

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กมล ฐานะพวรรณ. 2540. การพัฒนาตัวคุณอัตถภาวการปล่อยผู้ละออกจากโรงไม่หิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ควบคุมมลพิษ, กรม. 2539. รายงานฉบับเบื้องต้นการพัฒนาและการสร้างระบบสถิติการกำจัดผู้ละออกจากอุตสาหกรรม ไม่ บด และย่อยหิน. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. (คัดสำเนา)
- ควบคุมมลพิษ, กรม. 2540. รายงานฉบับที่ 1 การพัฒนาและสร้างระบบสถิติการกำจัดผู้ละออกจากอุตสาหกรรมไม่ บด และย่อยหิน, คพ 03-016. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. (คัดสำเนา)
- ควบคุมมลพิษ, กรม. 2541. รายงานฉบับที่ 2 การพัฒนาและสร้างระบบสถิติการกำจัดผู้ละออกจากอุตสาหกรรมไม่ บด และย่อยหิน, คพ 03-015. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. (คัดสำเนา)
- ทรัพยากรธรณี, กรม. 2541. เรื่องการแก้ไขปัญหามลภาวะจากการทำเหมืองหินและโรงไม่หิน กรณีศึกษา : โครงการแก้ไขปัญหามลภาวะจากอุตสาหกรรม หินบดสร้าง ในพื้นที่ทดลอง ต. หน้าพระลาน และบริเวณใกล้เคียง จ.สระบุรี วันที่ 30 ก.ย. - 1 ต.ค. 2541. สระบุรี: กรมทรัพยากรธรณี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (คัดสำเนา)
- อัครชัย ชรินพานิชกุล. 2542. การคำนวณออกแบบระบบฉีดน้ำ. ใน เอกสารสัมมนา โครงการการพัฒนาและสร้างระบบสถิติการกำจัดผู้ละออกจากอุตสาหกรรมไม่ บด และย่อยหิน วันที่ 12 พฤษภาคม 2542. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (คัดสำเนา)
- นโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, สำนักงาน 2537. รายงานหลักโครงการประเมินสิ่งแวดล้อมระดับพื้นที่จากกิจกรรมเหมืองหินปูน โรงไม่หิน และอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในจังหวัดสระบุรี.

กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อม. (อัครสำเนา)

ปราโมทย์ เตชะอำไพ. 2538. ระเบียบเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เรียวไร โทเอ. 2539. อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม. แปลโดย จิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), พิมพ์ครั้งที่ 2: 110-120.

จิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล และ ชิดาโอะ คานาโอกะ. 2535. มลภาวะอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

จิวัฒน์ ตันตะพานิชกุลและคณะ. 2540. วิธีการคำนวณออกแบบระบบบำบัดฝุ่นโดยการฉีดละอองน้ำ. วิศวกรรมสาร 50(2) : 64 – 73.

ภาษาอังกฤษ

Environmental Research Institute of Chulalongkorn University. 1995. Health Study of Population around Rock Crushing Plants. Case Study: Tambon Nah Pralam, Muang District, Saraburi.

Fantini, E., L. Tognotti, and A. Tonazzini. 1990. Drop Size distribution in sprays by image processing. Computers Chem Eng. 14(11): 1201 – 1211.

Hesketh, H. E. 1974. Understanding and controlling air pollution. 2nd ed. Michigan: Ann Arbor Dcience Publisher Inc.

Hom, H. G., H. Borka, E. Gerhards, M.Kaliowski, L.Kranz, and M. Maqua. 1988. Collection efficiency of aerosol particles by raindrops. J. Aerosol Sci. 19(7): 855 – 858.

Iinoya, K. 1976. Performance of Dust collection (SHUJINSOCHI VO SEINO). p.115. SANGYO GIJUTSU CENTER.

Mathews, J.H. 1992. Numerical methods for Mathematics. Science and Engineering. pp. 14-42. 1 Vols. 2nd ed. New jersey : Prentice Hall.

- Morrison, J.N. 1971 Controlling Dust Emission at Belt Conveyor Transfer Points, Trans. AIME, 250: 47.
- Parker C. R. 1993. Aerosol Science and Technology. 2nd ed. Singapore: McGraw – Hill.
- Paul Cooper, and Peter C Arnold. 1995. Air Entrainment and Dust Generation from a Falling Stream of Bulk Material. KONA. 13: 125 – 134.
- Perry, R. H., and Chilton, C. H. 1997. Perry's Chemical Engineering Handbook. pp. 50-52. 6 Vols. 7th ed. USA : McGraw – Hill.
- Perry, R. H., and Chilton, C. H. 1995. Perry's Chemical Engineering Handbook. pp. 61-62. 18 Vols. 5th ed. USA : McGraw – Hill.
- Richard J. Selbel. 1976. Dust Control at a Transfer point using Foam, and Water Sprays. Us.Department of the Interior Bureau of Mine. 12 p. illus.
- SECOT Co. Ltd. 1994. Project to Evaluate Field Environmental Impact from Activities of Limestone Mines, Rock Crushing Plants and Cement Industry in Saraburi. submitted to MOSTE, Sept.
- U.S. environment protection agency. 1992. Compilation of air pollution emission factors (AP-42). 1 Vols. North Carolina: Research Triangle Park.
- U.S. Environment protection agency. 1991. Regulatory and inspection Manual for nonmetallic mineral processing plant. Washington D.C., U.S. EPA.
- W.Limpaseni, W.Tanthapanichkoon, and S.Narinsakchai. 1999. Prediction of inertia-interceptional collection efficiency of polydisperse dust particles using polydisperse liquid droplet. First Asia Aerosol Conference Program, pp. 109-110. Nagoya, Japan.
- W.Tanthapanichkoon, W.Limpaseni, and P.Meechuman. 1997. Dust Control via Water Spray at Rock Crushing Plant. The 14th Symposium on AEROSOL SCIENCE & TECHNOLOGY, pp. 208-210. Kitakyushu, Japan.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีรุงเง-คุดตา อันดับที่ 4

(Fourth-order Runge-Kutta method)

วิธีหาคำตอบเชิงตัวเลขสำหรับสมการอนุพันธ์กรณีมีปัญหาเริ่มต้น (initial value problem) มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีของออยล์เลอร์(Euler's method), วิธีของอดัมส์ (Adam's method), วิธีของฮวน(Heun's method), วิธีของรุงเง-คุดตา(Runge-Kutta's method) เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีมีความแม่นยำ และความยุ่งยากแตกต่างกัน ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้วิธีรุงเง-คุดตา อันดับที่ 4 ในการแก้สมการเพื่อหาเส้นโคจรของหยดละอองน้ำ (ดูรายละเอียดในบทที่ 3)

วิธีรุงเง-คุดตา อันดับที่ 4 จัดได้ว่าเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในการคำนวณที่ต้องการผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูง แนวคิดที่ใช้ในการประดิษฐ์ระเบียบวิธีรุงเง-คุดตานี้ คือ การหาค่าความชันที่มีความเที่ยงตรงสูงเพื่อก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงตามมา วิธีนี้สามารถใช้แก้ระบบสมการอนุพันธ์กำลังหนึ่ง(first-order differential equation) จำนวน n สมการพร้อมๆ กัน คือ

$$\begin{aligned} \frac{dy_1}{dx} &= f_1(x, y_1, y_2, \dots, y_n) \\ \frac{dy_2}{dx} &= f_2(x, y_1, y_2, \dots, y_n) \\ &\vdots \\ \frac{dy_n}{dx} &= f_n(x, y_1, y_2, \dots, y_n) \end{aligned} \quad (ก.1)$$

ด้วยเงื่อนไขแรกเริ่ม n สมการ

$$y_{j0} = y_j(x_0) \quad j = 1, 2, \dots, n$$

โดยที่ y_{j0} คือ คำตอบของสมการลำดับที่ j ของสมการ (ก.1) ณ ตำแหน่งตัวแปรอิสระ x_0

เมื่อเริ่มการจำลองในขั้นที่ศูนย์ $x_i = x_0$ ทำการป้อนเงื่อนไขแรกเริ่มของตัวแปรต่างๆ คือ $y_{j0}, j = 1, 2, \dots, n$ จากนั้นใช้วิธีรุงเง-คุดตา ในการหาคำตอบสำหรับขั้นตอน $i = 1$ หรือ $y_{ji}, j = 1, 2, \dots, n$ และใช้คำตอบที่หาได้นี้เป็นเงื่อนไขแรกเริ่มในการหาคำตอบสำหรับขั้นตอน $i = 2$

และขั้นตอนต่อไป ซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นตอนง่ายๆ สำหรับหาคำตอบในขั้นตอน $i = i+1$ หรือ $y_{j,i+1}$ จากเงื่อนไขแรกเริ่มของขั้นตอน i หรือ y_{ji} ได้ดังนี้

$$y_{j,i+1} = y_j + h(k_{j1} + 2k_{j2} + 2k_{j3} + k_{j4})/6 \quad (\text{ก.2})$$

โดยที่ค่า Step size, $h = x_{i+1} - x_i$ และค่าของ k_{j1} , k_{j2} , k_{j3} และ k_{j4} หาได้จาก

$$k_{j1} = f_j(x_i, y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{mi}) \quad (\text{ก.3})$$

โดยที่ f_j เป็นสมการอนุพันธ์ของสมการลำดับที่ j ของตัวแปร $y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{mi}$ กับ x_i ต่อมาประมาณค่าคำตอบ y_{ji}^* เพื่อนำไปใช้หาค่า k_{j2} ดังนี้

$$y_{ji}^* = y_{ji} + \frac{1}{2} h k_{j2} \quad (\text{ก.4})$$

$$k_{j2} = f_j(x_i + \frac{1}{2} h, y_{1i}^*, y_{2i}^*, \dots, y_{mi}^*) \quad (\text{ก.5})$$

ต่อมาประมาณค่าคำตอบ \bar{y}_{ji}^* เพื่อนำไปใช้หาค่า k_{j3} ดังนี้

$$\bar{y}_{ji} = y_{ji} + \frac{1}{2} h k_{j2} \quad (\text{ก.6})$$

$$k_{j3} = f_j(x_i + \frac{1}{2} h, \bar{y}_{1i}, \bar{y}_{2i}, \dots, \bar{y}_{mi}) \quad (\text{ก.7})$$

ต่อมาประมาณค่าคำตอบ \bar{y}_{ji}^* เพื่อนำไปใช้หาค่า k_{j4} ดังนี้

$$\bar{y}_{ji}^* = y_{ji} + \frac{1}{2} h k_{j3} \quad (\text{ก.8})$$

$$k_{j4} = f_j(x_i + h, \bar{y}_{1i}^*, \bar{y}_{2i}^*, \dots, \bar{y}_{mi}^*) \quad (\text{ก.9})$$

เมื่อหาค่าของ $y_{j,i+1}$ ได้จาก y_{ji} ค่าของ $y_{j,i+1}$ จะเป็นคำตอบที่หาได้เมื่อถึงขั้นตอน $i+1$ ด้วยวิธีรุงเง-คุตตา อันดับที่ 4 ตามต้องการ

สำหรับในกรณีที่สมการอนุพันธ์มีกำลังสูงกว่าหนึ่งก็สามารถใช้วิธีนี้ได้ แต่ต้องแปลงรูป (transform) มาเป็นสมการอนุพันธ์กำลังหนึ่งเสียก่อน

ภาคผนวก ข

การติดตั้งโปรแกรม และการใช้งานโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัด ฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหดยดละอองน้ำ

ข.1 ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับใช้งานโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพในการจับฝุ่นของ ระบบกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหดยดละอองน้ำ

เนื่องจากโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการจับฝุ่นของระบบกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหดยดละอองน้ำนี้ถูกออกแบบเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างกว้างขวาง ดังนั้นระบบคอมพิวเตอร์ที่เลือกใช้สำหรับโปรแกรมนี้จึงเป็นระบบคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีการใช้งานทั่วไป และสามารถจัดซื้อได้ภายในประเทศ โดยมีข้อกำหนดด้านคุณสมบัติดังนี้

- ฮาร์ดแวร์

- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโดยมีตัวประมวลผล 486DX2-66 ขึ้นไปหรือเพนเทียม
- การแสดงผลเป็นแบบซูเปอร์วีจีเอ(SVGA)
- หน่วยความจำมากกว่า 8 เมกกะไบต์ขึ้นไป
- พื้นที่ว่างบนจานแข็งเก็บข้อมูล 2 เมกกะไบต์ขึ้นไป
- เม้าส์หรืออุปกรณ์ชี้

- ระบบปฏิบัติการ

- ระบบปฏิบัติการ ใช้ไมโครซอฟท์วินโดวส์ 95 ไทยเอ็ดชัน

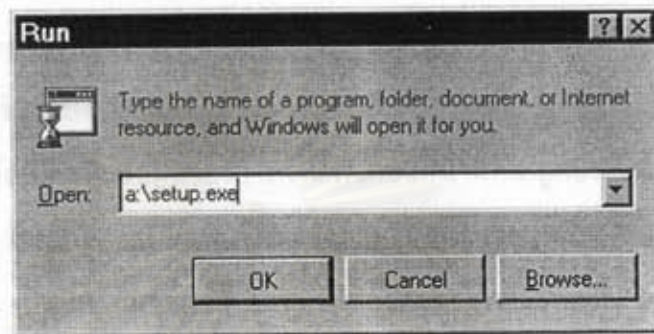
ข.2 การติดตั้งโปรแกรม

สำหรับขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรมมีดังต่อไปนี้

1. เรียกโปรแกรมสำหรับติดตั้งโปรแกรม @SPRAY จากแฟ้ม setup.exe ในเครื่องผ่านแผ่น A (หรือ B แล้วแต่การติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้) โดยจากเมนู เริ่ม-Start บนทาสก์บาร์ของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95 เลือกเมนู Run จากนั้นพิมพ์ a:\setup.exe (หรือ b:\setup.exe ขึ้นกับเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้) ดังรูปที่ ข.1

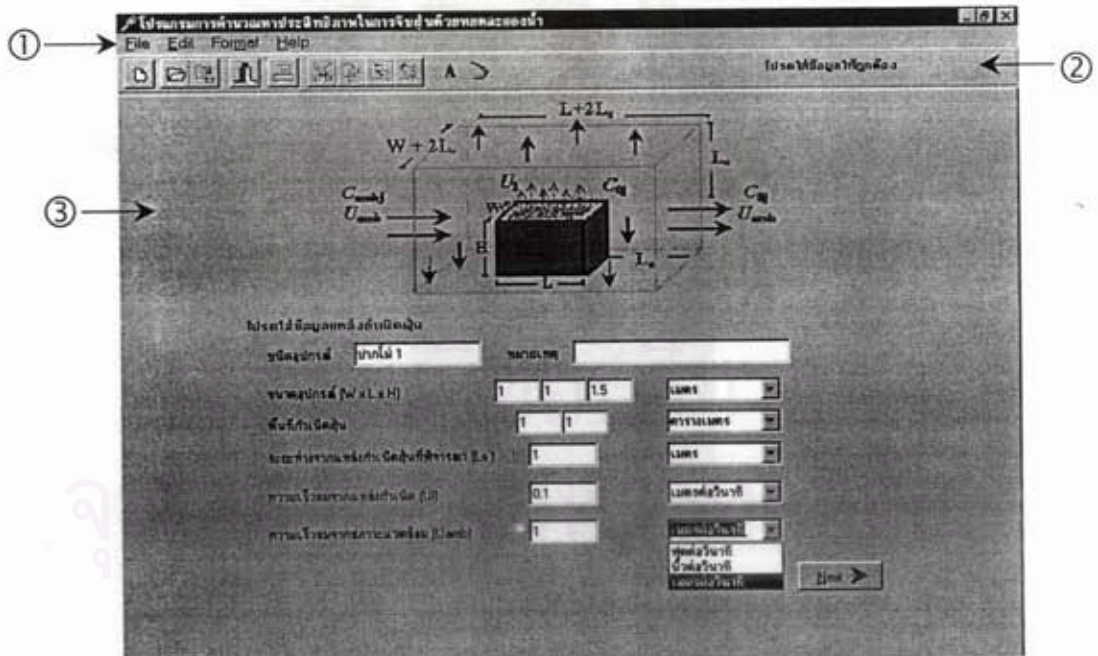
2. จากนั้นโปรแกรมติดตั้งจะให้ผู้ใช้กำหนดชื่อและองค์กรของผู้ใช้

3. เมื่อผู้ใช้ได้ยอมรับในข้อตกลงในการใช้โปรแกรมนี้แล้ว จะเข้าสู่หน้าต่างที่จะกำหนดชื่อแฟ้มที่จะติดตั้งโปรแกรมไว้และกำหนดชื่อแฟ้มในเมนู เริ่ม-Start
4. เมื่อติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมติดตั้งจะสร้างเมนูในเมนู เริ่ม-Start บนทาสก์บาร์ในชื่อแฟ้มที่ผู้ใช้กำหนด



รูปที่ ข.1 แสดงการเรียกโปรแกรมติดตั้ง

ข.3 ส่วนประกอบของโปรแกรม



รูปที่ ข.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆของโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่ง โดยการขีดหยดละของน้ำ

① ส่วนของชุดดาวนั้เมนู

เป็นเมนูหลักที่ใช้ในการควบคุมแฟ้มข้อมูล เอดิเตอร์ การกำหนดการแสดงผล และเกี่ยวกับผู้จัดทำโปรแกรม ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

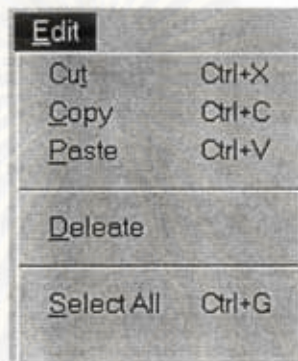
- เมนู File ประกอบด้วยคำสั่งย่อยต่างๆดังนี้

- | | |
|---------|---|
| New | ใช้เรียกแผ่นทำงาน(worksheet)ใหม่บนเอดิเตอร์และเริ่มเข้าสู่การคำนวณประสิทธิภาพในการกำจั้ดฝุ่น |
| Open | ใช้เพื่อเปิดแฟ้มข้อมูลของการคำนวณก่อนหน้าี่ได้ถูกบันทึกไว้ลงสู่เอดิเตอร์ โดยแฟ้มข้อมูลนั้นจะเป็นแฟ้มที่มีส่วนขยายของแฟ้มข้อมูลเป็น .sol เท่านั้น |
| Save | ใช้เพื่อบันทึกแฟ้มข้อมูลจากผลการคำนวณที่อยู่ภายในเอดิเตอร์โดยมีส่วนขยายของแฟ้มข้อมูลเป็น ".sol" |
| Save As | ใช้เพื่อบันทึกแฟ้มข้อมูลจากผลการคำนวณที่อยู่ภายในเอดิเตอร์โดยทำการกำหนดชื่อแฟ้มใหม่ แต่จะต้องมีส่วนขยายของแฟ้มข้อมูลเป็น .sol เช่นกัน |
| Printer | มีสองเมนูย่อย คือ <ul style="list-style-type: none"> - Print ใช้เพื่อพิมพ์ข้อมูลภายในเอดิเตอร์ออกสู่เครื่องพิมพ์ - Setup ใช้เพื่อกำหนดค่าและเลือกเครื่องพิมพ์ |
| Exit | ใช้เพื่อออกจากโปรแกรม |



รูปที่ ๒.3 แสดงเมนู File ของโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจั้ดฝุ่นในั้เปิดโล่งโดยการฉัดหยดละอองน้ำ


- เมนู Edit ประกอบด้วยคำสั่งย่อยต่างๆดังนี้
 - Cut ใช้เพื่อตัดข้อความที่ถูกเลือกไว้ในเอดิเตอร์สู่คลิปบอร์ด
 - Copy ใช้เพื่อคัดลอกข้อความที่ถูกเลือกไว้ในเอดิเตอร์สู่คลิปบอร์ด
 - Paste ใช้เพื่อวางข้อความจากคลิปบอร์ดสู่เอดิเตอร์
 - Delete ใช้เพื่อลบข้อความที่ถูกเลือกไว้ในเอดิเตอร์
 - Select All ใช้เพื่อเลือกข้อความทั้งหมดในเอดิเตอร์



รูปที่ ข.4 แสดงเมนู Edit ของโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉัดหยดละอองน้ำ

- เมนู Fonts ประกอบด้วยคำสั่งย่อยต่างๆดังนี้
 - Fonts ใช้เพื่อเปลี่ยนรูปแบบ และเปลี่ยนสีตัวอักษรในเอดิเตอร์
- เมนู About ใช้เพื่อแสดงข้อมูลของผู้จัดทำโปรแกรม

② ส่วนของแถบเครื่องมือ

เป็นเมนูลัดที่ทำให้ผู้ใช้ทำงานได้เร็วขึ้น ซึ่งคำสั่งต่างๆนั้นจะมีอยู่ในพูลดาวน์เมนูด้วย เมื่อผู้ใช้เคลื่อนเมาส์ผ่านปุ่มบนแถบเครื่องมือจะมีตัวหนังสือปรากฏขึ้น ทำให้ทราบว่าปุ่มแต่ละปุ่มเป็นเมนูลัดของคำสั่งใดเมื่อผู้ใช้คลิก เช่น เป็น  เมนูลัดของคำสั่ง "NEW" เป็นต้น



รูปที่ ข.5 แสดงส่วนของแถบเครื่องมือของโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉัดหยดละอองน้ำ

③ ส่วนของเอ็ดิเตอร์

เป็นส่วนของโปรแกรมที่ทำหน้าที่แสดงผลการคำนวณและทำหน้าที่เกี่ยวกับการประมวลผลคำสั่งด้วย

ข.4 การใช้โปรแกรม

เมื่อทำการติดตั้งโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของระบบกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหยดละอองน้ำเรียบร้อยแล้ว และสามารถนำโปรแกรมมาใช้งาน โดยขั้นตอนการทำงาน of โปรแกรม จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้คือ

- ขั้นตอนการใส่ข้อมูล (Input Data)
- ขั้นตอนการประมวลผล (Process)
- ขั้นตอนการแสดงผล (Output data)

ข.4.1 ขั้นตอนการใส่ข้อมูล (Input Data)

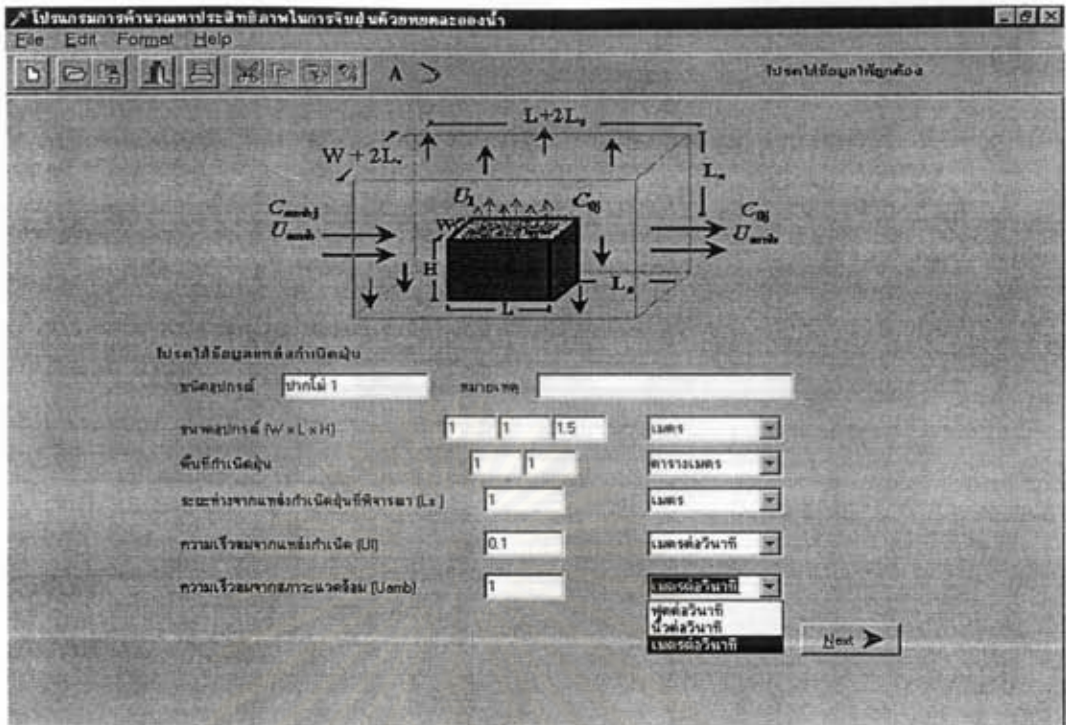
ขั้นตอนการใส่ข้อมูล (ดูรายละเอียดหัวข้อ 4.3.1) ประกอบด้วยหน้าจอสำหรับใส่ข้อมูลแหล่งกำเนิดฝุ่น หน้าจอสำหรับใส่ข้อมูลหัวฉีดหยดละอองน้ำ หน้าจอการใส่ข้อมูลการกระจายขนาดของหยดละอองน้ำ หน้าจอสำหรับใส่ข้อมูลอนุภาคฝุ่น และหน้าจอการใส่ข้อมูลการกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่น แสดงดังรูปที่ ข.6, ข.7, ข.8, ข.9 และ ข.10 เมื่อใส่ข้อมูลเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม "Next" เพื่อเข้าสู่หน้าจอถัดไป โดยเฉพาะหน้าจอการใส่ข้อมูลการกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นและหยดละอองน้ำหากใส่ข้อมูลไม่ครบแต่กดปุ่ม "OK" จะปรากฏหน้าจอแสดงดังรูปที่ ข.11 เพื่อเตือนให้ผู้ใช้ใส่ข้อมูลให้ครบ หรือไม่ก็กดปุ่ม "Cancel" เพื่อใส่ข้อมูลการกระจายขนาดใหม่

ข.4.2 ขั้นตอนการประมวลผล (Process)

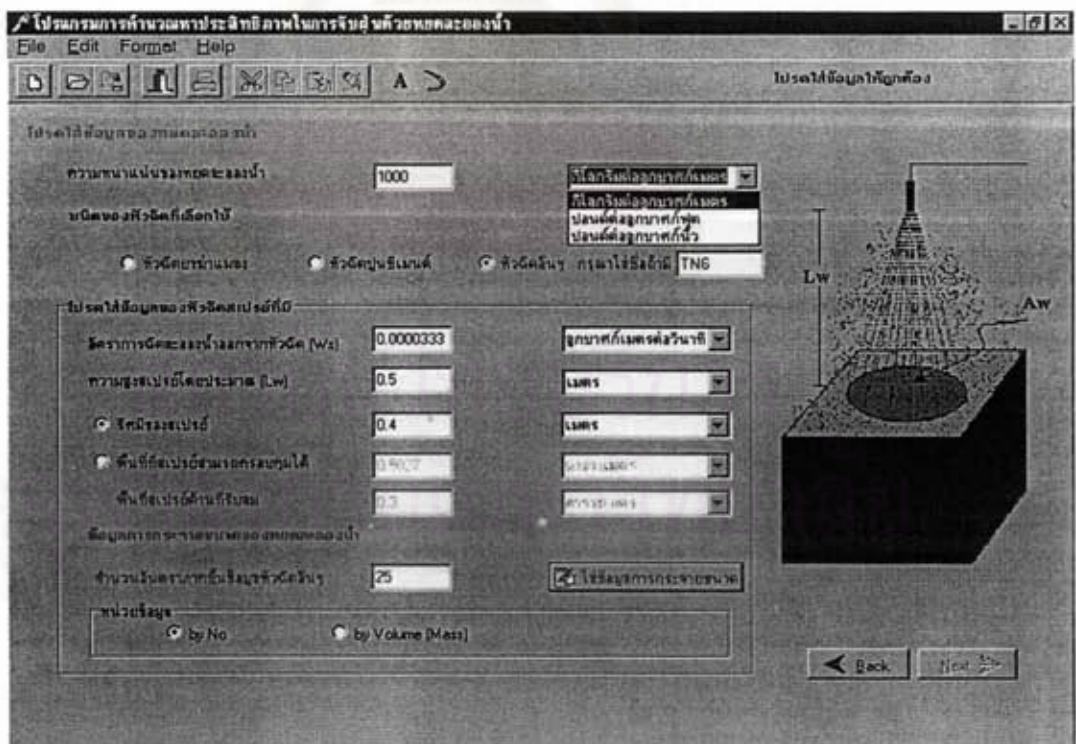
ขั้นตอนการประมวลผล (ดูรายละเอียดหัวข้อ 4.3.2)

ข.4.3 ขั้นตอนการแสดงผล (Output data)

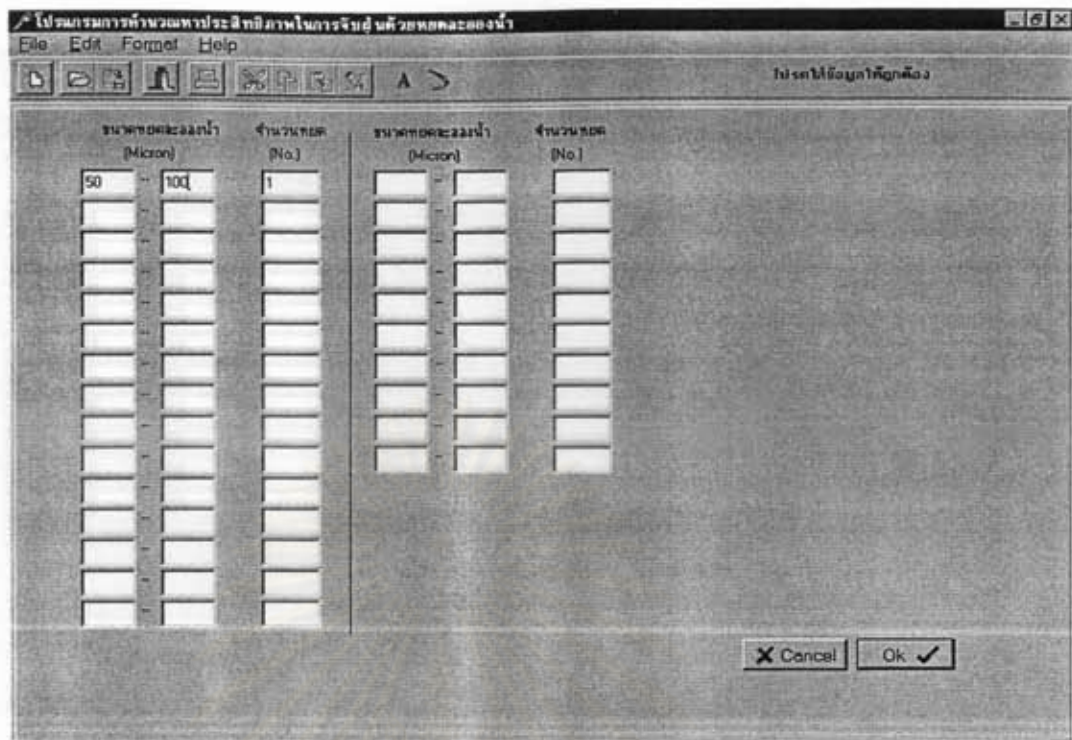
ขั้นตอนการแสดงผล(ดูรายละเอียดหัวข้อ 4.3.3) ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการแสดงผลตามที่ต้องการ ซึ่งมีให้เลือก 3 แบบ คือ แบบสรุป แบบสังเขป และแบบละเอียด แสดงหน้าจอดังรูปที่ ข.12, ข.13 และ ข.14 ตามลำดับ



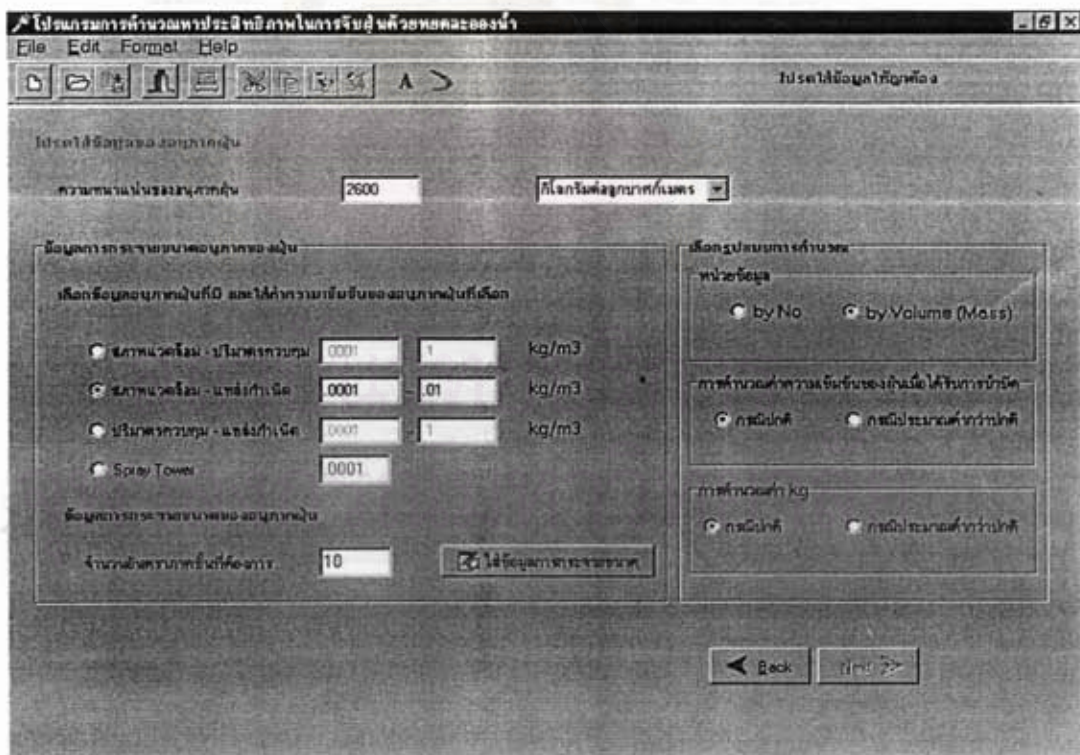
รูปที่ ๖.6 แสดงหน้าจอใส่ข้อมูลแหล่งกำเนิดฝุ่นของโปรแกรมโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหยดละอองน้ำ



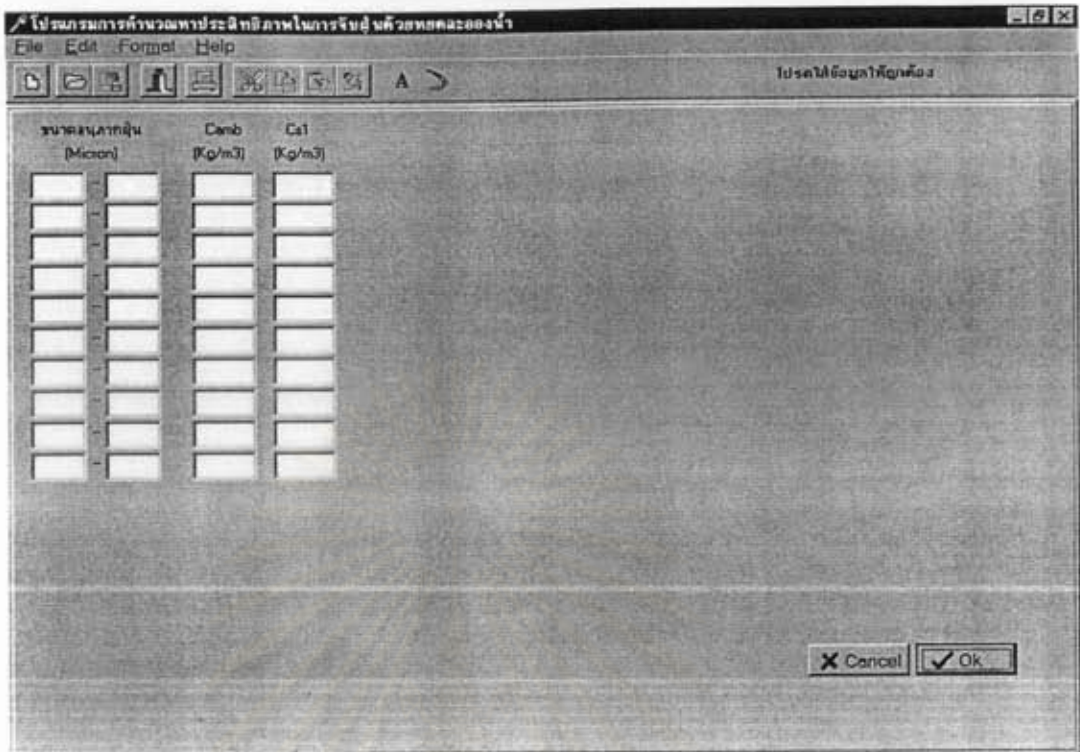
รูปที่ ๖.7 แสดงหน้าจอใส่ข้อมูลหยดละอองน้ำของโปรแกรมโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหยดละอองน้ำ



รูปที่ ๗.๘ แสดงหน้าจอใส่ข้อมูลการกระจายขนาดหยดละอองน้ำของโปรแกรมโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหอยดละของน้ำ



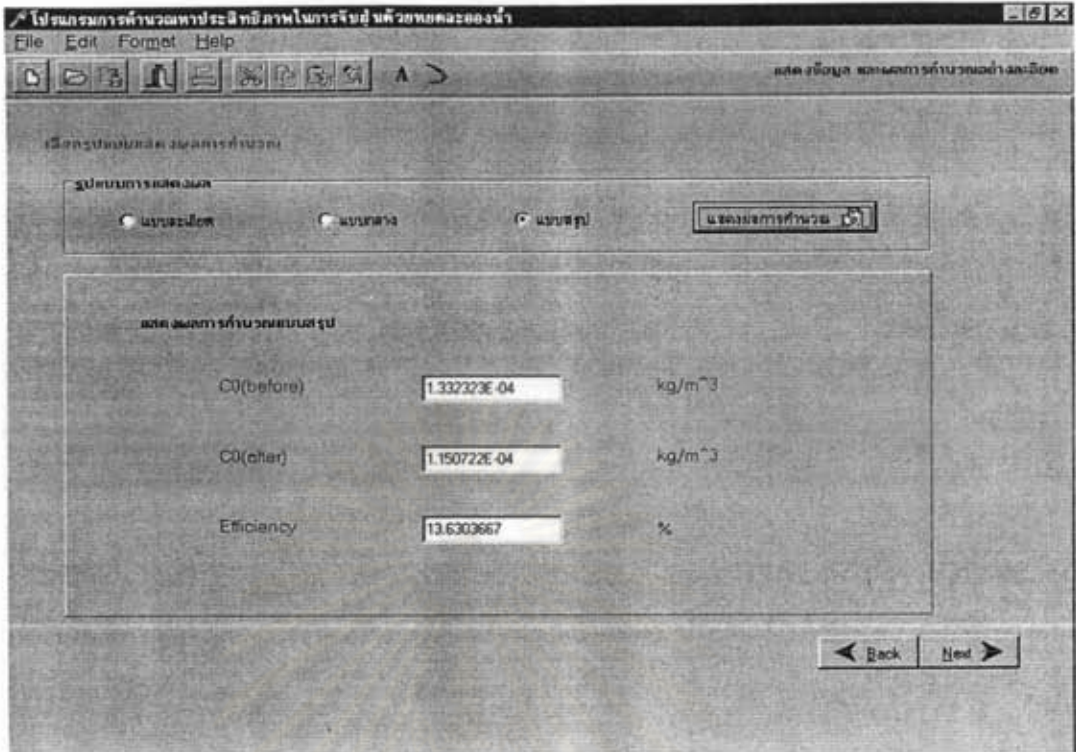
รูปที่ ๗.๙ แสดงหน้าจอใส่ข้อมูลอนุภาคฝุ่นของโปรแกรมโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหอยดละของน้ำ



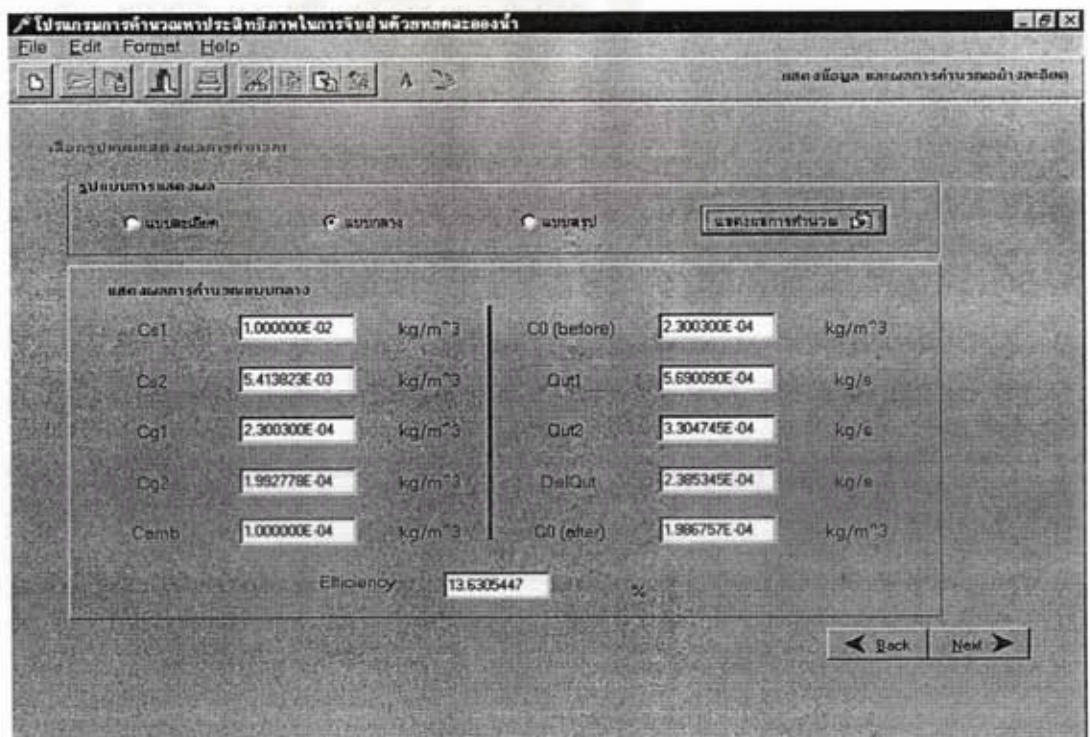
รูปที่ ข.10 แสดงหน้าจอใส่ข้อมูลการกระจายขนาดอนุภาคฝุ่นของโปรแกรมโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหยดละอองน้ำ



รูปที่ ข.11 แสดงข้อความเตือนเพื่อให้ผู้ใช้ใส่ข้อมูลการกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นหรือหยดละอองน้ำให้ครบ



รูปที่ ๑.12 หน้าจอแสดงการประมวลผลของโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหดยดละของน้ำแบบสรุป



รูปที่ ๑.13 หน้าจอแสดงการประมวลผลของโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหดยดละของน้ำแบบกลาง

โปรแกรมการคำนวณประสิทธิภาพในการจับฝุ่นด้วยกระดาษกรองน้ำ

File Edit Format Help

คณกรกิจกุล คณะกรรมการในเขตอำนาจเหนือ

ชนิดอุปกรณ์ : ปากไม้ 1
 ขนาดของ :
 ชนิดฟิล์มที่ใช้ : ฟิล์มกระดาษกรอง
 ขนาดของอุปกรณ์
 กว้าง 1 เมตร
 ยาว 1 เมตร
 สูง 1.5 เมตร
 พื้นที่กรองฝุ่น 1 x 1 ตารางเมตร
 ระยะห่างจากผนังกับชนิดฝุ่นที่พิจารณา 1 เมตร
 ความเร็วลมสถานะแวดล้อม (Uamb) 1 เมตรต่อวินาที
 ความเร็วลมจากช่องกั้นฝุ่น (Uf) 0.1 เมตรต่อวินาที
 ความสูงช่องเปิดประเภท (Lw) 0.5 เมตร
 รัศมีช่องเปิด (Rfw) 0.25 เมตร
 ความหนาแน่นของน้ำ 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
 ความหนาแน่นของฝุ่น 2600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
 ความเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิแวดล้อม (W/s) 1.8817e-5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
 ความเข้มข้นฝุ่นจากสถานะแวดล้อม (Comb) 2.11e-6 kg/m3
 ความเข้มข้นฝุ่นจากช่องกั้นฝุ่น (Cs1) .01 kg/m3

ข้อมูลการกระจายขนาดของกระดาษกรองน้ำ และอนุภาคฝุ่น

Dw (Micron)	จำนวนท่อ (No.)	Dp (Micron)	Comb (Kg/m3)	Cs1 (Kg/m3)
1.00 - 25.00	0.000E+00	1.00 - 1.00	1.000000E-02	1.000000E-02
26.00 - 50.00	1.000E+00	2.00 - 2.00	2.000000E-02	1.000000E-02
51.00 - 75.00	2.000E+01	3.00 - 3.00	5.000000E-02	1.000000E-02
76.00 - 100.00	5.100E+01	4.00 - 4.00	4.000000E-02	1.000000E-02
101.00 - 125.00	4.900E+01	5.00 - 5.00	1.000000E-02	1.000000E-02
126.00 - 150.00	4.700E+01	6.00 - 6.00	3.000000E-02	1.000000E-02
151.00 - 175.00	4.100E+01	7.00 - 7.00	1.100000E-01	1.000000E-02
176.00 - 200.00	2.700E+01	8.00 - 8.00	2.100000E-01	1.000000E-02
201.00 - 225.00	2.600E+01	9.00 - 9.00	3.100000E-01	1.000000E-02
226.00 - 250.00	1.600E+01	10.00 - 10.00	3.100000E-01	1.000000E-02
251.00 - 275.00	9.000E+00			
276.00 - 300.00	4.000E+00			
301.00 - 325.00	2.000E+00			
326.00 - 350.00	3.000E+00			

รูปที่ ๑.14 หน้าจอแสดงการประมวลผลของโปรแกรมคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นในที่เปิด
 โลงโดยการฉีดหยดละอองน้ำแบบละเยียด

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างผลการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพรวมการจับฝุ่นโดยการฉีดหยดละอองน้ำในที่เปิดโล่งและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของตระแกรงชั้นที่ 1 โรงโม่หินแห่งที่ 2 แสดงดังต่อไปนี้

ชนิดอุปกรณ์ : ตระแกรงชั้นที่ 1 โรงโม่หินแห่งที่ 2

หมายเหตุ : จำนวนหัวฉีด 2 หัว

หัวฉีดที่เลือกใช้ : หัวฉีดประเภทที่ 2

ขนาดของอุปกรณ์ กว้าง 1.2 เมตร

ยาว 3.7 เมตร

สูง 1.5 เมตร

พื้นที่กำเนิดฝุ่น 1×0.45 ตารางเมตร

ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดฝุ่นที่พิจารณา 1 เมตร

ความเร็วลมสภาพแวดล้อม (U_{amb}) 0.3 เมตรต่อวินาที

ความเร็วลมจากแหล่งกำเนิด (U_1) 0.1 เมตรต่อวินาที

ความสูงสเปรย์โดยประมาณ (L_w) 0.5 เมตร

พื้นที่หน้าตัดของลำสเปรย์ (A_w) 0.3927 ตารางเมตร

พื้นที่ด้านข้างของลำสเปรย์ (A_{sp}) 0.5 ตารางเมตร

ความหนาแน่นของน้ำ (ρ_w) 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่นของฝุ่น (ρ_p) 2600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความเร็วเชิงปริมาตรของน้ำต่อหนึ่งหัวฉีด (W_s) $3.7634e-5$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ความเข้มข้นฝุ่นจากสภาพแวดล้อม (C_{amb}) $2.11e-6$ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความเข้มข้นฝุ่นในปริมาตรควบคุม (C_0) $3234.8e-6$ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ข้อมูลการกระจายขนาดของหยดละอองน้ำ และอนุภาคฝุ่น

D_w (Micron)	จำนวนหยด (No.)	D_p (Micron)	C_{amb} (Kg/m ³)	C_0 (Kg/m ³)
1.00 - 25.00	0.000E+00	0.10 - 0.43	2.420000E-06	2.420000E-06
26.00 - 50.00	1.000E+00	0.43 - 0.65	1.400000E-07	1.400000E-07
51.00 - 75.00	2.000E+01	0.65 - 1.10	2.520000E-06	2.520000E-06
76.00 - 100.00	5.100E+01	1.10 - 2.10	1.120000E-06	1.120000E-06
101.00 - 125.00	4.900E+01	2.10 - 3.30	2.440000E-06	2.440000E-06

D_w (Micron)	จำนวนหยด (No.)	D_p (Micron)	C_{amb} (Kg/m ³)	C_0 (Kg/m ³)
126.00 - 150.00	4.700E+01	3.30 - 4.70	7.940000E-06	7.940000E-06
151.00 - 175.00	4.100E+01	4.70 - 7.00	2.260000E-05	2.260000E-05
176.00 - 200.00	2.700E+01	7.00 - 11.00	2.343000E-05	2.343000E-05
201.00 - 225.00	2.600E+01	11.00 - 12.00	4.311600E-04	4.311600E-04
226.00 - 250.00	1.600E+01			
251.00 - 275.00	9.000E+00			
276.00 - 300.00	4.000E+00			
301.00 - 325.00	2.000E+00			
326.00 - 350.00	3.000E+00			
351.00 - 375.00	2.000E+00			
376.00 - 400.00	0.000E+00			
401.00 - 425.00	2.000E+00			
426.00 - 450.00	0.000E+00			

ผลการคำนวณ

พื้นที่ด้านบนของปริมาตรควบคุม (A_{tc})	18.24 m ²	พื้นที่แหล่งกำเนิดฝุ่น (A_{is})	0.45 m ²
พื้นที่ผิวด้านข้างของลำสเปร์ย์ (A_{sp})	0.5 m ²	พื้นที่หน้าตัดของลำสเปร์ย์ (A_w)	0.3927 m ²
พื้นที่ด้านข้างที่ลมจากสภาวะแวดล้อมพัดเข้ามาในปริมาตรควบคุม (A_{sc})	14.25 m ²		
พื้นที่ด้านล่างโดยรอบแหล่งกำเนิดฝุ่นในปริมาตรควบคุม (A_{bc})	17.79 m ²		

ความสามารถในการจับฝุ่นขนาด D_p ด้วยหยดละอองน้ำขนาด D_w 1 หยด (η_c)

$D_p \backslash D_w$ (micron)	13.00	38.00	63.00	88.00	113.00
0.27	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	1.1659841E-05	3.9475021E-05
0.54	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	1.9340305E-04	6.4074214E-04
0.88	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	1.2301611E-03	3.9039457E-03
1.60	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	1.0411709E-02	2.9005918E-02
2.70	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	4.6846469E-02	1.0635806E-01
4.00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	1.0446222E-01	1.9933852E-01
5.85	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	2.2810008E-01	4.3996376E-01
9.00	0.0000000E+00	8.7112436E-02	2.7550117E-01	5.0903679E-01	6.6301274E-01
11.50	0.0000000E+00	2.7030821E-01	4.2594257E-01	6.2714600E-01	7.5214017E-01

$D_p \setminus D_w$ (micron)	138.00	163.00	188.00	213.00	238.00
0.27	4.4447403E-05	4.8700083E-05	5.2378770E-05	5.5592327E-05	5.8423724E-05
0.54	7.2145178E-04	7.9047952E-04	8.5019044E-04	9.0235156E-04	9.4830962E-04
0.88	4.3956975E-03	4.8162731E-03	5.1800828E-03	5.4978927E-03	5.7779083E-03
1.60	3.2659584E-02	3.5784418E-02	3.8487486E-02	4.0848781E-02	4.2929269E-02
2.70	1.1975521E-01	1.3121326E-01	1.4112479E-01	1.4978312E-01	1.5741179E-01
4.00	2.2444775E-01	2.4592267E-01	2.6449908E-01	2.8072670E-01	2.9502451E-01
5.85	4.6388214E-01	4.8433858E-01	5.0203396E-01	5.1749196E-01	5.3111168E-01
9.00	6.8316049E-01	7.0039206E-01	7.1529785E-01	7.2831896E-01	7.3979158E-01
11.50	7.7007534E-01	7.8541457E-01	7.9868343E-01	8.1027459E-01	8.2048731E-01

$D_p \setminus D_w$ (micron)	263.00	288.00	313.00	338.00	363.00
0.27	6.0937306E-05	6.3183740E-05	6.5203466E-05	6.7029155E-05	6.8687486E-05
0.54	9.8910904E-04	1.0255722E-03	1.0583556E-03	1.0879894E-03	1.1149067E-03
0.88	6.0264930E-03	6.2486577E-03	6.4484018E-03	6.6289562E-03	6.7929595E-03
1.60	4.4776228E-02	4.6426889E-02	4.7910967E-02	4.9252468E-02	5.0470996E-02
2.70	1.6418417E-01	1.7023676E-01	1.7567854E-01	1.8059751E-01	1.8506558E-01
4.00	3.0771744E-01	3.1906135E-01	3.2926044E-01	3.3847968E-01	3.4685382E-01
5.85	5.4320263E-01	5.5400852E-01	5.6372390E-01	5.7250591E-01	5.8048289E-01
9.00	7.4997645E-01	7.5907884E-01	7.6726263E-01	7.7466020E-01	7.8137964E-01
11.50	8.2955369E-01	8.3765648E-01	8.4494154E-01	8.5152672E-01	8.5750825E-01

$D_p \setminus D_w$ (micron)	388.00	413.00	438.00
0.27	7.0200464E-05	7.1586396E-05	7.2860640E-05
0.54	1.1394648E-03	1.1619606E-03	1.1826436E-03
0.88	6.9425879E-03	7.0796519E-03	7.2056703E-03
1.60	5.1582719E-02	5.2601091E-02	5.3537395E-02
2.70	1.8914201E-01	1.9287615E-01	1.9630936E-01
4.00	3.5449397E-01	3.6149256E-01	3.6792716E-01
5.85	5.8776069E-01	5.9442736E-01	6.0055679E-01
9.00	7.8751012E-01	7.9312583E-01	7.9828898E-01
11.50	8.6296549E-01	8.6796449E-01	8.7256063E-01

ผลการคำนวณการกระจายขนาดของหยดละอองน้ำ

$D_w(\text{micron})$	$D_w(\text{m})$	จำนวนหยด	X_w	$U_{wt}(\text{m/s})$	$U_{Rg}(\text{m/s})$	$W_i(\text{m}^3/\text{s})$
1.00 - 25.00	1.300E-05	0.000E+00	0.000	5.105120E-03	3.000434E-01	0.000000E+00
26.00 - 50.00	3.800E-05	1.000E+00	0.003	4.362008E-02	3.031546E-01	1.193015E-09
51.00 - 75.00	6.300E-05	2.000E+01	0.067	1.198948E-01	3.230708E-01	1.087293E-07
76.00 - 100.00	8.800E-05	5.100E+01	0.170	2.339293E-01	3.804246E-01	7.556368E-07
101.00 - 125.00	1.130E-04	4.900E+01	0.163	4.726567E-01	5.598253E-01	1.537186E-06
126.00 - 150.00	1.380E-04	4.700E+01	0.157	5.772268E-01	6.505311E-01	2.685530E-06
151.00 - 175.00	1.630E-04	4.100E+01	0.137	6.817968E-01	7.448805E-01	3.860483E-06
176.00 - 200.00	1.880E-04	2.700E+01	0.090	7.863669E-01	8.416489E-01	3.900607E-06
201.00 - 225.00	2.130E-04	2.600E+01	0.087	8.909370E-01	9.400897E-01	5.462697E-06
226.00 - 250.00	2.380E-04	1.600E+01	0.053	9.955070E-01	1.039728E+00	4.689708E-06
251.00 - 275.00	2.630E-04	9.000E+00	0.030	1.100077E+00	1.140250E+00	3.559629E-06
276.00 - 300.00	2.880E-04	4.000E+00	0.013	1.204647E+00	1.241441E+00	2.077459E-06
301.00 - 325.00	3.130E-04	2.000E+00	0.007	1.309217E+00	1.343149E+00	1.333392E-06
326.00 - 350.00	3.380E-04	3.000E+00	0.010	1.413787E+00	1.445266E+00	2.518641E-06
351.00 - 375.00	3.630E-04	2.000E+00	0.007	1.518357E+00	1.547711E+00	2.079911E-06
376.00 - 400.00	3.880E-04	0.000E+00	0.000	1.622927E+00	1.650422E+00	0.000000E+00
401.00 - 425.00	4.130E-04	2.000E+00	0.007	1.727498E+00	1.753353E+00	3.063198E-06
426.00 - 450.00	4.380E-04	0.000E+00	0.000	1.832068E+00	1.856468E+00	0.000000E+00
Total		3.000E+02	1.000			3.763400E-05

ผลการคำนวณการกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่น

$D_p(\text{micron})$	$D_p(\text{m})$	$C_{amb}(\text{kg/m}^3)$	G_d	$C_0(\text{kg/m}^3)$	Z_{1d}	$C_{s1}(\text{kg/m}^3)$	Y_{1d}	$C_{g1}(\text{kg/m}^3)$	V_{1d}
0.10 - 0.43	2.65E-07	1.034125E-08	0.005	1.585397E-05	0.005	1.521034E-03	0.005	1.585397E-05	0.005
0.43 - 0.65	5.40E-07	5.982542E-10	0.000	9.171720E-07	0.000	8.799999E-05	0.000	9.171720E-07	0.000
0.65 - 1.10	8.75E-07	1.076858E-08	0.005	1.650910E-05	0.005	1.584243E-03	0.005	1.650910E-05	0.005
1.10 - 2.10	1.60E-06	4.786034E-09	0.002	7.337376E-06	0.002	7.045171E-04	0.002	7.337376E-06	0.002
2.10 - 3.30	2.70E-06	1.042672E-08	0.005	1.598500E-05	0.005	1.537190E-03	0.005	1.598500E-05	0.005
3.30 - 4.70	4.00E-06	3.392956E-08	0.016	5.201675E-05	0.016	5.016247E-03	0.016	5.201675E-05	0.016
4.70 - 7.00	5.85E-06	9.657533E-08	0.046	1.480578E-04	0.046	1.436182E-02	0.045	1.480578E-04	0.046
7.00 - 11.00	9.00E-06	1.001221E-07	0.047	1.534953E-04	0.047	1.511239E-02	0.047	1.534953E-04	0.047
11.00 - 12.00	1.15E-05	1.842452E-06	0.873	2.824628E-03	0.873	2.825973E-01	0.876	2.824628E-03	0.873
Total		2.110000E-06	1.000	3.234800E-03	1.000	3.225227E-01	1.000	3.234800E-03	1.000

D_p (m)	$U_{pt}(m/s)$	$Q_i(kg/s)$	Total K_s	Total K_g	$C_{s2}(kg/m^3)$	Y_{2d}	$C_{g2}(kg/m^3)$	V_{2d}
2.65E-07	5.519887E-06	6.844651E-05	2.026756E-04	4.981956E-05	1.520725E-03	0.074	1.585318E-05	0.010
5.40E-07	2.292060E-05	3.959999E-06	3.290934E-03	8.089398E-04	8.771086E-05	0.004	9.164303E-07	0.001
8.75E-07	6.018032E-05	7.129093E-05	2.006600E-02	4.932364E-03	1.552770E-03	0.075	1.642787E-05	0.011
1.60E-06	2.012234E-04	3.170327E-05	1.494526E-01	3.673576E-02	6.067155E-04	0.029	7.072723E-06	0.005
2.70E-06	5.730149E-04	6.917356E-05	5.504917E-01	1.353069E-01	8.864457E-04	0.043	1.396206E-05	0.009
4.00E-06	1.257646E-03	2.257311E-04	1.036516E+00	2.547584E-01	1.779204E-03	0.086	4.031838E-05	0.026
5.85E-06	2.689987E-03	6.462819E-04	1.943618E+00	4.774587E-01	2.056397E-03	0.100	9.184880E-05	0.059
9.00E-06	6.366833E-03	6.800574E-04	2.857720E+00	6.948401E-01	8.674431E-04	0.042	7.661782E-05	0.049
1.15E-05	1.039523E-02	1.271688E-02	3.224911E+00	7.813147E-01	1.123587E-02	0.546	1.293125E-03	0.831
Total		1.451352E-02			2.059328E-02	1.000	1.556142E-03	1.000

D_p (m)	$Q_{ut1}(kg/s)$	$Q_{ut2}(kg/s)$	Del $Q_{ut}(kg/s)$	$C_{O2}(kg/m^3)$	Z_{2d}
2.65E-07	6.210908E-05	6.209686E-05	1.222326E-08	1.585114E-05	0.029
5.40E-07	3.593335E-06	3.581870E-06	1.146523E-08	9.145182E-07	0.002
8.75E-07	6.468958E-05	6.344147E-05	1.248113E-06	1.622025E-05	0.030
1.60E-06	2.876699E-05	2.488663E-05	3.880367E-06	6.439886E-06	0.012
2.70E-06	6.276321E-05	3.690503E-05	2.585818E-05	1.001340E-05	0.019
4.00E-06	2.047905E-04	7.591711E-05	1.288734E-04	2.233865E-05	0.041
5.85E-06	5.861974E-04	9.453205E-05	4.916653E-04	3.549328E-05	0.066
9.00E-06	6.164877E-04	4.555716E-05	5.709305E-04	2.471200E-05	0.046
1.15E-05	1.152129E-02	6.352014E-04	1.088609E-02	4.081452E-04	0.756
Total	1.315069E-02	1.042120E-03	1.210857E-02	5.401283E-04	1.000

D_p (m)	$C_{amb}U_{amb}A_{sc}$ (kg/s)	$C_0U_{amb}A_{sc}$ (kg/s)	$C_0U_{pt}A_{bc}$ (kg/s)	$C_0U_{vt}A_{tc}$ (kg/s)	$C_{O2}U_{amb}A_{sc}$ (kg/s)	$C_{O2}U_{pt}A_{bc}$ (kg/s)	$C_{O2}U_{vt}A_{tc}$ (kg/s)
2.65E-07	4.420885E-08	6.777573E-05	1.556841E-09	7.134288E-07	6.776364E-05	1.556563E-09	7.133014E-07
5.40E-07	2.557537E-09	3.920910E-06	3.739837E-10	4.127274E-08	3.909565E-06	3.729016E-10	4.115332E-08
8.75E-07	4.603566E-08	7.057638E-05	1.767477E-08	7.429093E-07	6.934158E-05	1.736553E-08	7.299113E-07
1.60E-06	2.046030E-08	3.136728E-05	2.626607E-08	3.301819E-07	2.753051E-05	2.305327E-08	2.897949E-07
2.70E-06	4.457421E-08	6.833586E-05	1.629500E-07	7.193249E-07	4.280728E-05	1.020759E-07	4.506029E-07
4.00E-06	1.450489E-07	2.223716E-04	1.163798E-06	2.340754E-06	9.549771E-05	4.997942E-07	1.005239E-06
5.85E-06	4.128595E-07	6.329469E-04	7.085284E-06	6.662599E-06	1.517338E-04	1.698526E-06	1.597197E-06
9.00E-06	4.280221E-07	6.561923E-04	1.738579E-05	6.907288E-06	1.056438E-04	2.799028E-06	1.112040E-06
1.15E-05	7.876483E-06	1.207528E-02	5.223616E-04	1.271082E-04	1.744821E-03	7.547876E-05	1.836653E-05

Total 9.020250E-06 1.382877E-02 5.482053E-04 1.455660E-04 2.309049E-03 8.062053E-05 2.430577E-05

$D_p(m)$	% η_{coj}
2.65E-07	0.0178465944
5.40E-07	0.289339149
8.75E-07	1.74960223
1.60E-06	12.2317478
2.70E-06	37.3575232
4.00E-06	57.0549018
5.85E-06	76.0274127
9.00E-06	83.9004824
1.15E-05	85.5504778

ประสิทธิภาพในการจับฝุ่นรวม 83.3025748%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ข้อมูลพื้นฐานของโรงโม่หินที่ใช้ทดสอบ

ง.1 โรงโม่หินแห่งที่ 1 เป็นโรงโม่หินที่มีขนาดใหญ่ กำลังการผลิตสูง มีโรงโม่อยู่ 3 โรง ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกใช้ข้อมูลจากโรงโม่ที่หนึ่ง ซึ่งเป็นโรงโม่ที่มีการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นโดยการฉีดหยดละอองน้ำเรียบร้อยแล้ว โดยอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบกำจัดฝุ่นที่เปิดโล่งโดยการฉีดหยดละอองน้ำ ได้แก่ ปากโม่ 1 (Primary Jaw crusher) และปากชอยจำนวน 4 เครื่อง (Secondary jaw crusher) สาเหตุที่เลือกใช้อุปกรณ์ดังกล่าวของโรงโม่หินแห่งที่ 1 เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากเอกสารอ้างอิง(กมล ธนชนพวรรณ, 2540) ค่อนข้างเพียงพอสำหรับนำมาประเมินหาประสิทธิภาพการจับฝุ่น โดยข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ทั้งสองและสภาพแวดล้อมมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลการตรวจวัดฝุ่นในสภาพแวดล้อมของโรงงาน

เก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ ในทิศทางเหนือลมและใต้ลม เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้านเหนือลมอยู่บริเวณด้านข้างโรงงานห่างจากสายการผลิตที่ใกล้ที่สุดประมาณ 50 เมตร ส่วนด้านใต้ลมอยู่ห่างจากสายการผลิตประมาณ 60 เมตร เก็บตัวอย่างขณะที่มีการควบคุมฝุ่นโดยการฉีดหยดละอองน้ำ

ตำแหน่ง	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)
เหนือลม	0.6177
ใต้ลม	0.8365

– ทิศทางและความเร็วลม

ช่วงเวลากลางวันประมาณ 8.00 – 18.00 น. กระแสลมจะพัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ หรือทิศตะวันออกเฉียงเป็นส่วนใหญ่ ความเร็วลมจากสิ่งแวดล้อมประมาณ 5–6 กม./ชม. ซึ่งความเร็วสูงกว่าช่วงเย็นและกลางคืน ในช่วงเย็นลมจะพัดจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ ช่วงเย็น หัวค่ำ และเช้ามีความเร็วลมประมาณ 3–5.5 กม./ชม. ส่วนเวลา 24.00 – 4.00 น. ความเร็วลมจะต่ำมากประมาณ 0–3 กม./ชม.

ง.1.1 ข้อมูลปากโม่ 1 โรงโม่หินแห่งที่ 1

ขนาดอุปกรณ์	1.22 x 1.52 x 2	ลบ.ม.
บริเวณกำเนิดฝุ่นขนาด	1.17 x 1.47	ตารางเมตร
ชนิดหัวฉีดที่เลือกใช้	หัวฉีดประเภทที่ 1	
จำนวนหัวฉีด	8	หัวฉีด
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นก่อนการเปิดสเปรย์น้ำ (C_0)	3744.93	มก./ลบ.ม.
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นเมื่อเปิดสเปรย์น้ำ (C'_0)	336.78	มก./ลบ.ม.

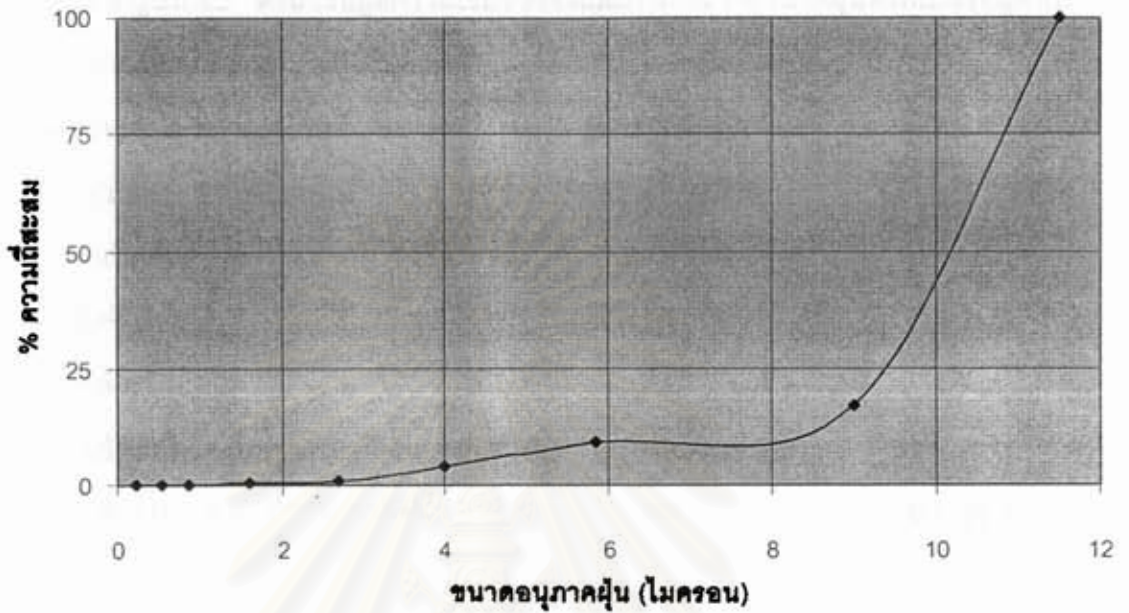
การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นขณะไม่เปิดสเปรย์น้ำ

การหาการกระจายขนาดโดยใช้เครื่อง Cascade Impactor เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 จุด โดยวัดห่างจากปากโม่ประมาณ 50 ซม. ในด้านที่รับฝุ่นจากการเทหินมากที่สุด

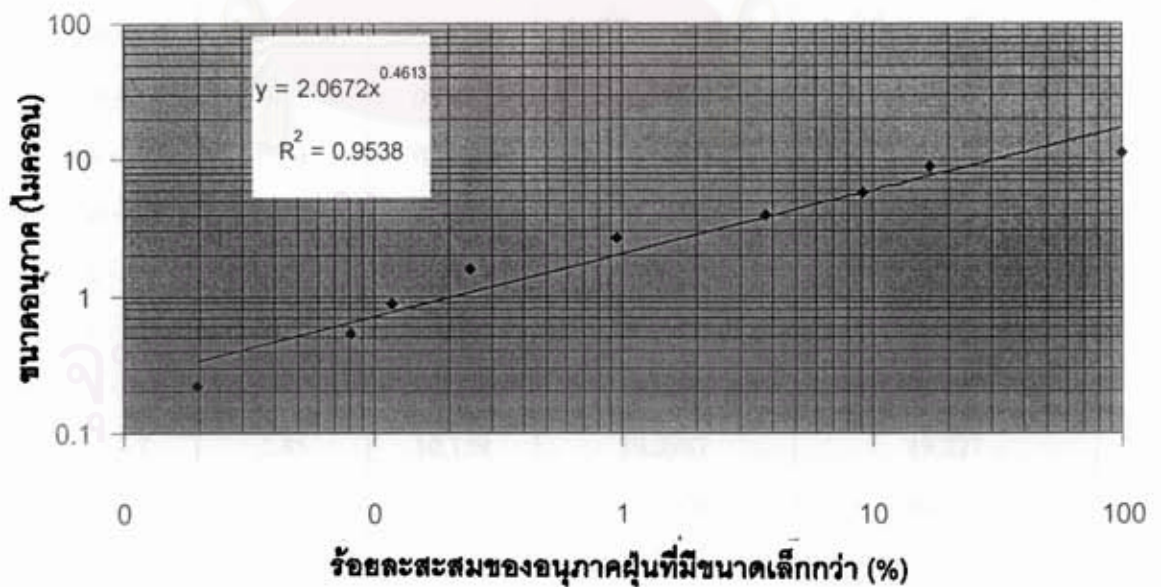
ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	ค่ากลาง (ไมครอน)	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)	ค่าสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า	ร้อยละสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า(%)
<0.43	0.22	0.0955	0.0955	0.020
0.43 - 0.65	0.54	0.296	0.3915	0.081
0.65 - 1.1	0.875	0.191	0.5825	0.120
1.1 - 2.1	1.6	0.6112	1.1937	0.246
2.1 - 3.3	2.7	3.4476	4.6413	0.957
3.3 - 4.7	4	13.6852	18.3265	3.779
4.7 - 7	5.85	26.358	44.6845	9.215
7 - 11.0	9	38.4483	83.1328	17.144
>11	11.5	401.7859	484.9187	100.000
Total		484.9187		

หมายเหตุ : จากเอกสารอ้างอิง(กมล ธนะนพวรรณ, 2540) การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นจะทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่อง Smoke Opacity Meter โดยวัดในทิศทางที่คิดว่าฝุ่นเกิดมากที่สุดหรือทิศทางใต้ลม ห่างจาแหล่งกำเนิด 1 เมตร และนำเฉพาะค่าที่สูงที่สุดไปใช้ เนื่องจากโรงโม่มีการติดตั้งระบบ

หัวข้อนี้สำหรับควบคุมฝุ่นอยู่แล้วการวัดจึงวัดขณะที่มีการฉีดหยดละอองน้ำเพื่อควบคุมฝุ่น และขณะที่ไม่ได้ฉีดหยดละอองน้ำหรือไม่มีการควบคุม



รูปที่ 1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า และขนาดอนุภาคฝุ่นไมครอนของปากไม้ 1 ของโรงโม่หินแห่งที่ 1



รูปที่ 1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า กับขนาดอนุภาคฝุ่นบริเวณปากไม้ 1 ของโรงโม่หินแห่งที่ 1 เมื่อแสดงบนกราฟเซมิล็อก

ง.1.2 ข้อมูลปากไม้ 2 โรงไม่หินแห่งที่ 1

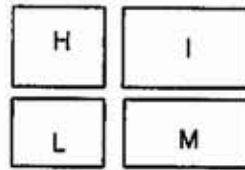
เนื่องจากปากไม้ 2 มีจำนวน 4 ตัว และตำแหน่งของปากไม้ 2 ทั้ง 4 ตัว อยู่ใกล้เคียงกันมากดังแสดงรูปที่ ง.3 ดังนั้นข้อมูลความเข้มข้นของและการกระจายขนาดฝุ่นที่วัดเป็นข้อมูลที่วัดโดยพิจารณาปากไม้ 2 รวมทั้ง 4 ตัว

ปากไม้ H และ L ขนาดอุปกรณ์	0.2 x 0.91 x 2	ลบ.ม.
ปากไม้ M และ I ขนาดอุปกรณ์	0.53 x 0.91 x 2	ลบ.ม.
บริเวณกำเนิดฝุ่นขนาด (คิดรวมทั้ง 4 ตัว)	0.73 x 1.82	ตารางเมตร
ชนิดหัวฉีดที่เลือกใช้	หัวฉีดประเภทที่ 1	
จำนวนหัวฉีด	4	หัวฉีด
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นก่อนการเปิดสเปรย์น้ำ (C_0)	1548.33	มก./ลบ.ม.
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นเมื่อเปิดสเปรย์น้ำ (C'_0)	635	มก./ลบ.ม.

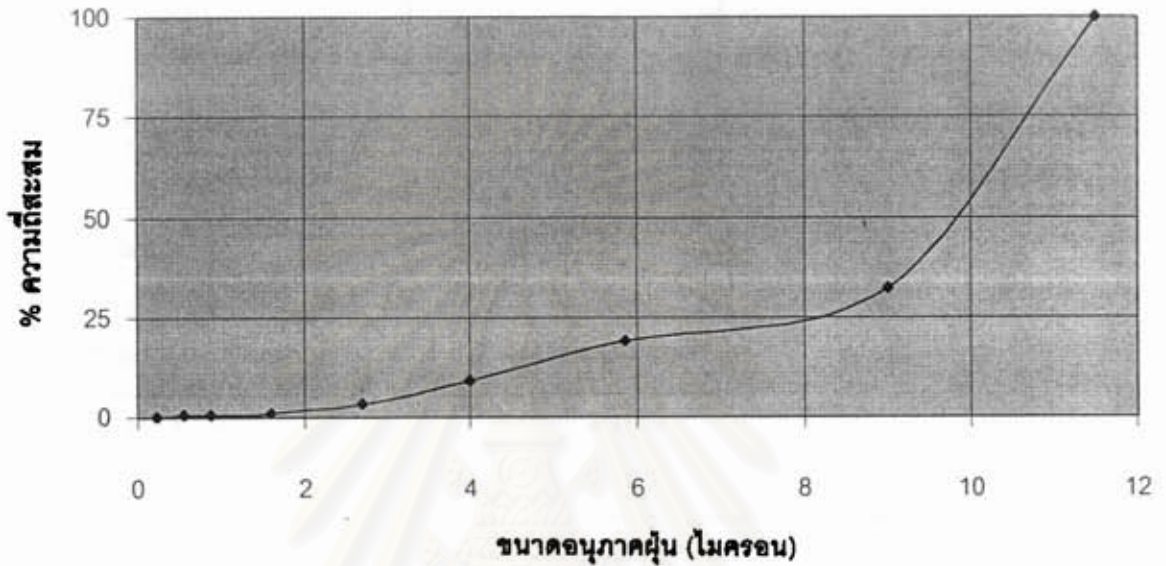
การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นขณะไม่เปิดสเปรย์น้ำ

การหาการกระจายขนาดโดยใช้เครื่อง Cascade Impactor เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 จุด โดยวัดห่างจากปากไม้ประมาณ 1.2 เมตร ในด้านที่รับฝุ่นจากการเทหินมากที่สุด

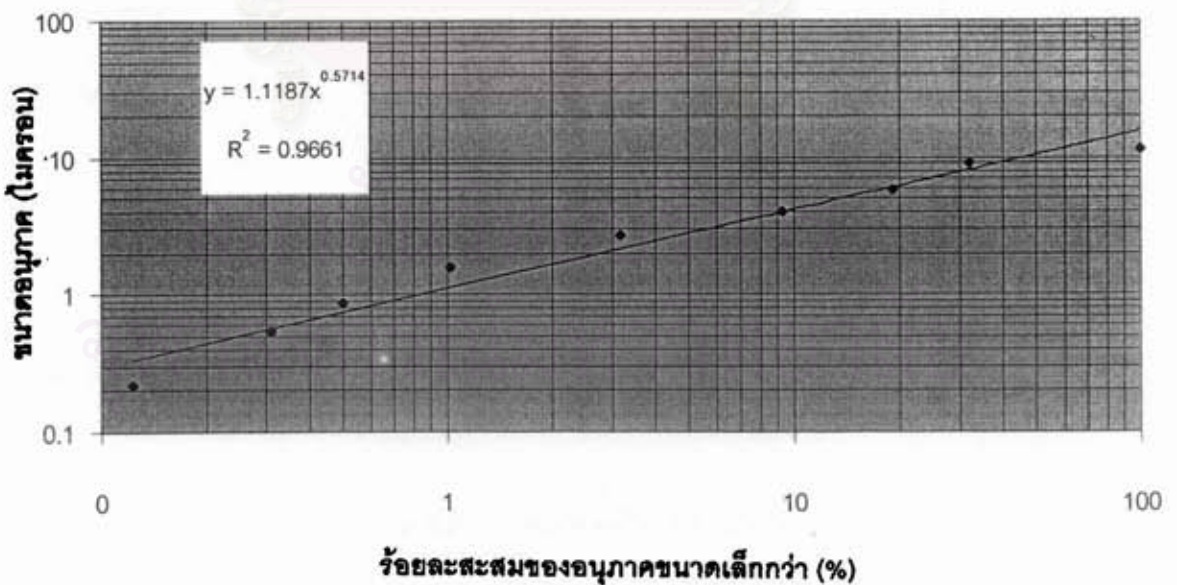
ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	ค่ากลาง (ไมครอน)	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)	ค่าสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า	ร้อยละสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า(%)
<0.43	0.22	0.1262	0.1262	0.124
0.43 - 0.65	0.54	0.1893	0.3155	0.310
0.65 - 1.1	0.875	0.1893	0.5048	0.495
1.1 - 2.1	1.6	0.5427	1.0475	1.028
2.1 - 3.3	2.7	2.1706	3.2181	3.157
3.3 - 4.7	4	6.2216	9.4397	9.261
4.7 - 7	5.85	10.159	19.5987	19.227
7 - 11.0	9	13.1121	32.7108	32.091
>11	11.5	69.2201	101.9309	100.000
Total		101.9309		



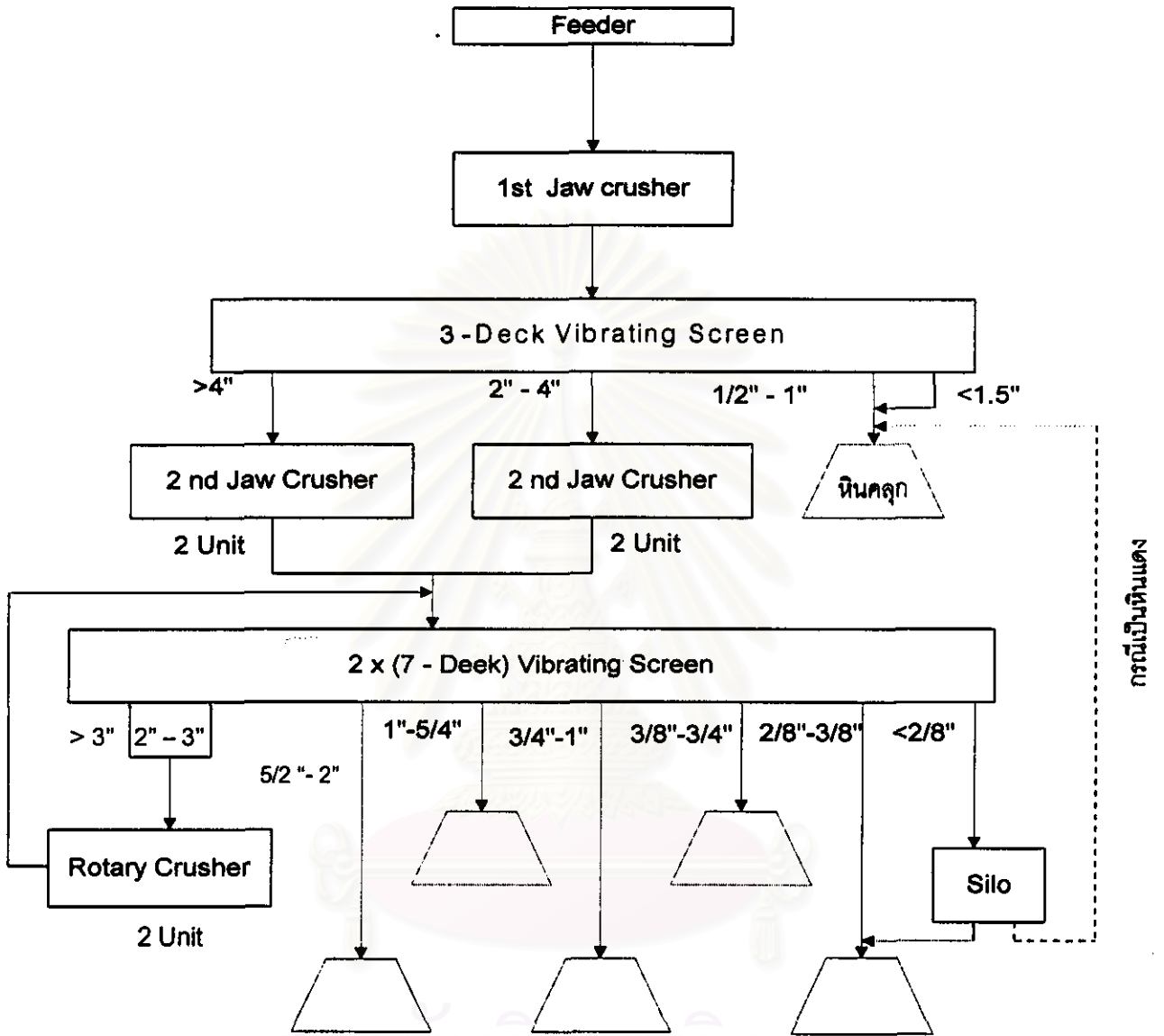
รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งของปากไม้ 2 ทั้ง 4 ตัว ของโรงไม้หินแห่งที่ 1



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า และขนาดอนุภาคฝุ่นไมครอนของปากไม้ 2 ของโรงไม้หินแห่งที่ 1



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า กับขนาดอนุภาคฝุ่นบริเวณปากไม้ 2 ของโรงไม้หินแห่งที่ 1 เมื่อแสดงบนกราฟเซมิล็อก



รูปที่ ๖.6 แผนภูมิการผลิตของโรงโม่หินแห่งที่ 1

ง.2 โรงโม่หินแห่งที่ 2 มีโรงโม่อยู่ 4 โรง ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกใช้ข้อมูลโรงโม่ที่ 3 ซึ่งเป็นโรงโม่ที่อยู่ในโครงการพัฒนาและสร้างระบบบริหารจัดการกำจัดฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมไม้แปดและย่อยหินของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากโรงโม่หินแห่งที่ 2 ตั้งอยู่ในเขตตำบลหน้าพระลานซึ่งเป็นจุดที่มีโรงโม่หินและเหมืองหินอยู่หนาแน่นที่สุดในประเทศไทย ประกอบกับเหมืองหินใกล้พอสมควร เพราะฉะนั้นการตรวจวัดฝุ่นในบรรยากาศสภาพแวดล้อมโรงโม่จะได้รับอิทธิพลจากโรงโม่อื่น และเหมืองหินในบริเวณใกล้เคียงพอสมควร ถนนภายในโรงงานมีการเทคอนกรีตและเก็บกวาดฝุ่นที่อยู่ในชั้นตึ่มากเมื่อเทียบกับโรงโม่หินอื่นๆ

โดยอุปกรณ์หรือแหล่งกำเนิดฝุ่นที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบกำจัดฝุ่นในที่เปิดโล่งโดยการฉีดหยดละอองน้ำ ได้แก่ ปากโม่ 1 (Primary Jaw crusher), ปากชอย (Secondary jaw crusher), ตะแกรงหินคูลูก (Primary screen) และตะแกรงคัดขนาดหินชุดที่ 2 (Secondary screen) สาเหตุที่เลือกใช้อุปกรณ์ดังกล่าวของโรงโม่หินแห่งที่ 2 เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากเอกสารอ้างอิง (กรมควบคุมมลพิษ, 2540 และ 2541) ค่อนข้างเพียงพอสำหรับนำมาประเมินหาประสิทธิภาพการจับฝุ่น โดยข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลการตรวจวัดฝุ่นในสภาพแวดล้อมของโรงงาน

ความเข้มข้นของฝุ่นในสภาพแวดล้อมตรวจวัดโดยใช้เครื่อง High volume Sampler เก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ ในทิศทางเหนือลม และใต้ลม เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง การวัดนี้ทำขณะที่โรงโม่ 3 ปิดซ่อมไม่ได้ทำการผลิต แต่ยังคงมีการผลิตในโรงที่ 1, 2 และ 4

ตำแหน่ง	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)
เหนือลม	9.788
ใต้ลม	2.111

— ทิศทางและความเร็วลม

การวัดทิศทางลมวัดโดยใช้เครื่อง Anemometer ทำการวัดทิศทางลม ณ ตำแหน่งที่ตั้งเครื่อง High Volume Sampler ทั้งสองจุด กระแสลมมีทิศทางพัดจากทิศเหนือมายังทิศใต้ โดยจะแสดงผลว่าทำมุมกับทิศเหนือกี่องศา

ด้านเหนือลม

เวลา	ทิศทาง	ทำมุมกับทิศเหนือ (องศา)	ความเร็ว (เมตร/วินาที)
8.17	ตะวันออกเฉียงเหนือ	23	4
8.25	ตะวันออกเฉียงเหนือ	31	3
9.03	ตะวันออกเฉียงเหนือ	98	4
10.12	ตะวันออกเฉียงเหนือ	47	4
10.17	ตะวันออกเฉียงเหนือ	55	5
15.28	ตะวันออกเฉียงเหนือ	34	3
13.12	ตะวันออกเฉียงเหนือ	70	6
17.15	ตะวันออกเฉียงเหนือ	48	4
17.20	ตะวันออกเฉียงเหนือ	35	3

ด้านใต้ลม

เวลา	ทิศทาง	ทำมุมกับทิศเหนือ (องศา)	ความเร็ว (เมตร/วินาที)
8.35	ตะวันออกเฉียงเหนือ	55	3
9.10	ตะวันออกเฉียงเหนือ	14	ต่ำมาก
10.08	ตะวันออกเฉียงเหนือ	52	5
11.42	ตะวันออกเฉียงเหนือ	26	4.5
15.56	ตะวันออกเฉียงเหนือ	2	ต่ำมาก
17.25	ตะวันออกเฉียงเหนือ	50	ต่ำมาก

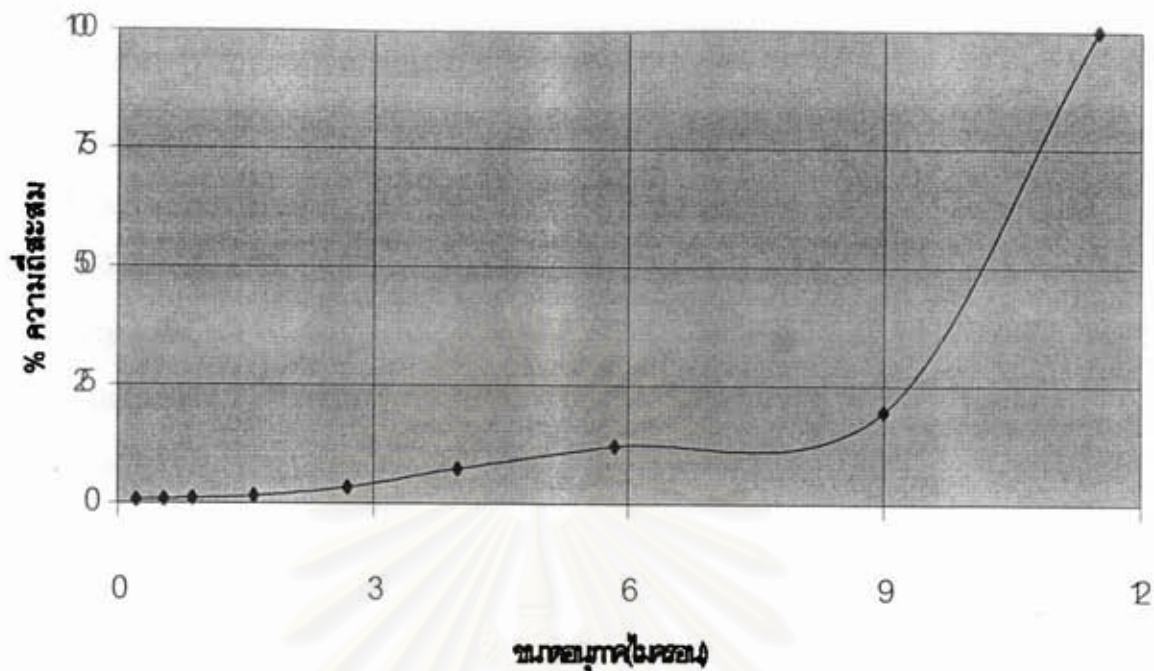
ง.2.1 ข้อมูลปากไม้ 1 โรงโม่หินแห่งที่ 2

ขนาดอุปกรณ์	0.8 x 1.2 x 2	ลบ.ม.
บริเวณกำเนิดฝุ่นขนาด	0.75 x 1.15	ตารางเมตร
ชนิดหัวฉีดที่เลือกใช้	หัวฉีดประเภทที่ 1	
จำนวนหัวฉีด	8	หัวฉีด
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นก่อนการเปิดสเปรย์น้ำ (C_0)	6334.71	มก./ลบ.ม.
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นเมื่อเปิดสเปรย์น้ำ (C'_0)	432.98	มก./ลบ.ม.

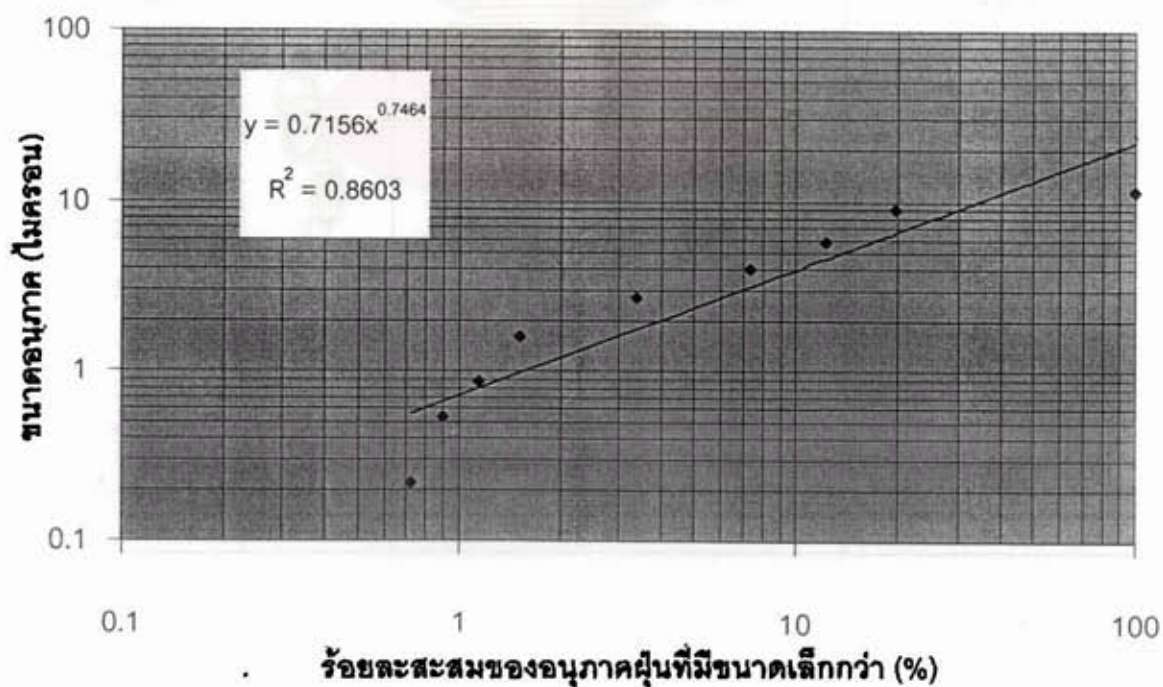
การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นขณะไม่เปิดสเปรย์น้ำ

การหาการกระจายขนาดโดยใช้เครื่อง Cascade Impactor เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 จุด โดยวัดห่างจากขอบปากไม้ประมาณ 80 ซม. ในด้านที่รับฝุ่นจากการเทหินมากที่สุด

ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	ค่ากลาง (ไมครอน)	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)	ค่าสะสมของอนุภาค ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า	ร้อยละสะสมของอนุภาค ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า(%)
<0.43	0.22	0.79	0.79	0.725
0.43 - 0.65	0.54	0.19	0.98	0.896
0.65 - 1.1	0.875	0.27	1.25	1.143
1.1 - 2.1	1.6	0.41	1.66	1.519
2.1 - 3.3	2.7	2.01	3.67	3.361
3.3 - 4.7	4	4.32	7.99	7.329
4.7 - 7	5.85	5.29	13.28	12.183
7 - 11.0	9	8.05	21.33	19.572
>11	11.5	87.66	108.99	100
Total		108.99		



รูปที่ ๗.๗ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า และขนาดอนุภาคฝุ่นไมครอนของปากโม 1 ของโรงโม่หินแห่งที่ 2



รูปที่ ๗.๘ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า กับขนาดอนุภาคฝุ่นบริเวณปากโม 1 ของโรงโม่หินแห่งที่ 2 เมื่อแสดงบนกราฟเซมิล็อก

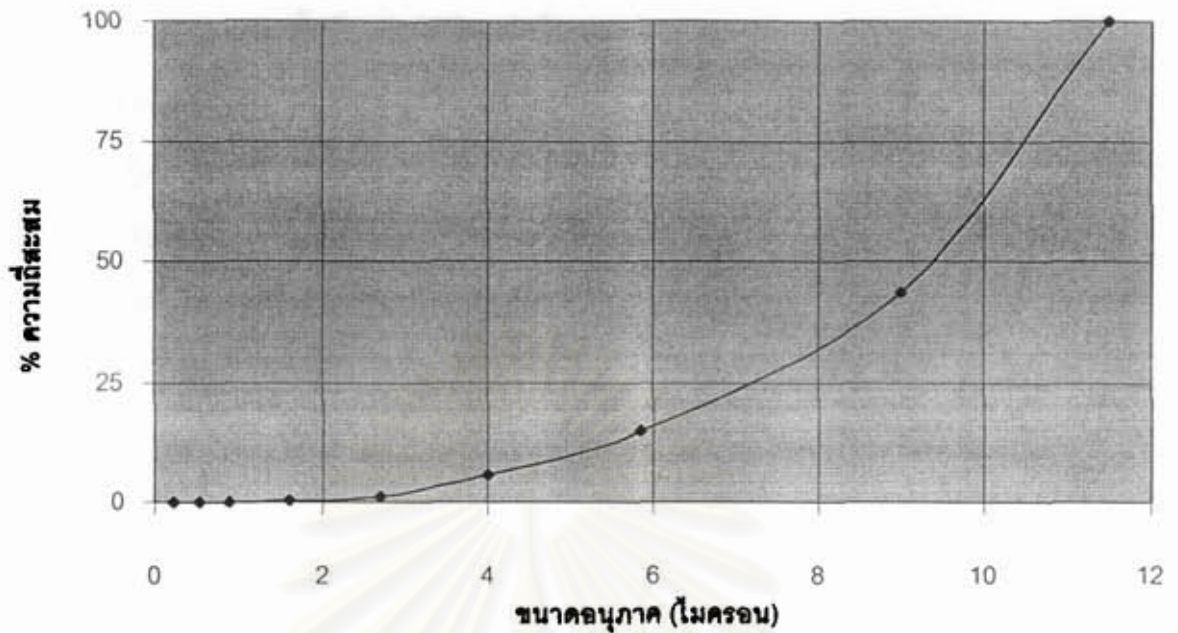
ง.2.2 ข้อมูลปากท่อหรือปากโม้2 โรงโม่หินแห่งที่ 2

ขนาดอุปกรณ์	0.8 x 1 x 2	ลบ.ม.
บริเวณกำเนิดฝุ่นขนาด	0.75 x 0.95	ตารางเมตร
ชนิดหัวฉีดที่เลือกใช้	หัวฉีดประเภทที่ 1	
จำนวนหัวฉีด	6	หัวฉีด
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นก่อนการเปิดสเปรย์น้ำ (C_0)	5771.09	มก./ลบ.ม.
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นเมื่อเปิดสเปรย์น้ำ (C'_0)	468.73	มก./ลบ.ม.

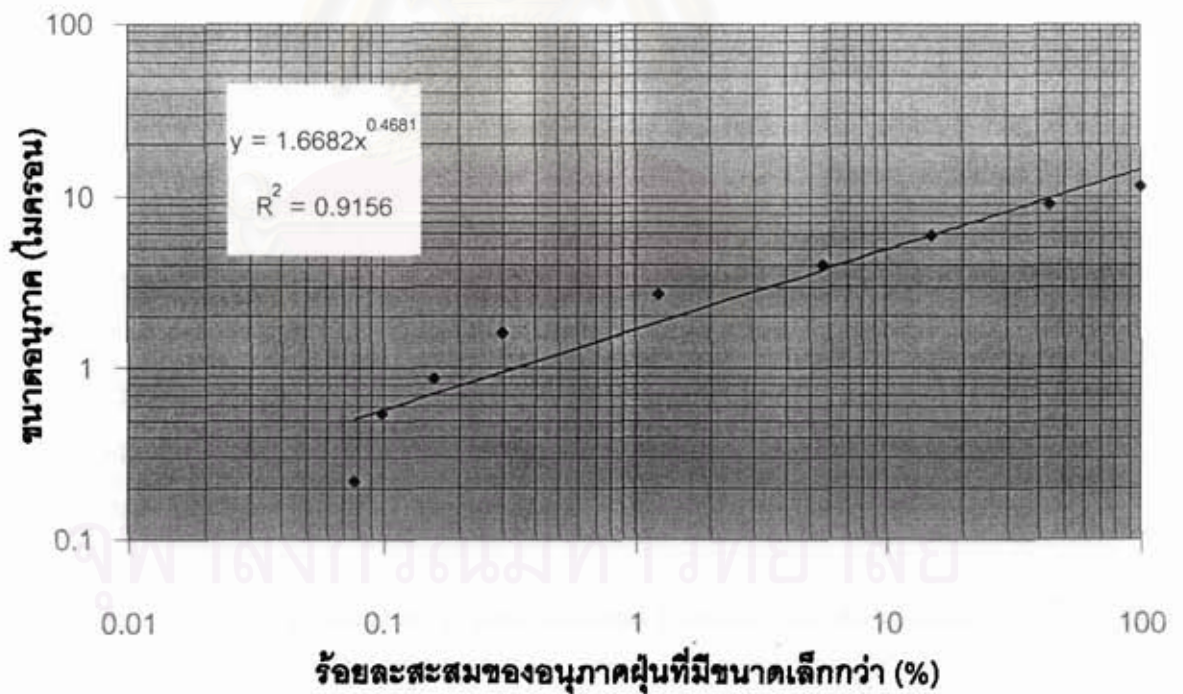
การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นขณะไม่เปิดสเปรย์น้ำ

การหาการกระจายขนาดโดยใช้เครื่อง Cascade Impactor เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 จุด โดยวัดข้างฐานเครื่องโม่ ไม่สามารถวัดบริเวณปากโม้ได้

ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	ค่ากลาง (ไมครอน)	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)	ค่าสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า	ร้อยละสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า(%)
<0.43	0.22	0.24	0.24	0.077
0.43 - 0.65	0.54	0.06	0.3	0.098
0.65 - 1.1	0.875	0.19	0.49	0.158
1.1 - 2.1	1.6	0.45	0.94	0.299
2.1 - 3.3	2.7	3.08	4.02	1.258
3.3 - 4.7	4	13.83	17.85	5.565
4.7 - 7	5.85	30.4	48.25	15.022
7 - 11.0	9	91.86	140.11	43.605
>11	11.5	181.24	321.35	100
Total		321.35		



รูปที่ ๙.๑ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า และขนาดอนุภาคฝุ่นไมครอนของปากไม้ 2 ของโรงไม้หินแห่งที่ 2



รูปที่ ๙.๑๐ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า กับขนาดอนุภาคฝุ่นบริเวณปากไม้ 2 ของโรงไม้หินแห่งที่ 2 เมื่อแสดงบนกราฟเซมิล็อก

ง.2.3 ข้อมูลตะแกรงชั้นที่ 1 โรงโมหินแห้งที่ 2

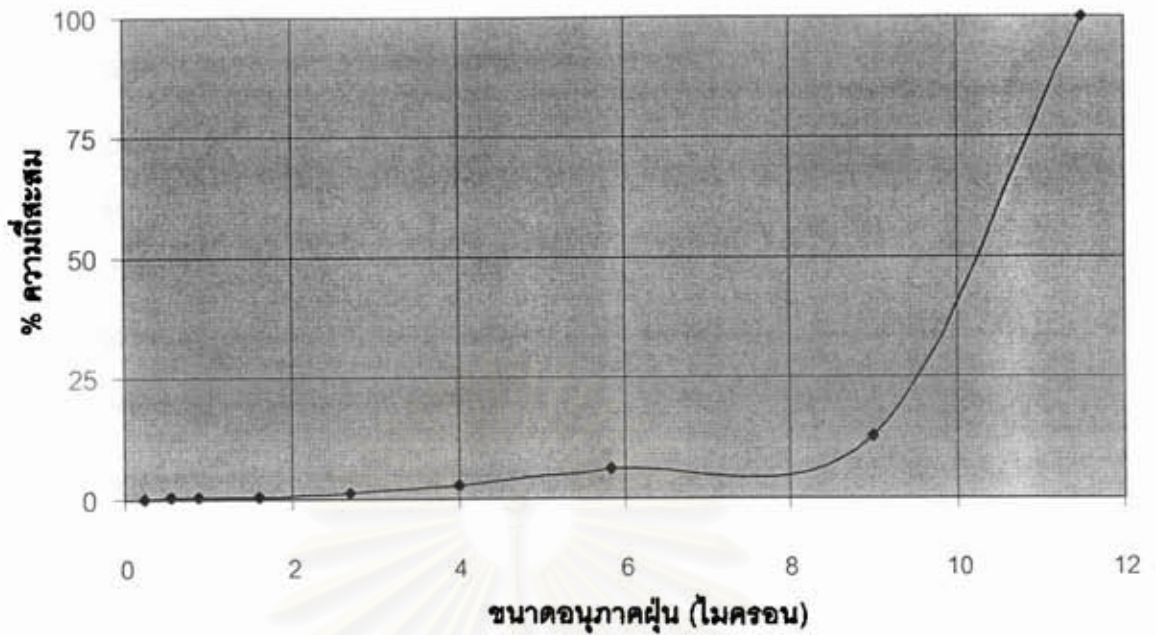
ขนาดอุปกรณ์	1.2 x 3.7 x 1.5	ลบ.ม.
ชนิดหัวฉีดที่เลือกใช้	หัวฉีดประเภทที่ 1	
จำนวนหัวฉีด	2	หัวฉีด
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นก่อนการเปิดสเปรย์น้ำ (C_0)	3234.80	มก./ลบ.ม.
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นเมื่อเปิดสเปรย์น้ำ (C_0')	432.98	มก./ลบ.ม.

การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นขณะไม่เปิดสเปรย์น้ำ

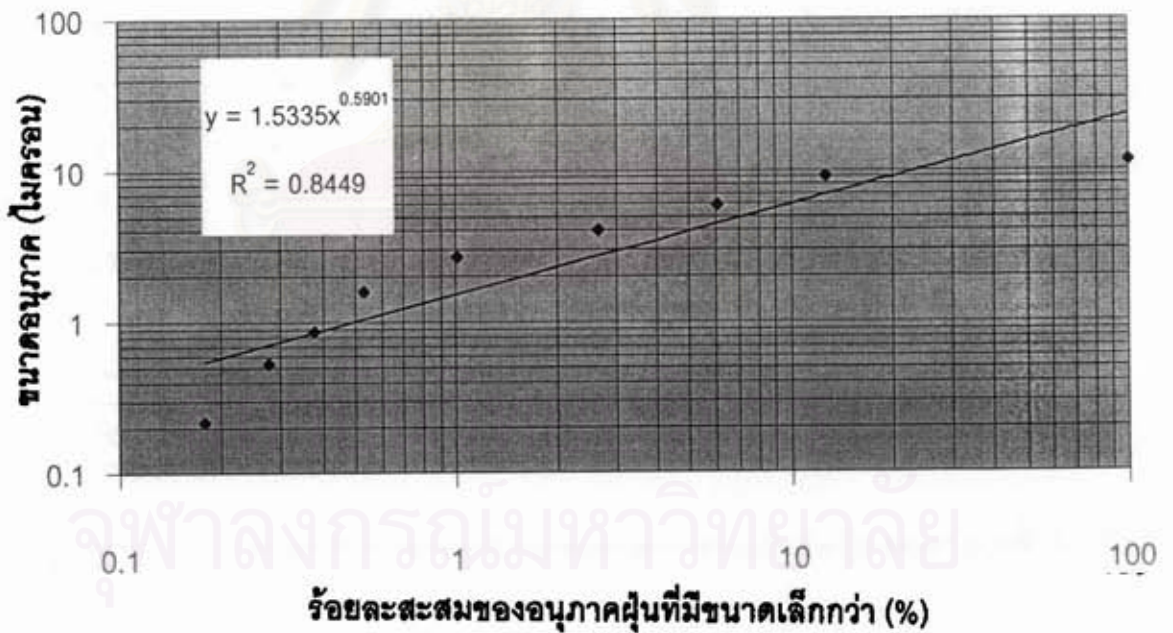
การหาการกระจายขนาดโดยใช้เครื่อง Cascade Impactor เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 จุด โดยวัดข้างของตะแกรง ห่างประมาณ 20 ซม. ด้านเหนือลม

ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	ค่ากลาง (ไมครอน)	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)	ค่าสะสมของอนุภาค ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า	ร้อยละสะสมของอนุภาค ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า(%)
<0.43	0.22	2.42	2.42	0.179
0.43 - 0.65	0.54	0.14	2.56	0.278
0.65 - 1.1	0.875	2.52	5.08	0.377
1.1 - 2.1	1.6	1.12	6.2	0.529
2.1 - 3.3	2.7	2.44	8.64	1.005
3.3 - 4.7	4	7.94	16.58	2.664
4.7 - 7	5.85	22.6	39.18	6.096
7 - 11.0	9	23.43	62.61	12.714
>11	11.5	431.16	493.77	100
Total		493.77		

หมายเหตุ : ในเอกสารอ้างอิงไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดว่าบริเวณกำเนิดฝุ่นของตะแกรงชั้นที่ 1 มีพื้นที่เท่าใด แต่บอกเพียงว่าฝุ่นจะเกิดมากบริเวณที่สายพานเทหินให้ตกลงบนตะแกรง และมีการฉีดน้ำเฉพาะบริเวณนั้น เนื่องจากหากฉีดหยดละอองน้ำคลุมทั้งตะแกรงค้ดขนาดอาจทำให้เกิดการอุดตันได้



รูปที่ ๑.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า และขนาดอนุภาคฝุ่นไมครอนของตะแกรงชั้นที่ 1 ของโรงโม่หินแห่งที่ 2



รูปที่ ๑.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า กับขนาดอนุภาคฝุ่นบริเวณตะแกรงชั้นที่ 1 ของโรงโม่หินแห่งที่ 2 เมื่อแสดงบนกราฟเซมิล็อก

ง.2.4 ข้อมูลตะแกรงชั้นที่ 2 โรงโม่หินแห่งที่ 2

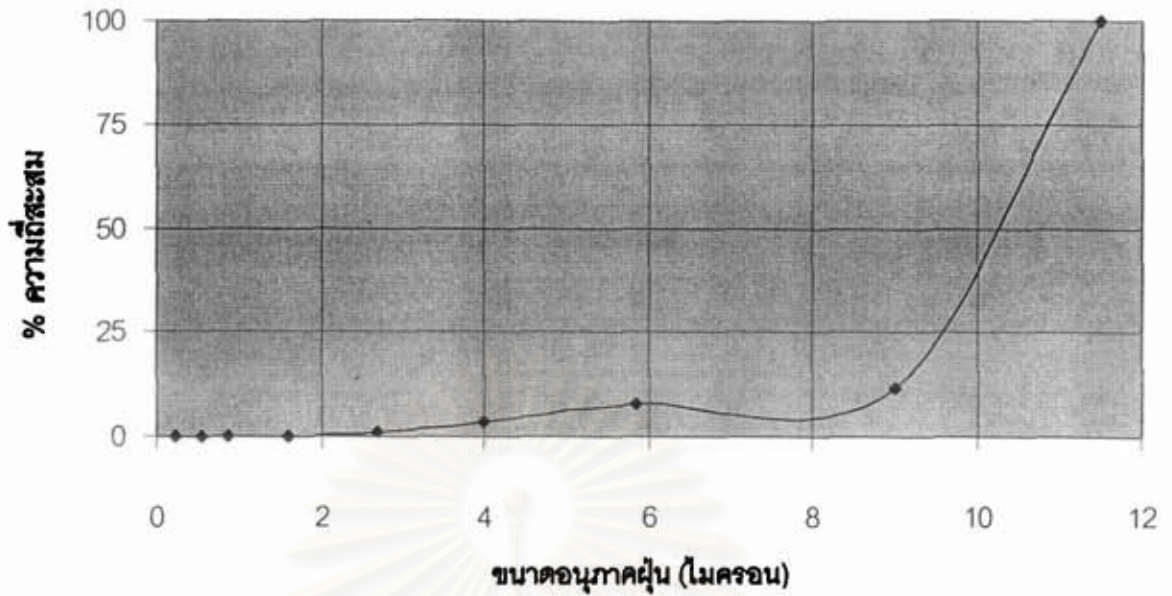
ขนาดอุปกรณ์	1.2 x 3.7 x 1.5	ลบ.ม.
ชนิดหัวฉีดที่เลือกใช้	หัวฉีดประเภทที่ 1	
จำนวนหัวฉีด	2	หัวฉีด
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นก่อนการเปิดสเปรย์น้ำ (C_0)	6616.52	มก./ลบ.ม.
ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นเมื่อเปิดสเปรย์น้ำ (C'_0)	754.66	มก./ลบ.ม.

การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นขณะไม่เปิดสเปรย์น้ำ

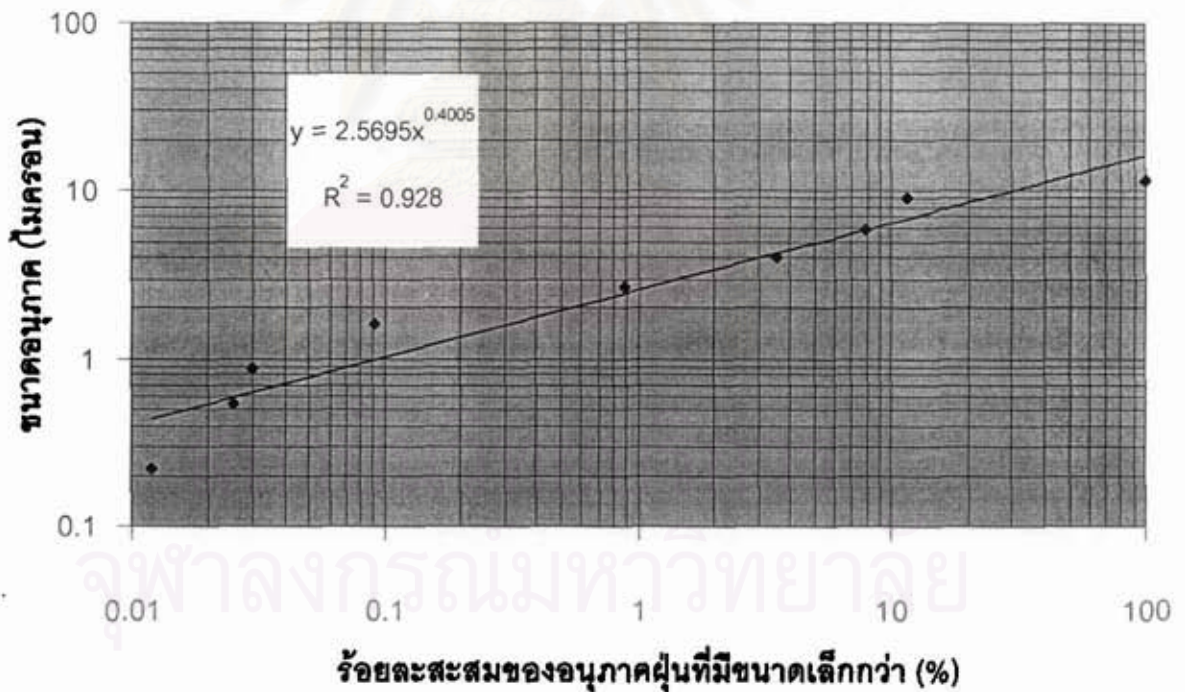
การหาการกระจายขนาดโดยใช้เครื่อง Cascade Impactor โดยวัดด้านหลังตะแกรง

ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	ค่ากลาง (ไมครอน)	ความเข้มข้น (มก./ลบ.ม.)	ค่าสะสมของอนุภาค ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า	ร้อยละสะสมของอนุภาค ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า(%)
<0.43	0.22	0.23	0.23	0.012
0.43 - 0.65	0.54	0.23	0.46	0.025
0.65 - 1.1	0.875	0.09	0.55	0.03
1.1 - 2.1	1.6	1.12	1.67	0.091
2.1 - 3.3	2.7	14.48	16.15	0.882
3.3 - 4.7	4	48.99	65.14	3.557
4.7 - 7	5.85	79.38	144.52	7.897
7 - 11.0	9	67.67	212.19	11.593
>11	11.5	1618.67	1830.86	100
Total		1830.86		

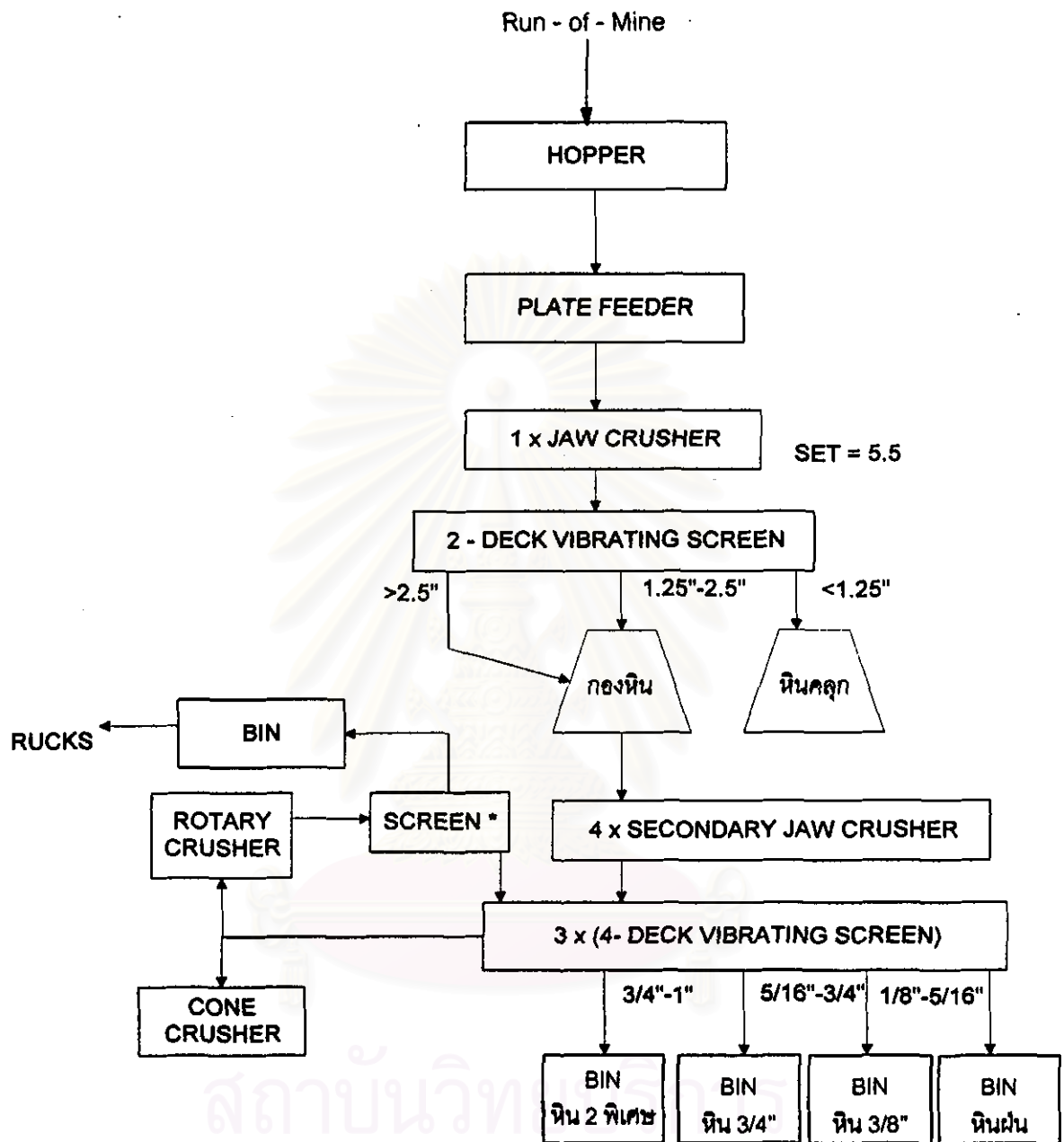
หมายเหตุ : ในเอกสารอ้างอิงไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดว่าบริเวณกำเนิดฝุ่นของตะแกรงชั้นที่ 2 มีพื้นที่เท่าใด แต่บอกเพียงว่าฝุ่นจะเกิดมากบริเวณที่สายพานเทหินให้ตกลงบนตะแกรง และมีการฉีดน้ำเฉพาะบริเวณนั้น เนื่องจากหากฉีดหยดละอองน้ำคลุมทั้งตะแกรงคัดขนาดอาจทำให้เกิดการอุดตันได้



รูปที่ ๑.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า และขนาดอนุภาคฝุ่นไมครอนของตะแกรงชั้นที่ 2 ของโรงโม่หินแห่งที่ 2



รูปที่ ๑.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสะสมของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า กับขนาดอนุภาคฝุ่นบริเวณตะแกรงชั้นที่ 2 ของโรงโม่หินแห่งที่ 2 เมื่อแสดงบนกราฟเซมิล็อก



รูปที่ ง.15 แสดงแผนภูมิการผลิตของโรงโม่หินแห่งที่ 2

ภาคผนวก จ

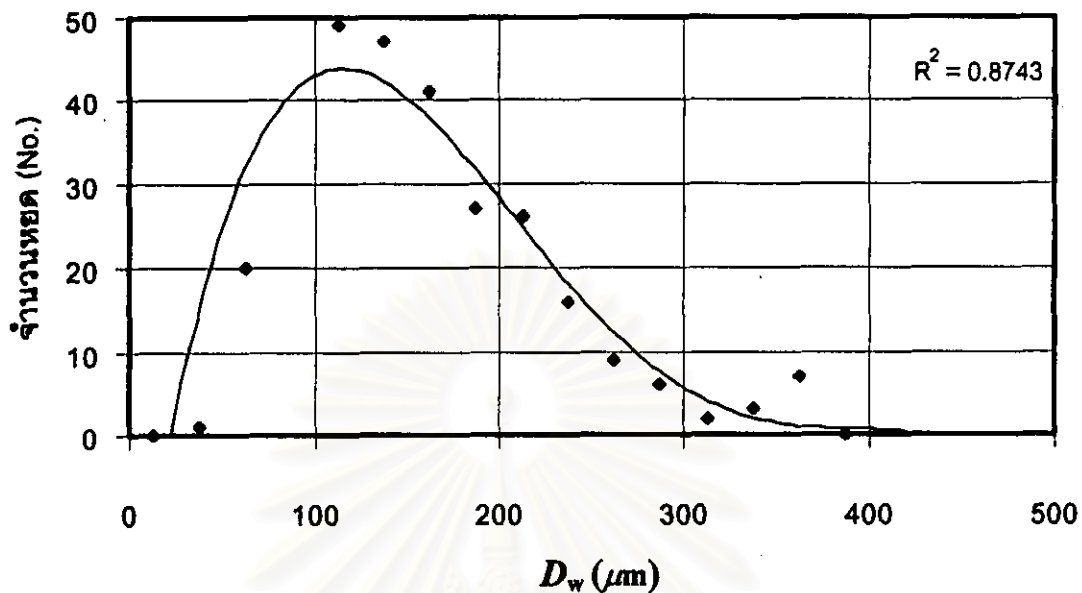
ข้อมูลการกระจายขนาดหยดละอองน้ำของหัวฉีดประเภทต่าง ๆ

จ.1 หัวฉีดประเภทที่ 1

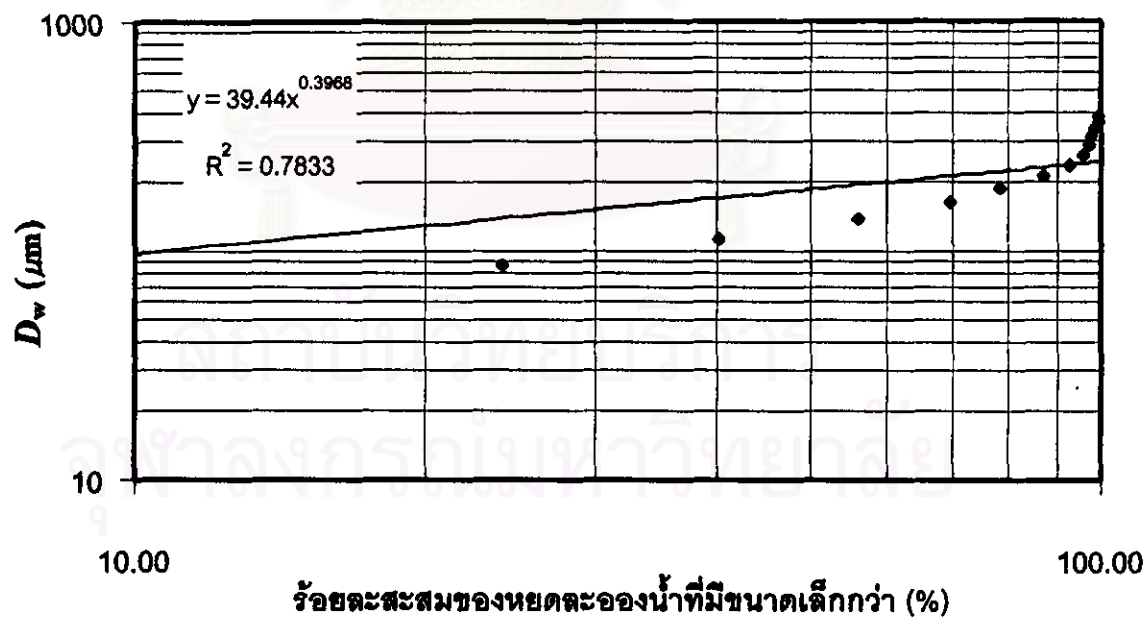
หัวฉีดประเภทที่ 1 เป็นหัวฉีดยาฆ่าแมลงซึ่งมีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด โดยอัตราการไหล และการกระจายขนาดของหยดละอองน้ำที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีดนี้ที่ความดัน 2 บาร์ คือ

- อัตราการไหล 1.8817×10^{-5} ลบ.ม./วินาที
- รูปแบบการฉีดหยดละอองน้ำเป็นแบบ full cone โดยมีรัศมี (R_w) 0.25 ม.
- การกระจายขนาดของหยดละอองน้ำ ดังนี้

ช่วงขนาดหยดละอองน้ำ (μm)	ค่ากลาง (μm)	จำนวนหยด (No. Δ n)	จำนวนหยด สะสม	จำนวนหยดสะสม (%)
< 50	50	1	1	0.33
50 - 75	62.5	20	21	7.00
75 - 100	87.5	51	72	24.00
100 - 125	112.5	49	121	40.33
125 - 150	137.5	47	168	56.00
150 - 175	162.5	41	209	69.67
175 - 200	187.5	27	236	78.67
200 - 225	212.5	26	262	87.33
225 - 250	237.5	16	278	92.67
250 - 275	262.5	9	287	95.67
275 - 300	287.5	4	291	97.00
300 - 325	312.5	2	293	97.67
325 - 350	337.5	3	296	98.67
350 - 375	362.5	2	298	99.33
375 - 400	387.5	0	298	99.33
> 400	400	2	300	100.00
Total		300		



รูปที่ ๑.1 กราฟแสดงการกระจายขนาดของหยดละอองน้ำ(D_w) ที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีดประเภทที่ 1



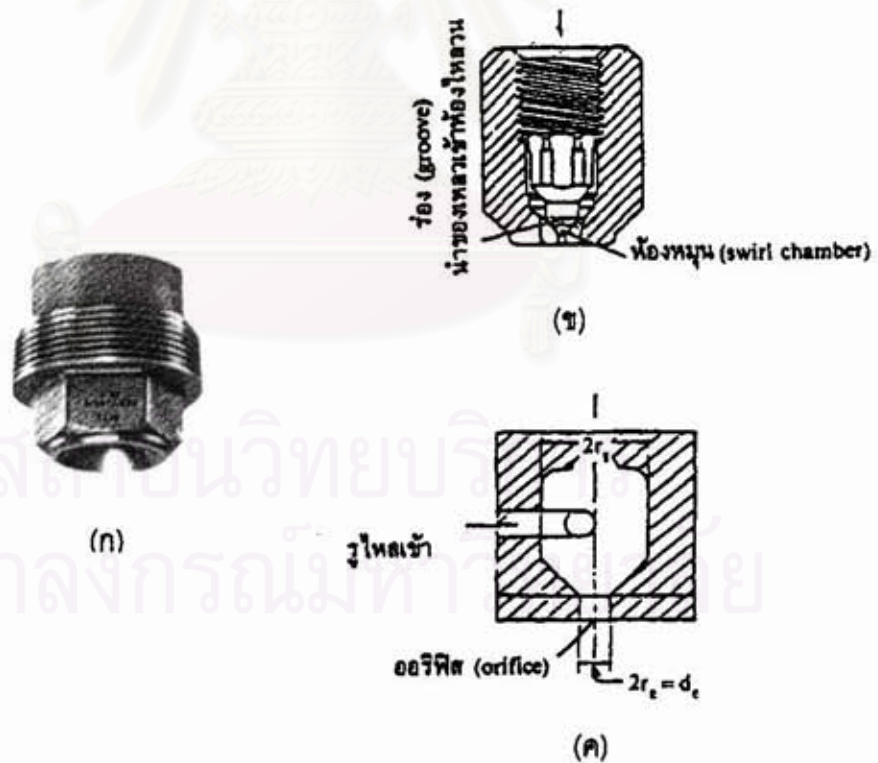
รูปที่ ๑.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดหยดละอองน้ำ(D_w) กับร้อยละสะสมของหยดละอองน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าของหัวฉีดประเภทที่ 1

๑.2 หัวฉีดประเภทที่ 2

หัวฉีดประเภทที่ 2 เป็นหัวฉีดชนิดเดียวกับที่บริษัทปูนซีเมนต์แห่งหนึ่งใช้อยู่ เป็นหัวฉีดที่ทำมาจากทองเหลือง โดยมีอัตราการไหลดังนี้

P (bar)	V (l/min)
0.5	1.81
1	2.39
2	3.15
3	3.70
5	4.54
7	5.20
10	6.03

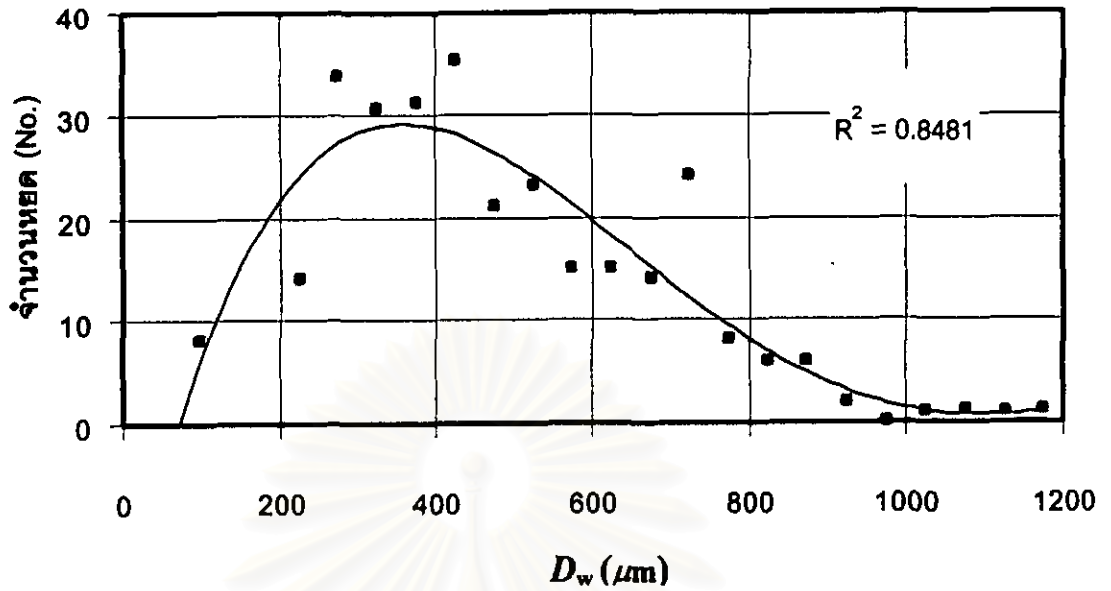
- รูปแบบการฉีดหยดละอองน้ำเป็นแบบ full cone



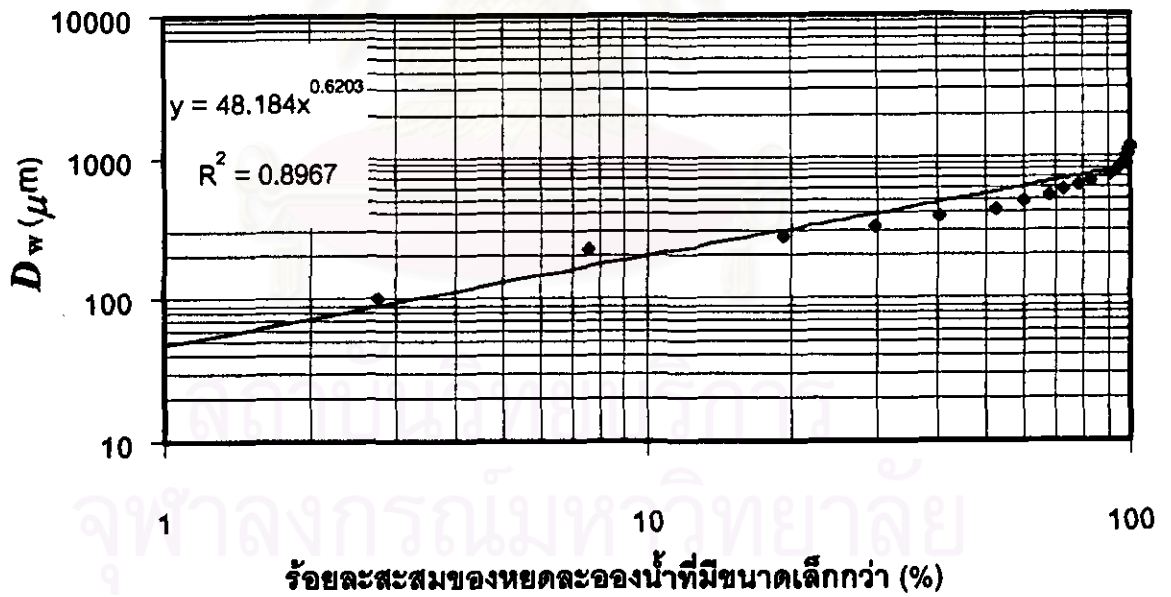
รูปที่ ๑.๓ (ก) แสดงลักษณะภายนอกของหัวฉีดประเภทที่ 2 (ข) และ (ค) แสดงภาพตัดขวางของหัวฉีดประเภทที่ 2

โดยการกระจายขนาดของหยดละอองน้ำที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีดนี้ที่ความดัน 2 บาร์ ของหัวฉีดประเภทที่ 2 คือ

ช่วงขนาดหยดละอองน้ำ (μm)	ค่ากลาง (μm)	จำนวนหยด (No. Δ n)	จำนวนหยด สะสม	จำนวนหยดสะสม (%)
< 200	200	8	8	2.67
200 – 250	225	14	22	7.33
250 – 300	275	38	60	20.00
300 – 350	325	29	89	29.67
350 – 400	375	30	119	39.67
400 – 450	425	39	158	52.67
450 – 500	475	21	179	59.67
500 – 550	525	23	202	67.33
550 – 600	575	15	217	72.33
600 – 650	625	15	232	77.33
650 – 700	675	14	246	82.00
700 – 750	725	24	270	90.00
750 – 800	775	8	278	92.67
800 – 850	825	6	284	94.67
850 – 900	875	6	290	96.67
900 – 950	925	2	292	97.33
950 – 1000	975	0	292	97.33
1000 – 1050	1025	1	293	97.67
1050 – 1100	1075	3	296	98.67
1100 – 1150	1125	1	297	99.00
> 1150	1175	3	300	100.00
Total		300		



รูปที่ ๙.๔ กราฟแสดงการกระจายขนาดของหยดละอองน้ำ (D_w) ที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีดประเภทที่ 2



รูปที่ ๙.๕ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดหยดละอองน้ำ (D_w) กับร้อยละสะสมของหยดละอองน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าของหัวฉีดประเภทที่ 2

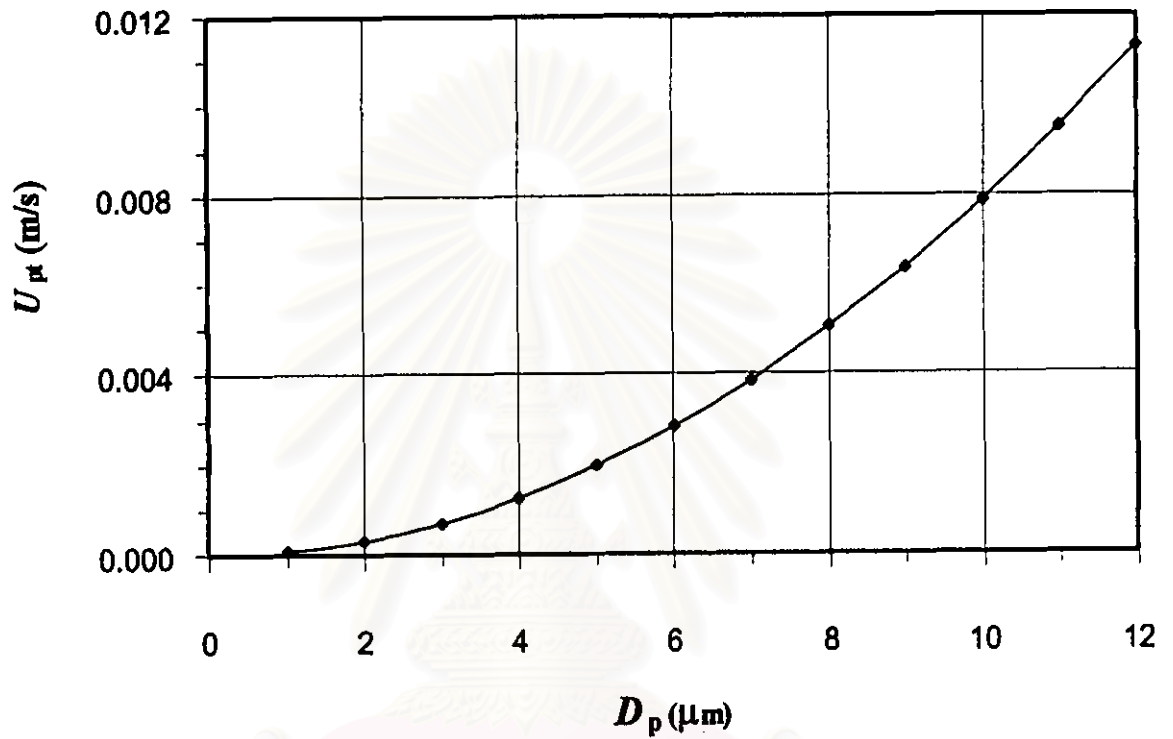
ภาคผนวก จ

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วปั่นป่วนกับขนาดเส้น
ผ่านศูนย์กลางของอนุภาค

จ.1 ข้อมูลและกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วปั่นป่วนของหยดละอองน้ำ (U_{pt}) กับ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดละอองน้ำ (D_p)

D_p μm	U_{pt} (m/s)
1	7.86E-05
2	3.14E-04
3	7.07E-04
4	1.26E-03
5	1.97E-03
6	2.83E-03
7	3.85E-03
8	5.03E-03
9	6.37E-03
10	7.86E-03
11	9.51E-03
12	1.13E-02

สถาบันวิจัยการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



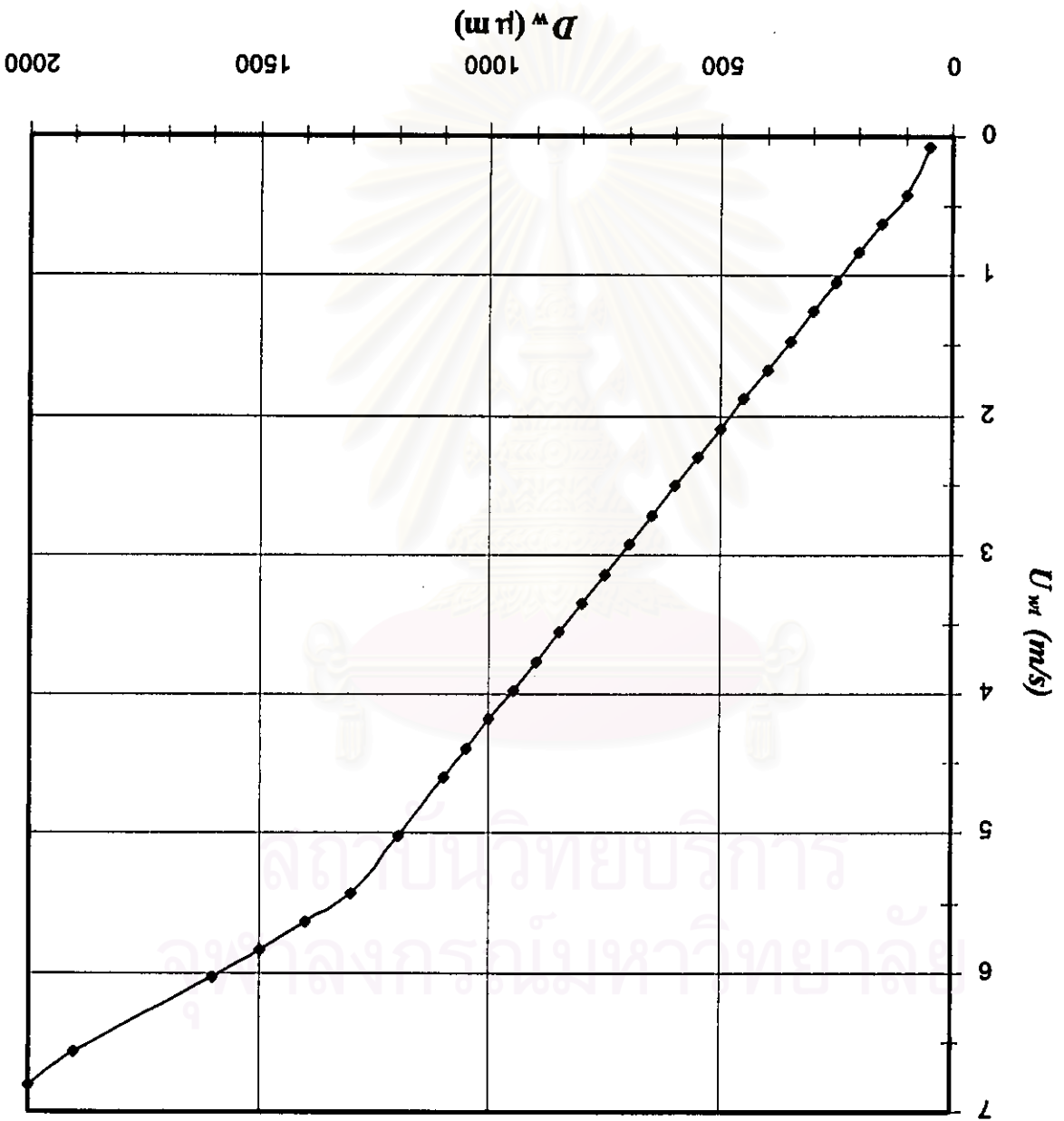
รูปที่ จ.1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วปั่นป่วนของอนุภาคฝุ่น (U_p) กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคฝุ่น (D_p)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ.2 ข้อมูลและกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วปั่นป่วนของหยดละอองน้ำ (U_{wt}) กับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดละอองน้ำ (D_w)

D_w (μm)	U_{wt} (m/s)
50	0.0755
100	0.4183
150	0.6274
200	0.8366
250	1.0457
300	1.2548
350	1.4640
400	1.6731
450	1.8823
500	2.0914
550	2.3005
600	2.5097
650	2.7188
700	2.9280
750	3.1371
800	3.3462
850	3.5554
900	3.7645
950	3.9737
1000	4.1828
1050	4.3919
1100	4.6011
1200	5.0194
1300	5.4337
1400	5.6389
1500	5.8368
1600	6.0282
1900	6.5691
2000	6.8135

รูปที่ 2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบบนผิวของอนุภาค (\$D^w\$) กับความเร็ว (\$U_w\$) ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคของแสงตกกระทบบนผิว (\$D^w\$)



ภาคผนวก ช

แนวทางในการเลือกหัวฉีดที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งาน

หัวฉีดแต่ละชนิดจะให้หยดละอองน้ำที่มีขนาดแตกต่างกัน ในกรณีพิจารณาอัตราการไหลหรือปริมาณน้ำที่ใช้มีค่าเท่ากัน(โดยใช้จำนวนหัวฉีดไม่เท่ากัน) หัวฉีดที่สร้างหยดละอองน้ำได้ยิ่งละเอียดจะฉีดจำนวนหยดละอองน้ำได้จำนวนยิ่งมาก ทำให้โอกาสที่หยดละอองน้ำจะชนกันกับอนุภาคฝุ่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีจำนวนหยดที่เพิ่มขึ้น(ข้อดี) แต่ประสิทธิภาพการจับฝุ่นของแต่ละหยดก็ลดลงเนื่องจากความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างอนุภาคฝุ่นและหยดละเอียด(U_R)มีค่าน้อยลง และพื้นที่ภาคตัดขวางของหยดก็เล็กลง(ข้อเสีย)

โดยทั่วไปความเร็วตกมันปลาย(U_w)ของหยดละอองน้ำแต่ละขนาด(D_w) ในอากาศที่อุณหภูมิห้อง (21 °ซ) จะเป็นดังนี้ [perry's Chemical Engineer's Handbook,1973]

D_w (μm)	U_w (m/sec)
1	3.3×10^{-5}
10	3.3×10^{-3}
50	0.085
100	0.26
200	0.46
300	1.28
400	1.83

จะเห็นได้ว่าในกรณีที่หยดละอองน้ำมีขนาดใกล้เคียงกับอนุภาคฝุ่นที่สนใจ(1~10 ไมครอน) ทั้งหยดละอองน้ำและอนุภาคฝุ่นจะฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศเกือบกึ่งถาวร เนื่องจากความเร็ว U_w และ U_{ps} มีค่าน้อยมาก กระแสลมเพียงเฉื่อยๆ ก็จะทำให้ลอยตัวและปลิวฟุ้งตามไปโดยง่าย แม้อนุภาคฝุ่นกับหยดละอองน้ำจะชนและเกาะรวมตัวกันก็ยังลอยปลิวไปตามกระแสลมได้ และหยดละอองน้ำขนาดเล็กเหล่านี้

ยังสามารถระเหยแห้งหมดไปในเวลาที่สั้นมาก ดังนั้นการจับฝุ่นที่ได้ผลโดยใช้หยดละอองน้ำขนาดเล็กจะยิ่งดี จะต้องทำในอุปกรณ์ที่ปิด (เช่น หอสเปรย์) และมีกลไกในการ coalesce และ/หรือ กรองแยก ละอองน้ำที่ชนกับฝุ่นออกจากกระแสอากาศที่พัดผ่าน ด้วยเหตุนี้ในกรณีของการฉีดพ่นหยดละอองน้ำ เพื่อจับฝุ่นในที่เปิดโล่ง หยดละอองน้ำที่ใช้ได้จะต้องมีขนาดโตพอสมควร เช่น 200 ไมครอนขึ้นไป ซึ่งมีค่า $U_w = 0.46$ ม./วินาที (หรือ 1.66 กม./ชม.) ขึ้นไป

ในที่นี้จะพิจารณาหยดละอองน้ำที่มีขนาดหยด 100 – 350 ไมครอน โดยมุ่งเน้นกลไกการจับฝุ่นแบบการกระทบด้วยแรงเฉื่อย (inertial impaction) เป็นหลัก ส่วนประเภทหัวฉีดที่ใช้คือแบบฉีดละอองด้วยความดันน้ำเอง (ดูรูปที่ ข.1) โดยลักษณะสมบัติของหัวฉีดจะเป็นดังนี้ (อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม, 2529)

อัตราการฉีดน้ำต่อหัว สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = C_o \pi r_c^2 \sqrt{2g_c \bar{p} / \rho_l} \quad (\text{ข.1})$$

ขนาดเฉลี่ยของหยดละอองน้ำที่ได้ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\bar{D}_w = 41.4 d_c^{1.59} F^{-0.54} \sigma^{0.6} \mu^{0.22} \quad (\text{ข.2})$$

ความเร็วของหยดที่ออกจากหัวฉีดสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$u_d = Q / \pi (r_c^2 - r_e^2) \quad (\text{ข.3})$$

เมื่อ	Q	คือ	อัตราการไหลของหยดละอองน้ำที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีด (m^3/s)
	g_c	คือ	แรงโน้มถ่วงโลก $\approx 9.88 \text{ m/s}^2$
	\bar{p}	คือ	ความดันของของหยดละอองน้ำที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีด (kg/cm^2)
	C_o	คือ	สัมประสิทธิ์การไหลออก
	ρ_l	คือ	ความหนาแน่นของหยดละอองน้ำ (kg/cm^3)
	r_c	คือ	รัศมีของออริฟิส (m)
	r_e	คือ	รัศมีเฉลี่ยของวอร์เท็กซ์อากาศที่เกิดขึ้นใจกลางของหยดละอองน้ำพ่นฝอย (m)

\bar{D}_w	คือ	ขนาดของหยดละอองน้ำเฉลี่ยที่ได้ (μm)
d_c	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของออร์บิต (m)
F	คือ	ปริมาณหยดละอองน้ำที่ป้อน (g/s)
σ	คือ	แรงตึงผิว (dyne/cm)
μ	คือ	ความหนืดของหยดละอองน้ำ (cP)
U_i	คือ	ความเร็วเริ่มต้นของหยดละอองน้ำที่ถูกฉีดพ่นออกจากหัวฉีด (m/s)

ต่อไปจะทำการประเมินการทำงานของหัวฉีด และประสิทธิภาพในการจับฝุ่นโดยอ้างอิงจากข้อมูลพื้นฐานซึ่งแสดงในตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลพื้นฐานแสดงการทำงานของหัวฉีด

ความดัน (\bar{p})	20,000	kg/m^2
มุมฉีดออกของสเปรย์ (α)	90	องศา
ความหนาแน่นน้ำ (ρ_l)	1,000	kg/m^3
ความหนาแน่นอนุภาค (ρ_p)	2,600	kg/m^3
แรงตึงผิวของน้ำ (σ)	105	dyne/cm
ความหนืดของน้ำ (μ)	0.01	cP ที่อุณหภูมิ 30°
ความเร็วลมจากสิ่งแวดล้อม (U_{amb})	1	m/s
ความเร็วลมพัดขึ้นจากแหล่งกำเนิดฝุ่น (U_i)	0.1	m/s
ความเข้มข้นฝุ่นที่วัดได้ในปริมาตรควบคุม (C_0)	1.5×10^{-5}	kg/m^3
ความเข้มข้นฝุ่นจากสภาพแวดล้อม (C_{amb})	8.87×10^{-8}	kg/m^3
ความสูงของสเปรย์จากจุดกำเนิดฝุ่น (L_w)	1.5	m

จากรูปที่ ข.2 ที่มุมจืดของสเปร์ย์(α) เท่ากับ 90 องศา อ่านค่าพารามิเตอร์ของหัวฉีดได้ดังนี้

$$r_e / r_c = 0.7$$

$$K = \left(\frac{s_1}{\pi r_c^2} \right) \left(\frac{r_e}{r_s} \right) = 0.4$$

$$C_o = 0.28$$

เมื่อ K คือ ค่าลักษณะเฉพาะของห้องไหลวน

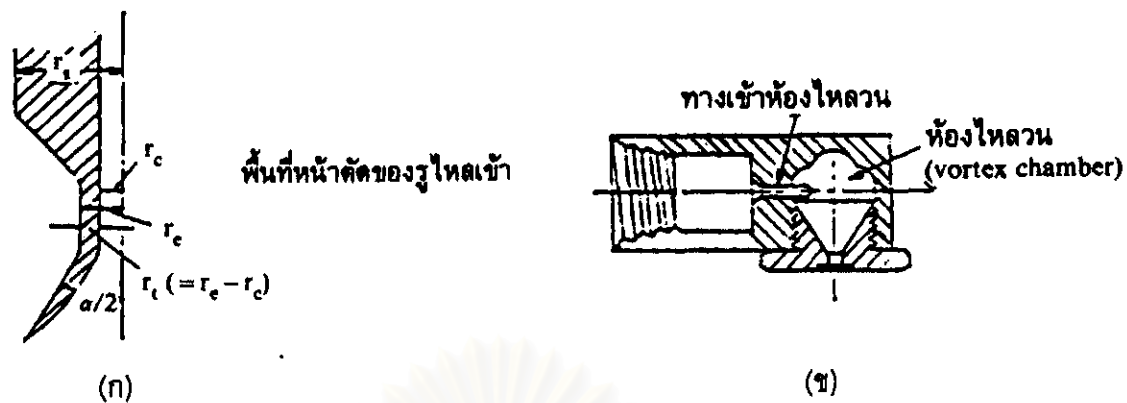
C_o คือ สัมประสิทธิ์การไหลออก

โดยขั้นตอนของการคำนวณ เป็นดังนี้

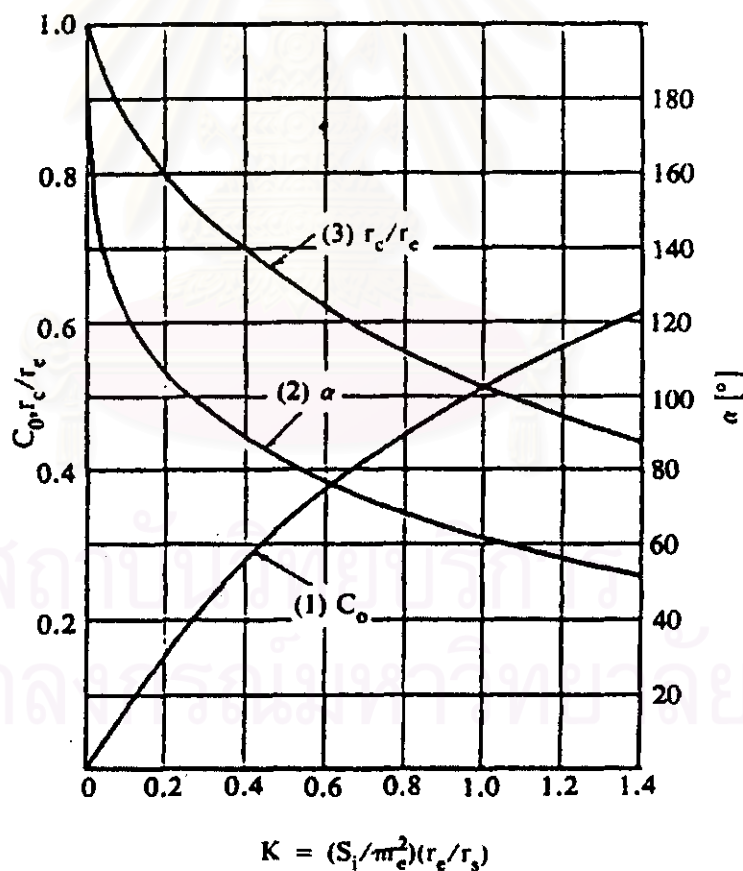
- 1) กำหนดค่า Q (l/min) ที่สนใจ
- 2) แปลงหน่วยเป็น Q (m³/s) และ F (g/s)
- 3) จากสมการที่ (ข.1) และค่า $C_o = 0.28$ คำนวณค่า r_c (m) และ $d_o = 2r_c$
- 4) จากสมการที่ (ข.2) คำนวณค่า \bar{D}_w
- 5) จาก $r_e / r_c = 0.7$ คำนวณค่า r_e
- 6) จากสมการที่ (ข.3) คำนวณค่า U_i

และผลการคำนวณดังกล่าวมีสรุปอยู่ในตารางที่ ข.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๑.๑ (ก) แสดงภาพตัดขวางหัวฉีดความดันแบบห้องไหลดวน และ (ข) แสดงรูปร่างการไหลของหยดละอองน้ำที่ถูกฉีดออกมา



รูปที่ ๑.๒ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับลักษณะเฉพาะของห้องไหลดวน

ตารางที่ ๑.๒ แสดงผลการคำนวณค่าตัวแปร และพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็น

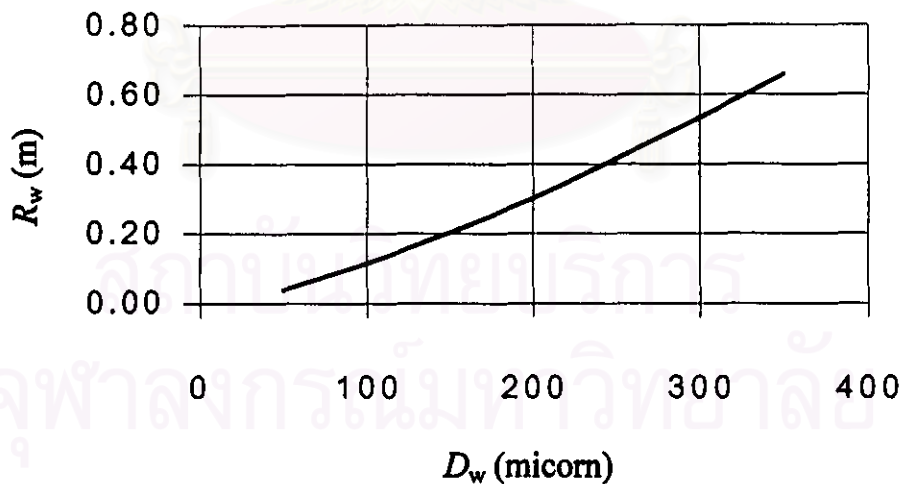
Q (l/min)	Q (m ³ /s)	F (g/s)	r_c (mm)	d_c (mm)	\bar{D}_w (micron)	r_c (mm)	U_i (m/s)
23.76	3.96E-04	395.997	4.767	9.535	350.000	3.337	10.870
18.00	3.00E-04	300.000	4.150	8.299	326.079	2.905	10.870
12.98	2.16E-04	216.350	3.524	7.048	300.000	2.467	10.870
10.00	1.67E-04	166.667	3.093	6.186	280.691	2.165	10.870
6.35	1.06E-04	105.838	2.465	4.929	250.000	1.725	10.870
5.00	8.33E-05	83.333	2.187	4.374	235.215	1.531	10.870
4.00	6.67E-05	66.667	1.956	3.912	222.205	1.369	10.870
2.65	4.41E-05	44.117	1.591	3.183	200.000	1.114	10.870
2.50	4.17E-05	41.667	1.546	3.093	197.107	1.083	10.870
0.86	1.43E-05	14.277	0.905	1.810	150.000	0.634	10.870
0.50	8.33E-06	8.333	0.692	1.383	130.757	0.484	10.870
0.20	3.33E-06	3.333	0.437	0.875	103.512	0.306	10.870
0.17	2.91E-06	2.911	0.409	0.818	100.000	0.286	10.870
0.10	1.67E-06	1.667	0.309	0.619	86.742	0.217	10.870
0.05	8.33E-07	0.833	0.219	0.437	72.688	0.153	10.870
0.01	1.92E-07	0.192	0.105	0.210	50.000	0.074	10.870

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลของหยดละอองน้ำข้างต้นเมื่อนำไปหาเส้นโคจรของหยดละอองน้ำแต่ละขนาดจะทำให้ทราบรัศมีของหัวฉีดที่ฉีดหยดละอองน้ำขนาดนั้น(ดูรายละเอียดบทที่ 3) ดังแสดงในตารางที่ ๓.3 และรูปที่ ๓.3

ตารางที่ ๓.3 แสดงข้อมูลขนาดเฉลี่ยของหยดละอองน้ำ \bar{D}_w กับรัศมีของหัวฉีด R_w ที่ฉีดหยดละอองน้ำขนาดนั้น

\bar{D}_w (micron)	R_w (m)
50	0.4055
100	0.1151
150	0.2034
200	0.3010
250	0.4144
300	0.5328
350	0.6580



รูปที่ ๓.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีของสเปรย์ที่ฉีดละอองน้ำขนาดต่างๆกับขนาดของหยดละอองน้ำ

จากนั้นนำข้อมูลหัวฉีด และหยดละอองน้ำมาคำนวณหาประสิทธิภาพในการจับฝุ่นของหยดละอองน้ำขนาดต่างๆ (r_{total}) กับฝุ่นซึ่งมีขนาด 2 , 5 และ 10 ไมครอน ตามลำดับ หาปริมาณฝุ่นแต่ละขนาดที่สามารถกำจัดได้ (Δq) และแสดงอัตราส่วนระหว่างปริมาณฝุ่นที่จับได้ (kg) ต่อเวลาและปริมาณน้ำที่ฉีด (m^3) ในเวลาเท่ากัน โดยข้อมูลของฝุ่นที่เลือกใช้ คือ ข้อมูลฝุ่นของปากซอย หรือเครื่องโม้ชั้นที่ 2 ของโรงโม่แห่งที่ 1 (ดูรายละเอียด ภาคผนวก ง หัวข้อ ง.1.2)

ส่วนผลการคำนวณสรุปได้ดังตารางที่ ร.4



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.4 แสดงผลการคำนวณหาประสิทธิภาพในการจับอนุภาคฝุ่นขนาด 2, 5 และ 10 ไมครอน ของหยดละอองน้ำขนาดต่างๆ โดยคอลัมน์สุดท้ายในตารางแสดงอัตราส่วนระหว่างปริมาณฝุ่นที่จับได้ (kg) ต่อเวลา และปริมาณน้ำที่ฉีด (m^3) ในเวลาเท่ากัน

\bar{D}_w (micron)	Q (m^3/s)	$D_p = 2 \mu m$		$D_p = 5 \mu m$		$D_p = 10 \mu m$		$\Delta q/Q$ (kg ฝุ่น/ m^3 น้ำ)		
		$\% \eta_{total}$	Δq (kg/s)	$\% \eta_{total}$	Δq (kg/s)	$\% \eta_{total}$	Δq (kg/s)	$D_p 2 \mu m$	$D_p 5 \mu m$	$D_p 10 \mu m$
100	2.91E-06	100.00	1.324E-03	95.19	1.117E-05	97.43	1.149E-05	4.550E+02	3.838E+00	3.947E+00
150	1.43E-05	100.00	4.535E-04	98.03	1.596E-05	99.37	1.301E-05	3.171E+01	1.116E+00	9.101E-01
200	4.41E-05	100.00	3.187E-04	100.00	1.742E-05	100.00	1.424E-05	7.227E+00	3.950E-01	3.230E-01
250	1.06E-04	100.00	1.608E-04	100.00	1.948E-05	100.00	1.602E-05	1.517E+00	1.837E-01	1.512E-01
300	2.16E-04	100.00	9.492E-05	100.00	2.182E-05	100.00	1.803E-05	4.395E-01	1.010E-01	8.348E-02
350	3.96E-04	100.00	3.406E-04	100.00	2.444E-05	100.00	2.026E-05	8.601E-01	6.171E-02	5.115E-02

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติส่วนตัว

นางสาวสุชาดา ณรินทร์ศักดิ์ชัย เกิดเมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ.2517 จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาที่โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี ที่คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ.2535 ในปี พ.ศ.2536 ได้เลือกศึกษาในภาควิชาเคมีเทคนิค และจบการศึกษาปริญญาตรีเมื่อปี พ.ศ.2539

โดยในระหว่างศึกษาในระดับปริญญาตรี ที่คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ ได้มีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ มากมายทั้งทางด้านการพัฒนาสังคม และงานด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งได้มีโอกาสเยี่ยมชมดูเทคโนโลยีของโรงงานหลายแห่ง อันเป็นแรงบันดาลใจเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ในปี พ.ศ.2539 ณ มหาวิทยาลัยเดียวกัน และจบการศึกษาเดือนธันวาคมปี พ.ศ.2542



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย