

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันปัญหามลพิษอากาศจากฝุ่นละอองมีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะมลพิษอากาศ ซึ่งแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศมีสาเหตุหลายประการ เช่น การปล่อยควันจากการเผาไหม้ของโรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ชีวมวลต่างๆ การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ไฟป่า เป็นต้น มลพิษที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกันจะมีผลสารที่ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันด้วย ฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นปัญหามลพิษอากาศที่สำคัญที่สุดของกรุงเทพมหานคร และเมืองใหญ่ของประเทศ ฝุ่นละอองขนาดเล็กหรือฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) หากพบเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ โดยเฉพาะผู้ที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ เด็ก ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจอยู่แล้วจะเป็นผู้ที่ได้รับผลกระทบได้ง่าย กิจกรรมการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญในการวางแผนการจัดการคุณภาพอากาศที่มีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลคุณภาพอากาศที่ได้สามารถนำไปกำหนดมาตรการในการแก้ไขปัญหา การป้องกัน และลดผลกระทบที่เกิดจากปัญหามลพิษทางอากาศต่อไป ปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานเล็งเห็นแล้วว่าควรจะมีการเน้นย้ำและร่วมมือในการแก้ไขจัดการปัญหามลพิษทางอากาศ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลกในตอนนี้มีแนวโน้มที่เปลี่ยนไป การทำงานแบบเอกเทศจะน้อยลง มีการให้ความร่วมมือทางด้านภูมิภาคมากขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน ดังนั้น การเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานทั้งภาครัฐ เอกชน และผู้ที่สนใจทั่วไป จะเป็นการส่งเสริมให้มีกิจกรรมการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านอากาศเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การเฝ้าระวัง และติดตามตรวจสอบสถานการณ์คุณภาพอากาศของประเทศมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [1]

นักวิทยาศาสตร์ผู้เชี่ยวชาญเรื่องสภาพดินฟ้าอากาศของโลก เกิดความสนใจในเรื่องปรากฏการณ์ไฟป่า และเหตุการณ์เผาป่าในภูมิภาคเขตร้อนของโลก เนื่องจากมีความรู้เกี่ยวกับการตัดไม้แล้วเผาป่า หรือไฟป่าที่เกิดเองตามธรรมชาติ ทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศของโลกเพิ่มขึ้นปีละจำนวนมาก ซึ่งเป็นแก๊สที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกบนโลก นักวิทยาศาสตร์ได้คาดคะเนอีกว่าผลกระทบจากการตัดไม้แล้วเผานั้นทำให้เกิดเขม่า และเถ้าถ่านที่มีน้ำหนักถึง 1.6 ล้านตัน คิดเป็น 23% ของคาร์บอนที่มนุษย์ผลิตได้ในแต่ละปี นอกจากการเผาป่าจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นพิษ ทั้งนี้ป่าที่ถูกเผายังปลดปล่อยแก๊สพิษอื่นๆ อีกด้วย เช่น ฝุ่นละออง ไนโตรเจนออกไซด์ และไฮโดรคาร์บอน [2] การเผาชีวมวลเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหา

หมอกควันในช่วงฤดูแล้งของทุกๆ ปีที่ผ่านมา ประเทศต้องประสบกับปัญหานี้เกือบทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะจังหวัดที่มีพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่อยู่อาศัยอยู่ในที่ราบลุ่มระหว่างเทือกเขา อันเป็นภูมิประเทศที่เอื้อต่อการสะสมหมอกควันให้คงอยู่ในพื้นที่นั้นๆ หลายพื้นที่ประสบปัญหาสภาพอากาศเป็นประจำทุกปี เมื่อมีการตรวจพบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ที่ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการขาดความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรที่ไม่รู้ว่าการเผาชีวมวลเป็นการปลดปล่อยธาตุอาหารสำคัญๆ จำนวนมากกลับไปสู่อากาศ ทั้งคาร์บอน (Carbon) ไฮโดรเจน (Hydrogen) และไนโตรเจน (Nitrogen) โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืชทุกชนิด เมื่อธาตุไนโตรเจนกลับคืนสู่บรรยากาศพืชต่างๆ ไป (ยกเว้นพืชตระกูลถั่ว) ก็ไม่สามารถนำกลับมาใช้อีกได้ เกษตรกรก็ต้องซื้อปุ๋ยไนโตรเจนมาใช้ให้พืชอีก แม้สาเหตุสำคัญอันดับหนึ่งของปัญหาหมอกควันจะเกิดจากการเผาป่าในช่วงฤดูแล้งที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี แต่สาเหตุสำคัญอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาเศษพืชและตอซังในพื้นที่เกษตรกรรมของเกษตรกร เพราะนับตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนของทุกปี เกษตรกรของไทยจะเริ่มเผาตอซังและเศษวัสดุในไร่นา เพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการทำนาปรังหรือปลูกพืชไร่รอบใหม่ อันเป็นสาเหตุให้ปัญหาหมอกควันในช่วงฤดูแล้งรุนแรงที่สุดในรอบปีของทุกๆ ปี [3]

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคในเขตชุมชนเมือง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีผลต่อความเข้มข้นของอนุภาค เช่น ความเร็วลม ทิศทางลม ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น
- 1.2.3 เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเผาชีวมวลที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของอนุภาคในเขตชุมชนเมือง
- 1.2.4 เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในเขตชุมชนเมือง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของการเผาชีวมวลที่มีผลต่อการกระจายตัวของอนุภาคในเขตชุมชนเมืองจังหวัดปราจีนบุรี โดยมีขอบเขตของงานวิจัยดังนี้

- 1.3.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ที่ศึกษา คือ อำเภอเมืองจังหวัดปราจีนบุรี
- 1.3.2 เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (TSP) ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่าง TSP High Volume Air Sampler โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 6 วัน ระยะเวลา 9 เดือน เฉลี่ย 24 ชั่วโมง วิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของ TSP และคาร์บอนใน TSP

1.3.3 เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่าง PM_{10} High Volume Air Sampler โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 6 วัน ระยะเวลา 9 เดือน เฉลี่ย 24 ชั่วโมง วิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} และคาร์บอนใน PM_{10}

1.3.4 รวบรวมปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีผลต่อความเข้มข้นของอนุภาคในเขตชุมชนเมือง ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น

1.3.5 ศึกษาการเผาชีวมวลที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของอนุภาคในเขตชุมชนเมือง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคในเขตชุมชนเมือง ปราจันบุรี

1.4.2 ทำให้ทราบถึงปัจจัยทางภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของอนุภาคในเขตชุมชนเมืองปราจันบุรี

1.4.3 ทำให้ทราบว่า การเผาชีวมวลส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของอนุภาคในเขตชุมชนเมืองปราจันบุรี

1.4.5 ทำให้ทราบถึงผลกระทบจากการเผาชีวมวลต่อชุมชนเมืองปราจันบุรี

1.4.6 สามารถนำข้อมูลที่ศึกษาไปวิเคราะห์แนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระยะยาวได้

1.4.7 ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาชีวมวลมากขึ้น

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฝุ่นละออง (Particulate Matter)

ฝุ่นละออง หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศนี้บางชนิดมีขนาดใหญ่ และมีสีดำจนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง ในหลายประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้น สำหรับในประเทศไทย US.EPA (United State Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก แต่เนื่องจากการศึกษาวิจัยพบว่า ฝุ่นละอองขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนใน และมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม ดังนั้น US.EPA จึงได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวม และกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นขนาดเล็กเป็นสองชนิด คือ PM_{10} ตามคำจำกัดความของ US.EPA หมายถึง ฝุ่นหยาบ (Course Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนนที่ไม่ได้ลาดยาง จากการขนส่งวัสดุรวมทั้งฝุ่นจากกิจกรรมบด ย่อย หิน และ $PM_{2.5}$ ตามคำจำกัดความของ US.EPA หมายถึง ฝุ่นละเอียด (Fine Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละเอียดมีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหาร โดยใช้ฟืน นอกจากนี้ SO_2 , NO_x และสาร VOC จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในบรรยากาศทำให้เกิดเป็นฝุ่นละเอียดได้ ฝุ่นละอองขนาดเล็กจะมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ในสหรัฐอเมริกาพบว่า ผู้ที่ได้รับฝุ่น PM_{10} ในระดับหนึ่งจะทำให้เกิดโรคหืด (Asthma) และฝุ่น $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ และโรคปอดที่เข้ามารักษาตัวในโรงพยาบาล เพิ่มอาการของโรคทางเดินหายใจ ลดประสิทธิภาพการทำงานของปอด และเกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหืดหอบ และเด็กจะมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติด้วย [4]

ในประเทศไทยได้มีการให้ความหมายของค่าฝุ่นละออง ดังนี้ ฝุ่นละออง หมายถึง ฝุ่นรวม (TSP) ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา และฝุ่นขนาดเล็ก (PM_{10}) หมายถึง ฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา ฝุ่นละอองเป็นปัญหามลพิษที่สำคัญอันดับหนึ่งของกรุงเทพฯ ในปี พ.ศ. 2541 ธนาคารโลก (World Bank) ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาเรื่องผลกระทบ

ของฝุ่นละอองที่มีต่อสุขภาพอนามัยของคนในกรุงเทพฯ และพบว่าฝุ่นละอองในกรุงเทพฯ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยมีระดับความรุนแรงใกล้เคียงกับผลการศึกษาจากเมืองต่างๆ ทั่วโลก โดยระดับของฝุ่นขนาดเล็กอาจทำให้คนในเขตกรุงเทพฯ ตายก่อนเวลาถึง 4,000-5,500 รายต่อปี และยังพบว่า การเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก และจากการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่า ถ้าสามารถลดปริมาณ PM_{10} ในบรรยากาศลงได้ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพ คิดเป็นจำนวนเงิน 35,000-88,000 ล้านบาทต่อปี [4]

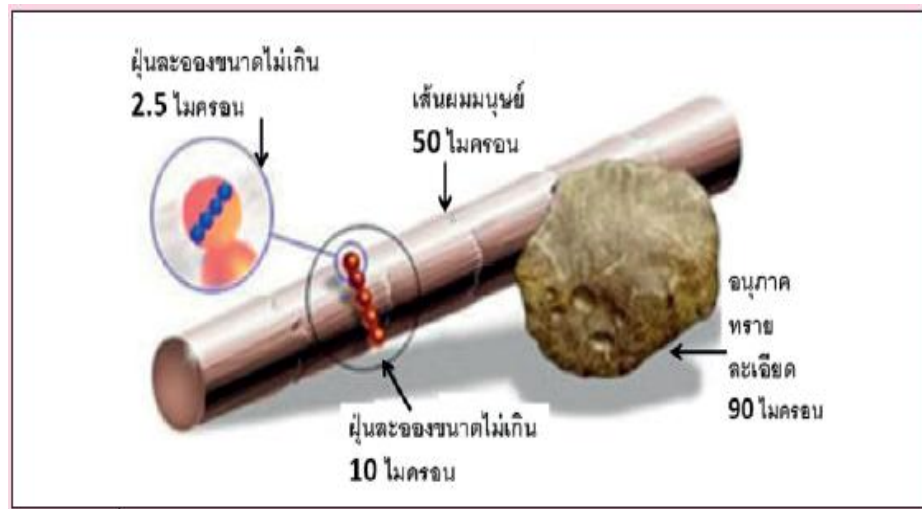
2.1.1 ประเภทของฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองที่อยู่รอบๆ ตัวเราประกอบด้วยฝุ่นละอองหลายประเภท ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ซึ่งเป็นฝุ่นทรายขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ฝุ่นละอองขนาดเล็กมากซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน เป็นกลุ่มของโมเลกุล ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เมื่อเปรียบเทียบขนาดของฝุ่นละอองแต่ละขนาดกับอนุภาคทรายและเส้นผมพบว่า ฝุ่นละอองมีขนาดเล็กกว่าอนุภาคทรายและเส้นผมมาก แสดงดังรูปที่ 2.1 จึงสามารถจำแนกฝุ่นละอองเป็น 3 ประเภทตามขนาด ดังนี้

1) **ฝุ่นละอองขนาดใหญ่** มักเกิดจากกิจกรรมการก่อสร้าง การฟุ้งกระจายของดิน หรือทราย มักตกลงสู่พื้นดินอย่างรวดเร็ว

2) **ฝุ่นละอองแขวนลอยในบรรยากาศ** หมายถึง ฝุ่นละอองที่สามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน (1 ไมครอน เท่ากับ 10,000 เซนติเมตร) ซึ่งเกิดได้จากธรรมชาติ เช่น การฟุ้งของดิน และอาจเกิดจากมนุษย์ เช่น การก่อสร้าง ควันท่อไอเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น นอกจากนั้นยังเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของสารมลพิษบางชนิดในอากาศก่อให้เกิดเป็นอนุภาคฝุ่นได้เช่นกัน

3) **ฝุ่นละอองขนาดเล็ก** มักเกิดจากการเผาไหม้ต่างๆ เช่น การเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล บุหรี่ การเผา เศษวัชพืช ขยะ และปฏิกิริยาเคมีในอากาศ โดยฝุ่นละอองในกลุ่มนี้อาจแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากเมื่อหายใจเข้าไปสามารถเข้าไปสะสมในระบบทางเดินหายใจ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) เป็นฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่า เนื่องจากสามารถเข้าไปถึงถุงลมในปอดได้ และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน (PM_1) เป็นฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน เนื่องจากมีความเร็วในการตกต่ำ หากมีการไหลเวียนของอากาศ หรือกระแสลมจะส่งผลให้ฝุ่นละอองแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานขึ้น ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที นอกจากนั้นยังมีฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน ซึ่งอาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี [5]



รูปที่ 2.1 เปรียบเทียบขนาดของฝุ่นละอองที่มีผลต่อสุขภาพกับอนุภาคทรายและเส้นผม [5]

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของฝุ่นละออง

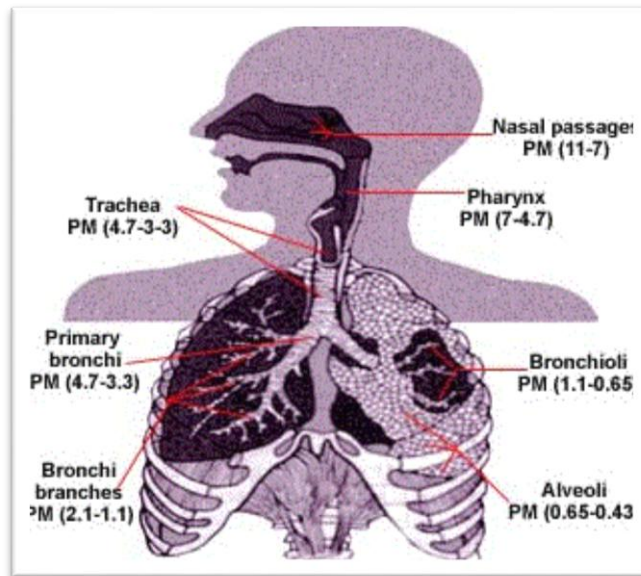
ฝุ่นละออง (Particulate Matter) หมายถึงอนุภาคที่เป็นของแข็ง หรือของเหลวที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ ถ้าเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็ก เรียกว่า แอโรซอล (Aerosol) ฝุ่นละอองที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ และกระบวนการผลิตซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไป ได้แก่ ขนาด ฝุ่น ปริมาณความเข้มข้น รูปร่าง ความหนาแน่น และสมบัติอื่นๆ เช่น การนำไฟฟ้า การกักครอง การดูดความชื้น (Hygroscopic) ความไวต่อปฏิกิริยา (Reactivity) การเป็นพิษ (Toxicity) เป็นต้น คุณสมบัติเหล่านี้ต้องนำมาพิจารณาในการเลือกอุปกรณ์จับฝุ่นให้ได้ประสิทธิภาพที่ต้องการในแง่ของการควบคุมมลพิษอากาศ สมบัติที่สำคัญของฝุ่นหรืออนุภาค คือ ขนาด (Particle Size) แอโรซอลมีขนาดต่างๆ ตั้งแต่ 0.001 ถึง 100 ไมครอน ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน ขนาดกลาง 1-10 ไมครอน และขนาดใหญ่ 10-100 ไมครอน โดยที่ขนาดของฝุ่นละอองในช่วง 1-10 ไมครอน มีความสำคัญในการควบคุมมลพิษอากาศ เนื่องจากฝุ่นละอองที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้หรือกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่มีขนาดอยู่ในช่วงนี้ นอกจากนี้ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับ 10 ไมครอน จัดว่าเป็น Respirable Dust ซึ่งเมื่อหายใจเข้าสู่ร่างกายจะทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ ส่วนฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน เรียกว่า Submicron Particles เป็นฝุ่นที่ถูกจับยากที่สุด ดังนั้นข้อมูลการกระจายขนาดของฝุ่นเป็นข้อมูลที่สำคัญมาก เนื่องจากประสิทธิภาพการจับฝุ่นของอุปกรณ์ดักฝุ่นขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ถ้าอนุภาคมีขนาดใหญ่จะถูกจับได้ง่ายกว่าอนุภาคที่มีขนาดเล็ก [4]

2.3 ผลกระทบจากฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศรอบๆ ตัวเรา ประกอบด้วยฝุ่นละอองที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ แต่ละขนาดมาจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีผลต่อความอันตรายของฝุ่นละอองด้วย ฝุ่นละอองสามารถส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรง และทางอ้อมหลายประการ ดังนี้

2.3.1 ผลกระทบต่อสุขภาพ

อาการของระบบทางเดินหายใจ ตั้งแต่อาการน้อย เช่น ไอ จามมีน้ำมูก ไปจนถึงการอักเสบของไซนัส เจ็บคอ ไอมีเสมหะ หรือมีไข้หรืออาจมีอาการของระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ได้แก่ หายใจลำบาก เจ็บหน้าอก หรือหายใจมีเสียงดังวีซ (Wheez) เนื่องจากการหดตัวของหลอดลมในกลุ่มประชากรที่สัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในปริมาณที่มากสามารถเป็น โรคหลอดลมอักเสบสูงกว่า และในรายที่มีโรคหัวใจเป็น โรคประจำตัวอยู่แล้วเมื่อเกิด โรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) หรือปอดบวม (Pneumonia) จะซ้ำเติมให้การทำงานของหัวใจแย่ลง จนเกิดหัวใจวายได้ (Heart Failure) การที่ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เข้าไปในปอดไปประกายเคืองระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง จนเกิดพังผืดขึ้นในเนื้อปอดฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีส่วนผสมของสารบางอย่าง เช่น Arsenic, Chromate, Poly aromatic hydrocarbon (PAH), Nickel, สารกัมมันตรังสี ซึ่งเมื่อสัมผัสกับเนื้อปอดจะทำให้เป็นมะเร็งปอดได้ การศึกษาในสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1944 ถ้าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจากระดับปกติ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะทำให้อัตราการตายสูงขึ้นและเพิ่มการนอนรักษาในโรงพยาบาลด้วย โรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจสูงขึ้นร้อยละ 1-2 ระบบทางเดินหายใจเริ่มจากจมูก (Nasal) ไปยังคอหอย (Pharynx) หลอดลม (Trachea) จากนั้นจะแบ่งเป็น 2 แขนง คือ หลอดลมแขนง (Bronchi) จากหลอดลมแขนงก็จะแบ่งย่อยออกไปเป็น Bronchioli และส่วนสุดท้ายของหลอดลมคือถุงลม (Alveoli) แสดงดังรูปที่ 2.2 ฝุ่นละอองขนาดปานกลาง และขนาดใหญ่ ประมาณ 99% จะถูกกรองไว้ทำให้ไม่สามารถที่จะเข้าไปในทางเดินหายใจในส่วนที่ลึกได้ นอกจากนี้ ฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ โดยฝุ่นขนาดเล็กมากๆ เท่านั้นที่จะสามารถเข้าไปได้ถึงระดับถุงลม หากฝุ่นละอองประเภทนี้เข้าไปในถุงลมจะทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจนน้อยลง หายใจสั้น และหัวใจทำงานหนักมากขึ้นหากผู้ที่มีปัญหาโรกระบบทางเดินหายใจ เช่น หอบหืด โรคถุงลมโป่งพองโรคหัวใจ ก็ยังมีผลกระทบมากขึ้น ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ก็เป็นพิษต่ออวัยวะต่างๆ โดยตรงไม่ว่าจะเป็นปอด ตับ หรือไต ถ้าเป็นฝุ่นละอองที่เป็นอนุภาคของกรด เช่น อนุภาคของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ อนุภาครวดเหล่านั้นเมื่อรวมกับความชื้นในระบบทางเดินหายใจก็จะกลายเป็นซัลเฟต และกลายเป็นกรดซัลฟูริกที่เป็นสารกัดกร่อน เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจลดความสามารถของร่างกายในการจัดการเชื้อแบคทีเรีย และทำให้การติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจง่ายขึ้น [5]



รูปที่ 2.2 ขนาดของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ [5]

2.3.2 ผลกระทบต่อทัศนวิสัย

ทัศนวิสัย (Visibility) คือสภาวะอากาศใก้หรือใกลที่คนเราสามารถมองเห็นทิวทัศน์รอบตัว วันที่ทัศนวิสัยดี หมายความว่า วันที่สามารถมองเห็นภูเขา ขอบฟ้า ทุงหญ้า ต้นไม้ ตลอดจนสิ่งปลูกสร้าง อาคารบ้านเรือนได้อย่างชัดเจนในเวลากลางวัน ไม่ว่าจะเป็นการท่องเที่ยวชายทะเล หรือป่าเขา คนส่วนมากชื่นชอบที่จะมองไปได้ใกล มีความรู้สึกรื่นรมธรรมชาติ ความเบิกบานเมื่อได้เห็นมีความสำคัญจรโลงจิตใจของเรา ดังนั้นการสงวนรักษาทัศนวิสัยจึงเป็นสิ่งจำเป็น ปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นหลายครั้งเป็นตัวทำลายทัศนวิสัย เช่น หมอกควัน หรือเขม่าควันดำ ควันขาว ล้วนมีที่มาจากกรปล่อยสารแขวนลอยสู่บรรยากาศทั้งในรูปแก๊สตลอดจนหยดน้ำ และของแข็งขนาดเล็ก ดังนั้นทัศนวิสัยจึงสามารถใช้เป็นเครื่องบ่งบอกระดับมลพิษทางอากาศในบรรยากาศทั่วไปได้อีกทางหนึ่งด้วย [5]

2.3.3 ผลกระทบต่อภูมิอากาศของโลก

ฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถแขวนลอยในบรรยากาศได้นาน ทำให้สภาวะภูมิอากาศโลกเปลี่ยนแปลงเมื่อฝุ่นละอองเหล่านั้นแขวนลอยอยู่ในอากาศเปรียบเสมือนชั้นกันไม่ให้รังสีความร้อนสะท้อนออกไปนอกโลกทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น และวงจรของภูมิอากาศโลกเปลี่ยนไป การที่อุณหภูมิโลกเปลี่ยนแปลงไปส่งผลกระทบต่อพืช และสัตว์ในระบบนิเวศ ทำให้ต้องย้ายถิ่นอาศัยหรืออาจจะ

สูญพันธุ์ได้ นอกจากนั้นยังส่งผลให้กระแสน้ำกระแสลมในโลกเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดภัยพิบัติธรรมชาติเพิ่มขึ้น และรุนแรงขึ้นได้ [5]

2.3.4 ผลกระทบต่อพืช

ฝุ่นละอองในอากาศที่ตกลงสู่พื้นดิน บางส่วนตกลงบนส่วนต่างๆ ของพืช โดยเฉพาะใบ ดังนั้นพืชจึงหายใจได้ไม่ดีนัก ซึ่งส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง อีกทั้งยังทำให้พืชสะสมความร้อนไว้ภายในมากขึ้น หากฝุ่นนั้นมีสารพิษปะปนอยู่ เช่น โลหะหนัก หรือปูนซีเมนต์ พืชจะได้รับพิษเพิ่มจากสารต่างๆ นั้นด้วย การเจริญเติบโตของพืชเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ใบเฉา และตายเร็ว [6]

2.4 มลพิษทางอากาศ

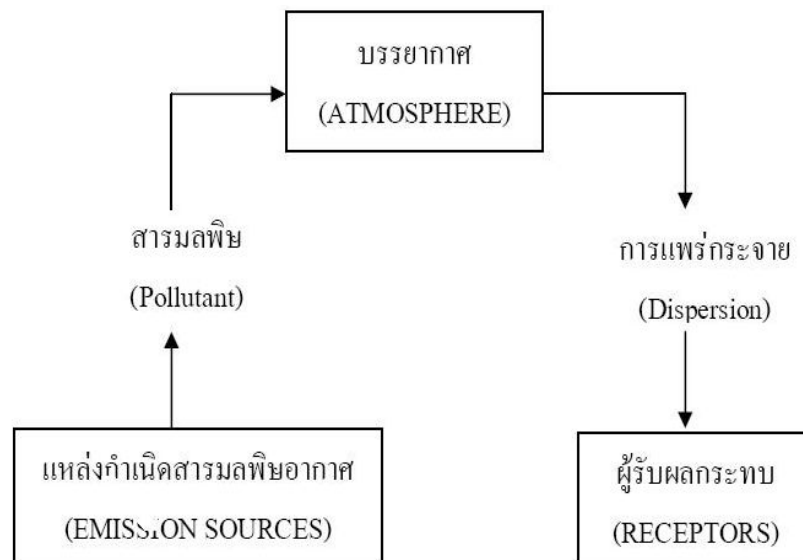
มลพิษทางอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอ และเป็นระยะเวลาานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และทรัพยากรอื่นต่างๆ อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า ก๊าซธรรมชาติ มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเป็นอันตรายต่อมนุษย์ไม่มากนัก เพราะแหล่งกำเนิดอยู่ห่างไกลอีกทั้งยังมีปริมาณน้อย เมื่อมาถึงสภาพแวดล้อมของมนุษย์ และสัตว์ ส่วนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสียของรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม ขบวนการผลิต กิจกรรมทางการเกษตร การระเหยของแก๊สบางชนิด ซึ่งเกิดจากขยะมูลฝอย และของเสีย เป็นต้น สารมลพิษอากาศหลักที่สำคัญ คือ ฝุ่นละอองตะกั่ว แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน และโอโซน ระบบมลพิษอากาศมีส่วนประกอบ 3 ส่วน แสดงดังรูปที่ 2.3 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของระบบมลพิษอากาศดังต่อไปนี้

1. แหล่งกำเนิดสารมลพิษ (Emission Sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศแล้วระบายออกสู่อากาศภายนอกโดยที่ชนิด และปริมาณของสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ และวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษอากาศ

2. อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่างๆ และเป็นตัวกลาง (Medium) ให้สารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศมีการแพร่กระจายออกไป โดยมีปัจจัยทางอุณหภูมิตามธรรมชาติ เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็วและทิศทางลม รวมทั้งลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา และอาคารบ้านเรือน เป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายของสารมลพิษในอากาศ

3. ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors) เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหาย หรืออันตรายโดยผู้รับผลเสียอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน พืช และสัตว์หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ความเสียหาย หรือผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ และระยะเวลาที่สัมผัส

จากส่วนประกอบของระบบมลพิษอากาศที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าปริมาณ และชนิดของสารมลพิษที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิด (Emissions) สภาพทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) และสภาพภูมิประเทศ (Topography) จะเป็นตัวกำหนดชนิด ปริมาณ และความเข้มข้นของสารมลพิษที่เจือปนอยู่ในอากาศที่อยู่ห่างไกลออกไปส่วนคุณภาพอากาศจะเป็นตัวกำหนดถึงลักษณะ และความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น (Air Pollution Effects) อีกทอดหนึ่ง [6]



รูปที่ 2.3 ระบบภาวะมลพิษอากาศ [6]

2.4.1 ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ

ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเกิด ดังนี้

1) สารมลพิษอากาศปฐมภูมิ (Primary Air Pollutants) เป็นสารมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นแล้วถูกระบายจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน ฝุ่น และเขม่าควันดำ ที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงในยานพาหนะ และเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2) สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ (Secondary Air Pollutants) เป็นสารมลพิษอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศทั่วไป จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ เช่น โอโซน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมี Photochemical Oxidation ระหว่างแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ และสารมลพิษอากาศที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic) เช่น แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ และตะกั่ว เป็นต้น ในประเทศไทยได้ประกาศค่าปริมาณสารมลพิษที่ยอมให้ปล่อยสู่บรรยากาศเพื่อควบคุมสารมลพิษหลักจำนวน 7 ชนิด ซึ่งเป็นสารมลพิษอากาศปฐมภูมิเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นละอองรวม (TSP) ตะกั่ว ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM₁₀) และ โอโซน ซึ่งเป็นมลพิษอากาศทุติยภูมิ นอกจากนี้แล้วยังมีสารมลพิษอากาศที่เป็นอันตราย (Hazardous Air Pollutants : HAPs หรือ Toxic Air Pollutants หรือ Air Toxic) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพระยะยาว โดยจะทำลายภูมิคุ้มกันระบบประสาท และทำให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ และต่อมาไร้ท่อ เป็นต้น ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการกำหนดชนิดของสารมลพิษในอากาศที่เป็นอันตราย จำนวน 189 ชนิด ซึ่งแหล่งกำเนิดที่สำคัญได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมเคมี สารกำจัดศัตรูพืช การเผาไหม้ เป็นต้น [6]

2.4.2 ประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ (Sources of Air Pollution)

มลพิษทางอากาศ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามแหล่งกำเนิด ดังนี้

1) แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Sources) มลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่

1.1 ภูเขาไฟระเบิด การที่ภูเขาไฟระเบิดจะมีเขม่าฟุ้งออกมาในบรรยากาศจำนวนมาก ซึ่งเขม่าเหล่านั้นก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ และเขม่าที่เกิดจากภูเขาไฟระเบิดจะสามารถอยู่ในอากาศได้นานนับปี

1.2 ไฟป่า เมื่อเกิดไฟป่าแต่ละครั้งจะเกิดควันขึ้นมาจำนวนมากซึ่งควันที่เกิดจากไฟป่านั้นก็เป็นส่วนที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ

1.3 จุลินทรีย์ จะมีการย่อยสลายสิ่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นซากพืชซากสัตว์ ซึ่งในการย่อยสลายจะทำให้เกิดแอมโมเนีย (NH₃) เป็นแก๊สที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นอนุภาคมวลสารจะเป็นอนุภาคขนาดเล็กลอยไปตามอากาศซึ่งเป็นสาเหตุของโรคต่างๆ มากมาย

2) แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-Made Sources) มลพิษทางอากาศที่เกิดจากสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้นเองสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Source) ได้แก่ รถยนต์ เรือยนต์ เครื่องบิน การคมนาคมต่างๆ ซึ่งปัจจุบันมีการขนส่งสินค้า และการเดินทางเป็นจำนวนมาก โดยการใช้ยานพาหนะต่างๆ โดยเฉพาะรถยนต์ ซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญที่สุด รถยนต์จะปล่อยแก๊สพวกคาร์บอนไดออกไซด์

แก๊สไนตริกออกไซด์ และแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ รวมทั้งแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งแก๊สเหล่านี้เป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ

2.2 แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Sources) หมายถึง แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมซึ่งสารมลพิษทางอากาศเกิดจากการใช้เชื้อเพลิง และเกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆ โดยสรุปได้ดังนี้

2.5 การเผาในที่โล่ง (Open Burning)

การเผาในที่โล่ง หมายความว่า ไฟไหม้ การเผาไหม้ หรือไฟลุกไหม้ใดๆ หรือการเผาวัสดุใดๆ ที่เกิดขึ้นในที่เปิดโล่ง โดยที่ฝุ่น คาร์บอน และสารพิษอื่นจากการเผาไหม้ สามารถแพร่กระจายไปได้ในบรรยากาศ [7] การเผาในที่โล่ง (Open Burning) เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศเชิงพื้นที่ และไม่มีแหล่งกำเนิดที่แน่นอน (Non-point sources) ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยมีสารมลพิษประเภทต่างๆ ได้แก่ ฝุ่นละออง เขม่าควัน เถ้า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ตลอดจนสารมลพิษทุติยภูมิ เช่น โอโซน รวมทั้งเป็นแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งบางชนิดเป็นสารที่มีความเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดโรคมะเร็ง เช่น Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) นอกจากนี้ยังมีการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกด้วย อีกทั้งยังก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ และส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจที่ครอบคลุมพื้นที่กว้าง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ามลพิษข้ามแดน (Transboundary Pollution) นอกจากนี้ควันจากการเผาเศษพืช หรือขยะมูลฝอยริมเส้นทางจราจรทำให้บดบังทัศนวิสัย อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ [7] การเผาในที่โล่งเกิดจาก 3 กิจกรรมหลัก ดังนี้

2.5.1 การเผาเศษพืชเศษวัสดุภาคการเกษตร

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ต่างๆ ทั่วประเทศ พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เมื่อจะเริ่มปลูกพืชต้องมีการเตรียมดินก่อน ซึ่งมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก และใช้เวลานาน วิธีการง่ายที่สุดสำหรับเกษตรกรที่นิยมใช้กันมาก คือ การเผา แม้ว่าปัจจุบันการเตรียมดินสามารถใช้รถไถแทนแรงงานสัตว์ โดยเฉพาะข้าวนาปรังที่มีการปลูกข้าวติดต่อกันอย่างน้อยปีละ 2-3 ครั้ง จึงต้องรีบเตรียมดินให้ทันทำนารอบใหม่ แต่การใช้รถไถต้องรอให้ฟางข้าวย่อยสลายก่อน เนื่องจากรถไถนาไม่สามารถตัดบดฟางข้าว และไถกลับได้ทันที ทำให้เกษตรกรหันมาใช้วิธีการเผาฟางในนาให้หมดไป หรือเบาบางลงก่อนที่จะใช้รถไถนาไถกลับ นอกจากนี้ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรบางชนิด เช่น อ้อย เกษตรกรต้องทำการเผาใบอ้อยให้มีปริมาณน้อยลงเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยวอีกด้วย สำหรับการกำจัดเศษพืชประเภทอื่นๆ เกษตรกร

มักจะใช้การเผาเช่นเดียวกัน [7] ช่วงเดือนมกราคม-เมษายนของทุกปี พบว่ามีการเผาในพื้นที่เกษตรกรรมค่อนข้างมาก โดยเฉพาะการเผาฟางข้าว และใบอ้อยซึ่งมีการปล่อยมลพิษ คือ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สูงกว่าปริมาณที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้า และอุตสาหกรรมถึง 14 เท่าตัว เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นสภาพการเผาที่ไม่สมบูรณ์ประกอบกับเป็นการเผาวัสดุที่มีความชื้นสูง นอกจากจะสร้างมลภาวะทางอากาศแล้ว การเผายังทำลายความอุดมสมบูรณ์ของดินทำให้ดินเสื่อมคุณภาพมากยิ่งขึ้นด้วย ปัญหาการเผาฟางข้าวมีความถี่สูงมากในพื้นที่เขตชลประทานประมาณ 2-3 ครั้งต่อปี ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 9 ล้านไร่ ชาวนาส่วนใหญ่ใช้วิธีเผาเพื่อกำจัดต่อซังฟางข้าวให้สามารถเตรียมดินเพาะปลูกในครั้งถัดไปได้ง่าย โดยไม่ได้ใช้อินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารในฟางให้เป็นประโยชน์ ส่วนหนึ่งเกิดจากการขาดเครื่องจักรกลที่มีประสิทธิภาพในการไถกลบต่อซัง ส่วนพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 6 ล้านไร่ เกษตรกรมักเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวเพื่อให้สามารถตัดอ้อยได้ง่าย และกรณีที่เก็บเกี่ยวอ้อยสดจะมีการเผาใบอ้อยเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดไฟไหม้ขึ้นหลังจากอ้อยตอเติบโต ทั้งยังเผาใบเพื่อเตรียมดินในการปลูกอ้อยใหม่ด้วย โดยเฉพาะช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พบว่ามีปัญหาการเผาสูงที่สุดหากเกษตรกรยังคงเผาต่อไป การเผาฟางข้าว และใบอ้อยปีละครั้งทั่วประเทศ 60 ล้านไร่ คาดว่าจะมีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 27,000 ล้านกิโลกรัมคาร์บอน พร้อมปลดปล่อยแก๊สไนโตรเจน 462 ล้านกิโลกรัมไนโตรเจน ทั้งยังมีฝุ่นละออง 100-700 ล้านกิโลกรัมต่อปี ซึ่งจะก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกเป็นสาเหตุให้โลกร้อน เกิดภาวะฝนแล้ง และฝนทิ้งช่วงมากขึ้น [8]

2.5.2 การเผาขยะมูลฝอยจากชุมชน

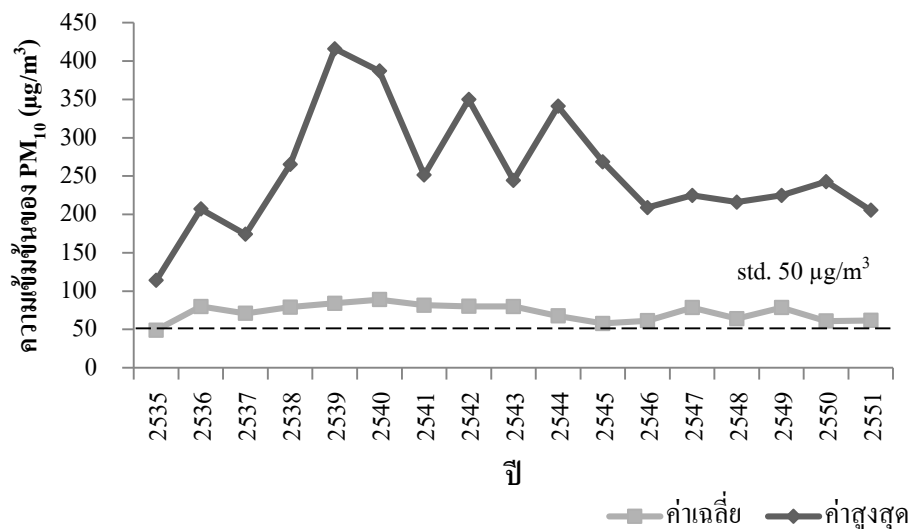
ขยะ หรือขยะมูลฝอย (Refuse or solid waste) หมายถึง ของเสียที่อยู่ในรูปของแข็ง ซึ่งอาจจะมี ความชื้นปะปนมาด้วยจำนวนหนึ่งขยะที่เกิดขึ้นจากอาคารที่พักอาศัย สถานที่ทำการ โรงงาน อุตสาหกรรม หรือตลาดสดก็ตามจะมีปริมาณ และลักษณะแตกต่างกันออกไป โดยปกติแล้ววัสดุต่างๆ ที่ถูกทิ้งมาในรูปของขยะนั้นจะมีทั้งอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สาร สารวัสดุต่างๆ เหล่านี้ บางชนิดก็สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ในเวลาอันรวดเร็ว โดยเฉพาะพวกเศษอาหาร เศษพืชผัก แต่บางชนิดก็ไม่อาจจะย่อยสลายได้เลย เช่น พลาสติก เศษแก้ว เป็นต้น สถิติปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทย พบว่าปริมาณขยะมูลฝอยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และกรุงเทพมหานครมีมากที่สุด รองลงมาคือ ภาคเหนือ และภาคกลาง สำหรับปริมาณขยะในเขตเมืองเชียงใหม่ พบว่ามีแนวโน้มสูงมากขึ้นทุกปี และองค์ประกอบของขยะโดยส่วนใหญ่เป็นพวกเศษพืชถึงร้อยละ 66 สารมลพิษหลายชนิดที่เกิดจากขยะมูลฝอย ได้แก่ ฝุ่นขนาดเล็ก คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไดออกซินฟลูออเรน Polychlorinated biphenyl (PCB) รวมทั้งโลหะหนักต่างๆ ได้แก่ ตะกั่ว สารหนูปรอท แคดเมียม แบเรียม โครเมียม เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ หัวใจ ระบบประสาท พัฒนาการของเด็กทารกในครรภ์มารดา และมะเร็งในหลายระบบของร่างกาย [9]

2.5.3 ไฟป่า

ปัญหาไฟป่าที่เกิดขึ้นในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่สาเหตุการเกิดไฟป่าเกิดจากคนที่จุดไฟเผาป่าด้วยวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เผาไร่ หางของป่า ล่าสัตว์ และเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น หรืออาจเกิดความประมาท เดินเลื้อย ขาดความรับผิดชอบ หรือทัศนคติที่ไม่ถูกต้องต่อปัญหาไฟป่า [7]

2.6 สถานการณ์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ในประเทศไทย

แนวโน้มปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ในช่วงปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-2551 โดยทำการตรวจวัดในกรุงเทพมหานคร พบว่าความเข้มข้นของ PM_{10} มีค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในปี พ.ศ. 2536-2551 ส่วนในปี พ.ศ. 2535 มีค่าเท่ากับ $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ จากรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยรายปีของปริมาณความเข้มข้น PM_{10} โดยส่วนใหญ่มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ ในปี พ.ศ. 2539 พบว่า ความเข้มข้น PM_{10} มีค่าสูงสุดเฉลี่ยรายปี มีค่าเท่ากับ $416 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-2545 แนวโน้มของปริมาณความเข้มข้น PM_{10} มีค่าไม่คงที่ ในปี พ.ศ. 2546-2551 มีแนวโน้มค่าความเข้มข้นใกล้เคียงกันในแต่ละปี มีค่าอยู่ในช่วง $60-78.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [10]



รูปที่ 2.4 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ในกรุงเทพมหานคร ค่าเฉลี่ย 1 ปี กับค่ามาตรฐานบรรยากาศทั่วไป ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-2551 [10]

2.7 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย

การตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป สำหรับประเทศไทยจำเป็นต้องทำความเข้าใจค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป ณ ช่วงเวลาหนึ่งเวลาใด และวิธีการตรวจวัด เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการตรวจวัด แล้ววิเคราะห์ผลการตรวจวัดได้ กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศเป็นสิ่งที่จัดทำขึ้น หรือกำหนดขึ้นมา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการบังคับใช้มาตรการต่างๆ ให้มีประสิทธิผลในทางปฏิบัติ ซึ่งจะนำไปสู่การควบคุม และแก้ไขภาวะมลพิษทางอากาศ เพื่อรักษาอากาศให้มีคุณภาพที่ดี ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ตลอดจนไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งมีชีวิต และสภาวะแวดล้อมต่างๆ กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการป้องกัน และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยที่เกี่ยวกับการควบคุมมลพิษทางอากาศกระจายอยู่ในกฎหมายแม่บทหลายๆ ฉบับ โดยมีพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายพื้นฐานที่มีขอบข่ายครอบคลุมการป้องกัน รักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อม และการควบคุมภาวะมลพิษต่างๆ ด้าน รวมถึงการป้องกัน รักษาคุณภาพอากาศและการควบคุมมลพิษทางอากาศด้วย [10]

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป [11]

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป		
สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1. ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)	1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 30 ppm. (34.2 mg/m ³)
	8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 9 ppm. (10.26 mg/m ³)
2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.17 ppm. (0.32 mg/m ³)
	1 ปี	ไม่เกิน 0.03 ppm. (0.057 mg/m ³)
3. ก๊าซโอโซน (O ₃)	1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.10 ppm. (0.20 mg/m ³)
	8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.07 ppm. (0.14 mg/m ³)
4. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ppm. (0.10 mg/m ³)
	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.12 ppm. (0.30 mg/m ³)
	1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.3 ppm. (780 mg/m ³)
5. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.33 mg/m ³
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 mg/m ³
6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.12 mg/m ³
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 mg/m ³
7. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.05 mg/m ³
	1 ปี	ไม่เกิน 0.025 mg/m ³

2.8 วิธีที่ใช้ในการตรวจวัดมลพิษทางอากาศ

หลักการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศใช้วิธีการแบบกราวิเมตริก (Gravimetric) ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศชนิดปริมาตรสูง (High Volume Air Sampler) โดยวิธีการแบบกราวิเมตริกเป็นระบบที่ใช้วัดค่าฝุ่นละอองโดยดูดอากาศผ่านแผ่นกรอง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองขนาด 0.3 ไมครอน ถึงร้อยละ 99 แล้วหาน้ำหนักฝุ่นละอองจากแผ่นกรองนั้น [12]

2.8.1 หลักการทั่วไปที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

หลักการทั่วไปที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง มีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

1) การตกตัว

การเก็บตัวอย่างมลสารอนุภาคโดยใช้วิธีการวิเมตริก หรือการตกตะกอน (Sedimentation) เป็นการเก็บตัวอย่างอนุภาคที่มีมวลเพียงพอที่จะตกตะกอนจากบรรยากาศโดยแรงโน้มถ่วงโลก หลักการเก็บตัวอย่าง คือ อนุภาคที่ตกผ่านตัวกลาง มีความเร็วเท่ากับค่าคงที่ค่าหนึ่ง จนเกิดสมดุลระหว่างความต้านทานเชิงโมเลกุลของตัวกลางกับแรงโน้มถ่วง

2) การกรอง

หลักการที่ใช้เก็บฝุ่นละออง โดยใช้เครื่องปั๊มดูดอากาศด้วยอัตราการไหลคงที่ในช่วงเวลาที่กำหนด ผ่านกระดาษกรองที่แตกต่างกันขึ้นกับประเภทของอนุภาคตัวอย่างที่เก็บ จากนั้นนำกระดาษกรองมาชั่งน้ำหนักหลังการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง เพื่อจะได้สามารถคำนวณความเข้มข้นของฝุ่นละอองต่อปริมาตรในการเก็บตัวอย่างนั้นได้ [6]

2.8.2 หลักการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (TSP) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀)

การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง TSP และ PM₁₀ ควรคำนึงถึงหลักการดังต่อไปนี้

1) เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศชนิดไฮโวลุ่ม (High Volume Air Sampler) ดูดอากาศจำนวนหนึ่งที่วัดปริมาตรแน่นอนเข้าสู่ช่องทางเข้าอากาศ และผ่านกระดาษกรอง ตลอดช่วงการเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง โดยกระดาษกรองที่ใช้จะต้องมีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองขนาด 0.3 ไมครอน ได้อย่างน้อยร้อยละ 99

2) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง

หลังจากอบกระดาษกรองเพื่อไล่ความชื้นแล้วทิ้งก่อน และหลังเก็บตัวอย่าง เพื่อหาน้ำหนักสุทธิ มวลของฝุ่นละออง โดยปริมาตรทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างต้องปรับแก้ค่าตามสภาวะมาตรฐานที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความกดของอากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท [12]

2.9 ฤดูกาลในประเทศไทย

ฤดูกาลในประเทศไทยมีหลากหลายฤดูกาล ดังต่อไปนี้

2.9.1 ฤดูร้อน

ฤดูร้อนเริ่มต้นประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเป็นระยะที่ขั้วโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะเดือนเมษายนบริเวณประเทศไทย มีดวงอาทิตย์อยู่เกือบตรงศีรษะในเวลาเที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ สภาวะอากาศจึงร้อนอบอ้าวทั่วไป ในฤดูนี้แม้ว่าโดยทั่วไปจะมีอากาศร้อน และแห้งแล้ง แต่บางครั้งอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมถึงประเทศไทยตอนบน ทำให้เกิดการปะทะกันของมวลอากาศเย็นกับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง และลมกระโชกแรง หรืออาจมีลูกเห็บตกก่อให้เกิดความเสียหายได้ พายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้มักเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าพายุฤดูร้อน ลักษณะอากาศในฤดูร้อนพิจารณาจากอุณหภูมิสูงสุดของแต่ละวัน โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้ อากาศร้อน อุณหภูมิระหว่าง 35.0-39.9 °C และอากาศร้อนจัด อุณหภูมิตั้งแต่ 40.0 °C ขึ้นไป [13]

2.9.2 ฤดูฝน

ฤดูฝนเริ่มต้นประมาณกลางเดือนพฤษภาคม เมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย และร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านประเทศไทย ทำให้มีฝนชุกทั่วไป ร่องความกดอากาศต่ำนี้ปกติจะพาดผ่านภาคใต้ในระยะต้นเดือนพฤษภาคม แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปทางเหนือตามลำดับ จนถึงช่วงประมาณปลายเดือนมิถุนายน จะพาดผ่านอยู่บริเวณประเทศจีนตอนใต้ ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงระยะหนึ่ง และเรียกว่าฝนทิ้งช่วง ซึ่งอาจนานประมาณ 1 - 2 สัปดาห์ หรือบางปีอาจเกิดขึ้นรุนแรง และมีฝนน้อยนานนับเดือน ในเดือนกรกฎาคมปกติร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับลงมาจากทางตอนใต้ของประเทศไทย พาดผ่านบริเวณประเทศไทยอีกครั้ง ทำให้มีฝนชุกต่อเนื่อง และปริมาณฝนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงปลายเดือนกรกฎาคมเป็นต้นไป จนกระทั่งมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้ามาปกคลุมประเทศไทยแทนที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ประมาณกลางเดือนตุลาคม ประเทศไทยตอนบนจะเริ่มมีอากาศเย็น และฝนลดลง โดยเฉพาะภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เว้นแต่ภาคใต้ยังคงมีฝนชุกต่อไปจนถึงเดือนธันวาคม และมักมีฝนหนักถึงหนักมากจนก่อให้เกิดอุทกภัย โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งจะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก อย่างไรก็ตาม การเริ่มต้นฤดูฝนอาจจะช้าหรือเร็วกว่ากำหนดได้ประมาณ 1 - 2 สัปดาห์ เกณฑ์การพิจารณาปริมาณฝนในระยะเวลา 24 ชั่วโมงของแต่ละวัน ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ของวันหนึ่ง ถึงเวลา 07.00 น. ของวันรุ่งขึ้น ตามลักษณะของฝนดังนี้

1. ฝนวัดจำนวนไม่ได้ ปริมาณฝนน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร
2. ฝนเล็กน้อย ปริมาณฝนระหว่าง 0.1 - 10.0 มิลลิเมตร

3. ฝนปานกลาง ปริมาณฝนระหว่าง 10.1 - 35.0 มิลลิเมตร
4. ฝนหนัก ปริมาณฝนระหว่าง 35.1 - 90.0 มิลลิเมตร
5. ฝนหนักมาก ปริมาณฝนตั้งแต่ 90.1 มิลลิเมตรขึ้นไป

2.9.3 ฤดูหนาว

ฤดูหนาวเริ่มต้นประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม ในช่วงกลางเดือนตุลาคม 1-2 สัปดาห์ เป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว อากาศแปรปรวนไม่แน่นอน อาจเริ่มมีอากาศเย็น หรืออาจยังมีฝนฟ้าคะนอง โดยเฉพาะบริเวณภาคกลางตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งจะหมดฝน และเริ่มมีอากาศเย็นช้ากว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือลักษณะอากาศในฤดูหนาวพิจารณาจากอุณหภูมิต่ำสุดของแต่ละวัน โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้ [13]

1. อากาศหนาวจัด อุณหภูมิต่ำกว่า 8.0 °C
2. อากาศหนาว อุณหภูมิระหว่าง 8.0-15.9 °C
3. อากาศเย็น อุณหภูมิระหว่าง 16.0-22.9 °C

2.10 ข้อมูลภูมิประเทศและภูมิอากาศของจังหวัดปราจีนบุรี

2.10.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดปราจีนบุรี มีพื้นที่ทั้งหมด 4,762.362 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,976,476 ไร่ อำเภอเมืองปราจีนบุรี มีพื้นที่จำนวน 451.896 ตารางกิโลเมตร จังหวัดปราจีนบุรีตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย อยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 13 องศา 39 ลิปดาถึง 14 องศา 27 ลิปดาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 101 องศา 09 ลิปดา และลองจิจูดที่ 102 องศา 07 ลิปดาตะวันออก จังหวัดปราจีนบุรีมีทิศเหนือติดต่อกับจังหวัดนครนายก และจังหวัดนครราชสีมา ทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดสระแก้ว และจังหวัดนครราชสีมา ทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดฉะเชิงเทรา และจังหวัดสระแก้ว ทิศตะวันตกติดต่อกับจังหวัดนครนายก และจังหวัดฉะเชิงเทรา [14]

2.10.2 ลักษณะภูมิประเทศ

ปราจีนบุรีมีเทือกเขาใหญ่ตั้งอยู่ทางด้านทิศเหนือ พื้นที่ราบสลับลอนลูกคลื่นทางด้านตะวันออก ลาดลงทางด้านตะวันตกซึ่งเป็นพื้นที่ราบ มีอุทยานแห่งชาติ 2 แห่ง คือ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และอุทยานแห่งชาติทับลาน ร้อยละ 70 ของพื้นที่ตอนล่างเป็นที่ราบลุ่ม มีแม่น้ำปราจีนบุรีไหลผ่าน อำเภอ กบินทร์บุรี อำเภอประจันตคาม อำเภอศรีมหาโพธิ์ อำเภอเมืองปราจีนบุรี และอำเภอบ้านสร้าง ยาวประมาณ 180 กิโลเมตร [14]

2.10.3 สภาพภูมิอากาศ

จังหวัดปราจีนบุรีมีภูมิอากาศร้อนชื้นแฉะศูนย์สูตร มีร้อนจัดในฤดูร้อน เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และฤดูหนาวจะมีอากาศค่อนข้างหนาว เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2542-2546 จะอยู่ในช่วง 24.62 - 29.42 °C โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 14.48 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2542 อุณหภูมิต่ำสุดวัดได้ 12.2 °C และอุณหภูมิสูงสุดวัดได้ 39.9 °C ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2545 สำหรับปี พ.ศ. 2546 ช่วงเดือนธันวาคมวัดอุณหภูมิต่ำสุดได้ 15.4 °C และอุณหภูมิสูงสุดวัดได้ 39.5 °C ในเดือนพฤษภาคม [14]



รูปที่ 2.5 แผนที่ขอบเขต และอำเภอต่างๆ ของจังหวัดปราจีนบุรี [14]

2.10.4 ปริมาณน้ำฝน

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2542-2546 จังหวัดปราจีนบุรีมีปริมาณน้ำฝน อยู่ในช่วง 1,325.3-2,298.8 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,855.08 มิลลิเมตรต่อปี และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 154.59 มิลลิเมตรต่อเดือน ฝนตกมากที่สุดในปี พ.ศ. 2543 วัดได้ 2,298.8 มิลลิเมตร และมีจำนวนวันที่มีฝนตกเท่ากับ 149 วัน และปริมาณฝนตกน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2544 วัดได้ 1,325.3 มิลลิเมตร จำนวนวันที่มีฝนตก จำนวน 132 วัน สำหรับปี พ.ศ. 2546 มีปริมาณน้ำฝน 1,837.7 มิลลิเมตร จำนวนวันที่มีฝนตก 123 วัน ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2545-2554 จังหวัดปราจีนบุรีมีปริมาณน้ำฝน อยู่ในช่วง 1,676.3-2,468.5 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,017.76 มิลลิเมตรต่อปี และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 168.15 มิลลิเมตรต่อเดือน ฝนตกมากที่สุดในปี พ.ศ. 2554 วัดได้ 2,468.5 มิลลิเมตร และมีจำนวนวันที่มีฝนตกเท่ากับ 149 วัน และ

ปริมาณฝนตกน้อยที่สุดในปี พ.ศ. 2547 วัดได้ 1,460.9 มิลลิเมตร จำนวนวันที่มีฝนตก จำนวน 107 วัน สำหรับปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณน้ำฝน 2,468.5 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฝนตก 149 วัน [14]

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มงคล ราชะนาครและคณะ (2007) ศึกษามลพิษทางอากาศในอนุภาคฝุ่นที่จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) โลหะหนักและธาตุบางชนิด ไอออนของธาตุบางชนิด และสารคาร์บอน ที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่น (PM_{10}) ในอากาศ และศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารทั้ง 4 กลุ่มดังกล่าวกับอนุภาคฝุ่น PM_{10} และปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อมลภาวะทางอากาศ โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยกระดาศกรองใยหิน ด้วยเครื่อง High Volume Air Sampler ทั้ง 4 สถานี คือ สารภี (SP) โรงพยาบาลเทศบาลนครเชียงใหม่ (HP) โรงเรียนพุทธราชวิทยาลัย (YP) และลำพูน (LP) ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2548 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2549 ได้ตัวอย่างที่เป็นไปตามเกณฑ์จำนวน 496 ตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต่างๆ คือ วิเคราะห์สาร PAHs ไอออน โลหะและธาตุต่างๆ และคาร์บอน มีการผันแปรตามฤดูกาล โดยปริมาณเฉลี่ยที่พบจากมากไปน้อย คือ ฤดูแล้ง (ธันวาคม-มีนาคม) ช่วงเปลี่ยนฤดู (เมษายน-พฤษภาคม และตุลาคม-พฤศจิกายน) และฤดูฝน (มิถุนายน-กันยายน) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฝุ่น PM_{10} ที่ปนเปื้อนในบรรยากาศ แต่มีสารบางกลุ่มที่มีการกระจายตัวของปริมาณเฉลี่ยในแต่ละฤดูไม่ตรงกับปริมาณที่กล่าว เช่น PAHs และธาตุบางชนิด ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ยจากมากไปน้อย คือ ฤดูแล้ง ฤดูฝน และช่วงเปลี่ยนฤดูตามลำดับ อย่างไรก็ตามสรุปได้ว่า ฤดูแล้งเป็นช่วงที่มีปริมาณฝุ่นและการปนเปื้อนของสารมลพิษทางอากาศมากกว่าฤดูอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) ส่วนปัจจัยเรื่องจุดเก็บตัวอย่างนั้นพบว่ามีเพียงสาร PAHs ที่มีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดที่สถานีสารภี โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) จากอีกสามสถานี ส่วนปริมาณเฉลี่ยของไอออน โลหะและธาตุต่างๆ และคาร์บอนนั้น ไม่ปรากฏความแตกต่างของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง [15]

อนุตรา พูนแก้วและคณะ (2007) ศึกษาการประมาณค่าฝุ่น PM_{10} จากฝุ่นละอองทั่วไป กรณีศึกษาโรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) และฝุ่นละอองรวม (TSP) รวมถึงหาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น TSP และ PM_{10} เพื่อใช้คาดการณ์ค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากฝุ่น TSP ในบรรยากาศการทำงานของพื้นที่การผลิต บริเวณกองการืบยาของโรงงานผลิตยาสูบ 5 โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง โดยเลือกเก็บตัวอย่างอากาศ 5 จุด จุดละ 12 ตัวอย่าง รวมจำนวนตัวอย่าง ตั้งแต่เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551 ประยุกต์ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นตามแนวทางชี้แนะของ NIOSH ผลการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น TSP ทุกจุดตรวจวัดมีค่าแตกต่างกัน และมีรูปแบบการกระจายที่ไม่แน่นอน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4873-13.6512 mg/m^3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.238 mg/m^3 ส่วนปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} มีค่าใกล้เคียงในแต่ละจุด

ตรวจวัด มีค่าอยู่ระหว่าง $0.0318-2.6901 \text{ mg/m}^3$ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.374 mg/m^3 การมีปริมาณฝุ่น TSP และ PM_{10} เพิ่มขึ้น หรือลดลง พบว่าไม่ขึ้นกับจำนวนชุดของใบยาที่เข้าสู่กระบวนการผลิตของแต่ละวัน ปริมาณฝุ่น TSP มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงปลายสัปดาห์ ส่วนปริมาณฝุ่น PM_{10} ไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามวันทำงาน และพบว่าวันที่วัดจุดดับแห้งเป็นวันที่มีปริมาณฝุ่น TSP และ PM_{10} สูงกว่าวันอื่น ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น TSP และ PM_{10} มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ค่อนข้างต่ำมากกว่าค่า R^2 ที่จุดเก็บตัวอย่าง T_1-T_5 เท่ากับ 0.3610, 0.0029, 0.01524, 0.2452 และ 0.6261 ตามลำดับ ความสัมพันธ์ของฝุ่น TSP และ PM_{10} รวมทุกจุดตรวจวัดมีค่า $R^2 = 0.2119$ ซึ่งต่ำมากเช่นกัน แสดงให้เห็นว่า ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ไม่สามารถประมาณได้จากฝุ่น TSP ในทุกจุดตรวจวัด เนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น เพื่อเป็นการเฝ้าระวังสุขภาพอนามัยของพนักงานที่ปฏิบัติงาน โรงงานยาสูบควรมีการตรวจวัดปริมาณฝุ่น PM_{10} เพิ่มเติมจากการตรวจวัดฝุ่น TSP [16]

ศิริรินทร์ ดวงแก้ว และคณะ (2013) ศึกษาคาร์บอนในฝุ่น PM_{10} และ $\text{PM}_{2.5}$ ในกรุงเทพมหานคร ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) และฝุ่นขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ทั้งระบบทางเดินหายใจ และโรคหัวใจ และยังลดประสิทธิภาพในการมองเห็น Black Carbon (BC) มีผลต่อการดูดซึมรังสีความร้อน และเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญลำดับสองในการทำให้อากาศร้อนรองจากก๊าซเรือนกระจก ชนิดของคาร์บอน ได้แก่ OC และ EC มีแหล่งกำเนิดแตกต่างกัน ดังนั้น องค์ประกอบคาร์บอนในฝุ่นละอองสามารถชี้บ่งชี้แหล่งกำเนิด และเป็นแนวทางเพื่อควบคุมทั้งฝุ่นขนาดเล็ก และ Black Carbon ซึ่งเป็นปัญหาหลักในการเกิดมลพิษอากาศและภาวะโลกร้อน วัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ ตรวจวัดองค์ประกอบคาร์บอนในฝุ่นละอองในบรรยากาศ หาความสัมพันธ์และความแตกต่างขององค์ประกอบเพื่อชี้บ่งชี้แหล่งกำเนิดของ PM_{10} และ $\text{PM}_{2.5}$ และ BC ในบรรยากาศบริเวณใจกลางกรุงเทพมหานครที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างสองขนาด (Dichotomous sampler) ตั้งเครื่องมือที่ตาดฟ้าตึกวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม 5 ชั้น เก็บตัวอย่างฝุ่นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทุกๆ 6 วัน ทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2554 ถึงเดือนกรกฎาคม 2555 วิเคราะห์ EC และ OC ด้วยวิธีความร้อนและแสง ตรวจวัด BC ด้วยเครื่อง Micro Aethalometer เป็นเวลา 15 วันในฤดูแล้ง ผลการศึกษาพบว่า ในฤดูแล้งความเข้มข้นของ PM_{10} และ $\text{PM}_{2.5}$ มีค่าเฉลี่ย $80 \mu\text{g/m}^3$ และ $48 \mu\text{g/m}^3$ ตามลำดับ สัดส่วนความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 ในฤดูฝนความเข้มข้นของ PM_{10} และ $\text{PM}_{2.5}$ มีค่าเฉลี่ย $45 \mu\text{g/m}^3$ และ $23 \mu\text{g/m}^3$ ตามลำดับ สัดส่วนความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 ความเข้มข้นของ PM_{10} และ $\text{PM}_{2.5}$ ในฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าฤดูแล้งประมาณครึ่งหนึ่ง ความเข้มข้นของ BC เฉลี่ยรายชั่วโมงอยู่ในช่วง $2.33-5.50 \mu\text{g/m}^3$ มีค่าเฉลี่ย $3.64 \mu\text{g/m}^3$ ในระหว่างวันทำงานความเข้มข้นของ BC เฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดอยู่ในช่วง 6.00-9.00 น. และเวลาเย็น เนื่องจากการจราจรเร่งด่วนในช่วงเช้าและเย็น ในฤดูแล้งความเข้มข้นของ EC ใน PM_{10}

และ $PM_{2.5}$ มีค่าเฉลี่ย $11.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $3.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ความเข้มข้นของคาร์บอนรวม (TC) คือ OC และ EC ใน $PM_{2.5}$ ต่อความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ มีค่าเท่ากับ 0.35, 0.29 และ 0.06 ตามลำดับ สัดส่วนระหว่าง OC/EC ใน PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีค่าเฉลี่ย 4.91 และ 4.52 ตามลำดับ สัดส่วนระหว่าง char-EC: soot EC ใน PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีค่าเฉลี่ย 0.96 และ 1.70 ตามลำดับ ความเข้มข้นของคาร์บอนทั้ง 8 ประเภท (OC1 OC2 OC3 EC1 EC2 EC3 และ OP) ที่พบสูงสุด ได้แก่ EC1 และ OP บ่งชี้ถึงแหล่งมลพิษที่เกิดจากยานพาหนะ จึงสรุปได้ว่าการควบคุมไอเสียจากยานพาหนะมีความสำคัญสูงสุดในการควบคุมฝุ่นละอองและ BC ในบรรยากาศกลางเมืองกรุงเทพมหานคร [17]

Aryal และคณะ (2008) ศึกษาการเปลี่ยนแปลง PM_{10} กับฤดูกาลในหุบเขา โดยเก็บตัวอย่างความเข้มข้น PM_{10} ทั้งหมด 6 แห่ง ในหุบเขา โดยเก็บตัวอย่างเฉลี่ย 24 ชั่วโมง โดยใช้เครื่อง Low Volume Air Samplers ตั้งแต่เดือนตุลาคม ค.ศ. 2002 ถึงมีนาคม ค.ศ. 2007 ได้ศึกษาความเข้มข้นในหุบเขา ค่าเฉลี่ยบริเวณชุมชนเมืองรายเดือนมีค่าสูงกว่าในชนบท ค่ามาตรฐานของ PM_{10} รายวันในเนปาลไม่เกิน $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ แนวโน้มค่าความเข้มข้นสูงสุดและต่ำที่สุดในแต่ละปีนั้นเป็นรูปแบบประจำปี ค่าเฉลี่ยรายเดือนแสดงรูปแบบฤดูกาลที่แตกต่างกันระหว่างในชนบทและเมือง โดยค่าความเข้มข้นรายเดือนเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ ปลายฤดูหนาวในเมือง ขณะที่ในชนบทพบในฤดูใบไม้ผลิ และความเข้มข้นของ PM_{10} ต่ำที่สุดในเดือนกรกฎาคม (ช่วงมรสุม) ความเข้มข้นของ PM_{10} บริเวณในเมืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ แสดงว่าความเข้มข้นของ PM_{10} ในบรรยากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงฤดูหนาว เมื่อถึงช่วงมรสุมทำให้มีฝนตกในเดือนมิถุนายน และสิงหาคม ส่งผลให้ความเข้มข้นของ PM_{10} ลดลง แสดงให้เห็นว่าการที่ฝนตกลงมามีผลต่อการกระจายตัวของ PM_{10} ในหุบเขา ในทางกลับกันเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับความเข้มข้น PM_{10} ที่วัดได้จากสถานีเก็บตัวอย่างแต่ละแห่งในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าความสัมพันธ์ซึ่งกันยังไม่ดีนักในช่วงฤดูหนาว อย่างไรก็ตาม ยังมีความสัมพันธ์กันอย่างมากในช่วงฤดูมรสุม และช่วงหลังมรสุม นอกจากนั้นความเข้มข้น PM_{10} และสถานะอากาศต่างๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับอุณหภูมิ และความเร็วลมด้วย [18]

Satsangi และคณะ (2012) ศึกษาความเข้มข้นของ organic carbon (OC) และ element carbon (EC) ใน TSP ที่บริเวณชนบท ความเข้มข้นของ TSP มีค่าอยู่ในช่วง $80\text{-}396.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าความเข้มข้น TSP เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ $216.3\pm 80.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าความเข้มข้น OC มีค่าอยู่ในช่วง $2.5\text{-}91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าความเข้มข้น OC เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ $25.4\pm 19.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ขณะที่ EC มีค่าอยู่ในช่วง $0.3\text{-}15.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าความเข้มข้น EC เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ $3.3\pm 3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ OC และ EC คิดเป็น 11.8% และ 1.5% ของ TSP สัดส่วน OC/EC เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 8.7 ± 6.5 ความเข้มข้นของ OC และ EC มีแนวโน้มตามฤดูกาล : ฤดูหนาว > ช่วงหลังมรสุม > ฤดูร้อน > ฤดูมรสุม ความเข้มข้นของ OC และ EC มีความสัมพันธ์กันมีค่า R เท่ากับ 0.92 ถึง 0.97 ทั้ง 4 ฤดูกาล ความเข้มข้นของ OC ในฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูหลังมรสุม โดยประมาณ

มีค่ามากกว่าฤดูมรสุมอนุภาคคาร์บอนรวม มีค่าเท่ากับ $20.8 \pm 17.2\%$ ของ TSP ในฤดูหนาว พบว่าค่า TC/TSP มีค่าเท่ากับ 33.2 ± 24.4 ซึ่งค่าสูงกว่าฤดูอื่นๆ [19]

Zhang และคณะ (2009) ศึกษา organic carbon (OC) และ element carbon (EC) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) เก็บตัวอย่างบริเวณเมือง Beijing เพื่อศึกษาคุณสมบัติของอนุภาคคาร์บอนในฤดูใบไม้ผลิ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความเข้มข้น OC, EC, PM_{10} และสัดส่วน OC/EC มีค่าเท่ากับ $13.5 \pm 7.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $7.1 \pm 4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $187.8 \pm 136.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 2.0 ± 0.4 ตามลำดับ OC EC และคาร์บอนรวม ใน PM_{10} มีค่าเท่ากับ $9.3 \pm 5.7\%$, $4.7 \pm 2.7\%$ และ $19.6 \pm 11.6\%$ ตามลำดับ มีความสัมพันธ์กันระหว่าง OC และ EC ได้ศึกษาในฤดูใบไม้ผลิทั้งตอนกลางวันและกลางคืน ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ OC เท่ากับ $13.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ EC ตอนกลางวัน ($7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) มีค่าสูงกว่าตอนกลางคืน ($6.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) เล็กน้อย ความเข้มข้น OC และ EC มีค่ามากที่สุดในช่วงเวลาเช้า ช่วงเวลาที่การจราจรหนาแน่น ความเข้มข้นของ PM_{10} OC และ EC มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้น $PM_{2.5}$ สัดส่วนของ OC/EC $PM_{2.5}/PM_{10}$ และ TCA/ PM_{10} มีค่าลดลง คาร์บอนฝุ่นจากรถยนต์และการเผาไหม้ถ่าน คิดเป็น 76% และ 24% ตามลำดับ แสดงว่า รถยนต์เป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของคาร์บอนฝุ่น PM_{10} ใน Beijing ในฤดูใบไม้ผลิ [20]

ศิริวรรณ แก้วงาม (2543) ปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ยในกรุงเทพมหานครบางพื้นที่ที่มีค่าเกินมาตรฐานและบริเวณริมถนนมีปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ยมากกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไป ฝุ่นละอองส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเท่ากับ $65.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ฤดูหนาวเท่ากับ $97.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ สัดส่วนการกระจายตัวของฝุ่น PM_{10} ในฝุ่นรวม TSP มากกว่าร้อยละ 50 คาร์บอนอินทรีย์ในฝุ่น PM_{10} เฉลี่ยในช่วงฤดูฝน มีค่าเท่ากับ $31.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่ามากกว่าในช่วงฤดูหนาวที่มีค่าเท่ากับ $26.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ลักษณะทางสัณฐาน และองค์ประกอบธาตุของฝุ่น PM_{10} ใช้หาชนิดของแหล่งกำเนิดได้ พบว่าฝุ่นจากเครื่องยนต์ดีเซล มีลักษณะเป็นปุย จับตัวกันแบบหลวมๆ มีรูพรุนมากไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต มีขนาด 7-10 ไมครอน มีธาตุคาร์บอนออกซิเจน และซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบหลัก ฝุ่นที่มาจากเครื่องยนต์เบนซินมีลักษณะเป็นก้อนที่เกิดจากการรวมตัว เนื้อฟู มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต มีขนาด 4-5 ไมครอน มีธาตุคาร์บอน ออกซิเจน และซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบหลัก ฝุ่นที่มาจากการก่อสร้างมีลักษณะเป็นก้อนคล้ายรูปสี่เหลี่ยม เนื้ออนุภาคมีความหนาแน่น ขนาด 8-10 ไมครอน มีธาตุแคลเซียมเป็นธาตุหลักฝุ่นจากโรงไฟฟ้ามีลักษณะเป็นแผ่นบาง เรียบ ซ้อนทับกันเนื้ออนุภาคเบาบาง ขนาดประมาณ 10 ไมครอน ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนออกซิเจน และซัลเฟอร์ ส่วนฝุ่นดินจะมีลักษณะเป็นก้อน ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิตเนื้ออนุภาคมีความหนาแน่น มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 10 ไมครอน มีธาตุซิลิกาแคลเซียม และอลูมิเนียมเป็นธาตุหลัก ในเขตกรุงเทพมหานครพบว่าส่วนใหญ่

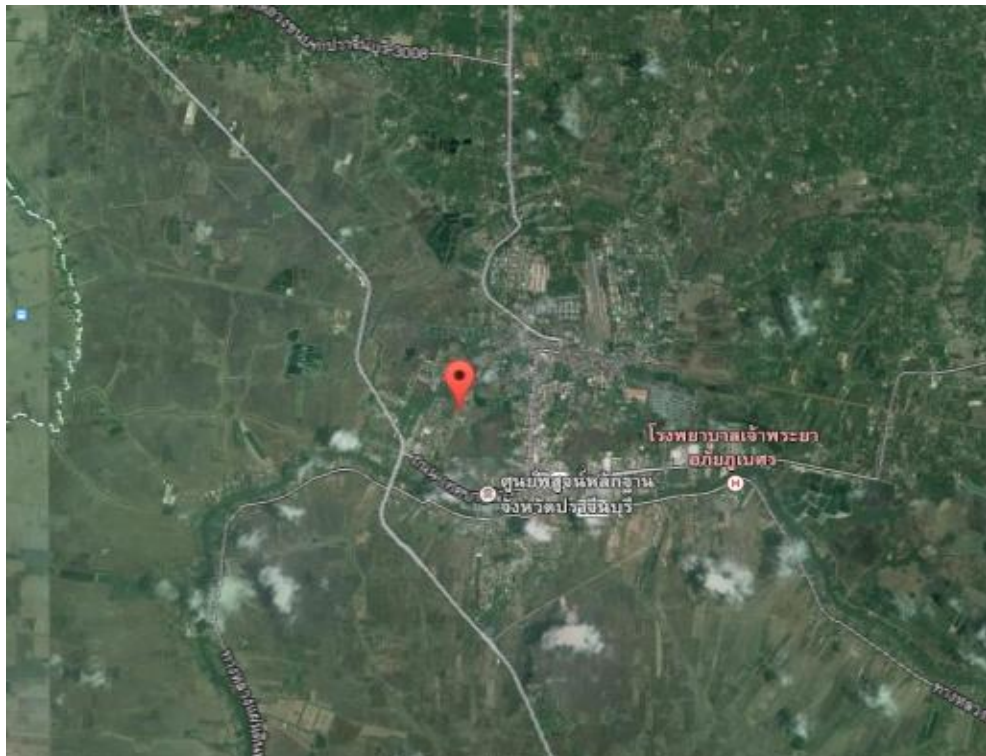
เป็นฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซินมากที่สุดรองลงมา คือ ฝุ่นจากการก่อสร้าง [21]

ณัฐนันท์ หมั่นภักดี (2553) ทำการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ภายในอาคารที่พักอาศัยริมถนนประชาอุทิศ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาแหล่งที่มาของ $PM_{2.5}$ ภายในอาคาร โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Positive Matrix Factorization Model (PMF) เนื่องจากถนนประชาอุทิศมีปริมาณการจราจรที่หนาแน่น และติดขัดตลอดทั้งวัน อาจก่อให้เกิดปัญหาการซึมผ่านของฝุ่นละอองและสะสมภายในอาคารมากกว่าอาคารอื่นๆ ในบริเวณทั่วไป ในการศึกษานี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างในห้องพักขนาด 25 ตารางเมตร และมีกิจกรรมใดๆ ภายในห้องพัก โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยเครื่อง Mini Volume Air Sampler เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในเดือนกันยายน-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2553 จากการตรวจวัดพบว่าปริมาณ $PM_{2.5}$ มีค่าเฉลี่ยในช่วงที่ทำการศึกษานี้เท่ากับ $40.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($9.9\text{-}76.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) อย่างไรก็ตามพบว่าประมาณ 31% ของวันที่ทำการเก็บตัวอย่างมีความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ เกินกว่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทยที่กำหนดไว้ที่ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ผลการศึกษาองค์ประกอบของ $PM_{2.5}$ ภายในอาคาร พบว่า Black Carbon (BC) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) แอมโมเนียม (NH_4^+) และโพแทสเซียม (K^+) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ $PM_{2.5}$ ภายในอาคาร โดยมีสัดส่วนมวลเท่ากับ 21%, 15%, 14% และ 10% ตามลำดับ และยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีก 30% ที่อยู่ใน $PM_{2.5}$ ที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ จากการเปรียบเทียบข้อมูล $PM_{2.5}$ ภายในอาคารที่เก็บในช่วงเวลาเดียวกันกับภายในอาคาร พบว่าปริมาณ $PM_{2.5}$ ภายในอาคารต่อภายนอกอาคารมีค่าอยู่ในช่วง 0.21-1.99 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 โดยพบว่าในอาคารมักจะมีปริมาณ $PM_{2.5}$ น้อยกว่าภายนอกอาคาร และจากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง $PM_{2.5}$ ภายในและภายนอกอาคารนั้นพบว่า มีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.64$ แสดงว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างมากที่ $PM_{2.5}$ จะเดินทางจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร สำหรับองค์ประกอบหลักใน $PM_{2.5}$ ที่พบทั้งภายในและภายนอกอาคารนั้นพบว่ามีองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกันจากการใช้ PMF วิเคราะห์แหล่งกำเนิดของ $PM_{2.5}$ ภายในอาคาร พบว่ามีทั้งหมด 5 แหล่งกำเนิดประกอบด้วย แหล่งกำเนิดจากการประกอบอาหาร 19% แหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้ขยะ 5% แหล่งกำเนิดจากการเชื่อมสังกะสี (Zn) 8% แหล่งกำเนิดจากแอมโมเนียมซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) 31% และแหล่งกำเนิดจากการจราจร 37% [22]

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

สถานที่ติดตั้งเครื่อง TSP High Volume Air Sampler และ PM₁₀ High Volume Air Sampler ตั้งอยู่ในเขตชุมชนเมือง บ้านเลขที่ 44/2 หมู่ 1 ซอยเทศบาลดารี 8 ต. รอบเมือง อ. เมือง จ. ปราจีนบุรี 25000 ดังรูปที่ 3.1 แล้วนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 3.1 แผนที่ดาวเทียมสถานที่เก็บตัวอย่าง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี

3.2 การเก็บตัวอย่าง

นำเครื่องเก็บตัวอย่าง PM₁₀ และ TSP ติดตั้ง ณ จุดเก็บตัวอย่างตามหลักเกณฑ์ทั่วไปในการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 เป็นระยะเวลา 9 เดือน เดือนละ 6 วัน เป็นเวลาต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง มีขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

3.2.1 หลักเกณฑ์ทั่วไปในการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่าง

- 1) ควรติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างให้ห่างจากกันเสา 2 เมตร และอย่างน้อย 10 เมตร กรณีมีต้นไม้เป็นสิ่งที่กีดขวาง
- 2) ช่องทางเข้าอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่าง ควรอยู่ห่างจากสิ่งกีดขวาง เช่น อาคาร อย่างน้อย 2 เท่าของความสูงของสิ่งกีดขวางที่โผล่เหนือช่องทางเข้าอากาศนั้น
- 3) ในรัศมี 270 องศา รอบช่องทางเข้าอากาศ ต้องไม่มีอะไรกีดขวางการไหลของอากาศ
- 4) เครื่องเก็บตัวอย่างไม่ควรอยู่ใกล้บริเวณที่มีปล่องเตาหลอม โลหะ หรือเตาเผาขยะ
- 5) ถ้าต้องการตรวจวัด TSP จากยานพาหนะ ให้ติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่าง ใกล้ถนนที่มีรถติดมากที่สุด และในถนนที่คาดว่าจะมีความเข้มข้นของ TSP สูง [4]

3.2.2 การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) และฝุ่นละอองรวม (TSP)

1) การเตรียมกระดาษกรอง การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ด้วยเครื่อง PM_{10} High Volume Air Sampler ดังรูปที่ 3.2 ต้องใช้กับกระดาษกรองใยหิน (Quartz Fiber Filter) ขนาด 8×10 นิ้ว สำหรับการตรวจวัดฝุ่นละอองรวม (TSP) ด้วยเครื่อง TSP High Volume Air Sampler ดังรูปที่ 3.3 ใช้กระดาษกรองใยแก้ว (Glass fiber filter) ขนาด 8×10 นิ้ว ในการเก็บตัวอย่างควรตรวจสอบความสมบูรณ์ของกระดาษกรอง หากพบว่ากระดาษกรองมีความบกพร่องดังกล่าวจะไม่นำมาใช้เก็บตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของกระดาษแล้วนำกระดาษไปอบด้วยอุณหภูมิ $105^{\circ}C$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษไปชั่งน้ำหนักก่อนเก็บตัวอย่าง และบันทึกผล

2) วิธีการเก็บตัวอย่าง การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง โดยทั่วไปจะกำหนดในช่องทางเข้าอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่างสูงจากพื้นอย่างน้อย 1.50 เมตร แต่ไม่เกิน 6 เมตร ซึ่งมากพอที่จะไม่ดูดเอาฝุ่นละอองจากพื้นเข้าไปด้วย ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่คาดการณ์ว่าจะเกิดมลพิษสูงสุด ตำแหน่งของผู้ที่ได้รับผลกระทบ และความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ จากนั้นดำเนินการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่าง TSP ให้อยู่ในแนวระนาบ และยึดขาตั้งเครื่องให้แน่น เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องสั่น ใใส่กระดาษกรองบนตะแกรงสำหรับกระดาษกรอง โดยให้หงายด้านที่ใช้เก็บตัวอย่างขึ้น จัดวางกระดาษกรองให้สมดุลกับตะแกรง ดังรูปที่ 3.4 และที่จับกระดาษกรอง ตรวจเช็คจุดเชื่อมต่อระหว่างมอเตอร์กับเครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศ จากนั้นใส่กระดาษกราฟวงกลม ดังรูปที่ 3.5 สำหรับบันทึกอัตราการไหลของอากาศในเครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศ และตั้งเวลาเก็บตัวอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เปิดเครื่องเก็บตัวอย่าง บันทึกเวลาเริ่มเดินเครื่อง อุณหภูมิ ความกดอากาศ และสภาพแวดล้อมโดยรอบ เมื่อครบกำหนดเวลาเก็บตัวอย่าง นำกระดาษกรองออกจากเครื่อง พับกระดาษกรองครึ่งหนึ่งตามแนวยาว ให้ด้านที่มีฝุ่นเข้าหากันแล้วใส่กระดาษกรองในถุงซิปล็อค เพื่อนำกลับไปวิเคราะห์ตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการต่อไป



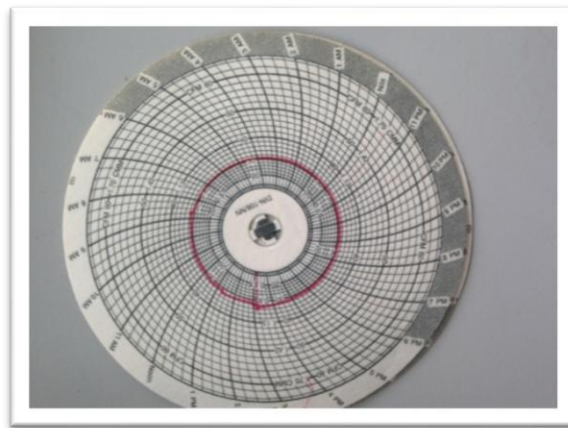
รูปที่ 3.2 เครื่องเก็บตัวอย่าง PM₁₀ High Volume Air Sampler [23]



รูปที่ 3.3 เครื่องเก็บตัวอย่าง TSP High Volume Air Sampler [23]



รูปที่ 3.4 การวางกระดาษกรองสำหรับเก็บตัวอย่าง TSP และ PM₁₀ [4]



รูปที่ 3.5 กระดาษกราฟบันทึกอัตราการไหลของอากาศ (Recorder chart)

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

หลังจากที่นำกระดาษกรองไปเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในสถานที่เก็บตัวอย่างแล้วจึงนำกระดาษกรองใส่ในกล่องสุญญากาศที่ภายในบรรจุซิลิกาเจล เพื่อป้องกันความชื้นที่อาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าความเข้มข้น ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) สภาพแวดล้อมสำหรับการอบกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง
- 2) ความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 50% โดยควบคุมไม่ให้เปลี่ยนแปลงเกิน $\pm 5\%$
- 3) อุณหภูมิห้องระหว่าง $15-30^{\circ}\text{C}$ โดยควบคุมไม่ให้เปลี่ยนแปลงเกิน $\pm 3^{\circ}\text{C}$
- 4) ก่อนอบกระดาษกรอง ให้ทำความสะอาดตู้ดูดความชื้นทุกครั้ง
- 5) นำซิลิกาเจลใส่ในตู้ดูดความชื้น

- 6) คลี่รอยพับครึ่งของกระดาษกรองออกแล้ววางลงในตู้ดูดความชื้น
- 7) อบกระดาษกรอง ด้วยอุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลาต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง
- 8) นำกระดาษกรองมาใส่ไว้ในโถความชื้นอีกครั้ง เพื่อดูดความชื้น
- 9) นำกระดาษกรองไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองต่อไป

3.4 การคำนวณ

3.4.1 คำนวณหาความเข้มข้นของ TSP และ PM₁₀

หาปริมาตรอากาศทั้งหมดในการเก็บตัวอย่าง (V_{std}) ตามสมการ (3.1)

$$V_{std} = Q_{std} * t \quad (3.1)$$

เมื่อ

V_{std} = ปริมาตรอากาศมาตรฐาน มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

Q_{std} = อัตราการไหลของอากาศมาตรฐาน มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อนาที

t = เวลาในการเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น นาที

จากนั้น นำค่า V_{std} มาหาความเข้มข้น TSP และ PM₁₀ ตามสมการ (3.2)

$$\text{ความเข้มข้น TSP และ PM}_{10} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = (W_f - W_i) / V_{std} * 10^3 \quad (3.2)$$

เมื่อ

W_f = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

W_i = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

V_{std} = ปริมาตรอากาศมาตรฐาน มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

10^3 = การแปลงหน่วยจาก กรัม เป็น มิลลิกรัม

3.4.2 การหาปริมาณคาร์บอน

- 1) ชั่งน้ำหนักด้วยกระเบื้องและบันทึกน้ำหนัก
- 2) นำกระดาษกรองที่ผ่านการอบแล้วมาตัดเป็นแผ่นเล็กใส่ลงในถ้วยกระเบื้องที่ชั่งน้ำหนักแล้ว และชั่งน้ำหนักด้วยกระเบื้องที่มีกระดาษกรองอยู่ แล้วปิดด้วยกระเบื้องด้วยกระดาษฟรอยด์

3) นำเข้าเตาเผาความร้อนสูง ตั้งอุณหภูมิ 375 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้สารระเหยออกไป ชั่งน้ำหนักหลังเผา

4) เผาต่อที่อุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5) วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ดังนี้

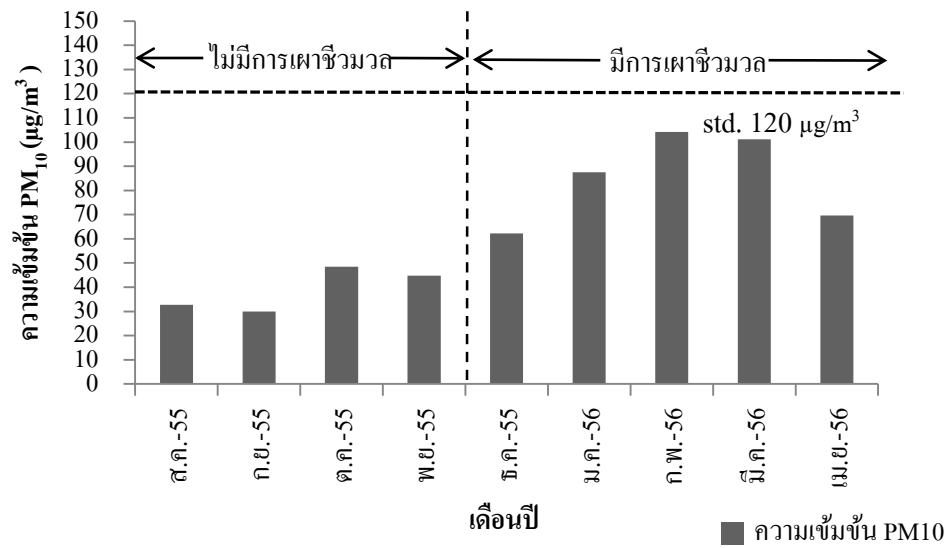
(น้ำหนักกระเบื้อง + น้ำหนักเถ้าที่เหลือ) - น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง = น.น.เถ้าที่เหลือ
 น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา - น้ำหนักเถ้าที่เหลืออยู่ = น้ำหนักคาร์บอน

บทที่ 4 ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบจากการเผาชีวมวลที่ส่งผลต่อปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ฝุ่นละอองรวม (TSP) และปริมาณคาร์บอน โดยใช้เครื่อง High Volume Air Sampler ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองทั้งสองชนิด พื้นที่ที่ศึกษา คือ อำเภอเมืองปราจีนบุรี เริ่มเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเมษายน พ.ศ. 2556 ใช้ระยะเวลา 9 เดือนโดยทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 6 วัน เป็นเวลาต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้น PM_{10} TSP และคาร์บอน ได้ตามสมการที่ 3.1 และ 3.2 ซึ่งผลน้ำหนักรวมของกระดาศกรองทั้งหมดได้แสดงในภาคผนวก ก. ซึ่งผลการศึกษาจะกล่าวตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

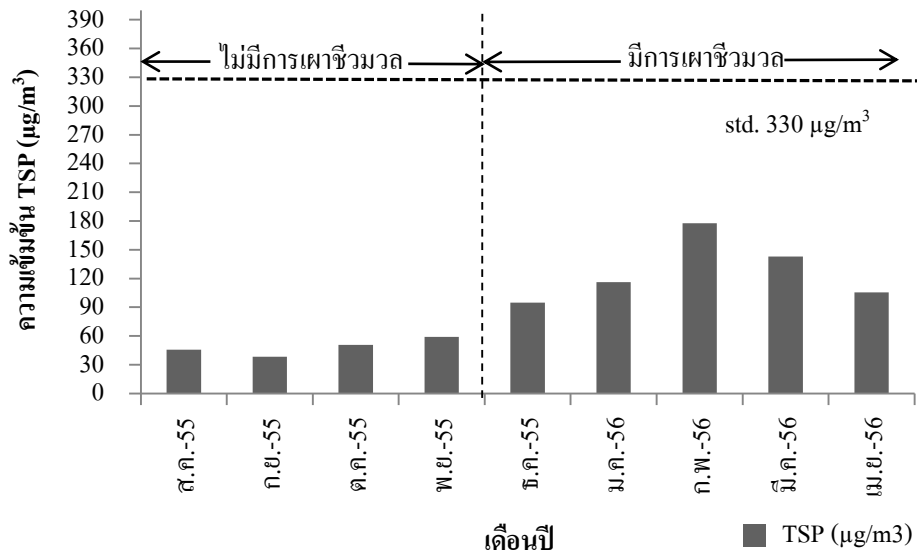
4.1 การศึกษาปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} และ TSP

การศึกษาปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} และ TSP เก็บตัวอย่างที่อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} ช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 ปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} เฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 29.91-104.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} น้อยที่สุดในเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 มีค่าเท่ากับ 29.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} มากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 มีค่าเท่ากับ 104.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รองลงมา คือ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 มีค่าเท่ากับ 97.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เมื่อนำค่าที่ตรวจวัดได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทยในเวลาตรวจวัด 24 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} ที่ตรวจวัดตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 ไม่มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [9] ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2556 เป็นช่วงที่มีปริมาณฝุ่นและการปนเปื้อนของสารมลพิษมากกว่าช่วงอื่นๆ และมีแนวโน้มลดลงในเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 เนื่องจากเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูกาล สภาพภูมิอากาศแปรปรวนไม่คงที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมงคล ราชะนาคร และคณะ [15]



รูปที่ 4.1 ปริมาณความเข้มข้น PM₁₀ กับค่ามาตรฐานของ PM₁₀ ในบรรยากาศทั่วไป

จากการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ TSP ค่าเฉลี่ย 6 วันในแต่ละเดือน พบว่า ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเมษายน พ.ศ. 2556 มีค่าอยู่ในช่วง 37.20-171.51 µg/m³ มีค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดในเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 เท่ากับ 37.20 µg/m³ เนื่องจากอยู่ในช่วงเวลาที่ไม่มีการเผาชีวมวล อีกทั้งมีฝนตกด้วยจึงมีผลต่อการกระจายตัวของ TSP และมีค่าความเข้มข้นมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 มีค่าเท่ากับ 171.51 µg/m³ และรองลงมาคือ เดือนมีนาคม มกราคม และเมษายน พ.ศ. 2556 มีค่าเท่ากับ 142.96, 116.33 และ 105.54 µg/m³ ตามลำดับ ในเดือนดังกล่าวเป็นช่วงที่เกษตรกรไทยทำการเผาชีวมวล หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในหลายพื้นที่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย จังหวัดปราจีนบุรีมีพื้นที่ทางการเกษตรจำนวนมาก ผลกระทบจากการเผาชีวมวลทำให้เกิดปัญหาฝุ่นละอองกระจายตัวในบรรยากาศ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายนของทุกปี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณความเข้มข้นของ TSP กับค่ามาตรฐานบรรยากาศทั่วไป ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาทั้งหมด 9 เดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเมษายน พ.ศ. 2556 พบว่า ในแต่ละเดือนไม่มีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 330 µg/m³ [9] ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ และ TSP มีความสัมพันธ์กัน โดยค่า PM₁₀ และ TSP จะมีค่าสูงมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aryal และคณะ [18] ที่ทำการศึกษาในบริเวณชุมชนเมือง ประเทศเนปาล พบว่า ความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าสูงที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์เช่นเดียวกัน โดยมีค่าเท่ากับ 149 µg/m³



รูปที่ 4.2 ปริมาณความเข้มข้นของ TSP กับมาตรฐานของ TSP ในบรรยากาศ

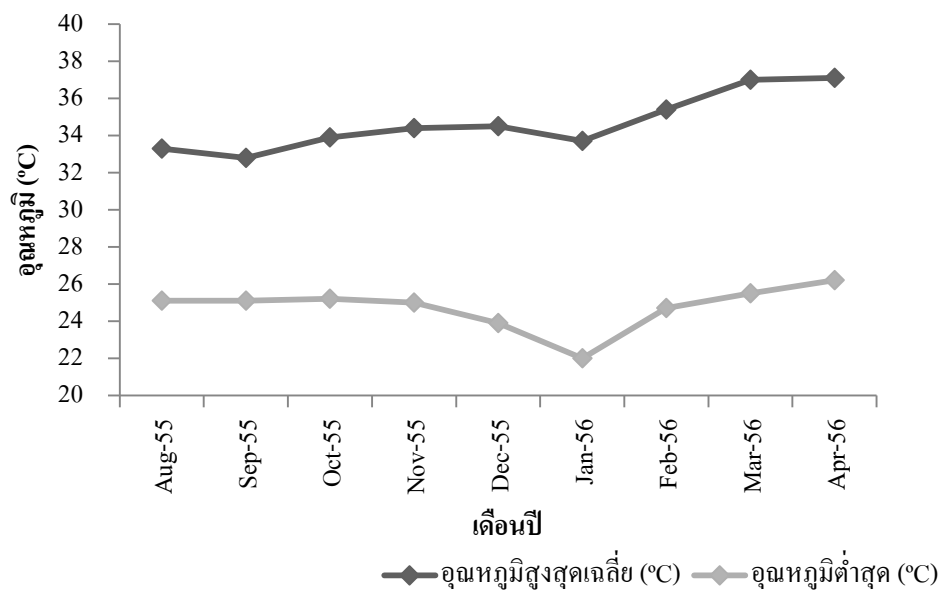
4.2 การศึกษาปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีผลต่อความเข้มข้นของ PM_{10} และ TSP

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เริ่มจากการศึกษาพารามิเตอร์ที่อาจมีผลกระทบต่อการกระจายตัวของอนุภาค ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน ความเร็วลม และทิศทางลม เป็นต้น ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในบริเวณพื้นที่ศึกษา แสดงในภาคผนวก ข. เมื่อหาปริมาณความเข้มข้นของตัวอย่างแล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ PM_{10} TSP และคาร์บอนกับพารามิเตอร์ดังกล่าว สามารถแบ่งตามปัจจัยทางภูมิอากาศที่ศึกษา ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

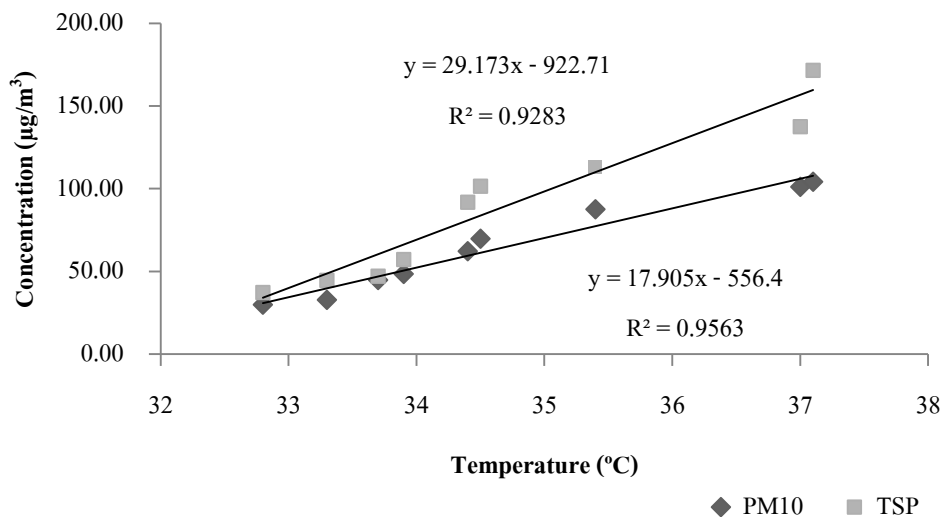
4.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในบริเวณพื้นที่ศึกษา อยู่ในช่วง 32.8-37.1 °C แนวโน้มอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น โดยในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคมและเมษายน พ.ศ. 2556 มีค่าเท่ากับ 35.4, 37, 37.1 °C ตามลำดับ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย อยู่ในช่วง 25-26.2 °C แสดงดังรูปที่ 4.3 เนื่องจากจังหวัดปราจีนบุรีมีภูมิอากาศร้อนชื้นแฉะ ศูนย์สูตรจึงมีอากาศร้อนจัดในฤดูร้อน และมีอากาศหนาวจัดในช่วงฤดูหนาว [23] ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ช่วงนี้มีฝนตกมากส่งผลให้อุณหภูมิลดลง พบว่าปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} และ TSP มีค่าน้อยกว่าช่วงที่มีอุณหภูมิสูงกว่า เนื่องจากช่วงที่มีอุณหภูมิสูงมีผลต่อการกระจายตัวของอนุภาค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aryal และคณะ [18] ปริมาณความเข้มข้น PM_{10} และ TSP มีค่าสูงที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 35.4 °C จากผลการศึกษา พบว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิมีผลต่อความเข้มข้นของ PM_{10} เนื่องจาก

ช่วงเวลาที่มียุณหภูมิสูงสามารถเพิ่มการเกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัล และอาจทำให้เกิดการขยายตัวของฝุ่นละออง ส่งผลให้ฝุ่นละอองที่ลอยอยู่ในบรรยากาศตกลงสู่พื้นตามแรงโน้มถ่วงมากขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการสร้างอนุภาคฝุ่นละอองของนิวเคลียสมากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณฝุ่นละอองลอยอยู่ในบรรยากาศนานยิ่งขึ้น เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณ PM₁₀ และ TSP กับอุณหภูมิ พบว่า อุณหภูมิกับความเข้มข้น PM₁₀ มีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้น ($R^2 = 0.9563$) และอุณหภูมียังมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับความเข้มข้น TSP ด้วย ($R^2 = 0.9283$) ดังรูปที่ 4.4 โดยความเข้มข้นของ PM₁₀ และ TSP สูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Engling และคณะ [24]



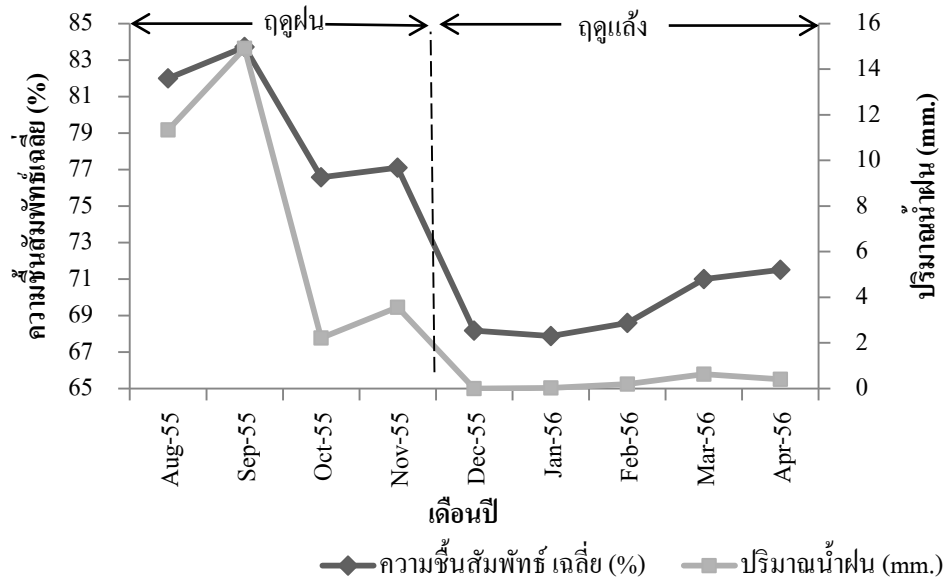
รูปที่ 4.3 ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ศึกษา



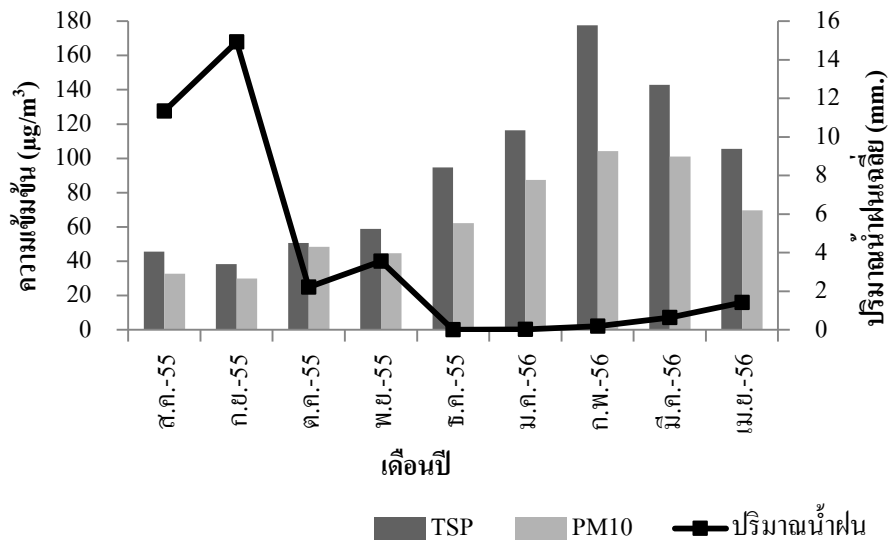
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM₁₀ และ TSP กับอุณหภูมิ

4.2.2 ความชื้นสัมพัทธ์กับปริมาณน้ำฝน

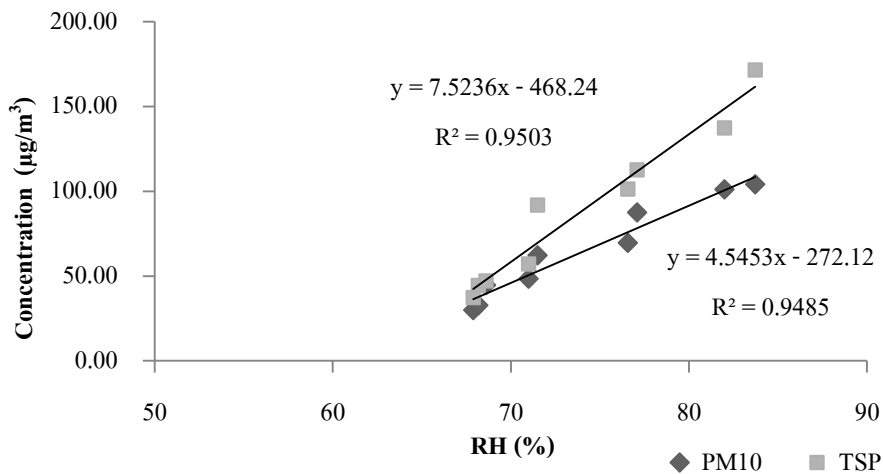
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับปริมาณน้ำฝนในฤดูกาลต่างๆ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2555 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 11.34, 14.92 และ 2.21 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 82, 83 และ 76.57 ตามลำดับ พบว่าในเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 ที่มีฝนตกมากที่สุด ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงนี้ก็มีค่าสูงมากเช่นกัน และในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 มีปริมาณน้ำฝนลดลง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ก็ลดลงด้วย ส่วนในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 มีปริมาณน้ำฝนสูงขึ้นเล็กน้อย ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 เข้าสู่ต้นเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูกาลจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว อากาศแปรปรวน ไม่แน่นอน อาจจะเริ่มมีอากาศเย็น หรืออาจยังมีฝนฟ้าคะนอง โดยเฉพาะบริเวณภาคกลางตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไปซึ่งจะหมดฝน และเริ่มมีอากาศเย็นช้ากว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [14] ช่วงที่มีฝนตกน้อยลง ความชื้นสัมพัทธ์ก็มีแนวโน้มลดลงด้วย ตั้งแต่ธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงเมษายน พ.ศ. 2556 จากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยทางภูมิอากาศต่างๆ มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของอนุภาค PM₁₀ และ TSP เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น เมื่อนำปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ และ TSP เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเมษายน พ.ศ. 2556 ดังแสดงในรูปที่ 4.6 พบว่า ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 มีปริมาณน้ำฝนน้อยมาก สามารถตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าอยู่ในช่วง 62.22-104.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 84.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และปริมาณความเข้มข้นของ TSP มีค่าอยู่ในช่วง 94.71-177.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 127.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีค่าปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าในช่วงที่มีฝนตกมากในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ที่มีปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าอยู่ในช่วง 29.91-48.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และปริมาณความเข้มข้นของ TSP มีค่าอยู่ในช่วง 38.26-58.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ จากผลการศึกษาพบว่า ในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนมาก รวมถึงความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น ทำให้ปริมาณฝุ่นละออง PM₁₀ และ TSP ลดลง เนื่องจากฝุ่นละอองที่อยู่บนพื้นดินมีความชื้นมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Csavina และคณะ [25] อีกทั้งกระบวนการชะล้างของน้ำฝน เมื่อฝนตกลงมาจะไปชะล้างฝุ่นละอองในบรรยากาศ ในขณะที่ช่วงที่มีฝนตกน้อย เกิดการสะสมของฝุ่นละอองมากยิ่งขึ้น ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM₁₀ และ TSP เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของหทัยรัตน์ พุทธิรักษา [26]



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับปริมาณน้ำฝนในฤดูกาลต่างๆ



รูปที่ 4.6 ปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} และ TSP กับปริมาณน้ำฝน

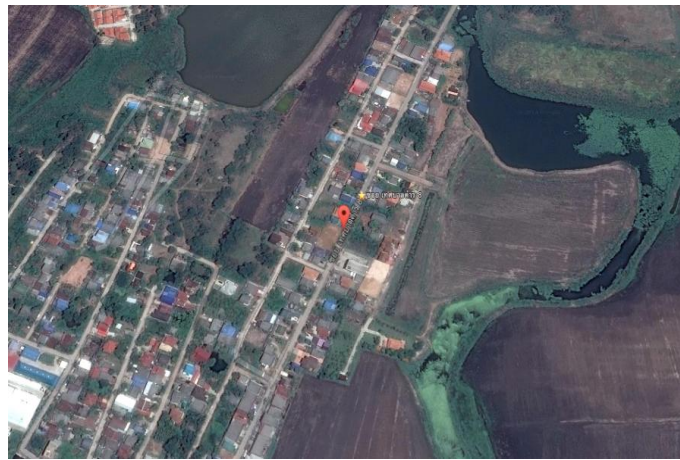


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{10} และ TSP กับความชื้นสัมพัทธ์

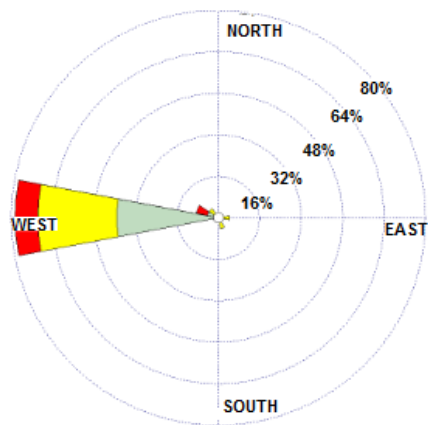
4.2.3 ความเร็วและทิศทางลม

ภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่เก็บตัวอย่างสามารถวิเคราะห์แหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศได้ ชุมชนที่ศึกษามีอาณาเขต ดังนี้ ทิศเหนือมีแหล่งชุมชน ที่พักอาศัยเป็นส่วนใหญ่ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ มีพื้นที่ทางการเกษตรขนาดใหญ่ ส่วนทางด้านทิศตะวันตก มีพื้นที่ทางการเกษตรเล็กน้อย ส่วนใหญ่เป็นแหล่งชุมชน ที่พักอาศัย ระยะทางห่างจากจุดเก็บตัวอย่าง 2 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ทิศทางลมและความเร็วลมที่ตรวจวัดได้ในบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า เดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 ลมพัดมาจากทางทิศตะวันตกสู่ทิศตะวันออก ด้วยความเร็วลมเฉลี่ย 7.5 และ 6.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ลมเริ่มเปลี่ยนทิศในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 โดยลมพัดมาจากทิศตะวันออกสู่ทิศตะวันตกเป็นส่วนใหญ่ ลมบางส่วนพัดมาจากทางทิศเหนือ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 เป็นช่วงปลายฝนต้นหนาว อากาศแปรปรวน อาจจะมีฝนตกบ้าง ทิศทางลมโดยส่วนมากพัดมาจากทิศตะวันออกสู่ทิศตะวันตก ด้วยความเร็วลม 7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 และมกราคม พ.ศ. 2556 ลมพัดมาจากทางทิศตะวันออกสู่ทิศตะวันตกเช่นเดียวกันกับเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ด้วยความเร็วลม 9 และ 8.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ซึ่งมีความเร็วลมแรงขึ้นด้วย เนื่องจากเป็นช่วงฤดูหนาวอาจมีลมหนาวเกิดขึ้น ไม่มีฝนตกแล้วในช่วงนี้ ในฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 ทิศทางลมส่วนใหญ่มาจากทางทิศตะวันออก ตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยความเร็วลม 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นอกจากนั้นยังมีลมพัดมาจากทางทิศตะวันตก ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงใต้บ้างเล็กน้อย เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 ลมพัดมาจากทิศใต้สู่ทิศเหนือ ด้วยความเร็วลมเฉลี่ย 9.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีลมพัดแรงมาจากทางทิศตะวันออกอีกด้วย ส่วนเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 ทิศทางลมส่วนมากพัดมาจากทางทิศตะวันออกสู่ทิศตะวันตก และลมบางส่วนพัดมาจากทางทิศตะวันตกและทิศใต้ ดังแสดงในรูปที่ 4.11 เนื่องจากใน

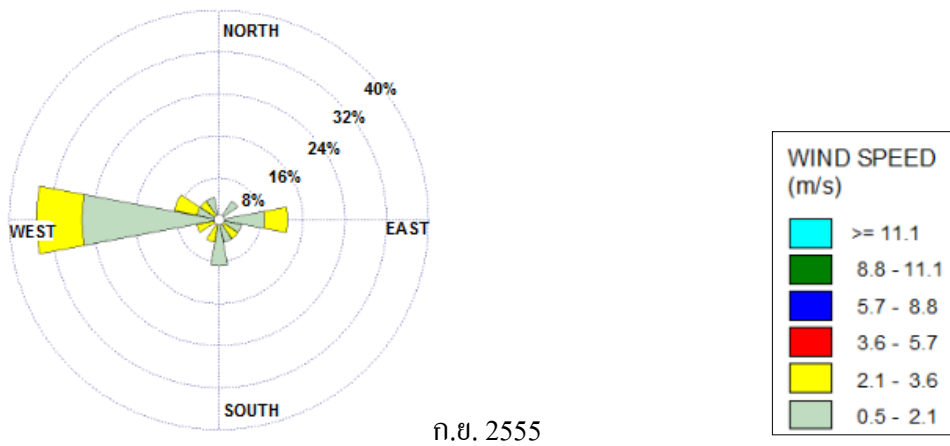
เดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 มีความเร็วลมสงบ อยู่ในช่วง 6.7-7.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงมีค่าความเข้มข้นของ PM_{10} , TSP และคาร์บอนต่ำ นอกจากนี้ทิศทางลมมาจากทิศตะวันตกที่เป็นแหล่งที่พักอาศัยในเดือนสิงหาคมและกันยายน พ.ศ. 2555 จึงมีค่าความเข้มข้นต่ำกว่าช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ซึ่งมีทิศทางลมมาจากทิศตะวันออกที่มีพื้นที่เกษตรกรรม ในขณะที่ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงเมษายน พ.ศ. 2556 มีความเร็วลมแรง อยู่ในช่วง 8.6-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงมีค่าความเข้มข้นของ PM_{10} , TSP และคาร์บอนสูง รวมถึงทิศทางลมมาจากทางทิศตะวันออกซึ่งมีพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Csavina และคณะ [25]



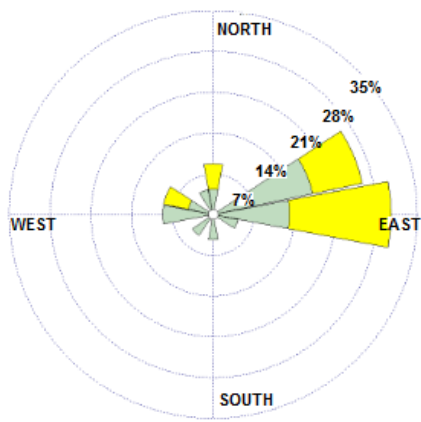
รูปที่ 4.8 ภาพดาวเทียมสถานที่เก็บตัวอย่าง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี



ศ.ค. 2555

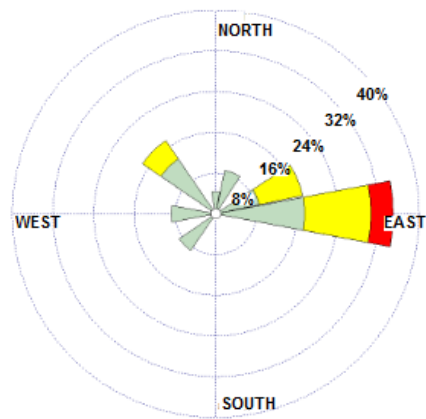


ถ.ย. 2555

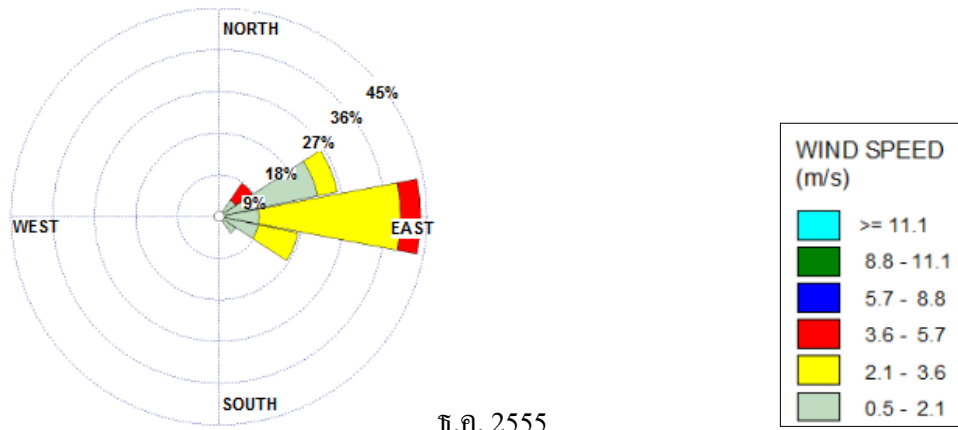


ค.ถ. 2555

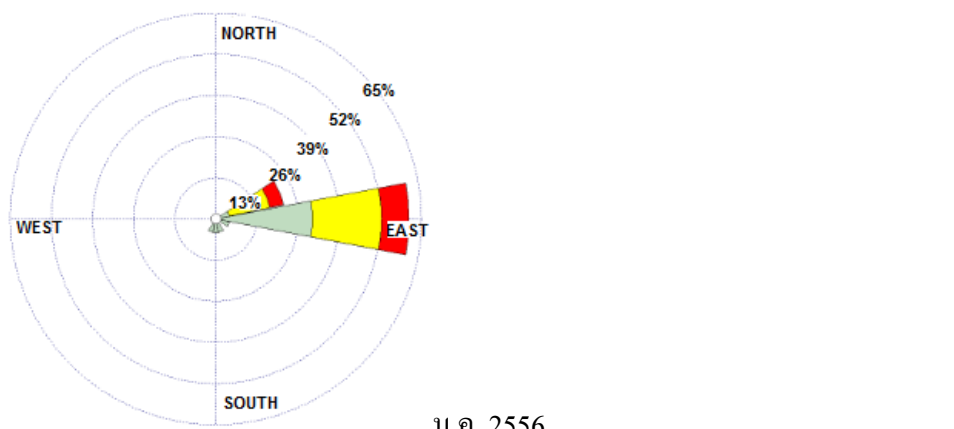
รูปที่ 4.9 แผนที่ลมบอกทิศทางลมและความเร็วลม ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึงตุลาคม พ.ศ. 2555



พ.ย. 2555

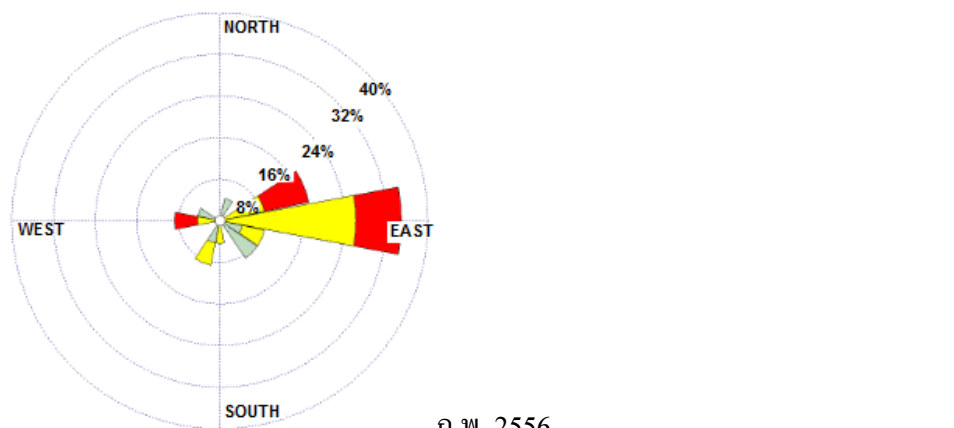


ช.ค. 2555

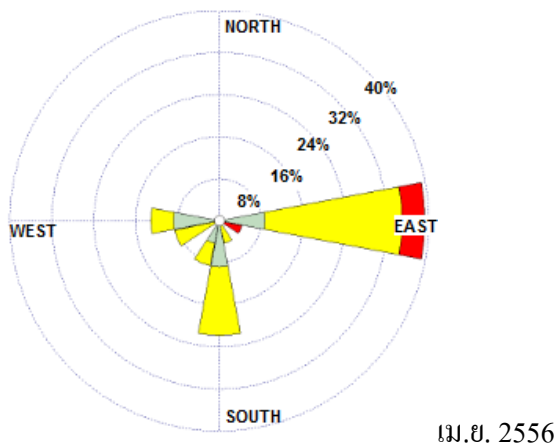
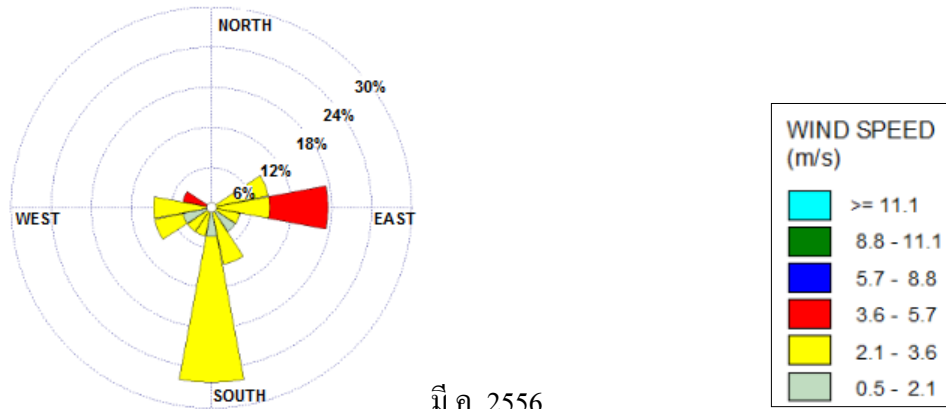


ม.ค. 2556

รูปที่ 4.10 แผนที่ลมบอกทิศทางลมและความเร็วลม ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ถึงมกราคม พ.ศ.2556



ก.พ. 2556



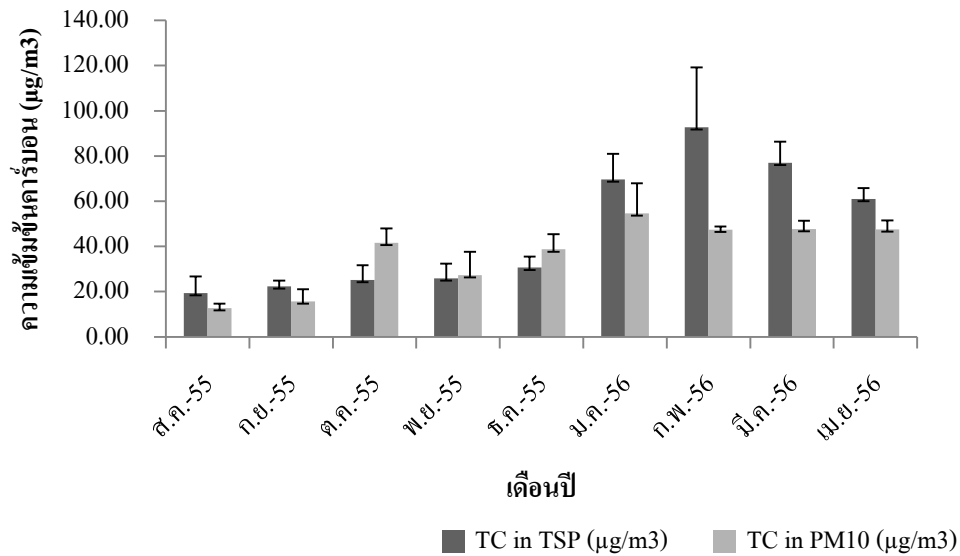
รูปที่ 4.11 แผนที่ลมบอกทิศทางลมและความเร็วลม ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเมษายน พ.ศ. 2556

4.3 การศึกษาปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP และ PM₁₀

จากการศึกษาปริมาณคาร์บอนใน TSP และ PM₁₀ ค่าเฉลี่ย 6 วันในแต่ละเดือน ดำเนินการตรวจวัดในช่วงฤดูฝน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 และในช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 เพื่อนำข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวไปวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP และ PM₁₀ โดยคำนึงถึงปัจจัยทางภูมิอากาศต่างๆ ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อการกระจายตัวของอนุภาคมลสาร ตลอดจนศึกษาผลกระทบจากการเผาชีวมวลในช่วงเวลาที่มีและไม่มี การเผาชีวมวลอีกด้วย ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

4.3.1 คาร์บอนใน TSP

การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP มีค่าอยู่ในช่วง 19.39-92.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 มีปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 19.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยเดือนกันยายน ตุลาคม และ พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 มีค่าเท่ากับ 22.36, 25.15 และ 25.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงเมษายน พ.ศ. 2556 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 30.62-92.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ คาร์บอนใน TSP มีค่าสูงที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 มีค่าเท่ากับ 92.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รองลงมา คือเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 มีค่าเท่ากับ 76.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เกษตรกรชาวไทยจะเผาเศษวัสดุทางการเกษตรในหลายพื้นที่ทั่วทุกภาคของประเทศ เพื่อเตรียมพื้นที่ในการทำเกษตรกรรมรอบใหม่ ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP จึงมีค่าสูงขึ้นจากการปลดปล่อยคาร์บอนจากการเผาชีวมวล ค่าปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 มีค่าแนวโน้มลดต่ำลงมากจากเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 เนื่องจากในเดือนเมษายนเกษตรกรเริ่มเผาชีวมวลน้อยลง จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเผาชีวมวลมีผลต่อปริมาณคาร์บอนใน TSP นอกจากนั้น ทิศทางลมยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP อีกด้วย จะเห็นว่าค่าความเข้มข้นในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ที่มีค่าสูงมากที่สุด จึงคาดว่าแนวโน้มส่วนใหญ่มาจากทิศทางลมพัดพาฝุ่นละอองมาทางทิศตะวันออก ด้วยความเร็วลม 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ที่ใช้เก็บตัวอย่างจะเห็นว่าทางทิศตะวันออกนั้นเป็นพื้นที่ทางการเกษตรขนาดใหญ่ ซึ่งมีการเผาชีวมวลจากกิจกรรมทางการเกษตร มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศหลายชนิด รวมถึงฝุ่นละอองและคาร์บอนจากฝุ่นด้วย เนื่องจากความเร็วลมในเดือนกุมภาพันธ์มีค่ามากที่สุดส่งผลให้มลพิษดังกล่าวสามารถพัดมาจากแหล่งกำเนิดที่ห่างไกลได้มากกว่าเดือนอื่นๆ ที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐกฤต รัตนเพียร [27] และทิศทางลมในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 พัดมาจากทางทิศตะวันตก ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นแหล่งที่พักอาศัย ซึ่งไม่มีการเผาชีวมวลจากกิจกรรมทางการเกษตร ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความเข้มข้นคาร์บอนใน TSP นั้นมีค่าต่ำที่สุด จากการศึกษาความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในช่วงฤดูฝน และ 66.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นในฤดูแล้งจึงมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP มากกว่าในฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสิวรินทร์ ดวงแก้ว และคณะ [17]

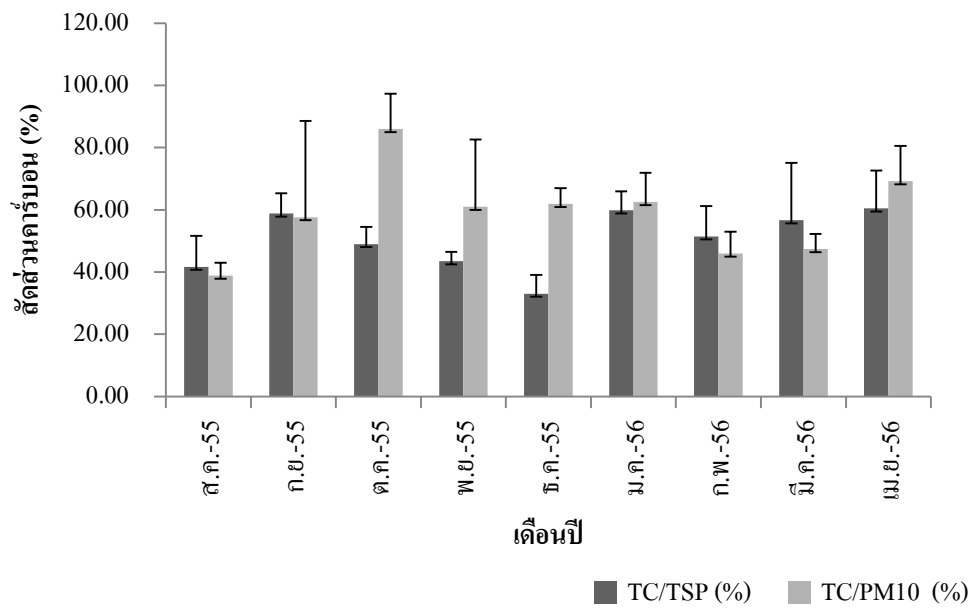


รูปที่ 4.12 ปริมาณความเข้มข้นคาร์บอนใน PM₁₀ และ TSP ค่าเฉลี่ย 6 วันในแต่ละเดือน

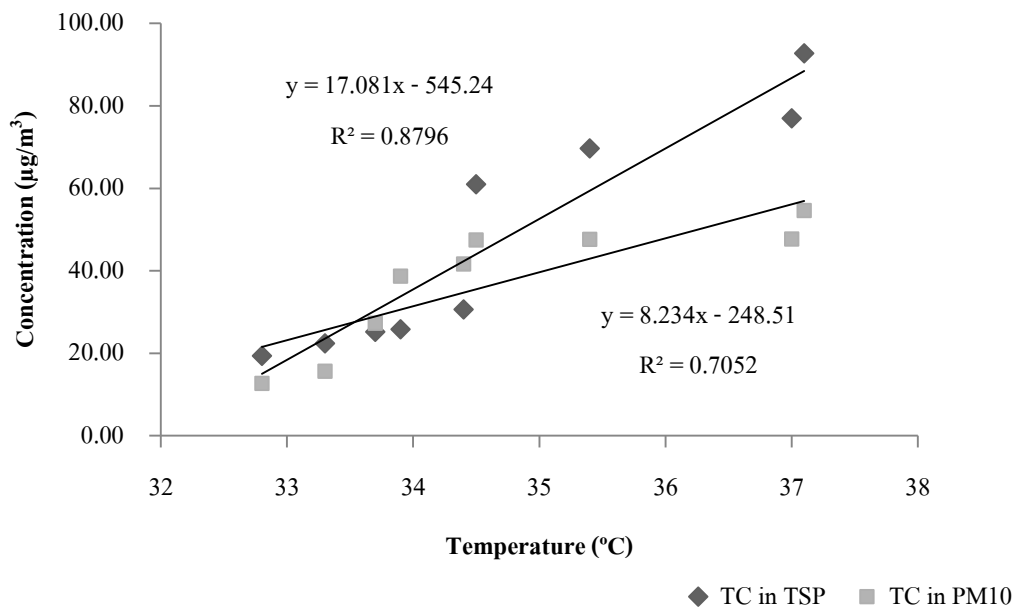
4.3.2 คาร์บอนใน PM₁₀

ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน PM₁₀ มีค่าอยู่ในช่วง 12.67-54.63 µg/m³ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.07 µg/m³ ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงเมษายน พ.ศ. 2556 มีแนวโน้มของปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน PM₁₀ สูงขึ้น เนื่องจากอยู่ในช่วงที่มีการเผาชีวมวล อย่างไรก็ตามก็ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ด้วย ได้แก่ ความเร็วลม และทิศทางลม ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวลมพัดมาจากทิศตะวันออกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้ปริมาณความเข้มข้นสูงขึ้น การศึกษาทิศทางลมทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดคาร์บอนอีกด้วย นอกจากนี้ ความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งก็ส่งผลกระทบต่อการกระจายตัวของคาร์บอนฝุ่น PM₁₀ ด้วย จากรูปที่ 4.12 แสดงปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน PM₁₀ ในฤดูฝน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.18 µg/m³ ซึ่งน้อยกว่าประมาณครึ่งหนึ่งของฤดูแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Engling และคณะ [24] เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนในแต่ละฤดูกาล ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะส่งผลให้ค่าความเข้มข้นมีแนวโน้มสูงด้วย ปริมาณคาร์บอนใน PM₁₀ มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางภูมิอากาศดังกล่าว จึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mkoma และคณะ [28] ทั้งนี้ก็ต้องคำนึงถึงแหล่งปล่อยคาร์บอนด้วยดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และปริมาณน้ำฝนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับคาร์บอนใน PM₁₀ เช่นกัน ในเดือนกันยายนมีฝนตกมากที่สุดส่งผลให้ค่าการตกสะสมเฉลี่ยของคาร์บอนใน PM₁₀ มีค่าลดลง เนื่องจากอนุภาคมลสารในบรรยากาศได้ถูกน้ำฝนชะล้างลงสู่พื้นดิน อนุภาคที่ถูกชะออกไปจากน้ำฝนเรียกว่า การตกสะสมเปียก ฌักกูร์มฌยา จันทรธาประกฤษกุล [29] เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วน TC/PM₁₀ และ TC/TSP คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.95% และ 50.49% ตามลำดับ สัดส่วนคาร์บอนใน

PM₁₀ และ TSP มีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน และสัดส่วนคาร์บอนสูงขึ้นในช่วงเวลาที่มีการเผาชีวมวล และทิศทางลมพัดมาจากทางทิศตะวันออก ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ สามารถบ่งบอกถึงแหล่งปล่อยคาร์บอนจากการเผาชีวมวลในพื้นที่เกษตรกรรม แสดงดังรูปที่ 4.13 การเผาชีวมวลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP และ PM₁₀ มีค่าสูงขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kharol และคณะ [30] ดังนั้น คาร์บอนใน TSP และ PM₁₀ กับอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น มีค่า R² เท่ากับ 0.8796 และ 0.7052 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 สัดส่วนคาร์บอนใน TSP และ PM₁₀ (%) ค่าเฉลี่ย 6 วันในแต่ละเดือน



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนใน TSP และ PM₁₀ กับอุณหภูมิ

จากผลการศึกษาปัจจัยทางภูมิอากาศต่างๆ กับ PM₁₀, TSP, คาร์บอนใน TSP และคาร์บอนใน PM₁₀ สรุปได้ดังตารางที่ 4.1 พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ มีความสัมพันธ์ที่ติดมากับความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.954, 0.946 และ 0.956 ตามลำดับ และปริมาณความเข้มข้นของ TSP มีความสัมพันธ์ที่ติดมากับความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิเช่นกัน โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.943, 0.950 และ 0.928 ตามลำดับ ส่วนปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน TSP มีความสัมพันธ์ที่ดีกับความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.876, 0.736 และ 0.880 ตามลำดับ ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนใน PM₁₀ มีความสัมพันธ์ที่ดีกับความเร็วลม และอุณหภูมิ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.866 และ 0.701 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ที่ติดมากับความชื้นสัมพัทธ์ ที่ R^2 เท่ากับ 0.964 ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Zhang และคณะ [20]

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM₁₀, TSP, TC TSP และ TC PM₁₀ กับปัจจัยทางภูมิอากาศต่างๆ

มลพิษทางอากาศ	ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง	R ²
PM ₁₀	PM ₁₀ = 19.94WS-102.7	0.954
	PM ₁₀ = 4.357RH-260.3	0.946
	PM ₁₀ = 17.18T-533.4	0.956
TSP	TSP = 34.18WS-193.9	0.943
	TSP = 7.523RH-468.2	0.950
	TSP = 29.17T-922.7	0.928
TC TSP	TC TSP = 19.12WS-112.9	0.876
	TC TSP = 2.079RH-118.2	0.736
	TC TSP = 17.08T-545.24	0.880
TC PM ₁₀	TC PM ₁₀ = 10.27WS-49.34	0.866
	TC PM ₁₀ = 4.40RH-280.5	0.964
	TC PM ₁₀ = 8.234T-248.51	0.710

WS: wind speed (km/hr); RH: relative humidity (%); T: temperature (°C)

4.4 การเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยอื่นๆ

จากการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ และคาร์บอนใน PM₁₀ ในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี พบว่าปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ ในช่วงฤดูฝน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.87 µg/m³ และปริมาณความเข้มข้นคาร์บอนใน PM₁₀ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.48 µg/m³ ส่วนในฤดูแล้งตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 81.94 µg/m³ และวิเคราะห์หาคาร์บอนฝุ่น PM₁₀ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.55 µg/m³ ดังนั้น ในฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าในฤดูฝน ส่วนงานวิจัยของ Mkoma และคณะ [28] ทำการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ และคาร์บอนใน PM₁₀ ในเขตชุมชนเมือง Dares Salaam ประเทศ Tanzania โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ช่วง คือ ฤดูฝนและฤดูแล้ง ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้น PM₁₀ ในฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52 และ 76 µg/m³ ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นคาร์บอนใน PM₁₀ ในฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเท่ากับ 15 และ 18 µg/m³ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษา พบว่าค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความเข้มข้นในฤดูแล้งมากกว่าในฤดูฝนเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ ปัจจัยทางภูมิอากาศก็มีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ และคาร์บอนใน PM₁₀ ด้วย ค่าความเข้มข้น PM₁₀ มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเป็นเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น มีการเผาไหม้ถ่านเพื่อทำอาหาร และในฤดูแล้งมีการเผาชีวมวลด้วย Mkoma และคณะ [28]

และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ คิววินทร์ ดวงแก้ว และคณะ [17] ซึ่งศึกษาในกรุงเทพมหานคร พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} มีค่าเท่ากับ $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และคาร์บอนใน PM_{10} มีค่าเท่ากับ $38.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีแนวโน้มปริมาณความเข้มข้นคาร์บอนสูง เนื่องจากในกรุงเทพมหานครมีการจราจรหนาแน่น แหล่งปล่อยคาร์บอนมาจากท่อไอเสียรถยนต์เป็นส่วนใหญ่ ส่วนงานวิจัยที่ศึกษาที่เมือง Beijing ในประเทศจีน พบว่า ค่าความเข้มข้น PM_{10} มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $172.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดในบรรยากาศ เนื่องจากแหล่งกำเนิดจากรถยนต์ และการเผาไหม้ถ่าน นอกจากนี้ปัจจัยทางภูมิอากาศ และฤดูกาลก็มีผลต่อความเข้มข้นของ PM_{10} และคาร์บอน PM_{10} ด้วย Zhang และคณะ [31] แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของ PM_{10} และคาร์บอนใน PM_{10} ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงกับงานวิจัยอื่นๆ

Location	area	Season	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TC in PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TC/ PM_{10} (%)	Reference
Prachinburi, Thailand	urban	Wet season	37.87	23.48	62	This study
		Dry season	81.94	45.55	55.59	
Dares Salaam, Tanzania	urban	Wet season	52	15	28.85	[28]
		Dry season	76	18	23.68	
Bangkok, Thailand	urban	Wet season	45	N/A	N/A	[17]
		Dry season	80	38.04	47.55	
Beijing, China	urban	Dry season	172.6	30.2	17.50	[31]

จากตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของ TSP และคาร์บอนใน TSP ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงกับงานวิจัยอื่นๆ พบว่า ในเมือง Douliou เกาะไต้หวัน ในระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2550 ปริมาณความเข้มข้นของ TSP และคาร์บอนใน TSP มีค่าเท่ากับ 110 และ $66.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และในเมือง Dayalbagh Agra ประเทศอินเดีย ในระหว่างเดือนมีนาคม พ.ศ. 2551 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 มีปริมาณความเข้มข้นของ TSP และคาร์บอนใน TSP มีค่าเท่ากับ 128.5 และ $76.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ดังนั้น ปริมาณความเข้มข้นของ TSP และคาร์บอนใน TSP ในงานวิจัยดังกล่าวมีค่าสูงกว่างานวิจัยนี้ เนื่องจากในเกาะไต้หวันทำการศึกษาใกล้พื้นที่เกษตรกรรม มีการเผาฟางข้าว รวมถึงภูมิอากาศเป็นเขตร้อนด้วย ส่วนในประเทศอินเดียก็ได้รับอิทธิพลจากการเผาชีวมวลด้วย

เช่นกัน จะเห็นได้ว่าสัดส่วน TC/TSP มีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่งานวิจัยที่ศึกษาในอำเภอปราจีนบุรี TC/TSP มีค่าเท่ากับ 50.89% ในเมือง Douliou เกาหลีใต้หวั่น TC/TSP มีค่าเท่ากับ 60.45% และในเมือง Dayalbagh Agra ประเทศอินเดีย TC/TSP มีค่าเท่ากับ 59.84% เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการเผาชีวมวลเช่นเดียวกัน รวมถึงความเร็วลมและทิศทางลมด้วย

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของ TSP และคาร์บอนใน TSP ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงกับงานวิจัยอื่นๆ

Location	area	Time	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TC in TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TC/TSP (%)	Reference
Prachinburi, Thailand	urban	August 2012- April 2013	89.20	45.39	50.89	This study
Douliou, Taiwan	urban	June-July 2007	110	66.5	60.45	[24]
Dayalbagh Agra, India	suburban	March 2008- February 2009	128.5	76.9	59.84	[19]

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลจากการเผาชีวมวลต่อการกระจายตัวของอนุภาคในเขตชุมชนเมืองปราจีนบุรี โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM₁₀ และ TSP ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทั้งหมด 6 วันในแต่ละเดือน ในระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 และยังวิเคราะห์คาร์บอนฝุ่น PM₁₀ และ TSP ด้วย แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ การศึกษาปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ และ TSP การศึกษาปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีผลต่อความเข้มข้นของ PM₁₀ และ TSP การศึกษาปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนฝุ่น TSP และ PM₁₀ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ ที่วิเคราะห์ได้ในระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 ค่าเฉลี่ย 6 วันในแต่ละเดือน มีค่าอยู่ในช่วง 29.91-104.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทยที่กำหนดไว้ 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ น้อยที่สุดในเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 มีค่าเท่ากับ 29.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ มากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 มีค่าเท่ากับ 104.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วน ปริมาณความเข้มข้นของ TSP ค่าเฉลี่ย 6 วันในแต่ละเดือนที่ตรวจวัดได้ ในระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงเมษายน พ.ศ. 2556 มีค่าอยู่ในช่วง 37.20-171.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทยที่กำหนดไว้ 330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดในเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 เท่ากับ 37.20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และมีค่าความเข้มข้นมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 มีค่าเท่ากับ 171.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยทางภูมิอากาศต่างๆ รวมถึงอิทธิพลจากการเผาชีวมวลมีผลต่อการกระจายตัวของอนุภาคฝุ่นละออง

2) ปัจจัยทางภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน ความเร็วลม ทิศทางลม มีอิทธิพลต่อปริมาณความเข้มข้นของ TSP, PM₁₀ และคาร์บอน โดยเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 มีปริมาณน้ำฝนสูง และความชื้นสัมพัทธ์มีแนวโน้มสูงขึ้นผันตามปริมาณน้ำฝนอีกด้วย ในขณะที่อุณหภูมิลดต่ำลง ส่วนในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 มีปริมาณน้ำฝนต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์มีแนวโน้มลดลง และอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จึงมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของ TSP, PM₁₀ และคาร์บอนด้วย น้ำฝนสามารถชะล้างฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศให้ตกลงสู่พื้นดินได้ รวมถึงอุณหภูมิต่ำ และความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้ฝุ่นละอองไม่กระจายตัวสะสมอยู่ทั่วบรรยากาศ นอกจากนั้นความเร็วลมและทิศทางลมก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของอนุภาคฝุ่นละอองด้วย ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึงกันยายน พ.ศ. 2555 ทิศทางลมส่วนใหญ่มาจากทางทิศตะวันตก ซึ่งบริเวณนี้ส่วนใหญ่เป็นที่พักอาศัย ด้วยความเร็วลมอ่อน จึงมีปริมาณความเข้มข้นของ

อนุภาคน้อย และมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยในเดือนตุลาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 เนื่องจากมีทิศทางลมส่วนใหญ่มาจากทางทิศตะวันออกที่มีพื้นที่เกษตรกรรมขนาดใหญ่ และมีค่าความเข้มข้นของอนุภาคสูงขึ้นมาก ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงเมษายน พ.ศ. 2556 เนื่องจากทิศทางลมที่มาจากทางทิศตะวันออก และความเร็วลมที่แรงขึ้น รวมถึงปัจจัยทางภูมิอากาศในช่วงนี้ทำให้เกิดการสะสมของอนุภาคสูงขึ้นด้วย

3) การเผาชีวมวลมีผลกระทบต่อปริมาณความเข้มข้นของ TSP, PM_{10} และคาร์บอน จากการศึกษารายการภาพถ่ายดาวเทียม และวิน โรส แสดงให้เห็นว่าทิศทาง และความเร็วลมที่มาจากทางทิศตะวันออกด้วยความเร็วลมแรง ส่งผลให้ค่าปริมาณความเข้มข้นของ TSP, PM_{10} และคาร์บอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ เกษตรกรไทยจะเริ่มเผาชีวมวล เพื่อเตรียมพื้นที่ทำการเกษตรรอบใหม่ ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 โดยเฉพาะในเดือนกุมภาพันธ์มีการเผาชีวมวลมากที่สุด ทำให้ค่าความเข้มข้นในช่วงนี้สูงขึ้นตามไปด้วย และเริ่มเผาชีวมวลน้อยลงในเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 แนวโน้มค่าความเข้มข้นของอนุภาคจึงลดลง แต่ก็ยังมีค่ามากกว่าในช่วงที่ไม่มีการเผาชีวมวลเลย ปริมาณคาร์บอนฝุ่น PM_{10} และ TSP ที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่มีการเผาชีวมวลจึงทำให้ทราบว่า การเผาชีวมวลนั้นมีอิทธิพลต่อปริมาณความเข้มข้นของอนุภาค โดยมีสัดส่วนของคาร์บอนฝุ่น PM_{10} และ TSP คิดเป็นร้อยละ 58.95 และ 50.49

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ศึกษาแหล่งกำเนิดของสารมลพิษทางอากาศอย่างละเอียด โดยเฉพาะบริเวณที่เก็บตัวอย่าง เช่น พื้นที่เกษตรกรรม โรงงานอุตสาหกรรม ป่าไม้ เป็นต้น
- 2) ศึกษาชนิดของพืชที่ปลูกในบริเวณที่ศึกษา เพื่อเก็บข้อมูลสารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากพืชชนิดนั้นๆ
- 3) ควรใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่มีการตรวจวัดใกล้เคียงกับจุดเก็บตัวอย่างที่สุด
- 4) ควรเก็บตัวอย่างให้มากขึ้น และเพิ่มจุดเก็บตัวอย่าง เพื่อให้ได้ค่าความเข้มข้นที่ละเอียดมากขึ้น และช่วยให้ระบุแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น
- 5) ควรเก็บตัวอย่างทั้งช่วงกลางวัน และกลางคืน เพื่อสามารถนำมาเปรียบเทียบข้อมูลได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. ส่วนคุณภาพอากาศในบรรยากาศ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2546 คู่มือการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, หน้า 1.
2. สุทัศน์ ยกส้าน, 2554, ไฟป่า [ออนไลน์], แหล่งค้นหา: <http://www.school.net.th/library/snet6/envi3/who/fire.htm> [10 ธันวาคม 2555].
3. สุพจน์ เอียงกฤษร, 2555, การเผาไร่นาของเกษตรกรไทย [ออนไลน์], แหล่งค้นหา: <http://www.ryt9.com/s/nnd/1375443> [10 ธันวาคม 2555].
4. นพภาพร พานิช, 2550, ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ, พิมพ์ครั้งที่ 2, ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, บทที่ 1 หน้า 12-13, บทที่ 5 หน้า 1-2.
5. สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2554, รั้วรอบทิศมลพิษทางอากาศ บทเรียน แนวคิด และการจัดการ, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรกช พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ, หน้า 1-2, 4, 9, 16-17, 25, 29.
6. วนิตา จินศาสตร์, 2551, มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, หน้า 84.
7. ส่วนแผนงานและประมวลผล สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2548, แผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการควบคุมการเผาในที่โล่ง, กรุงเทพฯ, หน้า 2-5.
8. กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553, บทความส่งเสริมการเกษตรเรื่องรวมพลังเกษตรกรยุคการเผา, [ออนไลน์], แหล่งค้นหา: <http://pr.agritech.doae.go.th/article/2553/article%2010%20atchara.doc> [20 ธันวาคม 2555].
9. ศูนย์วิจัยและจัดการคุณภาพอากาศ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2554, การเผาขยะชุมชนในที่โล่งแจ้ง และการจัดการ, [ออนไลน์], แหล่งค้นหา:

http://www3.med.cmu.ac.th/etc/smog/modules/article/upload/attach_file/11-06-22-555d6.pdf

[20 ธันวาคม 2555].

10. ชัชวาลย์ จันทรวิจิตร, 2542, **ฝุ่นละอองในประเทศไทย** [ออนไลน์], แหล่งค้นหา:
<http://advisor1.anamai.moph.go.th/factsheet/dust.html> [20 ธันวาคม 2555].
11. ระบบบริการเอกสารประกอบการเรียนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550, **กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ** [ออนไลน์], แหล่งค้นหา:
<http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi6/kot/kot1.htm> [20 ธันวาคม 2555].
12. ส่วนคุณภาพอากาศในบรรยากาศ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2546, **คู่มือการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ**, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, หน้า 5-6.
13. กรมอุตุนิยมวิทยา, **ฤดูกาลของประเทศไทย** [ออนไลน์], แหล่งค้นหา:
<http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53> [25 ธันวาคม 2555]
14. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551, **การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดปราจีนบุรี**. พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท แอดวานซ์วิชั่นเซอวิส จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 5.
15. มงคล ราชนาคร, สมพร จันทระ, สุนันทา ว่างกานต์, ธนาภรณ์ ณ เชียงใหม่, เจน จันทรสุภาแสน, อุไร เตังเจริญกุล, พิสิทธิ์ กิจสวัสดิ์ไพบูลย์, 2550, **การวิเคราะห์เพื่อหามลพิษทางอากาศในอนุภาคฝุ่นในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 36-49.
16. อนุตรา พูนแก้ว, เอี่ยมพร มัชฌิมวงศ์, วินัย นุตมากุล, รัฐพล อ้นแจ่ม, วนิตา สุรพิพิธ, 2550, **การประมาณค่าฝุ่น PM₁₀ จากฝุ่นละอองทั่วไป กรณีศึกษาโรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 56-60.
17. Duangkaew S., Limpasene W., Suwattiga P., 2013, Carbon Composition of PM₁₀ and PM_{2.5} in Bangkok Ambient Air from a City Center Sampling Site, **RJAS**, Vol.3, No.1, pp.17-23.

18. Aryal R.K., Lee B.K., Karki R., Gurung A., Kandasamy J., Pathak B.K., Sharma S. and Giri N., 2008, “Seasonal PM₁₀ Dynamics in Kathmandu Valley”, **Atmospheric Environment**, Vol. 42, pp. 8623-8633.
19. Satsangi A., Pachauri T., Singla V., Lakhani A. and Kumari M.K., 2012, “Organic and Element Carbon Aerosols at a Suburban Site”, **Atmospheric Research**, Vol. 113, pp.13-21.
20. Zhang R., Ho K., Coa J., Han Z., Zhang M., Cheng Y. and Lee S., 2009, “Organic carbon and Elemental Carbon Associated with PM₁₀ in Beijing During Spring Time” **Science of the Total Environment**, Vol. 487, pp. 82-90.
21. ศิริวรรณ แก้วงาม, วนิตา จีนศาสตร์, โชคชัย ยะชูศรี, 2543, **ลักษณะและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในกรุงเทพมหานคร**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 1.
22. ณัฐนันท์ หมั่นภักดี, 2553, **การศึกษาแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาดเล็กภายในอาคารที่พักอาศัยริมถนน**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 62-67.
23. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2551, **เครื่องเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็ก** [ออนไลน์], แหล่งค้นหา: <http://www.industry.in.th/dip/productdetails.php?id=68214&uid=40585> [5 มกราคม 2556]
24. Engling G., Lee J.J., Sie H.J., Wu Y.C. and I Y.P., 2013, “Anhydrosugar Characteristics in Biomass Smoke Aerosol Case Study of Environmental Influence on Particle-size of Rice Straw Burning Aerosol” **Journal of Aerosol Science**, Vol. 56, pp. 2-14.
25. Csavina J., Field J., Félix O., Corral-Avitia A.Y., Sáez A.E. and Betterton E.A., 2014, “Effect of Wind Speed and Relative Humidity on Atmospheric Dust Concentrations in Semi-Arid Climates” **Science of the Total Environment**, Vol. 487, pp. 82-90.

26. หทัยรัตน์ พุทธรักษา, 2553, การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณริมถนนประชาธิปไตยในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนในกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 59-63.
27. ณัฐกฤตา รัตนเพียร, 2555, การเปลี่ยนแปลงปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน บริเวณริมถนนที่มีความสูงต่างๆ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 45-69.
28. Mkoma S.L., Chi X., Maenhaut W., 2010, “Characteristics of carbonaceous aerosols in ambient PM₁₀ and PM_{2.5} particles in Dares Salaam in Tanzania”, **Science of the Total Environment**, Vol. 408, pp. 1308-1314.
29. ณัฐธรมันยา จันทราประภากุล, 2555, การศึกษาปัจจัยทางภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการสะสมของแบล็คคาร์บอนเหนือป่าชีวมณฑลสะแกราช, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 35-56
30. Kharol S.K., Badarinath K.V.S., Sharma A.R., Mahalakshmi D.V., Singh D. and Prasad V.K., 2012, “Black Carbon Aerosol Variations over Patiala City Punjab India a Study During Agriculture Crop Residue Burning Period Using Ground Measurements and Satellite Data”, **Journal Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, Vol. 84-85, pp. 45-51.
31. Zhang R., Cao J., Lee S., Shen Z. and Ho K., 2007, “Carbonaceous Aerosol in PM₁₀ and Pollution gases in winter in Beijing”, **Journal of Environment Science**, Vol. 19, pp. 564-571.