

บทที่ 2

การตรวจสอบเอกสาร

2.1 ระบบมลพิษอากาศ (Air pollution system)

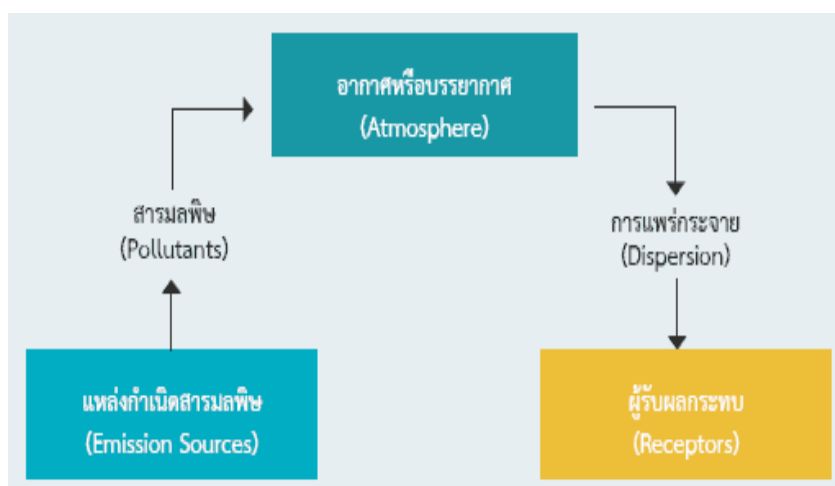
มลพิษอากาศ (Air pollution) หมายถึง สภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณมาก และมีระยะเวลาที่สามารถแขวนลอยได้นานที่สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของคน สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ ซึ่งสารที่แขวนลอยอยู่อาจจะเป็นธาตุหรือสารประกอบ อาจอยู่รูปของเหลว ก๊าซ หรืออนุภาคของแข็ง โดยเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ มลพิษทางอากาศหลักที่สำคัญ คือ ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ตะกั่ว และโอโซน (จิตารินทร์, 2549 อ้างจาก นพภาพร, 2544)

ส่วนประกอบของระบบภาวะมลพิษอากาศ ประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ (Emission source) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลกระทบ (Receptors) ดังรูปที่ 2.1

แหล่งกำเนิดสารมลพิษ (Emission source) เป็นส่วนที่เป็นก่อให้เกิดมลพิษและระบบของสารมลพิษทางอากาศออกไปสู่อากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของสารมลพิษทางอากาศที่ถูกปล่อยออกสู่อากาศจะขึ้นอยู่กับว่าเป็นแหล่งกำเนิดประเภทใด และมีการควบคุมการระบายมลพิษทางอากาศหรือไม่

บรรยากาศ (Atmosphere) เป็นส่วนที่เป็นที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดและเป็นตัวกลางให้สารมลพิษที่อยู่ในอากาศที่มีการแพร่กระจายออกไป โดยมีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาเป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายของสารมลพิษ

ผู้รับผลกระทบ (Receptors) เป็นส่วนซึ่งสัมผัสกับสารมลพิษ ทำให้ได้รับความเสียหายหรืออันตราย โดยผู้รับผลเสียอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน พืช และสัตว์ เป็นต้น หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น อาคาร บ้านเรือน วัสดุและสิ่งก่อสร้างต่าง ความเสียหายหรือผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัส (จิตารินทร์, 2549)



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของระบบภาวะมลพิษอากาศ

ที่มา: นพภาพร, 2544

2.2 ศัพท์เกี่ยวกับฝุ่นละออง

ศัพท์ทางด้านมลภาวะอากาศนั้นมีความหมายใกล้เคียงกันมาก โดยได้มีผู้ให้คำจำกัดความต่างๆ ไว้มากมาย โดยจะมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันดังรูปที่ 2.2 ซึ่งความหมายของศัพท์ต่างๆ มีดังนี้ (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543 : พงษ์เสวต, 2545 : ยศกิต, 2552)

2.2.1 ละอองไอ (Aerosol)

อนุภาคที่เป็นของแข็งหรือของเหลวขนาดเล็กที่สามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้ โดยทั่วไปจะมีขนาดตั้งแต่ 1 ไมครอน ไปจนถึง 50 ไมครอน ซึ่งสิ่งที่เป็นละอองไอ ได้แก่ ฝุ่นละออง หมอก ไอควัน ควัน ละอองน้ำ และหมอก

2.2.2 ฝุ่น (Dust)

ฝุ่นเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่เกิดจากการ ทบ ตี บด กระแทก อนุภาคของของแข็ง ฝุ่นที่เราสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจะมีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป โดยที่น้ำหนักของฝุ่นจะแปรผกผันกับความสามารถในการแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ ฝุ่นที่มีน้ำหนักน้อยก็จะสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน ส่วนฝุ่นที่มีน้ำหนักมากก็จะตกลงสู่พื้นโลกได้เร็วด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

2.2.3 ขี้เถ้าหรือขี้เถ้าลอย (Fly ash)

ขี้เถ้าหรือขี้เถ้าลอยเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่ปลิวออกมากับไอเสียซึ่งเกิดจากเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของถ่านหินและแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งพบได้มากในอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าถ่านหินมักมี

ส่วนประกอบของโลหะหนักปนอยู่ด้วย เช่น Ni As Be Cd เป็นต้น ซึ่งจะมีขนาดตั้งแต่ 0.5-100 ไมครอน

2.2.4 ไอควัน (Fume)

ไอควันเป็นอนุภาคของแข็งของสารที่อยู่ในสถานะก๊าซที่เกิดจากการควบแน่นของโลหะ โดยทั่วไปที่อุณหภูมิห้องสารนั้นๆ จะอยู่ในสถานะของแข็ง แต่เมื่อได้รับความร้อนก็จะระเหยและควบแน่นทันที เช่น ไอควันของตะกั่วออกไซด์ ไอควันของเหล็กออกไซด์

2.2.5 หมอก (Fog)

หมอกเป็นละอองไอน้ำที่ฟุ้งกระจายเป็นของเหลว เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสถานะจากก๊าซมาเป็นของเหลวมีขนาดเล็กกว่าละอองน้ำโดยทั่วไปจะมีขนาดเฉลี่ย 1.0-40 ไมครอน

2.2.6 หมอกผสม (Smog)

หมอกผสมเกิดจากการรวมตัวกันของ Smoke กับ Fog ในสภาวะอากาศเย็นที่มีหมอกแล้วเกิดการปนเปื้อนกับกลุ่มควันที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทต่างๆ สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทคือ London Smog ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและถ่านหินที่มีกำมะถันและซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) เป็นองค์ประกอบ และ Photochemical smog เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) โอโซน (O_3) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (HC) องค์ประกอบ ซึ่งขนาดของอนุภาคโดยทั่วไปจะมีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน

2.2.7 ควัน (Smoke)

ควันเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของคาร์บอนแล้วฟุ้งกระจายไปในชั้นบรรยากาศ ซึ่งจะมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน

2.2.8 ละออง (Fumes)

ละอองเป็นอนุภาคของแข็งที่เกิดจากการเผาไหม้ของสารประกอบพวก PbO Fe_2O_3 หรือ ZnO โดยขนาดของอนุภาคใกล้เคียงกับ Smoke

2.2.9 ละอองน้ำ (Mist)

ละอองน้ำเป็นอนุภาคของเหลวที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโดยการกลั่นตัวของไอระเหยจากสภาวะก๊าซมาเป็นของเหลว โดยจะมีลักษณะฟุ้งกระจายอย่างเบาบางของหยดน้ำ มีขนาด 40-500 ไมครอน ซึ่งมีขนาดใหญ่พอที่จะตกลงมาจากชั้นอากาศในรูปของหยดน้ำได้

2.2.10 เส้นใย (Fiber)

เส้นใยเป็นอนุภาคของแข็งที่มีรูปร่างยาวและบางซึ่งจะมีความยาวเกินกว่าความกว้าง 3 เท่าขึ้นไปโดยที่ขนาดของความกว้างจะต่ำกว่าประมาณ 3 ไมครอน เช่น ฝุ่นแอสเบสตอส ฝุ่นซิลิกา เป็นต้น

	Solid Sphere
	Hollow Sphere
	Solid Irregular
	Flake
	Fiber
	Condensation Floc
	Aggregate

รูปที่ 2.2 รูปร่างต่างๆ ของอนุภาคฝุ่น

ที่มา : วาทิน และคณะ (2553)

2.3 ฝุ่นละออง (Particulate matter)

ฝุ่นละออง (Particulate matter) หมายถึง อนุภาคของแข็งและละอองของเหลวซึ่งไม่รวมถึงหยดน้ำและแก๊ส ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศโดยทั่วไปจะมีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนทั้งที่สามารถมองเห็นและไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช ก่อความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัย เกิดอุปสรรคในการสัญจรบนท้องถนน รวมทั้งทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ด้วย จึงทำให้เกิดการกำหนดมาตรฐานเพื่อจำกัดและบรรเทาปัญหาฝุ่นละอองขึ้น ได้แก่ การกำหนดมาตรฐานของฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด มาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศ และมาตรฐานของฝุ่นละอองในอาคารหรือสถานประกอบการ ซึ่งมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปสำหรับประเทศไทยตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 28 (พ.ศ. 2550) ได้กำหนดโดยจำแนกฝุ่นละอองออกเป็น 2 ขนาด คือ ฝุ่นละออง

รวมซึ่งมีขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน นอกจากนี้ยังแบ่งเป็นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนอีกด้วย (วาทีน และคณะ, 2553 อ้างจาก วนิตา, 2551)

2.3.1 ฝุ่นละอองแขวนลอยรวม (Total suspended particulate หรือTSP) คืออนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งทุกอนุภาคซึ่งสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้ โดยที่ฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไปแต่ไม่เกิน 100 ไมครอน สามารถมองเห็นฝุ่นได้ด้วยตาเปล่า โดยจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจส่วนต้น ทักษะวิสัยในการมองเห็นเสื่อมลง (ยศกิต, 2552 อ้างจาก ศรีรัตน์ และคณะ, 2545 : ชัชชล และคณะ, 2553)

2.3.2 ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (Particulate matter less than 10 microns หรือ PM₁₀) เป็นฝุ่นที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้ และสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานกว่าฝุ่นแขวนลอยรวม ยังมีขนาดเล็กและหายใจเข้าเป็นเวลานานก็ยิ่งอันตรายมาก ได้แก่ ฝุ่น (Dust) คว้น (Smoke) พุ่ม (Fume) เป็นต้น (ยศกิต, 2552 อ้างจาก ศรีรัตน์ และคณะ, 2545 : ชัชชล และคณะ, 2553)

2.3.3 ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate matter less than 2.5 microns หรือ PM_{2.5}) เป็นอนุภาคของแข็งหรือกึ่งของแข็งอยู่ในสภาพกึ่งระเหยและสภาวะระเหยที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน เกิดจากที่ไอระเหยในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงในกระบวนการเผาไหม้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างอนุภาคแล้วรวมตัวกันเป็นฝุ่นละออง เช่น ฝุ่นละอองจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล เป็นต้น (ยศกิต, 2552 อ้างจาก ศรีรัตน์ และคณะ, 2545)

ซึ่งได้มีการเปรียบเทียบฝุ่นขนาดต่างๆกับอนุภาคทรายและเส้นผมไว้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบขนาดของฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อสุขภาพกับอนุภาคทรายและเส้นผม

ที่มา: จิรวัดน์ (2555)

2.4 แหล่งกำเนิดของฝุ่น

2.4.1 อนุภาคที่ฝุ่นที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural particle)

เกิดจากดิน ทราย ละอองน้ำ เหม่า ควันจากไฟฟ้า ฝุ่นเกล็ดจากทะเล ภูเขาไฟ ฯลฯ
 ถูกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติทำให้เกิดการฟุ้งกระจาย หรือเกิดจากปฏิกิริยาเคมีเชิงแสงของ
 ก๊าซ (Photochemical gas reaction) ซึ่งเกิดระหว่างก๊าซโอโซนในธรรมชาติและสารไฮโดรคาร์บอน
 ทำให้เกิดอนุภาคที่มีขนาดเล็ก โดยจะมีขนาดเล็กกว่า 0.4 ไมครอน

2.4.2 ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic particle) ซึ่งสามารถ
 แบ่งหลายประเภทดังต่อไปนี้

1) การคมนาคมขนส่ง

เกิดการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะประเภทต่างๆ เช่น รถเครื่องยนต์
 ดีเซลจะปล่อยควันดำ ซึ่งเป็นอนุภาคของคาร์บอนที่เกิดจากสันดาปไม่สมบูรณ์ของน้ำมันดีเซล หรือ
 การปล่อยควันขาวซึ่งเป็นละอองไอน้ำของน้ำมันหล่อลื่นของรถเครื่องยนต์เบนซิน เป็นต้น นอกจากนี้การ
 ขนส่งหิน ดินทราย ซีเมนต์ หรือวัตถุอื่นๆ ที่ไม่ได้คลุมด้วยผ้าใบ หรือถนนสกปรก ซึ่งขณะรถแล่นจะ
 ทำให้เกิดการกระจายตัวของฝุ่นละอองอยู่ในอากาศ

2) การก่อสร้าง

การก่อสร้างโครงการหลายชนิดมักมีการเปิดหน้าดินก่อนก่อสร้าง ซึ่งจะทำให้เกิด
 ฝุ่นละอองได้ง่าย การก่อสร้างอาคารสูงหรือการรื้อถอนทำลายอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทำให้ฝุ่น
 ปูนซีเมนต์ถูกลมพัดฟุ้งกระจาย เป็นต้น

3) โรงงานอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมบางประเภทจะมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฟืน
 แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิตซึ่งจะทำให้เกิดฝุ่นละอองขึ้น เช่น ขี้เถ้าลอย (Fly ash)
 จากโรงงานไฟฟ้า ฝุ่น จากการโม่หิน การผลิตปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมที่มีการปลดปล่อย
 ออกไซด์ของไนโตรเจน และไฮโดรคาร์บอน ออกสู่บรรยากาศ ยังสามารถทำให้เกิดอนุภาคฝุ่นละออง
 ในอากาศได้จากการเกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจนและไฮโดรคาร์บอนได้
 อนุภาคที่มีรัศมีขนาดเล็กกว่า 0.2 ไมครอน

4) การเผาวัสดุในที่โล่งแจ้ง

การเผาในที่โล่งแจ้งได้แก่การเผาขยะมูลฝอย การเผาเศษหญ้า หรือวัสดุต่างๆ จะ
 เกิดเขม่าขี้เถ้าฟุ้งกระจายไปในอากาศและลอยไปตามกระแสลม

2.5 องค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองแต่ละชนิดจะประกอบไปด้วยธาตุแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองชนิดนั้น เช่น ฝุ่นดิน ประกอบด้วยธาตุหลักๆ คือ ซิลิกา อะลูมิเนียมและแคลเซียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบของดิน ส่วนฝุ่นที่มาจากการก่อสร้างจะมีธาตุแคลเซียมซึ่งเป็นส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ ส่วนฝุ่นที่มาจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง มีธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ ธาตุคาร์บอน เป็นต้น ดังตารางที่ 2.1 ดังนั้นฝุ่นละอองจึงมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันออกไปแต่ละแหล่งกำเนิด เช่น สี รูปร่าง และขนาด เป็นต้น (ยศกิต, 2552)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบธาตุในฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

แหล่งที่มา	ตัวบ่งชี้ (Markers Elements)
ดิน	Al Si Sc Ti Fe Sm Ca
ฝุ่นถนน	Ca Al Sc Si Ti Fe Sm
ละอองไอทะเล	Na Cl Na ⁺ Cl ⁻ Br I Mg Mg ²⁺
การเผาไหม้น้ำมัน	V Ni Mn Fe Cr As S SO ₄ ²⁻
การเผาไหม้ถ่านหิน	Al Sc Se Co As Ti Th S
อุตสาหกรรมเหล็กและอะลูมิเนียม	Mn Cr Fe Zn W R
อุตสาหกรรมที่ไม่ใช่เหล็ก	Zn Cu As Sb Pb Al
อุตสาหกรรมเครื่องแก้ว	Sb As Pb
อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์	Ca
การเผาขยะ	K Zn Pb Sb
การเผาต่อขางข้าว	K C _{ele} C _{org} Br
รถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน	C _{ele} Br Ce La Pt SO ₄ ²⁻ NO ₃ ⁻
รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล	C _{ele} C _{org} S SO ₄ ²⁻ NO ₃ ⁻
ฝุ่นทุติยภูมิ	SO ₄ ²⁻ NO ₃ ⁻ NH ₄ ⁺

C_{ele} : Elemental Carbon

C_{org} : Organic Carbon

ที่มา : ดัดแปลงจากปาจริย์ และคณะ (2548) อ้างจาก Garivait (1999)

ในส่วนของอุตสาหกรรมนั้นเมื่อเทียบกับชนิดของอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษาพบว่า มีแนวโน้มการปนเปื้อนของธาตุโลหะในฝุ่น เช่น โรงงานปูนซีเมนต์ (พบ Pb Zn Cd) (Al-Khashman and Shawabkeh, 2006) เหมืองแร่ (พบ Bi As Cu Pb Cd Zn และ Sb) (Campa et al., 2011) โรงงานเซรามิก (พบ Cd Bi และ Pb) (Soriano et al., 2012) เหมืองถ่านหินและโรงงานที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (พบ Mn Cu Zn As Pb Cr Ni Co Cd Hg และ V) (Kong et al., 2011)

ธาตุโลหะมักพบในฝุ่นขนาดเล็กมากกว่าฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากฝุ่นขนาดเล็กจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าและมีพื้นที่ผิวมากกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ในปริมาตรที่เท่ากัน (Kong, 2011) การศึกษาของ Marsan et al. (2008) พบว่า 57-64% ของ Pb Zn และ Cu พบในฝุ่นดินที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ฝุ่นขนาดเล็กนี้สามารถพัดปลิวสู่อากาศได้ง่ายส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้มากกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ซึ่งถ้ามีโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูงเป็นองค์ประกอบด้วยแล้วย่อมที่จะส่งผลให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพได้

ชุมชนที่อยู่ในพื้นที่ที่ใกล้กับแหล่งกำเนิดฝุ่นมีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับอันตรายจากโลหะหนักที่อยู่ในฝุ่น โลหะหนักที่อยู่ในฝุ่นโดยมากจะไม่เสื่อมสลายไป การได้รับโลหะหนักเป็นจำนวนมากจะเป็นสิ่งคุกคามต่อร่างกายได้ ในปัจจุบันยังไม่ทราบแน่ชัดเกี่ยวกับกลไกการรักษาสภาวะธำรงดุล (Homeostasis) หากสิ่งมีชีวิตได้รับสัมผัสโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย โลหะหนักอาจมีการสะสมในเนื้อเยื่อไขมันในร่างกายของเราและส่งผลต่อระบบประสาทหรืออาจสะสมในระบบไหลเวียนโลหิตและรบกวนการทำงานของอวัยวะในร่างกาย นอกจากนี้โลหะหนักอาจเป็นปัจจัยร่วมที่ก่อให้เกิดโรคอื่นๆ อีกด้วย (Nriagu, 1998) ในประเทศไทยมีรายงานผลกระทบด้านสุขภาพของประชาชนจากการรับสัมผัสดินที่มีการปนเปื้อน Cd ในพื้นที่ที่ของอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก โดยพบกลุ่มตัวอย่างประชากรในพื้นที่ที่มีภาวะไตถูกทำลาย และพบโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคหัวใจในปัสสาวะสูงกว่ากลุ่มควบคุม (Swaddiwudhipong, 2012)

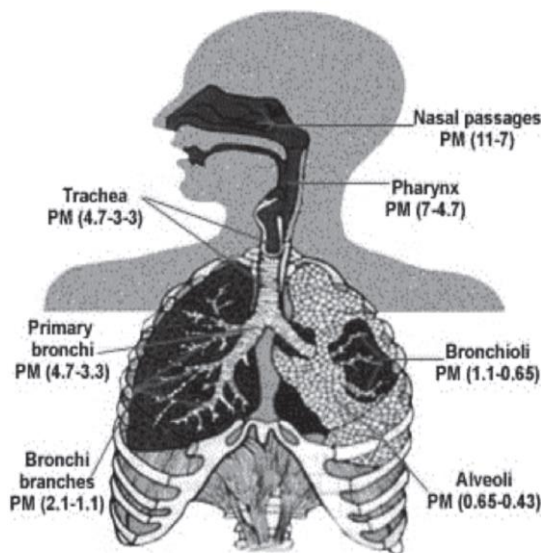
โลหะหนักและองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ในฝุ่น (เช่น ไอออนต่างๆ และสารอินทรีย์คาร์บอน) ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินย้อนกลับ (Trace back) ถึงที่มาของแหล่งกำเนิดฝุ่นได้อีกด้วย ซึ่งจะช่วยให้สามารถทราบถึงสัดส่วนที่แหล่งกำเนิดปลดปล่อยสารมลพิษ (Source contribution) ในเชิงปริมาณได้ (Campa et al., 2011)

2.6 ผลกระทบจากฝุ่นละออง

2.6.1 ผลกระทบต่อสภาพบรรยากาศ ฝุ่นละอองที่อยู่ในชั้นบรรยากาศเป็นอนุภาคของแข็งที่มีความสามารถในการดูดซับและหักเหแสงซึ่งทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง ทักษะวิสัยไม่ดีทำให้ระยะทางในการมองผ่านอากาศลดลงร้อยละ 25-45 โดยจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ขนาด และองค์ประกอบของฝุ่นละออง (ชัชชล และคณะ, 2553 : ธิติรัตน์ และคณะ, 2557)

2.6.2 ผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง ฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศที่ตกลงมานั้นสามารถทำให้เกิดการทำลายและกัดกร่อนผิวหน้าของโลหะ หินอ่อน หรือวัตถุอื่น ๆ การเสื่อมคุณภาพของผลงานทางศิลปะ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความสกปรกแก่บ้านเรือน อาคารสิ่งก่อสร้างต่างๆ อีกด้วย (ชัชชล และคณะ, 2553)

2.6.3 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่จะทำให้เกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญ เช่น อาการคายเคืองตา โดยฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ร่างกายจะดักไว้ได้ที่ขนจมูกฝุ่น ส่วนฝุ่นที่มีขนาดเล็กนั้นสามารถเข้าไปในระบบหายใจ ทำให้ระคายเคือง แสบจมูก ไอ จาม มีเสมหะหรือมีการสะสมของฝุ่นในถุงลมปอดทำให้การทำงานของปอดเสื่อมลง ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบหายใจเมื่อเราสูดเอาอากาศที่มีฝุ่นละอองเข้าไป โดยอาการระคายเคืองนั้นจะเกิดขึ้นตามส่วนต่างๆ ของระบบทางเดินหายใจขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง ดังรูปที่ 2.4 โดยโรคระบบทางเดินหายใจที่เกิดจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ โรคถุงลมโป่งพอง (Emphysema) โรคหลอดลมปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease, COPD) โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic bronchitis) โรคปอดอักเสบ (Interstitial lung disease) โรคหอบหืด (Asthma) (च्छล และคณ, 2554 : อิตารัตน์ และคณ, 2557)



รูปที่ 2.4 ขนาดของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ
ที่มา : อิตารัตน์และคณ (2557)

2.7 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศ

ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง “กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป” ได้กำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองที่มีขนาดต่างๆตั้งแต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ซึ่งโดยฝุ่นแต่ละขนาดจะมีค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมงและ 1 ปีที่แตกต่างกันดังตารางที่ 2.2 โดยฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนจะมีค่าที่ต่ำที่สุดเนื่องจากมีขนาดเล็กสามารถเข้าไปในระบบทางเดินหายใจได้ลึกจึงมีความอันตรายมากกว่าขนาดอื่นๆ

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1 ชม.	ไม่เกิน 30 ppm. (34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 9 ppm. (10.26 มก./ลบ.ม.)
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.17 ppm. (0.32 มก./ลบ.ม.)
	1 ปี	ไม่เกิน 0.03 ppm. (0.057 มก./ลบ.ม.)
ก๊าซโอโซน (O ₃)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.10 ppm. (0.20 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 0.07 ppm. (0.14 มก./ลบ.ม.)
	1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ppm. (0.10 มก./ลบ.ม.)
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 ppm.(0.30 มก./ลบ.ม.)
	1 ชม.	ไม่เกิน 0.3 ppm.(780 มก./ลบ.ม.)
ตะกั่ว	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 มก./ลบ.ม.
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.025 มก./ลบ.ม.

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (ม.ป.ป.)

2.8 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นละออง

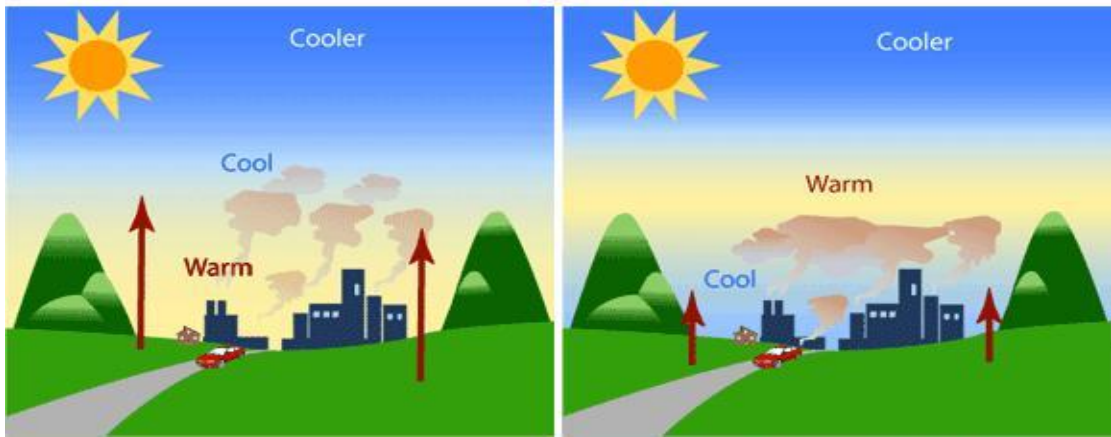
2.8.1 ความเร็วและทิศทางของลม

โดยทั่วไปอากาศจะมีการเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ซึ่งการเคลื่อนที่ของอากาศในแนวนอนนั้นจะทำให้เกิดลมซึ่งลมที่เกิดขึ้นจะทำให้ฝุ่นละอองในบรรยากาศเกิดการกระจายตัว โดยที่ความเร็วและทิศทางลม จะเป็นตัวกำหนดว่าฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้มากเท่าไรและในทิศทางใดขึ้น ฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้มากและไปได้ไกลในบริเวณพื้นที่โล่งเนื่องจากในพื้นที่โล่งๆไม่มีสิ่งกีดขวางซึ่งจะแตกต่างกับในเมืองที่มีอาคารสูงและตึกต่างๆ (ยศกิต, 2552)

2.8.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของบรรยากาศที่ระดับความสูงต่างกันจะมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน ซึ่งอุณหภูมิแต่ละระดับความสูงจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการกระจายตัวของฝุ่นละออง ในชั้นบรรยากาศที่ความสูงแปรผกผันกับอุณหภูมิหรือยิ่งสูงอากาศจะยิ่งเย็นลงโดยเฉพาะบรรยากาศในช่วงระดับความ

สูง 0-10 กิโลเมตร ฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้ดี เนื่องจากอากาศบนพื้นผิวโลกซึ่งอุ่นและลอยตัวสูงขึ้น ขณะที่ลอยตัวสูงขึ้นก็จะนำเอาฝุ่นจากพื้นดินขึ้นไปด้วยเมื่อกระทบกับอากาศเย็นที่อยู่เบื้องบนก็จะขยายตัวออกในทางตรงกันข้ามฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้น้อยที่สุดหรือไม่มีเลยในชั้นบรรยากาศที่ความสูงแปรผันตรงกับอุณหภูมิ (Inversion) หรือยิ่งสูงอากาศยิ่งร้อนขึ้น (ยศกิต, 2552) ดังรูปที่ 2.5



ก) สภาวะปกติ

ข) สภาวะ inversion

รูปที่ 2.5 ผลของอุณหภูมิต่อการแพร่กระจายฝุ่นละออง

ที่มา: ดัดแปลงจาก Pima County Department of Environmental Quality, (2013)

2.8.3 ฝน

ฝนจะช่วยชะล้างฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศซึ่งอนุภาคของฝุ่นในบรรยากาศจะจับกับอนุภาคของน้ำแล้วตกลงสู่พื้นดิน ช่วยลดการกระจายตัวของฝุ่นละออง นอกจากนี้น้ำฝนยังเป็นตัวทำละลายที่ดีสามารถรวมตัวกับก๊าซที่อยู่ในบรรยากาศได้ (ยศกิต, 2552)

2.8.4 ภูมิประเทศ

ภูมิประเทศจะเป็นตัวกำหนดการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และมีผลต่อการเกิดลมในแต่ละท้องถิ่น อีกทั้งในบางพื้นที่ลักษณะทางภูมิประเทศที่เป็นภูเขาในแนวระนาบจะช่วยลดอิทธิพลจากลมมรสุมเช่น ในช่วงฤดูฝน ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านภูมิประเทศที่เป็นภูเขาในแนวราบจะเป็นแนวกันลมที่พัดผ่านทำให้ปริมาณน้ำฝนน้อยในบริเวณพื้นที่หลังภูเขา (ยศกิต, 2552)

2.9 ขั้นตอนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

2.9.1 การเตรียมดิน

ดินที่อยู่ตามแหล่งธรรมชาติย่อมมีสิ่งเจือปนต่างๆอยู่มากจึงไม่สามารถนำมาใช้ในการปั้นได้ทันที อีกทั้งดินที่อยู่ในแต่ละพื้นที่ก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันทั้งความเหนียวของดิน ความหนัก ของดิน และโครงสร้างทางเคมี ดังนั้นการเลือกดินให้เหมาะสมกับงานที่ทำจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ ขั้นตอนการเตรียมดินสามารถทำได้แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งชั้นดินตามความลึกได้เป็น 4 ชั้น โดยดินชั้นที่ 1 ส่วนใหญ่จะใช้ในการถมปรับพื้นที่ ดินชั้นที่ 2 จะใช้ในการทำอิฐมอญ ดินชั้นที่ 3 ซึ่งเป็นดินดำจะใช้ทำกระถางแดงหรืออาจนำมาใช้ในการทำโอ่งก็ได้ ส่วนดินชั้นที่ 4 เป็นดินแดงจึงนิยมใช้ทำโอ่ง

2.9.2 การหมักดิน

การหมักดินเป็นการนำดินมาหมักให้มีความเหนียวมากขึ้น โดยจะนำดินไปหมักในบ่อหมักให้เต็ม ดังรูปที่ 2.6 จากนั้นเติมน้ำให้ท่วมดิน พร้อมกับผสมทรายแม่น้ำในอัตราส่วน 3 ต่อ 10 ซึ่งดินที่หมักจนได้ที่แล้วจะสามารถนำมาใช้ได้ เพราะมีความเหนียวขึ้นรูปได้ง่ายโดยที่ความเหนียวของดินจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการหมัก (ชัยศักดิ์, 2545 : ปรียาพร, 2547 อ้างจาก จีรพันธ์, 2535)



รูปที่ 2.6 บ่อหมักดิน

ที่มา : ชัยศักดิ์ (2545)

2.9.3 การกวนและนวดดิน

การกวนดินเป็นกระบวนการที่ทำให้เนื้อดินคลุกเคล้ากันในเครื่องกวนดิน ส่วนการนวดดินเป็นการไล่ฟองอากาศออกจากเนื้อดินก่อนนำไปปั้นขึ้นรูป ดังรูปที่ 2.7 หากนำไปขึ้นรูปขณะที่มีฟองอากาศจะทำให้เกิดการแตกร้าวเนื่องจากอากาศจะเกิดการขยายตัวเมื่อถูกความร้อน และเป็น การป้องกันการเป็นก้อนหรือเป็นไตในเนื้อดิน การนวดดินสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การนวดด้วยมือ ใช้เท้าเหยียบ ใช้ไม้ทุบ หรือใช้เครื่องรีดดิน โดยดินที่ผ่านการนวดควรมีความชื้นและความเหนียวที่พอเหมาะต่อการนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ (ชัยศักดิ์, 2545 : ปรียาพร, 2547)



รูปที่ 2.7 การกวนและการนวดดิน

ที่มา : ชัยศักดิ์ (2545)

2.9.4 การปั้นขึ้นรูป

การปั้นขึ้นรูปเป็นขั้นตอนที่นำดินที่ได้จากการเตรียมดินมากองไว้ที่แป้นหมุน ซึ่งแป้นหมุนอาจจะใช้เท้าถีบหรือใช้มอเตอร์ในการหมุน ขั้นตอนการขึ้นรูปนี้จำเป็นต้องใช้น้ำในการลดแรงเสียดทานที่เกิดระหว่างมือและเนื้อของดิน โดยเนื้อดินที่นำมาขึ้นรูปจะต้องมีลักษณะนุ่มพอที่จะสามารถบีบนิ้วได้แต่ต้องมีความแข็งแรงพอที่จะสามารถนำมาขึ้นรูปได้ การปั้นขึ้นรูปจะแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ประเภทแรกคือการปั้นของชิ้นเล็กซึ่งสามารถปั้นขึ้นรูปครั้งเดียวเสร็จเป็นชิ้นงานเลย เช่น ไห เป็นต้น ประเภทที่ 2 คือของชิ้นกลางซึ่งต้องมีการปั้นขึ้นรูป 2 ขั้นตอนจึงเสร็จ เช่น อ่าง เป็นต้น ส่วนประเภทที่ 3 คือของชิ้นใหญ่ซึ่งจะต้องปั้นขึ้นรูปถึง 3 ขั้นตอน เช่น โถง เป็นต้น เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการปั้นสมบูรณ์แล้ว ก็นำน้ำเปล่าผสมสีเลนมาล้างผลิตภัณฑ์นั้นเพื่อให้มีความชื้นเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเอาพลาสติกคลุมไว้ 1 คืน ก่อนนำไปตกแต่งและเขียนลายต่อไป (ชัยศักดิ์, 2545 : ปรียาพร, 2547)



รูปที่ 2.8 การขึ้นรูป
ที่มา : ชัยศักดิ์ (2545)

2.9.5 การตกแต่งเขียนลาย

การตกแต่งเป็นการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีผิวเรียบและได้รูปทรงตามที่ต้องการ โดยจะทำในขณะที่ดินยังหมาดๆ ซึ่งการตกแต่งลวดลายสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การนำดินเหนียวมาปั้นตกแต่งในลักษณะประติมากรรมนูนต่ำหรือนูนสูงบนผิวผลิตภัณฑ์ การใช้สีต่างๆ มาระบาย การเขียนลายจะมี 2 ประเภท คือ ประเภทลายเรียบธรรมดา และลายนูนพิเศษซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมาก โดยลายนั้นสามารถทำได้หลายรูปแบบแล้วแต่ผู้ผลิตและลูกค้าต้องการ เมื่อติดลายเสร็จแล้วก็ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน แล้วจะนำไปเคลือบต่อไป (ชัยศักดิ์, 2545 : ปรียาพร, 2547 อ้างจาก ปุณณรัตน์, 2538)

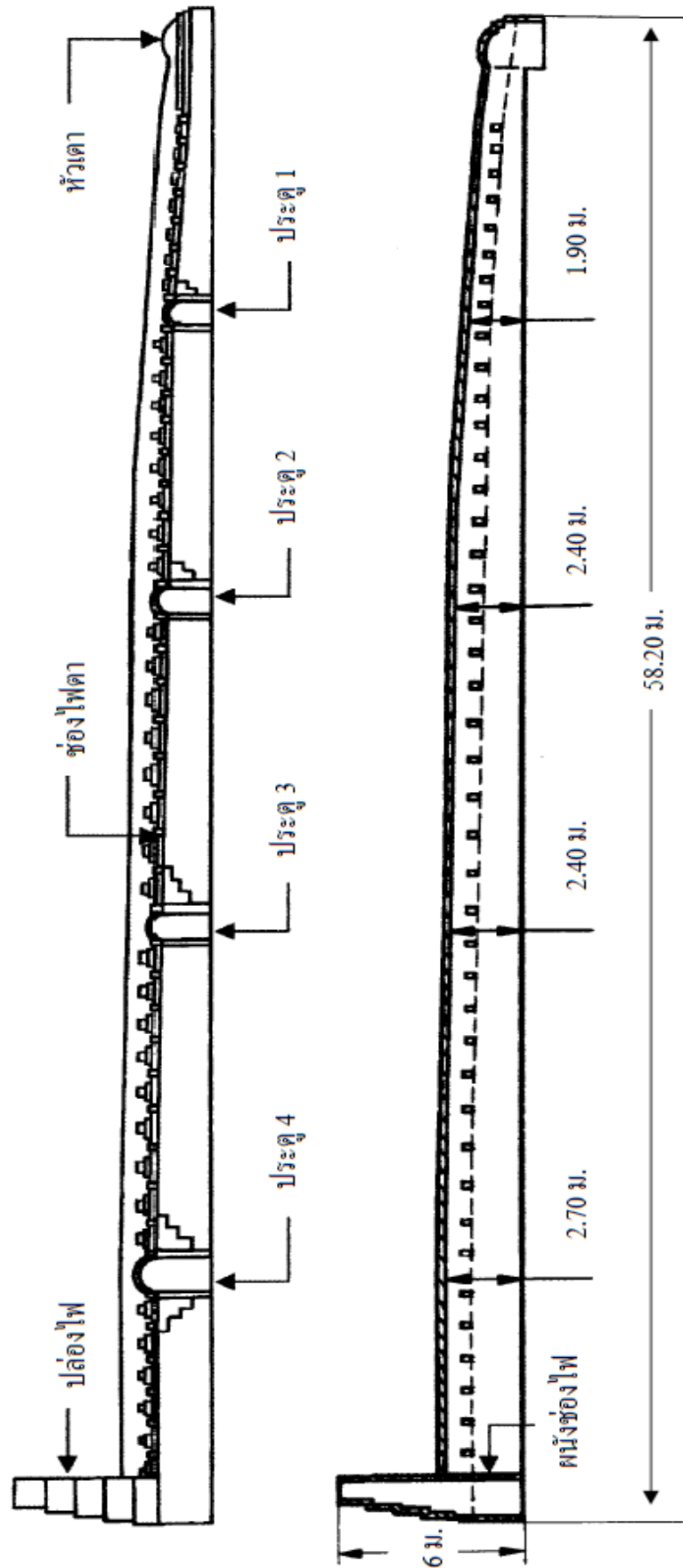
2.9.6 การเคลือบ

น้ำเคลือบเป็นส่วนประกอบของซีเมนต์กับซีเมนต์ไม่พินเรียกว่าน้ำเคลือบซีเมนต์ โดยซีเมนต์ที่นำมาทำเป็นน้ำเคลือบจะต้องร่อนแล้วกรองและใส่เครื่องโม่เพื่อให้มีความละเอียดมากที่สุดจากนั้นทำการผสมสีลงไป ซึ่งการเคลือบจะแบ่งได้ออกเป็น 2 วิธี คือ การเคลือบผิวด้านนอกเพียงครั้งเดียว ถ้าผลิตภัณฑ์นั้นจะมีการเจาะรูที่กัน แต่ถ้าผลิตภัณฑ์เป็นแบบก้นตันก็จะนำผลิตภัณฑ์นั้นคว่ำลงในกระทะตักน้ำเคลือบราดผิวด้านนอกจนทั่ว แล้ววางหงายผึ่งลมไว้ 1 คืน จากนั้นคว่ำปากผลิตภัณฑ์นั้นทำการชุบตกแต่งกันผลิตภัณฑ์ให้เรียบร้อยสวยงาม ทิ้งไว้ 1-2 วัน เสร็จแล้วก็หงายผลิตภัณฑ์ขึ้นมาผึ่งลมอีก 3-5 วันสำหรับผลิตภัณฑ์ใบเล็ก และ 7-10 วันสำหรับใบใหญ่ ก่อนนำไปบรรจุเข้าเตาเผา (ชัยศักดิ์, 2545)

2.9.7 การเผา

ขั้นตอนการเผาเป็นขั้นตอนที่สำคัญและเป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการผลิต หลังจากผ่านการตกแต่งและตากแห้งแล้ว เพื่อให้ดินดิบกลายเป็นดินสุกที่แกร่งด้วยความร้อนที่เหมาะสมผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีความคงทนถาวร เตาเผาที่ใช้เรียกว่า “เตามังกร” (รูปที่ 2.8) ซึ่งดัดแปลง

รูปแบบมาจาก “เตาจีน” อุณหภูมิในเตาเผาประมาณ 1,300 องศาเซลเซียส เป็นเตาแบบทางเดินลมร้อนแนวนอน ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง เป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการควบคุมการเผาอย่างใกล้ชิด การปรับอุณหภูมิในการเผาต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอและถูกขั้นตอน ตั้งแต่เริ่มเผาไปจนสิ้นสุดการเผา เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ โดยมีลักษณะการเผาเป็นรอบ แต่ละรอบใช้เวลาประมาณ 3 วัน 2 คืน จะเห็นได้ว่าการเผามีการใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงและยังมีช่วงระยะเวลาการเผาที่นานทำให้มีวันที่ปล่อยออกมาจากปล่องตลอดช่วงเวลาการเผาซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศตามมาส่งผลทำให้เกิดข้อพิพาทระหว่างผู้ประกอบการกับประชาชนโดยรอบ ดังนั้นจึงเป็นปัญหาที่ผู้เกี่ยวข้องต้องหาแนวทางแก้ไขเพื่อให้ผู้ประกอบการและประชาชนที่อยู่โดยรอบสามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างสงบสุข



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของเตาเผาเครื่องดินเผา

ที่มา : ชัยศักดิ์ (2545)

2.10 ขั้นตอนการผลิตอิฐมอย

ขั้นตอนของการผลิตอิฐมอยสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้ (สุทัศน์ และคณะ, 2556 อ้างจาก พงพันธ์และ วรพงศ์, 2546)

2.10.1 การเลือกดิน

ดินที่จะเลือกนำมาทำเป็นอิฐมอยนั้นจะต้องมีองค์ประกอบที่เหมาะสม ไม่เป็นดินที่มีส่วนประกอบของทรายมากเกินไป และจะต้องไม่เป็นดินที่เป็นดินเหนียวจนเกินไป ซึ่งถ้าหากมีทรายเป็นส่วนผสมมากก็จะทำให้ดินที่ทำอิฐร่วนเกินไป อิฐที่ได้นั้นจะมีลักษณะไม่ดีเกิดการร่อนของดิน และถ้าหากดินเหนียวมากเกินไปเมื่อนำไปตากแดดก็จะเกิดการแตกร้าว โดยวิธีแก้ไขปัญหาดินเหนียวมากเกินไปต้องผสมทรายหรือแกลบซึ่งจะทำให้ดินมีความเหนียวลดลง และนอกจากนี้ยังช่วยในการเผาไหม้ของอิฐให้เกิดได้ดีอีกด้วย

2.10.2 การขุดและการย่ำดิน

การขุดและการย่ำดิน ถือเป็นกระบวนการในการเตรียมดินเพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป โดยดินที่นำมาใช้ทำอิฐยังมีความชื้นมากยิ่งดี เมื่อขุดดินขึ้นมาแล้วก็นำเอาเศษไม้ เศษแก้ว และสิ่งอื่นๆ ออกจะทำให้เกิดอันตรายขณะย่ำได้ จากนั้นก็นำกองแล้วย่ำให้ดินมีความละเอียดมากขึ้น ถ้าดินแห้งเกินไปจะทำให้ไม่สามารถย่ำได้สะดวกให้เติมน้ำตามความเหมาะสมให้มีความเหลวพอที่จะเทลงแบบ นอกจากนี้ต้องผสมแกลบลงไปประมาณร้อยละสิบของปริมาตรดิน การผสมแกลบนั่นเมื่อนำอิฐไปเผาจะทำให้ข้างในของอิฐโปร่ง ทำให้อิฐเบาขึ้นและสามารถเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี และยังป้องกันไม่ให้อิฐแตกเวลาตากแดดและไม่ให้ติดพิมพ์แบบเมื่ออัดเข้าเป็นรูปอิฐ

2.10.3 การขึ้นรูป

แบบที่ใช้หล่อดินเป็นแผ่นอิฐนั้นอาจจะเป็นไม้หรือเหล็กสำเร็จรูปดังรูป 2.9 โดยที่ทั้งสี่ด้านจะมีเฉพาะด้านข้างไม่มีส่วนบนและส่วนล่าง ซึ่งถ้าเป็นไม้ควรเป็นไม้ลักษณะที่ดีเมื่อถูกน้ำจะต้องไม่บิดงอ ทนทาน ด้านในใส่เรียบ เมื่อแม่แบบพร้อมแล้ววางแบบลงบนพื้นโดยจะต้องเป็นพื้นราบ ไม่มีเศษหิน เศษดินอยู่ที่พื้นเพราะถ้ามีจะติดกับก้อนอิฐได้ จากนั้นนำโคลนที่ผ่านการผสมแล้วจากขั้นตอนที่ 2 มาเตรียมไว้ใกล้ๆ เอาแม่แบบชุบน้ำแล้ววางราบตักโคลนลงในแบบจากนั้นใช้ไม้หรือมือตบให้โคลนเข้าไปอัดแน่นแม่แบบ แล้วปาดส่วนบนให้เรียบเสมอไม้แบบแล้วยกแม่แบบออกโดยขนาดที่ได้อาจจะไม่ได้ตามที่ต้องการ หากใช้เครื่องจักรนั้นทำรวดเร็วและได้ขนาดที่เป็นมาตรฐาน ไม่บิดงอมาก



รูปที่ 2.10 แม่แบบขึ้นรูปและการใส่ดินลงแม่แบบ

2.10.4 การตากให้แห้ง

ขั้นตอนต่อไปหลังจากต้องตากแดดเมื่อดินหมาดแล้วจะมีการนำมาวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ เรียกว่าการตั้งโปรง ดังรูปที่ 2.10 เพื่อให้ลมสามารถผ่านได้ ซึ่งจะทำให้ด้านล่างของแท่งดินที่ไม่โดนแดดแห้งด้วย โดยจะต้องตากไว้ให้แห้งสนิท ซึ่งระยะเวลาในการตากแดดนั้นขึ้นอยู่กับฤดูกาลและสภาพของอากาศ ถ้าในหน้าแล้งอาจจะใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน ในฤดูอื่นๆเฉลี่ยโดยทั่วไปประมาณ 7-8 วัน แต่จะไม่นิยมทำอิฐในฤดูฝน เนื่องจากเพราะอิฐที่ตากแดดไว้เกิดการเสียหายได้



รูปที่ 2.11 การตั้งโปรง

2.10.5 การตากแห้งอิฐ

แห้งดินที่ผ่านการตากแดดจนแห้งแล้วจะมีบางส่วนที่มีขนาดไม่ได้มาตรฐานหรือมีด้านที่ไม่เรียบเนื่องจากมีเศษดินติดอยู่จึงต้องใช้มีดตากแต่งก่อนดินที่จะนำเข้าเตาเผาให้ได้รูปร่างที่เรียบสม่ำเสมอทั้งก้อน

2.10.6 การเผาอิฐ

เมื่อทำการตากแห้งดินเรียบร้อยแล้วจะนำอิฐที่จะนำไปเผาмаกองเป็นแถว โดยเรียงแห้งดินก่อก้อนขึ้นไประยะห่างระหว่างแถวไว้เท่าๆกัน เพื่อใส่แกลบลงไประหว่างแถว ซึ่งด้านล่างของกองจะต้องมีการเปิดช่องเป็นระยะโดยแถวหนึ่งกว้างเท่ากับความยาวของแผ่นดินที่จะเผาจากนั้น เว้นการเรียงขนาดของกองโดยทั่วไปแล้วจะให้มีความสูง 6-7 เมตร สูงประมาณ 1.6 เมตร ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การตั้งกองอิฐเพื่อรอการเผา

2.11 ขั้นตอนการผลิตปูนขาว

ขั้นตอนการผลิตปูนขาวนั้นจะต้องมีขั้นตอนการเตรียมการซึ่งเป็นในการเตรียมหินปูนที่จะทำการเผาเข้าสู่เตาเผา โดยเริ่มจากการขนหินปูนที่จะเผาเรียงใส่เตา ซึ่งการเรียงหินเข้าเตานั้นชั้นล่างจะใช้หินปูนที่มีขนาด 5- 10 นิ้วเรียงไว้ใต้เตาก่อนและจะใช้ขนาดหินลดหลั่นกันลงไปเรียงสูงขึ้นมาเรื่อยๆ จนถึงปากเตาจากนั้นจะใช้เศษหินก้อนเล็กๆสุด กองสูงขึ้นมาให้สูงถึงปากเตาซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 15 วัน เมื่อเสร็จกระบวนการเตรียมหินปูนแล้วก็จะเริ่มขั้นตอนของการเผาโดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาส่วนใหญ่จะใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงหรืออาจจะมีการใช้ฟืนร่วมด้วย การใช้ลิกไนต์ในการเผาหินปูนต่อเตานั้นจะใช้ในอัตราส่วน 1:1 เท่ากัน โดยทุกๆ 1 ชั่วโมงจะต้องเติมถ่านหินลิกไนต์ 1 ครั้งและทุกๆ 6 ชั่วโมงจะต้องทำการชักขึ้นถ่านออกทิ้ง ซึ่งบริเวณใต้ที่ใส่ถ่านหินลิกไนต์จะมีตะแกรงสำหรับใส่ท่อลมเป่าเพื่อให้ความร้อนกระจายได้อย่างทั่วทั้งเตากระทั่งถึงปากปล่อง ดังรูป 2.13 โดย

จะใช้เวลาในการเผา 7 วัน 7 คืน ซึ่งจะใช้อุณหภูมิในการเผาต้องมากกว่า 825 องศาเซลเซียส โดยเตาเผาหินปูนส่วนใหญ่จะก่อด้วยอิฐทนไฟซึ่งมีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 7 เมตร จะใช้คานปูนหรือไม้ยึดทั้งแนวตั้งและแนวนอนทั้ง 4 ด้าน ภายในฉาบด้วยปูนทนไฟอีกครั้งซึ่งมีลักษณะดังรูป 2.14 (นพดล, 2538)



รูปที่ 2.13 การเติมเชื้อเพลิงและการชักชี้อานออก



รูปที่ 2.14 เตาเผาหินปูน

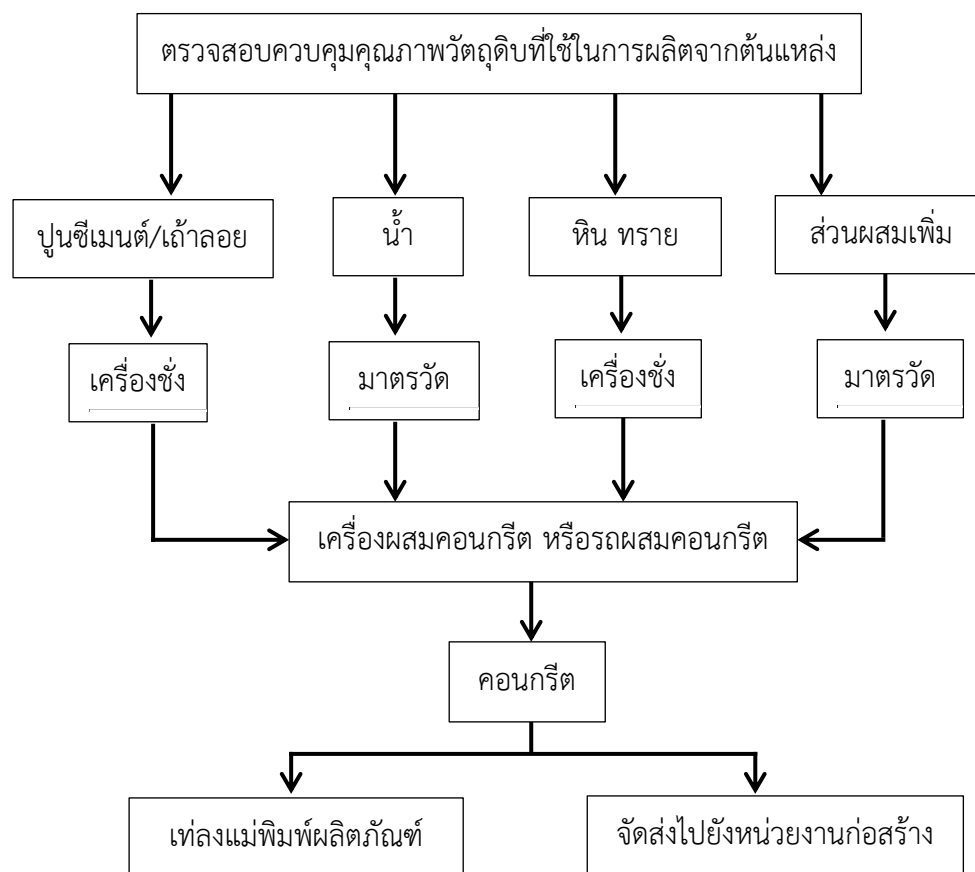
2.12 ขั้นตอนการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูป

การผลิตคอนกรีตผสมเสร็จให้ได้มาตรฐาน ขั้นแรกต้องเริ่มจากกระบวนการตรวจสอบคุณสมบัติของส่วนผสมต่างๆ ที่ใช้นำมาเป็นคอนกรีต ได้แก่ หิน ทราย จะต้องเลือกจากแหล่งที่มีคุณภาพ มีส่วนคละถูกต้องตามมาตรฐาน โดยนำมากองเก็บไว้โดยที่จะต้องไม่ให้เกิดการผสมกัน ส่วนผงปูนซีเมนต์นั้นจะต้องบรรจุอยู่ในไซโลอย่างมิดชิด ดังรูปที่ 2.15 และน้ำยาผสมคอนกรีตจะถูกบรรจุในภาชนะเฉพาะอย่างมิดชิดเช่นกัน วัตถุดิบดังกล่าวจะถูกลำเลียงเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป โดยเริ่มจาก การลำเลียงหิน ทราย ปูนซีเมนต์ และสารผสมอื่นๆ (ถ้ามี) เช่น เถ้าลอย ผ่านเครื่องชั่งให้มีน้ำหนักถูกต้องตามที่กำหนดไว้ โดยในขั้นตอนนี้จะต้องคำนึงถึงสภาพความชื้นของหินและทรายด้วย เพราะหินและทรายอาจจะไม่อยู่ในสภาพที่ออกแบบไว้ อาจ会有ความชื้น หรือแห้งมากเกินไป ซึ่งปัจจัยต่างๆนี้ จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อปรับน้ำหนักหินทราย และน้ำให้ถูกต้องด้วย ส่วนน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีตจะผ่านเครื่องชั่งหรือวัดปริมาตร แล้วนำเข้ามาผสมกันในเครื่องผสมคอนกรีต ซึ่งจะต้องผสมตามเวลาที่กำหนด โดยต้องให้มีความเที่ยงตรงสม่ำเสมอ และรวดเร็ว คอนกรีตที่ผสมเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะถูกลำเลียงลงสู่รถผสมคอนกรีตเพื่อนำไปส่งยังหน่วยงานก่อสร้าง หรือลำเลียงไปยังแม่แบบเพื่อขึ้นรูปเป็นวัสดุต่างๆ เช่น เสาไฟฟ้า เป็นต้น ดังรูปที่ 2.16 ซึ่งปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จบ่อยๆ ได้แก่ เหตุเดือดร้อนรำคาญซึ่งมีผลกระทบต่อประชาชนและสภาพแวดล้อม จากฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นในการขนส่งและลำเลียงวัตถุดิบ ปูนซีเมนต์ หิน ทราย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549)



รูปที่ 2.15 กิจกรรมการผลิตของโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2549)



รูปที่ 2.16 กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2549)

2.13 แบบจำลองแหล่งรับ (Receptor Model)

แบบจำลองแหล่งรับเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการทำนายแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศต่างๆ ที่มีส่วนในการทำให้เกิดมลพิษทางอากาศที่ผู้รับมากน้อยเพียงใดโดยใช้ข้อมูลลักษณะกายภาพและทางเคมีของอนุภาคและก๊าซจากการตรวจวัดที่แหล่งกำเนิดมลพิษ (Source) หลายๆ แหล่งที่คาดว่าจะทำให้เกิดภาวะมลพิษที่จุดรับและเก็บข้อมูลลักษณะเดียวกันที่จุดรับมลพิษ (Receptor) โดยข้อมูลที่ได้จะใช้ในการบ่งชี้การมีส่วนร่วมของแหล่งกำเนิดมลพิษแต่ละแหล่งที่ทำให้เกิดสภาวะมลพิษที่จุดรับมลพิษนั้น โดยที่แหล่งกำเนิดมลพิษแต่ละแหล่งจะต้องปล่อยสารมลพิษแต่ละชนิดในสัดส่วนที่แตกต่างกัน สัดส่วนของสารมลพิษที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง และระหว่างการเดินทางของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดมาถึงจุดรับมลพิษมีการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนนี้น้อยมากไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา (จิตรรินทร์, 2549)

แบบจำลองแหล่งรับเป็นแบบจำลองที่ใช้ลักษณะทางฟิสิกส์และเคมีของฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้จากที่แหล่งกำเนิดและแหล่งรับ เพื่อนำมาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดที่มีผลกระทบและปริมาณการ

กระจายของแหล่งกำเนิดต่างๆที่มีผลแหล่งรับ ซึ่งสามารถจำแนกแบบจำลองแหล่งรับออกตามวิธีการวิเคราะห์ได้ดังนี้ (ปาจริย์ และคณะ, 2548)

2.13.1 Chemical Mass Balance (CMB) ซึ่งจะใช้สำหรับการจำแนกสัดส่วนของแหล่งกำเนิดซึ่งเป็นวิธีการหลักและเป็นจุดเริ่มต้นของแบบจำลองแหล่งรับแบบ Principal Component Analysis (PCA) และ Empirical Orthogonal Function (EOF) ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.13.2 Principal Component Analysis (PCA) เป็นหนึ่งในวิธี Factor analysis ซึ่งจะใช้สำหรับการแยกแยะแหล่งกำเนิดที่อาจจะไม่สามารถรู้หรือแหล่งกำเนิดที่อาจจะหายไปจากการวิเคราะห์ CMB แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและผลที่วิเคราะห์ออกมาได้มีความยากในการตีความหมาย

2.13.3 Empirical Orthogonal Function (EOF) จะใช้สำหรับแยกแยะตำแหน่งและอิทธิพลจากแหล่งกำเนิดที่ปล่อยมลพิษ

2.14 แบบจำลองสมดุลมวลเคมี (Chemical Mass Balance Receptor Model หรือ CMB)

แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีเป็นแบบจำลองแหล่งรับชนิดหนึ่งที่ใช้ข้อมูลความเข้มข้นจากการตรวจวัดได้ที่แหล่งกำเนิดและแหล่งรับ และใช้สมดุลทางมวลที่เหมาะสมมาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งที่มีความสำคัญต่อแหล่งรับนั้นๆ ดังสมการ (อิติารินทร์, 2549)

$$C_i = F_{i1}S_1 + F_{i2}S_2 + \dots + F_{ij}S_j + \dots + F_{ij}S_j \quad i=1\dots I, j=1\dots J$$

เมื่อ

C_i = ความเข้มข้นองค์ประกอบทางเคมีของสาร i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) ที่แหล่งรับ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

F_{ij} = สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของสาร i จากฝุ่นละอองที่แหล่งกำเนิด j

S_j = สัดส่วนของฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดที่ j ($j = 1, 2, 3, \dots, m$) ที่จุดเก็บตัวอย่าง

เช่น สมมติว่าความเข้มข้นรวมของเหล็กที่ตรวจวัดได้ ณ แหล่งรับ สามารถพิจารณาออกมาได้เป็นผลรวมของการกระจายของอนุภาคเหล็กจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้ดังนี้ (ปาจริย์ และคณะ, 2548)

$$Fe_{\text{total}} = Fe_{\text{soil}} + Fe_{\text{auto}} + Fe_{\text{coal}}$$

โดยที่

Fe_{total} = ความเข้มข้นรวมของเหล็กที่วัดได้ ณ แหล่งรับ

Fe_{soil} = ความเข้มข้นของเหล็กที่ได้จากการกระจายมลพิษของดิน

Fe_{auto} = ความเข้มข้นของเหล็กที่ได้จากการกระจายมลพิษของเครื่องยนต์

Fe_{coal} = ความเข้มข้นของเหล็กที่ได้จากการกระจายมลพิษของการเผาถ่านหิน

2.14.1 ข้อกำหนดของแบบจำลองสมมูลมวลเคมี (ปาจริย์ และคณะ, 2548 อ้างจาก Watson et al., 1989)

- 1) ค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีจากแหล่งกำเนิดจะต้องมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่แหล่งกำเนิดและในบรรยากาศ
- 2) องค์ประกอบทางเคมีที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต้องไม่ทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน
- 3) แหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญต่อแหล่งรับทุกแหล่งจะต้องนำมาพิจารณาและแต่ละแหล่งกำเนิดนั้นจะต้องมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีลักษณะเด่น
- 4) องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิดนั้นๆ จะต้องเป็นอิสระต่อกัน
- 5) จำนวนของแหล่งกำเนิดที่นำมาประเมินจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนขององค์ประกอบทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์
- 6) ค่าความไม่แน่นอนของการตรวจวัดเป็นในลักษณะสุ่มไม่มีสหสัมพันธ์และมีการแจกแจงแบบปกติ

2.14.2 ดัชนีที่ใช้อธิบายแบบจำลองสมมูลมวลเคมี ซึ่งจะใช้ในการประเมินความมีเหตุผล (validity) ของผลลัพธ์การประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด ผลลัพธ์และดัชนีที่ใช้อธิบายแบบจำลองสมมูลมวลเคมีมีดังนี้ (Wangkiat et al., 2004) คือ

1) R-Square เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าสมการความเข้มข้นที่ได้จากการคำนวณอธิบายความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดที่แหล่งรับได้ดีเท่าใด ซึ่งสามารถหาได้จากการคำนวณค่าความถดถอยเชิงเส้นของค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้กับค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้จากแบบจำลองสมมูลมวลเคมี ค่า R-Square จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าค่าที่ได้น้อยกว่า 0.8 แสดงว่าการประมาณสัดส่วนของแหล่งกำเนิดจากสัดส่วนองค์ประกอบของแหล่งกำเนิดที่นำมาใช้สามารถที่อธิบายข้อมูลได้ไม่ดี

2) Chi-Square เป็นค่าที่ชี้แจงน้ำหนักของผลบวกกำลังสองของค่าที่แตกต่างกันระหว่างค่าความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการคำนวณและได้จากการตรวจวัด การชี้แจงน้ำหนักจะแปรผกผันกับกำลังสองของค่าความไม่แน่นอนของสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งกำเนิด

และแหล่งรับสำหรับองค์ประกอบทางเคมีแต่ละตัว ในทางอุดมคติแล้วค่าที่ได้จากการคำนวณและที่ได้จากการตรวจวัดควรที่จะไม่มีความแตกต่างกันและ Chi-Square จะต้องมีค่าเท่ากับ 0 ถ้า มีค่าน้อยกว่า 1 จะถือว่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะเข้าได้กับสมการที่สร้างมาเป็นตัวแทน ถ้า Chi-Square อยู่ระหว่าง 1-2 ถือว่ายังยอมรับได้ แต่ถ้า Chi-Square มีค่ามากกว่า 4 แสดงว่าจำนวนธาตุหนึ่งธาตุหรือมากกว่านั้นอธิบายได้ไม่ดีจากการประเมินด้วยสัดส่วนของแหล่งกำเนิด

3) Percent Mass เป็นอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของผลบวกของค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่างๆ กับค่าความเข้มข้นของมวลทั้งหมดที่ตรวจวัดได้จริง แต่ถ้าเปอร์เซ็นต์มวลมีค่าอยู่ระหว่าง 80-120 เปอร์เซ็นต์ก็ถือว่ายอมรับได้

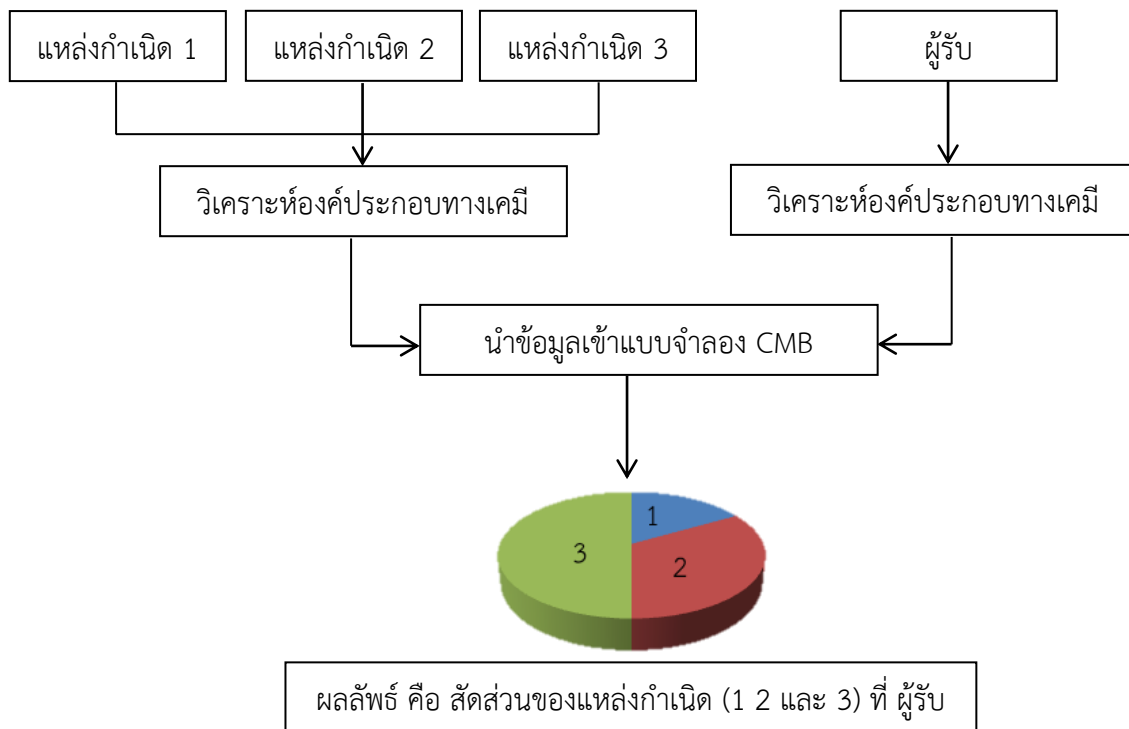
4) TSTAT เป็นอัตราส่วนระหว่างสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่า TSTAT ที่มีค่าสูงกว่า 2.0 แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำของการทำนายสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดนั้นดีมาก ถ้าค่า TSTAT มีค่าน้อยกว่า 2.0 หมายความว่า การกระจายของแหล่งกำเนิดไม่แสดงถึงระดับที่จะเกิน 2 เท่าของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสำหรับค่า TSTAT ที่ต่ำจะเป็นผลให้สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดที่คำนวณได้มาจากแหล่งกำเนิดที่มีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกัน

2.14.3 ขั้นตอนการดำเนินงานของแบบจำลองสมดุลมวลเคมี

ขั้นตอนการดำเนินงานของแบบจำลองสมดุลมวลเคมีแบ่งขั้นตอนได้ดังนี้ คือ ขั้นตอนแรกทำการเก็บตัวอย่างที่แหล่งกำเนิดมลพิษทุกแหล่งกำเนิดที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อผู้รับ พร้อมกับทำการเก็บตัวอย่างที่ผู้รับ ขั้นตอนต่อไปคือต้องนำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์หาธาตุที่เป็นองค์ประกอบเมื่อได้ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้แล้วนำข้อมูลเข้าแบบจำลองสมดุลมวลเคมีโดยที่แบบจำลองจะคำนวณออกมาเป็นสัดส่วนที่เรียกว่า สัดส่วนของแหล่งกำเนิดที่มีผลต่อผู้รับ ดังรูปที่ 2.17 โดยที่ข้อมูลองค์ประกอบที่แหล่งกำเนิดอาจจะใช้ผลจากการศึกษาของงานวิจัยอื่นได้

2.14.4 ข้อเด่นและข้อจำกัดของแบบจำลองสมดุลมวลเคมี

แบบจำลองสมดุลมวลเคมีมีข้อเด่นมากกว่าแบบจำลองการแพร่กระจายมลพิษจากแหล่งกำเนิด (Source-based dispersion model) หลายประการ กล่าวคือ แบบจำลองแบบสมดุลมวลเคมีไม่ได้ขึ้นอยู่กับข้อมูลการปลดปล่อยมลสารจากแหล่งกำเนิดที่อาจไม่น่าเชื่อถือ สามารถอธิบายแหล่งกำเนิดมลพิษทั้งที่เป็นแบบจุด พื้นที่หรือแบบเส้นได้โดยไม่ต้องใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง อีกทั้งยังมิใช่ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ลักษณะภูมิประเทศและอัตราการสะสมมลสารเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองสมดุลมวลเคมี ยังมีข้อจำกัดอยู่เช่นกัน คือ แบบจำลองนี้สามารถบ่งชี้ได้เพียงการปลดปล่อยมลสารทั่วไป เช่น ชีวมวลหรือมลสารจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเท่านั้น และไม่สามารถใช้ได้กับแหล่งกำเนิดที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่มีลักษณะคล้ายกัน (Wangkiat et al., 2004)



รูปที่ 2.17 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานของแบบจำลองสมมูลมวลเคมี

2.15 การประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยง คือ กระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อพรรณาและวัดความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคาม กระบวนการ การกระทำ หรือเหตุการณ์ใดๆ ซึ่งถือได้ว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวิจัยที่จะตอบคำถามบางประเด็น เพราะโดยวัตถุประสงค์แล้วต้องการที่จะตอบคำถามว่าความเสี่ยงด้านสุขภาพมีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคามอย่างไรและเสี่ยงมากน้อยเพียงใด (โดยบอกเป็นความน่าจะเป็น) อาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (Quantitative study) เพราะเป็นการศึกษาในลักษณะที่สามารถตรวจวัดตัวแปรต่างๆ เป็นตัวเลขได้นั่นเอง สภาวิจัยแห่งชาติของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอรูปแบบการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ขั้นตอน ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากหน่วยงานต่างๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา รวมทั้งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (US Environmental Protection Agency หรือ USEPA) (พงศเทพ, 2547) ได้แก่

- การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard identification)
- การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment)
- การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-response assessment)
- การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk characterization)

2.15.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard identification)

การประเมินสิ่งคุกคามเป็นการระบุถึงความเป็นอันตรายของสาร หรือระบุว่าสารตัวใดมีความเป็นอันตรายมากน้อยเพียงใด ซึ่งหมายถึงเป็นสารที่ก่อให้เกิดความเป็นอันตรายหลัก การประเมินสิ่งคุกคามหรือการศึกษาความเป็นพิษของสาร ต้องทราบข้อมูลที่มีความชัดเจนเกี่ยวกับสารเคมีหรือสิ่งคุกคาม โดยต้องทราบว่ามีการใดบ้างในบริเวณที่ต้องการศึกษา รวมทั้งต้องทราบความเข้มข้นและการกระจายตัวของสารว่าสามารถเคลื่อนย้ายไปยังตัวผู้รับได้อย่างไร โดยขั้นตอนการเลือกสารเคมีหรือสิ่งคุกคามต้องทราบคุณสมบัติของสารเคมีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมี 3 ประเด็นหลักที่นำมาทำการประเมิน ได้แก่

- 1) สารเคมีหรือสิ่งคุกคามมีความเป็นพิษสูงสุด
- 2) สารเคมีหรือสิ่งคุกคามมีความคงทนสูง มีความเข้มข้นและการกระจายตัวสูง
- 3) สารเคมีหรือสิ่งคุกคามมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้สูง เช่น สารที่สามารถระเหยได้ง่าย การละลายน้ำเกิดได้ดี เป็นสารที่มีความเกี่ยวข้องกับคนโดยสารเคมีหรือสิ่งคุกคามที่เลือกมาทำการประเมินจะต้องมีความเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญของความเสี่ยงทั้งหมด

การรายงานสารเคมีหรือสารคุกคามต้องประกอบด้วยความเสี่ยงของสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Cancer risk) และความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (Non-cancer risk) ด้วย

2.15.2 การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment)

การประเมินการสัมผัสเป็นวิธีการประมาณหรือวัดปริมาณความเข้มข้นของสารที่คุกคามหรือสารที่แต่ละคนได้รับ โดยประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดลักษณะของการสัมผัส (Characterizing exposure)

การกำหนดลักษณะของการสัมผัส จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เช่น สภาพอากาศ ตัวสภาพทางอุตุนิยมวิทยา สภาพทางภูมิศาสตร์ สภาพดิน สภาพน้ำใต้ดิน สภาพน้ำผิว ส่วนการกำหนดลักษณะกลุ่มประชากรที่กลุ่มเสี่ยง รวมทั้งจะต้องศึกษาถึงลักษณะของประชากรที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้กับแหล่งกำเนิดของสารพิษโดยต้องมีการรวบรวมข้อมูลในด้านต่างๆ ได้แก่

- 1) ตำแหน่งที่อยู่อาศัย เนื่องจากกลุ่มประชากรที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิด สารพิษย่อมมีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสารคุกคามมากกว่ากลุ่มที่อยู่ห่างออกไป แต่ทั้งนี้กลุ่มที่อยู่ห่างออกไปก็มีโอกาสที่ได้รับสารคุกคามเช่นเดียวกัน

ว่ายนํ้า การคำนวณปริมาณสารที่ได้รับจากการหายใจในระหว่างการอาบํ้า การคำนวณปริมาณสารที่ได้รับจากการสัมผัสทางผิวหนัง ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการว่ายนํ้าหรือการอาบํ้า โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สูตรการคำนวณการได้รับสารเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านเส้นทางต่าง ๆ

การรับสารโดยผ่านเส้นทางต่าง ๆ	สูตรคำนวณ
การได้รับสารผ่านทางเดินอาหาร	$I = \frac{CW \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$
การได้รับสารผ่านเส้นทางการหายใจ	$I = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$
การได้รับสารโดยการซึมผ่านทางผิวหนัง	$I = \frac{CW \times SA \times PC \times ET \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT}$

ที่มา: LaGrega et al. (2001)

เมื่อ	I	=	ปริมาณสารที่ได้รับ (มก./กก.ของน้ำหนักร่างกาย/วัน)
	CW/CA	=	ความเข้มข้นของสารในอากาศ (มก./ลิตร)
	IR	=	อัตราการหายใจ (ลบ.ม./ชั่วโมง)
	EF	=	ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี หรือ ชั่วโมง/ครั้ง)
	ED	=	ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)
	ET	=	เวลาในการสัมผัส (ชั่วโมง/วัน หรือ ชั่วโมง/ครั้ง)
	BW	=	น้ำหนักร่างกาย (กิโลกรัม)
	AT	=	ระยะเวลาเฉลี่ย (วัน)
	SA	=	พื้นที่ผิวที่สัมผัส (ตร.ซม.)
	PC	=	ค่าคงที่จำเพาะต่อสารเคมีที่ซึมผ่านทางผิวหนัง (เซนติเมตร/ชั่วโมง)
	CF	=	ค่าที่ใช้สำหรับการแปลงค่าปริมาตร (1 ลิตร/1000 ลบ.ซม.)

นอกจากนี้แล้ว US EPA ได้เสนอแนะค่าคงที่สำหรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.4

2.15.3 การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity assessment)

การประเมินความเป็นพิษ มี 2 รูปแบบ ได้แก่ ความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยค่า Slope Factor (SF) เป็นค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษของสารก่อมะเร็ง สำหรับความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็งแสดงด้วยค่า Reference Concentration (R_{fc}) ซึ่งเป็นค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษของสารที่ไม่ใช่มะเร็ง โดยทั้งค่า SF และค่า R_{fc} สามารถค้นคว้าได้จาก <http://www.epa.gov/iris> และจากรายงานวิจัยต่างๆ

ตารางที่ 2.4 ค่าคงที่สำหรับประเมินความเสี่ยง

พารามิเตอร์	ตัวแปร	ค่าคงที่
น้ำหนักเฉลี่ยของร่างกายผู้ใหญ่		70 กก.
น้ำหนักเฉลี่ยของร่างกายเด็ก		
0 – 1.5 ปี		10 กก.
1.5 – 5 ปี	BW	14 กก.
5 – 12 ปี		26 กก.
ปริมาณอากาศที่ผู้ใหญ่หายใจในแต่ละวัน		20 ลบ.ม.
ปริมาณอากาศที่เด็กหายใจในแต่ละวัน		5 ลบ.ม.
พื้นที่ผิวสัมผัสของผู้ใหญ่เพศชาย	SA	1.94 ตร.ม.
พื้นที่ผิวสัมผัสของผู้ใหญ่เพศหญิง		1.69 ตร.ม.
พื้นที่ผิวสัมผัสของเด็ก		
3-6 ปี *		0.720 ตร.ม.
6-9 ปี *	SA	0.925 ตร.ม.
9-12 ปี *		1.16 ตร.ม.
12-15 ปี *		1.49 ตร.ม.
ช่วงเวลาการสัมผัสตลอดชีวิต	ED	70 ปี
ระยะเวลาเฉลี่ย	AT	ED x 365 วัน/ปี
ความถี่ของการสัมผัส	EF	365 วัน/ปี
ระยะเวลาการสัมผัส	ET	24 ชม./วัน

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยของทั้งเพศชายและเพศหญิง

ที่มา: US EPA (1989)

2.15.4 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization)

การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง คือการรวบรวมลักษณะต่างๆที่ได้จากการประเมินใน 3 ขั้นตอนแรก นำมาประเมินภาพรวมของความเสี่ยง โดยสามารถอธิบายความเสี่ยงที่ได้ในลักษณะของขนาดและความรุนแรงซึ่งได้จากการคำนวณความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งและความเสี่ยงที่ไม่ใช่มะเร็ง

สมการของการคำนวณความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเป็นการคำนวณความเสี่ยงตลอดชีวิต (Life time cancer risk) ดังสมการ (4) และค่า SF ของของโลหะหนักโดยแบ่งตามเส้นทางต่างๆ ของการได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย

$$\text{Lifetime Cancer Risk} = I_c \times SF \quad (4)$$

เมื่อ I_c = ปริมาณของสารก่อมะเร็งที่ได้รับ [mg/(kg•day)]

SF = Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง [(kg•day)/mg]

สมการความเสี่ยงที่ไม่ใช่มะเร็งแสดงดังสมการ (5) และค่า Reference Concentration ของโลหะหนักโดยแบ่งตามเส้นทางต่างๆของการได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย

$$HI = I_N / R_f C \quad (5)$$

เมื่อ	HI	=	ดัชนีความเสี่ยง (Hazard Index)
	IN	=	ปริมาณของสารไม่ก่อมะเร็งที่ได้รับ [mg/(kg•day)]
	R _f C	=	Reference concentration [mg/(kg•day)]
ความเสี่ยงทั้งหมด		=	ผลรวมของแต่ละสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งหรือแต่ละสารที่ไม่ก่อมะเร็งจากเส้นทางการสัมผัสต่าง ๆ

จากการเสนอแนะของ US EPA ได้เสนอแนะว่า Lifetime cancer risk ควรมีค่าอยู่ในช่วง 1E-06 ถึง 1E-04 ซึ่งถือเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ หากมีค่ามากกว่า 1E-04 ถือว่าเป็นความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้ต้องทำการแก้ไขต่อไป สำหรับความเสี่ยงที่ไม่ใช่มะเร็ง US EPA ได้เสนอแนะว่าควรมีค่า HI น้อยกว่า 1.0 จึงถือเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้

2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธิดารินทร์ (2549) ได้ศึกษาสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ในจังหวัดสมุทรปราการ โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 4 จุด คือ ศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดง โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว โรงเรียนปากคลองมอญ และโรงเรียนคลองเจริญราษฎร์ โดยใช้เครื่อง Mini Volume Air Sampler ระยะเวลาการตรวจวัดแบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงฤดูแล้ง และช่วงฤดูฝน ผลการศึกษาช่วงฤดูแล้งบริเวณศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดงพบโลหะเด่นคือ Fe S Si Cl และ K โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.69724 2.64806 1.21587 1.03297 และ 1.30039 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนไอออนเด่น คือ SO₄²⁻ NO₃⁻ K⁺ และ NH₄⁺ โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 7.48258 3.96753 1.46639 และ 1.00119 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ บริเวณโรงเรียนวัดกิ่งแก้วพบโลหะที่เป็นลักษณะเด่นคือ S Fe Si และ K โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.27790 2.23977 2.08994 และ 1.30019 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนไอออนเด่น คือ SO₄²⁻ NO₃⁻ Cl⁻ K⁺ และ NH₄⁺ โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 10.61032 3.16613 1.76103 1.27598 และ 1.20053 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ บริเวณโรงเรียนปากคลองมอญพบโลหะเด่นคือ S และ Si โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.96670 และ 1.06327 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนไอออนเด่น คือ SO₄²⁻ NO₃⁻ NH₄⁺ Cl⁻ และ K⁺ โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.49633 1.96100 1.49220 1.44758 และ 1.28627 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และบริเวณโรงเรียนคลองเจริญราษฎร์พบโลหะเด่นคือ S Fe Si และ K โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.84703 1.25206 1.20100 และ 1.05984 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนไอออนเด่น คือ SO₄²⁻ NO₃⁻ Cl⁻ K⁺ และ NH₄⁺ โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 7.57839 2.58839 1.98419 1.17087 และ 1.12794 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์

เมตร ตามลำดับ ส่วนช่วงฤดูฝนบริเวณศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดงพบโลหะเด่น คือ Fe Cr Ni S Cl Si และ K โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 10.53527 3.62996 2.09870 2.04306 1.83839 1.69625 และ 1.11393 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนอ็อกไซด์เด่น คือ SO_4^{2-} โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 5.04903 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บริเวณโรงเรียนวัดกึ่งแก้วพบโลหะเด่นคือ Si S และ Cl โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.64843 1.37351 และ 1.26178 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนอ็อกไซด์เด่น คือ SO_4^{2-} Cl^- และ Na^+ โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.87238 2.40794 และ 1.07250 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ บริเวณโรงเรียนปากคลองมอญพบโลหะเด่นคือ Fe Si และ Cl โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.07272 1.03645 และ 1.01247 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนอ็อกไซด์เด่น คือ Na^+ โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.62941 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณโรงเรียนคลองเจริญราษฎร์พบโลหะเด่นคือ Fe Cl Si S และ Cr โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.49100 2.24325 1.59448 1.13723 และ 1.03432 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนอ็อกไซด์เด่น คือ SO_4^{2-} และ Cl^- โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.40150 และ 2.03500 ตามลำดับส่วนผลการประเมินแหล่งกำเนิดพบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บริเวณศูนย์ฟื้นฟูอาชีพและสถานสงเคราะห์คนพิการพระประแดงแหล่งกำเนิดหลักของพื้นที่นี้ คือ ฝุ่นถนน (ร้อยละ 25.0) ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละ 17.3) ฝุ่นจากการเผาขยะ (ร้อยละ 13.6) ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ 4 จังหวะ (ร้อยละ 13.0) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 โรงเรียนวัดกึ่งแก้วแหล่งกำเนิดหลักของพื้นที่นี้ คือ ฝุ่นถนน (ร้อยละ 21.8) ฝุ่นจากการเผาชีวมวล (ร้อยละ 18.9) ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (ร้อยละ 16.3) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ (ร้อยละ 12.7) จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 บริเวณโรงเรียนปากคลองมอญแหล่งกำเนิดหลักของพื้นที่นี้ คือ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมไม้ (ร้อยละ 20.9) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเหล็ก (ร้อยละ 18.5) ฝุ่นจากการเผาชีวมวล (ร้อยละ 15.4) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก (ร้อยละ 15.4) ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ 4 จังหวะ (ร้อยละ 14.1) ส่วนจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 โรงเรียนคลองเจริญราษฎร์แหล่งกำเนิดหลักของพื้นที่นี้ คือ ฝุ่นจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม (ร้อยละ 29.0) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมป่าไม้ (ร้อยละ 22.9) ฝุ่นจากหม้อไอเสียรถยนต์ 4 จังหวะ (ร้อยละ 14.3) ฝุ่นจากอุตสาหกรรมเซรามิก (ร้อยละ 11.6)

Campa et al. (2011) ศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นขนาดเล็ก (PM_{10}) ในบรรยากาศ เพื่อวิเคราะห์แหล่งที่มาของแหล่งกำเนิดฝุ่นในพื้นที่เมืองแรเงา Rio Tinto ในประเทศสเปน ซึ่งเคยเป็นพื้นที่ที่มีการทำเหมืองแร่ในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ถึงกลางศตวรรษที่ 20 โดยติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่น High volume PM_{10} air sampler ณ บริเวณหลังคาของอาคารศาลาว่าการเมือง Nerva ซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่เหมืองแรเงาประมาณ 500 เมตร ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง คือ 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน เป็นระยะเวลา 12 เดือน รวมจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 90 ตัวอย่าง นอกจากนี้ได้วิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนตัวของมวลอากาศพาดผ่านบริเวณจุดเก็บตัวอย่างแบบจำลอง HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) ฝุ่นที่

เก็บได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก ธาตุโลหะ (Bi As Cu Pb Cd Zn และ Sb) ไอออน (SO_4^{2-} NO_3^- Cl^- และ NH_4^+) และปริมาณคาร์บอนรวม (Total Carbon) และนำผลมาประเมินแหล่งทำให้เกิดมลพิษ (Source contribution) ด้วยสถิติการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) ด้วยวิธี Principal Component Analysis (PCA) ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่เหมืองเก่ามีส่วนที่ทำให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักจากการพัดพาโดยลมคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 32 และยังพบแหล่งที่มาของโลหะหนักจากฝุ่นที่พัดพาจากพื้นโลก (Crustal materials) หรือจากแหล่งกำเนิดในระดับภูมิภาค (ร้อยละ 33) และแหล่งกำเนิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงและสารอินทรีย์ (ร้อยละ 25)

Kong et al. (2011) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นขนาดเล็ก (PM_{10}) ในเมือง Fushun สาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งเป็นเมืองที่มีการประกอบกิจการอุตสาหกรรมหลายชนิด ได้แก่ เหมืองถ่านหิน โรงหลอมโลหะ โรงไฟฟ้า โรงงานผลิตสารเคมี โดยทำการเก็บฝุ่นบนพื้น 4 บริเวณ ได้แก่ ฝุ่นดิน ฝุ่นบนถนน ฝุ่นจากการก่อสร้าง และฝุ่นที่มีการพัดพาและตก (Re-suspended dust) บนขอบหน้าต่างส่วนล่างของอาคารที่พักอาศัยและโรงเรียน โดยฝุ่นที่เก็บได้จะถูกคัดขนาดให้เหลือเฉพาะฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร และนำมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยวิธี Inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy (ICP-AES) โลหะหนักที่วิเคราะห์มี 11 ชนิด ได้แก่ Mn Cu Zn As Pb Cr Ni Co Cd Hg และ V ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักเกือบทั้งหมดมีค่าสูงกว่าที่พบในดินทั่วไปของจีน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Cu Zn Hg Cd และ Pb ที่พบว่ามีค่าดัชนีมลพิษ (Pollution index) สูงกว่าโลหะหนักชนิดอื่นๆ ในส่วนของความเสี่ยงที่มีต่อสุขภาพซึ่งประเมินด้วย Geo-accumulation index นั้นพบว่าฝุ่นที่มีการพัดพาและตก (Re-suspended dust) มีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงชี้ให้เห็นถึงศักยภาพที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้พักอาศัยและนักเรียน การศึกษานี้ยังได้ใช้สถิติสหสัมพันธ์ (Correlation) และการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) (ด้วยวิธี Principal Component Analysis (PCA) เพื่อประเมินแหล่งที่มาของโลหะหนักในฝุ่นพบว่า แหล่งกำเนิดหลักมาจากการปลดปล่อยจากยานพาหนะ กิจกรรมอุตสาหกรรม การเผาไหม้ถ่านหิน และผิวโลก

Luo et al. (2012) ได้ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรเด็กและผู้ใหญ่จากการปนเปื้อนโลหะหนักในดินของสวนสาธารณะ 14 แห่ง ในเมือง Xiamen สาธารณรัฐประชาชนจีน จากการรับสัมผัสทางการหายใจ ทางเดินอาหารและทางผิวหนัง โดยประเมินทั้งความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และความเสี่ยงอื่นๆ นอกจากมะเร็ง ฝุ่นที่เก็บได้จะถูกคัดขนาดให้เหลือเฉพาะฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 150 ไมโครเมตรและนำมาวิเคราะห์ปริมาณ Cd Co Cr Cu Mn Ni Pb และ Zn ผลการศึกษาพบว่า Pb มีความเสี่ยงอื่นนอกจากมะเร็งในประชากรเด็กทางการรับสัมผัสทางเดินอาหารมากกว่าโลหะหนักชนิดอื่นๆ ผลรวมความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งในผู้ใหญ่มีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ (10^{-6}) ซึ่งเกิดจาก Cr (ร้อยละ 93.8) และ Pb (ร้อยละ 6.19) จากการรับสัมผัสทางผิวหนัง (ร้อยละ 68.3) และทางเดินอาหาร (ร้อยละ 30.4)

Zheng et al. (2010) วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นบนท้องถนนที่ปนเปื้อนจากกิจกรรมการหลอมโลหะในเขตอุตสาหกรรมของเมือง Huludao สาธารณรัฐประชาชนจีน โลหะหนักที่ทำการศึกษาคือ Hg Pb Cd Zn และ Cu ผลพบว่าโลหะทั้งหมดมีปริมาณสูงกว่าค่าพื้นฐานที่พบในดินประมาณ 77 - 6,724 เท่า และพบว่าสัดส่วนของ Hg Pb Cd Zn และ Cu มีแนวโน้มคล้ายกับที่พบในโรงงานผลิตสังกะสี (ในโรงงานพบว่ามีค่าสูงกว่า) และพบว่าปริมาณ Pb Cd Zn และ Cu (ยกเว้น Hg) มีการลดลงตามระยะทางจากแหล่งกำเนิดเป็นแบบสมการเลขชี้กำลัง (Exponential equation) และเมื่อนำปริมาณโลหะหนักมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์และเปรียบเทียบกับการศึกษาก่อนหน้านี้ทำให้พบว่าโลหะหนักที่ปนเปื้อนเกิดจากการตกสะสม (Deposition) หลังจากที่มีการแพร่กระจายจากกิจกรรมการหลอมโลหะมากที่สุด ขณะที่กิจกรรมจากการจราจรมีส่วนเพียงเล็กน้อยเมื่อประเมินความเสี่ยงอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับฝุ่นที่ปนเปื้อนโลหะหนักในกลุ่มเด็กและผู้ใหญ่พบว่าเกิดจากการสัมผัสผ่านทางเดินอาหารมากที่สุดตามมาด้วยทางผิวหนัง ในขณะที่การสัมผัสทางการหายใจพบเพียงส่วนน้อยเท่านั้น ยกเว้นการได้รับไอปรอท (Hg) ที่การสัมผัสทางการหายใจมีนัยสำคัญ จากการศึกษาในพื้นที่นี้ยังพบว่าประชากรกลุ่มเด็กกำลังได้รับความเสี่ยงอื่นนอกจากมะเร็งจากการได้รับสัมผัส Pb (ค่า Health Index มากกว่า 1) และ Cd (ค่า Health Index มีค่าใกล้ 1)

Iqbal and Shah (2011) ศึกษาปริมาณโลหะหนัก (Ca Cd Co Cr Cu Fe K Li Mg Mn Na Pb Sr และ Zn) ในฝุ่นจากดินรอบทะเลสาบ Rawal เมือง Islamabad ปากีสถาน ทะเลสาบ Rawal เป็นแหล่งเก็บน้ำขนาด 8.8 ตารางกิโลเมตรที่ขุดขึ้นเพื่อรองรับการอุปโภคบริโภคของประชาชนในเมือง Rawalpindi และ Islamabad คุณภาพของดินโดยรอบแหล่งเก็บน้ำจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพน้ำ โดยได้เก็บดินที่ความลึก 0-10 เซนติเมตร ใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อนและฤดูหนาว ดินตัวอย่างได้นำไปปรับสภาพโดยการบดไล่ความชื้นและทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนนำไปเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Atomic absorption spectrophotometry ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณโลหะหนักมีการกระจายตัวแบบสุ่มและมีความสัมพันธ์แบบหลากหลายทั้งสองช่วงฤดูกาล เมื่อวิเคราะห์แหล่งที่มาของโลหะหนักด้วยวิธีทางสถิติ Principal Component Analysis (PCA) และ Cluster Analysis พบว่า Cd Pb Co Cr Cu Li Zn และ Na เกิดจากการกระทำของมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ด้วย Geo-accumulation Indices และ Contamination factors ซึ่งให้การปนเปื้อนของ Pb และ Cd ในดินในระดับปานกลางถึงสูง

การศึกษาที่เกี่ยวข้องที่มีการดำเนินการในประเทศไทย ได้แก่ Wangkiet et al. (2004a) ได้ประยุกต์แบบจำลองแหล่งรับ (Receptor model) CMB8 เพื่อศึกษาแหล่งที่มาของฝุ่น (Source apportionment) ในพื้นที่กรุงเทพฯ โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยเครื่อง High volume air samplers เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ณ สถานีตำรวจวัด 1 แห่งในกรุงเทพฯ ระหว่างเดือนธันวาคม 2539 ถึง มกราคม 2540 และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบฝุ่น ได้ข้อมูลจำนวน 42 ชุดข้อมูล เพื่อนำเข้าแบบจำลองร่วมกับข้อมูลองค์ประกอบฝุ่น (Source profiles) จำนวน 7 แหล่งกำเนิด ผลพบว่าการคำนวณ

แหล่งที่มาของฝุ่นจากแบบจำลองฯ มีค่าใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis – multiple regression (FA-MR)) โดยพบว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญของฝุ่นมาจากดิน (ร้อยละ 33) ฝุ่นจากถนน (ร้อยละ 33) และยานพาหนะ (ร้อยละ 15) แหล่งกำเนิดรอง ได้แก่ เกลือจากทะเล การเผาขยะและการเผาชีวมวล การหลอมโลหะและการเผาไหม้เชื้อเพลิง การศึกษาที่พบข้อจำกัด คือ ขาดข้อมูลองค์ประกอบฝุ่นแหล่งกำเนิดการเผาชีวมวลในกรุงเทพฯ ทำให้การประเมินแหล่งที่มาของฝุ่นจากแหล่งกำเนิดนี้ต่ำกว่าความเป็นจริงมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จาก FA-MR เมื่อคาดการณ์แหล่งที่มาของฝุ่นด้วยแบบจำลอง CMB8 โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝุ่นรายวันพบว่า หนึ่งในสี่ของแหล่งที่มาของฝุ่นรายวันสูงถึง 2 (มากกว่า 4) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าหนึ่งในแหล่งกำเนิดฝุ่นที่เลือก (การเผาชีวมวล) อาจไม่ถูกต้อง การศึกษานี้ได้เสนอแนะให้มีการนำข้อมูลองค์ประกอบฝุ่นแหล่งกำเนิดการเผาชีวมวลที่ถูกต้องมาใช้ในแบบจำลอง เพื่อคำนวณองค์ประกอบฝุ่นในกรุงเทพฯ

Wangkiat et al. (2004b) เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นจากกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ได้แก่ การเผาของเสียทางการเกษตร การเผาฟางข้าว การเผาใบไม้จากป่า ไอเสียรถบรรทุก ฝุ่นถนนที่มีการลาด ดิน ดินจากการเกษตร ถ่านหิน ถ่านใน ระบบบำบัดอากาศ Electrostatic precipitator และฝุ่นที่ระบายออกจากปล่องโรงไฟฟ้า วิธีการวิเคราะห์ประกอบด้วย ICP-MS (วิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ) ไอออนโครมาโตกราฟี (วิเคราะห์ไอออนละลายน้ำ) และ CHNS-O (วิเคราะห์ชนิดของคาร์บอน) จากการศึกษาพบว่า กิจกรรมการเผาไหม้ชีวมวลทุกรูปแบบมีคาร์บอนอินทรีย์ในสัดส่วนที่สูงในระยะเวลาการเผาไหม้ที่ไม่มีเปลวไฟ (Smouldering phase) ขณะที่พบคาร์บอนอินทรีย์ในสัดส่วนที่สูงในระยะเวลาการเผาไหม้ที่มีเปลวไฟ (Flaming Phase) และพบโปรแตสเซียมเพิ่มสูงขึ้นในระยนี้เช่นกัน การเผาไหม้ชีวมวลและไอเสียรถบรรทุกพบทั้งคาร์บอนอินทรีย์และคาร์บอนอนินทรีย์ในปริมาณมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสองกิจกรรมดังกล่าวพบว่า การเผาไหม้ชีวมวลปลดปล่อยคาร์บอนอินทรีย์ต่ำกว่าแต่ปลดปล่อยคาร์บอนอินทรีย์สูงกว่าไอเสียของรถบรรทุก ในส่วนของธาตุพบว่า Al K Mg Ca และ Fe พบมากใน ฝุ่นถนน ฝุ่นดิน ถ่านหิน ถ่านล้อย และฝุ่นที่ระบายออกจากปล่อง อนึ่งความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นที่เก็บตัวอย่างไม่เพียงพอต่อการจำแนกระหว่างแหล่งกำเนิดที่เกิดจากวัตถุดิบกำเนิดทางธรณีและแหล่งกำเนิดฝุ่นที่ศึกษา องค์ประกอบฝุ่นจากถ่านล้อยมีความแตกต่างจากแหล่งกำเนิดอื่นเนื่องจากไม่พบคาร์บอนอินทรีย์และคาร์บอนอนินทรีย์ ในขณะที่ Na และ Zn พบมากในฝุ่นที่จากปล่อง การศึกษานี้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการนำชุดข้อมูลองค์ประกอบฝุ่นที่ได้จากแหล่งกำเนิดต่างๆ มาศึกษาแหล่งที่มาของฝุ่น (Source apportionment) ด้วยแบบจำลอง CMB

Panichayapichet et al. (2008) ศึกษาแหล่งกำเนิดและการแพร่กระจายของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในลุ่มน้ำคลิตี้ จังหวัดกาญจนบุรี ด้วยเทคนิค Enrichment factor multivariate analysis และ Metal speciation โดยเก็บตัวอย่างหน้าดินและนำมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักรวม และวิเคราะห์ Geochemical phases ของโลหะหนัก ด้วยวิธี Sequential extraction ซึ่งจำแนกโลหะหนักตามเฟสทางธรณีเคมีออกเป็น 5 เฟส คือ 1) เฟสที่เปลี่ยนแปลงได้ (Exchangeable)

2) เฟสสร้างพันธะเป็นคาร์บอนเนต 3) เฟสที่เกิด Reduction 4) เฟสที่เกิด Oxidation และ 5) เฟสคงเหลือ (Residuals) รวมทั้งวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน ได้แก่ pH Total organic carbon Redox potential Cation exchange capacity และ Texture และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ Principal component analysis ซึ่งจัดกลุ่มโลหะหนักออกเป็น 3 กลุ่ม (83% of the variance) โลหะหนักที่เกิดจากชั้นหิน เช่น Co Cr Fe Ni และ V เป็นต้น พบว่ามีระดับความเข้มข้นเช่นเดียวกับที่พบตามธรรมชาติและถูกจัดอยู่ในส่วนคงเหลือ (Residuals phase) ส่วนโลหะหนักที่เหลือ คือ Ba Cd Cu Pb Sb และ Zn พบว่า มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการทำเหมืองแร่ตะกั่วและสังกะสี-ตะกั่วในพื้นที่ นอกจากนี้ยังพบว่ากิจกรรมของมนุษย์มีผลทำให้มีปริมาณตะกั่วและสังกะสีที่เกิดขึ้นนอกไซด์ของ Fe-Mn เพิ่มขึ้น ซึ่งดูได้จากการสูญเสียสัดส่วนในเฟสคงเหลือ ถึงแม้ว่าจะพบตะกั่วที่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในดินของคลิตต์อยู่ในปริมาณต่ำทำให้เกิดการสะสมในพืชได้น้อย แต่จากการที่พบตะกั่วที่เกิดเป็นนอกไซด์ของ Fe-Mn อาจมีผลต่อการเพิ่มการเคลื่อนย้ายในสภาวะ Reduction ได้

Pengchai et al. (2009) ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นขนาดเล็ก (PM_{10}) ได้แก่ Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) โลหะหนัก ไอออน และคาร์บอนรวม โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นในอากาศด้วย High volume PM_{10} air sampler ซึ่งติดตั้ง ณ จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 แห่งในพื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่และลำปาง เก็บตัวอย่างทุกๆ 3 วัน เป็นระยะเวลา 12 เดือน จากนั้นวิเคราะห์แหล่งที่มาของฝุ่นด้วยวิธีทางสถิติ (Principal component analysis (PCA) และ Multiple regression analysis) ส่วนความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้ประเมินเฉพาะการได้รับสัมผัส PAHs ด้วย Toxicity equivalent factors (TEFs) method ผลพบว่า ค่าความเข้มข้นสูงสุดของ PM_{10} จากทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยแหล่งที่มาของฝุ่นส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้ชีวมวล (ร้อยละ 46–82) และการเผาไหม้ก๊าซหุงต้มและถ่านโค้ก (ร้อยละ 46–82) และพบค่า Total toxicity equivalent concentrations (TTECs) ใกล้เคียงกับที่มีพบในกรุงเทพฯ เมือง Nagasaki และ Rome

Pongpiachan et al. (2013) วิเคราะห์ปริมาณ Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) 12 ชนิด จากตัวอย่างตะกอนดินทะเลที่ทับถม (Backwash deposits) จากเหตุการณ์สึนามิเมื่อปี 2004 ที่เขาหลัก และนำผลเปรียบเทียบกับตะกอนดินทะเลทั่วโลกพบว่า ความเข้มข้นของ PAHs บางชนิดมีค่าที่สูงกว่าและต่ำกว่าพื้นที่อื่นๆ เมื่อวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองประเมินความเสี่ยงของ US EPA พบว่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งและความเสี่ยงต่อโรคที่ไม่ใช่มะเร็ง (Cancer and non-cancer risks) อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้และมีระดับความเสี่ยงต่ำกว่าที่พบในตะกอนดินทะเลทั่วโลก

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษาล้วนส่วนใหญ่ (Kong et al., 2011; Luo et al., 2012; Zheng et al., 2010; Iqbal and Shah, 2011) และงานวิจัยของไทย คือ Panichayapichet

et al. (2008) มีการเก็บตัวอย่างฝุ่นเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากฝุ่นที่ตกสะสมอยู่บนพื้น ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการได้รับสัมผัสฝุ่นของร่างกายจะได้รับจากการฟุ้งกระจายมาทางอากาศ อนึ่งถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาที่มีการเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศแต่มีบริบทที่แตกต่างกับโครงการวิจัยที่นำเสนอนี้ กล่าวคือ การศึกษาของ Campa et al. (2011) Wangkiat et al. (2004a) และ Wangkiat et al. (2004b) มีจุดประสงค์เพียงวิเคราะห์แหล่งที่มาของแหล่งกำเนิดฝุ่น แต่โครงการวิจัยนี้จะศึกษาทั้งในประเด็นดังกล่าวและเพิ่มเติมในส่วนของการประเมินความเสี่ยงจากโลหะหนัก การศึกษาของ Pengchai et al. (2009) และ Wangkiat et al. (2004b) เป็นการศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือของไทยซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศและลักษณะของแหล่งกำเนิดมลพิษแตกต่างจากพื้นที่ศึกษาที่ได้ดำเนินการในการศึกษานี้ และการประเมินความเสี่ยงของ Pengchai et al. (2009) ได้วิเคราะห์เฉพาะการได้รับสัมผัส PAHs ยังไม่ได้มีการศึกษาในประเด็นของโลหะหนัก นอกจากนี้การศึกษากล่าวมาทั้งหมดศึกษาเฉพาะฝุ่นจากอากาศภายนอก(Ambient air) เท่านั้น ส่วนการศึกษานี้จะศึกษาทั้งอากาศภายนอกและภายในอาคาร (Indoor air)