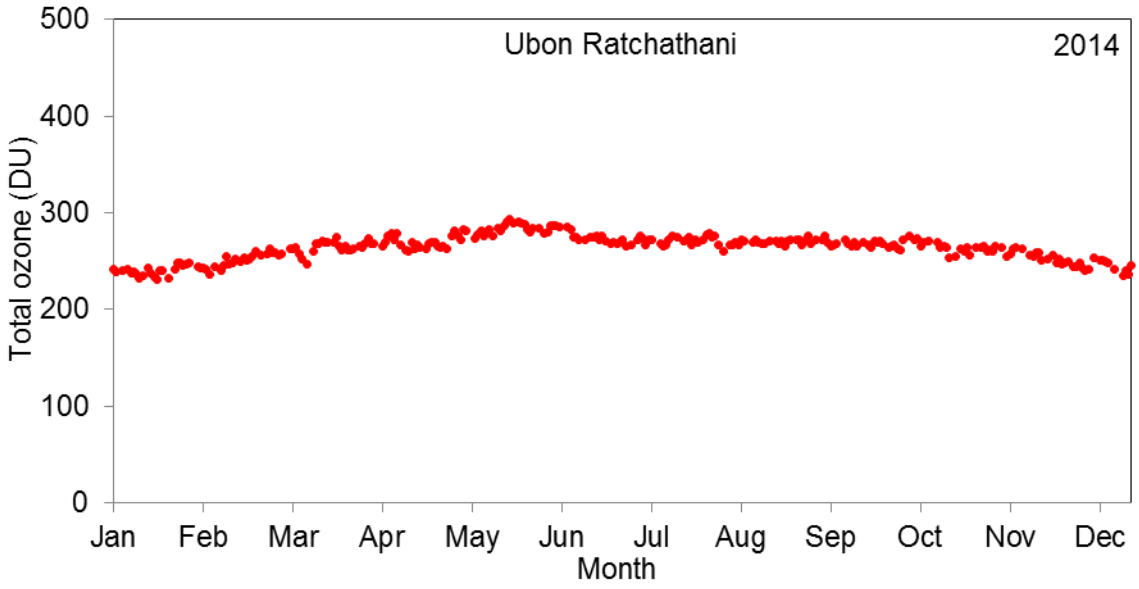
ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2011 สำหรับอุบลราชธานี



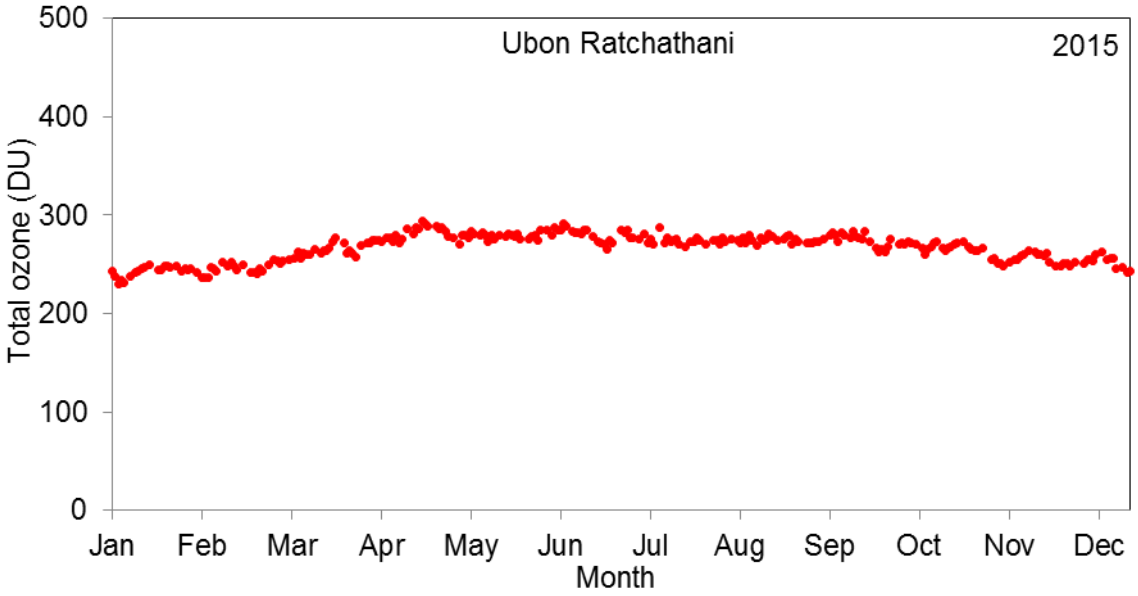
ภาพที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2012 สำหรับอุบลราชธานี



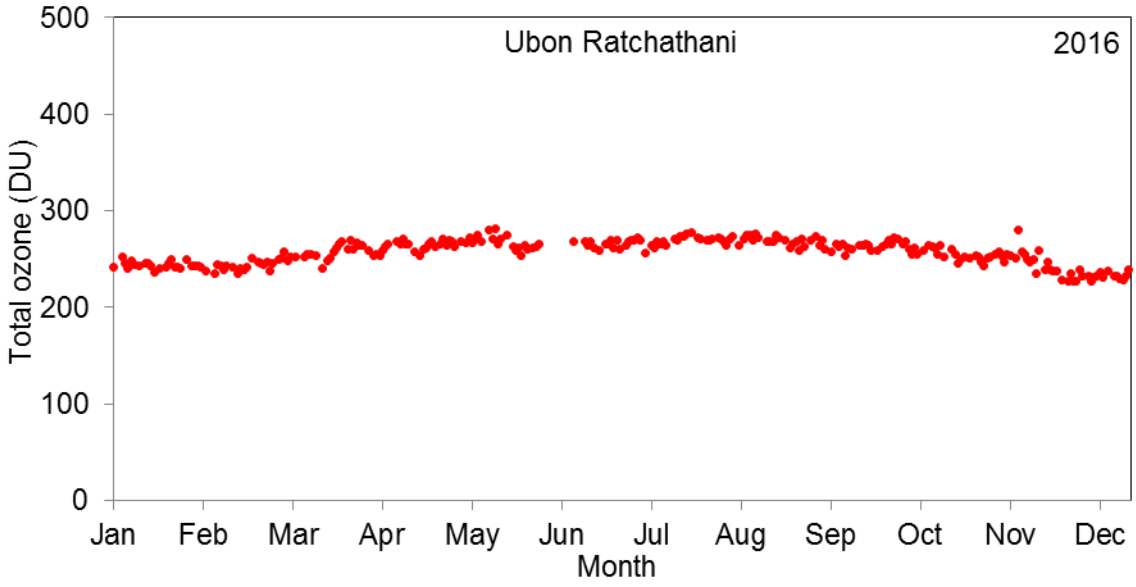
ภาพที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2013 สำหรับอุบลราชธานี



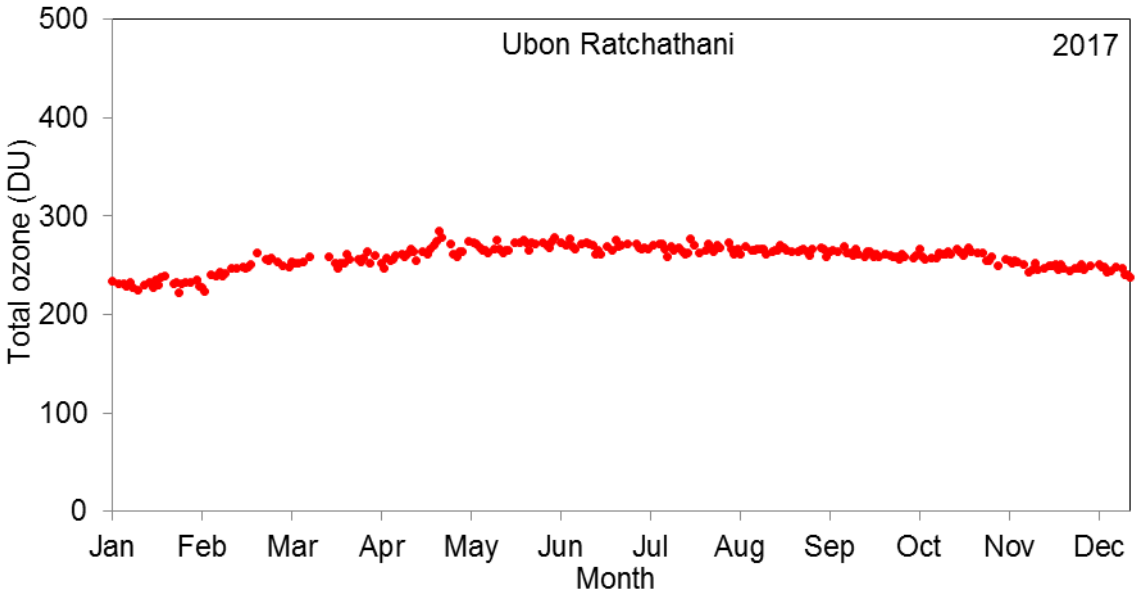
ภาพที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2014 สำหรับอุบลราชธานี



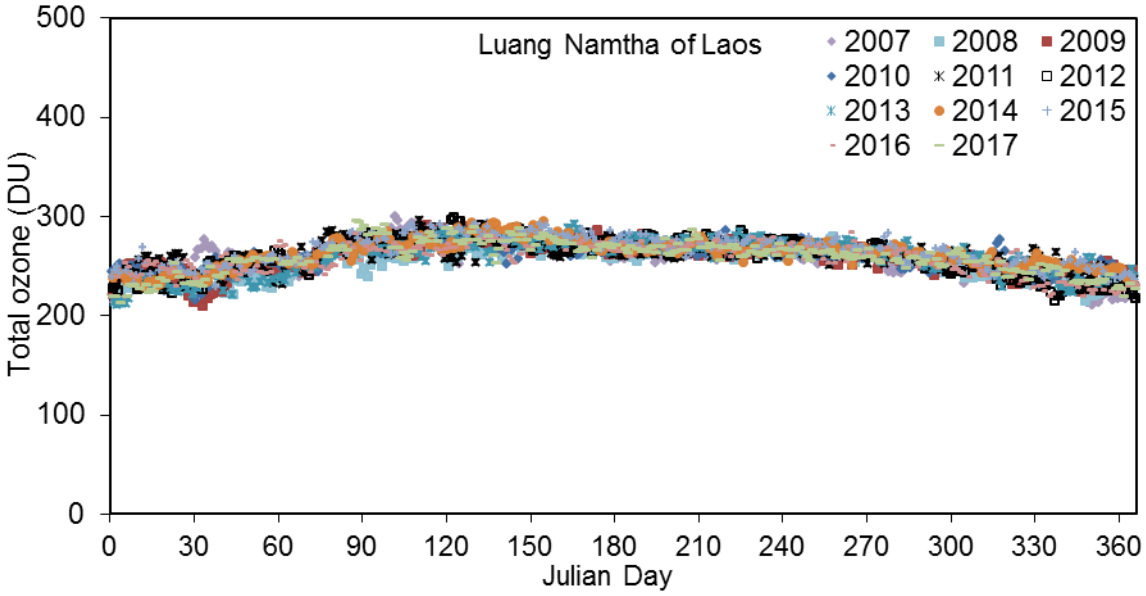
ภาพที่ 12 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2015 สำหรับอุบลราชธานี



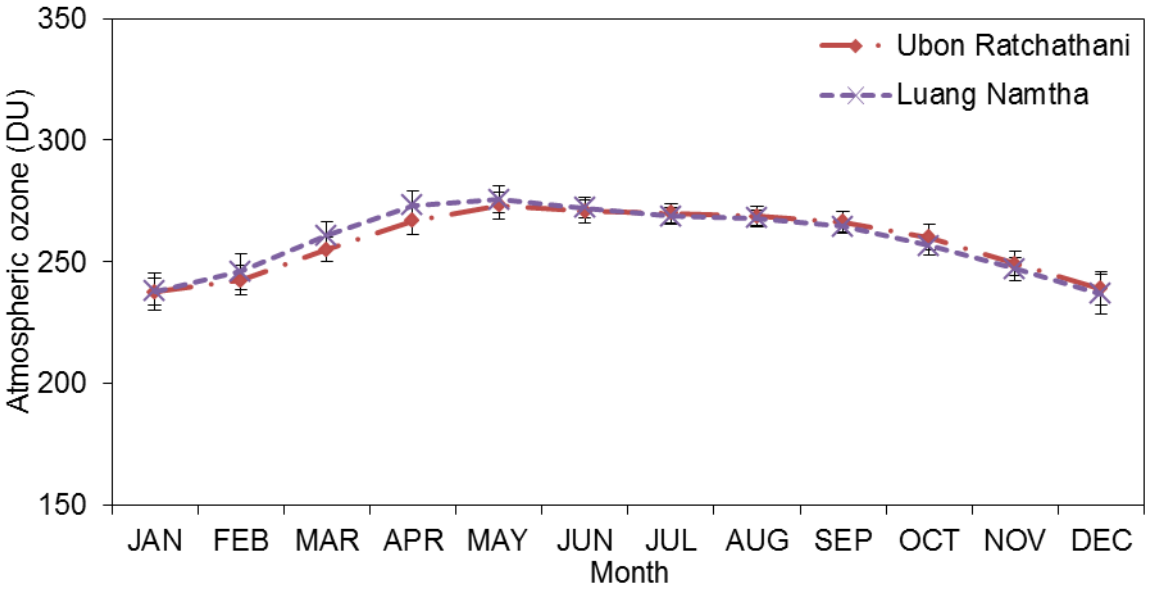
ภาพที่ 13 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2016 สำหรับอุบลราชธานี



ภาพที่ 14 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2017 สำหรับอุบลราชธานี



ภาพที่ 15 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซน (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี สำหรับหลวงน้ำทา (2007-2017)



ภาพที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบผลปริมาณโอโซน (TO) ทั้ง 2 แห่ง

สรุปและอภิปรายผล

ปริมาณโอโซนในบรรยากาศตามเวลารอบปี จะเห็นว่าทั้ง 2 แห่ง คืออุบลราชธานีของประเทศไทย และหลวงน้ำทาสำหรับประเทศลาว ปริมาณโอโซนรวมจะมีค่าต่ำในช่วงต้นปี (มกราคม-กุมภาพันธ์) และจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนถึงค่าสูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม จากนั้นค่าจะค่อยๆ ลดต่ำลงจนถึงค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม

แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการวัดข้อมูลปริมาณโอโซนจากดาวเทียม แต่ค่าที่ได้มีความละเอียดเชิงพื้นที่ค่อนข้างต่ำ และการวัดจากข้อมูลดาวเทียมยังคงต้องใช้สถานีวัดภาคพื้นดินในการตรวจสอบความถูกต้อง ดังนั้นจึงควรตั้งสถานีวัดโอโซนในประเทศเพิ่มเติมโดยเฉพาะภูมิภาคหลักของประเทศไทย และลาว ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโอโซนในประเทศทั้ง 2 สำหรับใช้เผยแพร่สู่สาธารณชน เพื่อเพิ่มความตระหนักต่อการปกป้องชั้นโอโซน โดยการหลีกเลี่ยงสารเคมีที่ทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน อย่างไรก็ตามการกระจายตามพื้นที่ และตามความสูงของโอโซนยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของการจำลองแบบสภาวะบรรยากาศ รวมทั้งภูมิอากาศของประเทศดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

Hartogh, P., Somnermann, G.R., Grygalashvyly, M., Jarchow, Ch., (2011). Ozone trends in the mid-latitude stratopause region based on microwave measurements at Lindau, the ozone reference model and model calculations. Advance in Space Research 47, 1937-1948.

M. Anton, D. Bortoli, M.J. Costa, P.S. Kulkarni, A.F. Domingues, D. Barriopedro, A. Serrano and A.M. Silva (2010). Temporal and spatial variabilities of total ozone column over Portugal. Remote Sensing of Environment 115: 855–863.

Ma, Z., Zhang, X., Xu, J., Zhao, X., Meng, W. (2011). Characteristics of ozone vertical profile observed in the boundary layer around Beijing in autumn, Journal of Environmental Science 23, 1316-13424.

Solomon, S., Ivy, D.J., Kinnison, D., Mills, M.J., Neely III, R.R., and Schmidt, A., (2016). Emergence of healing in Antarctic ozone layer. Science, doi: 10.1126/science.aae0061.