# ความเข้มข้นและการกระจายขนาดของฝุ่นจากเครื่องถ่ายเอกสาร

โดย

นายภาสกร โสมนัส

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

# ความเข้มข้นและการกระจายขนาดของฝุ่นจากเครื่องถ่ายเอกสาร


โดย

นายภาสกร โสมนัส

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558


ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

# CONCENTRATIONS AND SIZE DISTRIBUTIONS OF PARTICLES FROM PHOTOCOPYING MACHINES

**By**

**Mr. Passakorn Sommanat**

**An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree**

**Master of Science Program in Environmental Science**

**Department of Environmental Science**

**Graduate School, Silpakorn University**

**Academic Year 2015**

**Copyright of Graduate School, Silpakorn University**

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้การค้นคว้าอิสระเรื่อง “ความเข้มข้นและการกระจายขนาดของฝุ่นจากเครื่องถ่ายเอกสาร” เสนอโดย นายภาสกร โสมนัส เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

……..

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

อาจารย์ ดร.อังก์ศิริ ทิพยารมณ์

คณะกรรมการตรวจสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อ้นแจ่ง)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ดาวรุ่ง สังข์ทอง)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อังก์ศิริ ทิพยารมณ์)

...../...../.....

54311310 : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คำสำคัญ : ฝุ่นรวม การกระจายขนาด เครื่องถ่ายเอกสาร คุณภาพอากาศภายในอาคาร

ภาสกร โสมนัส : ความเข้มข้นและการกระจายขนาดของฝุ่นจากเครื่องถ่ายเอกสาร
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ : อาจารย์ ดร.อังก์ศิริ ทิพยารมณ์. 68 หน้า.

ในปัจจุบัน เครื่องถ่ายเอกสารได้กลายเป็นอุปกรณ์สำนักงานที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ไม่เพียงแต่จะมีประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเพียงอย่างเดียว แต่ยังก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารอีกด้วย การศึกษานี้ได้ศึกษาความเข้มข้น และการกระจายขนาดของฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสาร ซึ่งตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม โดยเก็บตัวอย่าง 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ ช่วงการเรียนการสอนปกติ และช่วงสอบ การเก็บตัวอย่างฝุ่นรวมใช้กระดาษกรองชนิดเซลลูโลสร่วมกับเครื่องดูดอากาศส่วนบุคคล และวิเคราะห์ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำกระดาษกรองไปหาการกระจายขนาดของฝุ่นโดยวิธี Projected area diameter นอกจากนี้ยังได้ตรวจวัดฝุ่นรวมภายนอกร้านถ่ายเอกสารด้วยวิธีการเดียวกันในเวลาเดียวกันด้วย ผลการศึกษาแสดงให้ทราบว่า ระดับของฝุ่นรวมภายในอาคารมีค่าน้อยกว่าภายนอกอาคารเล็กน้อย และในช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ จะมีระดับของฝุ่นแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended particles; TSP) สูงที่สุด ค่าอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในอาคารต่อภายนอกอาคารสูงสุดเท่ากับ 0.97 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การระบายอากาศที่ดีภายในร้านสามารถลดความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในร้านลงได้ การวิเคราะห์กระจายขนาดของฝุ่นรวมพบว่า ขนาดฝุ่นที่พบมากที่สุดคือฝุ่นขนาด 4-5 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมปอดได้ (Respirable dusts)

---

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ลายมือชื่อนักศึกษา..... ปีการศึกษา 2558
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ.....

54311310 : MAJOR : (ENVIRONMENTAL SCIENCE)
KEYWORD : TOTAL SUSPENDED PARTICLES/ SIZE DISTRIBUTIONS/ PHOTOCOPYING MACHINES/ INDOOR AIR QUALITY

PASSAKORN SOMMANAT : STUDY OF LEVELS AND SIZES DISTRIBUTIONS OF TOTAL SUSPENDED PARTICLES (TSP) FROM PHOTOCOPYING MACHINES. INDEPENDENT STUDY ADVISOR : AUNGSIRI TIPAYAROM, Ph.D. 68 pp.

Nowadays, photocopiers have become common office equipment generally used. The advent of this equipment not only has improved work efficiency, but also has caused indoor air quality problems. Total suspended particles (TSP) concentrations together with their size distributions from a photocopy center in Silpakorn University, Nakhon Pathom in three periods – first week of new semester, regular class and exam period – were investigated. Area samples were collected by cellulose filters equipped with personal air pumps and were analyzed by gravimetric method for mass concentrations. Sample filters were subsequently analyzed for particle size distributions by projected area diameter method. Simultaneously, TSP outdoor measurements were performed in the same manner as were the indoor measurements. The results show that the indoor levels of total suspended particles (TSP) were slightly lower than the outdoor levels. During first week of new semester, the TSP levels increased. The maximum ratio of the indoor to outdoor concentrations of TSP was estimated to be 0.97. This value proved that good ventilation could decrease the indoor TSP concentrations. Particle size distributions analyses indicate that the most abundant particle size was 4 – 5 μm, which was respirable dust.

---

Department of Environmental Science Graduate School, Silpakorn University

Student's signature..... Academic Year 2015

Independent Study Advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อังก์ศิริ ทิพยารมณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระที่ได้ให้ความเมตตา กรุณา และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นคำแนะนำในการทำการทดลอง เป็นที่ปรึกษาและคอยช่วยเหลือในการเขียนและการแก้ไขรูปเล่มตลอดจนช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดการทำงานวิจัย อีกทั้งขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณร้านถ่ายเอกสารใต้อาคารเรียนรวมวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บตัวอย่างเพื่อการวิจัย สุดท้ายขอขอบคุณผู้ร่วมงานทุกท่านที่ร่วมแรงร่วมใจกันตลอดมาจนงานสำเร็จลงด้วยดี

มหาวิทยาลัยศิลปากร

**สารบัญ**


| | | หน้า |
|---|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | | ฉ |
| สารบัญตาราง | | ฎ |
| สารบัญภาพ | | ฎ |
| บทที่ | | |
| 1 | บทนำ | 1 |
| | 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| | 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ | 2 |
| | 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา | 2 |
| | 1.4 ขอบเขตของการศึกษา | 2 |
| | 1.5 ขั้นตอนการศึกษา | 2 |
| | 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| 2 | วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| | 2.1 ฝุ่นรวม | 4 |
| | 2.1.1 แหล่งกำเนิดของฝุ่นรวมภายในอาคาร | 4 |
| | 2.1.2 ผลกระทบของฝุ่นรวมต่อสุขภาพของมนุษย์ | 5 |
| | 2.1.3 ค่ามาตรฐานของฝุ่นรวมภายในอาคาร | 5 |
| | 2.2 เครื่องถ่ายเอกสาร | 5 |
| | 2.2.1 อุปกรณ์และหลักการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร | 6 |
| | 2.2.2 ชนิดและการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร | 7 |
| | 2.2.2.1 เครื่องถ่ายเอกสารแบบใช้กระดาษธรรมดา | 7 |
| | 2.2.2.2 เครื่องถ่ายเอกสารระบบไฟฟ้าสถิต | 9 |
| | 2.2.2.3 เครื่องถ่ายเอกสารระบบสอดสี | 10 |
| | 2.2.3 อันตรายจากเครื่องถ่ายเอกสาร | 10 |
| | 2.2.3.1 ฝุ่น | 10 |

บทที่ หน้า

2.2.3.2 ก๊าซโอโซน ..... 11
2.2.3.3 แสงอัลตราไวโอเล็ต ..... 11
2.2.3.4 สารก่อมะเร็งในหมึกพิมพ์ ..... 11
2.2.3.5 ซิลีเนียมหรือแคดเมียม ..... 12
2.2.3.6 สารฟอร์มัลดิไฮด์ ..... 12
2.2.3.7 สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ..... 12
2.2.3.8 เสียดัง ..... 12
2.2.4 การปลดปล่อยฝุ่นจากเครื่องถ่ายเอกสาร ..... 12
2.2.4.1 กระบวนการควบแน่น ..... 12
2.2.4.2 กระบวนการออกซิเดชันของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ..... 13
2.2.4.3 การเหนี่ยวนำของไอออนจากขดลวดโคโรนา ..... 13
2.3 การศึกษาขนาดของฝุ่น ..... 13
2.4 อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในต่อภายนอกร้านถ่ายเอกสาร (I/O ratio) ..... 14
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย ..... 16
3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา ..... 16
3.2 การเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม ..... 17
3.2.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ..... 17
3.2.1.1 ปั๊มดูดอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump) ..... 17
3.2.1.2 กระดาษกรอง (Filter) และแผ่นพยุงกระดาษกรอง (Supporting pad) ..... 17
3.2.1.3 ตลับกระดาษกรอง (Filter cassette) ..... 17
3.2.1.4 ข้อต่อและสายยาง ..... 18
3.2.2 สถานที่เก็บตัวอย่าง ..... 18
3.2.3 ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง ..... 20
3.2.4 การเก็บรักษาตัวอย่าง ..... 20
3.2.5 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง ..... 20

บทที่ หน้า

3.2.5.1 เตรียมเครื่องเก็บตัวอย่าง..... 20
3.2.5.2 เตรียมกระดาษกรอง..... 20
3.2.5.3 ประกอบชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่าง..... 20
3.3 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นรวม..... 21
3.4 การวิเคราะห์การกระจายขนาดของฝุ่นบนกระดาษกรอง..... 22
3.5 การหาค่าอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในต่อ
ภายนอกร้านถ่ายเอกสาร..... 25
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 26
3.6.1 การหาค่าสูงสุด-ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบน
มาตรฐานของข้อมูล..... 26
3.6.2 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลความเข้มข้น
ของฝุ่นรวม..... 26
3.6.3 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลความเข้มข้น
ของฝุ่นรวม..... 27
3.7 การประกันคุณภาพและการควบคุมคุณภาพ (QA/QC)..... 27
3.7.1 การชั่งกระดาษกรอง..... 27
3.7.2 การปรับเทียบอัตราการไหล..... 27
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 28
4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นรวม..... 28
4.1.1 ความเข้มข้นของฝุ่นรวมช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ..... 28
4.1.2 ความเข้มข้นของฝุ่นรวมช่วงการเรียนการสอนปกติ..... 28
4.1.3 ความเข้มข้นของฝุ่นรวมช่วงสอบกลางภาคการศึกษา..... 28
4.2 อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในต่อภายนอก
ร้านถ่ายเอกสาร (I/O ratio)..... 29
4.3 การกระจายขนาดของฝุ่นบนกระดาษกรอง..... 30
4.4 ผลการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับสุขภาพ..... 31
5 สรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ..... 33
5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา..... 33

บทที่ หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต..... 34
รายการอ้างอิง..... 35
ภาคผนวก..... 37
ประวัติผู้วิจัย..... 68

**สารบัญตาราง**


ตารางที่ หน้า

1 อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในต่อภายนอกร้านถ่ายเอกสารในช่วงเวลาต่างๆ..... 30

2 ขนาดของฝุ่นภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารที่วิเคราะห์จากฝุ่นรวม..... 31

3 จำนวนฝุ่นแต่ละขนาดภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสาร..... 31

4 แบบสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับสุขภาพของพนักงานภายในร้านถ่ายเอกสาร..... 32


มหาวิทยาลัยศิลปากร

**สารบัญภาพ**


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ส่วนประกอบภายในเครื่องถ่ายเอกสารแบบใช้กระดาษธรรมดา | 8 |
| 2 | กระบวนการถ่ายเอกสารของเครื่องถ่ายเอกสารแบบใช้กระดาษธรรมดา | 9 |
| 3 | Projected area diameter | 14 |
| 4 | กรอบแนวคิดในการศึกษา | 16 |
| 5 | ปั๊มดูดอากาศส่วนบุคคล | 17 |
| 6 | ตลับกระดาษกรอง (Filter cassette) | 18 |
| 7 | ข้อต่อโลหะ | 18 |
| 8 | แผนผังร้านถ่ายเอกสารและจุดเก็บตัวอย่าง | 19 |
| 9 | การติดตั้งชุดเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม | 19 |
| 10 | Porton reticule | 22 |
| 11 | Stage micrometer | 23 |
| 12 | การวัดความยาวของ Porton reticule ด้วย Stage micrometer | 23 |
| 13 | ลักษณะการตัดกระดาษกรอง | 24 |
| 14 | การเตรียมสไลด์สำหรับการวิเคราะห์ | 24 |
| 15 | การนับฝุ่นขนาดต่างๆ โดยใช้ Porton reticule | 25 |
| 16 | การเขียนกราฟแสดงการกระจายขนาดของฝุ่น | 26 |
| 17 | ความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารในช่วงเวลาต่างๆ | 29 |


มหาวิทยาลัยศิลปากร

# บทที่1
# บทนำ

## 1.1ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ และเครื่องถ่ายเอกสาร กลายเป็นอุปกรณ์จำเป็นซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายสำนักงานทั่วไป เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้สามารถใช้ในการทำงานเอกสารต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม สิ่งหนึ่งที่มักถูกมองข้ามคือปัญหาสิ่งแวดล้อมภายในอาคารที่เกิดจากการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ในระหว่างการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร จะเกิดสารมลพิษอากาศขึ้น เช่น ก๊าซโอโซน ฝุ่น และสารอินทรีย์ระเหยง่ายฟอร์มัลดีไฮด์ ซีลีเนียม แคดเมียม ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้น ผลกระทบจากการใช้เครื่องถ่ายเอกสารจึงเป็นเรื่องที่น่าศึกษา The National Institute for Occupational Safety and Health หรือ NIOSH กล่าวว่า เครื่องถ่ายเอกสารเป็นตัวการที่ก่อให้เกิดกลุ่มอาการอาคารป่วย (Sick building syndrome) (NIOSH, 1991)

ฝุ่นจัดเป็นสารมลพิษสำคัญชนิดหนึ่งที่เกิดจากกระบวนการถ่ายเอกสาร การศึกษาที่ผ่านมาได้แสดงให้ทราบว่าฝุ่นที่ปลดปล่อยออกมาในขณะที่เครื่องถ่ายเอกสารทำงานมีความเป็นพิษแตกต่างจากผงหมึกภายในเครื่องถ่ายเอกสาร การศึกษาของ Lin and Mermelstein (1994) ในหนูและกระต่ายที่ได้รับสัมผัสกับฝุ่นที่ปลดปล่อยออกมาจากเครื่องถ่ายเอกสาร ไม่พบความผิดปกติใดๆ ดังนั้น สิ่งที่จะบอกได้ว่าฝุ่นที่ปลดปล่อยออกมาจากเครื่องถ่ายเอกสารจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์หรือไม่นั้นไม่ใช่องค์ประกอบในฝุ่น แต่คือขนาดของฝุ่นนั่นเอง ซึ่งในปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของฝุ่นที่พบมากจากการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสารยังมีไม่มากนัก

การศึกษาที่ผ่านมาของ Lee andHsu(2007) ได้จำเพาะเจาะจงตรวจวัดฝุ่นละเอียดขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตรจากการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร ซึ่งอันที่จริงแล้ว ฝุ่นส่วนใหญ่ที่เกิดจากการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสารอาจมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่า 2.5 ไมโครเมตร ก็อาจเป็นไปได้

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสารเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้น และขนาดของฝุ่นที่พบมากที่สุด จากการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร อีกทั้งยังใช้วิธีการเดียวกันในการตรวจวัดฝุ่นรวมภายนอกร้านถ่ายเอกสารเพื่อวิเคราะห์ว่าการระบายอากาศมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของฝุ่นภายในร้านถ่ายเอกสารหรือไม่

**1.2ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์**

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสาร

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสารระหว่างช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์หาการกระจายขนาดของฝุ่นรวมภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสาร

1.2.4 เพื่อศึกษาผลของการระบายอากาศต่อความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสาร

**1.3สมมติฐานของการศึกษา**

1.3.1 พนักงานร้านถ่ายเอกสารได้รับสัมผัสกับฝุ่นรวมในช่วงเปิดภาคเรียนใหม่ๆ มากที่สุด รองลงมาคือช่วงสอบและช่วงการเรียนการสอนปกติ ตามลำดับ

1.3.2 ขนาดฝุ่นที่พบในร้านถ่ายเอกสารเป็นฝุ่นขนาดขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมปอดได้

1.3.3 การระบายอากาศที่ดีสามารถลดความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสารได้

**1.4ขอบเขตของการศึกษา**

ศึกษาความเข้มข้นและขนาดของฝุ่นภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารบริเวณใต้อาคารเรียนรวมวิทยาศาสตร์ (ร.วท.) คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม ในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน 3 ช่วงได้แก่ ช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ ช่วงการเรียนการสอนปกติ และช่วงสอบ เก็บตัวอย่างตลอดระยะเวลาให้บริการเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา08.00 – 16.00 น. เก็บตัวอย่างช่วงละ 5 วัน วันละ 2 ซ้ำ รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 60 ตัวอย่าง(ภายในร้าน 30 ตัวอย่าง และภายนอกร้าน 30 ตัวอย่าง) การเก็บตัวอย่างใช้กระดาษกรองชนิดเซลลูโลส ร่วมกับปั๊มดูดอากาศส่วนบุคคล (Personal air sampler)วิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นรวมโดยวิธี Gravimetric methodและวิเคราะห์หาการกระจายขนาดของฝุ่นรวมใช้วิธี Projected areadiameter

**1.5ขั้นตอนการศึกษา**

1.5.1 สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 วางแผนการทดลองและเขียนโครงร่างการศึกษา

1.5.3 ขออนุมัติหัวข้อและโครงร่างการค้นคว้าอิสระ

1.5.4 ทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1.5.5 รวบรวมผลการทดลองและเขียนรายงานการค้นคว้าอิสระ

1.5.6 เสนอรายงานการค้นคว้าอิสระเพื่อขอสอบ

1.5.7 สอบการค้นคว้าอิสระ

1.5.8 แก้ไขรายงานการค้นคว้าอิสระ

1.5.9 ส่งรายงานการค้นคว้าอิสระฉบับสมบูรณ์

**1.6ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.6.1 ทำให้ทราบความเข้มข้นของฝุ่นภายในร้านถ่ายเอกสารที่เกิดจากกระบวนการถ่ายเอกสาร

1.6.2 ข้อมูลจากการศึกษาสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเสนอแนะแนวทางในการลดความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสาร และแนวทางในการป้องกันการได้รับสัมผัสฝุ่นของพนักงานร้านถ่ายเอกสาร

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# บทที่ 2
# วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ฝุ่นรวม

การศึกษานี้ศึกษาความเข้มข้นและการกระจายขนาดของฝุ่นรวม (Total suspended particles; TSP) ซึ่งหมายความถึงอนุภาคของแข็งหรือของเหลว มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา สามารถลอยอยู่ในอากาศได้เป็นระยะเวลานาน ฝุ่นละอองซึ่งอยู่ในบรรยากาศพบว่ามีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นกลุ่มของโมเลกุลที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จนถึงฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่าซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 50ไมโครเมตรขึ้นไป สำหรับฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างของมนุษย์ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพได้ ส่วนฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมโครเมตร จะไม่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้จึงเกิดการสะสมอยู่บริเวณระบบทางเดินหายใจตอนต้นทำให้เกิดอาการแสบคันจมูก คอและระคายเคืองตา ฝุ่นที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานจะเป็นฝุ่นขนาดเล็กที่มีขนาดเล็กกว่า10 ไมโครเมตรเนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำและจะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานขึ้นเมื่อมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่นการไหลเวียนของอากาศ กระแสลม เป็นต้น ฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 100ไมโครเมตร อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน2-3 นาที แต่ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมโครเมตร จะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

### 2.1.1 แหล่งกำเนิดของฝุ่นรวมภายในอาคาร

ปัจจุบันอาคารสำนักงานหรืออาคารที่พักอาศัยส่วนใหญ่มักจะออกแบบให้ปิดสนิทเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน แต่ภายในอาคารมักมีสิ่งปนเปื้อนต่างๆโดยเฉพาะอาคารสำนักงานซึ่งมีอุปกรณ์สำนักงานเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นภายในอาคาร เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพิมพ์ ผ้าม่าน พรม เป็นต้น (จักรกฤษณ์, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) ดังนั้น อาคารที่ปิดสนิทจะเกิดการสะสมฝุ่นภายใน ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพต่อผู้ใช้อาคารได้

ตัวอย่างแหล่งกำเนิดฝุ่นภายในอาคารมีดังนี้

2.1.1.1 อุปกรณ์สำนักงาน เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพิมพ์

2.1.1.2 เครื่องจักรกลต่างๆเช่น ลิฟต์ มอเตอร์

2.1.1.3 การเผาไหม้ เช่น การทำอาหาร การสูบบุหรี่

2.1.1.4 การใช้ไม้อัดเพื่อทำเป็นวัสดุตกแต่งภายในอาคาร

2.1.1.5 ฉนวนกันความร้อน (มีแร่ใยหิน)

**2.1.2 ผลกระทบของฝุ่นรวมต่อสุขภาพของมนุษย์**

ฝุ่นรวมที่มีความเข้มข้นสูงจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์เนื่องจากมีองค์ประกอบเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กพอจะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถุงลมปอดของมนุษย์ได้ จึงสามารถก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจโรคปอดเกิดอาการระคายเคืองและทำลายเยื่อหุ้มปอด หากได้รับฝุ่นรวมในปริมาณมากและเป็นระยะเวลานานจะเกิดการสะสมทำให้เกิดพังผืดและเป็นแผลในปอดทำให้การทำงานของปอดลดลง(กองอนามัยสิ่งแวดล้อม,2548)

การศึกษาผลกระทบของมลพิษอากาศต่อการทำงานของปอดในเด็กที่อาศัยในเมืองติรานา ประเทศแอลเบเนีย ซึ่งเป็นเมืองที่มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีปัญหามลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะฝุ่นที่เกิดจากการจราจรโดยรถยนต์ การพัฒนาของอุตสาหกรรม การก่อสร้าง และการเพิ่มจำนวนของประชากร โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นรวม และสำรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดของเด็กในเมืองติรานาทั้งในเขตเมืองและชานเมือง ในช่วงปี ค.ศ. 2004 – 2005 โดยสำรวจเด็กในเขตเมืองทั้งหมด 238 คน และเด็กในเขตชานเมือง 72 คน ผลการศึกษา พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นรวมในอากาศในเขตเมืองอยู่ในช่วง 146 – 964 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่ามากกว่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมในเขตชานเมือง และเกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ซึ่งทำให้สมรรถภาพการทำงานของปอดของเด็กในเขตเมืองต่ำกว่าเด็กในเขตชานเมือง โดยพบการเสื่อมสมรรถภาพการทำงานของปอดมากในกลุ่มเด็กอายุ 14 -15 ปี และพบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหอบหืด ซึ่งสังเกตได้จากอาการของโรคหอบหืดที่เกิดขึ้น และประวัติการขาดเรียนเนื่องจากอาการป่วยด้วยโรคหอบหืด (Tabaku et al., 2011)

**2.1.3 ค่ามาตรฐานของฝุ่นรวมภายในอาคาร**

ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ซึ่งประกาศ ณ วันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2520 ได้กำหนดให้ความเข้มข้นของฝุ่นรวมทั้งหมด (Total dust) ตลอดระยะเวลาการทำงานต้องมีค่าไม่เกิน15มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และกำหนดให้ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมปอดได้ (Respirable dusts) ต้องมีค่าไม่เกิน5มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

## 2.2 เครื่องถ่ายเอกสาร

เครื่องถ่ายเอกสารเป็นเครื่องใช้สำนักงานที่ใช้สำหรับทำสำเนาเอกสารที่มีความสำคัญและจำเป็นในการปฏิบัติงานในสำนักงานทุกๆประเภท เนื่องจากสามารถทำสำเนาเอกสารได้เหมือนต้นฉบับทุกประการช่วยประหยัดเวลาในการพิมพ์เอกสารที่เหมือนกันเป็นจำนวนมากได้อย่างสะดวกรวดเร็ว นอกจากนี้ยังใช้ถ่ายเอกสารที่เป็นรูปภาพ แผนที่ กราฟ ภาพลายเส้น

ได้เหมือนกับต้นฉบับอีกทั้งขั้นตอนและวิธีการใช้งานไม่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้หรือฝึกฝนมากนักเพียงดังนั้นจะเห็นได้ว่าในสำนักงานทุกๆแห่งต้องมีเครื่องถ่ายเอกสารอย่างน้อยหนึ่งเครื่องไว้ใช้งานการพิจารณาคุณสมบัติด้านการใช้งานของเครื่องถ่ายเอกสารมักพิจารณาในเรื่องของความเร็วในการทำงานโดยกำหนดมาตรฐานการใช้งานเป็นอัตราความเร็วในการถ่ายสำเนาเอกสาร เช่น อัตราความเร็ว 30 แผ่นต่อนาที 45 แผ่นต่อนาที หรือ 100 แผ่นต่อนาที เป็นต้นนอกจากนี้ยังพิจารณาคุณสมบัติและขีดความสามารถในด้านอื่นๆ ประกอบ เช่น การใช้ระบบผงหมึกแห้งบรรจุในหลอดสำเร็จรูปใส่เข้าไปในเครื่องได้ทั้งหลอดโดยมีระบบควบคุมความเข้มจางของเครื่องอัตโนมัติสามารถถ่ายเอกสารได้คมชัดเหมือนต้นฉบับทั้งภาพขาว-ดำ ภาพสี ลายเส้นรอยประทับตรายาง ลายเซ็นหนังสือเป็นเล่ม วัตถุสามมิติต่างๆสามารถขจัดเงาดำที่ขอบของสำเนาอันเกิดจากการถ่ายต้นฉบับที่เป็นสีได้หรือมีระบบเสียงเตือนเมื่อเครื่องจะทำงาน หรือถ้าลืมต้นฉบับหรือผงหมึกหมดจะมีระบบสัญญาณไฟแจ้งให้ทราบด้วย นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงเรื่องหน่วยความจำของเครื่อง เช่นการลบข้อความที่ไม่ต้องการออกโดยตั้งโปรแกรมให้เครื่องถ่ายเอกสารเฉพาะส่วนที่ต้องการตลอดจนสามารถเลือกกระดาษได้อัตโนมัติตามลักษณะของต้นฉบับ นอกจากนี้เครื่องถ่ายเอกสารบางรุ่นสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ได้ด้วยซึ่งเรียกว่าเครื่องถ่ายเอกสารมัลติฟังก์ชันอัจฉริยะครอบคลุมการทำงานทั้งระบบการถ่ายเอกสารเป็นทั้งเลเซอร์แฟกซ์ หรือเลเซอร์พรินเตอร์ หรือสแกนเนอร์ ทั้งนี้สำนักงานต่างๆ จะเลือกใช้เครื่องถ่ายเอกสารชนิดใด ยี่ห้อใด รุ่นใด หรือขีดความสามารถเท่าใดควรพิจารณาให้เหมาะสมกับลักษณะงานและความจำเป็นในการปฏิบัติงานเป็นสำคัญ(ปาจรา, 2551)

**2.2.1 อุปกรณ์และหลักการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร**

เครื่องถ่ายเอกสารใช้หลักการกระแสไฟฟ้าสถิตในการทำงานโดยเริ่มจากหลอดไฟพลังงานสูงภายในเครื่องส่องไปยังต้นฉบับที่ใช้ถ่ายเอกสาร จากนั้นแสงจากภาพต้นฉบับก็จะสะท้อนไปยังลูกกลิ้งที่มีประจุไฟฟ้าอยู่และเนื่องจากพื้นผิวของลูกกลิ้งเป็นตัวนำแสงซึ่งมีความไวต่อแสงสว่าง ทำให้บริเวณที่สัมผัสแสงสว่างสูญเสียประจุไฟฟ้าสถิตไปผลของการสูญเสียประจุไฟฟ้าสถิตเนื่องจากการสะท้อนแสงจากต้นฉบับทำให้คงเหลือประจุไฟฟ้าสถิตที่ลูกกลิ้งตามรายละเอียดที่เป็นส่วนมืดหรือสีเข้มของต้นฉบับประจุไฟฟ้าสถิตที่เหลืออยู่บนลูกกลิ้งนี้จะดูดผงหมึกเข้าไปติดและพิมพ์ลงบนกระดาษกระดาษที่พิมพ์แล้วจะได้รับความร้อนจากหลอดไฟให้ความร้อนในขั้นตอนสุดท้ายของการถ่ายเอกสารซึ่งจะหลอมละลายพลาสติกเรซินที่ผสมอยู่ในผงหมึก ทำให้ภาพติดอยู่ได้คงทนบนกระดาษ(ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง, 2551)

**2.2.2 ชนิดและการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร**

**2.2.2.1 เครื่องถ่ายเอกสารแบบใช้กระดาษธรรมดา**

เครื่องถ่ายเอกสารแบบใช้กระดาษธรรมดาประกอบด้วย(ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง, 2551)

**1. ดรัม (Drum)**

ดรัมซึ่งถือเป็นหัวใจของระบบ คือกระบอกโลหะเคลือบสารที่นำไฟฟ้าได้เมื่อถูกแสงตกกระทบแต่ไม่นำไฟฟ้าในที่มืด (Photoconductive materials) เช่นเซเลเนียม แคดเมียมเจอร์มาเนียม หรือซิลิคอน สารเหล่านี้มีสมบัติพิเศษคือ สามารถนำไฟฟ้าได้ภายใต้สภาวการณ์หนึ่งแต่จะไม่นำไฟฟ้าภายในอีกสภาวการณ์หนึ่ง ในความมืดจะกลายเป็นฉนวน (Insulator) จะต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนจากอะตอมหนึ่งไปอีกอะตอมหนึ่งหรืออะตอมอื่นๆ แต่เมื่อมีแสงมาตกกระทบบนสารที่เคลือบอยู่บนดรัมจะปลดปล่อยอิเล็กตรอนและทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าได้อิเล็กตรอนที่มีประจุลบอิเล็กตรอนที่มีประจุลบนี้จะเป็นตัวที่ทำให้ประจุไฟฟ้าบวกที่อยู่บนผิวหน้าของดรัมสลายตัวกลายเป็นกลางทางไฟฟ้า

**2. ขดลวดโคโรนา (Corona wires)**

ขดลวดโคโรนาจะทำงานภายใต้ความต่างศักย์สูง (High electrical voltage)มีหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าของประจุบวก (Positive charges) บนผิวดรัมและกระดาษสำเนา โดยขดลวดโคโรนาจะทำการเคลือบผิวของดรัมและกระดาษสำเนาด้วยไอออนบวก (Positively charged ions) ลวดเส้นหนึ่งจะถูกดึงให้ขนานกับความยาวของผิวหน้าดรัมและก่อให้เกิดไอออนบวกบนผิวของดรัม ในขณะที่ลวดอีกเส้นหนึ่งจะพาดผ่านกระดาษสำเนาและทำให้ผิวหน้ากระดาษเกิดสภาพเดียวกันในขณะที่กระดาษกำลังเคลื่อนที่เข้าหาดรัม

**3. หลอดไฟและเลนส์ (Lamp และ lens)**

หลอดไฟในเครื่องถ่ายเอกสารเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดฮาโลเจนที่มีความสว่างมาก หลอดนี้จะวิ่งผ่านเอกสารต้นฉบับและสะท้อนแสงไปที่กระจกและเลนส์แล้วตกกระทบบนดรัมอีกทีหนึ่ง การถ่ายเอกสารต้องการแหล่งกำเนิดแสงที่มีพลังงานมากพอเพื่อที่จะเร่งอิเล็กตรอนให้หลุดออกจากอะตอมของสารกึ่งตัวนำที่อยู่บนผิวหน้าของดรัมความถี่แสงที่มีพลังงานมากพอจะอยู่ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ (Visible spectrum) ซึ่งมีพลังงานมากพอที่จะทำให้เกิดกระบวนการนี้ได้โดยเฉพาะในช่วงสเปกตรัมแสงสีเขียวและน้ำเงินคลื่นแสงอินฟราเรดจะมีพลังงานไม่มากพอ ส่วนแสงอัลตราไวโอเล็ตถึงแม้จะมีพลังงานมากเกินพอที่จะใช้ได้แต่จะมีอันตรายมากกับดวงตาและผิวหนังจึงเป็นเหตุผลว่าเหตุใดเครื่องถ่ายเอกสารทั่วไปจึงใช้หลอดไฟธรรมดา เช่น หลอดอินแคนเดสเซนต์ฟลูออเรสเซนต์หรือไฟแฟลชซึ่งก็ยังสว่างมากเพื่อส่องไปที่ตัวเอกสารต้นฉบับ ส่วนของเลนส์จะทำหน้าที่ย่อและขยายขนาดของสำเนาที่ได้ออกมา

โดยทำการปรับระยะใกล้และไกลระหว่างเลนส์และตัวเอกสารต้นฉบับภาพจึงมีขนาดเล็กและใหญ่ได้ตามต้องการ

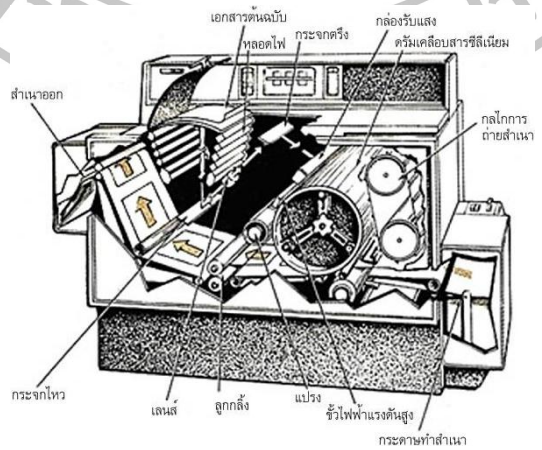
**4. หมึกพิมพ์ (Toner)**

หมึกที่ใช้ในเครื่องถ่ายเอกสารนั้นเป็นสารสีที่เป็นผงพลาสติกที่ละเอียดมากๆ และเพิ่มสารที่ให้สีดำซึ่งโดยทั่วไปก็คือคาร์บอนเข้าไปผสมกับผงพลาสติกขนาดเล็กนี้ ผงหมึกจะติดกับลูกกลมๆ เล็กๆ คล้ายลูกปัด อนุภาคทั้งหมดจะเก็บไว้ในตลับหมึก (Toner cartridge) เมื่อลูกกลมๆ เล็กๆ จำนวนมากที่เป็นประจุบวกที่มีหมึกประจุลบติดอยู่กลิ้งไปบนดรัมดรัมจะดูดผงหมึกให้เข้าไปติดกับบริเวณที่มีประจุบวกบนดรัมที่ไม่ถูกแสงตกกระทบ เพราะแสงถูกส่วนสีดำของเอกสารดูดกลืนไว้ประจุบวกบนดรัมจะแรงกว่าประจุบวกบนลูกกลมๆ ที่หมึกติดอยู่จึงดึงหมึกสีดำให้หลุดออกและไปติดอยู่บนดรัมได้ และสุดท้ายประจุบวกบนกระดาษสำเนาที่สร้างโดยขดลวดโคโรนาก็จะดึงหมึกจากดรัมให้ไปติดบนแผ่นกระดาษอีกครั้งหนึ่ง อนุภาคพลาสติกที่ผสมอยู่ในหมึกจะเป็นตัวที่ทำให้สีสามารถติดแน่นบนกระดาษ

**5. ตัวหลอม (Fuser)**

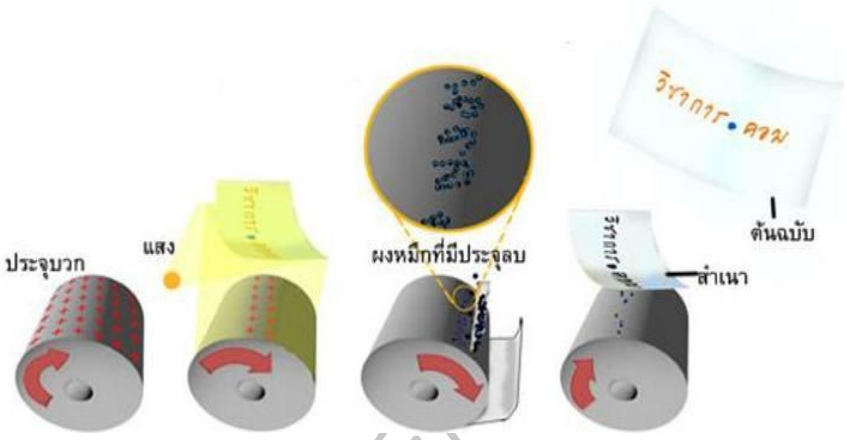
ตัวหลอมมีหน้าที่ให้ความร้อนผ่านลูกกลิ้ง(Roller) เพื่อละลายหมึกให้ติดกับกระดาษ โดยมีวิธีการคือกระดาษที่มีหมึกติดอยู่จะวิ่งผ่านลูกกลิ้งสองตัวในลักษณะถูกรีดผ่านโดยมีแรงกดทับ แต่มีหลอดให้ความร้อนในแกนของลูกกลิ้งเพื่อสร้างความร้อนให้กับลูกกลิ้ง เพื่อละลายหมึกที่มีพลาสติกผสมอยู่หมึกก็จะละลายติดแน่นบนแผ่นกระดาษ และถือว่าเสร็จสิ้นกระบวนการถ่ายเอกสาร

ส่วนประกอบภายในของเครื่องถ่ายเอกสารแบบใช้กระดาษธรรมดาและขั้นตอนการทำงานแสดงดังภาพที่1และ2 ตามลำดับ




**ภาพที่1** ส่วนประกอบภายในเครื่องถ่ายเอกสารแบบใช้กระดาษธรรมดา

ที่มา: ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง(2551)




**ภาพที่2**กระบวนการถ่ายเอกสารของเครื่องถ่ายเอกสารแบบใช้กระดาษธรรมดา
ที่มา: Ouroboros (2010)

**2.2.2.2 เครื่องถ่ายเอกสารระบบไฟฟ้าสถิต**

การถ่ายเอกสารระบบไฟฟ้าสถิตเป็นกระบวนการถ่ายเอกสารแบบใช้กระดาษเคลือบซึ่งใช้ประจุไฟฟ้าลบในการถ่ายทอดภาพจากต้นฉบับเช่นเดียวกับเครื่องถ่ายเอกสารแบบใช้กระดาษธรรมดาแต่กระบวนการของระบบไฟฟ้าสถิตใช้วัสดุและเทคนิคคล้ายกับการอัดรูป ถ่ายกล่าวคือ เริ่มต้นด้วยการทำให้กระดาษเคลือบมีประจุไฟฟ้าลบแล้วปล่อยให้กระดาษเคลือบสัมผัสกับลำแสงที่สะท้อนมาจากต้นฉบับจากนั้นผ่านกระดาษลงในสารละลายและเป่าให้แห้งด้วยอากาศร้อนก่อนออกจากเครื่องกระดาษเคลือบเป็นกระดาษที่บริษัทผู้ผลิตเครื่องถ่ายเอกสารผลิตขึ้นมาเป็นพิเศษ หน้ากระดาษด้านที่สัมผัสกับแสงเคลือบด้วยซิงค์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารที่มีความไวต่อแสงส่วนด้านหลังกระดาษเคลือบด้วยสารละลายเรซินซึ่งจะอุดรูพรุนของกระดาษทำให้กระดาษไม่ดูดซับของเหลวเมื่อจุ่มลงในสารละลายเนื่องจากกระดาษมีความไวต่อแสงดังนั้นจึงต้องป้องกันไม่ให้ถูกแสงนอกจากในช่วงเวลาที่ถ่ายเอกสารเท่านั้น(ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง, 2551)

เครื่องถ่ายเอกสารแบบไฟฟ้าสถิตมี 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องถ่ายเอกสารระบบแห้งและระบบเปียกแต่ที่ใช้กันโดยทั่วไปมักเป็นระบบแห้ง

1.เครื่องถ่ายเอกสารระบบแห้งใช้ผงหมึก (ผงคาร์บอนและเรซิน)ผสมกับสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำผงหมึกให้ไปติดลูกกลิ้ง ได้แก่ ผงเหล็กกล้า ผงแก้วและเม็ดทรายหรือซิลิกา เมื่อผงหมึกถูกดูดไปเกาะติดที่ลูกกลิ้งแล้วสารตัวนำผงหมึกเหล่านี้ก็จะถูกนำกลับมาใช้ใหม่

2.เครื่องถ่ายเอกสารระบบเปียก ใช้สารละลายไฮโดรคาร์บอน (โดยปกติใช้สารไอโซดีเคน) เป็นตัวนำหมึกไปติดที่ลูกกลิ้งในกระบวนการถ่ายเอกสารระบบเปียกกระดาษ

จะถูกทำให้ชื้นด้วยสารไอโซดีเคนก่อนที่จะนำหมึกไปติดที่ลูกกลิ้งจากนั้นความร้อนหรืออากาศก็จะเป็นตัวช่วยให้กระดาษแห้งหลังจากถ่ายทอดภาพจากต้นฉบับแล้ว

**2.2.2.3เครื่องถ่ายเอกสารระบบสอดสี**

เครื่องถ่ายเอกสารระบบสอดสีสามารถให้ภาพสีบนกระดาษธรรมดาโดยการผสมกันของผงหมึกแม่สี 3 สี ได้แก่ สีเหลือง (Yellow) สีฟ้า (Cyan) และสีม่วงแดง (Magenta) การผสมกันของผงหมึกแม่สีทั้งสามสีจะได้สีเขียว (Green) สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีดำ (Black) เพิ่มขึ้นมารวมเป็นสีทั้งหมด 7 สี การถ่ายเอกสารที่ใช้สีครบเต็มอัตราใช้เวลาประมาณ 33 วินาทีสำหรับแผ่นแรกและหากใช้ต้นฉบับเดิมแผ่นต่อๆ ไปจะใช้เวลาแผ่นละประมาณ 18 วินาทีเท่านั้นและหากเลือกจำนวนสีน้อยลงกระบวนการถ่ายเอกสารก็จะยิ่งใช้เวลาน้อยกว่าเดิมบนแผงหน้าปัดของเครื่องถ่ายเอกสารจะมีปุ่มสำหรับเลือกจำนวนสีและความเข้มที่ต้องการ(ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง, 2551)เครื่องถ่ายเอกสารระบบสอดสีใช้หลักการไฟฟ้าสถิตเช่นเดียวกันแต่มีระบบผงหมึก 3 ระบบ คือใช้แม่สี สีเหลือง สีฟ้า และสีม่วงแดงเพื่อให้เกิดเป็นสีต่างๆโดยให้กระดาษผ่านผงหมึกทีละระบบสี

นอกจากเครื่องถ่ายเอกสารแล้วยังมีอุปกรณ์สำนักงานอื่นๆ ที่ปลดปล่อยสารมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่นเครื่องพิมพ์ระบบแสงเลเซอร์ (Laser printer)เครื่องโทรสาร (Facsimile) และเครื่องพิมพ์เขียว (Plan printing machine) เป็นต้น

**2.2.3 อันตรายจากเครื่องถ่ายเอกสาร**

เครื่องถ่ายเอกสารนอกจากจะมีประโยชน์ในการทำสำเนาเอกสารแล้ว ยังก่อให้เกิดสารมลพิษอากาศภายในอาคารหลายชนิดดังต่อไปนี้

**2.2.3.1ฝุ่น**

ฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสารมี 2 แบบ ได้แก่ ฝุ่นผงหมึก และฝุ่นที่เกิดขึ้นภายหลัง ฝุ่นผงหมึกที่ใช้ในเครื่องถ่ายเอกสารทั่วไปมักเป็นผงหมึกแห้งโดยมีส่วนผสมระหว่างผงคาร์บอนร้อยละ10กับพลาสติกเรซินหากหายใจเอาผงหมึกเข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจเกิดการไอและจามนอกจากนี้ ในผงคาร์บอนยังมีสารไนโตรไพรีนและสารไนไตโตรฟลูออรีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งและมีส่วนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมโดยเฉพาะในหญิงตั้งครรภ์หากได้รับสารนี้เข้าไปอาจมีผลกระทบต่อทารกในครรภ์ได้ สารเคมีเหล่านี้นอกจากจะเป็นเป็นสารก่อมะเร็งแล้วยังเป็นสารที่เป็นสาเหตุของโรคภูมิแพ้ได้อีกด้วย (ปาจรา, 2551)

นอกจากผงหมึกจะเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นแล้ว ฝุ่นยังสามารถเกิดจากการทำปฏิกิริยาต่างๆ ที่ปลดปล่อยออกจากเครื่องถ่ายเอกสารอีกด้วย (ดังที่กล่าวถึงในหัวข้อที่ 2.2.4) โดยฝุ่นผงหมึกมักจะมีขนาดใหญ่กว่าฝุ่นที่เกิดขึ้นภายหลังซึ่งมักเป็นฝุ่นละเอียด

จากการศึกษาการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นภายในร้านถ่ายเอกสาร ประเทศไต้หวันของLee andHsu(2007)ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ค.ศ.2004 ถึงเดือนมกราคม ค.ศ. 2005 ซึ่งได้เลือกตัวอย่างร้านถ่ายเอกสารที่มีลักษณะแตกต่างกันจำนวน 12 แห่ง เมื่อทำการเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นที่เกิดขึ้นพบว่า ความเข้มข้นของฝุ่น ($PM_{2.5}$) ทั้ง 12 แห่งมีค่าอยู่ระหว่าง 10 –83ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

**2.2.3.2 ก๊าซโอโซน**

ก๊าซโอโซนจะปลดปล่อยออกมาในระหว่างกระบวนการถ่ายเอกสารเกิดขึ้นจากการที่เครื่องถ่ายเอกสารทำการอัดและปล่อยประจุไฟฟ้าที่ลูกกลิ้งกระดาษและบางส่วนก็เกิดจากการปล่อยแสงอัลตราไวโอเล็ตออกมาจากหลอดไฟพลังงานสูงภายในเครื่อง หากหายใจเอาก๊าซโอโซนเข้าไปจะมีอาการง่วง มึนศีรษะ ปากคอแห้งระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ ระคายเคืองตาและผิวหนังการสัมผัสก๊าซนี้เป็นเวลานานอาจทำอันตรายต่อระบบหายใจและมีผลต่อระบบประสาทได้(ปาจรา, 2551)การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซโอโซนจากเครื่องถ่ายเอกสารของ Selway et al. (1980) รายงานว่า ระดับของก๊าซโอโซนที่ตรวจวัดในระดับหายใจมีค่าอยู่ระหว่าง 4-300 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

**2.2.3.3แสงอัลตราไวโอเล็ต**

แสงอัลตราไวโอเล็ตเป็นสิ่งที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด เพราะเมื่อถ่ายเอกสารจะมีแสงชนิดนี้แผ่ออกมาจากหลอดไฟพลังงานสูงที่อยู่ภายในตัวเครื่องปกติแล้วแสงอัลตราไวโอเล็ตจะมีพลังงานต่ำและไม่ทะลุผ่านกระจกที่วางเอกสารต้นฉบับแต่ถูกดูดกลืนกลับไปหากถ่ายเอกสารไม่มากอันตรายจากแสงอัลตราไวโอเล็ตจะไม่เกิดขึ้นแต่ถ้าหากมองแสงที่ทะลุออกมาจากกระจกหรืออยู่ใกล้แสงเป็นเวลานานจะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะปวดตา แสบตาและหากโดนแสงที่จ้ามากจะเป็นอันตรายต่อตาถึงขั้นทำให้กระจกตาอักเสบได้ เพราะฉะนั้นเวลาถ่ายเอกสารทุกครั้งจึงต้องปิดฝาครอบให้มิดชิดเพื่อป้องกันอันตรายดังกล่าว(ปาจรา, 2551)

**2.2.3.4สารก่อมะเร็งในหมึกพิมพ์**

สารก่อมะเร็งในหมึกพิมพ์มีส่วนประกอบของผงคาร์บอนขณะที่เครื่องทำงานผงคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากับสารโพลีไซคลิคอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนและสารเทอโม-พลาสติกเรซินทำให้มีกลิ่นฉุนจากปฏิกิริยาของสารเคมีดังกล่าว ผู้ที่ได้รับสัมผัสนานๆจะมีอาการปวดศีรษะอ่อนเพลียง่วงซึมรู้สึกมึนชาและก่อมะเร็งได้ (ปาจรา, 2551)

**2.2.3.5ซิลีเนียมหรือแคดเมียม**

ซิลีเนียมหรือแคดเมียมเกิดจากโลหะที่ใช้เคลือบลูกกลิ้งมีผลต่อผิวหนังทำให้เกิดการระคายเคืองมีตุ่มแดงหรือผื่นคัน (ปาจรา, 2551)

**2.2.3.6สารฟอร์มัลดีไฮด์**

สารฟอร์มัลดิไฮด์เกิดจากน้ำยาอาบกระดาษที่ใช้ในการถ่ายเอกสารเมื่อได้รับสัมผัสจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองผิวหนังอาจทำให้เป็นโรคผิวหนังอักเสบได้ (ปาจรา, 2551)

**2.2.3.7สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย**

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดจากเครื่องถ่ายเอกสารมีแหล่งกำเนิดมาจากหมึกพิมพ์เป็นหลัก โดยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบมากได้แก่ ซีนโทลูอีน เอทธิลเบนซีน ไซลีนและไตรคลอโรอีเทนหากได้รับสารประกอบเหล่านี้เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ ทำให้ง่วง วิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน มึนงง ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย หมดสติ และอาจเสียชีวิตได้หากได้รับในปริมาณสูงเนื่องจากระบบทางเดินหายใจและการไหลเวียนของโลหิตล้มเหลว นอกจากนี้ เบนซีนยังเป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งจะส่งผลต่อการลดลงของเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวจนถึงขั้นก่อให้เกิดความผิดปกติของโครโมโซม ทำลายอวัยวะบางส่วนของร่างกาย เช่น ทำลายไต หรือเกิดอาการทางประสาท เป็นต้น และหากได้รับสารประกอบเหล่านี้โดยการสัมผัสทางผิวหนัง จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองผิวหนังและตา (มลิวรรณ, 2544; กณิตา, 2554 อ้างจาก Keith and Walker, 1995)

**2.2.3.8เสียงดัง**

เครื่องถ่ายเอกสารที่สามารถถ่ายเอกสารด้วยความเร็วสูง หรือเครื่องถ่ายเอกสารที่สามารถแยกงานถ่ายเอกสารออกเป็นชุดๆ ได้นั้นมักจะมีเสียงดัง นอกจากนี้ เครื่องถ่ายเอกสารเก่าอาจมีระดับความดังของเสียงถึง 45 dB(A) และเครื่องถ่ายเอกสารเครื่องใหญ่อาจก่อให้เกิดเสียงดังที่มีระดับความดังของเสียงถึง 80 dB(A) (ปาจรา, 2551)

**2.2.4 การปลดปล่อยฝุ่นจากเครื่องถ่ายเอกสาร**

**2.2.4.1 กระบวนการควบแน่น**

กลไกการเกิดฝุ่นโดยกระบวนการควบแน่นเริ่มจากการระเหยของสารที่มีความดันไอต่ำเนื่องจากสัมผัสกับอุณหภูมิสูง ไอของสารเหล่านี้จะระเหยมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดอิ่มตัว จากนั้นไอของสารเหล่านี้จะเกิดการควบแน่นกลับเป็นอนุภาคที่ร้อน (Lee andHsu, 2007)

**2.2.4.2 กระบวนการออกซิเดชันของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย(VOCs)**

กลไกการเกิดฝุ่นละเอียดแบบที่สองคือ การออกซิเดชันของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากหมึกพิมพ์ถูกออกซิไดซ์โดยตัวออกซิแดนท์ที่รุนแรง ตัวออกซิแดนท์เหล่านี้เป็นซึ่งผลพลอยได้จากการประจุไฟให้กับขดลวดในระหว่างการถ่ายเอกสาร เช่น โอโซน$NO_x$ OH-radicals เป็นต้นปฏิกิริยานี้มีแสงจากหลอดไฟพลังงานสูงในเครื่องถ่ายเอกสารเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา คล้ายกับการเกิดปรากฏการณ์ Photochemical smog ดังนั้น ฝุ่นละเอียดที่เกิดขึ้นจึงเป็นอนุภาคอินทรีย์สารขั้นทุติยภูมิภายในเครื่องถ่ายเอกสาร และเป็นแหล่งกำเนิดการปล่อยฝุ่นละเอียดที่สำคัญระหว่างขั้นตอนการถ่ายเอกสาร นอกจากนี้การศึกษาหลายชิ้นที่ผ่านมามีการยืนยันว่าฝุ่นละเอียดอาจเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างโอโซนกับสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ไม่อิ่มตัว แม้ว่าภายในอาคารจะไม่มีแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเลต แต่ฝุ่นละเอียดอาจจะเกิดขึ้นได้เมื่อโอโซนทำปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ไม่อิ่มตัวในร้านถ่ายเอกสาร (Lee andHsu, 2007)

**2.2.4.3 การเหนี่ยวนำของไอออนจากขดลวดโคโรนา**

ไอออนซึ่งเกิดจากขดลวดโคโรนาของเครื่องถ่ายเอกสารอาจมีบทบาทในการก่อให้เกิดฝุ่นละเอียดโดยการเหนี่ยวนำไอออนของไอสารอินทรีย์ การเกิดฝุ่นละเอียดจากการเหนี่ยวนำไอออนเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของก๊าซกลายเป็นอนุภาค กระบวนการเกิดฝุ่นละเอียดจากการเหนี่ยวนำไอออนมีอัตราการเกิดที่สูงมาก (Lee andHsu, 2007)

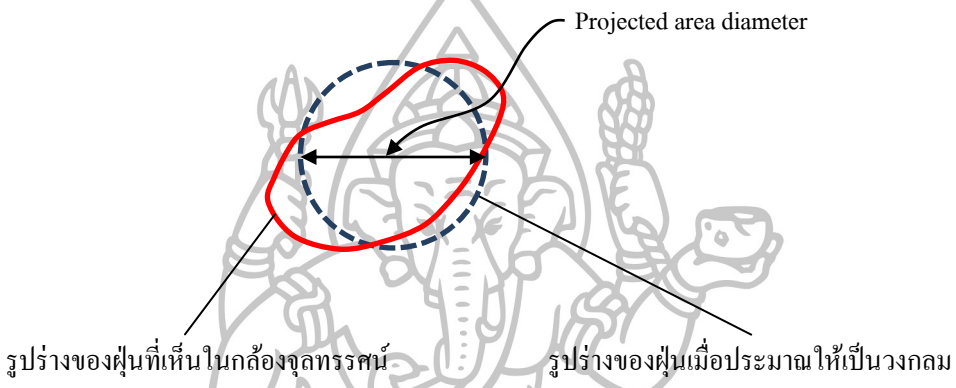
ปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดฝุ่นละเอียดระหว่างการถ่ายเอกสารยังคงมีข้อมูลไม่มากนัก การเกิดฝุ่นละเอียดไม่สามารถอธิบายได้โดยกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง อย่างไรก็ตาม อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่ากลไกที่สามารถทำให้เกิดฝุ่นละเอียดในระหว่างการถ่ายเอกสารประกอบด้วยกลไกการควบแน่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และกระบวนการเหนี่ยวนำของไอออน

## 2.3 การศึกษาขนาดของฝุ่น

อนุภาคที่ลอยอยู่ในอากาศมีด้วยกัน2 สถานะ ได้แก่ อนุภาคของแข็งและอนุภาคของเหลว โดยขนาดของอนุภาคจะใหญ่กว่าโมเลกุลอากาศแต่มีขนาดเล็กกว่า 1,000 ไมโครเมตรอนุภาคที่กระจายอยู่ในอากาศเรียกรวมว่าแอโรซอล (Aerosol) หรือมีชื่อเรียกต่างๆกันไป เช่น ฝุ่น (Dust) ควัน (Smoke) หมอก (Fog) ไอ (Fume) ตามประเภทหรือชนิดของอนุภาคซึ่งเป็นไปตามขนาด รูปร่าง และลักษณะอื่นๆที่แตกต่างกัน (ยองใย, 2547)

การศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาขนาดของฝุ่นบนกระดาษกรองโดยวิธี Projected area diameter โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ในการเทียบขนาดของวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ อุปกรณ์ที่ใช้

ในการเทียบขนาดเรียกว่าPorton reticule และไม้บรรทัดซึ่งใช้วัดขนาดของPorton reticule เรียกว่า Stagemicrometer ในวิธีการนี้ ขนาดของอนุภาคหมายถึงเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter) ในกรณีที่อนุภาคเป็นทรงกลมแต่โดยทั่วไปอนุภาคมีรูปร่างหลายแบบดังนั้นอนุภาคที่ไม่ใช่ทรงกลมจึงต้องบอกขนาดที่เป็นProjected area diameter ซึ่งหมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่มีพื้นที่เท่ากับรูปทรงที่เห็นจากแนวตั้งฉาก ดังภาพที่3(Yang, 2003)รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการหาขนาดของฝุ่นจะกล่าวถึงในบทที่ 3




**ภาพที่3**Projected area diameter

ที่มา: Yang (2003)

**2.4 อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในต่อภายนอกร้านถ่ายเอกสาร(I/O ratio)**

Indoor/outdoor ratio หรือ I/O ratio หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคภายในอาคารต่อภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นเรื่องที่เข้าใจง่ายและมีการใช้อย่างกว้างขวาง อัตราส่วนI/O วิเคราะห์จากความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในและภายนอกอาคาร สามารถทำให้ทราบว่าฝุ่นที่เกิดขึ้นภายในอาคารได้รับอิทธิพลจากฝุ่นภายนอกอาคารหรือไม่(Chen and Zhao, 2011)

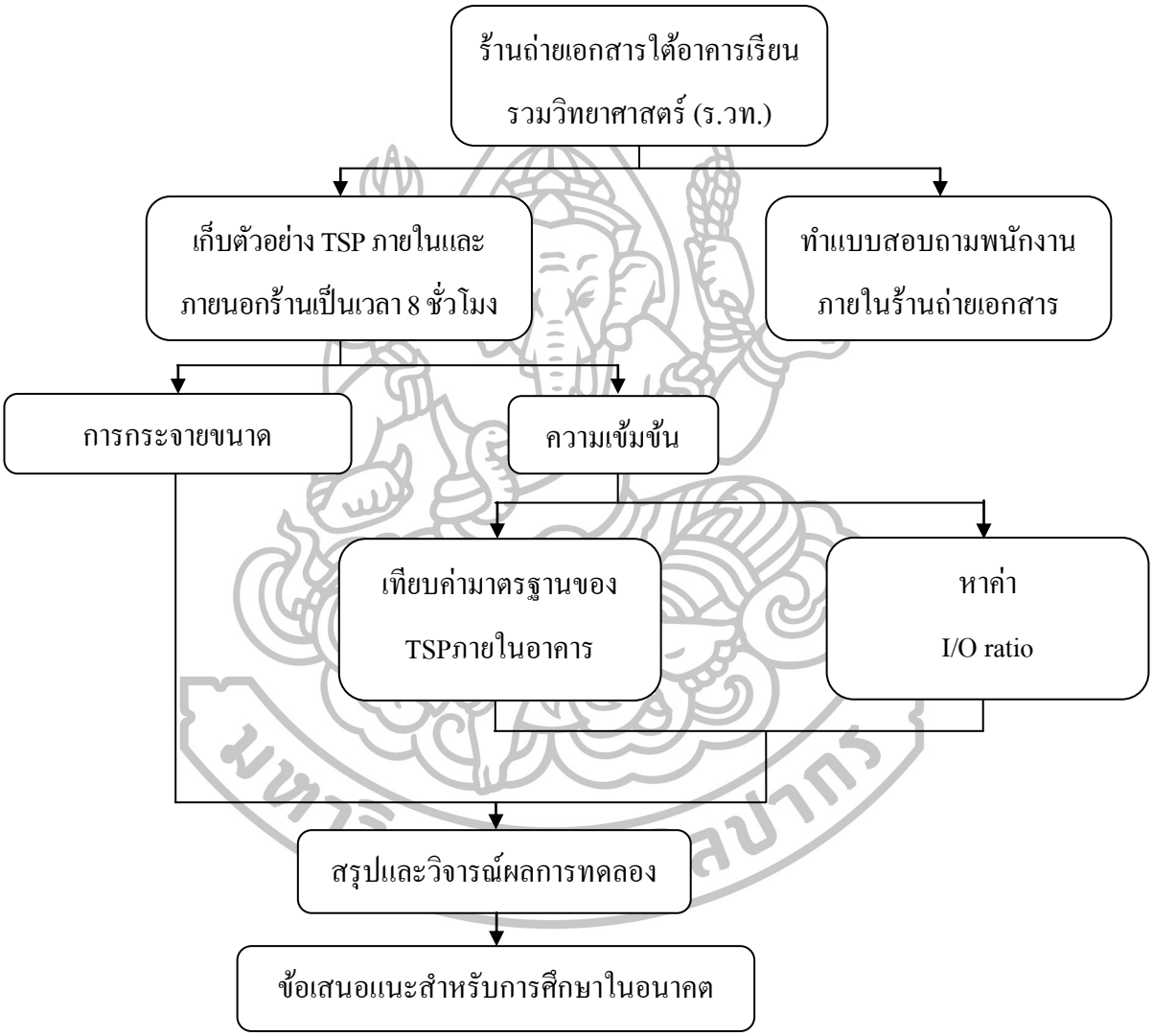
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นภายในและภายนอกอาคารของ Chen and Zhao (2011) โดยทำการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศทั้งภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำการเลือกตัวอย่างที่อยู่อาศัยที่มีลักษณะการออกแบบอาคารที่แตกต่างกันมากกว่า 4,000 แห่ง และนำผลที่ได้มาคำนวณอัตราส่วนI/O จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วน I/O จะมีค่าเพิ่มขึ้นในที่อยู่อาศัยที่มีการดำเนินกิจกรรมภายในอาคาร เช่น การทำอาหาร การสูบบุหรี่ และไม่มี

ระบบการระบายอากาศที่ดี ส่วนอัตราส่วน I/O จะมีค่าลดลงในที่อยู่อาศัยที่ไม่มีผู้คนอาศัยอยู่ หรือในที่อยู่อาศัยที่มีระบบการระบายอากาศที่ดี (Chen and Zhao, 2011)

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงานวิจัย

**3.1กรอบแนวคิดในการศึกษา**

กรอบแนวคิดในการวิจัยได้แสดงดังภาพที่4




**ภาพที่4** กรอบแนวคิดในการศึกษา

**3.2การเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม**

**3.2.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง**

การเก็บตัวอย่างฝุ่นรวมมีอุปกรณ์ดังนี้

**3.2.1.1ปั๊มดูดอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump)**

ปั๊มดูดอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump) ยี่ห้อ Gilian รุ่น GilAir 3 (ภาพที่5) ในการศึกษานี้ใช้อัตราการไหลของอากาศ 2.0ลิตร/นาทีสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม (ดิเรก ฤทธิ์ และคณะ, ไม่ระบุปีที่พิมพ์ก)

**ภาพที่5**ปั๊มดูดอากาศส่วนบุคคล

**3.2.1.2กระดาษกรอง (Filter) และแผ่นพยุงกระดาษกรอง (Supporting pad)**

การศึกษานี้ใช้กระดาษกรองชนิดWhatman No.41 cellulose หรือ GF/A ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Advantecการใช้งานต้องมีแผ่นพยุงรองกระดาษกรองวางคั่นอยู่ระหว่างแผ่นกระดาษกรองและตลับกระดาษกรอง เพื่อป้องกันไม่ให้กระดาษกรองขาดขณะดูดอากาศผ่านกระดาษกรอง (ดิเรกฤทธิ์ และคณะ, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

**3.2.1.3ตลับกระดาษกรอง (Filter cassette)**

การศึกษานี้ใช้ตลับกระดาษกรอง (Filter cassette) ยี่ห้อ Environmental Expressมีรูปร่างเป็นวงกลม ทำจากพลาสติกโปร่งใส บริเวณกึ่งกลางของตลับกระดาษกรองชิ้นบนและชิ้นล่างจะมีรูเล็กๆ พร้อมจุกปิด (ภาพที่6)

**ภาพที่6**ตลับกระดาษกรอง (Filter cassette)

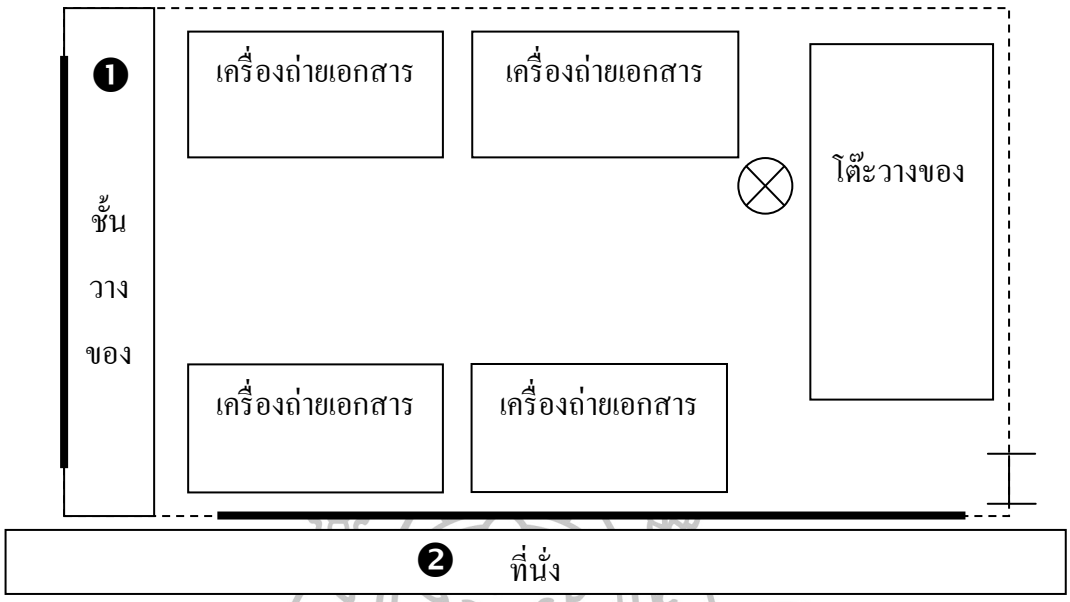
**3.2.1.4ข้อต่อและสายยาง**

ข้อต่อและสายยาง สายยางใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างตลับกระดาษกรองชิ้นล่างกับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ สายยางต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพอเหมาะกับข้อต่อและช่องเปิดให้อากาศเข้าของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ข้อต่อโลหะ(ภาพที่7) ใช้สำหรับเป็นตัวช่วยให้สายยางติดแน่นกับตลับกระดาษกรอง ทำให้ขณะใช้งานไม่เกิดปัญหาสายยางหลุดจากตลับกระดาษกรอง

**ภาพที่7** ข้อต่อโลหะ

**3.2.2สถานที่เก็บตัวอย่าง**

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เก็บตัวอย่างอากาศในร้านถ่ายเอกสารบริเวณใต้อาคารเรียนรวมวิทยาศาสตร์ (ร.วท.)คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม โดยร้านถ่ายเอกสารมีขนาด(W·L·H) 2.8 x 4.7 x 3.2เมตรคิดเป็นปริมาตร 42.11 ลูกบาศก์เมตร ภายในร้านถ่ายเอกสารมีเครื่องถ่ายเอกสารให้บริการจำนวน 4เครื่อง มีพัดลมตั้งพื้นจำนวน 1ตัว ประตู หน้าต่างด้านหน้าและด้านข้างเปิดตลอดเวลา การเก็บตัวอย่างติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างภายในร้านถ่ายเอกสาร ณ จุด❶บนชั้นวางของและติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างภายนอกร้านถ่ายเอกสาร ณ จุด❷บนที่นั่งหน้าร้านโดยชุดเก็บตัวอย่างทั้งสองติดตั้งที่ความสูง 1.5 เมตร จากพื้นห้อง แผนผังร้านถ่ายเอกสารและจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังภาพที่8 และภาพที่9




**ภาพที่8**แผนผังร้านถ่ายเอกสารและจุดเก็บตัวอย่าง

หมายเหตุ ไม่สามารถติดตั้งชุดเก็บตัวอย่างบริเวณกลางห้องได้เนื่องจากเป็นทางเดินที่แคบมาก

(ก) ภายในร้านถ่ายเอกสาร (ข) ภายนอกร้านถ่ายเอกสาร

**ภาพที่9**การติดตั้งชุดเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม

**3.2.3ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง**

เก็บตัวอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลา 08.00 – 16.00 น. โดยเก็บตัวอย่างทุกวันทำการ เก็บตัวอย่างแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ ตั้งแต่วันที่ 8 –15 ธันวาคมพ.ศ. 2554 ช่วงการเรียนการสอนปกติ ตั้งแต่วันที่ 9 –16 มกราคม พ.ศ. 2555 และช่วงสอบกลางภาคการศึกษา ตั้งแต่วันที่ 23 –27 มกราคม พ.ศ. 2555 รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 60 ตัวอย่าง

**3.2.4การเก็บรักษาตัวอย่าง**

ตัวอย่างกระดาษกรองที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันที จะเก็บไว้ในตลับกระดาษกรอง ปิดจุกตลับกระดาษกรองทั้งชิ้นล่างและชิ้นบน หลังจากนั้นใช้เทปกาวพันรอบตลับกระดาษกรอง เพื่อป้องกันตลับกระดาษกรองหลุดออกจากกันและป้องกันการปนเปื้อน

**3.2.5ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง**

**3.2.5.1 เตรียมเครื่องเก็บตัวอย่าง**

ประจุไฟให้แก่ปั๊มดูดอากาศ และปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศสำหรับการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวมให้ได้ 2.0 ลิตรต่อนาที

**3.2.5.2เตรียมกระดาษกรอง**

ก่อนเก็บตัวอย่างต้องนำกระดาษกรองใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) เป็นเวลาไม่น้อยกว่า24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักกระดาษกรองด้วยเครื่องชั่งห้าตำแหน่งบันทึกเป็นน้ำหนักก่อนเก็บตัวอย่าง

**3.2.5.3 ประกอบชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่าง**

1. บรรจุกระดาษกรองลงในตลับกระดาษกรอง ขั้นตอนการบรรจุกระดาษกรองลงในตลับกระดาษกรองต้องทำในห้องที่สะอาด ปิดมิดชิด ก่อนบรรจุกระดาษกรองต้องล้างมือและล้างอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ให้สะอาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของฝุ่นลงบนแผ่นกระดาษกรอง

2. ใช้ปากคีบหยิบแผ่นพยุงกระดาษกรองใส่ในตลับกระดาษกรองชิ้นล่าง จากนั้นหยิบแผ่นกระดาษกรองที่ผ่านการปรับสภาพและชั่งน้ำหนักแล้ววางลงบนแผ่นพยุงกระดาษกรอง

3. นำตลับกระดาษกรองชิ้นบนวางทับลงบนตลับกระดาษกรองชิ้นล่าง

4. ใช้เทปกระดาษกาวปิดบริเวณรอบนอกของตลับกระดาษกรอง เพื่อป้องกันตลับกระดาษกรองชิ้นบนและชิ้นล่างหลุดออกจากกัน และเป็นการป้องกันการปนเปื้อน

5. สวมข้อต่อเข้ากับจุกตลับกระดาษกรองด้านที่เป็นทางออกของอากาศ (Outlet)จากนั้นนำสายยางสวมเข้ากับข้อต่อ

6.นำปลายอีกด้านหนึ่งของสายยางต่อเข้ากับปั๊มดูดอากาศทางช่องที่เปิดให้อากาศเข้า

7. เปิดสวิตซ์ปั๊มดูดอากาศทั้งภายนอกและภายในร้านพร้อมกัน พร้อมทั้งบันทึกเวลาเริ่มต้นการเก็บตัวอย่าง

8. เมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง ปิดสวิตซ์ปั๊มดูดอากาศให้เครื่องหยุดการทำงานพร้อมจดบันทึกเวลาสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง

9.แยกตลับกระดาษกรองออกจากปั๊มดูดอากาศด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นร่วงหล่นลงมา

10.ปิดจุกพลาสติกทั้งชิ้นบนและล่างของตลับกระดาษกรอง พันเทปกาวรอบตลับกระดาษกรองและนำกระดาษกรองที่ได้ไปวิเคราะห์หาน้ำหนักฝุ่นบนกระดาษกรองและการกระจายขนาดของฝุ่นบนกระดาษกรอง

**3.3การวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นรวม**

การเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นรวมภายในอาคารสถานที่อาศัยหลักการกรอง (Filtration) โดยใช้เครื่องปั๊มดูดอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump) ดูดอากาศในอัตราการไหล 2.0 ลิตรต่อนาที ผ่านกระดาษกรองเซลลูโลส ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร และผ่านการปรับสภาพในโถดูดความชื้นเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง โดยการเก็บตัวอย่างทำต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่างนำกระดาษกรองปรับสภาพในโถดูดความชื้นเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงเช่นเดียวกับก่อนเก็บตัวอย่าง บันทึกน้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่างแล้วหาปริมาณฝุ่นรวมในหน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การคำนวณมีดังนี้ ดังนี้

- คำนวณปริมาตรอากาศที่แท้จริง โดยใช้สูตร

$$V_{act} = F \times D$$

$V_{act}$ = ปริมาตรอากาศแท้จริงที่เก็บตัวอย่าง(ลิตร)

F =อัตราการไหลของปั๊มดูดอากาศ (ลิตร/นาที)

D = ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศ (นาที)

- คำนวณปริมาตรอากาศที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน โดยใช้สูตร

$$\frac{P_{act}V_{act}}{T_{act}} = \frac{P_{std}V_{std}}{T_{std}}$$

$P_{act}$ = ความดันบรรยากาศแท้จริงขณะเก็บตัวอย่าง(มิลลิเมตรปรอท)

$V_{act}$ = ปริมาตรอากาศแท้จริงขณะเก็บตัวอย่าง (ลิตร)

$T_{act}$ = อุณหภูมิแท้จริงขณะเก็บตัวอย่าง (เคลวิน)

$P_{std}$ = ความดันบรรยากาศมาตรฐาน (760 มิลลิเมตรปรอท)

$V_{std}$ = ปริมาตรอากาศมาตรฐาน (ลิตร)

$T_{std}$ = อุณหภูมิมาตรฐาน (298 เคลวิน)

- คำนวณความเข้มข้นของฝุ่นรวมโดยใช้สูตร

ความเข้มข้นของฝุ่นรวม(มก./ลบ.ม.)

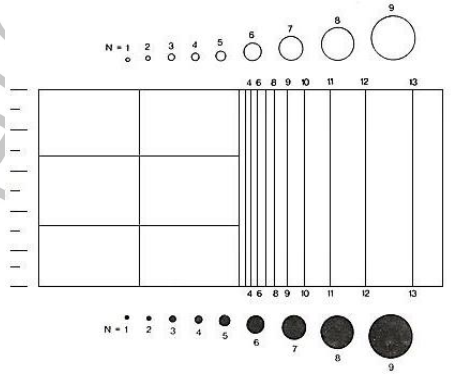
$$= \frac{\text{น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง(มก.)} - \text{น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (มก.)}}{\text{ปริมาตรอากาศมาตรฐานทั้งหมดที่ดูดผ่านกระดาษกรอง (ลบ.ม.)}}$$

**3.4 การวิเคราะห์การกระจายขนาดของฝุ่นบนกระดาษกรอง**

การวัดขนาดของฝุ่นทำโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์ในการเทียบขนาดของฝุ่นกับวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ บนPorton reticule (ดิเรกฤทธิ์ และคณะ, ไม่ระบุปีที่พิมพ์ข)

ขั้นตอนการหาการกระจายขนาดของฝุ่นบนกระดาษกรอง มีดังต่อไปนี้

1. บน Porton reticule (ภาพที่10)ปรากฏวงกลมเล็กๆ9 วง ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ

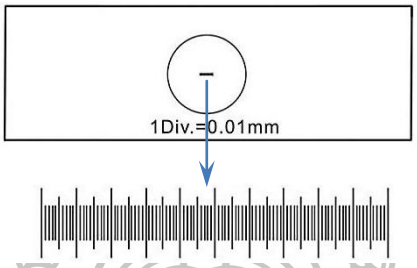



**ภาพที่10**Porton reticule

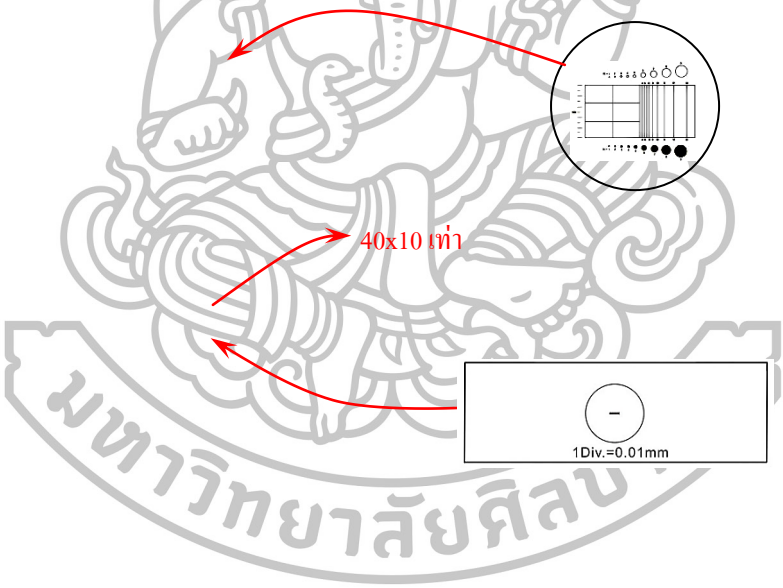
ที่มา: ดิเรกฤทธิ์ และคณะ (ไม่ระบุปีที่พิมพ์ ข)

2. ใช้ Stage micrometer ที่ทราบความยาวที่แน่นอน (ซึ่งในการศึกษานี้ Stage micrometer มีความยาว 1 มิลลิเมตรดังภาพที่11) วัดความยาวของ Porton reticuleผ่านกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย

40x10 เท่าโดยใส่ Porton reticule ไว้ในช่องมอง และวาง Stage micrometer ไว้บนแท่นวางสไลด์ ดังภาพที่ 12ความยาวทั้งหมดของReticule เท่ากับ 200δเมื่อเทียบค่า 200δกับความยาวที่วัดได้โดยใช้ Stage micrometer ทำให้ทราบค่า δและนำค่าδ ที่ได้ไปคำนวณหาขนาดของวงกลมบน Porton reticule



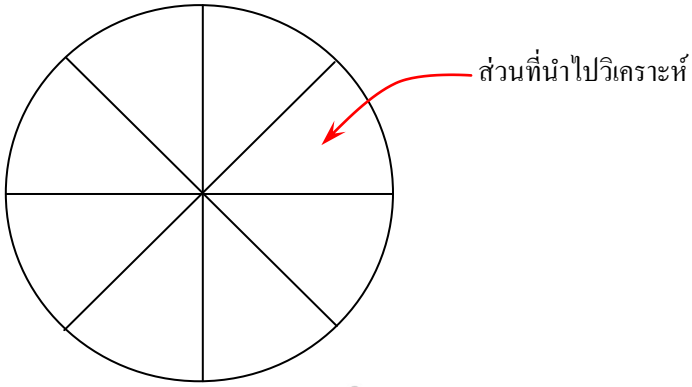

**ภาพที่ 11**Stage micrometer




**ภาพที่ 12** การวัดความยาวของPorton reticule ด้วย Stage micrometer

3. นำค่า δที่คำนวณได้มาหาขนาดของวงกลมทั้งหมด 9วงบน Porton reticule โดยใช้สูตร $D_n = \delta\sqrt{2^n}$ เมื่อ n คือหมายเลขของวงกลม

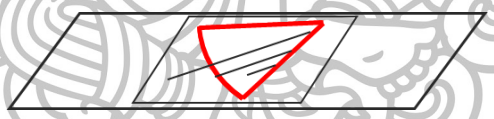
4. นำแผ่นกระดาษกรองจากเครื่องเก็บตัวอย่างมาตัดออกเป็น 8 ส่วนเท่าๆ กันโดยวางบนกระจกและใช้พิซซ่าคัตเตอร์ในการตัดแต่ละส่วนเรียกว่า1 เซลล์ (ภาพที่13)




**ภาพที่13**ลักษณะการตัดกระดาษกรอง
ที่มา: ดิเรกฤทธิ์ และคณะ (ไม่ระบุปีที่พิมพ์ ข)

5. ทำความสะอาดสไลด์ด้วยกระดาษเช็ดเลนส์ หยด Medium solution ลงบนสไลด์ เกลี่ยสารละลายตามรูปของกระดาษที่ตัด ไม่ควรใช้สารละลายมากเกินไปเพราะอาจทำให้อนุภาคของฝุ่นบนกระดาษกรองเลื่อนไปมา

6. นำกระดาษกรองที่ตัดมา 1 เซลล์ วางบนแผ่นสไลด์โดยให้หน้าที่มีฝุ่นหงายขึ้น และปิดกระดาษกรองด้วยCover slip ดังภาพที่ 14

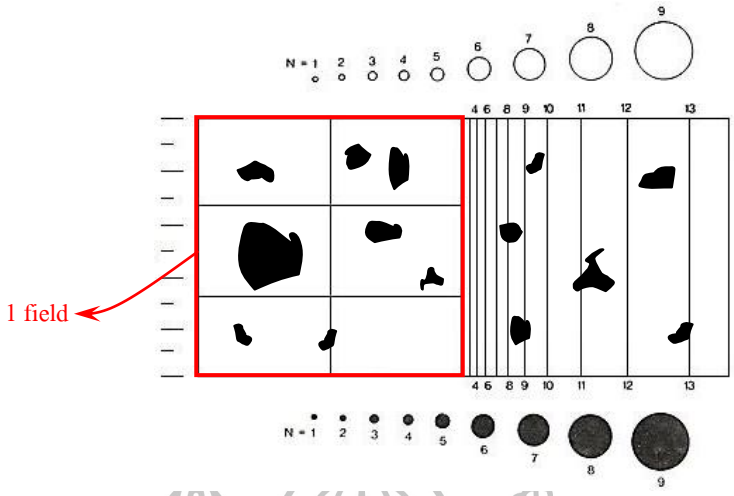


**ภาพที่14**การเตรียมสไลด์สำหรับการวิเคราะห์
ที่มา: ดิเรกฤทธิ์ และคณะ (ไม่ระบุปีที่พิมพ์ ข)

7. ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที

8. นำแผ่นสไลด์ที่มีอนุภาคของฝุ่นที่ต้องการวิเคราะห์หาขนาดและจำนวนวางบนแท่นวางสไลด์แทนที่ Stage micrometer และเริ่มนับจำนวนของฝุ่นที่มีขนาดต่างๆ ในขอบเขตของ Reticule (ในกรอบสีแดง)เรียกการนับแต่ละครั้งว่า 1 Field (ดังภาพที่ 15) จากนั้นให้เปลี่ยน Field ใหม่และเริ่มนับใหม่ อนุภาคทั้งหมดที่นับรวมทุกขนาดไม่ควรต่ำกว่า 100 อนุภาค ในการศึกษานี้ตัวอย่างใดมีฝุ่นน้อยจะนับจำนวนอนุภาคทั้งหมด 20 field เท่านั้น แม้จำนวนอนุภาครวมจะไม่ถึง 100 อนุภาคก็ตาม

จากภาพที่ 15 การนับจำนวนฝุ่นจะต้องประมาณขนาดฝุ่นที่เห็นว่าหากฝุ่นนั้นมีลักษณะเป็นวงกลมจะมีขนาดเท่ากับวงกลมหมายเลขใด




**ภาพที่15**การนับฝุ่นขนาดต่างๆ โดยใช้ Porton reticule

ที่มา: ดิเรกฤทธิ์ และคณะ ( ไม่ระบุปีที่พิมพ์ ข)

9. รวมจำนวนอนุภาคที่มีขนาดเดียวกันเพื่อคำนวณปริมาณรวมสะสม (Cumulative sum) และเปอร์เซ็นต์สะสม (Cumulative percent) ของอนุภาคฝุ่น

10.ศึกษาการกระจายขนาดของฝุ่นโดยพล็อตค่าเปอร์เซ็นต์สะสม (Cumulative percent) กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลงบนกระดาษกราฟLog-probability ดังภาพที่ 16และคำนวณค่าความเบี่ยงเบนเรขาคณิตของการกระจายของฝุ่นในอากาศดังนี้

ขนาดฝุ่นส่วนใหญ่ = ขนาดของฝุ่นที่เปอร์เซ็นต์สะสมร้อยละ 50

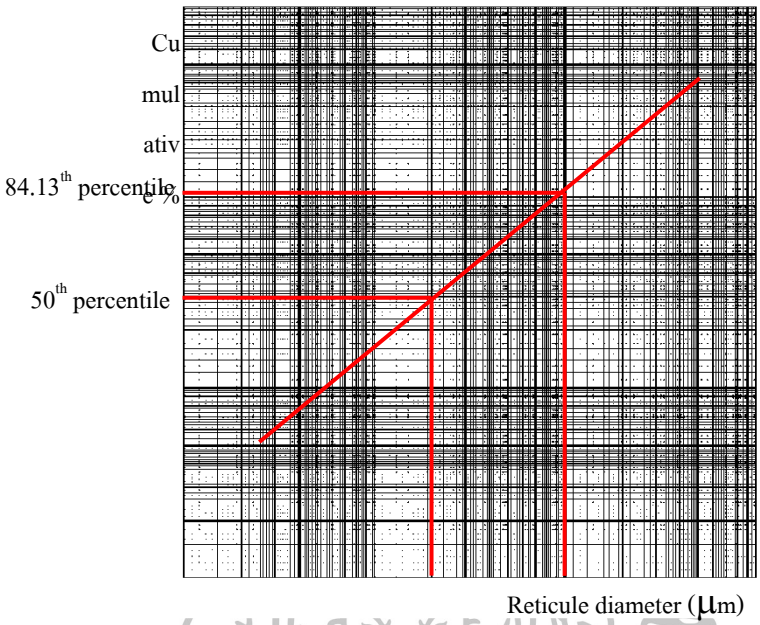
ส่วนเบี่ยงเบนเรขาคณิต $= \frac{\text{ขนาดของฝุ่นที่เปอร์เซ็นต์สะสมร้อยละ 84.13}}{\text{ขนาดของฝุ่นที่เปอร์เซ็นต์สะสมร้อยละ 50}}$

**3.5การหาค่าอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในต่อภายนอกร้านถ่ายเอกสาร**

เมื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในและภายนอกอาคารแล้ว นำผลที่ได้มาคำนวณค่าอัตราส่วน I/O หากค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่า 1 หมายถึง ภายในร้านถ่ายเอกสารมีการระบายอากาศที่ดี และหากอัตราส่วน I/O มากกว่า 1 หมายถึง แหล่งกำเนิดหลักของฝุ่นมาจากกิจกรรมภายในร้านถ่ายเอกสาร (Chen and Zhao, 2011)

อัตราส่วนI/O ในการศึกษานี้คำนวณได้จากสมการ

$$\text{I/O ratio} = \frac{\text{ความเข้มข้นฝุ่นรวมภายในร้าน (มค.ก./ลบ.ม.)}}{\text{ความเข้มข้นฝุ่นรวมภายนอกร้าน (มค.ก./ลบ.ม.)}}$$




**ภาพที่16**การเขียนกราฟแสดงการกระจายขนาดของฝุ่น

ที่มา: ดิเรกฤทธิ์ และคณะ (ไม่ระบุปีที่พิมพ์ ข)

**3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 12 เพื่อวิเคราะห์ค่าต่างๆ ทางสถิติ และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นรวมในช่วงเวลาต่างๆ โดยสถิติที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้ (ประกายรัตน์, 2548)

**3.6.1การหาค่าสูงสุด-ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล**

ในการการหาค่าสูงสุด-ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยใช้คำสั่ง Analyze⇨ Descriptive Statistics ⇨Descriptive… จะได้ค่าต่างๆ ของความเข้มข้นของฝุ่นรวม

**3.6.2 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นรวม**

การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองกลุ่มเป็นการทดสอบเพื่อให้ทราบว่า ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองกลุ่มที่ได้แตกต่างกันหรือไม่ ในการศึกษานี้ข้อมูลแต่ละคู่ที่นำมาทดสอบความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในกับภายนอกร้านถ่ายเอกสารได้แก่ ความเข้มข้นของฝุ่นรวมช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ กับช่วงการเรียนการสอนปกติ ความเข้มข้นของฝุ่นรวมช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ กับช่วงสอบกลางภาคการศึกษา และความเข้มข้นของฝุ่นรวมช่วงการเรียนการสอนปกติกับช่วงสอบกลางภาคการศึกษาซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกันและเป็นการตรวจวัดจากสถานที่เดียวกันแต่ต่างช่วงเวลา จึงจัดว่าเป็นข้อมูลสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นจึงได้เลือกสถิติใน

การทดสอบคือ Paired-sample ttestในการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05โดยใช้คำสั่ง Analyze⇨Compare Means ⇨Paired-sample ttestผลการวิเคราะห์บอกได้ว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งสองกลุ่มที่นำมาเปรียบเทียบกันนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

ข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบด้วย Paired-sample ttestนั้นมีอยู่ว่า ข้อมูลของทั้งสองกลุ่มต้องมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นจึงขอกล่าวถึงการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลในข้อ 3.6.3

**3.6.3 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นรวม**

ข้อมูลที่ได้ในการศึกษานี้จัดเป็นข้อมูลระดับอัตราส่วน (Ratio scale)จึงเลือกใช้สถิติในการทดสอบคือKolmogororv-Smirnov test โดยใช้คำสั่ง Non-parametric tests⇨ 1-sample K-S ผลที่ได้จากการทดสอบจะบอกได้ว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบนั้นมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ซึ่งหากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ สามารถนำไปทดสอบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Paired-sample ttestได้

ในการศึกษานี้ทำการทดสอบทางสถิติเฉพาะข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นรวมเท่านั้น เนื่องจากข้อมูลการกระจายขนาดฝุ่นนิยมรายงานเป็นช่วง เช่น 3-5 ไมโครเมตร ไม่นิยมรายงานเป็นค่าเฉลี่ย

**3.7การประกันคุณภาพและการควบคุมคุณภาพ (QA/QC)**

**3.7.1 การชั่งกระดาษกรอง**

การชั่งกระดาษกรองใช้เครื่องชั่ง 5 ตำแหน่ง และจะชั่งจนกว่าจะได้น้ำหนักใกล้เคียงกัน 3 ครั้ง โดยความแตกต่างระหว่างน้ำหนักทั้ง 3 ครั้ง ต้องไม่เกินร้อยละ 5ของน้ำหนักกระดาษกรอง

**3.7.2 การปรับเทียบอัตราการไหล**

ในการศึกษานี้ ก่อนเก็บตัวอย่างทุกครั้งจะปรับเทียบอัตราการไหลของปั๊มดูดอากาศให้ได้2.0 ลิตรต่อนาทีและวัดอัตราการไหลของปั๊มดูดอากาศหลังเก็บตัวอย่างทุกครั้งเช่นกัน แล้วนำค่าอัตราการไหลก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้อัตราการไหลที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยส่วนใหญ่แล้วอัตราการไหลก่อนและหลังเก็บตัวอย่างจะแตกต่างกันประมาณร้อยละ 10

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

## 4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นรวม

จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม (TSP) ภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารบริเวณใต้อาคารเรียนรวมวิทยาศาสตร์ (ร.วท.) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม ทั้ง3 ช่วง ได้แก่ช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ ช่วงการเรียนการสอนปกติ และช่วงสอบกลางภาคการศึกษา เมื่อนำตัวอย่างมาวิเคราะห์แล้วได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

### 4.1.1 ความเข้มข้นของฝุ่นรวมช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ

จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม (TSP) ภายในร้านและภายนอกร้านถ่ายเอกสารในช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสารมีค่าเท่ากับ 319±38 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายนอกร้านถ่ายเอกสารมีค่าเท่ากับ 328±131ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ

### 4.1.2 ความเข้มข้นของฝุ่นรวมช่วงการเรียนการสอนปกติ

จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม (TSP) ภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารในช่วงการเรียนการสอนปกติพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสารมีค่าเท่ากับ 126±37 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายนอกร้านถ่ายเอกสารมีค่าเท่ากับ 133±27 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

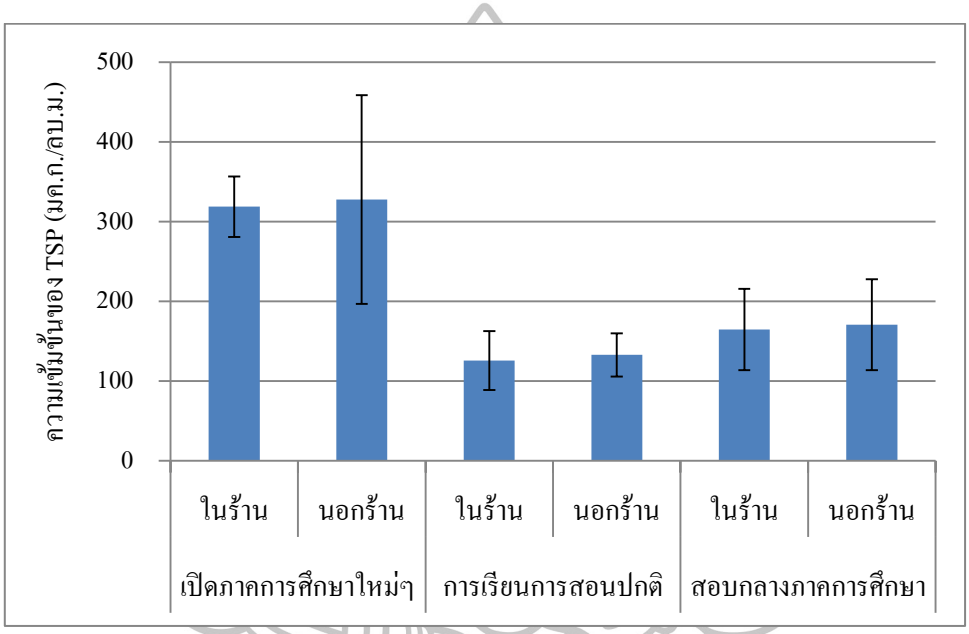
### 4.1.3 ความเข้มข้นของฝุ่นรวมช่วงสอบกลางภาคการศึกษา

จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม (TSP) ภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารในช่วงสอบกลางภาคการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสารมีค่าเท่ากับ 165±51 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายนอกร้านถ่ายเอกสารมีค่าเท่ากับ 171±57ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารทั้ง 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ ช่วงการเรียนการสอนปกติ และช่วงสอบกลางภาคการศึกษา มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของฝุ่นรวมภายในอาคาร ช่วงระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมง จากประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520ซึ่งกำหนดให้ความเข้มข้นของฝุ่นรวมทั้งหมดต้องไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่า ทั้ง 3 ช่วงเวลามีค่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมไม่เกิน

ค่ามาตรฐานที่กำหนดภาพที่17 แสดงผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารในช่วงเวลาต่างๆ

จากการทดสอบทางสถิติ ข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นรวมมีการแจกแจงปกติ ดังนั้น จึงใช้สถิติ Paired-sample t test ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบแสดงให้ทราบว่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารทั้ง 3 ช่วงเวลาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05




**ภาพที่17**ความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารในช่วงเวลาต่างๆ

**4.2อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในต่อภายนอกร้านถ่ายเอกสาร (I/O ratio)**

อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในต่อภายนอกร้านถ่ายเอกสาร ทั้ง 3 ช่วง ได้แก่ช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ ช่วงการเรียนการสอนปกติ และช่วงสอบกลางภาคการศึกษา หาได้จากการนำค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสารหารด้วยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายนอกร้านถ่ายเอกสาร ซึ่งพบว่า มีค่าอัตราส่วน I/O เท่ากับ 0.97 0.95และ0.96 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1**อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในต่อภายนอกร้านถ่ายเอกสารในช่วงเวลาต่างๆ

| | เปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ | การเรียนการสอนปกติ | สอบกลางภาคการศึกษา |
|---|---|---|---|
| $TSP_{indoor}$ (มค.ก./ลบ.ม.) | 319±38 | 126±37 | 165±51 |
| $TSP_{outdoor}$(มค.ก./ลบ.ม.) | 328±131 | 133±27 | 171±57 |
| I/O ratio | 0.97 | 0.95 | 0.96 |

การศึกษาของ Chen and Zhao (2011) ได้ศึกษาอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในต่อภายนอกร้านถ่ายเอกสารไว้เช่นกัน แต่มิได้สรุปเป็นตัวเลข ผู้วิจัยกล่าวแต่เพียงว่า ค่า I/O ratio จากการศึกษามีค่าไม่สม่ำเสมอและมีความผันแปรมากตั้งแต่น้อยกว่า 1 มากๆ และเกิน 1 มากๆ อันเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ และสรุปไว้ว่า ค่า I/O ratio ไม่สามารถบอกอะไรได้มากนักเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งแตกต่างจากการศึกษานี้ซึ่งพบว่าค่า I/O ratio มีค่าค่อนข้างคงที่สม่ำเสมอใกล้เคียง 1 ซึ่งสามารถบอกได้ถึงการระบายอากาศที่ดีของร้านถ่ายเอกสาร

**4.3 การกระจายขนาดของฝุ่นบนกระดาษกรอง**

จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม (TSP) ภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสาร เมื่อนำมาวิเคราะห์หาการกระจายขนาดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบการเทียบขนาดของวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ โดยใช้ Porton reticuleพบว่า ในช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ ขนาดของฝุ่นที่เก็บภายในร้านถ่ายเอกสารส่วนใหญ่มีขนาด4.7±0.8 ไมโครเมตรและภายนอกร้านถ่ายเอกสารส่วนใหญ่มีขนาด 5.1±0.3ไมโครเมตร ช่วงการเรียนสอนปกติ ขนาดของฝุ่นภายในร้านถ่ายเอกสารส่วนใหญ่มีขนาด 3.5±0.7ไมโครเมตร และภายนอกร้านถ่ายเอกสารส่วนใหญ่มีขนาด 3.8±0.8ไมโครเมตร และช่วงสอบกลางภาคการศึกษา ขนาดของฝุ่นภายในร้านถ่ายเอกสารส่วนใหญ่มีขนาด 4.3±0.7 ไมโครเมตรและภายนอกร้านถ่ายเอกสารส่วนใหญ่มีขนาด 4.4±0.6ไมโครเมตร ดังตารางที่ 2 ส่วนข้อมูลจำนวนฝุ่นแต่ละขนาดแสดงดังตารางที่ 3

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยในครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee and Hsu (2007) ที่พบว่าฝุ่นที่เกิดจากกิจกรรมการถ่ายเอกสารเป็นฝุ่นละเอียดขนาดเล็กกว่า 50 นาโนเมตร ทั้งนี้เนื่องมาจากวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ไม่สามารถมองเห็นฝุ่นละเอียดขนาดเล็กกว่า 780 นาโนเมตรได้

**ตารางที่ 2**ขนาดของฝุ่นภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารที่วิเคราะห์จากฝุ่นรวม

| | เปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ | | การเรียนการสอนปกติ | | สอบกลางภาคการศึกษา | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ในร้าน | นอกร้าน | ในร้าน | นอกร้าน | ในร้าน | นอกร้าน |
| จำนวนตัวอย่าง | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| ค่าต่ำสุด (μm) | 3.2 | 4.5 | 1.8 | 2.4 | 3.2 | 3.4 |
| ค่าสูงสุด (μm) | 5.9 | 5.7 | 4.6 | 5.9 | 5.2 | 5.3 |
| ค่าเฉลี่ย (μm) | 4.7 | 5.1 | 3.5 | 3.8 | 4.3 | 4.4 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (μm) | 0.8 | 0.3 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.6 |

**ตารางที่ 3** จำนวนฝุ่นแต่ละขนาดภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสาร

| วงกลม | ขนาด(μm) | เปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ | | การเรียนการสอนปกติ | | สอบกลางภาคการศึกษา | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ในร้าน | นอกร้าน | ในร้าน | นอกร้าน | ในร้าน | นอกร้าน |
| $D_1$ | 0.78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $D_2$ | 1.10 | 1 | 0 | 10 | 8 | 7 | 7 |
| $D_3$ | 1.56 | 11 | 18 | 24 | 21 | 24 | 27 |
| $D_4$ | 2.20 | 19 | 24 | 24 | 25 | 24 | 24 |
| $D_5$ | 3.11 | 19 | 23 | 20 | 25 | 19 | 18 |
| $D_6$ | 4.40 | 20 | 19 | 13 | 21 | 15 | 16 |
| $D_7$ | 6.22 | 16 | 10 | 6 | 14 | 7 | 6 |
| $D_8$ | 8.80 | 11 | 7 | 3 | 13 | 5 | 3 |
| $D_9$ | 12.45 | 6 | 4 | 3 | 12 | 4 | 2 |
| $D_{>9}$ | 17.60 | 6 | 3 | 3 | 13 | 4 | 2 |

**4.4ผลการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับสุขภาพ**

จากแบบสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับสุขภาพของพนักงานภายในร้านถ่ายเอกสาร พบว่าลักษณะการทำงานส่วนใหญ่ของพนักงาน ได้แก่ การถ่ายเอกสาร เย็บเล่มเอกสารและซ่อมบำรุง ซึ่งจากลักษณะการทำงานของพนักงานภายในร้านถ่ายเอกสารพบว่า พนักงานไม่มีการสวมถุงมือยางหรือหน้ากากอนามัย ขณะทำการเปลี่ยนถ่ายผงหมึกพิมพ์ โดยช่วงระยะเวลาการทำงานของพนักงานหญิงและพนักงานชาย คือ 8 ชั่วโมงต่อวัน และ 5 วันต่อสัปดาห์ ปัญหาสุขภาพที่พบของพนักงานร้านถ่ายเอกสารพบว่า พนักงานมีอาการ อาการง่วงซึม อาการระคายเคืองผิวหนัง ไอจาม ระคายคอ ปวดศีรษะ แสบจมูก และคลื่นไส้อาเจียน ข้อมูลจากแบบสอบถามแสดงดังตารางที่ 4

**ตารางที่ 4**แบบสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับสุขภาพของพนักงานภายในร้านถ่ายเอกสาร

| รายละเอียด | พนักงานหญิง (1 คน) | พนักงานชาย (1 คน) |
|---|---|---|
| อายุ (ปี) | 40 ปี | 50 ปี |
| น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) | 72 กิโลกรัม | 81 กิโลกรัม |
| ลักษณะงานที่ทำ | มีหน้าที่ถ่ายเอกสาร เย็บเล่มเอกสาร และซ่อมบำรุง | มีหน้าที่ถ่ายเอกสาร เย็บเล่มเอกสาร ซ่อมบำรุง |
| ช่วงระยะเวลาการทำงาน | 8 ชั่วโมงต่อวัน/5 วันต่อสัปดาห์ | 3-4 ชั่วโมงต่อวัน/5 วันต่อสัปดาห์ |
| การเปลี่ยนถ่ายผงหมึกพิมพ์ | ไม่สวมถุงมือยางหรือหน้ากากอนามัย | ไม่สวมถุงมือยางหรือหน้ากากอนามัย |
| โรคประจำตัว | โรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท | โรคไขมันในเส้นเลือด โรคเบาหวาน และโรคความดัน |
| ปัญหาสุขภาพที่พบขณะปฏิบัติงาน | มีอาการระคายเคืองผิวหนัง ไอ จาม ระคายคอ ง่วง ปวดศีรษะและแสบจมูกเป็นครั้งคราวในระหว่างปฏิบัติงาน | มีอาการคลื่นไส้อาเจียนและง่วงเป็นบางครั้งในระหว่างปฏิบัติงาน |

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# บทที่ 5
# สรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ

**5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา**

จากผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นรวม (TSP) ที่เกิดจากการปลดปล่อยฝุ่นของเครื่องถ่ายเอกสารภายในร้านถ่ายเอกสารและภายนอกร้านถ่ายเอกสารบริเวณใต้อาคารเรียนรวมวิทยาศาสตร์ (ร.วท.)คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ พบว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายในร้านถ่ายเอกสารช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ มีระดับสูงสุด (319±38 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาคือช่วงสอบกลางภาค (165±51 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และช่วงการเรียนการสอนปกติ (126±37 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับทั้งนี้เนื่องมาจากช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ นักศึกษามีการถ่ายเอกสารเพื่อเตรียมตัวในการเรียนเป็นจำนวนมาก ส่วนช่วงการเรียนการสอนปกติพบความเข้มข้นของฝุ่นรวมต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ เนื่องจากช่วงการเรียนการสอนปกตินักศึกษาได้ถ่ายเอกสารสำหรับการเรียนการสอนในแต่ละวิชาครบถ้วนแล้ว จะมีการถ่ายเอกสารเพิ่มเติมบ้างเล็กๆ น้อยๆ เท่านั้น อีกทั้งช่วงการเรียนการสอนปกติที่เก็บตัวอย่างมีสภาพอากาศที่ค่อนข้างเย็นและชื้น จึงทำให้ฝุ่นไม่เกิดการฟุ้งกระจายจึงทำให้พบฝุ่นในปริมาณน้อยในช่วงสอบกลางภาคการศึกษาจะพบความเข้มข้นของฝุ่นรวมน้อยกว่าช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ แต่มากกว่าช่วงการเรียนการสอนปกติ เนื่องจากช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ มีการถ่ายเอกสารเพื่อเตรียมตัวสำหรับเรียนทุกรายวิชา แต่ช่วงสอบกลางภาคการศึกษามีการถ่ายเอกสารเพื่อเตรียมตัวสำหรับสอบบางรายวิชาเท่านั้น จึงทำให้มีความเข้มข้นของฝุ่นรวมน้อยกว่าช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของฝุ่นรวมในอาคาร ช่วงระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมง จากประกาศกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520 กำหนดให้ความเข้มข้นของฝุ่นรวมทั้งหมดมีค่าไม่เกิน15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่า ทั้ง 3 ช่วงเวลามีค่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด

เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของฝุ่นรวมณ จุดเก็บตัวอย่างภายในและภายนอกร้านถ่ายเอกสารทั้ง 3 ช่วงเวลาพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมภายนอกร้านมีค่ามากกว่าภายในร้านเล็กน้อย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าอัตราส่วน I/O ช่วงเวลาต่างๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้มีค่าน้อยกว่า 1 แต่ใกล้เคียง 1 ซึ่งจากการวัดการระบายอากาศพบว่า ภายในร้านถ่ายเอกสารมีการระบายอากาศที่ดี ทำให้ฝุ่นรวมที่พบภายในร้านถ่ายเอกสารมีความเข้มข้นน้อยกว่าภายนอกร้านถ่ายเอกสารเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากอากาศภายนอกร้านถ่ายเอกสารได้รับฝุ่นที่ระบายออกมาจากร้านถ่ายเอกสารและฝุ่นจากลานจอดรถมอเตอร์ไซค์ด้วย

เมื่อพิจารณาถึงขนาดของฝุ่นรวม ณ จุดเก็บตัวอย่างภายในร้านถ่ายเอกสารทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่า ขนาดของฝุ่นรวมภายนอกร้านถ่ายเอกสารมีขนาดใหญ่กว่าภายในร้าน เนื่องจากฝุ่นที่เกิดขึ้นภายในร้านเป็นฝุ่นละเอียดที่เกิดจากกระบวนการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร ส่วนฝุ่นภายนอกร้านจะมาจากฝุ่นภายในร้าน จากยานพาหนะ และจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นขนาดใหญ่ภายนอกอาคาร จึงมีขนาดใหญ่กว่า นอกจากนี้ยังสามารถสรุปได้ว่า ฝุ่นที่เกิดจากกิจกรรมการถ่ายเอกสารมีขนาดประมาณ 4 – 5ไมโครเมตรซึ่งเป็นฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าถึงและสะสมในถุงลมปอดได้ (Respirable dusts)

จากผลการศึกษาทั้งหมดแสดงให้ทราบว่า พนักงานถ่ายเอกสารภายในร้านถ่ายเอกสารที่เก็บตัวอย่างน่าจะได้รับผลกระทบจากฝุ่นที่เกิดจากเครื่องถ่ายเอกสาร เนื่องจากพนักงานได้รับสัมผัสเป็นระยะเวลานานกว่า 20 ปี ซึ่งผลจากแบบสอบถามก็แสดงให้ถึงอาการเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจซึ่งสัมพันธ์กับการได้รับสัมผัสฝุ่น

**5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต**

5.2.1 ควรเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบกันทั้ง 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน เนื่องจากแต่ละฤดูกาลการฟุ้งกระจายของฝุ่นในบรรยากาศแตกต่างกัน

5.2.2 ควรศึกษาการเก็บตัวอย่างร้านถ่ายเอกสารที่มีลักษณะของอาคารแตกต่างกัน เช่น ลักษณะของอาคารแบบปิด ลักษณะของอาคารแบบเปิด เนื่องจากลักษณะของอาคารจะมีการระบายอากาศที่แตกต่างกัน

5.2.3 ควรเพิ่มจำนวนการเก็บตัวอย่างแต่ละช่วงเวลา เพื่อลดความผิดพลาดของข้อมูลในการศึกษา

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# รายการอ้างอิง


กณิตา ธนเจริญชณภาส. (2554). มลสารและสภาวะแวดล้อมในอาคารและผลกระทบต่อสุขภาพ.กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้.[Online].แหล่งที่มา: http://www.agi.nu.ac.th/webvj/.../indoor%ฃ20air%20pollution%20-VOC.doc.10 กรกฎาคม 2554.

กรมควบคุมมลพิษ. (2546).คู่มือการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ. กรุงเทพฯ:กรมควบคุมมลพิษ.

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2548). ฝุ่นละออง (Suspended Particulate Matter : SPM).สำนักอนามัยกรุงเทพมหานคร. [Online].แหล่งที่มา: http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/monpit-a/fun.htm. 14 กันยายน 2554.

จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ. (ไม่ระบุปีที่พิมพ์). คุณภาพอากาศภายในอาคาร. ในเอกสารประกอบการสอนรายวิชา 54101 วิศวกรรมพื้นฐานสำหรับงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. หน้า 6.

ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช และคณะ. (ไม่ระบุปีที่พิมพ์ ก). การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ฝุ่นแขวนลอยทั้งหมด. ในเอกสารประกอบการสอนรายวิชา 516 431 การวิเคราะห์คุณภาพอากาศ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. ไม่ระบุหน้า.

_____. (ไม่ระบุปีที่พิมพ์ข). การวัดขนาดและการศึกษาการกระจายของฝุ่นในอากาศ. ในเอกสารประกอบการสอนรายวิชา 516 431 การวิเคราะห์คุณภาพอากาศ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.ไม่ระบุหน้า.

ประกายรัตน์ สุวรรณ. (2548). คู่มือการใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 12 สำหรับ Windows. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ปาจราโพธิหัง. (2551). ภัยจากเครื่องถ่ายเอกสาร.สำนักบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยบูรพา. [Online].แหล่งที่มา: http://www.uniserv.buu.ac.th/forum2/topic.asp?TOPIC_ID=2502.8 สิงหาคม2554.

มลิวรรณ บุญเสนอ. (2544). พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม.นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง. (2551). กระบวนการทำงานของเครื่องถ่ายเอกสาร.มหาวิทยาลัยมหิดล. [Online].แหล่งที่มา: http://www.si.mahidol.ac.th/Th/division/ophs/admin/.../7_34_1.doc. 15 สิงหาคม 2554.

ไม่ระบุชื่อผู้แต่ง. (2552). ส่วนประกอบภายในเครื่องถ่ายเอกสาร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. [Online].แหล่งที่มา: http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/5/.../Zerox3.htm.8กรกฎาคม 2554.

**รายการอ้างอิง(ต่อ)**

ยองใย หอมนาน. (2547). การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นของ Spray tower. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Chen, C. and Zhao, B. (2011).Review of relationship between indoor and outdoor particles : I/O ratio, infiltration factor and penetration factor. Atmospheric Environment, 45:275-288.

Keith, L.H. and Walker, M.M. (1995)..Handbook of Air ToxicsSampling, Analysis and Properties. USA: CRC Press.

Lee, C.W. and Hsu, D.J. (2007). Measurements of fine and ultrafine particles formation in photocopy centers in Taiwan. Atmospheric Environment, 41:6598-6609.

Lin, G.H.Y., Mermelstein, R. (1994). Acute toxicity studies ofxerox reprographic toners. Journal of the American Collegeof Toxicology, 13:2-20.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (1991).Indoor air quality and work environment study.HETA 88-364-2104.Library of Congress, Washington, DC.

Ouroboros.(2010). กลไกของเครื่องถ่ายเอกสาร.วิชาการดอทคอม. [Online].แหล่งที่มา: http://www.vcharkarn.com/varticle/41703. 10 กันยายน 2554.

Selway, M.D., Allen, R.J. and Wadden, R.A. (1980).Ozone production from photocopy machines. American Industrial Hygiene Association Journal, 41(6): 455-459.

Tabaku, A., Bejtja, G., Bala, S., Toci, E., Resuli, J. (2011).Effects of air pollution on children's pulmonary health. Atmospheric Environment, 45:7540-7545.

Yang, W.C. (2003).Particle Characterization and Dynamics.In Handbook of Fluidization and Fluid-Particle Systems. Edited by Yang, W.C. Marcel Dekker, New York.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

## จำนวนอนุภาคที่นับได้ช่วงเปิดภาคการศึกษาใหม่ๆ

**ตาราง ก1 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 1**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 4.72 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 20 | 18.87 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 39 | 36.79 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 57 | 53.77 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 82 | 77.36 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 | 95 | 89.62 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 100 | 94.34 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ก2 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 2**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 8 | 7.08 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 23 | 20.35 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 46 | 40.71 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 69 | 61.06 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 95 | 84.07 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 105 | 92.92 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 109 | 96.46 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 112 | 99.12 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 113 | 100.00 |

**ตาราง ก3 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 3**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 2.97 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 19 | 18.81 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 | 30 | 29.70 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 47 | 46.53 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 63 | 62.38 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 78 | 77.23 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 | 91 | 90.10 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 96 | 95.05 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 101 | 100.00 |

**ตาราง ก4 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 4**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 0.96 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 9 | 8.65 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 23 | 22.12 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 41 | 39.42 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 57 | 54.81 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 75 | 72.12 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 90 | 86.54 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 98 | 94.23 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 104 | 100.00 |

**ตาราง ก5 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 5**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 10 | 8.13 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 31 | 25.20 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 52 | 42.28 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 76 | 61.79 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 93 | 75.61 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 109 | 88.62 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 114 | 92.68 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 123 | 100.00 |

**ตาราง ก6 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 6**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 7 | 6.60 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 | 18 | 16.98 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 | 31 | 29.25 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 55 | 51.89 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 77 | 72.64 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 92 | 86.79 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 102 | 96.23 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ก7 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 7**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 15 | 14.29 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 34 | 32.38 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 54 | 51.43 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 70 | 66.67 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 86 | 81.90 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 96 | 91.43 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 100 | 95.24 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 105 | 100.00 |

**ตาราง ก8 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 8**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 0.93 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 | 12 | 11.11 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 33 | 30.56 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 52 | 48.15 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 78 | 72.22 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 90 | 83.33 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 97 | 89.81 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 100 | 92.59 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 108 | 100.00 |

**ตาราง ก9 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 9**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 3.77 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 26 | 24.53 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 45 | 42.45 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 65 | 61.32 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 77 | 72.64 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 91 | 85.85 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 99 | 93.40 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ก10 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 10**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 0.91 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 23 | 20.91 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 28 | 28 | 51 | 46.36 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 70 | 63.64 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 86 | 78.18 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 96 | 87.27 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 102 | 92.73 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 106 | 96.36 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 110 | 100.00 |

**ตาราง ก11 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 1**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 25 | 23.36 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 46 | 42.99 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 65 | 60.75 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 81 | 75.70 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 95 | 88.79 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 100 | 93.46 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 104 | 97.20 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 107 | 100.00 |

**ตาราง ก12 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 2**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 8 | 7.69 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 29 | 27.88 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 46 | 44.23 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 67 | 64.42 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 | 80 | 76.92 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 | 93 | 89.42 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 100 | 96.15 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 104 | 100.00 |

**ตาราง ก13 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 3**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 0.91 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 23 | 20.91 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 48 | 43.64 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 67 | 60.91 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 83 | 75.45 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 93 | 84.55 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 101 | 91.82 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 105 | 95.45 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 110 | 100.00 |

**ตาราง ก14 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 4**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 9 | 8.65 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 27 | 25.96 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 53 | 50.96 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 72 | 69.23 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 | 85 | 81.73 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 93 | 89.42 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 98 | 94.23 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 104 | 100.00 |

**ตาราง ก15 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 5**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 15 | 13.89 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 35 | 32.41 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 60 | 55.56 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 81 | 75.00 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 | 92 | 85.19 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 99 | 91.67 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 104 | 96.30 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 108 | 100.00 |

**ตาราง ก16 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 6**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 15 | 13.89 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 30 | 30 | 45 | 41.67 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 70 | 64.81 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 87 | 80.56 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 97 | 89.81 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 104 | 96.30 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 106 | 98.15 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 108 | 100.00 |

**ตาราง ก17 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 7**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 23 | 20.72 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 49 | 44.14 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 75 | 67.57 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 93 | 83.78 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 101 | 90.99 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 106 | 95.50 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 109 | 98.20 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 111 | 100.00 |

**ตาราง ก18 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 8**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 21 | 19.27 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 45 | 41.28 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 70 | 64.22 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 92 | 84.40 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 100 | 91.74 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 105 | 96.33 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 107 | 98.17 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 109 | 100.00 |

**ตาราง ก19 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 9**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 28 | 28 | 28 | 26.17 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 51 | 47.66 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 76 | 71.03 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 97 | 90.65 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 105 | 98.13 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 107 | 100.00 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 107 | 100.00 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 107 | 100.00 |

**ตาราง ก20 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 10**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 14 | 13.08 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 29 | 29 | 43 | 40.19 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 67 | 62.62 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 88 | 82.24 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 97 | 90.65 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 102 | 95.33 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 105 | 98.13 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 107 | 100.00 |

# ภาคผนวก ข

## จำนวนอนุภาคที่นับได้ช่วงการเรียนการสอนปกติ

**ตาราง ข1 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 1**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 16 | 15.24 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 33 | 31.43 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 54 | 51.43 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 72 | 68.57 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 87 | 82.86 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 94 | 89.52 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 99 | 94.29 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 102 | 97.14 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 105 | 100.00 |

**ตาราง ข2 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 2**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 16 | 15.24 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 40 | 38.10 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 59 | 56.19 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 77 | 73.33 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 89 | 84.76 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 96 | 91.43 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 99 | 94.29 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 101 | 96.19 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 105 | 100.00 |

**ตาราง ข3 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 3**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 8 | 7.62 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 31 | 29.52 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 57 | 54.29 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 74 | 70.48 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 | 87 | 82.86 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 94 | 89.52 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 98 | 93.33 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 102 | 97.14 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 105 | 100.00 |

**ตาราง ข4 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 4**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 9 | 8.49 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 34 | 32.08 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 56 | 52.83 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 77 | 72.64 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 93 | 87.74 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 98 | 92.45 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 99 | 93.40 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 101 | 95.28 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ข5 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 5**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 7 | 6.60 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 32 | 30.19 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 57 | 53.77 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 76 | 71.70 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 88 | 83.02 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 95 | 89.62 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 99 | 93.40 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 101 | 95.28 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ข6 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 6**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 4.72 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 26 | 24.53 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 27 | 27 | 53 | 50.00 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 78 | 73.58 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 92 | 86.79 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 98 | 92.45 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 101 | 95.28 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 103 | 97.17 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ข7 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 7**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 7 | 6.60 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 31 | 29.25 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 52 | 49.06 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 72 | 67.92 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 | 85 | 80.19 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 93 | 87.74 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 98 | 92.45 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 102 | 96.23 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ข8 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 8**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 14 | 12.84 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 30 | 30 | 44 | 40.37 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 70 | 64.22 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 93 | 85.32 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 | 104 | 95.41 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 107 | 98.17 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 108 | 99.08 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 109 | 100.00 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 109 | 100.00 |

**ตาราง ข9 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 9**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 6 | 5.45 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 26 | 23.64 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 27 | 27 | 53 | 48.18 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 72 | 65.45 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 87 | 79.09 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 95 | 86.36 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 102 | 92.73 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 106 | 96.36 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 110 | 100.00 |

**ตาราง ข10 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 10**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 16 | 14.95 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 42 | 39.25 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 65 | 60.75 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 87 | 81.31 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 | 100 | 93.46 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 104 | 97.20 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 105 | 98.13 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 106 | 99.07 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 107 | 100.00 |

**ตาราง ข11 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 1**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 8 | 7.34 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 33 | 30.28 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 55 | 50.46 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 77 | 70.64 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 95 | 87.16 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 100 | 91.74 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 104 | 95.41 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 107 | 98.17 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 109 | 100.00 |

**ตาราง ข12 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 2**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 7 | 6.48 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 32 | 29.63 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 55 | 50.93 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 77 | 71.30 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 96 | 88.89 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 101 | 93.52 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 104 | 96.30 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 106 | 98.15 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 108 | 100.00 |

**ตาราง ข13 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 3**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 2.88 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 15 | 14.42 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 38 | 36.54 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 58 | 55.77 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 70 | 67.31 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 82 | 78.85 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 90 | 86.54 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 98 | 94.23 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 104 | 100.00 |

**ตาราง ข14 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 4**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 | 11 | 10.38 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 35 | 33.02 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 58 | 54.72 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 78 | 73.58 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 93 | 87.74 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 100 | 94.34 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 103 | 97.17 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 104 | 98.11 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ข15 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 5**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 3.85 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 26 | 25.00 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 30 | 30 | 56 | 53.85 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 74 | 71.15 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 91 | 87.50 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 99 | 95.19 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 102 | 98.08 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 104 | 100.00 |

**ตาราง ข16 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 6**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 4.76 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 28 | 26.67 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 54 | 51.43 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 73 | 69.52 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 87 | 82.86 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 93 | 88.57 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 97 | 92.38 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 101 | 96.19 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 105 | 100.00 |

**ตาราง ข17 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 7**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 15 | 14.02 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 27 | 27 | 42 | 39.25 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 65 | 60.75 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 84 | 78.50 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 101 | 94.39 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 104 | 97.20 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 106 | 99.07 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 107 | 100.00 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 107 | 100.00 |

**ตาราง ข18 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 8**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 16 | 14.95 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 42 | 39.25 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 68 | 63.55 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 90 | 84.11 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 102 | 95.33 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 104 | 97.20 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 106 | 99.07 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 107 | 100.00 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 107 | 100.00 |

**ตาราง ข19 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 9**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 4.67 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 27 | 25.23 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 50 | 46.73 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 66 | 61.68 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 81 | 75.70 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 90 | 84.11 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 98 | 91.59 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 103 | 96.26 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 107 | 100.00 |

**ตาราง ข20 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 10**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 4.67 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 27 | 25.23 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 50 | 46.73 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 66 | 61.68 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 81 | 75.70 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 90 | 84.11 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 98 | 91.59 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 103 | 96.26 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 107 | 100.00 |

# ภาคผนวก ค
# จำนวนอนุภาคที่นับได้ช่วงการสอบ

**ตาราง ค1 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 1**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 8 | 7.55 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 27 | 27 | 35 | 33.02 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 57 | 53.77 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 78 | 73.58 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 94 | 88.68 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 98 | 92.45 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 101 | 95.28 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 104 | 98.11 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ค2 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 2**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 9 | 8.33 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 28 | 25.93 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 51 | 47.22 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 69 | 63.89 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 84 | 77.78 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 93 | 86.11 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 99 | 91.67 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 103 | 95.37 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 108 | 100.00 |

**ตาราง ค3 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 3**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 7 | 6.36 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 32 | 29.09 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 54 | 49.09 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 74 | 67.27 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 91 | 82.73 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 98 | 89.09 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 104 | 94.55 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 108 | 98.18 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 110 | 100.00 |

**ตาราง ค4 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 4**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 9 | 8.41 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 35 | 32.71 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 60 | 56.07 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 79 | 73.83 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 91 | 85.05 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 97 | 90.65 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 101 | 94.39 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 105 | 98.13 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 107 | 100.00 |

**ตาราง ค5 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 5**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 3.81 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 30 | 28.57 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 54 | 51.43 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 71 | 67.62 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 83 | 79.05 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 92 | 87.62 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 96 | 91.43 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 100 | 95.24 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 105 | 100.00 |

**ตาราง ค6 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 5**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 3.77 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 29 | 27.36 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 27 | 27 | 56 | 52.83 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 73 | 68.87 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 87 | 82.08 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 92 | 86.79 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 98 | 92.45 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 102 | 96.23 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ค7 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 7**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 3.70 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 27 | 25.00 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 51 | 47.22 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 71 | 65.74 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 89 | 82.41 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 97 | 89.81 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 101 | 93.52 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 104 | 96.30 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 108 | 100.00 |

**ตาราง ค8 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 8**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 9 | 8.57 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 33 | 31.43 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 57 | 54.29 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 74 | 70.48 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 13 | 87 | 82.86 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 95 | 90.48 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 100 | 95.24 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 102 | 97.14 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 105 | 100.00 |

**ตาราง ค9 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 9**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 8 | 7.48 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 29 | 27.10 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 49 | 45.79 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 73 | 68.22 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 90 | 84.11 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 96 | 89.72 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 101 | 94.39 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 104 | 97.20 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 107 | 100.00 |

**ตาราง ค10 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายในอาคารตัวอย่างที่ 10**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 6 | 5.45 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 29 | 26.36 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 54 | 49.09 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 71 | 64.55 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 87 | 79.09 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 95 | 86.36 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 100 | 90.91 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 104 | 94.55 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 110 | 100.00 |

**ตาราง ค11 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 1**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 8 | 7.55 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 34 | 32.08 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 58 | 54.72 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 76 | 71.70 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 90 | 84.91 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 95 | 89.62 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 101 | 95.28 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 104 | 98.11 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ค12 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 2**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 10 | 9.52 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 34 | 32.38 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 57 | 54.29 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 75 | 71.43 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 87 | 82.86 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 95 | 90.48 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 99 | 94.29 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 102 | 97.14 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 105 | 100.00 |

**ตาราง ค13 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 3**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 7 | 6.48 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 30 | 27.78 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 56 | 51.85 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 72 | 66.67 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 88 | 81.48 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 | 97 | 89.81 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 103 | 95.37 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 105 | 97.22 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 108 | 100.00 |

**ตาราง ค14 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 4**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 14 | 14 | 13.46 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 32 | 32 | 46 | 44.23 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 64 | 61.54 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 86 | 82.69 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 98 | 94.23 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 101 | 97.12 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 102 | 98.08 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 103 | 99.04 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 104 | 100.00 |

**ตาราง ค15 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 5**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 4.76 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 28 | 28 | 33 | 31.43 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 56 | 53.33 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 76 | 72.38 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 94 | 89.52 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 99 | 94.29 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 100 | 95.24 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 103 | 98.10 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 105 | 100.00 |

**ตาราง ค16 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 6**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 12 | 11.11 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 38 | 35.19 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 62 | 57.41 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 79 | 73.15 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 16 | 95 | 87.96 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 100 | 92.59 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 103 | 95.37 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 105 | 97.22 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 108 | 100.00 |

**ตาราง ค17 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 7**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 7 | 6.36 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 33 | 30.00 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 59 | 53.64 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 77 | 70.00 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 94 | 85.45 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 101 | 91.82 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 104 | 94.55 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 107 | 97.27 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 110 | 100.00 |

**ตาราง ค18 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 8**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 3.77 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 28 | 28 | 32 | 30.19 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24 | 24 | 56 | 52.83 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 74 | 69.81 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 89 | 83.96 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 96 | 90.57 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 100 | 94.34 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 103 | 97.17 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 106 | 100.00 |

**ตาราง ค19 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 9**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 2.88 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 27 | 27 | 30 | 28.85 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 25 | 55 | 52.88 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 72 | 69.23 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 20 | 92 | 88.46 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 99 | 95.19 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 101 | 97.12 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 103 | 99.04 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 104 | 100.00 |

**ตาราง ค20 จำนวนอนุภาคจากตัวอย่างภายนอกอาคารตัวอย่างที่ 10**

| วงที่ | ขนาด | Field 1 | Field 2 | Field 3 | Field 4 | Field 5 | Field 6 | Field 7 | Field 8 | Field 9 | Field 10 | Field 11 | Field 12 | Field 13 | Field 14 | Field 15 | Field 16 | Field 17 | Field 18 | Field 19 | Field 20 | รวม | รวมสะสม | %สะสม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D1 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| D2 | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 3.81 |
| D3 | 1.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 28 | 28 | 32 | 30.48 |
| D4 | 2.20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 26 | 58 | 55.24 |
| D5 | 3.11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | 19 | 77 | 73.33 |
| D6 | 4.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | 17 | 94 | 89.52 |
| D7 | 6.22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 7 | 101 | 96.19 |
| D8 | 8.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 102 | 97.14 |
| D9 | 12.45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 103 | 98.10 |
| D>9 | 17.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 105 | 100.00 |

# ประวัติผู้วิจัย

**ชื่อ-สกุล** (ภาษาไทย) นายภาสกร โสมนัส

(ภาษาอังกฤษ) Mr. PASSAKORN SOMMANAT

**ที่อยู่** 276/1 ถ.เกาะหลัง ต.เกาะหลัก อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ 77000

**ประวัติการศึกษา** สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

**การเสนอผลงาน**

มหาวิทยาลัยศิลปากร