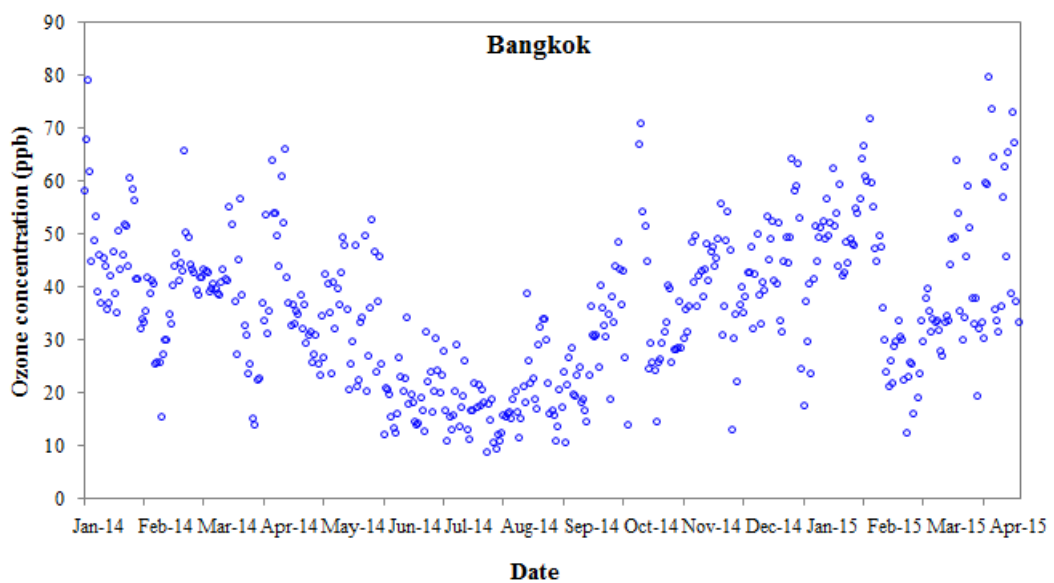


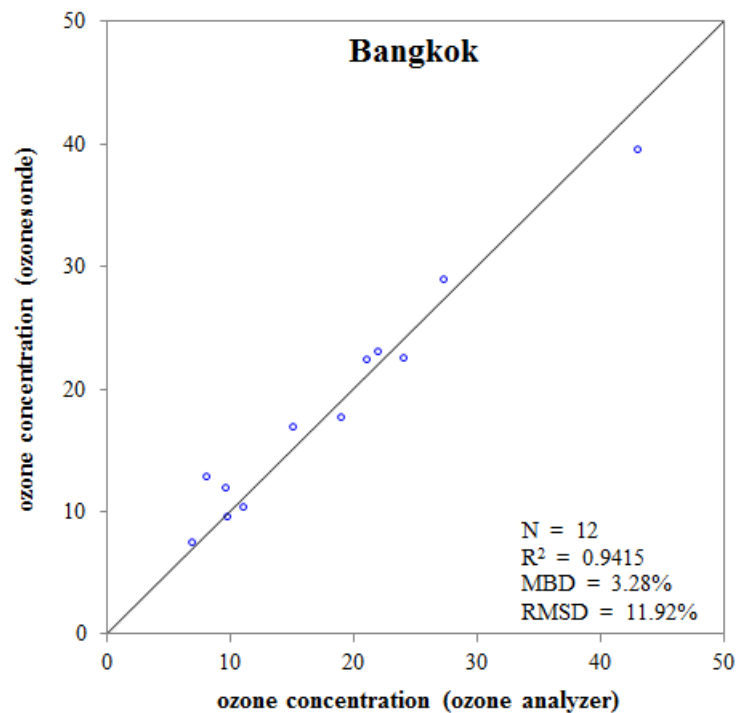
รูปที่ 3.46 โปรไฟล์ของความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ในชั้นโทรโพสเฟียร์ในช่วงฤดูฝน (a และ c) และฤดูแล้ง (b และ d) ตามลำดับ ที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา ณ เวลา 09.00 น.

จากรูปที่ 3.45 พบว่า ความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม เริ่มมีค่าลดลงหลังจากมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) เนื่องจากอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ทำให้ฝนตกชุกและมีเมฆมาก และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าสูง (รูปที่ 3.46 (a)) ซึ่งส่งผลให้โอโซนมีค่าลดลงและมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคมและกันยายน หลังจาก

นั้นโอโซนจะมีค่าสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงเดือนตุลาคม ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวที่วัดด้วย ozone analyzer โดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งติดตั้งที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา (รูปที่ 3.47) กล่าวคือ ความเข้มข้นโอโซนจะมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) และเริ่มลดลงในช่วงเดือนพฤษภาคม จนมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคมและกันยายน จากนั้นจะเริ่มมีค่าสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงเดือนตุลาคม เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลความเข้มข้นโอโซนที่วัดด้วย ozonesonde และเครื่อง ozone analyzer ในวันและเวลาเดียวกัน พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกัน โดยมีค่า MBD และ RMSD เท่ากับ 3.28% และ 11.92% ตามลำดับ (รูปที่ 3.48)



รูปที่ 3.47 ข้อมูลความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวรายวันที่วัดด้วยเครื่อง ozone analyzer ที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2014 - 30 เมษายน 2015



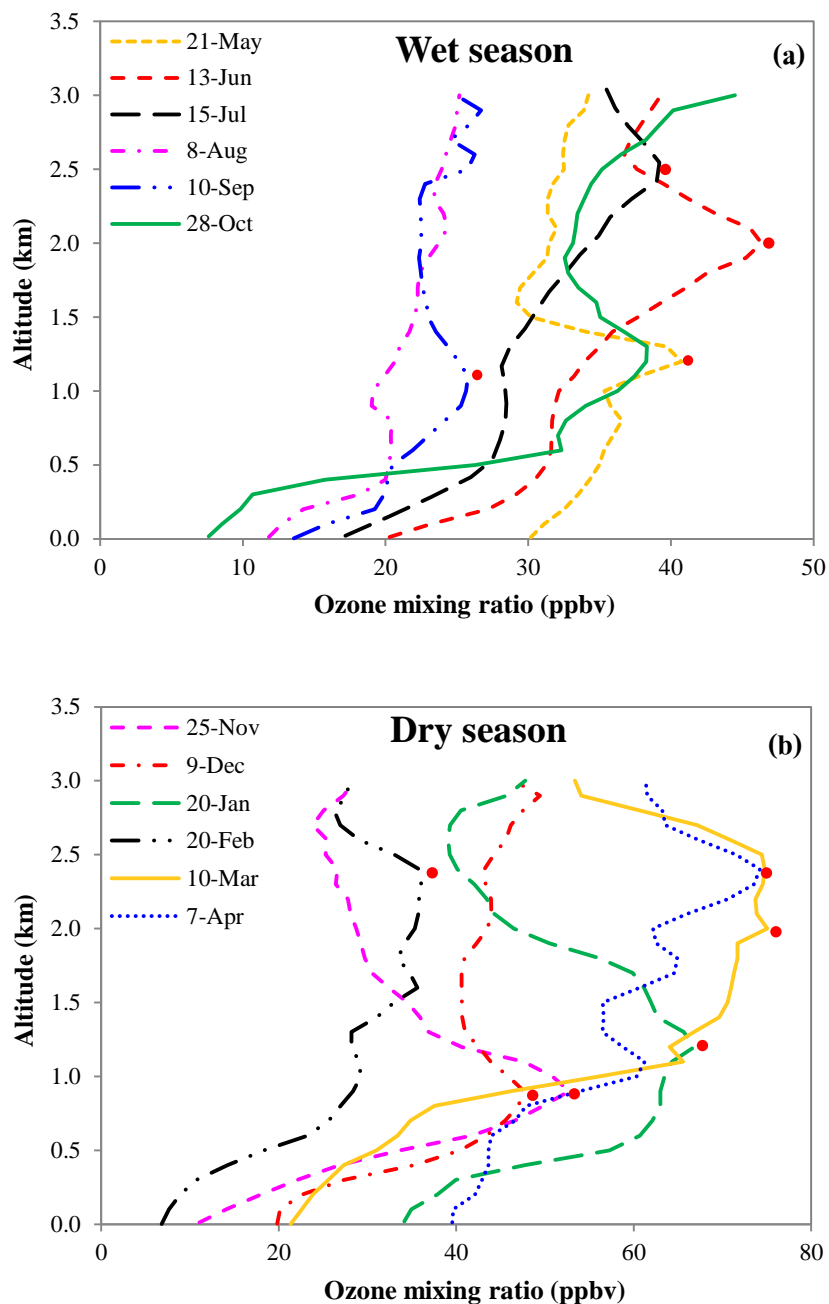
รูปที่ 3.48 การเปรียบเทียบข้อมูลความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวที่วัดด้วย ozonesonde และเครื่อง ozone analyzer ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2014-เมษายน 2015 ที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา

สำหรับชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนกลาง (4-10 km) พบว่าความเข้มข้นโอโซนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความสูงในช่วงฤดูฝน โดยมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในเดือนพฤษภาคมและตุลาคม ขณะที่เดือนอื่นๆ ในฤดูฝน ความเข้มข้นโอโซนจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นไม่มากนัก (รูปที่ 3.45(a)) ในส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนกลางพบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะค่อยๆ ลดลงตามความสูง (รูปที่ 3.46(c)) เช่นเดียวกับความเร็วลมในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนกลางที่มีแนวโน้มลดลงตามความสูง (รูปที่ 3.46(a)) ขณะที่ในช่วงฤดูแล้ง ความเข้มข้นโอโซนส่วนใหญ่ในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนกลางจะมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน (ยกเว้นเดือนพฤษภาคมและตุลาคม) จากรูปที่ 3.45(b) พบว่าความเข้มข้นโอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนกลางมีค่าสูงมากโดยมีค่าประมาณ 80 ppbv (เดือนธันวาคมและกุมภาพันธ์) ซึ่งอาจเกิดจากการลดลงอย่างรวดเร็วของความชื้นสัมพัทธ์และลมเฉือน (wind shear) ในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนกลาง (รูปที่ 3.46(b) และ 3.46(d)) เป็นเหตุให้เกิดการสะสมของโอโซนที่สูงมากในชั้นนี้ (Ma et al., 2011)

สำหรับชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนบน (10-16 km) พบว่า ความเข้มข้นโอโซนในช่วงฤดูฝนจะมีค่าอยู่ในช่วง 20-120 ppbv (รูปที่ 3.45(a)) ถ้าแยกพิจารณาแต่ละโปรไฟล์จะเห็นว่าความเข้มข้น

ไอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนบนมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตามความสูงในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกันยายน โดยที่ความเร็วของลมในชั้นนี้มีค่าประมาณ 15-20 m/s (รูปที่ 3.46(a)) ขณะที่เดือนสิงหาคมและตุลาคม ความเข้มข้นไอโซนมีความผันผวนมากโดยอาจเป็นผลมาจากความเร็วลมที่แตกต่างกัน โดยในเดือนสิงหาคมจะมีค่าความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 35 m/s ส่วนเดือนตุลาคมจะมีค่าความเร็วลมค่อนข้างต่ำประมาณ 5 m/s สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนบนจะมีแนวโน้มคงที่ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 25-60% (รูปที่ 3.46(c)) สำหรับในฤดูแล้ง ความเข้มข้นไอโซนจะมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามความสูง ส่วนความชื้นสัมพัทธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตามความสูงแต่จะมีค่าต่ำกว่าในช่วงฤดูฝน ในด้านของความเร็วลมพบว่า แนวโน้มของความเร็วลมจะมีค่าคงที่ในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม ส่วนในเดือนมกราคม และมีนาคม ความเร็วลมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามความสูงและมีแนวโน้มลดลงตามความสูงในเดือนกุมภาพันธ์

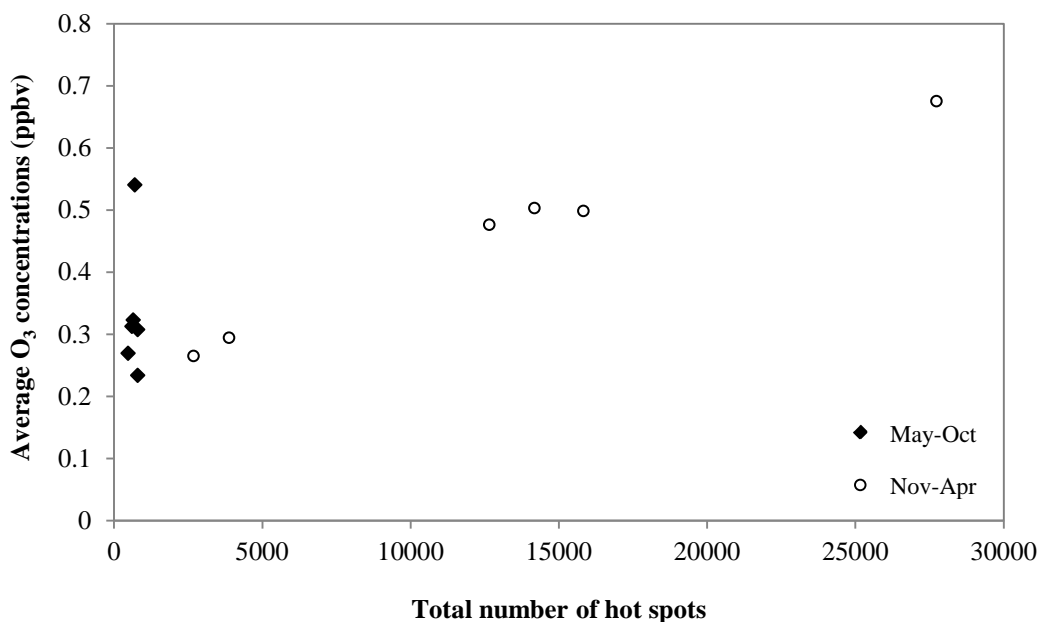
จากรูปที่ 3.45 จะเห็นว่าความเข้มข้นไอโซนจะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่ boundary layer หรือที่ระดับความสูงต่ำกว่า 3 km ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการพิจารณาการแปรค่าความเข้มข้นไอโซนใน boundary layer ตามฤดูกาล ดังแสดงในรูปที่ 3.49



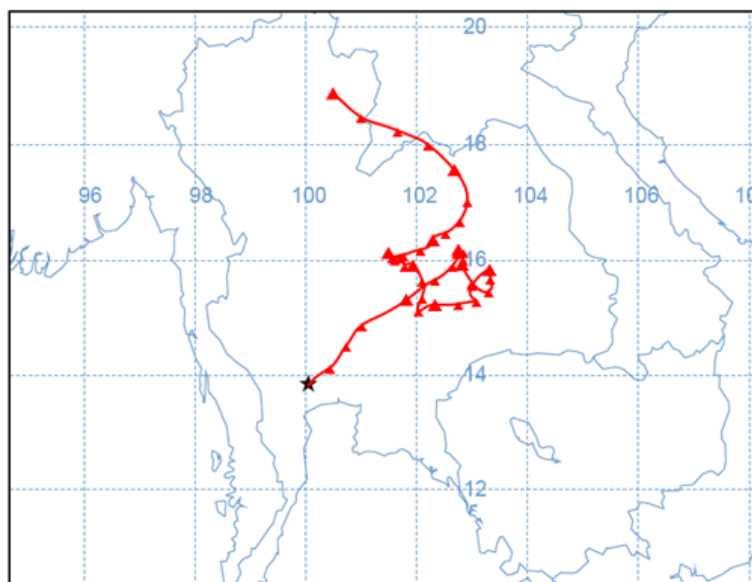
รูปที่ 3.49 ความเข้มข้นโอโซนที่ระดับความสูงต่ำกว่า 3 km ซึ่งวัดด้วย ozonesonde ใน (a) ฤดูฝน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม 2014 และ (b) ฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2014-เมษายน 2015 วงกลมที่สีแดงแสดงระดับความเข้มข้นโอโซนสูงสุด

จากรูปที่ 3.49(a) แสดงให้เห็นว่าในช่วงฤดูฝน ความเข้มข้นโอโซนสูงสุด (local maximum ozone concentration) ใน boundary layer มีค่าประมาณ 46 ppbv ในวันที่ 13 มิถุนายน 2014 ส่วนในเดือนอื่นๆ ความเข้มข้นโอโซนจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 ppbv ยกเว้นในวันที่ 8 สิงหาคม 2014

ที่ไม่ปรากฏความเข้มข้นโอโซนสูงสุดที่ชั้นความสูงดังกล่าว สำหรับในวันที่ 28 ตุลาคม 2014 จะปรากฏพีคของโอโซนใน boundary layer ที่ระดับความสูงประมาณ 1.3 km และพบว่าความเข้มข้นโอโซนที่ระดับความสูง 3 km มีค่าสูงกว่า แสดงให้เห็นว่าในฤดูฝน ความเข้มข้นโอโซนใน boundary layer มีค่าต่ำกว่าในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนกลางและตอนบน ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ส่งผลให้โอโซนและสารตั้งต้นของโอโซนใน boundary layer มีค่าลดลง (Janjai et al., 2014; 2015) กรณีของฤดูแล้ง ความเข้มข้นโอโซนสูงสุดใน boundary layer จะมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน โดยมีค่าประมาณ 75 ppbv ที่ระดับความสูง 2 km ในวันที่ 10 มีนาคม 2015 (รูปที่ 3.49(b)) ซึ่งความเข้มข้นโอโซนใน boundary layer จะมีค่าที่สูงกว่าในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนกลางและตอนบน เพราะได้รับอิทธิพลของไฟป่าและการเผาไหม้ของเสียทางการเกษตรจากพื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศไทย และจากประเทศพม่า ลาว และกัมพูชา (รูปที่ 3.50) ซึ่งมีการแพร่กระจาย (long-range transport) มายังพื้นที่กรุงเทพฯ (ดังรูปที่ 3.51) โดย transport เป็นกลไกที่สำคัญของการเกิดโอโซนในพื้นที่กรุงเทพฯ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pochanart และคณะ (2001) ที่พบว่าความเข้มข้นโอโซนสูงสุดในชั้นโทรโพสเฟียร์มีค่าสูงถึง 70 ppbv ระหว่างเดือนมีนาคม-เมษายน (ฤดูแล้ง) ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ชีวมวลจากภาคใต้ของจีน พม่า และภาคเหนือของไทย ส่งผลต่อสารตั้งต้นในการสร้างโอโซนใน boundary layer และสอดคล้องกับงานของ Ojha และคณะ (2014) ที่พบว่าความเข้มข้นโอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนล่างที่สถานี Nainital ซึ่งตั้งอยู่บริเวณเทือกเขาหิมาลัยตอนกลางมีค่าสูงประมาณ 96 ppbv ในช่วงฤดูใบไม้ผลิและมีค่าสูงกว่าที่สถานี Ahmedabad ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านตะวันตกของอินเดียในช่วงเวลาเดียวกัน โดย Ojha และคณะพบว่าการที่ระดับโอโซนมีค่าสูงขึ้นมีสาเหตุหลักมาจากมลพิษที่เกิดขึ้นในภูมิภาค Indo-Gangetic Plain (IGP) และอิทธิพลของการเผาไหม้ชีวมวลบริเวณตอนเหนือของอินเดีย ดังนั้น จากผลการตรวจวัดโปรไฟล์ของโอโซนที่ผู้วิจัยวัดได้จะสนับสนุนการค้นพบข้างต้นและเป็นการยืนยันว่าการ transport ในบรรยากาศชั้นบนของชั้นโทรโพสเฟียร์จากที่ราบสูงทางภาคเหนือเป็นกลไกสำคัญในการสร้างโอโซนในพื้นที่กรุงเทพฯ นอกจากนี้ยังอาจได้รับมลพิษทางอากาศ (โอโซนและสารตั้งต้นโอโซน) จากภูมิภาคอื่นๆ ของทวีปเอเชียร่วมด้วย (Yonemura et al., 2002; Liu et al., 1999)



รูปที่ 3.50 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน hot spot ต่อเดือนที่ได้จากการวัดในบริเวณประเทศไทย พม่า ลาว และกัมพูชา กับความเข้มข้น โอโซนที่พื้นผิวรายวันเฉลี่ยต่อเดือนที่วัดได้ที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา



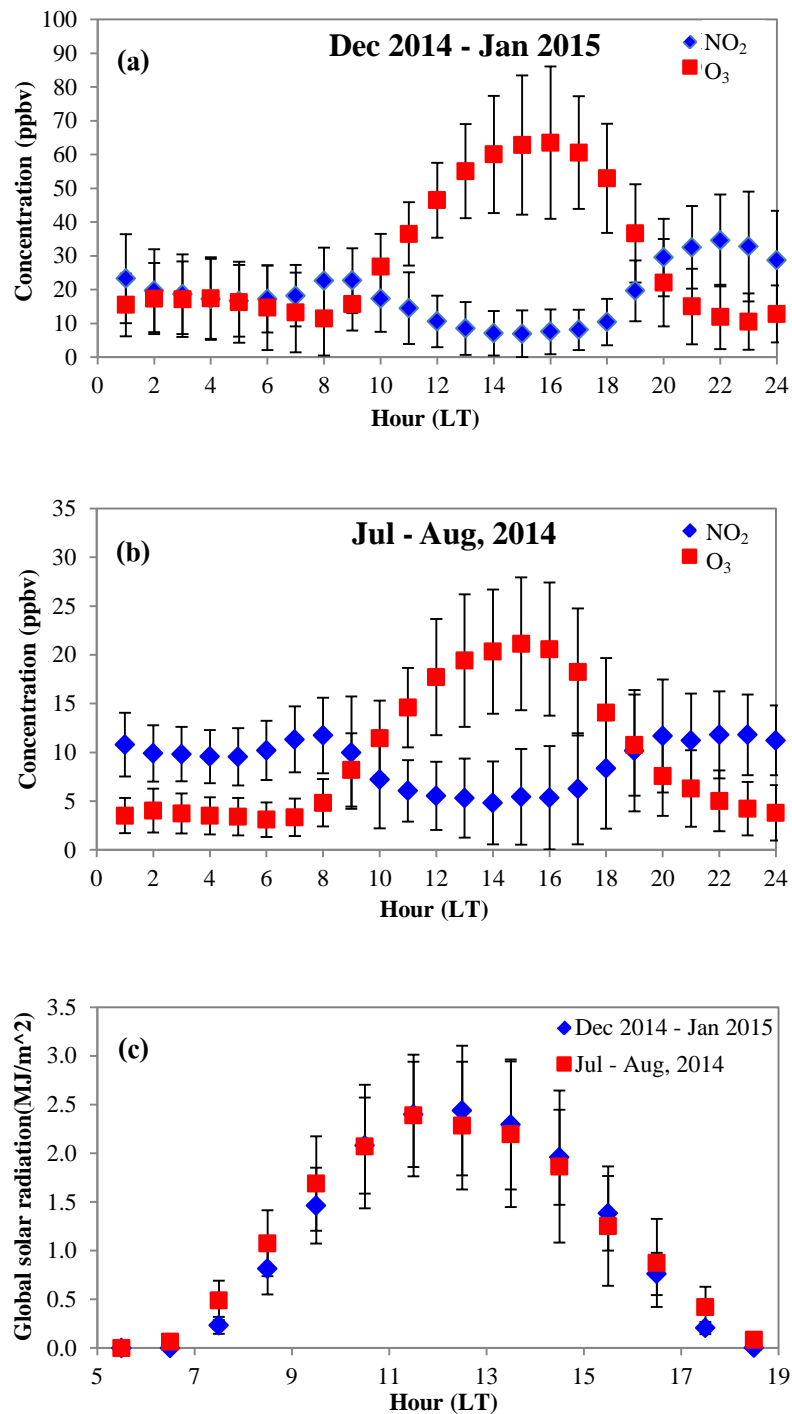
รูปที่ 3.51 การเคลื่อนที่ของมวลอากาศที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา ย้อนหลัง 10 วัน (HYSPLIT back trajectory) ก่อนหน้าวันที่ 25 พฤศจิกายน 2014 ณ เวลา 07.00 น. ที่ระดับความสูง 1 km โดยแกนตั้งจะแทนตำแหน่งของละติจูด แกนนอนแทนตำแหน่งของลองจิจูด ส่วนดาวแทนตำแหน่งของสถานีที่ทำการตรวจวัดในงานนี้

ในโครงการนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวด้วย เนื่องจากโอโซนที่พื้นผิวมีการแปรค่าตามฤดูกาลที่ชัดเจน ถ้าพิจารณาจากลักษณะทางสถิติรายเดือนของมลพิษทางอากาศ ดังตารางที่ 3.3 จะพบว่าปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยตลอดทั้งปี ในขณะที่ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และโอโซน (O₃) จะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยจะเห็นว่าระดับก๊าซโอโซนจะมีค่าสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์/มีนาคม ขณะที่ระดับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะมีค่าสูงสุดในช่วงเวลาดังกล่าว จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะมีผลต่อระดับก๊าซโอโซนที่พื้นผิว

ตารางที่ 3.3 ค่าสถิติรายเดือนของมลพิษทางอากาศในปี ค.ศ. 2014 ที่กรมอุตุนิยมหาวิทยาลัย บางนา ซึ่งวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ (ค่าภายในวงเล็บคือค่าที่อยู่ในช่วงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5-95)

เดือน	CO (ppmv)	SO ₂ (ppbv)	NO ₂ (ppbv)	O ₃ (ppbv)
มกราคม	1.0 (2.0-0.2)	4 (8-2)	30 (79-7)	31 (82-2)
กุมภาพันธ์	0.7 (2.3-0.1)	4 (7-2)	5 (22-0)	32 (52-10)
มีนาคม	0.5 (1.3-0.2)	5 (7-0)	3 (16-0)	32 (50-11)
เมษายน	0.7 (1.0-0.3)	2 (4-1)	7 (23-2)	26 (65-11)
พฤษภาคม	0.5 (1.0-0.3)	3 (8-1)	11 (26-3)	17 (52-3)
มิถุนายน	0.6 (1.0-0.3)	4 (8-1)	8 (18-2)	13 (31-1)
กรกฎาคม	0.5 (1.0-0.5)	4 (11-2)	10 (18-1)	9 (30-2)
สิงหาคม	0.6 (1.3-0.0)	4 (10-2)	9 (18-1)	7 (35-1)
กันยายน	0.5 (0.9-0.1)	4 (9-1)	9 (18-4)	7 (40-1)
ตุลาคม	0.8 (1.7-0.4)	3 (6-20)	16 (38-4)	13 (65-1)
พฤศจิกายน	0.8 (1.7-0.3)	3 (7-0)	17 (44-4)	16 (64-3)
ธันวาคม	0.9 (1.8-0.3)	3 (6-0)	17 (43-3)	23 (65-2)

ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการแปรค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และโอโซนตามเวลาในรอบวันและฤดูกาลคือ รังสีอาทิตย์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และความเข้มข้นก๊าซโอโซนที่พื้นผิวมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 3.52



รูปที่ 3.52 ข้อมูลเฉลี่ยรายชั่วโมงสำหรับ (a)ความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวและความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่พื้นผิวระหว่างเดือนธันวาคม 2014-มกราคม 2015 (ฤดูแล้ง) (b) ความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวและความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่พื้นผิวระหว่างเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2014 (ฤดูฝน) และ (c) ความเข้มรังสีอาทิตย์ระหว่างเดือนธันวาคม 2014-มกราคม 2015 และเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2014

จากรูปที่ 3.52 พบว่าการแปรค่าของความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และโอโซนที่พื้นผิวทั้ง 2 ฤดูกาล มีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือ ความเข้มข้นของโอโซนจะมีค่าสูงในช่วงเวลา กลางวันและมีค่าต่ำในช่วงเวลากลางคืน ขณะที่ความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะมีค่าต่ำ ในช่วงเวลากลางวัน และมีค่าสูงในช่วงเวลากลางคืน โดยจะเห็นว่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนได ออกไซด์และโอโซนจะสอดคล้องกับค่าความเข้มข้นรังสีอาทิตย์ เนื่องจากรังสีอาทิตย์เป็นปัจจัยที่ สำคัญต่อปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลของการสร้างและการสลายตัวของโอโซน ในขณะที่ความเข้มข้น ของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะส่งผลต่อการสร้างและการสลายตัวของโอโซนผ่านวัฏจักรคะ ตะไลติกของ NO_x (Crutzen, 1995; Seinfeld and Pandis, 2006)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยคาดว่าทิศทางลมยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการแปรค่าของโอโซน ตามฤดูกาล โดยการเปลี่ยนแปลงทิศทางลมจะเกี่ยวข้องกับการ transport ของสารตั้งต้น โอโซนที่มาจากภูมิภาคอื่นๆ ในงานนี้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการแจกแจงความถี่ข้อมูลทิศทางลมที่พื้นผิวที่เวลา 07.00 น. และ 16.00 น. ซึ่งวัดที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การแจกแจงความถี่ข้อมูลทิศทางลมพื้นผิวรายวันที่เวลา (A) 07.00 น. และ (B) 16.00 น. ในปี ค.ศ. 2014 ที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา โดยแบ่งทิศทางลมเป็น 8 ทิศทาง ได้แก่ ลมเหนือ (north; N) ลมตะวันออกเฉียงเหนือ (northeast; NE) ลมตะวันออก (east; E) ลมตะวันออกเฉียงใต้ (southeast, SE) ลมใต้ (south; S) ลมตะวันตกเฉียงใต้ (southwest; SW) ลมตะวันตก (west; W) และลมตะวันตกเฉียงเหนือ (northwest; NW) ข้อมูลที่มีค่าเกิน 40% จะเขียนด้วยตัวหนา

(A)

เดือน	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	ไม่มีข้อมูล
มกราคม	0	43	29	0	0	0	0	29	77
กุมภาพันธ์	0	43	0	0	57	0	0	0	75
มีนาคม	0	0	0	20	80	0	0	0	52
เมษายน	0	20	0	0	67	0	7	0	50
พฤษภาคม	0	0	7	0	82	9	9	0	64
มิถุนายน	0	0	0	0	18	18	64	0	61
กรกฎาคม	0	0	10	0	45	45	0	0	64
สิงหาคม	0	0	7	0	36	36	21	0	55
กันยายน	0	0	11	0	11	33	33	0	68
ตุลาคม	25	62	0	0	13	0	0	1	71
พฤศจิกายน	7	64	29	0	0	0	0	0	48
ธันวาคม	9	82	0	0	0	0	0	0	64

(B)

เดือน	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	ไม่มีข้อมูล
มกราคม	0	44	6	6	31	12	0	1	45
กุมภาพันธ์	0	14	8	12	54	12	0	0	7
มีนาคม	0	6	6	3	79	6	0	0	0
เมษายน	3	10	0	20	43	17	0	0	0
พฤษภาคม	0	0	0	0	74	26	0	7	0
มิถุนายน	0	0	0	4	60	36	0	0	20
กรกฎาคม	0	0	0	0	57	40	3	0	3
สิงหาคม	0	0	0	0	29	57	7	7	3
กันยายน	0	0	0	0	30	33	22	15	10
ตุลาคม	0	27	23	4	29	9	4	4	29
พฤศจิกายน	16	36	16	4	12	0	12	4	20
ธันวาคม	4	39	15	8	15	11	0	8	16

จากตารางที่ 3.4 พบว่าในฤดูแล้ง ลมหลักจะเป็นลมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยลมตะวันออกเฉียงเหนือมีกำลังแรงในช่วงเช้าของเดือนธันวาคม (82%) และในช่วงบ่ายของเดือนมกราคม (44%) ส่วนในฤดูฝน ลมหลักเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้โดยมีกำลังแรงในช่วงเช้าของเดือนกรกฎาคม (45%) และในช่วงบ่ายของเดือนสิงหาคม (57%) สำหรับการเปลี่ยนทิศทางลมจากฤดูแล้งมาเป็นลมในฤดูฝน ผู้วิจัยจะพิจารณาจากค่าความถี่ของลมตะวันออกเฉียงเหนือที่มีค่าลดลงตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ขณะที่ลมใต้จะมีความถี่สูงขึ้นในเดือนเดียวกัน โดยลมใต้จะมีความถี่เพิ่มขึ้นจนถึงเดือนพฤษภาคม หลังจากนั้นจะเริ่มมีค่าลดลงและถูกควบคุมโดยลมตะวันตกเฉียงใต้ และเมื่อถึงฤดูแล้ง (ตั้งแต่เดือนตุลาคม) ความถี่ของลมตะวันตกเฉียงใต้จะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่ลมตะวันออกเฉียงเหนือจะมีความถี่สูงขึ้น

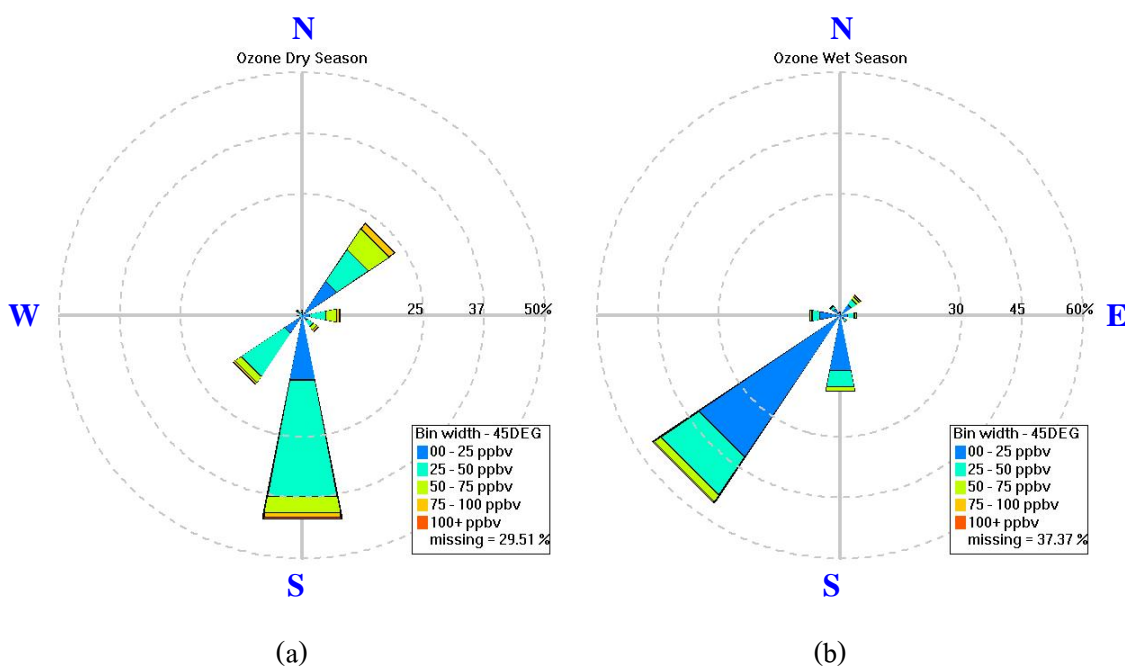
นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทิศทางลมใน boundary layer โดยนำข้อมูลทิศทางลมรายวันที่ระดับความสูงต่ำกว่า 3 km ตั้งแต่เดือนมกราคม 2014 จนถึงมีนาคม 2015 ที่วัดด้วย radiosonde ของกรมอุตุนิยมวิทยา บางนา ซึ่งทำการตรวจวัดที่เวลา 07.00 น. เป็นประจำทุกวัน มาใช้งานเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบปี โดยแบ่งทิศทางลมเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ลมฝ่ายเหนือ ประกอบด้วย ลมตะวันออกเฉียงเหนือ ลมเหนือ และลมตะวันตกเฉียงเหนือ และลมฝ่ายใต้ ประกอบด้วย ลมตะวันตกเฉียงใต้ ลมตะวันออกเฉียงใต้ และลมใต้ ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 3.5 จะเห็นว่าลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (dry NE monsoon) จะถูกควบคุมด้วยลมฝ่ายเหนือในฤดูแล้ง ขณะที่ในฤดูฝน ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (wet SW monsoon) จะถูกควบคุมโดยลมฝ่ายใต้ อย่างไรก็ตาม ทั้งลมฝ่ายใต้และลมฝ่ายเหนือยังคงมีอยู่ทุกเดือน นอกจากนี้ยังพบว่า ลมมรสุมฤดูแล้งจะมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนธันวาคม โดยที่ลมฝ่ายใต้มีค่าเพียง 21% ในขณะที่ลมฝ่ายเหนือจะมีค่าสูงถึง 79% ซึ่งตรงข้ามกับเดือนกรกฎาคม (ช่วงฤดูฝน) ที่พบว่า ลมฝ่ายใต้จะมีค่าสูงถึง 76% ขณะที่ลมฝ่ายเหนือมีค่าเพียง 24% เท่านั้น และจากผลการตรวจวัดโอโซนที่พื้นผิวพบว่า ความเข้มข้นโอโซนจะมีค่าสูงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม (ตารางที่ 3.3) ของทุกปี ซึ่งจากตารางที่ 3.5 จะสังเกตว่าทิศทางลมที่เด่นชัดในช่วงเวลาดังกล่าวจะเป็นลมฝ่ายใต้ (59-83%) อย่างไรก็ตาม ลมฝ่ายเหนือยังคงมีผลต่อความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่าอยู่ในช่วง 17-41%

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลทิศทางลมรายวันที่ระดับความสูงต่ำกว่า 3 km ตั้งแต่เดือนมกราคม 2014-มีนาคม 2015 ซึ่งวัดด้วย radiosonde ของกรมอุตุนิยมวิทยา บางนา โดยแบ่งทิศทางลมออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ลมฝ่ายเหนือ (ลมตะวันออกเฉียงเหนือ ลมเหนือ และลมตะวันตกเฉียงเหนือ) และลมฝ่ายใต้ (ลมตะวันตกเฉียงใต้ ลมใต้ และลมตะวันออกเฉียงใต้) โดยที่ค่าภายในวงเล็บเป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ปี	เดือน	ลมฝ่ายเหนือ (%)	ลมฝ่ายใต้ (%)
2014	มกราคม	79 (± 24)	21 (± 24)
2014	กุมภาพันธ์	26 (± 31)	74 (± 31)
2014	มีนาคม	17 (± 19)	83 (± 19)
2014	เมษายน	20 (± 17)	80 (± 17)
2014	พฤษภาคม	21 (± 25)	79 (± 25)
2014	มิถุนายน	19 (± 25)	81 (± 25)
2014	กรกฎาคม	24 (± 33)	76 (± 33)
2014	สิงหาคม	30 (± 28)	70 (± 28)
2014	กันยายน	55 (± 33)	45 (± 33)
2014	ตุลาคม	65 (± 31)	35 (± 31)
2014	พฤศจิกายน	68 (± 32)	32 (± 32)
2014	ธันวาคม	79 (± 21)	21 (± 21)
2015	มกราคม	70 (± 30)	30 (± 30)
2015	กุมภาพันธ์	41 (± 40)	59 (± 40)
2015	มีนาคม	33 (± 23)	67 (± 23)

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น พบว่าทิศทางลมจะมีความเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นโอโซน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นโอโซนร่วมกับทิศทางลม โดยนำเสนอในรูปของไดอะแกรม (รูปที่ 3.53) ซึ่งพบว่า ความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวในฤดูแล้งจะมีค่าสูงกว่า 75 ppbv เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมตะวันออกเฉียงเหนือและลมใต้ และได้รับอิทธิพลจากลมตะวันตกเฉียงใต้เพียงเล็กน้อยประมาณ 10-15% ส่วนลมในทิศอื่นๆ จะส่งผลต่อความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวน้อยมาก สำหรับในฤดูฝน พบว่าความเข้มข้นโอโซนจะมีค่าต่ำกว่า 75 ppbv โดยมี

เพียง 2% เท่านั้นที่มีค่าเกิน 50 ppbv (รูปที่ 3.53(b)) ซึ่งความเข้มข้นโอโซนที่มีค่าเกิน 50 ppbv นี้เกิดจากอิทธิพลของลมใต้และลมตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนลมในทิศทางอื่นจะไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการ transport ของโอโซน การที่ความเข้มข้นโอโซนที่พื้นผิวมีค่าต่ำในฤดูฝนอาจเกิดจากสารตั้งต้นโอโซนถูกชะล้างโดยเมฆฝนเนื่องจากได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Janjai et al., 2015)



รูปที่ 3.53 ไลอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโอโซนและทิศทางลมที่พื้นผิว ซึ่งทำการวัดที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา โดยแบ่งเป็น (a) ฤดูแล้ง (พฤศจิกายน 2014-เมษายน 2015) และ (b) ฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม 2014) โดยแถบสีจะแทนค่าความเข้มข้นโอโซนในหน่วย ppbv ส่วนรัศมีของวงกลมจะแทนค่าความเข้มข้นโอโซนในรูปของเปอร์เซ็นต์ และแบ่งวงกลมออกเป็น 8 ส่วน แทนทิศทางลมทั้ง 8 ทิศ ได้แก่ ลมเหนือ ลมตะวันออกเฉียงเหนือ ลมตะวันออก ลมตะวันออกเฉียงใต้ ลมใต้ ลมตะวันตกเฉียงใต้ ลมตะวันตก และลมตะวันออกเฉียงเหนือ

การที่ความเข้มข้นโอโซนมีค่าสูงในฤดูแล้งอาจเกิดจากอิทธิพลของการเผาไหม้ชีวมวลจากภาคเหนือของประเทศไทย (Pochanart et al., 2001; Sonkaew and Macatangay, 2015) ซึ่งจากรูปที่ 3.53(a) แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นโอโซนจะมีค่าสูงในทิศทางของลมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้จะสังเกตเห็นว่าลมใต้ก็เป็นลมอีกทิศทางหนึ่งที่ส่งผลให้ความเข้มข้นโอโซนมีค่าสูง

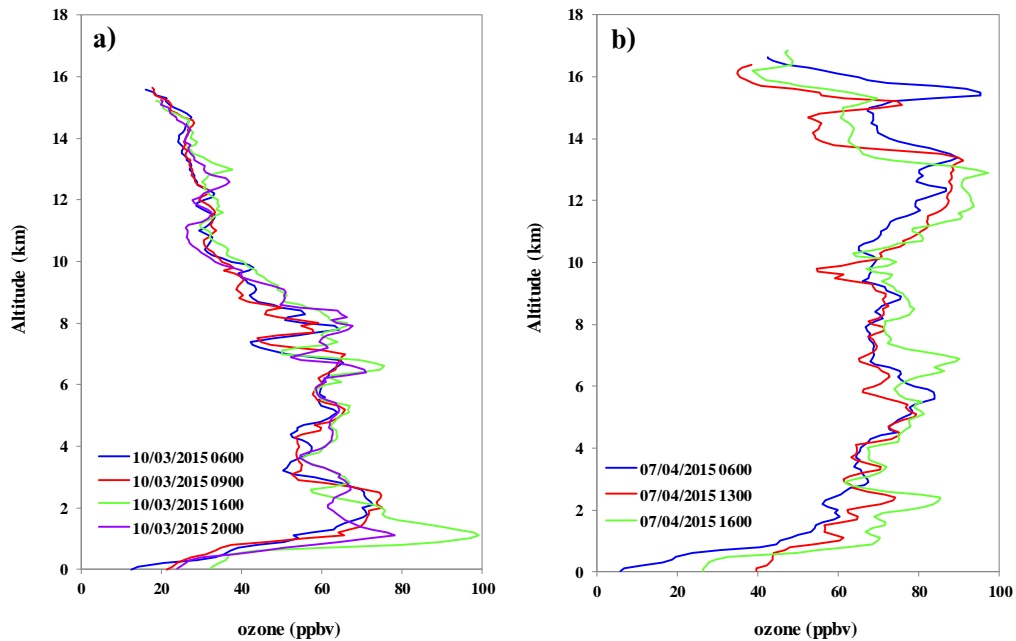
ในช่วงฤดูแล้ง (ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน) จากข้อสังเกตดังกล่าวเป็นสิ่งที่น่าสนใจมาก เพราะลมใต้เป็นลมที่พัดมาจากอ่าวไทยและจะนำมวลอากาศที่สะอาดเข้ามา จึงไม่น่าเป็นสาเหตุให้ความเข้มข้นโอโซนสูงได้ ดังนั้น ความเข้มข้นโอโซนที่มีค่าสูงในช่วงเวลาดังกล่าวอาจเป็นผลมาจาก re-circulation pattern

สำหรับอิทธิพลจากการเผาไหม้ชีวมวลที่เกิดจากไฟป่าของประเทศอินโดนีเซียนั้นจะไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นโอโซนที่สูงขึ้นในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากไฟป่าของประเทศอินโดนีเซียจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนตุลาคม (Lestari et al., 2014; Field and Shen, 2008) ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนของประเทศไทย

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นทำให้ผู้วิจัยทราบว่าปัจจัยที่ส่งผลให้ความเข้มข้นโอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์ ได้แก่ ทิศทางลม รังสีอาทิตย์ ปริมาณของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ การเคลื่อนย้ายมวลอากาศในแนวตั้ง (vertical transport) การแพร่กระจาย (diffusion) และ long-range transport นอกจากนี้ สาเหตุที่ทำให้ความเข้มข้นโอโซนมีค่าสูงที่สถานีตรวจวัดโปรไฟล์ของโอโซน ได้แก่ แหล่งที่มาของโอโซนและสารตั้งต้นโอโซน ซึ่งเชื่อว่าเกิดจากอิทธิพลของการเผาไหม้ชีวมวล (Crutzen et al., 1985; Liu et al., 1999; Pochanart et al., 2001; Zhang and Kim Oanh, 2002; Sonkaew and Macatangay, 2015)

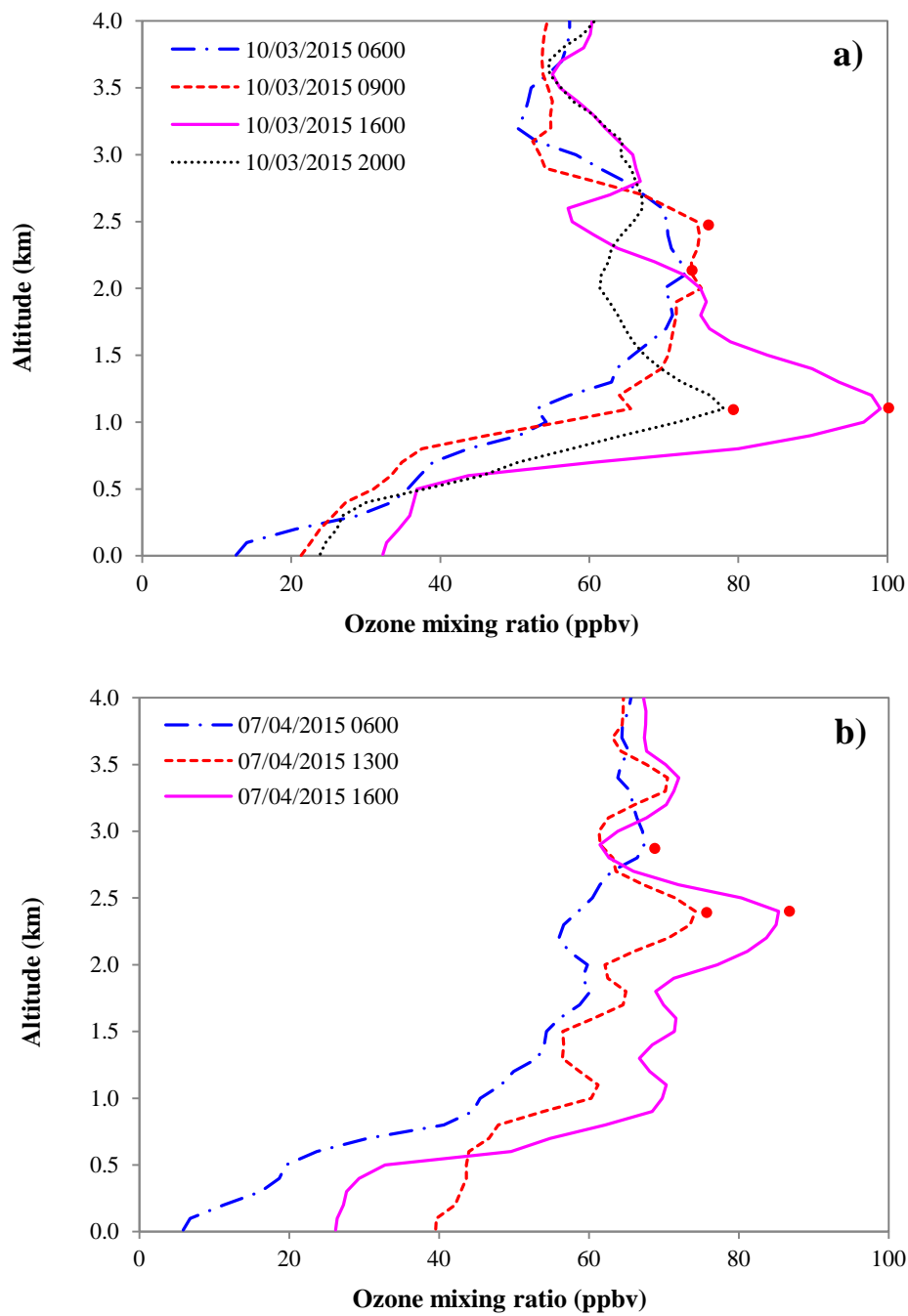
3.4.2.2 การแปรค่าตามรอบวันของโอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์

ในงานนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการแปรค่าโปรไฟล์โอโซนตามรอบวัน โดยผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษาในวันที่ 10 มีนาคม 2015 ที่เวลา 06.00 09.00 16.00 และ 20.00 น. และวันที่ 7 เมษายน 2015 ที่เวลา 06.00 13.00 และ 16.00 น. ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.54



รูปที่ 3.54 การแปรค่าตามรอบวันของโปรไฟล์โอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์ของวันที่ (a) 10 มีนาคม และ (b) 7 เมษายน 2015 ที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา

ผลที่ได้จากการวัดโปรไฟล์โอโซนในวันที่ 10 มีนาคม 2015 ที่เวลา 06.00 09.00 16.00 และ 20.00 น. (รูปที่ 3.54(a)) และวันที่ 7 เมษายน 2015 ที่เวลา 06.00 13.00 และ 16.00 น. (รูปที่ 3.54(b)) พบว่า ความเข้มข้นโอโซนเริ่มมีค่าสูงขึ้นตั้งแต่ช่วงเช้า (06.00 น.) จนถึงค่าสูงสุดในช่วงบ่าย (16.00 น.) และลดลงในเวลากลางคืน (20.00 น.) โดยถ้าพิจารณาความเข้มข้นโอโซนที่ระดับความสูง 0-4 km (รูปที่ 3.55 และตารางที่ 3.6) พบว่า ความเข้มข้นโอโซนมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 20.8-24.7 DU โดยมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 18.9% ในเดือนมีนาคม สำหรับเดือนเมษายน ค่าโอโซนที่ระดับความสูงดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มขึ้น 25.2% การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นโอโซนนี้อาจเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลที่พื้นผิวและการเคลื่อนย้ายของโอโซนจากชั้นบนลงมา (downward transport) ซึ่งเกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลเช่นกัน และจากผลโปรไฟล์ของโอโซนที่ได้จะเห็นว่าพีคความเข้มข้นโอโซนจะเกิดขึ้นในช่วงบ่าย (16.00 น.)

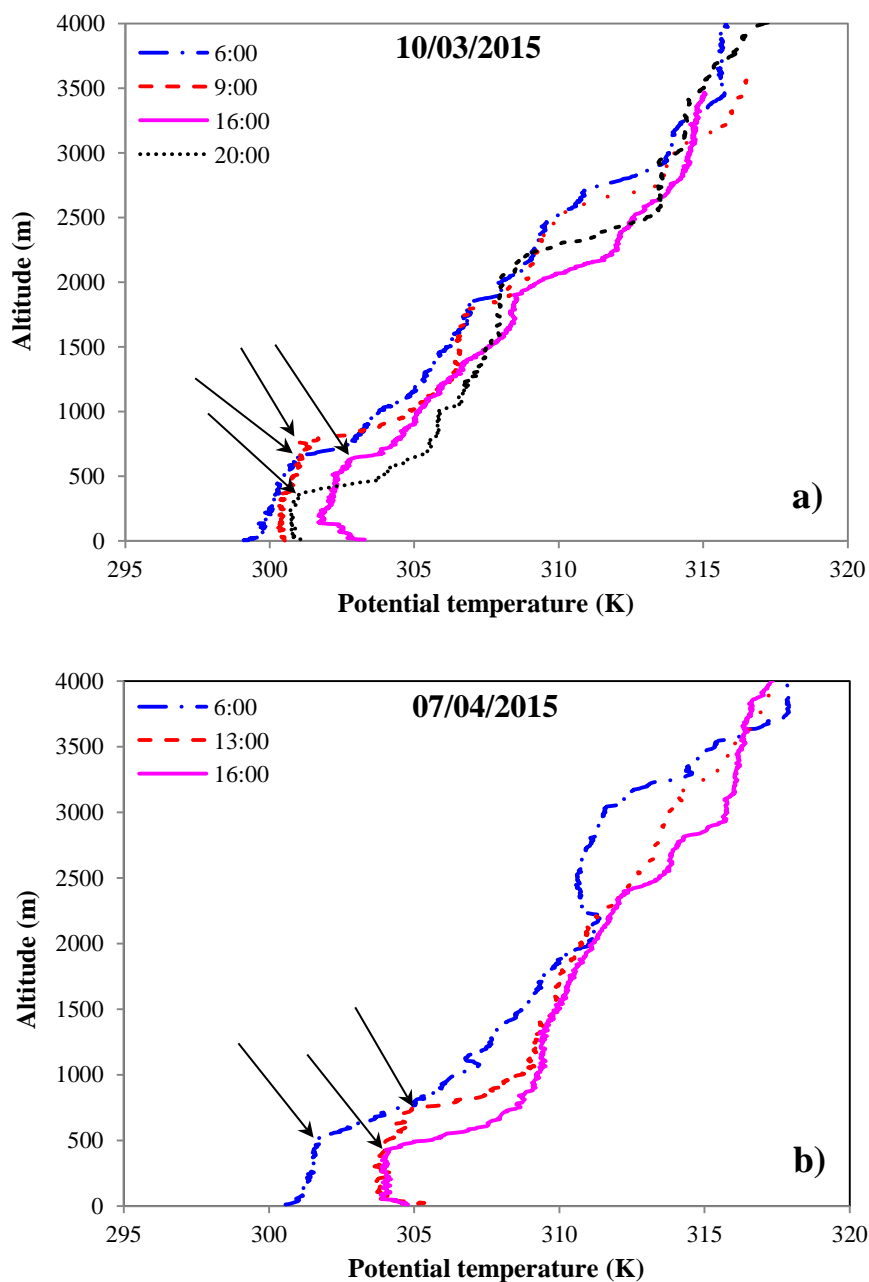


รูปที่ 3.55 การแปรค่าตามรอบวันของอัตราส่วนผสมของโอโซน (ozone mixing ratio) ซึ่งวัดด้วย ozonesonde ที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา ในวันที่ (a) 10 มีนาคม 2015 และ (b) 7 เมษายน 2015 โดยวงกลมที่สีแดงแสดงตำแหน่งที่เกิดพิกความเข้มข้นโอโซน

ตารางที่ 3.6 พิกัดความเข้มข้นโอโซน (ppbv) และปริมาณโอโซน (DU) ในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนล่าง (0-4 km) ในวันที่ 10 มีนาคม และ 7 เมษายน 2015

วัน เดือน ปี	พารามิเตอร์	เวลา (LT)				
		06:00	09:00	13:00	16:00	20:00
10 มีนาคม 2015	พิกัดความเข้มข้นโอโซน (ppbv)	72.8	75.0	-	99.0	78.1
	ปริมาณโอโซนที่ความสูง 0 - 4 km (DU)	20.8	21.0	-	24.7	22.0
7 เมษายน 2015	พิกัดความเข้มข้นโอโซน (ppbv)	67.4	-	74.2	85.3	-
	ปริมาณโอโซนที่ความสูง 0 - 4 km (DU)	18.9	-	22.2	23.7	-

ในด้านของโปรไฟล์ของอุณหภูมิศักย์ (potential temperature profile) ที่วัดได้ในวันที่ 10 มีนาคม และ 7 เมษายน 2015 ที่เวลาต่างๆ กัน (รูปที่ 3.56) แสดงให้เห็นว่า ผลของความร้อนสัมผัส (sensible heating) ในบรรยากาศจะปรากฏอย่างชัดเจนใน boundary layer โดยสังเกตได้จากโปรไฟล์ของอุณหภูมิศักย์ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงในแนวตั้งซึ่งแสดงให้เห็นถึงสภาพบรรยากาศที่เป็นกลาง (neutral condition) และมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิที่คงตัว (stable lapse rate) (Stull, 1988) จากรูปที่ 3.56(a) พบว่าระดับความสูงผสม (mixing height) จะเกิดที่ระดับความสูง 700 m (09.00 น.) 600 m (16.00 น.) และ 350 m (20.00 น.) และสำหรับในวันที่ 7 เมษายน 2015 จะพบระดับความสูงผสมที่ระดับ 500 m (06.00 น.) 750 m (13.00 น.) และ 400 m (16.00 น.) อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดที่เวลา 06.00 น. จะไม่พบสภาพบรรยากาศที่เป็นกลาง (รูปที่ 3.56(b))



รูปที่ 3.56 การแปรค่าตามรอบวันของโปรไฟล์อุณหภูมิศักย์ ซึ่งวัดด้วย ozonesonde ที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา ในวันที่ (a) 10 มีนาคม 2015 และ (b) 7 เมษายน 2015 โดยลูกศรสีดำแสดงระดับความสูงผสม

จากผลของโปรไฟล์อุณหภูมิศักย์ที่วัดได้ในงานนี้ ผู้วิจัยพบว่า mixing layer มีค่าไม่สูงมากนัก โดยมีความสูงไม่ถึง 1,000 m แต่มีความเป็นไปได้ที่ความเข้มข้นโอโซนจะมีค่าสูงที่ระดับความสูงต่ำกว่า 1,000 m เนื่องจากเกิดการผสมกันและ downward transport ของโอโซนใน boundary

layer ที่มีสภาพเป็นกลางและสะสมมากขึ้นในระหว่างวัน (รูปที่ 3.56(b)) อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยไม่สามารถแสดงกระบวนการดังกล่าวให้เห็นได้อย่างชัดเจนนักเนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการปล่อยบัลลูนตามเวลาในรอบวันในงานนี้มีค่อนข้างจำกัด

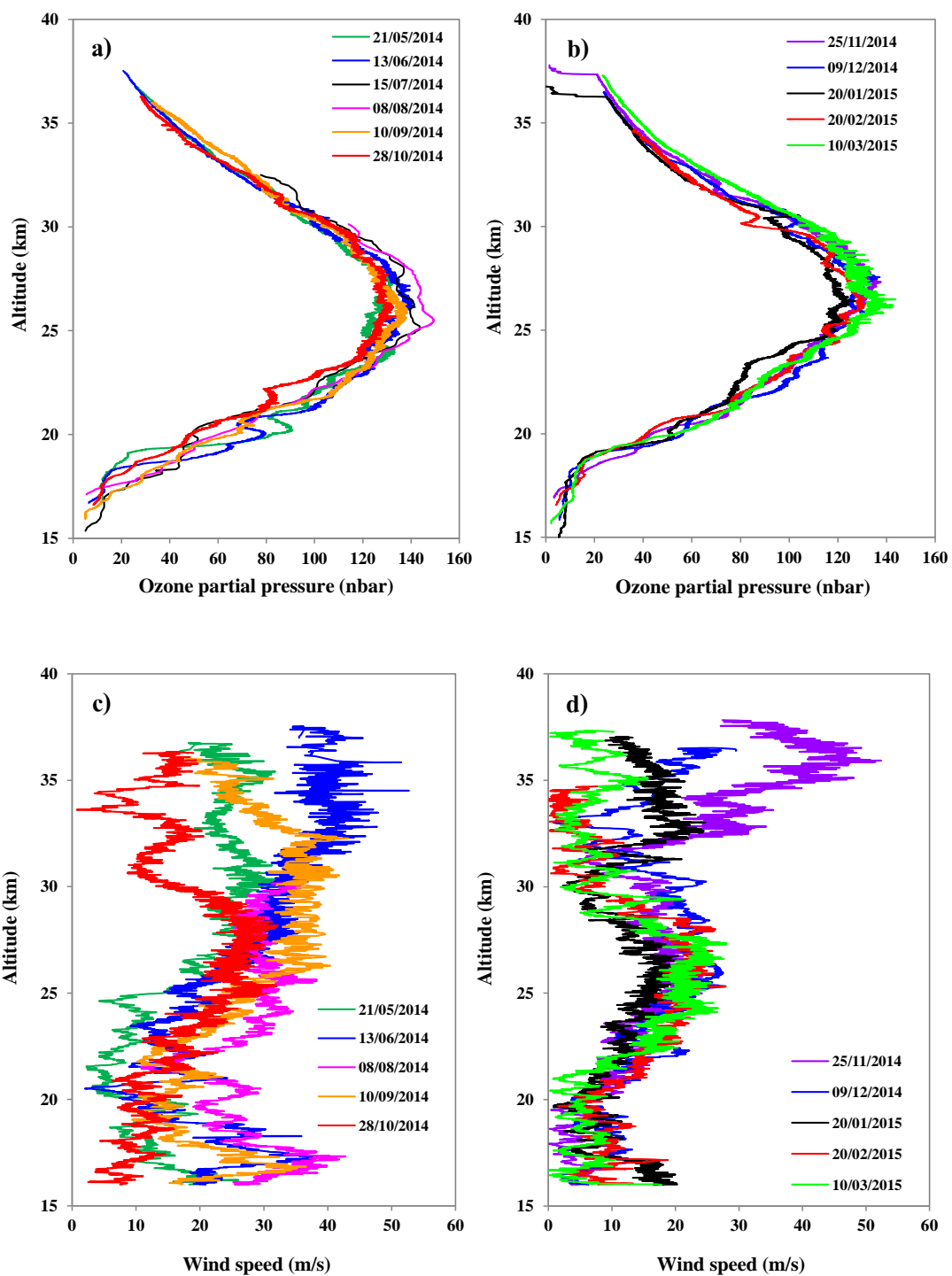
3.4.3 กรณีศึกษาโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์

นอกจากการศึกษาโปรไฟล์ของโอโซนในชั้นโทรโปสเฟียร์แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโปรไฟล์ของโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ด้วย เนื่องจากมีความสำคัญต่อการลดทอนรังสีอาทิตย์ในช่วงอัลตราไวโอเล็ต โดยจะศึกษาการแปรค่าตามฤดูกาลและตามรอบวัน ดังนี้

3.4.3.1 การแปรค่าตามฤดูกาลของโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์

จากทฤษฎีพบว่า โอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์จะขึ้นกับอิทธิพลของกระบวนการพลศาสตร์และปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลเป็นหลัก ดังนั้นในการพิจารณาการแปรค่าโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโอโซนร่วมกับความเร็วลม ดังแสดงในรูปที่

3.57



รูปที่ 3.57 การแปรค่าตามฤดูกาลของโปรไฟล์โอโซนและความเร็วลมในชั้นสตราโตสเฟียร์ ระหว่าง ฤดูฝน (a, c) และฤดูแล้ง (b, d) ซึ่งทำการตรวจวัดที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา เวลา 09.00 น.

จากรูปที่ 3.57(a) และ 3.57(b) พบว่าที่ระดับความสูง 16-26 km ไอโซนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความสูงในช่วงฤดูฝน และพีคความเข้มข้นไอโซนจะปรากฏที่ความสูง 25-26 km โดยพีคความเข้มข้นไอโซนจะมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม และต่ำสุดในเดือนพฤษภาคมและตุลาคม ขณะที่ในฤดูแล้ง ไอโซนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความสูงที่ระดับความสูง 15-28 km โดยมีพีคความเข้มข้นไอโซนสูงสุดในเดือนมีนาคมและต่ำสุดในเดือนมกราคม โดยที่พีคความเข้มข้นไอโซนในเดือนมกราคมจะมีค่าต่ำสุดในรอบปี การแปรค่าของไอโซนในช่วงความสูงนี้จะสอดคล้องกับการแปรค่าความเข้มข้นรังสีอัลตราไวโอเลตนอกบรรยากาศโลกในเขตศูนย์สูตร กล่าวคือ รังสีอัลตราไวโอเลตนอกบรรยากาศโลกจะมีค่าต่ำในช่วงต้นปี และค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคมถึงเมษายน จากนั้นจะลดลงและเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเดือนสิงหาคมและกันยายน และลดลงจนมีค่าต่ำสุดในช่วงปลายปี

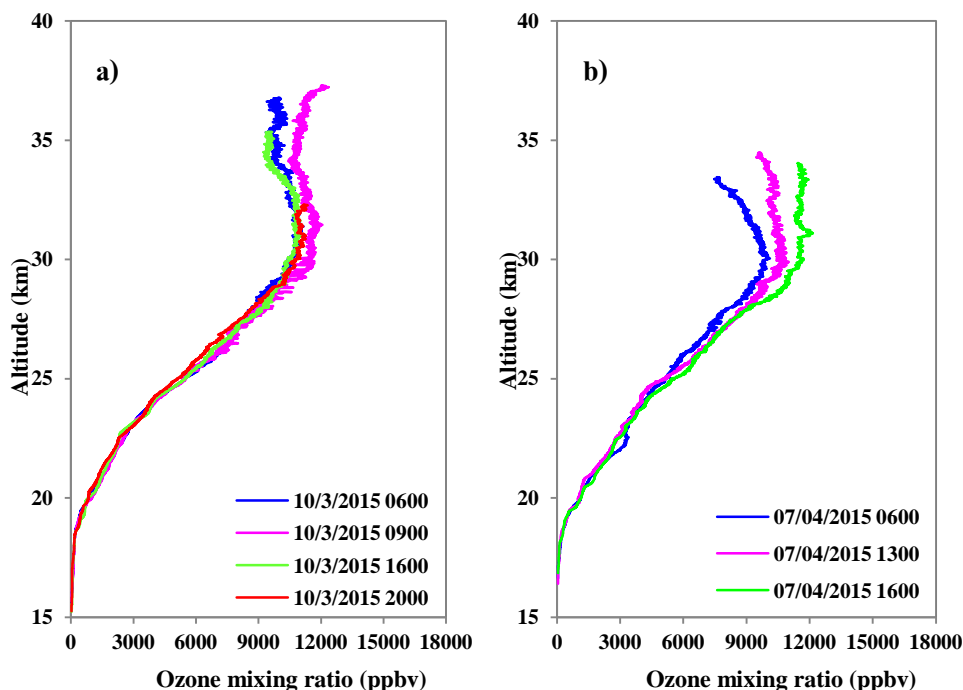
สำหรับความเร็วลมในชั้นสตราโตสเฟียร์พบว่า ในฤดูฝน ความเร็วลมที่ระดับความสูง 16-22 km มีแนวโน้มลดลงตามความสูง (ยกเว้นในเดือนตุลาคม) ส่วนที่ระดับความสูง 22-28 km ความเร็วลมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามความสูง และที่ความสูงมากกว่า 28 km ความเร็วลมมีแนวโน้มลดลงตามความสูง (ยกเว้นในเดือนมิถุนายน) ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.57(c) การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผลให้ไอโซนมีค่าเพิ่มสูงขึ้น สำหรับในฤดูแล้ง ความเร็วลมที่ระดับความสูง 15-20 km มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่และจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความสูงในช่วงความสูง 20-28 km ส่วนที่ความสูงมากกว่า 28 km ขึ้นไป ความเร็วลมจะมีแนวโน้มลดลงในเดือนธันวาคม มกราคมและกุมภาพันธ์ แต่จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามความสูงในเดือนพฤศจิกายนและมีนาคม ซึ่งจากรูปที่ 3.57(d) แสดงให้เห็นว่า ความเร็วลมส่วนใหญ่ในช่วงฤดูแล้งมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักถ้าเทียบกับในฤดูฝน สำหรับพีคความเข้มข้นไอโซนในช่วงฤดูฝนจะมีระดับความสูงต่ำกว่าในฤดูแล้ง โดยจะอยู่ที่ความสูงประมาณ 25-26 km ในฤดูฝน และ 27-28 km ในฤดูแล้ง

จากผลการตรวจวัดโปรไฟล์ของไอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ตอนล่างพบว่า ไอโซนกระจายตัวอย่างหนาแน่นที่ระดับความสูง 22-28 km โดยการกระจายตัวของไอโซนจะขึ้นกับปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลและการเคลื่อนตัวของอากาศ

3.4.3.2 การแปรค่าตามรอบวันของไอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์

ในงานนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงไอโซนตามรอบวันในชั้นสตราโตสเฟียร์ โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนผสมของไอโซนแทนการพิจารณาจากค่าความเข้มข้นไอโซน

เนื่องจากสามารถเห็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามรอบวันในชั้นสตราโตสเฟียร์ได้ชัดเจนกว่า ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.58



รูปที่ 3.58 การแปรค่าตามรอบวันของโปรไฟล์โอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ในวันที่ (a) 10 มีนาคม และ (b) 7 เมษายน 2015 ที่กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา ซึ่งทำการตรวจวัดด้วย ozonesonde

จากรูปที่ 3.58(a) พบว่าโปรไฟล์ของโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ที่วัดได้ในวันที่ 10 มีนาคม 2015 จะมีการแปรค่าตามรอบวัน กล่าวคือ พิกความเข้มข้นโอโซนจะมีค่าต่ำในช่วงเช้า บ่าย และค่ำ โดยมีค่าสูงในช่วงเวลากลางวัน (09.00 น.) ซึ่งมีค่าประมาณ 12,000 ppbv (หรือ 12 ppmv) ขณะที่โปรไฟล์ของโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ที่วัดได้ในวันที่ 7 เมษายน 2015 (รูปที่ 3.58(b)) พบว่าพิกความเข้มข้นโอโซนมีค่าต่ำในช่วงเช้า (06.00 น.) และจะค่อยๆ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาเที่ยงวันจนถึงค่าสูงสุดในช่วงบ่าย (16.00 น.) โดยมีค่าสูงประมาณ 12 ppmv ซึ่งใกล้เคียงกับค่าสูงสุดที่วัดได้ในเวลา 09.00 น. ของวันที่ 10 มีนาคม 2015 จากผลการตรวจวัดที่ได้แสดงให้เห็นว่าโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์มีการแปรค่าตามรอบวันและเวลาในรอบปี อย่างไรก็ตามพบว่าพิกความเข้มข้นโอโซนจะมีค่าสูงในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลที่ต้องอาศัยรังสีอาทิตย์เป็นหลัก และอาจมีกระบวนการทางพลศาสตร์อื่นๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ซึ่งในงานนี้ ผู้วิจัยไม่ได้ทำการวิเคราะห์ตัวแปรทางบรรยากาศที่ส่งผลต่อโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ เนื่องจากไม่มีข้อมูลทางบรรยากาศในชั้นสตราโตสเฟียร์ที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์