



รายการอ้างอิง

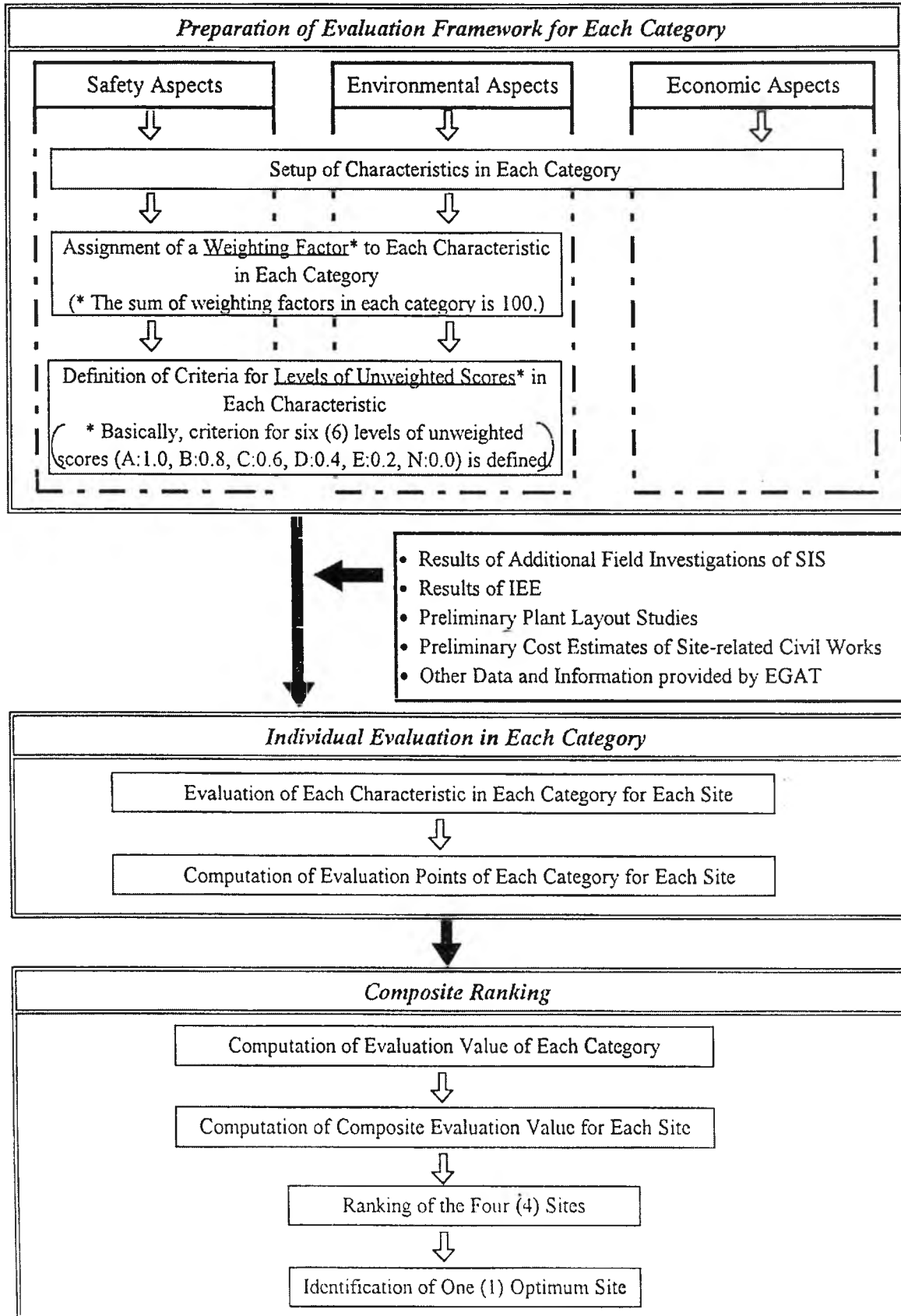
1. ศูนย์บริการข้อมูลการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
2. Electricity Generating Authority of Thailand, Site Identification Study and Initial Environmental Examination for Nuclear Power Project in Thailand, (1995).
3. International Atomic Energy Agency, Method for the Development of Emergency Response Preparedness for Nuclear or Radiological Accidents. IAEA-TECDOC 953, Vienna (2001).
4. Katsuichi IKAWA, Emergency Preparedness System in Japan, Radiation Application Development Association, (2001).
5. Office of Atomic for Peace, Emergency Procedure, (1975).
6. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, คู่มือการปฏิบัติงานเครื่องปฏิกรณ์วิจัย (ปปว.1/1)
7. EPR-JPLAN, Joint Radiation Emergency Management Plan of the International Organization, (2000).
8. International Atomic Energy Agency, Safety Standards Series, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, Vienna (2001).
9. International Atomic Energy Agency, Safety Standards Series, Planning For Off-site Response to Radiation Accidents in Nuclear Facilities, Vienna (1981).
10. International Atomic Energy Agency, Safety Standards Series, legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety, Vienna (2000).
11. Lamarsh. John R, Introduction to Nuclear Engineering Text Book. Addison-Wesley (1982).
12. Environmental Protection Agency, User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC) Dispersion Models Volume1&2, (1995).
13. กองป้องกันฝ่ายพลเรือน. การป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน. กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
14. กองอำนวยการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือนจังหวัดชุมพร, แผนป้องกันภัยฝ่ายพลเรือนจังหวัดชุมพร ประจำปี 2547
15. Department of trade and industry, Civil Nuclear Emergency Response, Scotland, (2000).
16. Radiation Protection Bureau, Canadian Guidelines for Intervention during a Nuclear Emergency, (2000).
17. D.Degueldere, M.Maris, AV Nuclear, Belgian Nuclear Emergency Plan, Belgium, (2003).
18. American National Standard ANSI/ANS-15.16, (1982).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

รายละเอียดการคำนวณในการคัดเลือกสถานที่

ภาพที่ ก-1 กระบวนการให้คะแนนในการคัดเลือกแบบถ่วงน้ำหนักแต่ละหัวข้อ



ตารางที่ ก-1 ผลสรุปการคำนวณในเชิงความปลอดภัย

Characteristic and Maximum Possible Unweighted Score		Unweighted Score by Site				Weighting Factor	Evaluation Points by Site				
		1	2	3	4		1	2	3	4	
Regional Surface Faulting	1	0.6	0.6	0.6	0.8	25	15	15	15	20	
Seismicity	1	1.0	1.0	1.0	1.0	15	15	15	15	15	
Suitability of Subsurface Material											
- Strength of Foundation Rock	1	0.0	0.6	0.6	1.0	20	0	12	12	20	
- Permeability of Foundation Rock	1	0.4	0.4	0.4	0.8	10	4	4	4	8	
Subtotal		2	0.4	1.0	1.0	1.8	30	4	16	16	28
Volcanism	1	1.0	1.0	1.0	1.0	10	10	10	10	10	
Coastal Flooding											
- Tsunami	1	1.0	1.0	1.0	1.0	5	5	5	5	5	
- Wind-waves	1	0.4	0.4	0.4	0.2	5	2	2	2	1	
Subtotal		2	1.4	1.4	1.4	1.2	10	7	7	7	6
River Flooding	1	0.6	1.0	0.8	0.6	5	3	5	4	3	
Extreme Meteorological Phenomena	1	0.2	0.2	0.2	0.6	5	1	1	1	3	
<i>Total</i>		9	5.2	6.2	6.0	7.0	100	55	69	68	85

ตารางที่ ก-2 ผลสรุปการคำนวณในเชิงสิ่งแวดล้อม

<i>Characteristic and Maximum Possible Unweighted Score</i>	<i>Unweighted Score by Site</i>				<i>Weighting Factor</i>	<i>Evaluation Points by Site</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Man-Induced Events Subtotal : 10	7.8	6.4	6.6	6.4	20	15.6	12.8	13.2	12.8
SDV - aircraft crashes 1	1.0	0.0	1.0	1.0	2	2.0	0.0	2.0	2.0
SDV - explosions 1	0.8	0.8	0.6	0.8	2	1.6	1.6	1.2	1.6
SDV - hazardous fluids release 1	1.0	0.6	0.4	0.6	2	2.0	1.2	0.8	1.2
SDV - fires 1	0.6	0.6	0.6	0.6	2	1.2	1.2	1.2	1.2
Military considerations 1	1.0	1.0	0.6	1.0	2	2.0	2.0	1.2	2.0
Flooding 1	0.6	0.6	0.6	0.6	2	1.2	1.2	1.2	1.2
Loss of water 1	0.6	0.6	0.6	0.6	2	1.2	1.2	1.2	1.2
Ground collapse 1	0.6	0.6	0.6	0.6	2	1.2	1.2	1.2	1.2
Ground shaking 1	0.6	0.6	0.6	0.6	2	1.2	1.2	1.2	1.2
Future planning considerations 1	1.0	1.0	1.0	0.0	2	2.0	2.0	2.0	0.0
Demography Subtotal : 10	4.8	5.4	2.8	6.0	30	13.8	17.2	7.6	18.2
Existing population on site 1	0.4	0.8	0.6	0.2	3	1.2	2.4	1.8	0.6
Existing population 1 ~ 5 km 1	0.4	0.6	0.2	0.8	5	2.0	3.0	1.0	4.0
Projected population 1 ~ 5km 1	0.2	0.6	0.4	1.0	4	0.8	2.4	1.6	4.0
Existing population 5 ~ 20 km 1	0.6	0.6	0.0	0.4	4	2.4	2.4	0.0	1.6
Projected population 5 ~ 20 km 1	0.8	0.6	0.0	0.4	3	2.4	1.8	0.0	1.2
# of and km to population centers 1	0.6	0.6	0.4	0.6	2	1.2	1.2	0.8	1.2
# of and km to transient population 1	0.2	0.6	0.2	0.4	3	0.6	1.8	0.6	1.2
# of and km to immobile population 1	0.8	0.4	0.0	0.6	2	1.6	0.8	0.0	1.2
Wind rose considerations 1	0.4	0.4	0.4	0.8	3	1.2	1.2	1.2	2.4
Obstacles to transmission 1	0.4	0.2	0.6	0.8	1	0.4	0.2	0.6	0.8
Land and Water Use Subtotal : 14	10.0	8.6	7.0	8.4	30	21.6	18.2	14.6	18.0
Area for ag. prod. 1 ~ 20 km 1	0.4	0.8	0.2	0.6	1	0.4	0.8	0.2	0.6
Yield of ag. prod. 1 ~ 20 km 1	0.4	0.6	0.2	0.8	3	1.2	1.8	0.6	2.4
Area for dairy farms 1 ~ 20 km 1	1.0	0.6	0.4	1.0	1	1.0	0.6	0.4	1.0
Yield of dairy farms 1 ~ 20 km 1	1.0	0.6	0.4	1.0	3	3.0	1.8	1.2	3.0
Comm., res., rec. area 1 ~ 20 km 1	1.0	0.6	0.4	0.6	3	3.0	1.8	1.2	1.8
Area for fish prod. 1 ~ 20 km 1	0.8	0.6	0.6	0.2	1	0.8	0.6	0.6	0.2
Yield of fish prod. 1 ~ 20 km 1	0.8	0.6	0.6	0.2	3	2.4	1.8	1.8	0.6
Wat. sup., rec., nav. 1 ~ 20 km 1	0.8	0.8	0.6	0.6	3	2.4	2.4	1.8	1.8
Wildlife land/water 1 ~ 20 km 1	0.8	0.4	0.8	0.6	1	0.8	0.4	0.8	0.6
Wind rose considerations 1	0.4	0.4	0.4	0.6	3	1.2	1.2	1.2	1.8
Value of land on site 1	0.6	0.8	0.6	0.6	1	0.6	0.8	0.6	0.6
Yield of ag. prod. on site 1	0.8	0.8	0.8	0.6	3	2.4	2.4	2.4	1.8
Value of fish prod. on site 1	0.6	0.4	0.4	0.4	3	1.8	1.2	1.2	1.2
Obstacles to transmission 1	0.6	0.6	0.6	0.6	1	0.6	0.6	0.6	0.6
Sensitive Items Subtotal : 11	6.6	7.0	7.6	4.0	20	13.0	12.8	14.2	8.0
Archaeology on site 1	0.6	0.6	0.6	0.6	3	1.8	1.8	1.8	1.8
Archaeology 1 ~ 20 km 1	0.6	0.6	0.8	0.4	1	0.6	0.6	0.8	0.4
Restricted/park area on site 1	1.0	0.8	1.0	0.4	3	3.0	2.4	3.0	1.2
Restricted/park area 1 ~ 20 km 1	0.4	0.8	0.6	0.2	1	0.4	0.8	0.6	0.2
Endang. species hab. on site 1	0.8	0.8	0.8	0.4	3	2.4	2.4	2.4	1.2
Endang. species hab. 1 ~ 20 km 1	0.6	0.8	0.8	0.2	1	0.6	0.8	0.8	0.2
Migratory species on site 1	0.4	0.6	0.6	0.4	2	0.8	1.2	1.2	0.8
Migratory species 1 ~ 20 km 1	0.6	0.4	0.6	0.2	1	0.6	0.4	0.6	0.2
Coral reefs etc. 0 ~ 5 km 1	0.6	0.4	0.6	0.4	3	1.8	1.2	1.8	1.2
Coral reefs etc. 5 ~ 20 km 1	0.4	0.6	0.6	0.2	1	0.4	0.6	0.6	0.2
Obstacles to transmission 1	0.6	0.6	0.6	0.6	1	0.6	0.6	0.6	0.6
<i>Total</i> 45	29.2	27.4	24.0	24.8	100	64.0	61.0	49.6	57.0

ตารางที่ ก-3 ผลสรุปการคำนวณในเชิงเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่ 1 เตาปฏิกรณ์ 1,000 MWe 2 เครื่อง

Characteristic	Evaluation points by Site (Estimated Cost)			
	1	2	3	4
Land Acquisition	466,813	179,844	372,031	362,750
Access Road	0	0	0	34,560
Site Preparation				
- Cutting/Excavation	847,686	441,863	291,016	114,612
- Banking	15,000	35,485	24,266	159,875
Subtotal	862,686	477,348	315,282	274,487
Cooling Water System	3,073,919	2,922,038	5,175,345	4,771,434
Loading/Unloading Facilities	529,750	498,875	650,000	663,000
Transmission Line	3,750,000	4,125,000	4,200,000	11,250,000
<i>Total</i>	8,683,168	8,203,105	10,712,658	17,356,231

ตารางที่ ก-4 ผลสรุปการคำนวณในเชิงเศรษฐศาสตร์ในกรณีที่ 1 เตาปฏิกรณ์ 600 MWe 4 เครื่อง

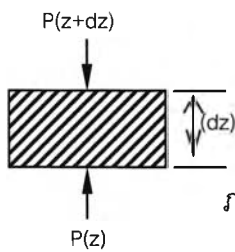
Characteristic	Evaluation points by Site (Estimated Cost)			
	1	2	3	4
Land Acquisition	466,813	179,844	372,031	362,750
Access Road	0	0	0	34,560
Site Preparation				
- Cutting/Excavation	1,143,936	679,506	581,526	138,874
- Banking	25,422	50,900	20,531	219,306
Subtotal	1,169,358	730,406	602,057	358,180
Cooling Water System	5,972,311	5,727,009	10,012,958	9,767,700
Loading/Unloading Facilities	523,250	479,375	685,750	658,125
Transmission Line	3,750,000	4,125,000	4,200,000	11,250,000
<i>Total</i>	11,881,732	11,241,634	15,872,796	22,431,315

ภาคผนวก ข.

ทฤษฎีการแพร่กระจายของอนุภาคในอากาศ

ในการดำเนินการของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้นโดยปกติแล้วจะมีการปลดปล่อยกัมมันตภาพรังสีออกมา ในปริมาณเล็กน้อยซึ่งส่วนใหญ่จะเป็น Fission product ในสถานะก๊าซ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาและคำนวณพฤติกรรมการฟุ้งกระจายของอนุภาคของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศ

พิจารณาที่มีพื้นที่หน้าตัด A ในบรรยากาศและสามารถลอยตัวอยู่ได้เนื่องจากความดันแตกต่างระหว่างด้านบนและด้านล่าง



ภาพที่ ข-1 แสดงหน้าตัดอนุภาคในอากาศ

สมดุลแรง $[P(z) - P(z + dz)] A = \rho g A dz$ (1)

จัดรูปสมการ(1) $\frac{-dp}{dz} = \rho g$ (2)

ให้อากาศเป็นก๊าซอุดมคติ $PV = n_m RT$ (3)

n_m คือจำนวนโมลในปริมาตร V , R คือค่าคงที่ของก๊าซ

นำ V หารตลอด (3) แล้วให้ $\frac{n_m}{V}$ เป็นสัดส่วนของ ρ

$$P = const \times \rho T \quad (4)$$

เนื่องจากอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี ดังนั้นสามารถอนุมานได้ว่าการเคลื่อนที่ของอนุภาคในอากาศมีการถ่ายเทความร้อนน้อยมากจนเข้าใกล้สภาวะ Adiabatic ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$T = const \times P^{\frac{(r-1)}{r}} \quad (5)$$

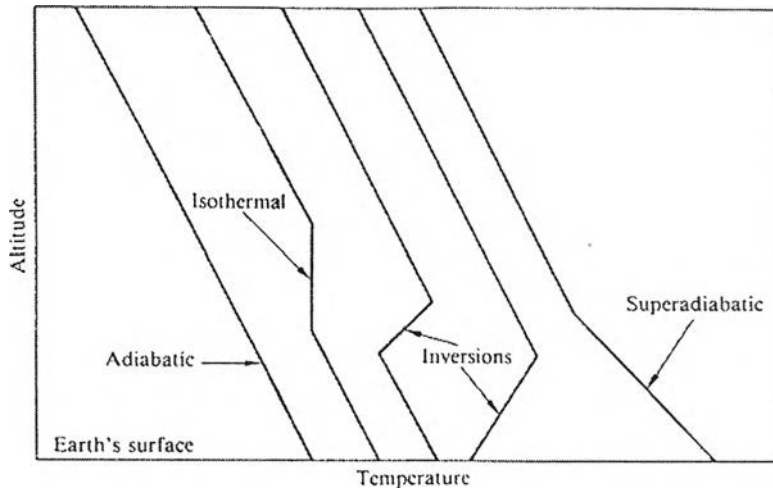
r คืออัตราส่วนความจุความร้อนจำเพาะ

เมื่อ ρ และ P นิยามจาก (2) และใช้ความสัมพันธ์ของ(4)และ(5)จะได้ว่า $\frac{-dT}{dz} = C$

ให้ C เป็นค่าคงที่, ผลเฉลยของสมการคือ $T = T_0 - C_z$ (6)

T_0 คืออุณหภูมิที่ระดับพื้นดิน ($z = 0$) และเพิ่มขึ้นตามความสูง C_z จะเรียกว่า "adiabatic laps rate" โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 5.4 F/100 ft หรือ 1°C/100 m ในชั้นบรรยากาศมีการผสมผสานกันของอากาศซึ่งแบ่งได้ 4 รูปแบบที่มีลักษณะแตกต่างกัน

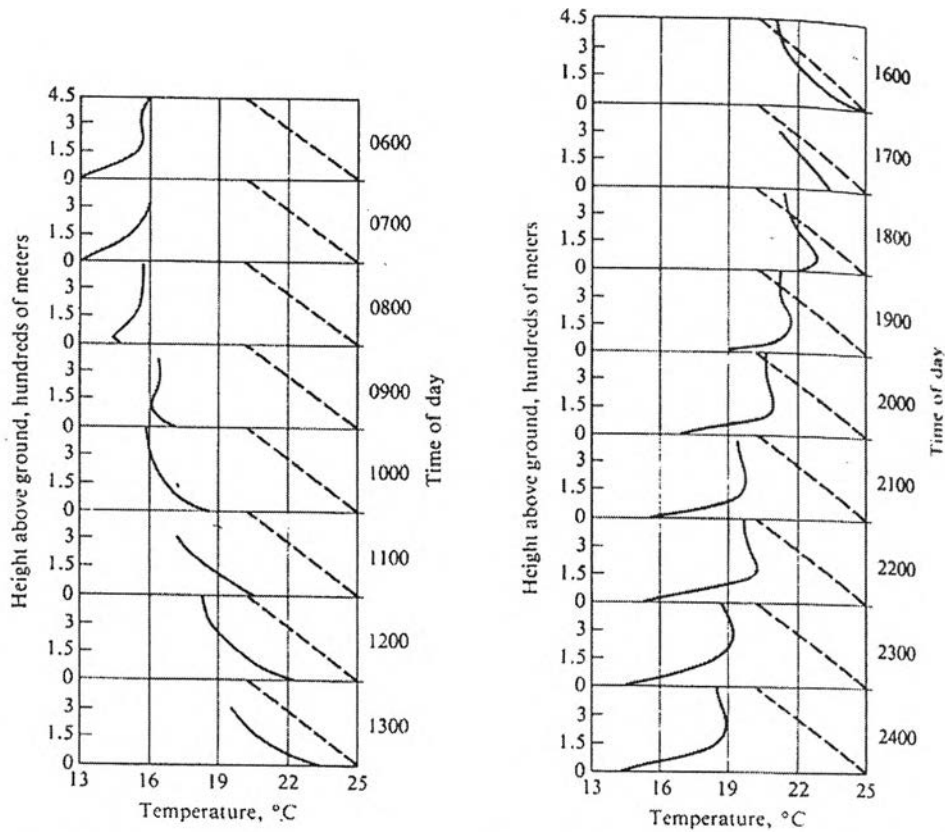
เช่นถ้าอัตราการลดลงของอุณหภูมิเร็วกว่า adiabatic rate จะเป็นรูปแบบ super adiabatic ในทางกลับกันถ้าอัตราการลดลงของอุณหภูมิช้ากว่า adiabatic rate และมีการขยายตัวต่ำลงมาเรียกว่า stable ส่วนถ้ามีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงเกินกว่าช่วงในชั้นความสูงนั้นเรียก inversion หรือเมื่ออุณหภูมิคงที่ตลอดชั้นบรรยากาศเรียก isothermal



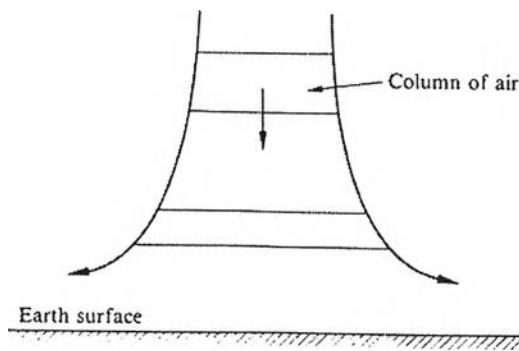
ภาพที่ ข-2 ตัวอย่างแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิต่าง ๆ ในบรรยากาศ

บรรยากาศจะเป็นรูปแบบใดนั้นมึองค์ประกอบหลายปัจจัยแต่ปัจจัยหลักส่วนหนึ่งมาจากการถ่ายเทความร้อนของโลกกับบรรยากาศซึ่งแปรผันตามช่วงเวลาของวันเช่นถ้าในวันท้องฟ้าปลอดโปร่งมีลมพัดเล็กน้อยชั้นบรรยากาศ 100 เมตรแรกจากผิวโลกจะเป็น super adiabatic เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากผิวโลกสู่อากาศในเวลากลางวัน

ในทางกลับกันในเวลากลางคืนเมื่อโลกปลดปล่อยพลังงานส่วนใหญ่ออกไปแล้วพื้นผิวโลกจะเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วกว่าอากาศด้านบนปรากฏการณ์นี้เรียกว่า radiation inversion



ภาพที่ ข-3 ลักษณะบรรยากาศจากพื้นดินถึง 450 เมตร เป็นการเปลี่ยนรูปแบบจาก Super adiabatic ไปเป็น inversion แล้วกลับสู่สภาวะเดิม

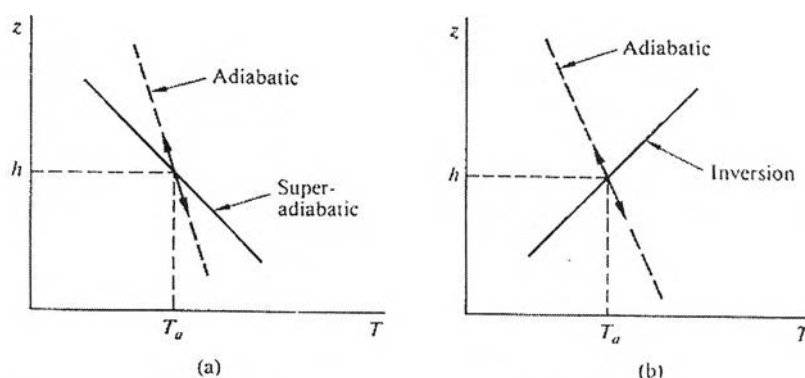


ภาพที่ ข-4 การเคลื่อนที่ของอากาศสู่สภาวะ subsidence inversion

พิจารณาอากาศในแนวตั้งเมื่ออากาศตกลงสู่ที่ต่ำอุณหภูมิคงที่แต่ความดันสูงขึ้น ในช่วงระยะเวลาหนึ่งอากาศที่อยู่ด้านบนสามารถเคลื่อนที่ลงมาได้มากกว่าอากาศที่อยู่ด้านล่าง ดังนั้นถ้าอากาศตกลงมาใน

ระยะทางมากพอ อากาศด้านบนอาจเข้าสู่สภาวะอุณหภูมิและความดันสูงได้ดีกว่าอากาศด้านล่าง คุณสมบัตินี้เรียกว่า subsidence inversion พบบ่อยในอเมริกาเหนือและเอเชีย

ความรุนแรงของการแพร่กระจายของมลพิษหรืออนุภาคในอากาศนั้นขึ้นอยู่กับความกว้างใหญ่ของขอบเขตในแต่ละรูปแบบบรรยากาศ



ภาพที่ ข-5 การเคลื่อนที่ของอากาศแบบ super adiabatic และ inversion profile

1. พิจารณาการแพร่กระจายในรูปแบบ super adiabatic ที่ความสูง h อุณหภูมิ T_a และจากการอนุพันธ์(6)อนุภาคจะอยู่ในภาวะสมดุล ณ จุดนั้น, ถ้ามีการเคลื่อนที่อย่างไม่สม่ำเสมอของอากาศแล้วทำให้อนุภาคลอยสูงขึ้น อนุภาคจะเย็นลงแต่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนอุณหภูมิจะเป็นไปตาม adiabatic curve (ภาพที่ ข-5) และถ้าลอยสูงขึ้นไปจนอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อมของบรรยากาศรูปแบบ super adiabatic นั้นคือกลายเป็นว่าอนุภาคจะมีแรงลอยตัวสูงขึ้นเนื่องการลอยสูงขึ้นไปอย่างรวดเร็วจากจุดปล่อย

ในทางกลับกันถ้าอนุภาคเคลื่อนที่ต่ำลงมาอุณหภูมิจะลดลงเร็วกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมกลายเป็นการเพิ่มความหนาแน่นให้กับอากาศมีความหนาแน่นสูงทำให้เพิ่มความแรงในการตกลงมาปรากฏการณ์นี้เรียกว่า "unstable"

2. พิจารณาการแพร่กระจายในรูปแบบ inversion ถ้าอนุภาคเคลื่อนที่ขึ้นอุณหภูมิจะลดลงเร็วกว่าบรรยากาศอนุภาคจะหนาแน่นสูง และถ้าหยุดการเคลื่อนที่อนุภาคจะตกลงมาอยู่ตำแหน่งเดิม

ถ้าเคลื่อนที่ลงอุณหภูมิจะสูงขึ้นมากกว่าบรรยากาศทำให้อนุภาคมีแรงลอยตัวและเคลื่อนที่กลับขึ้นสู่จุดเดิม ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า "stable"

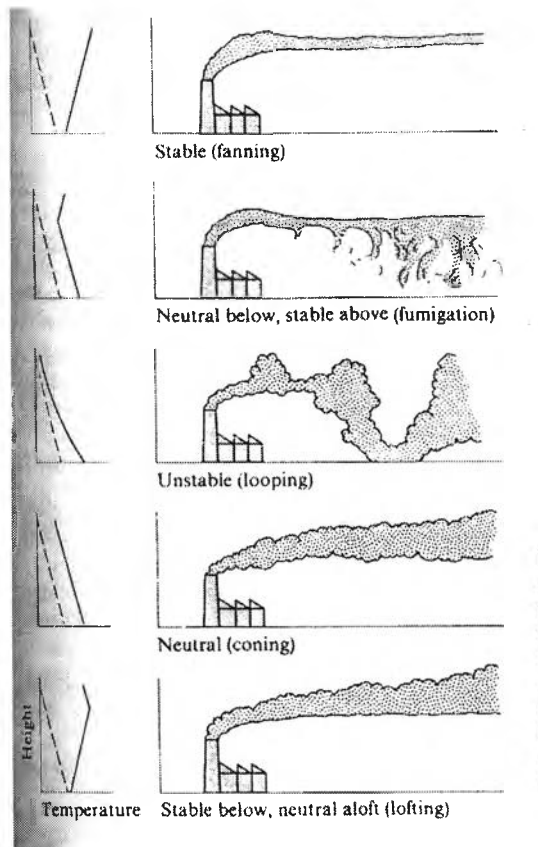
3. ส่วนการแพร่กระจายในรูปแบบ isothermal ก็จะเป็นไปตามปรากฏการณ์ "stable"

4. ถ้าอนุภาคถูกปลดปล่อยออกมาสู่การแพร่กระจายในรูปแบบ adiabatic และการเคลื่อนที่ของอนุภาคไม่สัมพันธ์กับแรงลอยตัว อนุภาคจะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงสั้น ๆ และไม่ถ่ายเทความร้อนปรากฏการณ์นี้เรียกว่า "neutral"

สรุปได้ว่า เมื่ออนุภาคแพร่กระจายในบรรยากาศถ้าอุณหภูมิอนุภาคสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม อนุภาคจะลอยสูงขึ้นไปเนื่องจากแรงลอยตัวด้วยปรากฏการณ์ unstable หรือ neutral อนุภาคจะลอยสูงขึ้นไปด้วยระยะ Δh (plume rise) จนกว่าจะสมดุลความร้อน

ในอีกด้านหนึ่งถ้าอนุภาคที่มีอุณหภูมิสูงออกสู่รูปแบบ stable จะลอยสูงขึ้นแล้วเข้าสู่รูปแบบ inversion จากนั้นจะกระจัดกระจายแล้วเคลื่อนที่ต่ำลงมา

ลักษณะกลุ่มควันแบ่งได้ 5 ลักษณะด้วยกัน



ภาพที่ ข-6 ลักษณะของกลุ่มควันในแบบต่าง ๆ และ adiabatic lapse rate

- fanning เป็นรูปแบบของอนุภาคอุณหภูมิสูงแพร่กระจายในรูปแบบ inversion ลอยขึ้นสูงหลังจากขยายตัวจนสมดุลแล้วก็จะลอยตัวอยู่อย่างนั้น ถ้ามีลมพัดมากกลุ่มควันจะลอยไปในความสูงคงที่และยาวเหมือนริบบิ้น ถ้ามีลมพัดมาอย่างแรงกลุ่มควันจะขยายตัวออกและกระจัดกระจายเป็นลักษณะเดียวกับพัด
- fumigation จะเกิดในช่วงเช้าเมื่อบรรยากาศเปลี่ยนจาก adiabatic มาเป็น inversion ผิดโลกเริ่มร้อนใหม่ ๆ ชั้นบรรยากาศยังไม่คงที่ อนุภาคสามารถลอยสู่ด้านบนด้วย inversion แต่ก็สามารถ

แพร่กระจายลงสู่พื้นได้เนื่องจากความปั่นป่วนของอากาศเนื่องจากเกิดความร้อนใหม่ ๆ ลักษณะกลุ่มควันแบบนี้มีการร่วงลงสู่พื้นมากที่สุด

- looping เป็นแพร่กระจายสู่รูปแบบ unstable มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วอากาศเคลื่อนที่ขึ้นลงอย่างต่อเนื่องกลุ่มควันจะเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งกับทิศทางลมอย่างไรก็ตามกลุ่มควันมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบสุ่มและบางส่วนของกลุ่มควันตกลงสู่พื้นเนื่องจากการปั่นป่วนภายใต้รูปแบบ unstable ปริมาณการร่วงลงสู่พื้นน้อยกว่า fumigation
- coning เป็นลักษณะการแพร่กระจายในแนวตามขวางเกิดในรูปแบบ adiabatic ในวันที่ลมแรงทำให้การแพร่ปั่นป่วนในแนวรัศมี มีการร่วงลงสู่พื้นในระยะทางที่ไกลกว่าลักษณะกลุ่มควันแบบ looping และ fumigation
- lofting เริ่มต้นในเวลากลางคืนภายใต้ radiation inversion แล้วต่อเนื่องมาจนถึงช่วงฟ้าสว่าง เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นมากที่สุด เคลื่อนที่สูงและไปได้ในระยะทางไกลมาก

สมการการแพร่กระจาย

อนุภาคหรือฝุ่นละอองที่ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศนั้นไม่ได้มีทิศทางเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง เนื่องจากความหลากหลายของอนุภาคในแต่ละรูปแบบของบรรยากาศตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่จะแพร่ออกจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งจากการปั่นป่วนของอากาศในบริเวณนั้น กระบวนการนี้เรียกว่า "turbulent diffusion" ลักษณะของการกระจายจะไม่เหมือนกับตัวถูกละลายแพร่ในสารละลายหรือการแพร่กระจายของนิวตรอน แต่สามารถใช้สมการเดียวกันในการวิเคราะห์ได้เนื่องจากผลจากการแพร่กระจายสะสมในบรรยากาศ

ให้ χ เป็นความเข้มข้นของอนุภาคในฟังก์ชันของระยะทางและเวลา และกำหนดในบรรยากาศโดยรอบอยู่ในลักษณะ isotropic

$$\text{เราสามารถนิยาม } \chi \text{ ได้จาก } k\Delta^2 \chi = \frac{\delta\chi}{\delta t} \quad (7)$$

k คือ ค่าคงที่ของการแพร่กระจาย

$$\text{สำหรับกรณี non-isotropic } k_x \frac{\delta^2 \chi}{\delta x^2} + k_y \frac{\delta^2 \chi}{\delta y^2} + k_z \frac{\delta^2 \chi}{\delta z^2} = \frac{\delta\chi}{\delta t} \quad (8)$$

เมื่อมีลมพัดที่ความเร็วเฉลี่ย \bar{v} ทิศทาง x

$$k_x \frac{\delta^2 \chi}{\delta x^2} + k_y \frac{\delta^2 \chi}{\delta y^2} + k_z \frac{\delta^2 \chi}{\delta z^2} = \frac{\delta\chi}{\delta t} + v \frac{\delta\chi}{\delta x} \quad (9)$$

พิจารณา point source ที่จุดกำเนิดตามแนวแกนปลดปล่อยอนุภาคในอัตราคงที่ Q' หน่วย/หน่วยเวลา ทำให้ χ ไม่เป็นฟังก์ชันของเวลาอีกต่อไปเพราะจากการทดลองอนุภาคเคลื่อนที่ด้วยแรงลมไม่ใช้การแพร่กระจาย ดังนั้น การแพร่ในทิศทาง x เป็น 0

$$k_y \frac{\delta^2 \chi}{\delta y^2} + k_z \frac{\delta^2 \chi}{\delta z^2} = \bar{v} \frac{\delta \chi}{\delta x} \quad (10)$$

ผลเฉลยของ (10) คือ
$$\chi = \frac{Q'}{4\pi x \sqrt{k_y k_z}} \exp \left[-\frac{\bar{v}}{4x} \left(\frac{y^2}{k_y} + \frac{z^2}{k_z} \right) \right] \quad (11)$$

จาก (11) อนุภาคเคลื่อนที่ไปในทิศทาง x แล้วกระจายออกในรูป Gaussian ในทิศทาง y และ z ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ

$$\sigma_y = \left(\frac{2xk_y}{\bar{v}} \right)^{\frac{1}{2}}; \quad \sigma_z = \left(\frac{2xk_z}{\bar{v}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

เพื่อความสอดคล้องของ (2.11) กับผลการทดลองสามารถจัดรูปแบบสมการได้ดังนี้

$$\chi = \frac{Q'}{2\pi \bar{v} \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{z^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \quad (13)$$

σ_y คือ horizontal dispersion coefficients

σ_z คือ vertical dispersion coefficients

นอกจากนี้แล้วเรายังสามารถตั้งสมมุติฐานได้ว่าอนุภาคแพร่กระจายออกไปในบรรยากาศอย่างไม่มีการสิ้นสุดด้วยความสูง h เหนือพื้นดิน และสามารถหาผลเฉลยได้ด้วยวิธี method of image ซึ่งเปรียบได้กับวิธี electrostatics. ให้ แนวแกน z เป็นแนวตั้ง ผลเฉลยคือ

$$\chi = \frac{Q'}{2\pi \bar{v} \sigma_y \sigma_z} \left\{ \exp \left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] + \exp \left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \right\} \quad (14)$$

ความเข้มข้นที่บริเวณพื้นดิน นั่นคือ $z = 0$

$$\chi = \frac{Q'}{\pi \bar{v} \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{z^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \quad (15)$$

ค่าความเข้มข้น χ สูงมากที่เส้นผ่านศูนย์กลางกลุ่มควัน ดังนั้นที่ $y = 0$

$$\chi = \frac{Q'}{\pi \bar{v} \sigma_y \sigma_z} \exp \left(-\frac{h^2}{2\sigma_z^2} \right) \quad (16)$$

เพราะว่าค่า exponential ใน (16) น้อยมากและความเข้มข้นบนพื้นดินจะมีค่ามากกว่าความเข้มข้น ณ จุดที่ความสูงใด ๆ เสมอ ดังนั้น (16) คงเหลือ

$$\chi = \frac{Q'}{\pi \bar{v} \sigma_y \sigma_z} \tag{17}$$

*สมการนี้ใช้เมื่อเป็นการประมาณการในกรณีไม่ทราบค่า h ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่ามากกว่าความเป็นจริงเล็กน้อย แต่ถ้าทราบค่า h ให้ใช้ (16)

ถ้านำค่า Q' หารตลอดสมการแล้ว $\frac{\chi}{Q'}$ เรียกว่า "dilution factor"

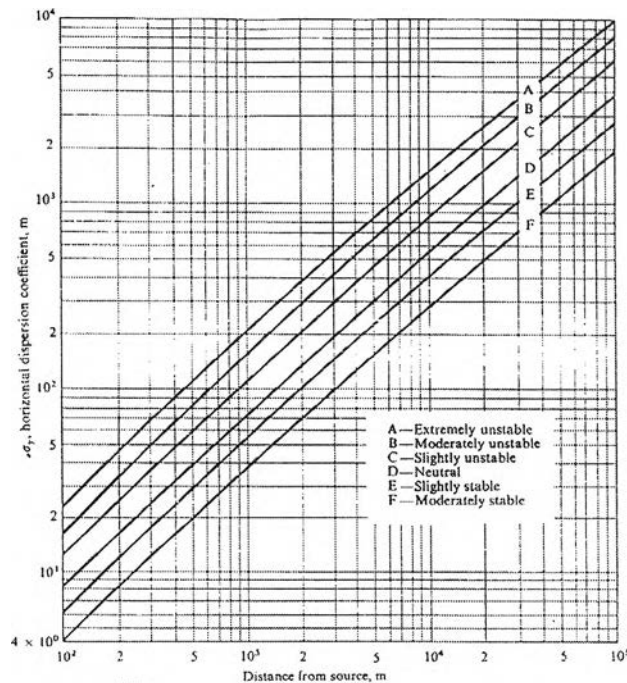
ในการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้นจะเป็นไปในลักษณะเดียวกับฝุ่นละออง ดังนั้นความเข้มข้นที่จุดใด ๆ บนพื้นดินนั้นแปรผันตามเวลาและปริมาณของฝุ่นละอองที่พัดผ่าน โดย total radiation dose จะเป็นสัดส่วนกับผลรวมของเวลาที่ฝุ่นละอองพัดผ่าน

$$\chi_T = \int \chi(t) dt \tag{18}$$

$$\chi_T = \frac{Q}{\pi \bar{v} \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right) \tag{19}$$

Q คือปริมาณสะสมของอนุภาคในฝุ่นละออง นั่นคือผลรวมของ Q'

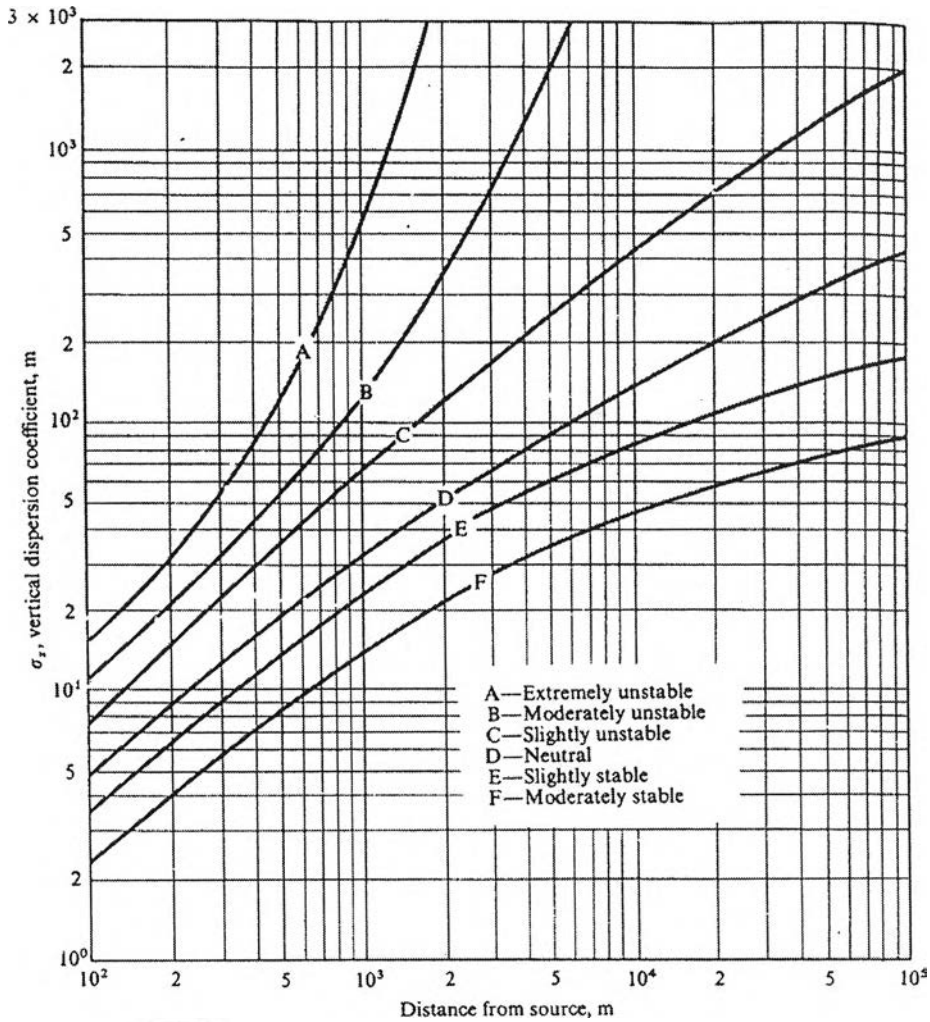
"Pasquill conditions" พิจารณา (12) ทั้ง σ_y และ σ_z จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าการเพิ่มขึ้นของระยะทาง นั่นคือ แบบจำลองการแพร่กระจายนั้นเป็นเพียงการประมาณการของปรากฏการณ์เท่านั้น อย่างไรก็ตามยังสามารถใช้ (13) - (16) ในการคำนวณความเข้มข้นของกลุ่มควันได้ ดังตัวอย่าง σ_z เป็นความสัมพัทธ์ของการฟุ้งกระจายและระยะทางในแนวตั้งจะเห็นได้ว่ามีค่าสูงขึ้นไปภายใต้รูปแบบ unstable มากกว่า stable



ภาพที่ ข-7 แสดงค่า Horizontal dispersion แปรผันตาม ระยะทางจากจุดกำเนิดรังสี

จากผลการทดลอง "Pasquill" นำมาจัดทำกราฟของ σ_y, σ_z สำหรับ 6 รูปแบบบรรยากาศแสดงในภาพที่ ข-7 และภาพที่ ข-8 ส่วนรูปแบบที่ 7 (G) Extremely stable ประมาณค่าได้จาก

$$\sigma_z(G) = \frac{3}{5}\sigma_z(F); \sigma_y(G) = \frac{2}{3}\sigma_y(F) \quad (20)$$



ภาพที่ ข-8 แสดงค่า Vertical dispersion แปรผันตาม ระยะทางจากจุดกำเนิดรังสี
 แนวทางที่จะประมาณการความ stable ของอากาศชั้นล่างบริเวณใกล้ ๆ พื้นดินด้วยวิธีใช้คุณหมุมิ

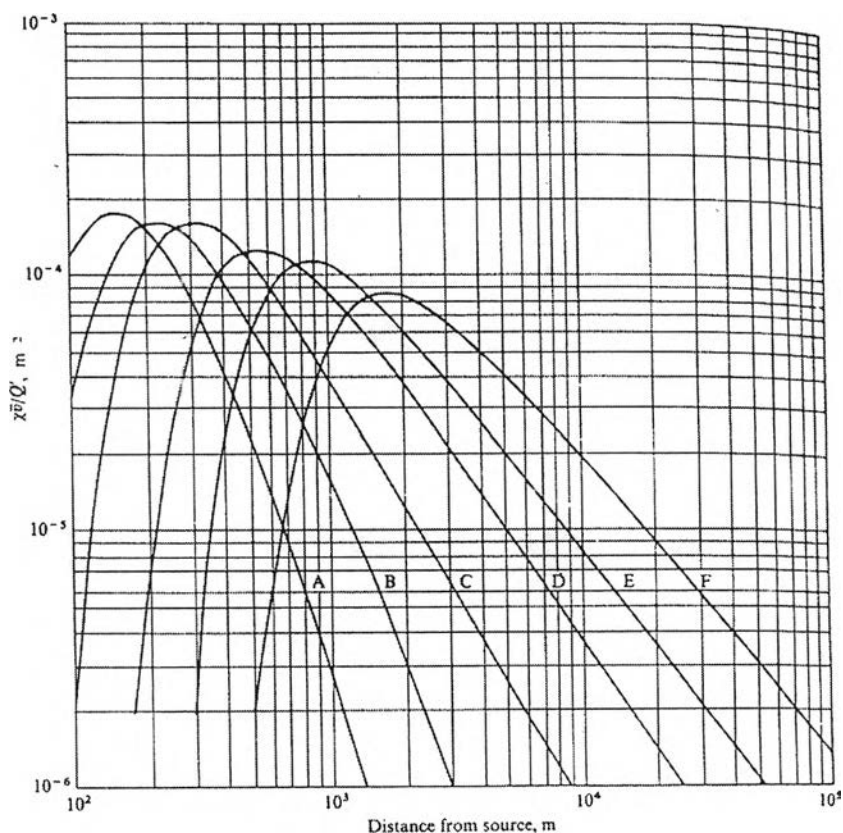
แตกต่างระหว่างจุดและความสูงของสถานีอุตุนิยมวิทยา $\frac{\Delta T}{\Delta z}$ ของความสัมพันธ์ "Pasquill category"

Pasquill category	$\Delta T/\Delta z$ ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)	σ_z (degrees)
A	$\Delta T/\Delta z \leq -1.9$	$\sigma_z \geq 22.5$
B	$-1.9 < \Delta T/\Delta z \leq -1.7$	$22.5 > \sigma_z \geq 17.5$
C	$-1.7 < \Delta T/\Delta z \leq -1.5$	$17.5 > \sigma_z \geq 12.5$
D	$-1.5 < \Delta T/\Delta z \leq -0.5$	$12.5 > \sigma_z \geq 7.5$
E	$-0.5 < \Delta T/\Delta z \leq 1.5$	$7.5 > \sigma_z \geq 3.8$
F	$1.5 < \Delta T/\Delta z \leq 4.0$	$3.8 > \sigma_z \geq 2.1$
G	$4.0 < \Delta T/\Delta z$	$2.1 > \sigma_z$

*From Regulatory Guide 1.23, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1980.

ตารางที่ ข-1 ความสัมพันธ์ของ Pasquill, $\frac{\Delta T}{\Delta z}$ และ σ_z^*

ในสหรัฐอเมริกา NRC. กำหนดให้ใช้ค่าความสูง 10 และ 60 เมตร บริเวณใกล้ ๆ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ได้จากการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงไปมาของทิศทางลม เช่นในวันที่ unstable จะมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางลมในมุมกว้างมากกว่าวันที่ stable ความสัมพันธ์ระหว่างมุมของการเปลี่ยนแปลงทิศทางลม σ_θ กับ "Pasquill category" แสดงในตารางที่ ข-1



ภาพที่ ข-9 แสดงค่า $\frac{x^2}{Q}$ ของกลุ่มอนุภาคที่ปล่อยออกมาที่ความสูง 30 เมตร

โดยคำนวณจาก (16) ภายใต้ "Pasquill category" จะเห็นได้ว่าเมื่อ $\frac{\chi \bar{v}}{Q}$ มีค่าเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดแล้วจะลดลง มาแบบ exponential

รูปแบบที่ unstable มาก(A,B) จุดสูงสุดจะอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดประมาณ 100 เมตรจากนั้นจะลดลงเร็วมาก ส่วนรูปแบบที่ stable(E,F) จุดสูงสุดจะอยู่ห่างไกลออกไปจากจุดกำเนิด ดังนั้นในการพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในบรรยากาศนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประชาชนในบริเวณ Off-site area ที่อยู่ภายใต้รูปแบบ stable มากกว่ารูปแบบ unstable และโดยส่วนใหญ่เราจะใช้รูปแบบ stable เป็นสมมุติฐานของการแพร่กระจาย

จุดสูงสุดของกราฟในภาพที่ ข-9 นั้นสามารถคำนวณได้จากการแทนที่ด้วย $x = 0$ ในอนุพันธ์ของ (16) เนื่องจากทุกตัวแปรของ χ ขึ้นอยู่กับ x ที่อยู่ใน σ_y, σ_z ดังนั้นจึงสร้างความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\sigma_y = a\sigma_z \quad a \text{ เป็นค่าคงที่, จากนั้นใส่ค่า logarithms (16)}$$

$$\ln \chi = -2 \ln \sigma_z - \frac{h^2}{2\sigma_z^2} + \ln C$$

ให้ C เป็นค่าคงที่รวม $\frac{1}{\chi} \frac{d\chi}{dx} = \left(-\frac{2}{\sigma_z} + \frac{h^2}{\sigma_z^3} \right) \frac{d\sigma_z}{dx} = 0$

ดังนั้น $h^2 = 2\sigma_z^2$ (21)

จะได้ค่าสูงสุดจากการนำ (21) ใส่ใน (16) , ส่วนค่า $(\sigma_y, \sigma_z)_{\max}$ ได้จาก (21)

$$\chi = \frac{Q}{\pi e \bar{v} (\sigma_y \sigma_z)_{\max}} \quad (22)$$

Radioactive effluent

ถ้าอนุภาคในกลุ่มควันเป็นสารกัมมันตรังสีแล้ว ก็จะมีกัมมันตภาพรังสีแพร่กระจายในบรรยากาศ ดังนั้นสามารถแทนที่ Q' ด้วย $Q'_0 \exp(-\lambda t)$ ใน (16) โดยที่ Q'_0 คืออัตราการแพร่กระจายของสารรังสีจากจุดกำเนิด, λ คือ decay constant, t คือเวลาที่ใช้จากจุดกำเนิดถึงจุดอ้างอิง ถ้ากำหนดให้อนุภาคเคลื่อนที่โดยแรงลมเพียงอย่างเดียวในแกน x และ t มีค่าเท่ากับ $\frac{x}{\bar{v}}$ แล้ว (16) จะกลายเป็น

$$\chi = \frac{Q'_0}{\pi \bar{v} \sigma_y \sigma_z} \exp \left[- \left(\frac{\lambda x}{\bar{v}} + \frac{h^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \quad (23)$$

อย่างไรก็ตามสมการนี้ค่อนข้างให้ผลลัพธ์ที่สูงกว่าความเป็นจริง

Deposition & fallout

ปริมาณสารกัมมันตรังสีในกลุ่มควันนั้นจะลดน้อยลงตามระยะทางเนื่องจากบางส่วนได้ร่วงลงสู่พื้นดิน แต่ในบางกรณี เช่น มีการแพร่กระจายของ isotope ของ iodine แล้วระหว่างนั้นเกิดฝนตกทำให้หยดน้ำนำสาร

กัมมันตรังสีลงสู่พื้นดินโดยตรงปรากฏการณ์นี้เรียกว่า washout or wet deposition เมื่อสารกัมมันตรังสีตกลงสู่พื้นดินแล้ว อาจปนเปื้อนต่อ พืช, สัตว์ หรือแหล่งน้ำที่จะนำไปสู่วงจรอาหารของมนุษย์อีกด้วย

Deposition rate สามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์อย่างง่ายได้ ดังนี้

$$R_d = \chi v_d \quad (24)$$

v_d คือ deposition velocity เป็นสัดส่วนคงที่ในหน่วย m/sec ได้มาจากการทดลอง, χ เป็นค่าความเข้มข้นของอนุภาคที่บริเวณใกล้พื้นดิน

ค่า dry deposition velocity ของ iodine นั้นประมาณ 0.002 ถึง 0.01 m/s ซึ่งมีค่าน้อยมากสำหรับ fallout ส่วนค่า v_d สำหรับ wet deposition นั้นจะขึ้นอยู่กับความสูงของกลุ่มควัน เช่นที่ความสูง 1 km จากพื้นดิน v_d มีค่าประมาณ 0.2 m/sec สำหรับ iodine และ 0.1 สำหรับอนุภาคทั่วไป ส่วนแก๊สเฉื่อยนั้นไม่เข้าข่ายคุณสมบัติทั้ง wet และ dry deposition

พิจารณาที่ความเข้มข้นของอนุภาคที่ร่วงลงสู่พื้นดินเป็นฟังก์ชันของระยะทางจากจุดกำเนิดตามเส้นผ่านศูนย์กลางของกลุ่มควัน ค่า χ จะเป็นฟังก์ชันของ x และ z เท่านั้น โดยปริมาณอนุภาคทั้งหมดของกลุ่มควันในหน่วยความกว้างตามแนวแกน y และความหนา dx

$$dx \int_{z=0}^{\infty} \chi(x, z) dz$$

อัตราที่อนุภาคลดลงเนื่องจาก deposition คือ

$$\frac{d}{dt} dx \int_{z=0}^{\infty} \chi(x, z) dz = -\chi(x, 0) v_d dx \quad (25)$$

$\frac{dx}{dt}$ คือความเร็วลมเฉลี่ย \bar{v}

$$d \int_0^{\infty} \chi(x, z) dz = -\frac{\chi(x, 0) v_d dx}{\bar{v}} \quad (26)$$

นิยาม \bar{z} โดยความสัมพันธ์

$$\bar{z} = \frac{1}{\chi(x, 0)} \int_0^{\infty} \chi(x, z) dz \quad (27)$$

ตัวแปรนี้เรียกว่า "effect of high" ของกลุ่มควัน และจาก (2.14) จะได้ว่า

$$\bar{z} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma_z \exp\left(\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (28)$$

นำค่า \bar{z} ใส่ใน (26) จะได้ว่า

$$d\chi(x, 0) = \Lambda \chi(x, 0) dx \quad (29)$$

กำหนด

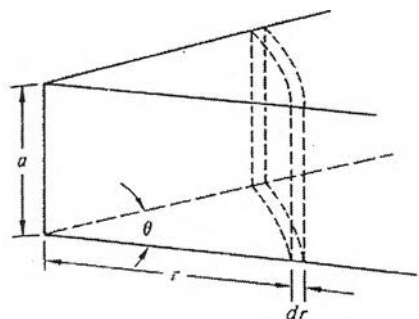
$$\Lambda = \frac{v_d}{\bar{v} \cdot \bar{z}} \quad (30)$$

สมการ (29) แสดงค่า χ ที่ระดับพื้นดินลดลงแบบ exponential ด้วยระยะทางเนื่องจาก deposition เมื่อนำมารวมกับ (23) จะได้ผลเฉลยสุดท้าย คือ

$$\chi = \frac{Q_0'}{\pi \bar{v} \sigma_y \sigma_z} \exp \left[- \left(\Lambda + \frac{\lambda}{\bar{v}} x - \frac{h^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \quad (31)$$

Wedge model

เป็นแบบจำลองการแพร่กระจายไปในระยะทางไกลและมีความเข้มข้นของอนุภาคสะสมไปเป็นระยะทางได้ถึง 10 km ดังนั้นทฤษฎีการแพร่กระจายไม่สามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากความแปรปรวนของรูปแบบบรรยากาศที่อนุภาคนั้นแพร่กระจายออกไปไกล ๆ ในขณะที่ dose มีค่าน้อยมากซึ่งอาจตัดทิ้งได้ แต่ในกรณีหลังจากเกิดอุบัติเหตุขึ้นแล้วอาจมีผลสะสมต่อ dose ของประชากร ดังนั้นจึงพิจารณาการแพร่กระจายในรูปแบบ wedge model



ภาพที่ ข-10 การพิจารณาแบบ wedge model

$$dV = ar\theta dr \quad \text{ให้ } \chi(r) \text{ คือความเข้มข้นอนุภาคที่ } r$$

$$\chi(r) dV = Q' dt$$

$\frac{dr}{dt}$ คือ ความเร็วลมเฉลี่ย V

$$\chi(r) = \frac{Q' dt}{ar\theta dr} \quad (32)$$

ดังนั้นเมื่อมีการแผ่รังสีและมีการร่วงลงสู่พื้นและจาก (30) ทำให้ (32) กลายเป็น

$$\chi(r) = \frac{Q' dt}{ar\theta dr} \exp \left[- \left(\Lambda + \frac{\lambda}{\bar{v}} \right) r \right] \quad (33)$$

Release from building

ในกรณีเกิดการรั่วไหลในเตาปฏิกรณ์แล้วสารกัมมันตรังสีปนเปื้อนในอาคารเตาปฏิกรณ์แล้วอาจรั่วไหลออกสู่ภายนอก เมื่อลมพัดผ่านก็จะเกิดการแพร่กระจาย

$$D_B = cA\bar{v} \quad (34)$$

D_B คือ building dilution factor, c คือ shape factor, A คือ cross-section area, \bar{v} คือ ความเร็วลมเฉลี่ย D_B มีหน่วยเป็น m^3/sec ในการทดลองค่า c มีค่าประมาณ 0.5-0.67 นำค่า σ_y, σ_z มาใส่ในสมการจะได้ว่า

$$\sum_y^2 = \sigma_y^2 + \frac{D_B}{\pi\bar{v}}, \quad \sum_z^2 = \sigma_z^2 + \frac{D_B}{\pi\bar{v}} \quad (35)$$

ดังนั้นสำหรับกรณีนี้ จาก (16) จะได้

$$\chi = \frac{Q'}{\pi\bar{v}\sum_y\sum_z} \exp\left(-\frac{h^2}{2\sum_z^2}\right) \quad (36)$$

สมการนี้เป็นจุดบริเวณใกล้ ๆ พื้นดิน ถ้าที่ระดับพื้นดิน $h = 0$

$$\chi = \frac{Q'}{\pi\bar{v}\sigma_y\sigma_z + D_B} \quad (37)$$

ในกรณีที่อนุภาครั่วไหลออกจากอาคารโดยไม่ได้มีการแพร่กระจายเนื่องจากลมพัด ดังนั้น ค่า σ_y, σ_z จะไม่มีผล และ ณ ที่ระดับพื้นดิน $h = 0$ จะได้

$$\chi = \frac{Q'}{D_B} \quad (38)$$

สมการนี้ใช้ในการคำนวณการปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีในกรณีที่ไม่มีการระบายอากาศในอาคาร แต่ถ้ามีการระบายอากาศด้วยความเข้มข้น χ_0 (Ci/m^3) และอัตราการระบายอากาศ V (m^3/sec) ดังนั้น

$Q' = V \cdot \chi_0$ และสมการ (2.38) จะกลายเป็น

$$\chi = \left(\frac{V}{D_B}\right) \chi_0 \quad (39)$$

ภาคผนวก ค.

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการจัดทำแผนการเตรียมพร้อมฉุกเฉินทางรังสีได้มีการจำลองเหตุการณ์เกิดอุบัติเหตุโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Industrial Source Complex (isc) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์การแพร่กระจายของมลพิษจากอุตสาหกรรม เช่น SO_2 เป็นต้น นำมาประยุกต์ใช้ในการจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในอากาศซึ่งพัฒนาโปรแกรมโดย Environmental Protection Agency (EPA) U.S.A.

ชุดคำสั่งที่ต้องป้อนให้โปรแกรมคือ Input run stream file ประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ 5 ส่วน

CO-control option

จะเป็นส่วนควบคุมการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดโดยสามารถเลือกรูปแบบการทำงานได้ เช่น เลือกให้ทำงานภายใต้เงื่อนไขพื้นที่เมือง (Urban) หรือพื้นที่ชนบท (Rural), เลือกช่วงเวลาที่ต้องการให้โปรแกรมคำนวณค่าเฉลี่ย เป็นต้น

SO-source information

เป็นส่วนที่ระบุชนิดของต้นกำเนิดเช่น Point source, volume source เป็นต้น โดยต้องกำหนดค่า emission rate, stack height, temperature, stack diameter เป็นต้น ในกรณีที่มีต้นกำเนิดหลายแหล่งก็สามารถจัดเป็นกลุ่มได้ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มเติมผลจากกลุ่มอาคารข้างเคียง (building downwash) หรือ อาคารที่มีความสูงมากกว่าปล่อง (Schulman-Scire downwash) ได้

RE-receptor network

เป็นการกำหนดจุดรองรับในพื้นที่รอบ ๆ ต้นกำเนิดเพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่าความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีในอากาศโดยสามารถระบุได้ 2 ระบบคือ แบบเชิงเส้น (Cartesian coordinate) และระบบเชิงขั้ว (Polar coordinate) ทั้ง 2 ระบบ สามารถเลือกตำแหน่งที่สนใจเป็นระยะทางจากต้นกำเนิดในหน่วยเมตร (m)

ME-meteorological data input

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดในชุดคำสั่งเพราะเป็นส่วนที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี โดยข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ต้องนำมาพิจารณาประกอบด้วย ปริมาณลม อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความดัน ความเร็วและทิศทางลมทั้งในส่วนของ Surface air และ Upper air เพื่อทราบถึง stability class และ mixing height ทั้งหมดนี้ต้องทำการ process ข้อมูลโดยใช้ภาษา ASCII

OU-output option

เป็นส่วนควบคุมสั่งการให้การแสดงผลการคำนวณให้แสดงออกมาในรูปแบบและปริมาณเท่าใดบ้าง สำหรับ สมมุติฐานเบื้องต้น (Default) ในโปรแกรมนี้คือ

1. Use stack-tip downwash (except for Schulman-Scire downwash);
2. Use buoyancy-induced dispersion (except for Schulman-Scire downwash);

3. Do not use gradual plume rise (except for building downwash);
4. Use the calms processing routines;
5. Use upper-bound concentration estimates for sources influenced by building downwash from super-squat buildings;
6. Use default wind speed profile exponents;
7. Use default vertical potential temperature gradients.

ตารางที่ ค-1 แสดงค่าคงที่ในการคำนวณ

Pasquill Stability Category	Rural Wind Profile Exponent	Urban Wind Profile Exponent	Rural Temperature Gradient (K/m)	Urban Temperature Gradient (K/m)
A	0.07	0.15	0.00	0.00
B	0.07	0.15	0.00	0.00
C	0.10	0.20	0.00	0.00
D	0.15	0.25	0.00	0.00
E	0.35	0.30	0.020	0.020
F	0.55	0.30	0.035	0.035

สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

D	Exponential decay term for Gaussian plume equation (dimensionless)
d_s	Stack inside diameter (m)
F_b	Buoyancy flux parameter (m^4/s^3)
F_m	Momentum flux parameter (m^4/s^2)
g	Acceleration due to gravity (9.80616 m/s^2)
h_e	Plume (or effective stack) height (m)
h_s	Physical stack height (m)
h_s'	Release height modified for stack-tip downwash (m)
p	Wind speed power law profile exponent (dimensionless)
s	Stability parameter = $g \frac{\partial \theta / \partial z}{T_a}$
T_a	Ambient temperature (K)
T_s	Stack gas exit temperature (K)
u_{ref}	Wind speed measured at reference anemometer height (m/s)
u_s	Wind speed adjusted to release height (m/s)
V	Vertical term of the Gaussian plume equation (dimensionless)
v_s	Stack gas exit velocity (m/s)
X	X-coordinate in a Cartesian grid receptor network (m)
x_o	Length of side of square area source (m)
Y	Y-coordinate in a Cartesian grid receptor network (m)
θ	Direction in a polar receptor network (degrees)
x	Downwind distance from source to receptor (m)
x_y	Lateral virtual point source distance (m)
x_z	Vertical virtual point source distance (m)
x_f	Downwind distance to final plume rise (m)
y	Crosswind distance from source to receptor (m)
z	Receptor/terrain height above mean sea level (m)
z_r	Receptor height above ground level (i.e. flagpole) (m)
z_{ref}	Reference height for wind speed power law (m)
z_s	Stack base elevation above mean sea level (m)

z_i	Mixing height (m)
z_0	Surface roughness height (m)
β_j	Jet entrainment coefficient used in gradual momentum plume rise calculations $= \frac{1}{3} + \frac{u_s}{V_s}$
Δh	Plume rise (m)
$\frac{\partial \theta}{\partial z}$	Potential temperature gradient with height (K/m)
π	pi = 3.14159
ψ	Decay coefficient = $0.693/T^{1/2}$ (s ⁻¹)
ρ	Particle density (g/cm ³)
ρ_{air}	Density of air (g/cm ³)
σ_y	Horizontal (lateral) dispersion parameter (m)
σ_{y0}	Initial horizontal dispersion parameter for virtual point source (m)
σ_{ye}	Effective lateral dispersion parameter including effects of buoyancy-induced dispersion (m)
σ_z	Vertical dispersion parameter (m)
σ_{z0}	Initial vertical dispersion parameter for virtual point source (m)
σ_{ze}	Effective vertical dispersion parameter including effects of buoyancy-induced dispersion (m)
ν	Viscosity of air 0.15 cm ² /s
μ	Absolute viscosity of air 1.81×10^{-4} g/cm/s
χ	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

MODEL ALGORITHMS

The Gaussian Equation

สำหรับ Point source นั้น ISC ใช้ steady-state Gaussian plume equation ในการคำนวณมีสมการดังนี้

$$\chi = \frac{QKVD}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-0.5 \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \quad (1)$$

Downwind and Crosswind Distances

ระยะทางในแนวตามยาวและแนวตัดขวางจากจุดกำเนิดถึงจุดรองรับที่คำนวณได้ ISC จะทำการแปลงค่าทั้งในระบบเชิงเส้นและระบบเชิงขั้ว ดังนี้

$$x(r) = r \sin \theta - x_0 \quad (2)$$

$$y(r) = r \cos \theta - y_0 \quad (3)$$

และถ้าในกรณีที่ต้นกำเนิดตั้งอยู่ที่ $x(s), y(s)$ ระยะตามแนวยาวและตัดขวางจะได้

$$x = -(x(R) - x(s)) \sin(WD) - (y(R) - y(s)) \cos(WD) \quad (4)$$

$$y = (x(R) - x(s)) \cos(WD) - (y(R) - y(s)) \sin(WD) \quad (5)$$

โดยที่ WD คือ ทิศทางที่ลมพัดโดยเริ่มนับองศาจากทิศเหนือ

Wind Speed Profile

เนื่องจากความเร็วลมที่วัดได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยานั้นเป็นค่าความสูงของเสาสถานีดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่าให้อยู่ในความสูงของปล่องโดยใช้ Wind power law

$$u_s = u_{ref} \left(\frac{h_s}{z_{ref}} \right)^p \quad (6)$$

โดยที่ p คือค่า wind profile exponent

Plume Rise Formulas

สำหรับความสูงของกลุ่มควัน (Plume height) ที่จะใช้ในการคำนวณ vertical term นั้นแบ่งวิเคราะห์ได้ในหลาย ๆ กรณี

Stack-tip Downwash

เกิดในกรณีที่ความเร็วของก๊าซที่ปล่องต่ำมาก ๆ

$$h'_s = k_s + 2d_s \left[\frac{V_s}{u_s} - 1.5 \right] \quad \text{for } V_s < 1.5u$$

$$\text{หรือ } h'_s = k_s \quad \text{for } V_s \geq 1.5 \quad (7)$$

Buoyancy and Momentum Fluxes

เป็นดัชนีบ่งบอกการเคลื่อนของกลุ่มควันว่ามาจากสาเหตุใดเป็นหลัก

$$F_b = gV_s d_s^2 \left(\frac{\Delta T}{4T_s} \right) \quad (8)$$

โดย $\Delta T = T_s - T_a$

$$F_m = V_s^2 d_s^2 \frac{T_a}{4T_s} \quad (9)$$

Unstable or Neutral - Crossover between Momentum and Buoyancy

สำหรับกรณีที่ T_s มีค่ามากกว่า T_a นั้น ในการหาการลอยตัวของกลุ่มควัน (plume rise) จำเป็นต้องวิเคราะห์ว่าเป็นผลมาจาก buoyancy หรือ momentum เป็นหลัก

สำหรับ $F_b < 55$

$$(\Delta T)_c = 0.0297 T_s \frac{V_s^{\frac{1}{3}}}{d_s^{\frac{2}{3}}} \quad (10)$$

สำหรับ $F_b \geq 55$

$$(\Delta T)_c = 0.00575 T_s \frac{V_s^{\frac{2}{3}}}{d_s^{\frac{1}{3}}} \quad (11)$$

ถ้า $\Delta T \geq (\Delta T)_c$ การลอยตัวของกลุ่มควันเป็นผลมาจาก buoyancy

ถ้า $\Delta T < (\Delta T)_c$ การลอยตัวของกลุ่มควันเป็นผลมาจาก momentum

ดังนั้นในกรณี buoyancy rise

$$F_b < 55 \quad x_f = 49 F_b^{\frac{5}{8}} \quad (12)$$

$$h_e = h'_s + 21.425 \frac{F_b^{\frac{3}{4}}}{u_s} \quad (13)$$

$$F_b \geq 55 \quad x_f = 119 F_b^{\frac{2}{5}} \quad (14)$$

$$h_e = h'_s + 38.71 \frac{F_b^{\frac{3}{5}}}{u_s} \quad (15)$$

ในกรณี momentum rise

$$h_e = h'_s + 3 d_s \frac{V_s}{u_s} \quad (16)$$

Stability Parameter

$$s = g \frac{\partial \theta / \partial z}{T_a} \quad (17)$$

Stable - Crossover between Momentum and Buoyancy

สำหรับกรณีที่ T_s มีค่ามากกว่า T_a นั้น ในการหาการลอยตัวของกลุ่มควัน (plume rise) จำเป็นต้องวิเคราะห์ว่าเป็นผลมาจาก buoyancy หรือ momentum เป็นหลักโดย

$$(\Delta T)_c = 0.019582 T_s V_s \sqrt{s} \quad (18)$$

ถ้า $\Delta T \geq (\Delta T)_c$ การลอยตัวของกลุ่มควันเป็นผลมาจาก buoyancy

ถ้า $\Delta T < (\Delta T)_c$ การลอยตัวของกลุ่มควันเป็นผลมาจาก momentum

ดังนั้นในกรณี buoyancy rise

$$x_f = 2.0715 \frac{u_s}{\sqrt{s}} \quad (19)$$

$$h_e = h'_s + 2.6 \left(\frac{F_b}{u_s \cdot s} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (20)$$

ในกรณี momentum rise

$$h_e = h'_s + 1.5 \left(\frac{F_m}{u_s \sqrt{s}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (21)$$

All Conditions - Distance Less Than Distance to Final Rise

เมื่อระยะทางจากจุดกำเนิดถึงจุดรองรับ (source to receptor) น้อยกว่าความสูงที่จุดสูงสุดของกลุ่มควัน (final plume rise) ในกรณีนี้จำเป็นต้องวิเคราะห์ว่าเป็นผลมาจาก buoyancy หรือ momentum เช่นกัน

ในกรณี buoyancy

$$h_e = h'_s + 1.6 \left(\frac{F_b^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}}}{u_s} \right) \quad (22)$$

กรณี momentum

a) unstable conditions

$$h_e = h'_s + \left(\frac{3F_m x}{\beta_j^2 u_s^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} x_{\max} &= \frac{4d_s (V_s + 3u_s)^2}{V_s \cdot u_s} && \text{for } F_b = 0 \\ &= 49F_b^{\frac{5}{8}} && \text{for } 0 < F_b \leq 55m^4 / s^3 \\ &= 119F_b^{\frac{2}{5}} && \text{for } F_b > 55m^4 / s^3 \end{aligned} \quad (24)$$

b) stable conditions

$$h_e = h'_s + \left[\frac{3F_m \sin(x\sqrt{s}/u_s)}{\beta_j^2 u_s \sqrt{s}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (25)$$

$$x_{\max} = 0.5 \frac{\pi u_s}{\sqrt{s}} \quad (26)$$

$$\beta = \frac{1}{3} + \frac{u_s}{V_s} \quad (27)$$

The Dispersion Parameters

Point Source Dispersion Parameters

เป็นการสร้างสมการจากการ fit curve ของ Pasquill-Gifford เพื่อคำนวณหา σ_y, σ_z

สำหรับ rural mode

$$\sigma_y = 465.11628(x) \tan(TH) \quad (28)$$

โดย $TH = 0.017453293[c - d \ln(x)] \quad (29)$

$$\sigma_z = ax^b \quad (30)$$

โดยค่า X ใช้ในหน่วย (km) ส่วนค่าคงที่ a, b, c, d ดังแสดงในตารางที่ ค-2 ถึง ค-3

ตารางที่ ค-2 แสดงค่าคงที่สำหรับการคำนวณ σ_y ใน Rural mode

Pasquill Stability Category	c	d
A	24.1670	2.53340
B	18.3330	1.80960
C	12.5000	1.08570
D	8.3330	0.72382
E	6.2500	0.54287
F	4.1667	0.36191

ตารางที่ ค-3 แสดงค่าคงที่สำหรับการคำนวณ σ_z ใน Rural mode

Pasquill Stability Category	x(km)	a	b
A*	<0.10	122.800	0.9447
	0.10-0.15	158.080	1.0542
	0.16-0.20	170.220	1.0932
	0.21-0.25	179.520	1.1262
	0.26-0.30	217.410	1.2644
	0.31-0.40	258.890	1.4094
	0.41-0.50	346.750	1.7283
	0.51-3.11	453.850	2.1166
	>3.11	**	**
B*	<0.20	90.673	0.93198
	0.21-0.40	98.483	0.98332
	>0.40	109.300	1.09710
C*	all	61.141	0.91465

ตารางที่ ค-3 แสดงค่าคงที่สำหรับการคำนวณ σ_z ใน Rural mode (ต่อ)

Pasquill Stability Category	x(km)	a	b
D	<0.30	34.459	0.86974
	0.30-1.00	32.093	0.81066
	1.00-3.00	32.093	0.64403
	3.01-10.00	33.504	0.60486
	10.01-30.00	36.650	0.56589
	>30.00	44.053	0.51179
E	<0.10	24.260	0.83660
	0.10-0.30	23.331	0.81956
	0.31-1.00	21.628	0.75660
	1.01-2.00	21.628	0.63077
	2.01-4.00	22.534	0.57154
	4.01-10.00	24.703	0.50527
	10.01-20.00	26.970	0.46713
	20.01-40.00	35.420	0.37615
	>40.00	47.618	0.29592
F	<0.20	15.209	0.81558
	0.21-0.70	14.457	0.78407
	0.71-1.00	13.953	0.68465
	1.01-2.00	13.953	0.63227
	2.01-3.00	14.823	0.54503
	3.01-7.00	16.187	0.46490
	7.01-15.00	17.836	0.41507
	15.01-30.00	22.651	0.32681
	30.01-60.00	27.074	0.27436
	>60.00	34.219	0.21716

* ในกรณีที่ σ_z มากกว่า 5,000 เมตร ให้ใช้ค่า 5,000 เมตรแทน

** ให้ใช้ค่า σ_z เท่ากับ 5,000 เมตร



ค่าคงที่สำหรับ Urban mode ดังแสดงในตารางที่ ค-4

ตารางที่ ค-4 แสดงค่าคงที่สำหรับการคำนวณ σ_y , σ_z ใน Urban mode

Pasquill Stability Category	σ_y (meters)	σ_z (meters)
A	$0.32x(1.0+0.0004x)^{-1/2}$	$0.24x(1.0+0.001x)^{-1/2}$
E	$0.32x(1.0+0.0004x)^{-1/2}$	$0.24x(1.0+0.001x)^{-1/2}$
C	$0.22x(1.0+0.0004x)^{-1/2}$	0.24x
D	$0.16x(1.0+0.0004x)^{-1/2}$	$0.14x(1.0+0.0003x)^{-1/2}$
E	$0.11x(1.0+0.0004x)^{-1/2}$	$0.08x(1.0+0.0015x)^{-1/2}$
F	$0.1x(1.0+0.0004x)^{-1/2}$	$0.08x(1.0+0.0015x)^{-1/2}$

Lateral and Vertical Virtual Distances

สมการในตารางที่ ค-4 ข้างต้นนั้นเป็นการนิยามจากแหล่งกำเนิดชนิดจุดในอุดมคติแต่ในความเป็นจริง แม้แหล่งกำเนิดจะเล็กเพียงใดก็ตามจะต้องมีมิติของขนาดและส่งผลถึงการปั่นป่วนของกลุ่มควันดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่าให้ใกล้เคียงที่สุดโดย

$$x_y = \left(\frac{\sigma_{y0}}{p} \right)^{\frac{1}{q}} \quad (31)$$

$$x_z = \left(\frac{\sigma_{z0}}{a} \right)^{\frac{1}{b}} \quad (32)$$

ค่าคงที่สำหรับ x_z ใช้ค่าในตารางที่ ค-3 ส่วน x_y นั้นใช้ค่าตามตารางที่ ค-5

ตารางที่ ค-5 แสดงค่าคงที่ในการคำนวณ ค่า x_y

Pasquill Stability Category	p		q
	A	209.14	0.890
B	154.46	0.902	
C	103.26	0.917	
D	68.26	0.919	
E	51.06	0.921	
F	33.92	0.919	

Procedures Used to Account for Buoyancy-Induced Dispersion

จากวิธีของ Pasquill นั้นเป็นแพร่กระจายของกลุ่มควันในเบื้องต้นเนื่องจากการไหลแบบปั่นป่วนของกลุ่มควันและอนุภาคของอากาศแต่หลังจากนั้นแล้วจะมีผลของแรงลอยตัวที่เกิดขึ้นเองมาเกี่ยวข้องด้วยดังนั้นจึงต้องนำมาพิจารณาด้วยดังนี้

Effective vertical dispersion

$$\sigma_{ze} = \left[\sigma_z^2 + \left(\frac{\Delta h}{3.5} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (33)$$

Effective lateral dispersion

$$\sigma_{ye} = \left[\sigma_y^2 + \left(\frac{\Delta h}{3.5} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (34)$$

Δh คือระยะทางที่กลุ่มควันลอยสูงขึ้นเนื่องจาก buoyancy หรือ momentum ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

1. ถ้าตำแหน่งจุดรองรับอยู่ระหว่างต้นกำเนิดและระยะทางไปถึงจุดที่กลุ่มควันลอยขึ้นสูงที่สุด
2. ความสูงของกลุ่มควันถ้าตำแหน่งจุดรองรับก้าวข้ามจุดที่กลุ่มควันลอยขึ้นสูงที่สุด

ด้วยเหตุนี้ ISC จึงเลือกใช้ effective dispersion ในการคำนวณ

The Vertical Term

เป็นการรวบรวมผลจากความแตกต่างของความสูงของต้นกำเนิด จุดรองรับ กลุ่มควันและขอบเขตของชั้นการผสมกันของบรรยากาศในแต่ละรูปแบบรวมถึง ผลของแรงโน้มถ่วงในการเกิด dry deposition ของอนุภาคอีกด้วย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคน้อย $0.1 \mu\text{m}$ แล้วสามารถตัดผลของ dry deposition ทิ้งก็ได้

$$V = \exp \left[-0.5 \left(\frac{z_r - h_e}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \exp \left[-0.5 \left(\frac{z_r + h_e}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \sum_{i=1}^{\infty} \left\{ \exp \left[-0.5 \left(\frac{H1}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \exp \left[-0.5 \left(\frac{H2}{\sigma_z} \right)^2 \right] \right\} \quad (35)$$

โดยอนุกรมสมการนี้จำกัดไว้ขอบเขตไว้ที่เมื่อกลุ่มควันลอยขึ้นถึงจุดสูงสุดของการผสมกันของชั้นบรรยากาศโดยจะเป็นรูปแบบ rural หรือ urban นั้นสามารถทราบได้จาก stability class

ในกรณีที่ $\frac{\sigma_z}{z_i} \geq 1.6$ แล้ว vertical term เหลือเพียง

$$V = \frac{\sqrt{2\pi}\sigma_z}{z_i} \quad (36)$$

The Decay Term

สารกัมมันตรังสีที่ปนเปื้อนในอากาศเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งความรุนแรงจะลดแรงเนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของธาตุนั้น ๆ เอง

$$D = \exp\left(-\varphi \frac{x}{u_s}\right) \quad \text{for } \varphi > 0 \quad (37)$$

$$= 1 \quad \text{for } \varphi = 0$$

และ
$$\varphi = \frac{0.693}{T_{1/2}} \quad (38)$$

ในการวิเคราะห์แบบ short-term นั้น ISC จะไม่นำผลของค่าครึ่งชีวิตมาพิจารณา นอกจากว่าธาตุนั้น ๆ มีค่าครึ่งชีวิตสั้นมาก ๆ เช่น SO₂ มีค่าครึ่งชีวิต 4 ชั่วโมงหรือ 14,400 วินาทีนั้นถือว่าสูงมากจนไม่ต้องนำมาพิจารณา

การแสดงผล

สำหรับการแสดงผล ISC จะแสดงชุดคำสั่ง input ที่ป้อนเข้าไปรวมถึงเงื่อนไขของการคำนวณต่าง ๆ ต่อจากนั้นจะแสดงค่าคงที่ต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลอุตุนิยมวิทยาใน 24 ชั่วโมงแรก เพื่อเป็นการตรวจสอบอีกชั้นหนึ่ง

การแสดงผลความเข้มข้นที่จุดรองรับต่าง ๆ จะแสดงในรูปแบบของเชิงชั่วคราวโดยเรียงลำดับดังนี้

1. ค่าความเข้มข้นสูงสุดใน 1 ชั่วโมงแรก
2. ค่าความเข้มข้นสูงสุดใน 2 ชั่วโมงแรก
3. ค่าความเข้มข้นสูงสุดใน 3 ชั่วโมงแรก
4. ค่าความเข้มข้นสูงสุดใน 4 ชั่วโมงแรก

ต่อจากนั้นจะเป็นการแสดงผลแบบเชิงเส้นโดยเรียงลำดับดังนี้

1. ค่าความเข้มข้นสูงสุดเป็นจำนวน 20 ตำแหน่งใน 1 ชั่วโมงแรก
2. ค่าความเข้มข้นสูงสุดเป็นจำนวน 20 ตำแหน่งใน 2 ชั่วโมงแรก
3. ค่าความเข้มข้นสูงสุดเป็นจำนวน 20 ตำแหน่งใน 3 ชั่วโมงแรก
4. ค่าความเข้มข้นสูงสุดเป็นจำนวน 20 ตำแหน่งใน 4 ชั่วโมงแรก
5. ตารางสรุปค่าเฉลี่ยสูงสุด 1 ชั่วโมงแรก
6. ตารางสรุปค่าเฉลี่ยสูงสุด 2 ชั่วโมงแรก
7. ตารางสรุปค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 ชั่วโมงแรก
8. ตารางสรุปค่าเฉลี่ยสูงสุด 4 ชั่วโมงแรก

ภาคผนวก ง.

ผลการจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี

CO STARTING

TITLEONE A Simple Example Problem for the ISCST Model

MODELOPT DFALLT RURAL CONC

AVERTIME 1 2 3 4

POLLUTID SO2

RUNORNOT RUN

ERRORFIL ERRORS.OUT

CO FINISHED

SO STARTING

LOCATION STACK1 POINT 0.0 0.0 0.0

** Point Source QS HS TS VS DS

** Parameters: ---- ---- ---- ---- ---

SRCPARAM STACK1 1.00 231.5 432 11.7 6

SRCGROUP ALL

SO FINISHED

RE STARTING

GRIDPOLR POL1 STA

POL1 ORIG 0.0 0.0

POL1 DIST 3000. 5000. 10000. 20000. 25000.

POL1 GDIR 36 10. 10.

POL1 END

RE FINISHED

ME STARTING

INPUTFIL CHUMPORN.MET

ANEMHGHT 100 FEET

SURFDATA 504 2002 CHUMPORN

UAIRDATA 306 2002 BKK_SK

ME FINISHED

OU STARTING

RECTABLE ALLAVE FIRST

MAXTABLE ALLAVE 20

OU FINISHED

*** THE 1ST HIGHEST 1-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): STACK1

** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3 **

DIRECTION (DEGREES)	DISTANCE (METERS)				
	3000.00	5000.00	10000.00	20000.00	25000.00
10.0	0.07561 (02052110)	0.06398 (02052110)	0.02046 (02052110)	0.00724 (02052110)	0.00545 (02052110)
20.0	0.1656E (02052110)	0.15692 (02052110)	0.06715 (02061613)	0.03627 (02070913)	0.03639 (02062016)
30.0	0.1683C (02102013)	0.16532 (02061610)	0.13051 (02092510)	0.07900 (02092510)	0.06551 (02092510)
40.0	0.1669E (02060613)	0.15739 (02060613)	0.11517 (02052510)	0.06592 (02052510)	0.04922 (02071810)
50.0	0.1643E (02051813)	0.15932 (02040816)	0.11730 (02060116)	0.06592 (02051910)	0.04887 (02051910)
60.0	0.18831 (02060913)	0.15692 (02072613)	0.11634 (02060910)	0.05701 (02082616)	0.04247 (02082616)
70.0	0.1873E (02071416)	0.16035 (02101613)	0.11586 (02052513)	0.05663 (02052513)	0.04615 (02101613)
80.0	0.1799E (02091513)	0.16462 (02053010)	0.11634 (02060713)	0.05700 (02060713)	0.04214 (02060713)
90.0	0.18740 (02102213)	0.16394 (02082710)	0.13834 (02060516)	0.08330 (02060516)	0.06907 (02060516)
100.0	0.1873E (02080916)	0.13296 (02080916)	0.11245 (02060816)	0.04961 (02060816)	0.03650 (02070916)
110.0	0.2061E (02101413)	0.16462 (02071210)	0.13881 (02061010)	0.08333 (02061010)	0.06909 (02061010)
120.0	0.18221 (02071813)	0.15740 (02082613)	0.11444 (02080410)	0.05688 (02080410)	0.04241 (02080410)
130.0	0.0844E (02082413)	0.12443 (02061213)	0.11586 (02051410)	0.05663 (02051410)	0.04096 (02051410)
140.0	0.18831 (02082413)	0.13320 (02082413)	0.11517 (02061210)	0.06646 (02061210)	0.05063 (02061210)
150.0	0.13347 (02073116)	0.16462 (02073116)	0.11586 (02092610)	0.05677 (02092610)	0.04386 (02093010)
160.0	0.075E1 (02051613)	0.12346 (02113010)	0.11539 (02092810)	0.06659 (02082610)	0.05115 (02082610)
170.0	0.1656E (02051613)	0.15692 (02092913)	0.06488 (02103010)	0.03353 (02103010)	0.02773 (02103010)
180.0	0.075E1 (02051613)	0.06398 (02092913)	0.02175 (02103010)	0.00874 (02103010)	0.00659 (02103010)
190.0	0.006E3 (02101010)	0.01669 (02101010)	0.01210 (02041316)	0.00796 (02110813)	0.01195 (02110813)
200.0	0.0761E (02102313)	0.11734 (02101010)	0.11491 (02121213)	0.06616 (02041316)	0.05061 (02041316)
210.0	0.166E9 (02102313)	0.16186 (02010110)	0.13287 (02011913)	0.07996 (02011913)	0.06629 (02011913)
220.0	0.12814 (02010910)	0.16186 (02010910)	0.11682 (02101216)	0.07607 (02122316)	0.05917 (02122316)
230.0	0.1837E (02111313)	0.16254 (02010810)	0.11586 (02121013)	0.05663 (02121013)	0.04091 (02121013)
240.0	0.26117 (02111313)	0.17979 (02111313)	0.13937 (02022716)	0.08347 (02022716)	0.07450 (02111716)
250.0	0.2068E (02021913)	0.15723 (02011116)	0.12492 (02111316)	0.07508 (02111316)	0.06225 (02111316)
260.0	0.2358E (02030113)	0.16602 (02120713)	0.11449 (02121716)	0.06718 (02121716)	0.05571 (02121716)
270.0	0.206E3 (02022513)	0.16602 (02030213)	0.13269 (02011416)	0.08269 (02111416)	0.07450 (02111416)

280.0	0.19814 (02012213)	0.16393 (02020110)	0.11580 (02032413)	0.08087 (02120716)	0.07088 (02120716)
290.0	0.18334 (02042413)	0.16532 (02022113)	0.14037 (02041813)	0.08393 (02041813)	0.07064 (02120216)
300.0	0.1844E (02040613)	0.16673 (02040216)	0.14037 (02041916)	0.08393 (02041916)	0.06958 (02041916)
310.0	0.2082E (02041113)	0.16324 (02020210)	0.14069 (02040716)	0.08394 (02040716)	0.06959 (02040716)
320.0	0.29107 (02061013)	0.19994 (02061013)	0.13922 (02022316)	0.08347 (02022316)	0.06920 (02022316)
330.0	0.2931C (02040313)	0.20133 (02040313)	0.13896 (02103016)	0.08317 (02103016)	0.06895 (02103016)
340.0	0.20561 (02040313)	0.12610 (02040313)	0.06218 (02040313)	0.03258 (02040213)	0.02705 (02040213)
350.0	0.1799E (02080110)	0.14451 (02080110)	0.05583 (02080110)	0.02887 (02080110)	0.02388 (02080110)
360.0	0.0812E (02080110)	0.05858 (02080110)	0.01865 (02080110)	0.00752 (02080110)	0.00990 (02101819)

*** THE 1ST HIGHEST 2-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***
 INCLUDING SOURCE(S): STACK1

** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3

DIRECTION	DISTANCE (METERS)				
(DEGREES)	3000.00	5000.00	10000.00	20000.00	25000.00
10.0	0.07561 (02052112)	0.06398 (02052112)	0.02046 (02052112)	0.00724 (02052112)	0.00545 (02052112)
20.0	0.1656E (02052112)	0.15692 (02052112)	0.06715 (02061614)	0.03627 (02070914)	0.03639 (02062018)
30.0	0.1683C (02102014)	0.16532 (02061612)	0.13051 (02092512)	0.07900 (02092512)	0.06551 (02092512)
40.0	0.1669E (02060614)	0.15739 (02060614)	0.11517 (02052512)	0.06592 (02052512)	0.04922 (02071812)
50.0	0.1643E (02051814)	0.15932 (02040818)	0.11730 (02060118)	0.06592 (02051912)	0.04887 (02051912)
60.0	0.18831 (02060914)	0.15692 (02072614)	0.11634 (02060912)	0.05701 (02082618)	0.04247 (02082618)
70.0	0.1873E (02071418)	0.16035 (02101614)	0.11586 (02052514)	0.05663 (02052514)	0.04615 (02101614)
80.0	0.1799E (02091514)	0.16462 (02053012)	0.11634 (02060714)	0.05700 (02060714)	0.04214 (02060714)
90.0	0.1874C (02102214)	0.16394 (02082712)	0.13834 (02060518)	0.08330 (02060518)	0.06907 (02060518)
100.0	0.1873E (02080918)	0.13296 (02080918)	0.11245 (02060818)	0.04961 (02060818)	0.03650 (02070918)
110.0	0.2061E (02101414)	0.16462 (02071212)	0.13881 (02061012)	0.08333 (02061012)	0.06909 (02061012)
120.0	0.18221 (02071814)	0.15740 (02082614)	0.11444 (02080412)	0.05688 (02080412)	0.04241 (02080412)
130.0	0.0844E (02082414)	0.12443 (02061214)	0.11586 (02051412)	0.05663 (02051412)	0.04096 (02051412)
140.0	0.18831 (02082414)	0.13320 (02082414)	0.11517 (02061212)	0.06646 (02061212)	0.05063 (02061212)
150.0	0.13347 (02073118)	0.16462 (02073118)	0.11586 (02092612)	0.05677 (02092612)	0.04386 (02093012)
160.0	0.07561 (02051614)	0.12346 (02113012)	0.11539 (02092812)	0.06659 (02082612)	0.05115 (02082612)
170.0	0.1656E (02051614)	0.15692 (02092914)	0.06488 (02103012)	0.03353 (02103012)	0.02773 (02103012)
180.0	0.07561 (02051614)	0.06398 (02092914)	0.02175 (02103012)	0.00874 (02103012)	0.00659 (02103012)

190.0	0.00695 (02101012)	0.01669 (02101012)	0.01210 (02041318)	0.00796 (02110814)	0.01195 (02110814)
200.0	0.07618 (02102314)	0.11734 (02101012)	0.11491 (02121214)	0.06616 (02041318)	0.05061 (02041318)
210.0	0.16699 (02102314)	0.16186 (02010112)	0.13287 (02011914)	0.07996 (02011914)	0.06629 (02011914)
220.0	0.12814 (02010912)	0.16186 (02010912)	0.11682 (02101218)	0.07607 (02122318)	0.05917 (02122318)
230.0	0.18375 (02111314)	0.16254 (02010812)	0.11586 (02121014)	0.05663 (02121014)	0.04091 (02121014)
240.0	0.26117 (02111314)	0.17979 (02111314)	0.13937 (02022718)	0.08347 (02022718)	0.07450 (02111718)
250.0	0.20683 (02021914)	0.15723 (02011118)	0.12492 (02111318)	0.07508 (02111318)	0.06225 (02111318)
260.0	0.23585 (02030114)	0.16602 (02120714)	0.11449 (02121718)	0.06718 (02121718)	0.05571 (02121718)
270.0	0.20683 (02022514)	0.16602 (02030214)	0.13269 (02011418)	0.08269 (02111418)	0.07450 (02111418)
280.0	0.19814 (02012214)	0.16393 (02020112)	0.11580 (02032414)	0.08087 (02120718)	0.07088 (02120718)
290.0	0.18334 (02042414)	0.16532 (02022114)	0.14037 (02041814)	0.08393 (02041814)	0.07064 (02120218)
300.0	0.18448 (02040614)	0.16673 (02040218)	0.14037 (02041918)	0.08393 (02041918)	0.06958 (02041918)
310.0	0.20826 (02041114)	0.16324 (02020212)	0.14069 (02040718)	0.08394 (02040718)	0.06959 (02040718)
320.0	0.29107 (02061014)	0.19994 (02061014)	0.13922 (02022318)	0.08347 (02022318)	0.06920 (02022318)
330.0	0.29310 (02040314)	0.20133 (02040314)	0.13896 (02103018)	0.08317 (02103018)	0.06895 (02103018)
340.0	0.20561 (02040314)	0.12610 (02040314)	0.06218 (02040314)	0.03258 (02040214)	0.02705 (02040214)
350.0	0.17993 (02080112)	0.14451 (02080112)	0.05583 (02080112)	0.02887 (02080112)	0.02388 (02080112)
360.0	0.08125 (02080112)	0.05858 (02080112)	0.01865 (02080112)	0.00752 (02080112)	0.00990 (02101820)

*** THE 1ST HIGHEST 3-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***
INCLUDING SOURCE(S): STACK1

** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3 **

DIRECTION (DEGREES)	DISTANCE (METERS)				
	3000.00	5000.00	10000.00	20000.00	25000.00
10.0	0.07561 (02052112)	0.06398 (02052112)	0.02046 (02052112)	0.00724 (02052112)	0.00545 (02052112)
20.0	0.16563 (02052112)	0.15692 (02052112)	0.06715 (02061615)	0.03627 (02070915)	0.03639 (02062018)
30.0	0.16830 (02102015)	0.16532 (02061612)	0.13051 (02092512)	0.07900 (02092512)	0.06551 (02092512)
40.0	0.16699 (02060615)	0.15739 (02060615)	0.11517 (02052512)	0.06592 (02052512)	0.04922 (02071812)
50.0	0.16433 (02051815)	0.15932 (02040818)	0.11730 (02060118)	0.06592 (02051912)	0.04887 (02051912)
60.0	0.18831 (02060915)	0.15692 (02072615)	0.11634 (02060912)	0.05701 (02082618)	0.04247 (02082618)
70.0	0.18735 (02071418)	0.16035 (02101615)	0.11586 (02052515)	0.05663 (02052515)	0.04615 (02101615)
80.0	0.17998 (02091515)	0.16462 (02053012)	0.11634 (02060715)	0.05700 (02060715)	0.04214 (02060715)
90.0	0.18740 (02102215)	0.16394 (02082712)	0.13834 (02060518)	0.08330 (02060518)	0.06907 (02060518)
100.0	0.18736 (02080918)	0.13296 (02080918)	0.11245 (02060818)	0.04961 (02060818)	0.03650 (02070918)

110.0	0.20616 (02101415)	0.16462 (02071212)	0.13881 (02061012)	0.08333 (02061012)	0.06909 (02061012)
120.0	0.1822 (02071815)	0.15740 (02082615)	0.11444 (02080412)	0.05688 (02080412)	0.04241 (02080412)
130.0	0.08445 (02082415)	0.12443 (02061215)	0.11586 (02051412)	0.05663 (02051412)	0.04096 (02051412)
140.0	0.1883 (02082415)	0.13320 (02082415)	0.11517 (02061212)	0.06646 (02061212)	0.05063 (02061212)
150.0	0.13347 (02073118)	0.16462 (02073118)	0.11586 (02092612)	0.05677 (02092612)	0.04386 (02093012)
160.0	0.0756 (02051615)	0.12346 (02113012)	0.11539 (02092812)	0.06659 (02082612)	0.05115 (02082612)
170.0	0.16568 (02051615)	0.15692 (02092915)	0.06488 (02103012)	0.03353 (02103012)	0.02773 (02103012)
180.0	0.07561 (02051615)	0.06398 (02092915)	0.02175 (02103012)	0.00874 (02103012)	0.00659 (02103012)
190.0	0.00693 (02101012)	0.01669 (02101012)	0.01210 (02041318)	0.00796 (02110815)	0.01195 (02110815)
200.0	0.07618 (02102315)	0.11734 (02101012)	0.11491 (02121215)	0.06616 (02041318)	0.05061 (02041318)
210.0	0.16699 (02102315)	0.16186 (02010112)	0.13287 (02011915)	0.07996 (02011915)	0.06629 (02011915)
220.0	0.12814 (02010912)	0.16186 (02010912)	0.11682 (02101218)	0.07607 (02122318)	0.05917 (02122318)
230.0	0.18375 (02111315)	0.16254 (02010812)	0.11586 (02121015)	0.05663 (02121015)	0.04091 (02121015)
240.0	0.26117 (02111315)	0.17979 (02111315)	0.13937 (02022718)	0.08347 (02022718)	0.07450 (02111718)
250.0	0.20683 (02021915)	0.15723 (02011118)	0.12492 (02111318)	0.07508 (02111318)	0.06225 (02111318)
260.0	0.23585 (02030115)	0.16602 (02120715)	0.11449 (02121718)	0.06718 (02121718)	0.05571 (02121718)
270.0	0.20683 (02022515)	0.16602 (02030215)	0.13269 (02011418)	0.08269 (02111418)	0.07450 (02111418)
280.0	0.19814 (02012215)	0.16393 (02020112)	0.11580 (02032415)	0.08087 (02120718)	0.07088 (02120718)
290.0	0.18334 (02042415)	0.16532 (02022115)	0.14037 (02041815)	0.08393 (02041815)	0.07064 (02120218)
300.0	0.18448 (02040615)	0.16673 (02040218)	0.14037 (02041918)	0.08393 (02041918)	0.06958 (02041918)
310.0	0.20826 (02041115)	0.16324 (02020212)	0.14069 (02040718)	0.08394 (02040718)	0.06959 (02040718)
320.0	0.291C7 (02061015)	0.19994 (02061015)	0.13922 (02022318)	0.08347 (02022318)	0.06920 (02022318)
330.0	0.29310 (02040315)	0.20133 (02040315)	0.13896 (02103018)	0.08317 (02103018)	0.06895 (02103018)
340.0	0.205E1 (02040315)	0.12610 (02040315)	0.06218 (02040315)	0.03258 (02040215)	0.02705 (02040215)
350.0	0.179E8 (02080112)	0.14451 (02080112)	0.05583 (02080112)	0.02887 (02080112)	0.02388 (02080112)
360.0	0.081E6 (02080112)	0.05858 (02080112)	0.01865 (02080112)	0.00752 (02080112)	0.00990 (02101821)

*** THE 1ST HIGHEST 4-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***

INCLUDING SOURCE(S): STACK1

** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3

**

DIRECTION	DISTANCE (METERS)				
(DEGREES)	3000.00	5000.00	10000.00	20000.00	25000.00

10.0	0.075E1c(02052112)	0.06398c(02052112)	0.02046c(02052112)	0.00724c(02052112)	0.00545c(02052112)
------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

20.0		0.16568c(02052112)	0.15692c(02052112)	0.06076c(02052112)	0.03563c(02072712)	0.03592c(02072712)
30.0		0.16830c(02102016)	0.16532c(02061612)	0.13051c(02092512)	0.07900c(02092512)	0.06551c(02092512)
40.0		0.12525 (02060616)	0.15521c(02091112)	0.11517c(02052512)	0.06592c(02052512)	0.04922c(02071812)
50.0		0.16439c(02061412)	0.15645c(02061412)	0.11517c(02051912)	0.06592c(02051912)	0.04887c(02051912)
60.0		0.18643c(02041012)	0.15620c(02071616)	0.11634c(02060912)	0.05700c(02060912)	0.04214c(02060912)
70.0		0.17998c(02102212)	0.16035c(02101616)	0.10520c(02062912)	0.05575c(02101616)	0.04615c(02101616)
80.0		0.13498 (02091516)	0.16462c(02053012)	0.11069c(02092012)	0.04981c(02071912)	0.04123c(02071912)
90.0		0.18740c(02102216)	0.16394c(02082712)	0.12354c(02071112)	0.07429c(02071112)	0.06159c(02071112)
100.0		0.18457c(02090516)	0.13224c(02090516)	0.07497c(02060820)	0.03307c(02060820)	0.02651 (02060216)
110.0		0.20616c(02101416)	0.16462c(02071212)	0.13881c(02061012)	0.08333c(02061012)	0.06909c(02061012)
120.0		0.16312c(02072012)	0.15597c(02072012)	0.11444c(02080412)	0.05688c(02080412)	0.04241c(02080412)
130.0		0.07449c(02072012)	0.09333 (02061216)	0.11586c(02051412)	0.05663c(02051412)	0.04096c(02051412)
140.0		0.14309 (02082416)	0.10423 (02082416)	0.11517c(02061212)	0.06646c(02061212)	0.05063c(02061212)
150.0		0.08893c(02073120)	0.15825c(02093012)	0.11586c(02092612)	0.05677c(02092612)	0.04386c(02093012)
160.0		0.07561c(02051616)	0.12346c(02113012)	0.11539c(02092812)	0.06659c(02082612)	0.05115c(02082612)
170.0		0.16563c(02051616)	0.15692c(02092916)	0.06488c(02103012)	0.03353c(02103012)	0.02773c(02103012)
180.0		0.07561c(02051616)	0.06398c(02092916)	0.02175c(02103012)	0.00874c(02103012)	0.00659c(02103012)
190.0		0.00693c(02101012)	0.01669c(02101012)	0.01203c(02011612)	0.00796c(02110816)	0.01195c(02110816)
200.0		0.05989c(02010112)	0.11734c(02101012)	0.11259c(02011612)	0.06576c(02011612)	0.04980c(02011612)
210.0		0.12814c(02010112)	0.16186c(02010112)	0.13287c(02011916)	0.07996c(02011916)	0.06629c(02011916)
220.0		0.12814c(02010912)	0.16186c(02010912)	0.11034c(02010512)	0.05071c(02122320)	0.03944c(02122320)
230.0		0.16563c(02020816)	0.16254c(02010812)	0.11586c(02121016)	0.05663c(02121016)	0.04091c(02121016)
240.0		0.20032 (02111316)	0.16462c(02110216)	0.11491c(02121012)	0.05659c(02010412)	0.04967c(02111720)
250.0		0.15512 (02021916)	0.12062 (02121716)	0.11397c(02121512)	0.05634c(02121512)	0.04150c(02111320)
260.0		0.17669 (02030116)	0.16186c(02011012)	0.10106c(02020812)	0.05595c(02020812)	0.04632c(02020812)
270.0		0.18448c(02032016)	0.16602c(02030216)	0.11520 (02010216)	0.06719c(02120712)	0.05571c(02120712)
280.0		0.16312c(02022512)	0.16393c(02020112)	0.09700 (02032416)	0.05525 (02032416)	0.04726c(02120720)
290.0		0.18354c(02042416)	0.16532c(02022116)	0.14037c(02041816)	0.08393c(02041816)	0.06958c(02041816)
300.0		0.18448c(02040616)	0.16140c(02041616)	0.13847c(02100416)	0.08315c(02100416)	0.06894c(02100416)
310.0		0.20826c(02041116)	0.16324c(02020212)	0.13875c(02021212)	0.08345c(02021212)	0.06919c(02021212)
320.0		0.22297 (02061016)	0.16316 (02061016)	0.09798 (02061016)	0.05564c(02022320)	0.04613c(02022320)
330.0		0.29370c(02040316)	0.20133c(02040316)	0.11634c(02031912)	0.06487c(02040316)	0.05392c(02040316)
340.0		0.20561c(02040316)	0.12610c(02040316)	0.06218c(02040316)	0.02957c(02040316)	0.02307c(02040316)
350.0		0.17998c(02080112)	0.14451c(02080112)	0.05583c(02080112)	0.02887c(02080112)	0.02388c(02080112)
360.0		0.08126c(02080112)	0.05858c(02080112)	0.01865c(02080112)	0.00752c(02080112)	0.00567c(02080112)

*** THE MAXIMUM 20 1-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***

** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3 **

RANK CONC (YYMMDDHH) AT RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE RANK CONC (YYMMDDHH) AT RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE

```

-----
1. 0.29310 (02040313) AT ( -1500.00, 2598.08) GP 11. 0.23585 (02030114) AT ( -2954.42, -520.94) GP
2. 0.29310 (02040314) AT ( -1500.00, 2598.08) GP 12. 0.23585 (02030115) AT ( -2954.42, -520.94) GP
3. 0.29310 (02040315) AT ( -1500.00, 2598.08) GP 13. 0.20826 (02040713) AT ( -1928.36, 2298.13) GP
4. 0.29107 (02061013) AT ( -1928.36, 2298.13) GP 14. 0.20826 (02040714) AT ( -1928.36, 2298.13) GP
5. 0.29107 (02061014) AT ( -1928.36, 2298.13) GP 15. 0.20826 (02040715) AT ( -1928.36, 2298.13) GP
6. 0.29107 (02061015) AT ( -1928.36, 2298.13) GP 16. 0.20826 (02041113) AT ( -2298.13, 1928.36) GP
7. 0.26117 (02111313) AT ( -2598.08, -1500.00) GP 17. 0.20826 (02041114) AT ( -2298.13, 1928.36) GP
8. 0.26117 (02111314) AT ( -2598.08, -1500.00) GP 18. 0.20826 (02041115) AT ( -2298.13, 1928.36) GP
9. 0.26117 (02111315) AT ( -2598.08, -1500.00) GP 19. 0.20694 (02022613) AT ( -2598.08, -1500.00) GP
10. 0.23585 (02030113) AT ( -2954.42, -520.94) GP 20. 0.20694 (02022614) AT ( -2598.08, -1500.00) GP

```

*** THE MAXIMUM 20 2-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***

** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3 **

RANK CONC (YYMMDDHH) AT RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE RANK CONC (YYMMDDHH) AT RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE

```

-----
1. 0.29310 (02040314) AT ( -1500.00, 2598.08) GP 11. 0.20616 (02101414) AT ( 2819.08, -1026.06) GP
2. 0.29107 (02061014) AT ( -1928.36, 2298.13) GP 12. 0.20561 (02040314) AT ( -1026.06, 2819.08) GP
3. 0.26117 (02111314) AT ( -2598.08, -1500.00) GP 13. 0.20561 (02040314) AT ( -1928.36, 2298.13) GP
4. 0.23585 (02030114) AT ( -2954.42, -520.94) GP 14. 0.20418 (02061014) AT ( -1500.00, 2598.08) GP
5. 0.20826 (02040714) AT ( -1928.36, 2298.13) GP 15. 0.20418 (02061014) AT ( -2298.13, 1928.36) GP
6. 0.20826 (02041114) AT ( -2298.13, 1928.36) GP 16. 0.20133 (02040314) AT ( -2500.00, 4330.13) GP
7. 0.20694 (02022614) AT ( -2598.08, -1500.00) GP 17. 0.19994 (02061014) AT ( -3213.94, 3830.22) GP
8. 0.20683 (02021914) AT ( -2819.08, -1026.06) GP 18. 0.19814 (02012214) AT ( -2954.42, 520.94) GP
9. 0.20683 (02022514) AT ( -3000.00, 0.00) GP 19. 0.19804 (02012414) AT ( -2819.08, -1026.06) GP
10. 0.20671 (02061114) AT ( -1500.00, 2598.08) GP 20. 0.18831 (02060914) AT ( 2598.08, 1500.00) GP

```


*** THE MAXIMUM 20 3-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***

** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3 **

RANK CONC (YYMMDDHH) AT RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE RANK CONC (YYMMDDHH) AT RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE

```

-----
1. 0.29310 (02040315) AT ( -1500.00, 2598.08) GP 11. 0.20616 (02101415) AT ( 2819.08, -1026.06) GP
2. 0.29107 (02061015) AT ( -1928.36, 2298.13) GP 12. 0.20561 (02040315) AT ( -1026.06, 2819.08) GP
3. 0.26117 (02111315) AT ( -2598.08, -1500.00) GP 13. 0.20561 (02040315) AT ( -1928.36, 2298.13) GP
4. 0.23585 (02030115) AT ( -2954.42, -520.94) GP 14. 0.20418 (02061015) AT ( -1500.00, 2598.08) GP
5. 0.20826 (02040715) AT ( -1928.36, 2298.13) GP 15. 0.20418 (02061015) AT ( -2298.13, 1928.36) GP
6. 0.20826 (02041115) AT ( -2298.13, 1928.36) GP 16. 0.20133 (02040315) AT ( -2500.00, 4330.13) GP
7. 0.20694 (02022615) AT ( -2598.08, -1500.00) GP 17. 0.19994 (02061015) AT ( -3213.94, 3830.22) GP
8. 0.20683 (02021915) AT ( -2819.08, -1026.06) GP 18. 0.19814 (02012215) AT ( -2954.42, 520.94) GP
9. 0.20683 (02022515) AT ( -3000.00, 0.00) GP 19. 0.19804 (02012415) AT ( -2819.08, -1026.06) GP
10. 0.20671 (02061115) AT ( -1500.00, 2598.08) GP 20. 0.18831 (02060915) AT ( 2598.08, 1500.00) GP

```

*** THE MAXIMUM 20 4-HR AVERAGE CONCENTRATION VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL ***

** CONC OF SO2 IN MICROGRAMS/M**3 **

RANK CONC (YYMMDDHH) AT RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE RANK CONC (YYMMDDHH) AT RECEPTOR (XR,YR) OF TYPE

```

-----
1. 0.29310c(02040316) AT ( -1500.00, 2598.08) GP 11. 0.18457c(02090516) AT ( 2954.42, -520.94) GP
2. 0.22297 (02061016) AT ( -1928.36, 2298.13) GP 12. 0.18448c(02032016) AT ( -3000.00, 0.00) GP
3. 0.20826c(02041116) AT ( -2298.13, 1928.36) GP 13. 0.18448c(02040616) AT ( -2598.08, 1500.00) GP
4. 0.20616c(02101416) AT ( 2819.08, -1026.06) GP 14. 0.18334c(02042416) AT ( -2819.08, 1026.06) GP
5. 0.20561c(02040316) AT ( -1026.06, 2819.08) GP 15. 0.18109c(02052412) AT ( 2819.08, -1026.06) GP
6. 0.20561c(02040316) AT ( -1928.36, 2298.13) GP 16. 0.18109c(02070312) AT ( 2598.08, 1500.00) GP
7. 0.20133c(02040316) AT ( -2500.00, 4330.13) GP 17. 0.18109c(02120416) AT ( -1500.00, 2598.08) GP
8. 0.20032 (02111316) AT ( -2598.08, -1500.00) GP 18. 0.17998c(02033012) AT ( -1500.00, 2598.08) GP
9. 0.18740c(02102216) AT ( 3000.00, 0.00) GP 19. 0.17998c(02102212) AT ( 2819.08, 1026.06) GP
10. 0.18643c(02041012) AT ( 2598.08, 1500.00) GP 20. 0.17998c(02080112) AT ( -520.94, 2954.42) GP

```

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 1-HR RESULTS ***

GROUP ID	AVERAGE CONC	(YYMMDDHH)	RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG)	OF TYPE	GRID-ID
----------	--------------	------------	---------------------------------	---------	---------

ALL	HIGH	1ST HIGH VALUE IS	0.29310 ON 02040313: AT (-1500.00,	2598.08,	0.00,	0.00)	GP	POL1
-----	------	-------------------	---------------------------	-----------	----------	-------	-------	----	------

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 2-HR RESULTS ***

GROUP ID	AVERAGE CONC	(YYMMDDHH)	RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG)	OF TYPE	GRID-ID
----------	--------------	------------	---------------------------------	---------	---------

ALL	HIGH	1ST HIGH VALUE IS	0.29310 ON 02040314: AT (-1500.00,	2598.08,	0.00,	0.00)	GP	POL1
-----	------	-------------------	---------------------------	-----------	----------	-------	-------	----	------

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 3-HR RESULTS ***

GROUP ID	AVERAGE CONC	(YYMMDDHH)	RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG)	OF TYPE	GRID-ID
----------	--------------	------------	---------------------------------	---------	---------

ALL	HIGH	1ST HIGH VALUE IS	0.29310 ON 02040315: AT (-1500.00,	2598.08,	0.00,	0.00)	GP	POL1
-----	------	-------------------	---------------------------	-----------	----------	-------	-------	----	------

*** THE SUMMARY OF HIGHEST 4-HR RESULTS ***

GROUP ID	AVERAGE CONC	(YYMMDDHH)	RECEPTOR (XR, YR, ZELEV, ZFLAG)	OF TYPE	GRID-ID
----------	--------------	------------	---------------------------------	---------	---------

ALL	HIGH	1ST HIGH VALUE IS	0.29310c ON 02040316: AT (-1500.00,	2598.08,	0.00,	0.00)	GP	POL1
-----	------	-------------------	----------------------------	-----------	----------	-------	-------	----	------



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชกร ศิริรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2521 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อ พ.ศ. 2542 เข้าศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี พ.ศ. 2543